

厚生労働行政推進調査事業費補助金

化学物質リスク研究事業

人工芝グラウンド用ゴムチップの健康リスク評価に関する研究

平成 29~30 年度 総合研究報告書

研究代表者 五十嵐 良明 国立医薬品食品衛生研究所

平成 31 (2019) 年 3 月

目 次

. 総合研究報告

人工芝グラウンド用ゴムチップの健康リスク評価に関する研究 五十嵐 良明	1
--	---

. 分担総合研究報告

1. ゴムチップ関連揮発性有機化合物の曝露評価 酒井 信夫	19
2. ゴムチップ関連金属類の曝露評価 久保田 領志	69
3. ゴムチップ関連準揮発性有機化合物の曝露評価 河上 強志	81
4. ゴムチップ関連物質の有害性 / 許容値評価 井上 薫	115

厚生労働行政推進調査事業費補助金（化学物質リスク研究事業）
総合研究報告書

人工芝グラウンド用ゴムチップの健康リスク評価に関する研究

研究代表者 五十嵐 良明 国立医薬品食品衛生研究所 生活衛生化学部長

研究要旨

ゴムチップを使用した人工芝グラウンド上で競技する人の健康リスクを評価することを目的に、我が国で使われている人工芝用ゴムチップに含まれる化学物質の曝露評価に資する測定方法について検討し、それら化学物質のグラウンド大気中濃度の測定、ゴムチップの溶出試験を行った。また、各年代のサッカー競技者を想定した曝露シナリオの設定を行い、これらより化学物質の曝露量を推定し、その許容値との比較を行った。

揮発性有機化合物（VOCs）は 53 化合物について、大気中の測定方法（サンプリング法及び分析法）を構築し、廃タイヤ由来ゴムチップを充填した屋外人工芝グラウンド 3 か所及び屋内 1 か所の大気中濃度を調べた。ベンゼンはいずれの地点においても我が国における大気環境基準値以下であった。屋外及び屋内グラウンドいずれもフィールド内と対照地点との間でほとんどの VOCs 濃度に大きな差は認められなかった。グラウンドから採取したゴムチップから放散されるメチルイソブチルケトン量は、先行研究で入手したグラウンド充填前のゴムチップからより低かった。

金属類は 28 元素を対象に、前述の 4 か所の人工芝グラウンドから採取したゴムチップを分析した結果、20 元素がいずれかの試料で検出された。グラウンドの各地点から採取したゴムチップ、及びそれらを混合したものそれぞれで濃度に差がなかった。また、各金属類の濃度はグラウンド間でほとんど差を認めず、先行研究の中央値とほぼ同程度であった。人工胃液、人工腸液、人工唾液及び人工汗を用いた溶出試験を行った。グラウンドのゴムチップからは 15 元素が、先行研究の充填前のゴムチップからは 16 元素が溶出した。金属類の多くは人工胃液への溶出が多く、含有量に対して 10%を超える溶出率を示す金属類もあったが、それらの溶出量は参考値として比較した土壤汚染対策法の土壤含有量基準や欧州の玩具の安全性規格の移行限度値を大きく下回った。

先行研究でゴムチップからの検出が確認されたゴム添加剤等 42 化合物、並びに多環芳香族炭化水素類（PAHs）及び類縁化合物類 32 化合物の計 74 種類の準揮発性有機化合物（SVOCs）についてグラウンドから採取したゴムチップ中の濃度を測定した。試料からはゴム添加剤等 19 化合物、PAHs 及びその類縁化合物 31 化合物が検出され、ほとんどのゴム添加剤等の濃度は、屋内グラウンドから採取した試料の方が屋外の試料よりも高かった。グラウンドから採取した試料、並びに先行研究で収集したグラウンドに充填前の 8 試料について 4 種類の人工体液を用いた溶出試験を実施した。ほとんどの化合物の溶出率はおおむね低く、多くは定量下限値以下であった。

リスク評価の対象とした物質の許容値は、米国有害物質疾病登録局、米国産業衛生専門家会議、米国環境保護庁、日本産業衛生学会の公表情報を中心に調査し、産業衛生上の許容濃度や反復毒性試験の参照用量等の情報を得た。ノルウェー及びオランダで実施された

関連研究の報告書を調査し曝露シナリオや曝露量の推定法の具体的方法について参考にした。各年代のサッカー競技者の体重、皮膚面積、呼吸量、活動日数及び時間、ゴムチップの皮膚付着量及び経口摂取量、ゴムチップ由来 PM₁₀ 濃度のデータ、さらにゴムチップの溶出試験や大気中 VOCs 濃度の測定結果をもとに日本人サッカー競技者を想定した曝露シナリオを設定し、各物質の曝露量を求めた。経口、経皮、吸入経路ごとに平均一日摂取量あるいは曝露濃度を求め、許容値で除してハザード比を求めた。なお、許容値を得ることができなかった対象物質は、評価対象外とした。今回、人工芝グラウンドのゴムチップに関連する測定値、及び先行研究で用いたゴムチップ製品の測定値を用いた解析では、許容値を得られたほぼ全ての物質は、いずれの曝露シナリオにおいてもハザード比は 1 未満であった。また、一部の曝露シナリオでハザード比が 1 を超えた物質についても、より現実的なシナリオによる評価あるいは毒性機序等に基づく検討の結果、これらの化学物質が日本人サッカー競技者に対し健康影響を及ぼす可能性は低いと判断した。

以上、評価対象とした化学物質のうち、許容値を得ることができた人工芝ゴムチップ由来化学物質については、日本人サッカー競技者に対し、発がん性や刺激性を含む健康リスクに関する懸念は十分低いことが確認できた。米国では同様の健康リスクに関する調査研究が終了しておらず、新たな知見が公表された場合には、我が国においても必要に応じて再検討することが望ましい。

研究分担者

河上強志	国立医薬品食品衛生研究所 生活衛生化学部室長
久保田領志	国立医薬品食品衛生研究所 生活衛生化学部主任研究官
酒井信夫	国立医薬品食品衛生研究所 生活衛生化学部室長
井上 薫	国立医薬品食品衛生研究所 安全性予測評価部室長

研究協力者

広瀬明彦	国立医薬品食品衛生研究所 安全性予測評価部部長
吉田喜久雄	国立医薬品食品衛生研究所 安全性予測評価部
田原麻衣子	国立医薬品食品衛生研究所 生活衛生化学部主任研究官
小濱とも子	国立医薬品食品衛生研究所 生活衛生化学部
西 以和貴	神奈川県衛生研究所 理化学部主任研究員

A. 研究目的

廃タイヤを破砕したゴムチップは弾性充填材として、スポーツ競技場の人工芝やトラック、公園等の遊歩道舗装に利用されている。米国ではかねてよりゴムチップを使用する人工芝グラウンドで競技する女子サッカー選手に血液性のがんの発症が多いとの報道がされ、廃タイヤをリサイクルしたゴムチップが関係するのではないかとの報道がされていた。2016 年 2 月に米国環境保護庁(USEPA)等は消費者製品安全委員会(CPSC)等と連携し、人工芝グラウンドに使われる廃タイヤ由来のゴムチップの安全性について調査を開始すると発表、12 月に調査の進行状況や文献レビューの結果等が報告された。USEPA はその中で、フィールド調査を実施した後、当初 2017 年末までに健康リスクに関するまとめの報告をする予定としていたが延長が続いている(2019 年 3 月現在)。欧州化学品庁(ECHA)及びオランダ国立公衆衛生研究所(RIVM)は文献レビュー及び実態調査からゴム関連の幾つかの物質を抽出して評価した。その結果、現状では人工芝用ゴムチッ

プを使用したグラウンド上で競技することによる健康リスクは小さいと報告している。

ゴムチップを使用した人工芝グラウンドは我が国でも増加しており、その健康影響を早急に評価することが求められている。我々は先に、人工芝施工業者から入手した国内で使用されるゴムチップに含有される化学物質の種類と濃度等を分析し、ECHA や RIVM の報告書やその他既存文献に比べて数多くの物質を定量した。また、ゴムチップに関連した物質の発がん性を主とした毒性の懸念性を分類し、優先的に健康リスクの評価をすべき物質を示した。しかしながら、それら化学物質の存在に健康リスクがあるかどうかを評価するには、各物質の曝露量を推定するとともに、有害性のほか、許容濃度や参照用量及び実質安全量等（以下、許容値）などの情報が必要となる。そこで本研究は、ゴムチップ中の揮発性物質（VOCs）、金属類、ゴム添加剤及び多環芳香族炭化水素類（PAHs）等の準揮発性有機化合物（SVOCs）の健康リスクを評価することを目的として、これらの曝露量を求め、それらの有害性及び許容値に関する情報と比較することにした。

ゴムチップ由来化学物質の曝露量評価に資するデータの収集を目的として、VOCs については大気中の測定方法（サンプリング法及び分析条件）を構築し、屋内外計 4 か所の人工芝グラウンドにおいて測定した。1 か所のグラウンドでは冬季と夏季それぞれに実施した。金属類、PAHs 及び類縁化合物類、並びにゴム添加剤等の SVOCs については、ゴムチップの摂食による経口曝露や皮膚に付着した際の経皮曝露を想定した溶出試験を実施した。ゴムチップ中の含有量を分析するとともに、人工体液（胃液、腸液、唾液及び汗）への溶出量を測定した。日本人サッカー競技者を対象とした曝露シナリオを設定して、測定データに基づき各物質の曝露量を推定し、それらの許容値と比較することによって、ゴムチップ由来対象化学物質の健康リスクを評価した。

B．研究方法

1．VOCs の分析

1-1．試験物質

測定対象とする VOCs は、先行研究のゴムチップ分析結果（検出率として 10%以上）、USEPA、RIVM、ECHA の調査結果、国際がん研究機関（IARC）による発がん性評価をもとに 53 化合物を選定した。VOCs は物性により、VOC1（低沸点 VOCs 34 化合物）、VOC2（高沸点 VOCs 14 化合物）、VOC3（アニリン及び *t*-ブチルアミン）、VOC4（ホルムアルデヒド）、VOC5（2-メルカプトベンゾチアゾール）、VOC6（ジブチルヒドロキシトルエン）の 6 グループに分類した。

1-2．測定方法

VOC1 は、キャニスターに捕集、低温濃縮（AutoCan）-GC/MS 法により測定した。VOC2 は、Tenax TA（60/80 mesh）に捕集、加熱脱離（TD）-GC/MS 法により測定した。VOC3 は、誘導体化-溶媒抽出-GC/MS により測定した。捕集した石英繊維ろ紙をアニリン分析用、*t*-ブチルアミン分析用に分割し、それぞれヘプタフルオロ酪酸無水物、塩化ベンゾイルで誘導体化し分析を行った。VOC4 は、溶媒抽出-HPLC により測定した。2,4-ジニトロフェニルヒドラジン（DNPH）カートリッジを用いて誘導体化して分析した。VOC5 は、溶媒抽出-誘導体化-GC/MS 法により測定した。石英繊維ろ紙をメタノールで抽出し濃縮した後、トリメチルシリルジアゾメタンで誘導体化し、GC-MS/MS を用いて分析を行った。VOC6 は、溶媒抽出-GC/MS 法により測定した。Sep-Pak Plus C18 カートリッジを用いて捕集し、溶出後、GC/MS を用いて分析を行った。

1-3．人工芝グラウンドにおける大気サンプリング調査

米国コネチカット州の報告を参考に、まず 6 か所（ゴール前 高さ 15 cm、ゴール前 高さ 91 cm、右サイド 高さ 91 cm、左サイド 高さ 91 cm、センターサークル 高さ 91 cm、グラウンド外（バックグラウンド）高さ 91 cm）で大気を採取し、それぞれの VOCs 濃度を比較した。一年目の結果を基に、二年目の各グラウンドにおけるサンプリングは、ゴール前高さ 15 cm、ゴール前高さ 91 cm、センターサークル高さ 91 cm、フィールド外（バックグラウンド）高さ 91 cm の 4 地点とし、人工芝グラウンド（屋外 3 か

所 (A~C) 及び屋内 1 か所 (D)) で実施した。

1-4. グラウンドに充填されているゴムチップからの VOCs 放散試験

上記 4 か所のグラウンド ~ の地点から採取したゴムチップについて、放散する VOCs をヘッドスペース/ MMSE (Monolithic Material Sorptive Extraction) 法を用いて測定した。試料量 5 g を 60 で 24 時間加温し、MonoTrap® DSC18 に VOCs を捕集し、メタノールで超音波照射して抽出した。抽出液は GC-MS に供し、SIM 測定を行った。定量下限値は 0.04 µg/g で、これを下回った化合物は不検出とした。

2. 金属類の分析

2-1. ゴムチップ中の金属類濃度の測定

4 か所の人工芝グラウンドから採取したゴムチップ試料について、USEPA 及び ECHA 等の調査対象項目等を参考に選定した、金属類 28 種の含有量を定量した。27 元素は、硝酸及びフッ化水素酸を用いてマイクロ波分解した後 ICP-MS で測定した。Hg は加熱気化水銀分析装置にて測定した。

2-2. 溶出試験

溶出試験の予備検討としてまず、先行研究で収集したゴムチップの中で有害金属類が高濃度検出された試料、廃タイヤ由来の試料 a (Zn、Cu 及び Pb で最大値)、エチレン・プロピレン・ジエンゴム (EPDM) 製の試料 b (Cr で最大値)、工業用ゴム由来の試料 c (Sb で最大値)、廃タイヤ由来の試料 d (Cd で最大値) 及び熱可塑性エラストマー (TPE) 製の試料 e (As で最大値) の 5 試料について、平成 15 年環境省告示第 19 号を一部改変して行った。また、人工芝充填物の有害金属類の溶出に関する規格 ASTM F3188-16、及び玩具の安全性評価のための欧州規格 EN71-3:2013 等ゴムチップの溶出試験に係る規格を調査した。

人工体液を用いた溶出試験として、人工胃液及び人工腸液は、それぞれ日本薬局方の崩壊試験・溶出試験第 1 液及び崩壊試験第 2 液を、人工唾液は BS 6684:1987 のものを、人工汗は JIS L0848:2004 汗に対する染色堅ろう度試験方法 (酸性人工汗) のものを用いた。試料 1 g を 100 mL のテフロン製瓶に分取し、これに上記人工体

液 50 mL を加え、遮光下 37、30 rpm (rotating) で 1 時間振とう、続いて 1 時間静置し、その上清をろ過したものを溶出液とした。溶出液に硝酸を加えて試験溶液として ICP-MS で分析した。グラウンドから採取したゴムチップ試料に加えて、先行研究で収集したグラウンド充填前のゴムチップ試料 a~e、さらに工業用ゴム由来の試料 f (Ni で最大値) の 6 試料についても同様に溶出試験を行った。なお Hg はゴムチップ中の含有量を考慮し、溶出試験での定量はしなかった。

3. SVOCs の分析

対象とした SVOCs は、先行研究でゴムチップからの検出が確認されたゴム添加剤等 42 化合物並びに PAHs 及び類縁化合物 32 化合物の計 74 化合物とした。4 か所の人工芝グラウンドから採取したゴムチップ試料、先行研究で収集したグラウンド充填前のゴムチップの中から、ゴムの由来や含有物質の発がん性や含有量を考慮して 8 試料を選択し、SVOCs 含有量の測定及び溶出試験を行った。

3-1. ゴムチップ中の SVOCs の測定

ゴム添加剤等は、試料 0.5 g にアセトン・ジクロロメタン (1:1) 20 mL を加えて 2 時間超音波処理した。必要に応じて遠心分離し、濃縮後、アセトンで 10 mL に定容した。これをアセトンで希釈し、内部標準物質を添加して GC-MS で分析した。また、定容後の溶液をメタノールで希釈し、内部標準物質を加えたものを LC-MS/MS 分析した。

PAHs 及び類縁化合物は、ドイツの機器安全法に基づく製品安全認証 (GS マーク) における分析法を一部変更して行った。試料 0.5 g にトルエン 5 mL 及び内部標準物質を加え、60、60 分間超音波処理して抽出した。これをメンブランフィルターでろ過し、GC-MS で分析した。

3-2. ゴムチップからの SVOCs の溶出試験

金属類と同様に、4 種類の人工体液 (胃液、腸液、唾液、汗) を用いて溶出試験を実施し、対象ゴムチップ試料に含有されない 4 種類の添加剤を除く 70 化合物の分析を行った。試料 1.0 g をねじ口三角フラスコに入れ、各人工体液 50 mL を加え、暗所で 1 時間、37、30 rpm で処理し、ガ

ラス繊維ろ紙でろ過したものを溶出液とした。

ゴム添加剤等については、ろ液 20 mL を分取し、ジクロロメタン 10 mL を加え 15 分振とうした。その後、5 分間、3000 rpm で遠心分離後、ジクロロメタン相を分取した。ジクロロメタン抽出を 2 回実施後、5 mol/L の水酸化ナトリウム溶液を人工胃液の時は 1 mL、それ以外では 0.5 mL 添加し攪拌した。ジクロロメタン抽出をさらに 2 回実施し、分取した液を無水硫酸ナトリウムで脱水し 5 mL 程度まで濃縮後(35 以下) アセトンを 20 mL 加え、さらに 2 mL 程度まで濃縮した後、アセトンで 5 mL に定容した。その 1 mL を分取し内部標準物質及び PEG を 0.1% 含むアセトン溶液を添加し、GC-MS にて分析した。また、定容後の溶液をメタノールにて 10 倍希釈し、その 1 mL に水 1 mL 及び内部標準物質のメタノール溶液を加え、フィルターろ過後、LC-MS/MS にて分析した。

PAHs 及び類縁化合物は、ろ液にヘキサン 5 mL を加えて振とう後、遠心した。この操作をもう一度行い、ヘキサン相を合わせ、無水硫酸ナトリウムで脱水後ろ過し、ジエチレングリコールを 10 µg 添加した。この溶液を濃縮、トルエンで 5 mL に定容し、内部標準物質を加え GC-MS で分析した。

4. ゴムチップ関連物質のリスク評価

4-1. 許容値の調査

ゴムチップ及びグラウンドで測定対象とした物質の経口及び吸入経路での各々の許容値について、米国有害物質疾病登録局 (ATSDR)、米国産業衛生専門家会議 (ACGIH)、USEPA、日本産業衛生学会の公表情報を中心に行い、情報収集した。

4-2. 海外のリスク評価機関における人工芝ゴムチップ関連物質の曝露量推定法に関する調査

RIVM 報告書 (RIVM Report 2016-0184) とノルウェー公衆衛生研究所及びラジウム病院による報告書 (2016) を調査し、人工芝グラウンドで運動した場合の曝露シナリオ及び曝露量推定法について情報収集した。

4-3. ゴムチップ中 PAHs 濃度に基づく暫定リスク評価

ノルウェーの報告書に基づき、先行研究で「発がん性の懸念あり」と判断された 37 物質に含まれ、ゴムチップに検出された 16 種の PAHs を対象に経皮曝露を想定した曝露量の推定及び発がんリスク評価を暫定的に実施した。発がんリスクについては、ベンゾ[a]ピレンに関する EPA の最新の評価書 Toxicological Review of Benzo[a]pyrene (2017) を参照し、 10^{-5} リスクとの比較を行った。

4-4. 日本人向け曝露シナリオの設定

日本人のサッカー競技者に 6 段階の年齢群、6 ~ 9 歳、9 ~ 12 歳、12 ~ 15 歳、15 ~ 18 歳、18 ~ 22 歳および 22 ~ 35 歳を設定した。次に、各年齢群における体重、年間活動日数、一日当たりの活動時間、年間の総活動時間、呼吸量 (平均呼吸量及び活動時の呼吸量)、ゴムチップ由来の PM_{10} 濃度、人工芝との接触皮膚面積、活動時の皮膚へのゴム粒子付着量、ゴム粒子の直接経口摂取量について、公表されている情報を調査・収集した。得られた情報に基づき、各年齢群の曝露シナリオを設定した。この曝露シナリオは、各経路から曝露された対象物質が 100% 吸収されると仮定する等、条件を過剰に見積もり、安全側のリスク評価が可能となるよう設定した。

4-5. 曝露量計算及びハザード比の算出

曝露量は、経口、経皮、吸入の経路別に平均一日摂取 (曝露) 量を以下式より計算した。測定値が定量下限値未満で特定の数値が得られなかった場合は、各試験における定量下限値を用いて計算した。これら各計算による最大溶出濃度またはグラウンド上の空気中最大濃度以外の項目は、前述の年齢群毎の日本人サッカー競技者における曝露シナリオ設定で得た数値を用いた。

- ・平均一日経口摂取量 ($\mu\text{g}/\text{kg bw}/\text{day}$) = 活動時のゴム粒子の直接経口摂取量 (g/day) \times ゴム粒子からの最大溶出量 ($\mu\text{g}/\text{g}$) / 体重 (kg bw) \times 年間活動日数 (day) / 年間の日数 (day)
- ・平均一日経皮摂取量 ($\mu\text{g}/\text{kg bw}/\text{day}$) = 活動時の皮膚へのゴム粒子付着量 (g/day) \times ゴム粒子からの最大溶出量 (汗) ($\mu\text{g}/\text{g}$) / 体重 (kg bw) \times 年間活動日数 (day) / 年間の日数 (day)

・ 平均一日曝露濃度($\mu\text{g}/\text{m}^3$) = グラウンド上の空气中最大濃度($\mu\text{g}/\text{m}^3$) × 運動時呼吸量(m^3/hr) × 年間の総活動時間(hr) / 平均呼吸量(m^3/hr) / 年間の総時間(hr)

4-5-1 . VOCs

VOCs は、吸入経路による曝露シナリオに基づき曝露量を計算した。各物質の測定値（空气中濃度 $\mu\text{g}/\text{m}^3$: 20 の場合）のうち、最大値を用いて計算した。許容値が得られた物質については、その中で最も低い値で平均一日曝露濃度を除してハザード比を求めた。その際、労働者曝露のために設定された許容値の場合、週 7 日 24 時間曝露と仮定した場合の一日当たりの値に換算し、労働者曝露から一般人への曝露の間の不確実性を考慮した係数 10 で除した値を、許容値として扱った。許容値が得られなかった物質については、平均一日曝露濃度を求めた。

4-5-2 . 金属及び SVOCs

経口、経皮、吸入すべての経路の曝露シナリオに基づき曝露量計算（平均一日曝露濃度あるいは平均一日摂取量の算出）を行った。許容値が得られた物質については、その中で最も低い値で平均一日曝露濃度あるいは平均一日摂取量を除してハザード比を求めた。許容値は収集した中で最も低い値を採用した。経皮経路の許容値はほとんどないため、経口経路の許容値を適用した。許容値が得られなかった物質については、平均一日曝露濃度あるいは平均一日摂取量を求めた。

4-5-3 . 特定の物質

4-5-3-1 . 白血病あるいはリンパ腫を誘発することが知られる物質

RIVM の報告書で言及された、スチレン、ベンゼン、2-メルカプトベンゾチアゾール、及び 1,3-ブタジエンを解析対象とした。過剰発がん率が 10^{-5} の実質安全量（Virtually Safe Dose, VSD）と吸入曝露量とのハザード比を求め、発がん性に関するリスク評価を行った。過剰発がん率が 10^{-5} の VSD は、USEPA の Integrated Risk Information System (IRIS) 及び米国ミシガン州の MDEQ が公表している CHEMICAL UPDATE WORKSHEET を調査した。一方 VSD の情報が

得られなかった場合は、ユニットリスク（UR , ある有害物質の単位曝露量（吸入曝露では $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ）にヒトが生涯にわたって曝露されたときに被ると思われる特定の健康被害の起こる確率）を調査し、 10^{-5} を UR で除すことにより VSD とした。本来、発がんリスクを評価する場合は、生涯平均一日曝露濃度（一生涯 70 年とする）を求めてハザード比を導出するが、サッカーは一生涯しないこと、生涯平均一日曝露濃度は平均一日曝露濃度よりも小さくなることから、本研究では、ハザード比の導出には平均一日曝露濃度を用いた。

4-5-3-2 . 水銀

先行研究で EPDM 製ゴムチップに検出された Hg の最高濃度 ($0.064 \mu\text{g}/\text{g}$) を用いて、経口、経皮、吸入経路の曝露量計算を行った。経口及び経皮経路については、今回ゴムチップから全量溶出したと仮定して曝露量を算出し、ハザード比を求めた。

4-5-3-3 . 刺激性物質

ECHA 報告書において、室内競技場での刺激性が懸念されたメチルイソブチルケトン、ホルムアルデヒド、アセトンの 3 物質、及びベンゾチアゾールと 2-メルカプトベンゾチアゾールを対象に、刺激性に関するリスク評価を試みた。対象 5 物質のグラウンド大気中最大濃度値を、米国エネルギー省（DOE）の OFFICE of ENVIRONMENT, HEALTH, SAFETY & SECURITY が公表する化学的防護基準値（Protective Action Criteria ,PAC）の PAC-1 値で除し、ハザード比を求めた。

以上の各物質に関する検討において、ハザード比が 1 を超えた物質については、より現実的なシナリオによる評価あるいは毒性機序等に基づいた詳細評価を行うこととした。

（倫理面への配慮）

本研究に、研究対象者に対する人権擁護上の配慮、不利益・危険性の排除や説明と同意（インフォームド・コンセント）への対応及び実験動物に対する動物愛護上の配慮等を必要とする内容は含まれていない。

C. 研究結果

1. VOCs の分析結果

1-1. 大気中 VOCs の測定方法の構築

環境省が示す有害大気汚染物質測定方法マニュアル等を参考に、測定対象物質毎に測定方法を構築した。メタノール等はバグ法、ベンゼン等はキャニスター法、ホルムアルデヒド等はDNPHカートリッジに、アミン類はORBOチューブを用いてサンプリングし、GC-FID、AutoCan-GC-MS、溶媒抽出GC-MSもしくはLCを用いて測定した。*m*-キシレンと*p*-キシレン、3-エチルトルエンと4-エチルトルエンはそれぞれの分離が不十分であったため、合算して定量した。定量下限値はベンゾチアゾール、ピフェニルについては1.0 µg/m³とし、他は0.3 µg/m³とした。

1-2. 人工芝グラウンドの大気中 VOCs 濃度

測定対象としたVOCs 53化合物のうち、グラウンド大気中に検出されたVOCsは36化合物であり、残り17化合物(1,3-ブタジエン、トランス-2-ブテン、シス-2-ブテン、シス-1,2-ジクロロエチレン、クロロホルム、1,1,1-トリクロロエタン、テトラクロロエチレン、クロロベンゼン、1,3,5-トリメチルベンゼン、1,2,3-トリメチルベンゼン(1S)-(-)-ピネン、(R)-(+)-リモネン、*n*-トリデカン、ピフェニル、*n*-ペンタデカン、アニリン、2-メルカプトベンゾチアゾール)は検出下限値以下であった。ベンゼンは、いずれの地点においても環境基準値以下であった。

サンプリング地点の比較として、フィールド内3地点の大気中VOCs濃度を対照地点と比較したところ、グラウンドごとに若干の違いが認められるが、一定した傾向はなかった。屋内と屋外グラウンドを比較したところ、屋内グラウンドの方が顕著に高い濃度を示した。濃度が高かった化合物は、ベンゼン、メチルイソブチルケトン、デカナール、ベンゾチアゾール、ホルムアルデヒドであった。屋内グラウンドのみで検出された化合物は(1S)-(-)-ピネン、*n*-ウンデカン、ナフタレン、*n*-テトラデカン、*n*-ヘキサデカン、*t*-ブチルアミン、ジブチルヒドロキシトルエンであった。

屋外グラウンドAにおいては一年目の結果との比較をして、夏冬の季節影響を調べた。対象VOCs

の検出数は概ね同等であった。夏季の方が高い濃度を示した化合物は、アセトン、メチルエチルケトン、*n*-ブタノール、1,4-ジクロロベンゼン、デカナール、ホルムアルデヒドであり、冬季の方が高い濃度を示した化合物はヘキサン、*m*-, *p*-キシレン、*n*-デカン、1,2,4-トリメチルベンゼンであった。**1-3. グラウンドより採取したゴムチップから放散されるVOCs量**

先行研究で収集したグラウンドに充填前のゴムチップ試料から放散されるベンゾチアゾールの中央値は2.4 µg/gであったのに対し、人工芝グラウンドから採取したゴムチップから放散されるベンゾチアゾールの中央値は0.14 µg/gであった。また、メチルイソブチルケトンも充填前試料から1.6 µg/gに対し、0.29 µg/gであった。その他のVOCsは全て検出下限値(0.04 µg/g)以下であった。

2. 金属類の分析結果

測定対象とした28元素のうち、20元素(Zn、Al、Fe、Mg、Cu、Co、Mn、Ba、Pb、Sr、Ni、Cr、Sn、Rb、V、Li、Ga、Cd、Sb及びHg)がいずれかのゴムチップ試料で検出された。Mn、Fe、Co、Cu、Zn及びRbの濃度が屋外Cで高かったが、それ以外は4か所の試料で大きな差はなかった。本研究試料で得られた各元素の中央値の多くは、先行研究で収集したグラウンドに未使用のゴムチップ試料での中央値と同等であり、最大値と最小値の幅は先行研究の範囲内であった。

先行研究において有害金属類の濃度が高かったゴムチップについて、日本薬局方崩壊試験で規定される人工胃液を用い、平成15年環境省告示第19号を改変した方法で溶出試験を行った。土壌汚染対策法で規定されている金属の溶出は、Crで最大0.081 µg/g、Asで全て<0.05 µg/g、Seで全て<0.25 µg/g、Cdで全て<0.01 µg/g、Pbで0.020~0.25 µg/gであった。

ほとんどの金属類は人工胃液による溶出液で最も濃度が高く、人工腸液、人工唾液及び人工汗は同程度であった。15元素(Mg、Al、V、Cr、Mn、Fe、Co、Ni、Cu、Zn、Ga、Rb、Sr、Ba及びPb)がグラウンドから採取したゴムチップの溶出液のいずれか1つ以上で検出された。ゴムチッ

ブ中の金属類の溶出率は、Mn 以外、含有量の 10% 未満と少なかった。先行研究で入手したゴムチップ試料についても同様に溶出試験を行った結果、Sn が追加された以外同じ元素が検出された。人工芝グラウンドから採取したゴムチップに比べて溶出率が 10% を超える元素は多く、Mg、Mn、Fe、Cu、Zn、Sr 及び Rb が超えていたが、人工胃液を用いたときのみであった。

3. SVOCs の分析結果

3-1. ゴムチップ中の SVOCs 含有量

人工芝グラウンド内の複数地点で採取したゴムチップ中の SVOCs 濃度を比較すると、ほとんどの化合物は地点間で有意差は認められなかった。さらに、各地点のゴムチップを混合した試料と個々の地点の試料を比較したときも同様の結果であった。

4 か所のグラウンドから採取したゴムチップには、調査対象としたゴム添加剤等 42 化合物中、19 化合物が検出された。これらの化合物濃度のほとんどは、屋内グラウンド試料の方が、他の地点で採取した試料よりも高かった。PAHs 及び類縁化合物類では、調査対象とした 32 化合物中、31 化合物が検出された。ジベンゾフラン、フェナントレン及び 4 種類のメチルフェナントレン等の濃度は、屋内グラウンドから採取したゴムチップ試料の方が、他の地点に比べて高い傾向を示した。一方、ベンゾ[a]アントラセン、トリフェニレン及びクリセン等ではその傾向は認められなかった。

3-2. ゴムチップからの SVOCs の溶出

人工芝グラウンドから採取したゴムチップ試料の溶出試験で、ゴム添加剤等は 9 化合物が定量下限 (LOQ) 以上で検出された。ベンゾチアゾロン、ベンゾチアゾール、1,3-ジフェニルグアニジン及びジシクロヘキシルアミンは、4 か所のグラウンドのうち屋内グラウンドの試料で溶出量が最も多かった。各化合物の溶出率は、ベンゾチアゾール、ベンゾチアゾロン、*N*-シクロヘキシル-1,3-ベンゾチアゾール-2-アミン、フタルイミド及び 9,10-ジヒドロ-9,9-ジメチルアクリジンでは概ね十~二十数%程度、2-メルカプトベンゾチアゾール、1,3-ジフェニルグアニジン及び *N*-(1,3-ジメチルブチル)-*N'*-フェニル *p*-フェニレンジアミンで

は 0.079~4.6%と相対的に低かった。

先行研究で収集した試料では 27 化合物が検出された。2-メルカプトベンゾチアゾール及びアセトフェノン等の溶出率は 10% 以下であったのに対し、ベンゾチアゾロン、ベンゾチアゾール及びフタルイミド等では、数十~90%と高い溶出率を示した。各人工体液間で比較すると、人工胃液が他に比べて検出頻度が高く、特に芳香族アミン系老化防止剤の *N*-(1,3-ジメチルブチル)-*N'*-フェニル *p*-フェニレンジアミン等で、他の人工体液に比べて溶出量が多い傾向を示した。一方、フタルイミドなどの溶出量は人工体液による違いは認められなかった。

PAHs 及び関連化合物については、グラウンドから採取した試料 C 及び D の人工胃液による溶出液に、フェナントレン等いくつかの PAHs が検出されたのみであった。先行研究で収集した 8 試料については、全ての化合物で溶出量は LOQ 以下であった。

今回得られた最大溶出率と先行研究の充填前試料の最大含有量から、各人工体液への推定最大溶出濃度を算出した。その結果、フルオレンでは溶出試験の LOQ が溶出試験に用いた試料中の含有量を超えていたため、100%溶出と仮定し、後述のリスク評価に用いた。

4. ゴムチップ関連物質のリスク評価

4-1. 耐容一日摂取量等の調査

先行研究で発がん性に関し「懸念あり」と判断された 37 物質のうち、産業衛生上の許容濃度 (ACGIH の TLV-TWA 及び日本産業衛生学会の許容濃度等)を確認できたのは、14 物質であった。経口または吸入経路の亜慢性~慢性曝露による反復投与毒性試験等の無毒性量等を根拠とした最小リスクレベル (MRL) あるいは参照用量/濃度 (Reference dose, RfD または Reference concentration, RfC) 等の情報は 31 物質について得ることができた。ベンゾ[a]アントラセン、ベンゾ[a]ピレン、ベンゾ[b]フルオランテン、ベンゾ[e]ピレン、ベンゾ[ghi]ペリレン、ベンゾ[k]フルオランテン、クリセン、フルオランテン、フルオレン、フェナントレン、ピレン、ベンゾ[j]フルオランテンについては、ATSDR においては PAHs として

一括して許容値が示されていた。MRL あるいは RfD/RfC については、多くが非発がん影響を根拠とした無毒性量等を基に設定されていた。

4-2 . 曝露量推定法に関する調査

4-2-1 . RIVM 報告書

本書では、子供（2～12 歳）を対象とし、主に PAHs の経皮及び経口曝露によるシナリオ及び曝露量を報告していた。経皮曝露は、ConsExpo（ソフトウェア）に搭載された皮膚拡散モデルにより推定可能としている。拡散法を用いた経皮曝露量の計算に用いた各パラメーターは、以下の通り。

- ・ ゴムチップ中 PAHs 濃度：0.8, 4, 8 mg/kg
- ・ 競技場を訪問する頻度と期間：週 5 日、1 日 2 時間（全年齢層に対して）
- ・ 手、足、脚との接触時間：7.2 分 / 時間
- ・ 接触面積：11～13 歳（体重 44.8 kg）の場合、手 0.064、脚 0.421、足 0.095 m²。ただし、実際のゴムチップとの接触部位が明らかではないので 2 で割る。
- ・ タイルの厚さ：40 mm
- ・ タイル中の PAHs 拡散係数：10-11 m²/s
- ・ 経皮吸収率：20%

経口曝露については、5 歳までの子供については手についた PAH の移動の可能性（50%）を含めており、経口吸収率は 30%としていた。一方、吸入曝露については、PAHs の揮発に関する情報が限定的であること等を根拠に除外していた。

4-2-2 . ノルウェー公衆衛生研究所及びラジウム病院による報告書

曝露経路（経皮、吸入及び経口）毎に、トレーニングと試合に対して、年齢層毎に 4 種類のシナリオタイプが用いられた。吸入経路については、シナリオ 1～4b の計 5 種が報告されていた。吸入容積は、トレーニング及び試合中の最も激しい運動を想定し設定されていた。経皮曝露（皮膚接触）については、シナリオ 5～8b の計 5 種が報告されていた。大人が曝露される皮膚面積を：足（2070 cm² の 25%）、腿（1980 cm²）、腕（2570 cm²）、手（840 cm²）、頭（顔、1180 cm²）全体で約 7100 cm² とし、体表面積が体重とほぼ相関すると仮定した場合の数値が用いられていた。また、皮膚からの吸収率は、より低い皮膚取り込みレベルが妥

当（例えば、フタル酸エステルの場合 5%）という明確な証拠がない場合は、100%吸収されるというワーストケースが用いられていた。皮膚上に沈着した粒子の量は、1.0 mg/cm²としていた。経口摂取については、シナリオ 9a および 9b の計 2 種が報告されていた。子供が試合又はトレーニング中に口に入った 1 g のゴムチップを飲み込み、100%が消化器官で吸収されたと仮定したシナリオであった。

4-3 . ゴムチップ中 PAHs 濃度に基づく暫定リスク評価

先行研究で得たゴムチップ中の各 PAH の最大濃度、及びノルウェーにより報告された経皮曝露シナリオ 5 を用い、PAHs 16 物質の評価を行った。各化合物の推定曝露量は、0.016（ベンゾ[c]フルオレン）～1.957（ピレン）ng/kg BW/day であった。

PAHs の発がんリスクは、USEPA の経口曝露でのベンゾ[a]ピレンの評価書を参考に、ベンゾ[a]ピレンのスロープファクター 1 (mg/kg/day)⁻¹ を全ての PAHs に適用し、さらに年齢（16 歳以上）及び競技人生（20 年と仮定）を考慮して計算した。発がんリスクは、最大で 2.8×10^{-7} （ピレン）、IARC による発がん分類が 1 であるベンゾ[a]ピレンは 2.1×10^{-8} であった。全物質の発がんリスクの合計は 7.0×10^{-7} であった。これらの値は、 10^{-5} 発がんリスクより十分低かった。

4-4 . 許容値の調査

VOCs は、測定対象とした 53 化合物すべてについて調査し、このうち分離測定できない *m*-キシレンと *p*-キシレン、及び 3-エチルトルエンと 4-エチルトルエンについてはそれぞれをまとめて 1 化合物として扱った。金属類は、測定対象とした 28 元素のうち、人工芝グラウンドから採取したゴムチップ試料から検出できた 20 元素に As、Se を加えた 22 元素の許容値を調査した。PAHs を含む SVOCs は、測定対象とした 74 化合物すべてについて調査した。許容値が得られた物質は、VOCs については 51 化合物中 34 化合物、PAHs は 32 化合物中 20 化合物、SVOCs は 42 化合物中 8 化合物、金属類は 22 元素中 17 元素であった。各物質における経口及び吸入経路の許容値のうち最小

の値を、後述するハザード比の導出に用いた。

4-5．日本人向け曝露シナリオの設定

4-5-1．体重

平成 29 年国民健康・栄養調査（厚生労働省、2018）結果の各年齢の男女の平均体重の 25 パーセンタイルの平均値とした。

4-5-2．年間活動日数と 1 日当たりの活動時間

(1) 小学生（低学年）

小学校低学年を対象としたサッカースクール等のホームページを調査し、最も長い総活動時間を示すスクールの練習条件を採用した。その結果、練習頻度を週 3 回、1 日当たりの活動時間を 2.83 時間（8.5 時間/3 日/週）、年間の活動（練習・試合）時間については 442 時間とした。

(2) 小学生（高学年）

年間の活動（練習・試合）日数は、1 週間当たり 4 回の活動を設定し、208 日（=52 週/年×4 日/週）と仮定した。1 日当たりの最大活動時間を 4 時間とした。

(3) 中学生

年間の活動日数は、日曜日、夏休み 3 日及び年末年始休暇 4 日を除く 306 日と仮定した。日本スポーツ振興センターの報告（2010）を参考に、1 日当たりの時間加重平均値（3.33 時間）を活動日の平均活動時間とした。

(4) 高校生

年間活動日数は 306 日と仮定した。4.17 時間を活動日の平均活動時間とした。

(5) 大学生

年間活動日数は他年代学生と同じ。アスリートプランニング（2015）アンケート回答から、1 日当たりの最大活動時間を 4 時間とした。

(6) 大人

年間活動日数は 306 日と仮定した。プロサッカー選手の練習時間をもとに、1 日当たりの最大活動時間を 2.5 時間とした。

各年齢群の年間の総活動時間は、年間活動日数と 1 日当たりの活動時間の積として計算した。

4-5-3．呼吸量

(1) 平均呼吸量

各年齢群の平均呼吸量（ $\text{m}^3/\text{時}$ ）は、体重 70 kg の人の一日呼吸量を 20 m^3 とし、次式のように各

年齢群の体重で補正して求めた。

$$\text{平均呼吸量} = 20 \times (\text{体重}/70)^{3/4} / 24$$

(2) 活動時の呼吸量

米国 EPA 2011 年のデータを基に、上記の式により各年齢群別に体重補正し、平均呼吸量及び年間の活動時の呼吸量を求めた。

4-5-4．ゴム由来の PM_{10} 濃度

人工芝グラウンドで競技者が吸入し得るゴム由来の PM_{10} 濃度は $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ とした。この濃度は、ノルウェー屋内競技場で測定された最高濃度にゴム由来が 30% 占めることから来る。

4-5-5．人工芝との接触皮膚面積

(1) 体表面積と部位別体表面積

各年齢の男女の身長と体重の 95 パーセンタイル値から、以下の式で推定した。

$$S = 88.83 \times W^{0.444} \times H^{0.663}$$

ここで、 S ：体表面積（ cm^2 ）、 W ：体重（kg）、 H ：身長（cm）である。さらに 16 部位の体表面積を計算した。

(2) 接触体表面積

腿部（大腿部 + 下腿部）の 1/4 と手部及び腕（上腕部 + 前腕部）のそれぞれの 1/2 が人工芝と接触するとした。

(3) 活動時のゴム粒子付着量

年齢別に接触体表面積（ cm^2 ）にゴムチップの皮膚付着量（ $1 \text{ mg}/\text{cm}^2$ ）を乗じて計算した。

4-5-6．ゴムチップの直接摂取量

米国での年齢群別土壌とダストの合計摂取量の 95 パーセンタイル値とした。

4-6．曝露量の計算とハザード比の算出

4-6-1．VOCs

各人工芝グラウンドにおける最大空気中濃度から平均一日曝露濃度を算出し、それを許容値で除してハザード比を求めた。許容値の情報が得られたほとんどの物質で、いずれの年代の曝露シナリオでも、ハザード比は 1 未満となり、これらの VOCs の吸入曝露による健康リスクは懸念されるレベルにはないことを確認した。トリクロロエチレンについては、他のグラウンドに比して高濃度で検出された 1 か所のグラウンドを除き、いずれの年齢層の吸入曝露シナリオにおいても、ハザード比は 1 未満であった。一方、許容値が得られな

かった物質については、平均一日曝露濃度を求めるに留めた。

4-6-2．金属及びSVOCs

曝露シナリオ毎に、ゴムチップ中の最大濃度、ゴムチップからの最大溶出濃度、空气中濃度（吸入曝露のみ）等から平均一日経口／経皮摂取量または平均一日曝露濃度（吸入曝露）を求め、許容値と比較してハザード比を求めた。許容値が得られた金属及びSVOCsのほとんどは、いずれの曝露シナリオにおいても平均一日曝露濃度が許容値より十分低く、健康リスクは懸念されるレベルにはないことが確認できた。SVOCsであるエチレンチオウレア及び金属のCrについては、先行研究で収集した充填前のゴムチップ製品の結果を用いた一部のシナリオにおいてハザード比が1を超えていた。

エチレンチオウレアについては、経口曝露（小学校低学年及び高学年のみ）及び経皮曝露（全年齢層）のハザード比が1以上であった。エチレンチオウレアの経皮曝露量は、汗に溶出した物質を吸収率100%で皮膚から吸収すると仮定した。そこで、米国EPAのRisk Assessment Guidance for Superfund Volume I: Human Health Evaluation Manual (Part E, Supplemental Guidance for Dermal Risk Assessment), Final (2004)で推奨されている数式を改変した式を用いて、経皮吸収量の推定を行った。この式では水溶液（汗）中のエチレンチオウレア濃度を設定する必要があることから、以下のように求めた。ETUは皮膚に付着するゴムチップ量2gとその推定最大溶出濃度10 µg/gの積の20 µgとした。小学低学年～中学生のサッカー活動中の全身発汗量を1200 mL、高校生、大学生、大人のサッカー活動中の発汗量を2000 mLと仮定した。これをゴムチップと接触する可能性がある皮膚（手と腕の1/2 + 腿部の1/4）の割合で補正し、さらに、汗の水分は常に蒸発しているので、皮膚上に常に存在する汗の量を割振り量の1/10とした。以上から計算した汗中濃度を用いて、ETUの経皮曝露量を再計算した。その結果、エチレンチオウレアのハザード比は全年齢層においていずれも1未満となった。

経口曝露では、エチレンチオウレアに関する許容値としては米国EPAがIntegrated Risk Information Systemにより設定したThe oral Reference Dose（RfD：参照用量＝生涯人が毎日曝露を受けても有害影響のリスクがないと推測される摂取量）を用いてハザード比を求めた。この場合、小学生低・高学年を想定したシナリオにおいて、ハザード比が各々1.5、1.3となった。一方、FAO/WHO合同残留農薬専門家会議(JMPR)では一日摂取許容量を0.004 mg/kg/dayと設定している。この値でハザード比を求めると、ゴムチップ製品に由来するエチレンチオウレアの小学校低学年及び高学年への経口曝露によるハザード比は、各々0.029、0.025となった。

Crについては、緑色EPDM製ゴムチップを用いた曝露量計算において、吸入曝露（全年齢層）のハザード比が1以上であった。Crについては六価クロムの許容値を用いたが、ゴムチップの緑色が金属又は酸化クロムの顔料によるものと考え、それらの許容値を用いて再解析した。労働者を対象とした日本産業衛生学会が設定する金属及び三価クロムの許容値0.5 mg/m³を一日当たりの値に換算し、一般人との間の不確実性を考慮した係数10で除した値(11.9 µg/m³)を求め、ハザード比を導出した。その結果、ハザード比は小学校低学年0.0086、小学校高学年0.016、中学生0.015、高校生0.017、大学生及び大人0.015となった。なお、今回人工芝グラウンドから採取したゴムチップのCrについては、いずれの曝露シナリオでも六価クロムの許容値に対するハザード比は1未満であった。

4-6-3．特定の物質

4-6-3-1．白血病あるいはリンパ腫を誘発することが知られる物質

スチレン、ベンゼン、1,3-ブタジエンのURあるいはVSD値を用い、各年齢層におけるハザード比を求めたところ、いずれのシナリオにおいても1未満であった。2-メルカプトベンゾチアゾールについては、URあるいはVSDに関する情報を得ることができず、ハザード比を求めることはできなかった。

4-6-3-2．水銀

先行研究において測定されたゴムチップ中の最大濃度を用いて曝露量を計算した。いずれの曝露シナリオ、投与経路においても、ハザード比は1より十分低かった。

4-6-3-3．刺激性物質

対象とした5物質について、グラウンド空気中濃度の最大値及びPAC-1値から求めたハザード比は十分に低い値であった。ホルムアルデヒドについては、国内室内濃度指針値100 µg/m³ (25の場合)とのハザード比は0.071であった。

D．考察

ゴムチップ関連物質の曝露量を把握するため、VOCsについては人工芝グラウンドの大気分析を、SVOCsや金属類については経口及び経皮曝露を想定したゴムチップの溶出試験を行った。

1．VOCsの曝露評価

VOCsは、53種のVOCsを測定対象に選定した。先行研究並びに諸外国の調査等を勘案すると、人工芝グラウンド上でゴムチップより放散される可能性があるVOCsのほとんどを網羅していると考えられる。測定対象には、血液性のがん(白血病やリンパ腫)を誘発する、ヒトにおける十分な証拠があるベンゼン、1,3-ブタジエン、ホルムアルデヒド、及びヒトにおける証拠が限られたジクロロメタン、スチレン、トリクロロエチレンを含み、各物質に適切なサンプリング方法と分析条件を確立し、測定した。

IARCのモノグラフにおいて人に対して発がん性を示す物質に分類されるベンゼンは、いずれの人工芝グラウンドにおいてもWHO欧州地域事務局のガイドライン値(1.7 µg/m³:ユニットリスクの10⁻⁵レベル換算値)及び我が国における大気環境基準値(0.003 mg/m³:1年平均値)以下であった。また、人に対して発がん性を示す可能性のある物質(グループ2A)に分類される1,3-ブタジエンは、いずれのグラウンドにおいても検出限界(0.3 µg/m³)以下であった。ホルムアルデヒドはWHO欧州において100 µg/m³(30分平均値)のガイドライン値が示されているが、十分に下回っていた。トリクロロエチレン及びジクロロメタンも環境基準値(トリクロロエチレン0.13 mg/m³:

1年平均値,ジクロロメタン0.15 mg/m³:1年平均値)よりも顕著に低い濃度であった。屋外人工芝グラウンドと屋内人工芝グラウンドで大気中VOCs濃度と比較したところ、屋内のメチルイソブチルケトン、ベンゾチアゾール等の濃度が高かった。また、屋内のみで検出された化合物も散見された。屋内人工芝グラウンドにおいてはゴムチップに限らず種々の製品に由来するVOCsが空气中に滞留する可能性があり、恒常的に十分な換気を促す必要があると考えられる。

同一グラウンドにおける季節間差について検討したところ、アセトン、*n*-ブタノール、1,4-ジクロロベンゼン等が夏季に高い値を示した。一般的に、外気温が高い夏季の方がVOCsの放散量が相対的に高くなると考えられるが、グラウンド近郊の数多の外的要因(工場や事業所の存在、それらにおける化石燃料の燃焼、自動車の排ガス、風向等の気象条件)があり、ゴムチップに由来を限定するVOCs量の変化を確認することは困難であった。

各グラウンドで採取したゴムチップから放散されるVOCs量を、先行研究のグラウンド充填前ゴムチップからの量と比較したところ、メチルイソブチルケトンは18.6%に、ベンゾチアゾールは5.7%に減少し、グラウンドに使用後経時的に減衰することが示唆された。

2．金属類の曝露評価

金属類に関して、グラウンドから採取したゴムチップ中に20元素が検出されたが、その濃度は先行研究のグラウンド充填前ゴムチップと差は認められなかった。グラウンドに施工後の自然環境下のゴムチップの劣化等による金属類の溶出性に対する影響は少ないことが推察された。RIVMやECHAの報告書では金属類について、ゴムチップからの溶出性をもってリスクを判断している。溶出試験は、平成15年環境省告示19号、人工芝充填物中の溶出可能な有害金属類に関する規格(ASTM F3188-16)及び玩具の安全性評価のための欧州規格(EN71-3:2013)等の規格基準を参考に、既法と同等もしくは生体内に取り込まれた状況を再現した条件を採用した。多くの金属類において人工胃液の溶出割合が高く、少数で

はあるが 10%を超える元素も確認できた。予備試験を行った、グラウンド充填前のゴムチップにおいて、各人工体液への移行量を含有量基準値や欧州の玩具安全性規格 (EN71-3:2013) の移行限度値を参考値として比較したが、それらを大きく下回った。RIVM の報告では人工汗及び人工胃腸液中への最大溶出量を見積もり、人工汗で Pb が 0.07 µg/g、Co が 0.48 µg/g 及び Cd が 0.02 µg/g、人工胃腸液では Pb が 9 µg/g、Co が 2 µg/g 及び Cd は未検出としている。本研究の各人工体液における溶出量はそれらを下回り、ゴムチップの経口摂取または皮膚接触による曝露量は概して少ないと考えられた。

3. SVOCs の曝露評価

人工芝グラウンド上の異なる地点からゴムチップ試料を採取し、そこに含有されている SVOCs を分析したところ、ほとんどの化合物で混合試料と各地点間で有意差は認められなかった。このため、各地点で採取したゴムチップを等量混合したものを、調査対象とした人工芝グラウンドの代表試料として扱うことができると考えられた。ゴムチップ中の SVOCs の含有量をグラウンドから採取した試料と先行研究の充填前試料とで比較したところ、ほとんどの化合物はグラウンドから採取したゴムチップの方が少なかった。また全体として、屋外の方が屋内グラウンドのゴムチップよりも含有量が少ない傾向が認められた。PAHs 及び類縁化合物についても同様の傾向が認められた。グラウンドへの施行前後でゴムチップ中のゴム添加剤等や PAHs 等の濃度が大幅に低下することは、廃タイヤ由来のゴムパッドで同様の現象が報告されており、使用されているゴムチップの違いもあるが、紫外線等による分解や揮散、雨水への流亡等の影響が原因と考えられた。

ゴムチップ中に含有が認められた化合物であっても、溶出試験で LOQ 以下となるものが多かった。LOQ 以上で検出された化合物は、グラウンドから採取した試料よりも先行研究のグラウンド充填前試料からの溶出率が高くなる傾向を示した。ベンゾチアゾール、ベンゾチアゾロン、フタルイミド及びリン酸トリエチルは溶出率が高いのに対して、含有量の多いフタル酸ジ(2-エチル

ヘキシル)、フタル酸ジイソノニル及びジイソノニルシクロヘキサン-1,2-ジカルボキシレート等の可塑剤類はほとんど LOQ 以下だった。これは、各化合物の物性(オクタノール・水分配係数など)が影響していると考えられた。*N*-(1,3-ジメチルブチル)-*N*-フェニル-*p*-フェニレンジアミン等の芳香族アミン系老化防止剤の人工胃液への溶出傾向が高い要因としては、これらの化合物が塩基性であり、pH が低い人工胃液に溶出しやすかったと考えられた。フタル酸エステル類や PAHs の人工体液への溶出量は含有量と正の相関を示す事が報告されているが、含有量と溶出量が相関しない試料が存在した。その試料は表面が緑色の着色コーティングが施されており、これにより含有されているゴム添加剤等の溶出が抑えられていると考えられた。

試料中に含有されるものの溶出液には検出されない化合物については、LOQ 値を溶出値と仮定して溶出率を算出した。曝露量のワーストケースとして、最大溶出率の値を用いた推定最大溶出量を算出し、以下のリスク評価に用いた。

4. ゴムチップ関連物質の有害性 / 許容値評価

許容値については、当初先行研究により発がん性の懸念あるとされた 37 物質を対象としたが、測定対象とした物質全てを調査し、最終的には 79 物質について得ることができた。

海外評価機関における人工芝ゴムチップ関連物質の曝露量の推定は、子供のみを対象としたり、小学校等の教育機関が人工芝グラウンドを多用していたり、あるいは寒い気候のため室内運動場を多用したりする環境を想定するなど、各国の事情を反映したシナリオであった。本研究では、体重や体表面積等で既存の日本固有データがある場合はそれらを利用したり、海外の曝露シナリオの一部のパラメーター数値を置き換えたりして、日本独自の曝露シナリオを確立し、それに基づいて曝露量を推定した。

暫定的に先行研究で得たゴムチップ中の各 PAH の最大濃度を用いて、経皮曝露量を推定した。ノルウェーの大人の曝露シナリオ 5 に基づき推定したが、体格が異なるため日本人の実際とは異なることが予想されたものの、ピレン以外はノルウ

エーの評価書での推定曝露量 (0.87 ng/kg BW/day) を下回った。US EPA が公表した経口曝露によるベンゾ[a]ピレンの評価書を参考に、ベンゾ[a]ピレンのスロープファクターを全ての PAHs に適用し、計算した。経口曝露による PAHs の発がんリスクの相対発がんポテンシーは、ベンゾ[a]ピレン及びベンゾ[b]フルオランセンが 1 に対し、ベンゾ[a]アントラセン、ベンゾ[k]フルオランセン及びベンゾ[j]フルオランセンが 0.1、アントラセン、フルオランセン、クリセン、ベンゾ[ghi]ペリレンが 0.01 であると報告されている。このような各 PAH の発がん性の強さを考慮した発がんリスクを評価する必要があるが、本研究ではベンゾ[a]ピレンと同じ発がん性の強さとしても 10^{-5} 発がんリスクより十分低い結果であった。よって、本条件での PAHs の評価に相対発がんポテンシーを考慮する必要はないと考えられた。

本研究でのフィールド調査から得たデータを用い、日本人サッカー競技者を想定した本研究独自の曝露シナリオを設定し、各経路からの曝露量推定及びリスク評価を行った。許容値に関する情報がなかった対象物質については、ハザード比を求めることができないため、リスク評価の対象外とした。許容値の情報が得られたほとんどの物質について、今回調査した人工芝グラウンドのゴムチップからの健康リスクは懸念されるレベルにはないことを確認できた。また、先行研究で入手した、グラウンド充填前のゴムチップ試料に検出し、かつ許容値を得ることができた多くの物質は、いずれの曝露シナリオにおいても、健康リスクは懸念されるレベルにはないことを確認できた。

一方、ハザード比が 1 を超えた物質については、詳細に評価した。トリクロロエチレンについては、1 か所のグラウンドを除き、いずれの年齢層の吸入曝露シナリオにおいても、ハザード比は 1 未満であった。一方、他のグラウンドに比して高濃度で検出された 1 か所のグラウンドについては、小学校高学年～大学生を想定した吸入曝露シナリオにおいて、ハザード比が 1 をわずかに超えたが (USEPA が IRIS により設定した RfC を元に許容値を 0.002 mg/m^3 と設定し、小学校高学年～大学生それぞれの曝露濃度 ($\mu\text{g/m}^3$) を 2.5、2.3、

2.5、2.4 と推計した場合) このグラウンドについては、バックグラウンドとして測定したグラウンド外の大気中トリクロロエチレン濃度と、グラウンド内で測定した大気中トリクロロエチレン濃度が同程度であることが確認されている。よって、グラウンド内で検出されたトリクロロエチレンが人工芝に充填されたゴムチップに由来している可能性は極めて低いと考えられた。

なお、トリクロロエチレンについては、ヒト及び動物の腎臓等に発がん性を有することが示唆されており、USEPA IRIS が報告したユニットリスク ($4.1 \times 10^{-6} \text{ per } \mu\text{g/m}^3$) から過剰発がん率 10^{-5} の実質安全量 (VSD) を求めると $2.4 \mu\text{g/m}^3$ となる。この VSD をもとに、一生涯の発がんリスクを評価するための総ハザード比 (USEPA の呼吸量に基づいて得た各年齢層の生涯一日曝露濃度に基づくハザード比の合計) を求めた結果、0.31 と 1 未満であった。以上より、トリクロロエチレンによる発がん影響が、実際にサッカー競技者に発生する可能性は低いと考えられた。

エチレンチオウレアは 100% 皮膚に吸収されると仮定した当初の曝露量計算法ではハザード比が 1 を超えるが、皮膚からの吸収率を勘案したより現実的な計算法によりハザード比は 1 未満となり、健康リスクは懸念されるレベルにはないことを確認できた。経口曝露では、小学生低・高学年を想定したシナリオにおいて、ハザード比が 1 を超えた。エチレンチオウレアの許容値は、USEPA がラットの甲状腺・濾胞上皮細胞の過形成の発生頻度増加を根拠とした最小毒性量から得た RfD を用いたが、一方、IARC は、エチレンチオウレアの発がん性分類をグループ 3 (ヒトに対する発がん性については分類できない物質) としている。その根拠はマウス及びラットでみられる甲状腺腫瘍は甲状腺ホルモンの不均衡が起因する非遺伝毒性的機序によるものであり、ヒトが当該物質に曝露されるレベルは甲状腺ホルモンの恒常性に影響を及ぼす濃度ではないため、ヒトでは甲状腺腫瘍の発生は考えられないとしている。また、IARC は、疫学研究及び動物を用いた毒性試験の結果から、甲状腺ホルモンの不均衡による腫瘍発生に対する感受性は、げっ歯類 (ハムスターを

除く)の方がヒトより高いとしている。EPA は、ヒトでの一生涯の曝露量が RfD を超えた場合、必ずしも健康影響が生じるわけではないとしている。本解析における経口曝露シナリオは、唾液、胃液及び腸液に溶出した当該物質が 100%吸収されることを想定しており、実際よりも過剰に曝露量を見積もられる。エチレンチオウレアは、先行研究で収集したグラウンド充填前の 46 種のゴムチップ製品のうち、3 種のみから検出され、当該 3 製品はいずれも工業用ゴム由来であった。米国では廃タイヤ由来ゴムチップの安全性が懸念され、調査対象とされている。また、本年度国内 4 か所のグラウンドから採取したゴムチップにはエチレンチオウレアは検出されていない。なお、JMPR はエチレンチオウレアの一日摂取許容量を設定しており、リスク評価に際して、この値を用いて計算した場合、ゴムチップ製品に由来するエチレンチオウレアの小学校低学年及び高学年への経口曝露によるハザード比は、各々 0.029、0.025 となり、各々大きく 1 を下回ることも確認した。以上を踏まえて検討した結果、エチレンチオウレアの甲状腺への影響が、実際に小学生サッカー競技者に発生する可能性は低いと考えられた。

Cr については、先行研究で収集した充填前ゴムチップ製品 1 種の測定値を用いた曝露量推定において、全年齢群を想定した吸入曝露シナリオによるハザード比が 1 を超えていたが、当該製品は緑色顔料として Cr(酸化クロムとして)が含まれているためと考えられ、一般的に金属クロム及び三価クロムは六価クロムより毒性が低い。本解析において Cr のハザード比の導出は安全側に立ち六価クロムの許容値から求めたが、上記より金属及び三価クロムの許容値に基づく再検討を実施した。日本産業衛生学会が設定した値から許容値を求めハザード比を導出した結果、いずれの年齢群でも 1 を大きく下回り、当該製品に由来する金属及び三価クロムの吸入曝露による健康リスクは懸念されるレベルにはないことを確認できた。なお、今回人工芝グラウンドから採取したゴムチップの Cr の六価クロムの許容値に基づくハザード比はいずれの曝露シナリオでも 1 未満であった。

この結果は、国内の人工芝グラウンドを使用するサッカー競技者に対する Cr による健康リスクの懸念は、十分低いことを示している。

以上、ハザード比が 1 を超えたトリクロロエチレン、エチレンチオウレア及び Cr については、より現実的なシナリオによる評価あるいは毒性機序等に基づく検討の結果、これらが日本人サッカー競技者に対し健康影響を及ぼす可能性は低いと判断した。

スチレン、ベンゼン、2-メルカプトベンゾチアゾール、1,3-ブタジエンは白血病及びリンパ腫を誘発することが知られている。2-メルカプトベンゾチアゾール以外の 3 物質は、本研究で設定した曝露シナリオの条件下であれば、日本人サッカー競技者が人工芝ゴムチップ由来の各物質により白血病あるいはリンパ腫が発生する可能性は低いことが確認できた。RIVM の報告書でも、同様の結果が報告されている。2-メルカプトベンゾチアゾールについては許容値を得ることができなかったが、人工芝グラウンドの空気中には定量下限値未満であり、競技者が曝露される量は十分に少ないことから、本物質に起因する腫瘍発生の可能性は低いと考えられた。

なお、今回、許容値を得ることができなかった対象物質については、ハザード比を求めることができないため、リスク評価を行うことが困難であった。これらの物質については、今後国内外において設定される許容値等を待ってリスク評価を実施することが望ましい。

E. 結論

ゴムチップを使用した人工芝グラウンド上で競技する人の健康リスクを評価することを目的に、我が国のゴムチップから検出された化学物質について曝露量を推定し、許容値との比較を行った。ゴムチップ関連物質の曝露量の把握に当たって、VOCs の吸入曝露量については実際の人工芝グラウンドでのフィールド上の大気分析、金属類及びSVOCs についてはゴムチップの経口及び経皮曝露を想定した各種人工体液を用いた溶出試験を実施し、さらに各年代の日本人サッカー競技者を想定した曝露シナリオの設定を行った。

屋外人工芝グラウンド3か所及び屋内1か所の
大気を採取した。屋外グラウンドでは、フィールド内とフィールド外の対照地点との間で VOCs 53 化合物の濃度に大きな差は認められなかった。ベンゼンはグラウンドのいずれの地点においても各種環境基準値以下であった。1,3-ブタジエンは検出下限値以下、ホルムアルデヒドは WHO 欧州のガイドライン値を十分に下回っていた。屋外及び屋内グラウンドいずれもフィールド内と対照地点との間でほとんどの VOCs 濃度に大きな差は認められなかった。

グラウンドから採取したゴムチップを分析した結果、対象とした金属類 28 種のうち 20 元素がいずれかの試料で検出された。各金属類の濃度は先行研究の中央値とほぼ同程度であった。グラウンドから採取したゴムチップ及び先行研究の充填前のゴムチップの一部について、人工胃液、人工腸液、人工唾液及び人工汗を用いた溶出試験を行った。多くの金属類は人工胃液への溶出が多く、含有量に対する溶出率が 10%を超えるものもあったが、それらの溶出量は国内外の限度値を大きく下回った。

先行研究でゴムチップからの検出が確認されたゴム添加剤等 42 化合物、並びに PAHs 及び類縁化合物類 32 化合物の計 74 種類の SVOCs についてグラウンドゴムチップ中の濃度を測定した。グラウンド採取試料からはゴム添加剤等 19 化合物、PAHs 及びその類縁化合物 31 化合物が検出され、ゴム添加剤等のほとんどの濃度は、屋内試料の方が屋外試料よりも高かった。人工体液を用いた溶出試験を実施したところ、ほとんどの化合物の溶出率はおおむね低く、多くは定量下限値以下であった。また、ゴムチップの表面コーティングの有無により溶出率に差が生じることがわかった。

先行している諸外国報告書の調査や暫定評価の結果を参考に、年齢群毎に体重、皮膚面積、活動日数及び時間、呼吸量、ゴムチップ由来の PM₁₀ 濃度、ゴムチップの皮膚付着量及び経口摂取量を定めることにより日本人サッカー競技者を想定した曝露シナリオを設定し、溶出試験や大気中濃度の測定結果を用いて、経口、経皮、吸入経路ご

とに平均一日摂取量あるいは曝露濃度を求め、許容値で除してハザード比を求めた。許容値を得ることができなかった対象物質のリスク評価は困難であった。許容値を得ることができた対象物質の多くはハザード比が 1 未満であり、いずれの経路からの曝露であっても、健康リスクは懸念されるレベルにはないことが確認できた。一方、1か所のグラウンド大気中、先行研究で入手したグラウンド充填前のゴムチップ中化学物質について一部のシナリオにおいてハザード比が 1 を超えたが、より現実的なシナリオによる評価あるいは毒性機序等に基づく検討の結果、これらの化学物質が日本人サッカー競技者に対し健康影響を及ぼす可能性は低いと判断した。

以上、評価対象とした化学物質のうち、許容値を得ることができた人工芝ゴムチップ由来化学物質については、日本人サッカー競技者に対し、発がん性や刺激性を含む健康リスクに関する懸念は十分低いことが確認できた。米国では同様の健康リスクに関する調査研究が終了しておらず、新たな知見が公表された場合には、我が国においても必要に応じて再検討することが望ましい。

F．健康危険情報

なし

G．研究発表

1．論文発表

なし

2．学会発表

- 1) 西以和貴, 上村仁, 河上強志, 五十嵐良明: 人工芝グラウンド用ゴムチップ中の多環芳香族炭化水素類の分析. 第 54 回全国衛生化学技術協議会年会 (2017.11)
- 2) 河上強志, 小濱とも子, 五十嵐良明: 人工芝グラウンド用ゴムチップに含まれるゴム添加剤の分析. 第 54 回全国衛生化学技術協議会年会 (2017.11)
- 3) 五十嵐良明, 河上強志, 西以和貴, 久保田領志, 小濱とも子, 酒井信夫, 田原麻衣子, 重田善之, 森田健: 人工芝グラウンド用ゴムチップの成分分析及び諸外国における研究状況. 第 27 回環

境化学討論会（2018.5）

- 4) 久保田領志，小濱とも子，五十嵐良明：人工芝グラウンド用ゴムチップの成分分析 金属類
．第 27 回環境化学討論会（2018.5）
- 5) 西以和貴，上村仁，河上強志，五十嵐良明：人工芝グラウンド用ゴムチップの成分分析 多環芳香族炭化水素類 ．第 27 回環境化学討論会（2018.5）
- 6) 河上強志，小濱とも子，五十嵐良明：人工芝グラウンド用ゴムチップの成分分析 ゴム添加剤類 ．第 27 回環境化学討論会（2018.5）
- 7) 田原麻衣子，酒井信夫，五十嵐良明：人工芝グラウンド用ゴムチップの成分分析 揮発性有機化合物 第 27 回環境化学討論会(2018.5）
- 8) 久保田領志，小濱とも子，五十嵐良明：人工芝グラウンド用ゴムチップ中の金属類の分析 .第 55 回全国衛生化学技術協議会年会（2018.11）

H. 知的財産権の出願・登録状況

1．特許取得

なし

2．実用新案登録

なし

3．その他

なし

厚生労働行政推進調査事業費補助金（化学物質リスク研究事業）
分担総合研究報告書

人工芝グラウンド用ゴムチップの健康リスク評価に関する研究

ゴムチップ関連揮発性有機化合物の曝露評価

研究分担者	酒井 信夫	国立医薬品食品衛生研究所	生活衛生化学部	室長
研究協力者	五十嵐良明	国立医薬品食品衛生研究所	生活衛生化学部	部長
	河上 強志	国立医薬品食品衛生研究所	生活衛生化学部	室長
	田原麻衣子	国立医薬品食品衛生研究所	生活衛生化学部	主任研究官

人工芝グラウンド用ゴムチップの健康影響評価を実施するためには、人工芝グラウンドに充填されるゴムチップから放散する揮発性有機化合物（VOCs）を調査し、それらの曝露量と有害性情報とを突合させて健康リスク評価を行うことが重要である。

本研究では、人工芝グラウンドにおける大気中の VOCs の測定方法（サンプリング法及び分析法）を構築するとともに、関東近郊の人工芝グラウンド（冬季：平成 30 年 1 月 / 屋外 1 か所、夏季：平成 30 年 7 月 / 屋外 3 か所、屋内 1 か所）における大気およびゴムチップをサンプリングして VOCs 濃度を測定した。

測定対象とする VOCs は、先行研究及び諸外国の調査報告等を基に 53 化合物を選定し、それらの特性により 6 グループに分類して適切な測定方法を構築した。人工芝グラウンドにおける大気中の VOCs 濃度を測定した結果、国際がん研究機関のモノグラフ等において健康リスクが懸念される化合物であるベンゼンは、いずれの地点においても WHO 欧州地域事務局のガイドライン値（ $1.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ：ユニットリスクの 10^{-5} レベル換算値）および我が国における大気環境基準値（ $0.003 \text{ mg}/\text{m}^3$ ：1 年平均値）以下であり、1,3-ブタジエンは、いずれの地点においても検出限界以下であった。ホルムアルデヒドは WHO 欧州において $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ （30 分平均値）のガイドライン値が示されているが、いずれの人工芝グラウンドにおいても十分に下回っていた。屋外グラウンドではフィールド内とバックグラウンドにした地点（対照地点）とで VOCs 濃度に大きな差は認められなかった。また、屋外及び屋内グラウンドにおいて、いずれもフィールド内と対照地点との間でほとんどの VOCs 濃度に大きな差は認められなかった。

諸外国のフィールド調査と比較すると限定的な情報量ではあるが、サンプリング地点、屋内外、季節間における VOCs 濃度の変動を解析し、健康リスク評価に供するデータを集積することができた。

A. 研究目的

人工芝グラウンド用ゴムチップの健康影響評価を実施するためには、人工芝グラウンドに充填されるゴムチップから放散する揮発性有機化合物（VOCs）を調査し、それらの曝露量と有害性情報

とを突合させて健康リスク評価を行うことが重要である。我々は、平成 28 年度厚生労働科学特別研究事業として「人工芝グラウンド用ゴムチップの成分分析及びその発がん性等に関する研究（分担研究課題：人工芝グラウンド用ゴムチップに含ま

れる揮発性有機化合物の分析)」を実施し、我が国に流通する人工芝グラウンド用ゴムチップ製品の成分分析を行い、それらに含まれる VOCs の実態を明らかにしてきた。

継続研究である本課題の平成 29 年度において、人工芝グラウンド上の競技者における VOCs 曝露量の評価に資する科学的エビデンスを集積することを目的に、人工芝グラウンド内における大気中の VOCs の測定方法(サンプルング法及び分析法) を構築するとともに、予備調査として実際の人工芝グラウンド内における大気をサンプルングして冬季の VOCs 濃度を測定した。平成 30 年度は、夏季の人工芝グラウンド(屋外 3 か所、屋内 1 か所) における大気をサンプルングして VOCs 濃度を測定し、サンプルング地点、屋内外、季節間における VOCs 濃度の変動を解析し、健康リスク評価に供するデータを集積した。更に、人工芝グラウンドよりサンプルングしたゴムチップから放散される VOCs を分析し、先行研究の結果(未使用製品) との比較を行った。

B. 研究方法

1. 測定対象 VOCs

測定対象とする VOCs は、先行研究(平成 28 年度 厚生労働科学研究費補助金 厚生労働科学特別研究事業「人工芝グラウンド用ゴムチップの成分分析及びその発がん性等に関する研究」分担研究課題：人工芝グラウンド用ゴムチップに含まれる揮発性有機化合物の分析) の分析結果(検出率として 10%以上)¹⁾、米国環境保護庁 (USEPA)、オランダ国立公衆健康環境研究所 (RIVM)、欧州化学品庁 (ECHA) の調査結果²⁻⁴⁾、国際がん研究機関 (IARC) による発がん性評価⁵⁾とを合わせ、表 1 に示す 53 化合物を選定した。

測定対象 VOCs は、後述する測定方法(サンプルング法及び分析法) の特性により、VOC1(低沸点 VOCs 34 化合物)、VOC2(高沸点 VOCs 14 化合物)、VOC3(アニリン及び *t*-ブチルアミン)、

VOC4(ホルムアルデヒド)、VOC5(2-メルカプトベンゾチアゾール)、VOC6(ジブチルヒドロキシトルエン) の 6 グループに分類した。

2. 標準物質

【VOC1(低沸点 VOCs 34 化合物)】

HAPs-J44+F7 有害大気汚染物質測定用標準ガス(住友精化製)、PAMS-J58 新規自動車排ガス規制用標準ガス(住友精化製)、48 Component Indoor Air Standard (SUPELCO 製)

【VOC2(高沸点 VOCs 14 化合物)】

48 Component Indoor Air Standard (SUPELCO 製)

【VOC3(アニリン及び *t*-ブチルアミン)】

アニリン(関東化学製)、アニリン-*d*₅ (C/D/N Isotopes 製)、*t*-ブチルアミン(和光純薬工業製)、ナフタレン-*d*₈ (Cambridge Isotope Laboratories 製)

【VOC4(ホルムアルデヒド)】

16 種アルデヒド-DNPH 混合標準溶液 高速液体クロマトグラフ用(和光純薬工業製)

【VOC5(2-メルカプトベンゾチアゾール)】

2-メルカプトベンゾチアゾール(東京化成工業製)、フェナントレン-*d*₁₀ (C/D/N Isotopes 製)、トリメチルシリルジアゾメタン (ca. 10% in Hexane) (東京化成工業製)

【VOC6(ジブチルヒドロキシトルエン)】

ジブチルヒドロキシトルエン(BHT)標準品(関東化学製)、2,6-Di-*tert*-butyl-4-methylphenol-*d*₂₄ (C/D/N Isotopes 製)、ヘキサクロロベンゼン(¹³C₆, 100 ± 10 µg/mL in Nonane) (Cambridge Isotope Laboratories 製)

3. 測定方法（サンプリング法及び分析法）

測定方法（サンプリング法及び分析法）の概略を表2及び表3に示す。

【VOC1（低沸点 VOCs 34 化合物）】

有害大気汚染物質測定法マニュアル（環境省）⁶⁾に準じ、低温濃縮（AutoCan）-ガスクロマトグラフ/質量分析計（GC/MS）法により測定した。ガス捕集後、キャニスター中のガスを加圧希釈し、AutoCan（気体試料濃縮装置）を使用し、GC/MSを用いて分析を行った。本分析条件では *m*-キシレンと *p*-キシレン、3-エチルトルエンと 4-エチルトルエンは分離ができないため、合算値として定量した。

捕集方法: 容器（6 L キャニスター）捕集

捕集量: 約 5 L

吸引速度: 約 0.08 L/min

時間: 60 分

測定装置及び分析条件を表4に示す。

[計算式]

$$V = V1 / d$$

$$C = a / V \times M / 24.02 \times 1,000$$

V: 試料ガス量 (mL)

V1: 分析使用量 (mL)

d: 希釈率

C: 濃度 (μg/m³)

a: 絶対量 (nL)

M: 分子量

【VOC2（高沸点 VOCs 14 化合物）】

有害大気汚染物質測定法マニュアル（環境省）⁷⁾に準じ、加熱脱離（TD）-GC/MS 法により測定した。ガス捕集後、捕集管（TenaxTA 60/80 mesh）中の VOCs を TD-GC/MS を用いて分析を行った。

捕集方法: 固相（TenaxTA）捕集

捕集量: 6 L

吸引速度: 0.1 L/min

時間: 60 分

測定装置及び分析条件を表5に示す。

[計算式]

$$V = V1 / d$$

$$C = a / V$$

V: 試料ガス量 (mL)

V1: 分析使用量 (mL)

d: 希釈率

C: 濃度 (μg/m³)

a: 絶対量 (nL)

【VOC3（アミン類 2 成分）】

有害大気汚染物質測定法マニュアル（環境省）⁸⁾に準じ、誘導体化-溶媒抽出-GC/MS 法により測定した。ガス捕集後、ろ紙を分割しそれぞれアニリン分析用、*t*-ブチルアミン分析用とし、それぞれの分析を行った。

アニリン分析方法

捕集後の石英繊維ろ紙をトルエンで抽出した後、ヘプタフルオロ酪酸無水物で誘導体化（アシル化）し、GC/MS を用いて分析を行った。

t-ブチルアミン分析方法

捕集後の石英繊維ろ紙を NaOH 水溶液で抽出した後、塩化ベンゾイルで誘導体化（ベンゾイル化）した。これをヘキサンで抽出し、GC/MS を用いて分析を行った。

捕集方法: ろ紙（リン酸含浸）捕集

捕集量: 30 L

吸引速度: 0.5 L/min

時間: 60 分

前処理のフローを図 1 及び 2 に、測定装置及び分析条件を表 6 及び 7 に示す。

【VOC4 (ホルムアルデヒド)】

有害大気汚染物質測定法マニュアル(環境省)⁹⁾に準じ、溶媒抽出-高速液体クロマトグラフ(HPLC)法により測定した。アルデヒド類の分析では 2,4-ジニトロフェニルヒドラジンカ-トリッジ(Presep-C DNPH 富士フイルム和光純薬製)を用い、DNPH 誘導体化して分析した。分析は HPLC/UV を用いて行った。

捕集方法: 固相 (DNPH) 捕集

捕集量: 60 L

吸引速度: 1 L/min

時間: 60 分

前処理のフローを図 3 に、測定装置及び分析条件を表 8 に示す。

[計算式]

$$V = V1 / d$$

$$C = a / V$$

V: 試料ガス量 (mL)

V1: 分析使用量 (mL)

d: 希釈率

C: 濃度 (μg/m³)

a: 絶対量 (nL)

【VOC5 (2-メルカプトベンゾチアゾール)】

化学物質分析法開発調査報告書(平成 25 年度)(環境省)¹⁰⁾に準じ、溶媒抽出-誘導体化-GC/MS 法により測定した。アセトンで洗浄後 1%アスコルビン酸/メタノールを含浸させ乾燥した石英繊維ろ紙を用いて捕集した。捕集後の石英繊維ろ紙をメタノールで抽出し濃縮した後、トリメチルシリルジアゾメタンで誘導体化(メチル化)し、ガスクロマトグラフ/タンデム型質量分析計 (GC-

MS/MS) を用いて分析を行った。

捕集方法: ろ紙 (アスコルビン酸含浸) 捕集

捕集量: 30 L

吸引速度: 0.5 L/min

時間: 60 分

前処理のフローを図 4 に、測定装置及び分析条件を表 9 に示す。

【VOC6 (ジブチルヒドロキシトルエン)】

化学物質分析法開発調査報告書(平成 7 年度)(環境省)¹¹⁾に準じ、溶媒抽出-GC/MS 法により測定した。ヘキサン及びアセトンで洗浄後 1%アスコルビン酸/メタノールを含浸させ乾燥した Sep-Pak Plus C18 カートリッジを用いて捕集した。捕集後の C18 カートリッジから溶出させ、濃縮した後、GC/MS を用いて分析を行った。なお、未使用の C18 カートリッジを用いて試料と同様の前処理操作を行った操作ブランク試験の結果、検量線最低濃度以上の BHT が検出されたことから、操作ブランク値を差し引いた濃度を試料中濃度とした。

捕集方法: 固相 (C18 アスコルビン酸含浸) 捕集

捕集量: 30 L

吸引速度: 0.5 L/min

時間: 60 分

前処理のフローを図 5 に、測定装置及び分析条件を表 10 に示す。

4. 人工芝グラウンドにおける大気サンプリング

廃タイヤ由来のゴムチップが充填された人工芝サッカーグラウンドにおいて、平成 30 年 7 月 13 日～24 日にかけて、関東近郊の人工芝グラウンド(屋外 3 か所、屋内 1 か所)における大気サンプリングを実施した。グラウンド上の調査地点は、米国コネチカット州内の人工芝フィールドの調査報告^{12, 13)}等を参考にし、平成 29 年度は図 6 に示す 6 か所 ゴール前 高さ 15 cm, ゴール前 高

さ 91 cm, 右サイド 高さ 91 cm, 左サイド 高さ 91 cm, センターサークル 高さ 91 cm, グラウンド外 (バックグラウンド) 高さ 91 cm) 平成 30 年度は図 7 に示す 4 か所 (ゴール前 高さ 15 cm, ゴール前 高さ 91 cm, センターサークル 高さ 91 cm, グラウンド外 (バックグラウンド) 高さ 91 cm) とした。

大気サンプリング中はグラウンド上で気温() 湿度(%) 平均風速(m/s) 風向(16 方位) 気圧(hPa) を記録した。

屋外人工芝グラウンド A (神奈川県)

測定日: 平成 30 年 1 月 22 日

測定時間: 8 時 27 分 ~ 11 時 40 分

平均気温: 2.4 (最高: 3.6 、最低: 1.1)

平均湿度: 82% (最高: 92%、最低: 68%)

平均風速: 2.0 m/s (最高: 2.8 m/s、最低: 1.3 m/s)

最多風向: 西北西

平均気圧: 1019.7 hPa (最高: 1020.7 hPa、最低: 1018.0 hPa)

屋外人工芝グラウンド A (神奈川県)

測定日: 平成 30 年 7 月 17 日

測定時間: 8 時 50 分 ~ 11 時 05 分

平均気温: 35.3 (最高: 38.9 、最低: 33.7)

平均湿度: 54% (最高: 57%、最低: 47%)

平均風速: 1.7 m/s (最高: 2.8 m/s、最低: 0.6 m/s)

最多風向: 南西

平均気圧: 1009.9 hPa (最高: 1010.2 hPa、最低: 1009.5 hPa)

屋外人工芝グラウンド B (東京都)

測定日: 平成 30 年 7 月 13 日

測定時間: 9 時 12 分 ~ 11 時 30 分

平均気温: 34.7 (最高: 37.5 、最低: 32.9)

平均湿度: 51% (最高: 56%、最低: 46%)

平均風速: 1.0 m/s (最高: 2.0 m/s、最低: 0.4 m/s 未

満)

最多風向: 東

平均気圧: 1006.5 hPa (最高: 1006.9 hPa、最低: 1005.9 hPa)

屋外人工芝グラウンド C (埼玉県)

測定日: 平成 30 年 7 月 24 日

測定時間: 10 時 01 分 ~ 12 時 10 分

平均気温: 36.3 (最高: 37.5 、最低: 32.3)

平均湿度: 45% (最高: 50%、最低: 40%)

平均風速: 1.8 m/s (最高: 3.0 m/s、最低: 0.4 m/s)

最多風向: 東北東

平均気圧: 1003.2 hPa (最高: 1003.7 hPa、最低: 1002.7 hPa)

屋内人工芝グラウンド D (茨城県)

測定日: 平成 30 年 7 月 23 日

測定時間: 9 時 13 分 ~ 11 時 21 分

平均気温: 35.0 (最高: 37.1 、最低: 32.0)

平均湿度: 62% (最高: 72%、最低: 51%)

平均風速: 静穏

最多風向: なし

平均気圧: 1005.9 hPa (最高: 1006.5 hPa、最低: 1005.4 hPa)

(サンプリング中の気象条件データを巻末の付属資料 1 ~ 4 に示す)

5. 人工芝グラウンドよりサンプリングしたゴムチップから放散される VOCs の分析

人工芝グラウンド (屋外 3 か所、屋内 1 か所) よりサンプリングしたゴムチップから放散される VOCs の分析は、先行研究で確立したヘッドスペース / MMSE (Monolithic Material Sorptive Extraction) 法を用いた。

試料量 5 g を精秤し、捕集温度 60 、捕集時間 24 時間の条件で溶媒抽出用シリカモノリスディスク (MonoTrap® DSC18 ジーエルサイエンス社

製)に VOCs を捕集し、メタノール 200 μL により超音波照射 5 分で抽出した。

抽出液は GC/MS に供し、SIM 測定を行った。GC/MS 測定条件を表 11 に示す。SIM 測定の定量下限値 (0.04 $\mu\text{g/g}$) を下回った化合物は不検出とした。

6. 倫理面への配慮

該当事項なし

C. 研究結果

1. 大気中の VOCs の測定方法(サンプルング法及び分析法) の構築

測定対象 VOCs は、測定方法 (サンプルング法及び分析法) の特性により、VOC1, VOC2, VOC3, VOC4, VOC5, VOC6 の 6 グループに分類し、環境省が示す有害大気汚染物質測定方法マニュアル等の公定法に準じて定量分析を行った。定量分析にあたっては、検量線最低濃度が S/N 比 10 以上であることを確認し、算出される試料中濃度が目標定量下限値 (0.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) を下回ることを確認した。VOC2 のベンゾチアゾール、ピフェニルについては、検量線最低濃度が S/N 比 10 以上になる条件を確保するために、定量下限値を 1.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ とした。

VOC1 の *m*-キシレンと *p*-キシレン、3-エチルトルエンと 4-エチルトルエンについては、分離が不十分であったため、合算値として定量した。VOC3 の大気中 *t*-ブチルアミンの分析方法は国内外において確認することができなかった。また、有害大気汚染物質測定法マニュアルによるアニリンとの同時分析を検討したところ、*t*-ブチルアミン-アシル化物の生成を確認することができなかったため、塩化ベンゾイルを誘導体化試薬とするベンゾイル化による分析法の検討を行った。その結果、*t*-ブチルアミン-ベンゾイル化物の検量線は $R^2 > 0.9992$ となり、添加回収試験 ($N=1$, 0.7 L/min, 捕集時間 1 時間) では回収率 90% と良好な結果が得られた

ため、本法を大気中 *t*-ブチルアミンの分析方法として採用した^{14, 15)}。

2. 人工芝グラウンドにおいてサンプルングした大気中の VOCs 濃度

<平成 29 年度：冬季>

廃タイヤ由来のゴムチップが充填された人工芝サッカーグラウンドにおいて大気サンプルングを実施し、VOCs 濃度を定量分析した。結果を表 11 及び表 12 に示す。

米国コネチカット州内の人工芝フィールドの調査報告を参考に、グラウンド上のゴール前の調査地点は高さ 15 cm () と高さ 91 cm () の 2 か所の大気を採取したが、アセトン以外に大きな差異は認められなかった。また、高さ 91 cm の 4 か所の調査地点 (~) における VOCs 濃度は、トルエンが若干変動していた (2.9 ~ 5.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) が、その他の化合物においては大きな差異は認められなかった。更に、人工芝の敷設されていないグラウンド外 (バックグラウンド) においても大気サンプルングを行い、VOCs 濃度を測定したところ、グラウンドの内外において顕著に差異のある化合物は認められなかった (サンプルング中の気象条件データを巻末の付属資料 1 ~ 4 に示す) 。

<平成 30 年度：夏季>

ゴムチップが充填された人工芝グラウンド (屋外 3 か所 (A ~ C)、屋内 1 か所 (D)) において大気サンプルングを実施し、VOCs 濃度を定量分析した。米国コネチカット州内の人工芝グラウンド調査報告^{12, 13)}を参考に、グラウンド上の大気サンプルング地点を、ゴール前付近の高さ 15 cm () と高さ 91 cm ()、センターサークル付近の高さ 91 cm () およびグラウンド外 (バックグラウンド) の高さ 91 cm () 地点とした。結果を表 13 から表 16 に示す。

測定対象とする VOCs 53 化合物のうち、人工芝グラウンドにおける大気中に検出された VOCs は

36 化合物であり、17 化合物 (1,3-ブタジエン、トランス-2-ブテン、シス-2-ブテン、シス-1,2-ジクロロエテン、クロロホルム、1,1,1-トリクロロエタン、テトラクロロエチレン、クロロベンゼン、1,3,5-トリメチルベンゼン、1,2,3-トリメチルベンゼン (1S)-(-)- α -ピネン、(R)-(+)-リモネン、n-トリデカン、ビフェニル、n-ペンタデカン、アニリン、2-メルカプトベンゾチアゾール) は検出限界以下であった。

サンプリング地点(グラウンド内外)の比較(図 8)

各グラウンド内 3 地点(~)の大気中 VOCs 濃度をグラウンド外(バックグラウンド)()と比較したところ、屋外グラウンド A ではグラウンド内外に大きな差異は認められなかったが、屋外グラウンド B では (ゴール前付近 高さ 15 cm) において、屋外グラウンド C では (センターサークル付近 高さ 91 cm) で高い傾向が認められた。また、屋内グラウンド D では (ゴール前付近 高さ 15 cm) において、屋外のバックグラウンドよりも顕著に高い濃度を示した。中でもメチルイソブチルケトン は 25.7 倍、ベンゾチアゾールは 16.2 倍高い濃度を示した。

屋外グラウンドと屋内グラウンドの比較(図 9)

屋外グラウンド 3 か所 (A ~ C) の大気中 VOCs 濃度を屋内グラウンド (D) と比較したところ、サンプリング地点 (グラウンド外 (バックグラウンド)) およびサンプリング地点 (センターサークル付近 高さ 91 cm) では、屋外・屋内に大きな差異は認められなかったが、サンプリング地点 (ゴール前付近 高さ 15 cm) および (ゴール前付近 高さ 91 cm) では屋内グラウンド D で顕著に高い濃度を示した。屋内グラウンドの方が濃度が高かった化合物は、ベンゼン、メチルイソブチルケトン、デカナール、ベンゾチアゾール、ホルムアルデヒドであった。屋内グラウンドのみで検出された化合物は (1S)-(-)- β -ピネン、n-ウンデカン、ナフタレン、n-テトラデカン、n-ヘキサデカン、*t*-

ブチルアミン、BHT であった。

屋外グラウンド A における季節間の比較(図 10)

屋外グラウンド A においては、平成 29 年度に冬季 (平成 30 年 1 月 22 日) の VOCs 濃度を測定したことから、夏季 (平成 30 年 7 月 17 日) との比較を行った。

各グラウンド内 4 地点(~)の大気中 VOCs 濃度を季節間で比較したところ、対象 VOCs の検出数は概ね同等であった。測定対象 VOCs で比較すると、夏季の方が高い濃度を示した化合物は、アセトン、メチルエチルケトン、n-ブタノール、1,4-ジクロロベンゼン、デカナール、ホルムアルデヒドであり、冬季の方が高い濃度を示した化合物はヘキサン、*m*-,*p*-キシレン、n-デカン、1,2,4-トリメチルベンゼンであった。

3. 人工芝グラウンドよりサンプリングしたゴムチップから放散される VOCs の分析

我々は、先行研究において、我が国に流通する人工芝グラウンド用ゴムチップ製品 46 検体について成分分析を行い、主要な化学物質としてメチルイソブチルケトン、ベンゾチアゾールが検出されたと報告した (平成 28 年度厚生労働科学特別研究事業「人工芝グラウンド用ゴムチップの成分分析及びその発がん性等に関する研究 [分担研究課題：人工芝グラウンド用ゴムチップに含まれる揮発性有機化合物の分析])。本研究では、平成 29 年度、平成 30 年度に実施した調査を実施した人工芝グラウンド (延べ 5 か所) よりサンプリングしたゴムチップから放散される VOCs を分析し、未使用製品との比較を行った。結果を表 16 に示す。

未使用製品から放散されるメチルイソブチルケトンの中央値は 2.4 $\mu\text{g/g}$ であったのに対し、人工芝グラウンドに充填されたゴムチップから放散される濃度は 0.14 $\mu\text{g/g}$ であった。また、未使用製品から放散されるベンゾチアゾールの中央値は 1.6 $\mu\text{g/g}$ であったのに対し、人工芝グラウンドに充填

されたゴムチップから放散される濃度は 0.29 $\mu\text{g/g}$ であった。未使用製品から放散されるベンゾチアゾールの中央値は 2.4 $\mu\text{g/g}$ であったのに対し、人工芝グラウンドに充填されたゴムチップから放散される濃度は 0.14 $\mu\text{g/g}$ であった。また、未使用製品から放散されるベンゾチアゾールの中央値は 1.6 $\mu\text{g/g}$ であったのに対し、人工芝グラウンドに充填されたゴムチップから放散される濃度は 0.29 $\mu\text{g/g}$ であった。その他の VOCs は全て検出限界 (0.04 $\mu\text{g/g}$) 以下であった。

D. 考察

本研究では、先行研究及び諸外国の調査報告等を基に 53 化合物を選定し、人工芝グラウンド(屋内 3 か所、屋外 1 か所)における大気中の VOCs 濃度を測定した。

国際がん研究機関のモノグラフにおいて人に対して発がん性を示す物質に分類されるベンゼンは、いずれの人工芝グラウンドにおいても WHO 欧州地域事務局のガイドライン値 (1.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$: ユニトリスクの 10^{-5} レベル換算値) および我が国における大気環境基準値 (0.003 mg/m^3 : 1 年平均値) 以下であった。また、人に対して発がん性を示す可能性のある物質 (2A 可能性の高い (probably) 物質) に分類される 1,3-ブタジエンは、いずれの人工芝グラウンドにおいても検出限界 (0.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) 以下であった。ホルムアルデヒドは WHO 欧州において 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (30 分平均値) のガイドライン値が示されているが、いずれの人工芝グラウンドにおいても十分に下回っていた。トリクロロエチレンおよびジクロロメタンは、いずれの人工芝グラウンドにおいても環境基準値 (トリクロロエチレン 0.13 mg/m^3 : 1 年平均値、ジクロロメタン 0.15 mg/m^3 : 1 年平均値) よりも顕著に低い濃度であった。

屋外人工芝グラウンド (3 か所) では、グラウンド内外で VOCs 濃度に大きな濃度差は認められなかった。一方、屋内人工芝グラウンドでは、メチル

イソブチルケトン、ベンゾチアゾールの濃度がグラウンド外 (バックグラウンド) よりも高い値を示した。

屋外人工芝グラウンド (3 か所) の大気中 VOCs 濃度を屋内人工芝グラウンドと比較したところ、屋内の方が高い濃度を示した化合物は、ベンゼン、メチルイソブチルケトン、デカナール、ベンゾチアゾール、ホルムアルデヒドであった。また、屋内グラウンドのみで検出された化合物は (1S)-(-)- β -ピネン、n-ウンデカン、ナフタレン、n-テトラデカン、n-ヘキサデカン、*t*-ブチルアミン、BHT であった。屋内人工芝グラウンドにおいてはゴムチップに限らず、種々の製品に由来する VOCs が空气中に滞留するため、恒常的に十分な換気を促す必要があると考えられる。

また、同一グラウンドにおける季節間差について検討したところアセトン、n-ブタノール、1,4-ジクロロベンゼン等が夏季に高い値を示した。一般的に、外気温が高い夏季の方が VOCs の放散量が相対的に高くなると考えられるが、人工芝グラウンド近郊の数多の外的要因 (工場や事業所における化学燃料の燃焼、自動車排ガス、風向等の気象条件) があり、ゴムチップに限定する VOCs の放散量の変動を解析することは困難である。

また、各グラウンドでサンプリングしたゴムチップから放散される VOCs を分析し、先行研究の結果 (未使用製品) と比較したところ、メチルイソブチルケトンの中央値は 5.4 倍、ベンゾチアゾールの中央値は 17.5 倍低減していた。これは、人工芝グラウンド用ゴムチップに由来する VOCs が経時的に減衰することを示唆しており、人工芝グラウンドに充填する前のベイクアウト等で健康リスクを低減できる可能性が考えられる。

E. 結論

平成 29 年度は屋外人工芝グラウンド (1 か所)、平成 30 年度は屋外人工芝グラウンド (3 か所)、屋内人工芝グラウンド (1 か所) における大気およ

びゴムチップをサンプリングして VOCs 濃度を測定し、人工芝グラウンド用ゴムチップの健康リスク評価に資する科学的エビデンスを集積した。

参考文献

- 1) 平成 28 年度 厚生労働科学研究費補助金 厚生労働科学特別研究事業「人工芝グラウンド用ゴムチップの成分分析及びその発がん性に関する研究」分担研究課題: 人工芝グラウンド用ゴムチップに含まれる揮発性有機化合物の分析
- 2) U.S. Environmental Protection Agency and the Centers for Disease Control and Prevention/Agency for Toxic Substances and Disease Registry, Research Protocol: Collections Related to Synthetic Turf Fields with Crumb Rubber Infill. August 5, 2016.
- 3) National Institute for Public Health and the Environment, Evaluation of health risks of playing sports on synthetic turf pitches with rubber granulate: RIVM Report 2017-0016.
- 4) The European Chemicals Agency (ECHA), Annex XV report: an evaluation of the possible health risks of recycled rubber granules used as infill in synthetic turf sports fields. 28 February 2017.
- 5) IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. List of Classifications by cancer sites with sufficient or limited evidence in humans. Last update: 27 October 2017.
- 6) 有害大気汚染物質測定方法マニュアル (平成 23 年 3 月改訂) 第 2 部 有機化合物の容器採取・固体吸着による測定方法 第 1 章 大気中のベンゼン等揮発性有機化合物(VOCs)の測定方法 第 1 節 容器採取 ガスクロマトグラフ質量分析法 (多成分同時測定方法)
- 7) 有害大気汚染物質測定方法マニュアル (平成 23 年 3 月改訂) 第 2 部 有機化合物の容器採取・固体吸着による測定方法 第 1 章 大気中のベンゼン等揮発性有機化合物(VOCs)の測定方法 第 2 節 固体吸着 加熱脱着 ガスクロマトグラフ質量分析法
- 8) 有害大気汚染物質測定方法マニュアル (平成 26 年 3 月改訂) 大気中の芳香族アミン類の測定方法
- 9) 有害大気汚染物質測定方法マニュアル (平成 23 年 3 月改訂) 第 4 部 有機化合物の反応捕集による測定方法 第 1 章 大気中のホルムアルデヒド及びアセトアルデヒドの測定方法 第 1 節 固相捕集 高速液体クロマトグラフ法
- 10) 化学物質分析法開発調査報告書 (平成 25 年度) (環境省) 2. 大気中の化学物質に関する分析法 (GC/MS) 2-メルカプトベンゾチアゾール (pp.635)
- 11) 化学物質分析法開発調査報告書 (平成 7 年度) (環境省) p-t-ブチルフェノール; 2,6-ジ-t-ブチル-4-メチルフェノールの分析法 (pp.251)
- 12) Artificial Turf Field Investigation in Connecticut. Final Report: Section of Occupational and Environmental Medicine, University of Connecticut Health Center, July 27, 2010.
- 13) Synthetic turf field investigation in Connecticut, Nancy J. Simcox, Anne Bracker, Gary Ginsberg, Brian Toal, Brian Golembiewski, Tara Kurland, Curtis Hedman, Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A, 74:1133-1149, 2011.
- 14) 上田宏明: エチレングリコール, プロパン-1,2-ジオール 平成 27 年度化学物質分析法開発調査報告書, 134-169
- 15) 角脇怜, 本田富義: ペンタエリスツール 昭和 55 年度化学物質分析法開発調査報告書, 128-

F．健康危機情報

なし

G．研究発表**1．論文発表**

なし

2．学会発表

1) 五十嵐良明 ,河上強志 ,西以和貴 ,久保田領志 ,
小濱とも子 , 酒井信夫 , 田原麻衣子 , 重田善之 ,
森田健. 人工芝グラウンド用ゴムチップの成分分
析及び諸外国における研究状況. 第27回環境化学
討論会, 沖縄, 2018年5月

2) 田原麻衣子, 酒井信夫, 五十嵐良明. 人工芝グ
ラウンド用ゴムチップの成分分析 揮発性有機化
合物 . 第27回環境化学討論会, 沖縄, 2018年5
月

H．知的所有権の取得状況**1．特許取得**

なし

2．実用新案登録

なし

3．その他

なし

表 1 測定対象化合物

	調査項目	CAS-RN	種別
1	Chloromethane	74-87-3	VOC1
2	1,3-Butadiene	106-99-0	
3	trans-2-Butene	624-64-6	
4	cis-2-Butene	590-18-1	
5	1,1,2-Trichloro-1,2,2-trifluoroethane	76-13-1	
6	Acetone	67-64-1	
7	Carbon disulfide	75-15-0	
8	Dichloromethane (Methylene chloride)	75-09-2	
9	Hexane	110-54-3	
10	cis-1,2-Dichloroethene	156-59-2	
11	Methyl ethyl ketone	78-93-3	
12	Chloroform	67-66-3	
13	1,1,1-Trichloroethane	71-55-6	
14	Carbon tetrachloride	56-23-5	
15	Benzene	71-43-2	
16	n-Butanol	71-36-3	
17	Trichloroethylene	79-01-6	
18	Methyl isobutyl ketone (4-Methyl-2-pentanone)	108-10-1	
19	Toluene	108-88-3	
20	Tetrachloroethylene	127-18-4	
21	Chlorobenzene	108-90-7	
22	Ethylbenzene	100-41-4	
23,24	<i>m</i> -Xylene; <i>p</i> -Xylene	108-38-3; 106-42-3	
25	<i>o</i> -Xylene	95-47-6	
26	Styrene	100-42-5	
27	n-Decane	124-18-5	
28,29	3-Ethyltoluene; 4-Ethyltoluene	620-14-4; 622-96-8	VOC2
30	1,3,5-Trimethylbenzene	108-67-8	
31	2-Ethyltoluene	611-14-3	
32	1,2,4-Trimethylbenzene	95-63-6	
33	1,2,3-Trimethylbenzene	526-73-8	
34	1,4-Dichlorobenzene	106-46-7	
35	(1S)-(-)- α -Pinene	7785-26-4	
36	(1S)-(-)- β -Pinene	18172-67-3	
37	(R)-(+)-Limonene	5989-27-5	
38	n-Undecane	1120-21-4	
39	Nonanal	124-19-6	
40	Naphthalene	91-20-3	
41	n-Dodecane	112-40-3	
42	Decanal	112-31-2	
43	Benzothiazole	95-16-9	
44	n-Tridecane	629-50-5	VOC3
45	Biphenyl	92-52-4	
46	n-Tetradecane	629-59-4	
47	n-Pentadecane	629-62-9	VOC4
48	n-Hexadecane	544-76-3	
49	Aniline	62-53-3	VOC5
50	<i>t</i> -Butylamine	75-64-9	
51	Formaldehyde	50-00-0	VOC6
52	2-Mercaptobenzothiazole	149-30-4	
53	Butylated hydroxytoluene	128-37-0	

表 2 測定方法（サンプリング法）の概略

種別	捕集方法	捕集量	吸引速度	時間
VOC1	容器（6L キャニスター）捕集	約 5 L	約 0.08 L/min	60 分
VOC2	固相（TenaxTA）捕集	6 L	0.1 L/min	60 分
VOC3	ろ紙（リン酸含浸）捕集	30 L	0.5 L/min	60 分
VOC4	固相（DNPH）捕集	60 L	1 L/min	60 分
VOC5	ろ紙（アスコルビン酸含浸）捕集	30 L	0.5 L/min	60 分
VOC6	固相（C18 アスコルビン酸含浸）捕集	30 L	0.5 L/min	60 分

表 3 測定方法（分析法）の概略

種別	調査項目	調査方法参考マニュアル等
VOC1	低沸点 VOCs 34 成分	有害大気汚染物質測定法マニュアル（環境省） ⁶⁾ 低温濃縮（AutoCan）-GC/MS
VOC2	高沸点 VOCs 14 成分	有害大気汚染物質測定法マニュアル（環境省） ⁷⁾ 加熱脱離（TD）-GC/MS
VOC3	アミン類 2 成分	有害大気汚染物質測定法マニュアル（環境省） ⁸⁾ 誘導体化-溶媒抽出-GC/MS
VOC4	ホルムアルデヒド	有害大気汚染物質測定法マニュアル（環境省） ⁹⁾ 溶媒抽出-HPLC
VOC5	2-メルカプトベンゾチア ゾール	化学物質分析法開発調査報告書（平成 25 年度） （環境省） ¹⁰⁾ 溶媒抽出-誘導体化-GC/MS
VOC6	ジブチルヒドロキシトル エン	化学物質分析法開発調査報告書（平成 7 年度） （環境省） ¹¹⁾ 溶媒抽出-GC/MS

表 4 VOC1 の測定装置及び分析条件

AutoCan (米国 Tekmar 社製) 装置分析条件

Cryo	on	Drypurge Flow	10 ml/min
Line Temp	150	Desorb Preheat Temp	180
Valve Temp	150	Trap Desorb Time	5 min
MCS Line Temp	40	Trap Desorb Temp	200
Trap Standby Temp	150	Cryo Cool Temp	-150
Cryo Standby Temp	150	Cryo Inject Time	4 min
MFC Standby Flow	30 ml/min	Cryo Inject Temp	200
Trap Cool Temp	-100	Trap Bake Time	10 min
MFC Transfer Flow	50 ml/min	Trap Bake Temp	200
Drypurge Time	5 min	MCS Bake Temp	200
Drypurge Temp	10		

GC/MS 分析条件

分析機器名	ガスクロマトグラフ/質量分析計	GCMS-QP2010 Ultra (島津製作所)
-------	-----------------	-----------------------------

GC 部

使用カラム	AQUATIC (GL サイエンス株) 60 m × 0.25 mm (id), df : 1.0 μm
カラム温度	40 (10 min) 6 /min 220 (5 min)
注入方法	スプリットレス
キャリアーガス	ヘリウム (100 kPa)

MS 部

イオン化法	EI 法
イオン化電圧	70 eV
イオン源温度	200
インターフェース温度	230
測定法	SIM 法
定量法	内標準法

表 4 VOC1 の測定装置及び分析条件（続き）

設定質量（ m/z ）

		定量イオン	確認イオン
1	Chloromethane	52	50
2	1,3-Butadiene	54	53
3	trans-2-Butene	56	41
4	cis-2-Butene	56	55
5	1,1,2-Trichloro-1,2,2-trifluoroethane	101	103
6	Acetone	43	58
7	Carbon disulfide	76	78
8	Dichloromethane (Methylene chloride)	88	83
9	Hexane	86	71
10	cis-1,2-Dichloroethene	61	96
11	Methyl ethyl ketone	43	72
12	Chloroform	83	87
13	1,1,1-Trichloroethane	97	99
14	Carbon tetrachloride	117	119
15	Benzene	79	76
16	n-Butanol	56	55
17	Trichloroethylene	130	132
18	Methyl isobutyl ketone (4-Methyl-2-pentanone)	43	58
IS	Toluene- d_8	98	100
19	Toluene	65	63
20	Tetrachloroethylene	166	164
21	Chlorobenzene	112	114
22	Ethylbenzene	92	105
23,24	<i>m</i> -Xylene; <i>p</i> -Xylene *	105	77
25	<i>o</i> -Xylene	105	77
26	Styrene	102	74
27	n-Decane	142	84
28,29	3-Ethyltoluene; 4-Ethyltoluene *	105	120
30	1,3,5-Trimethylbenzene	120	105
31	2-Ethyltoluene	105	120
32	1,2,4-Trimethylbenzene	105	120
33	1,2,3-Trimethylbenzene	105	120
34	1,4-Dichlorobenzene	146	148

* 本分析条件では *m*-キシレンと *p*-キシレン、3-エチルトルエンと 4-エチルトルエンは分離ができないため、合算値として定量した。

表 5 VOC2 の測定装置及び分析条件

TD-GC/MS 分析条件

分析機器名	加熱脱着オートサンプラー	TD-20 (島津製作所)
	ガスクロマトグラフ/質量分析計	GCMS-QP2010 Ultra (島津製作所)

TD 部	加熱脱離流量	60 mL/min
	加熱脱離時間	5 min
	バルブ温度	290
	トラップ冷却温度	-10
	トラップ加熱温度	280
	インターフェース温度	300
	ブロック温度	320
	ライン温度	300

GC 部	使用カラム	DB-5MS (Agilent Technologies/J&W) 30 m × 0.25 mm (id), df : 0.25 μm
	カラム温度	60 (6 min) 6 /min 300 (3 min)
	注入方法	Split 10 : 1
	キャリアーガス	ヘリウム (80 kPa)

MS 部	イオン化法	EI 法
	イオン化電圧	70 eV
	イオン源温度	250
	インターフェース温度	300
	測定法	SIM 法
	定量法	内標準法

設定質量 (m/z)

		定量イオン	確認イオン
35	(1S)-(-)-a-Pinene	93	92
36	(1S)-(-)-b-Pinene	93	69
37	(R)-(+)-Limonene	68	93
38	n-Undecane	85	156
39	Nonanal	82	68
40	Naphthalene	128	127
41	n-Dodecane	85	170
42	Decanal	82	68
43	Benzothiazole	135	108
44	n-Tridecane	57	85
45	Biphenyl	154	153
46	n-Tetradecane	57	85
IS	Geosmin- d_3	115	128
47	n-Pentadecane	85	71
48	n-Hexadecane	57	85

表 6 VOC3 (アニリン) の測定装置及び分析条件

GC/MS 分析条件

分析機器名	ガスクロマトグラフ/質量分析計	GCMS-QP2010 Ultra (島津製作所)
-------	-----------------	-----------------------------

GC 部	使用カラム	DB-5MS (Agilent Technologies/J&W) 30 m × 0.25 mm (id), df: 0.25 µm
	カラム温度	50 (1 min) 10 /min 140 (0 min) 15 /min 290 (5 min)
	注入方法	スプリットレス
	注入口温度	250
	注入量	2 µL
	キャリアーガス	ヘリウム(1.0 mL/min)

MS 部	イオン化法	EI 法
	イオン化電圧	70 eV
	イオン源温度	250
	インターフェース温度	250
	測定法	SIM 法
	定量法	内標準法

設定質量 (m/z)

		定量イオン	確認イオン
49	アニリン-ヘプタフルオロブチリル化物 (N-Phenylheptafluorobutyramide)	289	120
IS	アニリン- d_5 -ヘプタフルオロブチリル化物 (N-Phenyl- d_5 -heptafluorobutyramide)	294	125

表 7 VOC3 (*t*-ブチルアミン) の測定装置及び分析条件

GC/MS 分析条件

分析機器名	ガスクロマトグラフ/質量分析計	GCMS-QP2010 Ultra (島津製作所)
-------	-----------------	-----------------------------

GC 部	使用カラム	DB-5MS (Agilent Technologies/J&W) 30 m × 0.25 mm (id), df: 0.25 μm
	カラム温度	50 (1 min) 10 /min 140 (0 min) 15 /min 290 (5 min)
	注入方法	スプリットレス
	注入口温度	250
	注入量	2 μL
	キャリアーガス	ヘリウム (1.0 mL/min)

MS 部	イオン化法	EI 法
	イオン化電圧	70 eV
	イオン源温度	250
	インターフェース温度	250
	測定法	SIM 法
	定量法	内標準法

設定質量 (*m/z*)

		定量イオン	確認イオン
50	<i>t</i> -ブチルアミン-ベンゾイル化物 (N- <i>t</i> -Butylbenzamide)	122	162
IS	ナフタレン- <i>d</i> ₈	136	108

表 8 VOC4 (ホルムアルデヒド) の測定装置及び分析条件

HPLC 分析条件

分析機器名	高速液体クロマトグラフ	LC-20A システム (島津製作所)
-------	-------------	-----------------------

LC 部	使用カラム	Inertsil Acrolein C18 (ジーエルサイエンス株) (4.6 mm (i.d.) × 250 mm、5 μm)
	移動相 A	水
	移動相 B	アセトニトリル
	グラジエント	0-13 min A : 45 % B : 55 % 13-18 min A : 5 % B : 95 % 18-23 min A : 45 % B : 55 %
	移動相流量	1 mL/min
	カラム温度	40
	試料注入量	20 μL
	UV 検出器波長	360 nm
	定量法	絶対検量線法

