

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

平成 28 年度 総括・分担研究報告書

研究代表者 五十嵐良明 国立医薬品食品衛生研究所

平成 29 (2017) 年 5 月

目 次

I. 総括研究報告

- 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 1
五十嵐 良明

II. 分担研究報告

1. 人工芝用ゴムチップ中の重金属類の分析 13
五十嵐 良明
2. 人工芝用ゴムチップ中の多環芳香族炭化水素類の分析 27
西 以和貴
3. 人工芝用ゴムチップに含まれるゴム添加剤等の分析 59
河上 強志
4. 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 85
酒井 信夫
5. 人工芝用ゴムチップ成分の発がん性等の情報収集 105
森田 健

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 国立医薬品食品衛生研究所 生活衛生化学部 部長

研究要旨

本研究は、日本国内で流通している人工芝用ゴムチップの発がんリスク等の健康影響評価に資する情報を収集することを目的として、人工芝施工業者 10 社から人工芝用ゴムチップ 46 製品を入手し、ゴムチップに含まれる金属類、多環芳香族炭化水素類（PAHs）、及び加硫促進剤や老化防止剤等のゴム添加剤並びにそれらに由来する化合物の定量、ゴムチップから放散する揮発性有機化合物（VOCs）の分析を行った。また、既存文献から選び出した、ゴムに関連し人工芝グラウンドで検出される可能性のある物質、及び研究班の化学分析で検出された複数の物質について、国際的評価機関による評価書等からそれらの発がん性等の情報を収集した。さらに、米国や欧州関係各局における人工芝用ゴムチップのリスク評価の状況を合わせて調査した。

入手したゴムチップを、その由来となった製品・用途で分類すると、廃タイヤ 24 製品、工業用ゴム 10 製品、それらの混合又は不明のもの 3 製品、人工芝専用合成されたゴム（エチレン・プロピレン・ジエンゴム、EPDM 製）5 製品、及び専用熱可塑性エラストマー（TPE）4 製品であった。廃タイヤ及び工業用ゴムが混在したものから製造されたゴムチップは、スチレン・ブタジエンゴム（SBR）、天然ゴム（NR）、EPDM 等の混合物であった。ゴムチップにリサイクルされるゴム製品は種類が様々であることから、ばらつきの影響を考慮して、各分析項目では 1 製品から 3 試料以上用意し、それぞれ分析した。

金属類に関しては、27 元素はマイクロ波分解処理後 ICP-MS で、Hg は加熱気化水銀分析装置で定量した。測定した元素の中では Zn の濃度が最も高かった。Fe や Al の濃度も他の元素に比べて高かった。Pb は TPE 製以外のほとんどの製品に認められ、今回認められた最大値は 29 $\mu\text{g/g}$ であった。Hg は最大でも 0.1 $\mu\text{g/g}$ 未満であった。一方、Cr については、高い濃度を示す試料が認められた。オランダ国立公衆健康環境研究所（RIVM）や欧州化学品庁（ECHA）はゴムチップからの金属類の溶出性からそのリスクを評価している。今後、同様にゴムチップ中の金属類についてリスク評価するためには、溶出性に関する試験が必要である。

PAHs は類縁化合物を含め 46 化合物を対象とし、ドイツの機器安全法に基づく製品安全認証に用いられる方法を一部変更し、測定した。廃タイヤ由来及び工業用ゴム由来試料からは、ベンゾ[a]ピレンやベンゾ[a]アントラセンなどの PAHs 29 物質及び類縁化合物 3 物質の計 32 化合物が検出された。ECHA はゴムチップの健康リスク評価に 8 種類の PAHs（ベンゾ[a]ピレン、ベンゾ[a]アントラセン等）の濃度の合計値（20 $\mu\text{g/g}$ ）を用いているが、それと比較すると、本研究で分析した製品中の 8 種類の PAHs の方が低かった。今後、米国環境保護庁（EPA）

等の調査結果を踏まえ、追加調査の実施の要否を検討することが望ましい。

加硫促進剤、老化防止剤及び架橋剤等のゴム添加剤類 36 化合物を測定対象として GC-MS 及び LC-MS/MS を用いてターゲット分析したところ、26 化合物を検出、定量した。それに加えて、ノンターゲット分析では可塑剤など 16 化合物を同定した。検出された化合物では、加硫促進剤では 2-メルカプトベンゾチアゾール (MBT) (1.6~1994 µg/g)、芳香族アミン系老化防止剤では *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(28~8718 µg/g) 等が高頻度 (80%以上) で検出された。ゴム添加剤の一般的な配合割合を考慮すると、本研究で得られた濃度はゴム製品としては想定される範囲内であると考えられた。ゴムチップに曝露されても、その中の化合物が全て溶出し吸収されるわけではなく、今後、溶出量等の評価を実施することが必要である。

ゴムチップ試料を加熱して、MonoTrap で VOCs を捕集し、GC-MS を用いて分析した。測定対象とした VOCs 44 化合物のうち 28 化合物が検出され、主なものはベンゾチアゾール (BTZ) 及びメチルイソブチルケトン (MIBK) であった。他方、ベンゼンはいずれの試料においても定量下限未満であった。VOCs については、諸外国より報告される評価書と突合し経気道的な曝露量を推定するためには、フィールド調査を実施することが必要である。

ゴムチップに関わる文献・資料、あるいは化学分析で検出された物質から 126 物質を抽出し、その発がん性等の有害性情報を収集し、評価シートを作成した。これらの結果は、今後詳細な曝露及びリスク評価を行うことが必要になった際に、有用な情報を提供するものと考えられた。

諸外国におけるゴムチップを使用する人工芝グラウンドでスポーツ等することの健康リスク評価研究の実施状況と評価内容を調べた。RIVM は、100 か所の人工芝競技場から採取したゴムチップ中の有害物質を分析し、ゴムチップからの放散、ゴムチップの経口摂取及び皮膚接触による溶出量が少ないことを示し、健康リスクは無視できると結論としている。ECHA は 2017 年 2 月に初期評価として、収集した文献および最近の複数の研究結果から、人工芝競技場に使用されるリサイクルゴムチップ中に含まれる化合物によるヒトへの曝露量は、発がん及び健康影響を引き起こさない程度とし、それらの健康リスクは極めて低いとした。また、米国ワシントン州保健局は、州住民におけるがん発症率の疫学調査で、同じ年齢の住民の発症率に基づいて予測される数と報告されたサッカー選手におけるがん発症数に差がないことを報告した。EPA は 2016 年 2 月に、これまでの文献をレビュー、タイヤゴムチップの成分等の特定、ヒトの曝露評価に関する調査研究を実施すると発表し、ゴムに使用される可能性や人工芝グラウンド上で検出される可能性を考慮して、多くの物質についての調査研究を実施している。しかし、2016 年 12 月の中間報告では、具体的なゴムチップ中の化合物の分析結果や健康リスクに関する評価結果は公表しておらず、2017 年後半に報告する予定である。ECHA は EPA の報告書を踏まえ、再評価を行うこととしている。

今後、本研究成果をもとに曝露評価を実施するとともに、今後公表される EPA の報告書などの国際的な動向を踏まえながら、日本国内で流通される人工芝グラウンド用ゴムチップの健康リスクについて、評価を行うことが望まれる。

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
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
森田 健	国立医薬品食品衛生研究所 安全性予測評価部 室長
西以和貴	神奈川県衛生研究所 理化学 部 技師

研究協力者

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
小濱とも子	国立医薬品食品衛生研究所 生活衛生化学部
田原麻衣子	国立医薬品食品衛生研究所 生活衛生化学部
重田善之	国立医薬品食品衛生研究所 安全性予測評価部

A. 研究目的

近年、維持管理のし易さやランニングコストの面などからサッカー場や野球場には人工芝を敷設した競技場が増加している。日本サッカー協会は、サッカーの競技に適したロングパイル人工芝を長さ 50 mm 以上の合成樹脂製パイルの隙間に、弾性材を含む粒状材料を充填しパイルを安定させた人工芝複合製品であることと定義し、その公認規定を設けている。こうした人工芝フィールドに使われる充填剤は芝糸を立てさせてクッション性を高める役割があり、ゴムチップと珪砂が使われている。

環境保全及び資源の有効利用の観点から廃棄物等の発生抑制、循環資源のリユース・リサイクルは重要である。人工芝フィールドに使われるゴムチップは、現在トラックやバスの使用済みタイヤ（廃タイヤ）から製造されたものが

主となっているが、使用・廃棄された工業ゴム製品からも製造される他、専用の合成ゴムチップもある。2015 年の日本国内における廃タイヤ（使用済みタイヤ）発生量は本数では 9500 万本、重量では 100 万トンであり、再生ゴム・ゴム粉として原形加工利用される廃タイヤ重量は 11%（10 万 5 千トン）で、そのうち人工芝に使用される廃タイヤは国内発生量の 2%（2 万トン）程度と報告されている（日本自動車タイヤ協会調べ）。

タイヤはゴム（天然ゴム、合成ゴム）、カーボンブラック及びシリカ、配合剤（硫黄、酸化亜鉛などの加硫促進剤、老化防止剤、エクステンダーオイル等）、タイヤコード（テキスタイルコード、スチールワイヤー）、ビードワイヤーから構成される。合成ゴムとしては主に、ジエン系のスチレン・ブタジエンゴム（SBR）やブタジエンゴム（BR）が使われる。廃タイヤゴムチップは、廃タイヤを切断、タイヤコード及びビードワイヤーを除き、細粒化して製造される。

ゴムチップから種々の化学物質が溶出することは多くの研究者が報告しており、水及び土壌環境への影響の可能性が懸念されるとの報告もある。また、人工芝フィールド上では、競技中に巻き上げられたゴムチップが皮膚についたり、口に入ったり、吸入することによって、ゴムチップに含有される、あるいはゴムチップから放散する化学物質に曝露され、健康リスクとなる可能性がある。国際サッカー連盟（FIFA）は 2006 年に、人工芝フィールドに使われる SBR による発がんリスクは、それまでに報告されている研究結果からは実証できないとしつつも引き続き情報を収集していくとした。イタリア、米国コネティカット州及びカリフォルニア州環境保健有害性評価局（OEHHA）の評価結果は、ゴムチップを使用したフィールド上での競技による健康リスクの上昇は示されていない

ないとしている。しかし2014年に、米国NBCテレビが女子サッカー選手のがん発症と人工芝ピッチに使われるゴムチップの関連性について報じ、一般市民の間で廃タイヤ由来ゴムチップへの不安が高まった。2016年2月に米国疾病予防管理センター／有害物質疾病登録局（CDC/ATSDR）及び米国環境保護庁（EPA）は消費者製品安全委員会（CPSC）と連携して、人工芝充填剤として廃タイヤからリサイクルされたゴムチップの安全性について調査研究を開始すると発表した。また、欧州委員会は欧州化学品庁（ECHA）に人工芝充填剤のゴムチップ中に健康リスクを生じる恐れのある化学物質が存在するかを評価するように指示し、ECHAは2017年初めに初期評価の結果を公表するとした。オランダ国立公衆健康環境研究所（RIVM）でも同様の研究を進めた。

本研究は、日本国内で流通している人工芝グラウンド用ゴムチップの発がんリスク等の健康影響評価に資する情報を収集することを目的として、人工芝施工業者から人工芝用ゴムチップを入手し、ゴムチップに含まれる金属類、多環芳香族炭化水素類（PAHs）、及び加硫促進剤や老化防止剤等のゴム添加剤並びにそれらに由来する化合物の定量、ゴムチップから放散する揮発性有機化合物（VOCs）の分析、及びゴムチップの粒度分布の測定を行った。PAHsはオイルやカーボンブラック由来の不純物として、鉛等の金属類は酸化亜鉛やタイヤコード由来の不純物・混入物として混入する。また、ゴムに関連し、人工芝グラウンドで検出される可能性のある物質を抽出し、国際的評価機関による評価書等の既存文献からそれらの発がん性等の情報を収集した。さらに、米国や欧州関係各局における人工芝用ゴムチップのリスク評価の状況を合わせて調査した。

B. 研究方法

1. 試料

ゴムチップ試料は、人工芝施工業者10社から46製品（ゴムチップ納入業者20社）を、経済産業省の協力を得て入手した。

2. 粒度分布測定

ゴムチップの粒度分布はロータップ型振とう機を用い乾式ふるい法で測定し、中心径を求めた。

3. 金属分析

ゴムチップは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をICP-MS分析用の試験溶液とし、Cd、Pb、As、Co、V、Ni、Ba、Cu、Cr、Zn、Al、Li、Be、Mg、Mn、Fe、Ga、Se、Rb、Sr、Mo、Ag、Sn、Sb、Cs、Tl及びBiの合計27元素を定量した。Hgは加熱気化水銀分析装置で測定した。各金属の試料中濃度を計算し、最大値、最小値及び中央値を求めた。

4. 多環芳香族炭化水素の分析

PAHsは類縁化合物を含めた46化合物を測定対象とした。試料からの抽出は、ドイツの機器安全法に基づく製品安全認証（GSマーク）における方法を一部変更して行った。すなわち、試料にトルエン及び内部標準液を加え、60℃で超音波処理して抽出した。上記方法で測定不能となる場合は、アセトンで抽出しアルカリ分解処理し、残渣をヘキサンで抽出したものを合わせ濃縮後、トルエンで定容した。PAHsは、3種のGC-MSカラムで定性し、Rxi®-PAHカラムを用いて定量した。

5. ゴム添加剤の分析

試料にアセトン・ジクロロメタン（1：1）を加え、30℃以下で2時間超音波処理して抽出した。抽出液は濃縮後、アセトンで定容及び希釈、内部標準物質を添加してGC-MSで分析した。またメタノールで希釈、別の内部標準物質を加えLC-MS/MSでも分析した。加硫促進剤、老化防止剤及び架橋剤等ゴム添加剤36化合物を

測定対象としたターゲット分析を実施するとともに、ターゲット分析を補完する目的でノンターゲット分析も行い、同定された化合物の定量を行った。

6. 揮発性有機化合物の分析

試料を入れたバイアル内上部にシリカ母材のディスク型吸着剤を固定し、24時間後、ディスクにメタノールを加え超音波照射して抽出した。抽出液はGC-MSでSIM測定によるターゲット分析、及びScan測定によるノンターゲット分析を行った。検出したピークは、GC/MSライブラリー(NIST11.lib及びFFNSC 1.2.lib)のシミラリティ検索により化合物を同定した。

7. ゴムチップ成分の発がん性等の情報収集

ゴムチップに関連しているとされる化学物質(鉛、カーボンブラック、PAHs、ベンゼン等)の有害性情報を製品評価技術基盤機構の化学物質総合情報提供システム、及び厚生労働省の職場のあんぜんサイト等の有害性データシートから、及びゴム添加剤については国際的評価機関による評価書等の既存文献から収集した。タイヤ製造時のゴム添加剤や本研究で同定された化合物についても可能な限り発がん性等の情報を収集した。収集した有害性情報に基づき、当該物質の動物あるいはヒトにおける発がん性等の知見について評価した。

8. 諸外国の研究進捗情報の収集

諸外国におけるゴムチップの健康リスク評価研究の実施状況と評価内容を調べた。EPAの中間報告書、ワシントン州保健局チームのがん発症率に関する疫学調査報告書、RIVMの報告書及びECHAの初期評価報告書を入手した。

C. 結果

1. 試料の性状

入手したゴムチップ46製品を由来となった製品・用途で分類すると、廃タイヤ24製品、工業用ゴム10製品、それらの混合又は不明3

製品、人工芝専用に合成されたゴム(エチレン・プロピレン・ジエンゴム、EPDM製)5製品、及び専用熱可塑性エラストマー(TPE)4製品であった。このうち、廃タイヤ由来、工業用ゴム由来、それらの混合又は不明のゴムチップ計37製品の材質は、スチレン・ブタジエンゴム(SBR)、天然ゴム(NR)、EPDM等の混合物(Mix)であった。

色別によると、Mixのうちベージュは2製品、緑色4製品、ブラウン1製品であり、残り30製品は黒色であった。着色したゴムチップの一部は、表面をポリウレタンコーティングしたものと情報提供を受けた。EPDMは2製品がベージュ、3製品は緑色、TPEはベージュが1製品、緑色2製品、ブラウン1製品で、これらの材質のチップに黒色はなかった。

なお、ゴムチップの粒度分布測定をしたところ中心径は932~2510µmであった。

2. 金属

金属類に関して、27元素はマイクロ波分解処理後ICP-MSで、Hgは加熱気化水銀分析装置で定量した。リサイクルゴムの原料にばらつきがあるため、同一ゴムチップ製品で併行試験を行った際に、濃度差が大きい製品が認められることがあった。廃タイヤ由来ゴムチップでは、測定対象とした27元素のうちZnの濃度が最も高く、Fe及びAlも高かった。PbはTPEゴムチップを除くほとんどの試料に含まれており、中央値で20µg/g、最大値で29µg/gであった。Hgに関してはEPDM単一素材の試料で他の試料よりも若干高い傾向があったが、最大でも0.1µg/g未満であった。他の製品に比べてEPDMの緑色の2製品は、Cr濃度が高かった。

3. 多環芳香族炭化水素

ゴムチップからのPAHsの抽出方法の検討として、試料対溶媒量、超音波処理時間を検討し、最適条件を決定した。工業用ゴム由来1試料ではイソフタル酸ジ(2-エチルヘキシル)(DEHIP)

と考えられる物質の大きな妨害ピークの影響で、先の方法では一部の PAHs が定量できなかった。この試料では水酸化カリウム/エタノール溶液を加えて DEHIP を分解、除去する方法をとった。

廃タイヤ由来及び工業用ゴム由来試料からは、測定対象とした 46 種類の PAHs 及びその類縁化合物中、32 種類が検出された。ベンゾ[a]ピレンやベンゾ[a]アントラセンは廃タイヤ由来、工業用ゴム由来、廃タイヤ等混合・不明に分類された 37 試料すべてにおいて検出された。一方、EPDM 及び TPE 単一素材の試料からは 1 つを除き PAHs はほとんど検出されなかった。PAHs の濃度は廃タイヤ由来試料の方が工業用ゴム由来試料よりもやや高かった。調査で得られた PAHs の濃度は、ECHA、RIVM 及び既存文献で報告された濃度と同程度もしくはそれ以下であった。

4. ゴム添加剤

加硫促進剤、老化防止剤、架橋剤等ゴム添加剤 36 化合物を対象に GC-MS 及び LC-MS/MS を用いてターゲット分析した。GC-MS 分析では 26 化合物が測定可能であり、10 化合物については LC-MS/MS で分析した。ゴム添加剤の抽出方法として、抽出溶媒はアセトン・ジクロロメタン (1:1) を用い、超音波処理時間は 2 時間とした。

ターゲット分析で検出された化合物は、36 化合物中 26 化合物であった。チアゾール系及びスルフェンアミド系加硫促進剤では、それ自身が加硫促進剤として使用され、かつ他の加硫促進剤の分解物としても生成する 2-メルカプトベンゾチアゾール (MBT) が相対的に高頻度 (93%) で検出され、他の加硫促進剤由来化合物よりも相対的に高濃度 (1.6~1994 µg/g) で検出された。その他、添加された加硫促進剤よりもそれらの分解物生成物であるベンゾチアゾール (BTZ) 及びベンゾチアゾロンの方が、

相対的に高頻度及び高濃度で検出された。一方、芳香族アミン系老化防止剤は *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が相対的に高頻度 (80%) 及び高濃度 (28~8718 µg/g) で、*N*-イソプロピル-*N*'-フェニル-*p*-フェニレンジアミン (IPPD) 及び *N*-(1-メチルヘプチル)-*N*'-フェニル-*p*-フェニレンジアミンが頻度は少ないが相対的に高濃度で検出され、それらの分解生成物であるジフェニルアミン等は低濃度であるものの高頻度で検出された。

TPE とそれ以外のゴムでは検出される化合物に大きな違いがあった。廃タイヤ由来試料では工業用ゴム由来試料に比べて、検出された化合物濃度の平均値と中央値との差が少なかった。工業用ゴム由来試料の方が廃タイヤ由来試料より MBT や 1,3-ジフェニルグアニジン濃度が高く、工業用ゴムだけに IPPD が検出された。

GC-MS によるノンターゲット分析を実施したところ、ターゲット分析で対象とした化合物以外に、加硫促進剤等の分解物や可塑剤など 16 化合物が同定された。化合物の検出頻度は、加硫促進剤の分解物や可塑剤フタル酸ジ 2-エチルヘキシル (DEHP) が相対的に高く、それ以外は低かった。

本研究で行ったターゲット分析、及びノンターゲットで検出された 42 化合物のうち、既報でゴムチップまたはゴム製品中濃度が報告されていたのは、15 化合物であった。各化合物の濃度の最高値を、人工芝用ゴムチップを分析した既報の値と比較すると、MBT や BTZ 等は相対的に高い傾向を示したが、家庭用ゴム製品等の報告と比較すると、その濃度は同レベルであり、ゴム製品としては想定される範囲であった。

5. 揮発性有機化合物

VOCs の測定方法について、研究方法に示す捕集条件と GC-MS 分析条件を確立した。測定対象とした 44 化合物のうち、28 化合物が検出

された。最も高頻度に検出されたのはメチルイソブチルケトン (MIBK) 及び BTZ でそれぞれゴムチップ試料の 72%及び 70%から検出された。他方ベンゼンはいずれの試料でも定量下限 (0.04 µg/g) 未満であった。

BTZ は TPE のみで構成されたゴムチップからはほとんど検出されなかったが、それ以外は由来製品に関係なく検出された。MIBK は EPDM もしくは TPE のみで構成されたゴムチップからはほぼ検出されず、廃タイヤと工業用ゴムで検出、廃タイヤ由来の方が若干高い濃度であった。色別にみると、黒色の方が着色したものよりも高かった。

6. ゴムチップ成分の発がん性等の情報収集

EPA 報告から 59 物質、タイヤ関連で使用されるゴム添加剤 36 物質とカーボンブラックの計 37 物質、及び、これらの他に本研究の化学分析で新たに検出された、あるいは検出が想定される物質のうち 30 物質を候補として加え、そのうち主として発がん性の知見を収集すべき計 126 物質を選択した。

これを国際がん研究機関 (IARC) による発がん性評価で分類すると、未評価の物質を除き、グループ 1 (ヒト発がん性物質) が 3 物質、グループ 2A (おそらくヒト発がん性物質) が 3 物質、グループ 2B (ヒト発がん性が疑われる物質) が 13 物質、グループ 3 (ヒト発がん物質とは分類できない) が 24 物質であった。

物質ごとに物理化学的性状や反復曝露 (長期曝露) によるハザード情報を簡潔にまとめて GHS 分類した、健康有害性評価シートを作成した。有害性 (特に発がん性) に基づいて暫定的に評価した結果、利用できる毒性試験データがなく評価困難と判断された物質を除き、37 物質がハザードとして動物あるいはヒトにおいて発がん性を示す知見が認められた物質、あるいはそれらと類似の構造を有し発がん性を示す可能性があるとして推定される物質であり、24 物

質が動物あるいはヒトにおいて試験あるいは評価で発がん性を示す知見が認められていない物質と判断された。

7. 海外の研究進捗状況

諸外国で、ゴムチップを使用する人工芝グラウンドでスポーツ等をするものの健康リスク評価研究が実施されている。

RIVM は 2016 年 12 月に、100 か所の人工芝競技場から採取したゴムチップ中の PAHs、金属類、フタル酸エステル類、ベンゾチアゾール類、フェノール類等を分析し、それらの濃度が既存の文献値と同等であり、ゴムチップからの放散、ゴムチップの経口摂取及び皮膚接触による溶出量が少ないことを示した。ベンゼン、スチレン、及び 1,3-ブタジエンは、分析したゴム顆粒からは検出されなかった。鉛等の金属や PAHs 等のゴムチップから曝露量は、それらが安全とみなされる曝露レベルよりもかなり低く、ゴムチップによる健康リスクは無視できると結論づけている。

ECHA は 2017 年 2 月に初期評価として、文献および最近の複数の研究結果を基に、人工芝競技場に使用されるリサイクルゴムチップの安全性に関する報告書を公表した。初期リスク評価の結果、1) EU で使われるリサイクルゴム中の PAHs の濃度は、発がんリスクおよびその他健康上の問題を引き起こす恐れは非常に低いか無視できる、2) 玩具基準で規制される金属種の懸念は無視できる、3) フタル酸エステル、BTZ、MIBK の濃度は、健康影響が出るレベルではない、4) 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、としている。この評価を踏まえ、ECHA は、1) REACH 規則に対する変更を考慮して、PAHs 及びその他の関連有害物質の濃度が極めて低いゴムチップのみを供給することを徹底する、2) 既存の屋内外のフィールドの所有者及び運営者は、フ

フィールドに使用されているゴムチップの PAHs 及びその他の物質の濃度を測定し、利害関係者がこの情報をわかりやすく利用できるようにする必要がある、3) ゴムチップの製造業者及びその利益集団は、ガイダンスを作成して（再生）ゴム充填材のすべての製造業者及び輸入業者の材料試験の実施を支援する、4) 欧州のスポーツ・サッカー協会及びクラブは、関連する製造業者と協力して、人工芝のゴムチップの安全性に関する情報を、競技者及び一般の人々にわかりやすく伝えることを徹底する必要がある、5) ゴムチップ充填材を用いた既存の屋内フィールドの所有者及び運営者は、十分な換気を確保する必要がある、と勧告した。さらに ECHA は、人工芝ピッチを使用する競技者は、リサイクルゴムチップを含む人工芝で競技を行った後は、基本的な衛生対策を講じるよう推奨している。例えば、競技者はフィールドでの競技後及び食事前に必ず手を洗い、すぐに切り傷やすり傷を消毒し、靴、スパイクシューズ、スポーツ用具、及び汚れたユニフォームを外で脱いで粉末ゴムを家の中に持ち込まないようにし、誤って口の中にゴム粉末が入った競技者は、飲み込まないようにする必要がある、と推奨している。

ゴムチップに対する懸念のきっかけとなった米国ワシントン州においては、同州の研究プロジェクト・チームが、ワシントン州住民におけるがん発症率の疫学調査で、同じ年齢の住民の発症率に基づいて予測される数と報告されたサッカー選手におけるがん発症数に差がないことを報告している。ワシントン州保健局は、サッカー選手のがん発症に関して特定の競技場または地理的居住地が問題となっているのではないことを示しつつ、ゴムチップの健康及び環境影響に関して今後も監視し続けるとしている。

EPA が 2016 年 12 月に公表した中間報告の

内容は、利害関係者による検討事項、タイヤゴムリサイクル業界の概説、既存文献紹介、研究の進捗状況、今後の活動と予定であった。ゴムチップ試料を 9 か所のタイヤリサイクルプラント及び 40 か所の人工芝フィールドから収集し、金属、PAHs、準揮発性有機化合物 (SVOCs) 及び VOCs の測定が進行中であること、曝露評価のためのフィールド調査はまだ始まっていないことが報告された。これらの研究は 2017 年も継続し、フィールド調査は夏以降に実施し、2017 年後半に成果が公表される予定になっている。カリフォルニア州 EPA も独自の調査を実施するとして、2017 年 3 月に調査方針が示された。

D. 考察

今回は、販売及び施工面積シェア上位 10 社の人工芝施工業者から 46 製品（ゴムチップ納入業者 20 社）を入手した。日本国内に敷設される人工芝グラウンドに使われるほとんどすべて（各人工芝施工業者の申告によると国内シェアの 95%以上）の種類のゴムチップを入手、これを分析したことで国内のゴムチップに含まれる成分の実態がほぼ把握できたと考えた。

一般的に、人工芝用充填剤として用いられるゴムチップの大きさは数 mm とされている。入手したゴムチップを乾式ふるい法で測定し中心径を測定したところ、公表値と同等であった。

各分析項目について最適な分析条件を検討し、測定した。ゴムチップの原料となったリサイクルゴム製品の種類が様々であったことから、ばらつきの影響を考慮して、各分析項目では 1 製品から 3 試料以上用意し、それぞれ分析した。

金属に関しては、医薬品の元素不純物ガイドライン (ICHQ3D)、EN 71-3:2013+A1: 2014 Safety of toys –Part 3: Migration of certain elements、EPA の調査計画書を参考にした。酸

化亜鉛はゴムの加硫に用いられるため、Zn 濃度が高いことは既存の報告と同様であった。Pb は懸念が報道された金属であるが、ハザードとしての発がん性ありとは評価されておらず、今回の最大値は 29 $\mu\text{g/g}$ であった。Hg は ECHA が収集した文献で検出された最大値よりも 1 桁小さかった。一方、Cr については、EPDM 製の 2 製品に高濃度で認められた。これは、ゴムに含有されている緑色顔料（酸化クロム）に由来すると考えた。また、Sb については RIVM や ECHA は懸念のある元素とは評価していないが、ECHA が収集した論文で報告されているよりは高濃度を示すものがあつた。これは、樹脂の難燃化に使われた添加剤に由来すると推測した。ゴムチップのリスク評価をした RIVM や ECHA は金属類の溶出性から判断している。今後詳細な健康影響の評価には、含有量だけでは判定できない可能性があり、溶出量の調査が必要となる。

廃タイヤ由来試料と工業用ゴム由来試料とで PAHs の総量を比較すると、廃タイヤの方が有意に高かった。工業用ゴム由来試料はそれら化合物の濃度が低い EPDM が混合されることが多いことが理由と考えられる。一方、ナフタレン、1-メチルナフタレン等はタイヤ由来試料で低く、使用されている間に揮発したためと考えられた。本 PAHs の結果は、ECHA、RIVM 及び既存文献で報告されたゴムチップ中 PAHs 濃度と同程度もしくはそれ以下であつた。また、ECHA で健康リスク評価の際に用いた 8 種類の PAHs（ベンゾ[a]ピレン、ベンゾ[a]アントラセン等）の濃度の合計値（20 $\mu\text{g/g}$ ）と比較すると、本研究で分析した製品中の 8 種類の PAHs（分析最大値の合計：16.3 $\mu\text{g/g}$ ）の方が低かつた。今回分析したものの既報にはない PAHs が EPA の調査対象物質として含まれており、今後発表される調査結果と比較する必要がある。

ゴム添加剤及びそれに由来する化合物をできる限り網羅的に測定するよう試みた。チアゾール系及びスルフェンアミド系加硫促進剤では、それ自身よりも分解物の方が高頻度及び高濃度で検出された。一方、芳香族アミン系老化防止剤のように添加物それ自身が残っているものもあつた。可塑剤は、コーティングされている試料で高濃度に検出されており、そのコーティング剤に含まれていた可能性が示唆された。定量した 42 化合物のうち、既報でゴムチップまたはゴム製品中濃度が報告されていたのは 15 化合物であつた。一般的に MBT 等のゴム添加剤は、はゴム製造時にそれぞれ最大で数%添加されており、本研究で得られたゴムチップ中の各添加剤等の濃度はゴム製品としては想定される範囲内と考えられた。TPE には架橋剤等が使用されていないため、それ以外とは化合物の検出パターンが違つた。EPDM は SBR 等に比べて耐候性を有しているため、老化防止剤が使用されていないか、使用量が少ないと考えられる結果が得られた。廃タイヤ由来の方が工業用ゴム由来試料よりも検出される化合物の平均値と中央値に差が少なく、均質なことがわかつた。

本研究で検出された化合物のうち、ECHA でリスク評価が実施されたのは、MBT、BTZ 及び DEHP であつた。本研究のこれら化合物の濃度の最大値を ECHA のリスク評価計算式に用いて経口及び経皮曝露量を検討したところ、いずれもリスク比は 1 を下回つた。本研究で検出した MBT、BTZ 及び DEHP 以外の化合物については、これまでに健康リスクに関する評価は実施されていない。ゴムチップに曝露されても、その全ての化合物が溶出し吸収されるわけではなく、今後、溶出量等の評価を実施することが必要である。

VOCs は、室内空気環境汚染化学物質調査で対象とする 43 種の VOCs に既報で報告件数の

多い BTZ を加え、44 種を分析対象とした。対象とした 44 種の VOCs のうち、今回の試料の 70%以上に検出されたのは BTZ と MIBK であった。ヒトで血液性のがんを誘発する十分な証拠があるベンゼンは、いずれの試料においても定量下限値未満であった。MIBK は、緑色やベージュ/茶と比較すると黒色試料で濃度が高い傾向が見られた。これはポリウレタン等のコーティングにより、ゴム本体からの VOC 放散量が抑えられたためと考えられた。人工芝用ゴムチップに含まれる VOCs の健康影響を評価するためには、経気道的な曝露量を推定するための気中濃度測定が必須となる。諸外国より報告される評価書と突合するために、我が国においてもフィールド調査を実施することが必要である。

ゴムチップに関連した 126 物質の有害性情報を収集し、発がん性を主に健康影響について分類評価した結果は、最近発表された RIVM や ECHA の報告書と比較して妥当なもの判断された。今後、日本の実情をふまえ、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際に有用な情報を提供するものと考えられる。

諸外国におけるゴムチップの評価内容を調べた。RIVM はゴムチップから曝露する有害化合物の量は、それらが安全とみなされる曝露レベルよりもかなり低く、ゴムチップによる健康リスクは無視できると結論した。ECHA は既存の研究結果を基に、ゴムチップの健康リスクは極めて低いと報告した。このように、既存の文献は総じて、ゴムチップ関連の有害物質の含有量とその溶出量が少ないことから、ヒト健康リスクは低いと評価している。さらに、米国ワシントン州保健局は州住民におけるがん発症率とサッカー選手におけるがん発症率に差がないことを報告している。さらに、本研究で調べた範囲では、諸外国及び本邦においてこれまで、

人工芝グラウンド上で競技する人や作業する人にゴムチップに起因する健康被害が生じたという学術報告は確認されていない。EPA は現在、含有成分の分析や曝露評価方法の開発等に関する調査研究を進めており、2017 年後半に報告する予定である。ECHA は EPA の報告書を踏まえ、再評価を行うこととしている。

今後、本研究成果をもとに曝露評価を実施するとともに、今後公表される EPA の報告書などの国際的な動向を踏まえながら、日本国内で流通される人工芝グラウンド用ゴムチップの健康リスクについて、評価を行うことが望まれる。

E. 結論

本研究は、日本国内で流通している人工芝用ゴムチップの発がんリスク等の健康影響評価に資する情報を収集することを目的に、国内で使用される人工芝用ゴムチップのほとんどを入手し、それに含まれる金属類、PAHs、及び加硫促進剤や老化防止剤等のゴム添加剤並びにそれらに由来する化合物、及び放散する VOCs の分析を行った。さらに、人工芝用ゴムチップに関連した 126 物質について、主に発がん性に基づき健康影響を評価した。

測定した金属類の中では Zn が最も高濃度に検出された。Fe や Al の濃度も他の元素に比べて高い値を示した。Pb は TPE 以外のほとんどの試料に認められ、最大値は 29 $\mu\text{g/g}$ であった。Hg は全ての試料で検出されたが、最大でも 0.1 $\mu\text{g/g}$ 未満であった。Cr については、高い濃度を示す試料が認められた。ゴムチップ中の金属類についてリスク評価するためには、溶出性に関する試験が必要である。

PAHs は関連化合物を含め 46 化合物を対象とし、廃タイヤ由来及び工業用ゴム由来試料からは、ベンゾ[a]ピレンやベンゾ[a]アントラセンなど、PAHs 及び類縁化合物が 32 化合物検出

された。ECHAで健康リスク評価の際に用いた8種類のPAHs（ベンゾ[a]ピレン、ベンゾ[a]アントラセン等）の濃度の合計値（20 µg/g）と比較すると、本研究で分析した製品中の8種類のPAHsの方が低かった。今後、EPA等の調査結果を踏まえ、追加調査の実施の可否を検討することが望ましい。

ゴム添加剤類 36 化合物を測定対象としてターゲット分析したところ、26 化合物を検出、定量した。それに加えて、ノンターゲット分析では可塑剤など 16 化合物を同定した。検出された化合物では、加硫促進剤では2-メルカプトベンゾチアゾール（MBT）（1.6～1994 µg/g）、芳香族アミン系老化防止剤では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（28～8718 µg/g）等が高頻度（80%以上）で検出された。ゴム添加剤の一般的な配合割合を考慮すると、本研究で得られた濃度はゴム製品としては想定される範囲内であると考えられた。ゴムチップに曝露されても、その全ての化合物が溶出し吸収されるわけではなく、今後、溶出量等の評価を実施することが必要である。

VOCsは、測定対象とした44化合物のうち28化合物が検出され、主なものはBTZ及びMIBKであった。他方、ベンゼンはいずれの試料においても定量下限未満であった。諸外国より報告される評価書と突合し、経気道的な曝露量を推定するためには、フィールド調査を実施することが望ましい。

ゴムチップに関わる文献・資料、あるいは化学分析で検出された物質から126物質を抽出し、その発がん性等の有害性情報を収集し、評価シートを作成した。これらの結果は、今後詳細な曝露及びリスク評価を行うことが必要になった際に、有用な情報を提供するものと考えられた。

ゴムチップに関する諸外国のリスク評価の状況を調査した。既存の報告書は総じて、ゴム

チップ関連物質のヒトへの曝露量が少ないことを踏まえ、ヒト健康リスクは低いと評価している。EPAは現在、含有成分の分析や曝露評価方法の開発等に関する調査研究を進めており2017年後半に報告をする予定である。ECHAはEPAの報告書を踏まえ、再評価を行うこととしている。

今後、本研究成果をもとに曝露評価を実施するとともに、今後公表されるEPAの報告書などの国際的な動向を踏まえながら、日本国内で流通される人工芝グラウンド用ゴムチップの健康リスクについて、評価を行うことが望まれる。

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

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

なし

2. 実用新案特許

なし

3. その他

なし

厚生労働科学研究費補助金（厚生科学特別研究事業）
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

人工芝用ゴムチップ中の重金属類の分析

研究分担者 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
研究協力者 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 研究補助員

研究要旨

本研究では、日本国内で流通している人工芝用ゴムチップの発がんリスク等の健康影響評価に資する情報を収集することを目的として、人工芝施工業者からゴムチップ 46 製品を入手し、それらに含まれる金属を分析した。本研究では 28 元素を分析した。Hg は加熱酸化測定装置を用い、それ以外はゴムチップを硝酸及びフッ化水素酸の混液を用いてマイクロ波加熱分解したのち、ICP-MS を用いて定量した。

Zn は測定対象元素の中では濃度が最も高かった。Zn の濃度を試料材質別に比較すると、スチレン・ブタジエンゴム（SBR）を主としエチレン・プロピレン・ジエンゴム（EPDM）などとの混合試料に比べて、EPDM 単独及び熱可塑性エラストマー（TPE）単独では低かった。Fe と Al の濃度も他の元素に比べて高かった。Pb は TPE 以外のほとんどの試料に認められ、最大値は 29 µg/g であった。Hg は全ての試料で検出されたが、最大でも 0.1 µg/g 未満であった。Cr については、一部ゴムチップで高い濃度を示すものが認められた。

オランダ国立公衆健康環境研究所（RIVM）や欧州化学品庁（ECHA）はゴムチップからの金属類などの溶出性からそのリスクを評価している。ゴムチップに含まれているすべての元素がヒトに吸収されるわけではなく、今後リスクを評価するには、同様に溶出試験が必要である。米国環境保護庁（EPA）は現在、調査研究を進めており、2017 年後半に結果を報告する予定である。ECHA もその結果を踏まえ再評価を行うこととしている。海外の調査状況を踏まえ、我が国でも追加調査の実施の要否を検討することが望ましい。

A. 研究目的

近年コンディショニングの維持管理のし易さ、ランニングコストの面などからサッカー場や野球場には人工芝を敷設した競技場が増加している。日本サッカー協会は、サッカーの競技に適したロングパイル人工芝を長さ 50 mm

以上の合成樹脂製パイルの隙間に、弾性材を含む粒状材料を充填しパイルを安定させた人工芝複合製品であることと定義し、その公認規定を設けている。こうした人工芝フィールドに使われる充填剤は芝糸を立ててクッション性を高める役割があり、ゴムチップと珪砂が使わ

れている。

環境保全及び資源の有効利用の観点から廃棄物等の発生抑制、循環資源のリユース・リサイクルは重要である。ゴムチップは、現在トラックやバス等の使用済みタイヤ（廃タイヤ）から製造されたものが主となっているが、使用・廃棄された工業ゴム製品からも製造される他、専用の合成ゴムチップもある。2015年の日本国内における廃タイヤ発生本数は9500万本、重量では100万トンであり、再生ゴム・ゴム粉として原形加工利用される廃タイヤ重量は11%（10万5千トン）と報告されている。また、人工芝に使用される廃タイヤは国内発生量の2%（2万トン）とされている（日本自動車タイヤ協会調べ）。

タイヤはゴム（天然ゴム、合成ゴム）、カーボンブラック及びシリカ、配合剤（硫黄、酸化亜鉛などの加硫促進剤、老化防止剤、エクステンダーオイル等）、タイヤコード（テキスタイルコード、スチールワイヤー）、ビードワイヤーから構成される。合成ゴムとしては主に、ジエン系のスチレン・ブタジエンゴム（SBR）やブタジエンゴム（BR）が使われる。廃タイヤ由来ゴムチップは、廃タイヤを切断、タイヤコード（テキスタイルコード、スチールワイヤー）、ビードワイヤーを除き、細粒化して製造される。

ゴムチップから種々の化学物質が溶出し、水及び土壌環境への影響の可能性が懸念されるとの報告がある。よって、これを使用する人工芝フィールド上の選手への健康影響も懸念された。国際サッカー連盟（FIFA）は2006年に、人工芝フィールドに使われるSBRによる発がんリスクはそれまでに報告されている研究結果からは実証できないとしつつも引き続き情報を収集していくとした。イタリア、米国コネチカット州及びカリフォルニア州環境保健有害性評価局（OEHHA）などで行われたリスク評価の結果では、ゴムチップを使用したフィー

ルド上での競技による健康リスクの上昇は示されていないとしている。しかし、米国NBCテレビが2014年に、女子サッカー選手のがん発症と人工芝に使われるゴムチップの関連性について報じたところ、一般市民の間で廃タイヤ由来ゴムチップへの不安が高まった。2016年2月に米国環境保護庁（EPA）及び米国疾病予防管理センター／有害物質疾病登録局（CDC/ATSDR）は消費者製品安全委員会（CPSC）と連携して、人工芝の充填剤の廃タイヤからリサイクルされたゴムチップの安全性について調査研究を開始すると発表した。これを受けて欧州委員会は欧州化学品庁（ECHA）に人工芝充填剤のゴム中に健康リスクを生じる恐れのある化学物質が存在するかを評価するように指示し、ECHAは2017年初めに初期評価の結果を公表するとした。またオランダ国立公衆健康環境研究所（RIVM）でも同様の研究を進めてきている。

我が国でも人工芝は競技場のほか、学校などのサッカー場に使われるようになっており、国民の健康を守るためにも国内の状況を調査し、安全性を確認するべきである。化学物質の健康リスクはそれ自体の有害性と曝露量から求められる。本研究はゴムチップの成分分析として金属類を担当し、含有量の情報を得ることを目的とした。ゴムチップからは高濃度のPbが検出されることは既に報告されている。EPAは、収集したゴムチップの文献で測定されている元素は33種あるが、うち22種の元素を測定するとしている。医薬品の元素不純物ガイドライン（ICHQ3D）（平成27年9月30日付厚生労働省医薬食品局審査管理課長通知（薬食審査発0930第4号））では混入可能性や元素の毒性に応じ24元素のクラス分類とPDE（許容一日曝露量）を設定し、クラス1とクラス2Aの7元素はリスクアセスメントが必須としている。欧州規格 EN 71-3:2013+A1:2014 Safety of

toys – Part 3: Migration of certain elements (玩具の安全性—特定元素の移行) では改正前の 8 元素 から 17 元素 19 項目に検査項目が拡大された。本研究でもこれらを参考に、ゴムチップ中の金属類を ICP-MS、及び加熱気化水銀測定装置を用いて分析した。

B. 研究方法

1. 試料

ゴムチップ試料は、人工芝施工業者 10 社から 46 製品 (ゴムチップ納入業者 20 社) を経済産業省の協力を得て入手した。試料の材質、由来、色等について表 1 に示した。

2. ICP-MS 分析

2-1. 装置

ICP-MS は Agilent 7500ce (アジレント・テクノロジー) を用いた。マイクロ波分解装置は CEN 社製 MARS 5 を、分解容器には EasyPrep を用いた。

2-2. 酸分解

試料約 0.1 g に硝酸 5 ml または硝酸 5 ml 及びフッ化水素酸 0.5 ml の混液を加えて 30 分間～2 時間静置した後、マイクロ波を照射し 200°C で 20 分間加熱分解した。冷却後、超純水で 50mL に定容し、10000 rpm で 10 分間遠心した上清をメンブランフィルター (0.20 μm) でろ過したものを試験溶液とした。

2-3. 測定方法

Cd、Pb、As、Co、V、Ni、Ba、Cu、Cr、Zn、Al、Li、Be、Mg、Mn、Fe、Ga、Se、Rb、Sr、Mo、Ag、Sn、Sb、Cs、Tl 及び Bi の合計 27 元素を測定対象とした。試験溶液を ICP-MS に導入し、各元素の質量数のイオン強度を測定し、別に作成した検量線から濃度を求め、試料中の濃度 (μg/g) に換算した。各元素について、分析した試料のうち検出された試料の割合、検出された濃度の最大値、最小値及び中央値を求めた。

3. 加熱気化水銀分析

3-1. 装置

加熱気化水銀測定装置 MA-3000 (日本インスツルメンツ) を用いた。

3-2. 測定方法

試料約 0.1 g (n=4) をセラミックス製ボートに入れて加熱し、Hg を捕集管に濃縮、気化させ、原子吸光法により 253.7 nm におけるピーク強度を測定した。検量線は、原子吸光分析用 Hg 標準液を L-システイン溶液 (100 mg/L) で希釈して調製した 0.25～250 ng/ml の標準液 100 μl をそれぞれ測定し、得られたピーク強度とボート中の Hg 量 (ng) から作成した。各試料は別々に 4 回測定した。検量線から試料中の Hg 量 (ng/g) を計算し、最大値、最小値及び中央値を求めた。

C. 結果

1. ICP-MS 分析

1-1. 前処理条件の検討

入手したゴムチップを材質や由来によって分類した。組成や由来はメーカーの申告による。天然ゴム (NR)、スチレン・ブタジエンゴム (SBR)、ブタジエンゴム (BR) 及びエチレン・プロピレン・ジエンゴム (EPDM) など複数記載されたもの、材質の記載がないもののタイヤまたは工業用ゴム由来及びそれらの混合物、または由来が不明で黒色のものはいずれも混合材質 (Mix) として分類した。EPDM または熱可塑性エラストマー (TPE) 単独のものは、それぞれ別に分類した。結果 Mix に分類されたのは 37 試料、EPDM は 5 試料、TPE は 4 試料であった。Mix としたものについてのみ、廃タイヤ由来、工業用ゴム由来、これらの混合または不明の 3 区分とし、EPDM と TPE についてはそれぞれとした。

試料ゴムチップから選択した黒色ゴムチップ (ここでは A 及び B とする)、緑色ゴムチッ

プ (C とする) の計 3 種を用いて、マイクロ波分解に使う最適な酸組成について検討を行った。ゴムチップはさらに微細化、混和するような均一化は行わず、個々のゴムチップにばらつきがあることを念頭に 4 回の併行試験を行った。各酸でゴムチップを分解したときの液の性状を観察した。A 及び B を硝酸のみで分解したとき浮遊する不溶物が確認されたが、硝酸・フッ化水素酸混液では浮遊物が目視で確認できないくらい少なかった。一方 C は、硝酸のみで分解したときは浮遊物が少なかったが、硝酸・フッ化水素酸混液では軽度に白色に濁るような状態であった。

これら溶液中の元素濃度を定量した (表 2)。A は測定対象とした全ての重金属の濃度が硝酸のみに比べて硝酸・フッ化水素酸混液で高く、B は 11 元素中 6 元素が硝酸のみに比べて硝酸・フッ化水素酸混液で高かった。他の 5 元素については硝酸のみの方がわずかに高かった。C では硝酸と硝酸・フッ化水素酸混液で優劣はなかった。以上の結果より、ゴムチップのマイクロ波分解に使用する酸として、硝酸・フッ化水素酸混液を選択した。

1-2. ゴムチップ中の濃度

ゴムチップをマイクロ波加熱分解し ICP-MS で分析した。27 元素の定量限界濃度は 0.01~2 $\mu\text{g/g}$ であった。46 試料全てで検出されたのは Zn、Al、Fe、Mg、Pb、Bi 及び Tl で、90%以上の頻度で検出されたのは Cr、Ba、Mn、Co、V 及び Sr であった。一方、As 及び Se の検出率はそれぞれ 45.7%及び 32.6%であった (図 1)。ゴムチップ中に最も高濃度に含まれていた元素は Zn で、次いで Al 及び Fe の順であった。Hg を除く有害金属 7 元素の中では Pb が中央値で 20 $\mu\text{g/g}$ と濃度が高かった (図 2)。ゴムチップの材質別に各元素の濃度を比較した。Zn は Mix 試料で他材質試料よりも高濃度に検出された。Al は EPDM で高濃度に検出された。Cr

については EPDM の一部試料で高濃度検出されるものがあった (表 3)。今回検出されたゴムチップ中の各元素の濃度を ECHA が収集した論文の報告値と比較した (表 4、表 5)。

2. 水銀分析

Hg 専用測定装置を用いて、各試料 4 回測定した。今回用いた条件での試料中の Hg の定量限界は約 0.3 ng/g であった。中央値で 0.011 $\mu\text{g/g}$ 、最も高いものでも EPDM の 0.064 $\mu\text{g/g}$ であった。ECHA が収集した文献で検出された最大値よりも 1 桁少なかった。ゴムチップの材質・由来製品別に濃度を比較した (表 6)。EPDM 単独組成のものは Hg 含量が若干高い傾向があり、TPE の 1 試料の含有量は混合材質の Mix 試料と差はなかった。

D. 考察

今回、販売及び施工面積シェア上位 10 社の人工芝施工業者から 46 製品 (ゴムチップメーカー 20 社) を入手した。日本国内に敷設される人工芝グラウンドで使われるほとんどすべて (各人工芝施工業者の申告によると 95%以上) の種類のゴムチップを入手でき、国内のゴムチップの実態がほぼ把握できると考えられた。

ゴムチップは廃タイヤ等を切断、細粒化して製造され、特別な加工はされない。タイヤだけをとっても、タイヤメーカー、タイヤブランド、冬用・夏用、トラック・バス、乗用車と多くの種類があり、使用済みとなるまでの走行場所や走行期間、チップの製造環境も様々であるように、ゴムチップの原料にばらつきがある。廃タイヤに EPDM 製の工業用ゴムチップが混合されたものからゴムチップが製造されているものもある。そのため、1 製品から 3 回以上の測定用試料をとり、それぞれを分析して得られた値には幅が認められた。

EN 71-3 は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

るか否かを調べる溶出試験であり、Al、Sb、As、Ba、B、Cd、Cr (Cr³⁺、Cr⁶⁺)、Co、Cu、Pb、Mn、Hg、Ni、Se、Sr、Sn (Sn, Organic Sn) 及び Zn の 17 元素 19 項目が検査対象になっている。今回 EPA は、収集した文献で測定されている元素は 33 種あるが、うち Al、Sb、As、Ba、Be、Cd、Cr、Co、Cu、Fe、Pb、Mg、Mn、Hg、Mo、Ni、Rb、Se、Sr、Sn、V 及び Zn の 22 元素を調査する計画である。本研究では 28 元素を定量した。

ゴムチップに高濃度に含まれていた元素は Zn、Al、Fe であった。酸化亜鉛はゴムの加硫に用いられるため、Zn の濃度が高いことは既存の報告と同様であった。Al の濃度は EPDM の 5 試料で他の材質のものより高く、EPDM 製造の際の添加剤と考えられた。

RIVM がゴムチップの健康影響の懸念の指標としている Pb、Co 及び Cd については、今回検出された値は ECHA が収集した文献でこれまで報告されている値と大きな差はないと考えられた。Pb は米国で懸念を示して報道している金属であるが、ハザードとしての発がん性ありとは評価されていない。今回、Pb は TPE 以外のほとんどの試料に認められたが、最大 29 µg/g であった。Ga、Ag、Cs 及び Bi の 4 元素は、ECHA が収集した文献等では取り上げられていない元素であった。Ag、Cs、Bi はいずれも数 µg/g であり、Ga は最大 32 µg/g を示す TPE 製チップがあった。Hg は全ての試料で検出されたが、最大でも 0.1 µg/g 未満であった。

Cr については、EPDM 製の 2 製品に高濃度認められた。酸化クロム (Cr₂O₃) はゴム等に使用される緑色顔料であり、今回検出された Cr はこれに由来すると考えた。Sb については RIVM や ECHA では健康影響の懸念のある元素とされていないが、一部の試料で ECHA が収集した論文で報告されているよりは高い値を示すものがあった。樹脂の難燃化には三酸化

アンチモンが使われているとの情報もあり、これが定量された可能性を推測する。

RIVM はゴムチップからの金属の溶出性を調査し、リスクを評価している。ECHA も金属の含有量の情報を収集しながらも溶出性を注視している。今回の研究ではゴムチップ中の金属の種類と含有量を求めた。しかし、ゴムチップに含まれているすべての元素が溶出し、ヒトに吸収されるわけではない。詳細な健康影響の評価には、含有量だけでは判定できず、溶出量の調査が必要となる。EPA は現在、調査研究を進めており、2017 年後半に結果を報告する予定である。ECHA もその結果を踏まえ再評価を行うこととしている。我が国においても、海外の調査状況等を踏まえ、追加調査の実施の可否を検討することが望ましい。

E. 結論

本研究では、日本国内で流通している人工芝用ゴムチップの発がんリスク等の健康影響評価に資する情報を収集することを目的として、ゴムチップ中の金属類の含有量を測定した。人工芝施工業者 10 社から 46 試料を入手し、28 元素を分析、検出した。同一製品であっても繰り返し測定で得られた値には大きな差があった。Zn は測定した元素の中で最も高濃度に検出された。Pb は TPE 以外のほとんどの試料に認められ、最大値は 29 µg/g であった。Hg は全ての試料で検出されたが、最大でも 0.1 µg/g 未満であった。Cr については、一部ゴムチップで高い濃度を示すものが認められた。

RIVM や ECHA はゴムチップからの金属類の溶出性からそのリスクを評価している。ゴムチップに含まれているすべての元素がヒトに吸収されるわけではなく、リスクを評価するには、溶出性についての評価が必要である。EPA は現在、調査研究を進めており、ECHA もその結果を踏まえ再評価を行うこととしている。海

外の調査状況を踏まえ、我が国でも追加調査の実施の可否を検討することが望ましい。

参考文献

Bocca B, Fortea G, Petruccia F, Costantina F, Izzob P. Metals contained and leached from rubber granulates used in synthetic turf areas. *Sci. Total Environ.*, 2009, 407, 2183–2190.

Kennedy P, Gadd J. Preliminary examination of trace elements in tyres, brake pads and road bitumen in New Zealand. Report prepared for the Ministry of Transport of New Zealand; 2000. revised in 2003.

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

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

なし

2. 実用新案特許

なし

3. その他

なし

表 1. 試験に供した 46 製品の概要

No.	Origin	Material	Color
1	Industrial rubber	SBR・EPDM	Black
2	Tire	NR・Synthetic rubber	Black
3	Industrial rubber	SBR	Green
4	Tire	Unknown	Black
5	Synthetic rubber	EPDM	Green
6	Industrial rubber	Unknown	Green
7	Tire	NR	Black
8	Tire	NR	Black
9	Mixture / Unknown	NR・SBR・BR・EPDM	Black
10	Synthetic rubber	EPDM	Beige
11	Synthetic rubber	EPDM	Green
12	Tire	NBR・SBR	Black
13	Tire	NBR・SBR	Black
14	Tire	NBR・SBR	Black
15	Mixture / Unknown	SBR	Beige
16	Synthetic rubber	EPDM	Green
17	Industrial rubber	NR・SBR・NBR・EPDM	Black
18	Industrial rubber	NR・SBR・NBR・EPDM	Green
19	Tire	SBR・NR	Black
20	Tire	SBR・NR	Black
21	Tire	Unknown	Black
22	Industrial rubber	SBR・EPDM	Black
23	Industrial rubber	SBR・EPDM・NBR・NR	Black
24	Industrial rubber	NR・SBR・EPDM	Black
25	Thermoplastic elastomers	TPE	Green
26	Thermoplastic elastomers	TPE	Beige
27	Thermoplastic elastomers	TPE	Brown
28	Tire	SBR	Beige
29	Tire	SBR	Brown
30	Tire	SBR	Green
31	Tire	SBR	Black
32	Tire	SBR	Black
33	Tire	SBR・NR	Black
34	Tire	NR・SBR	Black
35	Tire	NR・SBR	Black
36	Tire	NR・SBR	Black
37	Synthetic rubber	EPDM	Beige
38	Thermoplastic elastomers	TPE	Green
39	Industrial rubber	NR・EP・NBR	Black
40	Tire	NR	Black
41	Tire	SBR・BR・NR	Black
42	Tire	SBR	Black
43	Industrial rubber	NR・SBR・EPDM	Black
44	Tire	SBR・NR	Black
45	Tire	SBR・NR	Black
46	Mixture / Unknown	SBR	Black

表2. マイクロ波分解条件の違いによってゴムチップの分解溶液に検出される元素濃度

試料名	分解条件	濃度	Pb	As	Cd	V	Co	Ni	Cr	Cu	Ba	Zn	Al
A	硝酸のみ	平均	76	2.9	2.0	2.3	64	4.4	4.1	69	65	8723	1768
		SD	28	0.78	0.27	0.28	5.2	1.3	1.0	3.6	32	693	40
		RSD	37	27	14	12	8.0	31	25	5.2	49	7.9	2.3
	硝酸+フッ酸	平均	82	4.3	4.4	5.6	108	6.5	7.2	125	123	11904	2901
		SD	31	0.65	1.3	1.1	19	0.46	0.88	19	53	523	738
		RSD	38	15	30	19	18	7.0	12	16	43	4.4	25
B	硝酸のみ	平均	15	0.32	0.25	0.19	6.5	1.8	0.57	3.1	5.8	11238	345
		SD	2.0	0.073	0.017	0.12	2.8	0.57	0.093	2.4	6.3	568	58
		RSD	13	23	6.8	62	43	31	16	77	108	5.1	17
	硝酸+フッ酸	平均	13	0.25	1.1	1.1	19	2.7	2.2	2.5	3.2	9499	373
		SD	2.6	0.066	0.022	0.089	13	0.26	0.42	0.94	0.36	355	17
		RSD	21	27	2.1	8.0	68	9.6	19	38	11	3.7	4.5
C	硝酸のみ	平均	0.49	0.44	0.094	0.81	ND	0.60	2.0	40.6	3.4	778	582
		SD	0.036	0.082	0.010	0.17	—	0.13	0.30	4.2	0.34	86	61
		RSD	7.3	19	10.8	21	—	21	15	10	10	11	11
	硝酸+フッ酸	平均	0.46	0.36	0.88	0.96	0.40	1.4	1.5	41	3.0	628	135
		SD	0.015	0.028	0.014	0.089	0.0095	0.61	0.14	0.85	0.18	8.8	33
		RSD	3.3	7.7	1.6	9.3	2.4	43	9.0	2.1	5.9	1.4	24

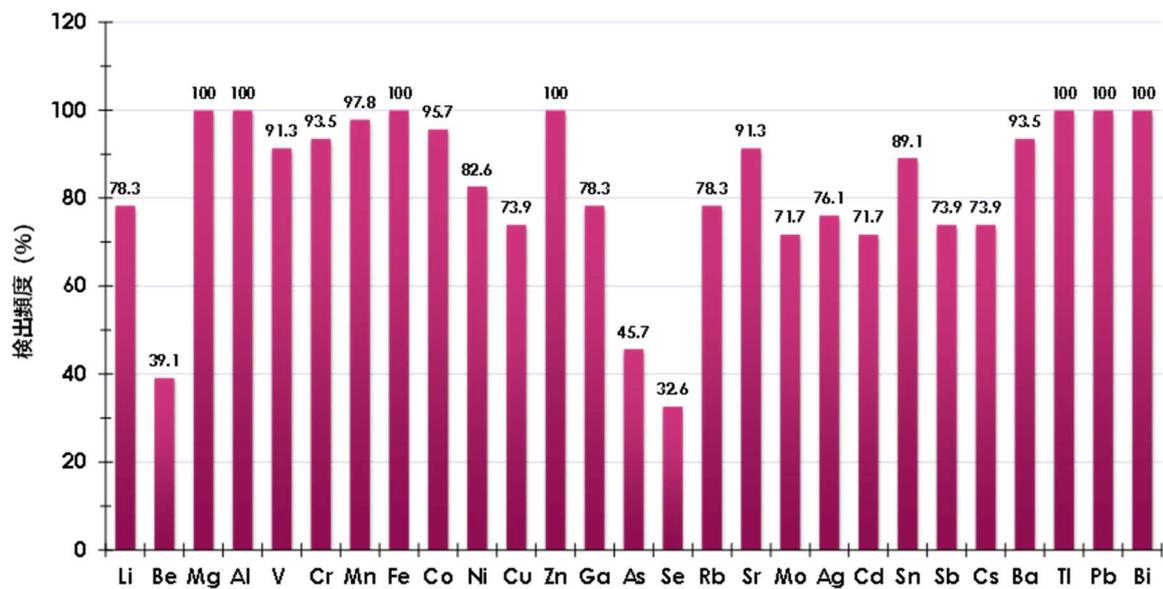


図1. ICP-MS 分析で各元素が検出された試料数の全 46 試料に対する割合 (検出頻度 (%))

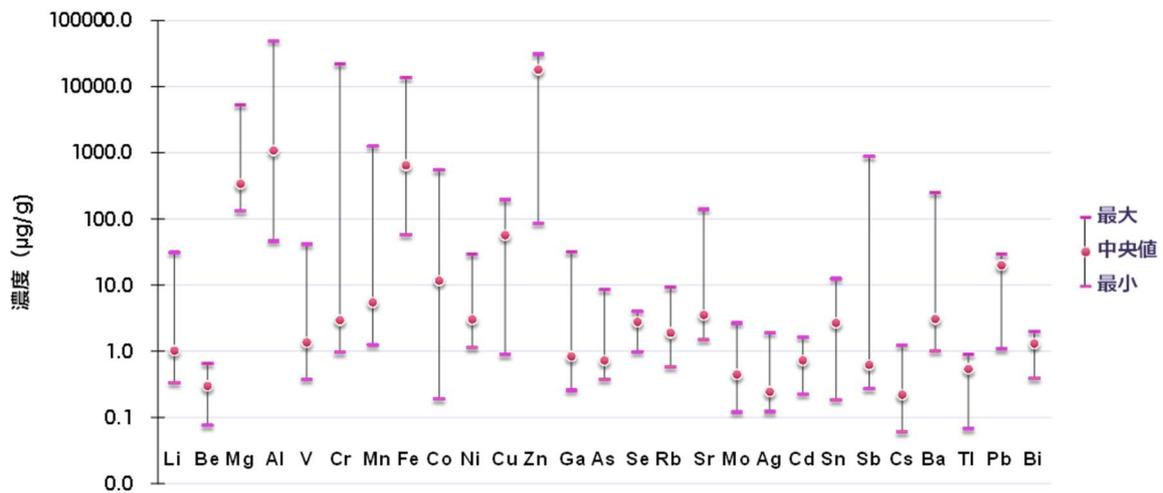


図2. ICP-MS 分析により定量された各元素の濃度
全 46 試料における最大、最小及び中央値をプロットした。

表3. ICP-MS分析による試料材質別の各金属濃度

Element	Mix (n=37)			EPDM (n=5)			TPE (n=4)					
	Detection number	Concentration (µg/g)		Detection number	Concentration (µg/g)		Detection number	Concentration (µg/g)				
		Min	Max		Median	Min		Max	Median	Min	Max	Median
Li	28	0.33	2.9	0.91	5	15	31	20	3	0.56	13	1.3
Be	15	0.076	0.46	0.16	3	0.42	0.65	0.52	0			
Mg	37	131	5270	306	5	349	1861	448	4	1605	3287	2339
Al	37	46	3322	1041	5	44873	49303	46991	4	64	687	386
V	34	0.38	3.0	1.4	5	21	41	30	3	0.55	0.73	0.68
Cr	34	0.97	20	2.5	5	17	22012	23	4	1.7	138	45
Mn	36	1.3	1254	5.1	5	4.4	38	18	4	6.6	12	10
Fe	37	58	13577	380	5	2283	10446	3382	4	165	9486	748
Co	36	0.19	548	148	5	1.3	2.7	2.1	3	0.23	0.29	0.24
Ni	32	1.6	29	3.0	5	6.4	10	9.2	1	1.1		
Cu	30	0.89	193	57	2	33	87	60	2	13	63	
Zn	37	11821	30816	20054	5	1172	4539	4139	4	87	1755	453
Ga	28	0.26	1.4	0.81	5	9.3	18	16	3	0.28	32	0.30
As	16	0.38	0.96	0.55	2	0.73	2.1		3	2.9	8.6	5.3
Se	12	1.6	4.0	3.0	1		1.5		2	0.98	1.0	
Rb	31	0.58	2.9	1.9	5	0.84	9.3	1.5	0			
Sr	33	1.5	35	2.7	5	28	140	86	4	17	61	26
Mo	25	0.12	2.7	0.43	5	0.50	1.0	0.56	3	0.23	0.30	0.27
Ag	31	0.12	1.9	0.28	1		0.25		3	0.21	0.22	0.22
Cd	29	0.31	1.6	0.80	1		0.23		3	0.40	0.42	0.42
Sn	32	0.59	12	3.0	5	1.3	4.4	1.3	4	0.19	0.62	0.27
Sb	30	0.28	879	0.60	1		1.8		3	0.27	409	221
Cs	26	0.06	0.62	0.22	5	0.11	1.2	0.16	3	0.22	0.24	0.22
Ba	34	1.23	6.51	2.93	5	35	70	57	4	1.0	249	2.3
Tl	37	0.095	0.897	0.544	5	0.067	0.61	0.079	4	0.48	0.54	0.52
Pb	37	3.62	29.2	20.8	5	9.4	20	12	4	1.1	1.6	1.2
Bi	37	0.699	2.00	1.49	5	0.39	0.92	0.46	4	0.61	0.73	0.71

表4. ゴムチップ中の金属濃度に関する既存文献値との比較

Element	ECHA1		ECHA2		Kennedy and Gadd (2000)	Bocca et al. (2009)			This study			
	Min	Max	Min	Max		Min	Max	Median	Min	Max	Mean	Median
Al	603.0	876.0	1.2	6680	20.5	1.2	6680	755	46	49303	6015	1078
As	<3	<3	0.10	1.21	nd	0.10	1.21	0.24	0.38	8.6	1.4	0.72
Ba	5.0	12.0	2.4	4778	25.8	2.4	4778	22	1.0	249	15	3.1
Be	<3	<3	0.001	0.37	0.3	0.001	0.37	0.04	0.076	0.65	0.30	0.30
Cd	<3	<3	0.11	2.38	0.19	0.11	1.89	0.37	0.23	1.6	0.78	0.73
Co	99.0	268.0	0.7	268	1.05	3.5	234	15	0.19	548	108	12
Cr	3.0	12.0	0.4	56	<1	0.4	56	6.2	0.97	22012	709	2.9
Cu	39.0	111.0	0.8	111	1	0.8	12	60	0.89	193	58	57
Fe	451.0	2310.0	15	4318	105	15	4318	305	58	13577	2370	645
Hg	<3	<3	0.03	0.16	<0.01	0.03	0.16	0.07	0.0004	0.064	0.013	0.011
Li			0.6	11	0.2	0.6	11	1.5	0.33	31	4.3	1.0
Mg	288.0	507.0	123	966	11.2	123	966	456	131	5270	741	339
Mn	4.0	19.0	2.6	30	1.2	3.0	30	5.2	1.3	1254	35	5.5
Mo	<3	<3	0.04	6.6	1	0.04	6.6	0.2	0.12	2.7	0.57	0.45
Ni	3.0	8.0	0.6	26.12	1	0.6	5.8	2.0	1.1	29	5.0	3.0
Pb	11.0	25.0	10.76	308	2.72	12	46	22	1.1	29	16	20
Rb			0.7	26	<0.2	0.7	26	1.7	0.6	9.3	2.0	1.9
Sb			0.3	7.7	<0.2	0.3	7.7	1.1	0.27	879	47	0.62
Se	<3	<3	<0.3	<3	nd	<0.3	<0.3	<0.3	1.0	4.0	2.6	2.8
Sn			0.1	39.0	<0.5	0.1	3.0	1.2	0.19	12	3.1	2.7
Sr			0.6	90	0.6	3.2	90	12	1.5	140	19	3.5
Tl	<3	<3			nd				0.067	0.90	0.50	0.54
V	<3	<3	0.4	22	nd	0.4	22	2.2	0.38	41	4.9	1.4
W					nd				na	na	na	na
Zn	15000	20000	118	21000	8310	118	19375	10229	87	30816	15893	17863
Ag									0.12	1.9	0.54	0.25
Bi									0.39	2.0	1.2	1.3
Cs									0.060	1.24	0.32	0.22
Ga									0.26	32	3.6	0.84

nd: not detected. na: not analyzed.

Hg値は専用装置の結果から記載。

ECHA1: ECHAがヨーロッパタイヤ工業会(ETRMA)から入手したタイヤ中の元素データより抜粋

ECHA2: ECHAの収集した文献情報

表 5. European Chemicals Agency (ECHA)が収集した文献におけるゴムチップ中の金属濃度

ECHA (2017): ANNEX XV REPORT: An evaluation of the possible health risks of recycled rubber granules used as infill in synthetic turf sports fields. ANNEXES, p.19-20 より

Table I.5, Type A - Concentrations of metals in new recycled rubber granules, samples from manufacturer, stocks etc.

	Norwegian Building Research Institute (2004) (three samples of recycled rubber from supplier, origin not known) (mg/kg)	Nilsson N. (2008) (mg/kg) (2 samples)	Marsili et al. (2014) (4 samples) (mg/kg)	Aliapur (2015) (batches of passenger car tyres and truck and bus tyres, elemental composition) (mg/kg)	Murfit Industries (submitted 2016) (mg/kg) (recycled rubber granules, several products, from consumer tyres)
Aluminium				603.0-876.0	25.7
Antimony					<0.05
Arsenic	<2-<3				<0.05
Barium				5.0-12.0	2.6
Beryllium					<3
Boron					11.5
Cadmium	1-2		0.47-2.05		<0.5
Chromium	<2-<2		3.34-17.52	3.0-12.0	
Chromium III					<0.5
Chromium VI					<0.004
Cobalt				99.0-268.0	0.7
Copper	20-70		5.59-84.49	39.0-111.0	39.2
Iron			129.12-7256	451.0-2310.0	
Lead	15-20		13.97-33.58	11.0-25.0	<0.5
Lithium					
Magnesium				288.0-507.0	
Manganese				4.0-19.0	2.6
Mercury	<9.93-0.04				<3
Molybdenum					<3
Nickel	<1-<5		4.11-26.12	3.0-8.0	<0.5
Rubidium					
Selenium					<3
Strontium					<0.5
Tin					0.6
Titanium				32.0-72.0	<0.5
Vanadium					<3
Wolfram					
Zinc	7 300-17 000	16 200, 18 500	3 474-13 202	15 000-20 000	491

Table I.6, Type A - Concentrations of metals in recycled rubber granules, samples taken from the fields

	Nilsson N. (2008) (mg/kg) (1 sample)	Bocca et al. (2009) (mg/kg) (32 samples: black, white and coloured)	Menichini et al. (2011) (mg/kg) (4 samples, uncoated)	Menichini et al. (2011) (mg/kg) (2 samples, coated)	Menichini et al. (2011) (mg/kg) (2 samples, recycled scrap of vulcanised rubber)	Menichini et al. (2011) (mg/kg) (3 samples, recycled ground gaskets)	Ruffino et al. (2013) (4 samples) (mg/kg)	Marsili et al. (2014) (4 samples) (mg/kg)
Aluminium		1.2- 6 680	164-477	490, 1 028	3 260, 311	2 065- 5 922		68-94
Antimony		0.3-7.7	0.46-1.1	1.6, 6.4	1.2, 3.6	0.65-2.7		
Arsenic		0.10-1.21	0.10-0.41	0.12, 0.24	1.2, 0.11	0.28-0.54		<5.3
Barium		2.4- 4 778	2.4-23	4.7, 741	31, 10	22- 4 778		10.7-167
Beryllium		0.001-0.37	0.008-0.04	0.007, 0.04	0.37, 0.006	0.06-0.21		
Cadmium		0.11-1.89	0.62-1.9	0.12, 1.9	0.3, 0.17	0.17-1.1		<0.25 0.47-2.38
Chromium		0.4-56	<0.34.6	1.8, 6.2	6.2, < 0.3	2.5-20		<0.71 (tot) 1.91-5.37
Cobalt		3.5-234	8.8-116	5.0, 234	4.1, 3.5	8.4-21		97-125
Copper		0.8-60	8.7-22	12, 60	5.9, 13	3.4-11		29-60.5 5.49-65.11
Iron		15- 4 318	199-620	201, 465	637, 183	241-460		37-105 262.2- 1 577.4
Lead		12-46	12-26	<0.7, 28	14, < 0.7	14-35		19.7-308 10.76-38.99
Lithium		0.6-11	0.87-1.4	0.60, 7.4	11, 2.7	1-4.4		
Magnesium		123-966	235-653	668, 966	518, 186	123-286		36-53
Manganese		3.0-30	3.0-4.4	4.9, 5.2	10, 6.2	3.8-16		4-5.5
Mercury		0.03-0.16	0.05-0.16	0.07, 0.08	0.06, 0.03	0.07-0.09		
Molybdenum		0.04-6.6	0.12-0.29	0.09, 0.13	0.19, 0.11	0.3-6.6		
Nickel		0.6-5.8	1.3-2.5	0.67, 5.8	4.4, 0.61	2.4-5.5		<1.5 3.9-5.75
Rubidium		0.7-26	0.9-3.1	1.8, 3.0	26, 0.78	1.5-2.2		
Selenium		<0.3-<0.3	<0.3-<0.3	<0.3, <0.3	< 0.3	0-0		
Strontium		3.2-90	3.2-6.0	12, 19	17, 9.9	6.9-86		
Tin		0.1-3.0	0.65-2.4	0.58, 1.74	3, 0.32	0.98-1.4		13-39
Titanium		0.01-0.21	0.04-0.14	0.03, 0.07	0.21, 0.01	0.03-0.17		36-48.5
Vanadium		0.4-2.2	1.3-3.5	1.5, 1.5	9.6, 0.94	9.7-22		
Wolfram		0.02-2.0	0.06-0.12	0.07, 0.36	1.8, 0.13	0.15-0.79		
Zinc	21000	118- 19 375	10 229-17 772	1 063, 19 375	7 611, 1 408	9 488-14 187	1 220-1 530	4 168-6 006

表 6. ゴムチップ中の水銀濃度 (材質・由来ゴム製品別)

		Hg (ng/g)		
		Min	Max	Median
Mix	Tire	5.5	21.6	12.0
	Industrial rubber	2.3	23.0	4.9
	Mix/Unknown	7.8	9.3	10.0
EPDM		14.5	63.8	45.0
TPE		0.4	4.8	0.7

厚生労働科学研究費補助金（厚生労働科学特別研究事業）
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

人工芝用ゴムチップ中の多環芳香族炭化水素類の分析

研究分担者 西 以和貴 神奈川県衛生研究所 理化学部 技師

研究要旨

近年、各国で人工芝グラウンド用ゴムチップが含有する化学物質の健康リスクについて懸念が高まっており、米国では2016年2月に米国環境保護庁（EPA）などが連携して調査を開始することが発表された。多環芳香族炭化水素類（PAHs）は発がん性が疑われる化合物が多い化合物群であり、かつ海外ではゴムチップ中に様々な種類のPAHsが含有されていることが既に報告されている。しかし、国内で流通しているゴムチップ中のPAHsについては未だデータがない状況である。本研究では、人工芝グラウンド用ゴムチップの健康影響評価に向けて有用な情報を提供することを目的として、ゴムチップ中のPAHs及びその類縁化合物の測定方法を構築するとともに、国内に流通する人工芝グラウンド用ゴムチップの実態調査を行った。測定対象物質は、既報値及び各国の調査結果と比較できるように、国際がん研究機関（IARC）の発がんリスク分類2B以上、海外で規制対象となっているもの、発がん性に関する文献があるもの、及びEPAが調査対象としたもの等、合計46化合物を選定した。試料は人工芝メーカー10社から計46製品を入手した。これは、日本国内に敷設される人工芝グラウンドに使われるほとんどすべての種類のゴムチップを入手したことになり、これを分析したことで国内のゴムチップの実態がほぼ把握できたと考えた。試料の抽出はドイツの機器安全法に基づく製品安全認証に用いられるPAHs分析法を一部変更して実施した。ただし、試料の中には妨害物質の影響で、この方法では測定できないものがあったため、別途妨害物質を除去する方法を構築したところ、測定が可能となった。調査の結果、専用合成ゴム及び専用熱可塑性エラストマー（TPE）由来の試料からは測定対象の物質はほとんど検出されなかった。一方、廃タイヤ、工業用ゴム由来の試料からは、測定対象とした46化合物のうち、32化合物が検出された。廃タイヤ由来と工業用ゴム由来の試料を比較したところ、PAHsは廃タイヤ由来の試料の方がやや高い濃度で検出された。工業用ゴム由来の試料のほとんどにPAHsの検出されにくいエチレン・プロピレン・ジエンゴム（EPDM）が混合されている一方で、廃タイヤ由来の試料にはEPDMが混合されたものが無いことが原因と考えられた。本研究により、現在国内に流通している人工芝グラウンド用ゴム

チップ中の PAHs 等の濃度実態が明らかになった。欧州化学品庁 (ECHA)、オランダ国立公衆健康環境研究所 (RIVM) 及び既存文献で測定されている PAHs について、本研究と最高濃度を比較すると、本研究で得られたそれらの PAHs 濃度は同レベルもしくはそれ以下であった。また、ECHA は代表的な 8 種類の PAHs のゴムチップ中濃度の合計値を 20 $\mu\text{g/g}$ として健康リスク評価を行っているが、その値を比較すると、本研究で得られた値の方が低かった。一方、EPA は 2017 年後半に調査結果を報告する予定であり、これらの海外の調査状況等を踏まえ、我が国でも追加調査の実施の可否を検討することが望ましい。

A. 研究目的

生活環境の保全及び資源の有効利用の観点から、廃棄物等の発生抑制、循環資源のリユース・リサイクル及び適正処分の推進は重要な課題である。使用済の廃棄タイヤは再生タイヤの原料としてリユースされるほか、資源リサイクルされている。破碎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。

米国ではかねてから人工芝グラウンドで競技する選手の発がんリスクとゴムチップとの関連性について報道されていたが、2016 年 2 月に米国環境保護庁 (EPA) は米国消費者製品安全委員会 (CPSC) 等と連携して、人工芝に使われる廃タイヤからリサイクルされたゴムチップの安全性について共同調査研究を開始すると発表した。¹⁾

わが国においても、ゴムチップを用いた人工芝はサッカー場など競技場のほか、子供が利用する学校など多くの場所で使用されている。しかし、わが国で使用されている人工芝グラウンド用ゴムチップについて健康影響の観点から成分分析を行った例はなく、含まれる有害物質の種類や量はわかっていない。

多環芳香族炭化水素類 (PAHs) は、ベンゼン環を 2 個以上有する芳香族炭化水素類の総称であり、代表的な化合物としてベンゾ[a]ピレン等が挙げられる。タイヤの製造に用いられるカーボンブラック²⁾やエクステンダーオイル³⁾には、不純物として非意図的に PAHs 等が含有される可能性がある。なお、エクステンダーオイルについては、2010 年から EU の化学物質の登録、評価、認可及び制限に関する規則 (REACH 規則) により、含有される PAHs 量が制限されている。³⁾

廃タイヤからリサイクルされた人工芝グラウンド用ゴムチップ中の PAHs については海外で既に調査され、様々な種類の PAHs が検出されたと報告されている。⁴⁾⁹⁾しかし、国内に流通しているゴムチップ中の PAHs については未だデータがない状況である。

本研究では、人工芝グラウンド用ゴムチップの健康影響評価に向けて有用な情報を提供することを目的として、ゴムチップ中 PAHs 及びその類縁化合物の測定方法を構築するとともに、日本国内に流通する人工芝グラウンド用ゴムチップの分析を行った。

B. 研究方法

B-1. 測定対象物質の選定

既報値及び各国の調査結果と比較できるように、国際がん研究機関（IARC）の発がんリスク分類¹⁰で2B（発がん性が疑われる）以上のもの、海外で規制対象となっているもの、発がん性に関する文献があるもの、及びEPAが調査対象としたもの等、合計46種のPAHs及びその類縁化合物を選定した。選定したPAHs等は表1のとおりである。また、構造式は図1に示した。

B-2. 試薬及び使用器具

試薬

標準物質及び内標準物質は、表1に示したメーカーから購入した。純度はいずれも97%以上である。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 µg/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1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用いた。トルエン、アセトン、ヘキサン及びエタノールは和光純薬工業株式会社製の残留農薬・PCB試験用を用いた。水酸化カリウムは和光純薬工業株式会社製の特級を用いた。

1 mol/L 水酸化カリウム/エタノール溶液は水酸化カリウム 11.2 g を超純水 10 mL に溶解し、さらにエタノール 200 mL を加えて調製した。

器具等

シリンジフィルター（孔径 0.2 µm、フ

ィルター材質 PTFE）、ヘッドスペース用バイアル及びセプタム付クrimpキャップ（PTFE コーティング）はジーエルサイエンス株式会社から購入した。超音波洗浄機はシャープマニファクチャリングシステム株式会社製の UT-105HS（高周波出力 100 W、35 kHz）を用いた。

B-3. 試料の抽出

試料

試料は人工芝メーカー10社から計46試料を入手した。これは、日本国内に敷設される人工芝グラウンドに使われるほとんどすべて（各人工芝施工業者の申告によると95%以上）の種類のコムチップに相当し、入手した試料を測定することにより、国内の実態が把握できると考えられた。試料を由来別に分類し、表2に示した。試料の詳細は重金属分析の分担報告書を参照のこと。

抽出方法

[方法①]

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¹⁴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 及び内部標準液（ナフタレン-d8、アセナフテン-d10、クリセン-d10、ペリレン-d12 各 10 µg/mL トルエン溶液）250 µL を加えた。セプタム付クrimpキャップで蓋をし、超音波洗浄機で60°C、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、シリンジフィルターでろ過した。試験は各試料につき3併行で行った。

[方法②]

後述の理由により、方法①ではベンゾ[c]フルオレン、ベンゾ[c]フェナントレン、ベンゾ[a]アントラセン、シクロペンタ[cd]ピレン、トリフェニレン、クリセン、5-メチルクリセン、ベンゾ[b]フルオランテン、ベンゾ[k]フルオランテン、7,12-ジメチルベンゾ[a]アントラセン、ベンゾ[j]フルオランテンが測定できない試料が存在した。当該試料のこれらの物質については、次に示す方法で抽出を行った。

試料 0.5 g を 50 mL 遠沈管に採り、アセトン 10 mL 及び内部標準液（ナフタレン-d8、アセナフテン-d10、クリセン-d10、ペリレン-d12 各 10 µg/mL トルエン溶液）250 µL を加えた。蓋をし、30 分間超音波抽出した後、抽出液を別の遠沈管に移した。残渣にはヘキサン 10 mL を加え、さらに 30 分間超音波抽出を行った。また、抽出液には 1 mol/L 水酸化カリウム/エタノール溶液 5 mL を加え、30 分間アルカリ分解を行った。アルカリ分解後、超純水 10 mL 及び残渣のヘキサン抽出液を加え、10 分間振とう後、ヘキサン相をナスフラスコに採った。水相にさらにヘキサン 10 mL を加え、10 分間振とう後、前述のヘキサン相に合わせた。ロータリーエバポレーターで 10 mL 以下 5 mL 以上に濃縮した後、窒素気流下で約 0.5 mL になるまで濃縮した。これをトルエンで 5 mL に定容した。試験は 3 併行で行った。

B-4. 分析方法

測定用試料 1 µL をパルスドスプリットレス方式で GC/MS に注入し、SIM 法を用いて定量を行った。内部標準法によりあ

らかじめ作成した検量線から試料中の各成分の濃度を算出した。

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

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

カラム（定性用）：Agilent Technologies DB-5ms (30 m × 0.25 mmID、膜厚 0.25 µm)、

Agilent Technologies DB-35ms (30 m × 0.25 mmID、膜厚 0.25 µm)、

Agilent Technologies DB-17ms (30 m × 0.25 mmID、膜厚 0.15 µm)

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°C

イオン源温度：300°C

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

定量・確認イオン：表 3 に示したとおり。

測定対象物質の保持時間：表 3 に示したとおり。

定量下限値：表 3 に示したとおり。値は Agilent Technologies Mass Hunter の Replicate Injection MDL-LOQ-LOD calculation を用いて算出した。