表9 VOC5 (2-メルカプトベンゾチアゾール) の測定装置及び分析条件

GC-MS/MS 分析条件

分析機器名	ガスクロマトグラフ/タンデム型質量分析計 (GC-MS/MS)	GCMS-TQ8040(島津製作所)
-------	---------------------------------	--------------------

GC 部	使用カラム	HT8 (SGE) 30 m × 0.25 mm (id), df: 0.25 µm
	カラム温度	50 (1 min) 20 /min 220 (0 min) 10 /min 300 (1.5 min)
	注入方法	スプリットレス
	注入口温度	230
	注入量	2 µL
	キャリアーガス	ヘリウム (1.0 mL/min)

MS 部	イオン化法	EI
	イオン源温度	250
	インターフェース温度	260
	測定法	MRM 法
	定量法	内標準法

設定質量 (m/z)

	定量イオン	確認イオン
2-メルカプトベンゾチアゾール-メチル化物 (2-メルカプトベンゾチアゾール)	181>148	148>148
フェナントレン- d_{10}	188>160	

参考マニュアルとの相違点

		化学物質分析法開発調査報告書 (平成25年度)(環境省) ¹⁰⁾	本研究での変更点
試料 採取	捕集材	ガラス繊維ろ紙	アスコルビン酸含浸石英ろ紙
	捕集量	85 m ³ (700 L/min、2 時間)	30 L (0.5 L/min、1 時間)
前処理	超音波抽出	ジクロロメタン (50 mL、3 回)	メタノール (6 mL、3 mL、2 mL)
	転溶・水洗	なし	ジクロロメタン、水洗 2 回 (アスコルビン酸除去のため)
	最終液量	10 mL (ヘキサン)	0.5 mL (ジクロロメタン)
測定	分析機器	GC/MS あるいは GC/HRMS	GC-MS/MS
	カラム	WAX10 (Supelco 製)	HT8 (SGE)
	内標準	Dibenzothiophene- d_8	Phenanthrene- d_{10}
	測定法	SCAN	MRM

表 10 VOC6 (ジブチルヒドロキシトルエン) の測定装置及び分析条件

GC/MS 分析条件

分析機器名	ガスクロマトグラフ/質量分析計	GCMS-QP2010 (島津製作所)
-------	-----------------	---------------------

GC 部	使用カラム	DB-17MS (Agilent Technologies/J&W) 30 m × 0.25 mm(id), df: 0.25 µm
	カラム温度	50 (2 min) 20 /min 180 (0 min) 5 /min 220 (0 min) 10 /min 300 (3.5 min)
	注入方法	スプリットレス
	注入口温度	270
	注入量	1 µL
	キャリアーガス	ヘリウム

MS 部	イオン化法	EI 法
	イオン化電圧	70 eV
	イオン源温度	260
	インターフェース温度	280
	測定法	SIM 法
	定量法	内標準法

設定質量 (m/z)

	定量イオン	確認イオン
Butylated hydroxytoluene	205	220
Butylated hydroxytoluene- d_{24}	225	243
Hexachlorobenzene- $^{13}C_6$	290	292

表 11 GCMS 測定条件

Instrument	Shimadzu GC/MS-QP2010
Column	Rtx-1 (0.32 mm i.d.×60 m, 1.00 mm)
Column temperature	40°C-5°C/min→250°C (3 min)
Carrier gas	Helium
Inlet mode	Split (ratio 20)
Ionization mode	EI
Ionization voltage	70 eV
Ion source temperature	200°C
Interface temperature	250°C
Scan range (m/z)	35-450

VOC	SIM monitor ion (m/z)	VOC	SIM monitor ion (m/z)
2-Butanone	72	<i>n</i> -Nonane	43
<i>n</i> -Hexane	57	(1S)-(-)- α -Pinene	93
Chloroform	83	3-Ethyltoluene	105
1,2-Dichloroethane	62	4-Ethyltoluene	105
2,4-Dimethylpentane	57	1,3,5-Trimethylbenzene	105
<i>n</i> -Butanol	56	2-Ethyltoluene	105
Benzene	78	(1S)-(-)- β -Pinene	93
1,2-Dichloropropane	63	1,2,4-Trimethylbenzene	105
Bromodichloromethane	83	<i>n</i> -Decane	43
Trichloroethylene	95	1,4-Dichlorobenzene	146
Isooctane	57	1,2,3-Trimethylbenzene	105
<i>n</i> -Heptane	43	(R)-(+)-Limonene	68
Methylisobutylketone	43	Nonanal	57
Toluene	91	<i>n</i> -Undecane	43
Dibromochloromethane	129	1,2,4,5-Tetramethylbenzene	119
<i>n</i> -Octane	43	Decanal	43
Tetrachloroethylene	166	<i>n</i> -Dodecane	43
Ethylbenzene	91	Benzothiazole	135
<i>m</i> -Xylene	91	<i>n</i> -Tridecane	57
<i>p</i> -Xylene	91	<i>n</i> -Tetradecane	57
Styrene	104	<i>n</i> -Pentadecane	57
<i>o</i> -Xylene	91	<i>n</i> -Hexadecane	57

表 12 分析結果一覧（冬季：屋外人工芝グラウンド A; VOC1）

単位：μg/m³ (at 20)

調査地点	ゴール前 高さ 15 c m	ゴール前 高さ 91 c m	右サイド 高さ 91 c m	左サイド 高 91 c m	センター サークル 高 91 c m	外 (ブラン ク) 高 91 c m
Chloromethane	1.3	1.3	1.2	1.3	1.1	1.2
1,3-Butadiene	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
trans-2-Butene	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
cis-2-Butene	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
1,1,2-Trichloro-1,2,2- -trifluoroethane	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.6
Acetone	2.7	3.4	2.7	2.6	2.5	2.8
Carbon disulfide	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
Dichloromethane	0.7	0.6	0.7	0.9	1.4	1.6
Hexane	0.9	0.9	1.1	1.1	1.4	1.4
cis-1,2-Dichloroethene	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
Methyl ethyl ketone	0.5	0.5	0.7	0.8	1.0	1.3
Chloroform	<0.3	<0.3	0.4	0.3	<0.3	0.3
1,1,1-Trichloroethane	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
Carbon tetrachloride	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.6
Benzene	1.0	1.1	1.0	1.0	1.1	1.2
n-Butanol	<0.3	<0.3	1.2	0.7	<0.3	<0.3
Trichloroethylene	<0.3	<0.3	0.7	0.8	1.1	1.4
Methyl isobutyl ketone	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
Toluene	2.9	3.1	4.1	4.0	5.4	6.3
Tetrachloroethylene	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	0.3	0.3
Chlorobenzene	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
Ethylbenzene	0.4	0.4	0.6	0.6	1.0	1.2
<i>m</i> -Xylene; <i>p</i> -Xylene	0.5	0.6	0.6	0.7	0.9	1.1
<i>o</i> -Xylene	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	0.4	0.4
Styrene	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
n-Decane	0.4	0.4	0.8	0.7	0.8	1.1
3-Ethyltoluene; 4-Ethyltoluene	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.6
1,3,5-Trimethylbenzene	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
2-Ethyltoluene	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
1,2,4-Trimethylbenzene	0.4	0.4	0.6	0.5	0.7	0.8
1,2,3-Trimethylbenzene	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
1,4-Dichlorobenzene	0.4	0.4	0.4	<0.3	0.3	0.4

表 12 分析結果一覧（冬季：屋外人工芝グラウンド A; VOC2～6）

単位：μg/m³ (at 20)

調査地点	ゴール前 高さ 15 c m	ゴール前 高さ 91 c m	右サイド 高さ 91 c m	左サイド 高 91 c m	センター サークル 高 91 c m	外 (ブランク) 高 91 c m
(1S)-(-)-a-Pinene	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
(1S)-(-)-b-Pinene	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
(R)-(+)-Limonene	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
n-Undecane	<0.3	<0.3	0.5	0.4	0.6	0.5
Nonanal	0.3	0.3	0.3	<0.3	0.8	0.4
Naphthalene	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
n-Dodecane	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	0.3	<0.3
Decanal	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	0.4	<0.3
Benzothiazole	<1	<1	<1	<1	<1	<1
n-Tridecane	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
Biphenyl	<1	<1	<1	<1	<1	<1
n-Tetradecane	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
n-Pentadecane	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
n-Hexadecane	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
Aniline	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
t-Butylamine	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
Formaldehyde	0.8	0.8	1.0	1.0	1.3	1.3
2-Mercaptobenzothiazole	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
Butylated hydroxytoluene	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
試料採取地点 平均気温()	3.4	3.3	2.3	2.4	1.4	1.6
試料採取地点 平均湿度(%)	72	73	94	80	99	88
気象観測地点 最多風向	西		西北西		西北西	
気象観測地点 平均風速(m/s)	2.1		1.9		2.0	

表 13 分析結果一覧（夏季：屋外人工芝グラウンド A; VOC1）

単位：μg/m³ (at 20)

調査場所	屋外人工芝グラウンド A			
調査日	平成 30 年 7 月 17 日			
開始時刻	8:50		10:05	
終了時刻	9:50		11:05	
調査地点	ゴール前 高さ 15 c m	ゴール前 高さ 91 c m	センター サークル 高 91 c m	フィールド外 (バックグラウンド) 高 91 c m
Chloromethane	1.1	1.3	1.3	1.0
1,3-Butadiene	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30
trans-2-Butene	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30
cis-2-Butene	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30
1,1,2-Trichloro-1,2,2-trifluoroethane	0.51	0.53	0.48	0.59
Acetone	8.9	9.1	37	14
Carbon disulfide	0.34	<0.30	0.71	0.30
Dichloromethane	1.0	0.98	1.4	1.5
Hexane	0.71	0.59	2.4	1.3
cis-1,2-Dichloroethene	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30
Methyl ethyl ketone	1.7	1.9	1.7	1.8
Chloroform	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30
1,1,1-Trichloroethane	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30
Carbon tetrachloride	0.56	0.58	0.52	0.47
Benzene	0.57	0.49	<0.30	<0.30
n-Butanol	1.0	0.76	10	3.7
Trichloroethylene	0.33	0.54	0.51	0.53
Methyl isobutyl ketone	0.38	<0.30	<0.30	<0.30
Toluene	2.6	2.5	8.5	3.8
Tetrachloroethylene	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30
Chlorobenzene	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30
Ethylbenzene	0.63	0.62	0.99	1.1
m-Xylene; p-Xylene	0.33	0.33	0.38	0.43
o-Xylene	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30
Styrene	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30
n-Decane	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30
3-Ethyltoluene; 4-Ethyltoluene	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30
1,3,5-Trimethylbenzene	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30
2-Ethyltoluene	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30
1,2,4-Trimethylbenzene	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30
1,2,3-Trimethylbenzene	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30
1,4-Dichlorobenzene	1.1	1.1	0.85	0.91

表 13 分析結果一覧（夏季：屋外人工芝グラウンド A; VOC2～6）

単位：μg/m³ (at 20)

調査場所	屋外人工芝グラウンド A			
調査日	平成 30 年 7 月 17 日			
開始時刻	8:50		10:05	
終了時刻	9:50		11:05	
調査地点	ゴール前 高さ 15 c m	ゴール前 高さ 91 c m	センター サークル 高 91 c m	フィールド外 (バックグラウンド) 高 91 c m
(1S)-(-)-a-Pinene	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30
(1S)-(-)-b-Pinene	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30
(R)-(+)-Limonene	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30
n-Undecane	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30
Nonanal	0.56	0.63	0.54	0.43
Naphthalene	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30
n-Dodecane	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30
Decanal	0.81	0.93	0.61	0.40
Benzothiazole	1.1	<1.0	<1.0	<1.0
n-Tridecane	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30
Biphenyl	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
n-Tetradecane	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30
n-Pentadecane	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30
n-Hexadecane	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30
Aniline	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30
t-Butylamine	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30
Formaldehyde	2.3	2.9	3.2	2.1
2-Mercaptobenzothiazole	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30
Butylated hydroxytoluene	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30
試料採取地点 平均気温()	36.3	33.3	34.5	34.2
試料採取地点 平均湿度(%)	46	59	55	52
気象観測地点 最多風向	南西		南西	
気象観測地点 平均風速(m/s)	1.5		1.7	
天候	晴		晴	

表 14 分析結果一覧（夏季：屋外人工芝グラウンド B; VOC1）

単位：μg/m³ (at 20)

調査場所	屋外人工芝グラウンド B			
調査日	平成 30 年 7 月 13 日			
開始時刻	9:12		10:30	
終了時刻	10:12		11:30	
調査地点	ゴール前 高さ 15 c m	ゴール前 高さ 91 c m	センター サークル 高 91 c m	フィールド外 (バックグラウンド) 高 91 c m
Chloromethane	1.2	1.4	1.4	1.1
1,3-Butadiene	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30
trans-2-Butene	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30
cis-2-Butene	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30
1,1,2-Trichloro-1,2,2-trifluoroethane	0.38	<0.30	0.51	0.49
Acetone	130	11	17	13
Carbon disulfide	<0.30	0.45	<0.30	<0.30
Dichloromethane	1.5	1.4	1.5	1.5
Hexane	12	0.90	2.3	2.8
cis-1,2-Dichloroethene	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30
Methyl ethyl ketone	2.5	1.9	2.1	2.0
Chloroform	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30
1,1,1-Trichloroethane	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30
Carbon tetrachloride	0.41	0.51	0.48	0.46
Benzene	0.71	0.75	0.43	0.41
n-Butanol	60	1.3	4.1	0.45
Trichloroethylene	3.1	3.4	3.1	3.0
Methyl isobutyl ketone	0.52	<0.30	<0.30	<0.30
Toluene	26	3.5	5.4	3.8
Tetrachloroethylene	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30
Chlorobenzene	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30
Ethylbenzene	1.8	1.4	1.8	1.7
m-Xylene; p-Xylene	0.82	0.55	0.56	0.55
o-Xylene	0.36	<0.30	<0.30	<0.30
Styrene	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30
n-Decane	0.62	0.33	0.32	0.35
3-Ethyltoluene; 4-Ethyltoluene	1.0	0.35	<0.30	<0.30
1,3,5-Trimethylbenzene	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30
2-Ethyltoluene	0.40	<0.30	<0.30	<0.30
1,2,4-Trimethylbenzene	1.0	0.40	<0.30	<0.30
1,2,3-Trimethylbenzene	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30
1,4-Dichlorobenzene	1.5	1.5	1.5	1.5

表 14 分析結果一覧（夏季：屋外人工芝グラウンド B; VOC2～6）

単位：μg/m³ (at 20℃)

調査場所	屋外人工芝グラウンド B			
調査日	平成 30 年 7 月 13 日			
開始時刻	9:12		10:30	
終了時刻	10:12		11:30	
調査地点	ゴール前 高さ 15 c m	ゴール前 高さ 91 c m	センター サークル 高 91 c m	フィールド外 (バックグラウンド) 高 91 c m
(1S)-(-)-a-Pinene	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30
(1S)-(-)-b-Pinene	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30
(R)-(+)-Limonene	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30
n-Undecane	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30
Nonanal	0.60	0.57	0.45	0.76
Naphthalene	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30
n-Dodecane	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30
Decanal	0.75	0.94	0.62	1.3
Benzothiazole	3.6	<1.0	<1.0	<1.0
n-Tridecane	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30
Biphenyl	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
n-Tetradecane	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30
n-Pentadecane	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30
n-Hexadecane	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30
Aniline	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30
t-Butylamine	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30
Formaldehyde	3.3	2.4	2.6	2.7
2-Mercaptobenzothiazole	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30
Butylated hydroxytoluene	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30
試料採取地点 平均気温(℃)	33.8	31.9	32.9	35.6
試料採取地点 平均湿度(%)	53	57	53	48
気象観測地点 最多風向	北北西		東	
気象観測地点 平均風速(m/s)	1.0		0.9	
天候	晴		晴	

表 15 分析結果一覧（夏季：屋外人工芝グラウンド C; VOC1）

単位：μg/m³ (at 20)

調査場所	屋外人工芝グラウンド C			
調査日	平成 30 年 7 月 24 日			
開始時刻	10:01		11:10	
終了時刻	11:01		12:10	
調査地点	ゴール前 高さ 15 c m	ゴール前 高さ 91 c m	センター サークル 高 91 c m	フィールド外 (バックグラウンド) 高 91 c m
Chloromethane	1.5	1.5	1.6	1.4
1,3-Butadiene	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30
trans-2-Butene	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30
cis-2-Butene	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30
1,1,2-Trichloro-1,2,2- -trifluoroethane	0.77	0.64	0.72	0.80
Acetone	14	17	38	14
Carbon disulfide	0.37	<0.30	1.3	<0.30
Dichloromethane	1.6	1.4	1.9	1.6
Hexane	1.5	1.1	6.6	0.88
cis-1,2-Dichloroethene	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30
Methyl ethyl ketone	5.9	5.3	8.3	4.9
Chloroform	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30
1,1,1-Trichloroethane	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30
Carbon tetrachloride	0.57	0.69	0.57	0.78
Benzene	0.41	0.83	0.46	0.71
n-Butanol	0.85	0.79	17	0.35
Trichloroethylene	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30
Methyl isobutyl ketone	1.7	0.65	0.57	<0.30
Toluene	3.9	3.6	14	2.1
Tetrachloroethylene	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30
Chlorobenzene	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30
Ethylbenzene	0.43	0.35	1.1	0.35
m-Xylene; p-Xylene	<0.30	<0.30	0.48	<0.30
o-Xylene	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30
Styrene	<0.30	<0.30	0.42	<0.30
n-Decane	0.33	<0.30	0.80	<0.30
3-Ethyltoluene; 4-Ethyltoluene	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30
1,3,5-Trimethylbenzene	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30
2-Ethyltoluene	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30
1,2,4-Trimethylbenzene	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30
1,2,3-Trimethylbenzene	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30
1,4-Dichlorobenzene	0.76	0.64	1.1	0.47

表 15 分析結果一覧（夏季：屋外人工芝グラウンド C; VOC2～6）

単位：μg/m³ (at 20℃)

調査場所	屋外人工芝グラウンド C			
調査日	平成 30 年 7 月 24 日			
開始時刻	10:01		11:10	
終了時刻	11:01		12:10	
調査地点	ゴール前 高さ 15 c m	ゴール前 高さ 91 c m	センター サークル 高 91 c m	フィールド外 (バックグラウンド) 高 91 c m
(1S)-(-)-a-Pinene	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30
(1S)-(-)-b-Pinene	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30
(R)-(+)-Limonene	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30
n-Undecane	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30
Nonanal	0.71	0.76	0.74	0.81
Naphthalene	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30
n-Dodecane	<0.30	<0.30	0.37	<0.30
Decanal	0.92	1.1	0.80	0.97
Benzothiazole	1.4	<1.0	1.5	1.2
n-Tridecane	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30
Biphenyl	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
n-Tetradecane	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30
n-Pentadecane	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30
n-Hexadecane	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30
Aniline	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30
t-Butylamine	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30
Formaldehyde	2.9	3.5	2.4	1.8
2-Mercaptobenzothiazole	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30
Butylated hydroxytoluene	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30
試料採取地点 平均気温(℃)	35.4	36.5	39.0	40.4
試料採取地点 平均湿度(%)	50	52	40	28
気象観測地点 最多風向	東北東		東北東	
気象観測地点 平均風速(m/s)	1.4		2.1	
天候	晴		晴	

表 16 分析結果一覧（夏季：屋内人工芝グラウンド D; VOC1）

単位：μg/m³ (at 20)

調査場所	屋外人工芝グラウンド D			
調査日	平成 30 年 7 月 23 日			
開始時刻	9:13		10:21	
終了時刻	10:13		11:21	
調査地点	ゴール前 高さ 15 c m	ゴール前 高さ 91 c m	センター サークル 高 91 c m	フィールド外 (バックグラウンド) 高 91 c m
Chloromethane	1.7	1.8	1.1	1.6
1,3-Butadiene	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30
trans-2-Butene	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30
cis-2-Butene	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30
1,1,2-Trichloro-1,2,2-trifluoroethane	0.85	0.63	0.59	0.78
Acetone	28	17	14	19
Carbon disulfide	0.70	0.44	0.34	0.72
Dichloromethane	2.1	2.2	1.7	1.6
Hexane	6.1	1.7	3.3	1.5
cis-1,2-Dichloroethene	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30
Methyl ethyl ketone	3.6	4.1	3.6	4.3
Chloroform	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30
1,1,1-Trichloroethane	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30
Carbon tetrachloride	0.58	0.62	0.43	0.61
Benzene	1.5	1.4	0.85	0.69
n-Butanol	4.1	1.5	0.35	4.7
Trichloroethylene	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30
Methyl isobutyl ketone	19	5.3	7.2	0.74
Toluene	7.2	5.9	3.0	6.0
Tetrachloroethylene	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30
Chlorobenzene	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30
Ethylbenzene	0.99	1.0	0.46	0.51
m-Xylene; p-Xylene	0.59	0.57	<0.30	<0.30
o-Xylene	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30
Styrene	0.43	<0.30	<0.30	<0.30
n-Decane	0.46	0.38	<0.30	<0.30
3-Ethyltoluene; 4-Ethyltoluene	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30
1,3,5-Trimethylbenzene	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30
2-Ethyltoluene	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30
1,2,4-Trimethylbenzene	0.33	0.31	<0.30	<0.30
1,2,3-Trimethylbenzene	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30
1,4-Dichlorobenzene	1.5	1.5	1.2	1.2

表 16 分析結果一覧（夏季：屋内人工芝グラウンド D; VOC2～6）

単位：μg/m³ (at 20)

調査場所	屋外人工芝グラウンド D			
調査日	平成 30 年 7 月 23 日			
開始時刻	9:13		10:21	
終了時刻	10:13		11:21	
調査地点	ゴール前 高さ 15 c m	ゴール前 高さ 91 c m	センター サークル 高 91 c m	フィールド外 (バックグラウンド) 高 91 c m
(1S)-(-)-a-Pinene	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30
(1S)-(-)-b-Pinene	0.65	<0.30	<0.30	<0.30
(R)-(+)-Limonene	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30
n-Undecane	0.43	0.33	<0.30	<0.30
Nonanal	0.97	0.77	0.70	0.36
Naphthalene	0.41	<0.30	<0.30	<0.30
n-Dodecane	0.79	0.77	<0.30	<0.30
Decanal	1.0	1.2	0.95	0.65
Benzothiazole	21	7.2	11	1.3
n-Tridecane	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30
Biphenyl	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
n-Tetradecane	0.40	<0.30	<0.30	<0.30
n-Pentadecane	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30
n-Hexadecane	0.65	<0.30	0.30	<0.30
Aniline	0.31	<0.30	<0.30	<0.30
t-Butylamine	1.9	0.72	<0.30	<0.30
Formaldehyde	7.1	5.0	3.7	3.6
2-Mercaptobenzothiazole	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30
Butylated hydroxytoluene	1.0	1.1	0.43	0.46
試料採取地点 平均気温()	33.5	34.5	37.2	36.3
試料採取地点 平均湿度(%)	60	59	48	44
気象観測地点 最多風向	静穏		静穏	
気象観測地点 平均風速(m/s)	静穏		静穏	
天候	晴		晴	

表 16 人工芝グラウンドよりサンプリングした
ゴムチップから放散される VOCs の分析

試料濃度 Unit (ug/g)

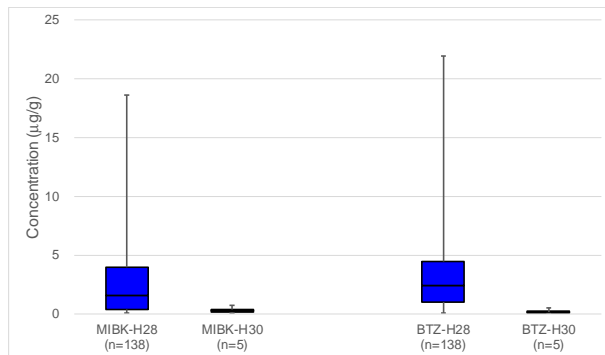
	屋外				屋内
	A		B	C	D
サンプリング日	平成30年1月22日	平成30年7月17日	平成30年7月13日	平成30年7月24日	平成30年7月23日
Methyl isobutyl ketone	0.36	0.29	0.068	0.16	0.72
Benzothiazole	0.19	0.14	0.053	0.095	0.54

LOD: < 0.04 ug/g

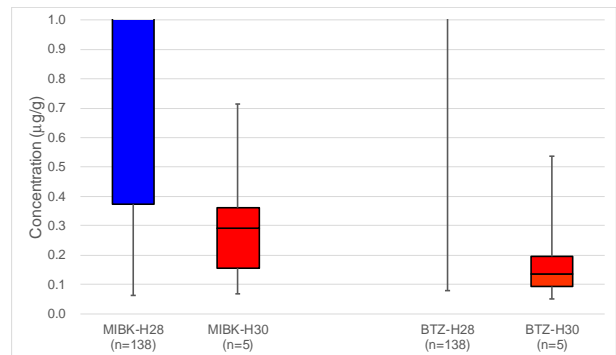
試料濃度 Unit (ug/g)

	平成28年度に実施した未使用の ゴムチップ製品 (n=138)				人工芝グラウンドよりサンプリングした ゴムチップ (n=5)			
	最大値	最小値	中央値	平均値	最大値	最小値	中央値	平均値
Methyl isobutyl ketone	19	0.064	1.6	2.4	0.72	0.068	0.29	0.32
Benzothiazole	22	0.080	2.4	3.3	0.54	0.053	0.14	0.20

LOD: < 0.04 ug/g



箱ひげ図



箱ひげ図 (拡大)

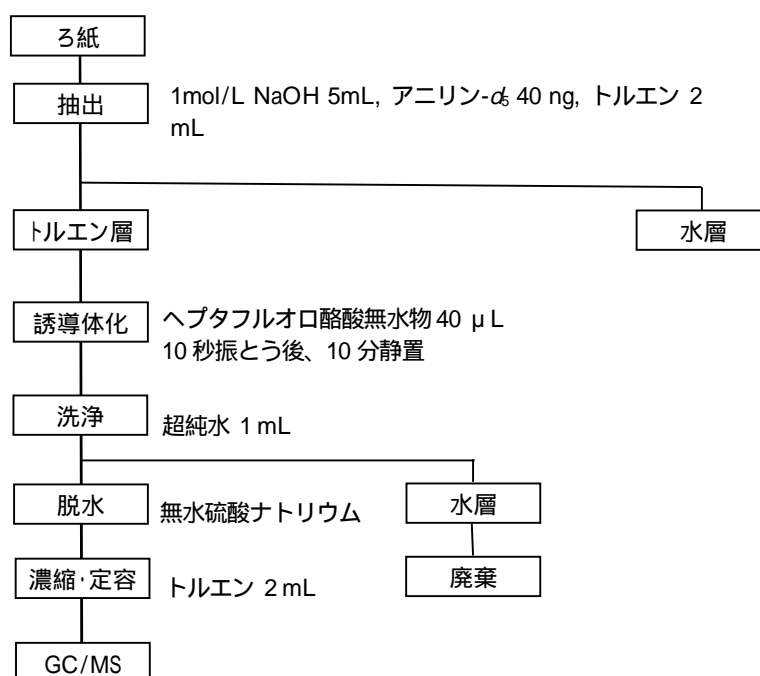


図 1 VOC3 (アニリン) の前処理フロー

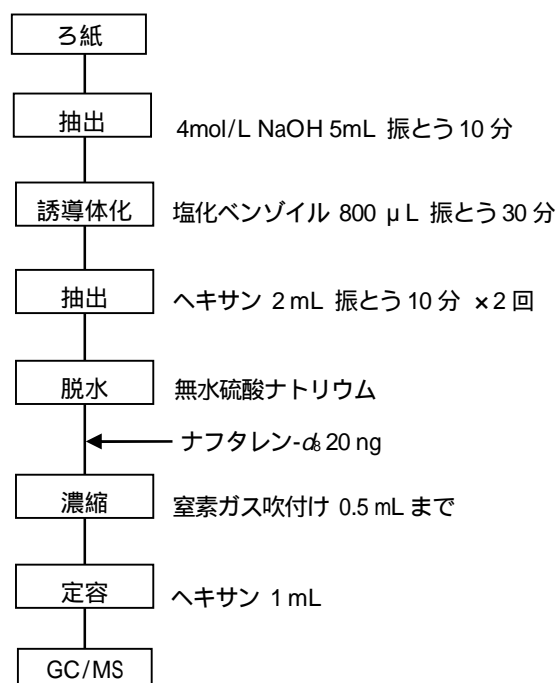


図 2 VOC3 (*t*-ブチルアミン) の前処理フロー

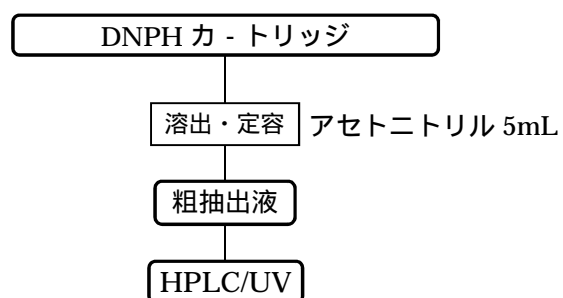


図 3 VOC4 (ホルムアルデヒド) の前処理フロー

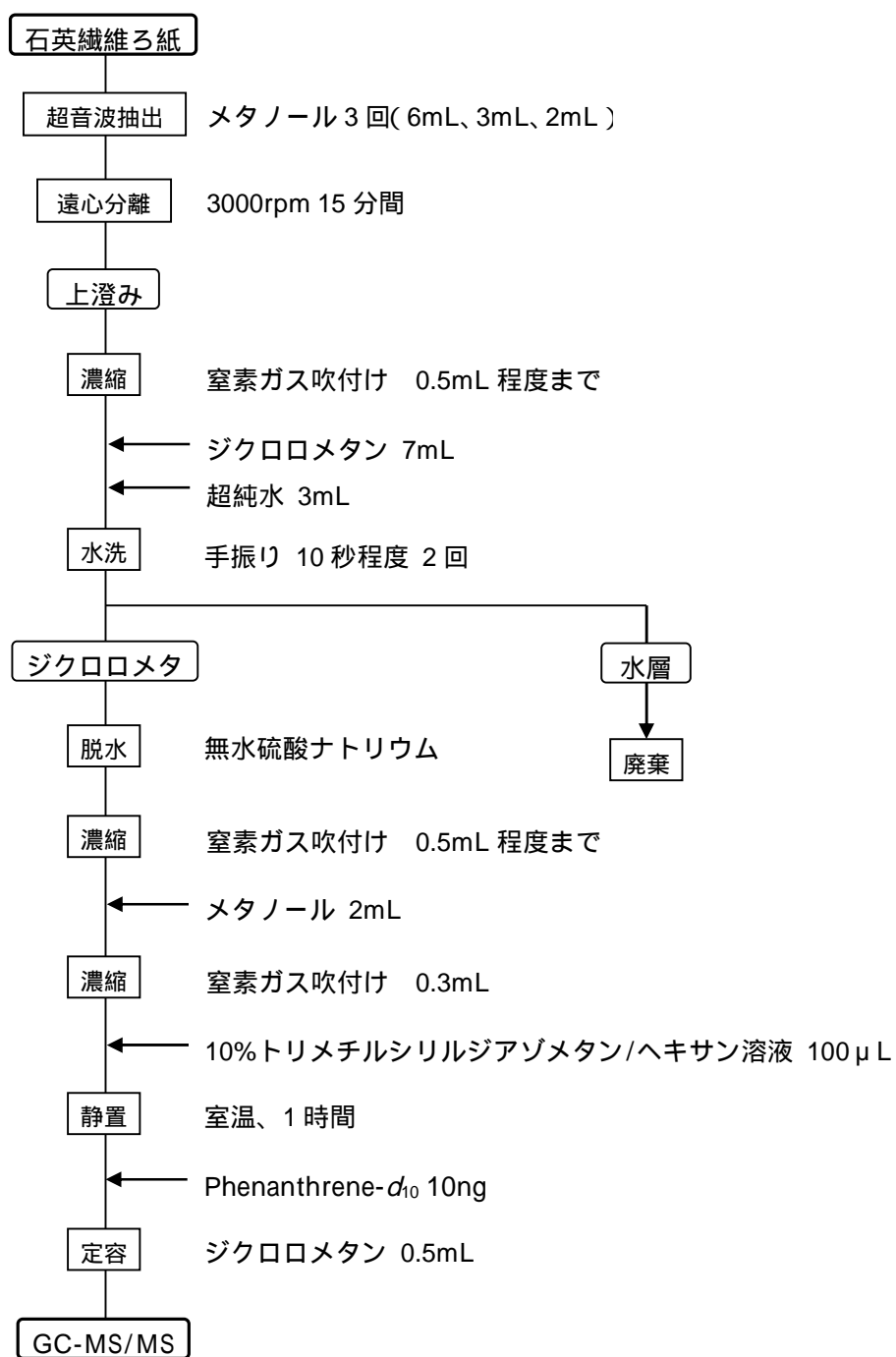


図 4 VOC5 (2-メルカプトベンゾチアゾール) の前処理フロー

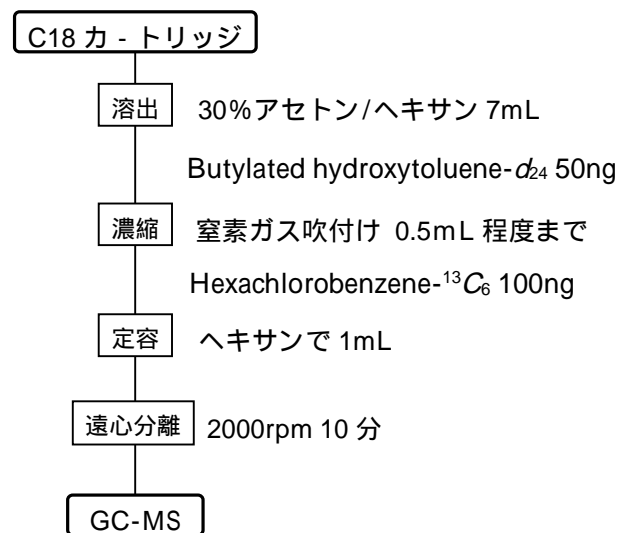


図 5 VOC6 (ジブチルヒドロキシトルエン) の前処理フロー

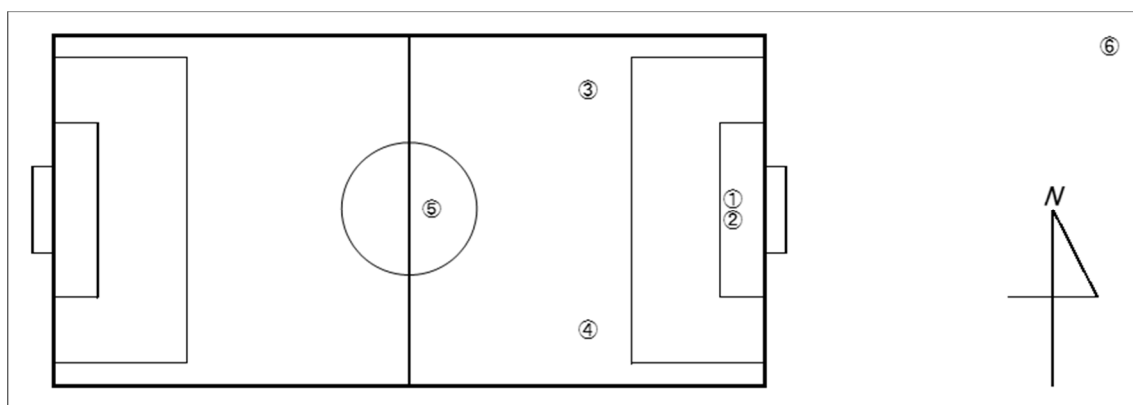


図6 人工芝グラウンドにおける大気サンプリング地点（冬季）

ゴール前 高さ 15 cm, ゴール前 高さ 91 cm, 右サイド 高さ 91 cm, 左サイド 高さ 91 cm, センターサークル 高さ 91 cm, 外（バックグラウンド）高さ 91 cm

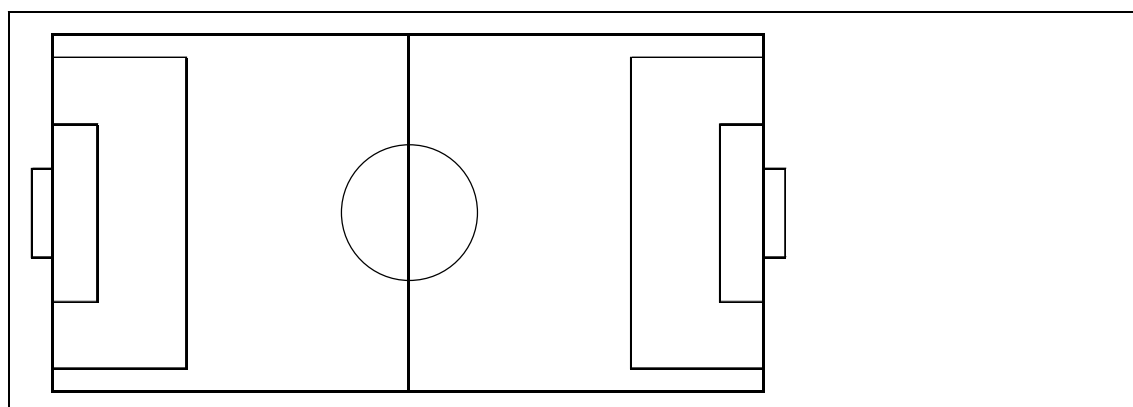


図7 人工芝グラウンドにおける大気サンプリング地点（夏季）

ゴール前 高さ 15 cm, ゴール前 高さ 91 cm, センターサークル 高さ 91 cm, 外（バックグラウンド）高さ 91 cm

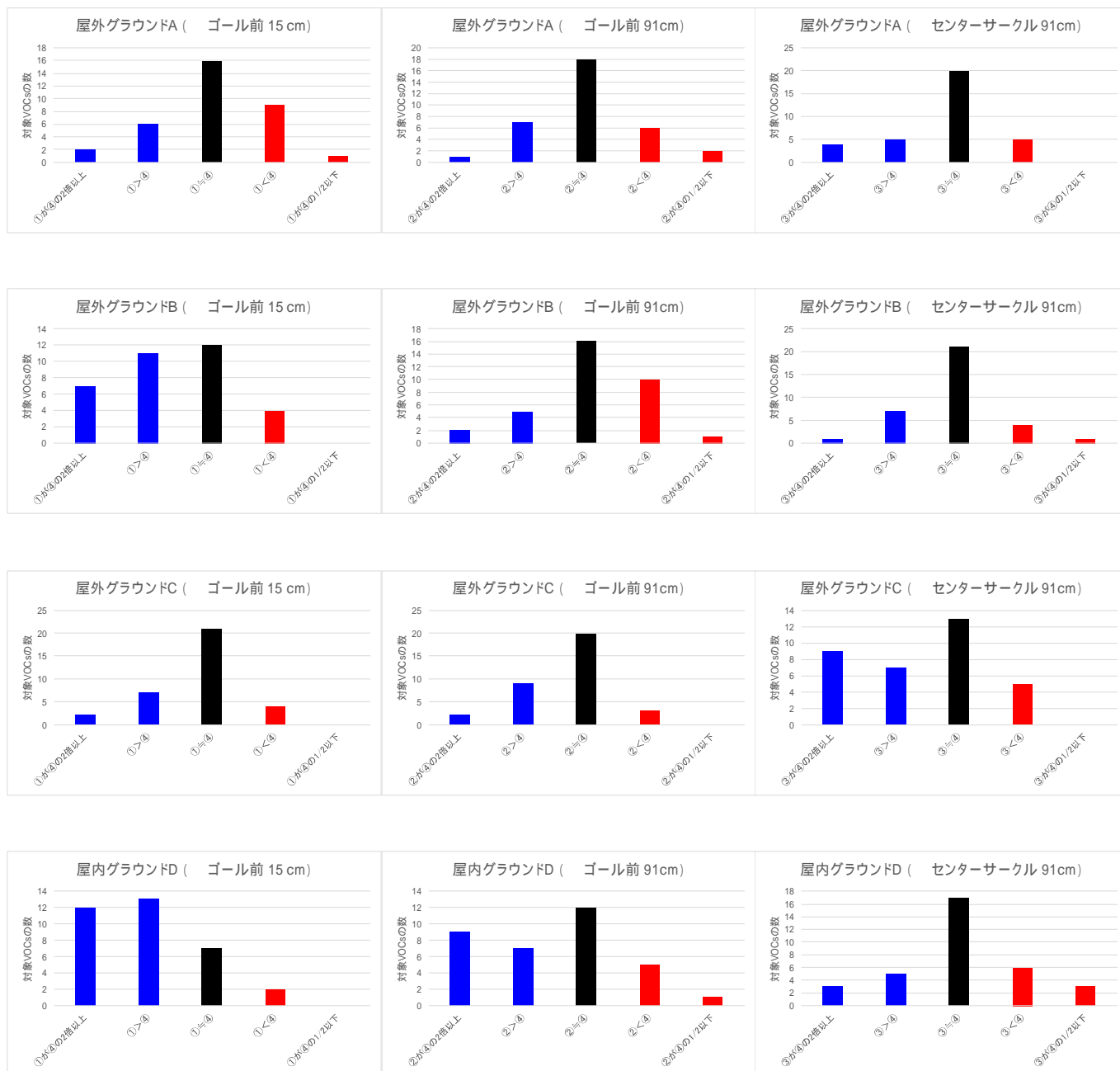


図8 サンプルング地点（グラウンド内外）の比較

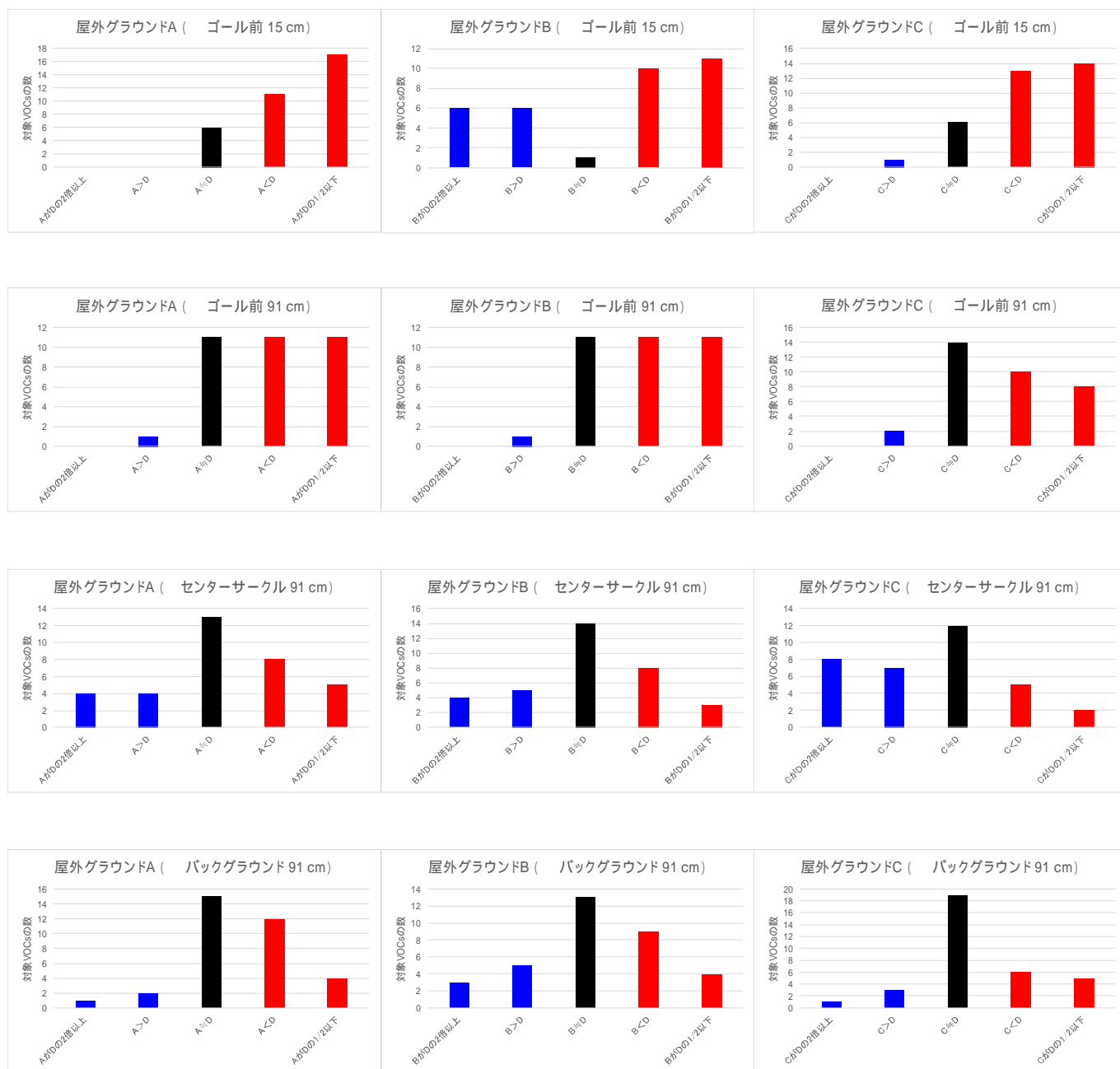


図9 屋外グラウンドと屋内グラウンドの比較

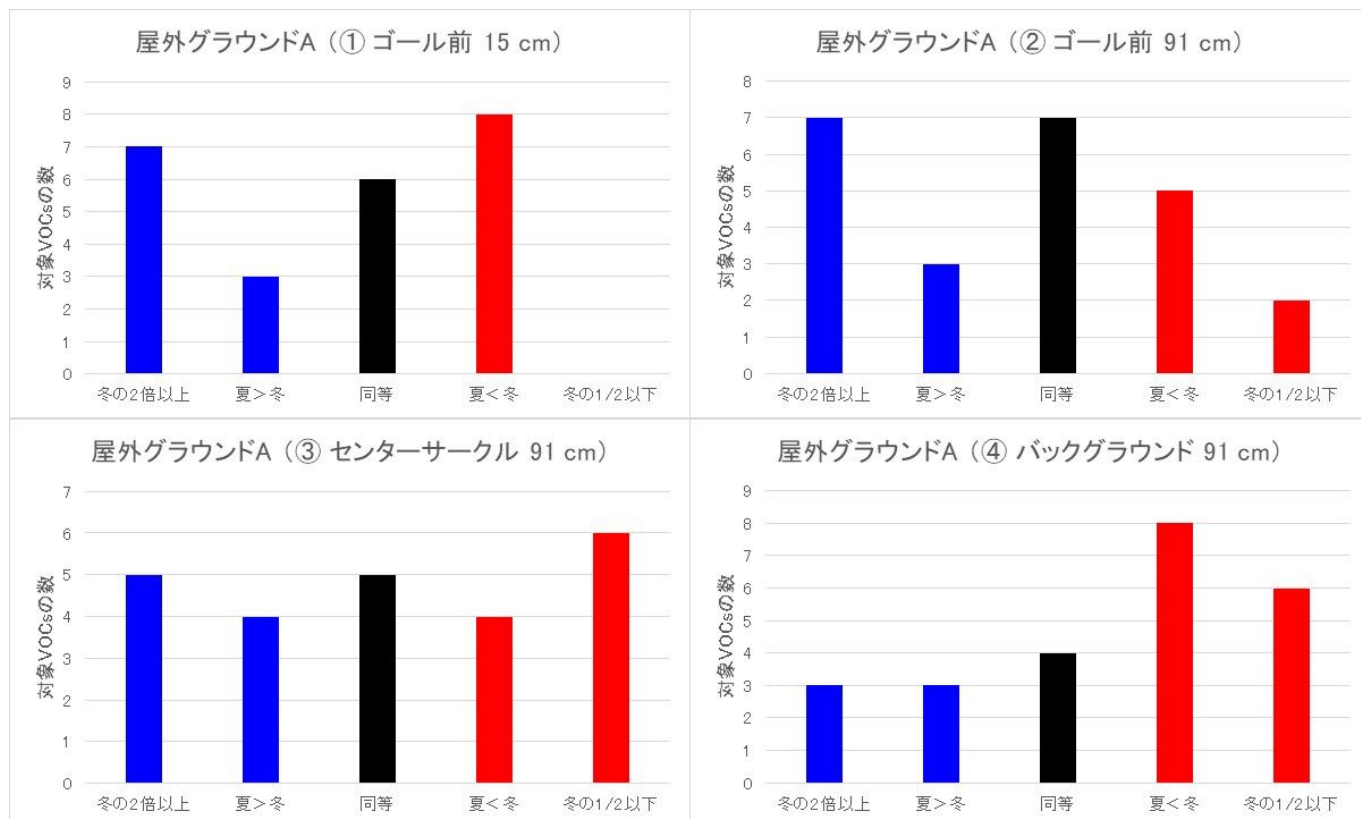


図 10 屋外グラウンド A における季節間の比較

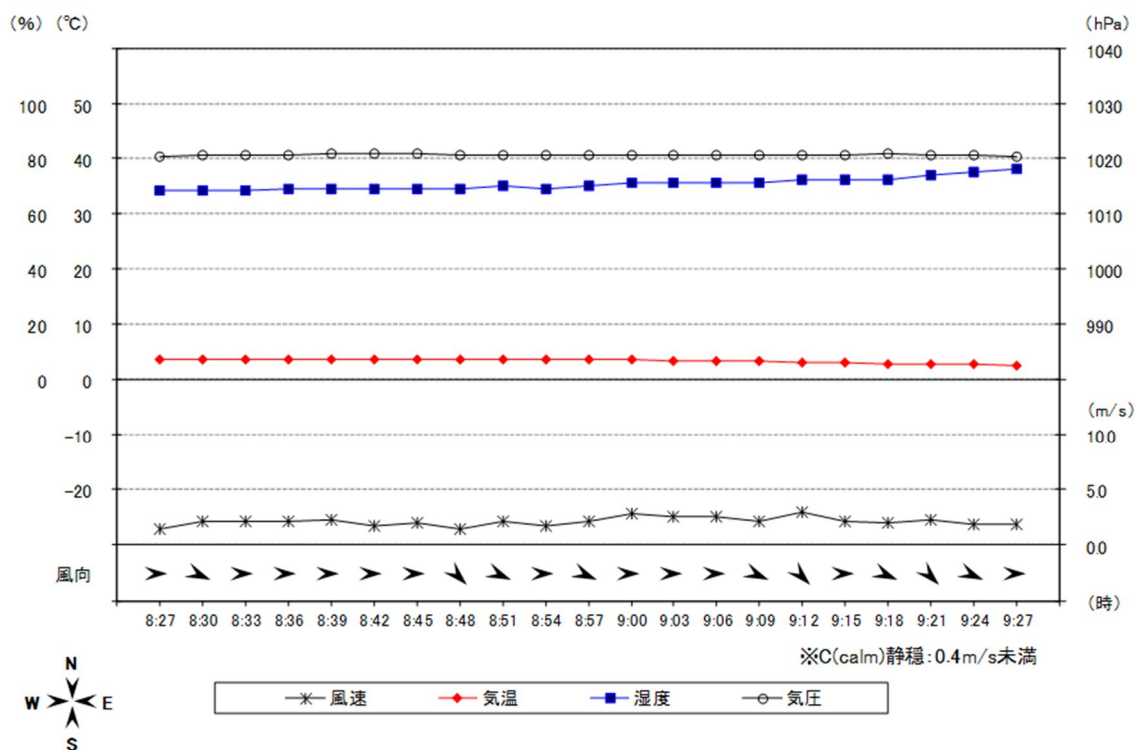
付属資料 1 (屋外人工芝グラウンド A : 冬季・調査地点 採取時の気象条件)

測定場所 : 気象観測地点 (地点①②採取時)

採取時間 : 8:27~9:27

項目 採取時間:	気温 (℃)	湿度 (%)	平均風速 (m/s)	風向 (16方位)	気圧 (hPa)
8:27	3.6	68	1.4	西	1020.2
8:30	3.5	68	2.1	西北西	1020.4
8:33	3.6	68	2.1	西	1020.5
8:36	3.5	69	2.2	西	1020.5
8:39	3.5	69	2.3	西	1020.7
8:42	3.6	69	1.7	西	1020.7
8:45	3.6	69	2.0	西	1020.7
8:48	3.7	69	1.5	北西	1020.5
8:51	3.5	70	2.1	西北西	1020.5
8:54	3.6	69	1.7	西	1020.5
8:57	3.5	70	2.1	西北西	1020.5
9:00	3.5	71	2.8	西	1020.5
9:03	3.4	71	2.5	西	1020.5
9:06	3.4	71	2.6	西	1020.5
9:09	3.4	71	2.2	西北西	1020.4
9:12	3.1	72	2.9	北西	1020.5
9:15	3.1	72	2.1	西	1020.5
9:18	2.9	72	2.0	西北西	1020.7
9:21	2.7	74	2.3	北西	1020.4
9:24	2.7	75	1.8	西北西	1020.4
9:27	2.6	76	1.8	西	1020.2
平均値	3.3	71	2.1	—	1020.5
最高値	3.7	76	2.9	—	1020.7
最小値	2.6	68	1.4	—	1020.2
最多風向	—	—	—	西	—

※C(calm)静穏:0.4m/s未満



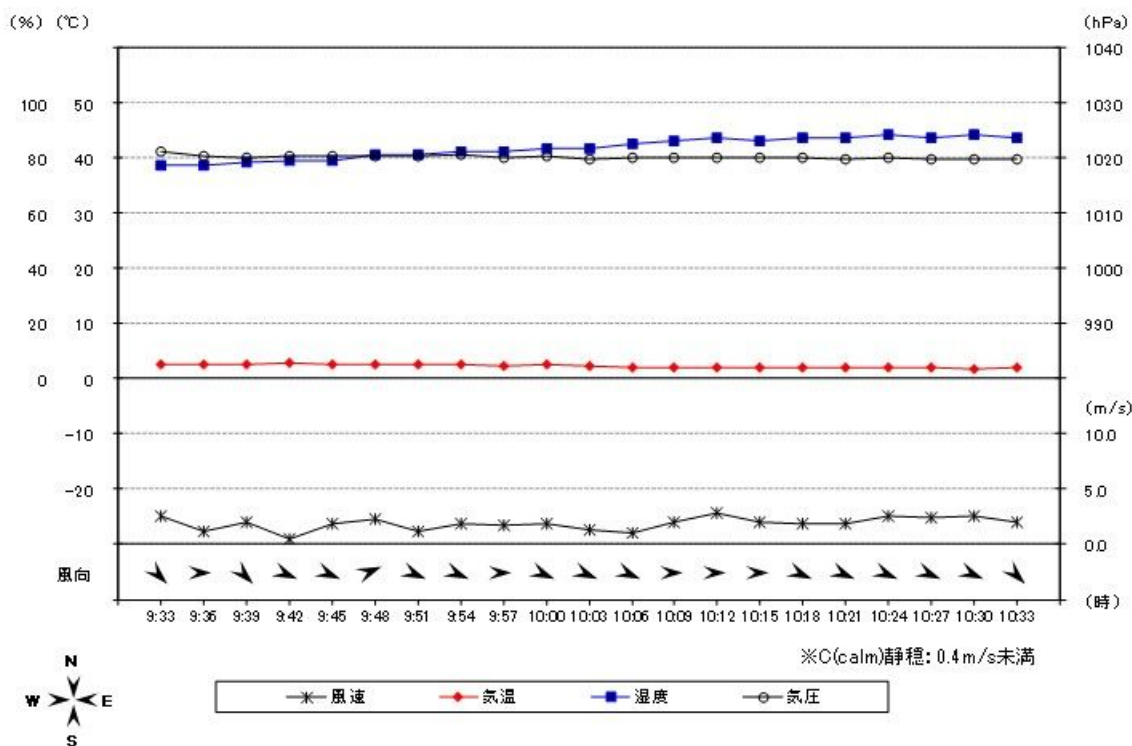
付属資料 1 (屋外人工芝グラウンド A : 冬季・調査地点 採取時の気象条件)

測 定 場 所 : 気象観測地点 (地点③④採取時)

採 取 時 間 : 9:33~10:33

項目 採取時間	気温 (℃)	湿度 (%)	平均風速 (m/s)	風向 (16方位)	気圧 (hPa)
9:33	2.6	77	2.6	北西	1020.9
9:36	2.6	77	1.2	西	1020.2
9:39	2.4	78	2.0	北西	1020.0
9:42	2.7	79	0.5	西北西	1020.2
9:45	2.6	79	1.8	西北西	1020.2
9:48	2.4	81	2.3	西南西	1020.2
9:51	2.6	81	1.2	西北西	1020.2
9:54	2.4	82	1.8	西北西	1020.4
9:57	2.3	82	1.7	西	1020.0
10:00	2.4	83	1.8	西北西	1020.2
10:03	2.3	83	1.3	西北西	1019.7
10:06	2.1	85	1.0	西北西	1020.0
10:09	2.0	86	2.0	西	1020.0
10:12	1.9	87	2.8	西	1019.9
10:15	1.9	86	2.0	西	1020.0
10:18	2.1	87	1.9	西北西	1020.0
10:21	2.0	87	1.9	西北西	1019.7
10:24	2.0	88	2.6	西北西	1019.9
10:27	2.0	87	2.4	西北西	1019.7
10:30	1.8	88	2.5	西北西	1019.7
10:33	1.9	87	2.0	北西	1019.7
平均値	2.2	83	1.9	—	1020.0
最高値	2.7	88	2.8	—	1020.9
最小値	1.8	77	0.5	—	1019.7
最多風向	—	—	—	西北西	—

※C(calm)静穏:0.4m/s未満



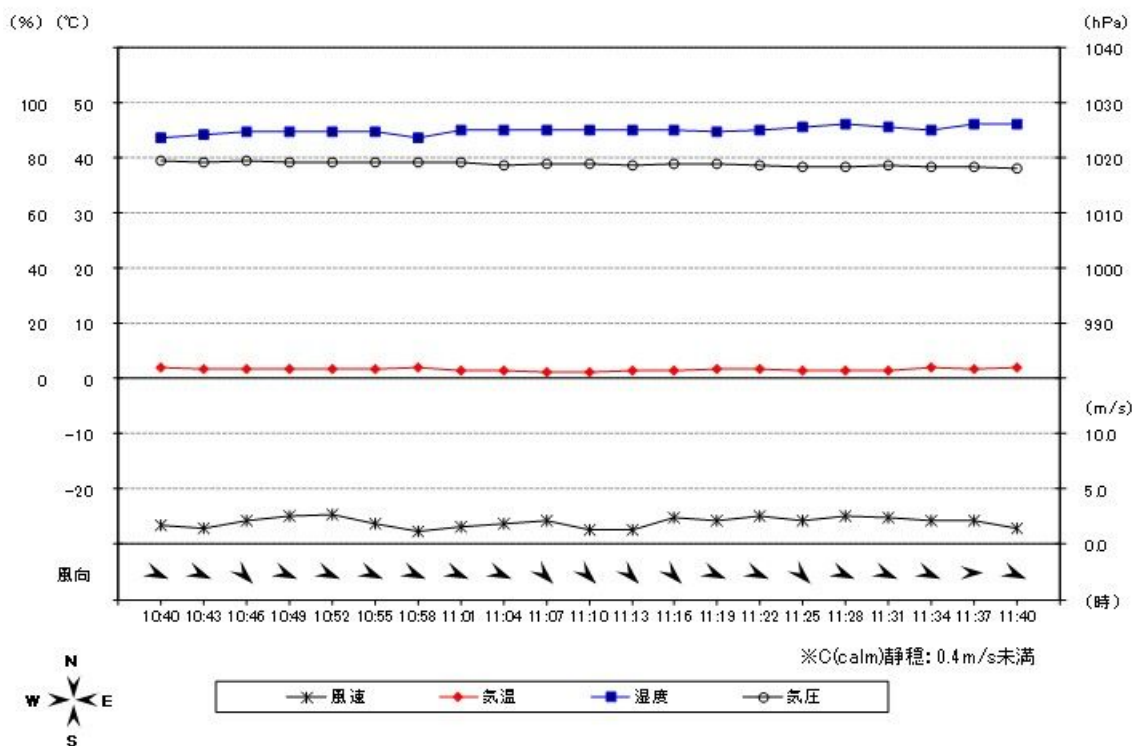
付属資料 1 (屋外人工芝グラウンド A : 冬季・調査地点 採取時の気象条件)

測 定 場 所 : 気象観測地点 (地点㊦採取時)

採 取 時 間 : 10:40~11:40

項目 採取時間	気温 (℃)	湿度 (%)	平均風速 (m/s)	風向 (16方位)	気圧 (hPa)
10:40	2.1	87	1.7	西北西	1019.4
10:43	1.8	88	1.5	西北西	1019.2
10:46	1.7	89	2.1	北西	1019.4
10:49	1.7	89	2.5	西北西	1019.2
10:52	1.7	89	2.7	西北西	1019.0
10:55	1.7	89	1.8	西北西	1019.0
10:58	1.9	87	1.2	西北西	1019.2
11:01	1.5	90	1.6	西北西	1019.0
11:04	1.3	90	1.9	西北西	1018.5
11:07	1.1	90	2.1	北西	1018.9
11:10	1.1	90	1.3	北西	1018.7
11:13	1.3	90	1.3	北西	1018.5
11:16	1.4	90	2.4	北西	1018.7
11:19	1.6	89	2.1	西北西	1018.7
11:22	1.6	90	2.5	西北西	1018.5
11:25	1.4	91	2.1	北西	1018.2
11:28	1.3	92	2.6	西北西	1018.2
11:31	1.4	91	2.4	西北西	1018.4
11:34	1.9	90	2.1	西北西	1018.2
11:37	1.8	92	2.2	西	1018.2
11:40	2.0	92	1.5	西北西	1018.0
平均値	1.6	90	2.0	—	1018.7
最高値	2.1	92	2.7	—	1019.4
最小値	1.1	87	1.2	—	1018.0
最多風向	—	—	—	西北西	—

※C(calm)静穏:0.4m/s未満



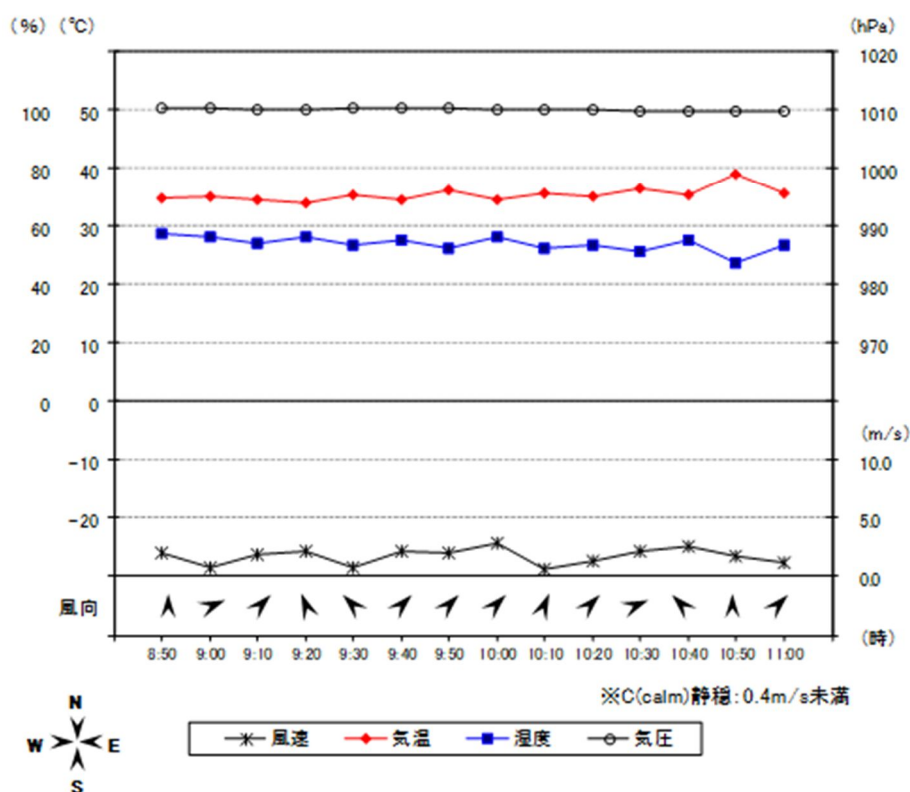
付属資料1（屋外人工芝グラウンドA：夏季の気象条件）

測定場所：気象観測地点

測定日時：平成30年7月17日 8:50～11:05

日時	項目	気温 (℃)	湿度 (%)	平均風速 (m/s)	風向 (16方位)	気圧 (hPa)
7月17日	8:50	34.6	57	2.0	南	1010.2
	9:00	34.8	56	0.7	西南西	1010.1
	9:10	34.4	54	1.9	南西	1010.0
	9:20	33.7	56	2.1	南南東	1010.0
	9:30	35.2	53	0.7	南東	1010.2
	9:40	34.4	55	2.2	南西	1010.1
	9:50	36.0	52	2.0	南西	1010.1
	10:00	34.4	56	2.8	南西	1009.9
	10:10	35.5	52	0.6	南南西	1009.8
	10:20	35.0	53	1.3	南西	1009.9
	10:30	36.3	51	2.2	西南西	1009.7
	10:40	35.3	55	2.6	南東	1009.6
	10:50	38.9	47	1.7	南	1009.5
	11:00	35.5	53	1.2	南西	1009.5
平均値		35.3	54	1.7	—	1009.9
最高値		38.9	57	2.8	—	1010.2
最小値		33.7	47	0.6	—	1009.5
最多風向		—	—	—	南西	—

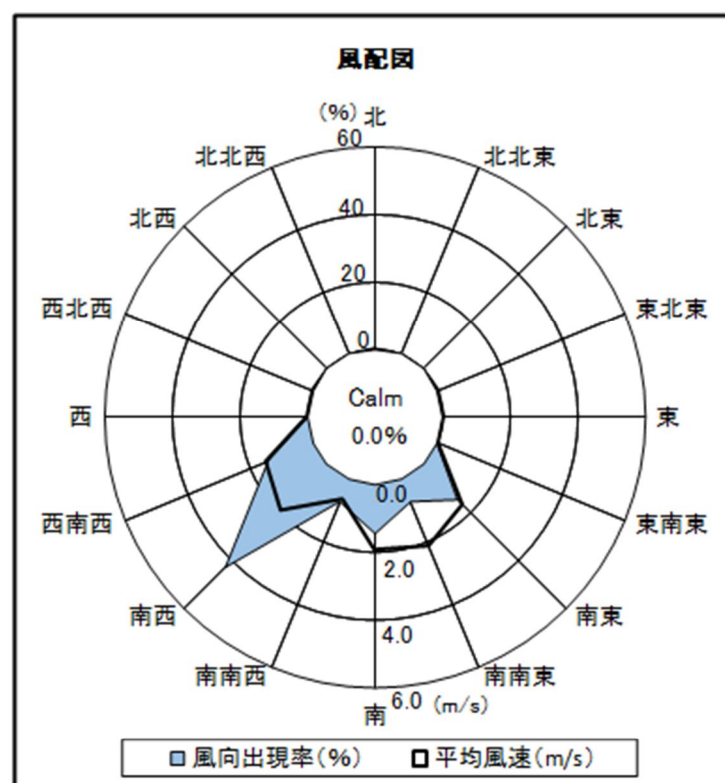
※C(calm) 静穏: 0.4m/s未満



付属資料 1 (屋外人工芝グラウンド A : 夏季の気象条件)

測定場所 : 気象観測地点

測定日時 : 平成30年 7月17日 8:50 ~ 11:05



	出現頻度 (回)	出現率 %	平均風速 (m/s)
北	0	0.0	0.0
北北東	0	0.0	0.0
北東	0	0.0	0.0
東北東	0	0.0	0.0
東	0	0.0	0.0
東南東	0	0.0	0.0
南東	2	14.3	1.7
南南東	1	7.1	2.1
南	2	14.3	1.9
南南西	1	7.1	0.6
南西	6	42.9	1.9
西南西	2	14.3	1.5
西	0	0.0	0.0
西北西	0	0.0	0.0
北西	0	0.0	0.0
北北西	0	0.0	0.0
Calm	0	0.0	0.0

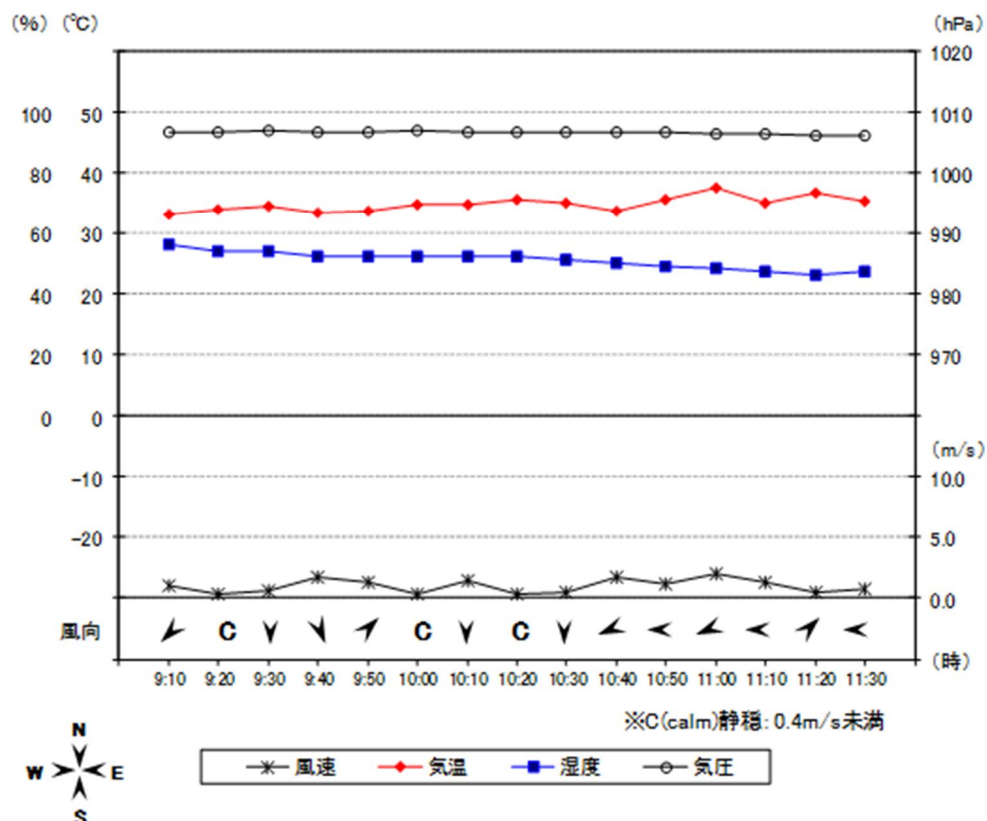
付属資料 2 (屋外人工芝グラウンド B: 夏季の気象条件)

測定場所: 気象観測地点

測定日時: 平成30年 7月13日 9:12 ~ 11:30

日時	項目	気温 (°C)	湿度 (%)	平均風速 (m/s)	風向 (16方位)	気圧 (hPa)
7月13日	9:10	32.9	56	1.0	北東	1006.7
	9:20	33.9	54	C	静穏	1006.7
	9:30	34.3	54	0.6	北	1006.9
	9:40	33.4	52	1.7	北北西	1006.7
	9:50	33.5	52	1.3	南西	1006.7
	10:00	34.7	52	C	静穏	1006.9
	10:10	34.6	52	1.4	北	1006.7
	10:20	35.5	52	C	静穏	1006.7
	10:30	34.9	51	0.5	北	1006.5
	10:40	33.6	50	1.7	東北東	1006.5
	10:50	35.4	49	1.1	東	1006.5
	11:00	37.5	48	2.0	東北東	1006.2
	11:10	34.9	47	1.3	東	1006.2
	11:20	36.6	46	0.5	南西	1005.9
	11:30	35.2	47	0.8	東	1006.0
平均値		34.7	51	1.0	—	1006.5
最高値		37.5	56	2.0	—	1006.9
最小値		32.9	46	C	—	1005.9
最多風向		—	—	—	東	—

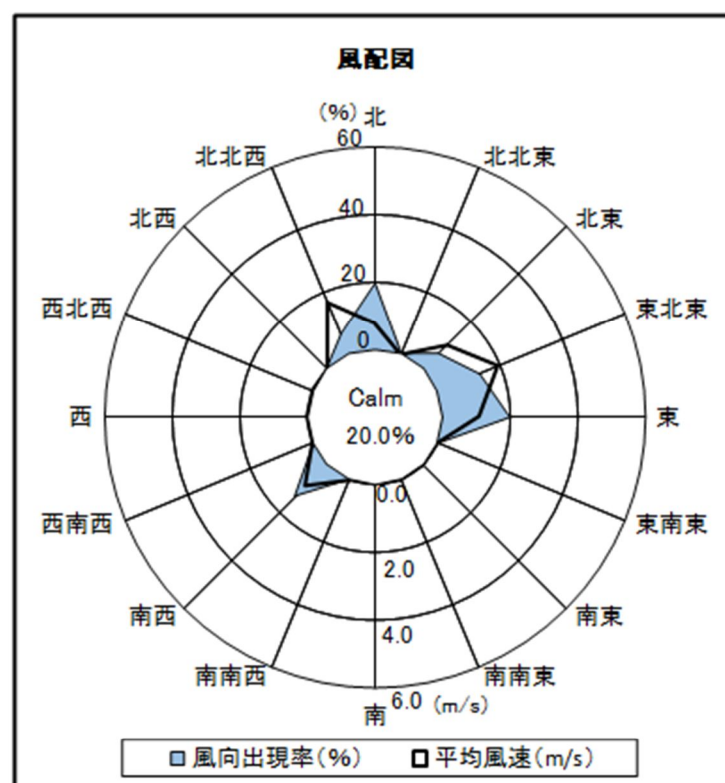
※C(calim)静穏: 0.4m/s未満



付属資料 2 (屋外人工芝グラウンド B : 夏季の気象条件)

測 定 場 所 : 気象観測地点

測 定 日 時 : 平成30年 7月13日 9:12 ~ 11:30



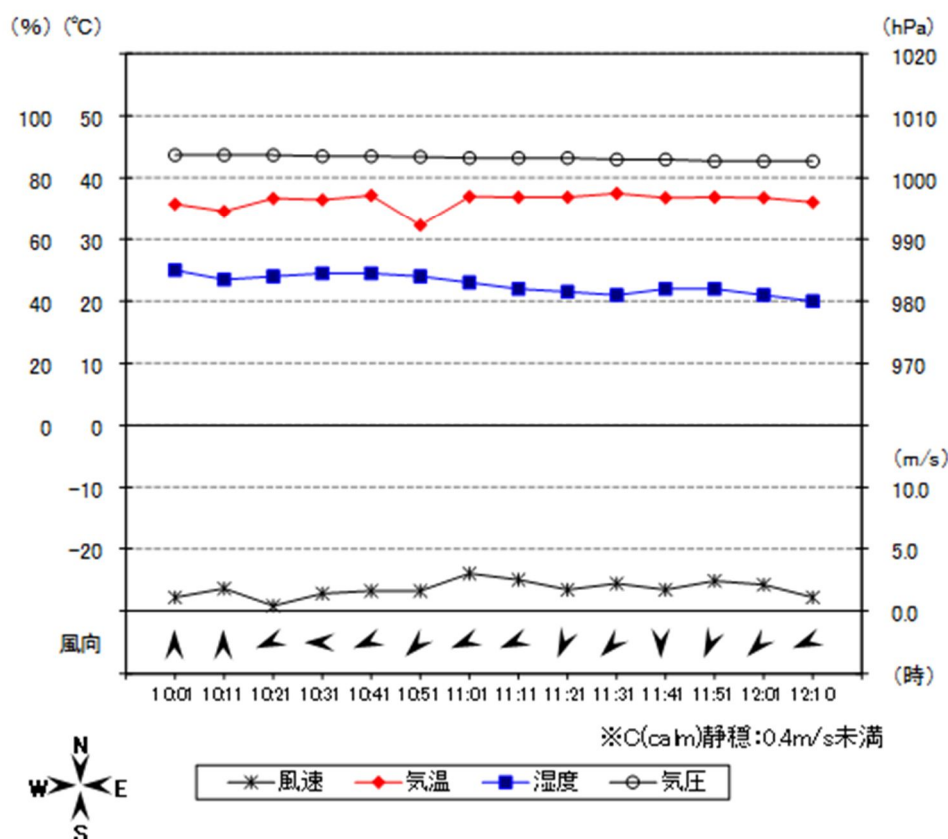
	出現頻度 (回)	出現率 %	平均風速 (m/s)
北	3	20.0	0.8
北北東	0	0.0	0.0
北東	1	6.7	1.0
東北東	2	13.3	1.9
東	3	20.0	1.1
東南東	0	0.0	0.0
南東	0	0.0	0.0
南南東	0	0.0	0.0
南	0	0.0	0.0
南南西	0	0.0	0.0
南西	2	13.3	0.9
西南西	0	0.0	0.0
西	0	0.0	0.0
西北西	0	0.0	0.0
北西	0	0.0	0.0
北北西	1	6.7	1.7
Calm	3	20.0	0.4

付属資料3(屋外人工芝グラウンドC:夏季の気象条件)

測定場所: 気象観測地点
測定日時: 平成30年7月24日 10:01 ~ 12:10

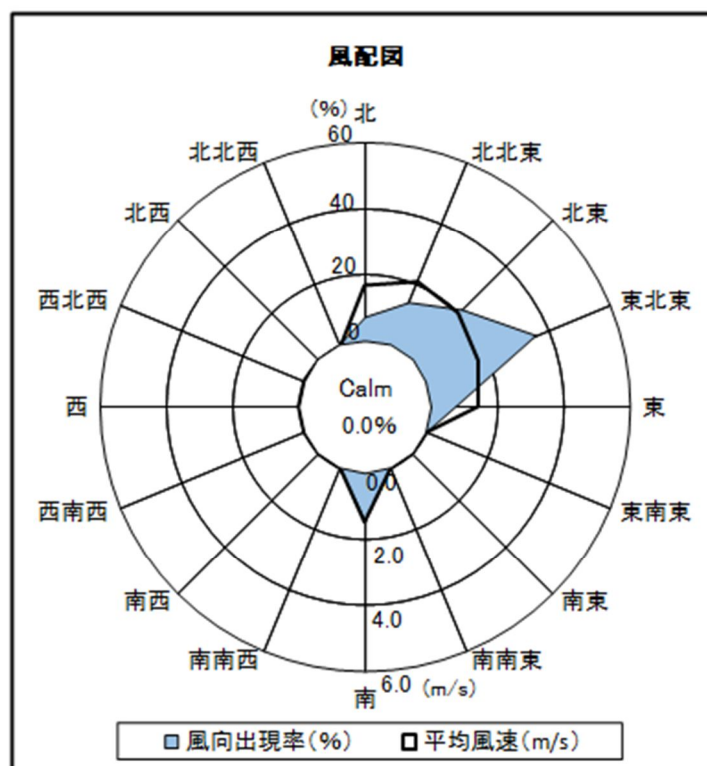
日時	項目	気温 (°C)	湿度 (%)	平均風速 (m/s)	風向 (16方位)	気圧 (hPa)
7月24日	10:01	35.8	50	1.1	南	1003.7
	10:11	34.6	47	1.8	南	1003.7
	10:21	36.7	48	0.4	東北東	1003.7
	10:31	36.5	49	1.4	東	1003.5
	10:41	37.2	49	1.6	東北東	1003.5
	10:51	32.3	48	1.6	北東	1003.4
	11:01	37.0	46	3.0	東北東	1003.2
	11:11	36.9	44	2.5	東北東	1003.2
	11:21	36.9	43	1.7	北北東	1003.2
	11:31	37.5	42	2.2	北東	1003.0
	11:41	36.8	44	1.7	北	1003.0
	11:51	36.9	44	2.4	北北東	1002.7
	12:01	36.8	42	2.1	北東	1002.7
	12:10	36.1	40	1.1	東北東	1002.7
平均値		36.3	45	1.8	—	1003.2
最高値		37.5	50	3.0	—	1003.7
最小値		32.3	40	0.4	—	1002.7
最多風向		—	—	—	東北東	—

※C(calm)静穏:0.4m/s未満



付属資料 3 (屋外人工芝グラウンド C : 夏季の気象条件)

測 定 場 所 : 気象観測地点
測 定 日 時 : 平成30年 7月24日 10:01 ~ 12:10



	出現頻度 (回)	出現率 %	平均風速 (m/s)
北	1	7.1	1.7
北北東	2	14.3	2.1
北東	3	21.4	2.0
東北東	5	35.7	1.7
東	1	7.1	1.4
東南東	0	0.0	0.0
南東	0	0.0	0.0
南南東	0	0.0	0.0
南	2	14.3	1.5
南南西	0	0.0	0.0
南西	0	0.0	0.0
西南西	0	0.0	0.0
西	0	0.0	0.0
西北西	0	0.0	0.0
北西	0	0.0	0.0
北北西	0	0.0	0.0
Calm	0	0.0	0.0

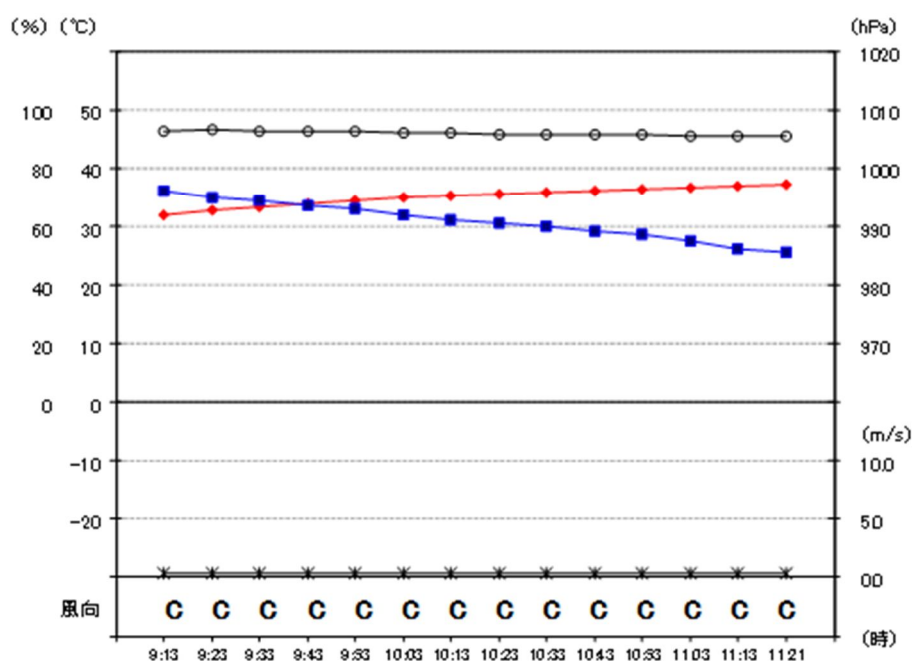
付属資料 4 (屋内人工芝グラウンド D: 夏季の気象条件)

測定場所: 気象観測地点

測定日時: 平成30年 7月23日 9:13 ~ 11:21

日時	項目	気温 (℃)	湿度 (%)	平均風速 (m/s)	風向 (16方位)	気圧 (hPa)
7月23日	9:13	32.0	72	0	静穏	1006.4
	9:23	32.6	70	0	静穏	1006.5
	9:33	33.2	69	0	静穏	1006.4
	9:43	33.8	67	0	静穏	1006.2
	9:53	34.3	66	0	静穏	1006.2
	10:03	34.9	64	0	静穏	1006.0
	10:13	35.3	62	0	静穏	1006.0
	10:23	35.6	61	0	静穏	1005.7
	10:33	35.9	60	0	静穏	1005.7
	10:43	36.1	58	0	静穏	1005.7
	10:53	36.4	57	0	静穏	1005.7
	11:03	36.6	55	0	静穏	1005.5
	11:13	36.8	52	0	静穏	1005.5
	11:21	37.1	51	0	静穏	1005.4
平均値		35.0	62	0	—	1005.9
最高値		37.1	72	0	—	1006.5
最小値		32.0	51	0	—	1005.4
最多風向		—	—	—	—	—

※0(calm)静穏:0.4m/s未満



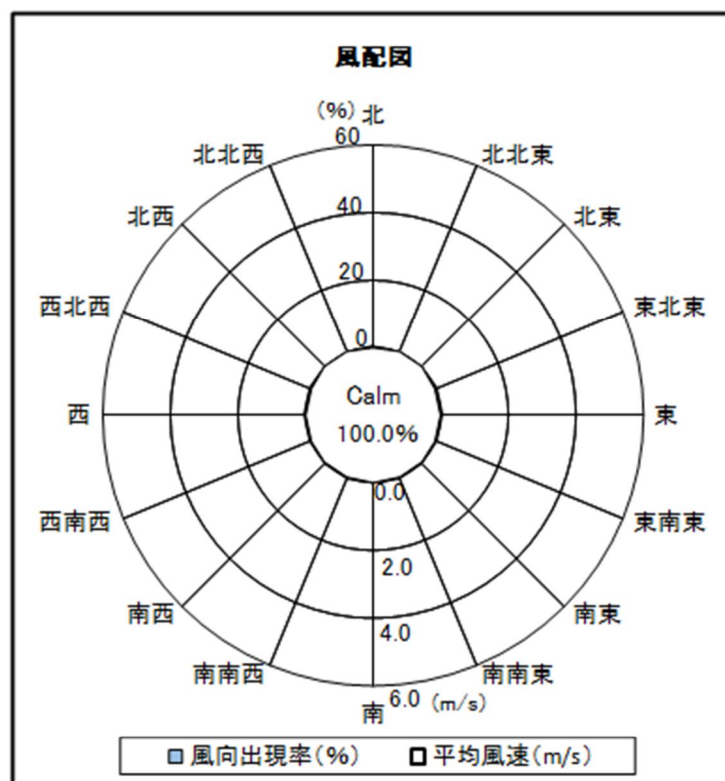
※0(calm)静穏:0.4m/s未満



付属資料 4 (屋内人工芝グラウンド D : 夏季の気象条件)

測 定 場 所 : 気象観測地点

測 定 日 時 : 平成30年 7月23日 9:13 ~ 11:21



	出現頻度 (回)	出現率 %	平均風速 (m/s)
北	0	0.0	0.0
北北東	0	0.0	0.0
北東	0	0.0	0.0
東北東	0	0.0	0.0
東	0	0.0	0.0
東南東	0	0.0	0.0
南東	0	0.0	0.0
南南東	0	0.0	0.0
南	0	0.0	0.0
南南西	0	0.0	0.0
南西	0	0.0	0.0
西南西	0	0.0	0.0
西	0	0.0	0.0
西北西	0	0.0	0.0
北西	0	0.0	0.0
北北西	0	0.0	0.0
Calm	14	100.0	0.4

厚生労働行政推進調査事業費補助金(化学物質リスク研究事業)
分担総合研究報告書

人工芝グラウンド用ゴムチップの健康リスク評価に関する研究

研究分担者 久保田 領志 国立医薬品食品衛生研究所 生活衛生化学部 主任研究官
研究協力者 小濱 とも子 国立医薬品食品衛生研究所 生活衛生化学部

研究要旨

廃タイヤを破砕したゴムチップは弾性充填材として、スポーツ競技場の人工芝等に利用されている。米国ではゴムチップを使用する人工芝グラウンドで競技しているサッカー選手に血液性のがんの発症が多いとの報道がされ、米国環境保護庁(USEPA)等は、人工芝グラウンドに使われる廃タイヤ由来のゴムチップの安全性について調査している。こうしたゴムチップを使用した人工芝グラウンドは我が国でも増加しており、その健康影響を早急に評価することが求められている。人工芝グラウンド上で競技することによる人工芝用ゴムチップのヒトへの曝露の主要な経路として摂食による経口曝露及び皮膚に付着することによる経皮曝露が考えられる。本分担研究では、平成29年度において、摂食した人工芝グラウンドのゴムチップ中有害金属類の胃液中への移行量を評価するために、金属類等の特定有害物質が含まれる汚染土壌の摂食による健康リスクを評価する土壌汚染対策法の土壌含有量基準を参考値として用いて比較した。先行研究のゴムチップ試料で有害金属類が高濃度検出された一部の試料を対象に、環境省告示第19号を改変した方法で溶出試験を実施したが、その溶出量は土壌含有量基準を大きく下回った。曝露評価に向けた予備調査として、人工芝グラウンドのゴムチップを採取し全量分析した。検出濃度は先行研究で得られた結果の範囲内であり、また、複数の採取地点間での検出濃度の差はほとんどの金属類で無かった。さらに、人工芝ゴムチップ中金属類濃度について、一部の金属類でフィールドへの施工前後で変動が認められた。平成30年度の研究では、人工芝グラウンドのゴムチップ試料中金属類の全量分析値と、人工胃液、人工腸液、人工唾液及び人工汗への溶出量から、ゴムチップ試料からの金属類の曝露量を算出し、国内外の金属類の有害影響に関する限度値と比較した。その結果、先行研究及びオランダ国立公衆衛生研究所(RIVM)の報告で有害性が懸念される金属類のAs、Cd、Co、Ni及びPbを含む最大16金属類について評価でき、その溶出量は国内外の限度値を大きく下回った。このことから、人工芝グラウンドの競技者において、ゴムチップの経口摂取または皮膚接触によって体液を通じて金属類に曝露する量は概して少なく、これら金属類による健康影響に関するリスクは十分低いと考えられた。

A. 研究目的

廃タイヤを破砕したゴムチップは弾性充填材として、スポーツ競技場の人工芝等に利用されている。米国ではゴムチップを使用する人工芝グラウンドで競技しているサッカー選手に血液性のがんの発症が多いとの報道がされ、2016年2月に米国環境保護庁(USEPA)は、人工芝グラウンドに使われる廃タイヤ由来のゴムチップの安全性について調査を開始すると発表、

12月に調査の進行状況や文献レビューの結果等が報告された。こうしたゴムチップを使用した人工芝グラウンドは我が国でも増加しており、その健康影響を早急に評価することが求められている。

本分担研究では、先行研究において、我が国に流通するゴムチップから検出され、有害性評価シートで優先評価物質とされた金属類及び

含有量の多かった金属類等を中心に曝露評価対象物質を選定し、平成 29 年度の研究では、選定された金属類のゴムチップの摂食による経口曝露を想定し、人工胃液による溶出試験法について国内外の規格等の情報調査及び溶出試験の予備調査を行うとともに、曝露評価に向けた予備的なフィールド調査を実施した。平成 30 年度の研究では、実際の人工芝グラウンドに施工されているゴムチップを用いて曝露評価を行うため、複数ヶ所（屋内及び屋外）で夏季に試料の採取を行いゴムチップ試料中金属類の全量分析を行った。また、人工芝グラウンド上で競技する人を想定した摂食による経口曝露及び皮膚に付着することによる経皮曝露を想定し、同試料を用いた複数種類の人工体液による溶出試験を実施し、曝露量を評価した。

B. 研究方法

平成29年度の研究では、金属類の溶出試験の予備検討は、先行研究で収集したゴムチップの中で有害金属類が高濃度検出された試料で、廃タイヤ由来の試料a（Zn、Cu及びPbで最大値）、エチレンプロピレンジエンゴム（EPDM）製の試料b（Crで最大値）、工業用ゴム由来の試料c（Sbで最大値）、廃タイヤ由来の試料d（Cdで最大値）及び熱可塑性エラストマー（TPE）製の試料e（Asで最大値）の5試料を対象とした。溶出方法は、環境省告示第19号を一部改変して実施し、試料3gに対し、人工胃液（日本薬局方崩壊試験・溶出試験第一液：約0.08mol/L塩酸、環境省告示第19号では1 mol/L）を100mL加え、37℃で2時間振とうした。その後、上清を0.2μmフィルターでろ過し、ICP-MSに供した。測定対象金属類は、それぞれの試料中で最大値で検出されたものを中心に選択した。環境省告示第19号では、土壤汚染対策法施行規則の規定に基づき、環境大臣が定める土壤含有量調査に係る測定方法が定められている。溶出条件の違いによる溶出試料中金属類濃度の差異の評価は、ASTM Internationalの人工芝充填物中の溶出可能な有害金属類に関する規格（ASTM F3188-16）及び玩具の安全性評価のための欧州規格（EN71-3:2013）に従って実施する。表1に各溶

出試験の溶出条件を示す。

曝露評価に向けた予備調査として、2017 年冬季に人工芝グラウンドに施工されているゴムチップを採取した。ゴムチップは、グラウンド上の4地点（中央、右、左、ゴール前）において、掃除機を用いて採取した。試料は、採取後、ゴミ等を取り除きドラフト内で風乾し、褐色ガラス瓶に保管した。4地点から採取した試料に加えて、風乾後の各試料から一定量分取し均一に混合した混合試料も作製した。また、グラウンドに施工前のゴムチップも入手し、同様に分析に供した。ゴムチップ試料中金属類の全量分析は、ゴムチップ試料を硝酸及びフッ化水素酸を加えてマイクロ波加熱分解し、超純水で希釈したもの試料溶液とした。27 元素の定量は各試料三併行で ICP-MS にて実施した。また、Hg は加熱気化水銀分析装置にて四併行で測定し、最大値、中央値及び最小値を求めた。

平成 30 年度の研究では、ゴムチップ試料は 2018 年夏季に屋外 3 か所（A、B 及び C）及び屋内 1 か所（D）の人工芝グラウンドから採取した。ゴムチップの採取には、掃除機を用い、採取後、ゴミ等を取り除きドラフト内で風乾し、褐色ガラス瓶に保管した。各グラウンドの試料は、グラウンドごとに 4 地点から試料を採取し上記の処理の後、均一に混合して試料とした。ゴムチップ試料中金属類の全量分析は、ゴムチップ試料を硝酸及びフッ化水素酸を加えてマイクロ波加熱分解し、超純水で希釈したもの試料溶液とした。27 金属類の定量は各試料三併行で ICP-MS にて実施した。Hg は加熱気化水銀分析装置にて四併行で測定した。

人工体液を用いた溶出試験は、既報や規格等で用いられている人工胃液、人工腸液、人工唾液及び人工汗を用いて行った。各人工体液の詳細については、人工胃液及び人工腸液は、それぞれ日本薬局方の崩壊試験・溶出試験第 1 液及び崩壊試験第 2 液とし、人工唾液は BSI British Standard Specification for Safety Harness, BS 6684（1987）のものを、人工汗は JIS L0848:2004 汗に対する染色堅ろう度試験方法（酸性人工汗）のものをを用いた。溶出操作は、ASTM F3188-16、環境省告示第 19 号及び EPA METHOD 1340（in

vitro bioaccessibility assay for lead in soil) を参考にし、試料 1 g を 100 mL のテフロン製瓶に分取し、これに上記人工体液 50 mL を加え、遮光下 37 °C、30 rpm (rotating) で 1 時間振とう、続いて 1 時間静置し、その上清を 0.2 µm フィルターでろ過したものを溶出液とした。その後、溶出液に硝酸を加えて試験溶液として ICP-MS で分析した。試験は各三併行で実施した。また、フィールド試料との比較対象に先行研究で収集したゴムチップの中で有害金属類が高濃度検出された試料も同様に溶出試験を行った。試料の詳細は下記のとおりであり、廃タイヤ由来の試料 a (Zn、Cu 及び Pb で最大値)、エチレンプロピレンジエンゴム (EPDM) 製の試料 b (Cr で最大値)、工業用ゴム由来の試料 c (Sb で最大値)、廃タイヤ由来の試料 d (Cd で最大値)、熱可塑性エラストマー (TPE) 製の試料 e (As で最大値) 及び工業用ゴム由来の試料 f (Ni で最大値) の 6 試料とした。なお Hg はゴムチップ中の含有量が極微量であったことから、溶出試験での定量はしなかった。

C. 研究結果

平成 29 年度の研究では、先行研究で収集したゴムチップの中で有害金属類が高濃度検出された試料を対象に、予備検討の条件で溶出試験を実施した。土壤汚染の状況の把握や土壤汚染によるヒト健康被害の防止を目的とする土壤汚染対策法で含有量基準が規定されている金属類であり、本研究の測定対象でもある金属類の溶出液中の濃度は、Cr で $<0.025 \sim 0.081$ µg/g、As で全て <0.05 µg/g、Se で全て <0.25 µg/g、Cd で全て <0.01 µg/g、Pb で $0.020 \sim 0.25$ µg/g であった (表 2)。

曝露評価に向けた予備調査として、人工芝グラウンドに施工されているゴムチップを採取し全量分析した。27 元素中三併行分析で一試料以上で検出されたのは Li、Mg、Al、V、Cr、Mn、Fe、Co、Cu、Zn、Rb、Sr、Cd、Sn、Ba 及び Pb の 16 元素であった (表 3)。この濃度は先行研究の濃度範囲の内、中央値付近に分布しており、先行研究と同様に、Zn の濃度が最も高く、Al 及び Fe も次いで高濃度であり、また、

Pb についても中央値が 28.1 µg/g、最大値が 30.2 µg/g と先行研究と同程度であった。Hg については、四併行全てで検出されたが、先行研究と同様に全てで 0.1 µg/g 未満であった (表 4)。

各地点で三併行もしくは四併行試料の全てで検出された 12 金属類 (Cu、Al、V、Cr、Mn、Fe、Co、Zn、Sr、Sn、Pb 及び Hg) について、地点間及び施工前後の比較を行った。各地点の試料は、Kolmogorov-Smirnov 検定の有効サンプルサイズが規定 (5 以上) 未満となり、正規性の検定ができなかったため、正規分布していると仮定して一元配置分散分析によるパラメトリックな多群間比較を行った。また、一元配置分散分析で有意差があった場合は、各採取地点間の差異について Tukey-Kramer 法による多重比較を行った。施工前後の比較については、Welch の t 検定で解析した。地点間比較の結果、“右”で Mn ($p < 0.01$) 及び Fe ($p < 0.05$) がやや高かったものの (図 1)、ほとんどの金属類で地点間差は無かった。Mn 及び Fe で差が見られた採取地点がいずれも“右”であるため、人工芝ゴムチップの入れ替え・補充等の施工スケジュールに差がある可能性が考えられた。

施工前後の濃度比較については、12 金属類中 5 金属類で施工前後で濃度に有意な差が認められ、Mn、Sn 及び Hg では施工後で、Cu 及び Fe では施工前で検出濃度が高かった (Cu 及び Hg : $p < 0.01$ 、Mn、Sn 及び Fe : $p < 0.05$)。これらの濃度変動は、施工後にゴムチップの劣化や降雨等による含有金属類の溶出・減衰等や、フィールド周辺環境からのゴムチップへの金属類の吸着等によると考えられた。

平成 30 年度の研究では、4 か所の人工芝グラウンドから採取したゴムチップの 28 金属類の含有量を定量した。その結果、20 金属類 (Zn、Al、Fe、Mg、Cu、Co、Mn、Ba、Pb、Sr、Ni、Cr、Sn、Rb、V、Li、Ga、Cd、Sb 及び Hg) がいずれか 1 つ以上の試料で検出された (表 5 及び 6)。検出濃度を 4 地点間で比較した。その結果、Mn、Fe、Co、Cu、Zn 及び Rb の検出濃度が他地点に比べて屋外の C 地点で比較的高濃度であったが、それ以外の金属類では 4 地点間で大きな差は無く、また、屋外及び屋内での採

取地点による検出濃度の差も認められなかった。本研究で検出された各金属類濃度について、先行研究でゴムチップ試料中金属類と比較した（図3）。本研究の中央値は、Coで先行研究より10倍程度高かったが、多くが先行研究の検出濃度の中央値と同等であり、また、全ての検出金属類で、本研究の最大値と最小値の幅は先行研究の概ね範囲内で、かつ本研究の方が狭かった。

4 か所の人工芝グラウンドから採取したゴムチップについて、人工胃液、人工腸液、人工唾液及び人工汗を用いた溶出試験を行った。その結果、4溶液のいずれか1つ以上で検出されたのは15金属類（Mg、Al、V、Cr、Mn、Fe、Co、Ni、Cu、Zn、Ga、Rb、Sr、Ba及びPb）であった（表7）。ほとんどの金属類は人工胃液による溶出液で最も濃度が高く、人工腸液、人工唾液及び人工汗は同程度であった。ゴムチップから溶出率（全量分析値に対する溶出量の割合（%））を評価した（表8）。その結果、人工胃液におけるMnの3試料で12.8～20.1%、人工唾液及び人工汗各1試料でそれぞれ10.2%及び10.8%で10%を超えた以外は10%未満と少なかった。先行研究で採取したゴムチップ試料についても同様に溶出試験を行った。その結果、4溶液のいずれか1つ以上で検出されたのは16金属類（Mg、Al、V、Cr、Mn、Fe、Co、Ni、Cu、Zn、Rb、Sr、Sn、Sb、Ba及びPb）であった（表9）。人工芝グラウンドから採取したゴムチップと同様に、ほとんどの金属類は人工胃液による溶出液で最も濃度が高く、人工腸液、人工唾液及び人工汗は同程度であった。ゴムチップから溶出率（全量分析値に対する溶出量の割合（%））を評価した（表10）。その結果、人工芝グラウンドから採取したゴムチップに比べて溶出率が10%を超える金属類数は多く、Mg、Mn、Fe、Cu、Zn及びSrで超えていたが、いずれも人工胃液のみであり、廃タイヤの試料aでMn、Fe及びCu、EPDMの試料bでMg、Zn及びSrが、TPEで2金属類（Fe・Cu）の該当があった。また、廃タイヤの試料dにおいてもRbで10%を越えていた。一方、その他の人工体液については全ての金属類で10%未満であ

った。

D. 考察

平成29年度の研究では、摂食した人工芝用ゴムチップ中の有害金属類の胃液中への移行量を評価するために、金属類等の特定有害物質が含まれる汚染土壌の摂食による健康リスクを評価する土壌汚染対策法の土壌含有量基準を参考値として比較した。先行研究で得られた人工芝用ゴムチップ中金属類の全量分析の結果では、Cd、Se、Pb及びAsは基準値未満であったが、本研究の結果は総Crであり過大評価となっている可能性があるものの、EPDMの2試料のCr(VI)が基準値を超えていた。一方、上述の溶出試験で人工体液への金属類の移行量は全てで基準値未満であり、全量分析値の約12～40万分の1と極めて低値であった。本研究の溶出条件は環境省告示第19号とは溶出液の塩酸濃度が異なり、約13分の1と低濃度ではあるが、ASTM F3188-16やEN71-3:2013ではそれぞれ0.08 mol/L、0.07 mol/Lと同程度である。また、環境省告示第19号では溶出条件は室温（25℃）であるが、本研究及びASTM F3188-16では37℃としており、後者の方がより実際ヒトの胃内の状況を模しているものと考えられる。これ以外の溶出条件の違いは重量体積比であり、本研究及び環境省告示第19号が3%であるのに対し、ASTM F3188-16やEN71-3:2013では2%である。溶出条件については引き続き検討を行い、適切な条件を平成30年度に決定することにした。

曝露評価に向けた予備調査として、人工芝グラウンドに施工されているゴムチップを採取し全量分析した。本予備調査と先行研究とではサンプルサイズ等が異なるが、検出された金属類の種類は少なく（先行研究：27種、本予備調査：17種）、また、検出された金属類濃度は先行研究の濃度範囲の内、中央値付近に分布していた。既報の実際のフィールドを対象とした人工芝ゴムチップの調査において、同一フィールド内の複数の地点で調査がされているため、本予備調査でも同様に行った。各地点で三併行もしくは四併行試料の全てで検出された12金属類について地点間比較を行った結果、“右”で

Mn及びFeがやや高かったものの、ほとんどの金属類で地点間差は無かった。この傾向は、既報においても、同一フィールド内の採取地点間でほとんどばらつきは無かったことが報告されている。また、施工前後の濃度比較については、12金属類中5金属類に施工前後で濃度に差が認められ、施工後にゴムチップの劣化や降雨等による含有金属類の溶出・減衰等や、フィールド周辺環境からのゴムチップへの金属類の吸着等によると考えられた。

平成30年度の研究では、人工芝グラウンド上での競技による人工芝用ゴムチップのヒトへの主要な曝露経路と考えられる経口曝露及び経皮曝露による人工芝用ゴムチップ中有害金属類の体液中への移行量を評価するために、前年度の検討結果を踏まえ、人工体液を用いた金属類の溶出試験を実際の4箇所の人工芝グラウンドから採取したゴムチップ等に適用した。ゴムチップからの金属類の溶出率を評価するため、先行研究で確立した方法でゴムチップ中金属類の全量分析を行った。その結果、20金属類が1試料以上で検出され、その濃度は、廃タイヤや工業用ゴム等の複数種類のゴムチップを対象とした先行研究とほぼ同程度の中央値かつ、先行研究に比べて検出濃度の幅が狭いことがわかった。また、4箇所での検出濃度の差異は概ね認められなかったことから、これらの人工芝グラウンドに施行されているゴムチップの材質等には大きな差異は無いことが推察された。

溶出試験は、環境省告示19号、人工芝充填物中の溶出可能な有害金属類に関する規格（ASTMF3188-16）及び玩具の安全性評価のための欧州規格（EN71-3:2013）等の規格基準を参考に、既法と同等もしくは生体内に取り込まれた状況を再現した条件を採用した。人工芝グラウンドで採取したゴムチップ試料及び先行研究で採取したゴムチップ試料について人工胃液、人工腸液、人工唾液及び人工汗を用いた溶出試験に適用した結果、人工芝グラウンドで採取したゴムチップ試料からは15金属類が、先行研究で採取したゴムチップ試料からは16金属類が検出され、Sn以外の金属類は両者で

一致した。また、4種の人工体液間での溶出割合の比較では、両ゴムチップ試料ともに多くの金属類において人工胃液の溶出割合が高く、少数ではあるが10%を超える金属類も確認できた。各人工体液への金属類の移行量を評価するために、参考値として土壤汚染対策法の土壤含有量基準や欧州規格（EN71-3:2013）の移行限度値を用いて比較した結果、それぞれの値を大きく下回ったことから、ゴムチップを経口摂取または皮膚接触し、体液を通じた金属類の曝露量は概して少なく、これら金属類によるリスクは十分低いと考えられた。人工体液を用いた金属類の溶出に関する既報では、Zhangらが、人工芝ゴムチップ及び人工芝を対象に試料中の金属類の存在量と人工唾液、人工胃液及び人工腸液を用いた‘bioaccessibility’の評価を行ったが、CrとPbのみ人工唾液、人工胃液及び人工腸液から検出され、両金属ともに本研究と同様に、人工胃液で‘bioaccessibility’の割合が高かった（Pb：24.7～54.0%、Cr：23.3%）ことを報告している。また、オランダ国立公衆衛生研究所（RIVM）の報告では人工汗及び人工胃腸液中への最大溶出量を見積もっているが、人工汗ではPbで0.07 µg/g、Coで0.48 µg/g及びCdで0.02 µg/g、人工胃腸液ではPbで9 µg/g、Coで2 µg/g及びCdで未検出としており、本研究の各人工体液における溶出量はそれらを下回っていた。

E．結論

人工芝グラウンド用ゴムチップ中の化学物質の健康リスクを評価することを目的として、金属類の溶出に関わる標準試験法を調査し、先行研究で収集したゴムチップの中で有害金属類が高濃度検出された一部の試料を対象に、環境省告示第19号を改変した方法で溶出試験を実施したが、その溶出量は土壤含有量基準を大きく下回った。曝露評価に向けた予備調査として、人工芝グラウンドに使用されているゴムチップを採取し全量分析した。検出濃度は先行研究で得られた結果の範囲内であり、また、複数の採取地点間での検出濃度の差はほとんどの金属類で無かった。さらに、人工芝ゴムチップ中金属類濃度について、一部の金属類でフィールドへの施工前後で変動が認められた。

人工芝グラウンドから採取したゴムチップ試料について 28 金属類を対象に、全量分析するとともに、経口もしくは経皮曝露を想定した人工胃液、人工汗等 4 種の人工体液を用いた溶出試験を行った。ゴムチップ試料の全量分析値及び各人工体液を用いた溶出量から 15～16 種について金属類の溶出率を算出し、評価した結果、国内外の限度値を大きく下回ったことから、ゴムチップを経口摂取または皮膚接触し、体液を通じて金属類に曝露する量は概して少なく、これら金属類による健康影響に関するリスクは十分低いと考えられた。

参考文献

第十七改正日本薬局方

ASTM F3188 – 16, Standard Specification for Extractable Hazardous Metals in Synthetic Turf Infill Materials.

BSI British Standard Specification for Safety Harness, BS 6684 (1987)

JIS L0848:2004 汗に対する染色堅ろう度試験方法 (酸性人工汗) .

環境省告示第 19 号, 土壌含有量調査に係る測定方法を定める件, 平成 15 年 3 月 6 日.

EPA METHOD 1340, in vitro bioaccessibility assay for lead in soil.

Zhang, J., Han, I., Zhang, L., Crain, W.: Hazardous chemicals in synthetic turf materials and their bioaccessibility in digestive fluids, *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology*, 18(6), 600-607, (2008).

EN 71-3:2013 Safety of toys – Part 3: Migration of certain elements

Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM): Evaluation of health risks of playing sports on s-synthetic turf pitches with rubber granulate, RIVM Report 2017-0016.

<https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2017-0016.pdf>

五十嵐良明:人工芝グラウンド用ゴムチップの成分分析及びその発がん性等に関する研究, 平成 28 年度厚生労働科学研究費補助金 (厚生労働科学特別研究事業) 総括・分担研究報

告書.