B-5. 測定対象物質の定性

PAHs はマススペクトルがほぼ等しい

異性体が複数存在することが多いことや、フラグメントが少ないことから、定量イオン、確認イオンのみでの定性は困難な場合がある。そこで本研究では、定量イオン・確認イオンのみでの定性に加え、複数種類の GC カラムを用いて定性を行った。

B-6. 統計解析

統計解析には統計解析ソフト EZR を用いた。¹⁵⁾

C. 結果及び考察

C-1. 抽出方法の検討

[方法①]

抽出溶媒量を検討するために、廃タイヤ由来でコーティングあり、なしの各 1 試料を、それぞれ溶媒量 5 mL 及び 10 mL で抽出した。抽出された測定対象物質の合計値は、コーティングありの試料で溶媒量 5 mL より 10 mL の方が有意に低く、コーティングなしの試料では抽出溶媒量による有意差が認められなかった(図 2)。コーティングありの試料で有意な差が認められた原因として、採取した試料の偏り又は溶媒量増加に伴う定量下限値の上昇が考えられた。本実験の結果から、溶媒量は 5 mL で十分に抽出できることが明らかとなったことから、試料の抽出はトルエン 5 mL を用いることとした。

続いて、超音波抽出を行う時間について検討を行った。前述の試料をそれぞれ 30 分、60 分、120 分間超音波抽出し、抽出された測定対象物質の合計値を比較した(図 3)。コーティングあり、なしともに抽出時間による有意な差は認められな

かったが、30 分間では抽出濃度がやや低い傾向が認められた。したがって、抽出時間を 60 分間とした。

抽出方法の妥当性を確認するため、トルエン 5 mL に対し、全測定対象物質が含まれた 5 µg/mL 混合標準液を 250 µL 添加して回収率の確認を行った。方法①の回収率を表 4 に示した。すべての物質で回収率は 92%を超え、変動係数は 2%未満であった。

[方法②]

工業用ゴムの 1 試料 (以下、試料 X) において妨害物質の影響により、方法①ではベンゾ[c]フルオレン、ベンゾ[c]フェナントレン、ベンゾ[a]アントラセン、シクロペンタ[cd]ピレン、トリフェニレン、クリセン、5-メチルクリセン、ベンゾ[b]フルオランテン、ベンゾ[k]フルオランテン、7,12-ジメチルベンゾ[a]アントラセン、ベンゾ[j]フルオランテンの測定ができなかった。試料 X を GC/MS によりスキャン分析した結果を図 4 に示した。保持時間 18.5 分から 20.5 分にかけて非常に大きな妨害物質のピークが存在し、この影響で前述の物質が測定できなかったと考えられた。当該ピークのスペクトルを NIST ライブラリにより検索したところ、イソフタル酸ジ (2-エチルヘキシル) (DEHIP) が最も高い一致率であった(図 4)。以後、この妨害物質が DEHIP であると仮定して検討を行った。DEHIP はエステル類であるため、塩基性条件下で加水分解される。測定対象物質の中には塩基性条件で分解される性質のものはないため、試料抽出液に 1 mol/L 水酸化カリウム/エタノール溶液を加えて DEHIP を分解し、除去する

方法を検討した。この方法で試料を前処理したところ、妨害物質のピークは減少し（図 5）、方法①で測定できなかった物質の測定が可能となった。したがって、試料 X については方法①で測定できなかった物質の濃度を方法②で測定した。方法②の回収率は表 5 に示した。

C-2. 調査結果

試料を分析した結果を、試料の由来別に表 6～10 に示した。専用合成ゴム及び専用熱可塑性エラストマー由来の試料からは 1 試料を除き、PAHs 等はほとんど検出されなかった（図 6）。専用合成ゴム由来の試料は EPDM、専用熱可塑性エラストマー由来の試料は TPE のみで構成されていることから、EPDM・TPE には PAHs がほとんど含まれていないと考えられた。専用熱可塑性エラストマー由来の 1 試料について、PAHs が比較的高く検出されたものがあつたが、当該試料には TPE 以外の材質も混合されている可能性が考えられた。

廃タイヤ、工業用ゴム、廃タイヤ等混合・不明に分類された 37 試料からは様々な PAHs 等が検出され、測定対象とした 46 種類中、32 種類が検出された。検出された PAHs 等のうち、ベンゾ[a]ピレンは IARC のグループ 1（発がん性が認められる）に分類されている。ベンゾ[a]ピレンは廃タイヤ、工業用ゴム、廃タイヤ等混合・不明に分類された 37 試料すべてにおいて検出された。また、グループ 2A（恐らく発がん性がある）に分類されているシクロペンタ[cd]ピレンも 37 試料すべてで検出された。

廃タイヤと工業用ゴムにおける PAHs 濃度の合計値を比較すると、廃タイヤの方がやや高かった（有意差あり）（図 7）。個別の PAHs では、シクロペンタ[cd]ピレンやベンゾ[a]ピレン等の濃度が廃タイヤ由来の試料で有意に高かった（図 8）。工業用ゴムは EPDM が混合されている試料が多いが、廃タイヤ由来の試料に EPDM が混合されているものは無い。前述のとおり、EPDM には PAHs がほとんど含まれておらず、工業用ゴムの PAHs 検出濃度が比較的低いのは EPDM が混合されているためと考えられた。一方、測定対象 PAHs の中でも比較的揮発性の高いナフタレン、1-メチルナフタレン等は工業用ゴムで比較的高かった（図 9）。廃タイヤの試料については、タイヤとして利用されている間に比較的揮発性の高い物質の一部が揮発していると考えられた。

C-3. 文献値との比較

本研究の結果と、欧州化学品庁(ECHA)、オランダ国立公衆健康環境研究所(RIVM)及び既存文献で報告されている値との比較を表 11 に示した。既存の報告で値が報告されている PAHs について、本研究と最高濃度を比較すると、本研究で得られたそれらの PAHs 濃度は同レベルもしくはそれ以下であった。ECHA では代表的な 8 種類（ベンゾ[a]ピレン、ベンゾ[a]アントラセン、クリセン、ベンゾ[b]フルオランテン、ベンゾ[k]フルオランテン、ジベンゾ[a,h]アントラセン、ベンゾ[j]フルオランテン、ベンゾ[e]ピレン）の PAHs 濃度の合計値を用いて PAHs の健康リスク評価を実施しており、その値には

20 µg/g を用いている¹⁷⁾。そして、そのリスク評価に基づき、PAHs による健康リスクの懸念は低いとしている。本研究で得られた PAHs の最高濃度を用いて、ECHA と同様に 8 種類の PAHs 濃度の合計値を算出すると、16.3 µg/g となり、ECHA が健康リスク評価に用いた値よりも低かった。

本研究で検出された化合物で既報では濃度が報告されていない化合物のうち、ビフェニル、ジベンゾフラン、ジベンゾチオフェン、3-メチルフェナントレン、2-メチルフェナントレン、9-メチルフェナントレン、1-メチルフェナントレンは、EPA による調査対象物質に含まれており¹⁸⁾、必要に応じて今後発表される調査結果と比較する必要があると考えられた。

D. 結論

人工芝グラウンド用ゴムチップの健康影響評価に向けて有用な情報を提供することを目的として、人工芝用ゴムチップ中の PAHs 及びその類縁化合物の分析法を構築し、国内で流通している人工芝グラウンド用ゴムチップの実態調査を行った。

測定対象物質は、既報値及び今後発表が予想される各国の調査結果と比較できるよう、IARC の発がんリスク分類 2B 以上、海外で規制対象となっているもの、発がん性に関する文献があるもの、及び EPA が調査対象としたもの等、合計 46 化合物を選定した。試料は人工芝メーカー 10 社から計 46 試料を入手した。これは、日本国内に敷設される人工芝グラウンドに使われるほとんどすべて（各人工芝施工業者の申告によると 95%以上）の種類

のゴムチップを入手したことになり、これを分析したことで国内のゴムチップの実態がほぼ把握できたと考えられた。

試料の抽出はドイツの GS マーク認証に用いられる PAHs 分析法を一部変更して実施した。ただし、試料の中には妨害物質の影響により、この方法では測定できないものがあつたため、別途妨害物質を除去する方法を構築したところ、測定が可能となった。

調査の結果、EPDM 及び TPE のみで構成されている試料からは測定対象物質はほとんど検出されなかった。一方、廃タイヤ、工業用ゴム由来の試料からは、IARC の発がんリスク分類でグループ 1 に分類されるベンゾ[a]ピレンやグループ 2A に分類されたシクロペンタ[cd]ピレンなど、測定対象とした 46 化合物のうち、32 化合物が検出された。

廃タイヤ由来と工業用ゴム由来の試料を比較したところ、測定対象物質は廃タイヤ由来の試料の方がやや高い濃度で検出された。工業用ゴム由来の試料のほとんどに EPDM が混合されている一方で、廃タイヤ由来の試料に EPDM が混合されたものが無いことが原因と考えられた。

本研究により、現在国内に流通している人工芝グラウンド用ゴムチップ中の PAHs 等の濃度実態が明らかになった。既存の報告で値が報告されている PAHs について、本研究と最高濃度を比較すると、本研究で得られたそれらの PAHs 濃度は同レベルもしくはそれ以下であった。また、ECHA で健康リスク評価の際に用いた 8 種類の PAHs 濃度の合計値を比較すると、本研究のほうが低かった。今後、EPA

等の調査結果を踏まえ、我が国でも追加調査の実施の要否を検討することが望ましい。

E. 研究発表

1. 論文発表
なし
2. 学会発表
なし

F. 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

G. 参考文献

- 1) U.S.EPA: Federal Research Action Plan on Recycled Tire Crumb Used on Playing Fields and Playgrounds, <https://www.epa.gov/chemical-research/federal-research-action-plan-recycled-tire-crumb-used-playing-fields>
- 2) 一般社団法人 日本化学物質安全・情報センター:初期評価プロファイル (SIAP) カーボンブラック, <http://jetoc.or.jp/safe/doc/J1333-86-4.pdf>
- 3) Commission of the European Communities: Commission Directive 2005/69/EC of 16th November 2005, amending for the 27th time Council Directive 76/769/EEC on the approximation of the laws, regulations and administrative provisions of the Member States relating to restrictions on the marketing and use of certain dangerous substances and preparations (polycyclic aromatic hydrocarbons in extender oils and tyre-res), Official J. Eur. Communities L 323, 9/12/2005, pp. 51–54.
- 4) Gomes et al.: Toxicological assessment of coated versus uncoated rubber granulates obtained from used tires for use in sport facilities., Journal of the Air & Waste Management Association 60.6 (2010): 741-746.
- 5) Llompart et al.: Hazardous organic chemicals in rubber recycled tire playgrounds and pavers., Chemosphere 90.2 (2013): 423-431.
- 6) Marsili, Letizia, et al. "Release of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Heavy Metals from Rubber Crumb in Synthetic Turf Fields: Preliminary Hazard Assessment for Athletes." Journal of Environmental & Analytical Toxicology 5.2 (2014): 1.
- 7) Menichini et al.: Artificial-turf playing fields: contents of metals, PAHs, PCBs, PCDDs and PCDFs, inhalation exposure to PAHs and related preliminary risk assessment., Science of the total environment 409.23 (2011): 4950-4957.
- 8) Li et al.: Characterization of substances released from crumb rubber material used on artificial turf field

- s., Chemosphere 80.3 (2010): 279-285.
- 9) Sadiktsis et al.: Automobile Tires - A Potential Source of Highly Carcinogenic Dibenzopyrenes to the Environment., Environmental science & technology 46.6 (2012): 3326-3334.
 - 10) International Agency for Research on Cancer (IARC): Agents classified by the IARC monographs, http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/List_of_Classifications_Vol1-14.pdf
 - 11) 神奈川県環境科学センター: 化学物質安全情報提供システム (kis-net) , <http://www.k-erc.pref.kanagawa.jp/kisnet/>
 - 12) 国立医薬品食品衛生研究所: 国際化学物質安全性カード (ICSC) – 日本語版 –, <http://www.nihs.go.jp/ICSC/>
 - 13) SRC, Inc.: FatePointers Search Module <http://esc.syrres.com/fatepointer/search.asp>
 - 14) 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
 - 15) Kanda: Investigation of the freely available easy-to-use software ‘EZ-R’ for medical statistics., Bone marrow transplantation 48.3 (2013): 452-458.
 - 16) Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM): Evaluation of health risks of playing sports on synthetic turf pitches with rubber granulate, http://www.rivm.nl/en/Documents_and_publications/Scientific/Reports/2017/February/Evaluation_of_health_risks_of_playing_sports_on_synthetic_turf_pitches_with_rubber_granulate
 - 17) 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
 - 18) U.S. EPA: Research Protocol: Collections Related to Synthetic Turf Fields with Crumb Rubber Infill, <https://www.epa.gov/chemical-research/research-protocol-collections-related-synthetic-turf-fields-crumb-rubber-infill>

表 1. 測定対象 PAHs 等の基本情報及び試薬購入元

No.	化合物名	CAS No.	沸点℃ (昇華点)	logPow ※2	物性値 参考文献	メーカー (単一化合物)	混合 標準溶液
1	Naphthalene	91-20-3	210-217.9	3.01-3.59	kis-net ¹¹⁾	Accu Standard	○
2	2-Methylnaphthalene	91-57-6	245	3.87	ICSC ¹²⁾	Accu Standard	
3	1-Methylnaphthalene	90-12-0	241	3.86	ICSC	和光純薬工業	
4	Biphenyl	92-52-4	254-255	3.88-4.09	kis-net	関東化学	
5	2,6-Dimethylnaphthalene	581-42-0	262	4.31	SRC, Inc. ¹³⁾	東京化成工業	
6	Acenaphthylene	208-96-8	280	3.93-4.07	kis-net	Accu Standard	○
7	Acenaphthene	83-32-9	277.5-279	3.92-4.18	kis-net	Accu Standard	○
8	Dibenzofuran	132-64-9	287-288	4.12-5.16	kis-net	Accu Standard	
9	Fluorene	86-73-7	295	4.18-4.67	kis-net	Accu Standard	○
10	Dibenzothiophene	132-65-0	332.5	4.38	SRC, Inc.	東京化成工業	
11	Phenanthrene	85-01-8	339-340.2	4.47-4.57	kis-net	Accu Standard	○
12	Anthracene	120-12-7	339.9-342	4.34	kis-net	Accu Standard	○
13	3-Methylphenanthrene	832-71-3	350	5.15	SRC, Inc.	東京化成工業	
14	Carbazole	86-74-8	354-355	3.29	kis-net	Accu Standard	
15	2-Methylphenanthrene	2531-84-2	-	4.86	SRC, Inc.	Accu Standard	
16	9-Methylphenanthrene	883-20-5	-	-	-	CHIRON AS	
17	1-Methylphenanthrene	832-69-9	-	5.08	SRC, Inc.	Accu Standard	
18	Fluoranthene	206-44-0	367-382	4.9-5.29	kis-net	Accu Standard	○
19	Pyrene	129-00-0	399-404	4.88	kis-net	Accu Standard	○
20	Benzo[c]fluorene	205-12-9	-	5.19	SRC, Inc.	Dr. Ehrenstorfer	
21	Benzo[c]phenanthrene	195-19-7	-	5.52	SRC, Inc.	Accu Standard	○
22	Benz[a]anthracene	56-55-3	435	5.61	ICSC	Accu Standard	○
23	Cyclopenta[cd]pyrene	27208-37-3	-	5.19	SRC, Inc.	Accu Standard	
24	Triphenylene	217-59-4	425	5.49	SRC, Inc.	東京化成工業	
25	Chrysene	218-01-9	448	5.61-5.91	kis-net	Accu Standard	○
26	5-Methylchrysene	3697-24-3	-	6.07	SRC, Inc.	Accu Standard	
27	Benzo[b]fluoranthene	205-99-2	481	6.12	ICSC	Accu Standard	○
28	Benzo[k]fluoranthene	207-08-9	480	6.84	ICSC	Accu Standard	○
29	7,12-Dimethylbenz[a]anthracene	57-97-6	-	5.8	SRC, Inc.	東京化成工業	○
30	Benzo[j]fluoranthene	205-82-3	-	6.11	SRC, Inc.	Accu Standard	○
31	Benz[j]aceanthrylene /Benz[e]aceanthrylene※	202-33-5 /199-54-2	-	-	-	Carbosynth	
32	Benzo[e]pyrene	192-97-2	-	6.44	SRC, Inc.	Accu Standard	○
33	Benzo[a]pyrene	50-32-8	312-495	6.04	kis-net	Accu Standard	○
34	3-Methylcholanthrene	56-49-5	280	6.42	kis-net	Supelco	○
35	Dibenz[c,h]acridine	224-53-3	-	6.45	SRC, Inc.	Sigma-Aldrich	
36	Dibenz[a,h]acridine	226-36-8	-	5.73	SRC, Inc.	Sigma-Aldrich	
37	Dibenz[a,j]acridine	224-42-0	-	5.63	SRC, Inc.	Accu Standard	
38	Indeno[1,2,3-cd]pyrene	193-39-5	536	6.584	kis-net	Accu Standard	○
39	Dibenz[a,h]anthracene	53-70-3	524	5.97-6.5	kis-net	Accu Standard	○
40	Benzo[ghi]perylene	191-24-2	278	6.58	ICSC	Accu Standard	○
41	7H-Dibenzo[c,g]carbazole	194-59-2	-	5.58	SRC, Inc.	東京化成工業	
42	Dibenzo[a,l]pyrene	191-30-0	-	7.71	SRC, Inc.	東京化成工業	○
43	Dibenzo[a,e]pyrene	192-65-4	-	7.28	SRC, Inc.	Accu Standard	
44	Coronene	191-07-1	525	7.64	SRC, Inc.	東京化成工業	
45	Dibenzo[a,i]pyrene	189-55-9	-	7.28	SRC, Inc.	Accu Standard	○
46	Dibenzo[a,h]pyrene	189-64-0	-	7.28	SRC, Inc.	東京化成工業	○
IS1	Naphthalene-d8	1146-65-2	-	-	-	C/D/N Isotope	
IS2	Acenaphthene-d10	15067-26-2	-	-	-	和光純薬工業	
IS3	Chrysene-d10	1719-03-5	-	-	-	関東化学	
IS4	Perylene-d12	1520-96-3	-	-	-	関東化学	

※ Benz[j]aceanthrylene/Benz[e]aceanthrylene = 70:30

※2 オクタノール/水分係数

表 2. 試料の由来別分類

由来別	材質※	数
廃タイヤ	SBR、NR、NBRの 単独又は混合	24
工業用ゴム	SBR、NR、NBR、EPDMの 単独又は混合 (EPDM単独は別分類)	10
廃タイヤ・工業用ゴムの混合／不明	SBR、NR、BR、EPDMの 単独又は混合 (EPDM単独は別分類)	3
専用合成ゴム	EPDM	5
専用熱可塑性エラストマー	TPE	4
合 計		46

※略号については下記のとおり

SBR: スチレン・ジタジエンゴム

NR: 天然ゴム

BR: 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

TPE: 熱可塑性エラストマー

表 3. 測定対象物質の保持時間、定量イオン、確認イオン、及び定量下限値

No.	化合物名	保持時間 (分)	定量イオン (m/z)	確認イオン (m/z)	定量下限値 ($\mu\text{g/g}$)
1	Naphthalene	3.94	128	127 126	0.03
2	2-Methylnaphthalene	4.38	142	141 143	0.02
3	1-Methylnaphthalene	4.49	142	141 143	0.02
4	Biphenyl	4.76	153	154 152	0.02
5	2,6-Dimethylnaphthalene	4.82	156	155 141	0.02
6	Acenaphthylene	5.27	152	151 150	0.02
7	Acenaphthene	5.38	153	154 152	0.02
8	Dibenzofuran	5.51	168	139 84	0.02
9	Fluorene	5.92	166	165 163	0.02
10	Dibenzothiophene	7.26	184	139 185	0.02
11	Phenanthrene	7.51	178	176 179	0.02
12	Anthracene	7.59	178	176 179	0.02
13	3-Methylphenanthrene	8.41	192	191 189	0.03
14	Carbazole	8.42	167	166 139	0.02
15	2-Methylphenanthrene	8.54	192	191 189	0.02
16	9-Methylphenanthrene	8.85	192	191 189	0.02
17	1-Methylphenanthrene	8.90	192	191 189	0.02
18	Fluoranthene	11.09	202	200 203	0.02
19	Pyrene	12.31	202	200 201	0.02
20	Benzo[c]fluorene	14.30	216	215 213	0.02
21	Benzo[c]phenanthrene	18.57	228	227 226	0.02
22	Benz[a]anthracene	20.12	228	226 229	0.03
23	Cyclopenta[cd]pyrene	20.44	226	224 227	0.05
24	Triphenylene	20.61	228	226 229	0.02
25	Chrysene	20.70	228	226 229	0.02
26	5-Methylchrysene	24.42	242	241 239	0.02
27	Benzo[b]fluoranthene	29.83	252	250 253	0.02
28	Benzo[k]fluoranthene	30.06	252	250 253	0.03
29	7,12-Dimethylbenz[a]anthracene	30.07	256	257 239	0.02
30	Benzo[j]fluoranthene	30.20	252	250 253	0.02
31	Benz[j]aceanthrylene /Benz[e]aceanthrylene	31.40	252	253 250	0.06
32	Benzo[e]pyrene	32.89	252	250 253	0.03
33	Benzo[a]pyrene	33.38	252	250 253	0.02
34	3-Methylcholanthrene	35.69	268	266 267	0.03
35	Dibenz[c,h]acridine	37.70	279	278 139	0.06
36	Dibenz[a,h]acridine	38.44	279	278 139	0.03
37	Dibenz[a,j]acridine	38.58	279	280 277	0.05
38	Indeno[1,2,3-cd]pyrene	38.97	276	274 138	0.02
39	Dibenz[a,h]anthracene	39.04	278	279 139	0.02
40	Benzo[ghi]perylene	39.75	276	274 277	0.02
41	7H-Dibenzo[c,g]carbazole	40.16	267	266 268	0.04
42	Dibenzo[a,i]pyrene	42.15	302	300 150	0.03
43	Dibenzo[a,e]pyrene	42.95	302	300 150	0.03
44	Coronene	43.12	300	150 301	0.03
45	Dibenzo[a,i]pyrene	43.44	302	303 150	0.06
46	Dibenzo[a,h]pyrene	43.68	302	303 150	0.05
IS1	Naphthalene-d8	3.92	136	135 134	
IS2	Acenaphthene-d10	5.35	162	164 160	
IS3	Chrysene-d10	20.44	240	236 241	
IS4	Perylene-d12	34.19	264	260 265	

表 4. 方法①の回収率 (n=3)

No.	化合物名	回収率 (%)	変動係数 (%)	No.	化合物名	回収率 (%)	変動係数 (%)
1	Naphthalene	95.5	0.08	24	Triphenylene	105.3	0.18
2	2-Methylnaphthalene	94.8	0.11	25	Chrysene	98.2	0.21
3	1-Methylnaphthalene	94.5	0.13	26	5-Methylchrysene	94.6	0.60
4	Biphenyl	95.7	0.80	27	Benzo[b]fluoranthene	93.8	0.35
5	2,6-Dimethylnaphthalene	95.2	0.13	28	Benzo[k]fluoranthene	94.2	0.39
6	Acenaphthylene	93.1	0.11	29	7,12-Dimethylbenz[a]anthracene	93.1	0.66
7	Acenaphthene	94.3	0.13	30	Benzo[j]fluoranthene	108.5	1.28
8	Dibenzofuran	96.0	0.13	31	Benz[j]aceanthrylene /Benz[e]aceanthrylene	93.1	0.44
9	Fluorene	94.9	0.11	32	Benzo[e]pyrene	98.7	0.56
10	Dibenzothiophene	95.7	0.04	33	Benzo[a]pyrene	96.7	0.32
11	Phenanthrene	95.6	0.07	34	3-Methylcholanthrene	93.3	0.68
12	Anthracene	94.8	0.05	35	Dibenz[c,h]acridine	97.1	0.31
13	3-Methylphenanthrene	96.2	0.12	36	Dibenz[a,h]acridine	96.0	0.17
14	Carbazole	93.9	0.15	37	Dibenz[a,i]acridine	97.9	0.75
15	2-Methylphenanthrene	96.3	0.07	38	Indeno[1,2,3-cd]pyrene	97.2	0.37
16	9-Methylphenanthrene	95.3	0.26	39	Dibenz[a,h]anthracene	97.2	0.44
17	1-Methylphenanthrene	97.5	0.18	40	Benzo[ghi]perylene	96.1	0.77
18	Fluoranthene	95.9	0.02	41	7H-Dibenzo[c,g]carbazole	92.6	0.77
19	Pyrene	95.8	0.02	42	Dibenzo[a,l]pyrene	94.7	0.91
20	Benzo[c]fluorene	94.7	0.10	43	Dibenzo[a,e]pyrene	93.3	0.99
21	Benzo[c]phenanthrene	96.8	0.14	44	Coronene	92.4	0.95
22	Benz[a]anthracene	96.0	0.32	45	Dibenzo[a,i]pyrene	92.4	1.05
23	Cyclopenta[cd]pyrene	93.1	0.52	46	Dibenzo[a,h]pyrene	92.6	1.12

表 5. 方法②の回収率 (n=3)

No.	化合物名	回収率 (%)	変動係数 (%)
20	Benzo[c]fluorene	89.8	1.83
21	Benzo[c]phenanthrene	91.9	0.50
22	Benzo[a]anthracene	89.1	0.43
23	Cyclopenta[cd]pyrene	86.3	0.37
24	Triphenylene	90.2	0.47
25	Chrysene	91.2	0.34
26	5-Methylchrysene	92.4	0.58
27	Benzo[b]fluoranthene	89.7	0.43
28	Benzo[k]fluoranthene	101.2	0.32
29	7,12-Dimethylbenzo[a]anthracene	90.7	0.61
30	Benzo[j]fluoranthene	89.7	0.39

表 6. 廃タイヤ由来試料中の PAHs 等の濃度(μg/g)及び検出頻度

No.	化合物名	最大値	最小値	平均値	中央値	検出数	検出率(%)
1	Naphthalene	1.33	0.438	0.875	0.892	24	100
2	2-Methylnaphthalene	0.337	0.132	0.240	0.221	24	100
3	1-Methylnaphthalene	0.295	0.119	0.218	0.223	24	100
4	Biphenyl	0.267	0.0775	0.126	0.118	24	100
5	2,6-Dimethylnaphthalene	0.348	0.159	0.248	0.243	24	100
6	Acenaphthylene	1.79	0.386	1.04	1.03	24	100
7	Acenaphthene	0.208	0.0810	0.126	0.123	23	95.8
8	Dibenzofuran	0.269	0.153	0.196	0.193	24	100
9	Fluorene	0.422	0.0892	0.151	0.123	24	100
10	Dibenzothiophene	0.379	0.145	0.223	0.206	24	100
11	Phenanthrene	4.50	2.21	3.22	3.15	24	100
12	Anthracene	0.661	0.155	0.271	0.238	24	100
13	3-Methylphenanthrene	1.52	0.123	0.368	0.244	24	100
14	Carbazole	<LOQ				0	0
15	2-Methylphenanthrene	1.90	0.178	0.487	0.329	24	100
16	9-Methylphenanthrene	1.02	0.0866	0.317	0.219	24	100
17	1-Methylphenanthrene	1.01	0.0693	0.265	0.165	24	100
18	Fluoranthene	12.0	6.43	9.30	9.48	24	100
19	Pyrene	35.5	19.8	29.2	30.2	24	100
20	Benzo[c]fluorene	0.297	0.0229	0.134	0.133	6	25.0
21	Benzo[c]phenanthrene	<LOQ				0	0
22	Benz[a]anthracene	2.23	0.0406	0.322	0.121	24	100
23	Cyclopenta[cd]pyrene	6.19	1.83	3.31	3.30	24	100
24	Triphenylene	2.26	0.0799	0.494	0.276	24	100
25	Chrysene	3.13	0.0775	0.554	0.293	24	100
26	5-Methylchrysene	<LOQ				0	0
27	Benzo[b]fluoranthene	0.907	0.137	0.407	0.373	24	100
28	Benzo[k]fluoranthene	0.348	0.0484	0.134	0.115	24	100
29	7,12-Dimethylbenz[a]anthracene	<LOQ				0	0
30	Benzo[j]fluoranthene	0.340	0.0671	0.165	0.162	24	100
31	Benz[j]aceanthrylene /Benz[e]aceanthrylene	<LOQ				0	0
32	Benzo[e]pyrene	4.60	1.29	2.32	2.21	24	100
33	Benzo[a]pyrene	2.84	0.566	1.36	1.30	24	100
34	3-Methylcholanthrene	<LOQ				0	0
35	Dibenz[c,h]acridine	<LOQ				0	0
36	Dibenz[a,h]acridine	<LOQ				0	0
37	Dibenz[a,j]acridine	<LOQ				0	0
38	Indeno[1,2,3-cd]pyrene	1.35	0.224	0.725	0.707	24	100
39	Dibenz[a,h]anthracene	0.317	0.317	0.317	0.317	1	4.17
40	Benzo[ghi]perylene	9.60	2.02	4.47	4.30	24	100
41	7H-Dibenzo[c,g]carbazole	<LOQ				0	0
42	Dibenzo[a,l]pyrene	<LOQ				0	0
43	Dibenzo[a,e]pyrene	<LOQ				0	0
44	Coronene	8.45	0.590	1.88	1.31	24	100
45	Dibenzo[a,i]pyrene	<LOQ				0	0
46	Dibenzo[a,h]pyrene	<LOQ				0	0

<LOQ:定量下限値未満

表 7. 工業用ゴム由来試料中の PAHs 等の濃度(μg/g)及び検出頻度

No.	化合物名	最大値	最小値	平均値	中央値	検出数	検出率(%)
1	Naphthalene	6.95	0.209	1.59	0.935	10	100
2	2-Methylnaphthalene	3.33	0.196	0.835	0.534	10	100
3	1-Methylnaphthalene	1.91	0.117	0.622	0.405	10	100
4	Biphenyl	0.703	0.0625	0.26	0.187	10	100
5	2,6-Dimethylnaphthalene	3.14	0.110	0.775	0.469	10	100
6	Acenaphthylene	0.946	0.143	0.517	0.544	10	100
7	Acenaphthene	0.192	0.0679	0.111	0.0864	6	60.0
8	Dibenzofuran	0.817	0.0555	0.317	0.194	10	100
9	Fluorene	0.360	0.0261	0.199	0.159	8	80.0
10	Dibenzothiophene	0.910	0.0642	0.332	0.214	7	70.0
11	Phenanthrene	3.47	0.907	1.74	1.54	10	100
12	Anthracene	0.456	0.128	0.246	0.235	7	70.0
13	3-Methylphenanthrene	4.29	0.0519	0.725	0.208	10	100
14	Carbazole	<LOQ				0	0
15	2-Methylphenanthrene	1.28	0.0606	0.384	0.245	10	100
16	9-Methylphenanthrene	0.998	0.0693	0.353	0.223	6	60.0
17	1-Methylphenanthrene	0.857	0.0562	0.265	0.162	6	60.0
18	Fluoranthene	8.71	2.12	4.82	4.52	10	100
19	Pyrene	32.1	9.55	19.7	19.8	10	100
20	Benzo[c]fluorene	0.200	0.200	0.200	0.200	1	10.0
21	Benzo[c]phenanthrene	<LOQ				0	0
22	Benz[a]anthracene	1.48	0.0369	0.298	0.0613	6	60.0
23	Cyclopenta[cd]pyrene	4.94	0.413	1.87	1.44	10	100
24	Triphenylene	2.88	0.0678	0.792	0.250	10	100
25	Chrysene	2.11	0.0765	0.434	0.292	10	100
26	5-Methylchrysene	<LOQ				0	0
27	Benzo[b]fluoranthene	1.09	0.0372	0.500	0.383	9	90.0
28	Benzo[k]fluoranthene	0.402	0.0447	0.147	0.104	9	90.0
29	7,12-Dimethylbenz[a]anthracene	<LOQ				0	0
30	Benzo[j]fluoranthene	0.476	0.0440	0.138	0.118	10	100
31	Benz[j]aceanthrylene /Benz[e]aceanthrylene	<LOQ				0	0
32	Benzo[e]pyrene	3.10	0.899	1.85	1.64	10	100
33	Benzo[a]pyrene	1.98	0.415	0.997	0.951	10	100
34	3-Methylcholanthrene	<LOQ				0	0
35	Dibenz[c,h]acridine	<LOQ				0	0
36	Dibenz[a,h]acridine	<LOQ				0	0
37	Dibenz[a,i]acridine	<LOQ				0	0
38	Indeno[1,2,3-cd]pyrene	0.808	0.353	0.621	0.659	10	100
39	Dibenz[a,h]anthracene	0.789	0.0682	0.309	0.0700	3	30.0
40	Benzo[ghi]perylene	6.59	2.88	3.98	3.90	10	100
41	7H-Dibenzo[c,g]carbazole	<LOQ				0	0
42	Dibenzo[a,l]pyrene	<LOQ				0	0
43	Dibenzo[a,e]pyrene	<LOQ				0	0
44	Coronene	2.99	0.971	1.63	1.31	10	100
45	Dibenzo[a,i]pyrene	<LOQ				0	0
46	Dibenzo[a,h]pyrene	<LOQ				0	0

<LOQ:定量下限値未滿

表 8. 廃タイヤ等混合・由来不明試料中の PAHs 等の濃度(μg/g)及び検出頻度

No. 化合物名	最大値	最小値	平均値	中央値	検出数	検出率(%)
1 Naphthalene	1.42	0.540	0.919	0.792	3	100
2 2-Methylnaphthalene	0.427	0.288	0.341	0.307	3	100
3 1-Methylnaphthalene	0.381	0.190	0.268	0.231	3	100
4 Biphenyl	0.264	0.0885	0.169	0.154	3	100
5 2,6-Dimethylnaphthalene	0.520	0.259	0.353	0.280	3	100
6 Acenaphthylene	1.05	0.298	0.668	0.651	3	100
7 Acenaphthene	0.439	0.0940	0.214	0.111	3	100
8 Dibenzofuran	0.263	0.189	0.214	0.191	3	100
9 Fluorene	0.705	0.133	0.328	0.146	3	100
10 Dibenzothiophene	0.870	0.247	0.470	0.291	3	100
11 Phenanthrene	3.33	3.11	3.24	3.28	3	100
12 Anthracene	0.514	0.221	0.320	0.226	3	100
13 3-Methylphenanthrene	1.15	0.292	0.586	0.320	3	100
14 Carbazole	<LOQ				0	0
15 2-Methylphenanthrene	1.34	0.378	0.726	0.460	3	100
16 9-Methylphenanthrene	1.81	0.316	0.830	0.364	3	100
17 1-Methylphenanthrene	1.36	0.238	0.625	0.274	3	100
18 Fluoranthene	11.7	5.01	9.19	10.9	3	100
19 Pyrene	37.4	12.6	28.3	34.8	3	100
20 Benzo[c]fluorene	0.136	0.0472	0.0916	0.0472	2	66.7
21 Benzo[c]phenanthrene	<LOQ				0	0
22 Benz[a]anthracene	1.31	0.116	0.538	0.190	3	100
23 Cyclopenta[cd]pyrene	3.07	0.521	2.20	3.00	3	100
24 Triphenylene	1.16	0.312	0.645	0.457	3	100
25 Chrysene	1.70	0.278	0.825	0.500	3	100
26 5-Methylchrysene	<LOQ				0	0
27 Benzo[b]fluoranthene	1.52	0.479	0.832	0.500	3	100
28 Benzo[k]fluoranthene	0.578	0.146	0.290	0.146	3	100
29 7,12-Dimethylbenz[a]anthracene	<LOQ				0	0
30 Benzo[j]fluoranthene	0.583	0.176	0.320	0.201	3	100
31 Benz[j]aceanthrylene /Benz[e]aceanthrylene	<LOQ				0	0
32 Benzo[e]pyrene	3.07	2.43	2.68	2.53	3	100
33 Benzo[a]pyrene	1.86	1.52	1.65	1.58	3	100
34 3-Methylcholanthrene	<LOQ				0	0
35 Dibenz[c,h]acridine	<LOQ				0	0
36 Dibenz[a,h]acridine	<LOQ				0	0
37 Dibenz[a,j]acridine	<LOQ				0	0
38 Indeno[1,2,3-cd]pyrene	0.933	0.815	0.864	0.842	3	100
39 Dibenz[a,h]anthracene	<LOQ				0	0
40 Benzo[ghi]perylene	4.91	2.31	3.87	4.38	3	100
41 7H-Dibenzo[c,g]carbazole	<LOQ				0	0
42 Dibenzo[a,i]pyrene	<LOQ				0	0
43 Dibenzo[a,e]pyrene	<LOQ				0	0
44 Coronene	1.49	0.613	1.09	1.17	3	100
45 Dibenzo[a,i]pyrene	<LOQ				0	0
46 Dibenzo[a,h]pyrene	<LOQ				0	0

<LOQ:定量下限値未滿

表 9. 専用合成ゴム由来試料中の PAHs 等の濃度(μg/g)及び検出頻度

No. 化合物名	最大値	最小値	平均値	中央値	検出数	検出率(%)
1 Naphthalene	0.267	0.0361	0.138	0.124	4	80.0
2 2-Methylnaphthalene	0.105	0.105	0.105	0.105	1	20.0
3 1-Methylnaphthalene	0.0630	0.0233	0.0432	0.0432	2	40.0
4 Biphenyl	0.0292	0.0292	0.0292	0.0292	1	20.0
5 2,6-Dimethylnaphthalene	0.0559	0.0559	0.0559	0.0559	1	20.0
6 Acenaphthylene	<LOQ				0	0
7 Acenaphthene	<LOQ				0	0
8 Dibenzofuran	0.0515	0.0515	0.0515	0.0515	1	20.0
9 Fluorene	0.0376	0.0376	0.0376	0.0376	1	20.0
10 Dibenzothiophene	<LOQ				0	0
11 Phenanthrene	0.0455	0.0261	0.0363	0.0371	3	60.0
12 Anthracene	<LOQ				0	0
13 3-Methylphenanthrene	<LOQ				0	0
14 Carbazole	<LOQ				0	0
15 2-Methylphenanthrene	<LOQ				0	0
16 9-Methylphenanthrene	<LOQ				0	0
17 1-Methylphenanthrene	<LOQ				0	0
18 Fluoranthene	<LOQ				0	0
19 Pyrene	0.0216	0.0216	0.0216	0.0216	1	20.0
20 Benzo[c]fluorene	<LOQ				0	0
21 Benzo[c]phenanthrene	<LOQ				0	0
22 Benz[a]anthracene	<LOQ				0	0
23 Cyclopenta[cd]pyrene	<LOQ				0	0
24 Triphenylene	<LOQ				0	0
25 Chrysene	<LOQ				0	0
26 5-Methylchrysene	<LOQ				0	0
27 Benzo[b]fluoranthene	<LOQ				0	0
28 Benzo[k]fluoranthene	<LOQ				0	0
29 7,12-Dimethylbenz[a]anthracene	<LOQ				0	0
30 Benzo[j]fluoranthene	<LOQ				0	0
31 Benz[i]aceanthrylene /Benz[e]aceanthrylene	<LOQ				0	0
32 Benzo[e]pyrene	<LOQ				0	0
33 Benzo[a]pyrene	<LOQ				0	0
34 3-Methylcholanthrene	<LOQ				0	0
35 Dibenz[c,h]acridine	<LOQ				0	0
36 Dibenz[a,h]acridine	<LOQ				0	0
37 Dibenz[aj]acridine	<LOQ				0	0
38 Indeno[1,2,3-cd]pyrene	<LOQ				0	0
39 Dibenz[a,h]anthracene	<LOQ				0	0
40 Benzo[ghi]perylene	<LOQ				0	0
41 7H-Dibenzo[c,g]carbazole	<LOQ				0	0
42 Dibenzo[a,]pyrene	<LOQ				0	0
43 Dibenzo[a,e]pyrene	<LOQ				0	0
44 Coronene	<LOQ				0	0
45 Dibenzo[a,i]pyrene	<LOQ				0	0
46 Dibenzo[a,h]pyrene	<LOQ				0	0

<LOQ:定量下限値未満

表 10. 専用熱可塑性エラストマー由来試料中の PAHs 等の濃度(μg/g)及び検出頻度

No.	化合物名	最大値	最小値	平均値	中央値	検出数	検出率(%)
1	Naphthalene	0.509	0.509	0.509	0.509	1	25.0
2	2-Methylnaphthalene	0.430	0.430	0.430	0.430	1	25.0
3	1-Methylnaphthalene	0.416	0.416	0.416	0.416	1	25.0
4	Biphenyl	<LOQ				0	0
5	2,6-Dimethylnaphthalene	0.567	0.567	0.567	0.567	1	25.0
6	Acenaphthylene	<LOQ				0	0
7	Acenaphthene	<LOQ				0	0
8	Dibenzofuran	0.664	0.664	0.664	0.664	1	25.0
9	Fluorene	<LOQ				0	0
10	Dibenzothiophene	<LOQ				0	0
11	Phenanthrene	0.395	0.395	0.395	0.395	1	25.0
12	Anthracene	<LOQ				0	0
13	3-Methylphenanthrene	0.457	0.457	0.457	0.457	1	25.0
14	Carbazole	<LOQ				0	0
15	2-Methylphenanthrene	0.605	0.605	0.605	0.605	1	25.0
16	9-Methylphenanthrene	1.15	1.15	1.15	1.15	1	25.0
17	1-Methylphenanthrene	0.579	0.579	0.579	0.579	1	25.0
18	Fluoranthene	<LOQ				0	0
19	Pyrene	<LOQ				0	0
20	Benzo[c]fluorene	<LOQ				0	0
21	Benzo[c]phenanthrene	<LOQ				0	0
22	Benz[a]anthracene	<LOQ				0	0
23	Cyclopenta[cd]pyrene	<LOQ				0	0
24	Triphenylene	<LOQ				0	0
25	Chrysene	0.229	0.229	0.229	0.229	1	25.0
26	5-Methylchrysene	<LOQ				0	0
27	Benzo[b]fluoranthene	<LOQ				0	0
28	Benzo[k]fluoranthene	<LOQ				0	0
29	7,12-Dimethylbenz[a]anthracene	<LOQ				0	0
30	Benzo[j]fluoranthene	<LOQ				0	0
31	Benz[j]aceanthrylene /Benz[e]aceanthrylene	<LOQ				0	0
32	Benzo[e]pyrene	<LOQ				0	0
33	Benzo[a]pyrene	<LOQ				0	0
34	3-Methylcholanthrene	<LOQ				0	0
35	Dibenz[c,h]acridine	<LOQ				0	0
36	Dibenz[a,h]acridine	<LOQ				0	0
37	Dibenz[a,i]acridine	<LOQ				0	0
38	Indeno[1,2,3-cd]pyrene	<LOQ				0	0
39	Dibenz[a,h]anthracene	<LOQ				0	0
40	Benzo[ghi]perylene	<LOQ				0	0
41	7H-Dibenzo[c,g]carbazole	<LOQ				0	0
42	Dibenzo[a,l]pyrene	<LOQ				0	0
43	Dibenzo[a,e]pyrene	<LOQ				0	0
44	Coronene	<LOQ				0	0
45	Dibenzo[a,i]pyrene	<LOQ				0	0
46	Dibenzo[a,h]pyrene	<LOQ				0	0

<LOQ:定量下限値未滿

表 11. 本研究の結果と、ECHA、RIVM の調査結果及び文献値との比較
(検出濃度の最大値で比較、数字の単位は µg/g)

No.	化合物名	本研究	ECHA ⁽¹⁷⁾ ※	RIVM ⁽⁶⁾	Gomes et al. (2010) ⁽⁴⁾	Llompert et al. (2013) ⁽⁵⁾	Marsili et al. (2014) ⁽⁶⁾	Menichini et al. (2011) ⁽⁷⁾	Li et al. (2010) ⁽⁸⁾	Sđiktsis et al. (2012) ⁽⁹⁾ ※※
1	Naphthalene	6.95	2.04		0.35	24.2	2.04		1.1	
2	2-Methylnaphthalene	3.33							2.1	
3	1-Methylnaphthalene	1.91							1.0	
4	Biphenyl	0.703								
5	2,6-Dimethylnaphthalene	3.14								
6	Acenaphthylene	1.79	1.10			13.4				
7	Acenaphthene	0.439	10.15		0.04	12.8	10.1			
8	Dibenzofuran	0.817								
9	Fluorene	0.705	11.03		0.18	47.7	11.0			
10	Dibenzothiophene	0.910								
11	Phenanthrene	4.50	8.60	7.1	1.58	25.5	1.56		4.6	
12	Anthracene	0.661	1.10	1.1	0.19	4.72	0.283			
13	3-Methylphenanthrene	4.29								
14	Carbazole	<LOQ								
15	2-Methylphenanthrene	1.90								
16	9-Methylphenanthrene	1.81								
17	1-Methylphenanthrene	1.36								
18	Fluoranthene	12.0	20.3	20.3	5.98	8.24	3.74		19	
19	Pyrene	37.4	37.00	28.7	21.1	29.5	10.3	15.1	9.0	
20	Benzo[c]fluorene	0.297	0.7	0.7						
21	Benzo[c]phenanthrene	<LOQ								
22	Benz[a]anthracene	2.23	15.3	2.2	0.82	2.02	1.61	0.43		
23	Cyclopenta[cd]pyrene	6.19	2.5	2.5						
24	Triphenylene	2.88								
25	Chrysene	3.13	6.80	3.5	2.70	9.16	3.42	2.38		
26	5-Methylchrysene	<LOQ								
27	Benzo[b]fluoranthene	1.52	11.10	3	<0.08	4.32	15.7	1.78		3.18
28	Benzo[k]fluoranthene	0.578	5.02	0.5	<0.08	1.69	3.62			0.833
29	7,12-Dimethylbenz[a]anthracene	<LOQ								
30	Benzo[j]fluoranthene	0.583	2.6	※※※						
31	Benzo[j]aceanthrylene /Benz[e]aceanthrylene	<LOQ								
32	Benzo[e]pyrene	4.60	7.8	7.8						7.29
33	Benzo[a]pyrene	2.84	2.83	2.2	1.19	4.66	0.663	10.7		10.1
34	3-Methylcholanthrene	<LOQ								
35	Dibenz[c,h]acridine	<LOQ								
36	Dibenz[a,h]acridine	<LOQ								
37	Dibenz[a,j]acridine	<LOQ								
38	Indeno[1,2,3-cd]pyrene	1.35	3.73		<0.08	2.77		3.73		0.102
39	Dibenz[a,h]anthracene	0.789	8.13	<0.5	<0.08	0.97	0.573	0.03		0.146
40	Benzo[ghi]perylene	9.60	29.20			11.9	0.902	29.2		33.1
41	7H-Dibenzo[c,g]carbazole	<LOQ								
42	Dibenzo[a,i]pyrene	<LOQ								0.0307
43	Dibenzo[a,e]pyrene	<LOQ								0.392
44	Coronene	8.45								26.4
45	Dibenzo[a,i]pyrene	<LOQ								0.72
46	Dibenzo[a,h]pyrene	<LOQ								0.0675

<LOQ:定量下限値未満
※ RIVMの報告書等の値を含む
※※ タイヤを測定した文献
※※※ No.27と合算

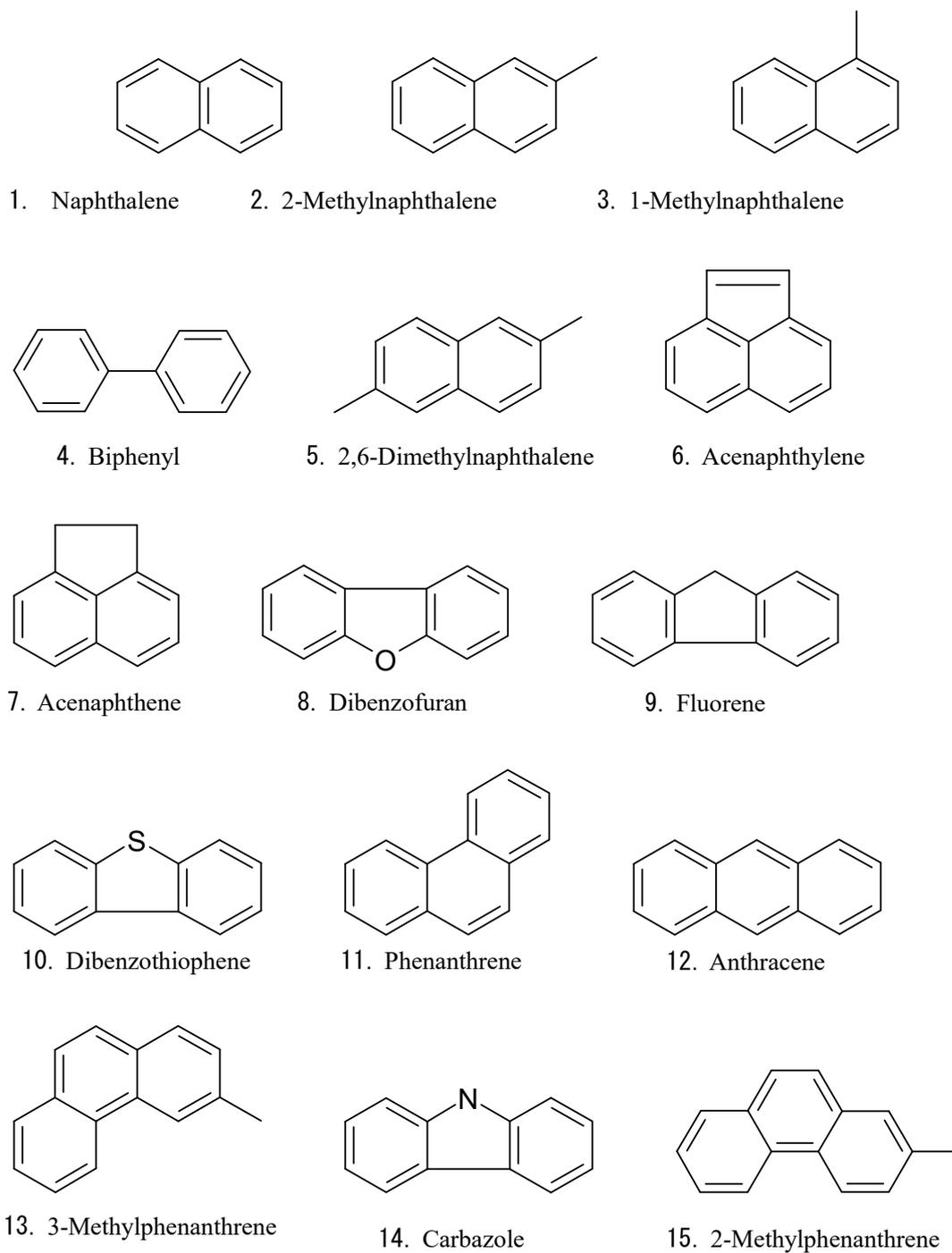
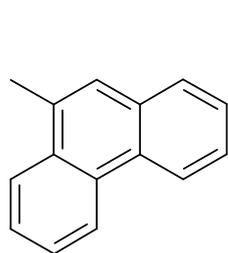
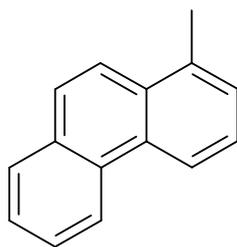


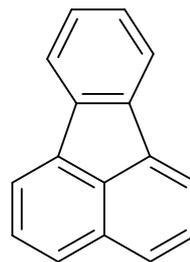
図1. 測定対象物質の化学構造式



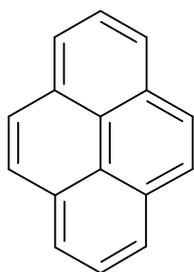
16. 9-Methylphenanthrene



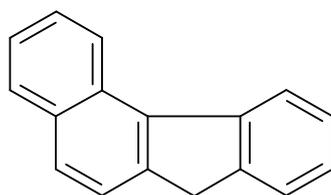
17. 1-Methylphenanthrene



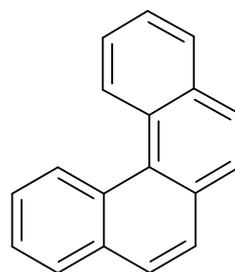
18. Fluoranthene



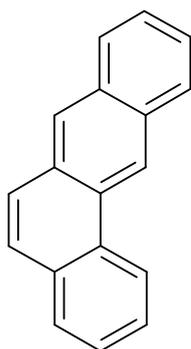
19. Pyrene



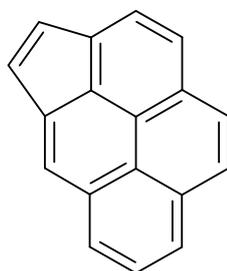
20. Benzo[c]fluorene



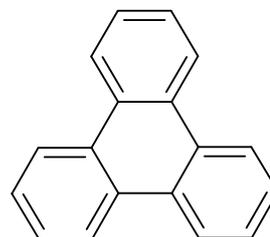
21. Benzo[c]phenanthrene



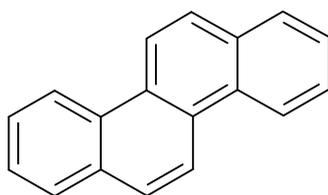
22. Benz[a]anthracene



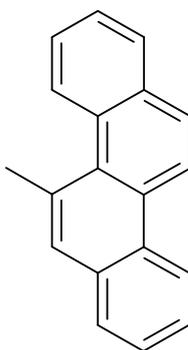
23. Cyclopenta[cd]pyrene



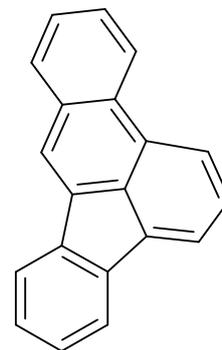
24. Triphenylene



25. Chrysene

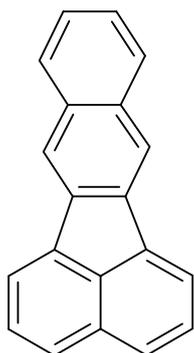


26. 5-Methylchrysene

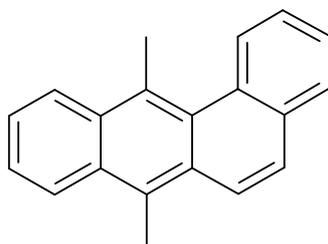


27. Benzo[b]fluoranthene

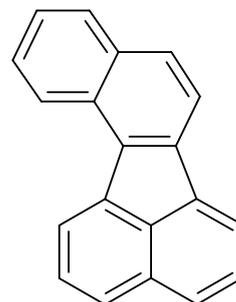
図1. 測定対象物質の化学構造式 (続き)



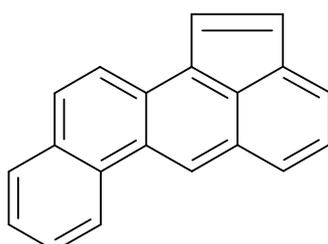
28. Benzo[k]fluoranthene



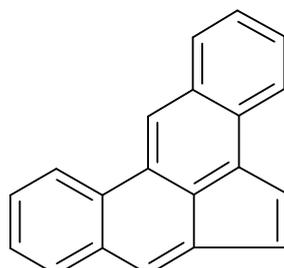
29. 7,12-Dimethylbenz[a]anthracene



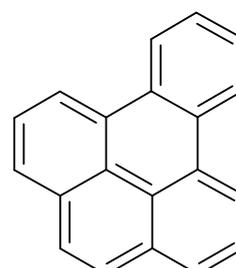
30. Benzo[j]fluoranthene



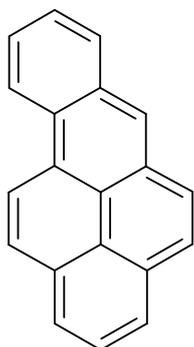
31-1. Benz[j]aceanthrylene



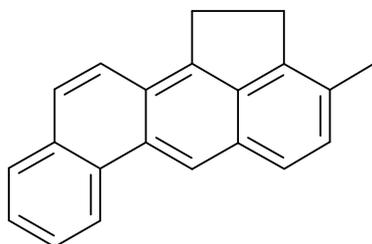
31-2. Benz[e]aceanthrylene



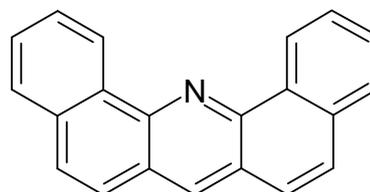
32. Benzo[e]pyrene



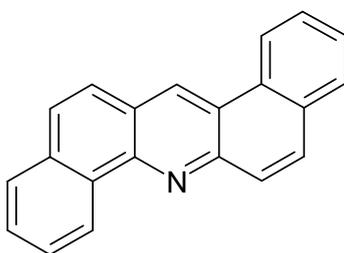
33. Benzo[a]pyrene



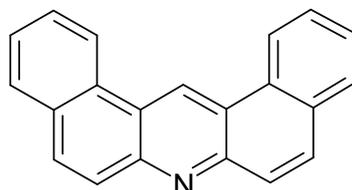
34. 3-Methylcholanthrene



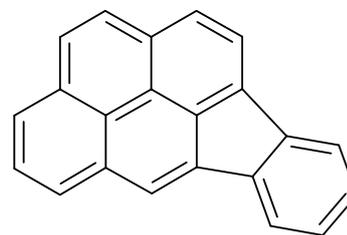
35. Dibenz[c,h]acridine



36. Dibenz[a,h]acridine

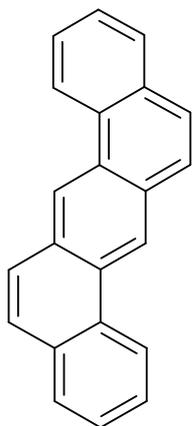


37. Dibenz[a,j]acridine

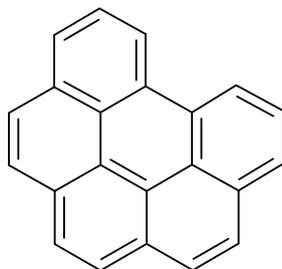


38. Indeno[1,2,3-cd]pyrene

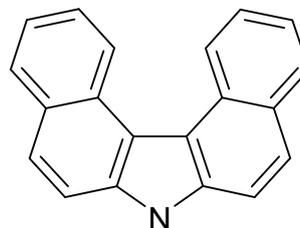
図1. 測定対象物質の化学構造式 (続き)



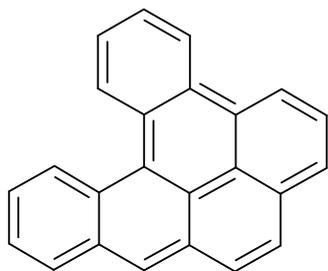
39. Dibenzo[a,h]anthracene



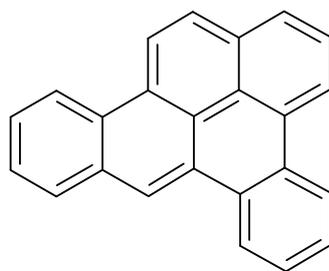
40. Benzo[ghi]perylene



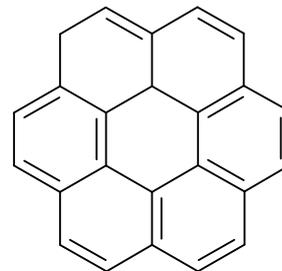
41. 7H-Dibenzo[c,g]carbazole



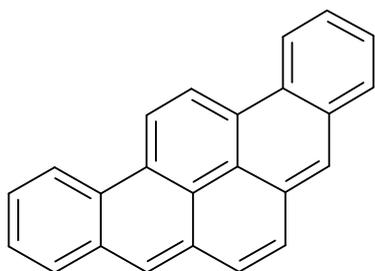
42. Dibenzo[a,l]pyrene



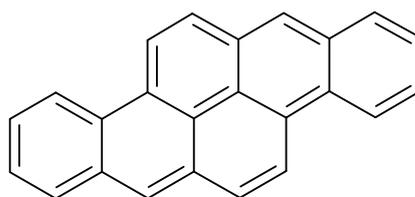
43. Dibenzo[a,e]pyrene



44. Coronene



45. Dibenzo[a,i]pyrene



46. Dibenzo[a,h]pyrene

図1. 測定対象物質の化学構造式 (続き)

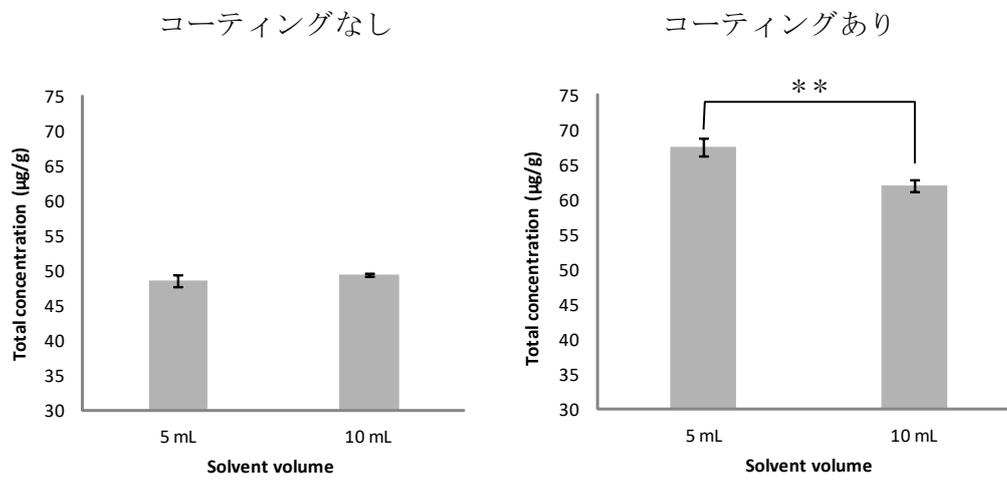


図2. 抽出溶媒量と測定対象物質濃度合計値の関係
(t検定、コーティングなしは有意差なし、** : $p < 0.01$)

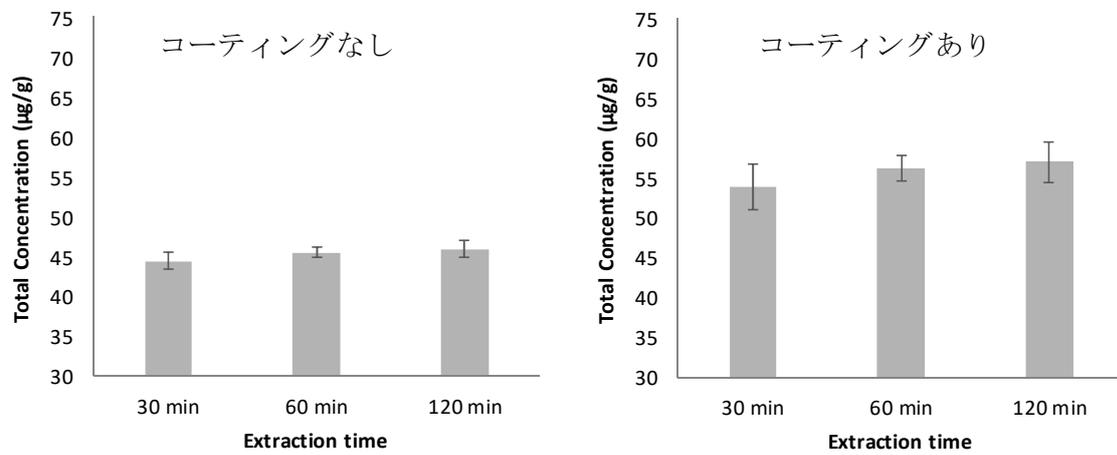


図3. 抽出時間と測定対象物質濃度合計値の関係
 (テューキーの検定、すべての組合せで有意差なし)

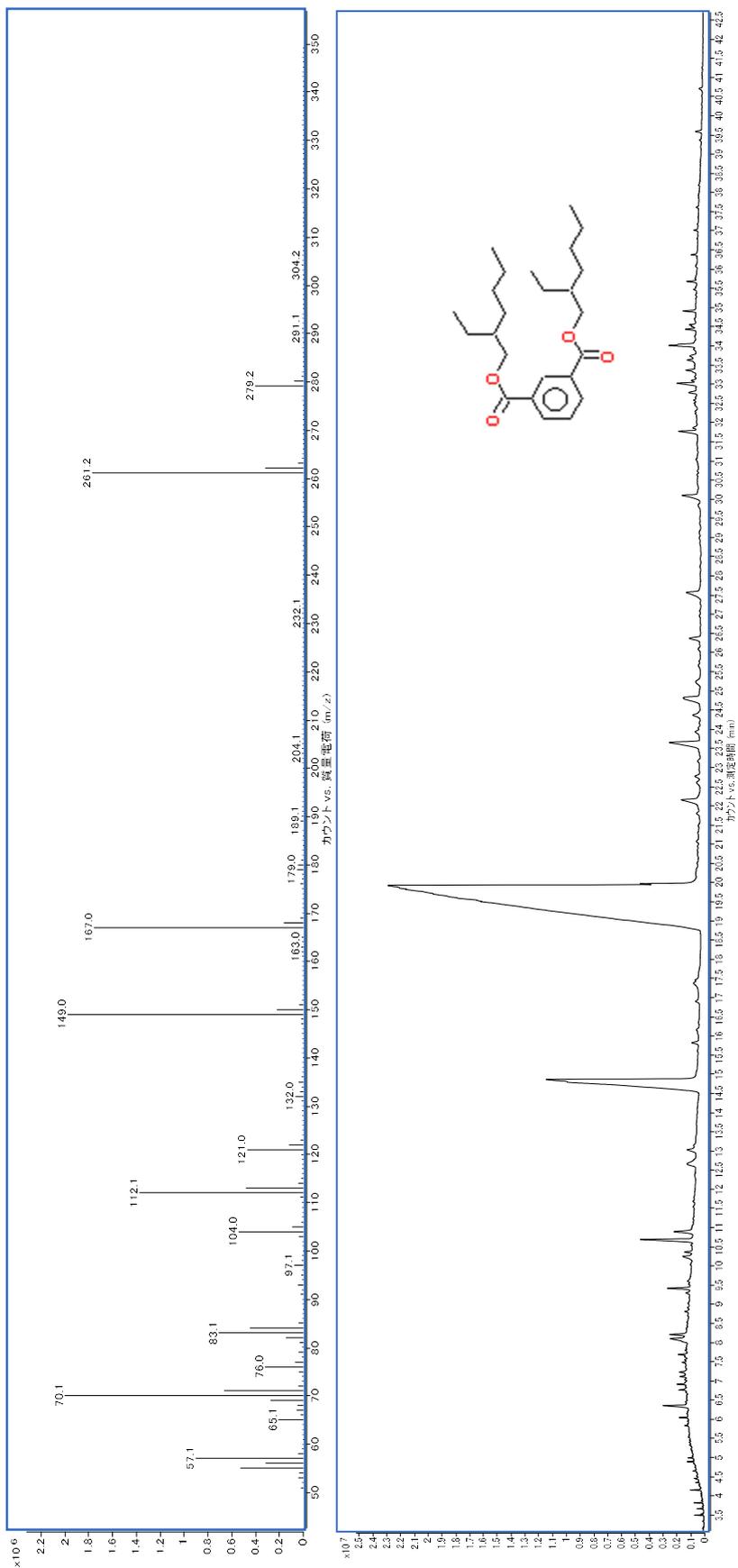


図4. 試料Xを方法①で抽出したときのTICクロマトグラム（上段）及び18.5~20.5分に出現するピークのマススペクトラム（下段）

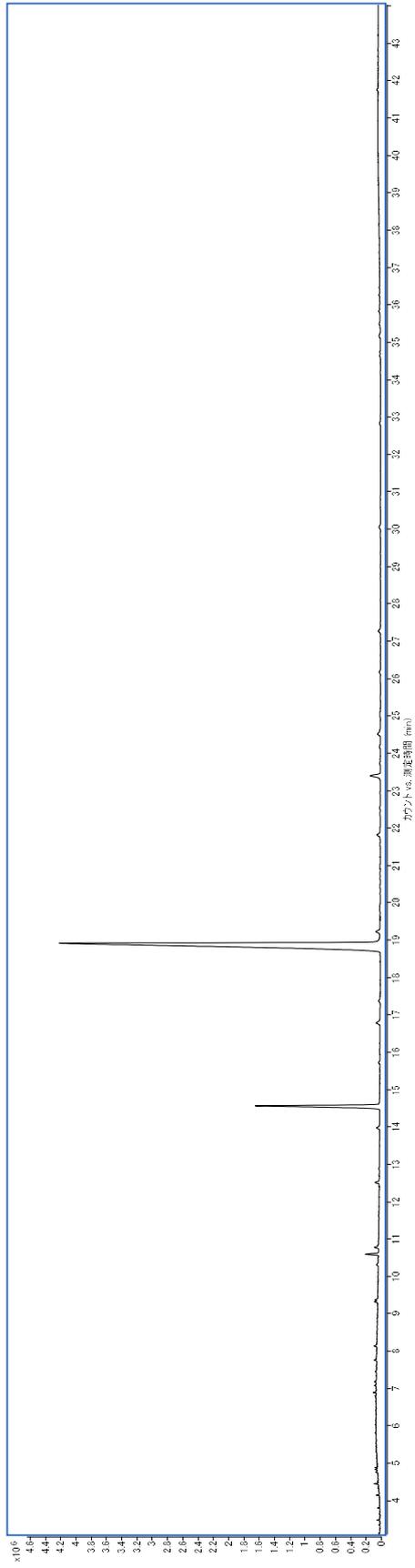


図5. 試料Xを方法②で抽出したときのTICクロマトグラム

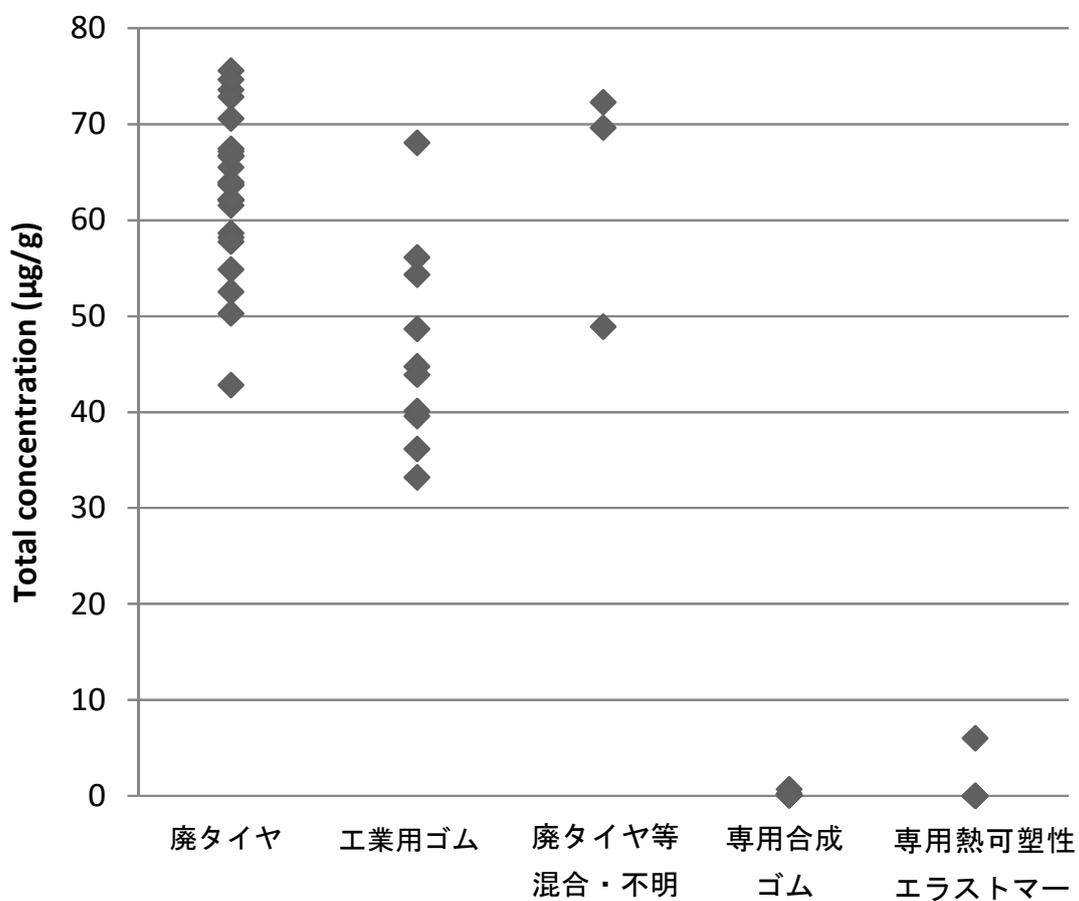


図 6. 由来ごとの試料中測定対象物質濃度の合計値の分布

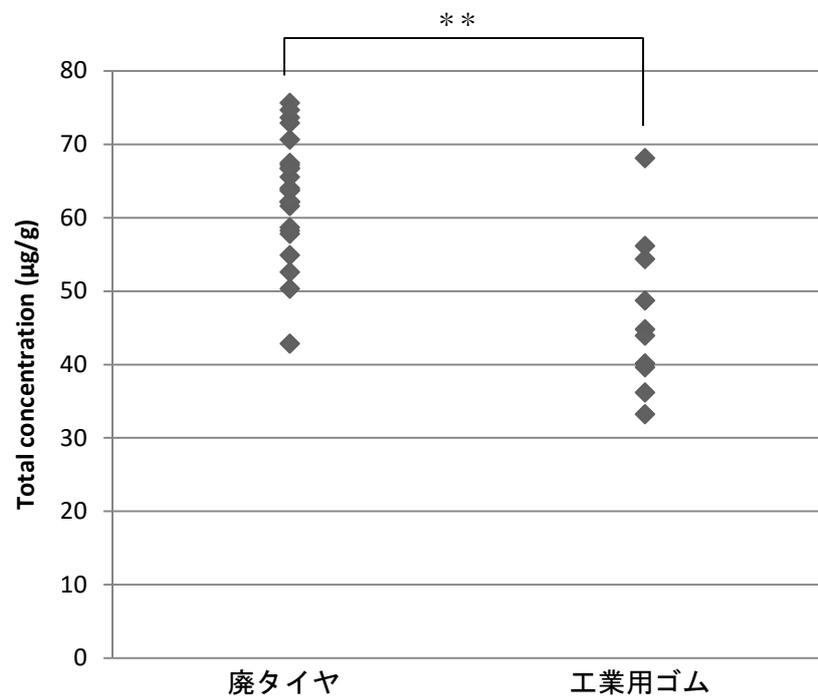


図7. 廃タイヤ由来と工業用ゴム由来試料の試料中測定対象物質濃度の合計値の比較 (マン・ホイットニーのU検定、** : $p < 0.01$)

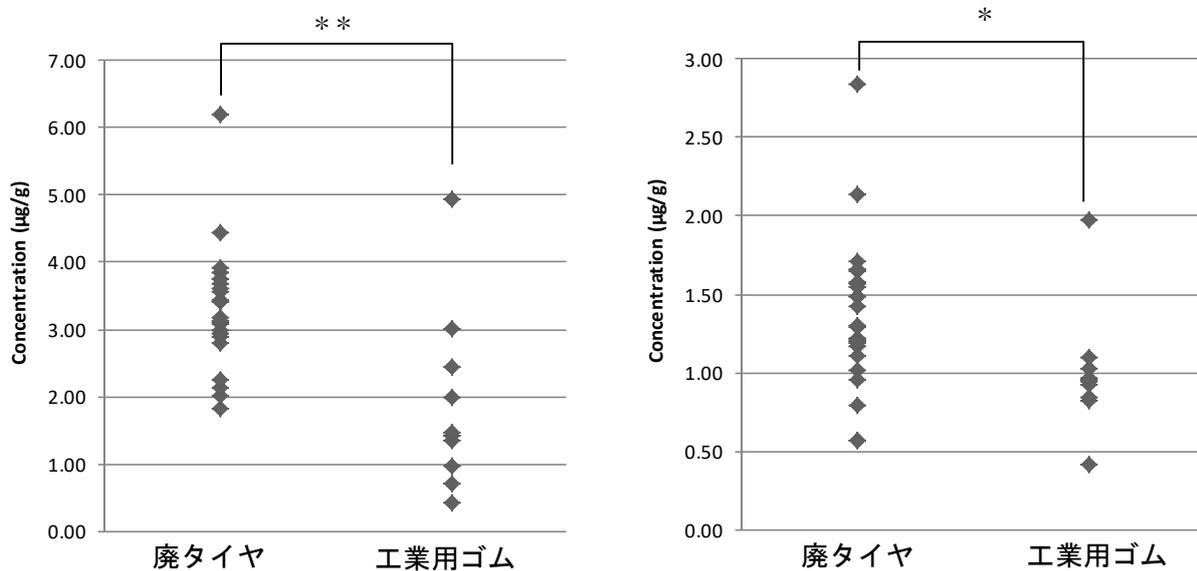


図8. 廃タイヤ由来と工業用ゴム由来試料の試料中シクロペンタ[cd]ピレン濃度(左)及びベンゾ[a]ピレン濃度(右)の比較 (マン・ホイットニーのU検定、* : $p < 0.05$ 、** : $p < 0.01$)

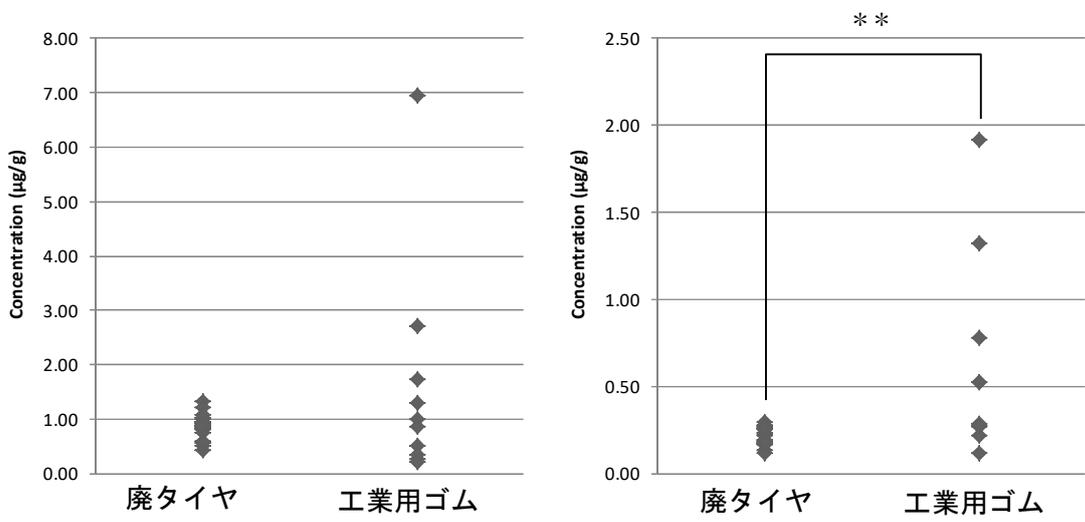


図 9. 廃タイヤ由来と工業用ゴム由来試料の試料中ナフタレン濃度（左）及び 1-メチルナフタレン濃度（右）の比較（マン・ホイットニーの U 検定、ナフタレンは有意差なし、** : $p < 0.01$ ）

厚生労働科学研究費補助金（厚生科学特別研究事業）
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

人工芝用ゴムチップに含まれるゴム添加剤等の分析

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 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

本分担研究では、人工芝用ゴムチップ中のゴム添加剤等の分析を実施した。はじめに、加硫促進剤、老化防止剤及び架橋剤等を対象に分析法の検討を行い、アセトン/ジクロロメタン=1/1 (v/v) を抽出溶媒として超音波抽出後に、ガスクロマトグラフ質量分析計 (GC-MS) 及び液体クロマトグラフ三連四重極型質量分析計 (LC-MS/MS) にて測定する方法を構築した。構築した分析法を用いて 36 化合物をターゲット分析し、26 化合物を試料中から検出し定量した。さらに、GC-MS によるノンターゲット分析も実施し、可塑剤等 16 化合物を検出し、定性及び定量分析を実施した。検出された化合物について、加硫促進剤では 2-メルカプトベンゾチアゾール (MBT) (1.6~1994 µg/g)、芳香族アミン系老化防止剤では 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 (28~8718 µg/g) 等が高頻度 (80%以上) で検出された。一般的に MBT 等のゴム添加剤は、ゴム製造時にそれぞれ最大で数% (数万 µg/g) 添加されており、本研究で得られたゴムチップ中の各添加剤等の濃度はゴム製品としては想定される範囲内であると考えられた。検出された化合物について、その種類及び濃度は製品間及び同一製品内でも異なる場合があることが確認され、リサイクルゴムを原料としているゴムチップ製品の場合には、原料となるゴム製品の種類が様々であることが影響しているものと考えられた。本研究で検出された化合物のうち、欧州化学品庁 (ECHA) でリスク評価が実施されたのは、MBT、ベンゾチアゾール (BTZ) 及びフタル酸ジ (2-エチルヘキシル) (DEHP) であった。それらについて、ECHA のリスク評価を用いて経口及び経皮曝露について検討したところ、いずれもリスク比は 1 を下回った。本研究で検出した MBT、BTZ 及び DEHP 以外の化合物については、人工芝用ゴムチップ中のそれらの健康リスクに関する評価は実施されていない。ゴムチップに曝露されても、その全ての化合物が溶出し吸収されるわけではなく、今後、溶出量等の評価を実施することが必要である。以上、本分担研究では我が国における人工芝用ゴムチップに含まれるゴム添加剤の実態について把握することができた。

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（EPA）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⁾。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り、迅速な対応が求められる。本研究では、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とし、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。本分担研究では、人工芝用ゴムチップに含まれるゴム添加剤の分析を実施した。

タイヤの構成成分は重量比で、ゴム（天然・合成）が約半分、ワイヤー類等の金属が約20%を占めている²⁾。残りの約30%のうち約8割はカーボンブラック及びシリカ等の補強剤であり、残りが本分担研究で対象とする添加剤である。これらの添加剤の種類は加硫促進剤や老化防止剤等多岐にわたり、様々な化合物が使用されている。また、加硫促進剤等はその種類によってはゴム原料に添加された後、加熱や混練処理によって分解される。そのため、添加された添加剤そのものだけではなく、その分解物についても分析する必要がある。

本研究では、日本ゴム協会編集のゴム用語辞典第3版³⁾等を参考に、表1に示した添加剤及びその分解物の計36化合物を対象に分析を実施した（ターゲット分析）。さらに、各試料についてターゲット分析を補完する目的でノンターゲット分析を実施して、可能な限り検出された化合物を同定し定量した。また、人工芝用ゴムチップ試料の基礎データとして、それらの粒度

分布を測定した。

B. 研究方法

B1. 試料

人工芝施工業者10社から入手した46製品を対象とした。これらの業者への卸業者数は20社であった。試料の詳細は重金属分析の分担報告書を参照のこと。

B2. 試薬類

ターゲット分析で対象とした化合物の名称、略称、CAS番号及び試薬入手先を表1に、化学構造式を図1に示した。内部標準物質として用いた、ベンゾチアゾール-d₄ (BTZ-d₄) は Toronto Research Chemicals 製、2,6-ジ-tert-ブチル-4-メチルフェノール-d₂₄ (BHT-d₂₄) は C/D/N Isotopes INC. 製、アントラセン-d₁₀ (Anth-d₁₀) 及びクリセン-d₁₂ (Ch-d₁₂) は関東化学株式会社製の環境分析用を、レセルピンは和光純薬工業製を購入した。芳香族アミン系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⁴⁾。そのため、酸化防止剤としてピロガロール（和光純薬工業製）を1000 µg/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、アセトン及びトルエンは関東化学社製の残留農薬分析用を、メタノールはシグマアルドリッチ社製の HPLC 用をそれぞれ用いた。ギ酸は和光純薬工業製の LC-MS 用を用いた。試験にはミリポア製超純水製造装置 Milli-Q Advantage A10 で製造した水を使用した。

B3. 粒度分布測定

ロータップ型振とう機（化学共栄社製）を用いて、各試料の粒度分布を乾式篩法にて測定した。

B4. 分析方法

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°C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°C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として、BTZ-d₄、BHT-d₂₄、Anth-d₁₀、及び Ch-d₁₂ を 2 µg/mL 含むトルエン溶液を 50 µL 添加し混ぜ合わせた後、ガスクロマトグラフ質量分析計 (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。GC-MS 及び LC-MS/MS 分析共に、必要に応じてさらに適宜希釈を行った。条件検討を含め、全ての分析は 1 製品について 3 試料調製し、それぞれ測定した (n=3)。

B5. GC-MS 条件

GC-MS 分析には、FocusGC/DSQ II (Thermo Fisher Scientific 製) を用いた。分離カラムには DB-35MS (長さ 30 m、内径 0.25 mm、膜厚 0.25 µm、Agilent Technologies 製) を用い、スプリットレスモードで 1 µL 注入した。キャリアーガスにはヘリウム (流量: 1 mL/分) を用い、オープン温度プログラムは 60°C で 2 分間保持した後、15°C/分で 310°C まで昇温し 310°C で 20 分間保持した。注入口、トランスファーライン、及びイオンソース温度は 250°C、280°C 及び 250°C とした。イオン化法は電子イオン化法 (Electron ionization: EI)、イオン化電圧は 70 eV とした。ターゲット分析では、選択イオンモニタリング (Selected ion monitoring: SIM) モードにて分析