F. 健康危険情報

なし

G. 研究発表

1. 論文発表

なし

2. 学会発表

- 1) 久保田領志, 小濱とも子, 五十嵐良明: 人工芝グラウンド用ゴムチップの成分分析 金属類 . 第 27 回環境化学討論会 (2018.5)
- 2) 久保田領志, 小濱とも子, 五十嵐良明: 人工芝グラウンド用ゴムチップ中の金属類の分析 . 第 55 回全国衛生化学技術協議会年会 (2018.11)

H. 知的財産権の出願・登録状況

1. 特許取得

なし

2. 実用新案登録

なし

3. その他

なし

表1 溶出試験の条件比較

項目	環境省告示第19号	ASTM F3188-16	EN71-3:2013
対象試料	土壌	人工芝充填物	玩具
対象元素	Cd, Hg, Se, Pb, As, F, B	Sb, As, Ba, Cd, Cr, Pb, Hg, Se	B, Al, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Sr, Cd, Sn, Sb, Ba, Pb, Hg
試料量	6g	採取した100gから0.1gを分取	0.01 ~ 0.1g
溶出溶媒	1mol/L塩酸	0.08mol/L塩酸	0.07mol/L塩酸
溶出溶媒量	重量体積比3% (試料6g : 1mol/L塩酸200mL) 33.333倍量	50倍量 (試料0.1g : 0.08mol/L塩酸5mL)	50倍量 (試料0.1g : 0.07mol/L塩酸5mL)
溶出温度	室温 (25)	37 ± 2	特記なし
溶出条件	振とう回数200回/min、振とう幅4 ~ 5cm、容器 : ポリエチレン もしくは測定対象物質が吸着・溶出しにくいもので溶媒の1.5 倍以上の容積をもつもの	特記なし	容器 : 溶媒の1.5 ~ 5倍の容積をもつもの
溶出時間	2時間振とう、10 ~ 30分静置の後、必要に応じて上澄み液を 孔径0.45μmのメンブランフィルターでろ過し検液とする。	先に1分間振とうし、混合物のpHを測定する。pHが1.5より大 きい場合は、2mol/L(7.3%)の塩酸をpHが1.0 ~ 1.5になるまで振 とうしながら滴下する。その後、遮光して1時間振とうし、37 ± 2℃で1時間放置する。孔径0.45μmのメンブランフィルターでろ 過し、必要であれば、5000 ~ 5000rpmで10分以内で遠心分離す る。	先に1分間振とうし、混合物のpHを測定する。pHが1.5より大 きい場合は、2mol/Lの塩酸をpHが1.0 ~ 1.5になるまで振とう しながら滴下する。その後、遮光して1時間振とうし、37 ± 2℃で1時間放置する。孔径0.45μmのメンブランフィルターで ろ過する。
備考	特定有害物質が含まれる汚染土壌を直接摂取することによ る健康リスクの評価を目的としている	人工芝充填物中の抽出可能な有害金属に関するASTM規格 世界最大規模の標準化団体であるASTM International(米国 試験材料協会 : 旧称 American Society for Testing and Materials)が策定・発行する規格	「EN71(Safety of toys/玩具の安全性)」のPart 3は「特定元 素の移行(Migration of Certain Elements)」であり、玩具中の 重金属類が、接触や誤飲により健康に影響を与えるレベル で含まれているかを調べる溶出試験 玩具の安全性に関する欧州規格

表2 予備的な溶出試験の結果（濃度：μg/g）

試料名	Cr	As	Se	Cd	Pb
A	0.0781	ND	ND	ND	0.156
B	0.0559	ND	ND	ND	0.172
C	ND	ND	ND	ND	0.252
D	0.0805	ND	ND	ND	0.184
E	ND	ND	ND	ND	0.0204
土壌含有量基準	250	150	150	150	150

表3 予備的なフィールド調査試料の全量分析の結果（平均濃度：μg/g）

試料名	Li	Mg	Al	V	Cr	Mn	Fe	Co
施工前	0.784*	441*	1282	1.62	2.72	6.36	599	256
ゴール前	0.750*	219	2062	4.19	4.22	7.10	352	132
中央	0.859*	242	1658	1.86	2.88	7.01	340	86.6
右	0.878*	224	1676	2.76	2.78	10.2	563	157
左	0.525*	345	827	1.45	1.81	6.32	254	131
施工後(混合)	1.36*	179	1705	2.75	3.30	7.91	363	182

*三併行で分析して二試料以下で検出されたもの、または、全てで未検出であったもの。

試料名	Cu	Zn	Rb	Sr	Cd	Sn	Ba	Pb
施工前	56.53	20584	1.58	4.86	0.745*	2.16	3.37*	31.7
ゴール前	24.76	17904	1.80*	5.16	0.807*	2.21	4.90*	28.1
中央	21.79	18092	1.66	4.93	0.700*	2.27	ND*	25.9
右	21.10	21716	2.09*	5.85	0.560*	2.53	1.68*	29.1
左	14.71	18535	2.08	4.57	ND*	1.92	1.65*	25.7
施工後(混合)	23.66	20166	2.29*	4.87	0.880*	3.32	ND*	30.2

*三併行で分析して二試料以下で検出されたもの、または、全てで未検出であったもの。

表4 予備的なフィールド調査試料のHgの全量分析の結果（濃度：μg/g）

試料名	最大値	中央値	最小値
施工前	0.0129	0.0111	0.0100
ゴール前	0.0175	0.0150	0.0121
中央	0.0231	0.0134	0.0128
右	0.0173	0.0142	0.0137
左	0.0168	0.0152	0.0131
施工後(混合)	0.0186	0.0176	0.0147

表5 人工芝グラウンドで採取したゴムチップ試料中金属濃度 (μg/g)

試料名	Li	Mg	Al	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Rb	Sr	Cd	Sn	Sb	Ba	Pb
A	2.73	197	1166	2.73	2.79	8.38	318	119	2.31	15.1	18793	2.33	3.37	4.13	1.69	3.93	ND	6.14	23.1
	3.81	255	5536	5.18	5.49	9.11	461	126	3.20	17.3	16264	3.29	2.97	7.60	1.69	2.78	ND	6.99	16.1
	2.33	95.3	2048	3.74	6.12	9.30	433	79.5	4.08	21.9	17435	2.17	3.20	3.96	ND	3.47	ND	3.80	21.7
B	2.75	235	816	2.91	3.70	6.99	468	133	4.74	18.3	13699	1.81	2.31	3.88	1.63	2.18	1.94	5.29	38.3
	3.83	216	1484	3.67	3.50	7.17	491	180	3.16	15.0	16042	2.04	2.60	5.27	2.66	3.52	2.66	5.19	30.8
	3.05	92.0	2260	4.78	5.47	7.06	509	248	3.00	16.3	15603	2.06	1.93	3.93	1.62	2.11	2.24	3.99	15.6
C	2.23	156	1699	3.29	5.44	20.2	747	331	3.94	64.6	23203	2.40	3.80	3.63	ND	6.18	ND	6.29	29.1
	2.21	253	1433	2.92	3.67	20.7	774	293	3.38	67.1	23502	2.44	4.08	5.03	1.64	4.50	ND	7.24	24.4
	ND	719	683	2.47	5.61	20.5	923	225	4.02	58.9	19927	1.98	3.57	3.42	1.49	3.47	ND	5.44	22.9
D	2.34	252	833	2.00	3.63	7.20	479	115	3.82	15.8	15433	1.63	2.71	2.99	1.81	2.92	ND	4.02	17.7
	2.66	121	2012	2.17	3.79	6.66	389	161	3.03	12.4	17540	2.86	2.44	3.81	1.65	3.71	ND	8.98	19.0
	3.36	160	2466	3.52	4.42	7.34	426	132	3.07	12.6	16582	1.99	2.09	3.97	2.08	2.86	ND	3.70	18.6

表6 人工芝グラウンドで採取したゴムチップ試料中Hg濃度 (ng/g)

試料名	試料1	試料2	試料3	試料4
A	18.8	16.8	20.4	15.7
B	20.3	18.9	28.5	27.3
C	27.1	17.8	21.7	18.2
D	14.8	11.1	11.5	12.7

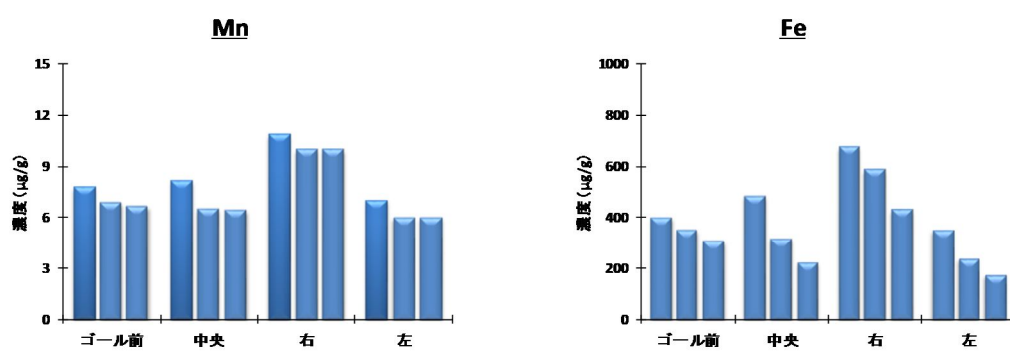


図1 人工芝ゴムチップ中Mn及びFe濃度の採取地点間比較

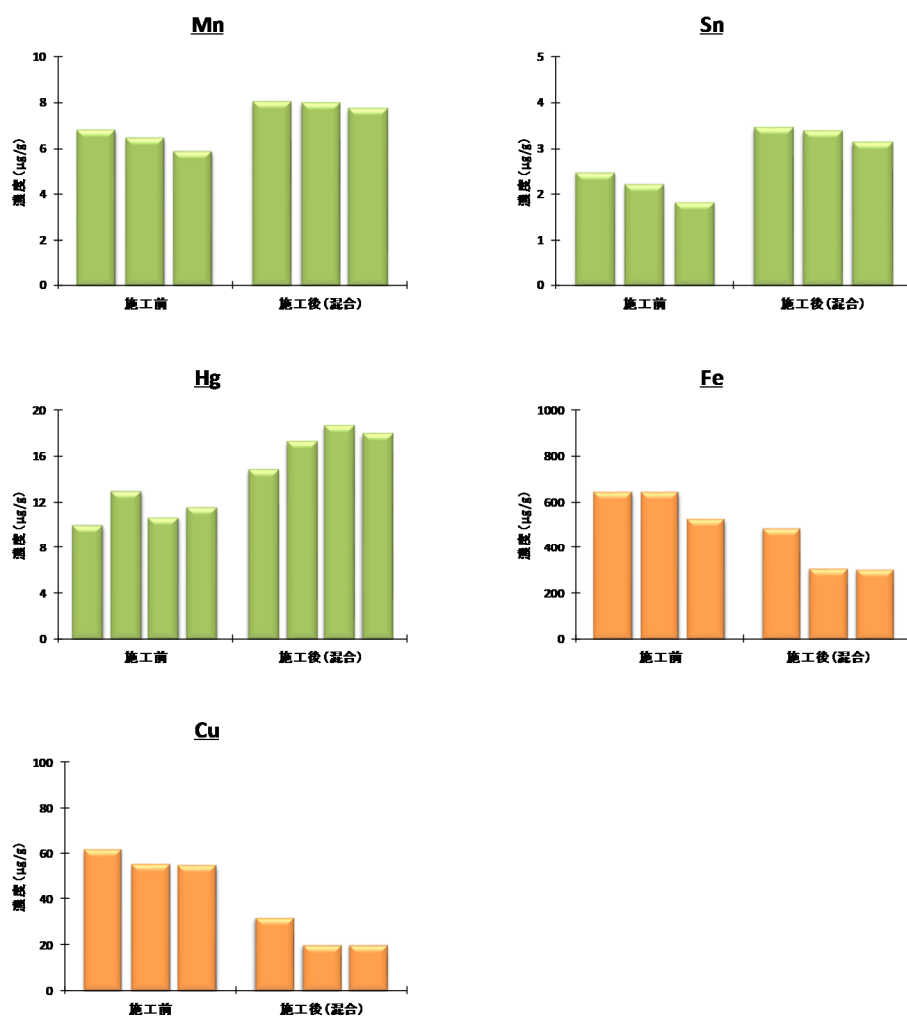


図2 フィールドへの施工前後の人工芝ゴムチップ中金属類濃度の比較 (Mn、Sn、Cu及びFe)

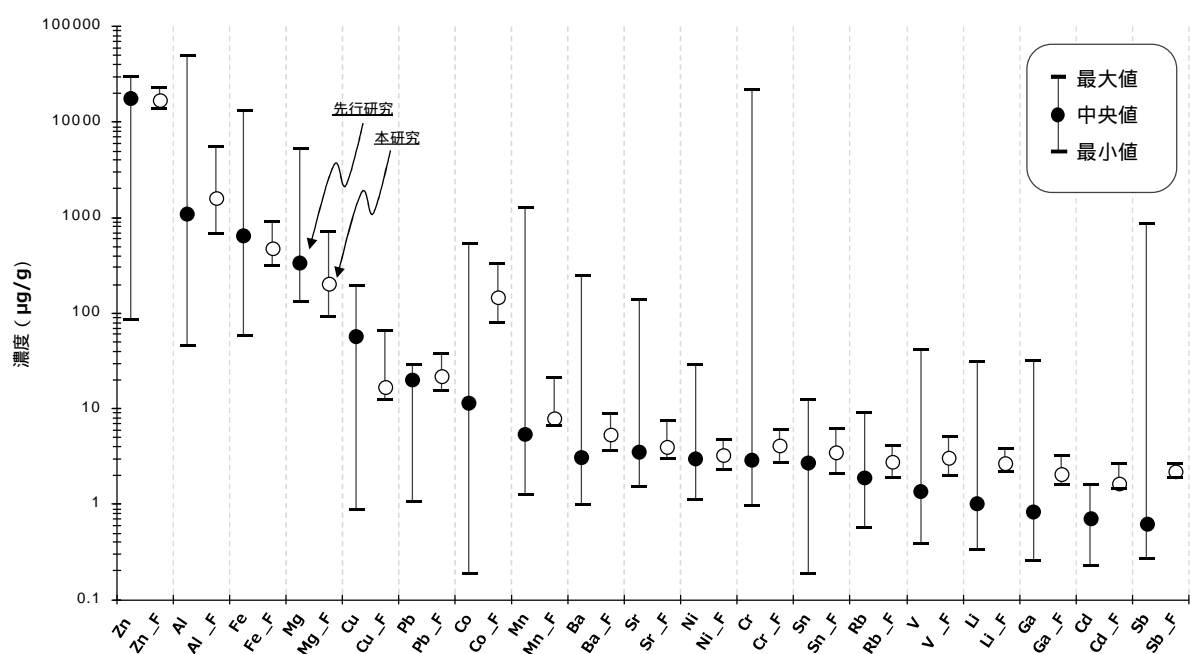


図3 人工芝グラウンドで採取したゴムチップ試料中金属濃度と先行研究のゴムチップ試料中金属濃度との比較

表7 人工芝グラウンドで採取したゴムチップ試料の人工体液を用いた溶出試験結果 (μg/g)

試料名		Li	Mg	Al	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Rb	Sr	Cd	Sn	Sb	Ba	Pb
A	全量分析	2.73	197	1166	2.73	2.79	8.38	318	119	2.31	15.1	18793	2.33	3.37	4.13	1.69	3.93	ND	6.14	23.1
		3.81	255	5536	5.18	5.49	9.11	461	126	3.20	17.3	16264	3.29	2.97	7.60	1.69	2.78	ND	6.99	16.1
		2.33	95.3	2048	3.74	6.12	9.30	433	79.5	4.08	21.9	17435	2.17	3.20	3.96	ND	3.47	ND	3.80	21.7
	人工胃液	ND	4.93	48.0	0.134	0.059	1.63	22.7	0.238	0.0330	1.59	68.2	ND	0.029	0.098	ND	ND	ND	0.305	0.343
		ND	4.90	49.2	0.138	0.057	1.74	23.6	0.236	0.0357	1.85	68.2	ND	0.028	0.098	ND	ND	ND	0.310	0.347
		ND	4.85	46.3	0.127	0.061	1.65	22.2	0.214	0.0289	1.52	64.4	ND	0.027	0.098	ND	ND	ND	0.303	0.335
	人工腸液	ND	1.18	0.674	0.022	ND	0.136	0.087	0.0296	ND	ND	8.52	ND	ND	0.040	ND	ND	ND	0.0275	ND
		ND	1.20	0.716	0.023	ND	0.142	0.078	0.0404	ND	ND	8.60	ND	ND	0.040	ND	ND	ND	0.0248	ND
		ND	1.22	0.692	0.024	ND	0.149	0.079	0.0363	ND	ND	8.84	ND	ND	0.041	ND	ND	ND	0.0275	ND
	人工だ液	ND	1.10	0.660	ND	ND	0.181	0.203	0.0500	ND	ND	11.4	0.027	0.005	0.054	ND	ND	ND	0.149	ND
		ND	1.17	0.711	ND	ND	0.200	0.222	0.0480	ND	ND	11.1	0.028	0.009	0.060	ND	ND	ND	0.153	ND
		ND	1.25	0.744	ND	ND	0.199	0.241	0.0621	ND	ND	12.4	0.028	0.015	0.064	ND	ND	ND	0.159	ND
人工汗	ND	1.22	0.829	0.038	ND	0.247	0.154	0.0896	ND	0.333	17.9	ND	ND	0.067	ND	ND	ND	0.100	ND	
	ND	1.26	0.849	0.037	ND	0.254	0.138	0.0812	ND	0.290	17.6	ND	ND	0.066	ND	ND	ND	0.102	ND	
	ND	1.28	0.779	0.036	ND	0.253	0.134	0.110	ND	0.347	18.5	ND	ND	0.069	ND	ND	ND	0.100	ND	
B	全量分析	2.75	235	816	2.91	3.70	6.99	468	133	4.74	18.3	13699	1.81	2.31	3.88	1.63	2.18	1.94	5.29	36.3
		3.83	216	1484	3.67	3.50	7.17	491	180	3.16	15.0	16042	2.04	2.60	5.27	2.66	3.52	2.66	5.19	30.8
		3.05	92.0	2260	4.78	5.47	7.06	509	248	3.00	16.3	15603	2.06	1.93	3.93	1.62	2.11	2.24	3.99	15.6
	人工胃液	ND	3.05	30.8	0.052	0.016	0.294	11.8	0.174	0.026	1.04	46.8	ND	0.015	0.108	ND	ND	ND	0.319	0.943
		ND	3.57	32.3	0.056	0.015	0.333	12.6	0.179	0.031	1.16	52.0	ND	0.014	0.115	ND	ND	ND	0.291	0.977
		ND	2.85	29.4	0.047	0.013	0.300	11.1	0.201	0.025	1.04	46.6	ND	0.014	0.105	ND	ND	ND	0.280	1.03
	人工腸液	ND	1.15	0.800	0.014	ND	0.072	0.228	0.0354	ND	0.043	7.27	ND	0.066	0.051	ND	ND	ND	0.0113	ND
		ND	1.15	0.794	0.014	ND	0.074	0.210	0.0324	ND	0.042	7.44	ND	0.020	0.053	ND	ND	ND	0.0116	ND
		ND	1.41	0.825	0.015	ND	0.077	0.230	0.0399	ND	0.043	8.13	ND	0.032	0.061	ND	ND	ND	0.0120	ND
	人工だ液	ND	0.982	2.1	ND	ND	0.087	1.07	0.0640	ND	0.036	14.8	0.036	0.017	0.086	ND	ND	ND	0.203	0.0268
		ND	1.07	2.0	ND	ND	0.092	0.966	0.0701	ND	0.034	16.0	0.034	0.018	0.089	ND	ND	ND	0.195	0.0257
		ND	1.08	2.0	ND	ND	0.093	0.950	0.0702	ND	0.035	16.2	0.035	0.013	0.093	ND	ND	ND	0.202	0.0257
人工汗	ND	1.03	0.861	ND	ND	0.087	0.304	0.0884	ND	0.376	15.0	ND	ND	0.091	ND	ND	ND	ND	ND	
	ND	1.05	0.936	ND	ND	0.093	0.327	0.0824	ND	0.400	15.8	ND	ND	0.093	ND	ND	ND	0.079	ND	
	ND	1.05	0.836	ND	ND	0.093	0.287	0.0810	ND	0.384	15.6	ND	ND	0.092	ND	ND	ND	0.077	ND	
C	全量分析	2.23	156	1699	3.29	5.44	20.2	747	331	3.94	64.6	23203	2.40	3.80	3.63	ND	6.18	ND	6.29	29.1
		2.21	253	1433	2.92	3.67	20.7	774	293	3.38	67.1	23502	2.44	4.08	5.03	1.64	4.50	ND	7.24	24.4
		ND	719	683	2.47	5.61	20.5	923	225	4.02	58.9	19927	1.98	3.57	3.42	1.49	3.47	ND	5.44	22.9
	人工胃液	ND	3.59	26.0	0.055	0.031	4.13	26.4	0.255	0.155	3.72	58.9	ND	0.036	0.049	ND	ND	ND	0.354	0.490
		ND	4.18	28.9	0.062	0.039	4.36	32.3	0.280	0.185	4.64	64.8	ND	0.041	0.048	ND	ND	ND	0.373	0.544
		ND	4.22	29.7	0.062	0.037	3.85	31.1	0.265	0.161	4.18	60.3	ND	0.041	0.045	ND	ND	ND	0.363	0.535
	人工腸液	ND	1.23	0.665	0.013	ND	2.13	0.180	0.0717	ND	0.133	10.1	ND	0.017	0.020	ND	ND	ND	ND	ND
		ND	1.09	0.647	0.013	ND	1.88	0.208	0.0750	ND	0.137	9.90	ND	0.038	0.019	ND	ND	ND	ND	ND
		ND	1.09	0.690	0.013	ND	1.85	0.202	0.0698	ND	0.140	9.71	ND	0.039	0.017	ND	ND	ND	ND	ND
	人工だ液	ND	0.908	1.49	ND	ND	2.07	0.863	0.101	0.031	0.119	16.4	0.037	0.012	0.029	ND	ND	ND	0.210	ND
		ND	0.889	1.69	ND	ND	2.02	0.976	0.112	0.032	0.131	17.1	0.038	0.014	0.029	ND	ND	ND	0.220	ND
		ND	0.964	1.68	ND	ND	2.20	0.996	0.121	0.032	0.132	17.8	0.040	0.017	0.032	ND	ND	ND	0.233	ND
人工汗	ND	0.919	0.937	ND	ND	2.17	0.395	0.129	0.050	1.172	18.0	ND	0.027	0.038	ND	ND	ND	0.095	ND	
	ND	0.942	0.868	ND	ND	2.26	0.364	0.130	0.051	1.120	18.6	ND	0.027	0.038	ND	ND	ND	0.092	ND	
	ND	0.907	0.882	ND	ND	2.17	0.361	0.139	0.050	1.161	18.7	ND	0.028	0.038	ND	ND	ND	0.092	ND	
D	全量分析	2.34	252	833	2.00	3.63	7.20	479	115	3.82	15.8	15433	1.63	2.71	2.99	1.81	2.92	ND	4.02	17.7
		2.66	121	2012	2.17	3.79	6.66	389	161	3.03	12.4	17540	2.86	2.44	3.81	1.65	3.71	ND	8.98	19.0
		3.36	160	2466	3.52	4.42	7.34	426	132	3.07	12.6	16582	1.99	2.09	3.97	2.08	2.86	ND	3.70	18.6
	人工胃液	ND	6.64	17.8	0.048	0.094	0.809	21.7	0.150	0.042	1.09	67.8	ND	0.024	0.095	ND	ND	ND	0.290	0.231
		ND	8.08	21.9	0.058	0.111	0.995	27.0	0.229	0.055	1.40	80.6	ND	0.028	0.117	ND	ND	ND	0.361	0.273
		ND	7.10	19.6	0.053	0.099	0.907	24.5	0.177	0.142	1.20	74.3	ND	0.026	0.099	ND	ND	ND	0.304	0.246
	人工腸液	ND	4.41	0.558	0.019	0.037	0.217	0.090	0.0771	ND	0.0185	22.1	ND	0.017	0.035	ND	ND	ND	ND	ND
		ND	4.47	0.553	0.019	0.036	0.209	0.087	0.0829	ND	0.0178	21.3	ND	0.018	0.034	ND	ND	ND	ND	ND
		ND	4.41	0.548	0.019	0.034	0.219	0.087	0.1036	ND	0.0297	22.8	ND	0.008	0.034	ND	ND	ND	ND	ND
	人工だ液	ND	4.26	0.811	ND	0.038	0.232	0.232	0.0855	ND	ND	31.2	0.032	0.0230	0.074	ND	ND	ND	0.183	ND
		ND	4.46	0.887	ND	0.035	0.249	0.249	0.0851	ND	0.060	31.5	0.034	0.0304	0.078	ND	ND	ND	0.194	ND
		ND	4.82	0.808	ND	0.037	0.264	0.264	0.0758	ND	0.035	31.5	0.036	0.0231	0.084	ND	ND	ND	0.203	ND
人工汗	ND	5.45	1.19	0.037	0.051	0.329	0.301	0.172	ND	0.298	46.1	ND	0.031	0.083	ND	ND	ND	0.083	ND	
	ND	4.56	1.06	0.034	0.043	0.291	0.232	0.114	ND	0.190	41.0	ND	0.030	0.074	ND	ND	ND	0.078	ND	
	ND	4.60	1.03	0.034	0.043	0.275	0.254	0.104	ND	0.134	39.4	ND	0.029	0.071	ND	ND	ND	0.075	ND	

表8 人工芝グラウンドで採取したゴムチップの全量分析値に対する人工体液による溶出量の割合（％）

試料名		Zn	Mg	Al	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Ga	Rb	Sr	Ba	Pb
A	人工胃液	0.4	2.7	1.6	3.4	1.2	18.8	5.7	0.2	1.0	9.1	ND	0.9	1.9	5.4	1.7
	人工腸液	0.05	0.7	0.02	0.6	ND	1.6	0.02	0.03	ND	ND	ND	ND	0.8	0.5	ND
	人工だ液	0.07	0.6	0.02	ND	ND	2.2	0.05	0.05	ND	ND	1.1	0.3	1.1	2.7	ND
	人工汗	0.10	0.7	0.03	1.0	ND	2.8	0.04	0.09	ND	1.8	ND	ND	1.3	1.8	ND
B	人工胃液	0.3	1.7	2.0	1.4	0.4	4.4	2.4	0.10	0.8	6.5	ND	0.6	2.5	6.1	3.5
	人工腸液	0.05	0.7	0.05	0.4	ND	1.0	0.05	0.02	ND	0.3	ND	1.7	1.3	ND	0.04
	人工だ液	0.10	0.6	0.13	ND	ND	1.3	0.2	0.04	ND	0.2	1.8	0.7	2.0	4.1	0.09
	人工汗	0.10	0.6	0.06	ND	ND	1.3	0.06	0.04	ND	2.3	ND	ND	2.1	1.6	ND
C	人工胃液	0.3	1.1	2.2	2.1	0.7	20.1	3.7	0.09	4.4	6.6	ND	1.0	1.2	5.7	2.1
	人工腸液	0.04	0.3	0.05	0.4	ND	9.5	0.02	0.03	ND	0.2	ND	0.8	0.5	ND	ND
	人工だ液	0.08	0.2	0.13	ND	ND	10.2	0.1	0.04	0.8	0.2	1.7	0.4	0.7	3.5	ND
	人工汗	0.08	0.2	0.07	ND	ND	10.8	0.05	0.05	1.3	1.8	ND	0.7	0.9	1.5	ND
D	人工胃液	0.4	4.1	1.1	2.1	2.6	12.8	5.7	0.14	2.4	9.1	ND	1.1	2.9	5.7	1.4
	人工腸液	0.1	2.5	0.03	0.7	0.9	3.0	0.02	0.06	ND	0.2	ND	0.6	1.0	ND	ND
	人工だ液	0.2	2.5	0.05	ND	0.9	3.5	0.06	0.06	ND	0.4	1.6	1.1	2.2	3.5	ND
	人工汗	0.3	2.7	0.06	1.4	1.2	4.2	0.06	0.10	ND	1.5	ND	1.2	2.1	1.4	ND

表9 先行研究で採取したゴムチップ試料の人工体液を用いた溶出試験結果（μg/g）

	試料名	Mg	Al	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Rb	Sr	Sn	Sb	Ba	Pb	
a	全量分析	179	1041	1.00	0.966	4.84	493	548	ND	140	30816	ND	ND	3.65	ND	2.61	29.2	
	人工胃液	4.48	1.95	ND	0.0565	0.986	113	0.909	ND	30.2	132	ND	ND	ND	ND	0.173	0.140	
		3.84	1.81	ND	0.0530	0.936	100	0.790	ND	26.2	122	ND	ND	ND	ND	0.171	0.131	
		4.32	2.06	ND	0.0540	0.960	108	0.763	ND	29.2	123	ND	ND	ND	ND	0.195	0.144	
	人工腸液	1.04	ND	ND	ND	0.202	0.111	0.344	ND	3.68	42.8	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
		1.12	ND	ND	ND	0.215	0.098	0.351	ND	3.43	42.0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
		1.00	ND	ND	ND	0.194	0.119	0.343	ND	3.45	40.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
	溶出試験	0.84	0.103	0.0079	ND	0.241	ND	0.254	ND	6.85	40.2	ND	ND	ND	ND	0.0523	ND	
		0.88	0.105	0.0066	ND	0.264	ND	0.274	ND	8.32	44.3	ND	ND	ND	ND	0.0561	ND	
		0.83	ND	0.0058	ND	0.236	ND	0.246	ND	7.63	41.9	ND	ND	ND	ND	0.0543	ND	
	人工汗	1.01	ND	0.0223	ND	0.321	ND	0.363	ND	11.2	56.9	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
		0.99	ND	0.0245	ND	0.312	ND	0.376	ND	12.1	57.3	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
		1.14	ND	0.0242	ND	0.321	ND	0.397	ND	12.4	59.8	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
	b	全量分析	349	46991	36.7	22012	38.2	2530	134	643	ND	1172	9.26	27.6	4.45	1.81	35.3	19.7
		人工胃液	71.7	10.8	0.576	0.0332	3.85	14.1	ND	0.0322	ND	137	0.0203	3.48	ND	ND	0.257	0.142
			68.2	10.5	0.570	0.0570	3.67	13.4	ND	0.0344	ND	131	0.0180	3.33	ND	ND	0.255	0.140
			65.1	9.94	0.521	0.0291	3.51	12.8	ND	0.0301	ND	125	0.0175	3.18	ND	ND	0.240	0.138
人工腸液		1.59	0.195	ND	ND	ND	ND	ND	ND	8.60	0.14	0.0499	ND	ND	ND	ND	ND	
		1.77	0.210	ND	ND	ND	ND	ND	ND	6.68	0.17	0.0530	ND	ND	ND	ND	ND	
		1.74	0.227	ND	ND	ND	ND	ND	ND	7.12	0.19	0.0553	ND	ND	ND	ND	ND	
溶出試験		2.99	0.205	0.0297	ND	0.146	0.361	ND	0.0135	ND	1.8	ND	0.154	ND	ND	ND	ND	
		3.32	0.231	0.0321	ND	0.162	0.410	ND	0.00979	ND	2.0	ND	0.170	ND	ND	ND	0.0158	
		3.23	0.231	0.0315	ND	0.155	0.373	ND	0.0140	ND	1.9	ND	0.166	ND	ND	ND	0.0153	
人工だ液		2.61	0.171	0.101	ND	0.125	0.196	ND	0.0115	ND	12.7	0.0105	0.134	ND	ND	ND	ND	
		2.26	0.156	0.099	ND	0.112	0.174	ND	0.0114	ND	11.7	0.0093	0.117	ND	ND	ND	ND	
		2.17	0.131	0.097	ND	0.108	0.173	ND	0.0146	ND	10.9	0.0097	0.115	ND	ND	ND	ND	
c		全量分析	3283	1210	0.85	2.56	5.63	114	1.86	3.18	324	17343	1.75	35.2	1.94	879	2.22	3.62
		人工胃液	38.1	0.589	ND	ND	0.235	2.85	ND	ND	0.025	286	ND	1.79	ND	0.432	0.0522	0.156
			32.4	0.585	ND	ND	0.208	2.47	ND	ND	0.023	288	ND	1.67	ND	0.629	0.105	0.139
			34.8	0.698	ND	ND	0.216	2.57	ND	ND	0.023	295	ND	1.73	ND	0.775	0.0560	0.171
	人工腸液	5.15	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	40.5	0.17	ND	ND	0.399	ND	ND	
		3.32	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	62.7	0.15	ND	ND	0.326	ND	ND	
		4.69	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	61.9	0.14	ND	ND	0.255	ND	ND	
	人工だ液	4.98	ND	0.0066	ND	0.0408	0.298	0.0088	ND	0.0879	22.7	ND	0.321	ND	0.181	ND	0.0166	
		4.93	ND	0.0065	ND	0.0396	0.267	0.0094	ND	0.0853	19.8	ND	0.317	ND	0.168	ND	0.0154	
		5.63	ND	0.0063	ND	0.0429	0.304	0.0093	0.0124	0.1044	24.9	ND	0.342	ND	0.230	ND	0.0163	
	人工汗	4.73	ND	0.0411	ND	0.0177	0.123	0.0097	0.0255	ND	78.2	0.0136	0.138	ND	0.238	ND	0.0173	
		7.04	ND	0.0438	ND	0.0183	0.130	0.0113	0.0283	ND	81.7	0.0135	0.134	ND	0.340	ND	0.0172	
		5.27	ND	0.0415	ND	0.0179	0.115	0.0105	0.0266	ND	91.3	0.0135	0.134	ND	0.272	ND	0.0185	
	d	全量分析	729	149	0.74	2.93	5.32	5193	8.55	29.4	86.8	11821	0.691	34.8	2.86	34.8	3.28	6.23
		人工胃液	10.4	0.884	ND	ND	0.059	0.931	ND	ND	ND	43.3	ND	0.672	ND	0.0281	ND	0.106
			9.94	0.895	ND	ND	0.054	1.007	ND	ND	ND	41.0	ND	0.656	ND	0.0260	ND	0.102
			10.5	0.953	ND	ND	0.062	0.994	ND	ND	ND	47.4	ND	0.695	ND	0.0291	ND	0.119
人工腸液		0.32	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	12.6	0.11	ND	ND	ND	ND	ND	
		0.40	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	12.3	0.22	ND	ND	ND	ND	ND	
		0.36	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	10.9	0.14	ND	ND	ND	ND	ND	
溶出試験		2.72	ND	0.0061	ND	0.0209	0.250	0.0125	ND	0.102	7.0	ND	0.214	ND	ND	ND	ND	
		2.28	ND	0.0059	ND	0.0180	0.211	0.0101	ND	0.0830	6.1	ND	0.185	ND	ND	ND	ND	
		2.46	ND	0.0062	ND	0.0195	0.210	0.0113	ND	0.0864	7.1	ND	0.197	ND	ND	ND	ND	
人工汗		1.71	ND	0.0398	ND	0.0120	0.110	0.0113	0.0148	ND	13.8	0.0056	0.135	ND	ND	ND	ND	
		1.70	ND	0.0383	ND	0.0107	0.119	0.0146	0.0202	ND	13.5	0.0057	0.134	ND	ND	ND	ND	
		1.69	ND	0.0396	ND	0.0127	0.130	0.0103	0.0168	ND	16.1	0.0060	0.133	ND	ND	ND	ND	
e		全量分析	192	1254	1.89	2.47	5.45	380	274	3.33	73.7	23434	2.15	1.93	3.92	0.29	2.35	27.4
		人工胃液	2.64	2.17	ND	0.035	0.463	45.0	0.207	ND	12.5	81.7	ND	0.0325	ND	ND	0.0578	0.130
			2.93	2.30	ND	0.040	0.501	50.9	0.232	ND	14.7	75.9	ND	0.0368	ND	ND	0.0709	0.151
			2.67	1.95	ND	0.034	0.426	44.6	0.214	ND	12.7	84.8	ND	0.0304	ND	ND	0.0563	0.134
	人工腸液	0.98	ND	ND	ND	0.065	0.139	0.071	ND	0.08	17.8	0.18	ND	ND	ND	ND	ND	
		1.03	ND	ND	ND	0.078	0.120	0.076	ND	0.11	20.0	0.18	ND	ND	ND	ND	ND	
		1.03	ND	ND	ND	0.079	0.121	0.081	ND	0.12	21.1	0.18	ND	ND	ND	ND	ND	
	溶出試験	0.812	0.143	0.0071	ND	0.102	2.52	0.0778	0.0117	0.581	18.7	ND	0.0136	0.0177	ND	ND	ND	
		0.971	0.158	0.0070	ND	0.129	3.36	0.0840	0.0121	0.585	22.6	ND	0.0178	0.0174	ND	ND	0.0182	
		0.870	0.141	0.0073	ND	0.101	2.84	0.0810	0.0121	0.489	19.2	ND	0.0146	0.0156	ND	ND	ND	
	人工汗	1.01	ND	0.0403	ND	0.132	4.62	0.102	0.0175	2.1	26.0	0.0133	0.0234	ND	ND	ND	ND	
		0.968	0.103	0.0398	ND	0.128	ND	0.088	0.0143	2.0	24.4	0.0130	0.0235	ND	ND	ND	ND	
		1.06	ND	0.0359	ND	0.142	4.66	0.110	0.0179	1.9	26.3	0.0149	0.0238	ND	ND	ND	ND	

厚生労働行政推進調査事業費補助金（化学物質リスク研究事業）
分担総合研究報告書

人工芝グラウンド用ゴムチップの健康リスク評価に関する研究

ゴムチップ関連準揮発性有機化合物の曝露評価

研究分担者 河上 強志 国立医薬品食品衛生研究所 生活衛生化学部 室長
研究協力者 西 以和貴 神奈川県衛生研究所 理化学部 主任研究員

本分担研究では、先行研究でゴムチップからの検出が確認されているゴム添加剤等 42 化合物、並びに多環芳香族炭化水素類（PAHs）及び類縁化合物類 32 化合物の計 74 種類の準揮発性有機化合物（SVOCs）について、グラウンド採取試料中の含有量を求めるとともに、ゴムチップの摂食による経口曝露や皮膚に付着した際の経皮曝露を想定した溶出試験を実施し、それぞれの経路からの曝露量評価に資するデータの収集を行った。4 箇所のグラウンドから採取した試料中の SVOCs 含有量を測定し、ゴム添加剤等 19 化合物並びに PAHs 及び類縁化合物 31 化合物を検出した。それらの含有量は、先行研究で収集した施行前のゴムチップ中と比べて低いこと、屋内グラウンドの方が屋外よりも SVOCs 含有量は多くなることが認められた。グラウンド採取試料並びに先行研究で収集した 8 試料を対象に、それらに含有されていない 4 種類のゴム添加剤等を除く 70 化合物について、4 種類の人工体液（胃液、腸液、唾液、汗）を用いた溶出試験を実施した。その結果、化合物によって溶出傾向や溶出率に差異が認められたり、コーティングの有無によって溶出率に差が生じたりすることが認められた。全体を通じて、ほとんどの化合物の溶出率はおおむね低く、多くは定量下限値（LOQ）以下であった。そのため、各化合物の最大溶出率の算出にあたり、LOQ 以下の試料は LOQ 値を溶出量と仮定して溶出率を求めた。ワーストケースを想定して、算出した最大溶出率と先行研究で認められた最大含有量から、各人工体液における推定最大溶出量を算出し、曝露評価に資するデータとして報告した。

A. 研究目的

米国では廃タイヤからリサイクルされたゴムチップが使用されている人工芝グラウンドで競技するサッカー選手に血液

性のがんの発症が懸念される報道がなされた。2016 年 2 月には、米国環境保護庁（USEPA）は消費者製品安全委員会（CPSC）等と連携し、ゴムチップの安全

性について調査を開始すると発表した¹⁾。また、欧州化学品庁 (ECHA) やオランダ国立公衆健康環境研究所 (RIVM) においても、ゴムチップの安全性に関する調査が実施された^{2,3)}。

わが国においても、このようなゴムチップを使用した人工芝グラウンドは増えてきており、その健康影響評価は国民の健康を守る上で必要である。

そのため、平成 28 年度に人工芝グラウンド用ゴムチップの健康影響評価の実施に有用な情報を収集することを目的に、厚生科学特別研究事業「ゴムチップの成分分析及びその発がん性等の毒性情報の収集」を実施した⁴⁾。この先行研究では、ゴムチップに含有される物質の種類や濃度等の実態を明らかにし、人工芝グラウンド及びゴムチップ関連物質の発がん性を主としたハザードの懸念性を分類した。本研究では人工芝グラウンドのゴムチップ曝露に起因する健康影響評価をするため、先行研究の成果をもとに人工芝用ゴムチップに含まれる物質について、曝露量を推定し有害性 / 許容値情報と比較して、健康リスク評価を実施することを目的としている。

本分担研究では、揮発性有機化合物 (VOCs) のサンプリングを実施する人工芝グラウンド上のゴムチップを採取し、そこに含まれているゴム添加剤等、並びに多環芳香族炭化水素類 (PAHs) 及び関連化合物類等の準揮発性有機化合物 (SVOCs) について、含有量を調査した。そして、対象 SVOCs について、ゴムチップの摂食による経口曝露や皮膚に付着した際の経皮曝露による曝露量評価に資す

るデータの収集を目的に、それぞれの経路を想定した 4 種類の人工体液 (胃液、腸液、唾液及び汗) を用いた溶出試験を実施した。

なお、本分担研究で検討対象とした SVOCs は、先行研究でゴムチップからの検出が確認されたゴム添加剤等 42 化合物 (表 1) 並びに PAHs 及びその類縁化合物 32 化合物 (表 2) とした。

B. 研究方法

B1. 試料

分担研究者が VOCs サンプリングを実施した 4 箇所の人工芝グラウンド (A~D) で、実際に使用されているゴムチップを採取した。このうち、初年度に人工芝グラウンド A において予備調査を実施した。予備調査では、ゴムチップは、グラウンド上の 4 地点 (左、中央、右、ゴール前) から、掃除機を用いて採取した。ゴミ等を取り除きドラフト内で風乾し、褐色ガラス瓶に保管した。4 地点から採取した試料に加えて、風乾後の各試料から一定量分取し、均一に混合した混合試料も作製し SVOCs の含有量を分析した。

次年度は、4 箇所の人工芝グラウンド上の 4 地点から同様に試料を採取し処理した後に、均一に混合して褐色ガラス瓶に保管した。これらの試料について、SVOCs の含有量分析及び溶出試験を実施した。さらに、先行研究⁴⁾で化学分析に供したゴムチップの中から、廃タイヤ及び工業用ゴムに由来し、先行研究での発がん性評価や含有量を考慮して表 3 に示した 8 試料を選択し、それらについても溶出試験を実施した。

B2. 試薬類

B2.1. ゴム添加剤等

分析対象とした化合物の名称、略称、CAS 番号及び試薬入手先について表 1 に示した。GC-MS の内部標準物質として用いた、2,6-ジ-*tert*-ブチル-4-メチルフェノール- d_{24} は C/D/N Isotopes INC. 製、アントラセン- d_{10} 及びクリセン- d_{12} は関東化学社製の環境分析用を購入した。LC-MS/MS の内部標準には和光純薬工業社製のレセルピンを用いた。芳香族アミン老化防止剤は標準溶液の調製後、保管中に分解する可能性のあることが指摘されている⁵⁾。そのため、酸化防止剤としてピロガロール（和光純薬工業社製）を 1000 $\mu\text{g/mL}$ となるように、各芳香族アミン系老化防止剤標準液に添加した。

ジクロロメタン及びアセトンは関東化学社製の残留農薬分析用を、メタノールは Merck Sigma-Aldrich 製の HPLC 用をそれぞれ用いた。ギ酸は和光純薬工業社製の LC-MS 用を、無水硫酸ナトリウムは Merck Sigma-Aldrich 製を用いた。試験には Merck Millipore 製超純水製造装置 Milli-Q Advantage A10 で製造した水を使用した。

ガスクロマトグラフ質量分析計（GC-MS）による分析に使用した内部標準物質溶液の作製には、和光純薬工業社製のポリエチレングリコール 300 を 0.1% 含有するアセトンを用いた。

B2.2. PAHs 及びその類縁化合物

分析対象とした化合物の名称、CAS 番号及び試薬入手先について表 2 に示した。内部標準物質として用いた、ナフタレン-

d_8 は C/D/N Isotopes INC. 製、クリセン- d_{12} 及びペリレン- d_{12} は関東化学社製の環境分析用を、アセナフテン- d_{10} は和光純薬工業社製の環境分析用を用いた。定量分析時には AccuStandard 社から購入した混合標準溶液である、多環芳香族炭化水素標準品（ケベック州環境省・多環芳香族炭化水素混合物）（500 $\mu\text{g/mL}$ ジクロロメタン：ベンゼン溶液）を用いた。この混合標準液に含まれる化合物は表 2 に示したとおりであり、当該製品に含まれない化合物は前述の標準物質を個別にトルエンに溶解したものをを用いた。トルエン、ヘキサン及び無水硫酸ナトリウムは和光純薬工業社製の残留農薬分析用、ジエチレングリコールは特級を用いた。

B2.3. 溶出試験溶液

塩化ナトリウムは和光純薬工業社製の残留農薬・PCB 分析用、リン酸二水素カリウム及び無水リン酸水素二ナトリウム、並びに塩化カリウム、塩化アンモニウム、尿素、L-ヒスチジン塩酸塩一水和物及び無水リン酸二水素ナトリウムは関東化学社製並びに和光純薬工業社製の特級試薬をそれぞれ用いた。無水硫酸ナトリウムは Merck Sigma-Aldrich 製を、L(+)-乳酸は Acros Organics 製をそれぞれ用いた。塩酸及び 5 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液は和光純薬工業社製の有害金属測定用及び容量分析用をそれぞれ用い、5 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液を水で希釈し、0.1 mol/L 水溶液を調製した。

人工胃液及び腸液には、日本薬局方⁶⁾における溶出試験液である第一液及び第二液を用いた。第一液は、塩化ナトリウム

2.0 g に塩酸 7 mL を加え、水で 1 L に定容したものを使用した (pH=1.2)。第二液は、リン酸二水素カリウム 3.40 g と無水リン酸水素二ナトリウム 3.55 g を水に溶かして 1 L に定容した後に、水と等量混合したものを使用した (pH=6.8)。人工唾液にはフタル酸エステル類の溶出試験で用いられている BS 6684^{7,8)}に従い、塩化ナトリウム 4.5 g、塩化カリウム 0.3 g、硫酸ナトリウム 0.3 g、塩化アンモニウム 0.4 g、尿素 0.2 g 及び L(+)-乳酸 0.2 g を水に溶解し、5 mol/L の水酸化ナトリウムで pH を 6.5 ~ 7.0 に調製後、水で 1 L に定容したものを使用した。人工汗は、JIS L0848⁹⁾で規定されている酸性汗の調製に従い、L-ヒスチジン塩酸塩一水和物 0.5 g、塩化ナトリウム 5 g 及びリン酸二水素ナトリウム 1.91 g を水に溶解させ、0.1 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液 15 mL を加えたのち、水で 1 L に定容したものを使用した (pH=5.5)。

B3. ゴムチップ中含有量分析

B3.1. ゴム添加剤等

試料 0.5 g をねじ口ガラス容器に入れ、20 mL のアセトン/ジクロロメタン=1/1 (v/v) を加えた。容器を密栓した後、超音波発生装置 (Branson 製 Model 1800) にて 30 以下で 2 時間抽出した。2 時間後、抽出液をナスフラスコに移した。その際、必要に応じて遠心分離処理を行った。次に、抽出液を 35 以下の湯浴を用いて、ロータリーエバポレーターを用いて 2 mL 程度まで濃縮した後、アセトンで 10 mL に定容した。定容した溶液を、5 及び 100 倍にアセトンで希釈し、その 1 mL を分取

して内部標準物質を 2 µg/mL 及び PEG を 0.1% 含むアセトン溶液を 50 µL 添加し混ぜ合わせた後、GC-MS にて分析した。また、定容後の溶液を、メタノールを用いて 50 及び 500 倍に希釈した後、その 1 mL を分取し、水 1 mL 及び内部標準物質としてレセルピンを 1 µg/mL 含むメタノール溶液を 50 µL 加えて混ぜ合わせた。この溶液を、0.20 µm のメンブレンフィルター (DISMIC[®]-13HP: アドバンテック社製) を用いてろ過した後、液体クロマトグラフ三連四重極型質量分析計 (LC-MS/MS) にて分析した。全ての分析は各試料について 3 併行で行った。

B3.2. PAHs 及び類縁化合物

試料の抽出方法は、ドイツの機器安全法に基づく製品安全認証 (GS マーク) における PAHs 分析法¹⁰⁾を一部変更して行った。試料 0.5 g をヘッドスペースバイアルに採り、トルエン 5 mL 及び内部標準物質を 10 µg/mL 含むトルエン溶液を 250 µL 加えた。セプタム付クリンブキャップで蓋をし、超音波洗浄機 (シャープマニファクチャリングシステム社製 UT-105HS) で 60、60 分間抽出を行った。超音波洗浄機から取り出した後、放冷し、0.20 µm のシリンジフィルター (GL クロマトディスク: ジーエルサイエンス社製) でろ過した後、GC-MS にて分析した。全ての分析は各試料について 3 併行で行った。

B4. 溶出試験

EPA Research Protocol¹¹⁾ に準じ、試料 1.0 g をねじ口三角フラスコに入れ、50 mL の溶出試験溶液を加えた。その後、暗所で

1 時間、37℃、30 rpm で SVOCs を溶出させた。その後、ガラス繊維ろ紙 (Whatman GF/F: 粒子保持能 0.7 μm) でろ過した。

ゴム添加剤等については、ろ液 20 mL を分取し、ジクロロメタン 10 mL を加え 15 分振とうした。その後、5 分間 3000 rpm で遠心分離後、ジクロロメタン相を分取した。このジクロロメタン抽出を 2 回実施後、5 mol/L の水酸化ナトリウム溶液を人工胃液の時は 1 mL、それ以外では 0.5 mL 添加し攪拌した。そして、さらにジクロロメタン抽出を 2 回、同様に実施した。分取した溶媒相を無水硫酸ナトリウムで脱水した後、35℃以下の湯浴を用いて、ロータリーエバポレーターを用いて 5 mL 程度まで濃縮した後、アセトンを 20 mL 加えて、さらに 2 mL 程度まで濃縮した。その後、アセトンで 5 mL に定容した。その 1 mL を分取して内部標準物質を 2 μg/mL 及び PEG を 0.1% 含むアセトン溶液を 50 μL 添加し混ぜ合わせた後、GC-MS にて分析した。また、定容後の溶液を、メタノールを用いて 10 倍希釈した後、その 1 mL を分取し、水 1 mL 及び内部標準物質としてレセルピンを 1 μg/mL 含むメタノール溶液を 50 μL 加えて混ぜ合わせた。この溶液を、0.20 μm のメンブレンフィルター (DISMIC®-13HP: アドバンテック社製) を用いてろ過した後、LC-MS/MS にて分析した。全ての分析は各試料について 3 併行で行った。なお、対象とした化合物のうち、溶出試験に用いた試料中から検出されていない DEHIP、DEHTP、DEHAZ 及び BTPS の 4 種類については、溶出試験の対象とはしなかった。

PAHs 及び類縁化合物については、ろ液

10 mL に、ヘキサン 5 mL を加え、15 分間振とうした後、15 分間遠心分離し溶媒相を分取した。この操作をもう一度行い、得られた溶媒相を一つに混ぜ合わせた。合わせた溶媒相を無水硫酸ナトリウムで脱水後ろ過し、ジエチレングリコールを 1000 μg/mL 含むヘキサン溶液を 10 μL 添加した。この溶液を 1 mL 以下に窒素気流下で濃縮した後、トルエンで 5 mL に定容した。次に、内部標準物質を 10 μg/mL 含むトルエン溶液を 250 μL 加えよく混ぜた後、GC-MS にて測定した。全ての分析は各試料について 3 併行で行った。

B5. 分析機器条件

B5.1. ゴム添加剤等

GC-MS 分析条件

装置: FocusGC/DSQ

(Thermo Fisher Scientific 製)

カラム: DB-35MS (30 m × 0.25 mmID、膜厚 0.25 μm、Agilent Technologies 製)

注入方式: スプリットレス 1 μL

注入口温度: 250

トランスファーライン温度: 280

イオン源温度: 280

カラム温度: 60 (2 分) (15℃/分) 280 (2℃/分) 310 (15℃/分)

キャリアガス: ヘリウム

(カラム流量 1.0 mL/分 定流量モード)

イオン化法: 電子イオン化法 (70 eV)

測定モード: 選択イオンモニタリング (SIM)

分析対象とした化合物の保持時間、定性及び定量イオンを表 4 に示した。

LC-MS/MS 分析条件

装置：LC800（ジールサイエンス社製）
4000QTRAP（AB Sciex 製）

カラム：RaptorTM Biphenyl（長さ 50 mm、
内径 2.1 mm、粒子径 2.7 μm、Restek 製）

カラムオープン温度：40

オートサンブライトレイ温度：5

注入量：10 μL

移動相：A 液 0.1% ギ酸水溶液

B 液 0.1% ギ酸メタノール溶液

流速：400 μL/分

グラジエント：B 液 10% で 0.5 分間保持
後、1.5 分かけて 95% とした後、8 分間保
持

測定モード：ポジティブイオンモード

測定対象化合物の定量イオンやその他の
MS 条件等については表 5 に示した。

B5.2. PAHs 及び類縁化合物類

GC-MS 分析条件

装置：Agilent Technologies 7980B GC
System, 5977B MSD

カラム：Restek Rxi®-PAH（40 m × 0.18
mmID、膜厚 0.07 μm、Restek 製）

注入方式：パルスドスプリットレス
（80 psi, 0.7 分間保持）1 μL

注入口温度：300

トランスファーライン温度：350

イオン源温度：300

カラム温度：100（1 分）（30 /分）
210（2 /分）270（15 /分）
350（5 分）

キャリアガス：ヘリウム

（カラム流量 1.2 mL/分 定流量モード）

イオン化法：電子イオン化法（70 eV）

測定モード：選択イオンモニタリング
（SIM）

測定対象化合物の保持時間、定性及び定
量イオンを表 6 に示した。

B6. 統計解析

予備調査にて人工芝グラウンド上から
採取したゴムチップ試料（Left、Center、
Right、Goal）及びそれらを混合した試料
（Mix）について、そこに含まれている化
合物濃度の試料間での差異を統計解析し
た。始めに、一元配置分散分析にて等分散
性を確認した後に、人工芝グラウンド内
の 4 地点から採取した試料について
Tukey 法の多重比較検定を、混合試料と 4
地点から得られた試料との差異の有無を
Dunnet 法にて検定した。

C. 結果

C1. 人工芝グラウンド上から採取したゴ ムチップ中の各化合物濃度

予備調査において、人工芝グラウンド
上の異なる 4 地点から採取した試料及び
それらの混合試料について、ゴム添加剤
等並びに PAHs 及び関連化合物の分析結
果を、図 1 及び図 2 にそれぞれ示した。
対象としたゴム添加剤等 42 化合物のうち、
6PPD 等を除く、16 化合物が検出された。
また、PAHs 及び類縁化合物は対象とした
32 化合物のうち、ジベンゾ[a,h]アントラ
センを除く、31 化合物が検出された。人
工芝グラウンド内の 4 地点間の濃度を比
較すると、いくつかの化合物で有意差が
認められているものの、ほとんどの化合
物は差が認められなかった。また、混合試

料と 4 地点とを比較したところ、ほとんどの化合物で有意差は認められなかった。

次年度に調査対象とした 4 箇所のグラウンド上から採取したゴムチップ中のゴム添加剤等については、調査対象とした 42 化合物中、19 化合物が 1 試料以上から検出された (図 3)。そのうち、12 化合物は全てのグラウンド試料から検出された。これらの化合物濃度のほとんどは、グラウンド D で採取したゴムチップ試料において、他の地点で採取したゴムチップ試料よりも高かった。また、TBSS、DPA 及び DHDMA についてはグラウンド D のみ検出された。一方で、DCD についてはグラウンド A 及び B では検出されたが、グラウンド D では不検出であった。

PAHs 及び類縁化合物類については、対象とした 32 化合物中、ジベンゾ[a,h]アントラセンを除く 31 化合物が検出された (図 4)。そのうち、1-メチルナフタレン、ビフェニル及びアセナフテンの 3 化合物を除く 28 化合物は全ての試料から検出された。各グラウンド間では、ジベンゾフラン、フェナントレン及び 4 種類のメチルフェナントレン等でグラウンド D から採取したゴムチップ試料が、他のグラウンドに比べてそれらの濃度が高い傾向を示した。一方で、ベンゾ[a]アントラセン、トリフェニレン及びクリセン等ではグラウンド B から採取した試料中で最も濃度が高い傾向を示した。

C2. 溶出液中の各化合物分析法

C2.1 ゴム添加剤等

芳香族アミン系老化防止剤等では人工胃液の様な酸性条件では有機溶媒相への

回収が難しいことから、ジクロロメタンで 2 回抽出後、水酸化ナトリウムで液性をアルカリに調製し、さらに 2 回ジクロロメタンで抽出した。

各化合物の回収率を求めた結果を表 7 に示した。MBT 及び MBI は回収率が 70% 以下であったが、その変動係数は概ね 10% 以下であった。ETU については、回収率は 20% 以下と低いものの、どの人工体液でも変動係数は 3.7 ~ 12% と、再現性には問題なかった。スルフェンアミド系の TBSS や CBS 等は酸性条件下で分解することから¹²⁾、人工胃液からは回収できないかもしくは低い回収率を示した。一方、6PPD 等の芳香族アミン系化合物について、人工胃液においても良好な回収率が得られた。全体としては、ほとんどの化合物において、どの人工体液についても概ね良好な回収率及び変動係数が得られる試験法が開発できた。なお、本研究における溶出試験での定量下限値 (LOQ) は、定量に用いた検量線の最下限値をゴムチップ試料 1 g あたりの溶出量に換算した値とした (表 7)。

C2.2 PAHs 及び類縁化合物

各化合物 0.05 µg を人工体液 10 mL に添加し、その回収率を求めた結果を表 8 に示した。全ての化合物が測定可能であり、その回収率は 71 ~ 117%、変動係数は 0.59 ~ 13% と良好であった。LOQ については、ゴム添加剤と同様にして算出した (表 8)。

C3. 溶出試験結果

C3.1 ゴム添加剤等

人工芝グラウンド採取試料及び先行研

究で収集し化学分析を行ったゴムチップ 8 試料について、4 種類の人工体液を用いて溶出試験を行った。これらの試験は各試料 3 併行で行った。そのうち、グラウンド採取試料について、各試料 3 併行での試験にて溶出量の最も多かったものを表 9 に示した。また、3 併行で測定した各試料中の対象化合物の含有量の最も高い値と、表 9 に示した値から各化合物の溶出率を計算し、表 10 に示した。なお、ゴムチップ中に含有が認められ、LOQ 以下の化合物については、LOQ の値を溶出量と仮定して溶出率を計算した。同様に、先行研究で収集した試料についても、溶出量を表 11 に溶出率を表 12 にそれぞれ示した。

人工芝グラウンドから採取した試料の溶出試験では、ゴムチップ中に含有が認められた 19 化合物のうち、9 化合物が LOQ 以上で検出された（表 9）。各グラウンド間で比較すると、BTZ、BZL、DPG 及び DCyHA はどの溶出液でもグラウンド D 試料で最も溶出量が多かった。また、PI、6PPD 及び DHDMA はグラウンド D 試料からのみ検出された。次に、各人工体液で比較すると、TMQ 及び CyHA-BT は人工胃液からのみ検出された。検出された化合物の溶出率は、BTZ、BZL、CyHA-BT、PI 及び DHDMA では概ね十から二十数%程度の溶出率を示し、MBT、DPG 及び 6PPD では 0.079～4.6%と相対的に低い値を示した。

先行研究で収集した 8 試料について、各化合物の含有量を図 5 に、溶出試験結果を表 11 にそれぞれ示した。溶出試験では、対象とした 38 化合物中 27 化合物が

LOQ 以上で検出された（表 11）。MBT、ETU 及び AP 等の溶出率は 10%以下であったのに対し、BTZ、BZL 及び PI 等では、数十～90%と高い溶出率を示した。各人工体液間で比較すると、人工胃液が他に比べて検出頻度が高く、特に芳香族アミン系老化防止剤の 6PPD、8PPD 及び IPPD 等で、他の人工体液に比べて溶出量が多い傾向を示した。一方、PI などの化合物では、その溶出量は人工体液による違いは認められなかった。また、工業用ゴム由来の D2 及び D7 を比較すると、6PPD、MBT、TMQ 等で D2 の方が含有量が多いが、溶出率は D7 の方が多くなる傾向を示した。

先行研究で収集した試料中の各化合物濃度は、必ずしも先行研究で最高濃度を示した試料ではない。そこで、今回得られた最大溶出率と先行研究で認められている最大含有量から、各人工体液への推定最大溶出濃度を算出した（表 13）。このうち、表中に赤字で示したのはゴムチップ中に含有され溶出試験では LOQ 以下であった化合物であり、LOQ を溶出量と仮定し推定最大溶出量を算出した。

C3.2 PAHs 及び類縁化合物

グラウンド採取試料では、人工胃液による溶出試験の試料 C 及び D 幾つかの PAHs が検出されたが、それ以外は全ての PAHs は LOQ 以下であった。検出されたのは、試料 C ではフェナントレンが 0.026 µg/g のみ、試料 D ではジベンゾフラン、フルオレン、フェナントレン、2-メチルフェナントレン及びピレンで、0.027～0.093 µg/g であった。ゴム添加剤等と同様に最大溶出率を計算すると、ジベンゾフラン、

フルオレン、フェナントレン、2-メチルフェナントレン及びピレンで、それぞれ 29、9.0、2.1、5.3 及び 0.42%と算出された。

先行研究で収集した 8 試料について、各化合物の含有量を図 6 に示した。PAHs 及びその類縁化合物については、先行研究で収集した試料について、すべての化合物で溶出量は LOQ 以下であった。そこで、LOQ を溶出量と仮定して、ゴム添加剤等と同様に最大溶出率を求め、先行研究での最大含有量から、推定最大溶出量を算出した(表 14)。その結果、フルオレンでは溶出試験の LOQ が溶出試験に用いた試料中の含有量を超えていたため、計算上では 100%を超える値になったことから、フルオレンについては 100%溶出と仮定した。

D. 考察

予備調査において人工芝グラウンド上の異なる 4 地点からゴムチップ試料を採取し、そこに含有されている SVOCs を分析したところ、ほとんどの化合物で混合試料と各地点間で有意差は認められなかった。このため、4 地点から試料を採取し等量混合した試料を、調査対象とした人工芝グラウンドの代表試料として扱うことができるものと考えられた。

測定対象化合物について、4 箇所のグラウンド調査から採取されたゴムチップを分析し先行研究⁴⁾と比較すると、ほとんどの化合物でグラウンドから採取したゴムチップの方が含有量は少なかった。また、グラウンド間を比較すると、全体として屋外競技場であるグラウンド A~C の方が、屋内競技場であるグラウンド D より

も、ゴム添加剤等の含有量が低い傾向を示した。また、PAHs 及び類縁化合物についても同様の傾向が認められた。このようにグラウンドへの施行前と後でゴムチップ中のゴム添加剤等や PAHs 等の濃度が大幅に低下することは、廃タイヤ由来のゴムパッドで同様の現象が報告されている¹³⁾。その理由としては、使用されているゴムチップの違いもあるが、紫外線等による分解や揮散、雨水への流亡等の影響が原因と考えられた。

溶出試験では、含有が認められた化合物について、溶出液では LOQ 以下となる化合物が多数存在した。LOQ 以上で検出された化合物については、全体としてグラウンド試料よりも先行研究で収集したゴムチップ試料の方が、溶出率は高くなる傾向を示した。化合物間では、BTZ、BZL、PI 及び TEP で溶出率が高いのに対して、含有量が多かった DEHP、DINP 及び DINCH 等の可塑剤類はほとんど LOQ 以下だった。これは、各化合物の物性(オクタノール・水分配係数など)が影響しているものと示唆された。6PPD 等の芳香族アミン系老化防止剤については、人工胃液において他の人工体液に比べて高い溶出傾向を示したが、これらの化合物は塩基性であり、人工胃液の pH が低いため溶出しやすかったと考えられた。ゴムチップからのフタル酸エステル類や PAHs の人工体液への溶出について、含有量と溶出量が正の相関を示す事が報告³⁾されており、本研究でも含有量が影響していると考えられた。一方、先行研究試料において、同じ工業用ゴム由来にもかかわらず含有量と溶出量との関係が逆転している試料

(D2 と D7) が存在した。この 2 種類の試料の違いは、D2 には緑色に着色する為にポリウレタンコーティングが施されている点が挙げられる。そのため、ゴムチップをコーティングすることで、含有されているゴム添加剤等の溶出が抑えられていると考えられた。

RIVM では人工汗を用いた溶出試験で、PAHs は溶出率が 0.02% であったと報告している³⁾。さらに、RIVM では本研究と異なり、経口曝露は口腔から胃、腸までを含めた消化管全体を模した試験を実施しており、その結果、フタル酸エステル類の溶出率は 20%、PAHs の溶出率は 9% であったと報告している。一方、ECHA では PAHs の人工汗への溶出率を 0.007 ~ 0.02% と報告している²⁾。また、Pronk らは人工汗及び人工胃液を用いた溶出試験において、ナフタレンで 6.38 ~ 50.9%、ベンゾ(a)ピレン及びベンゾ(ghi)ペリレンは人工胃液からのみ 2.95% 及び 1.22% の溶出率を報告している¹⁴⁾。本研究では、PAHs 及び類縁化合物の溶出試験では、ジベンゾフランやピレン等の幾つかの化合物がグラウンド採取試料の人工胃液に対して、0.42 ~ 29% の溶出率を示している。一方、フタル酸エステル類は、グラウンド及び先行研究で収集した試料のどちらにおいても、人工体液にはほとんど溶出しなかった。フタル酸エステル類については、RIVM の消化管全体を模した溶出試験で 20% の溶出率が報告されている³⁾。一方、フタル酸エステル類を 50% 程度含む塩化ビニル(PVC)を用いた人工唾液への溶出試験では、溶出率は概ね 0.1% 以下である事が報告¹⁵⁾されており、RIVM でも人工汗を

用いた試験では LOQ 以下とされている。

本研究では、健康リスク評価に資する曝露情報の収集を目的として、溶出試験を実施した。グラウンドに使用されたゴムチップ及び先行研究で収集したゴムチップを用いて、ゴム添加剤等並びに PAHs 及びその類縁化合物の溶出試験を実施したところ、多くの化合物で試料中に含有しているが溶出液では LOQ 以下となった。そこで、そのような場合には LOQ の値を溶出値と仮定して溶出率を算出した。そして、ワーストケースを想定し、得られた溶出率の最も大きい値を用いて、先行研究で最大含有量を示した試料からの溶出量を、各人工体液における推定最大溶出量として算出し(表 13 及び 14)、分担研究者が実施する健康リスク評価に必要な曝露量データを収集できた。

E. まとめ

本分担研究では 74 種類の SVOCs について、グラウンド採取試料中の含有量を求めた。そして、4 種類の人工体液(胃液、腸液、唾液、汗)を用いた溶出試験を実施し、曝露量評価に資するデータの収集を行った。グラウンドから採取した試料中からは、ゴム添加剤等は 19 化合物、PAHs 及びその類縁化合物は 31 化合物が検出された。そして、先行研究のゴムチップに比べて、その濃度は低いことや、屋内グラウンドの方が屋外よりも SVOCs 含有量が多くなる傾向を明らかにした。そして、グラウンド採取試料並びに先行研究で収集した 8 試料を対象に、それらに含有されていない 4 種類のゴム添加剤等を除く 70 化合物について溶出試験を実施した。その

結果、化合物によって溶出率に差異があること、特に芳香族アミン系老化防止剤は、人工胃液で溶出量が多くなる傾向が認められた。さらに、コーティングの有無によりその溶出率に差が生じる事が明らかとなった。全体を通じて、BTZ、BZL、PI 等、幾つかの化合物を除き、人工体液中への溶出率は低く、多くの化合物はLOQ 以下であった。そのため、各化合物の最大溶出率を算出するにあたり、LOQ 以下の試料ではLOQ 値を溶出量と仮定して溶出率を求めた。ワーストケースを想定して、算出した最大溶出率と先行研究で認められた最大含有量から、各人工体液中における推定最大溶出量を算出し、曝露評価に資するデータとして報告した。

F. 研究発表

F.1. 論文発表

なし

F.2. 学会発表

- 1) 五十嵐良明・河上強志・西以和貴・久保田領志・小濱とも子・酒井信夫・田原麻衣子・重田善之・森田健: 人工芝グラウンド用ゴムチップの成分分析及び諸外国における研究状況, 第 27 回環境化学討論会 (2018.6)
- 2) 河上強志・小濱とも子・五十嵐良明: 人工芝グラウンド用ゴムチップの成分分析 -ゴム添加剤類-, 第 27 回環境化学討論会 (2018.6)
- 3) 西以和貴・上村仁・河上強志・五十嵐良明: 人工芝グラウンド用ゴムチップの成分分析 -多環芳香族炭化水素類-, 第 27 回環境化学討論会 (2018.6)

G. 知的所有権の取得状況

1. 特許取得
なし
2. 実用新案登録
なし
3. その他なし

H. 引用文献

- 1) United States Environmental Protection Agency (USEPA):Federal Research on recycled tire crumb used on playing fields, <https://www.epa.gov/chemical-research/federal-research-recycled-tire-crumb-used-playing-fields>
- 2) European Chemical Agency (ECHA): Annex XV report an evaluation of the possible health risks of recycled rubber granules used as infill in synthetic turf sports fields. https://echa.europa.eu/documents/10162/13563/annex-xv_report_rubber_granules_en.pdf/dbcb4ee6-1c65-af35-7a18-f6ac1ac29fe4
- 3) RIVM: Evaluation of health risks of playing sports on synthetic turf pitches with rubber granulate, RIVM Report 2017-0016, http://www.rivm.nl/mwg-internal/de5fs23hu73ds/progress?id=ZXV2YkIgN-w6FQg5uMv1zyu3Rw7Zleoj_0eg98SfQvI,&dl
- 4) 五十嵐良明: 厚生労働科学研究費補助金 (厚生労働科学特別研究事業) 平成 28 年度 総括・分担研究報告書「人工芝グラウンド用ゴムチップの成分分析

- 及びその発がん性等に関する研究」
(研究代表者: 五十嵐良明)
- 5) 兵庫県立環境科学研究所: N,N'-ジトリル-パラ-フェニレンジアミン (DTPD) N,N'-ジフェニル-パラ-フェニレンジアミン (DPPD), 化学物質と環境「平成14年度化学物質分析開発調査報告書」, 環境省環境保健部環境安全課編, 2003.
- 6) 厚生労働省: 一般試験法, 第十七改正 日本薬局方,
<http://jpdb.nihs.go.jp/jp17/jp17-2.pdf>
- 7) British Standard Specification for safety harnesses including detachable walking reins) for restraining children when in perambulators (baby carriages), pushchairs and high chair and when walking, BS6684:1987.
- 8) Niino T., Ishibashi T., Itho T., Sakai S., Ishiwata H., Yamada T., Onodera S.: Monoester formation by hydrolysis of dialkyl phthalate migrating from polyvinyl chloride products in human saliva, J. Health Sci., 47, 318-322, 2001.
- 9) JIS L 0848:2004: 汗に対する染色堅ろう度試験方法
- 10) Ausschuss für Produktsicherheit (AfPS), Prüfung und Bewertung von Polyzyklischen Aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) bei der Zuerkennung des GS-Zeichens,
http://www.baua.de/de/Produktsicherheit/Marktueberwachung/pdf/AfPS-GS-2014-01-PAK.pdf?__blob=publicationFile&v=4
- 11) U.S. Environmental Protection Agency and the Centers for Disease Control and Prevention/ Agency for Toxic Substances and Disease Registry: Research Protocol “Collections Related to Synthetic Turf Fields with Crumb Rubber Infill”,
https://www.epa.gov/sites/production/files/201608/documents/tcrs_research_protocol_final_08-05-2016.pdf
- 12) 化学物質評価研究機構: CERI 有害性評価書「N-(tert-ブチル)-2-ベンゾチアゾールスルフェンアミド」,
http://www.cerij.or.jp/evaluation_document/yugai/95_31_8.pdf
- 13) Llompарт M., Sanchez-Prado L., Lamas J.P., Garcia-Jares C., Roca E., Dagnac T.: Hazardous organic chemicals in rubber recycled tire playgrounds and pavers, Chemosphere, 90, 423-431, 2013.
- 14) Pronk M.E.J., Woutersen M., Herremans J.M.M.: Synthetic turf pitches with rubber granulate infill: are there health risks for people playing sports on such pitches?, J. Expo. Sci. Environ. Epidemiol., 2018, 1-18, 19 December 2018
- 15) Niino T., Asakura T., Ishibashi T., Itho T., Sakai S., Ishiwata H., Yamada T., Onodera S.: A simple and reproducible testing method for dialkyl phthalate migration from polyvinyl chloride products into saliva simulant, J. Food Hyg. Soc. Japan, 44, 13-18, 2003.

表1.対象化合物(ゴム添加剤類等)一覧

用途	化合物名	略称	CASRN ^a	試薬入手先 ^b
加硫促進剤及びその分解物	2-メルカプトベンゾチアゾール	MBT	149-30-4	TCl
	2-(モルホリジチオ)ベンゾチアゾール	MDS	95-32-9	TCl
	N-tert-ブチルベンゾチアゾール-2-スルファエナムド	TBBS	95-31-8	Wako
	N-シクロヘキシルベンゾチアゾール-2-スルファエナムド	CBS	95-33-0	TCl
	N,N'-ジシクロヘキシルベンゾチアゾール-2-スルファエナムド	DCBS	4979-32-2	Wako
	ベンゾチアゾール	BTZ	95-16-9	TCl
	2-ベンゾチアゾロン	BZL	934-34-9	TCl
	2-(メチルチオ)ベンゾチアゾール	2-MTBT	615-22-5	TCl
	1,3-Diphenylguanidine	DPG	102-06-7	TCl
	Di-o-tolylguanidine	DOTG	97-39-2	TCl
	Dicyclohexylamine	DCyHA	101-83-7	TCl
	2-Phenylbenzothiazole	Ph-BT	883-93-2	TCl
	N-cyclohexyl-1,3-benzothiazol-2-amine	CyHA-BT	28291-75-0	Scbt
	Ethylene thiourea	ETU	96-45-7	TCl
	1,2-Dihydro-2,2,4-trimethylquinoline	TMQ	147-47-7	Scbt
	6-Ethoxy-1,2-dihydro-2,2,4-trimethylquinoline	ETMQ	91-53-2	AK
	N-Isopropyl-N'-phenyl-p-phenylenediamine	IPPD	101-72-4	TCl
	Thiodiphenylamine	TDPA	92-84-2	TCl
	N-(1,3-Dimethylbutyl)-N'-phenyl-p-phenylenediamine	6PPD	793-24-8	TCl
	N-(1-Methylheptyl)-N'-phenyl-p-phenylenediamine	8PPD	15233-47-3	TCl
老化防止剤及びその分解物	N,N'-ジフェニル-p-フェニレンジアミン	DPDP	74-31-7	TCl
	4,4'-ビス(α,α-ジメチルベンジル)フェニルアミン	ODPA	101-67-7	AK
	4,4'-ビス(α,α-ジメチルベンジル)ジフェニルアミン	DCD	10081-67-1	TCl
	Diphenylamine	DP A	122-39-4	TCl
	2,2-Methylenebis(4-tert-ブチルフェニール)	o-MBP14	119-47-1	TCl
	2,6-Di-tert-ブチル-4-メチルフェニール	BHT	128-37-0	TCl
	2-メルカプトベンズイミダゾール	MBI	583-39-1	TCl
	Acetophenone	AP	98-86-2	TCl
	4-tert-Octylphenol	4-t-OP	140-66-9	TCl
	Phthalimide	PI	85-41-6	TCl
	Triethyl phosphate	TEP	78-40-4	TCl
	Di(2-ethylhexyl) phthalate	DEHP	117-81-7	Kanto
	Di(2-ethylhexyl) isophthalate	DEHIP	137-89-3	TCl
	Di(2-ethylhexyl) terephthalate	DEHTP	6422-86-2	SA
	Diisononyl phthalate	DINP	28553-12-0	Wako
	Diisononyl cyclohexane-1,2-dicarboxylate	DINCH	166412-78-8	NIHS
	Di(2-ethylhexyl)adipate	DEHA	103-23-1	Kanto
	Di(2-ethylhexyl)azelaate	DEHAZ	103-24-2	TCl
	Di(2-ethylhexyl) sebacate	DEHSB	122-62-3	TCl
光安定剤	Bis(2,2,6,6-tetramethyl-4-piperidyl) sebacate	BTPS	52829-07-9	TCl
	4,4'-Methylenedianiline	MDA	101-77-9	Wako
	9,10-Dihydro-9,9-dimethylacridine	DHDMA	6267-02-3	TCl

^a Chemical abstract service registry number^b TCl: Tokyo Chemical Industry CO., LTD., Wako: Wako Pure Chemical Industries, Ltd., Scbt: Santa Cruz Biotechnology, Inc., AK: AK Scientific Inc., Kanto: Kanto Chemical Co., Inc., SA: Sigma-Aldrich Co. LLC., NIHS: This chemical was distributed from Dr. Y. Haishima (National Institute of Health Sciences)

表2.対象化合物 (PAHs類及び類縁化合物)一覧

化合物名		CASRN ^a	試薬入手先 ^b	混合標準溶液 ^c
ナフタレン	Naphthalene	91-20-3	Accu Standard	
2-メチルナフタレン	2-Methylnaphthalene	91-57-6	Accu Standard	
1-メチルナフタレン	1-Methylnaphthalene	90-12-0	Wako	
ビフェニル	Biphenyl	92-52-4	Kanto	
2,6-ジメチルナフタレン	2,6-Dimethylnaphthalene	581-42-0	TCI	
アセナフチレン	Acenaphthylene	208-96-8	Accu Standard	
アセナフテン	Acenaphthene	83-32-9	Accu Standard	
ジベンゾフラン	Dibenzofuran	132-64-9	Accu Standard	
フルオレン	Fluorene	86-73-7	Accu Standard	
ジベンゾチオフェン	Dibenzothiophene	132-65-0	TCI	
フェナントレン	Phenanthrene	85-01-8	Accu Standard	
アントラセン	Anthracene	120-12-7	Accu Standard	
3-メチルフェナントレン	3-Methylphenanthrene	832-71-3	TCI	
2-メチルフェナントレン	2-Methylphenanthrene	2531-84-2	Accu Standard	
9-メチルフェナントレン	9-Methylphenanthrene	883-20-5	CHIRON	
1-メチルフェナントレン	1-Methylphenanthrene	832-69-9	Accu Standard	
フルオランテン	Fluoranthene	206-44-0	Accu Standard	
ピレン	Pyrene	129-00-0	Accu Standard	
ベンゾ[c]フルオレン	Benzo[c]fluorene	205-12-9	Dr. Ehrenstorfer	
ベンゾ[a]アントラセン	Benzo[a]anthracene	56-55-3	Accu Standard	
シクロペンタ[cd]ピレン	Cyclopenta[cd]pyrene	27208-37-3	Accu Standard	
トリフェニレン	Triphenylene	217-59-4	TCI	
クリセン	Chrysene	218-01-9	Accu Standard	
ベンゾ[b]フルオランテン	Benzo[b]fluoranthene	205-99-2	Accu Standard	
ベンゾ[k]フルオランテン	Benzo[k]fluoranthene	207-08-9	Accu Standard	
ベンゾ[j]フルオランテン	Benzo[j]fluoranthene	205-82-3	Accu Standard	
ベンゾ[e]ピレン	Benzo[e]pyrene	192-97-2	Accu Standard	
ベンゾ[a]ピレン	Benzo[a]pyrene	50-32-8	Accu Standard	
インデノ[1,2,3-cd]ピレン	Indeno[1,2,3-cd]pyrene	193-39-5	Accu Standard	
ジベンゾ[a,h]アントラセン	Dibenzo[a,h]anthracene	53-70-3	Accu Standard	
ベンゾ[ghi]ペリレン	Benzo[ghi]perylene	191-24-2	Accu Standard	
コロネン	Coronene	191-07-1	TCI	

^a Chemical abstract service registry number^b Accu Standard: Accu Standard Inc., Wako: Wako Pure Chemical Industries, Ltd., Kanto: Kanto Chemical Co., Inc., TCI: Tokyo Chemical Industry CO., LTD., CHIRON: CHIRON AS, Dr. Ehrenstorfer: Dr. Ehrenstorfer GmbH^c AccuStandard社製多環芳香族炭化水素標準品 (ケベック州環境省・多環芳香族炭化水素混合物) (500 µg/mL ジクロロメタン:ベンゼン溶液)

表3. 溶出試験に使用した先行研究で収集した試料

試料	由来	材質	コーティング	色
A2	廃タイヤ	NR, Synthetic rubber	無し	黒
D2	工業用ゴム	NR, SBR, NBR, EPDM	あり(ウレタン)	緑
D7	工業用ゴム	NR, SBR, NBR, EPDM	無し	黒
D12	廃タイヤ	SBR	あり(ウレタン)	ベージュ
D13	廃タイヤ	SBR	あり(ウレタン)	茶
E2	廃タイヤ	SBR	無し	黒
G1	廃タイヤ	NR, SBR	無し	黒
I4	工業用ゴム	NR, SBR, EPDM	無し	黒

NR: 天然ゴム、SBR: スチレンブタジエンゴム、NBR: ニトリルゴム

EPDM: エチレンプロピレンジエンゴム

表4.対象化合物(ゴム添加剤類等)のGC-MS分析条件等

化合物	保持時間 (min)	定量イオン [m/z]	定性イオン [m/z]	検出下限値 (LOD) (µg/g) ^a	定量下限値 (LOQ) (µg/g) ^a
AP	7.49	105	77	1.4	4.2
BTZ	9.51	135	108	0.60	1.8
BHT	11.11	205	220	0.053	0.16
TMQ	11.20	158	173	0.096	0.29
PI	12.13	147	76	0.79	2.4
4-t-OP	12.18	135	107	0.10	0.31
DPA	13.07	169	168	0.075	0.23
2-MTBT	13.1	181	148	0.062	0.19
ETMQ	13.59	202	174	0.11	0.33
DHDM	15.47	194	195	0.18	0.54
TBBS	15.69	182	223	0.064	0.19
Ph-BT	15.86	211	108	0.26	0.80
IPPD	16.67	211	226	0.047	0.14
TDPA	16.80	199	167	0.12	0.37
DEHA	17.05	129	147	0.42	1.3
CyHA-BT	17.40	150	232	0.45	1.4
MDA	17.46	198	197	0.41	1.2
6PPD	18.12	211	268	0.069	0.21
o-MBp14	18.25	177	161	0.11	0.34
DEHP	18.60	149	167	1.2	3.6
CBS	19.00	98	167	0.11	0.32
DEHAZ	19.34	171	112	0.11	0.34
DEHP	19.63	112	261	0.25	0.77
DEHTP	20.04	112	167	0.32	0.96
DINCH	18.40-22.00	155	127	1.4	4.3
DINP	19.00-24.00	293	149	1.5	4.7
DEHSB	20.32	185	112	0.48	1.5
8PPD	20.46	211	296	0.11	0.33
DPPD	23.22	260	183	0.12	0.36
ODPA	23.80	322	250	0.052	0.16
DCBS	25.14	180	98	0.18	0.53
BTSP	25.50	124	342	4.5	14
BHT-d ₂₄	10.94	225			
Anthracene-d ₁₀	14.59	188			
Chrysene-d ₁₂	20.46	240			

^a 低濃度標準液(0.02 µg/mL:BTZ及びPIは0.08 µg/mL)を繰り返し3回測定した際の標準偏差の3.3倍をLOD、10倍をLOQとし⁸⁾、含有量分析を行うとして実試料換算した値

表5.対象化合物(ゴム添加剤類等)のLC-MS/MS分析条件等

化合物	保持時間 (min)	Q1 ^b [m/z]	Q ₃ ^b [m/z]	DP	CE	CXP	EP	検出下限値 (LOD) (μg/g) ^c	定量下限値 (LOQ) (μg/g) ^c
ETU	0.52	103	44 86	61	39 29	6 4	6 4	0.98	3.0
MBI	2.23	151	118 93	81	35 31	6 4	12 12	0.19	0.56
DPG	2.24	212	195 119	71	35 29	12 6	8 8	0.099	0.30
DOTG	2.41	240	113 223	76	31 29	12 14	12 12	0.029	0.087
DCyHA	2.42	182	100 83	71	31 29	18 14	4 4	0.81	2.5
TEP	2.56	183	155 99	41	13 27	10 6	4 4	0.98	3.0
BZL	2.59	152	124 119	86	31 33	10 6	4 4	0.37	1.1
MBT	2.71	168	135 109	81	35 37	8 20	12 12	0.059	0.18
MDS	3.2	285	118 200	56	25 19	6 12	6 6	0.032	0.10
DCD	3.55	406	196 119	136	61 49	12 8	4 4	0.067	0.20
Reserpine	2.84	609	448	126	41	12	15		

^a Positive ion mode, Curtain Gas (20), Collision Gas (12), IonSpray Voltage (5500), Temperature(650), Ion Source Gas 1 (40), Ion Source Gas 2(50), Interface Heater on, DP: Declustering potential, CE: Collision energy, CXP: Collision cell exit potential, EP: Entrance potential

^b Q₁: プリカーサーイオン、Q₃: プロダクトイオン(上段が定量イオン、下段が定性イオン)

^c 低濃度標準液(2 ng/mL、ただしETUについては10 ng/mL)を繰り返し3回測定した際の標準偏差の3.3倍をLOD、10倍をLOQとし⁸⁾、含有量分析を行うとして実試料換算した値

表6. 対象化合物 (PAHs類及び類縁化合物) のGC-MS分析条件等

化合物名	保持時間 (分)	定量イオン (m/z)	定性イオン (m/z)		定量下限値 (LOQ) (µg/g) ^a
Naphthalene	3.94	128	127	126	0.03
2-Methylnaphthalene	4.38	142	141	143	0.02
1-Methylnaphthalene	4.49	142	141	143	0.02
Biphenyl	4.76	153	154	152	0.02
2,6-Dimethylnaphthalene	4.82	156	155	141	0.02
Acenaphthylene	5.27	152	151	150	0.02
Acenaphthene	5.38	153	154	152	0.02
Dibenzofuran	5.51	168	139	84	0.02
Fluorene	5.92	166	165	163	0.02
Dibenzothiophene	7.26	184	139	185	0.02
Phenanthrene	7.51	178	176	179	0.02
Anthracene	7.59	178	176	179	0.02
3-Methylphenanthrene	8.41	192	191	189	0.03
2-Methylphenanthrene	8.54	192	191	189	0.02
9-Methylphenanthrene	8.85	192	191	189	0.02
1-Methylphenanthrene	8.90	192	191	189	0.02
Fluoranthene	11.09	202	200	203	0.02
Pyrene	12.31	202	200	201	0.02
Benzo[c]fluorene	14.30	216	215	213	0.02
Benzo[a]anthracene	20.12	228	226	229	0.03
Cyclopenta[cd]pyrene	20.44	226	224	227	0.05
Triphenylene	20.61	228	226	229	0.02
Chrysene	20.70	228	226	229	0.02
Benzo[b]fluoranthene	29.83	252	250	253	0.02
Benzo[k]fluoranthene	30.06	252	250	253	0.03
Benzo[j]fluoranthene	30.20	252	250	253	0.02
Benzo[e]pyrene	32.89	252	250	253	0.03
Benzo[a]pyrene	33.38	252	250	253	0.02
Indeno[1,2,3-cd]pyrene	38.97	276	274	138	0.02
Dibenz[a,h]anthracene	39.04	278	279	139	0.02
Benzo[ghi]perylene	39.75	276	274	277	0.02
Coronene	43.12	300	150	301	0.03
Naphthalene-d ₈	3.92	136	135	134	
Acenaphthene-d ₁₀	5.35	162	164	160	
Chrysene-d ₁₂	20.44	240	236	241	
Perylene-d ₁₂	34.19	264	260	265	

^aAgilent Technologies Mass HunterのReplicate Injection MDL-LOQ-LOD calculationにより算出し、含有量分析を行うとして実試料換算した値

表7. ゴム添加剤等の溶出試験における定量下限値(LOQ)及び回収率

化合物	LOQ ^b (µg/g)	人工胃液		人工腸液		人工唾液		人工汗	
		回収率(%)	変動係数(%)	回収率(%)	変動係数(%)	回収率(%)	変動係数(%)	回収率(%)	変動係数(%)
MBT	0.025	59	7.9	54	9.0	62	6.5	64	4.8
MDS	0.013	13	30	73	1.7	91	6.1	71	1.1
TBBS	0.13	- ^c	-	80	3.4	96	4.0	74	1.1
CBS	0.13	-	-	78	4.3	100	3.0	80	3.4
DCBS	0.13	-	-	70	3.2	95	2.3	73	2.9
BTZ	0.13	94	6.8	89	2.7	82	1.5	92	2.1
BZL	0.05	55	2.8	74	1.4	75	4.6	59	5.1
2-MTBT	0.13	85	7.5	98	1.3	98	4.0	98	4.4
DPG	0.013	71	14	69	7.8	72	6.3	61	14
DOTG	0.013	68	11	62	11	83	8.2	54	12
DCyHA	0.013	112	11	92	3.6	86	5.6	70	12
Ph-BT	0.13	91	7.0	94	1.3	92	4.2	92	3.6
CyHA-BT	0.13	97	7.3	94	2.6	96	8.3	100	3.2
ETU	0.13	13	12	19	11	19	2.4	19	1.3
TMQ	0.13	87	7.7	90	1.0	88	3.7	93	3.9
ETMQ	0.13	81	9.1	96	1.2	97	2.9	87	4.4
IPPD	0.13	66	8.2	84	4.4	89	8.6	84	6.7
TDPA	0.13	83	8.5	88	2.3	95	7.3	98	1.9
6PPD	0.13	71	7.4	85	4.2	95	4.2	85	3.2
8PPD	0.13	76	6.7	88	3.0	97	3.7	94	0.72
DPPD	0.13	81	7.7	88	3.7	98	5.9	97	1.8
ODPA	0.13	81	7.6	87	3.9	98	4.4	96	1.1
DCD	0.013	83	8.7	91	1.1	91	8.9	88	3.1
DPA	0.13	79	8.0	95	1.5	101	4.6	99	2.9
o-MBp14	0.13	89	6.5	94	1.5	90	6.4	90	2.6
BHT	0.13	78	8.4	83	1.5	74	4.2	75	5.8
MBI	0.13	30	7.9	27	12	40	4.9	48	2.0
AP	0.13	89	7.6	85	2.0	83	2.4	95	2.6
4-t-OP	0.13	91	5.9	92	1.1	90	2.4	90	4.4
PI	0.13	63	5.3	74	5.6	95	4.5	77	2.9
TEP	0.050	90	10	90	8.3	77	4.6	86	3.8
DEHP	0.13	81	4.5	85	7.8	92	3.2	96	5.8
DINP	1.0	84	4.5	89	2.6	92	7.1	96	1.2
DINCH	1.0	79	9.1	91	5.7	93	4.0	96	3.6
DEHA	0.13	87	6.2	86	4.0	91	5.2	96	3.3
DEHSB	0.13	86	6.4	89	5.3	91	2.1	97	3.6
MDA	0.13	184	19	186	7.0	104	4.1	97	2.4
DHDMA	0.13	82	8.8	86	3.6	93	3.0	93	3.4

^a 各化合物を20 mLの人工体液中に1 µg添加して求めた値(n=3)^b LOQ: 検量線の定量下限値として、ゴムチップ1 gあたりの溶出量として換算した値^c LOQ以下

表8.PAHs及び類縁化合物等の溶出試験における定量下限値(LOQ)及び回収率

化合物	LOQ ^b (µg/g)	人工胃液		人工腸液		人工唾液		人工汗	
		回収率(%)	変動係数(%)	回収率(%)	変動係数(%)	回収率(%)	変動係数(%)	回収率(%)	変動係数(%)
Naphthalene	0.025	95	2.5	96	2.3	75	5.5	81	2.4
2-Methylnaphthalene	0.025	95	5.9	100	3.1	74	6.0	78	4.4
1-Methylnaphthalene	0.025	93	5.1	97	1.4	77	5.6	81	4.0
Biphenyl	0.025	95	4.9	100	1.2	81	4.7	82	3.7
2,6-Dimethylnaphthalene	0.025	92	3.6	96	2.0	76	5.1	71	5.5
Acenaphthylene	0.025	105	4.7	110	2.6	82	4.5	80	3.5
Acenaphthene	0.025	111	5.4	117	2.9	88	4.8	88	2.3
Dibenzofuran	0.025	98	4.5	107	2.5	91	4.2	90	2.3
Fluorene	0.025	100	8.6	107	2.7	95	2.7	92	2.3
Dibenzothiophene	0.025	104	4.7	102	3.9	103	2.6	98	0.88
Phenanthrene	0.025	101	4.9	98	5.2	104	1.6	100	1.4
Anthracene	0.025	96	6.2	91	6.9	106	2.8	101	2.2
3-Methylphenanthrene	0.025	111	13	103	8.5	109	2.1	103	2.3
2-Methylphenanthrene	0.025	103	9.6	91	4.3	109	2.1	104	2.8
9-Methylphenanthrene	0.025	97	7.9	92	4.2	107	2.0	104	1.3
1-Methylphenanthrene	0.025	100	9.2	95	6.3	108	2.0	104	1.2
Fluoranthene	0.025	93	5.7	85	7.2	109	1.9	106	1.6
Pyrene	0.025	86	13	87	8.5	110	2.2	107	2.0
Benzo[c]fluorene	0.025	100	12	95	9.4	109	3.8	106	1.9
Benzo[a]anthracene	0.025	89	11	90	6.8	105	1.3	103	1.9
Cyclopenta[cd]pyrene	0.025	93	12	92	7.1	105	1.8	96	2.2
Triphenylene	0.025	83	4.2	88	3.5	104	3.3	104	1.6
Chrysene	0.025	88	4.8	91	3.9	106	6.7	101	1.9
Benzo[b]fluoranthene	0.025	84	10	85	6.4	108	3.8	103	2.7
Benzo[k]fluoranthene	0.025	80	11	81	3.5	110	4.3	104	2.8
Benzo[j]fluoranthene	0.025	84	8.1	89	3.6	106	3.2	101	1.4
Benzo[e]pyrene	0.025	82	9.3	85	2.9	105	4.0	102	0.89
Benzo[a]pyrene	0.025	81	6.3	85	1.0	106	2.7	103	1.6
Indeno[1,2,3-cd]pyrene	0.025	102	12	109	9.1	106	4.0	101	1.4
Dibenz[a,h]anthracene	0.025	99	11	113	8.0	104	4.8	99	0.73
Benzo[ghi]perylene	0.025	92	11	110	7.7	103	3.8	99	0.59
Coronene	0.025	97	11	82	11	94	6.5	90	2.9

^a 各化合物を10 mLの人工体液に0.05 µg添加して求めた値 (n=3)^b LOQ: 検量線の最下限値を定量下限値として、ゴムチップ1 gあたりの溶出量として換算した値

表9. 各グラウンドから採取したゴムチップからのゴム添加剤類の最大溶出量(μg/g)^a

	人工胃液				人工腸液				人工唾液				人工汗			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
MBT	0.034	<LOQ ^b	0.029	<LOQ	0.074	<LOQ	<LOQ	0.14	<LOQ	0.027	<LOQ	0.17	0.067	<LOQ	<LOQ	0.11
TBBS	— ^b	—	—	<LOQ	—	—	—	<LOQ	—	—	—	<LOQ	—	—	—	<LOQ
DCBS	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
BTZ	1.2	0.22	1.0	4.6	0.94	0.17	0.77	3.3	0.75	0.20	0.77	2.8	0.90	0.21	0.76	3.2
BZL	0.34	0.22	0.47	7.6	0.53	<LOQ	0.33	9.3	0.29	0.20	0.56	8.3	0.26	0.23	0.56	6.0
2-MBT	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
DPG	0.076	0.062	—	0.90	0.091	0.014	—	1.2	0.091	0.043	—	0.94	0.052	0.033	—	0.60
DCyHA	0.059	<LOQ	0.34	5.2	0.17	<LOQ	0.24	5.9	0.16	0.074	0.43	5.6	0.18	0.071	0.30	3.4
PhBT	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
CyHA-BT	0.86	—	0.34	1.3	<LOQ	—	<LOQ	<LOQ	<LOQ	—	<LOQ	<LOQ	<LOQ	—	<LOQ	<LOQ
TMQ	0.19	<LOQ	<LOQ	0.46	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
6PPD	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0.15	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0.29
ODPA	<LOQ	—	<LOQ	<LOQ	<LOQ	—	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
DCD	<LOQ	<LOQ	—	—	<LOQ	<LOQ	—	—	<LOQ	<LOQ	—	—	<LOQ	<LOQ	—	—
DPA	—	—	—	<LOQ	—	—	—	<LOQ	—	—	—	<LOQ	—	—	—	<LOQ
4-LOP	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
PI	<LOQ	<LOQ	<LOQ	4.0	<LOQ	<LOQ	<LOQ	3.9	<LOQ	<LOQ	<LOQ	3.6	<LOQ	<LOQ	<LOQ	3.3
DEHP	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
DHMA	—	—	—	<LOQ	—	—	—	<LOQ	—	—	—	<LOQ	—	—	—	<LOQ

^a 3併行での試験で最も値の大きかったもの^b 含有量分析においてLOQ(表4及び5)以下^c 含有量が認められ溶出試験ではLOQ(表7)以下表10. 各グラウンドから採取したゴムチップからのゴム添加剤類の最大溶出率(%)^a

	人工胃液				人工腸液				人工唾液				人工汗			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
MBT	2.0	4.2 ^c	2.1	0.37	4.4	4.2	1.8	2.1	1.5	4.6	1.8	2.5	4.0	4.2	1.8	1.6
TBBS	— ^b	—	—	7.2	—	—	—	7.2	—	—	—	7.2	—	—	—	7.2
DCBS	10	6.9	11	9.2	10	6.9	11	9.2	10	6.9	11	9.2	10	6.9	11	9.2
BTZ	10	4.5	13	16	8	3.5	9.6	11	6.4	4.1	9.6	9.4	7.6	4.4	9.4	11
BZL	18	16	19	15	28	3.7	14	19	15	15	23	17	14	17	23	12
2-MBT	4.4	8.5	4.8	5.2	4.4	8.5	4.8	5.2	4.4	8.5	4.8	5.2	4.4	8.5	4.8	5.2
DPG	1.0	1.4	—	2.0	1.2	0.32	—	2.6	1.2	0.95	—	2.1	0.72	0.72	—	1.3
DCyHA	1.2	0.47	3.6	11	3.3	0.47	2.5	12	3.1	2.7	4.5	12	3.7	2.6	3.2	7.2
PhBT	2.6	8.5	2.6	1.8	2.6	8.5	2.6	1.8	2.6	8.5	2.6	1.8	2.6	8.5	2.6	1.8
CyHA-BT	21	—	14	20	3.2	—	5.4	2.0	3.2	—	5.4	2.0	3.2	—	5.4	2.0
TMQ	4.0	29	9.4	3.9	2.7	29	9.4	1.1	2.7	29	9.4	1.1	2.7	29	9.4	1.1
6PPD	0.38	3.5	0.86	0.079	0.38	3.5	0.86	0.068	0.38	3.5	0.86	0.068	0.38	3.5	0.86	0.15
ODPA	7.4	—	14	3.6	7.4	—	14	3.6	7.4	—	14	3.6	7.4	—	14	3.6
DCD	0.17	2.6	—	—	0.17	2.6	—	—	0.17	2.6	—	—	0.17	2.6	—	—
DPA	—	—	—	10	—	—	—	10	—	—	—	10	—	—	—	10
4-LOP	8.8	17	17	0.93	8.8	17	17	0.93	8.8	17	17	0.93	8.8	17	17	0.93
PI	1.1	2.7	1.6	13	1.1	2.7	1.6	13	1.1	2.7	1.6	12	1.1	2.7	1.6	11
DEHP	1.1	0.43	2.1	0.17	1.1	0.43	2.1	0.17	1.1	0.43	2.1	0.17	1.1	0.43	2.1	0.17
DHMA	—	—	—	19	—	—	—	19	—	—	—	19	—	—	—	19

^a 3併行での試験で最も値の大きかったもの^b 含有量分析においてLOQ(表4及び5)以下^c 赤字は含有量が認められ溶出試験ではLOQ(表7)以下

表11. 先行研究で収集した8試料からのゴム添加剤類の最大溶出量 (μg/g)^a

[illegible]

表12. 先行研究で収集した8試料からのゴ

 λ

	A2	D2	D7	D12
MRT	0.34	0.90	7.3	2.4

0.42
b
MDS

[illegible]

3桁以下の試験で最も値の大きかったもの。今有量分析において100(表4及び5)以下

赤字は含有が認められ溜出試験ではLOQ

[illegible]

表13. 先行研究のゴムチップにおけるゴム添加剤類の推定最大溶出濃度^a

化合物	先行研究		溶出試験における最大溶出率 (%)						推定最大溶出濃度 (µg/g)			
	最大含有量 (µg/g)		人工胃液	人工腸液	人工唾液	人工汗	人工胃液	人工腸液	人工唾液	人工汗	人工胃液	人工汗
加硫促進剤および その分解物	MBT	1994	7.3	3.3	2.2	3.4	147	65	44	69		
	MDS	8.6	0.42	0.83	1.0	0.42	0.036	0.071	0.089	0.036		
	TBSS	12	1.8	1.8	1.8	1.8	0.22	0.22	0.22	0.22		
	CBS	7.6	2.2	2.2	2.2	2.2	0.17	0.17	0.17	0.17		
	DCBS	7.4	7.2	7.2	7.2	7.2	0.53	0.53	0.53	0.53		
	BTZ	152	90	59	62	65	137	90	94	100		
	BZL	80	69	30	34	52	55	24	27	41		
	2-MBT	15	45	17	14	13	6.6	2.6	2.0	2.0		
	DPG	208	14	9.3	16	23	30	19	33	48		
	DOTG	39	9.5	9.5	9.5	9.5	3.7	3.7	3.7	3.7		
老化防止剤および その分解物	DCyHA	201	11	8.1	11	13	23	16	23	26		
	Ph-BT	38	2.3	2.3	2.3	2.3	0.87	0.87	0.87	0.87		
	CyHA-BT	29	34	2.6	2.6	2.6	10	0.73	0.73	0.73		
	ETU	1782	0.57	0.39	0.80	0.55	10	6.9	14	10		
	TMQ	75	33	2.3	1.9	2.2	25	1.7	1.4	1.6		
	ETMQ	1.8	7.1	7.1	7.1	7.1	0.13	0.13	0.13	0.13		
	IPPd	1480	36	3.0	2.4	9.4	537	44	35	140		
	TDPA	11	1.2	1.2	1.2	1.2	0.13	0.13	0.13	0.13		
	6PPD	8718	37	0.097	0.097	0.38	3185	8.4	8.4	33		
	8PPD	6317	33	0.0075	0.0053	0.024	2100	0.47	0.33	1.5		
架橋剤分解物	DPPD	83	12	12	12	12	10	10	10	10		
	ODPA	181	9.1	9.1	9.1	9.1	17	17	17	17		
	DCD	593	2.1	2.1	2.1	2.1	12	12	12	12		
	DPA	276	11	11	11	11	31	31	31	31		
	o-MBp14	48	1.8	1.8	1.8	1.8	0.86	0.86	0.86	0.86		
	BHT	309	41	41	41	41	126	126	126	126		
	MBI	286	3.5	1.8	1.8	1.8	10	5.2	5.2	5.2		
	AP	19	7.5	6.8	6.5	6.7	1.4	1.3	1.3	1.3		
	4-t-OP	41	7.5	7.5	7.5	7.5	3.1	3.1	3.1	3.1		
	PI	160	58	49	43	54	92	78	69	87		
可塑剤等	TEP	98	42	40	44	47	41	39	43	46		
	DEHP	504	1.4	1.4	1.4	1.4	7.1	7.1	7.1	7.1		
	DINP	14251	0.45	0.45	0.45	0.45	64	64	64	64		
	DINCH	6306	0.016	0.016	0.016	0.016	1.0	1.0	1.0	1.0		
	DEHA	322	1.2	1.2	1.2	1.2	3.7	3.7	3.7	3.7		
	DEHSB	1215	0.011	0.011	0.011	0.011	0.13	0.13	0.13	0.13		
	MDA	34	1.6	0.86	0.86	0.86	0.55	0.30	0.30	0.30		
	DHDMA	122	9.6	9.6	9.6	9.6	12	12	12	12		
	ポリウレタン由来 その他											

^a赤字：溶出濃度がLOQ以下であった試料において、LOQの値を溶出濃度として溶出率を計算した値

表14. 先行研究のゴムチップにおけるPAHs及び類縁化合物類の推定最大溶出濃度

化合物名	先行研究のゴムチップ中 最大含有量 (µg/g)	最大溶出率 (%) ^a	推定最大溶出量 (µg/g)
Naphthalene	6.9	13	0.90
2-Methylnaphthalene	3.3	14	0.48
1-Methylnaphthalene	1.9	15	0.29
Biphenyl	0.70	42	0.29
2,6-Dimethylnaphthalene	3.1	26	0.82
Acenaphthylene	1.8	18	0.33
Acenaphthene	0.44	30	0.13
Dibenzofuran	0.82	48	0.39
Fluorene	0.70	100 ^b	0.70
Dibenzothiophene	0.91	40	0.36
Phenanthrene	4.5	2.8	0.12
Anthracene	0.66	22	0.14
3-Methylphenanthrene	4.3	50	2.2
2-Methylphenanthrene	1.9	44	0.83
9-Methylphenanthrene	1.8	38	0.70
1-Methylphenanthrene	1.4	52	0.72
Fluoranthene	12	0.77	0.093
Pyrene	37	0.15	0.054
Benzo[c]fluorene	0.30	23	0.067
Benz[a]anthracene	2.2	88	2.0
Cyclopenta[cd]pyrene	6.2	1.9	0.12
Triphenylene	2.9	47	1.3
Chrysene	3.1	39	1.2
Benzo[b]fluoranthene	1.5	11	0.17
Benzo[k]fluoranthene	0.58	47	0.27
Benzo[j]fluoranthene	0.58	34	0.20
Benzo[e]pyrene	4.6	1.9	0.089
Benzo[a]pyrene	2.8	2.9	0.081
Indeno[1,2,3-cd]pyrene	1.3	5.3	0.072
Dibenz[a,h]anthracene	0.79	54	0.43
Benzo[ghi]perylene	9.6	1.0	0.093
Coronene	8.5	4.3	0.36

^a 溶出試験は全てLOQ (0.025 µg/g) 以下であったため、LOQ値を最大溶出量として計算 (4種の人工体液で全て同じ値)

^b 溶出試験のLOQが対象試料中の含有量 (0.017 µg/g) を超えていたため溶出率を100%と仮定した

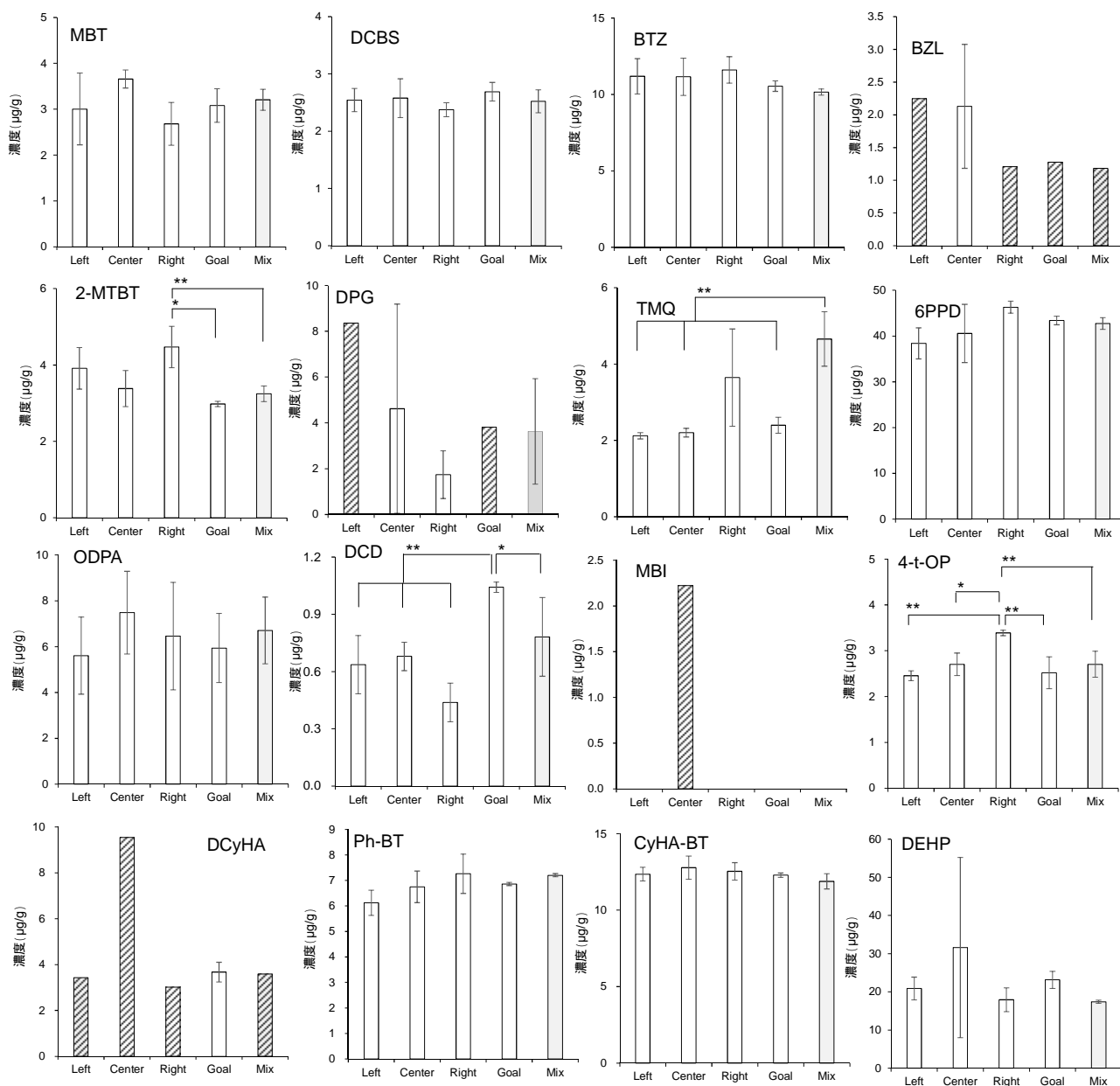


図 1. 予備調査において人工芝グラウンド A の各地点から採取したゴムチップ試料及びそれらの混合試料中のゴム添加剤等の濃度（斜線は n=1 または 2）
（グラウンド内 4 地点内は Tukey 法、4 地点と混合試料は Dunnet 法： **p<0.01、*p<0.05）

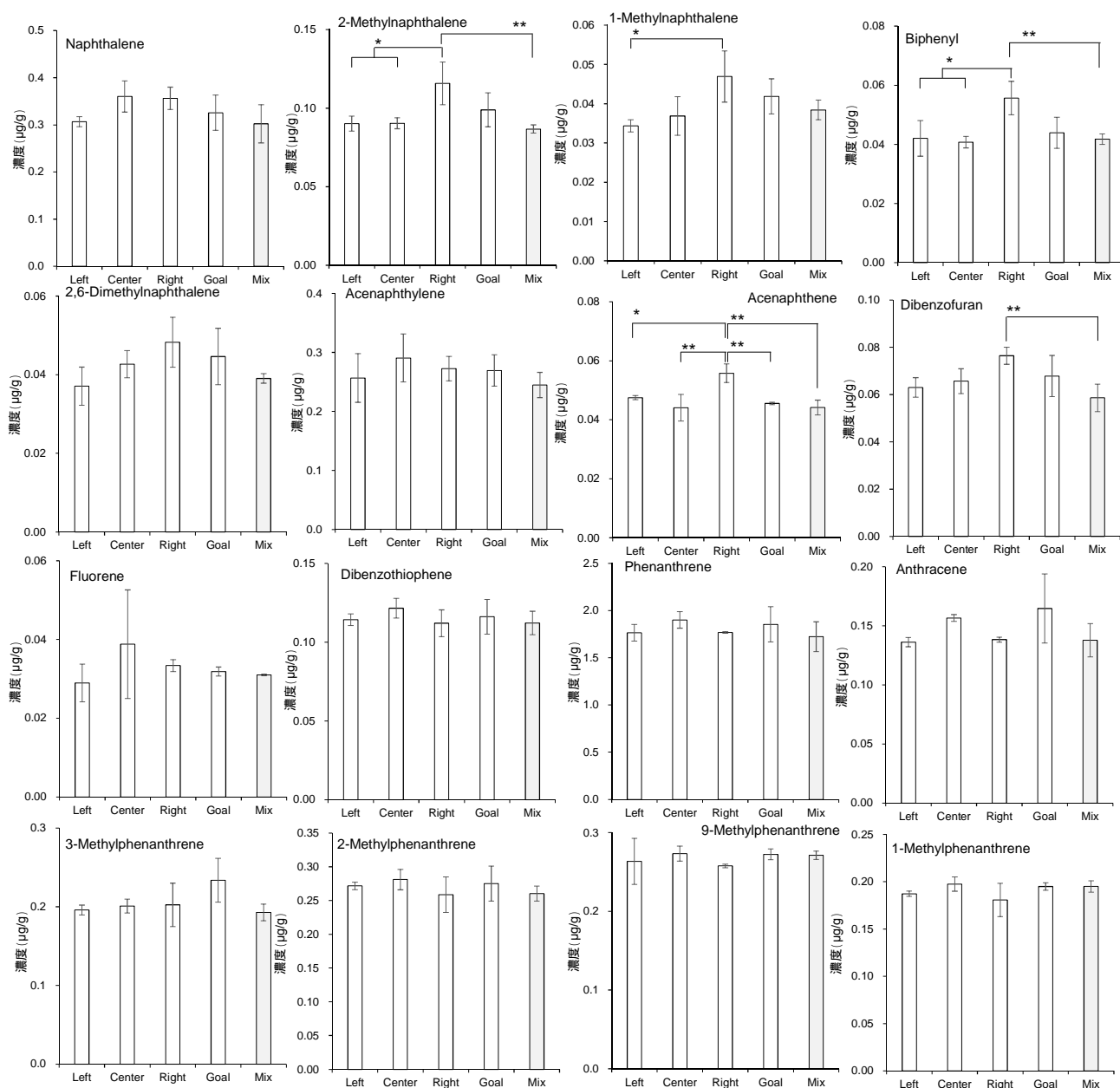


図 2. 予備調査において人工芝グラウンド A の各地点から採取したゴムチップ試料及びそれらの混合試料中の PAHs 及び類縁化合物濃度
(人工芝グラウンド内 4 地点内は Tukey 法、4 地点と混合試料は Dunnet 法: ** $p < 0.01$ 、* $p < 0.05$)