した。GC-MS で分析対象とした化合物の定性及び定量イオンを表 2 に示した。

B6. LC-MS/MS 条件

LC-MS/MS 分析は LC800 (ジューエルサイエンス社製) 及び 4000QTRAP (AB Sciex 製) からなるシステムを用いた。分離カラムは Raptor™ Biphenyl (長さ 50 mm、内径 2.1 mm、粒子径 2.7 µm、Restek 製) を用いた。カラムオープン及びオートサンプレート温度は 40°C 及び 5 °C とした。注入量は 10 µL とし、移動相は A 液には 0.1%ギ酸水溶液、B 液には 0.1%ギ酸メタノール溶液を用い、流速は 400 µL/分とした。分析はグラジエントモードで行い、B 液を 10% で 0.5 分間保持した後、1.5 分かけて 95% とした後、8 分間保持した。測定はポジティブモードで行った。測定対象とした化合物の定量イオンやその他の MS 条件等については表 3 に示した。

C. 結果及び考察

C1. 粒度分布

各試料の中心粒径 (D₅₀) を表 4 に示した。各試料の D₅₀ は、932~2510 µm であった。

C2. 分析機器条件

ターゲット分析対象の 36 化合物について、GC-MS 分析を検討したところ、26 化合物が測定可能であった。その保持時間を表 2 に、標準溶液 (1 µg/mL) のトータルイオンクロマトグラムを図 2 に示した。各化合物のピーク形状及び分離は良好であった。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 ρ を 3.3 倍及び 10 倍後に実試換算した値を、検出下限値 (Limit of detection: LOD) 及び定量下限値 (Limit of quantification: LOQ) とした⁵⁾。その結果、LOD は 0.031~1.4 µg/g、LOQ は 0.094~4.2 µg/g であった。

GC-MS で測定対象としなかった 10 化合物について、LC-MS/MS 分析に供した。これらの化合物の保持時間を表 3 に、標準溶液 (20 ng/mL)

のマスクロマトグラムを図3に示した。各化合物のピーク形状及び分離状況は良好であった。低濃度標準液(2 ng/mL)を繰り返し3回測定した後、GC-MS分析と同様にLOD及びLOQを求めた⁵⁾。その結果、LODは0.029~0.37 µg/g、LOQは0.087~1.1 µg/gであった。

抽出溶媒であるアセトン/ジクロロメタン=1/1 (v/v) 20 mLに各化合物を20 µg添加し、超音波抽出操作から実施して調製した試料を、GC-MS及びLC-MS/MSにて測定した値を回収率とした。その回収率はGC-MS分析対象化合物では94~108% (変動係数: 0.81~8.3%)と良好であった(表2)。一方、LC-MS/MS分析対象化合物では、MDS及びDTBBAで60%及び69%とやや低い値を示したが、その他の化合物は85~103%と良好であった(表3)。また、変動係数は6.5~16%であり、GC-MS測定よりもややばらつきがあるものの、全体としては良好であった。

C3. 抽出条件の検討

抽出条件の検討を試料No.1を用いて行った。まず、試料からの各化合物の抽出溶媒について検討した。超音波抽出の時間を1時間に設定し、アセトンまたはアセトン/ジクロロメタン=1/1 (v/v)で抽出した際の各化合物濃度を比較した(表5)。その結果、両抽出溶媒ともおおむね同程度の濃度であったが、MBTでアセトン/ジクロロメタンを抽出溶媒とした方が濃度は顕著に高かった。そこで、抽出にはアセトン/ジクロロメタン=1/1 (v/v)を用いることとした。

次に、抽出時の超音波処理時間について0.5、1、2及び4時間で比較した(表6)。その結果、平均値で比較すると抽出時間を2時間とすると最も効率が良いと考えられたことから、抽出時間は2時間とした。

C4. ターゲット分析

前述したように、抽出条件の検討をNo.1の製品について、3試料調製しそれぞれ分析したところ、製品内での分析値のばらつきが大きかっ

た。そこで、同一ゴムチップ製造業者が製造し別々の人工芝施工業者に納品した製品(同一型番)であるNo.24及びNo.43を比較した(表7)。その結果、両者では検出された化合物の種類と濃度に違いが認められた。対象としたゴムチップ製品の原料は工業用ゴムであり、その組成は天然ゴム(NR)、スチレン・ブタジエンゴム(SBR)及びエチレン・プロピレン・ジエンゴム(EPDM)とされていた。そのため、同一型番の製品であっても製造時期によって、原料となったりリサイクルゴム製の種類が異なっていることが影響していると考えられた。また、同一製品から複数の加硫促進剤や老化防止剤が検出され、化合物によっては、同一製品から3試料調製し分析すると、製品内でもばらつきが大きいものが認められた。一般的に、タイヤを含めゴム製品では、複数の加硫促進剤や老化防止剤を併用し、加硫速度の調整やゴムの耐久性や物性等の調整を行っている。そして、人工芝用のゴムチップ製品はタイヤを原料としたものを含め、添加剤の種類や濃度の異なるゴム製品をリサイクル原料として混合されており、同一ゴムチップ製品内でもばらつきが生じていると考えられた。そのため、本分担研究では製品全体の特徴をできるだけ把握するために、同一製品を別々に3試料調製し、その分析値を平均値化することなくそれぞれを1試料として評価することとした(46製品×3=138試料)。

ターゲット分析で検出された化合物濃度について、試料全体の最小、最大、平均及び中央値並びに検出頻度を表8に示した。LOD以上で1試料以上から検出された化合物は、36化合物中26化合物であった。検出された化合物の濃度は数µg/gレベル以下から数千µg/gレベルまで幅があったが、これらの添加剤はゴム製造時にそれぞれ最大で数%(数万µg/g)添加される^{6,7)}ことを考慮すると、ゴム製品として想定される濃度の範囲内であり、特に過剰にこれらの添加剤が

使用された製品に由来したゴムチップは無いと考えられた。

チアゾール系及びスルフェンアミド系加硫促進剤では、それ自身が加硫促進剤として使用され、かつ他の加硫促進剤の分解物としても生成する MBT が相対的に高頻度 (93%) で検出され、他の加硫促進剤由来化合物よりも相対的に高濃度 (1.6~1994 µg/g) で検出された。その他、添加された加硫促進剤よりもそれらの分解物生成物である BTZ 及び BZL の方が、相対的に高頻度及び高濃度で検出された。アミン-ケトン系老化防止剤では、TMQ が相対的に高頻度で検出されたが、これは製品に使用された TMQ 重合体の分解物と考えられた。その他、AP 及び 4-t-OP についても、それぞれ架橋剤のジクミルペルオキシド及びアルキルフェノール-ホルマリン樹脂の分解生成物と考えられた⁸⁾。このように、添加剤よりもその分解生成物の方で検出濃度が高い傾向を示す化合物が存在する一方で、芳香族アミン系老化防止剤では 6PPD が相対的に高頻度 (80%) 及び高濃度 (28~8718 µg/g) で、IPPD 及び 8PPD が検出頻度は少ないが相対的に高濃度で検出され、それらの分解生成物である DPA 等は低濃度だが高頻度で検出された。フェノール系老化防止剤では、対象とした 6 化合物のうち o-MBp14 及び BHT の 2 種類のみ検出された。各化合物の平均値と中央値を比べると、BTZ、IPPD、6PPD、TMQ、PI 及び 4-t-OP のように差異があまりない化合物と、MBT、DPA 及び DCD のように差異が認められる化合物とがあった。後者では、平均値の方が中央値よりも高い傾向を示しており、少数の相対的に高濃度の試料の値が平均値に影響していた。そのため、製品全体の化合物濃度の傾向は中央値を指標とする方が良いと考えられた。

各製品の種類別で各化合物濃度等を見ると、TPE とそれ以外で検出される化合物の種類及び濃度に大きく違いが認められた(表 9)。これは、

熱可塑性エラストマーである TPE はゴムではないため、架橋剤等が使用されていないためと考えられた。また、TPE を除く製品間で比較すると、EPDM ではグアニジン系加硫促進剤、芳香族アミン系老化防止剤、アミン-ケトン系老化防止剤及びスコーチ防止剤等の分解生成物が検出されなかった。この違いについて、EPDM は SBR 等に比べて、その構造上対候性を有しているため、老化防止剤が使用されていないか、または使用量が少ないと考えられた⁹⁾。廃タイヤ由来と工業用ゴムでは、工業ゴムの方が MBT や DPG 濃度が高く、IPPD は工業用でのみ検出された。さらに、廃タイヤ由来の方が検出化合物濃度の平均値と中央値に差が少なく、工業用ゴムの方がその差が大きかった。これらは、廃タイヤの方がリサイクル原料がタイヤのみに由来し比較的均質なのに対して、工業用ゴムの方はリサイクル原料となるゴム製品の種類が複雑なためと考えられた。

C5. ノンターゲット分析

各製品について 1 試料ずつ、ターゲット分析の際に得られた試料溶液を用いて、GC-MS にてノンターゲット分析を実施した。スキャンモード (スキャン範囲 : m/z=50~500) で測定し、検出されたピークについて得られたマススペクトルを GC-MS のライブラリー (NIST ver.2.0) にて解析を行い、さらに標準品を用いて同定した。

ノンターゲット分析で検出したピークのうち、同定できた 16 化合物について名称及び略称等を表 10 に、化学構造式を図 4 にそれぞれ示した。これらの化合物について、表 11 に示した GC-MS 条件でターゲット分析の際に得られた試料溶液を用いて定量分析を行った (n=3)。検出された化合物は加硫促進剤等の分解物や可塑剤が主であった。このうち、可塑剤である DINP 及び DINCH については、異性体混合物であり複数のピークが検出されたが、全てのピークの面積を合算して定量した¹⁰⁾。

ノンターゲット分析により検出された化合物濃度について、試料全体の最小、最大、平均及び中央値並びに検出頻度を表 12 に示した。検出された加硫促進剤由来の化合物のうち、DCyHA、Ph-BT 及び CyHA-BT については、チアゾール系及びスルフェンアミド系加硫促進剤の分解物と考えられ、これらの化合物の検出頻度は 61%以上と相対的に高い傾向にあった。一方、それ以外の化合物については、汎用可塑剤である DEHP の 75%を除き、検出頻度は低い傾向を示した。また、検出された化合物濃度について、一部の可塑剤で加硫促進剤等よりも高い値を示したが、これは通常の可塑剤使用量の範囲に収まるものと考えられた¹⁰⁾。

各製品の種類別では、加硫促進剤に由来する化合物は DcyHA、Ph-BT 及び CyHA-BT は EPDM 及び TPE からは検出されず、ETU は工業用ゴム 3 製品からのみ検出された。可塑剤や光安定剤などは 1 製品 (3 試料) からのみ検出されたり、DEHP のように工業用ゴム 1 製品中の 1 試料からのみ検出されたりしていた (表 13)。また、ゴムチップがコーティングされている製品で可塑剤が相対的に高濃度で検出されており、これらの可塑剤はゴムではなくコーティング剤に含まれていた可能性が示唆された。MDA については、検出された製品は全て緑等に着色されている製品であり、これらの製品のいくつかはポリウレタンコーティングされていると明記されていた。これらの試料の分析時には、ポリウレタン樹脂が GC の注入口で熱分解して生成したと考えられる 4,4'-メチレンジイソシアネート (MDI) と考えられるピークも検出されており、検出された MDA はポリウレタンに由来するものと考えられた。

C6. 既報との比較等

本分担研究で行ったターゲット分析、及びノンターゲット分析により検出された 42 化合物のうち、我々が調べた限りであるが、既報でゴ

ムチップまたはゴム製品中濃度が報告されていたのは、15 化合物であった (表 14)。MBT について、本分担研究では廃タイヤ由来のゴムチップでは人工芝用ゴムチップを分析した既報と同じ濃度レベルであったが、EPDM 及び工業用ゴム由来のゴムチップでは、それよりも高い値を示した (表 9 及び表 14)。一方で、家庭用ゴム製品等と比較すると MBT は同じ濃度レベルであり、ゴム製品としては想定される濃度であった。ゴムチップを分析した既報と本研究とでは検出化合物数が異なっていたが、本研究ではゴム添加剤及びそれに由来する化合物をできる限り網羅的に測定し、その実態を把握するよう試みているのに対して、既報では測定対象の化合物を特定の種類に絞り込んでいるためと推察された。

MBT、BTZ 及び DEHP については、欧州化学品庁 (ECHA) でリスク評価が実施されていた²⁰⁾。本研究では、ゴムチップ中のゴム添加剤等の実態把握を目的として、ゴムチップ中の含有量のみ測定しており、健康リスク評価に必要な溶出性などの情報はない。そのため正確な評価はできないが、以下に簡単に考察した。ECHA では子供 (6~11 歳) 及びプロのサッカー選手について、MBT の経口曝露量及び経皮曝露量 (人工汗に溶出した全量が吸収される極端な場合を想定) と導出無毒性量 (Derived No Effect Level: DNEL、ヒトが対象化合物に曝露されても影響が認められないとされる値) とを比較したリスク比が $7.13 \times 10^{-6} \sim 5.04 \times 10^{-5}$ 及び $1.41 \times 10^{-3} \sim 3.33 \times 10^{-3}$ であり、リスク比が 1 を下回ることから、その健康リスクは少ないとしている。本研究での MBT 濃度の最大値は 1994 $\mu\text{g/g}$ であり、ECHA がリスク評価に用いた MBT 濃度の最大値 7.6 $\mu\text{g/g}$ と単純比較したところ、その健康リスク比は経口曝露が $1.32 \times 10^{-2} \sim 1.87 \times 10^{-3}$ 、経皮曝露が $3.70 \times 10^{-1} \sim 8.74 \times 10^{-1}$ と 1 を下回った。また、BTZ 及び DEHP についても同様であった。

本研究で検出した MBT、BTZ 及び DEHP 以

外の化合物については、人工芝用ゴムチップ中のそれらの健康リスクに関する評価は実施されていない。ゴムチップ中の多環芳香族炭化水素類 (PAHs) 及び DEHP について疑似胃腸系で溶出試験をしたところ、その溶出率は約 9~20%であったことが報告されている¹¹⁾。このように、ゴムチップに曝露されても、その全ての化合物が溶出し吸収されるわけではなく、今後、溶出量等の評価を実施することが必要である。

D. まとめ

本分担研究では、人工芝用ゴムチップ中の添加剤の分析を実施した。対象としたのは、加硫促進剤、老化防止剤及び架橋剤等とした。ターゲット分析では 36 化合物を対象とし、試料中から 26 化合物を検出し定量した。また、ノンターゲット分析も実施し、加硫促進剤由来化合物及び可塑剤等 16 化合物を検出・同定し、さらに定量を実施した。検出された化合物の種類及び濃度は製品間及び同一製品内でも異なる場合があることが確認され、リサイクルゴムを原料としているゴムチップ製品の場合には、リサイクル原料となるゴム製品の種類が様々であることが影響しているものと考えられた。一方で、ゴム添加剤の一般的な配合割合を考慮すると、本研究で得られた各添加剤等の濃度はゴム製品としては想定される範囲内であると考えられた。本研究で検出された化合物のうち、ECHA でリスク評価が実施されたのは、MBT、BTZ 及び DEHP であった。それらについて、ECHA のリスク評価を用いて経口及び経皮曝露について検討したところ、いずれもリスク比は 1 を下回った。本研究で検出した MBT、BTZ 及び DEHP 以外の化合物については、人工芝用ゴムチップ中のそれらの健康リスクに関する評価は実施されていない。ゴムチップに曝露されても、その全ての化合物が溶出し吸収されるわけではなく、今後、溶出量等の評価を実施することが必要である。

以上、本分担研究では我が国における人工芝用ゴムチップに含まれるゴム添加剤の実態について把握することができた。

E. 研究発表

E1. 論文発表

なし

E2. 学会発表

なし

F. 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

G. 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) 一般社団法人日本自動車タイヤ工業会: 日本のタイヤ産業 2016, 2016.
- 3) 一般社団法人日本ゴム協会編集委員会: ゴム用語辞典第 3 版, 日本ゴム協会編, 丸善, 2013
- 4) 兵庫県立環境科学研究センター: 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.
- 5) 井上嘉則: 測定の信頼性と精度管理, 環境測定絵とき基本用語 (YAN 環境測定技術委員会編), オーム社, 東京, p52-65, 2001.

- 6) 日本ゴム協会編集委員会: シリーズ:ゴム技術入門講座 第8講 ゴムの架橋と薬剤, 日本ゴム協会誌, 72, 705-712, 1999.
- 7) 安藤慎二・深町真治: 総説特集 配合剤の基礎から最新技術-2 老化防止剤, 日本ゴム協会誌, 82, 45-73, 2009.
- 8) 森田雅和: ジエン系ゴム用加硫剤の特徴と最近の配合技術 (2), ポリマ-ダイジェスト, 49, 53-67, 1997.
- 9) Nilsson N.H., Malmgren-Hansen B., Thomsen US.: Mapping Emissions and Environmental and Health Assessment of Chemical Substances in Artificial Turf. Danish Ministry of the Environment, Environmental Protection Agency, 2008.
- 10) Kawakami T., Isama K., Matsuoka A.: Analysis of phthalic acid diesters, monoester, and other plasticizers in polyvinyl chloride household products in Japan, J. Environ. Sci. Health, 46, 855-864, 2011.
- 11) 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
- 12) Plesser T, Lund O.: Potential health and environmental effects linked to artificial turf systems-final report. Norwegian Building Research Institute, Trondheim, Norway, Project #O- 10820, 2004.
- 13) Li X., Berger W., Musante C., Mattina M.I.: Characterization of substances released from crumb rubber material used on artificial turf fields, Chemosphere, 80, 279-285, 2010.
- 14) Avagyan R., Sadiksis I., Thorsén G., Östman C., Westerholm R.: Determination of benzothiazole and benzotriazole derivatives in tire and clothing textile samples by high performance liquid chromatography-electrospray ionization tandem mass spectrometry, J. Chromatogr. A., 1307, 119-125, 2013.
- 15) Celeiro M., Lamas J.P., Garcia-Jares C., Dagnac T., Ramos L., Llompart M.: Investigation of PAH and other hazardous contaminant occurrence in recycled tyre rubber surfaces. Case-study: restaurant playground in an indoor shopping centre, Int. J. Environ. Anal. Chem., 94, 1264-1271, 2014.
- 16) Llompart 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.
- 17) 鹿庭正昭・小嶋茂雄・中村晃忠・関東裕美・伊藤正俊・石原勝: 家庭用品による接触皮膚炎の原因化学物質の追求 (第2報) 市販ゴム手袋中の老化防止剤の分析およびパッチテスト濃度, 衛生化学, 30, 126-137, 1984.
- 18) 鹿庭正昭・五十嵐良明・小嶋茂雄・中村晃忠・関東裕美・伊藤正俊・石原勝: 家庭用品による接触皮膚炎の原因化学物質の追求 (第4報) 市販ゴム製品中のメルカプトベンズチアゾール系加硫促進剤の分析およびパッチテスト陽性率, 衛生化学, 33, 140-148, 1987.
- 19) 伊佐間和郎・鹿庭正昭・中村晃忠: ゴム製品中の 2-Mercaptobenzimidazole 系老化防止剤の分析, 衛生化学, 99-106, 1998.
- 20) 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

表1. ターゲット分析で対象とした化合物

用途 ^a	分類 ^a	化合物名	略称	CASRN ^b	試験入手先 ^c	
チアゾール系	2-メルカプトベンゾチアゾール	2-Mercaptobenzothiazole	MBT	149-30-4	TCI	
		2-(Morpholinodithio)benzothiazole	MDS	95-32-9	TCI	
	スルフェンアミド系	N-tert-ブチルベンゾチアゾール-2-スルフェンアミド	N-tert-butylbenzothiazole-2-sulfenamide	TBBS	95-31-8	Wako
		N-オキシジエチルベンゾチアゾール-2-スルフェンアミド	N-oxidiethylbenzothiazole-2-sulfenamide	MBSS	102-77-2	TCI
		N-シクロヘキシルベンゾチアゾール-2-スルフェンアミド	N-cyclohexylbenzothiazole-2-sulfenamide	CBS	95-33-0	TCI
		N,N-ジシクロヘキシルベンゾチアゾール-2-スルフェンアミド	N,N-dicyclohexylbenzothiazole-2-sulfenamide	DCBS	4979-32-2	Wako
		ベンゾチアゾール	Benzothiazole	BTZ	95-16-9	TCI
		2-ベンゾチアゾロン	2-Benzothiazolone	BZL	934-34-9	TCI
		2-(メチルチオ)ベンゾチアゾール	2-(Methylthio)benzothiazole	2-MTBT	615-22-5	TCI
		グアニジン系	1,3-ジフェニルグアニジン	DPG	102-06-7	TCI
アミン/ケトン系およびその分解物	ジ- <i>o</i> -トリアルグアニジン	Di- <i>o</i> -tolylguanidine	DOTG	97-39-2	TCI	
	6-エトキシ-1,2-ジヒドロ-2,4-トリメチルキノリン	6-Ethoxy-1,2-dihydro-2,4-trimethylquinoline	ETMQ	91-53-2	AK	
	1,2-ジヒドロ-2,2,4-トリメチルキノリン	1,2-Dihydro-2,2,4-trimethylquinoline	TMQ	147-47-7	Scbt	
	N-イソプロピル-N'-フェニル-N''-フェニル-N'''-フェニルジアミン	N-isopropyl-N'-phenyl-N''-phenyl-N'''-phenylenediamine	IPPD	101-72-4	TCI	
	チオジフェニルアミン	Thiodiphenylamine	TDPA	92-84-2	TCI	
	N-フェニル-1-ナフチルアミン	N-Phenyl-1-naphthylamine	PAN	90-30-2	TCI	
	N-(1,3-ジメチルブチル)-N'-フェニル-N''-フェニル-N'''-フェニルジアミン	N-(1,3-Dimethylbutyl)-N'-phenyl-N''-phenyl-N'''-phenylenediamine	6PPD	793-24-8	TCI	
	N-(1-メチルヘptyル)-N'-フェニル-N''-フェニル-N'''-フェニルジアミン	N-(1-Methylheptyl)-N'-phenyl-N''-phenyl-N'''-phenylenediamine	8PPD	15233-47-3	TCI	
	N,N-ジフェニル-N''-フェニル-N'''-フェニルジアミン	N,N-Diphenyl-N''-phenyl-N'''-phenylenediamine	DPPD	74-31-7	TCI	
	4,4'-ジオクチルフェニル-N''-フェニル-N'''-フェニルジアミン	4,4'-Diocetylphenylamine	ODPA	101-67-7	AK	
老花防止剤	N,N-ジ-2-ナフチル-N''-フェニル-N'''-フェニルジアミン	N,N-Di-2-naphthyl-N''-phenyl-N'''-phenylenediamine	DNPD	93-46-9	TCI	
	4,4'-ビス(α,α-ジメチルベンジル)ジフェニルアミン	4,4'-Bis(α,α-dimethylbenzyl)diphenylamine	DCD	10081-67-1	TCI	
	ジフェニルアミン	Diphenylamine	DPA	122-39-4	TCI	
	2,2'-メチレンビス(4-メチル-6-tert-ブチルフェノール)	2,2'-Methylenebis(4-methyl-6-tert-butylphenol)	o-MBP14	119-47-1	TCI	
	2,2'-メチレンビス(4-エチル-6-tert-ブチルフェノール)	2,2'-Methylenebis(4-ethyl-6-tert-butylphenol)	o-MBP24	88-24-4	TCI	
	4,4'-ブチリデンビス(3-メチル-6-tert-ブチルフェノール)	4,4'-Butylidenebis(3-methyl-6-tert-butylphenol)	p-BBP14	85-60-9	TCI	
	4,4'-チオビス(3-メチル-6-tert-ブチルフェノール)	4,4'-Thiobis(3-methyl-6-tert-butylphenol)	p-TBP14	96-69-5	TCI	
	2,6-ジ-tert-ブチル-4-メチルフェノール	2,6-Di-tert-butyl-4-methylphenol	BHT	128-37-0	TCI	
	4-ヒドロキシ-3-tert-ブチルアニソール	4-hydroxy-3-tert-butylanisole	BHA	121-00-6	TCI	
	2-メルカプトベンゾチアゾール	2-Mercaptobenzothiazole	MBI	583-39-1	TCI	
架橋剤分解物	2-メルカプトメチルベンゼンイミダゾール	2-Mercaptomethylbenzimidazole	MIMBI	53988-10-6	Alinda	
	アセトフェノン	Acetophenone	AP	98-86-2	TCI	
	4-tert-オクチルフェノール	4-tert-Octylphenol	4-t-OP	140-66-9	TCI	
	フタルイミド	Phthalimide	PI	85-41-6	TCI	
	スコーチ防止剤および素線促進剤	N-(シクロヘキシルチオ)フタルイミド	CIP	17796-82-6	TCI	
	2,2'-ベンゼンジアミドジフェニルジスルフィド	2,2'-Dibenzamido(diphenyl) disulfide	DTBBA	135-57-9	TCI	

^a コム用語辞典第3版³⁾に基づいた^b Chemical abstract service registry number^c TCI: Tokyo Chemical Industry CO., LTD., Wako: Wako Pure Chemical Industries, Ltd., AK: AK Scientific Inc., Scbt: Santa Cruz Biotechnology, Inc., Alinda: Alinda Chemical Ltd.

表2. ターゲット分析対象化合物のGC-MS条件、検出下限値(LOD)、検出下限値(LOQ)、定量下限値(LOQ)及び回収率

化合物	保持時間 (min)		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	回収率(%) ^b	変動係数(%)
	定量イオン [m/z]	定性イオン [m/z]					
AP	7.81	105	77	1.4	4.2	94	3.3
BTZ	9.85	135	108	0.60	1.8	99	0.81
BHT	11.45	205	220	0.053	0.16	98	1.7
TMQ	11.53	158	173	0.096	0.29	100	3.3
BHA	11.92	165	137	0.10	0.31	101	2.4
PI	12.46	147	76	0.79	2.4	108	3.6
4-t-OP	12.51	135	107	0.10	0.31	104	1.8
DPA	13.40	169	168	0.075	0.23	98	1.3
2-MTBT	13.45	181	148	0.062	0.19	98	1.2
ETMQ	13.91	202	174	0.11	0.33	101	1.3
TBBS	16.03	182	223	0.064	0.19	101	2.5
IPPD	16.99	211	226	0.047	0.14	101	3.0
TDPA	17.15	199	167	0.12	0.37	101	3.2
PAN	17.53	219	218	0.082	0.25	100	3.3
MBSS	17.64	167	86	0.17	0.52	106	3.4
6PPD	18.23	211	268	0.069	0.21	99	1.6
o-MBp14	18.32	177	161	0.11	0.34	102	2.0
CTP	18.50	179	114	0.49	1.5	94	6.0
o-MBp24	18.66	191	175	0.17	0.53	105	1.7
CBS	18.87	98	167	0.11	0.32	105	3.3
8PPD	19.73	211	296	0.11	0.33	101	2.1
p-BBp14	19.82	339	57	0.031	0.094	107	3.0
p-TBp14	21.12	358	343	0.051	0.16	108	5.3
DPPD	21.53	260	183	0.12	0.36	101	3.4
ODPA	21.83	322	250	0.052	0.16	101	3.8
DCBS	22.83	180	98	0.18	0.53	99	8.3
BTZ-d ₄	9.84	139					
BHT-d ₂₄	11.25	225					
Anth-d ₁₀	14.94	188					
Ch-d ₁₂	19.84	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として、実試料換算した値

^b 各化合物20 µgを20 mLのアセトン/ジクロロメタン=1/1 (v/v)に添加し、超音波抽出等の所定の操作後に測定した値(n=3)

表3. ターゲット分析対象化合物のLC-MS/MS条件^a、検出下限値(LOD)、定量下限値(LOQ)及び回収率

化合物	保持時間 (min)	Q1 ^b [m/z]	Q3 ^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	回収率 (%) ^d	変動係数 (%)
MBI	2.23	151	118	81	35	6	12	0.19	0.56	100	7.4
DPG	2.24	212	195	71	35	12	8	0.099	0.30	100	13
DOTG	2.41	240	113	76	31	12	12	0.029	0.087	97	14
MIMBI	2.49	165	107	86	31	6	6	0.097	0.29	93	7.7
BZL	2.59	152	124	86	31	10	4	0.37	1.1	85	16
MBT	2.71	168	135	81	35	8	12	0.059	0.18	100	6.5
MDS	3.2	285	118	56	25	6	6	0.032	0.10	60	10
DTBBA	3.25	457	105	76	53	20	6	0.051	0.16	69	12
DNPD	3.31	361	233	86	47	16	8	0.029	0.088	103	11
DCD	3.55	406	196	136	61	12	4	0.067	0.20	98	14
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)を繰り返し3回測定した際の標準偏差ρの3.3倍をLOD、10倍をLOQとして、実試料換算した値

^d 各化合物20 µgを20 mLのアセトン/ジクロロメタン=1/1 (v/v)に添加し、超音波抽出等の所定の操作後に測定した値(n=3)

表4. 乾式篩法による各試料の中心粒径(D₅₀)

試料名	D ₅₀ (μm)						
No.1	1850	No.13	1330	No.25	2210	No.37	1850
No.2	2330	No.14	1670	No.26	2180	No.38	1860
No.3	1460	No.15	1670	No.27	2180	No.39	1310
No.4	1610	No.16	1900	No.28	1430	No.40	1420
No.5	2110	No.17	1240	No.29	1270	No.41	1880
No.6	2510	No.18	1450	No.30	1540	No.42	2080
No.7	2120	No.19	1680	No.31	1310	No.43	1580
No.8	1910	No.20	2160	No.32	932	No.44	1120
No.9	1510	No.21	1870	No.33	1050	No.45	2060
No.10	1890	No.22	1830	No.34	1610	No.46	1850
No.11	1930	No.23	1570	No.35	1350		
No.12	1890	No.24	1630	No.36	1250		

表5. 抽出溶媒の検討^a

化合物	アセトン			アセトン/ジクロロメタン		
	濃度(μg/g)	標準偏差	変動係数(%)	濃度(μg/g)	標準偏差	変動係数(%)
AP	4.4	0.51	12	4.4	0.22	5.0
BTZ	35	2.6	7.6	38	1.1	2.8
TMQ	36	4.7	13	22	2.5	11
4-t-OP	18	1.7	9.4	19	0.62	3.2
DPA	11	0.72	6.4	12	0.85	7.0
IPPD	902	27	3.0	924	69	7.4
6PPD	1185	155	13	1145	81	7.1
ODPA	59	41	70	78	110	141
MDS	7.3	1.7	23	2.6	1.5	58
DCD	7.4	1.5	20	39	56	144
BZL	7.4	0.67	9.1	8.2	0.86	10
MBT	124	14	11	240	29	12

^a 試料No.1について1時間超音波抽出、n=3の全ての試料から検出された化合物の平均値を表示し、各溶媒間で高い値を赤字で示した

表6. 超音波による抽出時間の検討^a

抽出時間 (h)		AP	BTZ	TMQ	4-t-OP	DPA	IPPD	6PPD	ODPA	MDS	DCD	BZL	MBT
0.5h	平均値 (µg/g)	4.5	34	24	18	13	745	1178	14	2.5	21	8.7	240
	標準偏差	0.19	2.1	1.9	1.8	0.74	62	171	0.047	1.6	23	0.22	25
	変動係数 (%)	4.2	6.2	7.7	9.7	5.9	8.3	15	0.34	62	113	2.5	10
1h	平均値 (µg/g)	4.4	38	22	19	12	924	1145	78	2.6	39	8.2	240
	標準偏差	0.22	1.1	2.5	0.62	0.85	69	81	110	1.5	56	0.86	29
	変動係数 (%)	5.0	2.8	11	3.2	7.0	7.4	7.1	141	58	144	10	12
2h	平均値 (µg/g)	4.6	39	21	21	13	892	1285	74	2.3	46	13	303
	標準偏差	0.23	2.6	3.5	0.58	0.48	56	123	104	0.81	36	2.2	76
	変動係数 (%)	5.1	6.6	17	2.8	3.6	6.2	9.5	140	35	78	17	25
4h	平均値 (µg/g)	4.2	36	17	21	13	882	1163	62	1.4	7.2	14	302
	標準偏差	0.15	1.8	1.2	1.1	0.40	59	127	85	0.26	1.0	1.3	64
	変動係数 (%)	3.5	5.1	6.7	5.0	3.1	6.7	11	136	18	15	9.3	21

^a 試料No.1についてn=3の全ての試料から検出された化合物の平均値を表示し、各抽出時間で一番高い値を赤字で、低い値を青字で示した

表7. 同一製造会社で製造され卸先が異なるゴムチップ(工業用ゴム)中化合物濃度(µg/g)

化合物	No.24-1	No.24-2	No.24-3	No.43-1	No.43-2	No.43-3
AP	n.d. ^a	n.d.	n.d.	19	19	17
BTZ	111	108	114	47	45	46
BHT	2.7	2.5	2.8	13	13	12
TMQ	5.3	4.2	4.1	8.1	6.6	5.9
PI	48	46	51	157	160	156
4-t-OP	n.d.	n.d.	n.d.	1.7	1.7	1.7
DPA	3.1	3.1	3.5	5.9	5.8	5.8
2-MTBT	2.5	2.5	3.1	3.5	4.8	4.7
IPPD	38	26	30	194	178	199
6PPD	8143	8718	7743	1696	1493	1266
8PPD	50	31	81	5646	6317	5792
DPPD	n.d.	n.d.	n.d.	2.0	2.3	2.3
ODPA	82	34	143	8.4	5.8	8.0
MBI	58	50	23	200	185	242
DPG	86	78	84	2.9	3.1	5.1
DOTG	0.44	0.45	39	n.d.	9.4	n.d.
BZL	18	18	20	15	15	13
MBT	865	757	807	417	429	437
MDS	0.36	0.49	0.16	7.7	8.6	6.6
DCD	7.9	6.1	3.4	534	506	593

^a n.d.: 不検出

表8. ターゲット分析により試料から検出された化合物とその濃度及び検出頻度^a

化合物	濃度(μg/g)				検出頻度 (%)		
	最小値	最大値	平均値	中央値			
加硫促進剤およびその分解物	MBT	1.6	1994	216	33	93	
	MDS	0.16	8.6	3.2	2.8	15	
	TBSS	4.0	12	8.3	8.6	8.7	
	チアゾール系およびスルフェンアミド系	CBS	4.4	7.6	6.0	5.7	4.3
	DCBS	0.87	7.4	2.1	1.8	53	
	BTZ	13	152	85	94	89	
	BZL	t.r. ^b	80	38	39	93	
	2-MTBT	0.93	15	3.5	2.4	59	
	グアニジン系	DPG	t.r	208	22	4.0	74
		DOTG	0.097	39	5.2	0.27	11
アミン-ケトン系	TMQ	4.1	75	23	20	80	
	ETMQ	1.3	1.8	1.6	1.6	4.3	
老化防止剤およびその分解物	IPPD	26	1480	624	617	17	
	TDPA	10	11	10	10	2.2	
	6PPD	28	8718	1459	1266	80	
	8PPD	31	6317	3366	5022	7.2	
	芳香族アミン系	DPPD	0.63	83	5.1	1.3	52
	ODPA	0.24	181	7.5	2.6	80	
	DCD	0.29	593	47	4.1	29	
	DPA	0.91	276	15	1.4	80	
	フェノール系	o-MBp14	0.78	48	10	7.4	59
		BHT	0.18	309	14	2.5	96
ベンズイミダゾール系	MBI	1.9	286	129	105	10	
スコーチ防止剤および架橋剤等の分解物	AP	tr	19	10	6.9	11	
	4-t-OP	1.7	41	21	22	70	
	PI	2.5	160	41	41	74	

^a 各製品をn=3で測定しそれぞれを試料としてカウントし(138試料)、不検出はゼロとして扱いカウントせず

^b t.r.:検出下限値以上、定量下限値未満

表10. ノンターゲット分析により同定した化合物

用途	化合物名	略称	CASRN ^a	試薬入手先 ^b	
加硫促進剤等	ジシクロヘキシルアミン	Dicyclohexylamine	101-83-7	TCI	
	2-フェニルベンゾチアゾール	2-Phenylbenzothiazole	883-93-2	TCI	
	N-シクロヘキシル-1,3-ベンゾチアゾール-2-アミン	N-cyclohexyl-1,3-benzothiazol-2-amine	28291-75-0	Scbt	
	エチレンジオウレア	Ethylenethiourea	96-45-7	TCI	
可塑剤等	リン酸トリエチル	Triethyl phosphate	78-40-4	TCI	
	フタル酸ジ(2-エチルヘキシル)	Di(2-ethylhexyl) phthalate	117-81-7	Kanto	
	イソフタル酸ジ(2-エチルヘキシル)	Di(2-ethylhexyl) isophthalate	137-89-3	TCI	
	テレフタル酸ジ(2-エチルヘキシル)	Di(2-ethylhexyl) terephthalate	6422-86-2	SA	
	フタル酸ジイソノニル	Diisononyl phthalate	28553-12-0	Wako	
	ジイソニルシクロヘキサン-1,2-ジカルボキシレート	Diisononyl cyclohexane-1,2-dicarboxylate	166412-78-8	NIHS	
	アジピン酸ジ(2-エチルヘキシル)	Di(2-ethylhexyl)adipate	103-23-1	Kanto	
	アゼライン酸(2-エチルヘキシル)	Di(2-ethylhexyl)azelate	103-24-2	TCI	
	セバシン酸(2-エチルヘキシル)	Di(2-ethylhexyl) sebacate	122-62-3	TCI	
	光安定剤	セバシン酸ビス(2,2,6,6-テトラメチル-4-ピペリジル)	Tinubin 770	52829-07-9	TCI
	ポリウレタン由来	4,4'-メチレンジアニリン	MDA	101-77-9	Wako
	その他	9,10-ジヒドロ-9,9-ジメチルアクリジン	DHDMA	6267-02-3	TCI

^a Chemical abstract service registry number

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

表11. ノンターゲット分析により検出した化合物のGC-MS条件、検出下限値 (LOD)、定量下限値 (LOQ) 及び回収率

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) ($\mu\text{g/g}$) ^a	定量下限値 (LOQ) ($\mu\text{g/g}$) ^a	回収率 (%) ^b	変動係数 (%)
TEP	7.82	155	99	0.99	3.0	87	4.7
DCyHA	10.10	102	73	2.9	8.7	94	2.8
ETU	13.75	181	138	14	42	91	1.1
DHDMA	15.31	194	195	0.18	0.54	107	2.2
Ph-BT	15.86	211	108	0.26	0.80	92	3.9
DEHA	16.90	129	147	0.42	1.3	91	2.7
CyHA-BT	17.17	150	232	0.45	1.4	81	2.3
MDA	17.23	198	197	0.41	1.2	87	3.8
DEHP	18.07	149	167	1.2	3.6	89	2.4
DEHAZ	18.52	171	112	0.11	0.34	90	1.6
DEHIP	18.67	112	261	0.25	0.77	95	4.0
DEHTP	18.89	112	167	0.32	0.96	104	4.6
DINCH	18-20	155	127	1.4	4.3	100	2.1
DINP	18.5-21	293	149	1.5	4.7	92	6.6
DEHSB	19.03	185	112	0.48	1.5	95	4.1
Tinuvin 770	21.83	124	342	4.5	14	96	3.3
BHT-d ₂₄	10.81	225					
Anth-d ₁₀	14.44	188					
Ch-d ₁₂	19.2	240					

^a 低濃度標準液 (0.04 $\mu\text{g/mL}$:TEP、DCyHA、DINCH、DINP及びTinuvin770は0.2 $\mu\text{g/mL}$ 、ETUは2 $\mu\text{g/mL}$)を繰り返し3回測定した際の標準偏差 ρ の3.3倍をLOD、10倍をLOQとして、実試料換算した値

^b 各化合物100 μg を20 mLのアセトン/ジクロロメタン=1/1 (v/v)に添加し、超音波抽出等の所定の操作後に測定した値 (n=3)

表12. ノンターゲット分析により検出した化合物の濃度及び検出頻度^a

化合物	濃度 ($\mu\text{g/g}$)				検出頻度 (%)	
	最小値	最大値	平均値	中央値		
加硫促進剤等	DCyHA	19	201	97	112	61
	Ph-BT	3.4	38	12	12	70
	CyHA-BT	2.6	29	8.8	6.9	80
	ETU	t.r. ^b	1782	684	61	6.5
可塑剤等	TEP	88	98	94	96	2.2
	DEHP	t.r.	504	36	14	75
	DEHIP	63	63	63	63	0.72
	DEHTP	2395	18579	7364	2580	6.5
	DINP	79	14251	6311	663	9.4
	DINCH	5791	6306	6125	6279	2.2
	DEHA	1.3	322	45	21	28
	DEHAZ	208	458	324	306	2.2
	DEHSB	5.3	1215	259	64	8.7
光安定剤	Tinuvin 770	2465	2809	2627	2608	2.2
ポリウレタン由来	MDA	13	34	19	18	15
その他	DHDMA	1.3	122	28	11	20

^a 各製品をn=3で測定しそれぞれを試料としてカウントし(138試料)、不検出はゼロとして扱いカウントせず

^b t.r.:検出下限値以上、定量下限値未満

表13. ノンターゲット分析により検出された化合物の試料種別濃度及びその検出頻度^a

	加硫促進剤等											可塑剤等							ポリウレタン由来	その他
	DCyHA	Ph-BT	CyHA-BT	ETU	TEP	DEHP	DEHIP	DEHTP	DINP	DINCH	DEHA	DEHAZ	DEHSB	Tinuvin 770	MDA	DHDMA				
廃タイヤ 24製品 72試料	最小	19	5.1	4.7	88	4.7	4.7	2407	5791	21				16	1.3					
	最大	201	20	29	98	67	2517		6306	44				20	2.2					
	平均値 ($\mu\text{g/g}$)	101	12	9.9	94	13	2454		6125	32				18	1.8					
	中央値	123	13	7.1	96	11	2437		6279	33				18	1.7					
	検出数	72	72	72	3	72	3	3	3	12				9	9					
	検出頻度(%)	100	100	100	4.2	100	4.2	4.2	4.2	17				13	13					
工業用ゴム 10製品 30試料	最小	41	3.4	2.6	tr ^b	tr	63	2395	79	1.3	208	5.3		13	1.8					
	最大	61	38	16	1782	504	63	18579	14251	88	458	1215		34	122					
	平均値 ($\mu\text{g/g}$)	49	12	7.1	684	103	63	9820	6311	18	324	259		22	42					
	中央値	47	7	5.8	61	54	63	9138	663	12	306	64		19	21					
	検出数	6	18	30	9	22	1	6	13	24	3	12		9	18					
	検出頻度(%)	20	60	100	30	73	3.3	20	43	80	10	40		30	60					
混合・不明 3製品 9試料	最小	64	12	3.7		8.4														
	最大	116	17	8.1		179														
	平均値 ($\mu\text{g/g}$)	89	14	6.4		61														
	中央値	89	15	7.0		11														
	検出数	6	6	9		9														
	検出頻度(%)	67	67	100		100														
EPDMのみ 5製品 15試料	最小												2465							
	最大												2809							
	平均値 ($\mu\text{g/g}$)												2627							
	中央値												2608							
	検出数												3							
	検出頻度(%)												20							
TPEのみ 4製品 12試料	最小									309										
	最大									322										
	平均値 ($\mu\text{g/g}$)									315										
	中央値									313										
	検出数									3										
	検出頻度(%)									25										

^a 各製品をn=3で測定しており試料数は製品×3とし、不検出はゼロとして扱いカウントせず

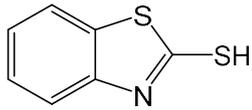
^b tr:検出下限値以上、定量下限値未満

表14. 既報で検出されている化合物との比較

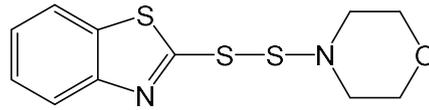
略称	コムチップ類				ゴム製床用パネル ^a				家庭用ゴム製品等					
	本研究		RIVM(2016) ⁽¹⁾		Plessner and Nilsson et al. (2008) ⁽⁹⁾		Li et al. (2010) ⁽⁸⁾		Celeiro et al. (2014) ⁽⁵⁾		Limopart et al. (2013) ⁽⁶⁾		鹿庭ら(1987) ⁽¹⁶⁾	
	濃度範囲	中央値	中央値	最大値	古タイヤ	新品タイヤ	Avagyan et al. (2013) ⁽⁴⁾	設置前	設置後	家庭用ゴム手袋	医療機器・靴類	ゴム長靴		
MBT	1.6-1994	33	2.6	7.6			12.3		72-396		27.7-1190			
CBS	4.4-7.6	5.7	<0.02	0.04										
BTZ	13-152	94	2.7	6.3	13-78	48	10	23.5	0.47-39.9	26	19.6-158			
BZL	tr. ^b -80	39	1.6	13.8										
2-MTBT	0.93-15	2.4					0.46							
IPPD	26-1480	617								117				
6PPD	28-8718	1266			65-1039									
o-MBp14	0.78-48	7.4								244-6810				
BHT	0.18-309	2.5			10-124	0.36	11		0.11-23.9	11	0.74-39.1			
MBI	1.9-286	105										11.5-67.7		
4-t-OP	1.7-41	22	4.8	22.4	19.6-33.7	48	5.4							
CyHA-BT	2.6-29	6.9	1.5	3.9										
DEHP	tr.-504	14	7.6	27.2	21-29	52-62			3.95-63.8	4563	22.4-1205	937-4220		
DINP	79-14251	663	35	61	57-58				16.0-20615	140	7.74-19.3			
DEHA	1.3-322	21	0.3	1.1										

^aCeleiro et al は屋内施設のパネルを分析し、表に記載されているのは最大値

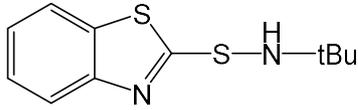
^btr.:検出下限値以上、定量下限値未満



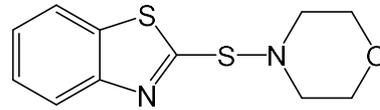
メルカプトベンゾチアゾール (MBT)



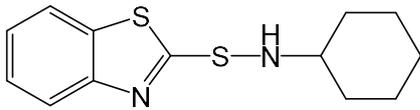
2-(メチルチオ)ベンゾチアゾール(MTBT)



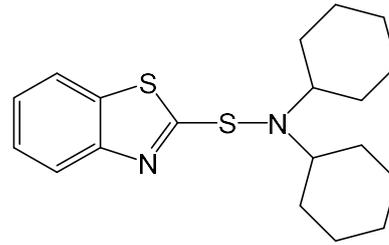
N-tert-ブチルベンゾチアゾール-2-スルフェンアミド (TBBS)



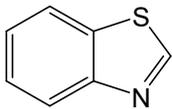
N-オキシジエチレンベンゾチアゾール-2-スルフェンアミド (MBSS)



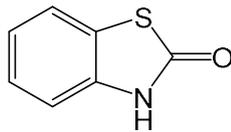
N-シクロヘキシルベンゾチアゾール-2-スルフェンアミド (CBS)



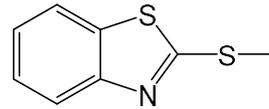
N-ジシクロヘキシルベンゾチアゾール-2-スルフェンアミド (DCBS)



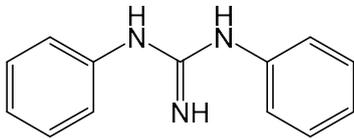
ベンゾチアゾール(BTZ)



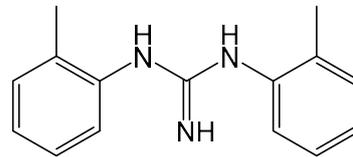
2-ベンゾチアゾロン(BZL)



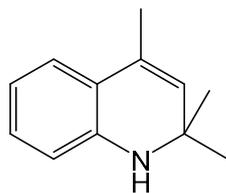
2-(メチルチオ)ベンゾチアゾール(2-MTBT)



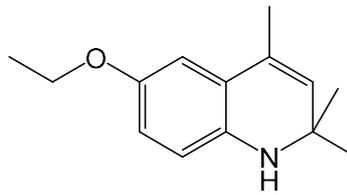
1,3-ジフェニルグアニジン (DPG)



ジ-o-トリルグアニジン (DOTG)



1,2-ジヒドロ-2,2,4-トリメチルキノリン (TMQ)



6-エトキシ-1,2-ジヒドロ-2,2,4-トリメチルキノリン(ETMQ)

図 1. ターゲット分析で対象とした化合物の化学構造式

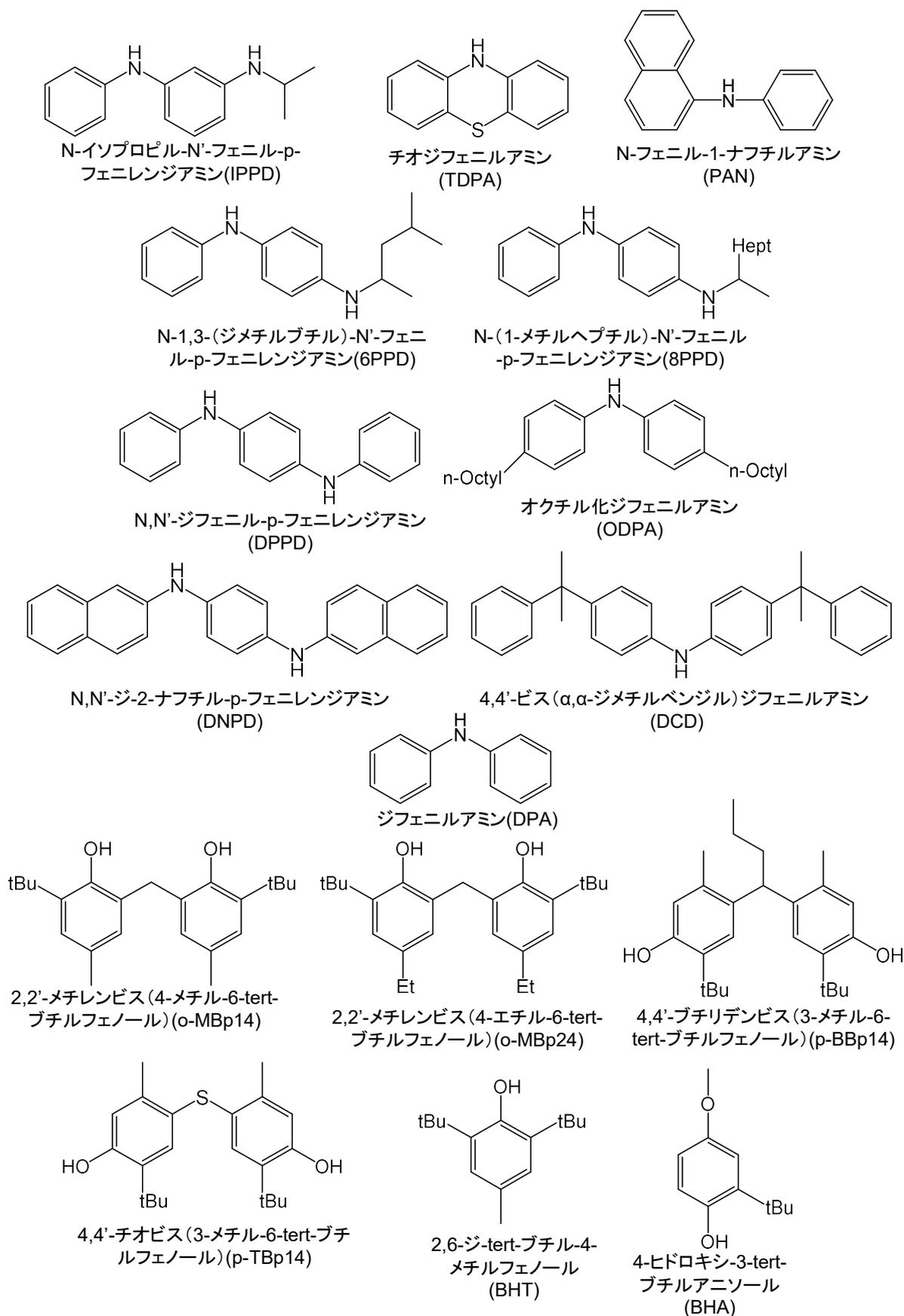


図 1. ターゲット分析で対象とした化合物の化学構造式 (続き)

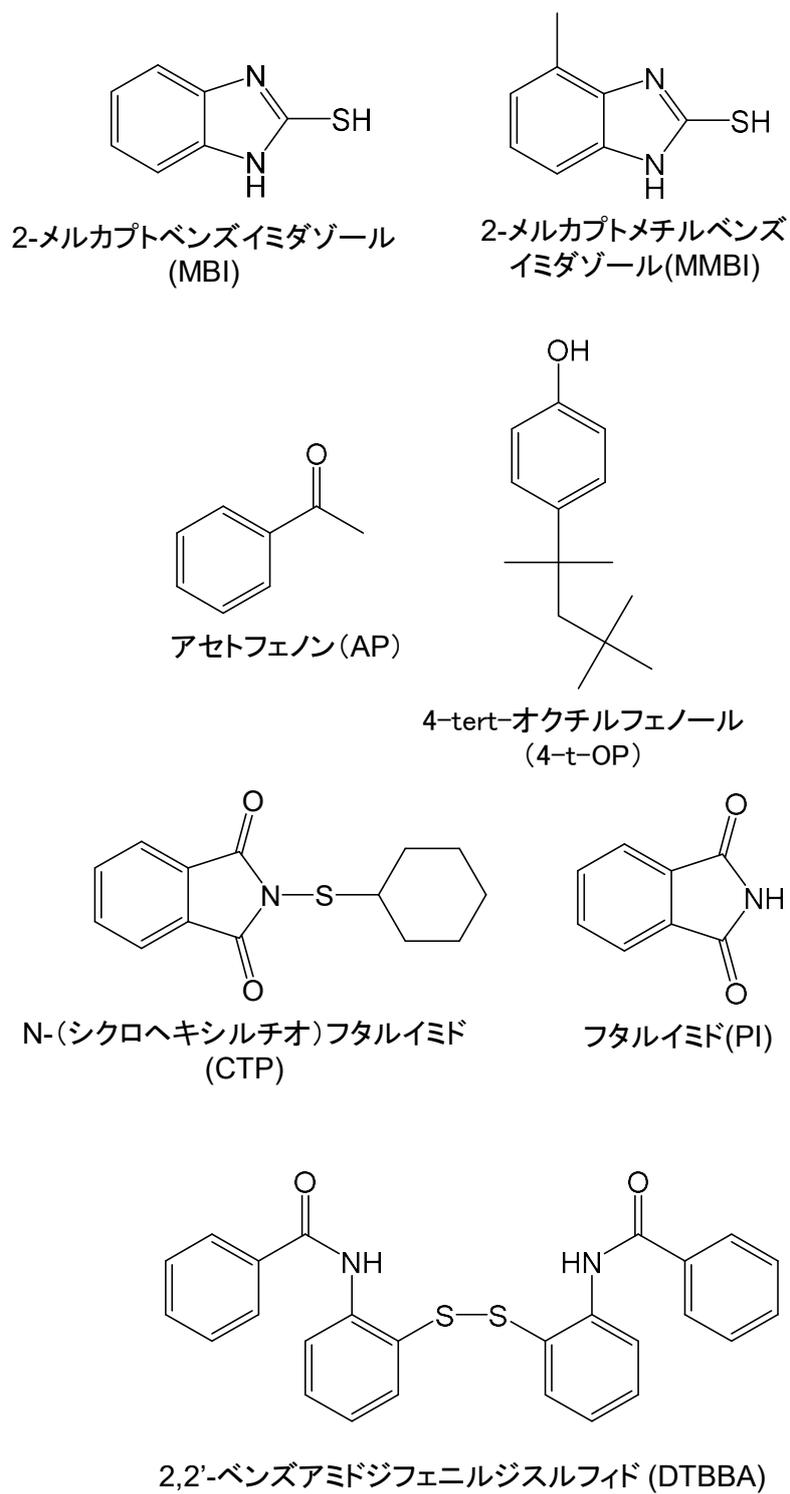


図1. ターゲット分析で対象とした化合物の化学構造式 (続き)

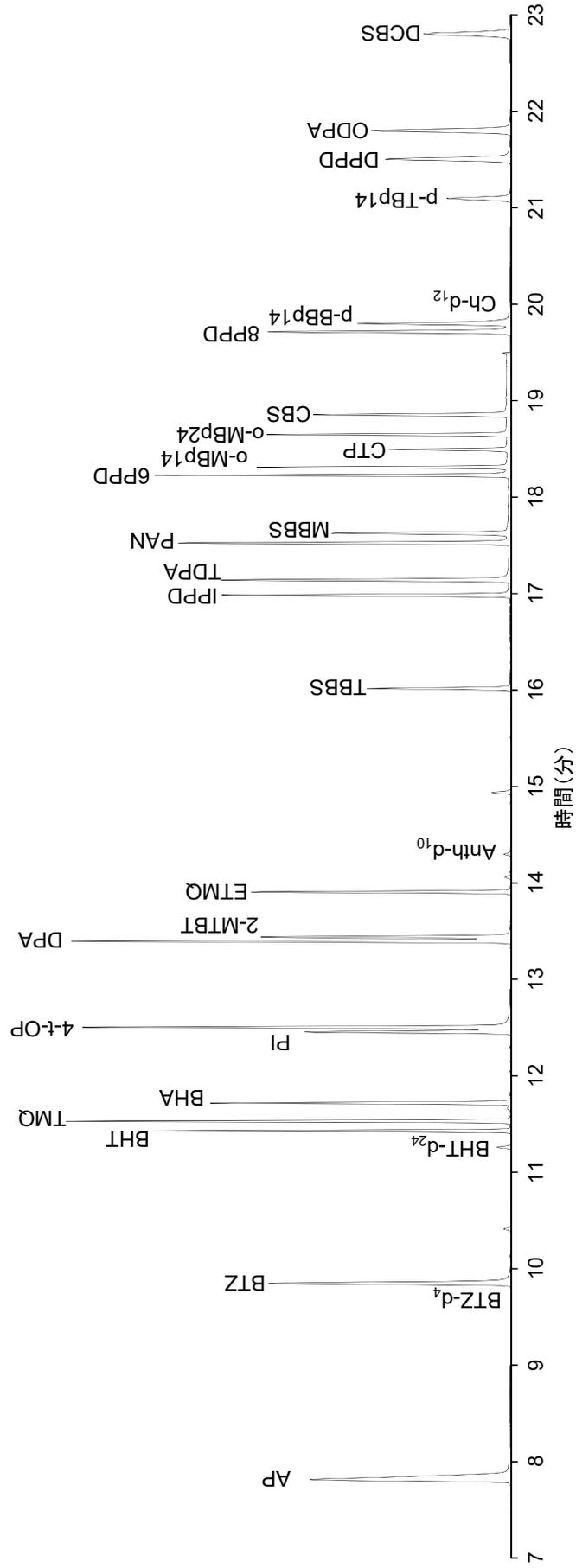


図2. 各物質のGC-MSのトータルイオンクロマトグラム(1 µg/mL)

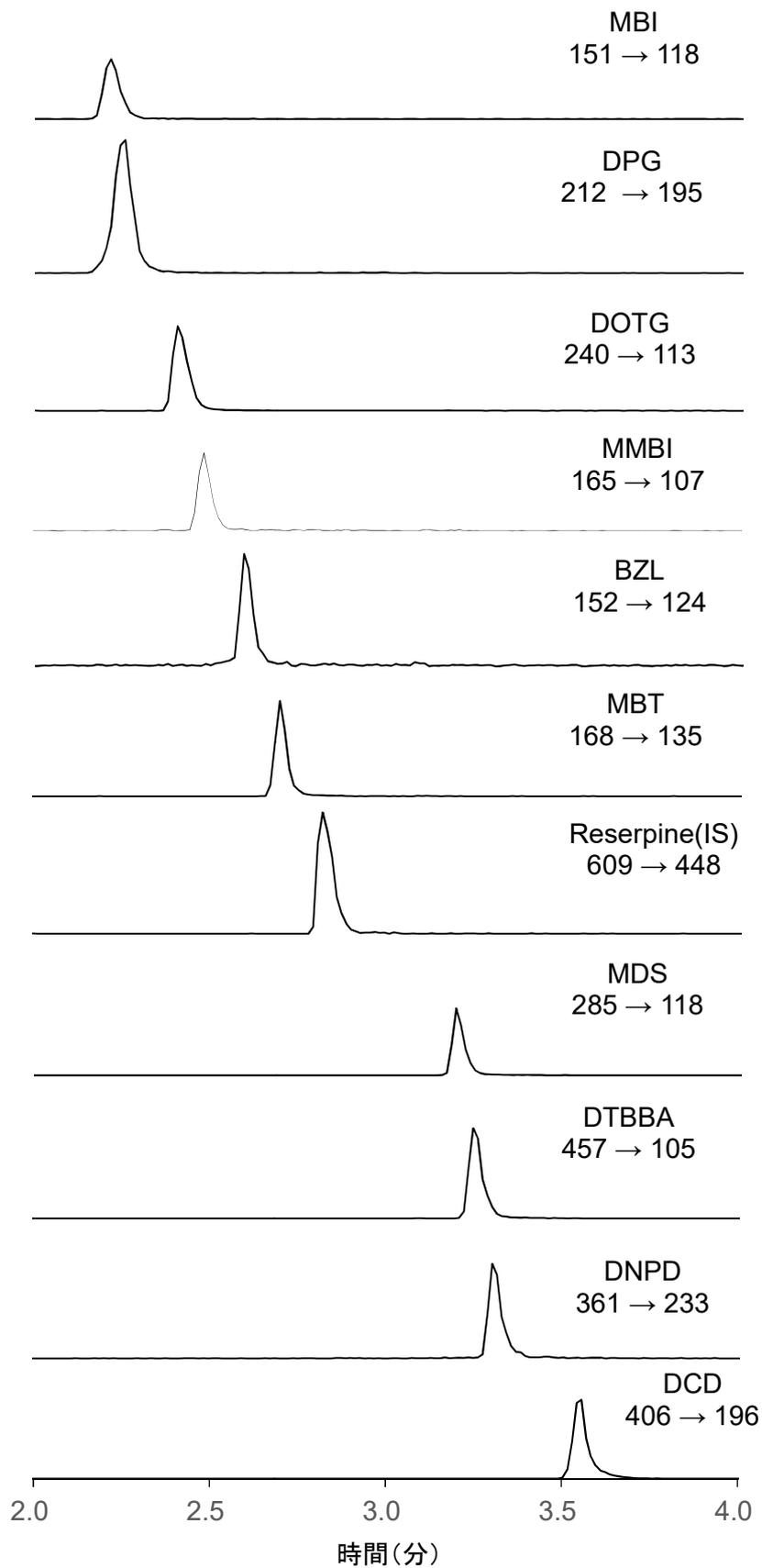


図3. 各物質の LC-MS/MS マスククロマトグラム (20 ng/mL)

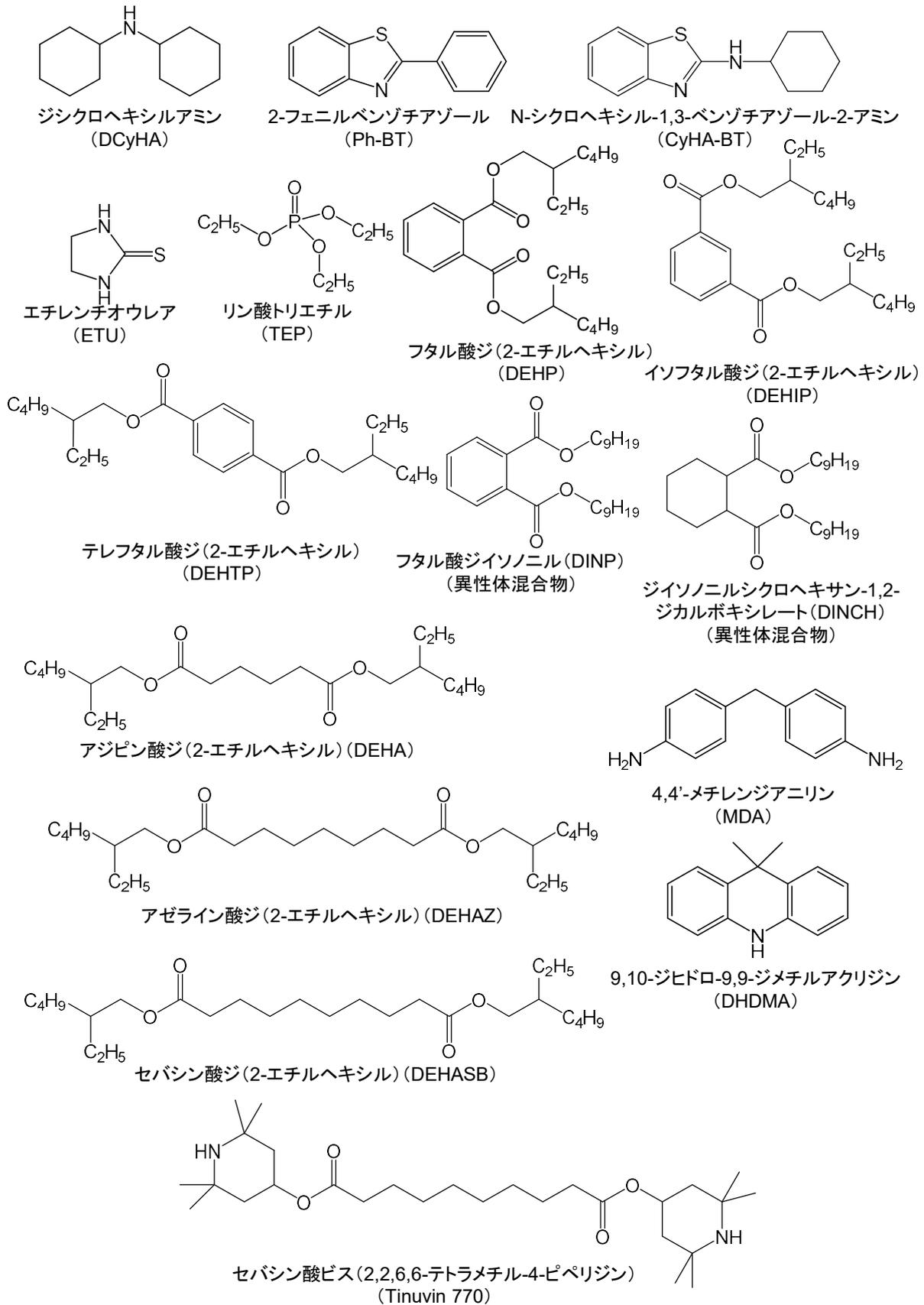


図 4. ノンターゲット分析で同定した化合物の化学構造式

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

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 田原麻衣子 国立医薬品食品衛生研究所 生活衛生化学部 研究助手

研究要旨

本邦においては、タイヤや工業用ゴムの組成について公表されている製品もあるが、人工芝グラウンド用ゴムチップ製品の成分分析に関する情報は皆無である。そこで本研究では、人工芝グラウンド用ゴムチップの健康影響評価に資する科学的エビデンスを集積することを目的とし、人工芝グラウンド用ゴムチップ製品から放散される揮発性有機化合物（VOCs）について、汎用性・利便性の高い新規分析方法を構築し、ガスクロマトグラフ質量分析計（GC-MS）を用いた定量分析を行った。ゴムチップ全 46 製品について成分分析を行った結果、主要な化学物質としてベンゾチアゾール（BTZ）、メチルイソブチルケトン（MIBK）が検出された。他方、国際がん研究機関により、ヒトに対する発がん性（白血病及びリンパ腫）についてエビデンスが十分な物質に分類されるベンゼンについては、いずれの製品においても定量下限未満であった。測定対象としたゴムチップ 46 製品は、日本国内に敷設される人工芝グラウンドに使われるほとんどすべて（各人工芝施工業者の申告によると国内シェアの 95%以上）の種類のごみチップを入手しており、本邦において流通する人工芝グラウンド用ゴムチップ製品を網羅し、それらに含まれる成分の実態が把握できたと考えられる。人工芝用ゴムチップに含まれる VOCs の健康影響を評価するためには、経気道的な曝露量を推定するための気中濃度測定が必須となる。諸外国より報告される評価書と突合するために、我が国においてもフィールド調査を実施することが必要である。

A. 研究目的

米国では 2014 年から、人工芝グラウンドで競技するサッカー選手が血液性のがんを発症するという報道がされていた。これを受け、2016 年 2 月に米国環境保護局（EPA）は消費者製品安全委員会（CPSC）や米国疾病予防管理センター（CDC）等と連携して、がん発症の原因と疑われている人工芝グラウンドの弾性充填剤として使用される廃タイヤからリサイクルされたゴムチップについて、その安全性調査を開始すると発表した。わが国においても、ゴムチップを使用した人

工芝グラウンドが拡大しており、サッカー場等の競技場にだけでなく、子供が利用する学校のグラウンドや公園等にも使用されている。しかし、健康影響評価に必要なゴムチップの成分やそれらの毒性に関する情報は不足しており、国民の健康を守る上で迅速な対応が求められる。本研究では、人工芝グラウンド用ゴムチップの健康影響評価に対応するための情報収集として、ゴムチップから放散されて吸入する可能性のある化合物に着目し、揮発性有機化合物（Volatile Organic Compounds, VOCs）、すなわち沸点の範囲が 50

～100℃から 240～260℃にある化学物質 (WHO's official classification, 1989) を対象とした成分分析を行った。

B. 研究方法

人工芝グラウンド用ゴムチップ製品および試薬

人工芝グラウンド用ゴムチップ製品は経済産業省の協力を得て、複数の人工芝メーカーから直接入手した。試験に供した製品は 10 社の人工芝メーカーから入手した、組成やゴムチップ製造会社の異なる 46 製品を対象とした (製品の詳細は分担研究報告書「人工芝用ゴムチップ中の重金属類の分析」を参照)。人工芝メーカー間で共通したゴムチップ製造会社の製品があっても、人工芝メーカーごとに別の試料として扱った。

定量には室内空気分析用標準品 SUPELCO 社製 H48 Component Indoor Air Standard および和光純薬工業株式会社製ベンゾチアゾール (和光一級) を使用した。標準溶液の調製および捕集材からの抽出には和光純薬工業株式会社製メタノール 5000 (残留農薬・PCB 試験用) を用いた。

VOCs の捕集

ゴムチップから放散される化合物を捕集する方法として、MonoTrap (ヘッドスペース/MMSE, GL Sciences) を使用した。40 mL バイアル内上部にシリカ母材のディスク型吸着剤を固定し、約 5 g のゴムチップから放散される化合物を 24 時間吸着させ、メタノール 200 μ L により超音波照射 5 分で抽出した。

VOCs の分析

抽出液はガスクロマトグラフ/質量分析計 (GC/MS, GCMS-QP2010 (Shimadzu)) に供し、ターゲット分析 (Selected Ion Monitoring, SIM 測定) およびノンターゲット分析 (Scan 測定) を

行った。GC/MS 測定条件を Table 1 に示す。SIM 測定の定量下限値 (0.04 μ g/g) より検量線範囲を 0.04-4 μ g/g とし、範囲を超えた場合は外挿値を算出した。また、Scan 測定により検出したピークは GC/MS (GCMSsolution) 内ライブラリーのシミラリティ検索 (NIST11.lib および FFNSC 1.2.lib) を用い、化合物を同定した。

C. 研究結果および考察

VOCs 捕集方法の選定

製品から放散される VOCs を捕集するサンプリング法に日本工業規格の方法 (JIS 法) があるが、これらは多量の試料を必要とし煩雑で時間がかかるため、網羅的な評価には不適である。また、超小形チャンバーを用いたサンプリング法は、JIS A 1901 の小形チャンバーを用いたサンプリング法と比較すると、定性的および定量的な評価がハイスループットで可能であることから、多種多様な検体から放散する化合物の空気への負荷を網羅的に評価する上で有用である。しかし、予試験の検討から、本研究で対象とするゴムチップは微小な粉粒状物質が含まれているため、不活性ガス通気下においてサンプリングを行う超小形チャンバーの使用は不適であると考えられた。これらのことから、製品から放散される VOCs のサンプリング方法はヘッドスペース/MMSE (Monolithic Material Sorptive Extraction) を用いて構築した。

MMSE は吸着剤の母材に用いられているシリカゲルが連続孔 (スルーポア) を持ったシリカ骨格に細孔 (メソポア) を有することで、多孔性の均一な三次元網目構造 (モノリス構造, 150 m^2/g) となっており、さらにシリカ表面にオクタデシルシリル基を化学結合している。よって、表面積が大きく、通気性および通液性が高くなり、高い捕集能力を発揮する。本手法を用いて、ゴムチップからの放散条件を最適化した。

VOCs 捕集条件の検討

製品から放散される VOCs の捕集条件として、試料量、吸着剤、捕集温度、捕集時間の 4 項目について検討した。

試料量 1 g で捕集した結果、検出ピークが定量下限値付近となったことから、試料の増量が必要であった。また、試料量 10 g では気相体積が十分に確保できなかった。これらの結果から、試料量は 5 g が適当であると考えられた。試料量 5 g に設定すると、Fig. 1 に示すように、各試料体積の違いにより気相の体積と吸着剤までの距離が大きく異なる試料があったが、本研究では 5 g に統一して捕集を行った。約 5 g を精密に秤量した時の全 46 製品の気相体積の比較を Fig. 2 に示す。

吸着剤、捕集温度、捕集時間については、実試料 22 からの VOCs 放散量をもとに最適化した。ディスク型の吸着剤は直径 10 mm、厚さ 1 mm で、シリカ骨格内部に活性炭を含有するものと含有しないもの 2 種類を比較した。捕集温度は US EPA Federal Research Action Plan に倣い、室温を想定した 25°C と屋外での日照射による温度上昇を想定した 60°C とし、捕集時間は 1, 2, 5, 8, 16, 24 時間を比較した。得られた TIC クロマトグラムより、主要な検出化合物であったベンゾチアゾール (BTZ, 保持時間 24.5 分) について、各条件設定において捕集された濃度を比較した。その結果、シリカゲルディスクを用いた 60°C の条件での捕集効率が最も高いことが明らかになった (Fig. 3)。また、捕集時間は長いほど捕集濃度が高いと予想されるが、多検体のスクリーニングをすることを勘案し、捕集時間は 24 時間とした。

以上の検討より、試料量 5 g、吸着剤は活性炭を含有しないシリカゲルディスクで、捕集温度 60°C、捕集時間 24 時間放散するという至適条件を用いて、46 製品の放散実験を行った。

分析対象 44 化合物の定量

定量には室内空気環境汚染化学物質調査で

対象とする 43 種の VOCs に既報で報告件数の多い BTZ を加え、44 種を分析対象とした (Fig. 4)。ただし、本分析条件では *m*-キシレンと *p*-キシレンは分離ができないため、合算値として定量した。また、製品が均一ではないことが予想されることから放散実験は 1 製品当たり 3 回試行した。その結果、分析対象である 44 種の VOCs のうち、28 種がいずれかの製品から検出され、既報で検出報告の多かった BTZ、メチルイソブチルケトン (MIBK)、*n*-トリデカン、*n*-テトラデカンをはじめとする脂肪族炭化水素が高頻度に検出された。46 製品の 3 回試行内での検出頻度を Table 2 に示す。米国ではゴムチップが使用されている人工芝グラウンドでプレイするサッカー選手が血液性のがんを発症すると報道されているため、ベンゼンの放散も疑われたが、ベンゼンはいずれの製品からも定量下限未満 (ND; < 0.04 µg/g) となった。

検出された 28 種の定量結果から ND となったデータを除き、VOCs それぞれの検出濃度の最大値、最小値、中央値、平均値、46 製品に対する検出頻度および検出率、46 製品の 3 回試行すなわち 138 試行に対する検出頻度および検出率を Table 3 に示す。BTZ および MIBK は 138 試行の 93% および 84% といずれも 80% (110 試行) 以上で検出された。検出率の高い BTZ と MIBK については全検出データの散布図を Fig. 5 (a) に示す。BTZ は加硫促進剤や酸化防止剤としてゴムに添加されており、MIBK は有機溶剤で塗料や接着剤の成分として使用されている (各構造式 Fig. 5 (b))。BTZ および MIBK とともに最高濃度で検出された製品は廃タイヤ由来の No. 31 であった (Table 4)。

46 製品を由来から、廃タイヤ 24 製品、工業用ゴム 10 製品、専用合成ゴム (EPDM) 5 製品、専用熱可塑性エラストマー (TPE) 4 製品に分類し、由来の違いによる検出濃度の比較を行った (Fig. 6)。BTZ は TPE のみで構成されたゴムチップからはほとんど検出されなかったが、それ

以外は由来による検出濃度の差は認められなかった。MIBK は EPDM もしくは TPE のみで構成されたゴムチップからはほぼ検出されず、廃タイヤと工業用ゴムでは比較的廃タイヤからの方が検出濃度が高いという傾向がみられた。

次に、46 製品を表面の色で黒、緑、ベージュ/茶に分類し、色の違いによる検出濃度の比較を行った (Fig. 7)。黒は緑やベージュ/茶と比較すると検出濃度が高い傾向が見られ、特に MIBK については傾向が顕著であった。これはポリウレタン等のコーティングにより、ゴム本体からの VOCs 放散量が減少していると考えられた。

製品から放散された化合物の定性

各製品から放散された総揮発性有機化合物 (TVOC) の構成成分について、シミラリティ検索による定性分析を行った。ピーク面積の大きい順にシミラリティ検索を行い、結果が Unknown と同定されたピークは除外し、上位 20 のピークまで検索を実施した。その結果、46 製品中最も高頻度に検出されたのは MIBK で、MIBK と BTZ は 46 製品の 72% および 70% といずれも 70% 以上の製品で検出された (Table 5)。その他、加硫促進剤や酸化反応の活性化剤等の化合物が検出された。

諸外国等の研究成果との比較

人工芝ゴムチップの安全性に関する評価について、EPA が 2016 年 12 月 30 日に公表した status report¹⁾ にはゴムチップの新しい成分分析の研究結果は含まれていなかったが、EPA のプロトコルで分析対象としている VOCs の化合物リストおよび status report で紹介されている既報²⁻¹⁵⁾ における BTZ の定量結果に本研究との大きな違いは見られなかった (Table 6)。また、オランダ国立公衆健康環境研究所 (RIVM) の報告書¹⁶⁾ におけるフィールド平均濃度は、中央値が 2.7 mg/kg (乾燥重量)、90 パーセンタイル

が 5.7 mg/kg (乾燥重量)、最大値が 6.3 mg/kg (乾燥重量) であり、本研究とほぼ同等の中央値を示していた。

MIBK については、Nilsson らのグループにより、人工芝用弾性充填剤に含まれる濃度が 0.5-12 µg/g であると報告¹¹⁾ され、本研究との大きな違いは見られなかった。

RIVM は、ゴムチップ中に含まれる発がん性 (特に白血病及びリンパ腫) との関連がある化合物としてベンゼン、スチレン、1,3-ブタジエンを例示し、それらがゴムチップサンプル中に検出されなかったと報告しているが、それらの定量下限値については示されていない¹⁶⁾。

国際がん研究機関 (IARC) は、ヒトに対する発がん性 (白血病及びリンパ腫) について、「エビデンスが十分 (sufficient) な物質」と、「エビデンスが限定的 (limited) な物質」とを区別して示している¹⁷⁾。

ベンゼンは「エビデンスが十分な物質」に分類されるが、本研究においてはいずれの製品からも定量下限未満 (ND; < 0.04 µg/g) となった。ゴムチップに関連し「エビデンスが十分な物質」には、ホルムアルデヒド、1,3-ブタジエンが分類される。空気中のアルデヒド類の測定は、試料を 2,4-ジニトロフェニルヒドラジン含浸シリカゲルを充填した捕集管に吸引し、ヒドラゾン誘導体として濃縮・捕集し、アセトニトリルで抽出した後、HPLC 法を用いて測定する方法が一般的である。本研究では広範囲の沸点を有する VOC の一斉分析を目的とし、GC-MS 法を用いたことから、誘導体化して HPLC で測定することが必要とされるホルムアルデヒドを分析対象として扱っていない。また、1,3-ブタジエン (沸点 -4.4°C) については、WHO が示す VOC の定義と一致しないため、本研究では分析対象として扱っていない。

本研究においてスチレンは 0.051~0.082 µg/g の濃度範囲、5.1% の頻度 (7/138 試行) で検出された (Table 3)。スチレンは「エビデンスが限

定的な物質」に分類され、ヒトに対する発がん性データは曝露量が不明確なことや他の物質との複合的な曝露の可能性が否定できないため、IARC はスチレンのヒトに対する発がん性を「不適切(inadequate)」と結論付けている。また、「エビデンスが限定的な物質」には、ジクロロメタン (沸点 40°C) が分類されるが、WHO が示す VOC の定義と一致しないため、本研究では分析対象として扱っていない。

人工芝用ゴムチップに含まれる VOCs の健康影響を評価するためには、経気道的な曝露量を推定するための気中濃度測定が必須となる。諸外国より報告される評価書と突合するために、我が国においてもフィールド調査を実施することが必要である。

D. 結論

わが国においては、タイヤや工業用ゴムのおおよその組成については公表されている製品もあるが、人工芝グラウンド用ゴムチップの成分分析に関する情報がない。本研究では、ゴムチップから放散されて吸入する可能性のある化合物について、MonoTrap を用いた多検体処理が可能な捕集方法を構築し、健康影響評価に対応するための情報収集を行った。46 製品のゴムチップの成分分析を行った結果、血液性のがんを発症すると報道されていることから疑われたベンゼンは放散が確認されず、BTZ、MIBK が主に検出された。測定対象としたゴムチップ 46 製品は、日本国内に敷設される人工芝グラウンドに使われるほとんどすべて(国内シェア 95%以上)の種類のゴムチップを入手しており、わが国で使用されている人工芝グラウンド用ゴムチップのほとんどを網羅し、それらに含まれる成分の実態が把握できたと考えられる。VOCs の経気道的な曝露量を推定するためには気中濃度測定が必須であり、フィールド調査を実施することが必要である。

E. 参考文献

- 1) United States Environmental Protection Agency. (2016). Federal Research Action Plan on Recycled Tire Crumb Used on Playing Fields and Playgrounds. Status Report https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-12/documents/federal_research_action_plan_on_recycled_tire_crumb_used_on_playing_fields_and_playgrounds_status_report.pdf
- 2) California Office of Environmental Health Hazard Assessment. (2007). Evaluation of Health Effects of Recycled Waste Tires in Playground and Track Products. (EPA ref. 7) <http://www.calrecycle.ca.gov/publications/Detail.aspx?PublicationID=1206>.
- 3) Cheng, H; Hu, Y; Reinhard, M. (2014). Environmental and Health Impacts of Artificial Turf: A Review. Environ Sci Technol. 48(4):2114-29. (EPA ref. 12)
- 4) Connecticut Department of Public Health (CDPH). (2010). Human Health Risk Assessment of Artificial Turf Fields Based Upon Results from Five Fields in Connecticut. (EPA ref. 15) http://www.ct.gov/deep/lib/deep/artificial-turf/dph_artificial_turf_report.pdf.
- 5) Connecticut: University of Connecticut Health Center (UCHC). (2010) Artificial Turf Field Investigation in Connecticut Final Report. (EPA ref. 16) http://www.ct.gov/deep/lib/deep/artificial-turf/uchc_artificial_turf_report.pdf.
- 6) Connecticut Agricultural Experiment Station (CAES). (2010) 2009 Study of Crumb Rubber Derived from Recycled Tires, final report. (EPA ref. 17)

- http://www.ct.gov/deep/lib/deep/artificial-turf/caes_artificial_turf_report.pdf.
- 7) Incorvia Mattina, MJ; Isleyen, M; Berger, W; Ozdemir, S. (2007). Examination of Crumb Rubber Produced from Recycled Tires. Department of Analytical Chemistry. The Connecticut Agricultural Research Station, New Haven, CT. (EPA ref. 34)
http://www.ct.gov/caes/lib/caes/documents/publications/fact_sheets/examination-ofcrumbrubberac005.pdf.
 - 8) Kanematsu, M; Hayashi, A; Denison, MS; Young, TM. (2009). Characterization and Potential Environmental Risks of Leachate from Shredded Rubber Mulches. *Chemosphere* 76:952–958. (EPA ref. 36)
 - 9) Llompart, M; Sanchez-Pardo, L; Lamas, J; Garcia-Jares, C; Roca, E. (2013). Hazardous Organic Chemicals in Rubber Recycled Tire Playgrounds and Pavers. *Chemosphere* 90(2):423-31. (EPA ref. 46)
 - 10) Milone and MacBroom, Inc. Evaluation of the Environmental Effects of Synthetic Turf Athletic. (2008). http://www.actglobalsports.com/media/Milone_MacBroom.pdf. (EPA ref. 51)
 - 11) Nilsson, NH; Malmgren-Hansen, B; Thomsen, US. (2008). Mapping Emissions and Environmental and Health Assessment of Chemical Substances in Artificial Turf. Danish Ministry of the Environment, Environmental Protection Agency. (EPA ref. 54)
<http://www2.mst.dk/udgiv/publications/2008/978-87-7052-866-5/pdf/978-87-7052-867-2.pdf>.
 - 12) Norwegian Institute of Public Health and the Radium Hospital. (2006). Artificial Turf Pitches: An Assessment of the Health Risks for Football Players. Norwegian Institute of Public Health and the Radium Hospital, Oslo, Norway.
 - 13) New York Department of Environmental Conservation (NYDEC). (2009). An Assessment of Chemical Leaching, Releases to Air and Temperature at Crumb-rubber Infilled Synthetic Turf Fields. (EPA ref. 57)
http://www.dec.ny.gov/docs/materials_minerals_pdf/crumbrubfr.pdf.
 - 14) Sullivan, JP. (2006). An Assessment of Environmental Toxicity and Potential Contamination from Artificial Turf using Shredded or Crumb Rubber. Ardea Consulting: Woodland, CA. p. 1-43. (EPA ref. 71)
 - 15) Celeiro, M. et al. (2014). Investigation of PAH and Other Hazardous Contaminant Occurrence in Recycled Tyre Rubber Surfaces: Case Study: Restaurant Playground in an Indoor Shopping Centre. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*. 94(12): 1264-1271. (EPA ref. 82)
 - 16) The National Institute of Public Health and the Environment (RIVM), Netherlands (2016). Evaluation of health risks of playing sports on synthetic turf fields with rubber granulate.
<http://www.rivm.nl/mwg-international/de5fs23hu73ds/progress?id=ENwrausUCt9JdWp7XuOVL2vktVT8LRsT6iNJ08j-jCc.&dl>
 - 17) IARC Monographs Programme on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. List of Classifications by cancer sites with sufficient or limited evidence in humans.
<http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/Table4.pdf>

【VOC の定義】

WHO (1989) Indoor air quality: organic pollutants. EURO Reports and Studies, Vol. 111, Copenhagen, WHO.