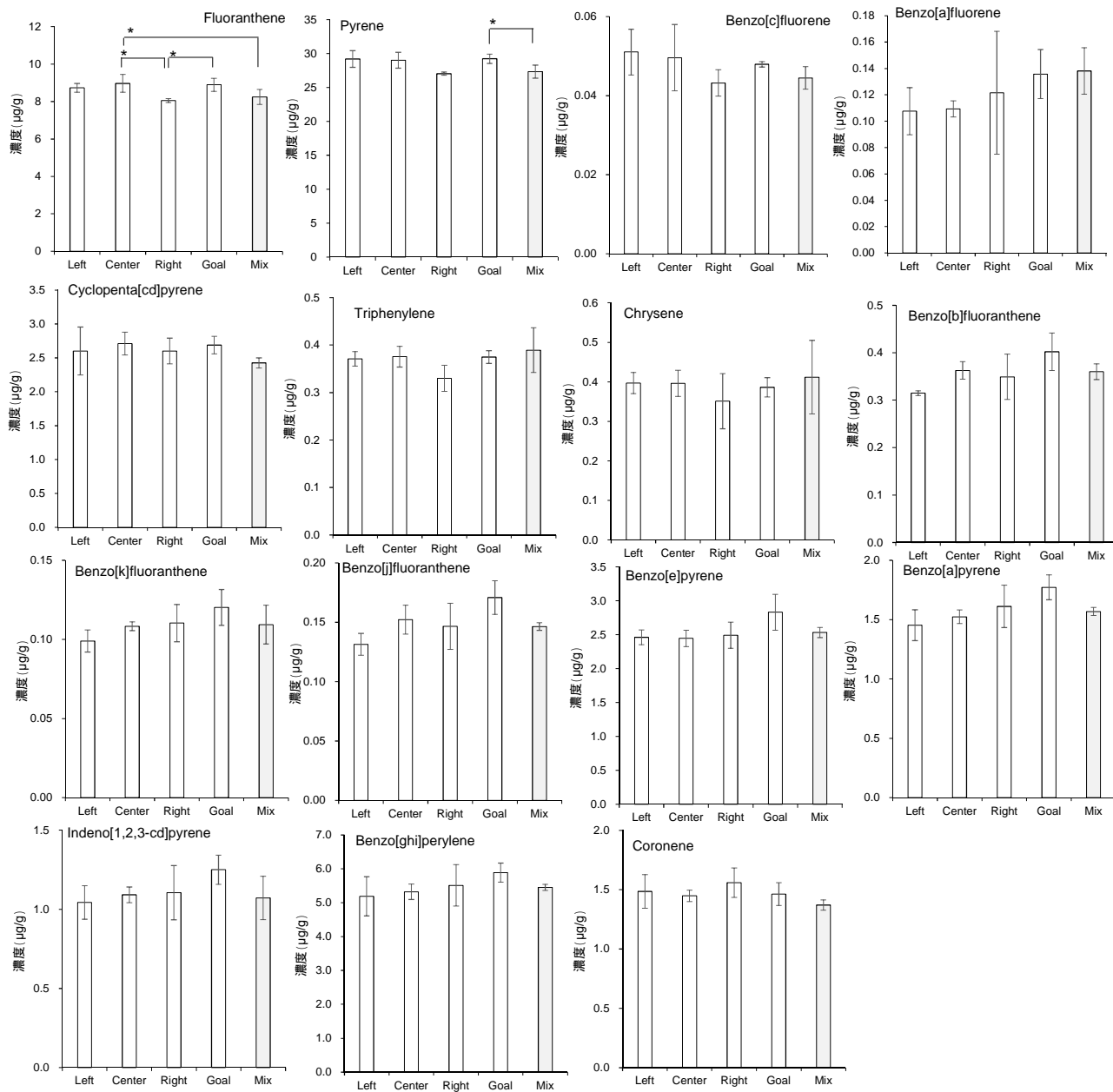


図 2. 予備調査において人工芝グラウンド A の各地点から採取したゴムチップ試料及びそれらの混合試料中の PAHs 及び類縁化合物濃度 (続き)
(人工芝グラウンド内 4 地点内は Tukey 法、4 地点と混合試料は Dunnet 法: ** $p<0.01$ 、* $p<0.05$)

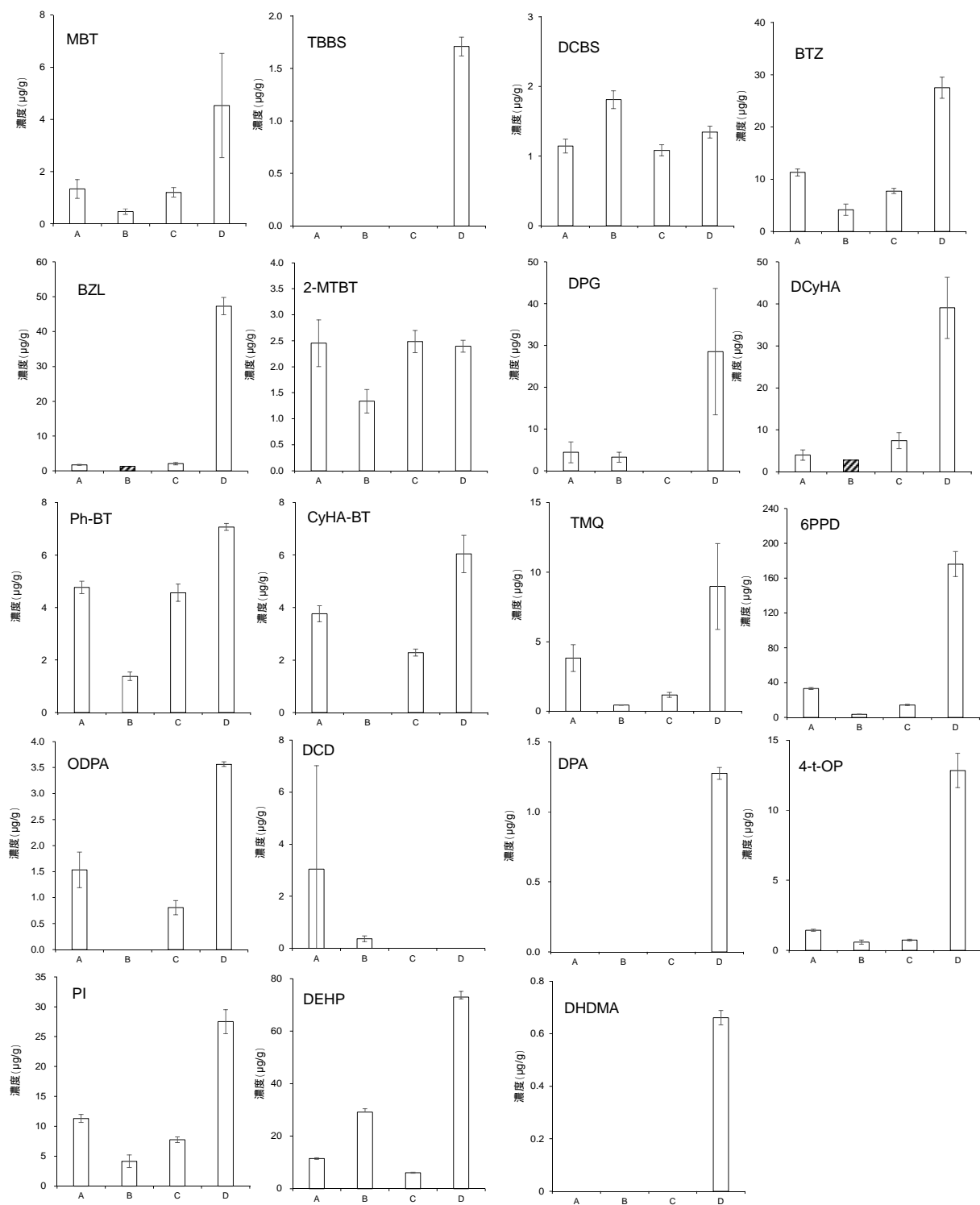


図 3. 各人工芝グラウンドから採取したゴムチップ試料中のゴム添加剤等含有量
(斜線は検出数が1または2)

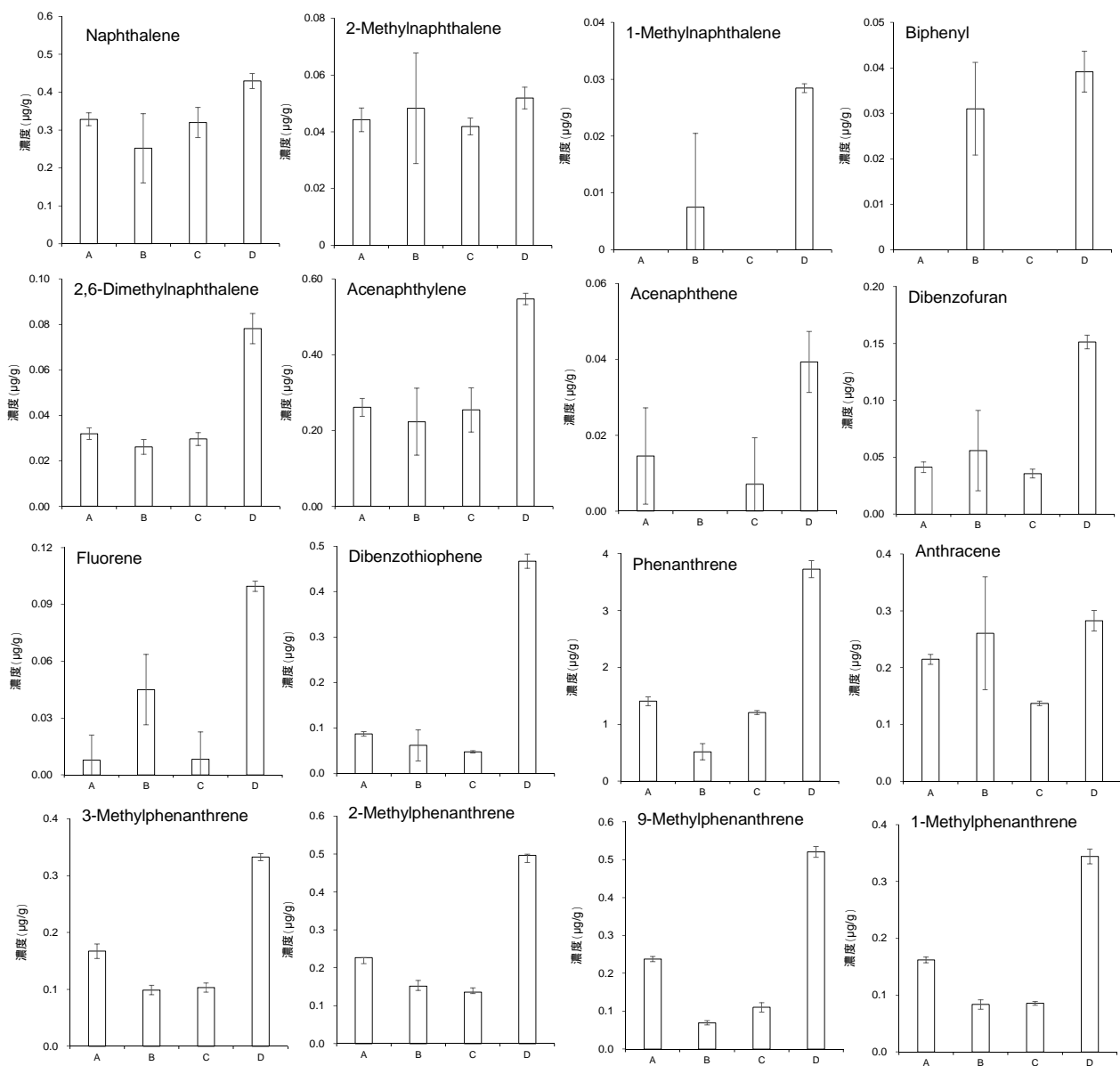


図 4. 各人工芝グラウンドから採取したゴムチップ試料中の PAHs 及びその関連化合物含有量

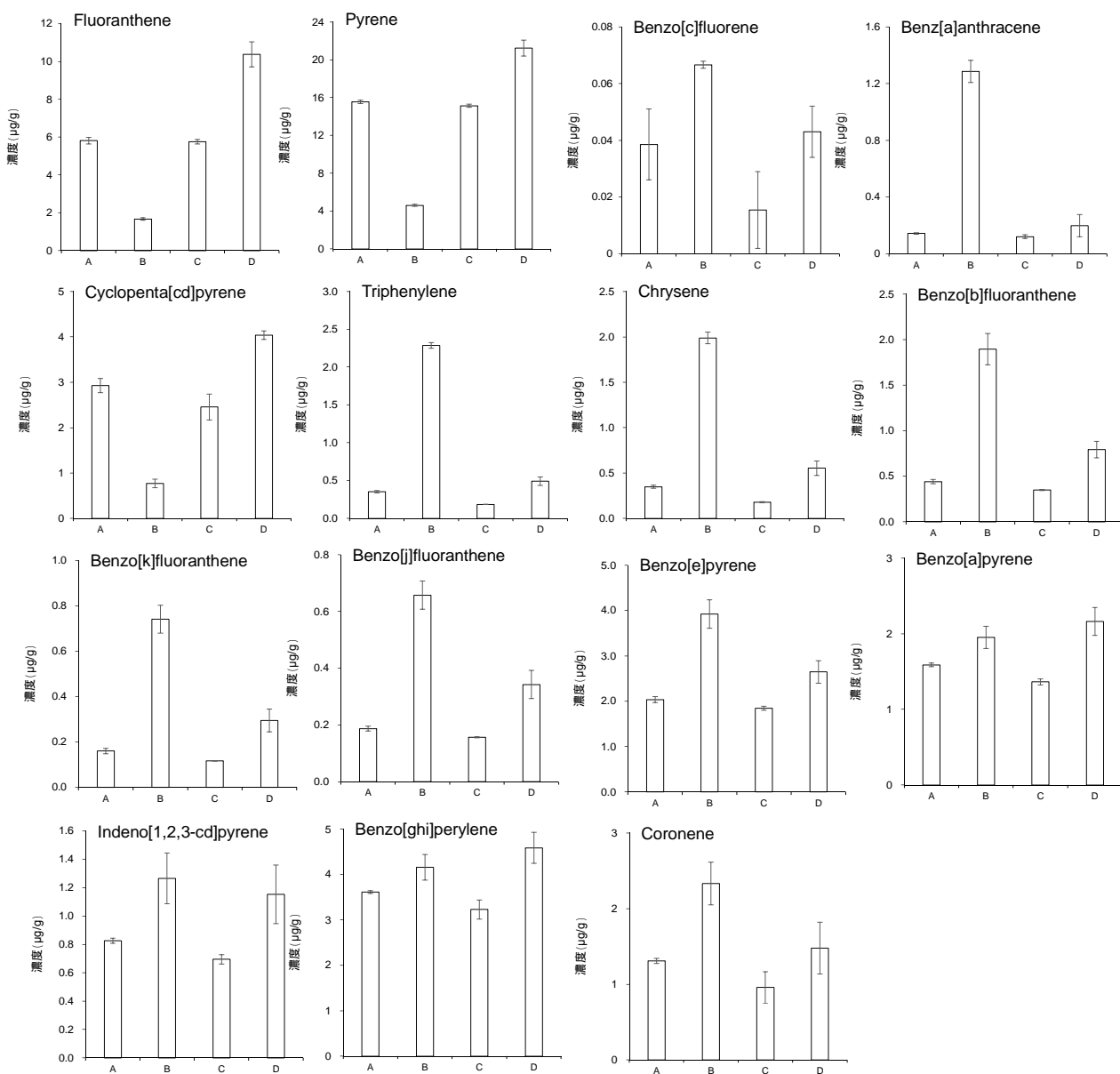


図 5. 各人工芝グラウンドから採取したゴムチップ試料中の PAHs 及びその関連化合物含有量
(続き)

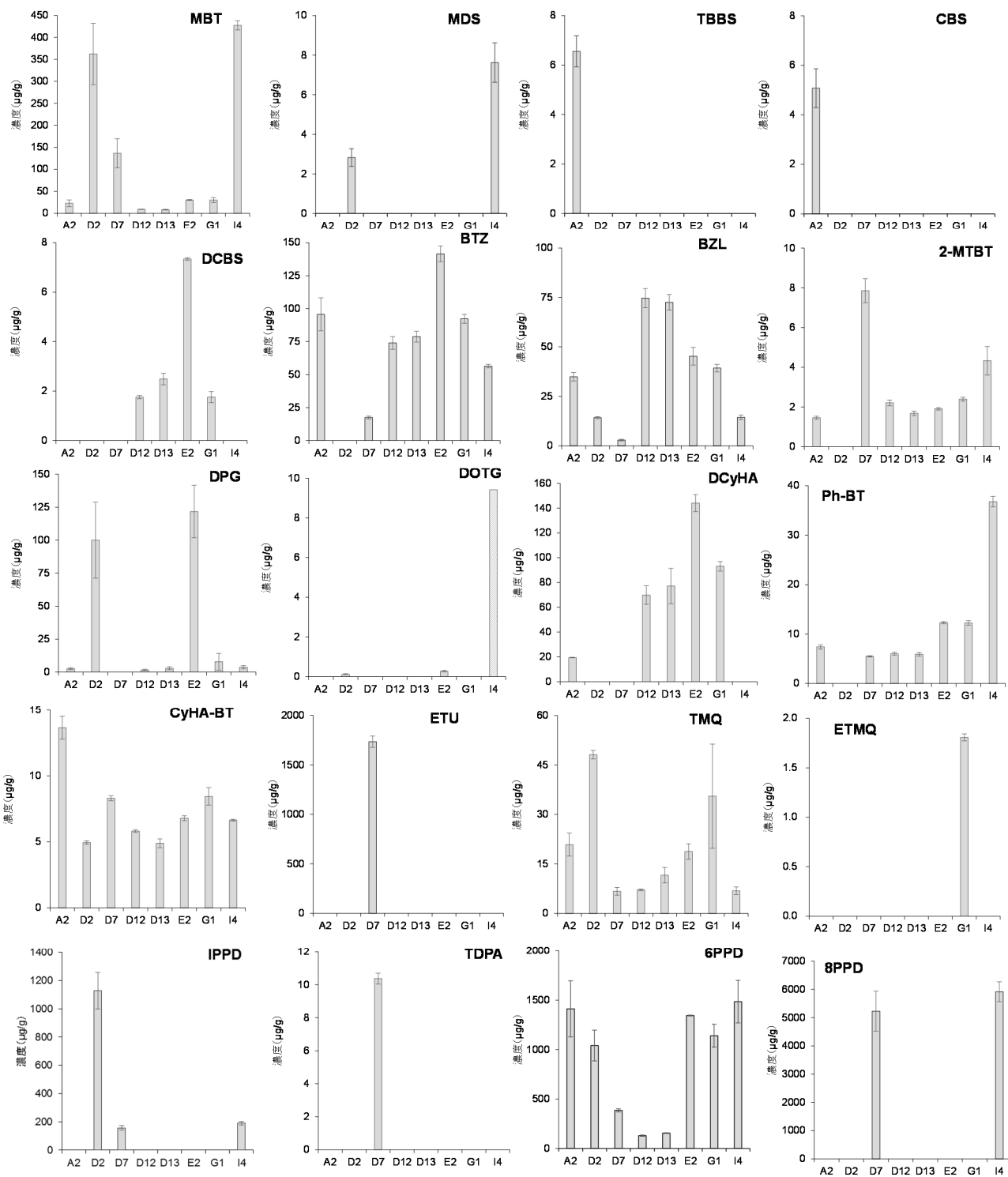


図 6. 先行研究で収集し溶出試験に使用したゴムチップ試料中のゴム添加剤等含有量
(斜線は検出数が1または2)

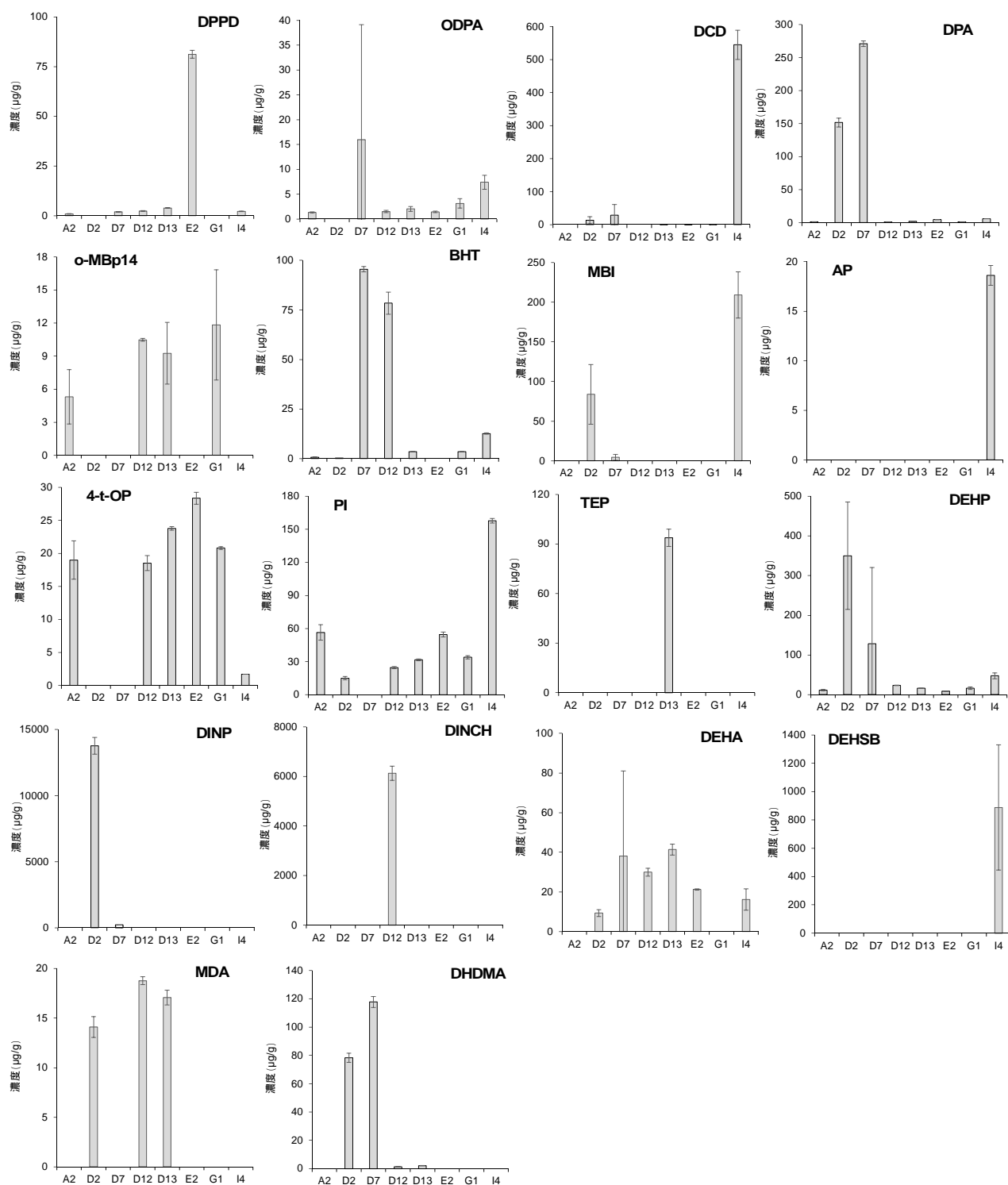


図 7. 先行研究で収集し溶出試験に使用したゴムチップ試料中のゴム添加剤等含有量
(続き)

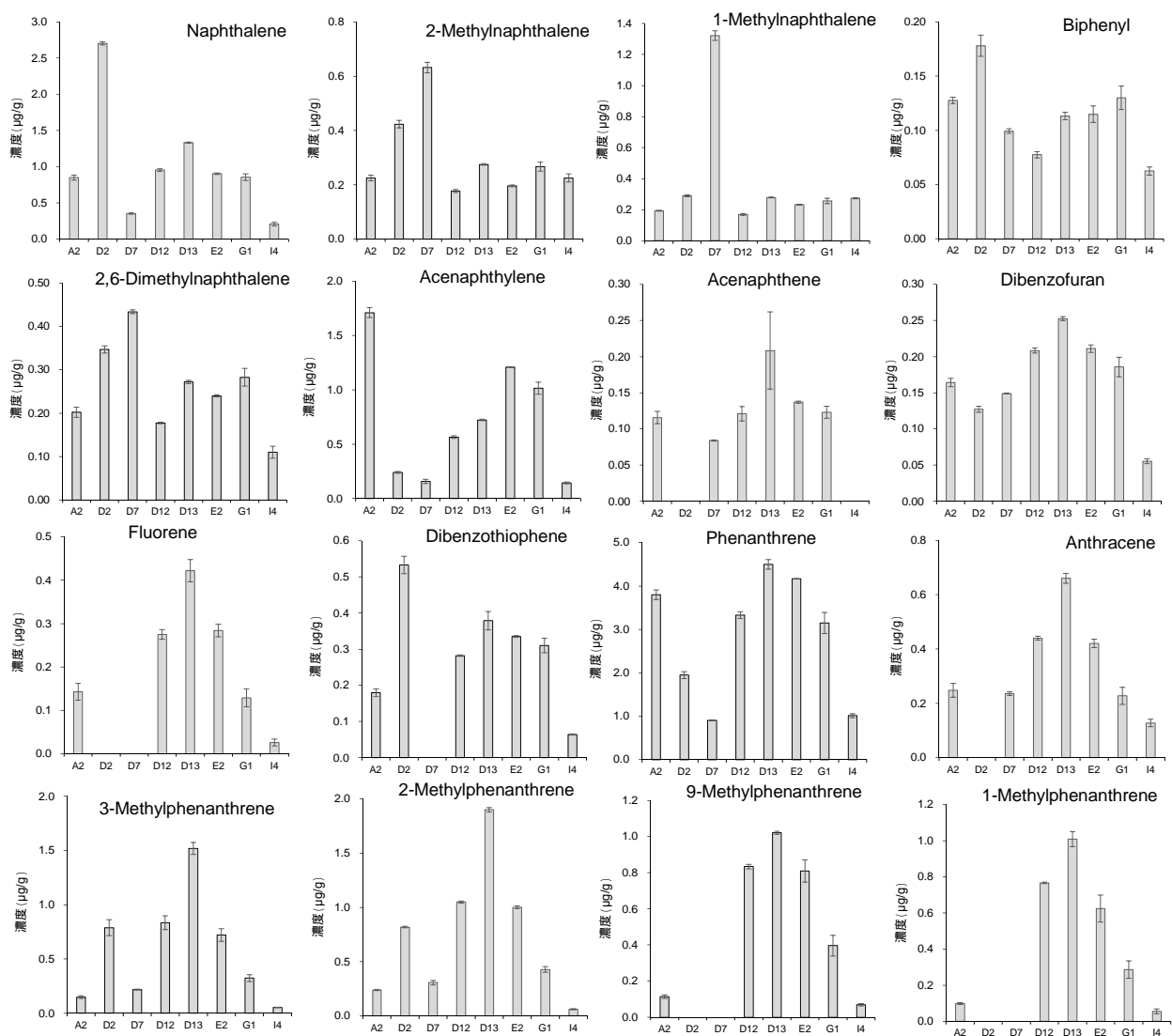


図 8. 先行研究で収集し溶出試験に使用したゴムチップ試料中の PAHs 及びその類縁化合物含有量

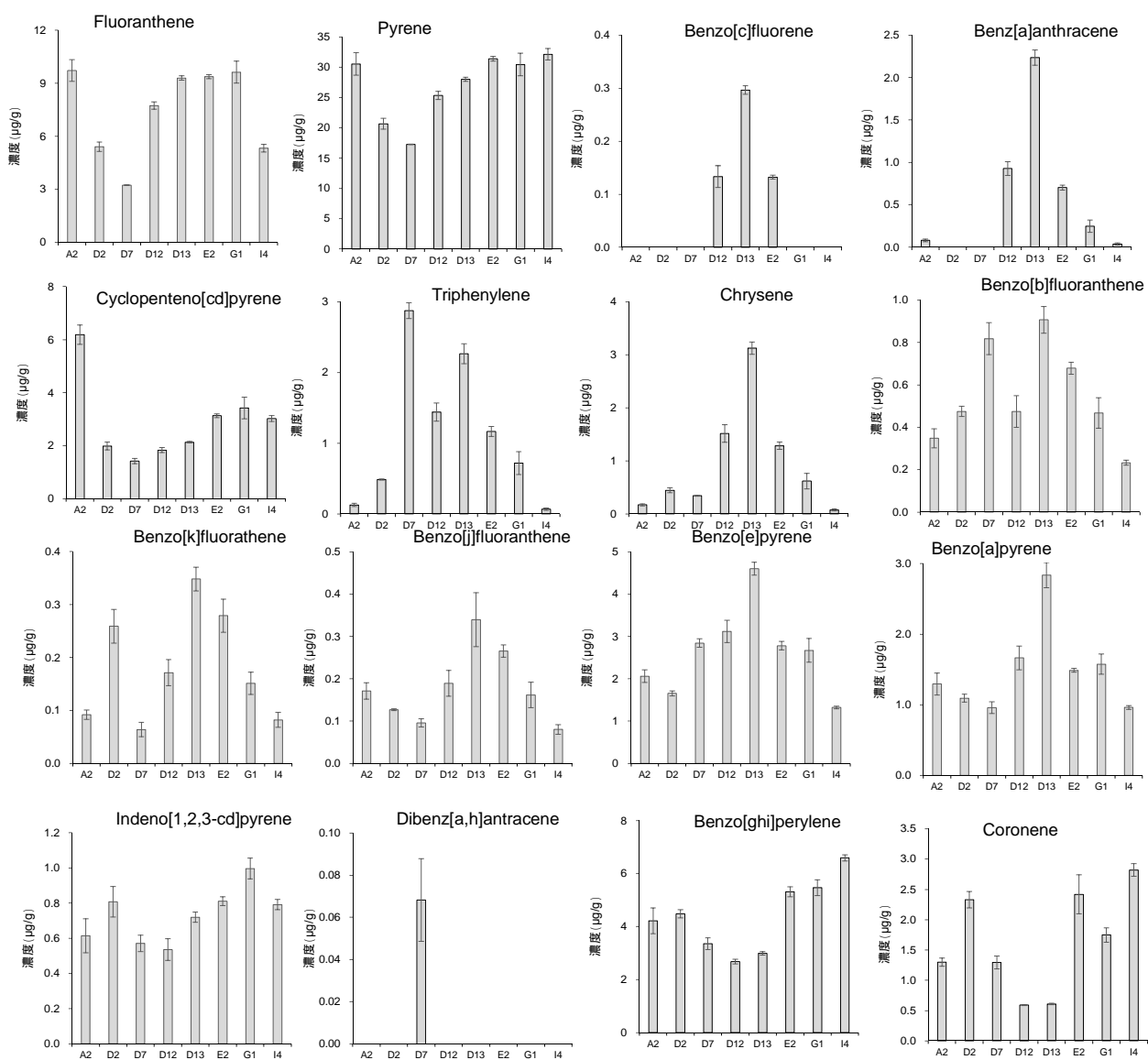


図 9. 先行研究で収集し溶出試験に使用したゴムチップ試料中の PAHs 及びその類縁化合物含有量
(続き)

厚生労働行政推進調査事業費補助金（化学物質リスク研究事業）
分担総合研究報告書

人工芝グラウンド用ゴムチップの健康リスク評価に関する研究

ゴムチップ関連物質の有害性 / 許容値評価

研究分担者	井上 薫	国立医薬品食品衛生研究所	安全性予測評価部	室長
研究協力者	吉田喜久雄	国立医薬品食品衛生研究所	安全性予測評価部	
	広瀬明彦	国立医薬品食品衛生研究所	安全性予測評価部	部長

研究要旨

国内で用いられている人工芝用ゴムチップ中の化学物質の健康リスクを評価することを目的として、既存の情報（先行研究及び欧州の関連研究報告）に基づく暫定的リスク評価及び日本人サッカー競技者を対象とした健康リスク評価を実施した。はじめに、先行研究により発がん性の懸念ありとされた 37 物質を対象に、米国有害物質疾病登録局（ATSDR）、日本産業衛生学会の許容濃度等の勧告等を対象に調査し、31 物質の許容濃度や参照用量等を得た。また、後に行う曝露量推定の参考とするため、ノルウェー及びオランダにより報告された人工芝ゴムチップ関連物質の曝露シナリオや曝露量の推定法について調査し、情報を得た。さらに、暫定リスク評価を実施するため、ノルウェーの曝露シナリオ及び先行研究により得たゴムチップ中多環芳香族炭化水素類（PAHs）16 化合物の濃度データを利用し、大人への経皮曝露を想定した曝露量推定と発がんリスク評価を実施した結果、各物質の発がんリスクは 10^{-5} より十分に低いことを確認した。国内運動場で使用されているゴムチップ中に含まれる揮発性有機化合物（VOCs）、金属、準揮発性有機化合物（SVOCs）に関するリスク評価については、まず、対象物質の経口及び吸入経路各々の許容値について調査した。本研究でのサッカー競技者を想定した曝露シナリオは、対象とする競技者を小学生（低学年または高学年）、中学生、高校生、大学生および大人の 6 年齢群と設定し、各年齢群の体重、年間活動日数、一日当たりの活動時間、年間の総活動時間等を設定した。曝露量として、他の分担研究により得た測定値を用いて、平均一日経口摂取量及び平均一日経皮摂取量並びに平均一日曝露濃度を求めた。許容値が得られた物質については、曝露量が許容値より十分低いことを確認するため、各曝露量を許容値で除してハザード比を求めた。今回、人工芝グラウンドのゴムチップに関連する測定値、及び先行研究で用いたゴムチップ製品の測定値を用いた解析では、許容値を得られたほぼ全ての物質は、いずれの曝露シナリオにおいてもハザード比は 1 未満であった。また、一部の曝露シナリオでハザード比が 1 を超えた物質についても、より現実的なシナリオによる評価あるいは毒性機序等に基づく検討の結果、これらの化学物質が日本人サッカー競技者に対し健康影響を及ぼす可能性は低いと判断した。以上より、

評価対象とした化学物質のうち、許容値を得ることができた人工芝ゴムチップ由来化学物質については、日本人サッカー競技者に対し、発がん性や刺激性を含む健康リスクに関する懸念は十分低いことが確認できた。なお、許容値を得ることができなかった対象物質については、リスク評価の対象外とした。

A．研究目的

国内で用いられている人工芝用ゴムチップ中の化学物質の健康リスクを評価することを目的として、平成29年度は、リスク評価に必要な情報を得るために、先行研究により「発がん性の懸念あり」と判断された37物質を対象に、耐容一日摂取量等を調査した。また、一部の物質については、試験的に既存の曝露情報から暫定リスク評価を行った。平成30年度は、日本人サッカー競技者を対象とした独自の年齢群別曝露シナリオを設定し、先行研究で用いたゴムチップ製品及び国内運動場において実際に使われているゴムチップに含まれる物質について曝露量を求め、それらの値を許容濃度や参照用量及び実質安全量等（以下、許容値）と比較することにより、人工芝用ゴムチップ中の化学物質に関する健康リスク評価を実施した。

B．研究方法

1．耐容一日摂取量等の調査

先行研究において、人工芝グラウンドで検出される、あるいは検出される可能性のある126物質について、それらの健康有害性情報を収集し、主に発がん性について評価結果を分類した。その結果、37物質(29%)が「発がん性に関して懸念あり」判断された。本研究では、これら37物質を対象に、

国内外のリスク評価機関等から公表されている耐容一日摂取量等を調査した。

調査の対象とした情報源は、以下の通り：

- ・米国産業衛生専門官会議（American Conference of Governmental Industrial Hygienists, ACGHI）
- ・米国有害物質疾病登録局（ATSDR）
- ・米国環境保護庁（EPA）
- ・FAO/WHO合同食品添加物専門家委員会(FAO/WHO Joint Expert Committee on Food Additives, JECFA)
- ・FAO/WHO合同残留農薬専門家会議（JMPR）
- ・日本産業衛生学会（2017年度）許容濃度等の勧告
- ・食品安全委員会

2．海外のリスク評価機関における人工芝ゴムチップ関連物質の曝露量推定法に関する調査

現時点で入手可能な人工芝ゴムチップ関連物質の曝露量推定に関する既存の報告書は、オランダ国立公衆健康環境研究所（RIVM）による報告書 Assessment of the product limit for PAHs in rubber articles

The case of shock-absorbing tiles (RIVM Report 2016-0184)とノルウェー公衆衛生研究所及びラジウム病院による報告書 Artificial turf pitches – an assessment of the health risks for football players

(2016)がある。本研究では、人工芝グラウンドにおいて運動した場合の曝露シナリオ及び曝露量推定法について各々の報告書から情報収集した。

3．ゴムチップ中多環芳香族炭化水素類 (PAHs) 濃度に基づく暫定リスク評価

先行研究において、国内で流通している人工芝用ゴムチップを入手し、金属類、多環芳香族炭化水素類 (PAHs)、ゴム添加剤及び揮発性有機化合物 (VOCs) 等の分析を行い、ゴムチップ中の各種化合物濃度を測定した。本研究では、ノルウェーの報告書に基づき検討した結果、先行研究で得たゴムチップ中濃度のうち、PAHsについては経皮曝露を想定した曝露量の推定が試験的に可能であると判断し、曝露量の推定及び発がんリスク評価を暫定的に実施した。本検索では、先行研究において「発がん性の懸念あり」と判断された37物質に含まれ、ゴムチップ中濃度の測定値が報告された16種のPAHsを対象とした。PAHsのゴムチップ中濃度データは、先行研究で測定された濃度の最大値を用いた。また、曝露シナリオは、ノルウェーにより報告された経皮曝露によるシナリオ5を用いた。シナリオ5は、室内サッカー場で体重70 kgの成人(曝露皮膚面積 7100 cm²) が1回4時間のトレーニングを週5回、1回6時間の試合を週1回、年間6か月実施した場合を想定している。その他、曝露量推定のために考慮すべき項目についても、ノルウェーの報告書を参考にし、皮膚上に沈着する粒子/ダスト: 1 mg/cm²、週当たりの粒子/ダストへの曝露量: 7100 cm²/回 × 1 mg/cm² × 6回 = 42600 mg粒状ゴム/週、体重 1 kg当たりの粒子/ダストへの曝露量/

週: 42600 mg粒状ゴム/週 ÷ 70 kg = 608 mg/kg/週、体重1 kg当たりの粒子/ダストへの曝露量/日: 608 mg/kg/週 ÷ 7日/週 = 87 mg 粒子ゴム/kg/日、最大溶出係数: 粒子ゴム重量の0.06%として計算した。発がんリスクについては、今回の検索対象化合物の一つであるベンゾ[a]ピレンに関するEPAの最新の評価書Toxicological Review of Benzo[a]pyrene (2017)を参照し、年齢(16歳以上)及び競技人生(20年と仮定)を考慮して計算し、10⁻⁵リスクとの比較を行った。

4．リスク評価の対象とする物質の許容値の調査

各運動場から得たゴムチップサンプルを用いた解析及び先行研究による解析において、ゴムチップ中あるいは空気中の濃度の分析対象とした物質について、許容値の調査を実施した。調査は、経口及び吸入経路各々の許容値について、米国有害物質疾病登録局(ATSDR)、米国産業衛生専門家会議(ACGIH)、米国環境保護庁(EPA)、日本産業衛生学会の公表情報を中心に行い、情報収集した。対象とした物質には、先行研究により発がん性の懸念ありとされた37物質も含まれていたため、既に調査した許容値も活用した。

5．日本人向け曝露シナリオの設定

日本人のサッカー競技者を対象とした独自の曝露シナリオを設定するため、はじめに、曝露評価の対象とする競技者を小学生(低学年)、小学生(高学年)、中学生、高校生、大学生および大人の6年齢群と設定した。対応する年齢はそれぞれ、6~9歳、9~12歳、12~15歳、15~18歳、18~22歳お

よび 22～35 歳となる。次に、各年齢群における体重、年間活動日数、一日当たりの活動時間、年間の総活動時間、呼吸量（平均呼吸量及び活動時の呼吸量）、ゴムチップ由来の PM₁₀ 濃度、人工芝との接触皮膚面積、活動時の皮膚へのゴム粒子付着量、ゴム粒子の直接経口摂取量について、公表されている情報を調査・収集した。得られた情報に基づき、各年齢群の曝露シナリオを設定した。この曝露シナリオは、各経路から曝露された対象物質が 100%吸収されると仮定する等、条件を過剰に見積もり、安全側のリスク評価が可能となるよう設定した。

6．曝露量計算及びハザード比の算出

曝露量の計算は、経口、経皮、吸入経路毎に行った。経口経路の場合は平均一日経口摂取量、経皮曝露の場合は平均一日経皮摂取量、吸入曝露の場合は平均一日曝露濃度を求めた。各摂取量あるいは曝露濃度の計算式は以下の通り。

- ・平均一日経口摂取量($\mu\text{g/kg bw/day}$) = 活動時のゴム粒子の直接経口摂取量(g/day) × ゴム粒子からの最大溶出量($\mu\text{g/g}$) / 体重(kg bw) × 年間活動日数(day) / 年間の日数(day)
- ・平均一日経皮摂取量($\mu\text{g/kg bw/day}$) = 活動時の皮膚へのゴム粒子付着量(g/day) × ゴム粒子からの最大溶出量(汗)($\mu\text{g/g}$) / 体重(kg bw) × 年間活動日数(day) / 年間の日数(day)
- ・平均一日曝露濃度($\mu\text{g/m}^3$) = グラウンド上の空気中最大濃度($\mu\text{g/m}^3$) × 運動時呼吸量(m^3/hr) × 年間の総活動時間(hr) / 平均呼吸量(m^3/hr) / 年間の総時間(hr)

経口及び経皮曝露の場合は、各運動場から得たゴムチップサンプルから各物質が唾液、胃液及び腸液(経口)あるいは汗(経皮)へ溶出した量のうち、最大値を用いた。また、吸入曝露の場合は、各運動場から得たゴムチップサンプルの全量解析により得た濃度測定値(空気中濃度 $\mu\text{g/m}^3$: 20 の場合)のうち、最大値を用いた。また、濃度が定量下限値未満あるいは不検出で特定の数値を測定できなかった場合は、各物質の全量解析あるいは溶出試験における定量下限値を曝露量計算に用いた。

各計算における最大溶出濃度またはグラウンド上の空気中最大濃度以外の項目は、前述の年齢群毎の日本人サッカー競技者における曝露シナリオ設定で得た数値を用いた。

なお、本研究で設定した日本人の曝露シナリオによる曝露量計算の前に、RIVM (2007)により報告されたオランダ人サッカー競技者の人工芝ゴムチップの曝露シナリオに基づく曝露量の試算を行うことにより、曝露量計算方法の確認及びオランダ人シナリオに基づくリスク評価を行った。その結果、計算方法の妥当性を確認でき、オランダ人シナリオに基づいた場合は、各分析対象物質のリスクの懸念はないことを確認することができた。

○揮発性有機化合物 (VOCs)

揮発性有機化合物 (VOCs)は揮発した当該物質を吸入することによりヒトが曝露されるため、吸入経路による曝露シナリオに基づき曝露量計算(平均一日曝露濃度の算出)を行った。曝露量計算には、各運動場における各物質の測定値(空気中濃度 $\mu\text{g/m}^3$:

20 の場合)のうち、最大値を用いて計算した。また、濃度が定量下限値未満で特定の数値を測定できなかった場合は、各物質の定量下限値を曝露量計算に用いた。なお、VOCs は空气中に揮発しない限りはヒトに曝露されないと考えられるため、先行研究で測定したゴムチップ中濃度のデータは曝露量の計算には用いなかった。許容値が得られた物質については、平均一日曝露濃度が許容値より十分低いことを確認するため、平均一日曝露濃度を許容値で除してハザード比を求めた。このとき用いた許容値は、収集した中で最も低い値を採用した。また、許容値が労働者曝露のために設定されたものであった場合(例: ACGIH の TLV-TWA、日本産業衛生学会の許容値)は、週 5 日 8 時間労働という条件下での許容値となるため、週 7 日 24 時間曝露と仮定した場合の一日当たりの値に換算し、健康な成人労働者と乳幼児や高齢者を含む一般人の間の影響への感受性の個人差の不確実性を考慮した係数 10 で除した値を、許容値として扱いハザード比を求めた。許容値が得られなかった物質については、平均一日曝露濃度を求めた。

○金属、準揮発性有機化合物 (SVOCs)

金属、準揮発性有機化合物 (SVOCs)は、経口、経皮、吸入すべての経路からヒトに曝露されるため、各々の経路の曝露シナリオに基づき曝露量計算(平均一日曝露濃度あるいは平均一日摂取量の算出)を行った。許容値が得られた物質については、リスク評価のために、VOCs と同様に、平均一日経口/経皮摂取量または平均一日曝露濃度を許容値で除してハザード比を求めた。この

とき用いた許容値は、収集した中で最も低い値を採用した。経皮経路の許容値については、多くの物質について既存の許容値がないため、経口経路の許容値を適用した。また、許容値が得られなかった物質については、平均一日曝露濃度を求めた。金属、SVOCs については、先行研究で得たゴムチップ製品サンプルを用いた全量分析または溶出試験により得た各物質の濃度を用いて、運動場サンプルと同様の曝露量計算及びハザード比の算出を行った。

○特定の物質について

・白血病あるいはリンパ腫を誘発することが知られる物質

オランダ RIVM の報告書において、白血病及びリンパ腫を誘発するスチレン、ベンゼン、2-メルカプトベンゾチアゾールについて言及しており、人工芝ゴムチップに由来するいずれの VOCs とこれら腫瘍発生について関連はないと結論づけている。本研究において、スチレン、ベンゼン、2-メルカプトベンゾチアゾールについて、解析対象としている。また、1,3-ブタジエンについても解析対象としているが、本物質もヒトに白血病を誘発することが知られる。そこで、本研究では、過剰発がん率が 10^{-5} の実質安全量(Virtually Safe Dose, VSD)と本研究で得られた上記物質の吸入曝露量とのハザード比を求め、当該腫瘍の発がん性に関するリスク評価を行った。

過剰発がん率が 10^{-5} の VSD については、米国 EPA の Integrated Risk Information System (IRIS) 及び米国ミシガン州の MDEQ (Michigan Department of Environment, Great Lakes, and Energy)

が公表している CHEMICAL UPDATE WORKSHEET(Revision Date: September 16, 2015) を調査した。VSD を得られなかった場合は、ユニットリスク UR(ある有害物質の単位曝露量 (吸入曝露では $1\mu\text{g}/\text{m}^3$) にヒトが生涯にわたって曝露されたときに被ると思われる 特定の健康被害の起こる確率) を調査し、 10^{-5} を UR で除すことにより VSD を求めた。そして、本研究で得られた対象物質の平均一日曝露濃度を、得られた VSD で除し、ハザード比を求めた。本来、発がんリスクを評価する場合は、生涯平均一日曝露濃度 (一生 70 年とする) を求めてハザード比を導出するが、本研究では、サッカーは一生 生涯しないこと、生涯平均一日曝露濃度は平均一日曝露濃度よりも小さくなることから、ハザード比の導出には本研究で得られた平均一日曝露濃度を用いた。

・水銀

先行研究におけるゴムチップ製品中の濃度分析において、材質がエチレン・プロピレン・ジエンゴム (EPDM) であったサンプルから水銀が比較的高濃度で検出された。そこで、EPDM に含まれる水銀の最高濃度 ($0.064\mu\text{g}/\text{g}$: 先行研究報告書 25 ページ表 6 より) を用いて、経口、経皮、吸入経路の曝露量計算を行った。経口及び経皮経路については、溶出試験による測定値が必要であるが、先行研究のゴムチップ製品を用いた全量分析により検出できた水銀量が微量であったため、溶出試験を実施しても検出されないと判断し、溶出試験は実施しなかった。したがって、経口及び経皮経路の曝露量の計算には、ゴムチップから全量溶出したと仮定して、全量分析の測定値である

$0.064\mu\text{g}/\text{g}$ を用いた。また、他の物質と同様、平均一日曝露量等を許容値で除して、各経路の曝露によるハザード比を求めた。

・刺激性物質

ECHA による報告書 AN EVALUATION OF THE POSSIBLE HEALTH RISKS OF RECYCLED RUBBER GRANULES USED AS INFILL IN SYNTHETIC TURF SPORTS FIELDS (2017) において、室内競技場ではゴムチップから放散する VOCs の濃度は気道・目・皮膚に対する刺激性を示す可能性があることが報告されており、物質例としてメチルイソブチルケトン、ホルムアルデヒド、アセトンが挙げられていた。そこで、本研究では、刺激性が懸念される上記 3 物質及びベンゾチアゾール、2-メルカプトベンゾチアゾールを対象物質に、刺激性に関するリスク評価を試みた。具体的には、各運動場にて測定された対象 5 物質の空气中濃度のうち最大値を確認した。また、刺激性を評価するための許容値である the Protective Action Criteria (PAC)* 値を各物質について調べ、各物質の最大空气中濃度を PAC-1 値で除したハザード比を求めた。

*米国エネルギー省 (DOE) の OFFICE of ENVIRONMENT, HEALTH, SAFETY & SECURITY が公表。事故等で突発的な有害化学物質の曝露事象が生じた場合、緊急対応として適切な防護措置を講じることができるよう設定された化学的防護基準値 (PAC)。PAC には、急性曝露ガイドラインレベル (AEGL)、緊急時対応計画ガイドライン (ERPG)、一時的緊急曝露限界レベル (TEEL) があり、本研究で

調査した PAC-1 値は、AEGL-1、ERPG-1、or TEEL-1 に基づく。PAC-1 値は、大気中濃度 (ppm または mg/m³) で示され、その値を超えると、感受性が高い人を含む一般人が、著しい不快感、刺激性または無症候で自覚しないレベルの影響を受けると考えられている。ただし、PAC-1 のレベルでは、人に認められる影響は一時的で可逆性がある。

以上の各物質に関する検討において、ハザード比が 1 を超えた物質については、より現実的なシナリオによる評価あるいは毒性機序等に基づいた詳細評価を行うこととした。

(倫理面への配慮)

本研究に、研究対象者に対する人権擁護上の配慮、不利益・危険性の排除や説明と同意(インフォームド・コンセント)への対応及び実験動物に対する動物愛護上の配慮等を必要とする内容は含まれていない。

C . 研究結果

1 . 耐容一日摂取量等の調査

調査結果を表1に示す。先行研究で発がん性に関し「懸念あり」と判断された37物質について調査した結果、産業衛生上の許容濃度 (ACGIHのTLV-TWA及び日本産業衛生学会の許容濃度等)を確認できたのは、14物質であった。また、経口または吸入経路の亜慢性～慢性曝露による反復投与毒性試験等の無毒性量等を根拠とした最小リスクレベル(MRL)あるいは参照用量/濃度(Reference dose, RfD または Reference concentration, RfC)等を調査した結果、対象とした情報源から37物質中31物質につい

て情報を得ることができた。ベンツ[a]アントラセン、ベンゾ[a]ピレン、ベンゾ[b]フルオランテン、ベンゾ[e]ピレン、ベンゾ[ghi]ペリレン、ベンゾ[k]フルオランテン、クリセン、フルオランテン、フルオレン、フェナントレン、ピレン、ベンゾ[j]フルオランテンについては、ATSDRにおいては多環芳香族炭化水素類 (PAHs)として一括して許容値が示されていた。MRLあるいはRfD/RfCについては、多くが非発がん影響を根拠とした無毒性量等を基に設定されていた。今回の調査で許容値の情報が得られなかったのは、6物質であった。

2 . 海外のリスク評価機関における人工芝ゴムチップ関連物質の曝露量推定法に関する調査

オランダ国立公衆健康環境研究所 (RIVM)による報告書 Assessment of the product limit for PAHs in rubber articles The case of shock-absorbing tiles (RIVM Report 2016-0184)

本報告書では、子供(2～12歳)を対象として、主に多環芳香族炭化水素類の経皮及び経口曝露によるシナリオ及び曝露量の推定が報告されていた。経皮曝露については、競技場のゴムタイルからのPAHへの子供の外部及び内部皮膚曝露量を導出するために3種の方法を比較し、拡散法が最も概念的に現実的なモデルであると判断していた。本報告書では、拡散法による曝露量評価は、ConsExpo(ソフトウェア)に搭載された皮膚拡散モデルにより、ゴムチップの皮膚への接触による経皮曝露を想定したPAH量の推定 (Delmaarら, 2005) が可能としてい

る。拡散法を用いた経皮曝露の計算は、タイルとの接触期間、タイル中のPAHの拡散係数、接触面積およびタイルの厚みに関する情報を必要とすることが示されていた。本報告書における曝露量計算に用いた各パラメーターは、以下の通り。

- ・ゴムタイル中PAH濃度:0.8、4、8 mg/kg
- ・競技場を訪問する頻度と期間：週5日、一日2時間（全年齢群に対して）。直接の皮膚接触は手（両素手）と仮定し、年間を通して261日、さらに気温20度を超える日数の平均93日間は、素足と脚も皮膚接触することを想定した。
- ・手、足、脚との接触時間：7.2分/時間（手または脚とタイルの接触時間）
- ・接触面積：11-13歳（体重44.8 kg）の場合、手0.064、脚0.421、足0.095 m²。ただし、曝露量計算の際は、実際のゴムチップとの接触部位が明らかではないので2で割る。
- ・タイルの厚さ：40 mm
- ・タイル中のPAHs拡散係数：10⁻¹¹ m²/s
- ・経皮吸収率：20%

経口曝露については、5歳までの子供に起こりうる曝露の要因として、経皮曝露後に手の皮膚上に存在するPAHの手から口への移動により起こる可能性を含めた検討をしていた。また、曝露量計算に必要なパラメーターについては、経口吸収率：30%、手から口への移行率：50%としていた。

一方、吸入曝露については、PAHsの揮発に関する情報が限定的であること、ノルウェーの研究により室内運動場での粒状ゴムから揮発するベンゾ[a]ピレン（BaP）の屋内空气中濃度がBaPの屋内空气中濃度限界

より低いことが明らかになったこと等を根拠に、吸入経路（粒子に結合したPAHの吸入を含む）を評価から除外していた。

経皮及び経口曝露の場合の、上記各パラメーターを用いた各年齢群におけるPAH曝露量の推定結果については、表2の通りであった。

ノルウェー公衆衛生研究所及びラジウム病院による報告書Artificial turf pitches – an assessment of the health risks for football players(2016)

本報告書からは、主に曝露シナリオについて情報を収集した。

ノルウェーの研究では、曝露経路毎（経皮、吸入及び経口）によるシナリオが設定されていた。さらに、人工芝グラウンドでのトレーニング・セッションと試合に対して、年齢群毎に4種類のシナリオタイプ：大人（20歳以上）、ジュニア（16～19歳）、年長の子供（12～15歳）および子供（7～11歳）が用いられた。曝露時間と活動の種類（トレーニングまたは試合）は、ノルウェー国内の4か所のスポーツホールで得られた情報に基づいていた。子供については、調査した競技場の使用状況に基づき、試合及びトレーニングをするパターンとトーナメント方式で試合をするパターンが示されていた。

ノルウェーの曝露シナリオ 12 パターンを表3に示す。吸入経路については、シナリオ1～4bの計5種が報告されていた。吸入容積は、トレーニング及び試合中の最も激しい運動を想定し設定されていた。経皮曝露（皮膚接触）については、シナリオ5～8bの計5種が報告されていた。各年齢群の曝露皮膚面積は、大人が曝露される皮膚面

積を：足（2070 cm² の 25%）、腿（1980 cm²）、腕（2570 cm²）、手（840 cm²）、頭（顔，1180 cm²）、全体で約 7100 cm² とし、体表面積が体重とほぼ相関すると仮定した場合の数値が用いられていた。また、皮膚からの吸収率は、より低い皮膚取り込みレベルが妥当（例えば、フタル酸エステルの場合 5%）という明確な証拠がない場合は、100% 吸収されるというワーストケースが用いられていた。経皮曝露量の計算に必要な皮膚上に沈着した粒子の量（mg/cm²）については、1.0 mg/cm² としていた。経口摂取については、シナリオ 9a および 9b の計 2 種が報告されていた。これらは、子供が試合又はトレーニング中に口に入った 1 g のゴムチップを噛んで飲み込み、100% が消化器官で吸収されたと仮定したシナリオであった。

3．ゴムチップ中多環芳香族炭化水素類（PAHs）濃度に基づく暫定リスク評価

ノルウェーにより報告された経皮曝露による曝露シナリオ 5 を用い、先行研究において「発がん性の懸念あり」と判断された PAHs 16 物質を対象に、経皮曝露を想定した曝露量の推定を試験的に実施した。その結果を表 4 に示す。各化学物質の推定曝露量（ng/kg BW/day）は、0.016（ベンゾ[c]フルオレン）～1.957（ピレン）であった。また、年齢を考慮した発がんリスクは、最大で 2.8×10^{-7} （ピレン）、IARC による発がん分類が 1 であるベンゾ[a]ピレンは 2.1×10^{-8} であった。また、全物質の発がんリスクの合計は 7.0×10^{-7} であった。これらの値は、 10^{-5} 発がんリスクより十分低かった。

4．リスク評価の対象とする物質の許容値の調査

VOCs は、測定対象とした 53 化合物のうち分離測定できない *m*-キシレンと *p*-キシレン、及び 3-エチルトルエンと 4-エチルトルエンについては、それぞれをまとめて 1 化合物として扱った。金属類は、測定対象とした 28 元素のうち、人工芝グラウンドから採取したゴムチップ試料から検出できた 20 元素に As、Se を加えた 22 元素の許容値を調査した。PAHs を含む SVOCs は、測定対象とした 74 化合物すべてについて調査した。各物質の許容値の調査をした結果、許容値が得られた物質は、VOCs については 51 化合物中 34 化合物、PAHs は 32 化合物中 20 化合物、ゴム添加剤等は 42 化合物中 8 化合物、金属類は 22 元素中 17 元素であった。各物質における経口及び吸入経路の許容値のうち最小の値を、後述するハザード比の導出に用いた。

5．日本人向け曝露シナリオの設定

1）体重

経口および経皮経由の化学物質の摂取量を推定する際に使用する体重は、平成 29 年国民健康・栄養調査（厚生労働省，2018）の結果から上記年齢群に属する各年齢の男女の平均体重の 25 パーセントイルの平均値とした。設定した年齢群別の体重を表 5 に示す。

2）年間活動日数と 1 日当たりの活動時間

(1) 小学生（低学年）

この年齢群に関しては、年間の活動（練習・試合）日数について、まとまった情報が無かったため、国内の小学校低学年を対象

としたサッカースクール等のホームページを調査した。15 か所のサッカークラブ等における 1 週間当たりの練習日数、1 日当たりの練習時間に関する情報を収集した結果、練習頻度は週 1~3 日または月 3~11 回、1 日当たり 1~4 時間、年間の総活動時間は 36~442 時間であることがわかった。したがって、本研究では、調査した中で年間の総時間が最も長い数値を示したサッカースクールの練習条件を採用した。その結果、本年齢群の練習頻度を週 3 回、1 日当たりの活動時間を 2.83 時間(8.5 時間/3 日/週)、年間の活動(練習・試合)時間については 442 時間とした。

(2) 小学生(高学年)

年間の活動(練習・試合)日数は、下記のように 1 週間当たり 4 回の練習回数を設定したことから、208 日(=52 週/年×4 日/週)と仮定した。

木村ら(2011)によれば、1 週間当たりの練習回数は 4 回以上と回答者の 6%超が答え、1 回の練習時間を 4 時間以上と回答者の約 25%が答えたと報告されていることから、1 週間当たりの活動日数を 4 日、1 日当たりの最大活動時間を 4 時間とした。

(3) 中学生

年間の活動(練習・試合)日数は、日曜日(計 52 日) 夏休み 3 日および年末年始休暇 4 日の計 59 日を除く 306 日と仮定した。

日本スポーツ振興センター(2010)により、1 週間当たりの活動日数は 6 日、1 日当たりの最大活動時間は平日で 2~3 時間、休日で 4~5 時間と報告されていることから、1 日当たりの最大活動時間を平日で 3 時間、休日で 5 時間とし、土日を除く平日の日数(261 日)と土曜日の日数(52 日)の時間

加重平均値(3.33 時間)を活動日の平均活動時間とした。

なお、木村ら(2011)によれば、1 週間当たりの練習回数を 4 回以上と回答者の 90%超が答え、1 回の練習時間を 4 時間以上と回答者の 17%が答えたと報告されている。

(4) 高校生

年間の活動(練習・試合)日数は、日曜日(計 52 日) 夏休み 3 日および年末年始休暇 4 日の計 59 日を除く 306 日と仮定した。

日本スポーツ振興センター(2010)により、1 週間当たりの活動日数は 6 日、1 日当たりの最大活動時間は平日で 4 時間以上、休日で 5 時間以上と報告されていることから、1 日当たりの最大活動時間を平日で 4 時間、休日で 5 時間とし、土日を除く平日の日数(261 日)と土曜日の日数(52 日)の時間加重平均値(4.17 時間)を活動日の平均活動時間とした。

なお、蘆田と古満(2016)によれば、平均練習時間は平日で約 3 時間、休日で約 5 時間であったと報告されている。

(5) 大学生

年間の活動(練習・試合)日数は、日曜日(計 52 日) 夏休み 3 日および年末年始休暇 4 日の計 59 日を除く 306 日と仮定した。

アスリートプランニング(2015)により、アンケートに回答した学生の 85%が 1 週間当たりの活動日数を 6 日と回答し、さらに、84%の学生が 1 日当たりの練習時間は 4 時間以内と回答したと報告されていることから、1 日当たりの最大活動時間を 4 時間とした。

(6) 大人

年間の活動(練習・試合)日数は、日曜日(計 52 日) 夏休み 3 日および年末年始休

暇 4 日の計 59 日を除く 306 日と仮定した。

プロサッカー選手について、松山ら (2015) により、1 日当たりの練習時間は 2.5 時間と報告されていることから、1 日当たりの最大活動時間を 2.5 時間とした。

各年齢群の年間の総活動時間は、年間活動日数と 1 日当たりの活動時間の積として計算した。設定した年齢群別の年間活動日数、1 日当たりの活動時間および年間の総活動時間を表 6 に示す。

3) 呼吸量

(1) 平均呼吸量

各年齢群の平均呼吸量 ($\text{m}^3/\text{時}$) は、体重 70 kg の人の一日呼吸量を 20 m^3 とし、次式のように各年齢群の体重 (表 5) で補正して求めた。

$$\text{平均呼吸量} = 20 \times (\text{体重}/70)^{3/4}/24$$

(2) 活動時の呼吸量

以下に示す米国での年齢群別の高い活動時の呼吸量の 95 パーセンタイル値と体重データ (U.S. EPA, 2011) を基に上記の式により各年齢群の体重 (表 7) で補正して求めた。

Age Group, years	High Intensity, 95th percentile, m^3/h	Body weight, kg
6 ~ 11	3.54	31.8
11 ~ 16	4.20	56.8
16 ~ 21	4.38	71.6
21 ~ 31	4.56	80

4) ゴム由来の PM_{10} 濃度

人工芝競技場で日本人のプレーヤーが吸入し得るゴム由来の PM_{10} 濃度は、 $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ とした。この濃度は、ノルウェーの Manglerudhallen 屋内競技場で測定された PM_{10} 最高濃度の ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) に PM_{10} に占めるゴム由来の割合 (30%) を乗じて得られた値である (Norwegian Institute of Public Health and the Radium Hospital, 2006)。オランダの RIVM (2017) も同じ濃度を彼らのリスク評価において使用している。

5) 人工芝との接触皮膚面積

(1) 体表面積と部位別体表面積

体表面積は、平成 29 年 国民健康・栄養調査 (厚生労働省, 2018) で報告された平均と標準偏差から計算した各年齢の男女の身長と体重の 95 パーセンタイル値から、以下の藤本ら (1968a) の式で推定した。

$$S = 88.83 \times W^{0.444} \times H^{0.663}$$

ここで、 S : 体表面積 (cm^2)、 W : 体重 (kg)、 H : 身長 (cm) である。

さらに、体表面積は、藤本ら (1968b) の性年齢別体表面積小部位別比率に基づいて、頭髮部、前額部、顔面部、耳部、顎部、胸前上部、胸前下部、胸後上部、胸後下部、臀部、上腕部、前腕部、手部、大腿部、下腿部および足部の 16 部位に割り振った。

(2) 接触体表面積

接触体表面積 (cm^2) は、オランダの RIVM (2017) での曝露評価を参考に、腿部 (大腿部 + 下腿部) の 1/4 と手部および腕 (上腕部 + 前腕部) のそれぞれの 1/2 が人工芝と接触するとした。

(3) 活動時のゴム粒子付着量

接触体表面積 (cm^2) に、皮膚 1 cm^2 当たりのゴム粒子付着量 ($1 \text{ mg}/\text{cm}^2$) を乗じて、

活動時のゴム粒子付着量を計算した。1 mg/cm² は、Norwegian Institute of Public Health and the Radium Hospital (2006)の曝露評価で採用された値で、RIVM (2017)の曝露評価でも使用されている。設定した年齢群別の年接触体表面積とゴム粒子接触量を表 8 に示す。

6) ゴム粒子の直接摂取量

ゴム粒子の直接摂取量 (g) は、RIVM (2017)の曝露評価を参考に、米国での年齢群別の土壌とダストの合計量の 95 パーセントイル値とした。表 9 に設定した年齢群別のゴム粒子摂取量を示す。

以上の項目について、各年齢群別にまとめた(表 10)。以降に示す各化学物質の曝露量計算は、これらの数値を用いて行った。

曝露量計算及びハザード比の算出

○VOCs

各運動場における VOCs の最大空气中濃度(測定値)、年齢群別の平均一日曝露濃度、許容値、ハザード比を表 11 に示す。許容値が得られた物質のほとんどは、いずれの曝露シナリオ及び運動場においても、ハザード比が 1 未満であり、平均一日曝露濃度が許容値より十分低いことを確認することができた。したがって、許容値が得られたこれらの VOCs の吸入曝露により健康リスクは懸念されるレベルにはないことが確認できた。トリクロロエチレンについては、他のグラウンドに比して高濃度で検出された 1 か所のグラウンドを除き、いずれの年齢層の吸入曝露シナリオにおいても、ハザード比は 1 未満であった。一方、許容値が得られ

なかった物質については、ハザード比を求めることができず、平均一日曝露濃度を求めるに留めた。

○金属、SVOCs

曝露シナリオ毎に、各運動場における最大(溶出)濃度 (µg/g)あるいはゴムチップ製品中の最大(溶出)濃度(µg/g)、空气中濃度(µg/m³)(吸入曝露のみ)、平均一日経口/経皮摂取量または平均一日曝露濃度(吸入曝露)、許容値、ハザード比を、金属に関する結果は表 12-14(運動場サンプル)及び表 15-17(ゴムチップ製品サンプル)に、PAH に関する結果は表 18(運動場サンプル)及び表 19(ゴムチップ製品サンプル)に、ゴムチップ添加剤等に関する結果は表 20(運動場サンプル)及び表 21(ゴムチップ製品サンプル)に示す。運動場サンプル及び先行研究のゴムチップ製品サンプルに由来する測定値を用いた曝露量計算において、許容値が得られた物質の多くは、いずれの曝露シナリオ及び運動場並びにゴムチップ製品においても、ハザード比が 1 未満であり、平均一日曝露濃度が許容値より十分低いことを確認することができた。したがって、許容値が得られたほとんどの金属、SVOCs については、いずれの経路からの曝露であっても、健康リスクは懸念されるレベルにはないことが確認できた。先行研究のゴムチップ製品サンプルに由来する測定値を用いた解析において、SVOCs であるエチレンチオウレア (ETU)及び金属であるクロムについては、一部のシナリオにおいてハザード比が 1 を超えていた。ETU については、ゴムチップ製品サンプルに由来する測定値を用いた曝露量計算において、経口曝露(小

学校低学年及び高学年のみ)及び経皮曝露(全年齢群)のハザード比が1以上であった。また、クロムについては、緑色のゴムチップである一製品(C-8)に由来する測定値を用いた曝露量計算において、吸入曝露(全年齢群)のハザード比が1以上であった。ETUの経皮曝露については、この結果を受けて、経皮吸収量を勘案して曝露量を再計算した(後述)。

一方、許容値が得られなかった物質については、ハザード比を求めることができず、平均一日曝露濃度を求めるに留めた。

経皮吸収量を勘案した ETU の経皮曝露量計算及びハザード比の算出

ゴムチップ製品に由来する ETU は、経皮曝露の場合に全年齢群においてハザード比が1を超えた。前述の曝露量計算方法は、汗に溶出した化学物質を吸収率 100%で皮膚から吸収すると仮定した計算であったため、本解析においては、米国 EPA の Risk Assessment Guidance for Superfund Volume I: Human Health Evaluation Manual (Part E, Supplemental Guidance for Dermal Risk Assessment), Final (2004)で推奨されている数式(式 3.1)を改変した式を用いて、経皮吸収量の推定を行った。この式は皮膚と接触した水溶液からの有機物質の経皮吸収量の推定に適用できる。

$$DAD = \frac{DA_{event} \times EV \times EF \times SA}{BW \times AT}$$

DAD : 経皮吸収量 (mg/kg/day),
 DA_{event} : 事象毎の経皮吸収量 (mg/cm²/event),
 SA : 接触皮膚面積 (cm²),
 EV : 一日当たりの活動頻度

$(\text{events/day}), EF$: 年間活動日数 (days/year),
 BW : 体重 (kg),
 AT : 平均化時間 (365 days)

有機物質の DA_{event} は以下の式で計算する:

$$t_{event} \leq t^*$$

$$DA_{event} = 2FA \times K_p \times C_w \sqrt{\frac{6\tau_{event} \times t_{event}}{\pi}}$$

$$t_{event} > t^*$$

$$DA_{event} = FA \times K_p$$

$$\times C_w \left[\frac{t_{event}}{1+B} + 2\tau_{event} \left(\frac{1+3B+3B^2}{(1+B)^2} \right) \right]$$

FA : 吸収される水の割合 (-), K_p : 水中の物質の皮膚透過係数 (cm/hr), C_w : 水中の化学物質濃度 (mg/cm³), τ_{event} : 事象毎の遅延時間 (hr/event), t_{event} : 事象継続時間 (hr/event), t^* : 定常状態到達時間 (hr, $= 2.4 t_{event}$), B : 角質層を通過する化学物質の等価係数の真皮を通過する等価係数に対する比 (-)

有機化学物質の皮膚透過係数(K_p)は以下の式で推定できる:

$$\log K_p = -2.80 + 0.66 \log K_{ow} - 0.0056 MW$$

K_{ow} : 非イオン種のオクタノール/水分配係数 (-), MW : 分子量 (g/mole)

DA_{event} の計算に必要な他のパラメータ (FA, τ_{event}, t^*, B) も物質特異的であるが、

上記の米国 EPA の Guidance の解説に記載されている方法で計算することができる。

エチレンチオウレアについては Guidance に計算値が既に記載されていた。

CHEMICAL	Ethylenethiourea
CAS No.	96457
K_p (cm/hr)	1.7E-04
B	0.0
τ_{event} (hr)	0.37
t^* (hr)	0.88
FA	1.0

小学低学年から大人の各年齢群の事象継続時間(一日当たりの活動時間)は定常状態到達時間より長い場合、エチレンチオウレアの DA_{event} は上記の 2 式の中の下の式を使用して計算できた。

汗中のエチレンチオウレア濃度の計算

前述の推定法に従って、経皮吸収量を計算するには、水溶液(汗)中のエチレンチオウレア濃度を設定する必要がある。汗中のエチレンチオウレアの量は、皮膚に付着するゴムチップ量(2g)とその推定最大溶出濃度(10 µg/g)の積の 20 µg である。

一方、汗の量については、季節、運動量、その時の体調、個人差等があるものの；

・1200 mL：スポーツ少年団の夏期サッカー練習中の発汗量(大元の情報源：川原ら, 2002)

・1800 mL：女子サッカー(2.5 時間)(大元の情報源：中井ら, 1993)

と報告されていたため、小学低学年～中学生のサッカー活動中の発汗量を 1200 mL、高校生、大学生、大人のサッカー活動中の発

汗量を 2000 mL と仮定した。これは全身からの発汗であるので、ゴムチップと接触する可能性がある皮膚(手と腕の 1/2 + 腿部の 1/4)上の汗の量を全体表面積に対する割合で補正し、さらに、汗の水分は常に蒸発しているので、皮膚上に常に存在する汗の量を割振り量の 1/10 とした。また、20 µg のエチレンチオウレア付着量を接触皮膚上に常に存在する汗量で割った値を水溶液中濃度とした。

以上の汗中濃度を用いて、エチレンチオウレアの経皮曝露量及びハザード比を再計算した。その結果を表 22 に示す。経皮吸収率を考慮した方法による再計算の結果、エチレンチオウレアのハザード比は全年齢群においていずれも 1 未満となり、健康リスクは懸念されるレベルにはないことを確認できた。

○特定の物質について

・白血病あるいはリンパ腫を誘発することが知られる物質

スチレン、ベンゼン、1,3-ブタジエンの UR あるいは VSD は、以下の情報源から得ることができた。また、各物質の UR あるいは VSD は、以下の通りであった。

ベンゼン

https://cfpub.epa.gov/ncea/iris/iris_documents/documents/subst/0276_summary.pdf#nameddest=cancerinhal

UR=2.2×10⁻⁶ ~ 7.8×10⁻⁶ [1/(µg/m³)]

VSD at 10⁻⁵ = 10⁻⁵/2.2×10⁻⁶ ~ 10⁻⁵/7.8×10⁻⁶
= 1.28 ~ 4.55 µg/m³

スチレン

<https://www.michigan.gov/documents/deq/deq-rrd-chem->

[StyreneDatasheet_527586_7.pdf](#)

$UR=5.7 \times 10^{-7} [1/(\mu\text{g}/\text{m}^3)]$

$VSD \text{ at } 10^{-5} = 10^{-5}/5.7 \times 10^{-7} = 17.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$

1,3-ブタジエン

https://cfpub.epa.gov/ncea/iris/iris_documents/documents/subst/0139_summary.pdf

$UR=2.8 \times 10^{-4} [1/(\mu\text{g}/\text{m}^3)]$

$VSD \text{ at } 10^{-5} = 10^{-5}/2.8 \times 10^{-4} = 0.33 \mu\text{g}/\text{m}^3$

上記 3 物質の各年齢群におけるハザード比を表 23 に示す。いずれのシナリオにおいても、ハザード比は 1 未満であった。

2-メルカプトベンゾチアゾールについては、UR あるいは VSD に関する情報を得ることができなかったため、ハザード比を求めることはできなかった。

・水銀

先行研究において測定されたゴムチップ製品中の最大濃度を用いた水銀の曝露量及びハザード比を表 15-17 に示す。いずれの曝露シナリオ、投与経路においても、ハザード比は 1 より十分低く、国内のグラウンドに使用されるゴムチップ由来の水銀については、健康リスクは懸念されるレベルにはないことを確認できた。

・刺激性物質

本解析で対象とした刺激性を有する 5 物質について、各運動場において測定された各物質の空气中濃度の最大値、PAC-1 値及びハザード比を表 24 に示す。ハザード比からわかる通り、本研究で調査した運動場に

おける対象 5 物質による刺激性に関する懸念は、十分に低いことが考えられた。ホルムアルデヒドについては、国内で設定された室内濃度指針値 $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (25 の場合) とのハザード比を求めた結果、0.071 であったため、本研究において検出された空气中ホルムアルデヒド濃度は、室内濃度指針値と比べた場合であっても刺激性については懸念がないと考えられた。

D. 考察

平成29年度は、人工芝ゴムチップ中の化学物質のうち「発がん性の懸念あり」と判断された37物質に関する各種許容値及び海外機関による曝露量推定のためのシナリオ及び曝露量推定法を確認し、本研究における曝露量評価に必要な基本情報を得ることができた。また、試験的ではあるが、ゴムチップ中多環芳香族炭化水素類 (PAHs) 濃度に基づき各物質の経皮曝露量の推定及び発がんリスクの評価を行い、今後の本研究におけるリスク評価に向けた環境を整えることができた。

平成29年度に収集した許容値については、先行研究により発がん性の懸念あるとされた37物質を対象としたが、フィールド調査から得たデータに基づく曝露量推定を行った後に、リスク評価のために用いることを見込んでいた。最終的に、平成30年度は、本研究の対象としたVOCs、金属及びSVOCsについて全て調査し、合計75物質の許容値を得ることができた。収集した許容値については、ハザード比を求めてリスク評価する際に活用することができた。

海外のリスク評価機関における人工芝ゴムチップ関連物質の曝露量推定法に関する

調査においては、オランダとノルウェーによる研究報告から、曝露シナリオ等の有用な情報を得ることができた。各国の曝露量推定は、子供のみを対象としたり、小学校等の教育機関が人工芝グラウンドを多用している、あるいは寒い気候のため室内運動場を多用する環境を想定するなど、各国の事情を反映したシナリオであった。本研究では、日本独自の曝露シナリオを設定するためのアンケート調査等を実施することは困難である。体重や体表面積等、既存の日本固有データがある場合は、それらのデータを利用し、海外の曝露シナリオの一部のパラメーターの数値を置き換えて曝露量を推定する必要がある。また、米国EPAによる研究報告が公表された場合は、米国による人工芝ゴムチップ関連化学物質の曝露シナリオや曝露量推定法を調査し、本研究による曝露量推定のために最も参考になる曝露シナリオ及び曝露量の推定法を検討する必要がある。したがって、今後は、パラメーターとして活用できる既存の日本独自データを調査及び米国EPAの研究報告の内容精査を実施し、本研究独自の曝露シナリオと各経路を想定した曝露量推定法を確立する。

ゴムチップ中多環芳香族炭化水素類(PAHs)濃度に基づく暫定リスク評価については、試験的に経皮曝露による各PAHの曝露量推定を行った。先行研究で得た各PAHの最大濃度を用いたが、体格が異なるノルウェーの大人の曝露シナリオ5に基づき推定したため、推定値はおそらく日本人の実際の曝露量とは異なることが予想される。ノルウェーの報告書によると、同国における研究ではPAHsの経皮曝露による推定曝露量は、曝露シナリオ5に基づき生物利用

率 $1 \times 10^{-6} \%$ として計算した結果、 $0.87 \text{ ng/kg BW/day}$ であったと報告されている。本研究で推定した各PAHの経皮曝露量と比較したとき、ピレン以外はノルウェーの推定曝露量を下回っていた。また、発がんリスクは、米国EPAが最近公表した経口曝露によるベンゾ[a]ピレンの評価書を参考に、ベンゾ[a]ピレンのスロープファクター $1 \text{ (mg/kg/day)}^{-1}$ を全てのPAHsに適用し、さらに年齢(16歳以上)及び競技人生(20年と仮定)を考慮して計算した。今回対象とした各PAHの発がんリスク及び全PAHの発がんリスク合計は、 10^{-5} 発がんリスクより十分低いことが確認できた。経口曝露によるPAHs混合物の発がんリスクに関するSchneiderら(2002)によると、相対発がんポテンシーは、ベンゾ[a]ピレン及びベンゾ[b]フルオランセンが1に対し、ベンゾ[a]アントラセン、ベンゾ[k]フルオランセン及びベンゾ[j]フルオランセンが0.1、アントラセン、フルオランセン、クリセン、ベンゾ[ghi]ペリレンが0.01であると報告されている。また、IARCによる発がん性分類を比較したとき、ベンゾ[a]ピレンは今回対象としたPAHsの中で最も発がん性が強い。そのため、各PAHの発がん性の強さを考慮した発がんリスクを評価する必要があるが、本研究結果ではベンゾ[a]ピレンと同じ発がん性の強さを想定した結果、十分に発がんリスクは低いことが確認されたので、本研究条件下では相対発がんポテンシーを考慮する必要はないと考えられた。平成29年度は、PAHsの成人に対する経皮曝露という限られた条件下での曝露量推定及び発がんリスク評価であった。そこで、平成30年度は、その他の曝露経路及び対象とする物質を拡

大して試験的に計算した上で、フィールド調査から得たデータを用いた本研究独自の曝露シナリオと各経路を想定した曝露量推定及びリスク評価を行った。

国内の人工芝を使用した運動場から得たゴムチップサンプルの解析では、許容値を得たほとんどの対象物質については、いずれの曝露シナリオにおいても、健康リスクは懸念されるレベルにはないことを確認できた。先行研究で得たグラウンド充填前ゴムチップ製品に由来する解析対象物質についても、許容値を得ることができた多くの物質は、いずれの曝露シナリオにおいても、健康リスクは懸念されるレベルにはないことを確認できた。

一方、ハザード比が1を超えた物質については、詳細に評価した。トリクロロエチレンについては、1か所のグラウンドを除き、いずれの年齢層の吸入曝露シナリオにおいても、ハザード比は1未満であった。一方、他のグラウンドに比して高濃度で検出された1か所のグラウンドについては、小学校高学年～大学生を想定した吸入曝露シナリオにおいて、ハザード比が1をわずかに超えたが（USEPAがIRISにより設定したRfCを元に許容値を 0.002 mg/m^3 と設定し、小学校高学年～大学生それぞれの曝露濃度（ $\mu\text{g/m}^3$ ）を2.5、2.3、2.5、2.4と推計した場合）このグラウンドについては、バックグラウンドとして測定したグラウンド外の大気中トリクロロエチレン濃度と、グラウンド内で測定した大気中トリクロロエチレン濃度が同程度であることが確認されている。よって、グラウンド内で検出されたトリクロロエチレンが人工芝に充填されたゴムチップに由来している可能性は極めて低い

と考えられた。

なお、トリクロロエチレンについては、ヒト及び動物の腎臓等に発がん性を有することが示唆されており、USEPA IRISが報告したユニットリスク（ $4.1 \times 10^{-6}\text{ per } \mu\text{g/m}^3$ ）から過剰発がん率 10^{-5} の実質安全量（VSD）を求めると $2.4\text{ }\mu\text{g/m}^3$ となる。このVSDをもとに、一生涯の発がんリスクを評価するための総ハザード比（USEPAの呼吸量に基づいて得た各年齢層の生涯一日曝露濃度に基づくハザード比の合計）を求めた結果、0.31と1未満であった。以上より、トリクロロエチレンによる発がん影響が、実際にサッカー競技者に発生する可能性は低いと考えられた。

グラウンド充填前のゴムチップ製品に由来するSVOCのエチレンチオウレア、金属のクロムについては、一部の曝露シナリオにおいてハザード比が1を超えた。

エチレンチオウレアについては、ゴムチップ製品に由来する溶出試験結果を用いた曝露量推定により、全年齢群を想定した経皮曝露シナリオにおいて、ハザード比が1を超えた。しかし、経皮曝露については、汗に溶出した当該物質が100%皮膚に吸収されると仮定した当初の曝露量計算法ではなく、米国EPAにより提案された皮膚からの吸収率を勘案したより現実的な計算法により、ハザード比は1未満となり、健康リスクは懸念されるレベルにはないことを確認できた。

一方、エチレンチオウレアの経口曝露については、小学生低・高学年を想定したシナリオにおいて、ハザード比が各々1.5、1.3となった。エチレンチオウレアの許容値は、米国EPAがIRISにより設定したThe oral

Reference Dose (RfD：参照用量)に由来する。
(参考)

https://cfpub.epa.gov/ncea/iris/iris_documents/documents/subst/0239_summary.pdf#nameddest=t=rfc

<https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-09/documents/ethylene-thiourea.pdf>)。RfD

は、非発がん影響に関して有害影響のリスクがないと推測される摂取量であり、一生涯人が毎日曝露を受けても有害影響が生じないと推測される摂取量の最高値をいう。

エチレンチオウレアの RfD 8×10^{-5} mg/kg/day (1991 年設定) は、ラットを用いた 2 年間混餌投与試験 (Graham et al., 1975)において最低用量 5 ppm (0.25 mg/kg/day) でみられた甲状腺・濾胞上皮細胞の過形成の発生頻度増加を根拠とした最小毒性量(LOAEL)を POD とし、不確実係数積

3000 (種差 10、個体差 10、LOAEL を用いる 10、発生毒性及び多世代生殖毒性試験に関する情報不足 3) で除して得られたものである。また、エチレンチオウレアによるラット及びマウスの甲状腺への影響 (発がん性含む) は、種々の毒性試験において前述のラットを用いた 2 年間混餌投与試験の LOAEL より高い用量で認められている。

製品評価技術評価機構 (NITE) による初期リスク評価書 (https://www.nite.go.jp/chrip/chrip_search/dt/pdf/CI_02_001/risk/pdf_hyoukasyo/032riskdoc.pdf)

によると、エチレンチオウレアによる甲状腺毒性の発生機序は、以下の通りとしている：エチレンチオウレアは *in vitro* で甲状腺ホルモンのトリヨードサイロニン(T3)、サイロキシシン (T4) 産生のためのチロジンのヨウ素化とヨードチロシル残基との結合

に關与するヨウ化物ペルオキシダーゼの作用を阻害する (Graham and Hansen, 1972)。

Rose らは、2-イミダゾリジンチオンは、ヨウ化物ペルオキシダーゼを阻害することにより、甲状腺ホルモンの産生を阻害して血中の甲状腺ホルモン濃度を低下させ、それにより下垂体へのネガティブ・フィードバック作用とそれに続く甲状腺刺激ホルモン (TSH) 濃度の増加が惹起されると考察している (Rose et al., 1980)。また、O'Neil 及び Marshall は、この増加した TSH により、甲状腺が持続的に過剰刺激され、病理学的変化として、び漫性の小濾胞性過形成、次いでび漫性の結節状過形成、更に乳頭状またはのう胞状の変化を伴ったび漫性の結節状過形成が惹起され、腫瘍形成が助長されるとしている (O'Neil and Marshall, 1984)。

IARC (2001)は、エチレンチオウレアの発がん性分類をグループ 3 (ヒトに対する発がん性については分類できない物質) としている (<http://www.inchem.org/documents/iarc/vol79/79-18.html>)。その根拠は、マウス及びラットでみられる甲状腺腫瘍は、前述の甲状腺ホルモンの不均衡が起因する非遺伝毒性的機序によるものであり、ヒトが当該物質に曝露されるレベルは甲状腺ホルモンの恒常性に影響を及ぼす濃度ではないため、ヒトでは甲状腺腫瘍の発生は考えられないとしている。また、IARC は、疫学研究及び動物を用いた毒性試験の結果から、甲状腺ホルモンの不均衡による腫瘍発生に対する感受性は、げっ歯類 (ハムスターを除く) の方がヒトより高いためとしている。EPA は、ヒトでの一生涯の曝露量が RfD を超えた場合、必ずしも健康影響が生

じるわけではない (Lifetime exposure above the RfD does not imply that an adverse health effect would necessarily occur.) としている。本解析における経口曝露シナリオは、唾液、胃液及び腸液に溶出した当該物質が100%吸収されることを想定しており、実際よりも過剰に曝露量が見積もられる。エチレンチオウレアは、先行研究において46種のゴムチップ製品(工業用含む)のうち3種のみから検出され、当該3製品はいずれも工業用であり、人工芝グラウンドに高頻度に使われる廃タイヤ由来ではなかった。また、本年度実施した国内4か所の運動場由来ゴムチップでは、エチレンチオウレアは検出されていない。以上を踏まえて検討した結果、ゴムチップ製品に由来するエチレンチオウレアの小学生への経口曝露シナリオにおいて、ハザード比がわずかに1を超えたが、ラットやマウスにみられた甲状腺への影響が、実際に小学生サッカー競技者に発生する可能性は低いと考えられた。

なお、エチレンチオウレアに関するその他の許容値あるいは評価値は、FAO/WHO合同残留農薬専門家会議(JMPR)が1993年に設定した一日摂取許容量(acceptable daily intake, ADI) 0.004 mg/kg/day (イヌを用いた13週間反復経口投与試験の無毒性量0.39 mg/kg/day、不確実係数積100、根拠: 150 ppmでみられたヘモグロビン、ヘマトクリット値、赤血球数の減少及び血清コレステロール値の上昇)であった。この値でハザード比を求めた場合、ゴムチップ製品に由来するエチレンチオウレアの小学校低学年及び高学年への経口曝露によるハザード比は、各々0.029、0.025となった。以上を

踏まえて検討した結果、ゴムチップ製品由来エチレンチオウレアが、経口曝露により、小学生サッカー競技者に対し健康影響を及ぼす可能性は低いと考えられた。

金属のクロムについても、ゴムチップ製品1種(C-8)に由来する測定値を用いた曝露量推定において、全年齢群を想定した吸入曝露シナリオによるハザード比が1を超えた。当該ゴムチップ製品にクロムが多く含まれていたのは、同製品(エチレン・プロピレン・ジエンゴム製)は緑色で、緑色の顔料にクロム(酸化クロム)が含まれていたためであると考えられる。本解析においてクロムのハザード比の導出に用いた許容値は、得られたクロム関連の許容値のうち最小であった六価クロムの値(ATSDR, 2012)を用いて、安全側に立った評価を行った。しかし、一般的に、前述の顔料に含まれていたのは金属及び三価クロムであると考えられ、金属クロム及び三価クロムは六価クロムより毒性が低い。そのため、金属及び三価クロムの許容値について再検討した。金属及び三価クロムの許容値は、日本産業衛生学会(https://www.nite.go.jp/chem/chrip/chrip_search/dt/pdf/CI_04_002/OEL_7440473.pdf)及びACGIH(https://www.jisha.or.jp/international/topics/pdf/201805_01.pdf)が設定した0.5 mg/m³がある。この値は労働者を対象とした許容値であるため、前述の通り、週7日24時間曝露と仮定した場合の一日当たりの値に換算し、労働者曝露から一般人への曝露の間の不確実性を考慮した係数10で除した値(11.9 µg/m³)を求め、ハザード比を導出した。その結果、ハザード比は小学校低学年0.0086、小学校高学年0.016、中学生

0.015、高校生0.017、大学生及び大人0.015となり、最終的に、当該製品に由来する金属及び三価クロムの吸入曝露による健康リスクに対する懸念はないことを確認できた。なお、結果で示した通り、クロムは、本研究で実施した国内の人工芝運動場における解析において検出されたが、いずれのシナリオにおいても、最小であった六価クロムの許容値に基づくハザード比は1未満であった。この結果は、国内の人工芝グラウンドにおいて、クロムがサッカー競技者に対し健康影響を及ぼす可能性が低いことを示している。

以上、ハザード比が1を超えたトリクロロエチレン、エチレンチオウレア及びCrについては、より現実的なシナリオによる評価あるいは毒性機序等に基づく検討の結果、これらが日本人サッカー競技者に対し健康影響を及ぼす可能性は低いと判断した。

白血病及びリンパ腫を誘発することが知られるスチレン、ベンゼン、2-メルカプトベンゾチアゾール、1,3-ブタジエンについて、当該腫瘍のリスクを評価するために、各物質の過剰発がん率が 10^{-5} の場合のVSDを求め、本研究で得られた上記物質の吸入曝露量とのハザード比を求めた結果、2-メルカプトベンゾチアゾール以外の3物質については、ハザード比が1未満であり、本研究で設定した曝露シナリオの条件下であれば、日本人サッカー競技者が人工芝ゴムチップ由来の各物質により白血病あるいはリンパ腫が発生する可能性は低いことが確認できた。オランダRIVMの報告書でも、同様の結果が報告されている。2-メルカプトベンゾチアゾールについては許容値を得ることができなかったが、各運動場における本物質の空気

中濃度は定量下限値未満であったので、人工芝ゴムチップ由来の本物質にサッカー競技者が曝露される量は十分に少なく、本物質に起因する腫瘍発生の可能性は低いと考えられた。

なお、許容値を得ることができなかった対象物質については、ハザード比を求めることができないため、リスク評価の対象外とした。これらの物質については、今後国内外において許容値等が設定されるのを待ってリスク評価を実施することが望ましい。

E．結論

本研究の結果、情報収集や暫定的リスク評価により人工芝ゴムチップ関連化学物質の曝露量推定及びリスク評価を実施するための環境を整備し、最終的には、人工芝用ゴムチップ中の化学物質の健康リスクを評価することを目的として、日本人サッカー競技者を対象とした独自の年齢群別曝露シナリオを設定し、先行研究で用いたゴムチップ製品及び国内のグラウンドにおいて実際に使われているゴムチップに含まれる物質について曝露量を求め、それらの値を許容値と比較することにより、健康リスク評価を実施することができた。許容値を得ることができた対象物質については、いずれの曝露シナリオにおいても、日本人サッカー競技者に対し、発がん性や刺激性を含む健康リスクに関する懸念は十分低いことが確認できた。なお、許容値を得ることができなかった対象物質については、リスク評価の対象外とした。

F．健康危険情報

特になし

G . 研究発表

1. 論文発表

特になし

2. 学会発表

特になし

H . 知的財産権の出願・登録状況

(予定を含む。)

1. 特許取得

特になし

2. 実用新案登録

特になし

3.その他

特になし

表1 発がん性の懸念あり37物質の許容値等

物質名	CAS No.	ACGIH TLV-TWA ^a	日本産業衛生学会 許容濃度等の勧告 (2017年度)		その他の情報源	
			許容濃度 ^b ppm	許容濃度 ^b mg/m ³	経口	吸入
ヒ素	7440-38-2	0.01 mg/m ³		3 µg/m ³	0.0003 mg/kg/day	設定なし
鉛	7439-92-1	0.05 mg/m ³	---	0.03	3.5 µg/kg bw/day (WHO water quality guideline 3rd Ed.)	0.5 µg/m ³ (Air quality guideline, WHO, 2004)
ニッケル	7440-02-0	1.5 mg/m ³ (I)	---	1	0.02 mg/kg/day (RfD) "EPA (IRIS 1991)	9x10 ⁻⁵ mg Ni/m ³ (MRL) ATSDR (2005)
アントラセン	120-12-7				0.3 mg/kg/day RfD EPA (IRIS 1994)	設定せず (EPA IRIS, 1990)
エチルベンゼン	100-41-4	20 ppm	50	217	ATSDR oral MRL of 0.4 mg/kg/day (MRL, intermediate-duration) ATSDR 0.1 mg/kg/day (RfD) EPA	2 ppm or 0.06 ppm (MRL, intermediate- or chronic- duration) 1 mg/m ³ (equivalent to 0.23 ppm), (RfC) EPA, 1991
ヘキサン ¹	110-54-3	50 ppm (176 mg/m ³) PEL-time- weighted average (TWA)	40	140	RfDを決めるための十分なデータ なし (EPA IRIS, 2005)	0.6 ppm (MRL, Chronic- duration) 0.7 mg/m ³ (RfC) EPA (IRIS 2005)
ジクロロメタン	75-09-2	50 ppm	50 (100)	170 (340)	0.06 mg/kg/day (RfD, Chronic)	0.3 ppm (MRL, intermediate- and chronic-duration)
メチルイソブチルケトン	108-10-1	20 ppm	50	200	not applicable 発がん性については、ヒト及び動物試験の情報なし	3 mg/m ³ (RfC) (EPA IRIS, 2003)
スチレン ¹	100-42-5	20 ppm	20	85	0.2 mg/kg/day (RfD) EPA (IRIS 2009)	0.2 ppm (MRL, Chronic) ATSDR and EPA (根拠は異なる)
ジブチルヒドロキシトルエン	128-37-0	2 mg/m ³ (IFV)			0-0.3 mg/kg bw (ADI) JECFA)	
ベンゾ[a]アントラセン	56-55-3	- (L)			0.2 mg/L (European standard for drinking water (WHO 1972) ただし、多環芳香族炭化水素類 (PAHs) として	0.2 mg/m ³ (PEL, TWA. Coal tar pitch volatiles-benzene solution fraction, OSHA 1993, ACGIH 1991.)ただし、多環芳香族炭化水 素類として
ベンゾ[a]ピレン	50-32-8	- (L)			ベンゾ[a]アントラセンと同様。	ベンゾ[a]アントラセンと同様。
ベンゾ[b]フルオランテン	205-99-2	- (L)			ベンゾ[a]アントラセンと同様。	ベンゾ[a]アントラセンと同様。
ベンゾ[e]ピレン	192-97-2	情報なし			ベンゾ[a]アントラセンと同様。	ベンゾ[a]アントラセンと同様。
ベンゾ[ghi]ペリレン	191-24-2	情報なし			ベンゾ[a]アントラセンと同様。	ベンゾ[a]アントラセンと同様。
ベンゾ[k]フルオランテン	207-08-9	情報なし			ベンゾ[a]アントラセンと同様。	ベンゾ[a]アントラセンと同様。
クリセン	216-01-9	情報なし			ベンゾ[a]アントラセンと同様。	ベンゾ[a]アントラセンと同様。
フルオランテン	206-44-0	情報なし			ベンゾ[a]アントラセンと同様。	ベンゾ[a]アントラセンと同様。
フルオレン	86-73-7	情報なし			ベンゾ[a]アントラセンと同様。	ベンゾ[a]アントラセンと同様。
ナフタレン	91-20-3	10 ppm			0.02 mg/kg/day (RfD) EPA	0.0007 ppm (3x10 ⁻³ mg/m ³) (MRL, Chronic) ATSDR
フェナントレン	85-01-8	情報なし			ベンゾ[a]アントラセンと同様。	ベンゾ[a]アントラセンと同様。
ピレン	129-00-0	情報なし			ベンゾ[a]アントラセンと同様。	ベンゾ[a]アントラセンと同様。
アニリン ¹	62-53-3	2 ppm	1	3.8		
N-ニトロソジフェニルアミン	86-30-6	情報なし				
イソホロン	78-59-1	TWA情報なし、 STEL C 5 ppm			0.15 mg/kg/day (RfD) EPA, 1988	4 ppm (Permissible exposure limit, OSHA 1989. 29 CFR 1910.1000) 4 ppm (Recommended exposure limit for occupational exposure as a TWA for up to 10-hour workshift, NIOSH 1978)

表1 発がん性の懸念あり37物質の許容値等(続き)

物質名	CAS No.	ACGIH TLV-TWA ^a	日本産業衛生学会 許容濃度等の勧告 (2017年度)		その他の情報源	
			許容濃度 ^b ppm	許容濃度 ^b mg/m ³	経口	吸入
ビス(2-エチルヘキシル) フタレート 別称：フタル酸ジ(2-エチルヘキシル) 別名：フタル酸ジオクチル* DOP* DEHP フタル酸ビス(2-エチルヘキシル)	117-81-7	5 mg/m ³			An MRL of 0.06 mg/kg/day (MRL, Chronic) ATSDR 0.02 mg/kg/day(RfD) EPA	RfC not available (IRIS 2001)
カルバゾール	86-74-8	情報なし			発がんLOAEL 0.15% (最低用量) : マウス96週間発がん性試験 ラットを用いた反復経口投与毒性試験・生殖発生毒性併合試験：反復投与NOEL: 25 mg/kg BW/day	
2-メルカプトベンゾチアゾール	149-30-4	情報なし			情報なし	情報なし
ジメチルジチオカルバミン酸亜鉛 (ジラム)	137-30-4	情報なし			0-0.003 bmg/kg bw/day (Group ADI for Ferbam and Ziram) JMPR	
6-エトキシ-1,2-ジヒドロ-2,2,4-トリメチルキノリン (エトキシキン)	91-53-2	情報なし			0-0.005 mg/kg bw/day (ADI) JMPR ADI 0.0083 mg/kg bw/day (ADI) 食品安全委員会	
p-キノンジオキシム	105-11-3	情報なし			情報なし	情報なし
カーボンブラック	1333-86-4	3 mg/m ³ (I)	1 (吸入性粉塵) *	4 (総粉塵**, mg/m ³)	情報なし	情報なし
ジフェニルアミン	122-39-4	10 mg/m ³			情報なし	情報なし
エチレンチオウレア	96-45-7	情報なし			情報なし	情報なし
ベンゾ[c]フルオレン	205-12-9	情報なし			情報なし	情報なし
シクロペンタ[cd]ピレン	27208-37-3	情報なし			情報なし	情報なし
ベンゾ[j]フルオランテン	205-82-3	情報なし			ベンゾ[a]アントラセンと同様。	ベンゾ[a]アントラセンと同様。

表2 拡散法による曝露量推定結果 (RIVM Report 2016-0184より)

タイル中濃度 (mg/Kg)	年齢	外部経皮曝露量 (EAext dermal, mg)			経皮慢性 (内部) 用量 (mg/kg体重/日)			経口慢性 (内部)用量 (mg/kg体重/日)	総慢性 (内部) 用量 (mg/kg体重/日)
		手	脚	足	手	脚	足		
0.8	2	5.6×10^{-6}	2.9×10^{-5}	3.1×10^{-5}	6.5×10^{-8}	8.4×10^{-8}	8.9×10^{-8}	4.8×10^{-8}	2.9×10^{-7}
	3～6	6.8×10^{-6}	3.5×10^{-5}	3.7×10^{-5}	6.2×10^{-8}	8.1×10^{-8}	8.6×10^{-8}	4.6×10^{-8}	2.8×10^{-7}
	6～11	9.2×10^{-6}	5.1×10^{-5}	5.3×10^{-5}	5.4×10^{-8}	7.6×10^{-8}	7.8×10^{-8}	0	2.1×10^{-7}
	11～13	1.3×10^{-5}	8.4×10^{-5}	8.2×10^{-5}	4.1×10^{-8}	6.8×10^{-8}	6.6×10^{-8}	0	1.7×10^{-7}
	2～13								$2.3 \times 10^{-7} \text{ a}$
4	2	2.8×10^{-5}	1.4×10^{-4}	1.5×10^{-4}	3.2×10^{-7}	4.2×10^{-7}	4.4×10^{-7}	2.4×10^{-7}	1.4×10^{-6}
	3～6	3.4×10^{-5}	1.8×10^{-4}	1.8×10^{-4}	3.1×10^{-7}	4.1×10^{-7}	4.2×10^{-7}	2.3×10^{-7}	1.4×10^{-6}
	6～11	4.6×10^{-5}	2.6×10^{-4}	2.6×10^{-4}	2.7×10^{-7}	3.8×10^{-7}	3.8×10^{-7}	0	1.0×10^{-6}
	11～13	6.4×10^{-5}	4.2×10^{-4}	4.0×10^{-4}	2.0×10^{-7}	3.4×10^{-7}	3.2×10^{-7}	0	8.7×10^{-7}
	2～13								$1.1 \times 10^{-6} \text{ a}$
8	2	5.6×10^{-5}	2.9×10^{-4}	3.1×10^{-4}	6.5×10^{-7}	8.4×10^{-7}	8.9×10^{-7}	4.8×10^{-7}	2.9×10^{-6}
	3～6	6.8×10^{-5}	3.5×10^{-4}	3.7×10^{-4}	6.2×10^{-7}	8.1×10^{-7}	8.6×10^{-7}	4.6×10^{-7}	2.8×10^{-6}
	6～11	9.2×10^{-5}	5.1×10^{-4}	5.3×10^{-4}	5.4×10^{-7}	7.6×10^{-7}	7.8×10^{-7}	0	2.1×10^{-6}
	11～13	1.3×10^{-4}	8.4×10^{-4}	8.2×10^{-4}	4.1×10^{-7}	6.8×10^{-7}	6.6×10^{-7}	0	1.7×10^{-6}
	2～13								$2.3 \times 10^{-6} \text{ a}$

a 年齢加重平均

表3 年齢層及び曝露経路毎の曝露シナリオ（ノルウェー報告書(2016)より）

	活動内容	室内でトレーニング* 及び試合をする	室内でトレーニング* 及び試合をする	室内でトレーニング* 及び試合をする	室内でトレーニング* 及び試合をする	トーナメントで試合を する
	評価対象	大人	ジュニア	年長の子供	子供a	子供b
評価シナリオ番号	吸入	1	2	3	4a	4b
	経皮	5	6	7	8a	8b
	経口	—	—	—	9a	9b
体重	kg	70	65	50	30	30
トレーニング* /試合中吸入量	m ³ /時	6.0	4.8	3.6	1.8	1.8
軽い運動中吸入量	m ³ /時	—	—	—	—	0.8
1回のトレーニング* 時間	時間	4.0	2.0	2.5	2.5	—
トレーニング* 回数	/週	5	7	4	4	—
トレーニング* 時間	週	20	14	10	10	—
軽い運動の時間	時間	—	—	—	—	17
1回の試合時間	時間	6	2	2	2	1
試合回数	/週	1	0.5	1	1	7*
試合時間	/週	6	1	2	2	—
曝露事象発生期間	月	6	—	6	6	—
トーナメントの試合時間	時間	—	—	—	—	7
年間トーナメント数	回/年	—	—	—	—	2
トーナメントの期間	日	—	—	—	—	2.5
曝露皮膚面積	cm ²	7100	6600	5100	3000	3000
トレーニング* /試合中の飲込量	g	—	—	—	1	1
経口吸収率	%	—	—	—	100	100
* トーナメントにおける試合数						

表4 PAHs のゴムチップ中濃度に基づいた経皮曝露量推定及び発がんリスク

化合物名	H28 研究成果 検出濃度の 最大値 (mg/g)	粒状ゴム 1 g あたりの 溶出量 (ng/g) (最大溶出係 数 0.06%とし て)	化学物質の 経皮曝露量 (ng/kg/day)	EPA の年齢を 考慮した 発がんリスク	IARC 発がん 性分類
Naphthalene	6.95	4.2	0.36	5.2×10^{-8}	2B
Fluorene	0.705	0.4	0.04	0.5×10^{-8}	3
Phenanthrene	4.5	2.7	0.23	3.3×10^{-8}	3
Anthracene	0.661	0.4	0.03	0.5×10^{-8}	3
Fluoranthene	12	7.2	0.63	9.0×10^{-8}	3
Pyrene	37.4	22.4	1.95	2.8×10^{-7}	3
Benzo[c]fluorene	0.297	0.2	0.02	0.2×10^{-8}	3
Benz[a]anthracene	2.23	1.3	0.12	1.7×10^{-8}	2B
Cyclopenta[cd]pyrene	6.19	3.7	0.32	4.6×10^{-8}	2A
Chrysene	3.13	1.9	0.16	2.3×10^{-8}	2B
Benzo[b]fluoranthene	1.52	0.9	0.08	1.1×10^{-8}	2B
Benzo[k]fluoranthene	0.578	0.3	0.03	0.4×10^{-8}	2B
Benzo[j]fluoranthene	0.583	0.3	0.03	0.4×10^{-8}	2B
Benzo[e]pyrene	4.6	2.8	0.24	3.4×10^{-8}	3
Benzo[a]pyrene	2.84	1.7	0.15	2.1×10^{-8}	1
Benzo[ghi]perylene	9.6	5.8	0.50	7.1×10^{-8}	3
発がんリスク合計				7.0×10^{-7}	

表5 年齢群別の体重

曝露群	小学生 (低学年)	小学生 (高学年)	中学生	高校生	大学生	大人
年齢, 歳	6～9	9～12	12～15	15～18	18～22	22～35
体重, kg	22.8	35.5	49.3	59.4	62.1	57.3

表6 年齢群別の年間活動日数, 1日当たりの活動時間および年間の総活動時間

曝露群	小学生 (低学年)	小学生 (高学年)	中学生	高校生	大学生	大人
年齢	6～9	9～12	12～15	15～18	18～22	22～35
年間活動日数, 日/年	104	208	306	306	306	306
1日当たりの活 動時間, 時間/日	1	4	3.33	4.17	4	2.5
年間の総活動時 間, 時間/年	104	832	1020	1275	1224	765

表7 年齢群別の平均呼吸量および年間の活動時の呼吸量

曝露群	小学生 (低学年)	小学生 (高学年)	中学生	高校生	大学生	大人
年齢	6～9	9～12	12～15	15～18	18～22	22～35
平均呼吸量, m ³ /時	0.36	0.50	0.64	0.74	0.77	0.72
活動時呼吸量, m ³ /時	2.76	3.84	3.78	3.81	3.83	3.55

表8 年齢群別の年接触体表面積とゴム粒子接触量

曝露群	小学生 (低学年)	小学生 (高学年)	中学生	高校生	大学生	大人
年齢	6～9	9～12	12～15	15～18	18～22	22～35
接触体表面積, cm ²	1956	2531	2917	3257	3330	3446
ゴム粒子接触量, g/事象	2	3	3	3	3	3

表 9 年齢群別のゴム粒子摂取量

曝露群	小学生 (低学年)	小学生 (高学年)	中学生	高校生	大学生	大人
年齢	6～9	9～12	12～15	15～18	18～22	22～35
直接摂取量, g	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1

表 1 0 人工芝競技場での日本人サッカープレーヤーの年齢群毎曝露シナリオ

曝露群	小学生（低学年）	小学生（高学年）	中学生	高校生	大学生	大人	出典
年齢	6～9	9～12	12～15	15～18	18～22	22～35	
体重, kg	22.8	35.5	49.3	59.4	63.5	57.3	厚生労働省「国民健康・栄養調査報告」年齢別の25パーセンタイル値の男女平均値
年間活動日数, 日/年	156	208	306	306	306	306	(低学年) 週2回 (104日) (低学年以外) 日曜日52日+夏休み3日+年末年始休暇4日=59日≒60日
1日当たりの活動時間, 時間/日	2.83	4	3.33	4.17	4	2.5	木村ら (2011) ; 日本スポーツ振興センター (2010) ; 株式会社アスリートプランニング (2015) ; 松山ら (2015)
年間の総活動時間, 時間/年	442	832	1020	1275	1224	765	=年間活動日数×1日当たりの活動時間
呼吸量							
平均呼吸量, m3/hr	0.36	0.50	0.64	0.74	0.77	0.72	20 m3/day @ 70 kg-BWを基に, 体重の3/4乗で補正
競技時呼吸量 (95パーセンタイル), m3/hr	2.76	3.84	3.78	3.81	3.83	3.55	EPAの年齢群別の運動時の呼吸量 (95パーセンタイル) と体重から体重の3/4乗で補正
曝露濃度補正係数	0.91	1.28	0.82	0.90	0.83	0.52	=競技時呼吸量 [m3/hr] × 1日当たりの活動時間 [hr/day] / 平均呼吸量 [m3/hr] / 24 [hr/day]
ゴム由来のPM10濃度, $\mu\text{g}/\text{m}^3$	12	12	12	12	12	12	ノルウェーの屋内競技場で測定されたPM10濃度の最高値 (40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Manglerudhallen) にPM10に占めるゴム由来の割合 (30%) を乗じた [Norwegian Institute of Public Health and the Radium Hospital, 2006] RIVMも同じ値をリスク評価に使用
経皮							
接触体表面積, cm2 (脚1/4 ; 手・腕1/2)	1956	2531	2917	3257	3330	3446	日本人の身長と体重の95パーセンタイル値から推定した体表面積の男女平均値
接触体表面積, cm2 (脚1/4 ; 手・腕1/2)	2450	2450	3505	3943	3943	6283	(参考値) U.S. EPAのExposure Factors Handbook Chapter 7, 95パーセンタイル採用
ゴム顆粒接触量, g/事象	2	3	3	3	3	3	Norwegian Institute of Public Health and the Radium Hospital (2006)で仮定された1 mg/cm2を採用
経口							
直接摂取量, g	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	一般集団の土壌・ダスト経口摂取量 (95パーセンタイル) [U.S. EPA (2017) Update for Chapter 5 of the Exposure Factors Handbook] RIVMは同じExposure Factors Handbookの2011年度版の値を使用