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

なし

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

Table 1 GC/MS 測定条件

(a)

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 (<i>m/z</i>)	35-450

(b)

VOC	SIM monitor ion (<i>m/z</i>)	VOC	SIM monitor ion (<i>m/z</i>)
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

Table 3 検出した VOC の概要

VOC	Retention time (min)		Concentration ($\mu\text{g/g}$)		Detection rate (%)		Detection frequency		Detection rate (%)
	Max	Min	Median	Mean	frequency	rate (%)	frequency	rate (%)	
2-Butanone	4.82	0.22	0.041	0.079	35 / 46	76	46 / 138	33	
<i>n</i> -Butanol	6.30	0.24	0.042	0.094	29	63	31	22	
MIBK	8.30	19	0.064	2.4	43	93	116	84	
Ethylbenzene	12.65	0.12	0.044	0.053	28	61	30	22	
<i>m,p</i> -Xylene	12.94	0.104	0.089	0.092	33	72	33	24	
Styrene	13.57	0.082	0.051	0.076	6	13	7	5.1	
<i>o</i> -Xylene	13.77	0.055	0.048	0.050	24	52	24	17	
(1S)-(-)- α -Pinene	15.66	0.054	0.054	0.054	1	2.2	1	0.7	
3-Ethyltoluene	16.17	0.066	0.057	0.065	18	39	18	13	
4-Ethyltoluene	16.24	0.057	0.056	0.056	10	22	10	7.2	
1,3,5-Trimethylbenzene	16.44	0.064	0.059	0.060	11	24	12	8.7	
2-Ethyltoluene	16.82	0.063	0.062	0.063	9	20	9	6.5	
(1S)-(-)- β -Pinene	17.08	0.25	0.24	0.25	1	2.2	2	1.4	
1,2,4-Trimethylbenzene	17.33	0.091	0.078	0.086	26	57	27	20	
<i>n</i> -Decane	17.75	0.10	0.056	0.079	29	63	30	22	
1,4-Dichlorobenzene	17.79	0.064	0.064	0.064	1	2.2	1	0.7	
1,2,3-Trimethylbenzene	18.31	0.075	0.041	0.071	15	33	16	12	
(R)-(+)-Limonene	18.77	0.11	0.10	0.10	2	4.3	2	1.4	
Nonanal	20.62	0.63	0.072	0.19	8	17	14	10	
<i>n</i> -Undecane	21.07	0.097	0.043	0.079	32	70	36	26	
Decanal	23.85	0.83	0.066	0.28	9	20	18	13	
<i>n</i> -Dodecane	24.20	0.52	0.041	0.095	42	91	80	58	
BTZ	24.50	22	0.080	3.3	43	93	128	93	
<i>n</i> -Tridecane	27.15	0.17	0.045	0.086	45	98	87	63	
<i>n</i> -Tetradecane	29.92	1.7	0.042	0.14	44	96	96	70	
<i>n</i> -Pentadecane	32.52	0.25	0.044	0.10	43	93	86	62	
<i>n</i> -Hexadecane	34.99	0.55	0.042	0.12	42	91	86	62	

Table 4 BTZ および MIBK の各製品における 3 試行の検出濃度

No.	Concentration ($\mu\text{g/g}$)					
	BTZ			MIBK		
1	2.2	0.54	2.4	1.1	0.50	1.1
2	7.5	6.7	6.7		3.9	4.3
3	4.0	1.4	0.75	0.55	0.33	0.18
4	4.5	0.25	0.84	0.90	0.18	0.35
5	3.6	1.1	0.79		0.081	
6	9.7	4.1	2.8	0.80	0.56	0.38
7	3.6	2.4	1.5	1.4	1.7	1.1
8	2.8	2.7	4.2	1.9	3.7	3.4
9	0.76	0.41	0.76	1.6	1.1	1.7
10	0.66	0.33	1.2		0.076	
11	1.7	2.0	1.4		0.078	
12	4.5	1.1	4.0	5.4	3.0	4.6
13	7.3	2.3	1.3	5.8	2.3	1.6
14	4.3	2.6	1.1	3.7	2.5	1.4
15	0.73	2.6	0.43		0.25	0.070
16	11	9.0	3.8		0.078	
17	3.2	1.0	0.82	2.0	0.82	0.68
18	3.1	1.2	0.79	0.096	0.14	0.074
19	7.4	1.2	5.6	5.7	1.8	4.8
20	5.6	8.6	12	4.4	7.0	8.2
21	2.5	5.5	4.1	3.9	5.5	4.7
22	2.0	3.1	7.4	0.66	0.89	1.6
23	1.1	0.85	0.78	0.067	0.15	0.11
24	4.5	1.8	3.8	2.7	1.8	2.7
25						
26						
27						
28	3.1	0.40	0.45	0.52	0.19	0.17
29	3.2	0.42	0.33	0.19	0.12	0.064
30	4.2	1.9	2.4	0.33	0.32	0.34
31	22	1.9	2.7	19	2.9	4.3
32	12	1.4	3.2	4.6	1.2	2.4
33	4.0	1.2	4.4	4.8	2.3	5.7
34	10	0.31	4.6	8.2	0.80	5.6
35	7.0	4.9	4.7	6.9	6.2	6.0
36	5.1	5.7	6.7	4.4	5.0	6.3
37	8.3	0.89	0.93		0.079	
38		0.14	0.080		0.074	
39	0.13	0.25	2.4	0.17	0.25	1.4
40	1.8	0.75	5.7	2.1	1.1	4.8
41	5.3	1.6	0.57	4.1	1.9	1.1
42	7.8	1.8	1.9	5.5	2.2	2.3
43	4.0	0.27	2.8	1.1	0.23	0.83
44	9.1	1.4	0.77	7.9	2.0	1.2
45	7.4	2.4	1.3	5.9	2.7	1.9
46	2.9	2.0	3.4	0.80	0.70	0.95

Blank: below LOQ ($< 0.04 \mu\text{g/g}$)

Table 5 TVOC 構成成分の上位 5 化合物の検出頻度

VOC	Detection frequency	Detection rate (%)
MIBK	33 / 46	72
BTZ	32	70
Dodecamethylcyclohexasiloxane	26	57
Cyclohexanone	25	54
<i>N</i> -(1,1-Dimethylethyl) formamide	18	39
Decamethylcyclopentasiloxane	14	30
Cyclohexanamine	12	26
Butylated hydroxytoluene	5	11
Morpholine	5	11
4-Methyl-2-pentanamine	4	8.7
Tetradecane	4	8.7
Tetramethylthiourea	4	8.7
<i>N</i> -Butyl-1-butanamine	3	6.5
Triethyl phosphate	3	6.5
2-Octanone	2	4.3
α,α -Dimethylbenzenemethanol	2	4.3
<i>N</i> -Cyclohexylcyclohexanamine	2	4.3
<i>N-tert</i> -Butylacetamide	2	4.3
1,5,9-Trimethyl-1,5,9-cyclododecatriene	1	2.2
2-Ethyl-1-hexanol	1	2.2
1,3-Dimethylbutylamine	1	2.2
Octamethylcyclotetrasiloxane	1	2.2
Hexamethylcyclotrisiloxane	1	2.2
2,2-Dimethyldecane	1	2.2
Di- <i>n</i> -butylamine	1	2.2
<i>N,N</i> -Dimethylformamide	1	2.2
<i>N</i> -Cyclohexylformamide	1	2.2
5-Ethyl-2,2,3-trimethylheptane	1	2.2
<i>n</i> -Butyl methyl ketone	1	2.2
<i>N</i> -Formylmorpholine	1	2.2
3,7-Dimethylnonane	1	2.2
1,2-Dihydro-2,2,4-trimethylquinoline	1	2.2
Dimethoxydimethylsilane	1	2.2
Triethylamine	1	2.2
Tetramethylurea	1	2.2

Table 6 EPA の論文レビューによるデータ集計表より抜粋した BTZ の検出事例

No. References	Constituents evaluated	
7 California OEHHA 2007	Gastric digestion	range (µg/L) 320-450
12 Cheng and Reinhard 2014	Potential contaminants that can leach from tires	detected
15 CDPH 2010	4 Outdoor fields Maximum detected	µg/m ³ 1.2
	1 Indoor field Maximum detected	µg/m ³ 14
16 CT (UHC) 2010	ID'd in bulk Head space analysis	detected
	Volatilizing from crumb rubber	detected
17 CAES 2010	Headspace Max conc.	ng/mL 8.67
	Leachate Max conc.	µg/mL 0.27
34 Incorvia <i>et al.</i> 2007	Off-gassing conc.	ng/mL 866.7
	normalized per g of tire	
36 Kanematsu <i>et al.</i> 2009	Identified in extracts	detected
46 Llompert <i>et al.</i> 2013	Playground samples Max conc.	µg/g 39.9
	Paver samples Max conc.	µg/g 158
51 Milone and McBroom 2008	Air samples Max conc.	µg/m ³ 0.39
54 Nilsson <i>et al.</i> 2008	Head space analysis	µg/g 0.1
	Elastic infill Leaching max	µg/L 578
55 Norwegian Institute of Public Health and Radium Hospital 2006	Exposure conc.	µg/m ³ 31.7
57 NYDEC 2009	Leaching results-detected conc. in crumb rubber samples	Average (µg/L) 526
	Leaching in synthetic rainwater	µg/L 215.3
	Highest average from 2 facilities	
71 Sullivan 2006	Contaminants mentioned in Lit Rev as potential leachates or toxicants	detected
82 Celeiro <i>et al.</i> 2014	Max PAH concentration in surface samples	µg/g 26
	Concentration in leachate	ng/mL 18

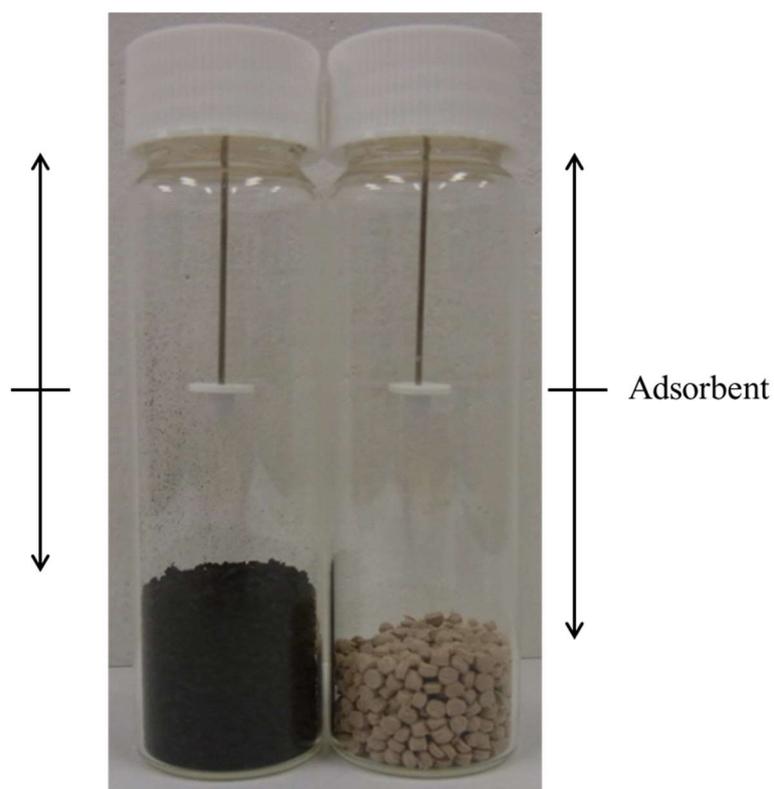


Fig. 1 試料体積の違いによる気相の体積と吸着剤までの距離の比較
(左: 管理番号 33, 右: 27, いずれも試料量 5 g)

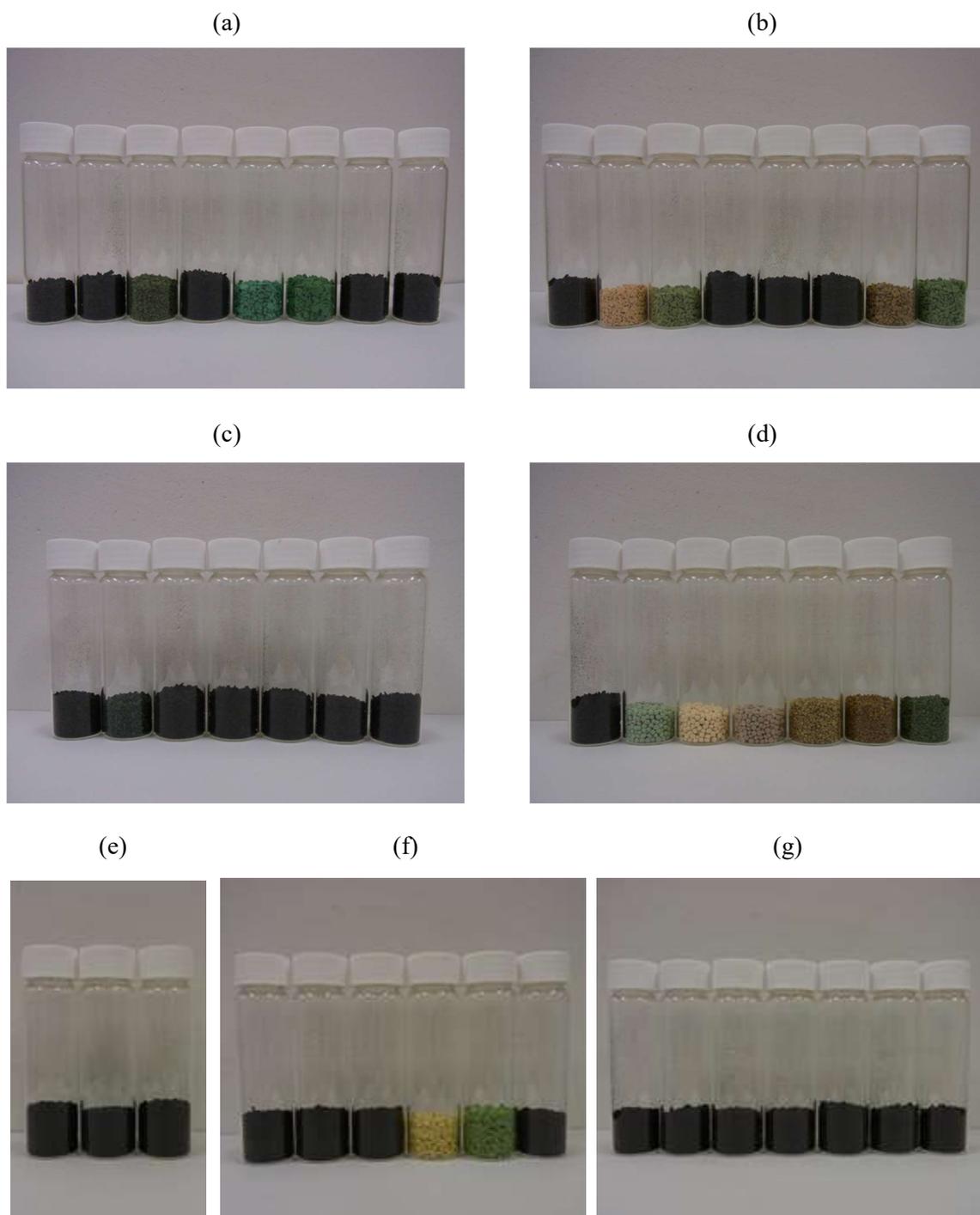


Fig. 2 試料量 5 g における 46 製品の気相体積の比較
 (a) 左から管理番号 1~8, (b) 9~16, (c) 17~23, (d) 24~30, (e) 31~33, (f) 34~39, (g) 40~46

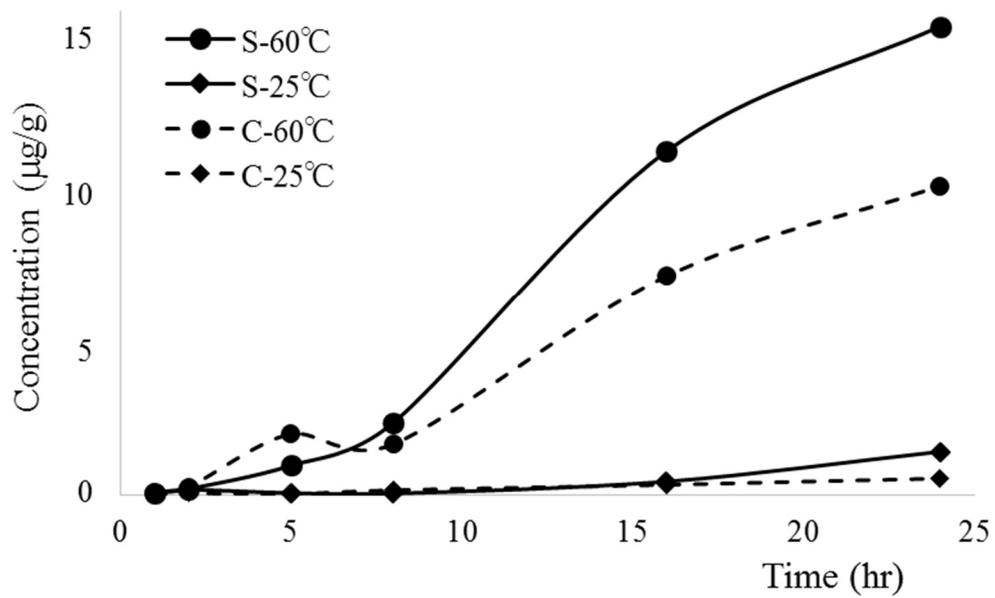


Fig. 3 BTZ による捕集条件の検討

吸着剤 S: シリカゲルディスク、C: 活性炭含有シリカゲルディスク
 捕集温度 25 および 60°C
 捕集時間 1, 2, 5, 8, 16, 24 時間

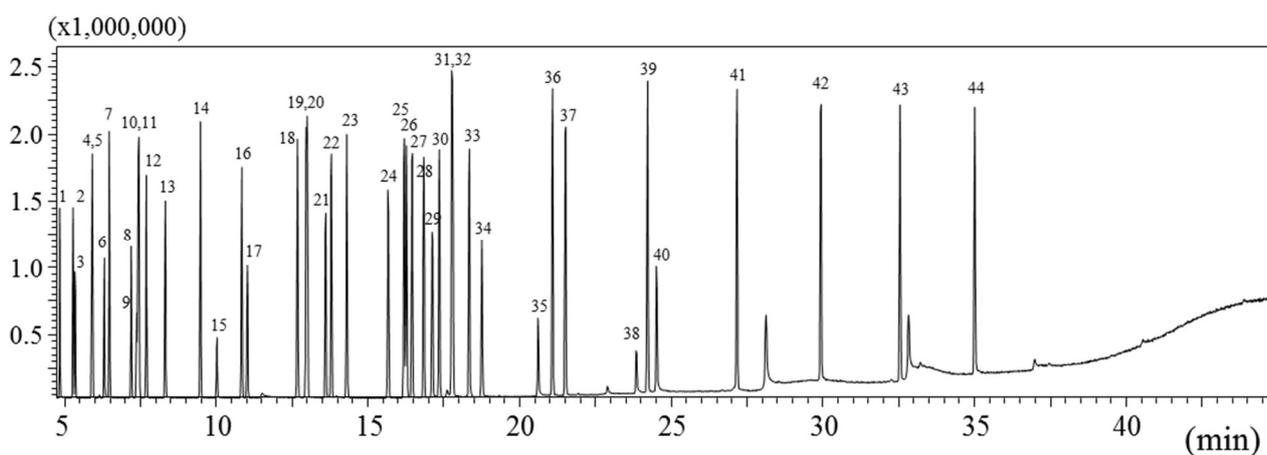
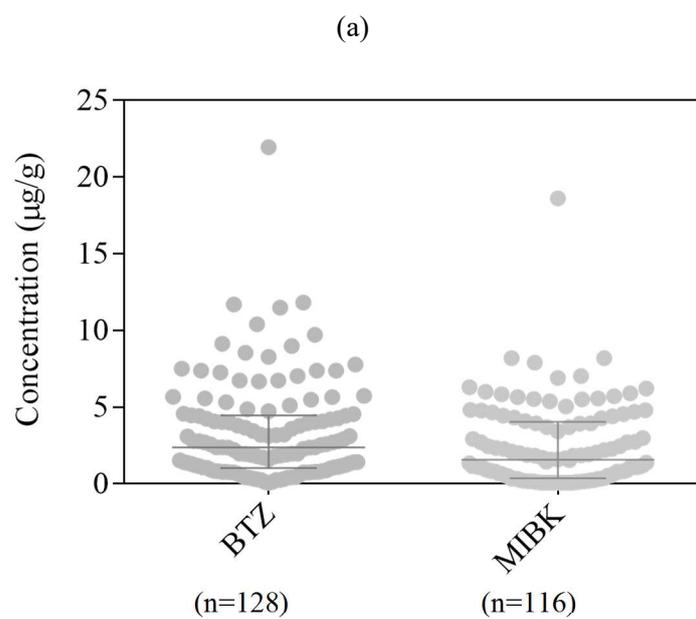
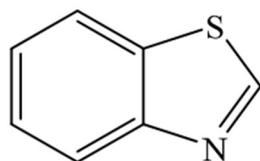


Fig. 4 分析対象 44 種 VOC のクロマトグラム

1; 2-Butanone, 2; *n*-Hexane, 3; Chloroform, 4; 1,2-Dichloroethane, 5; 2,4-Dimethylpentane, 6; *n*-Butanol, 7; Benzene, 8; 1,2-Dichloropropane, 9; Bromodichloromethane, 10; Trichloroethylene, 11; Isooctane, 12; *n*-Heptane, 13; MIBK, 14; Toluene, 15; Dibromochloromethane, 16; *n*-Octane, 17; Tetrachloroethylene, 18; Ethylbenzene, 19; *m*-Xylene, 20; *p*-Xylene, 21; Styrene, 22; *o*-Xylene, 23; *n*-Nonane, 24; (1S)-(-)- α -Pinene, 25; 3-Ethyltoluene, 26; 4-Ethyltoluene, 27; 1,3,5-Trimethylbenzene, 28; 2-Ethyltoluene, 29; (1S)-(-)- β -Pinene, 30; 1,2,4-Trimethylbenzene, 31; *n*-Decane, 32; 1,4-Dichlorobenzene, 33; 1,2,3-Trimethylbenzene, 34; R-(+)-Limonene, 35; Nonanal, 36; *n*-Undecane, 37; 1,2,4,5-Tetramethylbenzene, 38; Decanal, 39; *n*-Dodecane, 40; BTZ, 41; *n*-Tridecane, 42; *n*-Tetradecane, 43; *n*-Pentadecane, 44; *n*-Hexadecane

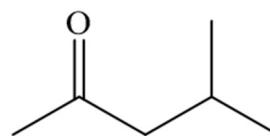


(b)



BTZ

Chemical Formula: $\text{C}_7\text{H}_5\text{NS}$
Molecular Weight: 135.18



MIBK

Chemical Formula: $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}$
Molecular Weight: 100.16

Fig. 5 138 試行で高頻度に検出された BTZ および MIBK
(a) 検出濃度の散布図, (b) BTZ および MIBK の構造式, 分子式, 分子量

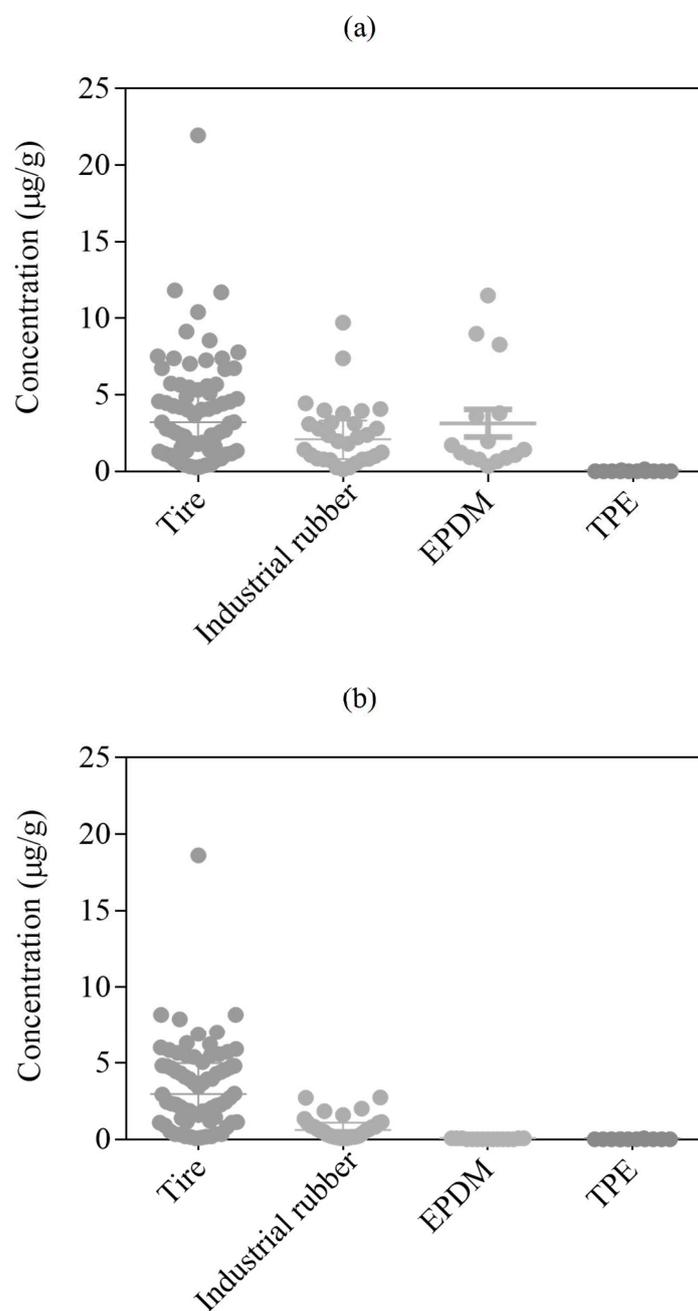


Fig. 6 製品の由来 (廃タイヤ, 工業用ゴム, EPDM, TPE) の違いによる
検出濃度の比較 (a) BTZ, (b) MIBK

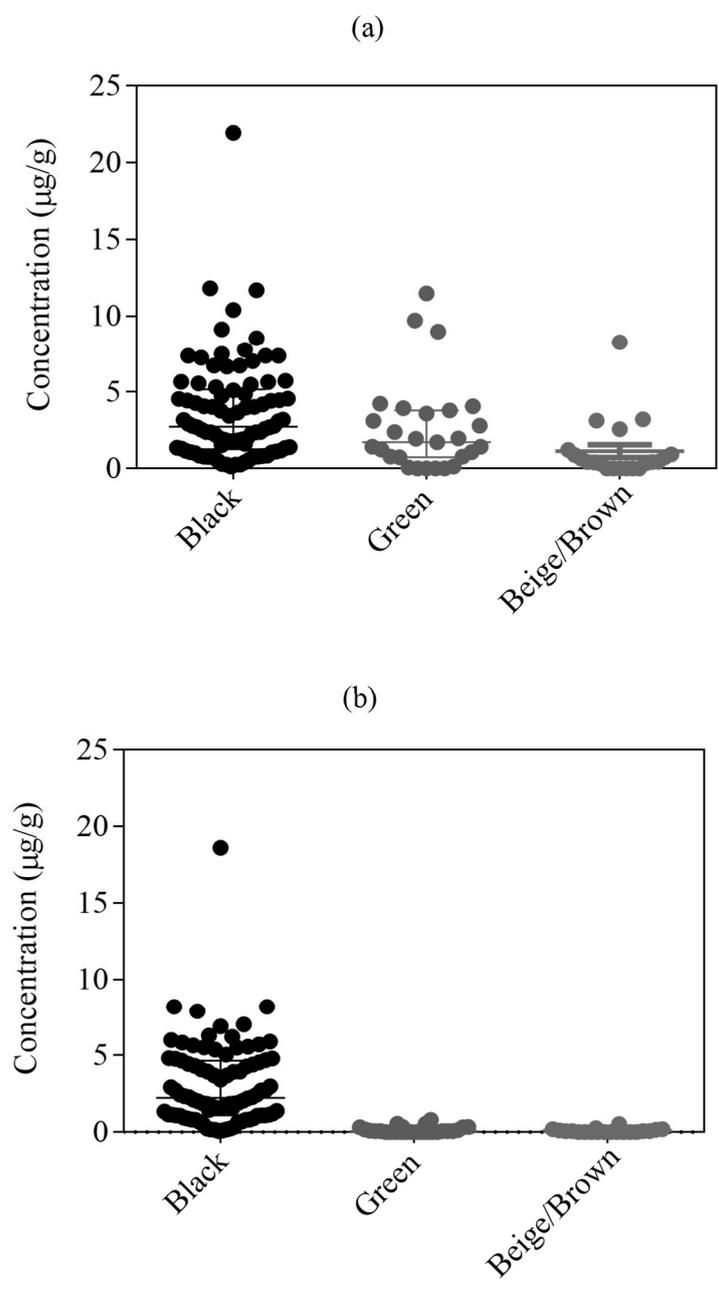


Fig. 7 製品の色 (黒, 緑, ベージュ/茶) の違いによる検出濃度の比較
(a) BTZ, (b) MIBK

厚生労働科学研究費補助金（厚生労働科学特別研究事業）
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

人工芝用ゴムチップ成分の発がん性等の情報収集

分担研究者 森田 健 国立医薬品食品衛生研究所、安全性予測評価部 室長
協力研究者 重田 善之 国立医薬品食品衛生研究所、安全性予測評価部

研究要旨

人工芝ゴムチップに関連し、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 物質を抽出し、それらの健康有害性情報を収集し、主に発がん性に基づき、健康有害性の評価シートを作成し、評価結果を分類した。その結果、37 物質（29%）が「懸念あり」、24 物質（19%）が「懸念なし」、残りの 65 物質（52%）が「評価困難」と判断された（3 分類の意味は本文を参照）。人工芝用ゴムチップに関連した物質のヒト健康影響評価に関する既存の文献は、総じて、曝露量が低いことをふまえ、「ヒト健康リスクは低い」と評価している。収集した情報は、更なる健康影響評価を実施する際に、有用な情報を提供するものと考えられる。

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が発症する等の報道がかねてよりされていた。2016 年 2 月米国環境保護庁（EPA）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。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り、迅速な対応が求められる。本研究では、廃タイヤ由来ゴムチップを用いた人工芝グラウンドの健康影響評価の実施に有用な情報を提供することを目的とし、海外において人工芝

グラウンドから検出された関連化学物質やタイヤゴム添加剤の発がん性等の毒性情報を収集する。なお、含有の可能性がある有害物質には、多環芳香族炭化水素類（PAHs：Polycyclic aromatic hydrocarbons）、揮発性有機化合物（VOCs：Volatile organic compounds）および重金属類がある。タイヤゴム添加剤としては、加硫促進剤、老化防止剤、架橋剤などが挙げられる。

B. 研究方法

ゴムチップに関連しているとされる化学物質（鉛、カーボンブラック、PAHs、ベンゼン等）の発がん性等の情報を、有害性データシートや国際的評価機関による評価書等の既存文献から収集する。また、毒性が懸念

されるタイヤ製造時の添加剤についても情報収集する。さらに、必要に応じ、米国における人工芝グラウンドの健康影響情報も収集する。成分分析により毒性の点から注目すべき化合物の存在が明らかとなった場合は、当該物質の発がん性等の情報を収集する。収集した有害性情報に基づき、当該物質の動物あるいはヒトにおける健康懸念についてとりまとめ、収集した情報とともに整理して、人工芝グラウンド用ゴムチップの健康影響評価に向けて有用な情報を提供する。

1. 毒性情報収集対象物質の選定

まず、人工芝グラウンド用ゴムチップの安全性に関する報告の現状を把握するために、EPAが2015年11月に公表した人工芝グラウンドに関する文献・報告書リストを用い、それらの報告の中から毒性情報を収集すべき人工芝グラウンド用ゴムチップ関連物質を抽出した。また、人工芝グラウンド用ゴムチップはリサイクルタイヤから製造されるため、ゴム添加剤のうちタイヤ関連で使用されるものは、人工芝グラウンドに放出され検出される可能性がある(表1)。それらの添加剤の中から、毒性情報を収集すべき物質を抽出した。さらに、既存抽出物質以外で、本研究班によるゴムチップ試料の分析において、検出が確認された、あるいは検出が想定されたゴム添加剤等(表2)、ならびにPAHs(表3)についても対象物質とした。

2. 毒性情報の収集

選定された毒性情報収集対象物質について、毒性(有害性)情報の概略を把握するために有害性データシートの有無を調査した。情報検索の簡便性ならびに情報の充実性から、製品評価技術基盤機構(NITE)の化学

物質総合情報提供システム(CHRIP)および厚生労働省の職場のあんぜんサイト)を用い、利用の簡便性から、有害性データシートは以下の日本語情報のものとした。なお、利用した各ウェブサイトのURL一覧を表8に示した:

- 本邦における化学物質のGHS (Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals、化学品の分類および表示に関する世界調和システム) 分類
 - GHS対応モデルラベル・モデル SDS 情報
- NITEの化学CHRIPにおける以下のデータ:
 - 化学物質評価研究機構(CERI) ハザードデータシート
 - 環境省 化学物質の環境リスク評価結果

さらに、必要に応じてより詳細な毒性情報を得るために、タイヤ関連ゴムの添加剤については、国際的評価書の有無を調査した。対象とした国際的評価書は以下のものである: OECD SIDS (Screening Information DataSet)評価書、ドイツ MAK (Maximale Arbeitsplatz-Konzentration)評価書、EUリスク評価書(EURAR)、IARC (国際がん研究機関)モノグラフ、等。

3. IARCによる発がん性評価について

本調査研究の発端は、人工芝で競技するサッカー選手にリンパ腫や白血病などの血液系のがんが生じているという、米国の報道であった。そこで、IARCが情報収集対象物質の発がん性をどのように評価しているか、また、血液系のがんを誘発する物質としてどのようなものが知られているかを調査した。

4. 健康有害性評価シートの作成

対象物質について、構造式や物理化学的特性ならびに毒性情報を収集した。さらに収集した毒性情報に基づき（原則として J-GHS 分類から）、対象物質ごとに健康有害性評価シートを作成した。必要に応じ、最近の知見も考慮し、適宜、専門家の判断に基づき GHS 分類を行った。ここで、「GHS：区分外 (not classified)」とは、GHS 区分 1 や区分 2 に該当するほどの知見が認められていないという意味で、また、「GHS：分類できない (classification not possible)」とは、分類を実施するための適切な情報が認められていないという意味である。

5. 暫定有害性評価一覧の作成

追加の調査・評価等の優先順位付けに役立てるために、作成した健康有害性評価シートに基づき、各物質の暫定ヒト健康有害性評価結果を以下の 3 つに分類した。なお、本暫定評価は、有害性のうち、特に発がん性に基づいて実施した：

- 懸念なし：動物あるいはヒトにおいて、試験あるいは評価がなされているものの、発がん性を示す知見が認められていない物質
- 懸念あり：ハザードとして動物あるいはヒトにおいて発がん性を示す知見が認められた物質、あるいはそれらと類似の構造を有し発がん性を示す可能性があると推定される物質で、今後、発がん性に係るヒト健康リスクを評価する際には（例えば、曝露量の検討など）、優先的に評価対象とするのが望ましいと考える物質。
- 評価困難：動物あるいはヒトにおいて、発がん性に関連するデータの存在が認められず、発がん性に関する評価がで

きない物質。

6. 米国等海外の研究の進捗状況

米国 EPA および米国カリフォルニア EPA のホームページを閲覧し、人工芝ゴムチップの安全性評価に関する進展を随時チェックした。その他、適宜、論文検索を行い、最新情報の入手に努めた。

C. 結果

1. 毒性情報収集対象物質

EPA の人工芝グラウンドに関する文献・報告書リストについて、それら入手し内容を確認した。その概略を表 4 に示す。これらの報告から、毒性情報を収集すべき人工芝グラウンド用ゴムチップ関連物質を抽出した。すなわち、人工芝グラウンド排水溝（表 4、Ref. 2）、人工芝グラウンド大気（表 4、Ref. 14）、および人工芝ゴムチップサンプル滲出（表 4、Ref. 23）より検出された 59 物質を選択した。さらに、ゴム添加剤（表 1）のうちタイヤ関連で使用される 36 物質およびタイヤの補強材として用いられるカーボンブラックの計 37 物質を選択した。また、既選択物質を除いて、本研究班によるゴムチップ試料の化学分析において検出された、あるいは検出が想定されたゴム添加剤等 27 物質（表 2）および PAHs3 物質（表 3 の黄色部分）を加え、最終的に計 126 物質を選択した（表 5）。なお、選定に当たって、EPA の文献・報告書リストの Ref. 15 を Ref. 23 の代替として利用した。さらに、海外の一連の検討・評価において、ヒト健康影響への懸念が指摘されているベンゾチアゾールについての毒性評価の文献（Ref. 16）、及びベンゾチアゾール類似物質で、タイヤ関連ゴムの添加剤として 50 トン以上の製造量がある ID65 (N-シクロヘキシルベンゾ

チアゾール-2-スルフェンアミド)の欧州連合(EU)リスク評価書も確認した。なお、ゴムチップに関連しているとされる化学物質の1つとして、当初、ベンゼンを挙げていた。しかしながら、ベンゼンはタイヤ関連ゴム製造時に用いられる物質でもなく、また、物質を選定するために参照した文献中にもベンゼンは認められなかったことから、本対象物質には含めなかった。ベンゼンはヒトに対する血液がん誘発物質として有名であり、また、地域によっては例えば大気中のベンゼンを検出する可能性があることから、ベンゼンが挙げられたものと推察される。

2. 毒性情報

選択した126物質について有害性データシートの有無を、また、加えて、タイヤ関連ゴムの添加剤ならびにゴムチップ試料等からの検出(想定)物質、ならびに人工芝から新規に検出された物質については、国際的評価書の有無を調査した結果を表5に示す。CHRIPには、調査した126物質中123物質(97.6%)が収載されており、情報検索対象としての適切性が示された。未収載の3物質はID117, 118, 119であった。また、約7割の物質(66.7%、84/126)がJ-GHSの対象物質であり、そこでハザード(有害性)評価がなされていた。しかしながら、残りの42物質についてはJ-GHSの対象とされておらず、そのうち38物質(ID37, 55, 56, 58, 59, 62, 63, 70, 71, 72, 73, 77, 78, 82, 84, 86, 87, 92, 94, 99, 100, 101, 102, 106, 108, 109, 111, 112, 113, 114, 115, 117, 118, 119, 120, 121, 124, 125)についてはいずれの有害性データシートも認められなかった。ただし、ID86およびID125についてはMAK評価書が、ID121についてはSIDS

(SIAP)およびEURARが認められた。なお、その他のタイヤ関連ゴムの添加剤ならびに黒ゴム試料等からの検出(想定)物質(ID57, 60, 65, 66, 69, 74, 83, 85, 86, 89, 90, 91, 97, 98, 103, 104, 105, 107, 110, 116, 121, 122, 123, 124, 125, 126)についての国際的評価書は、表8に添付したリンクを参照されたい。

3. IARCによる発がん性評価について

IARCが情報収集対象物質の発がん性をどのように評価しているかをIARCの評価物質リストを用い、また、血液系のがんを誘発する物質としてどのようなものが知られているかをIARCの発がん部位リストを用いて調査した。IARCの個別物質評価では、グループ1(ヒト発がん性物質)が3物質(ID2, 6, 26)、グループ2A(おそらくヒト発がん性物質)が3物質(ID15, 57, 125)、グループ2B(ヒト発がん性が疑われる物質)が13物質(ID4, 12, 17, 18, 25, 27, 30, 31, 34, 48, 51, 96, 126)、グループ3(ヒト発がん物質とは分類できない)が24物質、未評価が残りの83物質であった(表6)。また、血液系のがん(白血病やリンパ腫)を誘発する化学物質には、ヒトにおける十分な証拠がある工業化学物質として、ベンゼン、1,3-ブタジエン、ホルムアルデヒドなどが、また、ヒトにおける証拠が限られた工業化学物質として、ジクロロメタン、酸化エチレン、ナイトロジェンマスタード、ポリ塩素化ビフェニル、ポリクロロフェノール類、スチレン、トリクロロエチレンなどが挙げられている。今回、選択し調査した126物質には、ジクロロメタン(ID15)およびスチレン(ID18)が含まれていた。

4. 健康有害性評価シートの作成

表5に抽出した126物質について、有害

性データシート等をもとに健康有害性評価シートを作成した(添付資料1)。これらは、物質ごとに物理化学的性状や反復曝露(長期曝露)によるハザード情報を簡潔にまとめて GHS 分類を実施したもので、更なる評価を実施するにあたり有用な資料になるものと考えられる。