表11：各運動場からの空気中から採取したVOCsの各年齢層における吸入曝露量及びハザード比

物質名/ 運動場	最大大気中 濃度 (μg/m ³ , at 20°C)	平均一日曝露濃度 (μg/m ³)						許容値	ハザード比						
		小学校 低学年	小学校 高学年	中学生	高校生	大学生	大人		小学校 低学年	小学校 高学年	中学生	高校生	大学生	大人	
Chloromethane															
A	1.3	0.50	0.96	0.89	0.97	0.90	0.56	EPA (IRIS 2001) 0.09 mg/m ³ (RfC).	0.0056	0.011	0.010	0.011	0.010	0.0062	
B	1.4	0.53	1.0	0.94	1.0	0.95	0.59		0.0059	0.011	0.010	0.011	0.011	0.0065	
C	1.6	0.62	1.2	1.1	1.2	1.1	0.70		0.0069	0.013	0.012	0.013	0.012	0.0077	
D	1.8	0.71	1.3	1.3	1.4	1.3	0.78		0.0078	0.015	0.014	0.015	0.014	0.0087	
n-Butanol															
A	10.2	3.9	7.5	7.0	7.6	7.1	4.4	1452.4 μg/m ³ ACGIH TLV- TWA 61 mg/m ³ より換 算	0.0027	0.0052	0.0048	0.0052	0.0049	0.0030	
B	60.0	23.2	44.4	41.3	45.0	41.7	25.8		0.016	0.031	0.028	0.031	0.029	0.018	
C	17.1	6.6	12.7	11.8	12.8	11.9	7.4		0.0046	0.0087	0.0081	0.0088	0.0082	0.0051	
D	4.7	1.8	3.5	3.2	3.5	3.3	2.0		0.0013	0.0024	0.0022	0.0024	0.0023	0.0014	
Hexane															
A	2.4	0.93	1.8	1.7	1.8	1.7	1.0	EPA (IRIS 2005) 0.7 mg/m ³ (RfC)	0.0013	0.0025	0.0024	0.0026	0.0024	0.0015	
B	12.2	4.7	9.0	8.4	9.2	8.5	5.3		0.0068	0.013	0.012	0.013	0.012	0.0075	
C	6.6	2.6	4.9	4.5	4.9	4.6	2.8		0.0037	0.0070	0.0065	0.0071	0.0066	0.0041	
D	6.1	2.4	4.5	4.2	4.6	4.2	2.6		0.0034	0.0064	0.0060	0.0065	0.0060	0.0037	
Methyl isobutyl ketone (4-Methyl-2-pentanone)															
A	0.38	0.15	0.28	0.26	0.29	0.27	0.16	EPA IRIS, 2003 3 mg/m ³ (RfC)	0.000049	0.000094	0.000088	0.000095	0.000089	0.000055	
B	0.52	0.20	0.39	0.36	0.39	0.36	0.23		0.000067	0.00013	0.00012	0.00013	0.00012	0.00008	
C	1.7	0.65	1.2	1.1	1.3	1.2	0.72		0.00022	0.00041	0.00038	0.00042	0.00039	0.00024	
D	18.6	7.2	13.7	12.8	13.9	12.9	8.0		0.0024	0.0046	0.0043	0.0046	0.0043	0.0027	
Ethylbenzene															
A	1.1	0.43	0.83	0.77	0.84	0.78	0.48	ATSDR, 2010 MRL 0.2604 mg/m ³ (0.06 ppm)	0.0017	0.0032	0.0030	0.0032	0.0030	0.0019	
B	1.8	0.71	1.4	1.3	1.4	1.3	0.79		0.0027	0.0052	0.0049	0.0053	0.0049	0.0030	
C	1.1	0.41	0.78	0.73	0.80	0.74	0.46		0.0016	0.0030	0.0028	0.0031	0.0028	0.0018	
D	1.0	0.39	0.75	0.69	0.76	0.70	0.43		0.0015	0.0029	0.0027	0.0029	0.0027	0.0017	
Styrene															
A	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13	ATSDR, 2010 MRL 0.85 mg/m ³ (0.2 ppm)	0.00014	0.00026	0.0002	0.0003	0.0002	0.0002	
B	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13		0.00014	0.00026	0.0002	0.0003	0.0002	0.0002	
C	0.42	0.16	0.31	0.29	0.32	0.29	0.18		0.00019	0.00037	0.0003	0.0004	0.0003	0.0002	
D	0.43	0.17	0.32	0.30	0.32	0.30	0.19		0.00020	0.00038	0.0004	0.0004	0.0004	0.0002	
Butylated hydroxytoluene															
A	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13	47.6 μg/m ³ ACGIH TLV- TWA 2 mg/m ³ より 換算	0.0024	0.0047	0.0043	0.0047	0.0044	0.0027	
B	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13		0.0024	0.0047	0.0043	0.0047	0.0044	0.0027	
C	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13		0.0024	0.0047	0.0043	0.0047	0.0044	0.0027	
D	1.1	0.44	0.83	0.78	0.85	0.78	0.49		0.0092	0.018	0.016	0.018	0.016	0.010	
Methyl ethyl ketone															
A	1.9	0.74	1.4	1.3	1.4	1.3	0.82	EPA IRIS, 2003 5 mg/m ³ (RfC)	0.00015	0.00028	0.00026	0.00029	0.00026	0.00016	
B	2.5	0.99	1.9	1.8	1.9	1.8	1.1		0.00020	0.00038	0.00035	0.00038	0.00035	0.00022	
C	8.3	3.2	6.1	5.7	6.2	5.8	3.6		0.00064	0.0012	0.0011	0.0012	0.0012	0.00072	
D	4.3	1.7	3.2	2.9	3.2	3.0	1.8		0.00033	0.00063	0.00059	0.00064	0.00060	0.00037	
Toluene															
A	8.54	3.3	6.3	5.9	6.4	5.9	3.7	ATSDR, 2017 MRL 3.8 mg/m ³ (1 ppm)	0.00087	0.0017	0.0015	0.0017	0.0016	0.0010	
B	25.93	10.0	19.2	17.8	19.4	18.0	11.2		0.0026	0.0050	0.0047	0.0051	0.0047	0.0029	
C	14.19	5.5	10.5	9.8	10.6	9.9	6.1		0.0014	0.0028	0.0026	0.0028	0.0026	0.0016	
D	7.19	2.8	5.3	4.9	5.4	5.0	3.1		0.00073	0.0014	0.0013	0.0014	0.0013	0.0008	
1,3-Butadiene															
A	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13	EPA IRIS, 2002 0.002 mg/m ³ (RfC)	0.058	0.11	0.1032	0.1124	0.1043	0.0646	
B	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13		0.058	0.11	0.1032	0.1124	0.1043	0.0646	
C	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13		0.058	0.11	0.1032	0.1124	0.1043	0.0646	
D	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13		0.058	0.11	0.1032	0.1124	0.1043	0.0646	
Carbon disulfide															
A	0.71	0.28	0.53	0.49	0.53	0.50	0.31	EPA IRIS, 1995 0.7 mg/m ³ (RfC)	0.00039	0.00075	0.0007	0.0008	0.0007	0.0004	
B	0.45	0.17	0.33	0.31	0.34	0.31	0.19		0.00025	0.00047	0.0004	0.0005	0.0004	0.0003	
C	1.31	0.51	0.97	0.90	0.98	0.91	0.56		0.00072	0.0014	0.0013	0.0014	0.0013	0.0008	
D	0.72	0.28	0.53	0.49	0.54	0.50	0.31		0.00040	0.00076	0.0007	0.0008	0.0007	0.0004	
Dichloromethane (Methylene chloride)															
A	1.5	0.58	1.1	1.0	1.1	1.0	0.64	EPA (IRIS 2011) 0.6 mg/m ³ (RfC).	0.00096	0.0018	0.0017	0.0019	0.0017	0.0011	
B	1.5	0.59	1.1	1.0	1.1	1.1	0.65		0.00098	0.0019	0.0017	0.0019	0.0018	0.0011	
C	1.9	0.73	1.4	1.3	1.4	1.3	0.81		0.0012	0.0023	0.0022	0.0023	0.0022	0.0013	
D	2.2	0.85	1.6	1.5	1.6	1.5	0.94		0.0014	0.0027	0.0025	0.0027	0.0025	0.0016	
Carbon tetrachloride															
A	0.58	0.22	0.43	0.40	0.43	0.40	0.25	EPA (IRIS 2010) 0.1 mg/m ³ (RfC).	0.0022	0.0043	0.0040	0.0043	0.0040	0.0025	
B	0.51	0.20	0.38	0.35	0.39	0.36	0.22		0.0020	0.0038	0.0035	0.0039	0.0036	0.0022	
C	0.78	0.30	0.58	0.54	0.59	0.54	0.34		0.0030	0.0058	0.0054	0.0059	0.0054	0.0034	
D	0.62	0.24	0.46	0.43	0.47	0.43	0.27		0.0024	0.0046	0.0043	0.0047	0.0043	0.0027	

表11：各運動場からの空気中から採取したVOCsの各年齢層における吸入曝露量及びハザード比(続き1)

物質名/ 運動場	最大大気中 濃度 (μg/m ³ , at 20°C)	平均一日曝露濃度 (μg/m ³)						許容値	ハザード比					
		小学校 低学年	小学校 高学年	中学生	高校生	大学生	大人		小学校 低学年	小学校 高学年	中学生	高校生	大学生	大人
Benzene														
A	0.57	0.22	0.42	0.39	0.43	0.40	0.25	EPA (IRIS 2003) 0.03 mg/m ³ (RfC).	0.0073	0.014	0.013	0.014	0.013	0.008
B	0.75	0.29	0.56	0.52	0.56	0.52	0.32		0.010	0.019	0.017	0.019	0.017	0.011
C	0.83	0.32	0.61	0.57	0.62	0.58	0.36		0.011	0.020	0.019	0.021	0.019	0.012
D	1.54	0.60	1.1	1.1	1.2	1.1	0.66		0.020	0.038	0.035	0.038	0.036	0.022
Trichloroethylene														
A	0.54	0.21	0.40	0.37	0.40	0.38	0.23	EPA (IRIS 2011) 0.002 mg/m ³ (RfC).	0.10	0.20	0.19	0.20	0.19	0.12
B	3.38	1.3	2.5	2.3	2.5	2.4	1.5		0.65	1.3	1.16	1.3	1.2	0.73
C	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13		0.058	0.11	0.10	0.11	0.10	0.065
D	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13		0.058	0.11	0.10	0.11	0.10	0.065
Tetrachloroethylene														
A	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13	EPA (IRIS 2012) 0.04 mg/m ³ (RfC).	0.0029	0.0055	0.0052	0.0056	0.0052	0.0032
B	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13		0.0029	0.0055	0.0052	0.0056	0.0052	0.0032
C	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13		0.0029	0.0055	0.0052	0.0056	0.0052	0.0032
D	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13		0.0029	0.0055	0.0052	0.0056	0.0052	0.0032
1,4-Dichlorobenzene														
A	1.09	0.42	0.80	0.75	0.81	0.76	0.47	ATSDR, 2006 MRL 0.06 mg/m ³ (0.01 ppm)	0.0070	0.013	0.012	0.014	0.013	0.008
B	1.51	0.58	1.1	1.0	1.1	1.0	0.65		0.0097	0.019	0.017	0.019	0.017	0.011
C	1.06	0.41	0.78	0.73	0.79	0.73	0.45		0.0068	0.013	0.012	0.013	0.012	0.008
D	1.49	0.58	1.10	1.0	1.1	1.0	0.64		0.0096	0.018	0.017	0.019	0.017	0.011
Naphthalene														
A	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13	EPA (IRIS 1998) 0.003 mg/m ³ (RfC).	0.039	0.074	0.069	0.075	0.070	0.043
B	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13		0.039	0.074	0.069	0.075	0.070	0.043
C	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13		0.039	0.074	0.069	0.075	0.070	0.043
D	0.41	0.16	0.30	0.28	0.31	0.29	0.18		0.053	0.10	0.094	0.10	0.10	0.06
Aniline														
A	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13	EPA IRIS, 1990 0.001 mg/m ³ (RfC)	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13
B	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13		0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13
C	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13		0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13
D	0.31	0.12	0.23	0.22	0.23	0.22	0.13		0.12	0.23	0.22	0.23	0.22	0.13
1,1,1-Trichloroethane														
A	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13	ATSDR, 2006 MRL 3.85 mg/m ³ (0.7 ppm)	0.000030	0.000058	0.000054	0.000058	0.000054	0.000034
B	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13		0.000030	0.000058	0.000054	0.000058	0.000054	0.000034
C	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13		0.000030	0.000058	0.000054	0.000058	0.000054	0.000034
D	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13		0.000030	0.000058	0.000054	0.000058	0.000054	0.000034
1,3,5-Trimethylbenzene														
A	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13	EPA IRIS, 2016 0.06 mg/m ³ (RfC)	0.0019	0.0037	0.0034	0.0037	0.0035	0.0022
B	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13		0.0019	0.0037	0.0034	0.0037	0.0035	0.0022
C	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13		0.0019	0.0037	0.0034	0.0037	0.0035	0.0022
D	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13		0.0019	0.0037	0.0034	0.0037	0.0035	0.0022
1,2,4-Trimethylbenzene														
A	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13	EPA IRIS, 2016 0.06 mg/m ³ (RfC)	0.0019	0.0037	0.0034	0.0037	0.0035	0.0022
B	1.05	0.40	0.77	0.72	0.78	0.73	0.45		0.0067	0.013	0.012	0.013	0.012	0.0075
C	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13		0.0019	0.0037	0.0034	0.0037	0.0035	0.0022
D	0.33	0.13	0.24	0.23	0.25	0.23	0.14		0.0021	0.0041	0.0038	0.0041	0.0038	0.0024
1,2,3-Trimethylbenzene														
A	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13	EPA IRIS, 2016 0.06 mg/m ³ (RfC)	0.0019	0.0037	0.0034	0.0037	0.0035	0.0022
B	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13		0.0019	0.0037	0.0034	0.0037	0.0035	0.0022
C	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13		0.0019	0.0037	0.0034	0.0037	0.0035	0.0022
D	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13		0.0019	0.0037	0.0034	0.0037	0.0035	0.0022
m-Xylene ; p-Xylene														
A	0.43	0.17	0.31	0.30	0.32	0.30	0.19	EPA (IRIS 2003) 0.1 mg/m ³ (RfC).	0.0017	0.0031	0.0030	0.0032	0.0030	0.0019
B	0.82	0.32	0.60	0.57	0.62	0.57	0.35		0.0032	0.0060	0.0057	0.0062	0.0057	0.0035
C	0.48	0.18	0.35	0.33	0.36	0.33	0.21		0.0018	0.0035	0.0033	0.0036	0.0033	0.0021
D	0.59	0.23	0.43	0.40	0.44	0.41	0.25		0.0023	0.0043	0.0040	0.0044	0.0041	0.0025
o-Xylene														
A	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13	EPA (IRIS 2003) 0.1 mg/m ³ (RfC).	0.0012	0.0022	0.0021	0.0022	0.0021	0.0013
B	0.36	0.14	0.26	0.25	0.27	0.25	0.15		0.0014	0.0026	0.0025	0.0027	0.0025	0.0015
C	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13		0.0012	0.0022	0.0021	0.0022	0.0021	0.0013
D	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13		0.0012	0.0022	0.0021	0.0022	0.0021	0.0013

表11：各運動場からの空気中から採取したVOCsの各年齢層における吸入曝露量及びハザード比(続き2)

物質名/ 運動場		最大大気中 濃度 (µg/m³, at 20°C)	平均一日曝露濃度 (µg/m³)						許容値	ハザード比					
			小学校 低学年	小学校 高学年	中学生	高校生	大学生	大人		小学校 低学年	小学校 高学年	中学生	高校生	大学生	大人
trans-2-Butene									13666.7 µg/m³ ACGIH TLV- TWA 574 mg/m³より換 算	0.0000085	0.000016	0.000015	0.000016	0.000015	0.0000095
A	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13								
B	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13								
C	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13								
D	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13								
cis-2-Butene									13666.7 µg/m³ ACGIH TLV- TWA 574 mg/m³より換 算	0.0000085	0.000016	0.000015	0.000016	0.000016	0.0000095
A	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13								
B	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13								
C	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13								
D	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13								
1,1,2-Trichloro-1,2,2-trifluoroethane									90476.2 µg/m³ 日本産業衛生学 会1987勧告 3800 mg/m³より換算	0.0000025	0.0000047	0.0000044	0.000048	0.0000045	0.0000028
A	0.59	0.23	0.43	0.40	0.44	0.41	0.25								
B	0.51	0.20	0.37	0.35	0.38	0.35	0.22								
C	0.80	0.31	0.58	0.55	0.60	0.55	0.34								
D	0.85	0.33	0.62	0.59	0.64	0.59	0.37								
Acetone									ATSDR, 1994 MRL 30.55 mg/m³ (13 ppm)	0.00047	0.00088	0.00083	0.00090	0.00084	0.00052
A	36.7	14.2	26.8	25.27	27.54	25.54	15.82								
B	132.9	51.4	96.9	91.40	99.59	92.36	57.22								
C	38.3	14.8	27.9	26.31	28.67	26.59	16.47								
D	27.5	10.7	20.1	18.94	20.64	19.14	11.86								
cis-1,2-Dichloroethene (cis-1,2-Dichloroethylene)									18881.0µg/m³ ACGIH TLV- TWA 793 mg/m³より換 算	0.0000061	0.000012	0.00001	0.00001	0.00011	0.00001
A	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13								
B	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13								
C	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13								
D	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13								
Chloroform									ATSDR, 1997 MRL 0.098 mg/m³ (0.02 ppm)	0.0012	0.0022	0.0021	0.0023	0.0021	0.0013
A	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13								
B	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13								
C	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13								
D	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13								
Chlorobenzene									1095.2 µg/m³ ACGIH TLV- TWA 46 mg/m³ より換算	0.00011	0.00020	0.00019	0.00021	0.00019	0.00012
A	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13								
B	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13								
C	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13								
D	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13								
Biphenyl									31.0 µg/m³ ACGIH TLV- TWA 1.3 mg/m³より 換算	0.0037	0.0071	0.0067	0.0073	0.0067	0.0042
A	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13								
B	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13								
C	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13								
D	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13								
Formaldehyde									ATSDR, 1999 MRL 0.0096 mg/m³ (0.008 ppm)	0.13	0.24	0.23	0.25	0.23	0.14
A	3.2	1.2	2.3	2.2	2.4	2.2	1.4								
B	3.3	1.3	2.4	2.3	2.5	2.3	1.4								
C	3.5	1.3	2.5	2.4	2.6	2.4	1.5								
D	7.1	2.7	5.2	4.9	5.3	4.9	3.1								
n-Decane									情報なし						
A	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13								
B	0.62	0.24	0.46	0.43	0.47	0.43	0.27								
C	0.80	0.31	0.59	0.55	0.60	0.56	0.35								
D	0.46	0.18	0.34	0.32	0.35	0.32	0.20								
3-Ethyltoluene; 4-Ethyltoluene									情報なし						
A	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13								
B	1.02	0.39	0.75	0.70	0.76	0.71	0.44								
C	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13								
D	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13								
2-Ethyltoluene									情報なし						
A	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13								
B	0.40	0.16	0.30	0.28	0.76	0.28	0.17								
C	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13								
D	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13								
(1S)-(-)-α-Pinene									情報なし						
A	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13								
B	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13								
C	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13								
D	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13								

表11：各運動場からの空気中から採取したVOCsの各年齢層における吸入曝露量及びハザード比(続き3)

物質名/ 運動場	最大大気中 濃度 (μg/m ³ , at 20°C)	平均一日曝露濃度 (μg/m ³)						許容値	ハザード比					
		小学校 低学年	小学校 高学年	中学生	高校生	大学生	大人		小学校 低学年	小学校 高学年	中学生	高校生	大学生	大人
(1S)-(-)-b-Pinene								情報なし						
A	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13							
B	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13							
C	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13							
D	0.65	0.25	0.48	0.45	0.49	0.45	0.28							
(R)-(+)-Limonene								情報なし						
A	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13							
B	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13							
C	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13							
D	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13							
n-Undecane								情報なし						
A	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13							
B	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13							
C	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13							
D	0.43	0.17	0.32	0.30	0.32	0.30	0.19							
Nonanal								情報なし						
A	0.63	0.24	0.47	0.43	0.47	0.44	0.27							
B	0.76	0.29	0.56	0.52	0.57	0.53	0.33							
C	0.81	0.31	0.60	0.56	0.61	0.56	0.35							
D	0.97	0.37	0.72	0.67	0.73	0.67	0.42							
n-Dodecane								情報なし						
A	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13							
B	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13							
C	0.37	0.14	0.27	0.26	0.28	0.26	0.16							
D	0.79	0.30	0.58	0.54	0.59	0.55	0.34							
Decanal								情報なし						
A	0.93	0.36	0.69	0.64	0.70	0.65	0.40							
B	1.3	0.51	0.97	0.91	0.99	0.92	0.57							
C	1.1	0.43	0.83	0.77	0.84	0.78	0.48							
D	1.2	0.45	0.86	0.80	0.87	0.81	0.50							
Benzothiazole								情報なし						
A	1.1	0.41	0.79	0.73	0.80	0.74	0.46							
B	3.6	1.4	2.7	2.49	2.72	2.52	1.56							
C	1.5	0.58	1.1	1.02	1.12	1.04	0.64							
D	21.2	8.2	15.7	14.6	15.9	14.8	9.1							
n-Tridecane								情報なし						
A	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13							
B	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13							
C	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13							
D	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13							
n-Tetradecane								情報なし						
A	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13							
B	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13							
C	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13							
D	0.40	0.16	0.30	0.28	0.30	0.28	0.17							
n-Pentadecane								情報なし						
A	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13							
B	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13							
C	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13							
D	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13							
n-Hexadecane								情報なし						
A	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13							
B	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13							
C	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13							
D	0.65	0.25	0.48	0.45	0.49	0.45	0.28							
t-Butylamine								情報なし						
A	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13							
B	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13							
C	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13							
D	1.9	0.75	1.4	1.33	1.45	1.34	0.83							
2-Mercaptobenzothiazole								情報なし						
A	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13							
B	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13							
C	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13							
D	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13							

表12-1：各運動場から採取したゴムチップ由来金属の各年齢層における経口曝露量及びハザード比（小学校低学年）

物質名	運動場	最大溶出濃度 (唾液) µg/g	最大溶出濃度 (胃液) µg/g	最大溶出濃度 (腸液) µg/g	Exposure (µg/kgbw/d) 唾液由来	Exposure (µg/kgbw/d) 胃液由来	Exposure (µg/kgbw/d) 腸液由来	total Exposure (µg/kgbw/d)	許容値等	ハザード比 (HQ)
ニッケル Nickel (Ni)	A	0.010	0.036	0.010	0.000037	0.000136	0.000037	0.00021	0.02 mg/kg/day (RfD) EPA (IRIS 1991)	0.000011
	B	0.010	0.031	0.010	0.000037	0.000116	0.000037	0.00019		0.000010
	C	0.032	0.185	0.010	0.000121	0.000694	0.000037	0.00085		0.000043
	D	0.010	0.142	0.010	0.000037	0.000533	0.000037	0.00061		0.000030
鉛 Lead (Pb)	A	0.001	0.348	0.001	0.000004	0.001303	0.000004	0.0013	3.5 µg/kg bw/day (WHO water quality guideline 3rd Ed.)	0.00037
	B	0.027	1.032	0.012	0.000101	0.003869	0.000045	0.0040		0.0011
	C	0.001	0.544	0.001	0.000004	0.002040	0.000004	0.0020		0.00058
	D	0.001	0.273	0.001	0.000004	0.001025	0.000004	0.0010		0.00030
ヒ素 Arsenic (As)	A	0.005	0.005	0.005	0.000019	0.000019	0.000019	0.000056	0.0003 mg/kg/day EPA (IRIS 1991)	0.00019
	B	0.005	0.005	0.005	0.000019	0.000019	0.000019	0.000056		0.00019
	C	0.005	0.005	0.005	0.000019	0.000019	0.000019	0.000056		0.00019
	D	0.005	0.005	0.005	0.000019	0.000019	0.000019	0.000056		0.00019
セレン Selenium (Se)	A	0.025	0.025	0.025	0.000094	0.000094	0.000094	0.00028	0.005 mg/kg/day EPA (IRIS 1991)	0.000056
	B	0.025	0.025	0.025	0.000094	0.000094	0.000094	0.00028		0.000056
	C	0.025	0.025	0.025	0.000094	0.000094	0.000094	0.00028		0.000056
	D	0.025	0.025	0.025	0.000094	0.000094	0.000094	0.00028		0.000056
アンチモン Antimony (Sb)	A	0.0025	0.0025	0.0025	0.000009	0.000009	0.000009	0.000028	0.0004 mg/kg/day EPA (IRIS 1987)	0.000070
	B	0.0025	0.0025	0.0025	0.000009	0.000009	0.000009	0.000028		0.000070
	C	0.0025	0.0025	0.0025	0.000009	0.000009	0.000009	0.000028		0.000070
	D	0.037	0.0025	0.0025	0.000139	0.000009	0.000009	0.00016		0.00039
マンガン Manganese (Mn)	A	0.200	1.741	0.149	0.000748	0.006528	0.000558	0.0078	0.14 mg/kg/day EPA (IRIS 1995)	0.000056
	B	0.093	0.333	0.077	0.000348	0.001247	0.000289	0.0019		0.000013
	C	2.196	4.363	2.129	0.008232	0.016358	0.007980	0.033		0.00023
	D	0.264	0.995	0.219	0.000988	0.003729	0.000820	0.0055		0.000040
バリウム Barium (Ba)	A	0.159	0.310	0.027	0.000596	0.001162	0.0001030	0.0019	0.2 mg/kg/day EPA (IRIS 2005)	0.000009
	B	0.203	0.319	0.0025	0.000760	0.001197	0.0000094	0.0020		0.000010
	C	0.233	0.373	0.0025	0.000875	0.001398	0.0000094	0.0023		0.000011
	D	0.203	0.361	0.0025	0.000761	0.001354	0.0000094	0.0021		0.000011
カドミウム Cadmium (Cd)	A	0.001	0.001	0.001	0.000004	0.000004	0.000004	0.000011	0.1 µg/kg/day chronic (MRL) ATSDR (2012)	0.00011
	B	0.001	0.001	0.001	0.000004	0.000004	0.000004	0.000011		0.00011
	C	0.001	0.001	0.001	0.000004	0.000004	0.000004	0.000011		0.00011
	D	0.001	0.001	0.001	0.000004	0.000004	0.000004	0.000011		0.00011
クロム Chromium (Cr)	A	0.0025	0.061	0.0025	0.000009	0.000230	0.0000094	0.00025	0.0009 mg chromium (VI)/kg/day chronic (MRL)	0.00028
	B	0.0025	0.016	0.0025	0.000009	0.000061	0.0000094	0.000080		0.00009
	C	0.0025	0.039	0.0025	0.000009	0.000145	0.0000094	0.00016		0.00018
	D	0.038	0.111	0.037	0.000142	0.000416	0.0001376	0.00070		0.00077
アルミニウム Aluminum (Al)	A	0.744	49.195	0.716	0.00279	0.184	0.00269	0.19	1 mg/kg/day chronic (MRL) ATSDR (2008)	0.00019
	B	2.090	32.319	0.825	0.00784	0.121	0.00309	0.13		0.00013
	C	1.692	29.684	0.690	0.00634	0.111	0.00259	0.12		0.00012
	D	0.887	21.874	0.558	0.00333	0.082	0.00209	0.087		0.00009
コバルト Cobalt (Co)	A	0.062	0.24	0.040	0.00023	0.00089	0.00015	0.0013	1x10 ⁻² mg/kg/day oral (MRL) ATSDR (2004)	0.00013
	B	0.070	0.20	0.040	0.00026	0.00075	0.00015	0.0012		0.00012
	C	0.121	0.28	0.075	0.0005	0.0011	0.00028	0.0018		0.00018
	D	0.086	0.23	0.10	0.00032	0.00086	0.00039	0.0016		0.00016

赤字：試料中に含有しているが、溶出液からは不検出であったため、定量下限値を用いた

表12-1：各運動場から採取したゴムチップ由来金属の各年齢層における経口曝露量及びハザード比（小学校低学年）（続き）

物質名	運動場	最大溶出濃度 (唾液) µg/g	最大溶出濃度 (胃液) µg/g	最大溶出濃度 (腸液) µg/g	Exposure (µg/kgbw/d) 唾液由来	Exposure (µg/kgbw/d) 胃液由来	Exposure (µg/kgbw/d) 腸液由来	total Exposure (µg/kgbw/d)	許容値等	ハザード比 (HQ)
銅 Copper (Cu)	A	0.025	1.9	0.025	0.000094	0.0069	0.000094	0.0071	0.01 mg/kg/day oral (MRL) ATSDR (2004)	0.00071
	B	0.036	1.2	0.043	0.00014	0.0044	0.00016	0.0047		0.00047
	C	0.13	4.6	0.140	0.00050	0.017	0.00052	0.018		0.0018
	D	0.060	1.4	0.030	0.00022	0.0053	0.00011	0.0056		0.00056
スズ Tin (Sn)	A	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000094	0.0000094	0.0000094	0.000028	0.0003 mg/kg/day chronic-duration oral (MRL)	0.000094
	B	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000094	0.0000094	0.0000094	0.000028		0.000094
	C	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000094	0.0000094	0.0000094	0.000028		0.000094
	D	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000094	0.0000094	0.0000094	0.000028		0.000094
バナジウム Vanadium (V)	A	0.0025	0.14	0.024	0.0000094	0.00052	0.000090	0.00062	0.01 mg/kg/day intermediate- duration oral (MRL) ATSDR (2012)	0.000062
	B	0.0025	0.056	0.015	0.0000094	0.00021	0.000057	0.00028		0.000028
	C	0.0025	0.062	0.013	0.0000094	0.00023	0.000049	0.00029		0.000029
	D	0.0025	0.058	0.019	0.0000094	0.00022	0.000072	0.00030		0.000030
水銀 Mercury (Hg)	A	0.064	0.064	0.064	0.00024	0.00024	0.00024	0.00072	0.0003 mg/kg/day chronic (MRL) ATSDR (1999)	0.0024
	B	0.064	0.064	0.064	0.00024	0.00024	0.00024	0.00072		0.0024
	C	0.064	0.064	0.064	0.00024	0.00024	0.00024	0.00072		0.0024
	D	0.064	0.064	0.064	0.00024	0.00024	0.00024	0.00072		0.0024
リチウム Lithium (Li)	A	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000094	0.0000094	0.0000094	0.000028	情報なし	
	B	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000094	0.0000094	0.0000094	0.000028		
	C	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000094	0.0000094	0.0000094	0.000028		
	D	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000094	0.0000094	0.0000094	0.000028		
マグネシウム Magnesium (Mg)	A	1.2	4.9	1.2	0.0047	0.0185	0.0046	0.028	情報なし	
	B	1.1	3.6	1.4	0.0040	0.0134	0.0053	0.023		
	C	1.0	4.2	1.2	0.0036	0.0158	0.0046	0.024		
	D	4.8	8.1	4.5	0.0181	0.0303	0.0168	0.065		
鉄 Iron (Fe)	A	0.24	23.6	0.09	0.000905	0.088524	0.000325	0.090	情報なし	
	B	1.1	12.6	0.23	0.004005	0.047126	0.000862	0.052		
	C	1.0	32.3	0.21	0.003735	0.120925	0.000780	0.13		
	D	0.26	27.0	0.09	0.000988	0.101174	0.000339	0.10		
亜鉛 Zinc (Zn)	A	12.4	68.2	8.8	0.047	0.26	0.033	0.34	0.3 mg/kg/day EPA (IRIS 2005)	0.0011
	B	16.2	52.0	8.1	0.061	0.20	0.030	0.29		0.0010
	C	17.8	64.8	10.1	0.067	0.24	0.038	0.35		0.0012
	D	31.5	80.6	22.8	0.118	0.30	0.086	0.51		0.0017
ガリウム Gallium (Ga)	A	0.028	0.0025	0.0025	0.00010	0.0000094	0.0000094	0.00012	情報なし	
	B	0.036	0.0025	0.0025	0.00013	0.0000094	0.0000094	0.00015		
	C	0.040	0.0025	0.0025	0.00015	0.0000094	0.0000094	0.00017		
	D	0.036	0.0025	0.0025	0.00013	0.0000094	0.0000094	0.00015		
ルビジウム Rubidium (Rb)	A	0.015	0.029	0.0025	0.000058	0.000109	0.000009	0.00018	情報なし	
	B	0.018	0.015	0.066	0.000069	0.000055	0.00025	0.00037		
	C	0.017	0.041	0.039	0.000063	0.00015	0.00014	0.00036		
	D	0.030	0.028	0.018	0.000114	0.000106	0.000067	0.00029		
ストロンチウム Strontium (Sr)	A	0.064	0.098	0.041	0.00024	0.00037	0.00015	0.00076	0.6 mg/kg/day EPA (IRIS 1992)	0.0000013
	B	0.093	0.115	0.061	0.00035	0.00043	0.00023	0.0010		0.0000017
	C	0.032	0.049	0.020	0.00012	0.00018	0.000075	0.00038		0.0000063
	D	0.084	0.117	0.035	0.00032	0.00044	0.00013	0.00089		0.0000015

赤字：試料中に含有しているが、溶出液からは不検出であったため、定量下限値を用いた

表12-2：各運動場から採取したゴムチップ由来金属の各年齢層における経口曝露量及びハザード比（小学校高学年）

物質名	運動場	最大溶出濃度 （唾液） µg/g	最大溶出濃度 （胃液） µg/g	最大溶出濃度 （腸液） µg/g	Exposure (µg/kgbw/d) 唾液由来	Exposure (µg/kgbw/d) 胃液由来	Exposure (µg/kgbw/d) 腸液由来	total Exposure (µg/kgbw/d)	許容値等	ハザード比 (HQ)
ニッケル Nickel (Ni)	A	0.010000	0.035742	0.010000	0.000032	0.000115	0.000032	0.00018	0.02 mg/kg/day (RfD) EPA (IRIS 1991)	0.000009
	B	0.010000	0.030915	0.010000	0.000032	0.000099	0.000032	0.00016		0.000008
	C	0.032360	0.185107	0.010000	0.000104	0.000594	0.000032	0.00073		0.000037
	D	0.010000	0.142245	0.010000	0.000032	0.000457	0.000032	0.00052		0.000026
鉛 Lead (Pb)	A	0.001	0.348	0.001	0.000003	0.001116	0.000003	0.0011	3.5 µg/kg bw/day (WHO water quality guideline 3rd Ed.)	0.00032
	B	0.027	1.032	0.012	0.000086	0.003313	0.000038	0.0034		0.00098
	C	0.001	0.544	0.001	0.000003	0.001747	0.000003	0.0018		0.00050
	D	0.001	0.273	0.001	0.000003	0.000878	0.000003	0.00088		0.00025
ヒ素 Arsenic (As)	A	0.005	0.005	0.005	0.000016	0.000016	0.000016	0.000048	0.0003 mg/kg/day EPA (IRIS 1991)	0.00016
	B	0.005	0.005	0.005	0.000016	0.000016	0.000016	0.000048		0.00016
	C	0.005	0.005	0.005	0.000016	0.000016	0.000016	0.000048		0.00016
	D	0.005	0.005	0.005	0.000016	0.000016	0.000016	0.000048		0.00016
セレン Selenium (Se)	A	0.025	0.025	0.025	0.000080	0.000080	0.000080	0.00024	0.005 mg/kg/day EPA (IRIS 1991)	0.000048
	B	0.025	0.025	0.025	0.000080	0.000080	0.000080	0.00024		0.000048
	C	0.025	0.025	0.025	0.000080	0.000080	0.000080	0.00024		0.000048
	D	0.025	0.025	0.025	0.000080	0.000080	0.000080	0.00024		0.000048
アンチモン Antimony (Sb)	A	0.0025	0.0025	0.0025	0.000008	0.000008	0.000008	0.000024	0.0004 mg/kg/day EPA (IRIS 1987)	0.000060
	B	0.0025	0.0025	0.0025	0.000008	0.000008	0.000008	0.000024		0.000060
	C	0.0025	0.0025	0.0025	0.000008	0.000008	0.000008	0.000024		0.000060
	D	0.037	0.0025	0.0025	0.000119	0.000008	0.000008	0.00013		0.00034
マンガン Manganese (Mn)	A	0.200	1.741	0.149	0.000641	0.005590	0.000478	0.0067	0.14 mg/kg/day EPA (IRIS 1995)	0.000048
	B	0.093	0.333	0.077	0.000298	0.001068	0.000248	0.0016		0.000012
	C	2.196	4.363	2.129	0.007050	0.014008	0.006834	0.028		0.00020
	D	0.264	0.995	0.219	0.000846	0.003194	0.000702	0.0047		0.000034
バリウム Barium (Ba)	A	0.159	0.310	0.027	0.000510	0.000995	0.0000882	0.0016	0.2 mg/kg/day EPA (IRIS 2005)	0.0000080
	B	0.203	0.319	0.0025	0.000651	0.001025	0.0000080	0.0017		0.0000084
	C	0.233	0.373	0.0025	0.000750	0.001197	0.0000080	0.0020		0.0000098
	D	0.203	0.361	0.0025	0.000652	0.001159	0.0000080	0.0018		0.0000091
カドミウム Cadmium (Cd)	A	0.001	0.001	0.001	0.000003	0.000003	0.000003	0.000010	0.1 µg/kg/day chronic (MRL) ATSDR (2012)	0.000096
	B	0.001	0.001	0.001	0.000003	0.000003	0.000003	0.000010		0.000096
	C	0.001	0.001	0.001	0.000003	0.000003	0.000003	0.000010		0.000096
	D	0.001	0.001	0.001	0.000003	0.000003	0.000003	0.000010		0.000096
クロム Chromium (Cr)	A	0.0025	0.061	0.0025	0.000008	0.000197	0.0000080	0.00021	0.0009 mg chromium (VI)/kg/day chronic (MRL)	0.00024
	B	0.0025	0.016	0.0025	0.000008	0.000053	0.0000080	0.000069		0.000076
	C	0.0025	0.039	0.0025	0.000008	0.000124	0.0000080	0.00014		0.00016
	D	0.038	0.111	0.037	0.000121	0.000357	0.0001178	0.00060		0.00066
アルミニウム Aluminum (Al)	A	0.744	49.195	0.716	0.00239	0.158	0.00230	0.16	1 mg/kg/day chronic (MRL) ATSDR (2008)	0.00016
	B	2.090	32.319	0.825	0.00671	0.104	0.00265	0.11		0.00011
	C	1.692	29.684	0.690	0.00543	0.095	0.00222	0.10		0.00010
	D	0.887	21.874	0.558	0.00285	0.070	0.00179	0.075		0.000075
コバルト Cobalt (Co)	A	0.062	0.238	0.040	0.000199	0.000765	0.000130	0.0011	1x10 ⁻² mg/kg/day oral (MRL) ATSDR (2004)	0.00011
	B	0.070	0.201	0.040	0.000225	0.000646	0.000128	0.0010		0.00010
	C	0.121	0.280	0.075	0.000387	0.000901	0.000241	0.0015		0.00015
	D	0.086	0.229	0.104	0.000275	0.000736	0.000333	0.0013		0.00013

：字：溶出濃度がLOQ以下であった試料において、定量下限値を溶出濃度とした。

表12-2：各運動場から採取したゴムチップ由来金属の各年齢層における経口曝露量及びハザード比（小学校高学年）（続き）

物質名	運動場	最大溶出濃度 （唾液） µg/g	最大溶出濃度 （胃液） µg/g	最大溶出濃度 （腸液） µg/g	Exposure (µg/kgbw/d) 唾液由来	Exposure (µg/kgbw/d) 胃液由来	Exposure (µg/kgbw/d) 腸液由来	total Exposure (µg/kgbw/d)	許容値等	ハザード比 (HQ)
銅 Copper (Cu)	A	0.025	1.852	0.025	0.000080	0.005945	0.000080	0.0061	0.01 mg/kg/day oral (MRL) ATSDR (2004)	0.00061
	B	0.036	1.165	0.043	0.000116	0.003739	0.000137	0.0040		0.00040
	C	0.132	4.639	0.140	0.000425	0.014893	0.000448	0.016		0.0016
	D	0.060	1.401	0.030	0.000192	0.004498	0.000095	0.0048		0.00048
スズ Tin (Sn)	A	0.0025	0.0025	0.0025	0.000008	0.000008	0.000008	0.000024	0.0003 mg/kg/day chronic-duration oral (MRL) ATSDR (2005)	0.000080
	B	0.0025	0.0025	0.0025	0.000008	0.000008	0.000008	0.000024		0.000080
	C	0.0025	0.0025	0.0025	0.000008	0.000008	0.000008	0.000024		0.000080
	D	0.0025	0.0025	0.0025	0.000008	0.000008	0.000008	0.000024		0.000080
バナジウム Vanadium (V)	A	0.0025	0.138	0.024	0.000008	0.000443	0.000077	0.00053	0.01 mg/kg/day intermediate- duration oral (MRL) ATSDR (2012)	0.000053
	B	0.0025	0.056	0.015	0.000008	0.000181	0.000049	0.00024		0.000024
	C	0.0025	0.062	0.013	0.000008	0.000200	0.000042	0.00025		0.000025
	D	0.0025	0.058	0.019	0.000008	0.000186	0.000061	0.00026		0.000026
水銀 Mercury (Hg)	A	0.0638	0.0638	0.0638	0.000205	0.000205	0.000205	0.00061	0.0003 mg/kg/day chronic (MRL) ATSDR (1999)	0.0020
	B	0.0638	0.0638	0.0638	0.000205	0.000205	0.000205	0.00061		0.0020
	C	0.0638	0.0638	0.0638	0.000205	0.000205	0.000205	0.00061		0.0020
	D	0.0638	0.0638	0.0638	0.000205	0.000205	0.000205	0.00061		0.0020
リチウム Lithium (Li)	A	0.0025	0.0025	0.0025	0.000008	0.000008	0.000008	0.000024	情報なし	
	B	0.0025	0.0025	0.0025	0.000008	0.000008	0.000008	0.000024		
	C	0.0025	0.0025	0.0025	0.000008	0.000008	0.000008	0.000024		
	D	0.0025	0.0025	0.0025	0.000008	0.000008	0.000008	0.000024		
マグネシウム Magnesium (Mg)	A	1.245	4.934	1.225	0.003997	0.015841	0.003932	0.024	情報なし	
	B	1.077	3.572	1.412	0.003457	0.011468	0.004532	0.019		
	C	0.964	4.225	1.228	0.003094	0.013564	0.003944	0.021		
	D	4.824	8.081	4.474	0.015487	0.025945	0.014365	0.056		
鉄 Iron (Fe)	A	0.2413	23.61	0.0866	0.000775	0.075807	0.000278	0.077	情報なし	
	B	1.0683	12.57	0.2299	0.003430	0.040355	0.000738	0.045		
	C	0.9963	32.25	0.2080	0.003199	0.103553	0.000668	0.11		
	D	0.2636	26.99	0.0905	0.000846	0.086639	0.000290	0.088		
亜鉛 Zinc (Zn)	A	12.43	68.229	8.836	0.03992	0.2190	0.0284	0.29	0.3 mg/kg/day EPA (IRIS 2005)	0.00096
	B	16.22	52.028	8.133	0.05207	0.1670	0.0261	0.25		0.00082
	C	17.78	64.808	10.091	0.05708	0.2081	0.0324	0.30		0.00099
	D	31.48	80.619	22.846	0.10108	0.2588	0.0733	0.43		0.0014
ガリウム Gallium (Ga)	A	0.028	0.0025	0.0025	0.000089	0.000008	0.000008	0.00010	情報なし	
	B	0.036	0.0025	0.0025	0.000114	0.000008	0.000008	0.00013		
	C	0.040	0.0025	0.0025	0.000128	0.000008	0.000008	0.00014		
	D	0.036	0.0025	0.0025	0.000114	0.000008	0.000008	0.00013		
ルビジウム Rubidium (Rb)	A	0.015	0.029	0.003	0.000050	0.000093	0.000008	0.00015	情報なし	
	B	0.018	0.015	0.066	0.000059	0.000047	0.000212	0.00032		
	C	0.017	0.041	0.039	0.000054	0.000132	0.000124	0.00031		
	D	0.030	0.028	0.018	0.000098	0.000091	0.000058	0.00025		
ストロンチウム Strontium (Sr)	A	0.064	0.098	0.041	0.000204	0.000316	0.0001322	0.00065	0.6 mg/kg/day EPA (IRIS 1992)	0.0000011
	B	0.093	0.115	0.061	0.000298	0.000370	0.0001974	0.00087		0.0000014
	C	0.032	0.049	0.020	0.000103	0.000157	0.0000643	0.00032		0.0000005
	D	0.084	0.117	0.035	0.000271	0.000377	0.0001113	0.00076		0.0000013

赤字：溶出濃度がLOQ以下であった試料において、定量下限値を溶出濃度とした。

表12-3：各運動場から採取したゴムチップ由来金属の各年齢層における経口曝露量及びハザード比（中学生）

物質名	運動場	最大溶出濃度 (唾液) µg/g	最大溶出濃度 (胃液) µg/g	最大溶出濃度 (腸液) µg/g	Exposure (µg/kgbw/d) 唾液由来	Exposure (µg/kgbw/d) 胃液由来	Exposure (µg/kgbw/d) 腸液由来	total Exposure (µg/kgbw/d)	許容値等	ハザード比 (HQ)
ニッケル Nickel (Ni)	A	0.010000	0.036317	0.010000	0.000017	0.000062	0.000017	0.000096	0.02 mg/kg/day (RfD) EPA (IRIS 1991)	0.000048
	B	0.010000	0.030915	0.010000	0.000017	0.000053	0.000017	0.000087		0.000043
	C	0.032360	0.185107	0.010000	0.000055	0.000315	0.000017	0.000387		0.000019
	D	0.010000	0.142245	0.010000	0.000017	0.000242	0.000017	0.000276		0.000014
鉛 Lead (Pb)	A	0.001	0.348	0.001	0.000002	0.000591	0.000002	0.000595	3.5 µg/kg bw/day (WHO water quality guideline 3rd Ed.)	0.00017
	B	0.027	1.032	0.012	0.000046	0.001756	0.000020	0.001822		0.00052
	C	0.001	0.544	0.001	0.000002	0.000926	0.000002	0.000929		0.00027
	D	0.001	0.273	0.001	0.000002	0.000465	0.000002	0.000469		0.00013
ヒ素 Arsenic (As)	A	0.005	0.005	0.005	0.000009	0.000009	0.000009	0.000026	0.0003 mg/kg/day EPA (IRIS 1991)	0.000085
	B	0.005	0.005	0.005	0.000009	0.000009	0.000009	0.000026		0.000085
	C	0.005	0.005	0.005	0.000009	0.000009	0.000009	0.000026		0.000085
	D	0.005	0.005	0.005	0.000009	0.000009	0.000009	0.000026		0.000085
セレン Selenium (Se)	A	0.025	0.025	0.025	0.000043	0.000043	0.000043	0.000128	0.005 mg/kg/day EPA (IRIS 1991)	0.000026
	B	0.025	0.025	0.025	0.000043	0.000043	0.000043	0.000128		0.000026
	C	0.025	0.025	0.025	0.000043	0.000043	0.000043	0.000128		0.000026
	D	0.025	0.025	0.025	0.000043	0.000043	0.000043	0.000128		0.000026
アンチモン Antimony (Sb)	A	0.0025	0.0025	0.0025	0.000004	0.000004	0.000004	0.000013	0.0004 mg/kg/day EPA (IRIS 1987)	0.000032
	B	0.0025	0.0025	0.0025	0.000004	0.000004	0.000004	0.000013		0.000032
	C	0.0025	0.0025	0.0025	0.000004	0.000004	0.000004	0.000013		0.000032
	D	0.037	0.0025	0.0025	0.000063	0.000004	0.000004	0.000072		0.00018
マンガン Manganese (Mn)	A	0.200	1.741	0.149	0.000340	0.002962	0.000253	0.003555	0.14 mg/kg/day EPA (IRIS 1995)	0.000025
	B	0.093	0.333	0.077	0.000158	0.000566	0.000131	0.000855		0.000006
	C	2.196	4.363	2.129	0.003736	0.007423	0.003622	0.014781		0.00011
	D	0.264	0.995	0.219	0.000449	0.001692	0.000372	0.002513		0.000018
バリウム Barium (Ba)	A	0.159	0.310	0.027	0.000271	0.000527	0.0000467	0.000844	0.2 mg/kg/day EPA (IRIS 2005)	0.000042
	B	0.203	0.319	0.0025	0.000345	0.000543	0.0000043	0.000893		0.000045
	C	0.233	0.373	0.0025	0.000397	0.000634	0.0000043	0.001036		0.000052
	D	0.203	0.361	0.0025	0.000346	0.000614	0.0000043	0.000964		0.000048
カドミウム Cadmium (Cd)	A	0.001	0.001	0.001	0.000002	0.000002	0.000002	0.000005	0.1 µg/kg/day chronic (MRL) ATSDR (2012)	0.000051
	B	0.001	0.001	0.001	0.000002	0.000002	0.000002	0.000005		0.000051
	C	0.001	0.001	0.001	0.000002	0.000002	0.000002	0.000005		0.000051
	D	0.001	0.001	0.001	0.000002	0.000002	0.000002	0.000005		0.000051
クロム Chromium (Cr)	A	0.0025	0.061	0.0025	0.000004	0.000104	0.0000043	0.000113	0.0009 mg chromium (VI)/kg/day chronic (MRL)	0.00013
	B	0.0025	0.016	0.0025	0.000004	0.000028	0.0000043	0.000036		0.000040
	C	0.0025	0.039	0.0025	0.000004	0.000066	0.0000043	0.000074		0.000082
	D	0.038	0.111	0.037	0.000064	0.000189	0.0000625	0.000316		0.00035
アルミニウム Aluminum (Al)	A	0.744	49.195	0.716	0.00127	0.084	0.00122	0.086	1 mg/kg/day chronic (MRL) ATSDR (2008)	0.000086
	B	2.090	32.319	0.825	0.00356	0.055	0.00140	0.060		0.000060
	C	1.692	29.684	0.690	0.00288	0.051	0.00117	0.055		0.000055
	D	0.887	21.874	0.558	0.00151	0.037	0.00095	0.040		0.000040
コバルト Cobalt (Co)	A	0.062	0.238	0.040	0.000106	0.000405	0.000069	0.000580	1x10 ⁻² mg/kg/day oral (MRL) ATSDR (2004)	0.000058
	B	0.070	0.201	0.040	0.000119	0.000342	0.000068	0.000530		0.000053
	C	0.121	0.280	0.075	0.000205	0.000477	0.000128	0.000810		0.000081
	D	0.086	0.229	0.104	0.000145	0.000390	0.000176	0.000712		0.000071

赤字：溶出濃度がLOQ以下であった試料において、定量下限値を溶出濃度とした。

表12-3：各運動場から採取したゴムチップ由来金属の各年齢層における経口曝露量及びハザード比（中学生）（続き）

物質名	運動場	最大溶出濃度 (唾液) µg/g	最大溶出濃度 (胃液) µg/g	最大溶出濃度 (腸液) µg/g	Exposure (µg/kgbw/d) 唾液由来	Exposure (µg/kgbw/d) 胃液由来	Exposure (µg/kgbw/d) 腸液由来	total Exposure (µg/kgbw/d)	許容値等	ハザード比 (HQ)
銅 Copper (Cu)	A	0.025	1.852	0.025	0.000043	0.003150	0.000043	0.003235	0.01 mg/kg/day oral (MRL) ATSDR (2004)	0.00032
	B	0.036	1.165	0.043	0.000062	0.001982	0.000073	0.002116		0.00021
	C	0.132	4.639	0.140	0.000225	0.007892	0.000238	0.008355		0.00084
	D	0.060	1.401	0.030	0.000102	0.002384	0.000051	0.002536		0.00025
スズ Tin (Sn)	A	0.0025	0.0025	0.0025	0.000004	0.000004	0.000004	0.000013	0.0003 mg/kg/day chronic-duration oral (MRL)	0.000043
	B	0.0025	0.0025	0.0025	0.000004	0.000004	0.000004	0.000013		0.000043
	C	0.0025	0.0025	0.0025	0.000004	0.000004	0.000004	0.000013		0.000043
	D	0.0025	0.0025	0.0025	0.000004	0.000004	0.000004	0.000013		0.000043
バナジウム Vanadium (V)	A	0.0025	0.138	0.024	0.000004	0.000235	0.000041	0.000280	0.01 mg/kg/day intermediate- duration oral (MRL) ATSDR (2012)	0.000028
	B	0.0025	0.056	0.015	0.000004	0.000096	0.000026	0.000126		0.000014
	C	0.0025	0.062	0.013	0.000004	0.000106	0.000022	0.000132		0.000013
	D	0.0025	0.058	0.019	0.000004	0.000099	0.000033	0.000136		0.000013
水銀 Mercury (Hg)	A	0.0638	0.0638	0.0638	0.000109	0.000109	0.000109	0.000326	0.0003 mg/kg/day chronic (MRL) ATSDR (1999)	0.0011
	B	0.0638	0.0638	0.0638	0.000109	0.000109	0.000109	0.000326		0.0011
	C	0.0638	0.0638	0.0638	0.000109	0.000109	0.000109	0.000326		0.0011
	D	0.0638	0.0638	0.0638	0.000109	0.000109	0.000109	0.000326		0.0011
リチウム Lithium (Li)	A	0.0025	0.0025	0.0025	0.000004	0.000004	0.000004	0.000013	情報なし	
	B	0.0025	0.0025	0.0025	0.000004	0.000004	0.000004	0.000013		
	C	0.0025	0.0025	0.0025	0.000004	0.000004	0.000004	0.000013		
	D	0.0025	0.0025	0.0025	0.000004	0.000004	0.000004	0.000013		
マグネシウム Magnesium (Mg)	A	1.245	4.934	1.225	0.002118	0.008395	0.002084	0.012597	情報なし	
	B	1.077	3.572	1.412	0.001832	0.006077	0.002402	0.010312		
	C	0.964	4.225	1.228	0.001640	0.007188	0.002090	0.010918		
	D	4.824	8.081	4.474	0.008207	0.013750	0.007613	0.029570		
鉄 Iron (Fe)	A	0.2413	23.61	0.0866	0.000411	0.040173	0.000147	0.040731	情報なし	
	B	1.0683	12.57	0.2299	0.001818	0.021386	0.000391	0.023595		
	C	0.9963	32.25	0.2080	0.001695	0.054877	0.000354	0.056926		
	D	0.2636	26.99	0.0905	0.000449	0.045914	0.000154	0.046516		
亜鉛 Zinc (Zn)	A	12.43	68.229	8.836	0.02116	0.1161	0.0150	0.1523	0.3 mg/kg/day EPA (IRIS 2005)	0.00051
	B	16.22	52.028	8.133	0.02759	0.0885	0.0138	0.1299		0.00043
	C	17.78	64.808	10.091	0.03025	0.1103	0.0172	0.1577		0.00053
	D	31.48	80.619	22.846	0.05357	0.1372	0.0389	0.2296		0.00077
ガリウム Gallium (Ga)	A	0.028	0.0025	0.0025	0.000047	0.000004	0.000004	0.000056	情報なし	
	B	0.036	0.0025	0.0025	0.000061	0.000004	0.000004	0.000069		
	C	0.040	0.0025	0.0025	0.000068	0.000004	0.000004	0.000077		
	D	0.036	0.0025	0.0025	0.000061	0.000004	0.000004	0.000069		
ルビジウム Rubidium (Rb)	A	0.015	0.029	0.003	0.000026	0.000049	0.000004	0.000080	情報なし	
	B	0.018	0.015	0.066	0.000031	0.000025	0.000112	0.000168		
	C	0.017	0.041	0.039	0.000028	0.000070	0.000066	0.000164		
	D	0.030	0.028	0.018	0.000052	0.000048	0.000031	0.000131		
ストロンチウム Strontium (Sr)	A	0.064	0.098	0.041	0.000108	0.000167	0.0000700	0.000346	0.6 mg/kg/day EPA (IRIS 1992)	0.00000058
	B	0.093	0.115	0.061	0.000158	0.000196	0.0001046	0.000458		0.00000076
	C	0.032	0.049	0.020	0.000054	0.000083	0.0000341	0.000172		0.00000029
	D	0.084	0.117	0.035	0.000144	0.000200	0.0000590	0.000402		0.00000067

赤字：溶出濃度がLOQ以下であった試料において、定量下限値を溶出濃度とした。

表12-4：各運動場から採取したゴムチップ由来金属の各年齢層における経口曝露量及びハザード比（高校生）

物質名	運動場	最大溶出濃度 (唾液) µg/g	最大溶出濃度 (胃液) µg/g	最大溶出濃度 (腸液) µg/g	Exposure (µg/kgbw/d) 唾液由来	Exposure (µg/kgbw/d) 胃液由来	Exposure (µg/kgbw/d) 腸液由来	total Exposure (µg/kgbw/d)	許容値等	ハザード比 (HQ)
ニッケル Nickel (Ni)	A	0.010000	0.036317	0.010000	0.000014	0.000051	0.000014	0.000080	0.02 mg/kg/day (RfD) EPA (IRIS 1991)	0.000040
	B	0.010000	0.030915	0.010000	0.000014	0.000044	0.000014	0.000072		0.000036
	C	0.032360	0.185107	0.010000	0.000046	0.000261	0.000014	0.00032		0.000016
	D	0.010000	0.142245	0.010000	0.000014	0.000201	0.000014	0.00023		0.000011
鉛 Lead (Pb)	A	0.001	0.348	0.001	0.000001	0.000491	0.000001	0.00049	3.5 µg/kg bw/day (WHO water quality guideline 3rd Ed.)	0.00014
	B	0.027	1.032	0.012	0.000038	0.001457	0.000017	0.0015		0.00043
	C	0.001	0.544	0.001	0.000001	0.000768	0.000001	0.00077		0.00022
	D	0.001	0.273	0.001	0.000001	0.000386	0.000001	0.00039		0.00011
ヒ素 Arsenic (As)	A	0.005	0.005	0.005	0.000007	0.000007	0.000007	0.000021	0.0003 mg/kg/day EPA (IRIS 1991)	0.000071
	B	0.005	0.005	0.005	0.000007	0.000007	0.000007	0.000021		0.000071
	C	0.005	0.005	0.005	0.000007	0.000007	0.000007	0.000021		0.000071
	D	0.005	0.005	0.005	0.000007	0.000007	0.000007	0.000021		0.000071
セレン Selenium (Se)	A	0.025	0.025	0.025	0.000035	0.000035	0.000035	0.00011	0.005 mg/kg/day EPA (IRIS 1991)	0.000021
	B	0.025	0.025	0.025	0.000035	0.000035	0.000035	0.00011		0.000021
	C	0.025	0.025	0.025	0.000035	0.000035	0.000035	0.00011		0.000021
	D	0.025	0.025	0.025	0.000035	0.000035	0.000035	0.00011		0.000021
アンチモン Antimony (Sb)	A	0.0025	0.0025	0.0025	0.000004	0.000004	0.000004	0.000011	0.0004 mg/kg/day EPA (IRIS 1987)	0.000026
	B	0.0025	0.0025	0.0025	0.000004	0.000004	0.000004	0.000011		0.000026
	C	0.0025	0.0025	0.0025	0.000004	0.000004	0.000004	0.000011		0.000026
	D	0.037	0.0025	0.0025	0.000052	0.000004	0.000004	0.000059		0.00015
マンガン Manganese (Mn)	A	0.200	1.741	0.149	0.000282	0.002459	0.000210	0.0030	0.14 mg/kg/day EPA (IRIS 1995)	0.000021
	B	0.093	0.333	0.077	0.000131	0.000470	0.000109	0.00071		0.000005
	C	2.196	4.363	2.129	0.003100	0.006161	0.003006	0.012		0.000088
	D	0.264	0.995	0.219	0.000372	0.001405	0.000309	0.0021		0.000015
バリウム Barium (Ba)	A	0.159	0.310	0.027	0.000225	0.000438	0.0000388	0.00070	0.2 mg/kg/day EPA (IRIS 2005)	0.000035
	B	0.203	0.319	0.0025	0.000286	0.000451	0.0000035	0.00074		0.000037
	C	0.233	0.373	0.0025	0.000330	0.000526	0.0000035	0.00086		0.000043
	D	0.203	0.361	0.0025	0.000287	0.000510	0.0000035	0.00080		0.000040
カドミウム Cadmium (Cd)	A	0.001	0.001	0.001	0.000001	0.000001	0.000001	0.0000042	0.1 µg/kg/day chronic (MRL) ATSDR (2012)	0.000042
	B	0.001	0.001	0.001	0.000001	0.000001	0.000001	0.0000042		0.000042
	C	0.001	0.001	0.001	0.000001	0.000001	0.000001	0.0000042		0.000042
	D	0.001	0.001	0.001	0.000001	0.000001	0.000001	0.0000042		0.000042
クロム Chromium (Cr)	A	0.0025	0.061	0.0025	0.000004	0.000086	0.0000035	0.000094	0.0009 mg chromium (VI)/kg/day chronic (MRL)	0.00010
	B	0.0025	0.016	0.0025	0.000004	0.000023	0.0000035	0.000030		0.000034
	C	0.0025	0.039	0.0025	0.000004	0.000055	0.0000035	0.000062		0.000068
	D	0.038	0.111	0.037	0.000053	0.000157	0.0000518	0.00026		0.00029
アルミニウム Aluminum (Al)	A	0.744	49.195	0.716	0.00105	0.069	0.00101	0.072	1 mg/kg/day chronic (MRL) ATSDR (2008)	0.000072
	B	2.090	32.319	0.825	0.00295	0.046	0.00116	0.050		0.000050
	C	1.692	29.684	0.690	0.00239	0.042	0.00097	0.045		0.000045
	D	0.887	21.874	0.558	0.00125	0.031	0.00079	0.033		0.000033
コバルト Cobalt (Co)	A	0.062	0.238	0.040	0.000088	0.000336	0.000057	0.00048	1x10 ⁻² mg/kg/day oral (MRL) ATSDR (2004)	0.000048
	B	0.070	0.201	0.040	0.000099	0.000284	0.000056	0.00044		0.000044
	C	0.121	0.280	0.075	0.000170	0.000396	0.000106	0.00067		0.000067
	D	0.086	0.229	0.104	0.000121	0.000324	0.000146	0.00059		0.000059

赤字：溶出濃度がLOQ以下であった試料において、定量下限値を溶出濃度とした。

表12-4：各運動場から採取したゴムチップ由来金属の各年齢層における経口曝露量及びハザード比（高校生）（続き）

物質名	運動場	最大溶出濃度 (唾液) µg/g	最大溶出濃度 (胃液) µg/g	最大溶出濃度 (腸液) µg/g	Exposure (µg/kgbw/d) 唾液由来	Exposure (µg/kgbw/d) 胃液由来	Exposure (µg/kgbw/d) 腸液由来	total Exposure (µg/kgbw/d)	許容値等	ハザード比 (HQ)
銅 Copper (Cu)	A	0.025	1.852	0.025	0.000035	0.002614	0.000035	0.0027	0.01 mg/kg/day oral (MRL) ATSDR (2004)	0.00027
	B	0.036	1.165	0.043	0.000051	0.001645	0.000060	0.0018		0.00018
	C	0.132	4.639	0.140	0.000187	0.006550	0.000197	0.0069		0.00069
	D	0.060	1.401	0.030	0.000085	0.001978	0.000042	0.0021		0.00021
スズ Tin (Sn)	A	0.0025	0.0025	0.0025	0.000004	0.000004	0.000004	0.000011	0.0003 mg/kg/day chronic-duration oral (MRL)	0.000035
	B	0.0025	0.0025	0.0025	0.000004	0.000004	0.000004	0.000011		0.000035
	C	0.0025	0.0025	0.0025	0.000004	0.000004	0.000004	0.000011		0.000035
	D	0.0025	0.0025	0.0025	0.000004	0.000004	0.000004	0.000011		0.000035
バナジウム Vanadium (V)	A	0.0025	0.138	0.024	0.000004	0.000195	0.000034	0.00023	0.01 mg/kg/day intermediate-duration oral (MRL) ATSDR (2012)	0.000023
	D	0.0025	0.058	0.019	0.000004	0.000082	0.000027	0.00011		0.000010
	C	0.0025	0.062	0.013	0.000004	0.000088	0.000018	0.00011		0.000011
	B	0.0025	0.056	0.015	0.000004	0.000080	0.000021	0.00010		0.000011
水銀 Mercury (Hg)	A	0.0638	0.0638	0.0638	0.000090	0.000090	0.000090	0.00027	0.0003 mg/kg/day chronic (MRL) ATSDR (1999)	0.00090
	B	0.0638	0.0638	0.0638	0.000090	0.000090	0.000090	0.00027		0.00090
	C	0.0638	0.0638	0.0638	0.000090	0.000090	0.000090	0.00027		0.00090
	D	0.0638	0.0638	0.0638	0.000090	0.000090	0.000090	0.00027		0.00090
リチウム Lithium (Li)	A	0.0025	0.0025	0.0025	0.000004	0.000004	0.000004	0.000011	情報なし	
	B	0.0025	0.0025	0.0025	0.000004	0.000004	0.000004	0.000011		
	C	0.0025	0.0025	0.0025	0.000004	0.000004	0.000004	0.000011		
	D	0.0025	0.0025	0.0025	0.000004	0.000004	0.000004	0.000011		
マグネシウム Magnesium (Mg)	A	1.245	4.934	1.225	0.001758	0.006967	0.001729	0.0105	情報なし	
	B	1.077	3.572	1.412	0.001521	0.005044	0.001993	0.0086		
	C	0.964	4.225	1.228	0.001361	0.005965	0.001735	0.0091		
	D	4.824	8.081	4.474	0.006811	0.011411	0.006318	0.025		
鉄 Iron (Fe)	A	0.2413	23.61	0.0866	0.000341	0.033340	0.000122	0.034	情報なし	
	B	1.0683	12.57	0.2299	0.001508	0.017748	0.000325	0.020		
	C	0.9963	32.25	0.2080	0.001407	0.045542	0.000294	0.047		
	D	0.2636	26.99	0.0905	0.000372	0.038104	0.000128	0.039		
亜鉛 Zinc (Zn)	A	12.43	68.229	8.836	0.01756	0.0963	0.0125	0.13	0.3 mg/kg/day EPA (IRIS 2005)	0.00042
	B	16.22	52.028	8.133	0.02290	0.0735	0.0115	0.11		0.00036
	C	17.78	64.808	10.091	0.02510	0.0915	0.0142	0.13		0.00044
	D	31.48	80.619	22.846	0.04445	0.1138	0.0323	0.19		0.00064
ガリウム Gallium (Ga)	A	0.028	0.0025	0.0025	0.000039	0.000004	0.000004	0.000046	情報なし	
	B	0.036	0.0025	0.0025	0.000050	0.000004	0.000004	0.000057		
	C	0.040	0.0025	0.0025	0.000056	0.000004	0.000004	0.000064		
	D	0.036	0.0025	0.0025	0.000050	0.000004	0.000004	0.000057		
ルビジウム Rubidium (Rb)	A	0.015	0.029	0.003	0.000022	0.000041	0.000004	0.000066	情報なし	
	B	0.018	0.015	0.066	0.000026	0.000021	0.000093	0.00014		
	C	0.017	0.041	0.039	0.000024	0.000058	0.000055	0.00014		
	D	0.030	0.028	0.018	0.000043	0.000040	0.000025	0.00011		
ストロンチウム Strontium (Sr)	A	0.064	0.098	0.041	0.000090	0.000139	0.000058	0.00029	0.6 mg/kg/day EPA (IRIS 1992)	0.0000048
	B	0.093	0.115	0.061	0.000131	0.000163	0.000087	0.00038		0.0000063
	C	0.032	0.049	0.020	0.000045	0.000069	0.000028	0.00014		0.0000024
	D	0.084	0.117	0.035	0.000119	0.000166	0.000049	0.00033		0.0000056

赤字：溶出濃度がLOQ以下であった試料において、定量下限値を溶出濃度とした。

表12-5：各運動場から採取したゴムチップ由来金属の各年齢層における経口曝露量及びハザード比（大学生）

物質名	運動場	最大溶出濃度 (唾液) µg/g	最大溶出濃度 (胃液) µg/g	最大溶出濃度 (腸液) µg/g	Exposure (µg/kgbw/d) 唾液由来	Exposure (µg/kgbw/d) 胃液由来	Exposure (µg/kgbw/d) 腸液由来	total Exposure (µg/kgbw/d)	許容値等	ハザード比 (HQ)
ニッケル Nickel (Ni)	A	0.010	0.036	0.010	0.000013	0.000048	0.000013	0.000074	0.02 mg/kg/day (RfD) EPA (IRIS 1991)	0.000037
	B	0.010	0.031	0.010	0.000013	0.000041	0.000013	0.000067		0.000034
	C	0.032	0.19	0.010	0.000043	0.00024	0.000013	0.00030		0.000015
	D	0.010	0.14	0.010	0.000013	0.00019	0.000013	0.00021		0.000011
鉛 Lead (Pb)	A	0.0010	0.35	0.001	0.0000013	0.00046	0.0000013	0.00046	3.5 µg/kg bw/day (WHO water quality guideline 3rd. Ed.)	0.00013
	B	0.027	1.0	0.012	0.000035	0.0014	0.000016	0.0014		0.00040
	C	0.0010	0.54	0.0010	0.0000013	0.00072	0.0000013	0.00072		0.00021
	D	0.0010	0.27	0.0010	0.0000013	0.00036	0.0000013	0.00036		0.00010
ヒ素 Arsenic (As)	A	0.0050	0.0050	0.0050	0.0000066	0.0000066	0.0000066	0.000020	0.0003 mg/kg/day EPA (IRIS 1991)	0.000066
	B	0.0050	0.0050	0.0050	0.0000066	0.0000066	0.0000066	0.000020		0.000066
	C	0.0050	0.0050	0.0050	0.0000066	0.0000066	0.0000066	0.000020		0.000066
	D	0.0050	0.0050	0.0050	0.0000066	0.0000066	0.0000066	0.000020		0.000066
セレン Selenium (Se)	A	0.025	0.025	0.025	0.000033	0.000033	0.000033	0.000099	0.005 mg/kg/day EPA (IRIS 1991)	0.000020
	B	0.025	0.025	0.025	0.000033	0.000033	0.000033	0.000099		0.000020
	C	0.025	0.025	0.025	0.000033	0.000033	0.000033	0.000099		0.000020
	D	0.025	0.025	0.025	0.000033	0.000033	0.000033	0.000099		0.000020
アンチモン Antimony (Sb)	A	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000033	0.0000033	0.0000033	0.000010	0.0004 mg/kg/day EPA (IRIS 1987)	0.000025
	B	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000033	0.0000033	0.0000033	0.000010		0.000025
	C	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000033	0.0000033	0.0000033	0.000010		0.000025
	D	0.037	0.0025	0.0025	0.000049	0.0000033	0.0000033	0.000056		0.000139
マンガン Manganese (Mn)	A	0.20	1.7	0.15	0.00026	0.0023	0.00020	0.0028	0.14 mg/kg/day EPA (IRIS 1995)	0.000020
	B	0.09	0.33	0.077	0.00012	0.00044	0.00010	0.00066		0.000005
	C	2.20	4.4	2.1	0.0029	0.0058	0.0028	0.011		0.000082
	D	0.26	0.99	0.22	0.00035	0.0013	0.00029	0.0020		0.000014
バリウム Barium (Ba)	A	0.16	0.31	0.027	0.00021	0.00041	0.000036	0.00066	0.2 mg/kg/day EPA (IRIS 2005)	0.000033
	B	0.20	0.32	0.0025	0.00027	0.00042	0.000033	0.00069		0.000035
	C	0.23	0.37	0.0025	0.00031	0.00049	0.000033	0.00080		0.000040
	D	0.20	0.36	0.0025	0.00027	0.00048	0.000033	0.00075		0.000037
カドミウム Cadmium (Cd)	A	0.0010	0.0010	0.0010	0.0000013	0.0000013	0.0000013	0.0000040	0.1 µg/kg/day chronic (MRL) ATSDR (2012)	0.000040
	B	0.0010	0.0010	0.0010	0.0000013	0.0000013	0.0000013	0.0000040		0.000040
	C	0.0010	0.0010	0.0010	0.0000013	0.0000013	0.0000013	0.0000040		0.000040
	D	0.0010	0.0010	0.0010	0.0000013	0.0000013	0.0000013	0.0000040		0.000040
クロム Chromium (Cr)	A	0.0025	0.061	0.0025	0.0000033	0.000081	0.0000033	0.000087	0.0009 mg chromium (VI)/kg/day chronic (MRL)	0.000097
	B	0.0025	0.016	0.0025	0.0000033	0.000022	0.0000033	0.000028		0.000031
	C	0.0025	0.039	0.0025	0.0000033	0.000051	0.0000033	0.000058		0.000064
	D	0.038	0.11	0.037	0.000050	0.00015	0.00005	0.00025		0.00027
アルミニウム Aluminum (Al)	A	0.74	49.2	0.72	0.00098	0.065	0.00095	0.067	1 mg/kg/day chronic (MRL) ATSDR (2008)	0.000067
	B	2.1	32.3	0.82	0.0028	0.043	0.0011	0.047		0.000047
	C	1.7	29.7	0.69	0.0022	0.039	0.00091	0.042		0.000042
	D	0.89	21.9	0.56	0.0012	0.029	0.00074	0.031		0.000031
コバルト Cobalt (Co)	A	0.062	0.24	0.040	0.000082	0.000315	0.000053	0.00045	1x10 ⁻² mg/kg/day oral (MRL) ATSDR (2004)	0.000045
	B	0.070	0.201	0.040	0.000093	0.000266	0.000053	0.00041		0.000041
	C	0.12	0.28	0.075	0.00016	0.00037	0.000099	0.00063		0.000063
	D	0.086	0.23	0.10	0.00011	0.00030	0.00014	0.00055		0.000055

赤字：溶出濃度がLOQ以下であった試料において、定量下限値を溶出濃度とした。

表12-5：各運動場から採取したゴムチップ由来金属の各年齢層における経口曝露量及びハザード比（大学生）（続き）

物質名	運動場	最大溶出濃度 (唾液) µg/g	最大溶出濃度 (胃液) µg/g	最大溶出濃度 (腸液) µg/g	Exposure (µg/kgbw/d) 唾液由来	Exposure (µg/kgbw/d) 胃液由来	Exposure (µg/kgbw/d) 腸液由来	total Exposure (µg/kgbw/d)	許容値等	ハザード比 (HQ)
銅 Copper (Cu)	A	0.025	1.852	0.025	0.000033	0.002445	0.000033	0.002511	0.01 mg/kg/day oral (MRL) ATSDR (2004)	0.00025
	B	0.036	1.165	0.043	0.000048	0.001538	0.000057	0.001642		0.00016
	C	0.132	4.639	0.140	0.000175	0.006124	0.000184	0.006483		0.00065
	D	0.060	1.401	0.030	0.000079	0.001850	0.000039	0.001968		0.00020
スズ Tin (Sn)	A	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000033	0.0000033	0.0000033	0.000010	0.0003 mg/kg/day chronic-duration oral (MRL)	0.000033
	B	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000033	0.0000033	0.0000033	0.000010		0.000033
	C	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000033	0.0000033	0.0000033	0.000010		0.000033
	D	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000033	0.0000033	0.0000033	0.000010		0.000033
バナジウム Vanadium (V)	A	0.0025	0.14	0.024	0.0000033	0.00018	0.000032	0.00022	0.01 mg/kg/day intermediate-duration oral (MRL) ATSDR (2012)	0.000022
	B	0.0025	0.056	0.015	0.0000033	0.000075	0.000020	0.000098		0.000010
	C	0.0025	0.062	0.013	0.0000033	0.000082	0.000017	0.00010		0.000010
	D	0.0025	0.058	0.019	0.0000033	0.000077	0.000025	0.00011		0.000011
水銀 Mercury (Hg)	A	0.064	0.064	0.064	0.000084	0.000084	0.000084	0.00025	0.0003 mg/kg/day chronic (MRL) ATSDR (1999)	0.00084
	B	0.064	0.064	0.064	0.000084	0.000084	0.000084	0.00025		0.00084
	C	0.064	0.064	0.064	0.000084	0.000084	0.000084	0.00025		0.00084
	D	0.064	0.064	0.064	0.000084	0.000084	0.000084	0.00025		0.00084
リチウム Lithium (Li)	A	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000033	0.0000033	0.0000033	0.000010	情報なし	
	B	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000033	0.0000033	0.0000033	0.000010		
	C	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000033	0.0000033	0.0000033	0.000010		
	D	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000033	0.0000033	0.0000033	0.000010		
マグネシウム Magnesium (Mg)	A	1.2	4.9	1.2	0.0016	0.0065	0.0016	0.010	情報なし	
	B	1.1	3.6	1.4	0.0014	0.0047	0.0019	0.0080		
	C	1.0	4.2	1.2	0.0013	0.0056	0.0016	0.0085		
	D	4.8	8.1	4.5	0.0064	0.011	0.0059	0.023		
鉄 Iron (Fe)	A	0.24	23.6	0.087	0.00032	0.031	0.00011	0.032	情報なし	
	B	1.07	12.6	0.23	0.0014	0.017	0.00030	0.018		
	C	1.00	32.3	0.21	0.0013	0.043	0.00027	0.044		
	D	0.26	27.0	0.090	0.00035	0.036	0.00012	0.036		
亜鉛 Zinc (Zn)	A	12.4	68.2	8.8	0.016	0.090	0.012	0.12	0.3 mg/kg/day EPA (IRIS 2005)	0.0003939
	B	16.2	52.0	8.1	0.021	0.069	0.011	0.10		0.0003361
	C	17.8	64.8	10.1	0.023	0.086	0.013	0.12		0.0004079
	D	31.5	80.6	22.8	0.042	0.106	0.030	0.18		0.0005939
ガリウム Gallium (Ga)	A	0.028	0.0025	0.0025	0.000036	0.000003	0.000003	0.000043	情報なし	
	B	0.036	0.0025	0.0025	0.000047	0.000003	0.000003	0.000054		
	C	0.040	0.0025	0.0025	0.000053	0.000003	0.000003	0.000059		
	D	0.036	0.0025	0.0025	0.000047	0.000003	0.000003	0.000054		
ルビジウム Rubidium (Rb)	A	0.015	0.029	0.003	0.000020	0.000038	0.000003	0.000062	情報なし	
	B	0.018	0.015	0.066	0.000024	0.000019	0.000087	0.000131		
	C	0.017	0.041	0.039	0.000022	0.000054	0.000051	0.000127		
	D	0.030	0.028	0.018	0.000040	0.000037	0.000024	0.000101		
ストロンチウム Strontium (Sr)	A	0.064	0.098	0.041	0.000084	0.000130	0.0000544	0.000268	0.6 mg/kg/day EPA (IRIS 1992)	0.00000045
	B	0.093	0.115	0.061	0.000122	0.000152	0.0000812	0.000356		0.00000059
	C	0.032	0.049	0.020	0.000042	0.000065	0.0000264	0.000133		0.00000022
	D	0.084	0.117	0.035	0.000111	0.000155	0.0000458	0.000312		0.00000052

赤字：溶出濃度がLOQ以下であった試料において、定量下限値を溶出濃度とした。

表12-6：各運動場から採取したゴムチップ由来金属の各年齢層における経口曝露量及びハザード比（大人）

物質名	運動場	最大溶出濃度 (唾液) µg/g	最大溶出濃度 (胃液) µg/g	最大溶出濃度 (腸液) µg/g	Exposure (µg/kgbw/d) 唾液由来	Exposure (µg/kgbw/d) 胃液由来	Exposure (µg/kgbw/d) 腸液由来	total Exposure (µg/kgbw/d)	許容値等	ハザード比 (HQ)
ニッケル Nickel (Ni)	A	0.010000	0.036317	0.010000	0.000015	0.000053	0.000015	0.000082	0.02 mg/kg/day (RfD) EPA (IRIS 1991)	0.000004
	B	0.010000	0.030915	0.010000	0.000015	0.000045	0.000015	0.000075		0.000004
	C	0.032360	0.185107	0.010000	0.000047	0.000271	0.000015	0.000333		0.000017
	D	0.010000	0.142245	0.010000	0.000015	0.000208	0.000015	0.000238		0.000012
鉛 Lead (Pb)	A	0.00100	0.34754	0.001	0.000001	0.000509	0.000001	0.000512	3.5 µg/kg bw/day (WHO water quality guideline 3rd. Ed.)	0.000146
	B	0.02683	1.03199	0.012	0.000039	0.001511	0.000018	0.001568		0.000448
	C	0.00100	0.54409	0.001	0.000001	0.000797	0.000001	0.000800		0.000228
	D	0.00100	0.27350	0.001	0.000001	0.000400	0.000001	0.000403		0.000115
ヒ素 Arsenic (As)	A	0.005	0.005	0.005	0.000007	0.000007	0.000007	0.000022	0.0003 mg/kg/day EPA (IRIS 1991)	0.000073
	B	0.005	0.005	0.005	0.000007	0.000007	0.000007	0.000022		0.000073
	C	0.005	0.005	0.005	0.000007	0.000007	0.000007	0.000022		0.000073
	D	0.005	0.005	0.005	0.000007	0.000007	0.000007	0.000022		0.000073
セレン Selenium (Se)	A	0.025	0.025	0.025	0.000037	0.000037	0.000037	0.000110	0.005 mg/kg/day EPA (IRIS 1991)	0.0000220
	B	0.025	0.025	0.025	0.000037	0.000037	0.000037	0.000110		0.0000220
	C	0.025	0.025	0.025	0.000037	0.000037	0.000037	0.000110		0.0000220
	D	0.025	0.025	0.025	0.000037	0.000037	0.000037	0.000110		0.0000220
アンチモン Antimony (Sb)	A	0.0025	0.0025	0.0025	0.000004	0.000004	0.000004	0.000011	0.0004 mg/kg/day EPA (IRIS 1987)	0.0000275
	B	0.0025	0.0025	0.0025	0.000004	0.000004	0.000004	0.000011		0.0000275
	C	0.0025	0.0025	0.0025	0.000004	0.000004	0.000004	0.000011		0.0000275
	D	0.037	0.0025	0.0025	0.000054	0.000004	0.000004	0.000062		0.0001539
マンガン Manganese (Mn)	A	0.200	1.741	0.149	0.000292	0.002549	0.000218	0.003060	0.14 mg/kg/day EPA (IRIS 1995)	0.0000219
	B	0.093	0.333	0.077	0.000136	0.000487	0.000113	0.000736		0.0000053
	C	2.196	4.363	2.129	0.003215	0.006388	0.003117	0.012720		0.0000909
	D	0.264	0.995	0.219	0.000386	0.001456	0.000320	0.002163		0.0000154
バリウム Barium (Ba)	A	0.159	0.310	0.027	0.000233	0.000454	0.0000402	0.000727	0.2 mg/kg/day EPA (IRIS 2005)	0.00000363
	B	0.203	0.319	0.0025	0.000297	0.000467	0.0000037	0.000768		0.00000384
	C	0.233	0.373	0.0025	0.000342	0.000546	0.0000037	0.000891		0.00000446
	D	0.203	0.361	0.0025	0.000297	0.000529	0.0000037	0.000830		0.00000415
カドミウム Cadmium (Cd)	A	0.001	0.001	0.001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000004	0.1 µg/kg/day chronic (MRL) ATSDR (2012)	0.000044
	B	0.001	0.001	0.001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000004		0.000044
	C	0.001	0.001	0.001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000004		0.000044
	D	0.001	0.001	0.001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000004		0.000044
クロム Chromium (Cr)	A	0.0025	0.061	0.0025	0.000004	0.000090	0.0000037	0.000097	0.0009 mg chromium (VI)/kg/day chronic (MRL)	0.0001078
	B	0.0025	0.016	0.0025	0.000004	0.000024	0.0000037	0.000031		0.0000348
	C	0.0025	0.039	0.0025	0.000004	0.000057	0.0000037	0.000064		0.0000710
	D	0.038	0.111	0.037	0.000055	0.000163	0.0000537	0.000272		0.0003019
アルミニウム Aluminum (Al)	A	0.744	49.195	0.716	0.00109	0.072	0.00105	0.074	1 mg/kg/day chronic (MRL) ATSDR (2008)	0.000074
	B	2.090	32.319	0.825	0.00306	0.047	0.00121	0.052		0.000052
	C	1.692	29.684	0.690	0.00248	0.043	0.00101	0.047		0.000047
	D	0.887	21.874	0.558	0.00130	0.032	0.00082	0.034		0.000034
コバルト Cobalt (Co)	A	0.062	0.238	0.040	0.000091	0.000349	0.000059	0.000499	1x10 ⁻² mg/kg/day oral (MRL) ATSDR (2004)	0.0000499
	B	0.070	0.201	0.040	0.000103	0.000295	0.000058	0.000456		0.0000456
	C	0.121	0.280	0.075	0.000176	0.000411	0.000110	0.000697		0.0000697
	D	0.086	0.229	0.104	0.000125	0.000336	0.000152	0.000613		0.0000613

赤字：溶出濃度がLOQ以下であった試料において、定量下限値を溶出濃度とした。

表12-6：各運動場から採取したゴムチップ由来金属の各年齢層における経口曝露量及びハザード比（大人）

物質名	運動場	最大溶出濃度 (唾液) µg/g	最大溶出濃度 (胃液) µg/g	最大溶出濃度 (腸液) µg/g	Exposure (µg/kgbw/d) 唾液由来	Exposure (µg/kgbw/d) 胃液由来	Exposure (µg/kgbw/d) 腸液由来	total Exposure (µg/kgbw/d)	許容値等	ハザード比 (HQ)
銅 Copper (Cu)	A	0.025	1.852	0.025	0.000037	0.002711	0.000037	0.002784	0.01 mg/kg/day oral (MRL) ATSDR (2004)	0.00028
	B	0.036	1.165	0.043	0.000053	0.001705	0.000063	0.001821		0.00018
	C	0.132	4.639	0.140	0.000194	0.006792	0.000204	0.007190		0.00072
	D	0.060	1.401	0.030	0.000088	0.002051	0.000043	0.002182		0.00022
スズ Tin (Sn)	A	0.0025	0.0025	0.0025	0.000004	0.000004	0.000004	0.000011	0.0003 mg/kg/day chronic-duration oral (MRL)	0.000037
	B	0.0025	0.0025	0.0025	0.000004	0.000004	0.000004	0.000011		0.000037
	C	0.0025	0.0025	0.0025	0.000004	0.000004	0.000004	0.000011		0.000037
	D	0.0025	0.0025	0.0025	0.000004	0.000004	0.000004	0.000011		0.000037
バナジウム Vanadium (V)	A	0.0025	0.138	0.024	0.000004	0.000202	0.000035	0.000241	0.01 mg/kg/day intermediate-duration oral (MRL) ATSDR (2012)	0.000024
	B	0.0025	0.056	0.015	0.000004	0.000083	0.000022	0.000108		0.000011
	C	0.0025	0.062	0.013	0.000004	0.000091	0.000019	0.000114		0.000011
	D	0.0025	0.058	0.019	0.000004	0.000085	0.000028	0.000117		0.000012
水銀 Mercury (Hg)	A	0.0638	0.0638	0.0638	0.000093	0.000093	0.000093	0.000280	0.0003 mg/kg/day chronic (MRL) ATSDR (1999)	0.00093
	B	0.0638	0.0638	0.0638	0.000093	0.000093	0.000093	0.000280		0.00093
	C	0.0638	0.0638	0.0638	0.000093	0.000093	0.000093	0.000280		0.00093
	D	0.0638	0.0638	0.0638	0.000093	0.000093	0.000093	0.000280		0.00093
リチウム Lithium (Li)	A	0.0025	0.0025	0.0025	0.000004	0.000004	0.000004	0.000011	情報なし	
	B	0.0025	0.0025	0.0025	0.000004	0.000004	0.000004	0.000011		
	C	0.0025	0.0025	0.0025	0.000004	0.000004	0.000004	0.000011		
	D	0.0025	0.0025	0.0025	0.000004	0.000004	0.000004	0.000011		
マグネシウム Magnesium (Mg)	A	1.245	4.934	1.225	0.001823	0.007224	0.001793	0.010840	情報なし	
	B	1.077	3.572	1.412	0.001577	0.005230	0.002067	0.008874		
	C	0.964	4.225	1.228	0.001411	0.006186	0.001799	0.009395		
	D	4.824	8.081	4.474	0.007063	0.011832	0.006551	0.025446		
鉄 Iron (Fe)	A	0.2413	23.61	0.0866	0.000353	0.034571	0.000127	0.035051	情報なし	
	B	1.0683	12.57	0.2299	0.001564	0.018404	0.000337	0.020305		
	C	0.9963	32.25	0.2080	0.001459	0.047225	0.000305	0.048988		
	D	0.2636	26.99	0.0905	0.000386	0.039511	0.000132	0.040030		
亜鉛 Zinc (Zn)	A	12.43	68.229	8.836	0.01821	0.0999	0.0129	0.1310	0.3 mg/kg/day EPA (IRIS 2005)	0.00044
	B	16.22	52.028	8.133	0.02374	0.0762	0.0119	0.1118		0.00037
	C	17.78	64.808	10.091	0.02603	0.0949	0.0148	0.1357		0.00045
	D	31.48	80.619	22.846	0.04610	0.1180	0.0334	0.1976		0.00066
ガリウム Gallium (Ga)	A	0.028	0.0025	0.0025	0.000040	0.000004	0.000004	0.000048	情報なし	
	B	0.036	0.0025	0.0025	0.000052	0.000004	0.000004	0.000059		
	C	0.040	0.0025	0.0025	0.000059	0.000004	0.000004	0.000066		
	D	0.036	0.0025	0.0025	0.000052	0.000004	0.000004	0.000059		
ルビジウム Rubidium (Rb)	A	0.015	0.029	0.003	0.000023	0.000042	0.000004	0.000069	情報なし	
	B	0.018	0.015	0.066	0.000027	0.000021	0.000097	0.000145		
	C	0.017	0.041	0.039	0.000024	0.000060	0.000057	0.000141		
	D	0.030	0.028	0.018	0.000045	0.000042	0.000026	0.000112		
ストロンチウム Strontium (Sr)	A	0.064	0.098	0.041	0.000093	0.000144	0.0000603	0.000297	0.6 mg/kg/day EPA (IRIS 1992)	0.0000050
	B	0.093	0.115	0.061	0.000136	0.000169	0.0000900	0.000394		0.0000066
	C	0.032	0.049	0.020	0.000047	0.000072	0.0000293	0.000148		0.0000025
	D	0.084	0.117	0.035	0.000124	0.000172	0.0000508	0.000346		0.0000058

赤字：溶出濃度がLOQ以下であった試料において、定量下限値を溶出濃度とした。

表13-1：各運動場から採取したゴムチップ由来金属の各年齢層における経皮曝露量及びハザード比（小学校低学年）

物質名	運動場	最大溶出濃度 (汗) µg/g	Exposure (µg/kg bw/d) 汗由来	許容値等	ハザード比 (HQ)
ニッケル Nickel (Ni)	A	0.010	0.00037	0.02 mg/kg/day (RfD) EPA (IRIS 1991)	0.000019
	B	0.010	0.00037		0.000019
	C	0.051	0.0019		0.000095
	D	0.010	0.00037		0.000019
鉛 Lead (Pb)	A	0.0010	0.000037	3.5 µg/kg bw/day (WHO water quality guideline 3rd Ed.)	0.000011
	B	0.0010	0.000037		0.000011
	C	0.0010	0.000037		0.000011
	D	0.0010	0.000037		0.000011
ヒ素 Arsenic (As)	A	0.0050	0.00019	0.0003 mg/kg/day EPA (IRIS 1991)	0.00062
	B	0.0050	0.00019		0.00062
	C	0.0050	0.00019		0.00062
	D	0.0050	0.00019		0.00062
セレン Selenium (Se)	A	0.025	0.00094	0.005 mg/kg/day EPA (IRIS 1991)	0.00019
	B	0.025	0.00094		0.00019
	C	0.025	0.00094		0.00019
	D	0.025	0.00094		0.00019
アンチモン Antimony (Sb)	A	0.0025	0.000094	0.0004 mg/kg/day EPA (IRIS 1987)	0.00023
	B	0.0025	0.000094		0.00023
	C	0.0025	0.000094		0.00023
	D	0.045	0.0017		0.0042
マンガン Manganese (Mn)	A	0.25	0.0095	0.14 mg/kg/day EPA (IRIS 1995)	0.000068
	B	0.09	0.0035		0.000025
	C	2.26	0.085		0.00061
	D	0.33	0.012		0.000088
バリウム Barium (Ba)	A	0.10	0.0038	0.2 mg/kg/day EPA (IRIS 2005)	0.000019
	B	0.079	0.0030		0.000015
	C	0.095	0.0036		0.000018
	D	0.083	0.0031		0.000016
カドミウム Cadmium (Cd)	A	0.0010	0.000037	0.1 µg/kg/day chronic (MRL) ATSDR (2012)	0.00037
	B	0.0010	0.000037		0.00037
	C	0.0010	0.000037		0.00037
	D	0.0010	0.000037		0.00037
クロム Chromium (Cr)	A	0.0025	0.000094	0.0009 mg chromium (VI)/kg/day chronic (MRL)	0.00010
	B	0.0025	0.000094		0.00010
	C	0.0025	0.000094		0.00010
	D	0.051	0.0019		0.0021
アルミニウム Aluminum (Al)	A	0.85	0.032	1 mg/kg/day chronic (MRL) ATSDR (2008)	0.000032
	B	0.94	0.035		0.000035
	C	0.94	0.035		0.000035
	D	1.2	0.045		0.000045
コバルト Cobalt (Co)	A	0.11	0.0041	1x10 ⁻² mg/kg/day oral (MRL) ATSDR (2004)	0.00041
	B	0.088	0.0033		0.00033
	C	0.14	0.0052		0.00052
	D	0.17	0.0065		0.00065

赤字：溶出濃度がLOQ以下であった試料において、定量下限値を溶出濃度とした。

表13-1：各運動場から採取したゴムチップ由来金属の各年齢層における経皮曝露量及びハザード比（小学校低学年）（続き）

物質名	運動場	最大溶出濃度 (汗) µg/g	Exposure (µg/kg bw/d) 汗由来	許容値等	ハザード比 (HQ)
銅 Copper (Cu)	A	0.35	0.013	0.01 mg/kg/day oral (MRL) ATSDR (2004)	0.0013
	B	0.40	0.015		0.0015
	C	1.2	0.044		0.0044
	D	0.30	0.011		0.0011
スズ Tin (Sn)	A	0.0025	0.000094	0.0003 mg/kg/day chronic-duration oral (MRL)	0.00031
	B	0.0025	0.000094		0.00031
	C	0.0025	0.000094		0.00031
	D	0.0025	0.000094		0.00031
バナジウム Vanadium (V)	A	0.038	0.0014	0.01 mg/kg/day intermediate-duration oral (MRL) ATSDR (2012)	0.00014
	B	0.0025	0.000094		0.000094
	C	0.0025	0.000094		0.000094
	D	0.037	0.0014		0.00014
水銀 Mercury (Hg)	A	0.0638	0.0024	0.0003 mg/kg/day chronic (MRL) ATSDR (1999)	0.0080
	B	0.0638	0.0024		0.0080
	C	0.0638	0.0024		0.0080
	D	0.0638	0.0024		0.0080
リチウム Lithium (Li)	A	0.0025	0.000094	情報なし	
	B	0.0025	0.000094		
	C	0.0025	0.000094		
	D	0.0025	0.000094		
マグネシウム Magnesium (Mg)	A	1.3	0.048	情報なし	
	B	1.0	0.039		
	C	0.9	0.035		
	D	5.4	0.20		
鉄 Iron (Fe)	A	0.15	0.0058	情報なし	
	B	0.33	0.012		
	C	0.39	0.015		
	D	0.30	0.011		
亜鉛 Zinc (Zn)	A	18.5	0.69	0.3 mg/kg/day EPA (IRIS 2005)	0.0023
	B	15.8	0.59		0.0020
	C	18.7	0.70		0.0023
	D	46.1	1.7		0.0058
ガリウム Gallium (Ga)	A	0.0025	0.000094	情報なし	
	B	0.0025	0.000094		
	C	0.0025	0.000094		
	D	0.0025	0.000094		
ルビジウム Rubidium (Rb)	A	0.0025	0.000094	情報なし	
	B	0.0025	0.000094		
	C	0.028	0.0011		
	D	0.031	0.0012		
ストロンチウム Strontium (Sr)	A	0.069	0.0026	0.6 mg/kg/day EPA (IRIS 1992)	0.000043
	B	0.093	0.0035		0.000058
	C	0.038	0.0014		0.000024
	D	0.083	0.0031		0.000052

赤字：溶出濃度がLOQ以下であった試料において、定量下限値を溶出濃度とした。

表13-2：各運動場から採取したゴムチップ由来金属の各年齢層における経皮曝露量及びハザード比（小学校高学年）

物質名	運動場	最大溶出濃度 (汗) µg/g	Exposure (µg/kg bw/d) 汗由来	許容値等	ハザード比 (HQ)
ニッケル Nickel (Ni)	A	0.010	0.00048	0.02 mg/kg/day (RfD) EPA (IRIS 1991)	0.000024
	B	0.010	0.00048		0.000024
	C	0.051	0.0024		0.00012
	D	0.010	0.00048		0.000024
鉛 Lead (Pb)	A	0.0010	0.000048	3.5 µg/kg bw/day (WHO water quality guideline 3rd Ed.)	0.000014
	B	0.0010	0.000048		0.000014
	C	0.0010	0.000048		0.000014
	D	0.0010	0.000048		0.000014
ヒ素 Arsenic (As)	A	0.0050	0.00024	0.0003 mg/kg/day EPA (IRIS 1991)	0.00080
	B	0.0050	0.00024		0.00080
	C	0.0050	0.00024		0.00080
	D	0.0050	0.00024		0.00080
セレン Selenium (Se)	A	0.025	0.0012	0.005 mg/kg/day EPA (IRIS 1991)	0.00024
	B	0.025	0.0012		0.00024
	C	0.025	0.0012		0.00024
	D	0.025	0.0012		0.00024
アンチモン Antimony (Sb)	A	0.0025	0.00012	0.0004 mg/kg/day EPA (IRIS 1987)	0.00030
	B	0.0025	0.00012		0.00030
	C	0.0025	0.00012		0.00030
	D	0.045	0.0022		0.00538
マンガン Manganese (Mn)	A	0.25	0.012	0.14 mg/kg/day EPA (IRIS 1995)	0.000087
	B	0.093	0.0045		0.000032
	C	2.3	0.11		0.00078
	D	0.33	0.016		0.00011
バリウム Barium (Ba)	A	0.10	0.0049	0.2 mg/kg/day EPA (IRIS 2005)	0.000025
	B	0.079	0.0038		0.000019
	C	0.095	0.0046		0.000023
	D	0.083	0.0040		0.000020
カドミウム Cadmium (Cd)	A	0.0010	0.000048	0.1 µg/kg/day chronic (MRL) ATSDR (2012)	0.00048
	B	0.0010	0.000048		0.00048
	C	0.0010	0.000048		0.00048
	D	0.0010	0.000048		0.00048
クロム Chromium (Cr)	A	0.0025	0.00012	0.0009 mg chromium (VI)/kg/day chronic (MRL)	0.00013
	B	0.0025	0.00012		0.00013
	C	0.0025	0.00012		0.00013
	D	0.051	0.0025		0.0027
アルミニウム Aluminum (Al)	A	0.85	0.041	1 mg/kg/day chronic (MRL) ATSDR (2008)	0.000041
	B	0.94	0.045		0.000045
	C	0.94	0.045		0.000045
	D	1.2	0.058		0.000058
コバルト Cobalt (Co)	A	0.11	0.0053	1×10 ⁻² mg/kg/day oral (MRL) ATSDR (2004)	0.00053
	B	0.088	0.0043		0.00043
	C	0.14	0.0067		0.00067
	D	0.17	0.0083		0.00083

赤字：溶出濃度がLOQ以下であった試料において、定量下限値を溶出濃度とした。

表13-2：各運動場から採取したゴムチップ由来金属の各年齢層における経皮曝露量及びハザード比（小学校高学年）（続き）

物質名	運動場	最大溶出濃度 (汗) µg/g	Exposure (µg/kg bw/d) 汗由来	許容値等	ハザード比 (HQ)
銅 Copper (Cu)	A	0.35	0.017	0.01 mg/kg/day oral (MRL) ATSDR (2004)	0.0017
	B	0.40	0.019		0.0019
	C	1.2	0.056		0.0056
	D	0.30	0.014		0.0014
スズ Tin (Sn)	A	0.0025	0.00012	0.0003 mg/kg/day chronic-duration oral (MRL)	0.00040
	B	0.0025	0.00012		0.00040
	C	0.0025	0.00012		0.00040
	D	0.0025	0.00012		0.00040
バナジウム Vanadium (V)	A	0.038	0.0018	0.01 mg/kg/day intermediate- duration oral (MRL) ATSDR (2012)	0.00018
	B	0.0025	0.00012		0.000012
	C	0.0025	0.00012		0.000012
	D	0.037	0.0018		0.00018
水銀 Mercury (Hg)	A	0.064	0.0031	0.0003 mg/kg/day chronic (MRL) ATSDR (1999)	0.010
	B	0.064	0.0031		0.010
	C	0.064	0.0031		0.010
	D	0.064	0.0031		0.010
リチウム Lithium (Li)	A	0.0025	0.00012	情報なし	
	B	0.0025	0.00012		
	C	0.0025	0.00012		
	D	0.0025	0.00012		
マグネシウム Magnesium (Mg)	A	1.3	0.062	情報なし	
	B	1.0	0.051		
	C	0.94	0.045		
	D	5.4	0.26		
鉄 Iron (Fe)	A	0.15	0.0074	情報なし	
	B	0.33	0.016		
	C	0.39	0.019		
	D	0.30	0.014		
亜鉛 Zinc (Zn)	A	18.46	0.89	0.3 mg/kg/day EPA (IRIS 2005)	0.0030
	B	15.84	0.76		0.0025
	C	18.71	0.90		0.0030
	D	46.09	2.2		0.0074
ガリウム Gallium (Ga)	A	0.0025	0.00012	情報なし	
	B	0.0025	0.00012		
	C	0.0025	0.00012		
	D	0.0025	0.00012		
ルビジウム Rubidium (Rb)	A	0.0025	0.00012	情報なし	
	B	0.0025	0.00012		
	C	0.028	0.0014		
	D	0.031	0.0015		
ストロンチウム Strontium (Sr)	A	0.069	0.0033	0.6 mg/kg/day EPA (IRIS 1992)	0.0000056
	B	0.093	0.0045		0.0000075
	C	0.038	0.0018		0.0000031
	D	0.083	0.0040		0.0000067

赤字：溶出濃度がLOQ以下であった試料において、定量下限値を溶出濃度とした。

表13-3：各運動場から採取したゴムチップ由来金属の各年齢層における経皮曝露量及びハザード比（中学生）

物質名	運動場	最大溶出濃度 (汗) µg/g	Exposure (µg/kg bw/d) 汗由来	許容値等	ハザード比 (HQ)
ニッケル Nickel (Ni)	A	0.010	0.00051	0.02 mg/kg/day (RfD) EPA (IRIS 1991)	0.000026
	B	0.010	0.00051		0.000026
	C	0.051	0.0026		0.00013
	D	0.010	0.00051		0.000026
鉛 Lead (Pb)	A	0.0010	0.000051	3.5 µg/kg bw/day (WHO water quality guideline 3rd Ed.)	0.000015
	B	0.0010	0.000051		0.000015
	C	0.0010	0.000051		0.000015
	D	0.0010	0.000051		0.000015
ヒ素 Arsenic (As)	A	0.0050	0.00026	0.0003 mg/kg/day EPA (IRIS 1991)	0.000851
	B	0.0050	0.00026		0.000851
	C	0.0050	0.00026		0.000851
	D	0.0050	0.00026		0.000851
セレン Selenium (Se)	A	0.025	0.0013	0.005 mg/kg/day EPA (IRIS 1991)	0.000255
	B	0.025	0.0013		0.000255
	C	0.025	0.0013		0.000255
	D	0.025	0.0013		0.000255
アンチモン Antimony (Sb)	A	0.0025	0.00013	0.0004 mg/kg/day EPA (IRIS 1987)	0.00032
	B	0.0025	0.00013		0.00032
	C	0.0025	0.00013		0.00032
	D	0.045	0.0023		0.0057
マンガン Manganese (Mn)	A	0.25	0.013	0.14 mg/kg/day EPA (IRIS 1995)	0.000093
	B	0.09	0.0048		0.000034
	C	2.3	0.12		0.000825
	D	0.33	0.017		0.000120
バリウム Barium (Ba)	A	0.10	0.0052	0.2 mg/kg/day EPA (IRIS 2005)	0.000026
	B	0.079	0.0041		0.000020
	C	0.095	0.0048		0.000024
	D	0.083	0.0042		0.000021
カドミウム Cadmium (Cd)	A	0.0010	0.000051	0.1 µg/kg/day chronic (MRL) ATSDR (2012)	0.00051
	B	0.0010	0.000051		0.00051
	C	0.0010	0.000051		0.00051
	D	0.0010	0.000051		0.00051
クロム Chromium (Cr)	A	0.0025	0.00013	0.0009 mg chromium (VI)/kg/day chronic (MRL)	0.00014
	B	0.0025	0.00013		0.00014
	C	0.0025	0.00013		0.00014
	D	0.051	0.0026		0.0029
アルミニウム Aluminum (Al)	A	0.85	0.043	1 mg/kg/day chronic (MRL) ATSDR (2008)	0.000043
	B	0.94	0.048		0.000048
	C	0.94	0.048		0.000048
	D	1.2	0.061		0.000061
コバルト Cobalt (Co)	A	0.11	0.0056	1x10 ⁻² mg/kg/day oral (MRL) ATSDR (2004)	0.00056
	B	0.088	0.0045		0.00045
	C	0.14	0.0071		0.00071
	D	0.17	0.0088		0.00088

赤字：溶出濃度がLOQ以下であった試料において、定量下限値を溶出濃度とした。

表13-3：各運動場から採取したゴムチップ由来金属の各年齢層における経皮曝露量及びハザード比（中学生）（続き）

物質名	運動場	最大溶出濃度 (汗) µg/g	Exposure (µg/kg bw/d) 汗由来	許容値等	ハザード比 (HQ)
銅 Copper (Cu)	A	0.35	0.018	0.01 mg/kg/day oral (MRL) ATSDR (2004)	0.0018
	B	0.40	0.020		0.0020
	C	1.2	0.060		0.0060
	D	0.30	0.015		0.0015
スズ Tin (Sn)	A	0.0025	0.00013	0.0003 mg/kg/day chronic-duration oral (MRL)	0.00043
	B	0.0025	0.00013		0.00043
	C	0.0025	0.00013		0.00043
	D	0.0025	0.00013		0.00043
バナジウム Vanadium (V)	A	0.038	0.0019	0.01 mg/kg/day intermediate- duration oral (MRL) ATSDR (2012)	0.00019
	B	0.0025	0.00013		0.000013
	C	0.0025	0.00013		0.000013
	D	0.037	0.0019		0.00019
水銀 Mercury (Hg)	A	0.064	0.0033	0.0003 mg/kg/day chronic (MRL) ATSDR (1999)	0.011
	B	0.064	0.0033		0.011
	C	0.064	0.0033		0.011
	D	0.064	0.0033		0.011
リチウム Lithium (Li)	A	0.0025	0.00013	情報なし	
	B	0.0025	0.00013		
	C	0.0025	0.00013		
	D	0.0025	0.00013		
マグネシウム Magnesium (Mg)	A	1.3	0.065	情報なし	
	B	1.0	0.054		
	C	0.94	0.048		
	D	5.4	0.28		
鉄 Iron (Fe)	A	0.15	0.0079	情報なし	
	B	0.33	0.017		
	C	0.39	0.020		
	D	0.30	0.015		
亜鉛 Zinc (Zn)	A	18.5	0.94	0.3 mg/kg/day EPA (IRIS 2005)	0.0031
	B	15.8	0.81		0.0027
	C	18.7	0.95		0.0032
	D	46.1	2.4		0.0078
ガリウム Gallium (Ga)	A	0.0025	0.00013	情報なし	
	B	0.0025	0.00013		
	C	0.0025	0.00013		
	D	0.0025	0.00013		
ルビジウム Rubidium (Rb)	A	0.0025	0.00013	情報なし	
	B	0.0025	0.00013		
	C	0.0281	0.0014		
	D	0.0312	0.0016		
ストロンチウム Strontium (Sr)	A	0.069	0.0035	0.6 mg/kg/day EPA (IRIS 1992)	0.0000059
	B	0.093	0.0047		0.0000079
	C	0.038	0.0020		0.0000033
	D	0.083	0.0042		0.0000071

赤字：溶出濃度がLOQ以下であった試料において、定量下限値を溶出濃度とした。

表13-4：各運動場から採取したゴムチップ由来金属の各年齢層における経皮曝露量及びハザード比（高校生）

物質名	運動場	最大溶出濃度 (汗) µg/g	Exposure (µg/kg bw/d) 汗由来	許容値等	ハザード比 (HQ)
ニッケル Nickel (Ni)	A	0.010	0.000424	0.02 mg/kg/day (RfD) EPA (IRIS 1991)	0.000021
	B	0.010	0.000424		0.000021
	C	0.051	0.002145		0.000107
	D	0.010	0.000424		0.000021
鉛 Lead (Pb)	A	0.0010	0.000042	3.5 µg/kg bw/day (WHO water quality guideline 3rd Ed.)	0.000012
	B	0.0010	0.000042		0.000012
	C	0.0010	0.000042		0.000012
	D	0.0010	0.000042		0.000012
ヒ素 Arsenic (As)	A	0.0050	0.00021	0.0003 mg/kg/day EPA (IRIS 1991)	0.00071
	B	0.0050	0.00021		0.00071
	C	0.0050	0.00021		0.00071
	D	0.0050	0.00021		0.00071
セレン Selenium (Se)	A	0.025	0.0011	0.005 mg/kg/day EPA (IRIS 1991)	0.00021
	B	0.025	0.0011		0.00021
	C	0.025	0.0011		0.00021
	D	0.025	0.0011		0.00021
アンチモン Antimony (Sb)	A	0.0025	0.00011	0.0004 mg/kg/day EPA (IRIS 1987)	0.00026
	B	0.0025	0.00011		0.00026
	C	0.0025	0.00011		0.00026
	D	0.045	0.0019		0.0047
マンガン Manganese (Mn)	A	0.25	0.011	0.14 mg/kg/day EPA (IRIS 1995)	0.000077
	B	0.093	0.004		0.000028
	C	2.3	0.096		0.00068
	D	0.33	0.014		0.000099
バリウム Barium (Ba)	A	0.10	0.0043	0.2 mg/kg/day EPA (IRIS 2005)	0.000022
	B	0.079	0.0034		0.000017
	C	0.095	0.0040		0.000020
	D	0.083	0.0035		0.000018
カドミウム Cadmium (Cd)	A	0.0010	0.000042	0.1 µg/kg/day chronic (MRL) ATSDR (2012)	0.00042
	B	0.0010	0.000042		0.00042
	C	0.0010	0.000042		0.00042
	D	0.0010	0.000042		0.00042
クロム Chromium (Cr)	A	0.0025	0.00011	0.0009 mg chromium (VI)/kg/day chronic (MRL)	0.00012
	B	0.0025	0.00011		0.00012
	C	0.0025	0.00011		0.00012
	D	0.051	0.0022		0.0024
アルミニウム Aluminum (Al)	A	0.85	0.036	1 mg/kg/day chronic (MRL) ATSDR (2008)	0.000036
	B	0.94	0.040		0.000040
	C	0.94	0.040		0.000040
	D	1.2	0.051		0.000051
コバルト Cobalt (Co)	A	0.11	0.0047	1x10 ⁻² mg/kg/day oral (MRL) ATSDR (2004)	0.00047
	B	0.088	0.0037		0.00037
	C	0.14	0.0059		0.00059
	D	0.17	0.0073		0.00073

赤字：溶出濃度がLOQ以下であった試料において、定量下限値を溶出濃度とした

表13-4：各運動場から採取したゴムチップ由来金属の各年齢層における経皮曝露量及びハザード比（高校生）（続き）

物質名	運動場	最大溶出濃度 (汗) µg/g	Exposure (µg/kg bw/d) 汗由来	許容値等	ハザード比 (HQ)
銅 Copper (Cu)	A	0.35	0.015	0.01 mg/kg/day oral (MRL) ATSDR (2004)	0.0015
	B	0.40	0.017		0.0017
	C	1.2	0.050		0.0050
	D	0.30	0.013		0.0013
スズ Tin (Sn)	A	0.0025	0.00011	0.0003 mg/kg/day chronic-duration oral (MRL)	0.00035
	B	0.0025	0.00011		0.00035
	C	0.0025	0.00011		0.00035
	D	0.0025	0.00011		0.00035
バナジウム Vanadium (V)	A	0.038	0.0016	0.01 mg/kg/day intermediate- duration oral (MRL) ATSDR (2012)	0.00016
	B	0.0025	0.00011		0.000011
	C	0.0025	0.00011		0.000011
	D	0.037	0.0016		0.00016
水銀 Mercury (Hg)	A	0.0638	0.0027	0.0003 mg/kg/day chronic (MRL) ATSDR (1999)	0.009
	B	0.0638	0.0027		0.009
	C	0.0638	0.0027		0.009
	D	0.0638	0.0027		0.009
リチウム Lithium (Li)	A	0.0025	0.00011	情報なし	
	B	0.0025	0.00011		
	C	0.0025	0.00011		
	D	0.0025	0.00011		
マグネシウム Magnesium (Mg)	A	1.3	0.054	情報なし	
	B	1.0	0.044		
	C	0.94	0.040		
	D	5.4	0.23		
鉄 Iron (Fe)	A	0.15	0.007	情報なし	
	B	0.33	0.014		
	C	0.39	0.017		
	D	0.30	0.013		
亜鉛 Zinc (Zn)	A	18.5	0.78	0.3 mg/kg/day EPA (IRIS 2005)	0.0026
	B	15.8	0.67		0.0022
	C	18.7	0.79		0.0026
	D	46.1	2.0		0.0065
ガリウム Gallium (Ga)	A	0.0025	0.00011	情報なし	
	B	0.0025	0.00011		
	C	0.0025	0.00011		
	D	0.0025	0.00011		
ルビジウム Rubidium (Rb)	A	0.0025	0.00011	情報なし	
	B	0.0025	0.00011		
	C	0.028	0.0012		
	D	0.031	0.0013		
ストロンチウム Strontium (Sr)	A	0.069	0.0029	0.6 mg/kg/day EPA (IRIS 1992)	0.0000049
	B	0.093	0.0039		0.0000066
	C	0.038	0.0016		0.0000027
	D	0.083	0.0035		0.0000059

赤字：溶出濃度がLOQ以下であった試料において、定量下限値を溶出濃度とした

表13-5：各運動場から採取したゴムチップ由来金属の各年齢層における経皮曝露量及びハザード比（大学生）

物質名	運動場	最大溶出濃度 (汗) µg/g	Exposure (µg/kg bw/d) 汗由来	許容値等	ハザード比 (HQ)
ニッケル Nickel (Ni)	A	0.010	0.00040	0.02 mg/kg/day (RfD) EPA (IRIS 1991)	0.000020
	B	0.051	0.0020		0.000020
	C	0.010	0.00040		0.000010
	D	0.010	0.00040		0.000020
鉛 Lead (Pb)	A	0.0010	0.000040	3.5 µg/kg bw/day (WHO water quality guideline 3rd Ed.)	0.000011
	B	0.0010	0.000040		0.000011
	C	0.0010	0.000040		0.000011
	D	0.0010	0.000040		0.000011
ヒ素 Arsenic (As)	A	0.0050	0.00020	0.0003 mg/kg/day EPA (IRIS 1991)	0.00066
	B	0.0050	0.00020		0.00066
	C	0.0050	0.00020		0.00066
	D	0.0050	0.00020		0.00066
セレン Selenium (Se)	A	0.025	0.00099	0.005 mg/kg/day EPA (IRIS 1991)	0.00020
	B	0.025	0.00099		0.00020
	C	0.025	0.00099		0.00020
	D	0.025	0.00099		0.00020
アンチモン Antimony (Sb)	A	0.0025	0.00010	0.0004 mg/kg/day EPA (IRIS 1987)	0.00025
	B	0.0025	0.00010		0.00025
	C	0.0025	0.00010		0.00025
	D	0.045	0.0018		0.0044
マンガン Manganese (Mn)	A	0.25	0.010	0.14 mg/kg/day EPA (IRIS 1995)	0.000072
	B	2.3	0.090		0.000026
	C	0.093	0.0037		0.00064
	D	0.33	0.013		0.000093
バリウム Barium (Ba)	A	0.10	0.0041	0.2 mg/kg/day EPA (IRIS 2005)	0.000020
	B	0.095	0.0038		0.000016
	C	0.079	0.0031		0.000019
	D	0.083	0.0033		0.000016
カドミウム Cadmium (Cd)	A	0.0010	0.000040	0.1 µg/kg/day chronic (MRL) ATSDR (2012)	0.00040
	B	0.0010	0.000040		0.00040
	C	0.0010	0.000040		0.00040
	D	0.0010	0.000040		0.00040
クロム Chromium (Cr)	A	0.0025	0.00010	0.0009 mg chromium (VI)/kg/day chronic (MRL)	0.00011
	B	0.0025	0.00010		0.00011
	C	0.0025	0.00010		0.00011
	D	0.051	0.0020		0.0022
アルミニウム Aluminum (Al)	A	0.85	0.034	1 mg/kg/day chronic (MRL) ATSDR (2008)	0.000034
	B	0.94	0.037		0.000037
	C	0.94	0.037		0.000037
	D	1.2	0.047		0.000047
コバルト Cobalt (Co)	A	0.11	0.0044	1x10-2 mg/kg/day oral (MRL) ATSDR (2004)	0.00044
	B	0.14	0.0055		0.00035
	C	0.088	0.0035		0.00055
	D	0.17	0.0068		0.00068

赤字：溶出濃度がLOQ以下であった試料において、定量下限値を溶出濃度とした

表13-5：各運動場から採取したゴムチップ由来金属の各年齢層における経皮曝露量及びハザード比（大学生）（続き）

物質名	運動場	最大溶出濃度 (汗) µg/g	Exposure (µg/kg bw/d) 汗由来	許容値等	ハザード比 (HQ)
銅 Copper (Cu)	A	0.35	0.014	0.01 mg/kg/day oral (MRL) ATSDR (2004)	0.0014
	B	1.2	0.046		0.0016
	C	0.40	0.016		0.0046
	D	0.30	0.012		0.0012
スズ Tin (Sn)	A	0.0025	0.00010	0.0003 mg/kg/day chronic-duration oral (MRL)	0.00033
	B	0.0025	0.00010		0.00033
	C	0.0025	0.00010		0.00033
	D	0.0025	0.00010		0.00033
バナジウム Vanadium (V)	A	0.038	0.0015	0.01 mg/kg/day intermediate- duration oral (MRL) ATSDR (2012)	0.00015
	B	0.0025	0.00010		0.000010
	C	0.0025	0.00010		0.000010
	D	0.037	0.0015		0.00015
水銀 Mercury (Hg)	A	0.064	0.0025	0.0003 mg/kg/day chronic (MRL) ATSDR (1999)	0.0084
	B	0.064	0.0025		0.0084
	C	0.064	0.0025		0.0084
	D	0.064	0.0025		0.0084
リチウム Lithium (Li)	A	0.0025	0.000099	情報なし	
	B	0.0025	0.000099		
	C	0.0025	0.000099		
	D	0.0025	0.000099		
マグネシウム Magnesium (Mg)	A	1.3	0.051	情報なし	
	B	0.94	0.037		
	C	1.0	0.042		
	D	5.4	0.22		
鉄 Iron (Fe)	A	0.15	0.0061	情報なし	
	B	0.39	0.016		
	C	0.33	0.013		
	D	0.30	0.012		
亜鉛 Zinc (Zn)	A	18.5	0.73	0.3 mg/kg/day EPA (IRIS 2005)	0.0024
	B	18.7	0.74		0.0021
	C	15.8	0.63		0.0025
	D	46.1	1.83		0.0061
ガリウム Gallium (Ga)	A	0.0025	0.000099	情報なし	
	B	0.0025	0.000099		
	C	0.0025	0.000099		
	D	0.0025	0.000099		
ルビジウム Rubidium (Rb)	A	0.0025	0.00010	情報なし	
	B	0.028	0.00111		
	C	0.0025	0.00010		
	D	0.031	0.0012		
ストロンチウム Strontium (Sr)	A	0.069	0.0028	0.6 mg/kg/day EPA (IRIS 1992)	0.0000046
	B	0.038	0.0015		0.0000061
	C	0.093	0.0037		0.0000025
	D	0.083	0.0033		0.0000055

赤字：溶出濃度がLOQ以下であった試料において、定量下限値を溶出濃度とした

表13-6：各運動場から採取したゴムチップ由来金属の各年齢層における経皮曝露量及びハザード比（大人）

物質名	運動場	最大溶出濃度 (汗) µg/g	Exposure (µg/kg bw/d) 汗由来	許容値等	ハザード比 (HQ)
ニッケル Nickel (Ni)	A	0.010	0.00044	0.02 mg/kg/day (RfD) EPA (IRIS 1991)	0.000022
	B	0.010	0.00044		0.000022
	C	0.051	0.0022		0.00011
	D	0.010	0.00044		0.000022
鉛 Lead (Pb)	A	0.0010	0.000044	3.5 µg/kg bw/day (WHO water quality guideline 3rd Ed.)	0.000013
	B	0.0010	0.000044		0.000013
	C	0.0010	0.000044		0.000013
	D	0.0010	0.000044		0.000013
ヒ素 Arsenic (As)	A	0.0050	0.00022	0.0003 mg/kg/day EPA (IRIS 1991)	0.00073
	B	0.0050	0.00022		0.00073
	C	0.0050	0.00022		0.00073
	D	0.0050	0.00022		0.00073
セレン Selenium (Se)	A	0.025	0.0011	0.005 mg/kg/day EPA (IRIS 1991)	0.00022
	B	0.025	0.0011		0.00022
	C	0.025	0.0011		0.00022
	D	0.025	0.0011		0.00022
アンチモン Antimony (Sb)	A	0.0025	0.00011	0.0004 mg/kg/day EPA (IRIS 1987)	0.00027
	B	0.0025	0.00011		0.00027
	C	0.0025	0.00011		0.00027
	D	0.045	0.0020		0.0049
マンガン Manganese (Mn)	A	0.25	0.011	0.14 mg/kg/day EPA (IRIS 1995)	0.000080
	B	0.093	0.0041		0.000029
	C	2.3	0.099		0.00071
	D	0.33	0.014		0.00010
バリウム Barium (Ba)	A	0.10	0.0045	0.2 mg/kg/day EPA (IRIS 2005)	0.000022
	B	0.079	0.0035		0.000017
	C	0.095	0.0042		0.000021
	D	0.083	0.0036		0.000018
カドミウム Cadmium (Cd)	A	0.001	0.00004	0.1 µg/kg/day chronic (MRL) ATSDR (2012)	0.00044
	B	0.001	0.00004		0.00044
	C	0.001	0.00004		0.00044
	D	0.001	0.00004		0.00044
クロム Chromium (Cr)	A	0.0025	0.00011	0.0009 mg chromium (VI)/kg/day chronic (MRL)	0.00012
	B	0.0025	0.00011		0.00012
	C	0.0025	0.00011		0.00012
	D	0.051	0.0022		0.0025
アルミニウム Aluminum (Al)	A	0.85	0.037	1 mg/kg/day chronic (MRL) ATSDR (2008)	0.000037
	B	0.94	0.041		0.000041
	C	0.94	0.041		0.000041
	D	1.2	0.052		0.000052
コバルト Cobalt (Co)	A	0.11	0.0048	1x10 ⁻² mg/kg/day oral (MRL) ATSDR (2004)	0.00048
	B	0.088	0.0039		0.00039
	C	0.14	0.0061		0.00061
	D	0.17	0.0076		0.00076

赤字：溶出濃度がLOQ以下であった試料において、定量下限値を溶出濃度とした

表13-6：各運動場から採取したゴムチップ由来金属の各年齢層における経皮曝露量及びハザード比（大人）（続き）

物質名	運動場	最大溶出濃度 (汗) µg/g	Exposure (µg/kg bw/d) 汗由来	許容値等	ハザード比 (HQ)
銅 Copper (Cu)	A	0.35	0.015	0.01 mg/kg/day oral (MRL) ATSDR (2004)	0.0015
	B	0.40	0.018		0.0018
	C	1.2	0.051		0.0051
	D	0.30	0.013		0.0013
スズ Tin (Sn)	A	0.0025	0.00011	0.0003 mg/kg/day chronic-duration oral (MRL)	0.00037
	B	0.0025	0.00011		0.00037
	C	0.0025	0.00011		0.00037
	D	0.0025	0.00011		0.00037
バナジウム Vanadium (V)	A	0.038	0.0017	0.01 mg/kg/day intermediate- duration oral (MRL) ATSDR (2012)	0.00017
	B	0.0025	0.00011		0.000011
	C	0.0025	0.00011		0.000011
	D	0.037	0.00161		0.00016
水銀 Mercury (Hg)	A	0.064	0.0028	0.0003 mg/kg/day chronic (MRL) ATSDR (1999)	0.0093
	B	0.064	0.0028		0.0093
	C	0.064	0.0028		0.0093
	D	0.064	0.0028		0.0093
リチウム Lithium (Li)	A	0.0025	0.00011	情報なし	
	B	0.0025	0.00011		
	C	0.0025	0.00011		
	D	0.0025	0.00011		
マグネシウム Magnesium (Mg)	A	1.3	0.056	情報なし	
	B	1.0	0.046		
	C	0.94	0.041		
	D	5.4	0.239		
鉄 Iron (Fe)	A	0.15	0.0068	情報なし	
	B	0.33	0.014		
	C	0.39	0.017		
	D	0.30	0.013		
亜鉛 Zinc (Zn)	A	18.5	0.81	0.3 mg/kg/day EPA (IRIS 2005)	0.0027
	B	15.8	0.70		0.0023
	C	18.7	0.82		0.0027
	D	46.1	2.0		0.0067
ガリウム Gallium (Ga)	A	0.0025	0.00011	情報なし	
	B	0.0025	0.00011		
	C	0.0025	0.00011		
	D	0.0025	0.00011		
ルビジウム Rubidium (Rb)	A	0.0025	0.00011	情報なし	
	B	0.0025	0.00011		
	C	0.028	0.0012		
	D	0.031	0.0014		
ストロンチウム Strontium (Sr)	A	0.069	0.0030	0.6 mg/kg/day EPA (IRIS 1992)	0.0000051
	B	0.093	0.0041		0.0000068
	C	0.038	0.0017		0.0000028
	D	0.083	0.0037		0.0000061

赤字：溶出濃度がLOQ以下であった試料において、定量下限値を溶出濃度とした

表14-1：各運動場から採取したゴムチップ由来金属の各年齢層における吸入曝露量及びハザード比（小学校低学年）

物質名	運動場	最大濃度 (全量分析) μg/g	金属濃度 (μg/m ³)	平均一日曝露濃 度 (μg/m ³)	許容値等	ハザード比 (HQ)
ニッケル Nickel (Ni)	A	4.1	0.000049	0.000019	9x10 ⁻⁵ mg/m ³ (MRL) ATSDR (2005)	0.00021
	B	4.7	0.000057	0.000022		0.00024
	C	4.0	0.000048	0.000019		0.00021
	D	3.8	0.000046	0.000018		0.00020
鉛 Lead (Pb)	A	23.1	0.000277	0.00011	0.71 μg/m ³ 日本産業衛生学会 許容濃度等の勧告（2017 年度）0.03 mg /m ³ より 換算	0.00015
	B	38.3	0.000460	0.00018		0.00025
	C	29.1	0.000350	0.00014		0.00019
	D	19.0	0.000229	0.000088		0.00012
ヒ素 Arsenic (As)	A	0.050	0.00000060	0.00000023	3 μg/m ³ (過剰発がん生涯リスク レベル10 ⁻³) 日本産業衛生学会2018	0.00000077
	B	0.050	0.00000060	0.00000023		0.00000077
	C	0.050	0.00000060	0.00000023		0.00025
	D	0.050	0.00000060	0.00000023		0.00000077
セレン Selenium (Se)	A	0.25	0.00000300	0.0000012	2.4 μg/m ³ 日本産業衛生学会2000 0.1 mg/m ³ より換算	0.00000049
	B	0.25	0.00000300	0.0000012		0.00000049
	C	0.25	0.00000300	0.0000012		0.00000049
	D	0.25	0.00000300	0.0000012		0.00000049
アンチモン Antimony (Sb)	A	0.025	0.000000300	0.00000012	0.0003 mg/m ³ A chronic-duration inhalation MRL ATSDR (2017)	0.00000039
	B	2.7	0.000031893	0.000012		0.000041
	C	0.025	0.000000300	0.00000012		0.00000039
	D	0.025	0.000000300	0.00000012		0.00000039
マンガン Manganese (Mn)	A	9.3	0.0001116	0.000043	0.00005 mg/m ³ RfC (EPA IRIS, 1993)	0.00086
	B	7.2	0.0000860	0.000033		0.00067
	C	20.7	0.0002490	0.000096		0.0019
	D	7.3	0.0000881	0.000034		0.00068
バリウム Barium (Ba)	A	7.0	0.0000839	0.000032	11.9 μg/m ³ 米国産業衛生専門家会議 (ACGIH)2001, 0.5 mg/m ³ より換算	0.0027
	B	5.3	0.0000635	0.000025		0.0021
	C	7.2	0.0000869	0.000034		0.0028
	D	9.0	0.0001077	0.000042		0.0035
カドミウム Cadmium (Cd)	A	1.7	0.0000203	0.0000079	0.01 μg/m ³ chronic (MRL) ATSDR (2012)	0.00079
	B	2.7	0.0000319	0.000012		0.0012
	C	1.6	0.0000197	0.0000076		0.00076
	D	2.1	0.0000250	0.000010		0.00097
クロム Chromium (Cr)	A	6.1	0.0000735	0.000028	5 x 10 ⁻⁶ mg chromiumu (VI)/m ³ intermediate- chronic (MRL) ATSDR (2012)	0.0057
	B	5.5	0.0000656	0.000025		0.0051
	C	5.6	0.0000673	0.000026		0.0052
	D	4.4	0.0000531	0.000021		0.0041
アルミニウム Aluminum (Al)	A	5536.0	0.0664	0.026	23.8 μg/m ³ 米国産業衛生 専門家会議 (ACGIH)2008, 1 mg/m ³ より換算	0.0011
	B	2260.4	0.0271	0.010		0.00044
	C	1698.8	0.0204	0.0079		0.00033
	D	2466.0	0.0296	0.011		0.00048
コバルト Cobalt (Co)	A	126.2	0.0015	0.00059	1x10 ⁻⁴ mg/m ³ (MRL) ATSDR (2004)	0.0059
	B	247.7	0.0030	0.0011		0.011
	C	331.1	0.0040	0.0015		0.015
	D	160.7	0.0019	0.00075		0.0075

赤字：溶出濃度がLOQ以下であった試料において、定量下限値を溶出濃度とした

表14-1：各運動場から採取したゴムチップ由来金属の各年齢層における吸入曝露量及びハザード比（小学校低学年）（続き）

物質名	運動場	最大濃度 (全量分析) μg/g	金属濃度 (μg/m ³)	平均一日曝露濃度 (μg/m ³)	許容値等	ハザード比 (HQ)
銅 Copper (Cu)	A	21.9	0.00026	0.00010	4.76 μg/m ³ 米国産業衛生専門家会議 (ACGIH)2001, 0.2 mg/m ³ より換算	0.000021
	B	18.3	0.00022	0.000085		0.000018
	C	67.1	0.00080	0.00031		0.000065
	D	15.8	0.00019	0.000073		0.000015
スズ Tin (Sn)	A	3.9	0.000047	0.000018	47.6 μg/m ³ 米国産業衛生専門家会議 (ACGIH)2001, 2 mg/m ³ より換算	0.00000038
	B	3.5	0.000042	0.000016		0.00000034
	C	6.2	0.000074	0.000029		0.00000060
	D	3.7	0.000045	0.000017		0.00000036
バナジウム Vanadium (V)	A	5.2	0.000062	0.000024	0.0001 mg/m ³ chronic-duration inhalation (MRL) ATSDR (2012)	0.00024
	B	4.8	0.000057	0.000022		0.00022
	C	3.3	0.000040	0.000015		0.00015
	D	3.5	0.000042	0.000016		0.00016
水銀 Mercury (Hg)	A	0.064	0.00000077	0.00000030	0.0002 mg/m ³ chronic (MRL) ATSDR (1999)	0.0000015
	B	0.064	0.00000077	0.00000030		0.0000015
	C	0.064	0.00000077	0.00000030		0.0000015
	D	0.064	0.00000077	0.00000030		0.0000015
リチウム Lithium (Li)	A	3.8	0.000046	0.000018	情報なし	
	B	3.8	0.000046	0.000018		
	C	2.2	0.000027	0.000010		
	D	3.4	0.000040	0.000016		
マグネシウム Magnesium (Mg)	A	255.3	0.0031	0.0012	情報なし	
	B	235.5	0.0028	0.0011		
	C	718.7	0.0086	0.0033		
	D	251.9	0.0030	0.0012		
鉄 Iron (Fe)	A	460.9	0.0055	0.0021	情報なし	
	B	508.5	0.0061	0.0024		
	C	922.8	0.011	0.0043		
	D	479.5	0.0058	0.0022		
亜鉛 Zinc (Zn)	A	18792.8	0.23	0.087	情報なし	
	B	16042.5	0.19	0.074		
	C	23502.3	0.28	0.11		
	D	17540.2	0.21	0.081		
ガリウム Gallium (Ga)	A	3.3	0.000039	0.000015	情報なし	
	B	2.1	0.000025	0.000010		
	C	2.4	0.000029	0.000011		
	D	2.9	0.000034	0.000013		
ルビジウム Rubidium (Rb)	A	3.4	0.000040	0.000016	情報なし	
	B	2.6	0.000031	0.000012		
	C	4.1	0.000049	0.000019		
	D	2.7	0.000032	0.000013		
ストロンチウム Strontium (Sr)	A	7.6	0.000091	0.000035	情報なし	
	B	5.3	0.000063	0.000024		
	C	5.0	0.000060	0.000023		
	D	4.0	0.000048	0.000018		

赤字：溶出濃度がLOQ以下であった試料において、定量下限値を溶出濃度とした

表14-2：各運動場から採取したゴムチップ由来金属の各年齢層における吸入曝露量及びハザード比（小学校高学年）

物質名	運動場	最大濃度 (全量分析) μg/g	金属濃度 (μg/m ³)	平均一日曝露濃 度 (μg/m ³)	許容値等	ハザード比 (HQ)
ニッケル Nickel (Ni)	A	4.1	0.000049	0.000036	9x10 ⁻⁵ mg/m ³ (MRL) ATSDR (2005)	0.00040
	B	4.7	0.000057	0.000041		0.00046
	C	4.0	0.000048	0.000035		0.00039
	D	3.8	0.000046	0.000033		0.00037
鉛 Lead (Pb)	A	23.1	0.00028	0.00020	0.71 μg/m ³ 日本産業衛生学会 許容濃度等の勧告（2017 年度）0.03 mg/m ³ より 換算	0.00028
	B	38.3	0.00046	0.00034		0.00047
	C	29.1	0.00035	0.00025		0.00036
	D	19.0	0.00023	0.00017		0.00023
ヒ素 Arsenic (As)	A	0.050	0.00000060	0.00000044	3 μg/m ³ (過剰発がん生涯リス ク レベル10 ⁻³) 日本産業衛生学会2018	0.00000015
	B	0.050	0.00000060	0.00000044		0.00000015
	C	0.050	0.00000060	0.00000044		0.00000015
	D	0.050	0.00000060	0.00000044		0.00000015
セレン Selenium (Se)	A	0.25	0.0000030	0.0000022	2.4 μg/m ³ 日本産業衛生学会2000 0.1 mg/m ³ より換算	0.00000092
	B	0.25	0.0000030	0.0000022		0.00000092
	C	0.25	0.0000030	0.0000022		0.00000092
	D	0.25	0.0000030	0.0000022		0.00000092
アンチモン Antimony (Sb)	A	0.025	0.00000030	0.00000022	0.0003 mg/m ³ A chronic-duration inhalation MRL ATSDR (2017)	0.000000092
	B	2.7	0.000032	0.000023		0.00000098
	C	0.025	0.00000030	0.00000022		0.000000092
	D	0.025	0.00000030	0.00000022		0.000000092
マンガン Manganese (Mn)	A	9.3	0.00011	0.000081	0.00005 mg/m ³ RFC (EPA IRIS, 1993)	0.0016
	B	7.2	0.000086	0.000063		0.0013
	C	20.7	0.00025	0.00018		0.0036
	D	7.3	0.000088	0.000064		0.0013
バリウム Barium (Ba)	A	7.0	0.000084	0.000061	11.9 μg/m ³ 米国産業衛生専門家会議 (ACGIH)2001, 0.5 mg/m ³ より換算	0.0000051
	B	5.3	0.000064	0.000046		0.0000039
	C	7.2	0.000087	0.000063		0.0000053
	D	9.0	0.00011	0.000079		0.0000066
カドミウム Cadmium (Cd)	A	1.7	0.000020	0.000015	0.01 μg/m ³ chronic (MRL) ATSDR (2012)	0.0015
	B	2.7	0.000032	0.000023		0.0023
	C	1.6	0.000020	0.000014		0.0014
	D	2.1	0.000025	0.000018		0.0018
クロム Chromium (Cr)	A	6.1	0.000073	0.000054	5 x 10 ⁻⁶ mg chromiumu (VI)/m ³ intermediate- chronic (MRL) ATSDR (2012)	0.011
	B	5.5	0.000066	0.000048		0.0096
	C	5.6	0.000067	0.000049		0.0098
	D	4.4	0.000053	0.000039		0.0077
アルミニウム Aluminum (Al)	A	5536.0	0.066	0.048	23.8 μg/m ³ 米国産業衛生 専門家会議 (ACGIH)2008, 1 mg/m ³ より換算	0.0020
	B	2260.4	0.027	0.020		0.00083
	C	1698.8	0.020	0.015		0.00062
	D	2466.0	0.030	0.022		0.00091
コバルト Cobalt (Co)	A	126.2	0.00151	0.0011	1x10 ⁻⁴ mg/m ³ (MRL) ATSDR (2004)	0.011
	B	247.7	0.00297	0.0022		0.022
	C	331.1	0.00397	0.0029		0.029
	D	160.7	0.00193	0.0014		0.014

赤字：溶出濃度がLOQ以下であった試料において、定量下限値を溶出濃度とした

表14-2：各運動場から採取したゴムチップ由来金属の各年齢層における吸入曝露量及びハザード比（小学校高学年）(続き)

物質名	運動場	最大濃度 (全量分析) µg/g	金属濃度 (µg/m³)	平均一日曝露濃度 (µg/m³)	許容値等	ハザード比 (HQ)
銅 Copper (Cu)	A	21.9	0.00026	0.00019	4.76 µg/m³ 米国産業衛生専門家会議 (ACGIH)2001, 0.2 mg/m³より換算	0.000040
	B	18.3	0.00022	0.00016		0.000034
	C	67.1	0.00080	0.00059		0.00012
	D	15.8	0.00019	0.00014		0.000029
スズ Tin (Sn)	A	3.9	0.000047	0.000034	47.6 µg/m³ 米国産業衛生専門家会議 (ACGIH)2001, 2 mg/m³ より換算	0.00000072
	B	3.5	0.000042	0.000031		0.00000065
	C	6.2	0.000074	0.000054		0.0000011
	D	3.7	0.000045	0.000032		0.0000007
バナジウム Vanadium (V)	A	5.2	0.000062	0.000045	0.0001 mg/m³ chronic-duration inhalation (MRL) ATSDR (2012)	0.00045
	B	4.8	0.000057	0.000042		0.00042
	C	3.3	0.000040	0.000029		0.00029
	D	3.5	0.000042	0.000031		0.00031
水銀 Mercury (Hg)	A	0.064	0.00000077	0.00000056	0.0002 mg/m³ chronic (MRL) ATSDR (1999)	0.0000028
	B	0.064	0.00000077	0.00000056		0.0000028
	C	0.064	0.00000077	0.00000056		0.0000028
	D	0.064	0.00000077	0.00000056		0.0000028
リチウム Lithium (Li)	A	3.8	0.000046	0.000033	情報なし	
	B	3.8	0.000046	0.000033		
	C	2.2	0.000027	0.000020		
	D	3.4	0.000040	0.000029		
マグネシウム Magnesium (Mg)	A	255.3	0.0031	0.0022	情報なし	
	B	235.5	0.0028	0.0021		
	C	718.7	0.0086	0.0063		
	D	251.9	0.0030	0.0022		
鉄 Iron (Fe)	A	460.9	0.0055	0.0040	情報なし	
	B	508.5	0.0061	0.0044		
	C	922.8	0.011	0.0081		
	D	479.5	0.0058	0.0042		
亜鉛 Zinc (Zn)	A	18792.8	0.23	0.16	情報なし	
	B	16042.5	0.19	0.14		
	C	23502.3	0.28	0.21		
	D	17540.2	0.21	0.15		
ガリウム Gallium (Ga)	A	3.3	0.000039	0.000029	情報なし	
	B	2.1	0.000025	0.000018		
	C	2.4	0.000029	0.000021		
	D	2.9	0.000034	0.000025		
ルビジウム Rubidium (Rb)	A	3.4	0.000040	0.000030	情報なし	
	B	2.6	0.000031	0.000023		
	C	4.1	0.000049	0.000036		
	D	2.7	0.000032	0.000024		
ストロンチウム Strontium (Sr)	A	7.6	0.000091	0.000066	情報なし	
	B	5.3	0.000063	0.000046		
	C	5.0	0.000060	0.000044		
	D	4.0	0.000048	0.000035		

赤字：溶出濃度がLOQ以下であった試料において、定量下限値を溶出濃度とした

表14-3：各運動場から採取したゴムチップ由来金属の各年齢層における吸入曝露量及びハザード比（中学生）

物質名	運動場	最大濃度 (全量分析) μg/g	金属濃度 (μg/m ³)	平均一日曝露濃 度 (μg/m ³)	許容値等	ハザード比 (HQ)
ニッケル Nickel (Ni)	A	4.1	0.000049	0.000034	9×10 ⁻⁵ mg/m ³ (MRL) ATSDR (2005)	0.00037
	B	4.7	0.000057	0.000039		0.00043
	C	4.0	0.000048	0.000033		0.00037
	D	3.8	0.000046	0.000032		0.00035
鉛 Lead (Pb)	A	23.1	0.00028	0.00019	0.71 μg/m ³ 日本産業衛生学会 許容濃度等の勧告 (2017 年度) 0.03 mg/m ³ より 換算	0.00027
	B	38.3	0.00046	0.00032		0.00044
	C	29.1	0.00035	0.00024		0.00034
	D	19.0	0.00023	0.00016		0.00022
ヒ素 Arsenic (As)	A	0.050	0.00000060	0.00000041	3 μg/m ³ (過剰発がん生涯リスク レベル10 ⁻³) 日本産業衛生学会2018	0.00000014
	B	0.050	0.00000060	0.00000041		0.00000014
	C	0.050	0.00000060	0.00000041		0.00000014
	D	0.050	0.00000060	0.00000041		0.00000014
セレン Selenium (Se)	A	0.25	0.0000030	0.0000021	2.4 μg/m ³ 日本産業衛生学会2000 0.1 mg/m ³ より換算	0.00000086
	B	0.25	0.0000030	0.0000021		0.00000086
	C	0.25	0.0000030	0.0000021		0.00000086
	D	0.25	0.0000030	0.0000021		0.00000086
アンチモン Antimony (Sb)	A	0.025	0.00000030	0.00000021	0.0003 mg/m ³ A chronic-duration inhalation MRL ATSDR (2017)	0.00000069
	B	2.7	0.000032	0.000022		0.000073
	C	0.025	0.00000030	0.00000021		0.00000069
	D	0.025	0.00000030	0.00000021		0.00000069
マンガン Manganese (Mn)	A	9.3	0.00011	0.000077	0.00005 mg/m ³ RfC (EPA IRIS, 1993)	0.0015
	B	7.2	0.000086	0.000059		0.0012
	C	20.7	0.00025	0.00017		0.0034
	D	7.3	0.000088	0.000060		0.0012
バリウム Barium (Ba)	A	7.0	0.000084	0.000058	11.9 μg/m ³ 米国産業衛生専門家会議 (ACGIH)2001, 0.5 mg/m ³ より換算	0.0000048
	B	5.3	0.000064	0.000044		0.0000037
	C	7.2	0.000087	0.000060		0.0000050
	D	9.0	0.00011	0.000074		0.0000062
カドミウム Cadmium (Cd)	A	1.7	0.000020	0.000014	0.01 μg/m ³ chronic (MRL) ATSDR (2012)	0.0014
	B	2.7	0.000032	0.000022		0.0022
	C	1.6	0.000020	0.000014		0.0014
	D	2.1	0.000025	0.000017		0.0017
クロム Chromium (Cr)	A	6.1	0.000073	0.000050	5 × 10 ⁻⁶ mg chromiumu (VI)/m ³ intermediate- chronic (MRL) ATSDR (2012)	0.010
	B	5.5	0.000066	0.000045		0.0090
	C	5.6	0.000067	0.000046		0.0092
	D	4.4	0.000053	0.000036		0.0073
アルミニウム Aluminum (Al)	A	5536.0	0.066	0.046	23.8 μg/m ³ 米国産業衛生 専門家会議 (ACGIH)2008, 1 mg/m ³ より換算	0.0019
	B	2260.4	0.027	0.019		0.00078
	C	1698.8	0.020	0.014		0.00059
	D	2466.0	0.030	0.020		0.00085
コバルト Cobalt (Co)	A	126.2	0.0015	0.0010	1×10 ⁻⁴ mg/m ³ (MRL) ATSDR (2004)	0.010
	B	247.7	0.0030	0.0020		0.020
	C	331.1	0.0040	0.0027		0.027
	D	160.7	0.0019	0.0013		0.013

赤字：溶出濃度がLOQ以下であった試料において、定量下限値を溶出濃度とした

表14-3：各運動場から採取したゴムチップ由来金属の各年齢層における吸入曝露量及びハザード比（中学生）(続き)

物質名	運動場	最大濃度 (全量分析) μg/g	金属濃度 (μg/m ³)	平均一日曝露濃 度 (μg/m ³)	許容値等	ハザード比 (HQ)
銅 Copper (Cu)	A	21.9	0.00026	0.00018	4.76 μg/m ³ 米国産業衛生専門家会議 (ACGIH)2001, 0.2 mg/m ³ より換算	0.000038
	B	18.3	0.00022	0.00015		0.000032
	C	67.1	0.00080	0.00055		0.000116
	D	15.8	0.00019	0.00013		0.000027
スズ Tin (Sn)	A	3.9	0.000047	0.000032	47.6 μg/m ³ 米国産業衛生専門家会議 (ACGIH)2001, 2 mg/m ³ より換算	0.0000007
	B	3.5	0.000042	0.000029		0.0000006
	C	6.2	0.000074	0.000051		0.0000011
	D	3.7	0.000045	0.000031		0.0000006
バナジウム Vanadium (V)	A	5.2	0.000062	0.000043	0.0001 mg/m ³ chronic-duration inhalation (MRL) ATSDR (2012)	0.00043
	B	4.8	0.000057	0.000039		0.00039
	C	3.3	0.000040	0.000027		0.00027
	D	3.5	0.000042	0.000029		0.00029
水銀 Mercury (Hg)	A	0.064	0.00000077	0.00000053	0.0002 mg/m ³ chronic (MRL) ATSDR (1999)	0.0000026
	B	0.064	0.00000077	0.00000053		0.0000026
	C	0.064	0.00000077	0.00000053		0.0000026
	D	0.064	0.00000077	0.00000053		0.0000026
リチウム Lithium (Li)	A	3.8	0.000046	0.000031	情報なし	
	B	3.8	0.000046	0.000032		
	C	2.2	0.000027	0.000018		
	D	3.4	0.000040	0.000028		
マグネシウム Magnesium (Mg)	A	255.3	0.0031	0.0021	情報なし	
	B	235.5	0.0028	0.0019		
	C	718.7	0.0086	0.0059		
	D	251.9	0.0030	0.0021		
鉄 Iron (Fe)	A	460.9	0.0055	0.0038	情報なし	
	B	508.5	0.0061	0.0042		
	C	922.8	0.011	0.0076		
	D	479.5	0.0058	0.0039		
亜鉛 Zinc (Zn)	A	18792.8	0.23	0.15	情報なし	
	B	16042.5	0.19	0.13		
	C	23502.3	0.28	0.19		
	D	17540.2	0.21	0.14		
ガリウム Gallium (Ga)	A	3.3	0.000039	0.000027	情報なし	
	B	2.1	0.000025	0.000017		
	C	2.4	0.000029	0.000020		
	D	2.9	0.000034	0.000024		
ルビジウム Rubidium (Rb)	A	3.4	0.000040	0.000028	情報なし	
	B	2.6	0.000031	0.000021		
	C	4.1	0.000049	0.000034		
	D	2.7	0.000032	0.000022		
ストロンチウム Strontium (Sr)	A	7.6	0.000091	0.000063	情報なし	
	B	5.3	0.000063	0.000043		
	C	5.0	0.000060	0.000041		
	D	4.0	0.000048	0.000033		

赤字：溶出濃度がLOQ以下であった試料において、定量下限値を溶出濃度とした

表14-4：各運動場から採取したゴムチップ由来金属の各年齢層における吸入曝露量及びハザード比（高校生）

物質名	運動場	最大濃度 (全量分析) μg/g	金属濃度 (μg/m ³)	平均一日曝露濃 度 (μg/m ³)	許容値等	ハザード比 (HQ)
ニッケル Nickel (Ni)	A	4.1	0.000049	0.000037	9x10 ⁻⁵ mg/m ³ (MRL) ATSDR (2005)	0.00041
	B	4.7	0.000057	0.000043		0.00048
	C	4.0	0.000048	0.000036		0.00040
	D	3.8	0.000046	0.000035		0.00038
鉛 Lead (Pb)	A	23.1	0.000277	0.00021	0.71 μg/m ³ 日本産業衛生学会 許容濃度等の勧告（2017 年度）0.03 mg /m ³ より 換算	0.00029
	B	38.3	0.000460	0.00035		0.00048
	C	29.1	0.000350	0.00026		0.00037
	D	19.0	0.000229	0.00017		0.00024
ヒ素 Arsenic (As)	A	0.05	0.00000060	0.00000045	3 μg/m ³ (過剰発がん生涯リスク レベル10 ⁻³) 日本産業衛生学会2018	0.00000015
	B	0.05	0.00000060	0.00000045		0.00000015
	C	0.05	0.00000060	0.00000045		0.00000015
	D	0.05	0.00000060	0.00000045		0.00000015
セレン Selenium (Se)	A	0.25	0.00000300	0.0000023	2.4 μg/m ³ 日本産業衛生学会2000 0.1 mg/m ³ より換算	0.00000095
	B	0.25	0.00000300	0.0000023		0.00000095
	C	0.25	0.00000300	0.0000023		0.00000095
	D	0.25	0.00000300	0.0000023		0.00000095
アンチモン Antimony (Sb)	A	0.025	0.00000030	0.00000023	0.0003 mg/m ³ A chronic-duration inhalation MRL ATSDR (2017)	0.00000075
	B	2.7	0.000032	0.000024		0.000080
	C	0.025	0.00000030	0.00000023		0.00000075
	D	0.025	0.00000030	0.00000023		0.00000075
マンガン Manganese (Mn)	A	9.3	0.00011	0.000084	0.00005 mg/m ³ RFC (EPA IRIS, 1993)	0.0017
	B	7.2	0.000086	0.000065		0.0013
	C	20.7	0.00025	0.00019		0.0037
	D	7.3	0.000088	0.000066		0.0013
バリウム Barium (Ba)	A	7.0	0.000084	0.000063	11.9 μg/m ³ 米国産業衛生専門家会議 (ACGIH)2001, 0.5 mg/m ³ より換算	0.0000053
	B	5.3	0.000064	0.000048		0.0000040
	C	7.2	0.000087	0.000065		0.0000055
	D	9.0	0.00011	0.000081		0.0000068
カドミウム Cadmium (Cd)	A	1.7	0.000020	0.000015	0.01 μg/m ³ chronic (MRL) ATSDR (2012)	0.0015
	B	2.7	0.000032	0.000024		0.0024
	C	1.6	0.000020	0.000015		0.0015
	D	2.1	0.000025	0.000019		0.0019
クロム Chromium (Cr)	A	6.1	0.000073	0.000055	5 x 10 ⁻⁶ mg chromiumu (VI)/m ³ intermediate- chronic (MRL) ATSDR (2012)	0.011
	B	5.5	0.000066	0.000049		0.0099
	C	5.6	0.000067	0.000051		0.010
	D	4.4	0.000053	0.000040		0.0080
アルミニウム Aluminum (Al)	A	5536.0	0.066	0.050	23.8 μg/m ³ 米国産業衛生 専門家会議 (ACGIH)2008, 1 mg/m ³ より換算	0.0021
	B	2260.4	0.027	0.020		0.00086
	C	1698.8	0.020	0.015		0.00064
	D	2466.0	0.030	0.022		0.00093
コバルト Cobalt (Co)	A	126.2	0.0015	0.0011	1x10 ⁻⁴ mg/m ³ (MRL) ATSDR (2004)	0.011
	B	247.7	0.0030	0.0022		0.022
	C	331.1	0.0040	0.0030		0.030
	D	160.7	0.0019	0.0015		0.015

赤字：溶出濃度がLOQ以下であった試料において、定量下限値を溶出濃度とした

表14-4：各運動場から採取したゴムチップ由来金属の各年齢層における吸入曝露量及びハザード比（高校生）（続き）

物質名	運動場	最大濃度 (全量分析) μg/g	金属濃度 (μg/m ³)	平均一日曝露濃 度 (μg/m ³)	許容値等	ハザード比 (HQ)
銅 Copper (Cu)	A	21.9	0.00026	0.00020	4.76 μg/m ³ 米国産業衛生専門家会議 (ACGIH)2001, 0.2 mg/m ³ より換算	0.000042
	B	18.3	0.00022	0.00016		0.000035
	C	67.1	0.00080	0.00061		0.00013
	D	15.8	0.00019	0.00014		0.000030
スズ Tin (Sn)	A	3.9	0.000047	0.000036	47.6 μg/m ³ 米国産業衛生専門家会議 (ACGIH)2001, 2 mg/m ³ より換算	0.00000075
	B	3.5	0.000042	0.000032		0.00000067
	C	6.2	0.000074	0.000056		0.0000012
	D	3.7	0.000045	0.000034		0.00000070
バナジウム Vanadium (V)	A	5.2	0.000062	0.000047	0.0001 mg/m ³ chronic-duration inhalation (MRL) ATSDR (2012)	0.00047
	B	4.8	0.000057	0.000043		0.00043
	C	3.3	0.000040	0.000030		0.00030
	D	3.5	0.000042	0.000032		0.00032
水銀 Mercury (Hg)	A	0.064	0.00000077	0.00000058	0.0002 mg/m ³ chronic (MRL) ATSDR (1999)	0.0000029
	B	0.064	0.00000077	0.00000058		0.0000029
	C	0.064	0.00000077	0.00000058		0.0000029
	D	0.064	0.00000077	0.00000058		0.0000029
リチウム Lithium (Li)	A	3.8	0.000046	0.000034	情報なし	
	B	3.8	0.000046	0.000035		
	C	2.2	0.000027	0.000020		
	D	3.4	0.000040	0.000030		
マグネシウム Magnesium (Mg)	A	255.3	0.0031	0.0023	情報なし	
	B	235.5	0.0028	0.0021		
	C	718.7	0.0086	0.0065		
	D	251.9	0.0030	0.0023		
鉄 Iron (Fe)	A	460.9	0.0055	0.0042	情報なし	
	B	508.5	0.0061	0.0046		
	C	922.8	0.0111	0.0083		
	D	479.5	0.0058	0.0043		
亜鉛 Zinc (Zn)	A	18792.8	0.23	0.17	情報なし	
	B	16042.5	0.19	0.14		
	C	23502.3	0.28	0.21		
	D	17540.2	0.21	0.16		
ガリウム Gallium (Ga)	A	3.3	0.000039	0.000030	情報なし	
	B	2.1	0.000025	0.000019		
	C	2.4	0.000029	0.000022		
	D	2.9	0.000034	0.000026		
ルビジウム Rubidium (Rb)	A	3.4	0.000040	0.000030	情報なし	
	B	2.6	0.000031	0.000024		
	C	4.1	0.000049	0.000037		
	D	2.7	0.000032	0.000024		
ストロンチウム Strontium (Sr)	A	7.6	0.000091	0.000069	情報なし	
	B	5.3	0.000063	0.000048		
	C	5.0	0.000060	0.000045		
	D	4.0	0.000048	0.000036		

赤字：溶出濃度がLOQ以下であった試料において、定量下限値を溶出濃度とした

表14-5：各運動場から採取したゴムチップ由来金属の各年齢層における吸入曝露量及びハザード比（大学生）

物質名	運動場	最大濃度 (全量分析) μg/g	金属濃度 (μg/m ³)	平均一日曝露濃 度 (μg/m ³)	許容値等	ハザード比 (HQ)
ニッケル Nickel (Ni)	A	4.1	0.000049	0.000034	9x10 ⁻⁵ mg/m ³ (MRL) ATSDR (2005)	0.00038
	B	4.7	0.000057	0.000039		0.00044
	C	4.0	0.000048	0.000033		0.00037
	D	3.8	0.000046	0.000032		0.00035
鉛 Lead (Pb)	A	23.1	0.00028	0.00019	0.71 μg/m ³ 日本産業衛生学会 許容濃度等の勧告（2017 年度）0.03 mg /m ³ より 換算	0.00027
	B	38.3	0.00046	0.00032		0.00045
	C	29.1	0.00035	0.00024		0.00034
	D	19.0	0.00023	0.00016		0.00022
ヒ素 Arsenic (As)	A	0.050	0.00000060	0.00000042	3 μg/m ³ (過剰発がん生涯リスク レベル10 ⁻³) 日本産業衛生学会2018	0.00000014
	B	0.050	0.00000060	0.00000042		0.00000014
	C	0.050	0.00000060	0.00000042		0.00000014
	D	0.050	0.00000060	0.00000042		0.00000014
セレン Selenium (Se)	A	0.25	0.0000030	0.0000021	2.4 μg/m ³ 日本産業衛生学会2000 0.1 mg/m ³ より換算	0.00000087
	B	0.25	0.0000030	0.0000021		0.00000087
	C	0.25	0.0000030	0.0000021		0.00000087
	D	0.25	0.0000030	0.0000021		0.00000087
アンチモン Antimony (Sb)	A	0.025	0.00000030	0.00000021	0.0003 mg/m ³ A chronic-duration inhalation MRL ATSDR (2017)	0.00000069
	B	2.7	0.000032	0.000022		0.000074
	C	0.025	0.00000030	0.00000021		0.00000069
	D	0.025	0.00000030	0.00000021		0.00000069
マンガン Manganese (Mn)	A	9.3	0.00011	0.000077	0.00005 mg/m ³ RfC (EPA IRIS, 1993)	0.0015
	B	7.2	0.000086	0.000059		0.0012
	C	20.7	0.00025	0.00017		0.0034
	D	7.3	0.000088	0.000061		0.0012
バリウム Barium (Ba)	A	7.0	0.000084	0.000058	11.9 μg/m ³ 米国産業衛生専門家会議 (ACGIH)2001, 0.5 mg/m ³ より換算	0.0000049
	B	5.3	0.000064	0.000044		0.0000037
	C	7.2	0.000087	0.000060		0.0000051
	D	9.0	0.00011	0.000075		0.0000063
カドミウム Cadmium (Cd)	A	1.7	0.000020	0.000014	0.01 μg/m ³ chronic (MRL) ATSDR (2012)	0.0014
	B	2.7	0.000032	0.000022		0.0022
	C	1.6	0.000020	0.000014		0.0014
	D	2.1	0.000025	0.000017		0.0017
クロム Chromium (Cr)	A	6.1	0.000073	0.000051	5 x 10 ⁻⁶ mg chromiumu (VI)/m ³ intermediate- chronic (MRL) ATSDR (2012)	0.010
	B	5.5	0.000066	0.000045		0.0091
	C	5.6	0.000067	0.000047		0.0093
	D	4.4	0.000053	0.000037		0.0073
アルミニウム Aluminum (Al)	A	5536.0	0.066	0.046	23.8 μg/m ³ 米国産業衛生 専門家会議 (ACGIH)2008, 1 mg/m ³ より換算	0.0019
	B	2260.4	0.027	0.019		0.00079
	C	1698.8	0.020	0.014		0.00059
	D	2466.0	0.030	0.020		0.00086
コバルト Cobalt (Co)	A	126.2	0.0015	0.0010	1x10 ⁻⁴ mg/m ³ (MRL) ATSDR (2004)	0.010
	B	247.7	0.0030	0.0021		0.021
	C	331.1	0.0040	0.0027		0.027
	D	160.7	0.0019	0.0013		0.013

赤字：溶出濃度がLOQ以下であった試料において、定量下限値を溶出濃度とした

表14-5：各運動場から採取したゴムチップ由来金属の各年齢層における吸入曝露量及びハザード比（大学生）（続き）

物質名	運動場	最大濃度 (全量分析) µg/g	金属濃度 (µg/m ³)	平均一日曝露濃 度 (µg/m ³)	許容値等	ハザード比 (HQ)
銅 Copper (Cu)	A	21.9	0.00026	0.00018	4.76 µg/m ³ 米国産業衛生専門家会議 (ACGIH)2001, 0.2 mg/m ³ より換算	0.000038
	B	18.3	0.00022	0.00015		0.000028
	C	67.1	0.00080	0.00056		0.00012
	D	15.8	0.00019	0.00013		0.000028
スズ Tin (Sn)	A	3.9	0.000047	0.000033	47.6 µg/m ³ 米国産業衛生専門家会議 (ACGIH)2001, 2 mg/m ³ より換算	0.00000069
	B	3.5	0.000042	0.000029		0.00000061
	C	6.2	0.000074	0.000051		0.0000011
	D	3.7	0.000045	0.000031		0.00000065
バナジウム Vanadium (V)	A	5.2	0.000062	0.000043	0.0001 mg/m ³ chronic-duration inhalation (MRL) ATSDR (2012)	0.00043
	B	4.8	0.000057	0.000040		0.00040
	C	3.3	0.000040	0.000027		0.00027
	D	3.5	0.000042	0.000029		0.00029
水銀 Mercury (Hg)	A	0.064	0.00000077	0.00000053	0.0002 mg/m ³ chronic (MRL) ATSDR (1999)	0.0000026
	B	0.064	0.00000077	0.00000053		0.0000026
	C	0.064	0.00000077	0.00000053		0.0000026
	D	0.064	0.00000077	0.00000053		0.0000026
リチウム Lithium (Li)	A	3.8	0.000046	0.000032	情報なし	
	B	3.8	0.000046	0.000032		
	C	2.2	0.000027	0.000019		
	D	3.4	0.000040	0.000028		
マグネシウム Magnesium (Mg)	A	255.3	0.0031	0.0021	情報なし	
	B	235.5	0.0028	0.0020		
	C	718.7	0.0086	0.0060		
	D	251.9	0.0030	0.0021		
鉄 Iron (Fe)	A	460.9	0.0055	0.0038	情報なし	
	B	508.5	0.0061	0.0042		
	C	922.8	0.011	0.0077		
	D	479.5	0.0058	0.0040		
亜鉛 Zinc (Zn)	A	18792.8	0.23	0.16	情報なし	
	B	16042.5	0.19	0.13		
	C	23502.3	0.28	0.20		
	D	17540.2	0.21	0.15		
ガリウム Gallium (Ga)	A	3.3	0.000039	0.000027	情報なし	
	B	2.1	0.000025	0.000017		
	C	2.4	0.000029	0.000020		
	D	2.9	0.000034	0.000024		
ルビジウム Rubidium (Rb)	A	3.4	0.000040	0.000028	情報なし	
	B	2.6	0.000031	0.000022		
	C	4.1	0.000049	0.000034		
	D	2.7	0.000032	0.000022		
ストロンチウム Strontium (Sr)	A	7.6	0.000091	0.000063	情報なし	
	B	5.3	0.000063	0.000044		
	C	5.0	0.000060	0.000042		
	D	4.0	0.000048	0.000033		

赤字：溶出濃度がLOQ以下であった試料において、定量下限値を溶出濃度とした

表14-6：各運動場から採取したゴムチップ由来金属の各年齢層における吸入曝露量及びハザード比（大人）

物質名	運動場	最大濃度 (全量分析) µg/g	金属濃度 (µg/m³)	平均一日曝露濃 度 (µg/m³)	許容値等	ハザード比 (HQ)
ニッケル Nickel (Ni)	A	4.1	0.000049	0.000021	9x10 ⁻⁵ mg/m³ (MRL) ATSDR (2005)	0.00024
	B	4.7	0.000057	0.000025		0.00027
	C	4.0	0.000048	0.000021		0.00023
	D	3.8	0.000046	0.000020		0.00022
鉛 Lead (Pb)	A	23.1	0.00028	0.00012	0.71 µg/m³ 日本産業衛生学会 許容濃度等の勧告（2017 年度）0.03 mg/m³ より 換算	0.00017
	D	19.0	0.00023	0.000099		0.00014
	C	29.1	0.00035	0.00015		0.00021
	B	38.3	0.00046	0.00020		0.00028
ヒ素 Arsenic (As)	A	0.050	0.00000060	0.00000026	3 µg/m³ (過剰発がん生涯リス クレベル10 ⁻³) 日本産業衛生学会2018	0.000000086
	B	0.050	0.00000060	0.00000026		0.000000086
	C	0.050	0.00000060	0.00000026		0.000000086
	D	0.050	0.00000060	0.00000026		0.000000086
セレン Selenium (Se)	A	0.25	0.0000030	0.0000013	2.4 µg/m³ 日本産業衛生学会2000 0.1 mg/m³ より換算	0.00000054
	B	0.25	0.0000030	0.0000013		0.00000054
	C	0.25	0.0000030	0.0000013		0.00000054
	D	0.25	0.0000030	0.0000013		0.00000054
アンチモン Antimony (Sb)	A	0.025	0.00000030	0.00000013	0.0003 mg/m³ A chronic-duration inhalation MRL ATSDR (2017)	0.00000043
	B	2.7	0.000032	0.000014		0.000046
	C	0.025	0.00000030	0.00000013		0.00000043
	D	0.025	0.00000030	0.00000013		0.00000043
マンガン Manganese (Mn)	A	9.3	0.0001116	0.000048	0.00005 mg/m³ RfC (EPA IRIS, 1993)	0.00096
	B	7.2	0.0000860	0.000037		0.00074
	C	20.7	0.0002490	0.00011		0.0022
	D	7.3	0.0000881	0.000038		0.00076
バリウム Barium (Ba)	A	7.0	0.000084	0.000036	11.9 µg/m³ 米国産業衛生専門家会議 (ACGIH)2001, 0.5 mg/m³ より換算	0.0000030
	B	5.3	0.000064	0.000027		0.0000023
	C	7.2	0.000087	0.000038		0.0000032
	D	9.0	0.00011	0.000047		0.0000039
カドミウム Cadmium (Cd)	A	1.7	0.000020	0.0000088	0.01 µg/m³ chronic (MRL) ATSDR (2012)	0.00088
	B	2.7	0.000032	0.000014		0.0014
	C	1.6	0.000020	0.0000085		0.00085
	D	2.1	0.000025	0.000011		0.0011
クロム Chromium (Cr)	A	6.1	0.000073	0.000032	5 x 10 ⁻⁶ mg chromiumu (VI)/m³ intermediate- chronic (MRL) ATSDR (2012)	0.0064
	B	5.5	0.000066	0.000028		0.0057
	C	5.6	0.000067	0.000029		0.0058
	D	4.4	0.000053	0.000023		0.0046
アルミニウム Aluminum (Al)	A	5536.0	0.066	0.029	23.8 µg/m³米国産業衛生 専門家会議 (ACGIH)2008, 1 mg/m³ より換算	0.0012
	B	2260.4	0.027	0.012		0.00049
	C	1698.8	0.020	0.009		0.00037
	D	2466.0	0.030	0.013		0.00054
コバルト Cobalt (Co)	A	126.2	0.0015	0.00065	1x10 ⁻⁴ mg/m³ (MRL) ATSDR (2004)	0.0065
	B	247.7	0.0030	0.0013		0.013
	C	331.1	0.0040	0.0017		0.017
	D	160.7	0.0019	0.00083		0.0083

赤字：溶出濃度がLOQ以下であった試料において、定量下限値を溶出濃度とした

表14-6：各運動場から採取したゴムチップ由来金属の各年齢層における吸入曝露量及びハザード比（大人）（続き）

物質名	運動場	最大濃度 (全量分析) μg/g	金属濃度 (μg/m ³)	平均一日曝露濃度 (μg/m ³)	許容値等	ハザード比 (HQ)
銅 Copper (Cu)	A	21.9	0.00026	0.00011	4.76 μg/m ³ 米国産業衛生専門家会議 (ACGIH)2001, 0.2 mg/m ³ より換算	0.000024
	B	18.3	0.00022	0.000095		0.000020
	C	67.1	0.00080	0.00035		0.000073
	D	15.8	0.00019	0.000082		0.000017
スズ Tin (Sn)	A	3.9	0.000047	0.000020	47.6 μg/m ³ 米国産業衛生専門家会議 (ACGIH)2001, 2 mg/m ³ より換算	0.00000043
	B	3.5	0.000042	0.000018		0.00000038
	C	6.2	0.000074	0.000032		0.00000067
	D	3.7	0.000045	0.000019		0.00000040
バナジウム Vanadium (V)	A	5.2	0.000062	0.000027	0.0001 mg/m ³ chronic-duration inhalation (MRL) ATSDR (2012)	0.00027
	B	4.8	0.000057	0.000025		0.00025
	C	3.3	0.000040	0.000017		0.00017
	D	3.5	0.000042	0.000018		0.00018
水銀 Mercury (Hg)	A	0.064	0.00000077	0.00000033	0.0002 mg/m ³ chronic (MRL) ATSDR (1999)	0.0000017
	B	0.064	0.00000077	0.00000033		0.0000017
	C	0.064	0.00000077	0.00000033		0.0000017
	D	0.064	0.00000077	0.00000033		0.0000017
リチウム Lithium (Li)	A	3.81	0.000046	0.000020	情報なし	
	B	3.83	0.000046	0.000020		
	C	2.23	0.000027	0.000012		
	D	3.36	0.000040	0.000017		
マグネシウム Magnesium (Mg)	A	255.3	0.0031	0.0013	情報なし	
	B	235.5	0.0028	0.0012		
	C	718.7	0.0086	0.0037		
	D	251.9	0.0030	0.0013		
鉄 Iron (Fe)	A	460.9	0.0055	0.0024	情報なし	
	B	508.5	0.0061	0.0026		
	C	922.8	0.011	0.0048		
	D	479.5	0.0058	0.0025		
亜鉛 Zinc (Zn)	A	18792.8	0.23	0.097	情報なし	
	B	16042.5	0.19	0.083		
	C	23502.3	0.28	0.122		
	D	17540.2	0.21	0.091		
ガリウム Gallium (Ga)	A	3.3	0.000039	0.000017	情報なし	
	B	2.1	0.000025	0.000011		
	C	2.4	0.000029	0.000013		
	D	2.9	0.000034	0.000015		
ルビジウム Rubidium (Rb)	A	3.4	0.000040	0.000017	情報なし	
	B	2.6	0.000031	0.000014		
	C	4.1	0.000049	0.000021		
	D	2.7	0.000032	0.000014		
ストロンチウム Strontium (Sr)	A	7.6	0.000091	0.000039	情報なし	
	B	5.3	0.000063	0.000027		
	C	5.0	0.000060	0.000026		
	D	4.0	0.000048	0.000021		

赤字：溶出濃度がLOQ以下であった試料において、定量下限値を溶出濃度とした

表15-1：ゴムチップ製品由来金属の各年齢層における経口曝露量及びハザード比（小学校低学年）

物質名	製品	最大溶出濃度 (唾液) µg/g	最大溶出濃度 (胃液) µg/g	最大溶出濃度 (腸液) µg/g	Exposure (µg/kgbw/d) 唾液由来	Exposure (µg/kgbw/d) 胃液由来	Exposure (µg/kgbw/d) 腸液由来	total Exposure (µg/kgbw/d)	許容値等	ハザード比 (HQ)
ニッケル Nickel (Ni)	A-4	0.01	0.01	0.01	0.000037	0.000037	0.000037	0.00011	0.02 mg/kg/day (RfD) EPA (IRIS 1991)	0.000056
	C-8	0.014	0.034	0.01	0.000053	0.00013	0.000037	0.00022		0.0000109
	D-1	0.012	0.01	0.01	0.000046	0.000037	0.000037	0.00012		0.0000061
	D-2	0.01	0.01	0.01	0.000037	0.000037	0.000037	0.00011		0.0000056
	D-3	0.012	0.01	0.01	0.000046	0.000037	0.000037	0.00012		0.0000060
	D-10	0.01	0.01	0.01	0.000037	0.000037	0.000037	0.00011		0.0000056
鉛 Lead (Pb)	A-4	0.001	0.14	0.001	0.0000037	0.00054	0.0000037	0.00055	3.5 µg/kg bw/day (WHO water quality guideline 3rd Ed.)	0.00016
	C-8	0.016	0.14	0.001	0.000059	0.00053	0.0000037	0.00060		0.00017
	D-1	0.017	0.17	0.001	0.000062	0.00064	0.0000037	0.00071		0.00020
	D-2	0.001	0.12	0.001	0.0000037	0.00044	0.0000037	0.00045		0.00013
	D-3	0.018	0.15	0.001	0.000068	0.00057	0.0000037	0.00064		0.00018
	D-10	0.001	0.001	0.001	0.0000037	0.0000037	0.0000037	0.000011		0.0000032
アンチモン Antimony (Sb)	A-4	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000094	0.0000094	0.0000094	0.000028	0.0004 mg/kg/day EPA (IRIS 1987)	0.000070
	C-8	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000094	0.0000094	0.0000094	0.000028		0.000070
	D-1	0.230	0.775	0.399	0.00086	0.0029	0.0015	0.0053		0.013
	D-2	0.0025	0.029	0.0025	0.0000094	0.00011	0.0000094	0.00013		0.00032
	D-3	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000094	0.0000094	0.0000094	0.000028		0.000070
	D-10	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000094	0.0000094	0.0000094	0.000028		0.000070
マンガン Manganese (Mn)	A-4	0.26	0.99	0.21	0.00099	0.0037	0.00080	0.0055	0.14 mg/kg/day EPA (IRIS 1995)	0.000039
	C-8	0.16	3.8	0.010	0.00061	0.014	0.000037	0.015		0.000108
	D-1	0.043	0.24	0.010	0.00016	0.00088	0.000037	0.0011		0.0000077
	D-2	0.021	0.062	0.010	0.000078	0.00023	0.000037	0.00035		0.0000025
	D-3	0.13	0.50	0.079	0.00048	0.0019	0.00030	0.0027		0.000019
	D-10	0.043	0.67	0.010	0.00016	0.0025	0.000037	0.0027		0.000019
バリウム Barium (Ba)	A-4	0.056	0.195	0.0025	0.00021	0.00073	0.0000094	0.00095	0.2 mg/kg/day EPA (IRIS 2005)	0.0000048
	C-8	0.0025	0.257	0.0025	0.0000094	0.00096	0.0000094	0.00098		0.0000049
	D-1	0.0025	0.105	0.0025	0.0000094	0.00039	0.0000094	0.00041		0.0000021
	D-2	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000094	0.0000094	0.0000094	0.000028		0.0000001
	D-3	0.0025	0.071	0.0025	0.0000094	0.00027	0.0000094	0.00028		0.0000014
	D-10	0.0025	0.063	0.0025	0.0000094	0.00024	0.0000094	0.00025		0.0000013
クロム Chromium (Cr)	A-4	0.0025	0.057	0.0025	0.0000094	0.00021	0.0000094	0.00023	0.0009 mg chromium (VI)/kg/day chronic (MRL) ATSDR (2012)	0.00026
	C-8	0.0025	0.057	0.0025	0.0000094	0.00021	0.0000094	0.00023		0.00026
	D-1	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000094	0.0000094	0.0000094	0.000028		0.000031
	D-2	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000094	0.0000094	0.0000094	0.000028		0.000031
	D-3	0.0025	0.040	0.0025	0.0000094	0.00015	0.0000094	0.00017		0.000019
	D-10	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000094	0.0000094	0.0000094	0.000028		0.000031
アルミニウム Aluminum (Al)	A-4	0.105	2.06	0.10	0.00039	0.0077	0.00037	0.0085	1 mg/kg/day chronic (MRL) ATSDR (2008)	0.0000085
	C-8	0.231	10.84	0.23	0.00087	0.041	0.00085	0.042		0.000042
	D-1	0.10	0.70	0.10	0.00037	0.0026	0.00037	0.0034		0.0000034
	D-2	0.10	0.95	0.10	0.00037	0.0036	0.00037	0.0043		0.0000043
	D-3	0.158	2.30	0.10	0.00059	0.0086	0.00037	0.0096		0.0000096
	D-10	0.113	7.20	0.38	0.00043	0.027	0.0014	0.029		0.000029
コバルト Cobalt (Co)	A-4	0.274	0.909	0.351	0.0010	0.0034	0.0013	0.0058	1x10 ⁻² mg/kg/day oral (MRL) ATSDR (2004)	0.00058
	C-8	0.00050	0.00050	0.00050	0.0000019	0.0000019	0.0000019	0.0000056		0.0000056
	D-1	0.009	0.00050	0.00050	0.000035	0.0000019	0.0000019	0.000039		0.0000039
	D-2	0.012	0.00050	0.00050	0.000047	0.0000019	0.0000019	0.000050		0.0000050
	D-3	0.094	0.232	0.081	0.00035	0.00087	0.00030	0.0015		0.00015
	D-10	0.00050	0.00050	0.00050	0.0000019	0.0000019	0.0000019	0.0000056		0.0000056
銅 Copper (Cu)	A-4	8.3	30.2	3.7	0.031	0.11	0.014	0.16	0.01 mg/kg/day oral (MRL) ATSDR (2004)	0.016
	C-8	0.025	0.025	0.025	0.000094	0.000094	0.000094	0.00028		0.000028
	D-1	0.10	0.025	0.025	0.00039	0.000096	0.000094	0.00058		0.000058
	D-2	0.10	0.025	0.025	0.00038	0.000094	0.000094	0.00057		0.000057
	D-3	0.59	14.7	0.12	0.0022	0.055	0.00047	0.058		0.0058
	D-10	0.025	0.025	0.025	0.000094	0.000094	0.000094	0.00028		0.000028

赤字：溶出濃度がLOQ以下であった試料において、定量下限値を溶出濃度とした。

表15-1：ゴムチップ製品由来金属の各年齢層における経口曝露量及びハザード比（小学校低学年）（続き）

物質名	製品	最大溶出濃度 (唾液) µg/g	最大溶出濃度 (胃液) µg/g	最大溶出濃度 (腸液) µg/g	Exposure (µg/kgbw/d) 唾液由来	Exposure (µg/kgbw/d) 胃液由来	Exposure (µg/kgbw/d) 腸液由来	total Exposure (µg/kgbw/d)	許容値等	ハザード比 (HQ)
スズ Tin (Sn)	A-4	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000094	0.0000094	0.0000094	0.000028	0.0003 mg/kg/day chronic-duration oral (MRL) ATSDR (2005)	0.000094
	C-8	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000094	0.0000094	0.0000094	0.000028		0.000094
	D-1	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000094	0.0000094	0.0000094	0.000028		0.000094
	D-2	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000094	0.0000094	0.0000094	0.000028		0.000094
	D-3	0.018	0.0025	0.0025	0.000066	0.0000094	0.0000094	0.000085		0.00028
	D-10	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000094	0.0000094	0.0000094	0.000028		0.000094
バナジウム Vanadium(V)	A-4	0.0079	0.0025	0.0025	0.000030	0.0000094	0.0000094	0.000048	0.01 mg/kg/day intermediate- duration oral (MRL) ATSDR (2012)	0.000048
	C-8	0.0321	0.576	0.0025	0.00012	0.0022	0.0000094	0.0023		0.00023
	D-1	0.0066	0.0025	0.0025	0.000025	0.0000094	0.0000094	0.000044		0.000044
	D-2	0.0062	0.0025	0.0025	0.000023	0.0000094	0.0000094	0.000042		0.000042
	D-3	0.0073	0.0025	0.0025	0.000027	0.0000094	0.0000094	0.000046		0.000046
	D-10	0.0071	0.0025	0.0025	0.000026	0.0000094	0.0000094	0.000045		0.000045
水銀 Mercury (Hg)	A-4	0.064	0.064	0.064	0.00024	0.00024	0.00024	0.00072	0.0003 mg/kg/day chronic (MRL) ATSDR (1999)	0.0024
	C-8	0.064	0.064	0.064	0.00024	0.00024	0.00024	0.00072		0.0024
	D-1	0.064	0.064	0.064	0.00024	0.00024	0.00024	0.00072		0.0024
	D-2	0.064	0.064	0.064	0.00024	0.00024	0.00024	0.00072		0.0024
	D-3	0.064	0.064	0.064	0.00024	0.00024	0.00024	0.00072		0.0024
	D-10	0.064	0.064	0.064	0.00024	0.00024	0.00024	0.00072		0.0024
リチウム Lithium(Li)	A-4	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000094	0.0000094	0.0000094	0.000028	情報なし	
	C-8	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000094	0.0000094	0.0000094	0.000028		
	D-1	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000094	0.0000094	0.0000094	0.000028		
	D-2	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000094	0.0000094	0.0000094	0.000028		
	D-3	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000094	0.0000094	0.0000094	0.000028		
	D-10	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000094	0.0000094	0.0000094	0.000028		
マグネシウム Magnesium(Mg)	A-4	0.88	4.5	1.1	0.0033	0.017	0.0042	0.024	情報なし	
	C-8	3.3	71.7	1.8	0.012	0.27	0.0066	0.29		
	D-1	5.6	38.1	5.3	0.021	0.14	0.020	0.18		
	D-2	2.7	10.5	0.40	0.010	0.039	0.0015	0.051		
	D-3	0.97	2.9	1.0	0.0036	0.011	0.0039	0.019		
	D-10	6.8	63.1	11.6	0.025	0.24	0.043	0.31		
鉄 Iron (Fe)	A-4	0.10	113.2	0.12	0.00037	0.42	0.00045	0.43	情報なし	
	C-8	0.41	14.1	0.10	0.0015	0.053	0.00037	0.055		
	D-1	0.30	2.9	0.10	0.0011	0.011	0.00037	0.012		
	D-2	0.25	1.0	0.10	0.00094	0.0038	0.00037	0.0051		
	D-3	3.4	50.9	0.14	0.013	0.19	0.00052	0.20		
	D-10	0.29	5.5	0.12	0.0011	0.021	0.00047	0.022		
亜鉛 Zinc (Zn)	A-4	44.3	131.8	42.8	0.17	0.49	0.16	0.82	0.3 mg/kg/day EPA (IRIS 2005)	0.0027
	C-8	2.0	137.2	8.60	0.0073	0.51	0.032	0.55		0.0018
	D-1	24.9	295.4	62.7	0.094	1.1	0.24	1.4		0.0048
	D-2	7.1	47.4	12.6	0.026	0.18	0.047	0.25		0.00084
	D-3	22.6	84.8	21.1	0.085	0.32	0.079	0.48		0.0016
	D-10	0.025	1.2	0.071	0.000094	0.0044	0.00026	0.0048		0.000016
ルビジウム Rubidium(Rb)	A-4	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000094	0.0000094	0.0000094	0.000028	情報なし	
	C-8	0.0025	0.0203	0.19	0.0000094	0.000076	0.00072	0.00081		
	D-1	0.0025	0.0025	0.17	0.0000094	0.0000094	0.00065	0.00067		
	D-2	0.0025	0.0025	0.22	0.0000094	0.0000094	0.00083	0.00085		
	D-3	0.0025	0.0025	0.18	0.0000094	0.0000094	0.00069	0.00071		
	D-10	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000094	0.0000094	0.0000094	0.000028		
ストロンチウム Strontium(Sr)	A-4	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000094	0.0000094	0.0000094	0.000028	0.6 mg/kg/day EPA (IRIS 1992)	0.00000047
	C-8	0.17	3.5	0.055	0.00064	0.013	0.00021	0.014		0.000023
	D-1	0.34	1.8	0.0025	0.0013	0.0067	0.0000094	0.0080		0.000013
	D-2	0.21	0.69	0.0025	0.00080	0.0026	0.0000094	0.0034		0.0000057
	D-3	0.018	0.037	0.0025	0.000067	0.00014	0.0000094	0.00021		0.00000036
	D-10	0.36	2.6	0.096	0.0013	0.0096	0.00036	0.011		0.000019

赤字：溶出濃度がLOQ以下であった試料において、定量下限値を溶出濃度とした。

表15-2：ゴムチップ製品由来金属の各年齢層における経口曝露量及びハザード比（小学校高学年）

物質名	製品	最大溶出濃度 (唾液) µg/g	最大溶出濃度 (胃液) µg/g	最大溶出濃度 (腸液) µg/g	Exposure (µg/kgbw/d) 唾液由来	Exposure (µg/kgbw/d) 胃液由来	Exposure (µg/kgbw/d) 腸液由来	total Exposure (µg/kgbw/d)	許容値等	ハザード比 (HQ)
ニッケル Nickel (Ni)	A-4	0.010	0.010	0.010	0.000032	0.000032	0.000032	0.000096	0.02 mg/kg/day (RfD) EPA (IRIS 1991)	0.000048
	C-8	0.014	0.034	0.010	0.000045	0.00011	0.000032	0.00019		0.000094
	D-1	0.012	0.010	0.010	0.000040	0.000032	0.000032	0.00010		0.000052
	D-2	0.010	0.010	0.010	0.000032	0.000032	0.000032	0.000096		0.000048
	D-3	0.012	0.010	0.010	0.000039	0.000032	0.000032	0.00010		0.000052
	D-10	0.010	0.010	0.010	0.000032	0.000032	0.000032	0.000096		0.000048
鉛 Lead (Pb)	A-4	0.001	0.14	0.0010	0.000032	0.00046	0.000032	0.00047	3.5 µg/kg bw/day (WHO water quality guideline 3rd Ed.)	0.00013
	C-8	0.016	0.14	0.0010	0.000051	0.00046	0.000032	0.00051		0.00015
	D-1	0.017	0.17	0.0010	0.000053	0.00055	0.000032	0.00060		0.00017
	D-2	0.0010	0.12	0.0010	0.000003	0.00038	0.000032	0.00039		0.00011
	D-3	0.018	0.15	0.0010	0.000058	0.00049	0.000032	0.00055		0.00016
	D-10	0.0010	0.0010	0.0010	0.000032	0.000032	0.000032	0.00010		0.000028
アンチモン Antimony (Sb)	A-4	0.0025	0.0025	0.0025	0.000080	0.000080	0.000080	0.00024	0.0004 mg/kg/day EPA (IRIS 1987)	0.000060
	C-8	0.0025	0.0025	0.0025	0.000080	0.000080	0.000080	0.00024		0.000060
	D-1	0.230	0.775	0.399	0.00074	0.0025	0.0013	0.0045		0.011
	D-2	0.0025	0.029	0.0025	0.000080	0.000093	0.000080	0.00011		0.00027
	D-3	0.0025	0.0025	0.0025	0.000080	0.000080	0.000080	0.00024		0.000060
	D-10	0.0025	0.0025	0.0025	0.000080	0.000080	0.000080	0.00024		0.000060
マンガン Manganese (Mn)	A-4	0.26	0.99	0.21	0.00085	0.0032	0.00069	0.0047	0.14 mg/kg/day EPA (IRIS 1995)	0.00034
	C-8	0.16	3.8	0.010	0.00052	0.012	0.00032	0.013		0.000092
	D-1	0.043	0.24	0.010	0.00014	0.00076	0.00032	0.00093		0.000066
	D-2	0.021	0.062	0.010	0.000067	0.00020	0.00032	0.00030		0.000021
	D-3	0.13	0.50	0.079	0.00041	0.0016	0.00025	0.0023		0.000016
	D-10	0.043	0.67	0.010	0.00014	0.0021	0.00032	0.0023		0.000017
バリウム Barium (Ba)	A-4	0.056	0.195	0.0025	0.00018	0.00063	0.000080	0.00081	0.2 mg/kg/day EPA (IRIS 2005)	0.000041
	C-8	0.0025	0.257	0.0025	0.000080	0.00083	0.000080	0.00084		0.000042
	D-1	0.0025	0.105	0.0025	0.000080	0.00034	0.000080	0.00035		0.000018
	D-2	0.0025	0.0025	0.0025	0.000080	0.00001	0.000080	0.00024		0.000001
	D-3	0.0025	0.071	0.0025	0.000080	0.00023	0.000080	0.00024		0.000012
	D-10	0.0025	0.063	0.0025	0.000080	0.00020	0.000080	0.00022		0.000011
クロム Chromium (Cr)	A-4	0.0025	0.057	0.0025	0.000080	0.00018	0.000080	0.00020	0.0009 mg chromium (VI)/kg/day chronic (MRL) ATSDR (2012)	0.00022
	C-8	0.0025	0.057	0.0025	0.000080	0.00018	0.000080	0.00020		0.00022
	D-1	0.0025	0.0025	0.0025	0.000080	0.000080	0.000080	0.00024		0.000027
	D-2	0.0025	0.0025	0.0025	0.000080	0.000080	0.000080	0.00024		0.000027
	D-3	0.0025	0.040	0.0025	0.000080	0.00013	0.000080	0.00014		0.00016
	D-10	0.0025	0.0025	0.0025	0.000080	0.000080	0.000080	0.00024		0.000027
アルミニウム Aluminum (Al)	A-4	0.10	2.1	0.10	0.00034	0.0066	0.00032	0.0073	1 mg/kg/day chronic (MRL) ATSDR (2008)	0.000073
	C-8	0.23	10.8	0.23	0.00074	0.035	0.00073	0.036		0.000036
	D-1	0.10	0.70	0.10	0.00032	0.0022	0.00032	0.0029		0.000029
	D-2	0.10	0.95	0.10	0.00032	0.0031	0.00032	0.0037		0.000037
	D-3	0.16	2.3	0.10	0.00051	0.0074	0.00032	0.0082		0.000082
	D-10	0.11	7.2	0.38	0.00036	0.023	0.0012	0.025		0.000025
コバルト Cobalt (Co)	A-4	0.27	0.91	0.35	0.00088	0.0029	0.0011	0.0049	1x10 ⁻² mg/kg/day oral (MRL) ATSDR (2004)	0.00049
	C-8	0.00050	0.00050	0.00050	0.000016	0.000016	0.000016	0.000048		0.0000048
	D-1	0.009	0.00050	0.00050	0.000030	0.0000016	0.000016	0.000033		0.0000033
	D-2	0.012	0.00050	0.00050	0.000040	0.0000016	0.000016	0.000043		0.0000043
	D-3	0.094	0.23	0.081	0.00030	0.00074	0.00026	0.0013		0.00013
	D-10	0.00050	0.00050	0.00050	0.000016	0.0000016	0.000016	0.000048		0.0000048
銅 Copper (Cu)	A-4	8.3	30.2	3.7	0.027	0.097	0.012	0.14	0.01 mg/kg/day oral (MRL) ATSDR (2004)	0.014
	C-8	0.025	0.025	0.025	0.000080	0.000080	0.000080	0.00024		0.000024
	D-1	0.10	0.025	0.025	0.00034	0.000082	0.000080	0.00050		0.000050
	D-2	0.10	0.025	0.025	0.00033	0.000080	0.000080	0.00049		0.000049
	D-3	0.59	14.7	0.12	0.0019	0.047	0.00040	0.049		0.0049
	D-10	0.025	0.025	0.025	0.00008	0.000080	0.000080	0.00024		0.000024

赤字：溶出濃度がLOQ以下であった試料において、定量下限値を溶出濃度とした。

表15-2：ゴムチップ製品由来金属の各年齢層における経口曝露量及びハザード比（小学校高学年）（続き）

物質名	製品	最大溶出濃度 (唾液) µg/g	最大溶出濃度 (胃液) µg/g	最大溶出濃度 (腸液) µg/g	Exposure (µg/kgbw/d) 唾液由来	Exposure (µg/kgbw/d) 胃液由来	Exposure (µg/kgbw/d) 腸液由来	total Exposure (µg/kgbw/d)	許容値等	ハザード比 (HQ)
スズ Tin (Sn)	A-4	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000080	0.0000080	0.0000080	0.000024	0.0003 mg/kg/day chronic-duration oral (MRL) ATSDR (2005)	0.000080
	C-8	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000080	0.0000080	0.0000080	0.000024		0.000080
	D-1	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000080	0.0000080	0.0000080	0.000024		0.000080
	D-2	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000080	0.0000080	0.0000080	0.000024		0.000080
	D-3	0.018	0.0025	0.0025	0.000057	0.0000080	0.0000080	0.000073		0.00024
	D-10	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000080	0.0000080	0.0000080	0.000024		0.000080
バナジウム Vanadium (V)	A-4	0.0079	0.0025	0.0025	0.000025	0.0000080	0.0000080	0.000041	0.01 mg/kg/day intermediate- duration oral (MRL) ATSDR (2012)	0.000041
	C-8	0.032	0.58	0.0025	0.00010	0.0018	0.0000080	0.0020		0.00020
	D-1	0.0066	0.0025	0.0025	0.000021	0.0000080	0.0000080	0.000037		0.000037
	D-2	0.0062	0.0025	0.0025	0.000020	0.0000080	0.0000080	0.000036		0.000036
	D-3	0.0073	0.0025	0.0025	0.000024	0.0000080	0.0000080	0.000040		0.000040
	D-10	0.0071	0.0025	0.0025	0.000023	0.0000080	0.0000080	0.000039		0.000039
水銀 Mercury (Hg)	A-4	0.064	0.064	0.064	0.00020	0.00020	0.00020	0.00061	0.0003 mg/kg/day chronic (MRL) ATSDR (1999)	0.0020
	C-8	0.064	0.064	0.064	0.00020	0.00020	0.00020	0.00061		0.0020
	D-1	0.064	0.064	0.064	0.00020	0.00020	0.00020	0.00061		0.0020
	D-2	0.064	0.064	0.064	0.00020	0.00020	0.00020	0.00061		0.0020
	D-3	0.064	0.064	0.064	0.00020	0.00020	0.00020	0.00061		0.0020
	D-10	0.064	0.064	0.064	0.00020	0.00020	0.00020	0.00061		0.0020
リチウム Lithium (Li)	A-4	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000080	0.0000080	0.0000080	0.000024	情報なし	
	C-8	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000080	0.0000080	0.0000080	0.000024		
	D-1	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000080	0.0000080	0.0000080	0.000024		
	D-2	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000080	0.0000080	0.0000080	0.000024		
	D-3	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000080	0.0000080	0.0000080	0.000024		
	D-10	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000080	0.0000080	0.0000080	0.000024		
マグネシウム Magnesium (Mg)	A-4	0.88	4.5	1.1	0.0028	0.014	0.0036	0.021	情報なし	
	C-8	3.3	71.7	1.8	0.011	0.23	0.0057	0.25		
	D-1	5.6	38.1	5.3	0.018	0.12	0.017	0.16		
	D-2	2.7	10.5	0.40	0.0087	0.034	0.0013	0.044		
	D-3	0.97	2.9	1.0	0.0031	0.0094	0.0033	0.016		
	D-10	6.8	63.1	11.6	0.022	0.20	0.037	0.26		
鉄 Iron (Fe)	A-4	0.10	113.2	0.12	0.00032	0.36	0.00038	0.36	情報なし	
	C-8	0.41	14.1	0.10	0.0013	0.045	0.00032	0.047		
	D-1	0.30	2.9	0.10	0.0010	0.0092	0.00032	0.010		
	D-2	0.25	1.0	0.10	0.00080	0.0032	0.00032	0.0044		
	D-3	3.4	50.9	0.14	0.011	0.16	0.00044	0.17		
	D-10	0.29	5.5	0.12	0.00092	0.018	0.00040	0.019		
亜鉛 Zinc (Zn)	A-4	44.3	131.8	42.8	0.14	0.42	0.14	0.70	0.3 mg/kg/day EPA (IRIS 2005)	0.0023
	C-8	2.0	137.2	8.60	0.0063	0.44	0.028	0.47		0.0016
	D-1	24.9	295.4	62.7	0.080	0.95	0.20	1.2		0.0041
	D-2	7.1	47.4	12.6	0.023	0.15	0.040	0.22		0.00072
	D-3	22.6	84.8	21.1	0.073	0.27	0.068	0.41		0.0014
	D-10	0.025	1.2	0.071	0.000080	0.0038	0.00023	0.0041		0.000014
ルビジウム Rubidium (Rb)	A-4	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000080	0.0000080	0.0000080	0.000024	情報なし	
	C-8	0.0025	0.0203	0.19	0.0000080	0.000065	0.00062	0.00069		
	D-1	0.0025	0.0025	0.17	0.0000080	0.0000080	0.00056	0.00057		
	D-2	0.0025	0.0025	0.22	0.0000080	0.0000080	0.00071	0.00072		
	D-3	0.0025	0.0025	0.18	0.0000080	0.0000080	0.00059	0.00061		
	D-10	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000080	0.0000080	0.0000080	0.000024		
ストロンチウム Strontium (Sr)	A-4	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000080	0.0000080	0.0000080	0.000024	0.6 mg /kg/day EPA (IRIS 1992)	0.00000040
	C-8	0.17	3.5	0.055	0.00055	0.011	0.00018	0.012		0.000020
	D-1	0.34	1.8	0.0025	0.0011	0.0058	0.0000080	0.0069		0.000011
	D-2	0.21	0.69	0.0025	0.0007	0.0022	0.0000080	0.0029		0.000049
	D-3	0.018	0.037	0.0025	0.000057	0.00012	0.0000080	0.00018		0.0000031
	D-10	0.36	2.6	0.096	0.0011	0.0082	0.00031	0.0097		0.000016

赤字：溶出濃度がLOQ以下であった試料において、定量下限値を溶出濃度とした。

表15-3：ゴムチップ製品由来金属の各年齢層における経口曝露量及びハザード比（中学生）

物質名	製品	最大溶出濃度 (唾液) µg/g	最大溶出濃度 (胃液) µg/g	最大溶出濃度 (腸液) µg/g	Exposure (µg/kgbw/d) 唾液由来	Exposure (µg/kgbw/d) 胃液由来	Exposure (µg/kgbw/d) 腸液由来	total Exposure (µg/kgbw/d)	許容値等	ハザード比 (HQ)
ニッケル Nickel (Ni)	A-4	0.010	0.010	0.010	0.000017	0.000017	0.000017	0.000051	0.02 mg/kg/day (RfD) EPA (IRIS 1991)	0.000026
	C-8	0.014	0.034	0.010	0.000024	0.000058	0.000017	0.000099		0.000050
	D-1	0.012	0.010	0.010	0.000021	0.000017	0.000017	0.000055		0.000028
	D-2	0.010	0.010	0.010	0.000017	0.000017	0.000017	0.000051		0.000026
	D-3	0.012	0.010	0.010	0.000021	0.000017	0.000017	0.000055		0.000027
	D-10	0.010	0.010	0.010	0.000017	0.000017	0.000017	0.000051		0.000026
鉛 Lead (Pb)	A-4	0.001	0.14	0.0010	0.0000017	0.00025	0.0000017	0.00025	3.5 µg/kg bw/day (WHO water quality guideline 3rd Ed.)	0.000071
	C-8	0.016	0.14	0.0010	0.000027	0.00024	0.0000017	0.00027		0.000077
	D-1	0.017	0.17	0.0010	0.000028	0.00029	0.0000017	0.00032		0.000091
	D-2	0.0010	0.12	0.0010	0.0000017	0.00020	0.0000017	0.00021		0.000059
	D-3	0.018	0.15	0.0010	0.000031	0.00026	0.0000017	0.00029		0.000083
	D-10	0.0010	0.0010	0.0010	0.0000017	0.0000017	0.0000017	0.000051		0.000015
アンチモン Antimony (Sb)	A-4	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000043	0.0000043	0.0000043	0.000013	0.0004 mg/kg/day EPA (IRIS 1987)	0.000032
	C-8	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000043	0.0000043	0.0000043	0.000013		0.000032
	D-1	0.230	0.775	0.399	0.00039	0.0013	0.00068	0.0024		0.0060
	D-2	0.0025	0.029	0.0025	0.0000043	0.000049	0.0000043	0.000058		0.00014
	D-3	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000043	0.0000043	0.0000043	0.000013		0.000032
	D-10	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000043	0.0000043	0.0000043	0.000013		0.000032
マンガン Manganese (Mn)	A-4	0.26	0.99	0.21	0.00045	0.0017	0.00036	0.0025	0.14 mg/kg/day EPA (IRIS 1995)	0.000018
	C-8	0.16	3.8	0.010	0.00028	0.0065	0.000017	0.0068		0.000049
	D-1	0.043	0.24	0.010	0.000073	0.00040	0.000017	0.00049		0.000035
	D-2	0.021	0.062	0.010	0.000036	0.00011	0.000017	0.00016		0.000011
	D-3	0.13	0.50	0.079	0.00022	0.00085	0.00013	0.0012		0.000086
	D-10	0.043	0.67	0.010	0.000073	0.0011	0.000017	0.0012		0.000088
バリウム Barium (Ba)	A-4	0.056	0.195	0.0025	0.000095	0.00033	0.0000043	0.00043	0.2 mg/kg/day EPA (IRIS 2005)	0.000022
	C-8	0.0025	0.257	0.0025	0.0000043	0.00044	0.0000043	0.00045		0.000022
	D-1	0.0025	0.105	0.0025	0.0000043	0.00018	0.0000043	0.00019		0.0000093
	D-2	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000043	0.0000043	0.0000043	0.00001		0.00000064
	D-3	0.0025	0.071	0.0025	0.0000043	0.00012	0.0000043	0.00013		0.0000065
	D-10	0.0025	0.063	0.0025	0.0000043	0.00011	0.0000043	0.00012		0.0000058
クロム Chromium (Cr)	A-4	0.0025	0.057	0.0025	0.0000043	0.000096	0.0000043	0.00010	0.0009 mg chromium (VI)/kg/day chronic (MRL) ATSDR (2012)	0.00012
	C-8	0.0025	0.057	0.0025	0.0000043	0.000097	0.000004	0.00011		0.00012
	D-1	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000043	0.0000043	0.0000043	0.000013		0.000014
	D-2	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000043	0.0000043	0.0000043	0.000013		0.000014
	D-3	0.0025	0.040	0.0025	0.0000043	0.000068	0.0000043	0.000076		0.000085
	D-10	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000043	0.0000043	0.0000043	0.000013		0.000014
アルミニウム Aluminum (Al)	A-4	0.10	2.1	0.10	0.00018	0.0035	0.00017	0.0039	1 mg/kg/day chronic (MRL) ATSDR (2008)	0.000039
	C-8	0.23	10.8	0.23	0.00039	0.018	0.00039	0.019		0.000019
	D-1	0.10	0.70	0.10	0.00017	0.0012	0.00017	0.0015		0.000015
	D-2	0.10	0.95	0.10	0.00017	0.0016	0.00017	0.0020		0.000020
	D-3	0.16	2.3	0.10	0.00027	0.0039	0.00017	0.0044		0.000044
	D-10	0.11	7.2	0.38	0.00019	0.012	0.00064	0.013		0.000013
コバルト Cobalt (Co)	A-4	0.27	0.91	0.35	0.00047	0.0015	0.00060	0.0026	1x10 ⁻² mg/kg/day oral (MRL) ATSDR (2004)	0.00026
	C-8	0.00050	0.00050	0.00050	0.0000085	0.0000085	0.0000085	0.000026		0.0000026
	D-1	0.009	0.00050	0.00050	0.000016	0.0000085	0.0000085	0.000018		0.000018
	D-2	0.012	0.00050	0.00050	0.000021	0.0000085	0.0000085	0.000023		0.000023
	D-3	0.094	0.232	0.081	0.00016	0.00039	0.00014	0.00069		0.000069
	D-10	0.00050	0.00050	0.00050	0.0000085	0.0000085	0.0000085	0.000026		0.0000026
銅 Copper (Cu)	A-4	8.3	30.2	3.7	0.014	0.051	0.0062	0.072	0.01 mg/kg/day oral (MRL) ATSDR (2004)	0.0072
	C-8	0.025	0.025	0.025	0.000043	0.000043	0.000043	0.00013		0.000013
	D-1	0.10	0.025	0.025	0.00018	0.000043	0.000043	0.00026		0.000026
	D-2	0.10	0.025	0.025	0.00017	0.000043	0.000043	0.00026		0.000026
	D-3	0.59	14.7	0.12	0.0010	0.025	0.00021	0.026		0.0026
	D-10	0.025	0.025	0.025	0.000043	0.000043	0.000043	0.00013		0.000013

赤字：溶出濃度がLOQ以下であった試料において、定量下限値を溶出濃度とした。

表15-3：ゴムチップ製品由来金属の各年齢層における経口曝露量及びハザード比（中学生）（続き）

物質名	製品	最大溶出濃度 (唾液) µg/g	最大溶出濃度 (胃液) µg/g	最大溶出濃度 (腸液) µg/g	Exposure (µg/kgbw/d) 唾液由来	Exposure (µg/kgbw/d) 胃液由来	Exposure (µg/kgbw/d) 腸液由来	total Exposure (µg/kgbw/d)	許容値等	ハザード比 (HQ)
スズ Tin (Sn)	A-4	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000043	0.0000043	0.0000043	0.000013	0.0003 mg/kg/day chronic-duration oral (MRL) ATSDR (2005)	0.000043
	C-8	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000043	0.0000043	0.0000043	0.000013		0.000043
	D-1	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000043	0.0000043	0.0000043	0.000013		0.000043
	D-2	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000043	0.0000043	0.0000043	0.000013		0.000043
	D-3	0.018	0.0025	0.0025	0.0000300	0.0000043	0.0000043	0.000039		0.00013
	D-10	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000043	0.0000043	0.0000043	0.000013		0.000043
バナジウム Vanadium (V)	A-4	0.0079	0.0025	0.0025	0.000013	0.0000043	0.0000043	0.000022	0.01 mg/kg/day intermediate-duration oral (MRL) ATSDR (2012)	0.000022
	C-8	0.032	0.58	0.0025	0.000055	0.00098	0.0000043	0.0010		0.00010
	D-1	0.0066	0.0025	0.0025	0.000011	0.0000043	0.0000043	0.000020		0.000020
	D-2	0.0062	0.0025	0.0025	0.000010	0.0000043	0.0000043	0.000019		0.000019
	D-3	0.0073	0.0025	0.0025	0.000012	0.0000043	0.0000043	0.000021		0.000021
	D-10	0.0071	0.0025	0.0025	0.000012	0.0000043	0.0000043	0.000021		0.000021
水銀 Mercury (Hg)	A-4	0.064	0.064	0.064	0.00011	0.00011	0.00011	0.00033	0.0003 mg/kg/day chronic (MRL) ATSDR (1999)	0.0011
	C-8	0.064	0.064	0.064	0.00011	0.00011	0.00011	0.00033		0.0011
	D-1	0.064	0.064	0.064	0.00011	0.00011	0.00011	0.00033		0.0011
	D-2	0.064	0.064	0.064	0.00011	0.00011	0.00011	0.00033		0.0011
	D-3	0.064	0.064	0.064	0.00011	0.00011	0.00011	0.00033		0.0011
	D-10	0.064	0.064	0.064	0.00011	0.00011	0.00011	0.00033		0.0011
リチウム Lithium (Li)	A-4	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000043	0.0000043	0.0000043	0.000013	情報なし	
	C-8	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000043	0.0000043	0.0000043	0.000013		
	D-1	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000043	0.0000043	0.0000043	0.000013		
	D-2	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000043	0.0000043	0.0000043	0.000013		
	D-3	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000043	0.0000043	0.0000043	0.000013		
	D-10	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000043	0.0000043	0.0000043	0.000013		
マグネシウム Magnesium (Mg)	A-4	0.88	4.5	1.1	0.0015	0.0076	0.0019	0.0110	情報なし	
	C-8	3.3	71.7	1.8	0.0056	0.12	0.0030	0.13		
	D-1	5.6	38.1	5.3	0.0096	0.065	0.0090	0.083		
	D-2	2.7	10.5	0.40	0.0046	0.018	0.0007	0.023		
	D-3	0.97	2.9	1.0	0.0017	0.0050	0.0018	0.0084		
	D-10	6.8	63.1	11.6	0.011	0.11	0.020	0.14		
鉄 Iron (Fe)	A-4	0.10	113.2	0.12	0.00017	0.1925	0.00020	0.19	情報なし	
	C-8	0.41	14.1	0.10	0.00070	0.024	0.00017	0.025		
	D-1	0.30	2.9	0.10	0.00052	0.0049	0.00017	0.0055		
	D-2	0.25	1.0	0.10	0.00042	0.0017	0.00017	0.0023		
	D-3	3.4	50.9	0.14	0.0057	0.087	0.00024	0.093		
	D-10	0.29	5.5	0.12	0.00049	0.0093	0.00021	0.010		
亜鉛 Zinc (Zn)	A-4	44.3	131.8	42.8	0.075	0.224	0.073	0.37	0.3 mg/kg/day EPA (IRIS 2005)	0.0012
	C-8	2.0	137.2	8.60	0.0033	0.233	0.015	0.25		0.00084
	D-1	24.9	295.4	62.7	0.042	0.502	0.11	0.65		0.0022
	D-2	7.1	47.4	12.6	0.012	0.081	0.021	0.11		0.00038
	D-3	22.6	84.8	21.1	0.038	0.14	0.036	0.22		0.00073
	D-10	0.025	1.2	0.071	0.000043	0.0020	0.00012	0.0022		0.0000072
ルビジウム Rubidium (Rb)	A-4	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000043	0.0000043	0.0000043	0.000013	情報なし	
	C-8	0.0025	0.020	0.19	0.0000043	0.000035	0.00033	0.00037		
	D-1	0.0025	0.0025	0.17	0.0000043	0.0000043	0.00029	0.00030		
	D-2	0.0025	0.0025	0.22	0.0000043	0.0000043	0.00038	0.00038		
	D-3	0.0025	0.0025	0.18	0.0000043	0.0000043	0.00031	0.00032		
	D-10	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000043	0.0000043	0.0000043	0.000013		
ストロンチウム Strontium (Sr)	A-4	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000043	0.0000043	0.0000043	0.000013	0.6 mg/kg/day EPA (IRIS 1992)	0.000000021
	C-8	0.17	3.5	0.055	0.00029	0.0059	0.00094	0.0063		0.000011
	D-1	0.34	1.8	0.0025	0.00058	0.0031	0.0000043	0.0036		0.0000061
	D-2	0.21	0.69	0.0025	0.00036	0.0012	0.0000043	0.0015		0.0000026
	D-3	0.018	0.037	0.0025	0.000030	0.000062	0.0000043	0.00010		0.0000016
	D-10	0.36	2.6	0.096	0.00060	0.0044	0.00016	0.0051		0.0000086

赤字：溶出濃度がLOQ以下であった試料において、定量下限値を溶出濃度とした。

表15-4：ゴムチップ製品由来金属の各年齢層における経口曝露量及びハザード比（高校生）

物質名	製品	最大溶出濃度 (唾液) µg/g	最大溶出濃度 (胃液) µg/g	最大溶出濃度 (腸液) µg/g	Exposure (µg/kgbw/d) 唾液由来	Exposure (µg/kgbw/d) 胃液由来	Exposure (µg/kgbw/d) 腸液由来	total Exposure (µg/kgbw/d)	許容値等	ハザード比 (HQ)
ニッケル Nickel (Ni)	A-4	0.010	0.010	0.010	0.000014	0.000014	0.000014	0.000042	0.02 mg/kg/day (RfD) EPA (IRIS 1991)	0.000021
	C-8	0.014	0.034	0.010	0.000020	0.000049	0.000014	0.000082		0.000041
	D-1	0.012	0.010	0.010	0.000017	0.000014	0.000014	0.000046		0.000023
	D-2	0.010	0.010	0.010	0.000014	0.000014	0.000014	0.000042		0.000021
	D-3	0.012	0.010	0.010	0.000017	0.000014	0.000014	0.000045		0.000023
	D-10	0.010	0.010	0.010	0.000014	0.000014	0.000014	0.000042		0.000021
鉛 Lead (Pb)	A-4	0.0010	0.14	0.0010	0.000014	0.00020	0.000014	0.00021	3.5 µg/kg bw/day (WHO water quality guideline 3rd Ed.)	0.000059
	C-8	0.016	0.14	0.0010	0.000022	0.00020	0.000014	0.00022		0.000064
	D-1	0.017	0.17	0.0010	0.000023	0.00024	0.000014	0.00027		0.000076
	D-2	0.0010	0.12	0.0010	0.000014	0.00017	0.000014	0.00017		0.000049
	D-3	0.018	0.15	0.0010	0.000026	0.00021	0.000014	0.00024		0.000069
	D-10	0.0010	0.0010	0.0010	0.000014	0.000014	0.000014	0.000042		0.000012
アンチモン Antimony (Sb)	A-4	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000035	0.0000035	0.0000035	0.000011	0.0004 mg/kg/day EPA (IRIS 1987)	0.000026
	C-8	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000035	0.0000035	0.0000035	0.000011		0.000026
	D-1	0.23	0.77	0.40	0.00032	0.0011	0.00056	0.0020		0.0050
	D-2	0.0025	0.029	0.0025	0.0000035	0.000041	0.0000035	0.000048		0.00012
	D-3	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000035	0.0000035	0.0000035	0.000011		0.000026
	D-10	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000035	0.0000035	0.0000035	0.000011		0.000026
マンガン Manganese (Mn)	A-4	0.26	0.99	0.21	0.00037	0.0014	0.00030	0.0021	0.14 mg/kg/day EPA (IRIS 1995)	0.000015
	C-8	0.16	3.8	0.010	0.00023	0.0054	0.000014	0.0057		0.000041
	D-1	0.043	0.24	0.010	0.000061	0.00033	0.000014	0.00041		0.000029
	D-2	0.021	0.062	0.010	0.000029	0.000088	0.000014	0.00013		0.0000094
	D-3	0.13	0.50	0.079	0.00018	0.00071	0.00011	0.0010		0.000072
	D-10	0.043	0.67	0.010	0.000061	0.00094	0.000014	0.0010		0.000073
バリウム Barium (Ba)	A-4	0.056	0.20	0.0025	0.000079	0.00028	0.0000035	0.00036	0.2 mg/kg/day EPA (IRIS 2005)	0.000018
	C-8	0.0025	0.26	0.0025	0.0000035	0.00036	0.0000035	0.00037		0.000019
	D-1	0.0025	0.10	0.0025	0.0000035	0.00015	0.0000035	0.00015		0.0000077
	D-2	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000035	0.0000035	0.0000035	0.000011		0.00000053
	D-3	0.0025	0.071	0.0025	0.0000035	0.00010	0.0000035	0.00011		0.0000054
	D-10	0.0025	0.063	0.0025	0.0000035	0.000089	0.0000035	0.000096		0.0000048
クロム Chromium (Cr)	A-4	0.0025	0.057	0.0025	0.0000035	0.000080	0.0000035	0.000087	0.0009 mg chromium (VI)/kg/day chronic (MRL) ATSDR (2012)	0.000096
	C-8	0.0025	0.057	0.0025	0.0000035	0.000080	0.0000035	0.000088		0.000097
	D-1	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000035	0.0000035	0.0000035	0.000011		0.000012
	D-2	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000035	0.0000035	0.0000035	0.000011		0.000012
	D-3	0.0025	0.040	0.0025	0.0000035	0.000056	0.0000035	0.000063		0.000070
	D-10	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000035	0.0000035	0.0000035	0.000011		0.000012
アルミニウム Aluminum (Al)	A-4	0.105	2.06	0.10	0.00015	0.0029	0.00014	0.0032	1 mg/kg/day chronic (MRL) ATSDR (2008)	0.000032
	C-8	0.23	10.8	0.23	0.00033	0.015	0.00032	0.016		0.000016
	D-1	0.10	0.70	0.10	0.00014	0.0010	0.00014	0.0013		0.000013
	D-2	0.10	0.95	0.10	0.00014	0.0013	0.00014	0.0016		0.000016
	D-3	0.16	2.30	0.10	0.00022	0.0032	0.00014	0.0036		0.000036
	D-10	0.11	7.20	0.38	0.00016	0.010	0.00053	0.011		0.000011
コバルト Cobalt (Co)	A-4	0.27	0.91	0.35	0.00039	0.0013	0.00049	0.0022	1x10 ⁻² mg/kg/day oral (MRL) ATSDR (2004)	0.00022
	C-8	0.00050	0.00050	0.00050	0.00000071	0.00000071	0.00000071	0.0000021		0.0000021
	D-1	0.009	0.00050	0.00050	0.000013	0.00000071	0.00000071	0.000015		0.0000015
	D-2	0.012	0.00050	0.00050	0.000018	0.00000071	0.00000071	0.000019		0.0000019
	D-3	0.094	0.232	0.081	0.00013	0.00033	0.00011	0.00057		0.000057
	D-10	0.00050	0.00050	0.00050	0.00000071	0.00000071	0.00000071	0.0000021		0.0000021
銅 Copper (Cu)	A-4	8.3	30.2	3.7	0.012	0.043	0.0052	0.060	0.01 mg/kg/day oral (MRL) ATSDR (2004)	0.0060
	C-8	0.025	0.025	0.025	0.000035	0.000035	0.000035	0.00011		0.000011
	D-1	0.10	0.025	0.025	0.00015	0.000036	0.000035	0.00022		0.000022
	D-2	0.10	0.025	0.025	0.00014	0.000035	0.000035	0.00021		0.000021
	D-3	0.59	14.7	0.12	0.00083	0.021	0.00018	0.022		0.0022
	D-10	0.025	0.025	0.025	0.000035	0.000035	0.000035	0.00011		0.000011

赤字：溶出濃度がLOQ以下であった試料において、定量下限値を溶出濃度とした。

表15-4：ゴムチップ製品由来金属の各年齢層における経口曝露量及びハザード比（高校生）（続き）

物質名	製品	最大溶出濃度 (唾液) µg/g	最大溶出濃度 (胃液) µg/g	最大溶出濃度 (腸液) µg/g	Exposure (µg/kgbw/d) 唾液由来	Exposure (µg/kgbw/d) 胃液由来	Exposure (µg/kgbw/d) 腸液由来	total Exposure (µg/kgbw/d)	許容値等	ハザード比 (HQ)
スズ Tin (Sn)	A-4	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000035	0.0000035	0.0000035	0.000011	0.0003 mg/kg/day chronic-duration oral (MRL) ATSDR (2005)	0.000035
	C-8	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000035	0.0000035	0.0000035	0.000011		0.000035
	D-1	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000035	0.0000035	0.0000035	0.000011		0.000035
	D-2	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000035	0.0000035	0.0000035	0.000011		0.000035
	D-3	0.018	0.0025	0.0025	0.000025	0.0000035	0.0000035	0.000032		0.00011
	D-10	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000035	0.0000035	0.0000035	0.000011		0.000035
バナジウム Vanadium (V)	A-4	0.0079	0.0025	0.0025	0.000011	0.0000035	0.0000035	0.000018	0.01 mg/kg/day intermediate- duration oral (MRL) ATSDR (2012)	0.0000018
	C-8	0.032	0.58	0.0025	0.000045	0.00081	0.0000035	0.00086		0.000086
	D-1	0.0066	0.0025	0.0025	0.0000094	0.0000035	0.0000035	0.000016		0.0000016
	D-2	0.0062	0.0025	0.0025	0.0000087	0.0000035	0.0000035	0.000016		0.0000016
	D-3	0.0073	0.0025	0.0025	0.000010	0.0000035	0.0000035	0.000017		0.0000017
	D-10	0.0071	0.0025	0.0025	0.000010	0.0000035	0.0000035	0.000017		0.0000017
水銀 Mercury (Hg)	A-4	0.064	0.064	0.064	0.000090	0.000090	0.000090	0.00027	0.0003 mg/kg/day chronic (MRL) ATSDR (1999)	0.00090
	C-8	0.064	0.064	0.064	0.000090	0.000090	0.000090	0.00027		0.00090
	D-1	0.064	0.064	0.064	0.000090	0.000090	0.000090	0.00027		0.00090
	D-2	0.064	0.064	0.064	0.000090	0.000090	0.000090	0.00027		0.00090
	D-3	0.064	0.064	0.064	0.000090	0.000090	0.000090	0.00027		0.00090
	D-10	0.064	0.064	0.064	0.000090	0.000090	0.000090	0.00027		0.00090
リチウム Lithium (Li)	A-4	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000035	0.0000035	0.0000035	0.000011	情報なし	
	C-8	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000035	0.0000035	0.0000035	0.000011		
	D-1	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000035	0.0000035	0.0000035	0.000011		
	D-2	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000035	0.0000035	0.0000035	0.000011		
	D-3	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000035	0.0000035	0.0000035	0.000011		
	D-10	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000035	0.0000035	0.0000035	0.000011		
マグネシウム Magnesium (Mg)	A-4	0.88	4.5	1.1	0.0012	0.0063	0.0016	0.0091	情報なし	
	C-8	3.3	71.7	1.8	0.0047	0.10	0.0025	0.11		
	D-1	5.6	38.1	5.3	0.0079	0.054	0.0075	0.069		
	D-2	2.7	10.5	0.40	0.0038	0.015	0.00056	0.019		
	D-3	0.97	2.9	1.0	0.0014	0.0041	0.0015	0.0070		
	D-10	6.8	63.1	11.6	0.0095	0.089	0.016	0.11		
鉄 Iron (Fe)	A-4	0.10	113.2	0.12	0.00014	0.16	0.00017	0.16	情報なし	
	C-8	0.41	14.1	0.10	0.00058	0.020	0.00014	0.021		
	D-1	0.30	2.9	0.10	0.00043	0.0040	0.00014	0.0046		
	D-2	0.25	1.0	0.10	0.00035	0.0014	0.00014	0.0019		
	D-3	3.4	50.9	0.14	0.0047	0.072	0.00020	0.077		
	D-10	0.29	5.5	0.12	0.00040	0.0077	0.00018	0.0083		
亜鉛 Zinc (Zn)	A-4	44.3	131.8	42.8	0.062	0.19	0.060	0.31	0.3 mg/kg/day EPA (IRIS 2005)	0.00103
	C-8	2.0	137.2	8.60	0.0028	0.19	0.012	0.21		0.00070
	D-1	24.9	295.4	62.7	0.035	0.42	0.089	0.54		0.0018
	D-2	7.1	47.4	12.6	0.010	0.067	0.018	0.095		0.00032
	D-3	22.6	84.8	21.1	0.032	0.12	0.030	0.18		0.00060
	D-10	0.025	1.2	0.071	0.000035	0.0017	0.00010	0.0018		0.000060
ルビジウム Rubidium (Rb)	A-4	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000035	0.0000035	0.0000035	0.000011	情報なし	
	C-8	0.0025	0.0203	0.19	0.0000035	0.000029	0.00027	0.00030		
	D-1	0.0025	0.0025	0.17	0.0000035	0.0000035	0.00024	0.00025		
	D-2	0.0025	0.0025	0.22	0.0000035	0.0000035	0.00031	0.00032		
	D-3	0.0025	0.0025	0.18	0.0000035	0.0000035	0.00026	0.00027		
	D-10	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000035	0.0000035	0.0000035	0.000011		
ストロンチウム Strontium (Sr)	A-4	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000035	0.0000035	0.0000035	0.000011	0.6 mg /kg/day EPA (IRIS 1992)	0.000000018
	C-8	0.17	3.5	0.055	0.00024	0.0049	0.000078	0.0052		0.0000087
	D-1	0.34	1.8	0.0025	0.00048	0.0025	0.0000035	0.0030		0.0000050
	D-2	0.21	0.69	0.0025	0.00030	0.00098	0.0000035	0.0013		0.0000021
	D-3	0.018	0.037	0.0025	0.000025	0.000052	0.0000035	0.000081		0.0000013
	D-10	0.36	2.6	0.096	0.00050	0.0036	0.00014	0.0043		0.0000071

赤字：溶出濃度がLOQ以下であった試料において、定量下限値を溶出濃度とした。

表15-5：ゴムチップ製品由来金属の各年齢層における経口曝露量及びハザード比（大学生）

物質名	製品	最大溶出濃度 (唾液) µg/g	最大溶出濃度 (胃液) µg/g	最大溶出濃度 (腸液) µg/g	Exposure (µg/kgbw/d) 唾液由来	Exposure (µg/kgbw/d) 胃液由来	Exposure (µg/kgbw/d) 腸液由来	total Exposure (µg/kgbw/d)	許容値等	ハザード比 (HQ)
ニッケル Nickel (Ni)	A-4	0.010	0.010	0.010	0.000013	0.000013	0.000013	0.000040	0.02 mg/kg/day (RfD) EPA (IRIS 1991)	0.000020
	C-8	0.014	0.034	0.010	0.000019	0.000045	0.000013	0.000077		0.000039
	D-1	0.012	0.010	0.010	0.000016	0.000013	0.000013	0.000043		0.000021
	D-2	0.010	0.010	0.010	0.000013	0.000013	0.000013	0.000040		0.000020
	D-3	0.012	0.010	0.010	0.000016	0.000013	0.000013	0.000042		0.000021
	D-10	0.010	0.010	0.010	0.000013	0.000013	0.000013	0.000040		0.000020
鉛 Lead (Pb)	A-4	0.0010	0.14	0.0010	0.000001	0.00019	0.0000013	0.000193	3.5 µg/kg bw/day (WHO water quality guideline 3rd Ed.)	0.000055
	C-8	0.016	0.14	0.0010	0.000021	0.00019	0.0000013	0.000210		0.000060
	D-1	0.017	0.17	0.0010	0.000022	0.00023	0.0000013	0.000248		0.000071
	D-2	0.0010	0.12	0.0010	0.000001	0.00016	0.0000013	0.000159		0.000046
	D-3	0.018	0.15	0.0010	0.000024	0.00020	0.0000013	0.000225		0.000064
	D-10	0.0010	0.0010	0.0010	0.0000013	0.0000013	0.0000013	0.0000040		0.000011
アンチモン Antimony (Sb)	A-4	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000033	0.0000033	0.0000033	0.000010	0.0004 mg/kg/day EPA (IRIS 1987)	0.000025
	C-8	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000033	0.0000033	0.0000033	0.000010		0.000025
	D-1	0.23	0.77	0.40	0.00030	0.00102	0.00053	0.0019		0.0046
	D-2	0.0025	0.029	0.0025	0.0000033	0.000038	0.000003	0.000045		0.00011
	D-3	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000033	0.000003	0.000003	0.000010		0.000025
	D-10	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000033	0.000003	0.000003	0.000010		0.000025
マンガン Manganese (Mn)	A-4	0.26	0.99	0.21	0.00035	0.0013	0.00028	0.0019	0.14 mg/kg/day EPA (IRIS 1995)	0.000014
	C-8	0.16	3.8	0.010	0.00021	0.0051	0.000013	0.0053		0.000038
	D-1	0.043	0.24	0.010	0.000057	0.00031	0.000013	0.00038		0.000027
	D-2	0.021	0.062	0.010	0.000028	0.00008	0.000013	0.00012		0.0000088
	D-3	0.13	0.50	0.079	0.00017	0.00066	0.00010	0.00094		0.000067
	D-10	0.043	0.67	0.010	0.000057	0.00088	0.000013	0.00095		0.000068
バリウム Barium (Ba)	A-4	0.056	0.195	0.0025	0.000074	0.00026	0.0000033	0.00034	0.2 mg/kg/day EPA (IRIS 2005)	0.000017
	C-8	0.0025	0.257	0.0025	0.0000033	0.00034	0.0000033	0.00035		0.000017
	D-1	0.0025	0.105	0.0025	0.0000033	0.00014	0.0000033	0.00014		0.0000072
	D-2	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000033	0.0000033	0.0000033	0.000010		0.00000050
	D-3	0.0025	0.071	0.0025	0.0000033	0.000094	0.0000033	0.000100		0.0000050
	D-10	0.0025	0.063	0.0025	0.0000033	0.000083	0.0000033	0.000090		0.0000045
クロム Chromium (Cr)	A-4	0.0025	0.057	0.0025	0.0000033	0.000075	0.0000033	0.000081	0.0009 mg chromium (VI)/kg/day chronic (MRL) ATSDR (2012)	0.000090
	C-8	0.0025	0.057	0.0025	0.0000033	0.000075	0.0000033	0.000082		0.000091
	D-1	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000033	0.000003	0.0000033	0.000010		0.000011
	D-2	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000033	0.000003	0.0000033	0.000010		0.000011
	D-3	0.0025	0.040	0.0025	0.0000033	0.000053	0.0000033	0.000059		0.000066
	D-10	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000033	0.000003	0.0000033	0.000010		0.000011
アルミニウム Aluminum (Al)	A-4	0.10	2.1	0.10	0.00014	0.0027	0.00013	0.0030	1 mg/kg/day chronic (MRL) ATSDR (2008)	0.000030
	C-8	0.23	10.8	0.23	0.00031	0.014	0.00030	0.015		0.000015
	D-1	0.10	0.70	0.10	0.00013	0.00092	0.00013	0.0012		0.000012
	D-2	0.10	0.95	0.10	0.00013	0.0013	0.00013	0.0015		0.000015
	D-3	0.16	2.3	0.10	0.00021	0.0030	0.00013	0.0034		0.000034
	D-10	0.11	7.2	0.38	0.00015	0.0095	0.00050	0.010		0.000010
コバルト Cobalt (Co)	A-4	0.27	0.91	0.35	0.00036	0.0012	0.00046	0.0020	1x10 ⁻² mg/kg/day oral (MRL) ATSDR (2004)	0.00020
	C-8	0.00050	0.00050	0.00050	0.00000066	0.00000066	0.00000066	0.0000020		0.0000020
	D-1	0.0094	0.00050	0.00050	0.000012	0.00000066	0.00000066	0.000014		0.0000014
	D-2	0.012	0.00050	0.00050	0.000016	0.00000066	0.00000066	0.000018		0.0000018
	D-3	0.094	0.23	0.081	0.00012	0.00031	0.00011	0.00054		0.000054
	D-10	0.00050	0.00050	0.00050	0.00000066	0.00000066	0.00000066	0.0000020		0.0000020
銅 Copper (Cu)	A-4	8.3	30.2	3.7	0.011	0.040	0.0049	0.056	0.01 mg/kg/day oral (MRL) ATSDR (2004)	0.0056
	C-8	0.025	0.025	0.025	0.000033	0.000033	0.000033	0.00010		0.000010
	D-1	0.10	0.025	0.025	0.00014	0.000034	0.000033	0.00020		0.000020
	D-2	0.10	0.025	0.025	0.00013	0.000033	0.000033	0.00020		0.000020
	D-3	0.59	14.7	0.12	0.00077	0.019	0.00016	0.020		0.0020
	D-10	0.025	0.025	0.025	0.000033	0.000033	0.000033	0.00010		0.000010

赤字：溶出濃度がLOQ以下であった試料において、定量下限値を溶出濃度とした。

表15-5：ゴムチップ製品由来金属の各年齢層における経口曝露量及びハザード比（大学生）（続き）

物質名	製品	最大溶出濃度 (唾液) µg/g	最大溶出濃度 (胃液) µg/g	最大溶出濃度 (腸液) µg/g	Exposure (µg/kgbw/d) 唾液由来	Exposure (µg/kgbw/d) 胃液由来	Exposure (µg/kgbw/d) 腸液由来	total Exposure (µg/kgbw/d)	許容値等	ハザード比 (HQ)
スズ Tin (Sn)	A-4	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000033	0.0000033	0.0000033	0.0000099	0.0003 mg/kg/day chronic-duration oral (MRL) ATSDR (2005)	0.000033
	C-8	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000033	0.0000033	0.0000033	0.0000099		0.000033
	D-1	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000033	0.0000033	0.0000033	0.0000099		0.000033
	D-2	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000033	0.0000033	0.0000033	0.0000099		0.000033
	D-3	0.018	0.0025	0.0025	0.000023	0.0000033	0.0000033	0.000030		0.00010
	D-10	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000033	0.0000033	0.0000033	0.0000099		0.000033
バナジウム Vanadium (V)	A-4	0.0079	0.0025	0.0025	0.000010	0.0000033	0.0000033	0.000017	0.01 mg/kg/day intermediate- duration oral (MRL) ATSDR (2012)	0.000017
	C-8	0.0321	0.576	0.0025	0.000042	0.00076	0.0000033	0.00081		0.000081
	D-1	0.0066	0.0025	0.0025	0.0000088	0.0000033	0.0000033	0.000015		0.000015
	D-2	0.0062	0.0025	0.0025	0.0000082	0.0000033	0.0000033	0.000015		0.000015
	D-3	0.0073	0.0025	0.0025	0.000010	0.0000033	0.0000033	0.000016		0.000016
	D-10	0.0071	0.0025	0.0025	0.0000093	0.0000033	0.0000033	0.000016		0.000016
水銀 Mercury (Hg)	A-4	0.064	0.064	0.064	0.000084	0.000084	0.000084	0.00025	0.0003 mg/kg/day chronic (MRL) ATSDR (1999)	0.00084
	C-8	0.064	0.064	0.064	0.000084	0.000084	0.000084	0.00025		0.00084
	D-1	0.064	0.064	0.064	0.000084	0.000084	0.000084	0.00025		0.00084
	D-2	0.064	0.064	0.064	0.000084	0.000084	0.000084	0.00025		0.00084
	D-3	0.064	0.064	0.064	0.000084	0.000084	0.000084	0.00025		0.00084
	D-10	0.064	0.064	0.064	0.000084	0.000084	0.000084	0.00025		0.00084
リチウム Lithium (Li)	A-4	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000033	0.0000033	0.0000033	0.0000099	情報なし	
	C-8	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000033	0.0000033	0.0000033	0.0000099		
	D-1	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000033	0.0000033	0.0000033	0.0000099		
	D-2	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000033	0.0000033	0.0000033	0.0000099		
	D-3	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000033	0.0000033	0.0000033	0.0000099		
	D-10	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000033	0.0000033	0.0000033	0.0000099		
マグネシウム Magnesium (Mg)	A-4	0.88	4.5	1.1	0.0012	0.0059	0.0015	0.0085	情報なし	
	C-8	3.3	71.7	1.8	0.0044	0.095	0.0023	0.10		
	D-1	5.6	38.1	5.3	0.0074	0.050	0.0070	0.065		
	D-2	2.7	10.5	0.40	0.0036	0.014	0.0005	0.018		
	D-3	0.97	2.9	1.0	0.0013	0.0039	0.0014	0.0065		
	D-10	6.8	63.1	11.6	0.0089	0.083	0.015	0.11		
鉄 Iron (Fe)	A-4	0.10	113.2	0.12	0.00013	0.15	0.00016	0.15	情報なし	
	C-8	0.41	14.1	0.10	0.00054	0.019	0.00013	0.019		
	D-1	0.30	2.9	0.10	0.00040	0.0038	0.00013	0.0043		
	D-2	0.25	1.0	0.10	0.00033	0.0013	0.00013	0.0018		
	D-3	3.4	50.9	0.14	0.0044	0.067	0.00018	0.072		
	D-10	0.29	5.5	0.12	0.00038	0.0072	0.00016	0.0078		
亜鉛 Zinc (Zn)	A-4	44.3	131.8	42.8	0.058	0.174	0.057	0.29	0.3 mg/kg/day EPA (IRIS 2005)	0.00096
	C-8	2.0	137.2	8.60	0.0026	0.18	0.011	0.20		0.00065
	D-1	24.9	295.4	62.7	0.033	0.39	0.083	0.51		0.0017
	D-2	7.1	47.4	12.6	0.0093	0.063	0.017	0.089		0.00030
	D-3	22.6	84.8	21.1	0.030	0.11	0.028	0.17		0.00057
	D-10	0.025	1.2	0.071	0.00033	0.0016	0.00093	0.0017		0.000056
ルビジウム Rubidium (Rb)	A-4	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000033	0.0000033	0.0000033	0.000010	情報なし	
	C-8	0.0025	0.0203	0.19	0.0000033	0.000027	0.00025	0.00028		
	D-1	0.0025	0.0025	0.17	0.0000033	0.0000033	0.00023	0.00023		
	D-2	0.0025	0.0025	0.22	0.0000033	0.0000033	0.00029	0.00030		
	D-3	0.0025	0.0025	0.18	0.0000033	0.0000033	0.00024	0.00025		
	D-10	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000033	0.0000033	0.0000033	0.000010		
ストロンチウム Strontium (Sr)	A-4	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000033	0.0000033	0.0000033	0.000010	0.6 mg /kg/day EPA (IRIS 1992)	0.00000017
	C-8	0.17	3.5	0.055	0.00022	0.0046	0.000073	0.0049		0.0000082
	D-1	0.34	1.8	0.0025	0.00045	0.0024	0.0000033	0.0028		0.0000047
	D-2	0.21	0.69	0.0025	0.00028	0.00092	0.0000033	0.0012		0.0000020
	D-3	0.018	0.037	0.0025	0.000024	0.000049	0.0000033	0.000075		0.0000013
	D-10	0.36	2.6	0.096	0.00047	0.0034	0.00013	0.0040		0.0000066

赤字：溶出濃度がLOQ以下であった試料において、定量下限値を溶出濃度とした。

表15-6：ゴムチップ製品由来金属の各年齢層における経口曝露量及びハザード比（大人）

物質名	製品	最大溶出濃度 (唾液) µg/g	最大溶出濃度 (胃液) µg/g	最大溶出濃度 (腸液) µg/g	Exposure (µg/kgbw/d) 唾液由来	Exposure (µg/kgbw/d) 胃液由来	Exposure (µg/kgbw/d) 腸液由来	total Exposure (µg/kgbw/d)	許容値等	ハザード比 (HQ)
ニッケル Nickel (Ni)	A-4	0.010	0.010	0.010	0.000015	0.000015	0.000015	0.000000021	0.02 mg/kg/day (RfD) EPA (IRIS 1991)	0.0000000011
	C-8	0.014	0.034	0.010	0.000021	0.000050	0.000015	0.000000030		0.0000000015
	D-1	0.012	0.010	0.010	0.000018	0.000015	0.000015	0.000000026		0.0000000013
	D-2	0.010	0.010	0.010	0.000015	0.000015	0.000015	0.000000021		0.0000000011
	D-3	0.012	0.010	0.010	0.000018	0.000015	0.000015	0.000000026		0.0000000013
	D-10	0.010	0.010	0.010	0.000015	0.000015	0.000015	0.000000021		0.0000000011
鉛 Lead (Pb)	A-4	0.0010	0.14	0.0010	0.0000015	0.00021	0.0000015	0.000000021	3.5 µg/kg bw/day (WHO water quality guideline 3rd Ed.)	0.0000000061
	C-8	0.016	0.14	0.0010	0.000023	0.00021	0.0000015	0.000000034		0.0000000096
	D-1	0.017	0.17	0.0010	0.000024	0.00025	0.0000015	0.000000035		0.0000000010
	D-2	0.0010	0.12	0.0010	0.000001	0.00017	0.0000015	0.000000021		0.0000000061
	D-3	0.018	0.15	0.0010	0.000027	0.00022	0.0000015	0.000000039		0.0000000011
	D-10	0.0010	0.0010	0.0010	0.0000015	0.0000015	0.0000015	0.000000021		0.0000000061
アンチモン Antimony (Sb)	A-4	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000037	0.0000037	0.0000037	0.000000054	0.0004 mg/kg/day EPA (IRIS 1987)	0.0000000013
	C-8	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000037	0.0000037	0.0000037	0.000000054		0.0000000013
	D-1	0.23	0.77	0.40	0.000034	0.0011	0.00058	0.000000049		0.0000000012
	D-2	0.0025	0.029	0.0025	0.0000037	0.000043	0.0000037	0.000000054		0.0000000013
	D-3	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000037	0.0000037	0.0000037	0.000000054		0.0000000013
	D-10	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000037	0.0000037	0.0000037	0.000000054		0.0000000013
マンガン Manganese (Mn)	A-4	0.26	0.99	0.21	0.000039	0.0014	0.00031	0.000000056	0.14 mg/kg/day EPA (IRIS 1995)	0.0000000040
	C-8	0.16	3.8	0.010	0.00024	0.0056	0.000015	0.000000035		0.0000000025
	D-1	0.043	0.24	0.010	0.000063	0.00034	0.000015	0.000000092		0.0000000066
	D-2	0.021	0.062	0.010	0.000031	0.00091	0.000015	0.000000045		0.0000000032
	D-3	0.13	0.50	0.079	0.00019	0.00073	0.00012	0.000000028		0.0000000020
	D-10	0.043	0.67	0.010	0.000063	0.00098	0.000015	0.000000092		0.0000000066
バリウム Barium (Ba)	A-4	0.056	0.195	0.0025	0.000082	0.00029	0.0000037	0.000000012	0.2 mg/kg/day EPA (IRIS 2005)	0.0000000060
	C-8	0.0025	0.257	0.0025	0.0000037	0.00038	0.0000037	0.000000054		0.00000000027
	D-1	0.0025	0.10	0.0025	0.0000037	0.00015	0.0000037	0.000000054		0.00000000027
	D-2	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000037	0.0000037	0.000000054	0.000000054		0.00000000027
	D-3	0.0025	0.071	0.0025	0.0000037	0.00010	0.0000037	0.000000054		0.00000000027
	D-10	0.0025	0.063	0.0025	0.0000037	0.000092	0.0000037	0.000000054		0.00000000027
クロム Chromium (Cr)	A-4	0.0025	0.057	0.0025	0.0000037	0.000083	0.0000037	0.000000054	0.0009 mg chromium (VI)/kg/day chronic (MRL) ATSDR (2012)	0.0000000059
	C-8	0.0025	0.057	0.0025	0.0000037	0.000083	0.0000037	0.000000054		0.0000000059
	D-1	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000037	0.0000037	0.0000037	0.000000054		0.0000000059
	D-2	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000037	0.0000037	0.0000037	0.000000054		0.0000000059
	D-3	0.0025	0.040	0.0025	0.0000037	0.000058	0.0000037	0.000000054		0.0000000059
	D-10	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000037	0.0000037	0.0000037	0.000000054		0.0000000059
アルミニウム Aluminum (Al)	A-4	0.10	2.1	0.10	0.00015	0.0030	0.00015	0.000000022	1 mg/kg/day chronic (MRL) ATSDR (2008)	0.0000000022
	C-8	0.23	10.8	0.23	0.00034	0.016	0.00033	0.000000049		0.0000000049
	D-1	0.10	0.70	0.10	0.00015	0.0010	0.00015	0.000000021		0.00000000021
	D-2	0.10	0.95	0.10	0.00015	0.0014	0.00015	0.000000021		0.00000000021
	D-3	0.16	2.3	0.10	0.00023	0.0034	0.00015	0.000000034		0.00000000034
	D-10	0.11	7.2	0.38	0.00017	0.011	0.00055	0.000000024		0.00000000024
コバルト Cobalt (Co)	A-4	0.27	0.909	0.351	0.00040	0.0013	0.00051	0.000000059	1x10 ⁻² mg/kg/day oral (MRL) ATSDR (2004)	0.0000000059
	C-8	0.00050	0.00050	0.00050	0.00000073	0.00000073	0.00000073	0.000000011		0.00000000011
	D-1	0.009	0.00050	0.00050	0.000014	0.00000073	0.00000073	0.000000020		0.00000000020
	D-2	0.012	0.00050	0.00050	0.000018	0.00000073	0.00000073	0.000000027		0.00000000027
	D-3	0.094	0.23	0.081	0.00014	0.00034	0.00012	0.000000020		0.00000000020
	D-10	0.00050	0.00050	0.00050	0.00000073	0.00000073	0.00000073	0.000000011		0.00000000011
銅 Copper (Cu)	A-4	8.3	30.2	3.7	0.012	0.044	0.0054	0.0000018	0.01 mg/kg/day oral (MRL) ATSDR (2004)	0.0000000018
	C-8	0.025	0.025	0.025	0.000037	0.000037	0.000037	0.000000054		0.00000000054
	D-1	0.10	0.025	0.025	0.00015	0.000037	0.000037	0.000000022		0.00000000022
	D-2	0.10	0.025	0.025	0.00015	0.000037	0.000037	0.000000022		0.00000000022
	D-3	0.59	14.7	0.12	0.00086	0.021	0.00018	0.000000013		0.00000000013
	D-10	0.025	0.025	0.025	0.000037	0.000037	0.000037	0.000000054		0.00000000054

赤字：溶出濃度がLOQ以下であった試料において、定量下限値を溶出濃度とした。

表15-6：ゴムチップ製品由来金属の各年齢層における経口曝露量及びハザード比（大人）（続き）

物質名	製品	最大溶出濃度 (唾液) µg/g	最大溶出濃度 (胃液) µg/g	最大溶出濃度 (腸液) µg/g	Exposure (µg/kgbw/d) 唾液由来	Exposure (µg/kgbw/d) 胃液由来	Exposure (µg/kgbw/d) 腸液由来	total Exposure (µg/kgbw/d)	許容値等	ハザード比 (HQ)
スズ Tin (Sn)	A-4	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000037	0.0000037	0.0000037	0.0000000054	0.0003 mg/kg/day chronic-duration oral (MRL) ATSDR (2005)	0.0000000018
	C-8	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000037	0.0000037	0.0000037	0.0000000054		0.0000000018
	D-1	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000037	0.0000037	0.0000037	0.0000000054		0.0000000018
	D-2	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000037	0.0000037	0.0000037	0.0000000054		0.0000000018
	D-3	0.018	0.0025	0.0025	0.0000026	0.0000037	0.0000037	0.0000000038		0.0000000013
	D-10	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000037	0.0000037	0.0000037	0.0000000054		0.0000000018
バナジウム Vanadium (V)	A-4	0.008	0.0025	0.0025	0.0000012	0.0000037	0.0000037	0.0000000017	0.01 mg/kg/day intermediate- duration oral (MRL) ATSDR (2012)	0.0000000017
	C-8	0.032	0.58	0.0025	0.0000047	0.00084	0.0000037	0.0000000069		0.0000000069
	D-1	0.0066	0.0025	0.0025	0.0000010	0.0000037	0.0000037	0.0000000014		0.0000000014
	D-2	0.0062	0.0025	0.0025	0.0000090	0.0000037	0.0000037	0.0000000013		0.0000000013
	D-3	0.0073	0.0025	0.0025	0.0000011	0.0000037	0.0000037	0.0000000016		0.0000000016
	D-10	0.0071	0.0025	0.0025	0.0000010	0.0000037	0.0000037	0.0000000015		0.0000000015
水銀 Mercury (Hg)	A-4	0.064	0.064	0.064	0.0000093	0.000093	0.000093	0.0000000014	0.0003 mg/kg/day chronic (MRL) ATSDR (1999)	0.0000000046
	C-8	0.064	0.064	0.064	0.0000093	0.000093	0.000093	0.0000000014		0.0000000046
	D-1	0.064	0.064	0.064	0.0000093	0.000093	0.000093	0.0000000014		0.0000000046
	D-2	0.064	0.064	0.064	0.000093	0.000093	0.000093	0.0000000014		0.0000000046
	D-3	0.064	0.064	0.064	0.000093	0.000093	0.000093	0.0000000014		0.0000000046
	D-10	0.064	0.064	0.064	0.000093	0.000093	0.000093	0.0000000014		0.0000000046
リチウム Lithium (Li)	A-4	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000037	0.0000037	0.0000037	0.0000000054	情報なし	
	C-8	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000037	0.0000037	0.0000037	0.0000000054		
	D-1	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000037	0.0000037	0.0000037	0.0000000054		
	D-2	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000037	0.0000037	0.0000037	0.0000000054		
	D-3	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000037	0.0000037	0.0000037	0.0000000054		
	D-10	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000037	0.0000037	0.0000037	0.0000000054		
マグネシウム Magnesium (Mg)	A-4	0.88	4.5	1.1	0.0013	0.0065	0.0016	0.00000019	情報なし	
	C-8	3.3	71.7	1.8	0.0049	0.10	0.0026	0.00000071		
	D-1	5.6	38.1	5.3	0.0082	0.056	0.0078	0.0000012		
	D-2	2.7	10.5	0.40	0.0040	0.015	0.00058	0.00000058		
	D-3	0.97	2.9	1.0	0.0014	0.0043	0.0015	0.00000021		
	D-10	6.8	63.1	11.6	0.0099	0.092	0.017	0.0000014		
鉄 Iron (Fe)	A-4	0.10	113.2	0.12	0.000015	0.17	0.000017	0.0000000021	情報なし	
	C-8	0.41	14.1	0.10	0.00060	0.021	0.00015	0.0000000088		
	D-1	0.30	2.9	0.10	0.00044	0.0042	0.00015	0.0000000065		
	D-2	0.25	1.0	0.10	0.00037	0.0015	0.00015	0.0000000053		
	D-3	3.4	50.9	0.14	0.0049	0.075	0.00020	0.0000000072		
	D-10	0.29	5.5	0.12	0.00042	0.0080	0.00018	0.0000000061		
亜鉛 Zinc (Zn)	A-4	44.3	131.8	42.8	0.065	0.19	0.063	0.0000948	0.3 mg/kg/day EPA (IRIS 2005)	0.0000000032
	C-8	2.0	137.2	8.60	0.003	0.20	0.013	0.00000042		0.0000000014
	D-1	24.9	295.4	62.7	0.037	0.43	0.092	0.0000053		0.0000000018
	D-2	7.1	47.4	12.6	0.010	0.069	0.018	0.0000015		0.0000000050
	D-3	22.6	84.8	21.1	0.033	0.12	0.031	0.0000048		0.0000000016
	D-10	0.025	1.2	0.071	0.000037	0.0017	0.00010	0.0000000054		0.000000000018
ルビジウム Rubidium (Rb)	A-4	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000037	0.0000037	0.0000037	0.0000000054	情報なし	
	C-8	0.0025	0.0203	0.19	0.0000037	0.0000297	0.00028	0.0000000054		
	D-1	0.0025	0.0025	0.17	0.0000037	0.0000037	0.00025	0.0000000054		
	D-2	0.0025	0.0025	0.22	0.0000037	0.0000037	0.00032	0.0000000054		
	D-3	0.0025	0.0025	0.18	0.0000037	0.0000037	0.00027	0.0000000054		
	D-10	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000037	0.0000037	0.0000037	0.0000000054		
ストロンチウム Strontium (Sr)	A-4	0.0025	0.0025	0.0025	0.0000037	0.0000037	0.0000037	0.0000000054	0.6 mg /kg/day EPA (IRIS 1992)	0.00000000000089
	C-8	0.17	3.5	0.055	0.00025	0.0051	0.000081	0.0000000036		0.000000000061
	D-1	0.34	1.8	0.0025	0.00050	0.0026	0.0000037	0.0000000073		0.000000000012
	D-2	0.21	0.69	0.0025	0.00031	0.0010	0.0000037	0.0000000046		0.000000000076
	D-3	0.018	0.037	0.0025	0.000026	0.000054	0.0000037	0.0000000038		0.000000000064
	D-10	0.36	2.6	0.096	0.00052	0.0038	0.00014	0.0000000076		0.000000000013

赤字：溶出濃度がLOQ以下であった試料において、定量下限値を溶出濃度とした。

表16-1：ゴムチップ製品由来金属の各年齢層における経皮曝露量及びハザード比（小学校低学年）

物質名	製品	最大溶出濃度（汗） μg/g	Exposure (μg/kg bw/d) 汗由来	許容値等	ハザード比 (HQ)
ニッケル Nickel (Ni)	A-4	0.010	0.00037	0.02 mg/kg/day (RfD) EPA (IRIS 1991)	0.000019
	C-8	0.015	0.00055		0.000027
	D-1	0.028	0.0011		0.000053
	D-2	0.020	0.00076		0.000038
	D-3	0.018	0.00067		0.000033
	D-10	0.010	0.00037		0.000019
鉛 Lead (Pb)	A-4	0.0010	0.000037	3.5 μg/kg bw/day (WHO water quality guideline 3rd Ed.)	0.000011
	C-8	0.0010	0.000037		0.000011
	D-1	0.018	0.00069		0.000020
	D-2	0.0010	0.000037		0.000011
	D-3	0.0010	0.000037		0.000011
	D-10	0.0010	0.000037		0.000011
アンチモン Antimony (Sb)	A-4	0.0025	0.000094	0.0004 mg/kg/day EPA (IRIS 1987)	0.00023
	C-8	0.0025	0.000094		0.00023
	D-1	0.34	0.013		0.032
	D-2	0.0025	0.000094		0.00023
	D-3	0.0025	0.000094		0.00023
	D-10	0.0025	0.000094		0.00023
マンガン Manganese (Mn)	A-4	0.32	0.012	0.14 mg/kg/day EPA (IRIS 1995)	0.000086
	C-8	0.12	0.0047		0.000033
	D-1	0.018	0.00069		0.0000049
	D-2	0.013	0.00048		0.0000034
	D-3	0.14	0.0053		0.000038
	D-10	0.050	0.0019		0.000013
バリウム Barium (Ba)	A-4	0.0025	0.000094	0.2 mg/kg/day EPA (IRIS 2005)	0.00000047
	C-8	0.0025	0.000094		0.00000047
	D-1	0.0025	0.000094		0.00000047
	D-2	0.0025	0.000094		0.00000047
	D-3	0.0025	0.000094		0.00000047
	D-10	0.0025	0.000094		0.00000047
クロム Chromium (Cr)	A-4	0.0025	0.000094	0.0009 mg chromium (VI)/kg/day chronic (MRL) ATSDR (2012)	0.00010
	C-8	0.0025	0.000094		0.00010
	D-1	0.0025	0.000094		0.00010
	D-2	0.0025	0.000094		0.00010
	D-3	0.0025	0.000094		0.00010
	D-10	0.0025	0.000094		0.00010
アルミニウム Aluminum (Al)	A-4	0.10	0.0037	1 mg/kg/day chronic (MRL) ATSDR (2008)	0.0000037
	C-8	0.17	0.0064		0.0000064
	D-1	0.10	0.0037		0.0000037
	D-2	0.10	0.0037		0.0000037
	D-3	0.10	0.0038		0.0000038
	D-10	0.22	0.0081		0.0000081
コバルト Cobalt (Co)	A-4	0.40	0.015	1x10 ⁻² mg/kg/day oral (MRL) ATSDR (2004)	0.0015
	C-8	0.00050	0.000019		0.0000019
	D-1	0.011	0.00043		0.000043
	D-2	0.015	0.00055		0.000055
	D-3	0.11	0.0041		0.00041
	D-10	0.00050	0.000019		0.0000019
銅 Copper (Cu)	A-4	12.4	0.46	0.01 mg/kg/day oral (MRL) ATSDR (2004)	0.046
	C-8	0.025	0.00094		0.000094
	D-1	0.025	0.00094		0.000094
	D-2	0.025	0.00094		0.000094
	D-3	2.06	0.077		0.0077
	D-10	0.025	0.00094		0.000094

赤字：溶出濃度がLOQ以下であった試料において、定量下限値を溶出濃度とした。

表16-1：ゴムチップ製品由来金属の各年齢層における経皮曝露量及びハザード比（小学校低学年）（続き）

物質名	製品	最大溶出濃度（汗） μg/g	Exposure (μg/kg bw/d) 汗由来	許容値等	ハザード比 (HQ)
スズ Tin (Sn)	A-4	0.0025	0.000094	0.0003 mg/kg/day chronic-duration oral (MRL) ATSDR (2005)	0.00031
	C-8	0.0025	0.000094		0.00031
	D-1	0.0025	0.000094		0.00031
	D-2	0.0025	0.000094		0.00031
	D-3	0.0025	0.000094		0.00031
	D-10	0.0025	0.000094		0.00031
バナジウム Vanadium (V)	A-4	0.025	0.00092	0.01 mg/kg/day intermediate-duration oral (MRL) ATSDR (2012)	0.000092
	C-8	0.10	0.0038		0.00038
	D-1	0.044	0.0016		0.00016
	D-2	0.040	0.0015		0.00015
	D-3	0.040	0.0015		0.00015
	D-10	0.036	0.0014		0.00014
水銀 Mercury (Hg)	A-4	0.064	0.0024	0.0003 mg/kg/day chronic (MRL) ATSDR (1999)	0.0084
	C-8	0.064	0.0024		0.0084
	D-1	0.064	0.0024		0.0084
	D-2	0.064	0.0024		0.0084
	D-3	0.064	0.0024		0.0084
	D-10	0.064	0.0024		0.0084
リチウム Lithium (Li)	A-4	0.0025	0.000094	情報なし	
	C-8	0.0025	0.000094		
	D-1	0.0025	0.000094		
	D-2	0.0025	0.000094		
	D-3	0.0025	0.000094		
	D-10	0.0025	0.000094		
マグネシウム Magnesium (Mg)	A-4	1.1	0.043	情報なし	
	C-8	2.6	0.098		
	D-1	7.0	0.26		
	D-2	1.7	0.064		
	D-3	1.1	0.040		
	D-10	11.0	0.41		
鉄 Iron (Fe)	A-4	0.10	0.0037	情報なし	
	C-8	0.20	0.0074		
	D-1	0.13	0.0049		
	D-2	0.13	0.0049		
	D-3	4.7	0.17		
	D-10	0.28	0.010		
亜鉛 Zinc (Zn)	A-4	59.8	2.2	0.3 mg/kg/day EPA (IRIS 2005)	0.0075
	C-8	12.7	0.48		0.0016
	D-1	91.3	3.4		0.011
	D-2	16.1	0.61		0.0020
	D-3	26.3	0.99		0.0033
	D-10	0.094	0.0035		0.000012
ルビジウム Rubidium (Rb)	A-4	0.0025	0.000094	情報なし	
	C-8	0.011	0.00039		
	D-1	0.014	0.00051		
	D-2	0.0060	0.00023		
	D-3	0.015	0.00056		
	D-10	0.0025	0.000094		
ストロンチウム Strontium (Sr)	A-4	0.0025	0.000094	0.6 mg /kg/day EPA (IRIS 1992)	0.00000016
	C-8	0.13	0.0050		0.0000083
	D-1	0.14	0.0052		0.0000086
	D-2	0.14	0.0051		0.0000085
	D-3	0.024	0.00089		0.0000015
	D-10	0.32	0.012		0.0000020

赤字：溶出濃度がLOQ以下であった試料において、定量下限値を溶出濃度とした。

表16-2：ゴムチップ製品由来金属の各年齢層における経皮曝露量及びハザード比（小学校高学年）

物質名	製品	最大溶出濃度 (汗) µg/g	Exposure (µg/kg bw/d) 汗由来	許容値等	ハザード比 (HQ)
ニッケル Nickel (Ni)	A-4	0.010	0.00048	0.02 mg/kg/day (RfD) EPA (IRIS 1991)	0.000024
	C-8	0.015	0.00070		0.000035
	D-1	0.028	0.0014		0.000068
	D-2	0.020	0.0010		0.000049
	D-3	0.018	0.00086		0.000043
	D-10	0.010	0.00048		0.000024
鉛 Lead (Pb)	A-4	0.0010	0.000048	3.5 µg/kg bw/day (WHO water quality guideline 3rd Ed.)	0.000014
	C-8	0.0010	0.000048		0.000014
	D-1	0.018	0.00089		0.00025
	D-2	0.0010	0.000048		0.000014
	D-3	0.0010	0.000048		0.000014
	D-10	0.0010	0.000048		0.000014
アンチモン Antimony (Sb)	A-4	0.0025	0.00012	0.0004 mg/kg/day EPA (IRIS 1987)	0.00030
	C-8	0.0025	0.00012		0.00030
	D-1	0.34	0.016		0.041
	D-2	0.0025	0.00012		0.00030
	D-3	0.0025	0.00012		0.00030
	D-10	0.0025	0.00012		0.00030
マンガン Manganese (Mn)	A-4	0.32	0.015	0.14 mg/kg/day EPA (IRIS 1995)	0.00011
	C-8	0.12	0.0060		0.000043
	D-1	0.018	0.00088		0.000063
	D-2	0.013	0.00061		0.000044
	D-3	0.142	0.0068		0.000049
	D-10	0.050	0.0024		0.000017
バリウム Barium (Ba)	A-4	0.0025	0.00012	0.2 mg/kg/day EPA (IRIS 2005)	0.0000060
	C-8	0.0025	0.00012		0.0000060
	D-1	0.0025	0.00012		0.0000060
	D-2	0.0025	0.00012		0.0000060
	D-3	0.0025	0.00012		0.0000060
	D-10	0.0025	0.00012		0.0000060
クロム Chromium (Cr)	A-4	0.0025	0.00012	0.0009 mg chromium (VI)/kg/day chronic (MRL) ATSDR (2012)	0.00013
	C-8	0.0025	0.00012		0.00013
	D-1	0.0025	0.00012		0.00013
	D-2	0.0025	0.00012		0.00013
	D-3	0.0025	0.00012		0.00013
	D-10	0.0025	0.00012		0.00013
アルミニウム Aluminum (Al)	A-4	0.10	0.0048	1 mg/kg/day chronic (MRL) ATSDR (2008)	0.000048
	C-8	0.17	0.0082		0.000082
	D-1	0.10	0.0048		0.000048
	D-2	0.10	0.0048		0.000048
	D-3	0.10	0.0049		0.000049
	D-10	0.22	0.010		0.000104
コバルト Cobalt (Co)	A-4	0.40	0.019	1×10 ⁻² mg/kg/day oral (MRL) ATSDR (2004)	0.0019
	C-8	0.00050	0.000024		0.000024
	D-1	0.011	0.00055		0.000055
	D-2	0.015	0.00070		0.000070
	D-3	0.11	0.0053		0.00053
	D-10	0.00050	0.000024		0.000024
銅 Copper (Cu)	A-4	12.4	0.60	0.01 mg/kg/day oral (MRL) ATSDR (2004)	0.060
	C-8	0.025	0.0012		0.00012
	D-1	0.025	0.0012		0.00012
	D-2	0.025	0.0012		0.00012
	D-3	2.1	0.099		0.010
	D-10	0.025	0.0012		0.00012

赤字：溶出濃度がLOQ以下であった試料において、定量下限値を溶出濃度とした。

表16-2：ゴムチップ製品由来金属の各年齢層における経皮曝露量及びハザード比（小学校高学年）（続き）

物質名	製品	最大溶出濃度 (汗) µg/g	Exposure (µg/kg bw/d) 汗由来	許容値等	ハザード比 (HQ)
スズ Tin (Sn)	A-4	0.0025	0.00012	0.0003 mg/kg/day chronic-duration oral (MRL) ATSDR (2005)	0.00040
	C-8	0.0025	0.00012		0.00040
	D-1	0.0025	0.00012		0.00040
	D-2	0.0025	0.00012		0.00040
	D-3	0.0025	0.00012		0.00040
	D-10	0.0025	0.00012		0.00040
バナジウム Vanadium (V)	A-4	0.025	0.0012	0.01 mg/kg/day intermediate- duration oral (MRL) ATSDR (2012)	0.00012
	C-8	0.10	0.0049		0.00049
	D-1	0.044	0.0021		0.00021
	D-2	0.040	0.0019		0.00019
	D-3	0.040	0.0019		0.00019
	D-10	0.036	0.0017		0.00017
水銀 Mercury (Hg)	A-4	0.064	0.0031	0.0003 mg/kg/day chronic (MRL) ATSDR (1999)	0.0084
	C-8	0.064	0.0031		0.0084
	D-1	0.064	0.0031		0.0084
	D-2	0.064	0.0031		0.0084
	D-3	0.064	0.0031		0.0084
	D-10	0.064	0.0031		0.0084
リチウム Lithium (Li)	A-4	0.0025	0.00012	情報なし	
	C-8	0.0025	0.00012		
	D-1	0.0025	0.00012		
	D-2	0.0025	0.00012		
	D-3	0.0025	0.00012		
	D-10	0.0025	0.00012		
マグネシウム Magnesium (Mg)	A-4	1.1	0.055	情報なし	
	C-8	2.6	0.13		
	D-1	7.0	0.34		
	D-2	1.7	0.083		
	D-3	1.1	0.051		
	D-10	11.0	0.53		
鉄 Iron (Fe)	A-4	0.10	0.0048	情報なし	
	C-8	0.20	0.0095		
	D-1	0.13	0.0063		
	D-2	0.13	0.0062		
	D-3	4.7	0.22		
	D-10	0.28	0.013		
亜鉛 Zinc (Zn)	A-4	59.8	2.9	0.3 mg/kg/day EPA (IRIS 2005)	0.010
	C-8	12.7	0.61		0.0020
	D-1	91.3	4.4		0.015
	D-2	16.1	0.78		0.0026
	D-3	26.3	1.3		0.0042
	D-10	0.094	0.0045		0.000015
ルビジウム Rubidium (Rb)	A-4	0.0025	0.00012	情報なし	
	C-8	0.011	0.00051		
	D-1	0.014	0.00065		
	D-2	0.0060	0.00029		
	D-3	0.015	0.00072		
	D-10	0.0025	0.00012		
ストロンチウム Strontium (Sr)	A-4	0.0025	0.00012	0.6 mg /kg/day EPA (IRIS 1992)	0.0000020
	C-8	0.13	0.0064		0.000011
	D-1	0.14	0.0066		0.000011
	D-2	0.14	0.0065		0.000011
	D-3	0.024	0.0011		0.0000019
	D-10	0.32	0.015		0.000025

赤字：溶出濃度がLOQ以下であった試料において、定量下限値を溶出濃度とした。

表16-3：ゴムチップ製品由来金属の各年齢層における経皮曝露量及びハザード比（中学生）

物質名	製品	最大溶出濃度 (汗) µg/g	Exposure (µg/kg bw/d) 汗由来	許容値等	ハザード比 (HQ)
ニッケル Nickel (Ni)	A-4	0.010	0.00051	0.02 mg/kg/day (RfD) EPA (IRIS 1991)	0.000026
	C-8	0.015	0.00074		0.000037
	D-1	0.028	0.0014		0.000072
	D-2	0.020	0.0010		0.000051
	D-3	0.018	0.00091		0.000046
	D-10	0.010	0.00051		0.000026
鉛 Lead (Pb)	A-4	0.0010	0.000051	3.5 µg/kg bw/day (WHO water quality guideline 3rd Ed.)	0.000015
	C-8	0.0010	0.000051		0.000015
	D-1	0.018	0.00094		0.00027
	D-2	0.0010	0.000051		0.000015
	D-3	0.0010	0.000051		0.000015
	D-10	0.0010	0.000051		0.000015
アンチモン Antimony (Sb)	A-4	0.0025	0.00013	0.0004 mg/kg/day EPA (IRIS 1987)	0.00032
	C-8	0.0025	0.00013		0.00032
	D-1	0.34	0.017		0.043
	D-2	0.0025	0.00013		0.00032
	D-3	0.0025	0.00013		0.00032
	D-10	0.0025	0.00013		0.00032
マンガン Manganese (Mn)	A-4	0.32	0.016	0.14 mg/kg/day EPA (IRIS 1995)	0.00012
	C-8	0.12	0.0064		0.000045
	D-1	0.018	0.00093		0.0000067
	D-2	0.013	0.00065		0.0000046
	D-3	0.14	0.0072		0.000052
	D-10	0.050	0.0025		0.000018
バリウム Barium (Ba)	A-4	0.0025	0.00013	0.2 mg/kg/day EPA (IRIS 2005)	0.00000064
	C-8	0.0025	0.00013		0.00000064
	D-1	0.0025	0.00013		0.00000064
	D-2	0.0025	0.00013		0.00000064
	D-3	0.0025	0.00013		0.00000064
	D-10	0.0025	0.00013		0.00000064
クロム Chromium (Cr)	A-4	0.0025	0.00013	0.0009 mg chromium (VI)/kg/day chronic (MRL) ATSDR (2012)	0.00014
	C-8	0.0025	0.00013		0.00014
	D-1	0.0025	0.00013		0.00014
	D-2	0.0025	0.00013		0.00014
	D-3	0.0025	0.00013		0.00014
	D-10	0.0025	0.00013		0.00014
アルミニウム Aluminum (Al)	A-4	0.10	0.0051	1 mg/kg/day chronic (MRL) ATSDR (2008)	0.0000051
	C-8	0.17	0.0087		0.0000087
	D-1	0.10	0.0051		0.0000051
	D-2	0.10	0.0051		0.0000051
	D-3	0.10	0.0052		0.0000052
	D-10	0.22	0.011		0.0000110
コバルト Cobalt (Co)	A-4	0.40	0.020	1x10 ⁻² mg/kg/day oral (MRL) ATSDR (2004)	0.0020
	C-8	0.00050	0.000026		0.0000026
	D-1	0.011	0.00058		0.000058
	D-2	0.015	0.00074		0.000074
	D-3	0.11	0.0056		0.00056
	D-10	0.00050	0.000026		0.0000026
銅 Copper (Cu)	A-4	12.4	0.63	0.01 mg/kg/day oral (MRL) ATSDR (2004)	0.063
	C-8	0.025	0.0013		0.00013
	D-1	0.025	0.0013		0.00013
	D-2	0.025	0.0013		0.00013
	D-3	2.1	0.10		0.010
	D-10	0.025	0.0013		0.00013

赤字：溶出濃度がLOQ以下であった試料において、定量下限値を溶出濃度とした。

表16-3：ゴムチップ製品由来金属の各年齢層における経皮曝露量及びハザード比（中学生）（続き）

物質名	製品	最大溶出濃度 (汗) µg/g	Exposure (µg/kg bw/d) 汗由来	許容値等	ハザード比 (HQ)
スズ Tin (Sn)	A-4	0.0025	0.00013	0.0003 mg/kg/day chronic-duration oral (MRL) ATSDR (2005)	0.00043
	C-8	0.0025	0.00013		0.00043
	D-1	0.0025	0.00013		0.00043
	D-2	0.0025	0.00013		0.00043
	D-3	0.0025	0.00013		0.00043
	D-10	0.0025	0.00013		0.00043
バナジウム Vanadium (V)	A-4	0.025	0.0013	0.01 mg/kg/day intermediate- duration oral (MRL) ATSDR (2012)	0.00013
	C-8	0.10	0.0052		0.00052
	D-1	0.044	0.0022		0.00022
	D-2	0.040	0.0020		0.00020
	D-3	0.040	0.0021		0.00021
	D-10	0.036	0.0018		0.00018
水銀 Mercury (Hg)	A-4	0.064	0.0033	0.0003 mg/kg/day chronic (MRL) ATSDR (1999)	0.0084
	C-8	0.064	0.0033		0.0084
	D-1	0.064	0.0033		0.0084
	D-2	0.064	0.0033		0.0084
	D-3	0.064	0.0033		0.0084
	D-10	0.064	0.0033		0.0084
リチウム Lithium (Li)	A-4	0.0025	0.00013	情報なし	
	C-8	0.0025	0.00013		
	D-1	0.0025	0.00013		
	D-2	0.0025	0.00013		
	D-3	0.0025	0.00013		
	D-10	0.0025	0.00013		
マグネシウム Magnesium (Mg)	A-4	1.1	0.058	情報なし	
	C-8	2.6	0.13		
	D-1	7.0	0.36		
	D-2	1.7	0.087		
	D-3	1.1	0.054		
	D-10	11.0	0.56		
鉄 Iron (Fe)	A-4	0.10	0.0051	情報なし	
	C-8	0.20	0.010		
	D-1	0.13	0.0066		
	D-2	0.13	0.0066		
	D-3	4.7	0.24		
	D-10	0.28	0.014		
亜鉛 Zinc (Zn)	A-4	59.8	3.0	0.3 mg/kg/day EPA (IRIS 2005)	0.010
	C-8	12.7	0.65		0.0022
	D-1	91.3	4.7		0.016
	D-2	16.1	0.82		0.0027
	D-3	26.3	1.3		0.0045
	D-10	0.094	0.0048		0.000016
ルビジウム Rubidium (Rb)	A-4	0.0025	0.00013	情報なし	
	C-8	0.011	0.00054		
	D-1	0.014	0.00069		
	D-2	0.0060	0.00031		
	D-3	0.015	0.00076		
	D-10	0.0025	0.00013		
ストロンチウム Strontium (Sr)	A-4	0.0025	0.00013	0.6 mg /kg/day EPA (IRIS 1992)	0.00000021
	C-8	0.13	0.0068		0.000011
	D-1	0.14	0.0070		0.000012
	D-2	0.14	0.0069		0.000012
	D-3	0.024	0.0012		0.0000020
	D-10	0.32	0.016		0.000027

赤字：溶出濃度がLOQ以下であった試料において、定量下限値を溶出濃度とした。

表16-4：ゴムチップ製品由来金属の各年齢層における経皮曝露量及びハザード比（高校生）

物質名	製品	最大溶出濃度 (汗) µg/g	Exposure (µg/kg bw/d) 汗由来	許容値等	ハザード比 (HQ)
ニッケル Nickel (Ni)	A-4	0.010	0.00042	0.02 mg/kg/day (RfD) EPA (IRIS 1991)	0.000021
	C-8	0.015	0.00062		0.000031
	D-1	0.028	0.0012		0.000060
	D-2	0.020	0.00085		0.000043
	D-3	0.018	0.00076		0.000038
	D-10	0.010	0.00042		0.000021
鉛 Lead (Pb)	A-4	0.0010	0.000042	3.5 µg/kg bw/day (WHO water quality guideline 3rd Ed.)	0.000012
	C-8	0.0010	0.000042		0.000012
	D-1	0.018	0.00078		0.000022
	D-2	0.0010	0.000042		0.000012
	D-3	0.0010	0.000042		0.000012
	D-10	0.0010	0.000042		0.000012
アンチモン Antimony (Sb)	A-4	0.0025	0.00011	0.0004 mg/kg/day EPA (IRIS 1987)	0.00026
	C-8	0.0025	0.00011		0.00026
	D-1	0.34	0.014		0.036
	D-2	0.0025	0.00011		0.00026
	D-3	0.0025	0.00011		0.00026
	D-10	0.0025	0.00011		0.00026
マンガン Manganese (Mn)	A-4	0.32	0.014	0.14 mg/kg/day EPA (IRIS 1995)	0.000097
	C-8	0.12	0.0053		0.000038
	D-1	0.018	0.00077		0.000055
	D-2	0.013	0.00054		0.000038
	D-3	0.142	0.0060		0.000043
	D-10	0.050	0.0021		0.000015
バリウム Barium (Ba)	A-4	0.0025	0.00011	0.2 mg/kg/day EPA (IRIS 2005)	0.0000053
	C-8	0.0025	0.00011		0.0000053
	D-1	0.0025	0.00011		0.0000053
	D-2	0.0025	0.00011		0.0000053
	D-3	0.0025	0.00011		0.0000053
	D-10	0.0025	0.00011		0.0000053
クロム Chromium (Cr)	A-4	0.0025	0.00011	0.0009 mg chromium (VI)/kg/day chronic (MRL) ATSDR (2012)	0.00012
	C-8	0.0025	0.00011		0.00012
	D-1	0.0025	0.00011		0.00012
	D-2	0.0025	0.00011		0.00012
	D-3	0.0025	0.00011		0.00012
	D-10	0.0025	0.00011		0.00012
アルミニウム Aluminum (Al)	A-4	0.10	0.0042	1 mg/kg/day chronic (MRL) ATSDR (2008)	0.000042
	C-8	0.17	0.0072		0.000072
	D-1	0.10	0.0042		0.000042
	D-2	0.10	0.0042		0.000042
	D-3	0.10	0.0043		0.000043
	D-10	0.22	0.0091		0.000091
コバルト Cobalt (Co)	A-4	0.40	0.017	1x10 ⁻² mg/kg/day oral (MRL) ATSDR (2004)	0.0017
	C-8	0.00050	0.000021		0.000021
	D-1	0.011	0.00048		0.000048
	D-2	0.015	0.00062		0.000062
	D-3	0.11	0.0046		0.00046
	D-10	0.00050	0.000021		0.000021
銅 Copper (Cu)	A-4	12.4	0.52	0.01 mg/kg/day oral (MRL) ATSDR (2004)	0.052
	C-8	0.025	0.0011		0.00011
	D-1	0.025	0.0011		0.00011
	D-2	0.025	0.0011		0.00011
	D-3	2.06	0.087		0.0087
	D-10	0.025	0.0011		0.00011

赤字：溶出濃度がLOQ以下であった試料において、定量下限値を溶出濃度とした。

表16-4：ゴムチップ製品由来金属の各年齢層における経皮曝露量及びハザード比（高校生）（続き）

物質名	製品	最大溶出濃度 (汗) µg/g	Exposure (µg/kg bw/d) 汗由来	許容値等	ハザード比 (HQ)
スズ Tin (Sn)	A-4	0.0025	0.00011	0.0003 mg/kg/day chronic-duration oral (MRL) ATSDR (2005)	0.00035
	C-8	0.0025	0.00011		0.00035
	D-1	0.0025	0.00011		0.00035
	D-2	0.0025	0.00011		0.00035
	D-3	0.0025	0.00011		0.00035
	D-10	0.0025	0.00011		0.00035
バナジウム Vanadium (V)	A-4	0.025	0.0010	0.01 mg/kg/day intermediate-duration oral (MRL) ATSDR (2012)	0.00010
	C-8	0.10	0.0043		0.00043
	D-1	0.044	0.0019		0.00019
	D-2	0.040	0.0017		0.00017
	D-3	0.040	0.0017		0.00017
	D-10	0.036	0.0015		0.00015
水銀 Mercury (Hg)	A-4	0.064	0.0027	0.0003 mg/kg/day chronic (MRL) ATSDR (1999)	0.0084
	C-8	0.064	0.0027		0.0084
	D-1	0.064	0.0027		0.0084
	D-2	0.064	0.0027		0.0084
	D-3	0.064	0.0027		0.0084
	D-10	0.064	0.0027		0.0084
リチウム Lithium (Li)	A-4	0.0025	0.00011	情報なし	
	C-8	0.0025	0.00011		
	D-1	0.0025	0.00011		
	D-2	0.0025	0.00011		
	D-3	0.0025	0.00011		
	D-10	0.0025	0.00011		
マグネシウム Magnesium (Mg)	A-4	1.1	0.048	情報なし	
	C-8	2.6	0.11		
	D-1	7.0	0.30		
	D-2	1.7	0.073		
	D-3	1.1	0.045		
	D-10	11.0	0.47		
鉄 Iron (Fe)	A-4	0.10	0.0042	情報なし	
	C-8	0.20	0.0083		
	D-1	0.13	0.0055		
	D-2	0.13	0.0055		
	D-3	4.7	0.20		
	D-10	0.28	0.012		
亜鉛 Zinc (Zn)	A-4	59.8	2.5	0.3 mg/kg/day EPA (IRIS 2005)	0.0084
	C-8	12.7	0.54		0.0018
	D-1	91.3	3.9		0.013
	D-2	16.1	0.68		0.0023
	D-3	26.3	1.1		0.0037
	D-10	0.094	0.0040		0.000013
ルビジウム Rubidium (Rb)	A-4	0.0025	0.00011	情報なし	
	C-8	0.011	0.00045		
	D-1	0.014	0.00057		
	D-2	0.0060	0.00025		
	D-3	0.015	0.00063		
	D-10	0.0025	0.0001		
ストロンチウム Strontium (Sr)	A-4	0.0025	0.00011	0.6 mg /kg/day EPA (IRIS 1992)	0.00000018
	C-8	0.13	0.0057		0.0000094
	D-1	0.14	0.0058		0.0000097
	D-2	0.14	0.0057		0.0000096
	D-3	0.024	0.0010		0.0000017
	D-10	0.32	0.013		0.000022

赤字：溶出濃度がLOQ以下であった試料において、定量下限値を溶出濃度とした。

表16-5：ゴムチップ製品由来金属の各年齢層における経皮曝露量及びハザード比（大学生）

物質名	製品	最大溶出濃度 (汗) µg/g	Exposure (µg/kg bw/d) 汗由来	許容値等	ハザード比 (HQ)
ニッケル Nickel (Ni)	A-4	0.010	0.00040	0.02 mg/kg/day (RfD) EPA (IRIS 1991)	0.000020
	C-8	0.015	0.00058		0.000029
	D-1	0.028	0.00112		0.000056
	D-2	0.020	0.00080		0.000040
	D-3	0.018	0.00071		0.000035
	D-10	0.010	0.00040		0.000020
鉛 Lead (Pb)	A-4	0.0010	0.000040	3.5 µg/kg bw/day (WHO water quality guideline 3rd Ed.)	0.000011
	C-8	0.0010	0.000040		0.000011
	D-1	0.018	0.00073		0.00021
	D-2	0.0010	0.000040		0.000011
	D-3	0.0010	0.000040		0.000011
	D-10	0.0010	0.000040		0.000011
アンチモン Antimony (Sb)	A-4	0.0025	0.00010	0.0004 mg/kg/day EPA (IRIS 1987)	0.00025
	C-8	0.0025	0.00010		0.00025
	D-1	0.34	0.013		0.03362
	D-2	0.0025	0.00010		0.00025
	D-3	0.0025	0.00010		0.00025
	D-10	0.0025	0.00010		0.00025
マンガン Manganese (Mn)	A-4	0.32	0.013	0.14 mg/kg/day EPA (IRIS 1995)	0.000091
	C-8	0.12	0.0049		0.000035
	D-1	0.018	0.00072		0.0000052
	D-2	0.013	0.00050		0.0000036
	D-3	0.14	0.0056		0.000040
	D-10	0.050	0.0020		0.000014
バリウム Barium (Ba)	A-4	0.0025	0.00010	0.2 mg/kg/day EPA (IRIS 2005)	0.00000050
	C-8	0.0025	0.00010		0.00000050
	D-1	0.0025	0.00010		0.00000050
	D-2	0.0025	0.00010		0.00000050
	D-3	0.0025	0.00010		0.00000050
	D-10	0.0025	0.00010		0.00000050
クロム Chromium (Cr)	A-4	0.0025	0.00010	0.0009 mg chromium (VI)/kg/day chronic (MRL) ATSDR (2012)	0.00011
	C-8	0.0025	0.00010		0.00011
	D-1	0.0025	0.00010		0.00011
	D-2	0.0025	0.00010		0.00011
	D-3	0.0025	0.00010		0.00011
	D-10	0.0025	0.00010		0.00011
アルミニウム Aluminum (Al)	A-4	0.10	0.0040	1 mg/kg/day chronic (MRL) ATSDR (2008)	0.0000040
	C-8	0.17	0.0068		0.0000068
	D-1	0.10	0.0040		0.0000040
	D-2	0.10	0.0040		0.0000040
	D-3	0.10	0.0041		0.0000041
	D-10	0.22	0.0085		0.0000085
コバルト Cobalt (Co)	A-4	0.40	0.016	1x10 ⁻² mg/kg/day oral (MRL) ATSDR (2004)	0.0016
	C-8	0.00050	0.000020		0.0000020
	D-1	0.011	0.00045		0.000045
	D-2	0.015	0.00058		0.000058
	D-3	0.11	0.0043		0.00043
	D-10	0.00050	0.000020		0.0000020
銅 Copper (Cu)	A-4	12.4	0.49	0.01 mg/kg/day oral (MRL) ATSDR (2004)	0.049
	C-8	0.025	0.00099		0.00010
	D-1	0.025	0.00099		0.00010
	D-2	0.025	0.00099		0.00010
	D-3	2.06	0.081		0.0081
	D-10	0.025	0.00099		0.00010

赤字：溶出濃度がLOQ以下であった試料において、定量下限値を溶出濃度とした。

表16-5：ゴムチップ製品由来金属の各年齢層における経皮曝露量及びハザード比（大学生）（続き）

物質名	製品	最大溶出濃度 (汗) µg/g	Exposure (µg/kg bw/d) 汗由来	許容値等	ハザード比 (HQ)
スズ Tin (Sn)	A-4	0.0025	0.00010	0.0003 mg/kg/day chronic-duration oral (MRL) ATSDR (2005)	0.00033
	C-8	0.0025	0.00010		0.00033
	D-1	0.0025	0.00010		0.00033
	D-2	0.0025	0.00010		0.00033
	D-3	0.0025	0.00010		0.00033
	D-10	0.0025	0.00010		0.00033
バナジウム Vanadium (V)	A-4	0.025	0.00097	0.01 mg/kg/day intermediate-duration oral (MRL) ATSDR (2012)	0.00010
	C-8	0.10	0.0040		0.00040
	D-1	0.044	0.0017		0.00017
	D-2	0.040	0.0016		0.00016
	D-3	0.040	0.0016		0.00016
	D-10	0.036	0.0014		0.00014
水銀 Mercury (Hg)	A-4	0.064	0.0025	0.0003 mg/kg/day chronic (MRL) ATSDR (1999)	0.00842
	C-8	0.064	0.0025		0.00842
	D-1	0.064	0.0025		0.00842
	D-2	0.064	0.0025		0.00842
	D-3	0.064	0.0025		0.00842
	D-10	0.064	0.0025		0.00842
リチウム Lithium (Li)	A-4	0.0025	0.00010	情報なし	
	C-8	0.0025	0.00010		
	D-1	0.0025	0.00010		
	D-2	0.0025	0.00010		
	D-3	0.0025	0.00010		
	D-10	0.0025	0.00010		
マグネシウム Magnesium (Mg)	A-4	1.1	0.045	情報なし	
	C-8	2.6	0.10		
	D-1	7.0	0.28		
	D-2	1.7	0.068		
	D-3	1.1	0.042		
	D-10	11.0	0.44		
鉄 Iron (Fe)	A-4	0.10	0.0040	情報なし	
	C-8	0.20	0.0078		
	D-1	0.13	0.0052		
	D-2	0.13	0.0051		
	D-3	4.7	0.18		
	D-10	0.28	0.011		
亜鉛 Zinc (Zn)	A-4	59.8	2.4	0.3 mg/kg/day EPA (IRIS 2005)	0.0079
	C-8	12.7	0.50		0.0017
	D-1	91.3	3.6		0.012
	D-2	16.1	0.64		0.0021
	D-3	26.3	1.0		0.0035
	D-10	0.094	0.0037		0.000012
ルビジウム Rubidium (Rb)	A-4	0.0025	0.00010	情報なし	
	C-8	0.011	0.00042		
	D-1	0.014	0.00054		
	D-2	0.0060	0.00024		
	D-3	0.015	0.00059		
	D-10	0.025	0.00099		
ストロンチウム Strontium (Sr)	A-4	0.003	0.00010	0.6 mg /kg/day EPA (IRIS 1992)	0.00000017
	C-8	0.13	0.0053		0.0000088
	D-1	0.14	0.0054		0.0000091
	D-2	0.14	0.0054		0.0000089
	D-3	0.024	0.00094		0.0000016
	D-10	0.32	0.013		0.000021

赤字：溶出濃度がLOQ以下であった試料において、定量下限値を溶出濃度とした。

表16-6：ゴムチップ製品由来金属の各年齢層における経皮曝露量及びハザード比（大人）

物質名	製品	最大溶出濃度 (汗) µg/g	Exposure (µg/kg bw/d) 汗由来	許容値等	ハザード比 (HQ)
ニッケル Nickel (Ni)	A-4	0.010	0.00044	0.02 mg/kg/day (RfD) EPA (IRIS 1991)	0.000022
	C-8	0.015	0.00064		0.000032
	D-1	0.028	0.0012		0.000062
	D-2	0.020	0.00088		0.000044
	D-3	0.018	0.00078		0.000039
	D-10	0.010	0.00044		0.000022
鉛 Lead (Pb)	A-4	0.0010	0.000044	3.5 µg/kg bw/day (WHO water quality guideline 3rd Ed.)	0.000013
	C-8	0.0010	0.000044		0.000013
	D-1	0.018	0.00081		0.00023
	D-2	0.0010	0.000044		0.000013
	D-3	0.0010	0.000044		0.000013
	D-10	0.0010	0.000044		0.000013
アンチモン Antimony (Sb)	A-4	0.0025	0.00011	0.0004 mg/kg/day EPA (IRIS 1987)	0.00027
	C-8	0.0025	0.00011		0.00027
	D-1	0.34	0.015		0.037
	D-2	0.0025	0.00011		0.00027
	D-3	0.0025	0.00011		0.00027
	D-10	0.0025	0.00011		0.00027
マンガン Manganese (Mn)	A-4	0.32	0.014	0.14 mg/kg/day EPA (IRIS 1995)	0.00010
	C-8	0.12	0.0055		0.000039
	D-1	0.018	0.00080		0.0000057
	D-2	0.013	0.00056		0.0000040
	D-3	0.14	0.0062		0.000045
	D-10	0.050	0.0022		0.000016
バリウム Barium (Ba)	A-4	0.0025	0.00011	0.2 mg/kg/day EPA (IRIS 2005)	0.00000055
	C-8	0.0025	0.00011		0.00000055
	D-1	0.0025	0.00011		0.00000055
	D-2	0.0025	0.00011		0.00000055
	D-3	0.0025	0.00011		0.00000055
	D-10	0.0025	0.00011		0.00000055
クロム Chromium (Cr)	A-4	0.0025	0.00011	0.0009 mg chromium (VI)/kg/day chronic (MRL) ATSDR (2012)	0.00012
	C-8	0.0025	0.00011		0.00012
	D-1	0.0025	0.00011		0.00012
	D-2	0.0025	0.00011		0.00012
	D-3	0.0025	0.00011		0.00012
	D-10	0.0025	0.00011		0.00012
アルミニウム Aluminum (Al)	A-4	0.10	0.0044	1 mg/kg/day chronic (MRL) ATSDR (2008)	0.0000044
	C-8	0.17	0.0075		0.0000075
	D-1	0.10	0.0044		0.0000044
	D-2	0.10	0.0044		0.0000044
	D-3	0.10	0.0045		0.0000045
	D-10	0.22	0.0095		0.0000095
コバルト Cobalt (Co)	A-4	0.40	0.017	1x10 ⁻² mg/kg/day oral (MRL) ATSDR (2004)	0.0017
	C-8	0.00050	0.000022		0.0000022
	D-1	0.011	0.00050		0.000050
	D-2	0.015	0.00064		0.000064
	D-3	0.11	0.0048		0.00048
	D-10	0.00050	0.000022		0.0000022
銅 Copper (Cu)	A-4	12.4	0.54	0.01 mg/kg/day oral (MRL) ATSDR (2004)	0.054
	C-8	0.025	0.0011		0.00011
	D-1	0.025	0.0011		0.00011
	D-2	0.025	0.0011		0.00011
	D-3	2.1	0.090		0.0090
	D-10	0.025	0.0011		0.00011

赤字：溶出濃度がLOQ以下であった試料において、定量下限値を溶出濃度とした。

表16-6：ゴムチップ製品由来金属の各年齢層における経皮曝露量及びハザード比（大人）（続き）

物質名	製品	最大溶出濃度 (汗) µg/g	Exposure (µg/kg bw/d) 汗由来	許容値等	ハザード比 (HQ)
スズ Tin (Sn)	A-4	0.0025	0.00011	0.0003 mg/kg/day chronic-duration oral (MRL) ATSDR (2005)	0.00037
	C-8	0.0025	0.00011		0.00037
	D-1	0.0025	0.00011		0.00037
	D-2	0.0025	0.00011		0.00037
	D-3	0.0025	0.00011		0.00037
	D-10	0.0025	0.00011		0.00037
バナジウム Vanadium (V)	A-4	0.025	0.0011	0.01 mg/kg/day intermediate-duration oral (MRL) ATSDR (2012)	0.00011
	C-8	0.10	0.0044		0.00044
	D-1	0.044	0.0019		0.00019
	D-2	0.040	0.0017		0.00017
	D-3	0.040	0.0018		0.00018
	D-10	0.036	0.0016		0.00016
水銀 Mercury (Hg)	A-4	0.064	0.0028	0.0003 mg/kg/day chronic (MRL) ATSDR (1999)	0.0084
	C-8	0.064	0.0028		0.0084
	D-1	0.064	0.0028		0.0084
	D-2	0.064	0.0028		0.0084
	D-3	0.064	0.0028		0.0084
	D-10	0.064	0.0028		0.0084
リチウム Lithium (Li)	A-4	0.0025	0.00011	情報なし	
	C-8	0.0025	0.00011		
	D-1	0.0025	0.00011		
	D-2	0.0025	0.00011		
	D-3	0.0025	0.00011		
	D-10	0.0025	0.00011		
マグネシウム Magnesium (Mg)	A-4	1.1	0.050	情報なし	
	C-8	2.6	0.11		
	D-1	7.0	0.31		
	D-2	1.7	0.075		
	D-3	1.1	0.046		
	D-10	11.0	0.48		
鉄 Iron (Fe)	A-4	0.10	0.0044	情報なし	
	C-8	0.20	0.0086		
	D-1	0.13	0.0057		
	D-2	0.13	0.0057		
	D-3	4.7	0.20		
	D-10	0.28	0.012		
亜鉛 Zinc (Zn)	A-4	59.8	2.6	0.3 mg/kg/day EPA (IRIS 2005)	0.0087
	C-8	12.7	0.56		0.0019
	D-1	91.3	4.0		0.013
	D-2	16.1	0.71		0.0024
	D-3	26.3	1.2		0.0038
	D-10	0.094	0.0041		0.000014
ルビジウム Rubidium (Rb)	A-4	0.0025	0.00011	情報なし	
	C-8	0.011	0.00046		
	D-1	0.014	0.00060		
	D-2	0.0060	0.00026		
	D-3	0.015	0.00065		
	D-10	0.025	0.0011		
ストロンチウム Strontium (Sr)	A-4	0.003	0.00011	0.6 mg /kg/day EPA (IRIS 1992)	0.00000018
	C-8	0.13	0.0059		0.0000098
	D-1	0.14	0.0060		0.000010
	D-2	0.14	0.0059		0.0000099
	D-3	0.024	0.0010		0.0000017
	D-10	0.32	0.014		0.000023

赤字：溶出濃度がLOQ以下であった試料において、定量下限値を溶出濃度とした。

表17-1：ゴムチップ製品由来金属の各年齢層における吸入曝露量及びハザード比（小学校低学年）

物質名	製品	最大濃度 (全量分析) µg/g	金属濃度 (µg/m³)	平均一日曝露濃度 (µg/m³)	許容値等	ハザード比 (HQ)
ニッケル Nickel (Ni)	A-4	0.10	0.0000012	0.00000046	9x10 ⁻⁵ mg/m³ (MRL) ATSDR (2005)	0.0000052
	C-8	6.4	0.000077	0.000030		0.00033
	D-1	3.2	0.000038	0.000015		0.00016
	D-2	29.4	0.00035	0.00014		0.0015
	D-3	3.3	0.000040	0.000015		0.00017
	D-10	0.10	0.0000012	0.00000046		0.0000052
鉛 Lead (Pb)	A-4	29.2	0.00035	0.00014	0.71 µg/m³ 日本産業衛生学会 許容濃度等の勧告 (2017年度) 0.03 mg /m³ より 換算	0.00019
	C-8	19.7	0.00024	0.000091		0.00013
	D-1	3.6	0.000043	0.000017		0.000024
	D-2	6.2	0.000075	0.000029		0.000041
	D-3	27.4	0.00033	0.00013		0.00018
	D-10	1.6	0.000019	0.0000073		0.000010
アンチモン Antimony (Sb)	A-4	0.025	0.00000030	0.00000012	0.0003 mg/m³ A chronic-duration inhalation MRL ATSDR (2017)	0.00000039
	C-8	1.8	0.000022	0.0000084		0.000028
	D-1	878.5	0.011	0.0041		0.014
	D-2	34.8	0.00042	0.00016		0.00054
	D-3	0.29	0.0000034	0.0000013		0.0000044
	D-10	0.27	0.0000032	0.0000013		0.0000042
マンガン Manganese (Mn)	A-4	4.8	0.000058	0.000022	0.00005 mg/m³ RfC (EPA IRIS, 1993)	0.00045
	C-8	38.2	0.00046	0.00018		0.0035
	D-1	5.6	0.000068	0.000026		0.00052
	D-2	5.3	0.000064	0.000025		0.00049
	D-3	5.4	0.000065	0.000025		0.00051
	D-10	12.0	0.00014	0.000056		0.0011
バリウム Barium (Ba)	A-4	2.6	0.000031	0.000012	11.9 µg/m³ 米国産業衛生専門家 会議 (ACGIH)2001, 0.5 mg/m³より 換算	0.0000010
	C-8	35.3	0.00042	0.00016		0.000014
	D-1	2.2	0.000027	0.000010		0.0000087
	D-2	3.3	0.000039	0.000015		0.0000013
	D-3	2.3	0.000028	0.000011		0.00000091
	D-10	1.2	0.000014	0.0000055		0.00000047
クロム Chromium (Cr)	A-4	0.97	0.000012	0.0000045	5 x 10 ⁻⁶ mg chromiumu (VI)/m³ intermediate- chronic (MRL) ATSDR (2012)	0.00090
	C-8	22011.8	0.26	0.10		20.4
	D-1	2.6	0.000031	0.000012		0.0024
	D-2	2.9	0.000035	0.000014		0.0027
	D-3	2.5	0.000030	0.000011		0.0023
	D-10	1.7	0.000020	0.0000079		0.0016
アルミニウム Aluminum (Al)	A-4	1041.4	0.012	0.0048	23.8 µg/m³米国産業 衛生専門家会議 (ACGIH)2008, 1 mg/m³より換算	0.00020
	C-8	46990.7	0.56	0.22		0.0092
	D-1	1210.4	0.015	0.0056		0.00024
	D-2	148.9	0.0018	0.00069		0.000029
	D-3	1254.2	0.015	0.0058		0.00024
	D-10	331.1	0.0040	0.0015		0.000065
コバルト Cobalt (Co)	A-4	547.7	0.0066	0.0025	1x10 ⁻⁴ mg cobalt/m³ (MRL) ATSDR (2004)	0.025
	C-8	1.3	0.000016	0.0000062		0.000062
	D-1	1.9	0.000022	0.0000086		0.000086
	D-2	8.6	0.00010	0.000040		0.00040
	D-3	274.1	0.0033	0.0013		0.013
	D-10	0.24	0.0000028	0.0000011		0.000011
銅 Copper (Cu)	A-4	140.2	0.0017	0.00065	4.76 µg/m³ 米国産業衛生専門家 会議 (ACGIH)2001, 0.2 mg/m³より 換算	0.00014
	C-8	0.25	0.0000030	0.0000012		0.00000024
	D-1	3.2	0.000039	0.000015		0.0000032
	D-2	86.8	0.0010	0.00040		0.000085
	D-3	73.7	0.00088	0.00034		0.000072
	D-10	0.25	0.0000030	0.0000012		0.00000024

赤字：溶出濃度がLOQ以下であった試料において、定量下限値を溶出濃度とした。

表17-1：ゴムチップ製品由来金属の各年齢層における吸入曝露量及びハザード比（小学校低学年）（続き）

物質名	製品	最大濃度 (全量分析) µg/g	金属濃度 (µg/m³)	平均一日曝露濃度 (µg/m³)	許容値等	ハザード比 (HQ)
スズ Tin (Sn)	A-4	3.6	0.000044	0.000017	47.6 µg/m³ 米国産業衛生専門家 会議 (ACGIH)2001, 2 mg/m³より換算	0.00000036
	C-8	4.4	0.000053	0.000021		0.00000043
	D-1	1.9	0.000023	0.0000090		0.00000019
	D-2	2.9	0.000034	0.000013		0.00000028
	D-3	3.9	0.000047	0.000018		0.00000038
	D-10	0.33	0.0000040	0.0000015		0.000000033
バナジウム Vanadium (V)	A-4	1.0	0.000012	0.0000047	0.0001 mg/m³ chronic-duration inhalation (MRL) ATSDR (2012)	0.000047
	C-8	36.7	0.00044	0.00017		0.0017
	D-1	0.85	0.000010	0.0000040		0.000040
	D-2	0.74	0.0000089	0.0000034		0.000034
	D-3	1.9	0.000023	0.0000088		0.000088
	D-10	0.55	0.0000066	0.0000026		0.000026
水銀 Mercury (Hg)	A-4	0.0638	0.00000077	0.00000030	0.0002 mg/m³ chronic (MRL) ATSDR (1999)	0.0000015
	C-8	0.0638	0.00000077	0.00000030		0.0000015
	D-1	0.0638	0.00000077	0.00000030		0.0000015
	D-2	0.0638	0.00000077	0.00000030		0.0000015
	D-3	0.0638	0.00000077	0.00000030		0.0000015
	D-10	0.0638	0.00000077	0.00000030		0.0000015
リチウム Lithium (Li)	A-4	0.025	0.00000030	0.00000012	情報なし	
	C-8	31.0	0.00037	0.00014		
	D-1	1.3	0.000015	0.0000058		
	D-2	0.025	0.00000030	0.00000012		
	D-3	0.89	0.000011	0.0000041		
	D-10	0.025	0.00000030	0.00000012		
マグネシウム Magnesium (Mg)	A-4	179.3	0.0022	0.00083	情報なし	
	C-8	349.4	0.0042	0.0016		
	D-1	3282.8	0.039	0.015		
	D-2	729.4	0.0088	0.0034		
	D-3	191.9	0.0023	0.00089		
	D-10	1604.8	0.019	0.0074		
鉄 Iron (Fe)	A-4	492.5	0.0059	0.0023	情報なし	
	C-8	2530.1	0.030	0.012		
	D-1	114.1	0.0014	0.00053		
	D-2	5193.2	0.0623	0.024		
	D-3	380.4	0.0046	0.0018		
	D-10	544.2	0.0065	0.0025		
亜鉛 Zinc (Zn)	A-4	30815.7	0.37	0.14	情報なし	
	C-8	1172.4	0.014	0.0054		
	D-1	17343.1	0.21	0.081		
	D-2	11820.7	0.14	0.055		
	D-3	23434.2	0.28	0.11		
	D-10	550.1	0.0066	0.0026		
ルビジウム Rubidium (Rb)	A-4	140.187	0.00168225	0.00065075	情報なし	
	C-8	9.3	0.00011	0.000043		
	D-1	1.8	0.000021	0.0000081		
	D-2	0.69	0.0000083	0.0000032		
	D-3	2.2	0.000026	0.000010		
	D-10	0.025	0.00000030	0.00000012		
ストロンチウム Strontium (Sr)	A-4	0.025	0.00000030	0.00000012	情報なし	
	C-8	27.6	0.00033	0.00013		
	D-1	35.2	0.00042	0.00016		
	D-2	34.8	0.00042	0.00016		
	D-3	1.9	0.000023	0.0000090		
	D-10	24.7	0.00030	0.00011		

赤字：溶出濃度がLOQ以下であった試料において、定量下限値を溶出濃度とした。

表17-2：ゴムチップ製品由来金属の各年齢層における吸入曝露量及びハザード比（小学校高学年）

物質名	製品	最大濃度 (全量分析) μg/g	金属濃度 (μg/m ³)	平均一日曝露濃度 (μg/m ³)	許容値等	ハザード比 (HQ)
ニッケル Nickel (Ni)	A-4	0.10	0.0000012	0.00000088	9x10 ⁻⁵ mg/m ³ (MRL) ATSDR (2005)	0.0000097
	C-8	6.4	0.000077	0.000056		0.00063
	D-1	3.2	0.000038	0.000028		0.00031
	D-2	29.4	0.00035	0.00026		0.0029
	D-3	3.3	0.000040	0.000029		0.00032
	D-10	0.10	0.0000012	0.00000088		0.0000097
鉛 Lead (Pb)	A-4	29.2	0.00035	0.00026	0.71 μg/m ³ 日本産業衛生学会 許容濃度等の勧告 (2017年度) 0.03 mg /m ³ より 換算	0.00036
	C-8	19.7	0.00024	0.00017		0.00024
	D-1	3.6	0.000043	0.000032		0.000045
	D-2	6.2	0.000075	0.000055		0.000077
	D-3	27.4	0.00033	0.00024		0.00034
	D-10	1.6	0.000019	0.000014		0.000019
アンチモン Antimony (Sb)	A-4	0.025	0.00000030	0.00000022	0.0003 mg/m ³ A chronic-duration inhalation MRL ATSDR (2017)	0.0000073
	C-8	1.813	0.000022	0.000016		0.000053
	D-1	878.5	0.01054	0.0077		0.026
	D-2	34.8	0.00042	0.00030		0.0010
	D-3	0.29	0.0000034	0.0000025		0.0000084
	D-10	0.27	0.0000032	0.0000024		0.0000079
マンガン Manganese (Mn)	A-4	4.8	0.000058	0.000042	0.00005 mg/m ³ RfC (EPA IRIS, 1993)	0.00085
	C-8	38.2	0.00046	0.00033		0.0067
	D-1	5.6	0.000068	0.000049		0.00098
	D-2	5.3	0.000064	0.000047		0.00093
	D-3	5.4	0.000065	0.000048		0.00095
	D-10	12.0	0.00014	0.00011		0.0021
バリウム Barium (Ba)	A-4	2.6	0.00003	0.000023	11.9 μg/m ³ 米国産業衛生専門家 会議 (ACGIH)2001, 0.5 mg/m ³ より 換算	0.000019
	C-8	35.3	0.00042	0.00031		0.000026
	D-1	2.2	0.000027	0.000019		0.000016
	D-2	3.3	0.000039	0.000029		0.000024
	D-3	2.3	0.000028	0.000021		0.000017
	D-10	1.2	0.000014	0.000010		0.0000088
クロム Chromium (Cr)	A-4	0.97	0.000012	0.0000085	5 x 10 ⁻⁶ mg chromiumu (VI)/m ³ intermediate- chronic (MRL) ATSDR (2012)	0.0017
	C-8	22011.8	0.26	0.19		38.5
	D-1	2.6	0.000031	0.000022		0.0045
	D-2	2.9	0.000035	0.000026		0.0051
	D-3	2.5	0.000030	0.000022		0.0043
	D-10	1.7	0.000020	0.000015		0.0030
アルミニウム Aluminum (Al)	A-4	1041.4	0.012	0.0091	23.8 μg/m ³ 米国産業 衛生専門家会議 (ACGIH)2008, 1 mg/m ³ より換算	0.00038
	C-8	46990.7	0.56	0.41		0.017
	D-1	1210.4	0.015	0.011		0.00045
	D-2	148.9	0.0018	0.0013		0.000055
	D-3	1254.2	0.015	0.011		0.00046
	D-10	331.1	0.0040	0.0029		0.00012
コバルト Cobalt (Co)	A-4	547.7	0.0066	0.0048	1x10 ⁻⁴ mg cobalt/m ³ (MRL) ATSDR (2004)	0.048
	C-8	1.3	0.000016	0.000012		0.00012
	D-1	1.9	0.000022	0.000016		0.00016
	D-2	8.6	0.00010	0.000075		0.00075
	D-3	274.1	0.0033	0.0024		0.024
	D-10	0.24	0.0000028	0.0000021		0.000021
銅 Copper (Cu)	A-4	140.2	0.0017	0.0012	4.76 μg/m ³ 米国産業衛生専門家 会議 (ACGIH)2001, 0.2 mg/m ³ より 換算	0.00026
	C-8	0.25	0.00000	0.0000022		0.0000046
	D-1	3.2	0.00004	0.000028		0.000060
	D-2	86.8	0.0010	0.00076		0.00016
	D-3	73.7	0.00088	0.00064		0.00014
	D-10	0.25	0.0000030	0.0000022		0.0000046

赤字：溶出濃度がLOQ以下であった試料において、定量下限値を溶出濃度とした。

表17-2：ゴムチップ製品由来金属の各年齢層における吸入曝露量及びハザード比（小学校高学年）（続き）

物質名	製品	最大濃度 (全量分析) μg/g	金属濃度 (μg/m ³)	平均一日曝露濃度 (μg/m ³)	許容値等	ハザード比 (HQ)
スズ Tin (Sn)	A-4	3.6	0.000044	0.000032	47.6 μg/m ³ 米国産業衛生専門家 会議 (ACGIH)2001, 2 mg/m ³ より換算	0.00000067
	C-8	4.4	0.000053	0.000039		0.00000082
	D-1	1.9	0.000023	0.000017		0.00000036
	D-2	2.9	0.000034	0.000025		0.00000053
	D-3	3.9	0.000047	0.000034		0.00000072
	D-10	0.33	0.0000040	0.0000029		0.00000061
バナジウム Vanadium (V)	A-4	1.0	0.000012	0.000009	0.0001 mg/m ³ chronic-duration inhalation (MRL) ATSDR (2012)	0.000088
	C-8	36.7	0.00044	0.00032		0.0032
	D-1	0.85	0.000010	0.0000075		0.000075
	D-2	0.74	0.0000089	0.0000065		0.000065
	D-3	1.9	0.000023	0.000017		0.00017
	D-10	0.55	0.0000066	0.0000048		0.000048
水銀 Mercury (Hg)	A-4	0.064	0.00000077	0.00000056	0.0002 mg/m ³ chronic (MRL) ATSDR (1999)	0.0000028
	C-8	0.064	0.00000077	0.00000056		0.0000028
	D-1	0.064	0.00000077	0.00000056		0.0000028
	D-2	0.064	0.00000077	0.00000056		0.0000028
	D-3	0.064	0.00000077	0.00000056		0.0000028
	D-10	0.064	0.00000077	0.00000056		0.0000028
リチウム Lithium (Li)	A-4	0.025	0.00000030	0.00000022	情報なし	
	C-8	31.0	0.00037	0.00027		
	D-1	1.3	0.000015	0.000011		
	D-2	0.025	0.00000030	0.00000022		
	D-3	0.89	0.000011	0.0000078		
	D-10	0.025	0.00000030	0.00000022		
マグネシウム Magnesium (Mg)	A-4	179.3	0.0022	0.0016	情報なし	
	C-8	349.4	0.0042	0.0031		
	D-1	3282.8	0.039	0.029		
	D-2	729.4	0.0088	0.0064		
	D-3	191.9	0.0023	0.0017		
	D-10	1604.8	0.019	0.014		
鉄 Iron (Fe)	A-4	492.5	0.0059	0.0043	情報なし	
	C-8	2530.1	0.030	0.022		
	D-1	114.1	0.0014	0.0010		
	D-2	5193.2	0.0623	0.045		
	D-3	380.4	0.0046	0.0033		
	D-10	544.2	0.0065	0.0048		
亜鉛 Zinc (Zn)	A-4	30815.7	0.37	0.27	情報なし	
	C-8	1172.4	0.014	0.010		
	D-1	17343.1	0.21	0.15		
	D-2	11820.7	0.14	0.10		
	D-3	23434.2	0.28	0.21		
	D-10	550.1	0.0066	0.0048		
ルビジウム Rubidium (Rb)	A-4	0.025	0.00000030	0.00000022	情報なし	
	C-8	9.3	0.00011	0.000081		
	D-1	1.8	0.000021	0.000015		
	D-2	0.69	0.0000083	0.0000060		
	D-3	2.2	0.000026	0.000019		
	D-10	0.025	0.00000030	0.00000022		
ストロンチウム Strontium (Sr)	A-4	0.025	0.00000030	0.00000022	情報なし	
	C-8	27.6	0.00033	0.00024		
	D-1	35.2	0.00042	0.00031		
	D-2	34.8	0.00042	0.00030		
	D-3	1.9	0.000023	0.000017		
	D-10	24.7	0.00030	0.00022		

赤字：溶出濃度がLOQ以下であった試料において、定量下限値を溶出濃度とした。

表17-3：ゴムチップ製品由来金属の各年齢層における吸入曝露量及びハザード比（中学生）

物質名	製品	最大濃度 (全量分析) μg/g	金属濃度 (μg/m ³)	平均一日曝露濃 度 (μg/m ³)	許容値等	ハザード比 (HQ)
ニッケル Nickel (Ni)	A-4	0.10	0.0000012	0.00000083	9x10 ⁻⁵ mg/m ³ (MRL) ATSDR (2005)	0.0000092
	C-8	6.4	0.000077	0.000053		0.00059
	D-1	3.2	0.000038	0.000026		0.00029
	D-2	29.4	0.00035	0.00024		0.0027
	D-3	3.3	0.000040	0.000027		0.00031
	D-10	0.10	0.0000012	0.00000083		0.0000092
鉛 Lead (Pb)	A-4	29.2	0.00035	0.00024	0.71 μg/m ³ 日本産業衛生学会 許容濃度等の勧告 (2017年度) 0.03 mg /m ³ より 換算	0.00034
	C-8	19.7	0.00024	0.00016		0.00023
	D-1	3.6	0.000043	0.000030		0.000042
	D-2	6.2	0.000075	0.000051		0.000072
	D-3	27.4	0.00033	0.00023		0.00032
	D-10	1.6	0.000019	0.000013		0.000018
アンチモン Antimony (Sb)	A-4	0.025	0.00000030	0.00000021	0.0003 mg/m ³ A chronic-duration inhalation MRL ATSDR (2017)	0.00000069
	C-8	1.8	0.000022	0.000015		0.000050
	D-1	878.5	0.011	0.0073		0.024
	D-2	34.8	0.00042	0.00029		0.00096
	D-3	0.29	0.0000034	0.0000024		0.0000079
	D-10	0.27	0.0000032	0.0000022		0.0000074
マンガン Manganese (Mn)	A-4	4.8	0.000058	0.000040	0.00005 mg/m ³ RfC (EPA IRIS, 1993)	0.00080
	C-8	38.2	0.00046	0.00032		0.0063
	D-1	5.6	0.000068	0.000046		0.00093
	D-2	5.3	0.000064	0.000044		0.00088
	D-3	5.4	0.000065	0.000045		0.00090
	D-10	12.0	0.00014	0.000099		0.0020
バリウム Barium (Ba)	A-4	2.6	0.00003	0.000022	11.9 μg/m ³ 米国産業衛生専門家 会議 (ACGIH)2001, 0.5 mg/m ³ より 換算	0.0000018
	C-8	35.3	0.00042	0.00029		0.000024
	D-1	2.2	0.000027	0.000018		0.0000015
	D-2	3.3	0.000039	0.000027		0.0000023
	D-3	2.3	0.000028	0.000019		0.0000016
	D-10	1.2	0.000014	0.000010		0.00000083
クロム Chromium (Cr)	A-4	0.97	0.000012	0.0000080	5 x 10 ⁻⁶ mg chromiumu (VI)/m ³ intermediate- chronic (MRL) ATSDR (2012)	0.0016
	C-8	22011.8	0.26	0.18		36.3
	D-1	2.6	0.000031	0.000021		0.0042
	D-2	2.9	0.000035	0.000024		0.0048
	D-3	2.5	0.000030	0.000020		0.0041
	D-10	1.7	0.000020	0.000014		0.0028
アルミニウム Aluminum (Al)	A-4	1041.4	0.012	0.0086	23.8 μg/m ³ 米国産業 衛生専門家会議 (ACGIH)2008, 1 mg/m ³ より換算	0.00036
	C-8	46990.7	0.56	0.39		0.016
	D-1	1210.4	0.015	0.010		0.00042
	D-2	148.9	0.0018	0.0012		0.000052
	D-3	1254.2	0.015	0.010		0.00043
	D-10	331.1	0.0040	0.0027		0.00011
コバルト Cobalt (Co)	A-4	547.7	0.0066	0.0045	1x10 ⁻⁴ mg/m ³ (MRL) ATSDR (2004)	0.045
	C-8	1.3	0.000016	0.000011		0.00011
	D-1	1.9	0.000022	0.000015		0.00015
	D-2	8.6	0.00010	0.000071		0.00071
	D-3	274.1	0.0033	0.0023		0.023
	D-10	0.24	0.0000028	0.0000020		0.000020
銅 Copper (Cu)	A-4	140.2	0.0017	0.0012	4.76 μg/m ³ 米国産業衛生専門家 会議 (ACGIH)2001, 0.2 mg/m ³ より 換算	0.00024
	C-8	0.25	0.0000030	0.0000021		0.00000043
	D-1	3.2	0.000039	0.000027		0.0000056
	D-2	86.8	0.0010	0.00072		0.00015
	D-3	73.7	0.00088	0.00061		0.00013
	D-10	0.25	0.0000030	0.0000021		0.00000043

赤字：溶出濃度がLOQ以下であった試料において、定量下限値を溶出濃度とした。

表17-3：ゴムチップ製品由来金属の各年齢層における吸入曝露量及びハザード比（中学生）（続き）

物質名	製品	最大濃度 (全量分析) μg/g	金属濃度 (μg/m ³)	平均一日曝露濃度 (μg/m ³)	許容値等	ハザード比 (HQ)
スズ Tin (Sn)	A-4	3.6	0.000044	0.000030	47.6 μg/m ³ 米国産業衛生専門家 会議 (ACGIH)2001, 2 mg/m ³ より換算	0.00000063
	C-8	4.4	0.000053	0.000037		0.00000077
	D-1	1.9	0.000023	0.000016		0.00000034
	D-2	2.9	0.000034	0.000024		0.00000050
	D-3	3.9	0.000047	0.000032		0.00000068
	D-10	0.33	0.0000040	0.0000028		0.000000058
バナジウム Vanadium (V)	A-4	1.0	0.000012	0.0000083	0.0001 mg/m ³ chronic-duration inhalation (MRL) ATSDR (2012)	0.000083
	C-8	36.7	0.00044	0.00030		0.0030
	D-1	0.85	0.000010	0.0000070		0.000070
	D-2	0.74	0.0000089	0.0000061		0.000061
	D-3	1.9	0.000023	0.000016		0.00016
	D-10	0.55	0.0000066	0.0000046		0.000046
水銀 Mercury (Hg)	A-4	0.064	0.00000077	0.00000053	0.0002 mg/m ³ chronic (MRL) ATSDR (1999)	0.0000026
	C-8	0.064	0.00000077	0.00000053		0.0000026
	D-1	0.064	0.00000077	0.00000053		0.0000026
	D-2	0.064	0.00000077	0.00000053		0.0000026
	D-3	0.064	0.00000077	0.00000053		0.0000026
	D-10	0.064	0.00000077	0.00000053		0.0000026
リチウム Lithium (Li)	A-4	0.025	0.00000030	0.00000021	情報なし	
	C-8	31.0	0.00037	0.0003		
	D-1	1.3	0.000015	0.0000		
	D-2	0.025	0.00000030	0.00000021		
	D-3	0.89	0.000011	0.0000073		
	D-10	0.025	0.00000030	0.00000021		
マグネシウム Magnesium (Mg)	A-4	179.3	0.0022	0.0015	情報なし	
	C-8	349.4	0.0042	0.0029		
	D-1	3282.8	0.039	0.027		
	D-2	729.4	0.0088	0.0060		
	D-3	191.9	0.0023	0.0016		
	D-10	1604.8	0.019	0.013		
鉄 Iron (Fe)	A-4	492.5	0.0059	0.0041	情報なし	
	C-8	2530.1	0.030	0.021		
	D-1	114.1	0.0014	0.00094		
	D-2	5193.2	0.0623	0.043		
	D-3	380.4	0.0046	0.0031		
	D-10	544.2	0.0065	0.0045		
亜鉛 Zinc (Zn)	A-4	30815.7	0.37	0.25	情報なし	
	C-8	1172.4	0.014	0.010		
	D-1	17343.1	0.21	0.14		
	D-2	11820.7	0.14	0.10		
	D-3	23434.2	0.28	0.19		
	D-10	550.1	0.0066	0.0045		
ルビジウム Rubidium (Rb)	A-4	0.025	0.00000030	0.00000021	情報なし	
	C-8	9.3	0.00011	0.000076		
	D-1	1.8	0.000021	0.000014		
	D-2	0.69	0.0000083	0.0000057		
	D-3	2.2	0.000026	0.000018		
	D-10	0.025	0.00000030	0.00000021		
ストロンチウム Strontium (Sr)	A-4	0.025	0.00000030	0.00000021	情報なし	
	C-8	27.6	0.00033	0.00023		
	D-1	35.2	0.00042	0.00029		
	D-2	34.8	0.00042	0.00029		
	D-3	1.9	0.000023	0.000016		
	D-10	24.7	0.00030	0.00020		

赤字：溶出濃度がLOQ以下であった試料において、定量下限値を溶出濃度とした。

表17-4：ゴムチップ製品由来金属の各年齢層における吸入曝露量及びハザード比（高校生）

物質名	製品	最大濃度 (全量分析) μg/g	金属濃度 (μg/m ³)	平均一日曝露濃 度 (μg/m ³)	許容値等	ハザード比 (HQ)
ニッケル Nickel (Ni)	A-4	0.10	0.0000012	0.00000090	9x10 ⁻⁵ mg/m ³ (MRL) ATSDR (2005)	0.000010
	C-8	6.4	0.000077	0.000058		0.00064
	D-1	3.2	0.000038	0.000029		0.00032
	D-2	29.4	0.00035	0.00026		0.0029
	D-3	3.3	0.000040	0.000030		0.00033
	D-10	0.10	0.0000012	0.0000009		0.000010
鉛 Lead (Pb)	A-4	29.2	0.00035	0.00026	0.71 μg/m ³ 日本産業衛生学会 許容濃度等の勧告 (2017年度) 0.03 mg /m ³ より 換算	0.00037
	C-8	19.7	0.00024	0.00018		0.00025
	D-1	3.6	0.000043	0.000033		0.000046
	D-2	6.2	0.000075	0.000056		0.000079
	D-3	27.4	0.00033	0.00025		0.00035
	D-10	1.6	0.000019	0.000014		0.000020
アンチモン Antimony (Sb)	A-4	0.025	0.00000030	0.00000022	0.0003 mg/m ³ A chronic-duration inhalation MRL ATSDR (2017)	0.00000075
	C-8	1.8	0.000022	0.000016		0.000054
	D-1	878.5	0.01054	0.0079		0.026
	D-2	34.8	0.00042	0.00031		0.0010
	D-3	0.29	0.0000034	0.0000026		0.0000086
	D-10	0.27	0.0000032	0.0000024		0.0000081
マンガン Manganese (Mn)	A-4	4.8	0.000058	0.000044	0.00005 mg/m ³ RfC (EPA IRIS, 1993)	0.00087
	C-8	38.2	0.00046	0.00034		0.0069
	D-1	5.6	0.000068	0.000051		0.0010
	D-2	5.3	0.000064	0.000048		0.00096
	D-3	5.4	0.000065	0.000049		0.00098
	D-10	12.0	0.00014	0.00011		0.0022
バリウム Barium (Ba)	A-4	2.6	0.00003	0.000024	11.9 μg/m ³ 米国産業衛生専門家 会議 (ACGIH)2001, 0.5 mg/m ³ より 換算	0.000020
	C-8	35.3	0.00042	0.00032		0.00027
	D-1	2.2	0.000027	0.000020		0.000017
	D-2	3.3	0.000039	0.000030		0.000025
	D-3	2.3	0.000028	0.000021		0.000018
	D-10	1.2	0.000014	0.000011		0.0000090
クロム Chromium (Cr)	A-4	0.97	0.000012	0.0000087	5 x 10 ⁻⁶ mg chromiumu (VI)/m ³ intermediate- chronic (MRL) ATSDR (2012)	0.0017
	C-8	22011.8	0.26	0.20		39.6
	D-1	2.6	0.000031	0.000023		0.0046
	D-2	2.9	0.000035	0.000026		0.0053
	D-3	2.5	0.000030	0.000022		0.0044
	D-10	1.7	0.000020	0.000015		0.0031
アルミニウム Aluminum (Al)	A-4	1041.4	0.012	0.0094	23.8μg/m ³ 米国産業 衛生専門家会議 (ACGIH)2008, 1 mg/m ³ より換算	0.00039
	C-8	46990.7	0.56	0.42		0.018
	D-1	1210.4	0.015	0.011		0.00046
	D-2	148.9	0.0018	0.0013		0.000056
	D-3	1254.2	0.015	0.011		0.00047
	D-10	331.1	0.0040	0.0030		0.00013
コバルト Cobalt (Co)	A-4	547.7	0.0066	0.0049	1x10 ⁻⁴ mg/m ³ (MRL) ATSDR (2004)	0.049
	C-8	1.3	0.000016	0.000012		0.00012
	D-1	1.9	0.000022	0.000017		0.00017
	D-2	8.6	0.00010	0.000077		0.00077
	D-3	274.1	0.0033	0.0025		0.025
	D-10	0.24	0.0000028	0.0000021		0.000021
銅 Copper (Cu)	A-4	140.2	0.0017	0.0013	4.76 μg/m ³ 米国産業衛生専門家 会議 (ACGIH)2001, 0.2 mg/m ³ より 換算	0.00026
	C-8	0.25	0.0000030	0.0000022		0.0000047
	D-1	3.2	0.000039	0.000029		0.000061
	D-2	86.8	0.0010	0.00078		0.00016
	D-3	73.7	0.00088	0.00066		0.00014
	D-10	0.25	0.0000030	0.0000022		0.0000047

赤字：溶出濃度がLOQ以下であった試料において、定量下限値を溶出濃度とした。

表17-4：ゴムチップ製品由来金属の各年齢層における吸入曝露量及びハザード比（高校生）（続き）

物質名	製品	最大濃度 (全量分析) μg/g	金属濃度 (μg/m ³)	平均一日曝露濃度 (μg/m ³)	許容値等	ハザード比 (HQ)
スズ Tin (Sn)	A-4	3.6	0.000044	0.000033	47.6 μg/m ³ 米国産業衛生専門家 会議 (ACGIH)2001, 2 mg/m ³ より換算	0.00000069
	C-8	4.4	0.000053	0.000040		0.00000084
	D-1	1.9	0.000023	0.000017		0.00000037
	D-2	2.9	0.000034	0.000026		0.00000054
	D-3	3.9	0.000047	0.000035		0.00000074
	D-10	0.33	0.0000040	0.0000030		0.000000063
バナジウム Vanadium (V)	A-4	1.0	0.000012	0.0000090	0.0001 mg/m ³ chronic-duration inhalation (MRL) ATSDR (2012)	0.000090
	C-8	36.7	0.00044	0.00033		0.0033
	D-1	0.85	0.000010	0.0000077		0.000077
	D-2	0.74	0.0000089	0.0000067		0.000067
	D-3	1.9	0.000023	0.000017		0.00017
	D-10	0.55	0.0000066	0.0000050		0.000050
水銀 Mercury (Hg)	A-4	0.064	0.00000077	0.00000057	0.0002 mg/m ³ chronic (MRL) ATSDR (1999)	0.0000029
	C-8	0.064	0.00000077	0.00000057		0.0000029
	D-1	0.064	0.00000077	0.00000057		0.0000029
	D-2	0.064	0.00000077	0.00000057		0.0000029
	D-3	0.064	0.00000077	0.00000057		0.0000029
	D-10	0.064	0.00000077	0.00000057		0.0000029
リチウム Lithium (Li)	A-4	0.025	0.00000030	0.00000022	情報なし	
	C-8	31.0	0.00037	0.00028		
	D-1	1.3	0.000015	0.000011		
	D-2	0.025	0.00000030	0.00000022		
	D-3	0.89	0.000011	0.0000080		
	D-10	0.025	0.00000030	0.00000022		
マグネシウム Magnesium (Mg)	A-4	179.3	0.0022	0.0016	情報なし	
	C-8	349.4	0.0042	0.0031		
	D-1	3282.8	0.039	0.030		
	D-2	729.4	0.0088	0.0066		
	D-3	191.9	0.0023	0.0017		
	D-10	1604.8	0.019	0.014		
鉄 Iron (Fe)	A-4	492.5	0.0059	0.0044	情報なし	
	C-8	2530.1	0.030	0.023		
	D-1	114.1	0.0014	0.0010		
	D-2	5193.2	0.0623	0.047		
	D-3	380.4	0.0046	0.0034		
	D-10	544.2	0.0065	0.0049		
亜鉛 Zinc (Zn)	A-4	30815.7	0.37	0.28	情報なし	
	C-8	1172.4	0.014	0.011		
	D-1	17343.1	0.21	0.16		
	D-2	11820.7	0.14	0.11		
	D-3	23434.2	0.28	0.21		
	D-10	550.1	0.0066	0.0049		
ルビジウム Rubidium (Rb)	A-4	0.025	0.00000030	0.00000022	情報なし	
	C-8	9.3	0.00011	0.000083		
	D-1	1.8	0.000021	0.000016		
	D-2	0.69	0.0000083	0.0000062		
	D-3	2.2	0.000026	0.000019		
	D-10	0.025	0.00000030	0.00000022		
ストロンチウム Strontium (Sr)	A-4	0.025	0.00000030	0.00000022	情報なし	
	C-8	27.6	0.00033	0.00025		
	D-1	35.2	0.00042	0.00032		
	D-2	34.8	0.00042	0.00031		
	D-3	1.9	0.000023	0.000017		
	D-10	24.7	0.00030	0.00022		

赤字：溶出濃度がLOQ以下であった試料において、定量下限値を溶出濃度とした。

表17-5：ゴムチップ製品由来金属の各年齢層における吸入曝露量及びハザード比（大学生）

物質名	製品	最大濃度 (全量分析) µg/g	金属濃度 (µg/m³)	平均一日曝露濃度 (µg/m³)	許容値等	ハザード比 (HQ)
ニッケル Nickel (Ni)	A-4	0.10	0.0000012	0.00000083	9x10 ⁻⁵ mg/m³ (MRL) ATSDR (2005)	0.0000093
	C-8	6.4	0.000077	0.000054		0.00060
	D-1	3.2	0.000038	0.000027		0.00029
	D-2	29.4	0.00035	0.00025		0.0027
	D-3	3.3	0.000040	0.000028		0.00031
	D-10	0.10	0.0000012	0.00000083		0.0000093
鉛 Lead (Pb)	A-4	29.2	0.00035	0.00024	0.71 µg/m³ 日本産業衛生学会 許容濃度等の勧告 (2017年度) 0.03 mg /m³ より 換算	0.00034
	C-8	19.7	0.00024	0.00016		0.00023
	D-1	3.6	0.000043	0.000030		0.000043
	D-2	6.2	0.000075	0.000052		0.000073
	D-3	27.4	0.00033	0.00023		0.00032
	D-10	1.6	0.000019	0.000013		0.000018
アンチモン Antimony (Sb)	A-4	0.025	0.00000030	0.00000021	0.0003 mg/m³ A chronic-duration inhalation MRL ATSDR (2017)	0.00000070
	C-8	1.813	0.000022	0.000015		0.000050
	D-1	878.5	0.01054	0.0073		0.024
	D-2	34.76	0.00042	0.00029		0.00097
	D-3	0.287	0.0000034	0.0000024		0.0000080
	D-10	0.270	0.0000032	0.0000023		0.0000075
マンガン Manganese (Mn)	A-4	4.8	0.000058	0.000040	0.00005 mg/m³ RfC (EPA IRIS, 1993)	0.00081
	C-8	38.2	0.00046	0.00032		0.0064
	D-1	5.6	0.000068	0.000047		0.00094
	D-2	5.3	0.000064	0.000044		0.00089
	D-3	5.4	0.000065	0.000045		0.00091
	D-10	12.0	0.00014	0.00010		0.0020
バリウム Barium (Ba)	A-4	2.6	0.00003	0.000022	11.9 µg/m³ 米国産業衛生専門家 会議 (ACGIH)2001, 0.5 mg/m³ より 換算	0.0000018
	C-8	35.3	0.00042	0.00029		0.000025
	D-1	2.2	0.000027	0.000019		0.0000016
	D-2	3.3	0.000039	0.000027		0.0000023
	D-3	2.3	0.000028	0.000020		0.0000016
	D-10	1.2	0.000014	0.000010		0.00000084
クロム Chromium (Cr)	A-4	0.97	0.000012	0.0000081	5 x 10 ⁻⁶ mg chromiumu (VI)/m³ intermediate- chronic (MRL) ATSDR (2012)	0.0016
	C-8	22012	0.26	0.18		36.7
	D-1	2.6	0.000031	0.000021		0.0043
	D-2	2.9	0.000035	0.000024		0.0049
	D-3	2.5	0.000030	0.000021		0.0041
	D-10	1.7	0.000020	0.000014		0.0028
アルミニウム Aluminum (Al)	A-4	1041.4	0.012	0.0087	23.8µg/m³米国産業 衛生専門家会議 (ACGIH)2008, 1 mg/m³より換算	0.00036
	C-8	46990.7	0.56	0.39		0.016
	D-1	1210.4	0.015	0.010		0.00042
	D-2	148.9	0.0018	0.0012		0.000052
	D-3	1254.2	0.015	0.010		0.00044
	D-10	331.1	0.0040	0.0028		0.00012
コバルト Cobalt (Co)	A-4	547.7	0.0066	0.0046	1x10 ⁻⁴ mg/m³ (MRL) ATSDR (2004)	0.046
	C-8	1.3	0.000016	0.000011		0.00011
	D-1	1.9	0.000022	0.000016		0.00016
	D-2	8.6	0.00010	0.000071		0.00071
	D-3	274.1	0.0033	0.0023		0.023
	D-10	0.24	0.0000028	0.0000020		0.000020
銅 Copper (Cu)	A-4	140.2	0.0017	0.0012	4.76 µg/m³ 米国産業衛生専門家 会議 (ACGIH)2001, 0.2 mg/m³ より 換算	0.00025
	C-8	0.25	0.00000	0.0000021		0.00000044
	D-1	3.2	0.00004	0.000027		0.0000057
	D-2	86.8	0.0010	0.00072		0.00015
	D-3	73.7	0.00088	0.00061		0.00013
	D-10	0.25	0.0000030	0.0000021		0.00000044

赤字：溶出濃度がLOQ以下であった試料において、定量下限値を溶出濃度とした。

表17-5：ゴムチップ製品由来金属の各年齢層における吸入曝露量及びハザード比（大学生）（続き）

物質名	製品	最大濃度 (全量分析) µg/g	金属濃度 (µg/m³)	平均一日曝露濃度 (µg/m³)	許容値等	ハザード比 (HQ)
スズ Tin (Sn)	A-4	3.6	0.000044	0.000030	47.6 µg/m³ 米国産業衛生専門家 会議 (ACGIH)2001, 2 mg/m³より換算	0.00000064
	C-8	4.4	0.000053	0.000037		0.00000078
	D-1	1.9	0.000023	0.000016		0.00000034
	D-2	2.9	0.000034	0.000024		0.00000050
	D-3	3.9	0.000047	0.000033		0.00000069
	D-10	0.33	0.0000040	0.0000028		0.00000058
バナジウム Vanadium (V)	A-4	1.0	0.000012	0.0000084	0.0001 mg/m³ chronic-duration inhalation (MRL) ATSDR (2012)	0.000084
	C-8	36.7	0.00044	0.00031		0.0031
	D-1	0.85	0.000010	0.0000071		0.000071
	D-2	0.74	0.0000089	0.0000062		0.000062
	D-3	1.9	0.000023	0.000016		0.00016
	D-10	0.55	0.0000066	0.0000046		0.000046
水銀 Mercury (Hg)	A-4	0.064	0.00000077	0.00000053	0.0002 mg/m³ chronic (MRL) ATSDR (1999)	0.0000027
	C-8	0.064	0.00000077	0.00000053		0.0000027
	D-1	0.064	0.00000077	0.00000053		0.0000027
	D-2	0.064	0.00000077	0.00000053		0.0000027
	D-3	0.064	0.00000077	0.00000053		0.0000027
	D-10	0.064	0.00000077	0.00000053		0.0000027
リチウム Lithium (Li)	A-4	0.025	0.00000030	0.00000021	情報なし	
	C-8	31.0	0.00037	0.00026		
	D-1	1.3	0.000015	0.000010		
	D-2	0.025	0.00000030	0.00000021		
	D-3	0.89	0.000011	0.0000074		
	D-10	0.025	0.00000030	0.00000021		
マグネシウム Magnesium (Mg)	A-4	179.3	0.0022	0.0015	情報なし	
	C-8	349.4	0.0042	0.0029		
	D-1	3282.8	0.039	0.027		
	D-2	729.4	0.0088	0.0061		
	D-3	191.9	0.0023	0.0016		
	D-10	1604.8	0.019	0.013		
鉄 Iron (Fe)	A-4	492.5	0.0059	0.0041	情報なし	
	C-8	2530.1	0.030	0.021		
	D-1	114.1	0.0014	0.0010		
	D-2	5193.2	0.0623	0.043		
	D-3	380.4	0.0046	0.0032		
	D-10	544.2	0.0065	0.0045		
亜鉛 Zinc (Zn)	A-4	30815.7	0.37	0.26	情報なし	
	C-8	1172.4	0.014	0.010		
	D-1	17343.1	0.21	0.14		
	D-2	11820.7	0.14	0.099		
	D-3	23434.2	0.28	0.20		
	D-10	550.1	0.0066	0.0046		
ルビジウム Rubidium (Rb)	A-4	0.025	0.00000030	0.00000021	情報なし	
	C-8	9.3	0.00011	0.000077		
	D-1	1.8	0.000021	0.000015		
	D-2	0.69	0.0000083	0.0000058		
	D-3	2.2	0.000026	0.000018		
	D-10	0.025	0.00000030	0.00000021		
ストロンチウム Strontium (Sr)	A-4	0.025	0.00000030	0.00000021	情報なし	
	C-8	27.6	0.00033	0.00023		
	D-1	35.2	0.00042	0.00029		
	D-2	34.8	0.00042	0.00029		
	D-3	1.9	0.000023	0.000016		
	D-10	24.7	0.00030	0.00021		

赤字：溶出濃度がLOQ以下であった試料において、定量下限値を溶出濃度とした。

表17-6：ゴムチップ製品由来金属の各年齢層における吸入曝露量及びハザード比（大人）

物質名	製品	最大濃度 (全量分析) µg/g	金属濃度 (µg/m³)	平均一日曝露濃 度 (µg/m³)	許容値等	ハザード比 (HQ)
ニッケル Nickel (Ni)	A-4	0.100	0.0000012	0.00000083	9x10 ⁻⁵ mg/m³ (MRL) ATSDR (2005)	0.0000092
	C-8	6.4	0.000077	0.000053		0.00059
	D-1	3.2	0.000038	0.000026		0.00029
	D-2	29.4	0.00035	0.00024		0.0027
	D-3	3.3	0.000040	0.000028		0.00031
	D-10	0.10	0.0000012	0.00000083		0.0000092
鉛 Lead (Pb)	A-4	29.2	0.00035	0.00024	0.71 µg/m³ 日本産業衛生学会 許容濃度等の勧告 (2017年度) 0.03 mg /m³ より 換算	0.00034
	C-8	19.7	0.00024	0.00016		0.00023
	D-1	3.6	0.000043	0.000030		0.000042
	D-2	6.2	0.000075	0.000051		0.000073
	D-3	27.4	0.00033	0.00023		0.00032
	D-10	1.6	0.000019	0.000013		0.000018
アンチモン Antimony (Sb)	A-4	0.025	0.00000030	0.00000021	0.0003 mg/m³ A chronic-duration inhalation MRL ATSDR (2017)	0.00000069
	C-8	1.8	0.000022	0.000015		0.000050
	D-1	878.5	0.01054	0.0073		0.024
	D-2	34.8	0.00042	0.00029		0.00096
	D-3	0.29	0.0000034	0.0000024		0.0000079
	D-10	0.27	0.0000032	0.0000022		0.0000074
マンガン Manganese (Mn)	A-4	4.8	0.000058	0.000040	0.00005 mg/m³ RfC (EPA IRIS, 1993)	0.00080
	C-8	38.2	0.00046	0.00032		0.0063
	D-1	5.6	0.000068	0.000047		0.00093
	D-2	5.3	0.000064	0.000044		0.00088
	D-3	5.4	0.000065	0.000045		0.00090
	D-10	12.0	0.00014	0.000099		0.0020
バリウム Barium (Ba)	A-4	2.6	0.00003	0.000022	11.9 µg/m³ 米国産業衛生専門家 会議 (ACGIH)2001, 0.5 mg/m³より 換算	0.0000018
	C-8	35.3	0.00042	0.00029		0.000024
	D-1	2.2	0.000027	0.000018		0.0000015
	D-2	3.3	0.000039	0.000027		0.0000023
	D-3	2.3	0.000028	0.000019		0.0000016
	D-10	1.2	0.000014	0.000010		0.00000083
クロム Chromium (Cr)	A-4	0.97	0.000012	0.0000080	5 × 10 ⁻⁶ mg chromiumu (VI)/m³ intermediate- chronic (MRL) ATSDR (2012)	0.0016
	C-8	22012	0.26	0.18		36.4
	D-1	2.6	0.000031	0.000021		0.0042
	D-2	2.9	0.000035	0.000024		0.0048
	D-3	2.5	0.000030	0.000020		0.0041
	D-10	1.7	0.000020	0.000014		0.0028
アルミニウム Aluminum (Al)	A-4	1041.4	0.012	0.0086	23.8µg/m³米国産業 衛生専門家会議 (ACGIH)2008, 1 mg/m³より換算	0.00036
	C-8	46990.7	0.56	0.39		0.016
	D-1	1210.4	0.015	0.010		0.00042
	D-2	148.9	0.0018	0.0012		0.000052
	D-3	1254.2	0.015	0.010		0.00044
	D-10	331.1	0.0040	0.0027		0.00012
コバルト Cobalt (Co)	A-4	547.7	0.0066	0.0045	1x10 ⁻⁴ mg/m³ (MRL) ATSDR (2004)	0.045
	C-8	1.3	0.000016	0.000011		0.00011
	D-1	1.9	0.000022	0.000015		0.00015
	D-2	8.6	0.00010	0.000071		0.00071
	D-3	274.1	0.0033	0.0023		0.023
	D-10	0.24	0.0000028	0.0000020		0.000020
銅 Copper (Cu)	A-4	140.2	0.0017	0.0012	4.76 µg/m³ 米国産業衛生専門家 会議 (ACGIH)2001, 0.2 mg/m³より 換算	0.00024
	C-8	0.25	0.00000	0.0000021		0.00000043
	D-1	3.2	0.00004	0.000027		0.0000056
	D-2	86.8	0.0010	0.00072		0.00015
	D-3	73.7	0.00088	0.00061		0.00013
	D-10	0.25	0.0000030	0.0000021		0.00000043

赤字：溶出濃度がLOQ以下であった試料において、定量下限値を溶出濃度とした。

表17-6：ゴムチップ製品由来金属の各年齢層における吸入曝露量及びハザード比（大人）（続き）

物質名	製品	最大濃度 (全量分析) µg/g	金属濃度 (µg/m³)	平均一日曝露濃 度 (µg/m³)	許容値等	ハザード比 (HQ)
スズ Tin (Sn)	A-4	3.6	0.000044	0.000030	47.6 µg/m³ 米国産業衛生専門家 会議 (ACGIH)2001, 2 mg/m³より換算	0.00000063
	C-8	4.4	0.000053	0.000037		0.00000077
	D-1	1.9	0.000023	0.000016		0.00000034
	D-2	2.9	0.000034	0.000024		0.00000050
	D-3	3.9	0.000047	0.000032		0.00000068
	D-10	0.33	0.0000040	0.0000028		0.00000058
バナジウム Vanadium (V)	A-4	1.0	0.000012	0.0000083	0.0001 mg/m³ chronic-duration inhalation (MRL) ATSDR (2012)	0.000083
	C-8	36.7	0.00044	0.00030		0.0030
	D-1	0.85	0.000010	0.0000070		0.000070
	D-2	0.74	0.0000089	0.0000061		0.000061
	D-3	1.9	0.000023	0.000016		0.00016
	D-10	0.55	0.0000066	0.0000046		0.000046
水銀 Mercury (Hg)	A-4	0.064	0.00000077	0.00000053	0.0002 mg/m³ chronic (MRL) ATSDR (1999)	0.0000026
	C-8	0.064	0.00000077	0.00000053		0.0000026
	D-1	0.064	0.00000077	0.00000053		0.0000026
	D-2	0.064	0.00000077	0.00000053		0.0000026
	D-3	0.064	0.00000077	0.00000053		0.0000026
	D-10	0.064	0.00000077	0.00000053		0.0000026
リチウム Lithium (Li)	A-4	0.025	0.00000030	0.00000021	情報なし	
	C-8	31.0	0.00037	0.00026		
	D-1	1.3	0.000015	0.000010		
	D-2	0.025	0.00000030	0.00000021		
	D-3	0.89	0.000011	0.0000073		
	D-10	0.025	0.00000030	0.00000021		
マグネシウム Magnesium (Mg)	A-4	179.3	0.0022	0.0015	情報なし	
	C-8	349.4	0.0042	0.0029		
	D-1	3282.8	0.039	0.027		
	D-2	729.4	0.0088	0.0060		
	D-3	191.9	0.0023	0.0016		
	D-10	1604.8	0.019	0.013		
鉄 Iron (Fe)	A-4	492.5	0.0059	0.0041	情報なし	
	C-8	2530.1	0.030	0.021		
	D-1	114.1	0.0014	0.00094		
	D-2	5193.2	0.0623	0.043		
	D-3	380.4	0.0046	0.0031		
	D-10	544.2	0.0065	0.0045		
亜鉛 Zinc (Zn)	A-4	30815.7	0.37	0.25	情報なし	
	C-8	1172.4	0.014	0.0097		
	D-1	17343.1	0.21	0.14		
	D-2	11820.7	0.14	0.098		
	D-3	23434.2	0.28	0.19		
	D-10	550.1	0.0066	0.0045		
ルビジウム Rubidium (Rb)	A-4	0.025	0.00000030	0.00000021	情報なし	
	C-8	9.3	0.00011	0.000077		
	D-1	1.8	0.000021	0.000014		
	D-2	0.69	0.0000083	0.0000057		
	D-3	2.2	0.000026	0.000018		
	D-10	0.025	0.00000030	0.00000021		
ストロンチウム Strontium (Sr)	A-4	0.025	0.00000030	0.00000021	情報なし	
	C-8	27.6	0.00033	0.00023		
	D-1	35.2	0.00042	0.00029		
	D-2	34.8	0.00042	0.00029		
	D-3	1.9	0.000023	0.000016		
	D-10	24.7	0.00030	0.00020		

赤字：溶出濃度がLOQ以下であった試料において、定量下限値を溶出濃度とした。

表18-1：各運動場から採取したゴムチップ由来PAHsの各年齢層における経口曝露量及びハザード比

[illegible]

赤字は定量下限値

青字はBenzo[a]pyreneの許容値を援用（ATSDRでは、これらのPAHsがまとめて評価されていたため）

緑字は2-Methylnaphthaleneの許容値を援用（ATSDRにより設定されていたものの、当該許容値の方がより低値だったため）

表18-1：各運動場から採取したゴムチップ由来PAHsの各年齢層における経口曝露量及びハザード比(続き)

物質名/ 運動場	最大 溶出量 (唾液) μg/g	最大 溶出量 (胃液) μg/g	最大 溶出量 (腸液) μg/g	平均一日経口摂取量(μg/kg bw/d)																許容値等	ハザード比 (HQ)													
				小学校低学年				小学校高学年				中学生				高校生					大学生				大人				小学校 低学年	小学校 高学年	中学生	高校生	大学生	大人
				唾液由来	胃液由来	腸液由来	合計	唾液由来	胃液由来	腸液由来	合計	唾液由来	胃液由来	腸液由来	合計	唾液由来	胃液由来	腸液由来	合計		唾液由来	胃液由来	腸液由来	合計	唾液由来	胃液由来	腸液由来	合計						
Fluoranthene	A 0.025	0.025	0.025	0.000094	0.000094	0.000094	0.00028	0.000080	0.000080	0.000080	0.00024	0.000043	0.000043	0.000043	0.00013	0.000035	0.000035	0.000035	0.00011	0.000033	0.000033	0.000033	0.000099	0.000037	0.000037	0.000037	0.00011	0.04 mg/kg/day EPA IRIS (1990)	0.000070	0.0000060	0.0000032	0.0000026	0.0000025	0.0000027
B 0.025	0.025	0.025	0.025	0.000094	0.000094	0.000094	0.00028	0.000080	0.000080	0.000080	0.00024	0.000043	0.000043	0.000043	0.00013	0.000035	0.000035	0.000035	0.00011	0.000033	0.000033	0.000033	0.000099	0.000037	0.000037	0.000037	0.00011		0.000070	0.0000060	0.0000032	0.0000026	0.0000025	0.0000027
C 0.025	0.025	0.025	0.025	0.000094	0.000094	0.000094	0.00028	0.000080	0.000080	0.000080	0.00024	0.000043	0.000043	0.000043	0.00013	0.000035	0.000035	0.000035	0.00011	0.000033	0.000033	0.000033	0.000099	0.000037	0.000037	0.000037	0.00011		0.000070	0.0000060	0.0000032	0.0000026	0.0000025	0.0000027
D 0.025	0.025	0.025	0.025	0.000094	0.000094	0.000094	0.00028	0.000080	0.000080	0.000080	0.00024	0.000043	0.000043	0.000043	0.00013	0.000035	0.000035	0.000035	0.00011	0.000033	0.000033	0.000033	0.000099	0.000037	0.000037	0.000037	0.00011		0.000070	0.0000060	0.0000032	0.0000026	0.0000025	0.0000027
Pyrene	A 0.025	0.025	0.025	0.000094	0.000094	0.000094	0.00028	0.000080	0.000080	0.000080	0.00024	0.000043	0.000043	0.000043	0.00013	0.000035	0.000035	0.000035	0.00011	0.000033	0.000033	0.000033	0.000099	0.000037	0.000037	0.000037	0.00011	0.03 mg/kg/day EPA IRIS (1990)	0.000094	0.0000080	0.0000043	0.0000035	0.0000033	0.0000037
B 0.025	0.025	0.025	0.025	0.000094	0.000094	0.000094	0.00028	0.000080	0.000080	0.000080	0.00024	0.000043	0.000043	0.000043	0.00013	0.000035	0.000035	0.000035	0.00011	0.000033	0.000033	0.000033	0.000099	0.000037	0.000037	0.000037	0.00011		0.000094	0.0000080	0.0000043	0.0000035	0.0000033	0.0000037
C 0.025	0.025	0.025	0.025	0.000094	0.000094	0.000094	0.00028	0.000080	0.000080	0.000080	0.00024	0.000043	0.000043	0.000043	0.00013	0.000035	0.000035	0.000035	0.00011	0.000033	0.000033	0.000033	0.000099	0.000037	0.000037	0.000037	0.00011		0.000094	0.0000080	0.0000043	0.0000035	0.0000033	0.0000037
D 0.025	0.093	0.025	0.025	0.000094	0.000347	0.000094	0.00053	0.000080	0.000298	0.000080	0.00046	0.000043	0.000158	0.000043	0.00024	0.000035	0.000131	0.000035	0.00020	0.000033	0.000122	0.000033	0.00019	0.000037	0.000136	0.000037	0.00021		0.000018	0.0000153	0.0000081	0.0000067	0.0000063	0.0000070
Benzo[c]fluorene	A 0.025	0.025	0.025	0.000094	0.000094	0.000094	0.00028	0.000080	0.000080	0.000080	0.00024	0.000043	0.000043	0.000043	0.00013	0.000035	0.000035	0.000035	0.00011	0.000033	0.000033	0.000033	0.000099	0.000037	0.000037	0.000037	0.00011	情報なし						
B 0.025	0.025	0.025	0.025	0.000094	0.000094	0.000094	0.00028	0.000080	0.000080	0.000080	0.00024	0.000043	0.000043	0.000043	0.00013	0.000035	0.000035	0.000035	0.00011	0.000033	0.000033	0.000033	0.000099	0.000037	0.000037	0.000037	0.00011							
C 0.025	0.025	0.025	0.025	0.000094	0.000094	0.000094	0.00028	0.000080	0.000080	0.000080	0.00024	0.000043	0.000043	0.000043	0.00013	0.000035	0.000035	0.000035	0.00011	0.000033	0.000033	0.000033	0.000099	0.000037	0.000037	0.000037	0.00011							
D 0.025	0.025	0.025	0.025	0.000094	0.000094	0.000094	0.00028	0.000080	0.000080	0.000080	0.00024	0.000043	0.000043	0.000043	0.00013	0.000035	0.000035	0.000035	0.00011	0.000033	0.000033	0.000033	0.000099	0.000037	0.000037	0.000037	0.00011							
Benzo[a]anthracene	A 0.025	0.025	0.025	0.000094	0.000094	0.000094	0.00028	0.000080	0.000080	0.000080	0.00024	0.000043	0.000043	0.000043	0.00013	0.000035	0.000035	0.000035	0.00011	0.000033	0.000033	0.000033	0.000099	0.000037	0.000037	0.000037	0.00011	0.0003 mg/kg/day EPA (IRIS 2017)	0.00094	0.00080	0.00043	0.00035	0.00033	0.00037
B 0.025	0.025	0.025	0.025	0.000094	0.000094	0.000094	0.00028	0.000080	0.000080	0.000080	0.00024	0.000043	0.000043	0.000043	0.00013	0.000035	0.000035	0.000035	0.00011	0.000033	0.000033	0.000033	0.000099	0.000037	0.000037	0.000037	0.00011		0.00094	0.00080	0.00043	0.00035	0.00033	0.00037
C 0.025	0.025	0.025	0.025	0.000094	0.000094	0.000094	0.00028	0.000080	0.000080	0.000080	0.00024	0.000043	0.000043	0.000043	0.00013	0.000035	0.000035	0.000035	0.00011	0.000033	0.000033	0.000033	0.000099	0.000037	0.000037	0.000037	0.00011		0.00094	0.00080	0.00043	0.00035	0.00033	0.00037
D 0.025	0.025	0.025	0.025	0.000094	0.000094	0.000094	0.00028	0.000080	0.000080	0.000080	0.00024	0.000043	0.000043	0.000043	0.00013	0.000035	0.000035	0.000035	0.00011	0.000033	0.000033	0.000033	0.000099	0.000037	0.000037	0.000037	0.00011		0.00094	0.00080	0.00043	0.00035	0.00033	0.00037
Cyclopenta[cd]pyrene	A 0.025	0.025	0.025	0.000094	0.000094	0.000094	0.00028	0.000080	0.000080	0.000080	0.00024	0.000043	0.000043	0.000043	0.00013	0.000035	0.000035	0.000035	0.00011	0.000033	0.000033	0.000033	0.000099	0.000037	0.000037	0.000037	0.00011	情報なし						
B 0.025	0.025	0.025	0.025	0.000094	0.000094	0.000094	0.00028	0.000080	0.000080	0.000080	0.00024	0.000043	0.000043	0.000043	0.00013	0.000035	0.000035	0.000035	0.00011	0.000033	0.000033	0.000033	0.000099	0.000037	0.000037	0.000037	0.00011							
C 0.025	0.025	0.025	0.025	0.000094	0.000094	0.000094	0.00028	0.000080	0.000080	0.000080	0.00024	0.000043	0.000043	0.000043	0.00013	0.000035	0.000035	0.000035	0.00011	0.000033	0.000033	0.000033	0.000099	0.000037	0.000037	0.000037	0.00011							
D 0.025	0.025	0.025	0.025	0.000094	0.000094	0.000094	0.00028	0.000080	0.000080	0.000080	0.00024	0.000043	0.000043	0.000043	0.00013	0.000035	0.000035	0.000035	0.00011	0.000033	0.000033	0.000033	0.000099	0.000037	0.000037	0.000037	0.00011							
Triphenylene	A 0.025	0.025	0.025	0.000094	0.000094	0.000094	0.00028	0.000080	0.000080	0.000080	0.00024	0.000043	0.000043	0.000043	0.00013	0.000035	0.000035	0.000035	0.00011	0.000033	0.000033	0.000033	0.000099	0.000037	0.000037	0.000037	0.00011	情報なし						
B 0.025	0.025	0.025	0.025	0.000094	0.000094	0.000094	0.00028	0.000080	0.000080	0.000080	0.00024	0.000043	0.000043	0.000043	0.00013	0.000035	0.000035	0.000035	0.00011	0.000033	0.000033	0.000033	0.000099	0.000037	0.000037	0.000037	0.00011							
C 0.025	0.025	0.025	0.025	0.000094	0.000094	0.000094	0.00028	0.000080	0.000080	0.000080	0.00024	0.000043	0.000043	0.000043	0.00013	0.000035	0.000035	0.000035	0.00011	0.000033	0.000033	0.000033	0.000099	0.000037	0.000037	0.000037	0.00011							
D 0.025	0.025	0.025	0.025	0.000094	0.000094	0.000094	0.00028	0.000080	0.000080	0.000080	0.00024	0.000043	0.000043	0.000043	0.00013	0.000035	0.000035	0.000035	0.00011	0.000033	0.000033	0.000033	0.000099	0.000037	0.000037	0.000037	0.00011							
Chrysene	A 0.025	0.025	0.025	0.000094	0.000094	0.000094	0.00028	0.000080	0.000080	0.000080	0.00024	0.000043	0.000043	0.000043	0.00013	0.000035	0.000035	0.000035	0.00011	0.000033	0.000033	0.000033	0.000099	0.000037	0.000037	0.000037	0.00011	0.0003 mg/kg/day EPA (IRIS 2017)	0.00094	0.00080	0.00043	0.00035	0.00033	0.00037
B 0.025	0.025	0.025	0.025	0.000094	0.000094	0.000094	0.00028	0.000080	0.000080	0.000080	0.00024	0.000043	0.000043	0.000043	0.00013	0.000035	0.000035	0.000035	0.00011	0.000033	0.000033	0.000033	0.000099	0.000037	0.000037	0.000037	0.00011		0.00094	0.00080	0.00043	0.00035	0.00033	0.00037
C 0.025	0.025	0.025	0.025	0.000094	0.000094	0.000094	0.00028	0.000080	0.000080	0.000080	0.00024	0.000043	0.000043	0.000043	0.00013	0.000035	0.000035	0.000035	0.00011	0.000033	0.000033	0.000033	0.000099	0.000037	0.000037	0.000037	0.00011		0.00094	0.00080	0.00043	0.00035	0.00033	0.00037
D 0.025	0.025	0.025	0.025	0.000094	0.000094	0.000094	0.00028	0.000080	0.000080	0.000080	0.00024	0.000043	0.000043	0.000043	0.00013	0.000035	0.000035	0.000035	0.00011	0.000033	0.000033	0.000033	0.000099	0.000037	0.000037	0.000037	0.00011		0.00094	0.00080	0.00043	0.00035	0.00033	0.00037
Benzo[b]fluoranthene	A 0.025	0.025	0.025	0.000094	0.000094	0.000094	0.00028	0.000080	0.000080	0.000080	0.00024	0.000043	0.000043	0.000043	0.00013	0.000035	0.000035	0.000035	0.00011	0.000033	0.000033	0.000033	0.000099	0.000037	0.000037	0.000037	0.00011	0.0003 mg/kg/day EPA (IRIS 2017)	0.00094	0				

赤字は定量下限値

青字はBenzo[a]pyreneの許容値を援用（ATSDRでは、これらのPAHsがまとめて評価されていたため）

表18-2：各運動場から採取したゴムチップ由来PAHsの各年齢層における経皮曝露量及びハザード比

物質名/ 運動場	最大 溶出量 (汗) $\mu\text{g/g}$	平均一日曝露量 (経皮) ($\mu\text{g/kg/day}$)						許容値等	ハザード比 (HQ)						
		小学校 低学年	小学校 高学年	中学生	高校生	大学生	大人		小学校 低学年	小学校 高学年	中学生	高校生	大学生	大人	
Naphthalene															
A	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011	0.02 mg/kg/day EPA (IRIS 1998)	0.000047	0.000060	0.000064	0.000053	0.000050	0.000055	
B	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011								
C	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011								
D	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011								
2-Methylnaphthalene															
A	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011	0.004 mg/kg/day EPA (IRIS 2003)	0.00023	0.00030	0.00032	0.00026	0.00025	0.00027	
B	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011								
C	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011								
D	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011								
1-Methylnaphthalene															
A	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011	0.004 mg/kg/day EPA (IRIS 2003)	0.00023	0.00030	0.00032	0.00026	0.00025	0.00027	
B	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011								
C	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011								
D	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011								
Biphenyl															
A	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011	0.05 mg/kg/bw JECFA (1964)	0.000019	0.000024	0.000026	0.000021	0.000020	0.000022	
B	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011								
C	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011								
D	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011								
2,6-Dimethylnaphthalene															
A	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011	情報なし							
B	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011								
C	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011								
D	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011								
Acenaphthylene															
A	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011	情報なし							
B	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011								
C	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011								
D	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011								
Acenaphthene															
A	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011	6×10^{-2} mg/kg/day EPA IRIS (1990)	0.000016	0.000020	0.000021	0.000018	0.000017	0.000018	
B	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011								
C	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011								
D	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011								
Dibenzofuran															
A	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011	情報なし							
B	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011								
C	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011								
D	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011								
Fluorene															
A	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011	4×10^{-2} mg/kg/day EPA IRIS (1990)	0.000023	0.000030	0.000032	0.000026	0.000025	0.000027	
B	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011								
C	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011								
D	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011								
Dibenzothiophene															
A	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011	情報なし							
B	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011								
C	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011								
D	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011								
Phenanthrene															
A	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011	0.0003 mg/kg/day EPA (IRIS 2017)	0.0031	0.0040	0.0043	0.0035	0.0033	0.0037	
B	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011								
C	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011								
D	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011								
Anthracene															
A	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011	0.3 mg/kg/day EPA IRIS	0.0000031	0.0000040	0.0000043	0.0000035	0.0000033	0.0000037	
B	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011								
C	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011								
D	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011								
3-Methylphenanthrene															
A	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011	情報なし							
B	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011								
C	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011								
D	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011								
2-Methylphenanthrene															
A	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011	情報なし							
B	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011								
C	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011								
D	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011								
9-Methylphenanthrene															
A	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011	情報なし							
B	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011								
C	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011								
D	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011								
1-Methylphenanthrene															
A	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011	情報なし							
B	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011								
C	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011								
D	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011								

赤字は定量下限値

青字はBenzo[a]pyreneの許容値を援用（ATSDRでは、これらのPAHsがまとめて評価されていたため）

表18-2：各運動場から採取したゴムチップ由来PAHsの各年齢層における経皮曝露量及びハザード比(続き)

物質名/ 運動場	最大 溶出量 (汗) μg/g	平均一日曝露量 (経皮) (μg/kg/day)						許容値等	ハザード比 (HQ)					
		小学校 低学年	小学校 高学年	中学生	高校生	大学生	大人		小学校 低学年	小学校 高学年	中学生	高校生	大学生	大人
Fluoranthene														
A	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011	0.04 mg/kg/day EPA IRIS (1990)	0.000023	0.000030	0.000032	0.000026	0.000025	0.000027
B	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011							
C	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011							
D	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011							
Pyrene														
A	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011	0.03 mg/kg/day EPA IRIS (1990)	0.000031	0.000040	0.000043	0.000035	0.000033	0.000037
B	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011							
C	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011							
D	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011							
Benzo[c]fluorene														
A	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011	情報なし						
B	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011							
C	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011							
D	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011							
Benzo[a]anthracene														
A	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011	0.0003 mg/kg/day EPA (IRIS 2017)	0.0031	0.0040	0.0043	0.0035	0.0033	0.0037
B	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011							
C	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011							
D	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011							
Cyclopenta[cd]pyrene														
A	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011	情報なし						
B	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011							
C	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011							
D	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011							
Triphenylene														
A	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011	情報なし						
B	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011							
C	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011							
D	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011							
Chrysene														
A	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011	0.0003 mg/kg/day EPA (IRIS 2017)	0.0031	0.0040	0.0043	0.0035	0.0033	0.0037
B	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011							
C	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011							
D	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011							
Benzo[b]fluoranthene														
A	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011	0.0003 mg/kg/day EPA (IRIS 2017)	0.0031	0.0040	0.0043	0.0035	0.0033	0.0037
B	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011							
C	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011							
D	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011							
Benzo[k]fluoranthene														
A	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011	0.0003 mg/kg/day EPA (IRIS 2017)	0.0031	0.0040	0.0043	0.0035	0.0033	0.0037
B	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011							
C	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011							
D	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011							
Benzo[j]fluoranthene														
A	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011	0.0003 mg/kg/day EPA (IRIS 2017)	0.0031	0.0040	0.0043	0.0035	0.0033	0.0037
B	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011							
C	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011							
D	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011							
Benzo[e]pyrene														
A	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011	0.0003 mg/kg/day EPA (IRIS 2017)	0.0031	0.0040	0.0043	0.0035	0.0033	0.0037
B	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011							
C	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011							
D	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011							
Benzo[a]pyrene														
A	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011	0.0003 mg/kg/day EPA (IRIS 2017)	0.0031	0.0040	0.0043	0.0035	0.0033	0.0037
B	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011							
C	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011							
D	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011							
Indeno[1,2,3-cd]pyrene														
A	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011	0.0003 mg/kg/day EPA (IRIS 2017)	0.0031	0.0040	0.0043	0.0035	0.0033	0.0037
B	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011							
C	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011							
D	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011							
Dibenz[a,h]anthracene														
A	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011	0.0003 mg/kg/day EPA (IRIS 2017)	0.0031	0.0040	0.0043	0.0035	0.0033	0.0037
B	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011							
C	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011							
D	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011							
Benzo[ghi]perylene														
A	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011	0.0003 mg/kg/day EPA (IRIS 2017)	0.0031	0.0040	0.0043	0.0035	0.0033	0.0037
B	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011							
C	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011							
D	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011							
Coronene														
A	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011	情報なし						
B	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011							
C	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011							
D	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011							

赤字は定量下限値

青字はBenzo[a]pyreneの許容値を援用（ATSDRでは、これらのPAHsがまとめて評価されていたため）

物質名/揮動場	ゴムチップ最大含有量(μg/g)	空気中濃度(μg/m³)	平均一日曝露濃度(μg/m³)						許容値	ハザード比										
			小学校低学年	小学校高学年	中学生	高校生	大学生	大人		小学校低学年	小学校高学年	中学生	高校生	大学生	大人					
Naphthalene													0.003 mg/m³ for chronic inhalation (MRL) ATSDR (2005)	0.00000054	0.0000010	0.0000010	0.0000010	0.0000010	0.0000010	0.00000060
A	0.35	0.0000042	0.0000016	0.0000030	0.0000029	0.0000031	0.0000029	0.0000018	0.00000055	0.0000010	0.0000010	0.0000011		0.0000010	0.00000062					
B	0.36	0.0000043	0.0000017	0.0000031	0.0000029	0.0000032	0.0000030	0.0000018	0.00000057	0.0000011	0.0000010	0.0000011		0.0000010	0.00000063					
C	0.37	0.0000044	0.0000017	0.0000032	0.0000030	0.0000033	0.0000030	0.0000019	0.00000070	0.0000013	0.0000012	0.0000014		0.0000013	0.00000078					
D	0.45	0.0000054	0.0000021	0.0000040	0.0000037	0.0000041	0.0000038	0.0000023	0.00000085	0.0000016	0.0000015	0.0000016		0.0000015	0.00000094					
2-Methylnaphthalene													0.003 mg/m³ for chronic inhalation (MRL) ATSDR (2005)	0.00000075	0.0000014	0.0000013	0.0000015	0.0000014	0.0000013	0.00000084
A	0.49	0.0000059	0.0000023	0.0000043	0.0000040	0.0000044	0.0000041	0.0000025	0.0000012	0.0000023	0.0000021	0.0000023		0.0000021	0.0000013					
B	0.77	0.0000093	0.0000036	0.0000068	0.0000064	0.0000069	0.0000064	0.0000040	0.00000070	0.0000013	0.0000012	0.0000014		0.0000013	0.00000078					
C	0.45	0.0000054	0.0000021	0.0000039	0.0000037	0.0000041	0.0000038	0.0000023	0.00000085	0.0000016	0.0000015	0.0000016		0.0000015	0.00000094					
D	0.55	0.0000066	0.0000025	0.0000048	0.0000045	0.0000049	0.0000046	0.0000028	0.00000085	0.0000016	0.0000015	0.0000016		0.0000015	0.00000094					
1-Methylnaphthalene													0.003 mg/m³ for chronic inhalation (MRL) ATSDR (2005)	0.00000031	0.00000058	0.00000055	0.00000060	0.00000056	0.00000056	0.00000034
A	0.020	0.00000024	0.00000009	0.00000018	0.00000017	0.00000018	0.00000017	0.00000010	0.00000035	0.00000066	0.00000062	0.00000067		0.00000063	0.00000039					
B	0.23	0.0000027	0.0000010	0.0000020	0.0000019	0.0000020	0.0000019	0.0000012	0.00000031	0.00000058	0.00000055	0.00000060		0.00000056	0.00000034					
C	0.020	0.00000024	0.000000093	0.00000018	0.00000017	0.00000018	0.00000017	0.00000010	0.00000045	0.00000085	0.00000081	0.00000088		0.00000081	0.00000050					
D	0.29	0.0000035	0.0000014	0.0000026	0.0000024	0.0000026	0.0000024	0.0000015	0.00000030	0.00000056	0.00000053	0.00000058		0.00000054	0.00000033					
Biphenyl													31.0 μg/m³ ACGIH (2001) 1.3 mg/m³より 低値	0.000000030	0.0000000056	0.000000053	0.000000058	0.000000054	0.000000054	0.000000033
A	0.020	0.00000024	0.00000009	0.00000018	0.00000017	0.00000018	0.00000017	0.00000010	0.000000064	0.00000012	0.00000011	0.00000012		0.00000012	0.000000071					
B	0.43	0.0000051	0.0000020	0.0000037	0.0000035	0.0000038	0.0000036	0.0000022	0.000000030	0.00000056	0.00000053	0.00000058		0.00000054	0.00000033					
C	0.020	0.00000024	0.00000009	0.00000018	0.00000017	0.00000018	0.00000017	0.00000010	0.00000064	0.00000012	0.00000011	0.00000012		0.00000012	0.000000071					
D	0.43	0.0000051	0.0000020	0.0000038	0.0000035	0.0000039	0.0000036	0.0000022	0.00000064	0.00000012	0.00000011	0.00000012</								

表18-3：各運動場から採取したゴムチップ由来PAHsの各年齢層における吸入曝露量及びハザード比(続き)

物質名/運動場	ゴムチップ 最大含有量 (μg/g)	空気中濃度 (mg/m ³)	平均一日曝露濃度 (mg/m ³)						許容値	ハザード比					
			小学校低学年	小学校高学年	中学生	高校生	大学生	大人		小学校 低学年	小学校 高学年	中学生	高校生	大学生	大人
Fluoranthene															
A	6.2	0.0000740	0.0000286	0.0000540	0.0000509	0.0000555	0.0000514	0.0000319	0.000002 mg/m ³ EPA (IRIS 2017)	0.014	0.027	0.025	0.028	0.026	0.016
B	1.8	0.0000211	0.0000082	0.0000154	0.0000145	0.0000158	0.0000147	0.0000091		0.0041	0.0077	0.0073	0.0079	0.0073	0.0045
C	5.9	0.0000705	0.0000273	0.0000515	0.0000485	0.0000529	0.0000490	0.0000304		0.014	0.026	0.024	0.026	0.025	0.015
D	11.1	0.0001337	0.0000517	0.0000975	0.0000920	0.0001002	0.0000929	0.0000576		0.026	0.049	0.046	0.050	0.046	0.029
Pyrene															
A	15.8	0.00019	0.000073	0.00014	0.00013	0.00014	0.00013	0.000081	0.000002 mg/m ³ EPA (IRIS 2017)	0.037	0.069	0.065	0.071	0.066	0.041
B	4.7	0.00006	0.000022	0.000041	0.000039	0.000042	0.000039	0.000024		0.011	0.021	0.019	0.021	0.020	0.012
C	15.3	0.00018	0.000071	0.00013	0.00013	0.00014	0.00013	0.000079		0.035	0.067	0.063	0.069	0.064	0.039
D	22.2	0.00027	0.00010	0.00019	0.00018	0.00020	0.00018	0.00011		0.051	0.097	0.092	0.100	0.092	0.057
Benzo[c]fluorene															
A	0.49	0.0000058	0.0000023	0.0000043	0.0000040	0.0000044	0.0000041	0.0000025	情報なし						
B	0.67	0.0000081	0.0000031	0.0000059	0.0000056	0.0000061	0.0000056	0.0000035							
C	0.25	0.0000030	0.0000012	0.0000022	0.0000021	0.0000023	0.0000021	0.0000013							
D	0.55	0.0000066	0.0000026	0.0000048	0.0000045	0.0000049	0.0000046	0.0000028							
Benz[a]anthracene															
A	0.15	0.0000017	0.0000007	0.0000013	0.0000012	0.0000013	0.0000012	0.0000008	0.000002 mg/m ³ EPA (IRIS 2017)	0.00034	0.00064	0.00060	0.00065	0.00061	0.00038
B	1.4	0.000017	0.0000064	0.000012	0.000011	0.000012	0.000011	0.0000071		0.0032	0.0060	0.0057	0.0062	0.0057	0.0036
C	0.19	0.0000023	0.00000090	0.0000017	0.0000016	0.0000017	0.0000016	0.0000010		0.00045	0.00085	0.00080	0.00087	0.00081	0.00050
D	0.28	0.0000034	0.0000013	0.0000025	0.0000023	0.0000025	0.0000024	0.0000015		0.00066	0.0012	0.0012	0.0013	0.0012	0.00073
Cyclopenta[cd]pyrene															
A	3.5	0.000041	0.000016	0.000030	0.000029	0.000031	0.000029	0.000018	情報なし						
B	0.87	0.000010	0.0000040	0.0000076	0.0000071	0.0000078	0.0000072	0.0000045							
C	2.8	0.000033	0.000013	0.000024	0.000023	0.000025	0.000023	0.000014							
D	4.7	0.000056	0.000022	0.000041	0.000039	0.000042	0.000039	0.000024							
Triphenylene															
A	0.37	0.0000044	0.0000017	0.0000032	0.0000030	0.0000033	0.0000031	0.0000019	情報なし						
B	2.3	0.0000278	0.0000108	0.0000203	0.0000191	0.0000209	0.0000193	0.0000120							
C	0.19	0.0000022	0.0000009	0.0000016	0.0000015	0.0000017	0.0000016	0.0000010							
D	0.56	0.0000067	0.0000026	0.0000049	0.0000046	0.0000050	0.0000046	0.0000029							
Chrysene															
A	0.36	0.0000043	0.0000017	0.0000031	0.0000030	0.0000032	0.0000030	0.0000019	0.000002 mg/m ³ EPA (IRIS 2017)	0.00083	0.0016	0.0015	0.0016	0.0015	0.0009
B	2.5	0.000029	0.000011	0.000022	0.000020	0.000022	0.000021	0.000013		0.0057	0.011	0.010	0.011	0.010	0.0064
C	0.18	0.0000022	0.0000009	0.0000016	0.0000015	0.0000017	0.0000015	0.0000009		0.00043	0.00080	0.00076	0.00083	0.00077	0.00047
D	0.64	0.0000077	0.0000030	0.0000056	0.0000053	0.0000058	0.0000054	0.0000033		0.0015	0.0028	0.0027	0.0029	0.0027	0.0017
Benzo[b]fluoranthene															
A	0.46	0.0000056	0.0000022	0.0000041	0.0000038	0.0000042	0.0000039	0.0000024	0.000002 mg/m ³ EPA (IRIS 2017)	0.0011	0.0020	0.0019	0.0021	0.0019	0.0012
B	2.9	0.000035	0.000014	0.000026	0.000024	0.000026	0.000024	0.000015		0.0068	0.013	0.012	0.013	0.012	0.0076
C	0.35	0.0000042	0.0000016	0.0000031	0.0000029	0.0000032	0.0000029	0.0000018		0.0008	0.0015	0.0015	0.0016	0.0015	0.0009
D	0.86	0.000010	0.0000040	0.0000075	0.0000071	0.0000077	0.0000072	0.0000044		0.0020	0.0038	0.0035	0.0039	0.0036	0.0022
Benzo[k]fluoranthene															
A	0.18	0.0000022	0.0000008	0.0000016	0.0000015	0.0000016	0.0000015	0.00000093	0.000002 mg/m ³ EPA (IRIS 2017)	0.00042	0.00078	0.00074	0.00081	0.00075	0.00046
B	0.88	0.000011	0.0000041	0.0000077	0.0000073	0.0000079	0.0000073	0.0000045		0.0020	0.0038	0.0036	0.0040	0.0037	0.0023
C	0.12	0.0000014	0.00000055	0.0000010	0.0000010	0.0000011	0.0000010	0.00000081		0.00027	0.00051	0.00048	0.00053	0.00049	0.00030
D	0.34	0.0000041	0.0000016	0.0000030	0.0000028	0.0000031	0.0000029	0.0000018		0.00080	0.0015	0.0014	0.0015	0.0014	0.00089
Benzo[j]fluoranthene															
A	0.20	0.0000024	0.0000009	0.0000017	0.0000016	0.0000018	0.0000017	0.0000010	0.000002 mg/m ³ EPA (IRIS 2017)	0.00046	0.00087	0.00082	0.00089	0.00083	0.00051
B	0.71	0.0000085	0.0000033	0.0000062	0.0000059	0.0000064	0.0000059	0.0000037		0.0017	0.0031	0.0029	0.0032	0.0030	0.0018
C	0.16	0.0000019	0.00000074	0.0000014	0.0000013	0.0000014	0.0000013	0.00000082		0.00037	0.00070	0.00066	0.00072	0.00066	0.00041
D	0.39	0.0000047	0.0000018	0.0000034	0.0000032	0.0000035	0.0000033	0.0000020		0.00091	0.0017	0.0016	0.0018	0.0016	0.0010
Benzo[e]pyrene															
A	2.8	0.000034	0.000013	0.000025	0.000023	0.000025	0.000024	0.000015	0.000002 mg/m ³ EPA (IRIS 2017)	0.0066	0.012	0.012	0.013	0.012	0.0073
B	4.3	0.000051	0.000020	0.000038	0.000035	0.000039	0.000036	0.000022		0.0099	0.019	0.018	0.019	0.018	0.011
C	1.9	0.000023	0.0000088	0.000017	0.000016	0.000017	0.000016	0.0000098		0.0044	0.0083	0.0078	0.0085	0.0079	0.0049
D	2.8	0.000034	0.000013	0.000025	0.000023	0.000026	0.000024	0.000015		0.0066	0.012	0.012	0.013	0.012	0.0073
Benzo[a]pyrene															
A	1.6	0.0000194	0.0000075	0.0000142	0.0000134	0.0000145	0.0000135	0.0000084	0.000002 mg/m ³ EPA (IRIS 2017)	0.0038	0.0071	0.0067	0.0073	0.0067	0.0042
B	2.2	0.0000261	0.0000101	0.0000190	0.0000179	0.0000195	0.0000181	0.0000112		0.0050	0.0095	0.0090	0.0098	0.0091	0.0056
C	1.4	0.0000173	0.0000067	0.0000126	0.0000119	0.0000130	0.0000120	0.0000075		0.0033	0.0063	0.0060	0.0065	0.0060	0.0037
D	2.3	0.0000273	0.0000106	0.0000199	0.0000188	0.0000205	0.0000190	0.0000118		0.0053	0.010	0.0094	0.010	0.0095	0.0059
Indeno[1,2,3-cd]pyrene															
A	0.85	0.000010	0.0000039	0.0000074	0.0000070	0.0000076	0.0000071	0.0000044	0.000002 mg/m ³ EPA (IRIS 2017)	0.0020	0.0037	0.0035	0.0038	0.0035	0.0022
B	1.5	0.000018	0.0000068	0.000013	0.000012	0.000013	0.000012	0.0000076		0.0034	0.0064	0.0060	0.0066	0.0061	0.0038
C	0.73	0.0000088	0.0000034	0.0000064	0.0000061	0.0000066	0.0000061	0.0000038		0.0017	0.0032	0.0030	0.0033	0.0031	0.0019
D	1.4	0.000016	0.0000063	0.000012	0.000011	0.000012	0.000011	0.0000071		0.0032	0.0060	0.0056	0.0061	0.0057	0.0035
Dibenz[a,h]anthracene															
A	0.020	0.00000024	0.00000009	0.00000018	0.00000017	0.00000018	0.00000017	0.00000010	0.000002 mg/m ³ EPA (IRIS 2017)	0.000046	0.000088	0.000083	0.000090	0.000083	0.000052
B	0.020														

表19-1：ゴムチップ製品由来PAHsの各年齢層における経口曝露量及びハザード比

化合物名	先行研究のゴ ムチップ中最 大含有量 (μg/g)	最大溶出率 (%) [*]	推定最大 溶出量 (μg/g) ^{**}	平均一日経口摂取量(μg/kgbw/d)																許容値等	ハザード比 (HQ)													
				小学校低学年				小学校高学年				中学生				高校生					大学生				大人									
				唾液由来	胃液由来	腸液由来	合計	唾液由来	胃液由来	腸液由来	合計	唾液由来	胃液由来	腸液由来	合計	唾液由来	胃液由来	腸液由来	合計		唾液由来	胃液由来	腸液由来	合計	唾液由来	胃液由来	腸液由来	合計	小学校 低学年	小学校 高学年	中学生	高校生	大学生	大人
Naphthalene	6.9	13	0.90	0.0034	0.0034	0.0034	0.010	0.0029	0.0029	0.0029	0.0086	0.0015	0.0015	0.0015	0.0046	0.0013	0.0013	0.0013	0.0038	0.0012	0.0012	0.0012	0.0035	0.0013	0.0013	0.0013	0.0039	0.02 mg/kg/day EPA (IRIS 1998)	0.00050	0.00043	0.00023	0.00019	0.00018	0.00020
2-Methylnaphthalene	3.3	14	0.48	0.0018	0.0018	0.0018	0.0054	0.0015	0.0015	0.0015	0.0046	0.00082	0.00082	0.00082	0.0025	0.00068	0.00068	0.00068	0.0020	0.00064	0.00064	0.00064	0.0019	0.00070	0.00070	0.00070	0.0021	0.004 mg/kg/day EPA (IRIS 2003)	0.0014	0.0012	0.00061	0.00051	0.00048	0.00053
1-Methylnaphthalene	1.9	15	0.29	0.0011	0.0011	0.0011	0.0033	0.0009	0.0009	0.0009	0.0028	0.00049	0.00049	0.00049	0.0015	0.00041	0.00041	0.00041	0.0012	0.00038	0.00038	0.00038	0.0011	0.00042	0.00042	0.00042	0.0013	0.004 mg/kg/day EPA (IRIS 2003)	0.00081	0.00070	0.00037	0.00031	0.00029	0.00032
Biphenyl	0.70	42	0.29	0.0011	0.0011	0.0011	0.0033	0.0009	0.0009	0.0009	0.0028	0.00050	0.00050	0.00050	0.0015	0.00042	0.00042	0.00042	0.0012	0.00039	0.00039	0.00039	0.0012	0.00043	0.00043	0.00043	0.0013	0.05 mg/kg/bw JECFA (1964)	0.000066	0.000057	0.000030	0.000025	0.000023	0.00032
2,6-Dimethylnaphthalene	3.1	26	0.82	0.0031	0.0031	0.0031	0.0092	0.0026	0.0026	0.0026	0.0079	0.0014	0.0014	0.0014	0.0042	0.0012	0.0012	0.0012	0.0035	0.0011	0.0011	0.0011	0.0033	0.0012	0.0012	0.0012	0.0036	情報なし						
Acenaphthylene	1.8	18	0.33	0.0012	0.0012	0.0012	0.0037	0.0011	0.0011	0.0011	0.0032	0.00056	0.00056	0.00056	0.0017	0.00046	0.00046	0.00046	0.0014	0.00043	0.00043	0.00043	0.0013	0.00048	0.00048	0.00048	0.0014	情報なし						
Acenaphthene	0.44	30	0.13	0.0005	0.0005	0.0005	0.0015	0.0004	0.0004	0.0004	0.0013	0.00022	0.00022	0.00022	0.00067	0.00019	0.00019	0.00019	0.0006	0.00017	0.00017	0.00017	0.00052	0.00019	0.00019	0.00019	0.00058	6 x 10 ⁻² mg/kg/day EPA IRIS (1990)	0.000025	0.000021	0.000011	0.000009	0.000009	0.000010
Dibenzofuran	0.82	48	0.39	0.0015	0.0015	0.0015	0.0044	0.0013	0.0013	0.0013	0.0038	0.00067	0.00067	0.00067	0.0020	0.00055	0.00055	0.00055	0.0017	0.00052	0.00052	0.00052	0.0016	0.00057	0.00057	0.00057	0.0017	情報なし						
Fluorene***	0.70	100	0.70	0.0026	0.0026	0.0026	0.0079	0.0023	0.0023	0.0023	0.0068	0.0012	0.0012	0.0012	0.0036	0.0010	0.0010	0.0010	0.0030	0.00093	0.00093	0.00093	0.0028	0.0010	0.0010	0.0010	0.0031	4 x 10 ⁻² mg/kg/day EPA IRIS (1990)	0.00020	0.00017	0.000090	0.000075	0.000070	0.000077
Dibenzothiophene	0.91	40	0.36	0.0014	0.0014	0.0014	0.0041	0.0012	0.0012	0.0012	0.0035	0.00062	0.00062	0.00062	0.0019	0.00051	0.00051	0.00051	0.0015	0.00048	0.00048	0.00048	0.0014	0.00053	0.00053	0.00053	0.0016	情報なし						
Phenanthrene	4.5	2.8	0.12	0.00047	0.00047	0.00047	0.0014	0.0004	0.0004	0.0004	0.0012	0.00021	0.00021	0.00021	0.00064	0.00018	0.00018	0.00018	0.00053	0.00016	0.00016	0.00016	0.00049	0.00018	0.00018	0.00018	0.00055	0.0003 mg/kg/day EPA (IRIS 2017)	0.0047	0.0040	0.0021	0.0018	0.0016	0.0018
Anthracene	0.66	22	0.14	0.00054	0.00054	0.00054	0.0016	0.0005	0.0005	0.0005	0.0014	0.00024	0.00024	0.00024	0.00073	0.00020	0.00020	0.00020	0.00061	0.00019	0.00019	0.00019	0.00057	0.00021	0.00021	0.00021	0.00063	0.3 mg/kg/day EPA IRIS (0.0000054	0.0000046	0.0000024	0.0000020	0.0000019	0.0000021
3-Methylphenanthrene	4.3	50	2.2	0.0081	0.0081	0.0081	0.0243	0.0069	0.0069	0.0069	0.021	0.0037	0.0037	0.0037	0.0110	0.0031	0.0031	0.0031	0.0092	0.0029	0.0029	0.0029	0.0086	0.0032	0.0032	0.0032	0.0095	情報なし						
2-Methylphenanthrene	1.9	44	0.83	0.0031	0.0031	0.0031	0.0094	0.0027	0.0027	0.0027	0.0080	0.0014	0.0014	0.0014	0.0042	0.0012	0.0012	0.0012	0.0035	0.0011	0.0011	0.0011	0.0033	0.0012	0.0012	0.0012	0.0037	情報なし						
9-Methylphenanthrene	1.8	38	0.70	0.0026	0.0026	0.0026	0.0078	0.0022	0.0022	0.0022	0.0067	0.0012	0.0012	0.0012	0.0035	0.0010	0.0010	0.0010	0.0029	0.00092	0.00092	0.00092	0.0028	0.0010	0.0010	0.0010	0.0031	情報なし						
1-Methylphenanthrene	1.4	52	0.72	0.0027	0.0027	0.0027	0.0080	0.0023	0.0023	0.0023	0.0069	0.0012	0.0012	0.0012	0.0036	0.0010	0.0010	0.0010	0.0030	0.00094	0.00094	0.00094	0.0028	0.0010	0.0010	0.0010	0.0031	情報なし						
Fluoranthene	12	0.77	0.093	0.00035	0.00035	0.00035	0.0010	0.00030	0.00030	0.00030	0.00089	0.00016	0.00016	0.00016	0.00047	0.00013	0.00013	0.00013	0.00039	0.00012	0.00012	0.00012	0.00037	0.00014	0.00014	0.00014	0.00041	0.04 mg/kg/day EPA IRIS (1990)	0.000026	0.000022	0.000012	0.000010	0.000009	0.000010
Pyrene	37	0.15	0.054	0.00020	0.00020	0.00020	0.00061	0.00017	0.00017	0.00017	0.00052	0.000092	0.000092	0.000092	0.00028	0.00008	0.00008	0.00008	0.00023	0.000072	0.000072	0.000072	0.00022	0.00008	0.00008	0.00008	0.00024	0.03 mg/kg/day EPA IRIS (1990)	0.000020	0.000017	0.0000092	0.0000077	0.0000072	0.0000079
Benzo[c]fluorene	0.30	23	0.067	0.00025	0.00025	0.00025	0.00076	0.00022	0.00022	0.00022	0.00065	0.00011	0.00011	0.00011	0.00034	0.00010	0.00010	0.00010	0.00029	0.000089	0.000089	0.000089	0.00027	0.00010	0.00010	0.00010	0.00030	情報なし						
Benz[a]anthracene	2.2	88	2.0	0.0073	0.0073	0.0073	0.0220	0.0063	0.0063	0.0063	0.019	0.0033	0.0033	0.0033	0.0100	0.0028	0.0028	0.0028	0.0083	0.0026	0.0026	0.0026	0.0078	0.0029	0.0029	0.0029	0.0086	0.0003 mg/kg/day EPA (IRIS 2017)	0.073	0.063	0.033	0.028	0.026	0.029
Cyclopenta[cd]pyrene	6.2	1.9	0.12	0.00044	0.00044	0.00044	0.0013	0.0004	0.0004	0.0004	0.0011	0.00020	0.00020	0.00020	0.00060	0.00017	0.00017	0.00017	0.00050	0.00016	0.00016	0.00016	0.00047	0.00017	0.00017	0.00017	0.00052	情報なし						
Triphenylene	2.9	47	1.3	0.0050	0.0050	0.0050	0.0150	0.0043	0.0043	0.0043	0.013	0.0023	0.0023	0.0023	0.0068	0.0019	0.0019	0.0019	0.0057	0.0018	0.0018	0.0018	0.0053	0.0020	0.0020	0.0020	0.0059	情報なし						
Chrysene	3.1	39	1.2	0.0046	0.0046	0.0046	0.0138	0.0040	0.0040	0.0040	0.012	0.0021	0.0021	0.0021	0.																			

表19-2：ゴムチップ製品由来PAHsの各年齢層における経皮曝露量及びハザード比

化合物名	先行研究のゴムチップ中最大含有量 (μg/g)	最大溶出率 (%) [*]	推定最大溶出量 (μg/g) ^{**}	平均一日曝露量 (経皮) (μg/kg/day)						許容値等	ハザード比 (HQ)					
				小学校低学年	小学校高学年	中学生	高校生	大学生	大人		小学校低学年	小学校高学年	中学生	高校生	大学生	大人
Naphthalene	6.9	13	0.90	0.034	0.043	0.046	0.038	0.035	0.039	0.02 mg/kg/day EPA (IRIS 1998)	0.0017	0.0022	0.0023	0.0019	0.0018	0.0020
2-Methylnaphthalene	3.3	14	0.48	0.018	0.023	0.025	0.020	0.019	0.021	0.004 mg/kg/day EPA (IRIS 2003)	0.0045	0.0058	0.0061	0.0051	0.0048	0.0053
1-Methylnaphthalene	1.9	15	0.29	0.011	0.014	0.015	0.012	0.011	0.013	0.004 mg/kg/day EPA (IRIS 2003)	0.0027	0.0035	0.0037	0.0031	0.0029	0.0032
Biphenyl	0.70	42	0.29	0.011	0.014	0.015	0.012	0.012	0.013	0.05 mg/kg/bw JECFA (1964)	0.00022	0.00028	0.00030	0.00025	0.00023	0.0032
2,6-Dimethylnaphthalene	3.1	26	0.82	0.031	0.040	0.042	0.035	0.033	0.036	情報なし						
Acenaphthylene	1.8	18	0.33	0.012	0.016	0.017	0.014	0.013	0.014	情報なし						
Acenaphthene	0.44	30	0.13	0.0049	0.0063	0.0067	0.0056	0.0052	0.0058	6 x 10 ⁻² mg/kg/day EPA IRIS (1990)	0.000082	0.00011	0.00011	0.00009	0.00009	0.00010
Dibenzofuran	0.82	48	0.39	0.015	0.019	0.020	0.017	0.016	0.017	情報なし						
Fluorene***	0.70	100	0.70	0.026	0.034	0.036	0.030	0.028	0.031	4 x 10 ⁻² mg/kg/day EPA IRIS (1990)	0.00066	0.00085	0.00090	0.00075	0.00070	0.00077
Dibenzothiophene	0.91	40	0.36	0.014	0.018	0.019	0.015	0.014	0.016	情報なし						
Phenanthrene	4.5	2.8	0.12	0.0047	0.0060	0.0064	0.0053	0.0049	0.0055	0.0003 mg/kg/day EPA (IRIS 2017)	0.016	0.020	0.021	0.018	0.016	0.018
Anthracene	0.66	22	0.14	0.0054	0.0069	0.0073	0.0061	0.0057	0.0063	0.3 mg/kg/day EPA IRIS	0.000018	0.000023	0.000024	0.000020	0.000019	0.000021
3-Methylphenanthrene	4.3	50	2.2	0.081	0.104	0.110	0.092	0.086	0.095	情報なし						
2-Methylphenanthrene	1.9	44	0.83	0.031	0.040	0.042	0.035	0.033	0.037	情報なし						
9-Methylphenanthrene	1.8	38	0.70	0.026	0.034	0.035	0.029	0.028	0.031	情報なし						
1-Methylphenanthrene	1.4	52	0.72	0.027	0.034	0.036	0.030	0.028	0.031	情報なし						
Fluoranthene	12	0.77	0.093	0.0035	0.0045	0.0047	0.0039	0.0037	0.0041	0.04 mg/kg/day EPA IRIS (1990)	0.000087	0.00011	0.00012	0.000098	0.000092	0.00010
Pyrene	37	0.15	0.054	0.0020	0.0026	0.0028	0.0023	0.0022	0.0024	0.03 mg/kg/day EPA IRIS (1990)	0.000068	0.000087	0.000092	0.000077	0.000072	0.000079
Benzo[c]fluorene	0.30	23	0.067	0.0025	0.0032	0.0034	0.0029	0.0027	0.0030	情報なし						
Benzo[a]anthracene	2.2	88	2.0	0.073	0.094	0.100	0.083	0.078	0.086	0.0003 mg/kg/day EPA (IRIS 2017)	0.24	0.31	0.33	0.28	0.26	0.29
Cyclopenta[cd]pyrene	6.2	1.9	0.12	0.0044	0.0057	0.0060	0.0050	0.0047	0.0052	情報なし						
Triphenylene	2.9	47	1.3	0.050	0.064	0.068	0.057	0.053	0.059	情報なし						
Chrysene	3.1	39	1.2	0.046	0.059	0.063	0.052	0.049	0.054	0.0003 mg/kg/day EPA (IRIS 2017)	0.15	0.20	0.21	0.17	0.16	0.18
Benzo[b]fluoranthene	1.5	11	0.17	0.0064	0.0083	0.0087	0.0073	0.0068	0.0075	0.0003 mg/kg/day EPA (IRIS 2017)	0.021	0.028	0.029	0.024	0.023	0.025
Benzo[k]fluoranthene	0.58	47	0.27	0.010	0.013	0.014	0.011	0.011	0.012	0.0003 mg/kg/day EPA (IRIS 2017)	0.034	0.044	0.046	0.038	0.036	0.040
Benzo[j]fluoranthene	0.58	34	0.20	0.0074	0.010	0.010	0.0084	0.0079	0.0087	0.0003 mg/kg/day EPA (IRIS 2017)	0.025	0.032	0.034	0.028	0.026	0.029
Benzo[e]pyrene	4.6	1.9	0.089	0.0033	0.0043	0.0046	0.0038	0.0035	0.0039	0.0003 mg/kg/day EPA (IRIS 2017)	0.011	0.014	0.015	0.013	0.012	0.013
Benzo[a]pyrene	2.8	2.9	0.081	0.0031	0.0039	0.0042	0.0035	0.0032	0.0036	0.0003 mg/kg/day EPA (IRIS 2017)	0.010	0.013	0.014	0.012	0.011	0.012
Indeno[1,2,3-cd]pyrene	1.3	5.3	0.072	0.0027	0.0035	0.0037	0.0030	0.0029	0.0032	0.0003 mg/kg/day EPA (IRIS 2017)	0.0090	0.012	0.012	0.010	0.010	0.011
Dibenz[a,h]anthracene	0.79	54	0.43	0.016	0.021	0.022	0.018	0.017	0.019	0.0003 mg/kg/day EPA (IRIS 2017)	0.054	0.069	0.073	0.061	0.057	0.063
Benzo[ghi]perylene	9.6	1.0	0.093	0.0035	0.0045	0.0047	0.0039	0.0037	0.0041	0.0003 mg/kg/day EPA (IRIS 2017)	0.012	0.015	0.016	0.013	0.012	0.014
Coronene	8.5	4.3	0.36	0.014	0.018	0.019	0.015	0.014	0.016	情報なし						

* 溶出試験は全てLOQ (0.025 μg/g) 以下であったため、LOQ値を最大溶出量として計算 (4種の人工体液で全て同じ値)

** 先行研究×最大溶出量

***溶出試験のLOQが含有量 (0.017 μg/g) を超えていたため溶出率を100%と仮定した。

青字はBenzo[a]pyreneの許容値を援用 (ATSDRでは、これらのPAHsがまとめて評価されていたため)

緑字は2-Methylnaphthaleneの許容値を援用 (ATSDRにより設定されていたものの、当該許容値の方がより低値だったため)

表19-3：ゴムチップ製品由来PAHsの各年齢層における吸入曝露量及びハザード比

化合物名	先行研究のゴムチップ中最大含有量(μg/g)	空気中濃度(μg/m ³)	平均一日曝露濃度(μg/m ³)						許容値	ハザード比					
			小学校低学年	小学校高学年	中学生	高校生	大学生	大人		小学校低学年	小学校高学年	中学生	高校生	大学生	大人
Naphthalene	6.9	0.000083	0.000032	0.000061	0.000057	0.000062	0.000058	0.000036	0.003 mg/m ³ for chronic inhalation (MRL) ATSDR (2005)	0.000011	0.000020	0.000019	0.000021	0.000019	0.000012
2-Methylnaphthalene	3.3	0.000040	0.000015	0.000029	0.000027	0.000030	0.000028	0.000017	0.003 mg/m ³ for chronic inhalation (MRL) ATSDR (2005)	0.0000052	0.000010	0.0000092	0.000010	0.0000093	0.0000057
1-Methylnaphthalene	1.9	0.000023	0.0000089	0.000017	0.000016	0.000017	0.000016	0.000010	0.003 mg/m ³ for chronic inhalation (MRL) ATSDR (2005)	0.0000030	0.0000056	0.0000053	0.0000057	0.0000053	0.0000033
Biphenyl	0.70	0.0000084	0.0000033	0.0000062	0.0000058	0.0000063	0.0000059	0.0000036	31.0 μg/m ³ ACGIH (2001) 1.3 mg/m ³ より換算	0.00000011	0.00000020	0.00000019	0.00000020	0.00000019	0.00000012
2,6-Dimethylnaphthalene	3.1	0.000038	0.000015	0.000027	0.000026	0.000028	0.000026	0.000016	情報なし						
Acenaphthylene	1.8	0.000021	0.0000083	0.000016	0.000015	0.000016	0.000015	0.0000092	情報なし						
Acenaphthene	0.44	0.0000053	0.0000020	0.0000038	0.0000036	0.0000039	0.0000037	0.0000023	0.000002 mg/m ³ EPA (IRIS 2017)	0.0010	0.0019	0.0018	0.0020	0.0018	0.0011
Dibenzofuran	0.82	0.000010	0.0000038	0.0000071	0.0000067	0.0000073	0.0000068	0.0000042	情報なし						
Fluorene***	0.70	0.0000085	0.0000033	0.0000062	0.0000058	0.0000063	0.0000059	0.0000036	0.000002 mg/m ³ EPA (IRIS 2017)	0.0016	0.0031	0.0029	0.0032	0.0029	0.0018
Dibenzothiophene	0.91	0.000011	0.0000042	0.0000080	0.0000075	0.0000082	0.0000076	0.0000047	情報なし						
Phenanthrene	4.5	0.000054	0.000021	0.000039	0.000037	0.000040	0.000038	0.000023	0.000002 mg/m ³ EPA (IRIS 2017)	0.010	0.020	0.019	0.020	0.019	0.012
Anthracene	0.66	0.0000079	0.0000031	0.0000058	0.0000055	0.0000059	0.0000055	0.0000034	0.000002 mg/m ³ EPA (IRIS 2017)	0.0015	0.0029	0.0027	0.0030	0.0028	0.0017
3-Methylphenanthrene	4.3	0.000051	0.000020	0.000038	0.000035	0.000039	0.000036	0.000022	情報なし						
2-Methylphenanthrene	1.9	0.000023	0.0000088	0.000017	0.000016	0.000017	0.000016	0.000010	情報なし						
9-Methylphenanthrene	1.8	0.000022	0.0000084	0.000016	0.000015	0.000016	0.000015	0.0000094	情報なし						
1-Methylphenanthrene	1.4	0.000016	0.0000063	0.000012	0.000011	0.000012	0.000011	0.0000070	情報なし						
Fluoranthene	12	0.00014	0.000056	0.00010	0.000099	0.00011	0.00010	0.000062	0.000002 mg/m ³ EPA (IRIS 2017)	0.028	0.052	0.049	0.054	0.050	0.031
Pyrene	37	0.00045	0.00017	0.00033	0.00031	0.00034	0.00031	0.00019	0.000002 mg/m ³ EPA (IRIS 2017)	0.087	0.16	0.15	0.17	0.16	0.097
Benzo[c]fluorene	0.30	0.0000036	0.0000014	0.0000026	0.0000024	0.0000027	0.0000025	0.0000015	情報なし						
Benz[a]anthracene	2.2	0.000027	0.000010	0.000020	0.000018	0.000020	0.000019	0.000012	0.000002 mg/m ³ EPA (IRIS 2017)	0.0052	0.010	0.0092	0.010	0.00932	0.0058
Cyclopenta[cd]pyrene	6.2	0.000074	0.000029	0.000054	0.000051	0.000056	0.000052	0.000032	情報なし						
Triphenylene	2.9	0.000035	0.000013	0.000025	0.000024	0.000026	0.000024	0.000015	情報なし						
Chrysene	3.1	0.000038	0.000015	0.000027	0.000026	0.000028	0.000026	0.000016	0.000002 mg/m ³ EPA (IRIS 2017)	0.0073	0.014	0.013	0.014	0.013	0.0081
Benzo[b]fluoranthene	1.5	0.000018	0.0000070	0.000013	0.000013	0.000014	0.000013	0.0000078	0.000002 mg/m ³ EPA (IRIS 2017)	0.0035	0.0066	0.0063	0.0068	0.0063	0.0039
Benzo[k]fluoranthene	0.58	0.0000069	0.0000027	0.0000051	0.0000048	0.0000052	0.0000048	0.0000030	0.000002 mg/m ³ EPA (IRIS 2017)	0.0013	0.0025	0.0024	0.0026	0.0024	0.0015
Benzo[j]fluoranthene	0.58	0.0000070	0.0000027	0.0000051	0.0000048	0.0000052	0.0000049	0.0000030	0.000002 mg/m ³ EPA (IRIS 2017)	0.0014	0.0026	0.0024	0.0026	0.0024	0.0015
Benzo[e]pyrene	4.6	0.000055	0.000021	0.000040	0.000038	0.000041	0.000038	0.000024	0.000002 mg/m ³ EPA (IRIS 2017)	0.011	0.020	0.019	0.021	0.019	0.012
Benzo[a]pyrene	2.8	0.000034	0.000013	0.000025	0.000023	0.000025	0.000024	0.000015	0.000002 mg/m ³ EPA (IRIS 2017)	0.0066	0.012	0.012	0.013	0.012	0.0073
Indeno[1,2,3-cd]pyrene	1.3	0.000016	0.0000063	0.000012	0.000011	0.000012	0.000011	0.0000070	0.000002 mg/m ³ EPA (IRIS 2017)	0.0031	0.0059	0.0056	0.0061	0.0056	0.0035
Dibenzo[a,h]anthracene	0.79	0.0000095	0.0000037	0.0000069	0.0000065	0.0000071	0.0000066	0.0000041	0.000002 mg/m ³ EPA (IRIS 2017)	0.0018	0.0035	0.0033	0.0035	0.0033	0.0020
Benzo[ghi]perylene	9.6	0.00012	0.000045	0.000084	0.000079	0.000086	0.000080	0.000050	0.000002 mg/m ³ EPA (IRIS 2017)	0.022	0.042	0.040	0.043	0.040	0.025
Coronene	8.5	0.00010	0.000039	0.000074	0.000070	0.000076	0.000070	0.000044	情報なし						

青字はBenzo[a]pyreneの許容値を採用（ATSDRでは、これらのPAHsがまとめて評価されていたため）

緑字はNaphthaleneの許容値を採用（類似物質の許容値のうち最も低値だったため）

表20-1：各運動場から採取したゴムチップ由来ゴム添加剤等の各年齢層における経口曝露量及びハザード比

物質名/ 運動場	最大溶出濃度 (唾液)	最大溶出濃度 (胃液)	最大溶出濃度 (腸液)	平均一日経口摂取量(μg/kg bw/d)																許容値等	ハザード比 (HQ)														
	小学校低学年				小学校高学年				中学生				高校生				大学生				大人				小学校 低学年	小学校 高学年	中学生	高校生	大学生	大人					
	μg/g	μg/g	μg/g	唾液由来	胃液由来	腸液由来	合計	唾液由来	胃液由来	腸液由来	合計	唾液由来	胃液由来	腸液由来	合計	唾液由来	胃液由来	腸液由来	合計	唾液由来	胃液由来	腸液由来	合計												
MBT (2-Mercaptobenzothiazole)																																			
A	0.025	0.034	0.074	0.000094	0.00013	0.00028	0.00050	0.000080	0.00011	0.00024	0.00043	0.000043	0.000058	0.00013	0.00023	0.000035	0.000048	0.00010	0.00019	0.000033	0.000045	0.00010	0.00018	0.000037	0.000050	0.00011	0.00019	情報なし							
B	0.027	0.025	0.025	0.00010	0.000094	0.000094	0.00029	0.000087	0.000080	0.000080	0.00025	0.000046	0.000043	0.000043	0.00013	0.000038	0.000035	0.000035	0.00011	0.000036	0.000033	0.000033	0.00010	0.000040	0.000037	0.000037	0.00011								
C	0.025	0.029	0.025	0.000094	0.00011	0.000094	0.00030	0.000080	0.000093	0.000080	0.00025	0.000043	0.000049	0.000043	0.00013	0.000035	0.000041	0.000035	0.00011	0.000033	0.000038	0.000033	0.00010	0.000037	0.000043	0.000037	0.00012								
D	0.17	0.025	0.14	0.00065	0.00009	0.00054	0.0013	0.00055	0.000080	0.00046	0.0011	0.00029	0.000043	0.00025	0.00058	0.00024	0.000035	0.00020	0.00048	0.00023	0.000033	0.00019	0.00045	0.00025	0.000037	0.00021	0.00050								
TBBS (N-tert-butylbenzothiazole-2-sulfenamide)																																			
A	0.13	0.13	0.13	0.00049	0.00049	0.00049	0.0015	0.00042	0.00042	0.00042	0.0013	0.00022	0.00022	0.00022	0.00066	0.00018	0.00018	0.00018	0.00055	0.00017	0.00017	0.00017	0.00051	0.00019	0.00019	0.00019	0.00057	情報なし							
B	0.13	0.13	0.13	0.00049	0.00049	0.00049	0.0015	0.00042	0.00042	0.00042	0.0013	0.00022	0.00022	0.00022	0.00066	0.00018	0.00018	0.00018	0.00055	0.00017	0.00017	0.00017	0.00051	0.00019	0.00019	0.00019	0.00057								
C	0.13	0.13	0.13	0.00049	0.00049	0.00049	0.0015	0.00042	0.00042	0.00042	0.0013	0.00022	0.00022	0.00022	0.00066	0.00018	0.00018	0.00018	0.00055	0.00017	0.00017	0.00017	0.00051	0.00019	0.00019	0.00019	0.00057								
D	0.13	0.13	0.13	0.00049	0.00049	0.00049	0.0015	0.00042	0.00042	0.00042	0.0013	0.00022	0.00022	0.00022	0.00066	0.00018	0.00018	0.00018	0.00055	0.00017	0.00017	0.00017	0.00051	0.00019	0.00019	0.00019	0.00057								
DCBS (N,N-dicyclohexylbenzothiazole-2-sulfenamide)																																			
A	0.13	0.13	0.13	0.00049	0.00049	0.00049	0.0015	0.00042	0.00042	0.00042	0.0013	0.00022	0.00022	0.00022	0.00066	0.00018	0.00018	0.00018	0.00055	0.00017	0.00017	0.00017	0.00051	0.00019	0.00019	0.00019	0.00057	情報なし							
B	0.13	0.13	0.13	0.00049	0.00049	0.00049	0.0015	0.00042	0.00042	0.00042	0.0013	0.00022	0.00022	0.00022	0.00066	0.00018	0.00018	0.00018	0.00055	0.00017	0.00017	0.00017	0.00051	0.00019	0.00019	0.00019	0.00057								
C	0.13	0.13	0.13	0.00049	0.00049	0.00049	0.0015	0.00042	0.00042	0.00042	0.0013	0.00022	0.00022	0.00022	0.00066	0.00018	0.00018	0.00018	0.00055	0.00017	0.00017	0.00017	0.00051	0.00019	0.00019	0.00019	0.00057								
D	0.13	0.13	0.13	0.00049	0.00049	0.00049	0.0015	0.00042	0.00042	0.00042	0.0013	0.00022	0.00022	0.00022	0.00066	0.00018	0.00018	0.00018	0.00055	0.00017	0.00017	0.00017	0.00051	0.00019	0.00019	0.00019	0.00057								
BTZ (Benzothiazole)																																			
A	0.75	1.2	0.94	0.0028	0.0045	0.0035	0.0108	0.00241	0.00385	0.00302	0.0093	0.0013	0.0020	0.0016	0.0049	0.0011	0.0017	0.0013	0.0041	0.00099	0.0016	0.0012	0.0038	0.0011	0.0018	0.0014	0.0042	情報なし							
B	0.20	0.22	0.17	0.00074	0.00082	0.00064	0.0022	0.00064	0.00071	0.00055	0.0019	0.00034	0.00037	0.00029	0.0010	0.00028	0.00031	0.00024	0.00083	0.00026	0.00029	0.00022	0.00078	0.00029	0.00032	0.00025	0.00086								
C	0.77	1.0	0.77	0.0029	0.0037	0.0029	0.0095	0.0025	0.0032	0.0025	0.0082	0.0013	0.0017	0.0013	0.0043	0.0011	0.0014	0.0011	0.0036	0.0010	0.0013	0.0010	0.0034	0.0011	0.0015	0.0011	0.0037								
D	2.8	4.6	3.3	0.010	0.017	0.012	0.040	0.009	0.015	0.011	0.034	0.0048	0.0079	0.0056	0.018	0.0040	0.0065	0.0046	0.015	0.0037	0.0061	0.0043	0.014	0.0041	0.0068	0.0048	0.016								
BZL (2-Benzothiazolone)																																			
A	0.29	0.34	0.53	0.0011	0.0013	0.0020	0.0044	0.00093	0.00109	0.00170	0.0037	0.00049	0.00058	0.00090	0.0020	0.00041	0.00048	0.00075	0.00164	0.00038	0.00045	0.00070	0.00153	0.00043	0.00050	0.00078	0.0017	情報なし							
B	0.20	0.22	0.050	0.00074	0.00082	0.00019	0.0018	0.00064	0.00071	0.00016	0.0015	0.00034	0.00037	0.00009	0.00080	0.00028	0.00031	0.00007	0.00066	0.00026	0.00029	0.00007	0.00062	0.00029	0.00032	0.00007	0.00068								
C	0.56	0.47	0.33	0.0021	0.0018	0.0012	0.0051	0.0018	0.0015	0.0011	0.0044	0.00096	0.00080	0.00056	0.0023	0.00080	0.00066	0.00047	0.0019	0.00074	0.00062	0.00044	0.00180	0.00083	0.00069	0.00048	0.0020								
D	8.3	7.6	9.3	0.031	0.028	0.035	0.094	0.027	0.024	0.030	0.081	0.014	0.013	0.016	0.043	0.012	0.011	0.013	0.035	0.011	0.010	0.012	0.033	0.012	0.011	0.014	0.037								
2-MTBT (2-(Methylthio)benzothiazole)																																			
A	0.13	0.13	0.13	0.00049	0.00049	0.00049	0.0015	0.00042	0.00042	0.00042	0.0013	0.00022	0.00022	0.00022	0.00066	0.00018	0.00018	0.00018	0.00055	0.00017	0.00017	0.00017	0.00051	0.00019	0.00019	0.00019	0.00057	情報なし							
B	0.13	0.13	0.13	0.00049	0.00049	0.00049	0.0015	0.00042	0.00042	0.00042	0.0013	0.00022	0.00022	0.00022	0.00066	0.00018	0.00018	0.00018	0.00055	0.00017	0.00017	0.00017	0.00051	0.00019	0.00019	0.00019	0.00057								
C	0.13	0.13	0.13	0.00049	0.00049	0.00049	0.0015	0.00042	0.00042	0.00042	0.0013	0.00022	0.00022	0.00022	0.00066	0.00018	0.00018	0.00018	0.00055	0.00017	0.00017	0.00017	0.00051	0.00019	0.00019	0.00019	0.00057								
D	0.13	0.13	0.13	0.00049	0.00049	0.00049	0.0015	0.00042	0.00042	0.00042	0.0013	0.00022	0.00022	0.00022	0.00066	0.00018	0.00018	0.00018	0.00055	0.00017	0.00017	0.00017	0.00051	0.00019	0.00019	0.00019	0.00057								
DPG (1,3-Diphenylguanidine)																																			
A	0.091	0.076	0.091	0.00034	0.00028	0.00034	0.00097	0.00029	0.00024	0.00029	0.00083	0.00015	0.00013	0.00015	0.00044	0.00013	0.00011	0.00013	0.00036	0.00012	0.00010	0.00012	0.00034	0.00013	0.00011	0.00013	0.00038	情報なし							
B	0.043	0.062	0.014																																

表20-2：各運動場から採取したゴムチップ由来ゴム添加剤等の各年齢層における経皮曝露量及びハザード比

物質名/運動場	最大溶出濃度 (汗) µg/g	平均一日曝露量（経皮）(µg/kg/day)						許容値	ハザード比					
		小学校 低学年	小学校 高学年	中学生	高校生	大学生	大人		小学校 低学年	小学校 高学年	中学生	高校生	大学生	大人
MBT (2-Mercaptobenzothiazole)														
A	0.067	0.0025	0.0032	0.0034	0.0028	0.0026	0.0029	情報なし						
B	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011							
C	0.025	0.00094	0.0012	0.0013	0.0011	0.0010	0.0011							
D	0.11	0.0041	0.0052	0.0056	0.0046	0.0043	0.0048							
TBBS (N-tert-butylbenzothiazole-2-sulfenamide)														
A	0.13	0.0049	0.0063	0.0066	0.0055	0.0051	0.0057	情報なし						
B	0.13	0.0049	0.0063	0.0066	0.0055	0.0051	0.0057							
C	0.13	0.0049	0.0063	0.0066	0.0055	0.0051	0.0057							
D	0.13	0.0049	0.0063	0.0066	0.0055	0.0051	0.0057							
DCBS (N,N-dicyclohexylbenzothiazole-2-sulfenamide)														
A	0.13	0.0049	0.0063	0.0066	0.0055	0.0051	0.0057	情報なし						
B	0.13	0.0049	0.0063	0.0066	0.0055	0.0051	0.0057							
C	0.13	0.0049	0.0063	0.0066	0.0055	0.0051	0.0057							
D	0.13	0.0049	0.0063	0.0066	0.0055	0.0051	0.0057							
BTZ (Benzothiazole)														
A	0.90	0.034	0.043	0.046	0.038	0.036	0.040	情報なし						
B	0.21	0.0079	0.010	0.011	0.0089	0.0084	0.0093							
C	0.74	0.028	0.035	0.038	0.031	0.029	0.032							
D	3.2	0.12	0.15	0.16	0.14	0.13	0.14							
BZL (2-Benzothiazolone)														
A	0.26	0.0096	0.012	0.013	0.011	0.010	0.011	情報なし						
B	0.23	0.0087	0.011	0.012	0.0098	0.0092	0.010							
C	0.56	0.021	0.027	0.028	0.024	0.022	0.024							
D	6.0	0.22	0.29	0.30	0.25	0.24	0.26							
2-MTBT (2-(Methylthio)benzothiazole)														
A	0.13	0.0049	0.0063	0.0066	0.0055	0.0051	0.0057	情報なし						
B	0.13	0.0049	0.0063	0.0066	0.0055	0.0051	0.0057							
C	0.13	0.0049	0.0063	0.0066	0.0055	0.0051	0.0057							
D	0.13	0.0049	0.0063	0.0066	0.0055	0.0051	0.0057							
DPG (1,3-Diphenylguanidine)														
A	0.052	0.0020	0.0025	0.0027	0.0022	0.0021	0.0023	情報なし						
B	0.033	0.0012	0.0016	0.0017	0.0014	0.0013	0.0014							
C	0.013	0.00049	0.00063	0.00066	0.00055	0.00051	0.00057							
D	0.60	0.022	0.029	0.030	0.025	0.024	0.026							
DCyHA (Dicyclohexylamine)														
A	0.18	0.0069	0.0088	0.0093	0.0077	0.0072	0.0080	情報なし						
B	0.071	0.0026	0.0034	0.0036	0.0030	0.0028	0.0031							
C	0.30	0.011	0.015	0.015	0.013	0.012	0.013							
D	3.4	0.13	0.16	0.17	0.14	0.14	0.15							
Ph-BT (2-Phenylbenzothiazole)														
A	0.13	0.0049	0.0063	0.0066	0.0055	0.0051	0.0057	情報なし						
B	0.13	0.0049	0.0063	0.0066	0.0055	0.0051	0.0057							
C	0.13	0.0049	0.0063	0.0066	0.0055	0.0051	0.0057							
D	0.13	0.0049	0.0063	0.0066	0.0055	0.0051	0.0057							
CyHA-BT (N-cyclohexyl-1,3-benzothiazol-2-amine)														
A	0.13	0.0049	0.0063	0.0066	0.0055	0.0051	0.0057	情報なし						
B	0.13	0.0049	0.0063	0.0066	0.0055	0.0051	0.0057							
C	0.13	0.0049	0.0063	0.0066	0.0055	0.0051	0.0057							
D	0.13	0.0049	0.0063	0.0066	0.0055	0.0051	0.0057							
TMQ (1,2-Dihydro-2,2,4-trimethylquinoline)														
A	0.13	0.0049	0.0063	0.0066	0.0055	0.0051	0.0057	情報なし						
B	0.13	0.0049	0.0063	0.0066	0.0055	0.0051	0.0057							
C	0.13	0.0049	0.0063	0.0066	0.0055	0.0051	0.0057							
D	0.13	0.0049	0.0063	0.0066	0.0055	0.0051	0.0057							
6PPD (N-(1,3-Dimethylbutyl)-N'-phenyl-p-phenylenediamine)														
A	0.13	0.0049	0.0063	0.0066	0.0055	0.0051	0.0057	情報なし						
B	0.13	0.0049	0.0063	0.0066	0.0055	0.0051	0.0057							
C	0.13	0.0049	0.0063	0.0066	0.0055	0.0051	0.0057							
D	0.29	0.011	0.014	0.015	0.012	0.012	0.013							
ODPA (4,4'-Diocetylphenylamine)														
A	0.13	0.0049	0.0063	0.0066	0.0055	0.0051	0.0057	情報なし						
B	0.13	0.0049	0.0063	0.0066	0.0055	0.0051	0.0057							
C	0.13	0.0049	0.0063	0.0066	0.0055	0.0051	0.0057							
D	0.13	0.0049	0.0063	0.0066	0.0055	0.0051	0.0057							
DCD (4,4'-Bis(α,α-dimethylbanzyl)diphenylamine)														
A	0.013	0.00049	0.00063	0.00066	0.00055	0.00051	0.00057	情報なし						
B	0.013	0.00049	0.00063	0.00066	0.00055	0.00051	0.00057							
C	0.013	0.00049	0.00063	0.00066	0.00055	0.00051	0.00057							
D	0.013	0.00049	0.00063	0.00066	0.00055	0.00051	0.00057							
DPA (Diphenylamine)														
A	0.13	0.0049	0.0063	0.0066	0.0055	0.0051	0.0057	0.08 mg /kg/bw (ADI) JMPR (1998)	0.000061	0.000078	0.000083	0.000069	0.000064	0.000071
B	0.13	0.0049	0.0063	0.0066	0.0055	0.0051	0.0057		0.000061	0.000078	0.000083	0.000069	0.000064	0.000071
C	0.13	0.0049	0.0063	0.0066	0.0055	0.0051	0.0057		0.000061	0.000078	0.000083	0.000069	0.000064	0.000071
D	0.13	0.0049	0.0063	0.0066	0.0055	0.0051	0.0057		0.000061	0.000078	0.000083	0.000069	0.000064	0.000071
4-t-OP (4-tert-Octylphenol)														
A	0.13	0.0049	0.0063	0.0066	0.0055	0.0051	0.0057	情報なし						
B	0.13	0.0049	0.0063	0.0066	0.0055	0.0051								

表20-3：各運動場から採取したゴムチップ由来ゴム添加剤等の各年齢層における吸入曝露量及びハザード比

物質名/ 運動場	ゴムチップ最大 含有量 (μg/g)	空気中濃度 (μg/m ³)	平均一日曝露濃度 (μg/m ³)						許容値	ハザード比					
			小学校低学年	小学校高学年	中学生	高校生	大学生	大人		小学校 低学年	小学校 高学年	中学生	高校生	大学生	大人
MBT (2-Mercaptobenzothiazole)															
A	1.7	0.000020	0.0000079	0.000015	0.000014	0.000015	0.000014	0.000088	情報なし						
B	0.59	0.0000071	0.0000027	0.0000052	0.0000049	0.0000053	0.0000049	0.0000030							
C	1.4	0.000017	0.0000065	0.000012	0.000012	0.000013	0.000012	0.0000072							
D	6.8	0.000062	0.000032	0.000060	0.000056	0.000061	0.000057	0.000035							
TBBS (N-tert-butylbenzothiazole-2-sulfenamide)															
A	0.19	0.000023	0.0000088	0.0000017	0.0000016	0.0000017	0.0000016	0.0000010	情報なし						
B	0.19	0.000023	0.0000088	0.0000017	0.0000016	0.0000017	0.0000016	0.0000010							
C	0.19	0.000023	0.0000088	0.0000017	0.0000016	0.0000017	0.0000016	0.0000010							
D	1.8	0.000022	0.0000084	0.000016	0.000015	0.000016	0.000015	0.0000093							
DCBS (N,N-dicyclohexylbenzothiazole-2-sulfenamide)															
A	1.30	0.000016	0.0000060	0.000011	0.000011	0.000012	0.000011	0.0000067	情報なし						
B	1.90	0.000023	0.0000088	0.000017	0.000016	0.000017	0.000016	0.000010							
C	1.10	0.000013	0.0000051	0.000010	0.0000091	0.000010	0.0000092	0.0000057							
D	1.40	0.000017	0.0000065	0.000012	0.000012	0.000013	0.000012	0.0000072							
BTZ (Benzothiazole)															
A	12.0	0.00014	0.000056	0.00011	0.000099	0.00011	0.00010	0.000062	情報なし						
B	4.8	0.000058	0.000022	0.000042	0.000040	0.000043	0.000040	0.000025							
C	8.1	0.000097	0.000038	0.000071	0.000067	0.000073	0.000068	0.000042							
D	30.0	0.00036	0.00014	0.00026	0.00025	0.00027	0.00025	0.00016							
BZL (2-Benzothiazolone)															
A	1.9	0.000023	0.0000088	0.000017	0.000016	0.000017	0.000016	0.000010	情報なし						
B	1.3	0.000016	0.0000060	0.000011	0.000011	0.000012	0.000011	0.0000067							
C	2.4	0.000029	0.000011	0.000021	0.000020	0.000022	0.000020	0.000012							
D	50.0	0.00060	0.00023	0.00044	0.00041	0.00045	0.00042	0.00026							
2-MTBT (2-(Methylthio)benzothiazole)															
A	2.4	0.000029	0.000011	0.000021	0.000020	0.000022	0.000020	0.000012	情報なし						
B	1.5	0.000018	0.0000070	0.000013	0.000012	0.000013	0.000013	0.000008							
C	2.7	0.000032	0.000013	0.000024	0.000022	0.000024	0.000023	0.000014							
D	2.5	0.000030	0.000012	0.000022	0.000021	0.000022	0.000021	0.000013							
DPG (1,3-Diphenylguanidine)															
A	7.3	0.000088	0.000034	0.000064	0.000060	0.000066	0.000061	0.000038	情報なし						
B	4.6	0.000055	0.000021	0.000040	0.000038	0.000041	0.000038	0.000024							
C	0.30	0.000004	0.0000014	0.0000026	0.0000025	0.0000027	0.0000025	0.0000016							
D	45.0	0.000540	0.000209	0.000394	0.000371	0.000405	0.000375	0.000233							
DCyHA (Dicyclohexylamine)															
A	5.0	0.000060	0.000023	0.000044	0.000041	0.000045	0.000042	0.000026	情報なし						
B	2.8	0.000034	0.000013	0.000025	0.000023	0.000025	0.000023	0.000014							
C	9.6	0.00012	0.000045	0.000084	0.000079	0.000086	0.000080	0.000050							
D	47.0	0.00056	0.00022	0.00041	0.00039	0.00042	0.00039	0.00024							
Ph-BT (2-Phenylbenzothiazole)															
A	5.0	0.000060	0.000023	0.000044	0.000041	0.000045	0.000042	0.000026	情報なし						
B	1.5	0.000018	0.0000070	0.000013	0.000012	0.000013	0.000013	0.0000078							
C	4.9	0.000059	0.000023	0.000043	0.000040	0.000044	0.000041	0.000025							
D	7.2	0.000086	0.000033	0.000063	0.000059	0.000065	0.000060	0.000037							
CyHA-BT (N-cyclohexyl-1,3-benzothiazol-2-amine)															
A	4.1	0.000049	0.000019	0.000036	0.000034	0.000037	0.000034	0.000021	情報なし						
B	1.4	0.000017	0.000006	0.000012	0.000012	0.000013	0.000012	0.000007							
C	2.4	0.000029	0.000011	0.000021	0.000020	0.000022	0.000020	0.000012							
D	6.6	0.000079	0.000031	0.000058	0.000054	0.000059	0.000055	0.000034							
TMQ (1,2-Dihydro-2,2,4-trimethylquinoline)															
A	4.9	0.000059	0.000023	0.000043	0.000040	0.000044	0.000041	0.000025	情報なし						
B	0.45	0.000005	0.000002	0.000004	0.000004	0.000004	0.000004	0.000002							
C	1.4	0.000017	0.000006	0.000012	0.000012	0.000013	0.000012	0.000007							
D	9.1	0.000109	0.000042	0.000080	0.000075	0.000082	0.000076	0.000047							
sPPD (N-(1,3-Dimethylbutyl)-N'-phenyl-p-phenylenediamine)															
A	34.0	0.00041	0.000016	0.000030	0.000028	0.00031	0.00028	0.00018	情報なし						
B	3.7	0.000044	0.000017	0.000032	0.000031	0.000033	0.000031	0.000019							
C	15.0	0.000180	0.000070	0.000131	0.000124	0.000135	0.000125	0.000078							
D	191.0	0.0023	0.00089	0.0017	0.0016	0.0017	0.0016	0.00099							
ODPA (4,4'-Diocetylphenylamine)															
A	1.80	0.000022	0.000008	0.000016	0.000015	0.000016	0.000015	0.000009	情報なし						
B	0.16	0.0000019	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001							
C	0.93	0.000011	0.000004	0.000008	0.000008	0.000008	0.000008	0.000005							
D	3.60	0.000043	0.000017	0.000032	0.000030	0.000032	0.000030	0.000019							
DCD (4,4'-Bis(α,α-dimethylbenzyl)diphenylamine)															
A	7.6	0.000091	0.000035	0.000067	0.000063	0.000068	0.000063	0.000039	情報なし						
B	0.50	0.0000060	0.0000023	0.0000044	0.0000041	0.0000045	0.0000042	0.0000026							
C	0.20	0.0000024	0.00000093	0.0000018	0.0000017	0.0000018	0.0000017	0.0000010							
D	0.20	0.0000024	0.00000093	0.0000018	0.0000017	0.0000018	0.0000017	0.0000010							
DPA (Diphenylamine)															
A	0.23	0.0000028	0.0000011	0.0000020	0.0000019	0.0000021	0.0000019	0.0000012	238.1 μg/m ³ ACGIH(2001) 10 mg/m ³ より換算	0.0000000045	0.0000000085	0.0000000080	0.0000000087	0.0000000081	0.0000000050
B	0.23	0.0000028	0.0000011	0.0000020	0.0000019	0.0000021	0.0000019	0.0000012		0.0000000045	0.0000000085	0.0000000080	0.0000000087	0.0000000081	0.0000000050
C	0.23	0.0000028	0.0000011	0.0000020	0.0000019	0.0000021	0.0000019	0.0000012		0.0000000045	0.0000000085	0.0000000080	0.0000000087	0.0000000081	0.0000000050
D	1.3	0.000016	0.0000060	0.000011	0.000011	0.000012	0.000011	0.0000067		0.0000000025	0.0000000048	0.0000000045	0.0000000049	0.0000000046	0.0000000028
44-OP (4-tert-Octylphenol)															
A	1.5	0.000018	0.0000070	0.000013	0.000012	0.000013	0.000013	0.0000078	情報なし						
B	0.75	0.0000090	0.0000035	0.0000066	0.0000062	0.0000067	0.0000063	0.0000039							
C	0.77	0.0000092	0.0000036	0.0000067	0.0000064	0.0000069	0.0000064	0.0000040		</					

表21-1：ゴムチップ製品由来ゴム添加剤等の各年齢層における経口曝露量及びハザード比

化合物	推定最大溶出濃度 (μg/g)			平均一日経口摂取量(μg/kg bw/d)																								許容値	ハザード比					
	人工唾液	人工胃液	人工腸液	小学校低学年				小学校高学年				中学生				高校生				大学生				大人					小学校 低学年	小学校 高学年	中学生	高校生	大学生	大人
				唾液由来	胃液由来	腸液由来	合計	唾液由来	胃液由来	腸液由来	合計	唾液由来	胃液由来	腸液由来	合計	唾液由来	胃液由来	腸液由来	合計	唾液由来	胃液由来	腸液由来	合計	唾液由来	胃液由来	腸液由来	合計							
MBT	44	147	65	0.17	0.55	0.24	0.96	0.14	0.47	0.21	0.82	0.075	0.25	0.111	0.44	0.062	0.21	0.092	0.36	0.058	0.19	0.086	0.338	0.065	0.21	0.095	0.37	情報なし						
MDS	0.089	0.036	0.071	0.00033	0.00013	0.00027	0.00074	0.00029	0.00011	0.00023	0.00063	0.00015	0.00006	0.00012	0.00033	0.00013	0.00005	0.00010	0.00028	0.00012	0.00005	0.00009	0.00026	0.00013	0.00005	0.00010	0.00029	情報なし						
TBSS	0.22	0.22	0.22	0.00081	0.00081	0.00081	0.0024	0.00070	0.00070	0.00070	0.0021	0.00037	0.00037	0.00037	0.0011	0.00031	0.00031	0.00031	0.00092	0.00029	0.00029	0.00029	0.00086	0.000	0.000	0.000	0.001	情報なし						
CBS	0.17	0.17	0.17	0.00062	0.00062	0.00062	0.00187	0.00053	0.00053	0.00053	0.0016	0.00028	0.00028	0.00028	0.00085	0.00023	0.00023	0.00023	0.00070	0.00022	0.00022	0.00022	0.00066	0.000	0.000	0.000	0.001	情報なし						
DCBS	0.53	0.53	0.53	0.0020	0.0020	0.0020	0.0060	0.0017	0.0017	0.0017	0.0051	0.00090	0.00090	0.00090	0.0027	0.00075	0.00075	0.00075	0.0022	0.00070	0.00070	0.00070	0.0021	0.001	0.001	0.001	0.002	情報なし						
BTZ	94	137	90	0.35	0.51	0.34	1.2	0.30	0.44	0.29	1.0	0.16	0.23	0.15	0.55	0.13	0.19	0.13	0.45	0.12	0.18	0.12	0.42	0.137	0.201	0.132	0.470	情報なし						
BZL	27	55	24	0.10	0.207	0.090	0.40	0.087	0.18	0.077	0.34	0.046	0.094	0.041	0.18	0.038	0.078	0.034	0.15	0.036	0.073	0.032	0.14	0.040	0.081	0.035	0.156	情報なし						
2-MTBT	2.0	6.6	2.6	0.0076	0.025	0.010	0.042	0.0065	0.021	0.008	0.036	0.0034	0.011	0.0044	0.019	0.003	0.009	0.004	0.016	0.003	0.009	0.003	0.015	0.003	0.010	0.004	0.016	情報なし						
DPG	33	30	19	0.12	0.11	0.072	0.31	0.11	0.096	0.062	0.26	0.056	0.051	0.033	0.14	0.046	0.042	0.027	0.12	0.043	0.040	0.026	0.11	0.048	0.044	0.028	0.120	情報なし						
DOTG	3.7	3.7	3.7	0.014	0.014	0.014	0.041	0.012	0.012	0.012	0.036	0.0063	0.0063	0.0063	0.019	0.0052	0.0052	0.0052	0.016	0.0049	0.0049	0.0049	0.015	0.005	0.005	0.005	0.016	情報なし						
DCyHA	23	23	16	0.085	0.086	0.062	0.23	0.073	0.074	0.053	0.20	0.038	0.039	0.028	0.11	0.032	0.032	0.023	0.087	0.030	0.030	0.022	0.082	0.033	0.034	0.024	0.091	情報なし						
Ph-BT	0.87	0.87	0.87	0.0033	0.0033	0.0033	0.0098	0.0028	0.0028	0.0028	0.0084	0.0015	0.0015	0.0015	0.0044	0.0012	0.0012	0.0012	0.0037	0.0011	0.0011	0.0011	0.0034	0.001	0.001	0.001	0.004	情報なし						
CyHA-BT	0.73	10	0.73	0.0027	0.037	0.0027	0.042	0.0024	0.031	0.0024	0.036	0.0012	0.017	0.0012	0.019	0.0010	0.014	0.0010	0.016	0.0010	0.013	0.0010	0.015	0.001	0.014	0.001	0.016	情報なし						
ETU	14	10	6.9	0.053	0.038	0.026	0.12	0.046	0.033	0.022	0.100	0.024	0.017	0.012	0.053	0.020	0.014	0.010	0.044	0.019	0.013	0.0091	0.041	0.021	0.015	0.010	0.046	8 x 10 ⁻⁵ mg/kg/day EPA IRIS (1991)	1.5	1.3	0.66	0.55	0.52	0.57
TMQ	1.4	25	1.7	0.0054	0.093	0.0063	0.10	0.0046	0.0798	0.0054	0.090	0.002	0.042	0.003	0.048	0.0020	0.035	0.0024	0.040	0.0019	0.033	0.0022	0.037	0.002	0.036	0.002	0.041	情報なし						
ETMQ	0.13	0.13	0.13	0.00049	0.00049	0.00049	0.0015	0.00042	0.00042	0.00042	0.0013	0.00022	0.00022	0.00022	0.00066	0.00018	0.00018	0.00018	0.00055	0.00017	0.00017	0.00017	0.00051	0.000	0.000	0.000	0.001	情報なし						
IPPD	35	537	44	0.13	2.0	0.16	2.3	0.11	1.7	0.14	2.0	0.060	0.91	0.075	1.0	0.050	0.76	0.062	0.87	0.047	0.71	0.058	0.81	0.052	0.785	0.064	0.901	情報なし						
TDPA	0.13	0.13	0.13	0.00049	0.00049	0.00049	0.0015	0.00042	0.00042	0.00042	0.0013	0.00022	0.00022	0.00022	0.00066	0.00018	0.00018	0.00018	0.00055	0.00017	0.00017	0.00017	0.00051	0.000	0.000	0.000	0.001	情報なし						
6PPD	8.4	3185	8.4	0.032	11.9	0.032	12.0	0.027	10.2	0.027	10.3	0.014	5.4	0.014	5.4	0.012	4.5	0.012	4.5	0.011	4.2	0.011	4.2	0.012	4.660	0.012	4.7	情報なし						
8PPD	0.33	2100	0.47	0.0012	7.9	0.0018	7.9	0.0011	6.7	0.0015	6.7	0.00057	3.6	0.00081	3.6	0.00047	3.0	0.00067	3.0	0.00044	2.8	0.00063	2.8	0.000	3.1	0.001	3.1	情報なし						
DPPD	10	10	10	0.038	0.038	0.038	0.113	0.032	0.032	0.032	0.097	0.017	0.017	0.017	0.051	0.014	0.014	0.014	0.043	0.013	0.013	0.013	0.040	0.015	0.015	0.015	0.044	情報なし						
ODPA	17	17	17	0.062	0.062	0.062	0.186	0.053	0.053	0.053	0.16	0.028	0.028	0.028	0.084	0.023	0.023	0.023	0.070	0.022	0.022	0.022	0.065	0.024	0.024	0.024	0.072	情報なし						
DCD	12	12	12	0.047	0.047	0.047	0.14	0.040	0.040	0.040	0.12	0.021	0.021	0.021	0.064	0.018	0.018	0.018	0.053	0.016	0.016	0.016	0.049	0.018	0.018	0.018	0.055	情報なし						
DPA	31	31	31	0.12	0.12	0.12	0.35	0.099	0.099	0.099	0.30	0.052	0.052	0.052	0.16	0.043	0.043	0.043	0.13	0.041	0.041	0.041	0.12	0.045	0.045	0.045	0.14	0.08 mg mg/kgbw (ADI) JMPR (1998)	0.0043	0.0037	0.0020	0.000045	0.0015	0.0017
o-MBp14	0.86	0.86	0.86	0.0032	0.0032	0.0032	0.0096	0.0027	0.0027	0.0027	0.0082	0.0015	0.0015	0.0015	0.0044	0.0012	0.0012	0.0012	0.0036	0.0011	0.0011	0.0011	0.0034	0.0013	0.0013	0.0013	0.0038	情報なし						
BHT	126	126	126	0.47	0.47	0.47	1.4	0.40	0.40	0.40	1.2	0.21																						

表21-2：ゴムチップ製品由来ゴム添加剤等の各年齢層における経皮曝露量及びハザード比

化合物	推定最大溶出濃度 (μg/g)	平均一日曝露量（経皮）（μg/kg/day）						許容値	ハザード比											
	人工汗（酸性）	小学校 低学年	小学校 高学年	中学生	高校生	大学生	大人		小学校 低学年	小学校 高学年	中学生	高校生	大学生	大人						
MBT	69	2.6	3.3	3.5	2.9	2.7	3.0	情報なし												
MDS	0.036	0.0013	0.0017	0.0018	0.0015	0.0014	0.0016	情報なし												
TBSS	0.22	0.0081	0.0105	0.0111	0.0092	0.0086	0.0095	情報なし												
CBS	0.17	0.0062	0.0080	0.0085	0.0070	0.0066	0.0073	情報なし												
DCBS	0.53	0.020	0.026	0.027	0.022	0.021	0.023	情報なし												
BTZ	100	3.7	4.8	5.1	4.2	4.0	4.4	情報なし												
BZL	41	1.6	2.0	2.1	1.8	1.6	1.8	情報なし												
2-MTBT	2.0	0.075	0.096	0.101	0.084	0.079	0.087	情報なし												
DPG	48	1.8	2.3	2.5	2.0	1.9	2.1	情報なし												
DOTG	3.7	0.14	0.18	0.19	0.16	0.15	0.16	情報なし												
DCyHA	26	0.97	1.3	1.3	1.1	1.0	1.1	情報なし												
Ph-BT	0.87	0.033	0.042	0.044	0.037	0.034	0.038	情報なし												
CyHA-BT	0.73	0.027	0.035	0.037	0.031	0.029	0.032	情報なし												
ETU	10	0.37	0.47	0.50	0.41	0.39	0.43	8 x 10 ⁻⁵ mg/kg/day EPA IRIS (1991)	4.6	5.9	6.2	5.2	4.8	5.4						
TMQ	1.6	0.061	0.079	0.083	0.069	0.065	0.072	情報なし												
ETMQ	0.13	0.0049	0.0063	0.0066	0.0055	0.0051	0.0057	情報なし												
IPPD	140	5.2	6.7	7.1	5.9	5.5	6.1	情報なし												
TDPA	0.13	0.0049	0.0063	0.0066	0.0055	0.0051	0.0057	情報なし												
6PPD	33	1.3	1.6	1.7	1.4	1.3	1.5	情報なし												
8PPD	1.5	0.057	0.073	0.077	0.064	0.060	0.067	情報なし												
DPPD	10	0.38	0.48	0.51	0.43	0.40	0.44	情報なし												
ODPA	17	0.62	0.80	0.84	0.70	0.65	0.72	情報なし												
DCD	12	0.47	0.60	0.64	0.53	0.49	0.55	情報なし												
DPA	31	1.2	1.5	1.6	1.3	1.2	1.4	0.08 mg /kg/bw (ADI) JMPR (1998)							0.014	0.019	0.020	0.016	0.015	0.017
o-MBp14	0.86	0.032	0.041	0.044	0.036	0.034	0.038	情報なし												
BHT	126	4.7	6.1	6.4	5.3	5.0	5.5	情報なし												
MBI	5.2	0.20	0.25	0.27	0.22	0.21	0.23	情報なし												
AP	1.3	0.049	0.063	0.066	0.055	0.051	0.057	0.1 mg/kg/day EPA IRIS (1988)	0.00049	0.00063	0.00066	0.00055	0.00051	0.00057						
4-t-OP	3.1	0.11	0.15	0.16	0.13	0.12	0.13	情報なし												
PI	87	3.3	4.2	4.4	3.7	3.4	3.8	情報なし												
TEP	46	1.7	2.2	2.4	2.0	1.8	2.0	情報なし												
DEHP	7.1	0.27	0.34	0.36	0.30	0.28	0.31	0.02 mg/kg/day EPA IRIS (1987)												
DEHIP	ND							情報なし												
DEHTP	ND							情報なし												
DINP	64	2.4	3.1	3.3	2.7	2.5	2.8	情報なし												
DINCH	1.0	0.037	0.048	0.051	0.042	0.040	0.044	情報なし												
DEHA	3.7	0.14	0.18	0.19	0.16	0.15	0.16	6 x 10 ⁻¹ mg/kg/day EPA IRIS (1992)							0.00023	0.0003	0.00031	0.00026	0.00024	0.00027
DEHAZ	ND							情報なし												
DEHSB	0.13	0.0049	0.0063	0.0066	0.0055	0.0051	0.0057	情報なし												
BTPS	ND							情報なし												
MDA	0.30	0.011	0.014	0.015	0.013	0.012	0.013	0.08 mg/kg/day ATSDR intermediate oral MRL (1998)							0.00014	0.00018	0.00019	0.00016	0.00015	0.00016
DHDMA	12	0.44	0.56	0.60	0.50	0.46	0.51	情報なし												

赤字：溶出濃度が定量下限値以下であった試料において、定量下限値を溶出濃度とした。

表21-3：ゴムチップ製品由来ゴム添加剤等の各年齢層における吸入曝露量及びハザード比

化合物	最大含有量 (μg/g)	空气中濃度 (μg/m ³)	平均一日曝露濃度 (μg/m ³)						許容値	ハザード比					
			小学校 低学年	小学校 高学年	中学生	高校生	大学生	大人		小学校 低学年	小学校 高学年	中学生	高校生	大学生	大人
MBT	1994	0.024	0.0093	0.017	0.016	0.018	0.017	0.010	情報なし						
MDS	8.6	0.00010	0.000040	0.000075	0.000071	0.000077	0.000072	0.000044	情報なし						
TBSS	12	0.00015	0.000056	0.00011	0.00010	0.00011	0.00010	0.000063	情報なし						
CBS	7.6	0.00009	0.000035	0.000066	0.000063	0.000068	0.000063	0.000039	情報なし						
DCBS	7.4	0.00009	0.000034	0.000065	0.000061	0.000066	0.000062	0.000038	情報なし						
BTZ	152	0.0018	0.00071	0.0013	0.0013	0.0014	0.0013	0.00079	情報なし						
BZL	80	0.00096	0.00037	0.00070	0.00066	0.00072	0.00067	0.00041	情報なし						
2-MTBT	15	0.00018	0.00007	0.00013	0.00012	0.00013	0.00012	0.00008	情報なし						
DPG	208	0.0025	0.0010	0.0018	0.0017	0.0019	0.0017	0.0011	情報なし						
DOTG	39	0.00047	0.00018	0.00034	0.00032	0.00035	0.00032	0.00020	情報なし						
DCyHA	201	0.0024	0.00094	0.0018	0.0017	0.0018	0.0017	0.0010	情報なし						
Ph-BT	38	0.00045	0.00018	0.00033	0.00031	0.00034	0.00032	0.00020	情報なし						
CyHA-BT	29	0.00034	0.00013	0.00025	0.00024	0.00026	0.00024	0.00015	情報なし						
ETU	1782	0.021	0.0083	0.016	0.015	0.016	0.015	0.0092	情報なし						
TMQ	75	0.00090	0.00035	0.00065	0.00062	0.00067	0.00062	0.00039	情報なし						
ETMQ	1.8	0.000022	0.0000085	0.000016	0.000015	0.000016	0.000015	0.000009	情報なし						
IPPD	1480	0.018	0.0069	0.013	0.012	0.013	0.012	0.0076	情報なし						
TDPA	11	0.00013	0.000049	0.000093	0.000088	0.000096	0.000089	0.000055	119.0 μg/m ³ ACGIH (2001) TLV- TWA 5 mg/m ³ 換算値	0.00000042	0.00000078	0.00000074	0.00000081	0.00000075	0.00000046
6PPD	8718	0.10	0.040	0.076	0.072	0.078	0.073	0.045	情報なし						
8PPD	6317	0.076	0.029	0.055	0.052	0.057	0.053	0.033	情報なし						
DPPD	83	0.0010	0.00039	0.00073	0.00069	0.00075	0.00069	0.00043	情報なし						
ODPA	181	0.0022	0.00084	0.0016	0.0015	0.0016	0.0015	0.00094	情報なし						
DCD	593	0.0071	0.0028	0.0052	0.0049	0.0053	0.0049	0.0031	情報なし						
DPA	276	0.0033	0.0013	0.0024	0.0023	0.0025	0.0023	0.0014	238.1 μg/m ³ ACGIH(2001) 10 mg/m ³ 換算値	0.0000054	0.000010	0.000010	0.000010	0.000010	0.0000060
o-MBp14	48	0.0006	0.00022	0.00042	0.00040	0.00043	0.00040	0.00025	情報なし						
BHT	309	0.0037	0.0014	0.0027	0.0026	0.0028	0.0026	0.0016	47.6 μg/m ³ ACGIH (2001) 2 mg/m ³ 換算値	0.000030	0.000057	0.000054	0.000058	0.000054	0.000034
MBI	286	0.0034	0.0013	0.0025	0.0024	0.0026	0.0024	0.0015	情報なし						
AP	19	0.00023	0.000090	0.00017	0.00016	0.00017	0.00016	0.00010	1190.5 μg/m ³ ACGIH (2009) 50 mg/m ³ 換算値	0.000000076	0.00000014	0.00000013	0.00000015	0.00000014	0.000000084
4-t-OP	41	0.00049	0.00019	0.00036	0.00034	0.00037	0.00034	0.00021	情報なし						
PI	160	0.0019	0.00074	0.0014	0.0013	0.0014	0.0013	0.00083	情報なし						
TEP	98	0.0012	0.00045	0.00085	0.00081	0.00088	0.00081	0.00050	情報なし						
DEHP	504	0.0060	0.0023	0.0044	0.0042	0.0045	0.0042	0.0026	119.0 μg/m ³ ACGIH (2001) 5 mg/m ³ 換算値	0.000020	0.000037	0.000035	0.000038	0.000035	0.000022
DEHIP	63	0.00075	0.00029	0.00055	0.00052	0.00056	0.00052	0.00032	情報なし						
DEHTP	18579	0.22	0.086	0.16	0.15	0.17	0.15	0.096	情報なし						
DINP	14251	0.17	0.066	0.12	0.12	0.13	0.12	0.074	情報なし						
DINCH	6306	0.076	0.029	0.055	0.052	0.057	0.053	0.033	情報なし						
DEHA	322	0.0039	0.0015	0.0028	0.0027	0.0029	0.0027	0.0017	情報なし						
DEHAZ	458	0.0055	0.0021	0.0040	0.0038	0.0041	0.0038	0.0024	情報なし						
DEHSB	1215	0.015	0.0056	0.011	0.010	0.011	0.010	0.0063	情報なし						
BTPS	2809	0.034	0.013	0.025	0.023	0.025	0.023	0.015	情報なし						
MDA	34	0.00041	0.00016	0.00030	0.00028	0.00031	0.00029	0.00018	9.5 μg/m ³ 日本産業衛生学会 (1995) 0.4 mg/m ³ 換算値	0.000017	0.000032	0.000030	0.000033	0.000030	0.000019
DHDM	122	0.0015	0.00057	0.0011	0.0010	0.0011	0.0010	0.00063	情報なし						

表22：ゴムチップ製品由来ETUの経皮曝露に関する皮膚からの吸収率を考慮した再解析結果

化合物	推定最大溶出濃度 (μg/g)	平均一日曝露量 (経皮) (μg/kg/day)						許容値	ハザード比					
	人工汗 (酸性)	小学校 低学年	小学校 高学年	中学生	高校生	大学生	大人		小学校 低学年	小学校 高学年	中学生	高校生	大学生	大人
エチレンチ オウレア ETU	10	0.02	0.05	0.05	0.03	0.03	0.02	8 × 10 ⁻⁵ mg/kg/day EPA IRIS (1991)	0.3	0.6	0.6	0.4	0.4	0.3

表23：各運動場から採取した4種のゴムチップ由来VOCsの各年齢層における吸入曝露量及び実質安全量から求めたハザード比

物質名/ 運動場	最大大気中 濃度 (μg/m ³ , at 20°C)	平均一日曝露濃度 (μg/m ³)						VSD at 10 ⁻⁵	ハザード比					
		小学校 低学年	小学校 高学年	中学生	高校生	大学生	大人		小学校 低学年	小学校 高学年	中学生	高校生	大学生	大人
Styrene														
A	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13	17.5 μg/m ³	0.0066	0.013	0.012	0.013	0.012	0.0074
B	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13		0.0066	0.013	0.012	0.013	0.012	0.0074
C	0.42	0.16	0.31	0.29	0.32	0.29	0.18		0.0093	0.018	0.017	0.018	0.017	0.010
D	0.43	0.17	0.32	0.30	0.32	0.30	0.19		0.010	0.018	0.017	0.019	0.017	0.011
1,3-Butadiene														
A	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13	0.33 μg/m ³	0.35	0.67	0.63	0.68	0.63	0.39
B	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13		0.35	0.67	0.63	0.68	0.63	0.39
C	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13		0.35	0.67	0.63	0.68	0.63	0.39
D	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13		0.35	0.67	0.63	0.68	0.63	0.39
Benzene														
A	0.57	0.22	0.42	0.39	0.43	0.40	0.25	1.28～ 4.55 μg/m ³	0.17	0.33	0.31	0.33	0.31	0.19
B	0.75	0.29	0.56	0.52	0.56	0.52	0.32		0.23	0.43	0.40	0.44	0.41	0.25
C	0.83	0.32	0.61	0.57	0.62	0.58	0.36		0.25	0.48	0.45	0.49	0.45	0.28
D	1.54	0.60	1.1	1.1	1.2	1.1	0.66		0.47	0.89	0.83	0.90	0.84	0.52
2-Mercaptobenzothiazole														
A	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13	情報なし						
B	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13							
C	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13							
D	0.30	0.12	0.22	0.21	0.22	0.21	0.13							

表24：刺激性を有するVOCs5物質の曝露量及びハザード比

物質名/運動場	メチルイソブチルケトン	ベンゾチアゾール	2-メルカプトベンゾチアゾール	アセトン	ホルムアルデヒド
運動場A	0.38 ^a	1.1	<0.30	37	3.2
運動場B	0.52	3.6	<0.30	133	3.3
運動場C	1.7	1.5	<0.30	38	3.5
運動場D (室内)	19	21	<0.30	3.5	7.1
PAC-1 (mg/m ³)	75	2.8	15	200	0.91
ハザード比	0.000063	0.0075	<0.00002	0.00029	0.0066

^a: 値は、各調査場所A～Dにおける測定値の最大値。

太字は、各物質の大気中濃度最大値。

別紙4

研究成果の刊行に関する一覧表

雑誌

発表者氏名	論文タイトル名	発表誌名	巻号	ページ	出版年
なし					