5. 暫定有害性評価一覧の作成

作成した健康有害性評価シート(添付資料1)に基づき、126物質について各物質の暫定ヒト健康有害性評価結果を、特に発がん性に基づいて「懸念なし」、「懸念あり」および「評価困難」の3つに分類した(3分類の意味は上記のB.5.を参照)。その結果、「懸念なし」が24物質、「懸念あり」が37物質、「評価困難」が65物質であった。今後、継続的評価を実施する場合は、「懸念あり」と暫定評価された物質を優先的に選択すればよいと考えられる。結果を暫定有害性評価一覧として前掲の表6にまとめた。また、「懸念あり」とされた37物質を表7に示した。人工芝ゴムチップ関連物質について更なる検討を実施する場合、上記物質は、フィールドでの曝露調査など優先的に選択されるべき物質と考えられる。

6. 有益な論文等の要約

本物質選定に用いた3文献(Ref. 2、Ref. 14、Ref. 15)、ベンゾチアゾールについての毒性評価の文献(Ref. 16)ならびにN-シクロヘキシルベンゾチアゾール-2-スルフェンアミドのEUリスク評価書の内容を表9に簡潔にまとめた。また、EPAによる文献リストの概要を文献タイトル日本語訳とともに表4に示した。人工芝グラウンドで検出された化学物質について、その検出量あるいはリスクを評価した論文も認められたが、それらはヒト曝露量が低いことをふま

え、総じて「ヒト健康リスクは低い」と評価している。

7. 米国等海外の研究の進捗状況

米国 EPA は、人工芝ゴムチップの安全性について評価することを表明しており、2016年12月30日には *status report* が出された。その内容には、研究結果は含まれておらず、利害関係者による検討事項、古タイヤゴム製造業界の概説、既存文献紹介、研究の進捗状況、ならびに最終報告書に向けた今後の活動と予定が記載されている。また、米国カリフォルニア EPA も独自の調査を実施するとしているが、2017年3月時点において、有益な情報は提供されていない。さらに、欧州でも、European Commission が ECHA に対し、健康リスクを生じさせるような物質がリサイクル人工芝チップ中に存在するかどうかについて予備的な評価をするよう求めた。2017年2月28日付けで報告書が出され、初期リスク評価の結果、1) EU で使われるリサイクルゴム中の PAHs の濃度は、発がんリスクおよびその他健康上の問題を引き起こす恐れは非常に低いか無視できる(ただし、その濃度が REACH 規則の上限付近の場合は懸念が低いとは言えない)、2) 玩具基準で規制される金属種の懸念は無視できる、3) フタル酸エステル、ベンゾチアゾール、メチルイソブチルケトンの濃度は、健康影響が出るレベルではない、4) 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、としている。当該評価から、ECHA は以下の勧告を行っている：1) PAHs などの濃度が低いゴムチップのみを認めるよう規則を変更する、2) 人工芝グラウンドで PAHs などの濃度を測定する、3) 屋内人工芝グラウンドでは、適

切な換気を行う。また、2016年10月以降、ゴム粒子による健康への懸念が公衆の間で言われるようになったため、2016年11月には、オランダ健康福祉スポーツ省がオランダ国立公衆健康環境研究所 (RIVM) にこの問題について研究を始めるよう指示した。研究は、二つの部分からなり、この問題についての知見を評価する系統的レビューとオランダの人工芝のゴム粒子に存在する物質の野外研究である。本件については、2016年12月20日に結果が報告された。結論は、「ゴム粒子を使った人工芝でスポーツをするのは安全」である。ゴム粒子にはたくさんの物質が含まれ極微量が放出される。これは物質が多かれ少なかれ粒子に閉じこめられている「格納状態」であるため、つまりこれらの物質のヒト健康影響は実質的に無視できるとしている。さらに、白血病との関連性はないとしている。

なお、韓国における人工芝運動場の有害物質の濃度を測定した論文 (Health Risk Assessment for Artificial Turf Playgrounds in School Athletic Facilities: Multi-route Exposure Estimation for Use Patterns (Asian Journal of Atmospheric Environment, 6, 206-221, 2012)) が認められた。その内容を以下に要約する: 韓国都市部の50校の人工芝運動場の有害物質 (重金属、PAHs、フタル酸化合物、VOCs) の濃度を測定した。年齢に応じた吸入・経皮・経口による曝露を推定し、リスクを判定した。重金属については、バイオアベイラビリティも考慮した。50校中8校で充填剤基準 (90 mg/kg) オーバーがみられ、PAHsは4校で基準 (10 mg/kg) を超えていた。過剰発がんリスク (ECR) は 1×10^{-6} で懸念はなく、異食症の子供では 1×10^{-4} であっ

た。非発がんハザードインデックスも0.1以下と低かったが、異食症の子供では1.0を超えることがあった。すなわち、土や泥を喫食するような異食症を呈する子供のリスクは高まることが示された。

D. 考察

今回の検討対象とした126物質から「懸念あり」と評価された37物質は、最近発表されたRIVMやECHAの報告書と比較して人工芝用ゴムチップ成分の発がん性等の情報を収集すべき物質として妥当なものとして判断される。

E. 結論

人工芝ゴムチップに関連し、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物質を126物質抽出し、それらの健康有害性情報を収集し、主に発がん性に基づき、評価シートを作成し、評価結果を3分類した。その結果、37物質 (29%) が「懸念あり」、24物質 (19%) が「懸念なし」、残りの65物質 (52%) が「評価困難」と判断された。人工芝関連物質のヒト健康評価に関する既存の文献は、総じて、曝露量が低いことをふまえ、「ヒト健康リスクは低い」と評価している。収集した情報は、今後、日本の実情をふまえ、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際に有用な情報を提供するものと考えられる。

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

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

なし

2. 実用新案特許

なし

3. その他

なし

<添付資料>

添付資料 1：人工芝ゴムチップ関連物質健康有害性評価シート

表1 ゴム添加剤一覧 (含、タイヤ関連ゴム添加剤)

ゴム添加剤	化学名(日)	化学名(英)	CAS No.	備考(16514の化学製品など)	製造量
加硫促進剤					
アルデヒドアミン	ヘキサメチレンテトラミン	hexamethylenetetramine	100-97-0	弱促進剤 チアソール系と併用	
	n-ブチルアルデヒドアニリン	n-butylaldehydeaniline	68411-20-1	再生ゴム多量配合に好適	10 t
グアニジン	1,3-ジフェニルグアニジン	1,3-diphenylguanidine	102-06-7	チアソール系、チウラム系と併用	4 t
	ジ-o-トリルグアニジン	di-o-tolylguanidine	97-39-2	タイヤ	60 t
	o-トリルビグアニド	o-tolylbiguanide	93-69-6	エポキシ樹脂硬化剤としても使用	20 t
	ジカテコールボレーートのジ-o-トリルグアニジン塩	di-o-tolylguanidine salt of dicatechol borate	15834-46-5	CRに良く用いられる	10 t
チオウレア	チオウレア	thiourea	62-56-6		
	チオカルバニリド	thiocarbaniide	102-08-9	TMTD, TETDの活性剤にもなる	4 t
	2-メルカプトイミダゾリン	2-mercaptoimidazoline	96-45-7	CR,CHR,CHCに用いられる。工業用、家庭用品、電線、履物等	
	ジエチルチオウレア	diethylthiourea	105-55-5	ハロゲン化ポリマー(CR, CO, ECO, CM)に使用	8 t
	トリメチルチオウレア	trimethylthiourea	2489-77-2	主としてCR用	50 t
	ジブチルチオウレア	dibutylthiourea	109-46-6	CR用超促進剤	
	ジラウリルチオウレア	dilaurylthiourea	7505-51-3	塩素化ブチルゴムに主に使用	
チアソール	2-メルカプトベンゾチアソール	2-mercaptobenzothiazole	149-30-4	タイヤ、チューブ、工業製品、EPDM	700 t
	ジベンゾチアソールジスル	dibenzothiazole disulfide	120-78-5	最も利用度が高い、EPDM	1500 t
	2-メルカプトベンゾチアソールの亜鉛塩	zinc salt of 2-mercaptobenzothiazole	155-04-4	ラテックスによく使用、EPDM	5 t
	2-メルカプトベンゾチアソールのナトリウム塩	sodium salt of 2-mercaptobenzothiazole	2492-26-4	ゴムのり、ラテックス 金属防食剤	1 t
	2-メルカプトベンゾチアソールのシクロヘキシルアミン塩	cyclohexylamine salt of 2-mercaptobenzothiazole	37437-20-0	ラテックスによく使用、EPDM	50 t
	2-(モルホリノジチオ)ベンゾチアソール	2-(morpholinodithio)benzothiazol	95-32-9	硫黄供与剤、EPDM	130 t
スルフェンアミド	N-シクロヘキシルベンゾチアソール-2-スルフェンアミド	N-cyclohexylbenzothiazole-2-sulfenamide	95-33-0	タイヤのリサイクルで発生	3500 t
	N-tert-ブチルベンゾチアソール-2-スルフェンアミド	N-tert-butylbenzothiazole-2-sulfenamide	95-31-8	タイヤ	3000 t
	N-オキシジエチレンベンゾチアソール-2-スルフェンアミド	N-oxdiethylenebenzothiazole-2-sulfenamide	102-77-2	タイヤ 工業製品	140 t
	NN-ジイソプロピルベンゾチアソール-2-スルフェンアミド	NN-diisopropylbenzothiazole-2-sulfenamide	95-29-4	非掲載	
チウラム	テトラメチルチウラムモノスルフィド	tetramethylthiuram monosulfide	97-74-5	EPDM	
	テトラメチルチウラムジスルフィド(チウラム)	tetramethylthiuram disulfide	137-26-8	NR,ジエン系合成ゴム、IIR、EPDMの超促進剤	800 t
	テトラエチルチウラムジスルフィド	tetraethylthiuram disulfide	97-77-8		650 t
	テトラブチルチウラムジスルフィド	tetrabutylthiuram disulfide	1634-02-2	EPDM	30 t
	テトラベンジルチウラムジスルフィド	tetrabenzylthiuram disulfide	10591-85-2	EPDM、ニトロソアミン発生	5 t
	テトラキス(2-エチルヘキシル)チウラムジスルフィド	tetrakis(2-ethylhexyl)thiuram disulfide	37437-21-1	EPDMに好適 CRのチオウレア加硫のスコーチ防止剤	250 t
	ジペンタメチレンチウラムテトラスルフィド	dipentamethylenethiuram tetrasulfide	120-54-7	EPDM	180 t
	ジペンタメチレンチウラムヘキサスルフィド	dipentamethylenethiuram hexasulfide	971-15-3	非掲載	
ジチオカルバミン酸塩	ジメチルジチオカルバミン酸ナトリウム	sodium dimethyldithiocarbamate	128-04-1	水溶性のためラテックスに使用	
	ジエチルジチオカルバミン酸ナトリウム	sodium diethylthiocarbamate	148-18-5	水溶性のためラテックスに使用	
	ジブチルジチオカルバミン酸ナトリウム	sodium di-n-butylthiocarbamate	136-30-1	ラテックス用	150 t
	ジメチルジチオカルバミン酸亜鉛(Ziram)	zinc dimethyldithiocarbamate (Ziram)	137-30-4	チアソール系の二次加硫促進剤としてよく使用、EPDM	100 t
	ジエチルジチオカルバミン酸亜鉛	zinc diethylthiocarbamate	14324-55-1	チアソール系の二次加硫促進剤としてよく使用、EPDM	50 t
	ジブチルジチオカルバミン酸亜鉛	zinc di-n-butylthiocarbamate	136-23-2	ラテックスなど、EPDM	200 t
	N-ペンタメチレンジチオカルバミン酸亜鉛	zinc N-pentamethylenedithiocarbamat	13878-54-1	ラテックスなど	5 t
	エチルフェニルジチオカルバミン酸亜鉛	zinc ethylphenyldithiocarbamate	14634-93-6	EPDM	50 t
	ジベンジルジチオカルバミン酸亜鉛	zinc dibenzylthiocarbamate	14726-36-4	EPDM	10 t
	ジエチルジチオカルバミン酸テルル	tellurium diethylthiocarbamate	20941-65-5	ラテックス、ジエン系、IIR、EPDM用チアソール系との併用	90 t
	ジメチルジチオカルバミン酸鉄	iron(III) dimethyldithiocarbamate	14484-64-1	IIR EPDM用として好適	5 t

表1 (つづき)

ゴム添加剤	化学名(日)	化学名(英)	CAS No.	備考(16514の化学製品など)	製造量
	ジメチルジチオカルバミン酸銅	copper dimethyldithiocarbamate	137-29-1	IIR EPDM用として好適	40 t
	ピペコリルジチオカルバミン酸ピペコリン塩	pipecolin pipecolyldithiocarbamate	69039-25-4	非掲載	
	ペンタメチレンジチオカルバミン酸ピペリジン塩	piperidine pentamethylenedithiocarbamate	98-77-1	水溶性のためラテックスに使用	5 t
キサントゲン酸塩	イソプロピルキサントゲン酸亜鉛	zinc isopropylxanthate	1000-90-4	CRを基材とする接着剤	10 t
	ブチルキサントゲン酸亜鉛	zinc butylxanthate	150-88-9	CRを基材とする接着剤	
老化防止剤					
アミン-ケトン	2,2,4-トリメチル-1,2-ジヒドキノリン重合体	polymerized 2,2,4-trimethyl-1,2-dihydroquinoline	26780-96-1	タイヤ、工業用品、電線	700 t
	6-エトキシ-1,2-ジヒドロ-2,2,4-トリメチルキノリン	6-ethoxy-1,2-dihydro-2,2,4-trimethylquinoline	91-53-2	タイヤ、工業用品、ベルト	70 t
	ジフェニルアミンとアセトンの反応物	reaction product of diphenylamine and acetone	68412-48-6	タイヤ、工業用品、ベルト	60 t
芳香族第二級アミン	N-フェニル-1-ナフチルアミン	N-phenyl-1-naphthylamine	90-30-2	タイヤ ベルト工業製品	280 t
	オクチル化ジフェニルアミン	octylated diphenylamine	101-67-7	タイヤ、チューブ、工業製品、履物、電線、樹脂、潤滑油	130 t
	チオジフェニルアミン	thiodiphenylamine	92-84-2	樹脂(アクリル酸、MMAモノマー)重合禁止剤、駆虫剤	
	4,4'-ビス(α,α'-ジメチルベンジル)ジフェニルアミン	4,4'-bis(α,α'-dimethylbenzyl)diphenylamine	10081-67-1	EPDM	180 t
	p-(p-トルエンсульホニルアミド)ジフェニルアミン	p-(p-toluenesulfonylamido)-diphenylamine	100-93-6	CRに最適	5 t
	NN'-ジ-2-ナフチル-p-フェニレンジアミン	NN'-di-2-naphthyl-p-phenylenediamine	93-46-9	ラテックスにも良い	80 t
	NN'-ジフェニル-p-フェニレンジアミン	NN'-diphenyl-p-phenylenediamine	74-31-7	PANと併用、タイヤ	15 t
	N-イソプロピル-N'-フェニル-p-フェニレンジアミン	N-isopropyl-N'-phenyl-p-phenylenediamine	101-72-4	タイヤ、工業製品	280 t
	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	N-(1,3-dimethylbutyl)-N'-phenyl-p-phenylenediamine	793-24-8	タイヤ	150 t
	N-シクロヘキシル-N'-フェニル-p-フェニレンジアミン	N-cyclohexyl-N'-phenyl-p-phenylenediamine	101-87-1		
	N-(1-メチルヘプチル)-N'-フェニル-p-フェニレンジアミン	N-(1-methylheptyl)-N'-phenyl-p-phenylenediamine	15233-47-3		
	N-(3-メタクリロイルオキシ-2-ヒドロキシプロピル)-N'-フェニル-p-フェニレンジアミン	N-(3-methacryloyloxy-2-hydroxypropyl)-N'-phenyl-p-phenylenediamine	39940-88-0		5 t
フェノール	2,6-ジ-tert-ブチル-4-メチルフェノール	2,6-di-tert-butyl-4-methylphenol	128-37-0	天然ゴム、ジエン系ゴム、CR	
	スチレン化フェノール	styrenated phenols	61788-44-1		30t
	2,5-ジ-tert-ブチルヒドロキノ	2,5-di-tert-butylhydroquinone	88-58-4	白色製品に適する	10 t
	2,5-ジ-tert-アミルヒドロキノ	2,5-di-tert-amylhydroquinone	79-74-3	白色製品に適する	3 t
	2,2'-メチレンビス(4-メチル-6-tert-ブチルフェノール)	2,2'-methylenebis(4-methyl-6-tert-butylphenol)	119-47-1	ポリオレフィンに最適、ラテックスにも良い	150 t
	2,2'-メチレンビス(4-エチル-6-tert-ブチルフェノール)	2,2'-methylenebis(4-ethyl-6-tert-butylphenol)	88-24-4	白色製品に適する ラテックスにも良い	100 t
	4,4'-ブチリデンビス(3-メチル-6-tert-ブチルフェノール)	4,4'-butylidenebis(3-methyl-6-tert-butylphenol)	85-60-9	天然ゴム、ジエン系ゴム ポリオレフィン製品にも使用	30 t
	4,4'-チオビス(3-メチル-6-tert-ブチルフェノール)	4,4'-thiobis(3-methyl-6-tert-butylphenol)	96-69-5	天然ゴム、ジエン系ゴム、ポリオレフィン製品にも使用	30 t
	p-クレゾールとジシクロペンタジエンのブチル化反応生成	butylated reaction product of p-cresol and dicyclopentadiene	68610-51-5		10 t
その他	2-メルカプトベンズイミダゾール	2-mercaptobenzimidazole	583-39-1		250 t
	2-メルカプトメチルベンズイミダゾール	2-mercaptomethylbenzimidazole	53988-10-6		80 t
	2-メルカプトベンズイミダゾールの亜鉛塩	zinc salt of 2-mercaptobenzimidazole	3030-80-6		130 t
	ジブチルジチオカルバミン酸ニッケル	nickel dibutyldithiocarbamate	13927-77-0	SBR、NBRに有効	120 t
	チオジプロピオン酸ジラウリ	dilauryl thiodipropionate	123-28-4		15 t
	チオジプロピオン酸ジステア	distearyl thiodipropionate	693-36-7		5 t
	1,3-ビス(ジメチルアミノプロピル)-2-チオウレア	1,3-bis(dimethylaminopropyl)-2-thiourea	18884-15-6		3 t
	トリブチルチオウレア	tributylthiourea	2422-88-0		5 t
	トリス(ノニルフェニル)ホスファイト	tris(nonylphenyl) phosphite	26523-78-4		35 t
架橋剤・硬化剤					
硫黄	粉末硫黄	powdered sulfur	7704-34-9		
	沈降硫黄	precipitated sulfur			
	コロイド硫黄	colloidal sulfur			
	不溶性硫黄	insoluble sulfur			
	一塩化硫黄	sulfur monochloride	10025-67-9		
	モルホリンジスルフィド	morpholine disulfide	103-34-4	天然ゴム、ジエン系ゴムの加硫剤	240 t

表1 (つづき)

ゴム添加剤	化学名(日)	化学名(英)	CAS No.	備考(16514の化学製品など)	製造量
加硫促進剤	アルキルフェノールジスルフィド	alkylphenol disulfide			
	2-(モルホリノジチオ)ベンゾチアゾール	2-(morpholinodithio) benzothiazole	95-32-9		130 t
	テトラメチルチウラムジスルフィド	tetramethylthiuram disulfide	137-26-8		
	テトラエチルチウラムジスルフィド	tetraethylthiuram disulfide	97-77-8		
	テトラブチルチウラムジスルフィド	tetrabutylthiuram disulfide	1634-02-2		
オキシム	ジペンタメチレンチウラムテトラスルフィド	dipentamethylenethiuram tetrasulfide	120-54-7		
	ジペンタメチレンチウラムヘキサスルフィド	dipentamethylenethiuram hexasulfide	971-15-3		
	p-キノンジオキシム	p-quinone dioxime	105-11-3	IRIによく用いられる、EPDM	100 t
	p,p'-ジベンゾイルキノンジオキシム	p,p'-dibenzoylquinone dioxime	120-52-5	IRIによく用いられる、EPDM	30 t
ポリアミン	ヘキサメチレンジアミン	hexamethylenediamine	124-09-4	ナイロン原料	
	ジエチレントリアミン	diethylenetriamine	111-40-0	繊維関係、コーティング材、ゴム薬品	
	ヘキサメチレンジアミンカルバメート	hexamethylenediamine carbamate	143-06-6	ハロゲン含有ゴム(アクリルゴム、フッ素ゴム)加硫剤	
	N,N'-ジシナミリデン-1,6-ヘキサジアミン	N,N'-dicinnamylidene-1,6-hexanediamine	140-73-8		
ペルキンド	ジクミルペルオキシド	dicumyl peroxide	80-43-3	合成ゴム架橋剤、EPDM	
	ジ-tert-ブチルペルオキシド	di-tert-butyl peroxide	110-05-4	天然ゴム、合成ゴムの架橋剤	
	2,5-ジメチル-2,5-ジ(tert-ブチルペルオキシ)ヘキサン	2,5-dimethyl-2,5-di(tert-butylperoxy)hexane	78-63-7	EPR, ウレタンゴム、シリコンゴム、その他合成ゴム架橋剤	300 t
	2,5-ジメチル-2,5-ジ(tert-ブチルペルオキシ)-3-ヘキシン	2,5-dimethyl-2,5-di(tert-butylperoxy)-3-hexyne	1068-27-5	天然ゴム、合成ゴム、シリコンゴム架橋剤	50 t
アクリル酸	エチレングリコールジメタクリレート	ethylene glycol dimethacrylate	97-90-5	架橋剤	
	トリメチロールプロパントリメタクリレート	trimethylolpropane trimethacrylate	3290-92-4	架橋剤 ゴム改質剤	
その他	ポリ-p-ジニトロベンゼン	poly-p-dinitrobenzene	9003-34-3	IR プチルゴム用活性化剤 可塑性調節	10 t
	安息香酸アンモニウム	ammonium benzoate	1863-63-4	アクリルゴム用	40 t
	N,N'-m-フェニレンジマレイミド	N,N'-m-phenylenedimaleimide	3006-93-7	天然ゴム、合成ゴム、クロロスルホン化ポリエチレン、EPDM	100 t
	2,4,6-トリメルカプト-s-トリアジン	2,4,6-trimercapto-s-triazine	638-16-4	含ハロゲン化ポリマーなど	20 t
	アルキルフェノール[ホルマリン]樹脂	alkylphenolic [-formaldehyde] resin		IR用樹脂加硫剤 ハロゲン化エラストマー	
	テトラエチレンペンタミン	tetraethylenepentamine	112-57-2		
	熱反応性アルキルフェノール樹脂	heat reactive alkylphenol resin			
スコーチ防止剤・素練促進剤					
スコーチ防止剤	無水フタル酸	phthalic anhydride	85-44-9		20 t
	N-(シクロヘキシルチオ)フタリイミド	N-(cyclohexylthio)phthalimide	17796-82-6	タイヤ使用(東レ)	25 t
	N-ニトロソジフェニルアミン	N-nitrosodiphenylamine	86-30-6		80 t
	安息香酸	benzoic acid	65-85-0		
素練促進剤	2,2'-ベンズアミドジフェニルジスルフィド	2,2'-dibenzamidodiphenyl disulfide	135-57-9	天然ゴム、SBR、BR、IR	20 t
	2-ベンズアミドチオフェノール亜鉛	zinc salt of 2-benzamidothiophenolate	30429-79-9	天然ゴム、SBR、BR、IR	10 t

:タイヤ関連で使用される添加剤

表2 人工芝グラウンド用ゴムチップ中のゴム添加剤等の分析による検出確認物質
および検出想定物質

CAS	化学物質
黒ゴム等の試料分析による検出確認物質	
140-66-9	4-tert-オクチルフェノール
98-86-2	アセトフェノン
4979-32-2	N-ジシクロヘキシルベンゾチアゾール-2-スルフェンアミド
95-31-8	N-tert-ブチルベンゾチアゾール-2-スルフェンアミド
95-33-0	N-シクロヘキシルベンゾチアゾール-2-スルフェンアミド
615-22-5	2-(メチルチオ)ベンゾチアゾール
934-34-9	2-ベンゾチアゾロン
95-16-9	ベンゾチアゾール
149-30-4	2-メルカプトベンゾチアゾール
95-32-9	2-(モルホリノジチオ)ベンゾチアゾール
85-41-6	フタルイミド
147-477	1,2-ジヒドロ-2,2,4-トリメチルキノリン
91-53-2	6-エトキシ-1,2-ジヒドロ-2,2,4-トリメチルキノリン
53988-10-6	2-メルカプトメチルベンズイミダゾール
583-39-1	2-メルカプトベンズイミダゾール
102-06-7	1,3-ジフェニルグアニジン
97-39-2	ジ- <i>o</i> -トリルグアニジン
119-47-1	2,2'-メチレンビス(4-メチル-6-tert-ブチルフェノール)
128-37-0	ジブチルヒドロキソトルエン
122-39-4	ジフェニルアミン
101-67-7	オクチル化ジフェニルアミン
101-72-4	N-イソプロピル-N'-フェニル-p-フェニレンジアミン
15233-47-3	N-(1-メチルヘブチル)-N'-フェニル-p-フェニレンジアミン
74-31-7	N,N'-ジフェニル-p-フェニレンジアミン
793-24-8	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
92-84-2	チオジフェニルアミン
10081-67-1	4,4'-ビス(α, α -ジメチルベンジル)ジフェニルアミン
黒ゴム等の試料分析における検出想定物質	
2167-51-3	α, α' -ビス(4-ヒドロキシフェニル)-1,4-ジイソプロピルベンゼン
137-89-3	イソフタル酸ビス(2-エチルヘキシル)
103-24-2	アゼライン酸ビス(2-エチルヘキシル)
122-62-3	セバシン酸ビス(2-エチルヘキシル)
2772-45-4	2,4-ビス(α, α -ジメチルベンジル)フェノール
6267-02-3	9,10-ジヒドロ-9,9-ジメチルアクリジン
883-93-2	2-フェニルベンゾチアゾール
1678-25-7	ベンゼンスルホンアニリド
96-45-7	エチレンチオウレア
6261-32-1	2-ベンジリデンテトラリン-1-オン
28291-75-0	N-シクロヘキシル-2-ベンゾチアゾールアミン
78-40-4	リン酸トリエチル
474919-59-0	1,2-シクロヘキサジカルボン酸ジイソノニルエステル
28553-12-0および68515-48-0	ベンゼン-1,2-ジカルボン酸ビス(7-メチルオクチル); ジイソノニルフタレート
117-81-7	ビス(2-エチルヘキシル)フタレート
101-83-7	ジシクロヘキシルアミン
103-23-1	アジピン酸ビス(2-エチルヘキシル)
52829-07-9	セバシン酸ビス(2,2,6,6-テトラメチル-4-ピペリジル)

* 検出想定物質の一部は最終的に不検出物質あり (ゴム添加剤等の分担研究参照)

表3 人工芝グラウンド用ゴムチップ中の PAHs の検出状況

化学物質	Cas.No.	IARC	検出の有無
Naphthalene	91-20-3	2B	○
2-Methylnaphthalene	91-57-6	-	○
1-Methylnaphthalene	90-12-0	-	○
Biphenyl	92-52-4	-	○
2,6-Dimethylnaphthalene	581-42-0	-	○
Acenaphthylene	208-96-8	-	○
Acenaphthene	83-32-9	3	○
Dibenzofuran	132-64-9	-	○
Fluorene	86-73-7	3	○
Dibenzothiophene	132-65-0		○
Phenanthrene	85-01-8	3	○
Anthracene	120-12-7	3	○
3-Methylphenanthrene	832-71-3		○
Carbazole	86-74-8	2B	×
2-Methylphenanthrene	2531-84-2		○
9-Methylphenanthrene	883-20-5		○
1-Methylphenanthrene	832-69-9		○
Fluoranthene	206-44-0	3	○
Pyrene	129-00-0	3	○
Benzo[c]fluorene	205-12-9	3	○
Benzo[c]phenanthrene	195-19-7	2B	×
Benz[a]anthracene	56-55-3	2B	○
Cyclopenta[cd]pyrene	27208-37-3	2A	○
Triphenylene	217-59-4	3	○
Chrysene	218-01-9	2B	○
5-Methylchrysene	3697-24-3	2B	×
Benzo[b]fluoranthene	205-99-2	2B	○
Benzo[k]fluoranthene	207-08-9	2B	○
7,12-Dimethylbenz[a]anthrene	57-97-6	-	×
Benzo[j]fluoranthene	205-82-3	2B	○
Benz[j]aceanthrylene	202-33-5	2B	×
Benzo[e]pyrene	192-97-2	3	○
Benzo[a]pyrene	50-32-8	1	○
3-Methylcholanthrene	56-49-5	-	×
Dibenz[c,h]acridine	224-53-3	2B	×
Dibenz[a,h]acridine	226-36-8	2B	×
Dibenz[a,j]acridine	224-42-0	2A	×
Indeno[1,2,3-cd]pyrene	193-39-5	2B	○
Dibenz[a,h]anthracene	53-70-3	2A	○
Benzo[ghi]perylene	191-24-2	3	○
7H-Dibenzo[c,g]carbazole	194-59-2	2B	×
Dibenzo[a,i]pyrene	191-30-0	2A	×
Dibenzo[a,e]pyrene	192-65-4	3	×
Coronene	191-07-1		○
Dibenzo[a,i]pyrene	189-55-9	2B	×
Dibenzo[a,h]pyrene	189-64-0	2B	×

: 追加物質

表4 EPAによる人工芝グラウンド用ゴムチップ文献リストとその概要

Ref No.	表題	報告年	概要
1	Leaching of DOC, DN and Inorganic Constituents from Scrap Tires (スクラップタイヤからのDOC, DNおよび無機構成成分の浸出)	2015	論文(Chemosphere. 139:617-23.); 環境有害性
2	Environmental and Health Impacts of Artificial Turf: A Review (人工芝の環境および健康へのインパクト:総説)	2014	論文(Environ Sci Technol. 48(4):2114-29.); ヒト健康リスクは低い
3	Environmental Sanitary Risk Analysis Procedure Applied to Artificial Turf Sports Fields (野外スポーツ場人工芝に適用される環境衛生評価手順)	2013	論文(Environ Sci Pollut Res Int. 20:4980-4992.); ヒト健康リスクは低い
4	New Approach to the Ecotoxicological Risk Assessment of Artificial Outdoor Sporting Grounds (人工野外スポーツグラウンドの生態毒性リスク評価の新手法)	2013	論文(Environ Pollut. 175:69-74.); 環境有害性
5	Artificial Turf Football Fields: Environmental and Mutagenicity Assessment (フットボール場人工芝:環境評価と突然変異評価)	2013	論文(Arch Environ Contam Toxicol. 64(1):1-11.); PAH類の曝露において、人工芝と都会で違いはない
6	Bioaccessibility and Risk Exposure to Metals and SVOCs in Artificial Turf Field Fill Materials and Fibers (競技場人工芝に用いる充填剤と繊維内のSVOCsや金属へのリスク曝露および生体到達度)	2013/2014	論文(Risk Analysis, 34, 44-55, 2014); 曝露量は低い
7	Review of the Human Health & Ecological Safety of Exposure to Recycled Tire Rubber Found at Playgrounds and Synthetic Turf Fields (遊び場や競技場の人工芝で見られる再生タイヤゴムへの曝露の環境安全性およびヒト健康の総説)	2013	報告書(ゴム製造協会用); ヒト健康リスクは低い
8	Health Risk Assessment of Lead Ingestion Exposure by Particle Sizes in Crumb Rubber on Artificial Turf Considering Bioavailability (人工芝使用ゴム断片中の鉛微粒子への曝露健康リスク評価)	2012	論文(Environ Health Toxicol. 27:e2012005.); 鉛の経口曝露量とリスクは粒径が小さいほど高い
9	Zinc Leaching from Tire Crumb Rubber (ゴムタイヤ断片から浸出する亜鉛)	2012	論文(Environ Sci Technol. 46(23):12856-63.); ゴムタイヤ断片からの亜鉛の溶出量
10	Comparison of Batch and Column Tests for the Elution of Artificial Turf System Components (人工芝構成成分の溶出を調べたバッチおよびカラムテストの比較)	2012	論文(Environ Sci Technol. 46(24):13085-92.); 亜鉛とPAHの溶出検討には、カラムテストがよい。
11	Design of a New Test Chamber for Evaluation of the Toxicity of Rubber Infill (ゴム充填剤の毒性評価用新テスト室の設計)	2011	論文(Toxicol Mech Methods. 21(8):622-7); 実験室の設備設計
12	An Evaluation of Potential Exposure to Lead and Other Metals as the Result of Aerosolized Particulate Matter from Artificial Turf Playing Fields (運動場内人工芝由来のエアロゾル微粒子からの鉛や他の金属への曝露調査)	2011	報告書(NJ州当局提出用); 鉛の曝露調査
13	Artificial-Turf Playing Fields: Contents of Metals, PAHs, PCBs, PCDDs and PCDFs, Inhalation Exposure to PAHs and Related Preliminary Risk Assessment (運動場内人工芝:金属PAHs, PCBs, PCDDsおよびPCDFsについて、PAHsへの吸入曝露と関連予備的リスク評価)	2011	論文(Sci Total Environ. 409(23):4950-7.); 吸入曝露を想定し、PAHや金属を測定したところ亜鉛とBaPが高かった。
14	Human Health Risk Assessment of Synthetic Turf Fields Based Upon Investigation of Five Fields in Connecticut (コネチカット州内5つの運動場調査に基づく人工芝のヒト健康リスク評価)	2011	論文(J Toxicol Environ Health A. 74(17):1150-74.); 18-2の論文文化; 吸入による汚染物質を測定し、屋内と屋外、大人と子供でリスクを比較した。リスクはなさそうだが、ベンゾチアゾールの曝露は屋外より屋内が高かった
15	Synthetic Turf Field Investigation in Connecticut (コネチカット州内における人工芝運動場調査)	2011	論文(J Toxicol Environ Health A. 74(17):1133-49.); 18-1の論文文化; 各種汚染物の濃度測定
16	Benzothiazole Toxicity Assessment in Support of Synthetic Turf Field Human Health Risk Assessment (運動場内人工芝ヒト健康リスク評価のためのベンゾチアゾール毒性評価)	2011	論文(J Toxicol Environ Health A. 74(17):1175-83.); ベンゾチアゾールの毒性評価
17	Hydroxypyrene in Urine of Football Players After Playing on Artificial Sports Fields with Tire Crumb Infill (タイヤ断片充填剤を用いた人工芝運動場での試合後のフットボール選手の尿中ヒドロキシピレン)	2010	論文(Int Arch Occup Environ Health. 83(1):105-10.); PAH曝露のバイオマーカーであるヒドロキシピレンの尿中濃度を測定したが、最小限であった

表4 (つづき)

Ref No.	表題	報告年	概要
18	Risk Assessment of Artificial Turf Fields (人工芝運動場のリスク評価)	2010	コネチカット(CT)州当局の報告概要
18-1	Artificial Turf Field Investigation in Connecticut. Final Report (コネチカット州における人工芝運動場の調査:最終報告書)	2010	報告書(コネチカット大学);15にて論文化
18-2	Human Health Risk Assessment of Artificial Turf Fields Based Upon Results from Five Fields in Connecticut (コネチカット州の5つの運動場の調査結果に基づく人工芝運動場のヒト健康リスク評価)	2010	報告書(CT州当局);14にて論文化
18-3	2009 STUDY OF CRUMB RUBBER DERIVED FROM RECYCLED TIRES, FINAL REPORT (リサイクルタイヤ由来ゴム粉末の2009年調査:最終報告書)	2010	報告書(CT州当局);汚染物質の濃度測定
18-4	Artificial Turf Study (人工芝調査)	2010	報告書(CT州当局);汚染物質の測定と環境リスク評価
18-5	Peer Review of an Evaluation of the Health and Environmental Impacts Associated with Synthetic Turf Playing Fields (人工芝運動場に関連する健康および環境への影響評価レビュー)	2010	報告書(コネチカットアカデミー);健康影響評価
19	Toxicological Assessment of Coated Versus Uncoated Rubber Granulates Obtained from Used Tires for Use in Sport Facilities (スポーツ施設内における使用済みタイヤ由来粒状ゴムの被膜有無の違いによる毒性評価)	2010	論文(J Air Waste Manag Assoc. 60(6):741-6.);汚染物質濃度測定と環境毒性
20	Characterization of Substances Released from Crumb Rubber Material Used on Artificial Turf Fields (運動場内人工芝で用いられるゴム断片由来溶出物質の特性評価)	2010	論文(Chemosphere. 80(3):279-85.);汚染物質の検出
21	Evaluating and Regulating Lead in Synthetic Turf (人工芝内の鉛規制と評価)	2010	論文(Environ Health Perspect. 118(10): 1345-1349.);鉛濃度の測定
22	Safety Study of Artificial Turf Containing Crumb Rubber Infill Made from Recycled Tires: Measurements of Chemicals and Particulates in the Air, Bacteria in the Turf, and Skin Abrasions Caused by Contact with the Surface (再生タイヤを原料としたタイヤ断片充填剤を含む人工芝の安全試験:表面接触による皮膚擦過傷、芝中の微生物、空気中の微粒子や化学物質の測定)	2010	報告書(CA州当局提出用);汚染物質の濃度測定とリスト
23	An Assessment of Chemical Leaching, Releases to Air and Temperature at Crumb-Rubber Infilled Synthetic Turf Fields (化学物質溶出の評価:人工芝ゴムチップグラウンドにおける気中放出と温度)	2009	報告書(NY州当局);汚染物質等の測定
24	A Scoping-Level Field Monitoring Study of Synthetic Turf Fields and Playgrounds (運動場や公園内人工芝のスコーピングフィールドモニタリング調査)	2009	報告書(US EPA);汚染物質等の測定
25	Air Quality Survey of Synthetic Turf Fields Containing Crumb Rubber Infill (ゴム断片充填剤を含んだ人工芝の空気品質調査)	2009	報告書(NY市当局提出用);吸入に係る汚染物質の濃度測定、ヒトリスク評価不要
26	New Jersey Investigation of Artificial Turf and Human Health Concerns (人工芝とヒト健康問題のニュージャージー州調査)	2008	報道用資料?(NJ州)
27	A Review of the Potential Health and Safety Risks from Synthetic Turf Fields Containing Crumb Rubber Infill (ゴム断片充填剤を含む人工芝運動場からの潜在的な健康と安全性リスクの総説)	2008	報告書(NY市当局提出用)
28	Synthetic Turf: Health Debate Takes Root (人工芝:健康についての議論)	2008	論文(Environ Health Perspect 116(3): A116-A122.);論文ではなく記事
29	Artificial Turf: Safe or Out on Ball Fields Around the World (人工芝:世界中の野球場の安全性)	2008	論文(J of Expos Anal Environ Epidemiol. 18:533-534);論文ではなく記事
30	Hazardous Chemicals in Synthetic Turf Materials and their Bioaccessibility in Digestive Fluids (人工芝材料中の危険化学物質および消化液内のそれら化学物質生体到達度)	2008	論文(J Expo Sci Environ Epidemiol. 18(6):600-7.);汚染物質の濃度測定と経口における体内へのシミュレーション
31	Mapping, Emissions and Environmental and Health Assessment of Chemical Substances in Artificial Turf (人工芝中化学物質のマッピング、排出、健康、環境評価)	2008	報告書(オランダ当局);海外状況、汚染物質濃度測定と健康影響評価

表 4 (つづき)

Ref No.	表題	報告年	概要
32	Evaluation of Health Effects of Recycled Waste Tires in Playgrounds and Track Products (公園やTrack Products内のリサイクル破棄タイヤにおける健康への影響評価)	2007	報告書(CA州当局提出用); 汚染物質濃度測定と健康影響評価
33	Examination of Crumb Rubber Produced from Recycled Tires (再生タイヤから作られたゴム断片の調査)	2007	報告書(CT州当局); 有機汚染物質の検出(下記#34に包含)
34	Artificial Turf: Exposures to Ground-Up Rubber Tires - Athletic Fields - Playgrounds - Gardening Mulch (人工芝: 競技場、公園、庭園内ゴムタイヤへの曝露)	2007	報告書(Environment & Human Health Inc.)
35	Environmental and Health Evaluation of the Use of Elastomer Granulates (Virgin and from Used Tyres) as Filling in Third-Generation Artificial Turf (第3世代人工芝内において、充填剤として粒状エラストマー(使用、未使用タイヤ由来)使用について環境健康評価)	2007	報告書(フランス当局提出用); 測定方法と汚染物質リスト
36	Preliminary Assessment of the Toxicity from Exposure to Crumb Rubber: Its Use in Playgrounds and Artificial Turf Playing Fields (ゴム断片への曝露毒性初期評価: 公園や人工芝運動場におけるゴム断片の使用)	2007	報告書(NJ州当局); アブストラクト
37	A Case Study of Tire Crumb Use on Playgrounds: Risk Analysis and Communication When Major Clinical Knowledge Gaps Exists (公園でのタイヤ断片の事例研究: 主な臨床知識ギャップが存在する時のリスク分析とコミュニケーション)	2006	論文(Environ Health Perspect.114(1):1-3.); 対応事例紹介
38	A Survey of Microbial Populations in Infilled Synthetic Turf Fields (充填剤がある人工芝運動場における微生物集団の調査)	2006	報告書(ペンシルバニア州立大学); 微生物汚染
39	Artificial Turf Pitches: An Assessment of Health Risks for Football Players and the Environment (人工芝ピッチ: フットボールプレイヤーの健康リスクや環境の評価)	2006	プレゼン資料(ノルウェー当局)
40	Measurement of Air Pollution in Indoor Artificial Turf Halls (室内人工芝の大気汚染測定)	2006	報告書(ノルウェー当局); 汚染物質測定
41	Toxicological Evaluation for the Hazard Assessment of Tire Crumb for Use in Public Playgrounds (公園内で用いるタイヤ断片の有害性評価の毒性学的評価)	2003	論文(J Air Waste Manag. 53:903-07.); 汚染物質測定

: 物質の選定等に用いた文献

表5 人工芝ゴムチップグラウンドで検出された化学物質
あるいはタイヤゴムに添加される物質および毒性情報一覧

ID	化学名(日)	化学名(英)	CAS	毒性情報			国際的評価書 (ゴム添加物関連)
				HazDS (J-GHS)	HazDS (CERL)	HazDS (環境省)	
	人工芝グラウンド排水溝 (Ref. 2)						
1	亜鉛	Zinc	7440-66-6	○	×	×	NS
2	ヒ素	Arsenic	7440-38-2	○	×	×	NS
3	銅	Copper	7440-50-8	○	×	○(環)	NS
4	鉛	Lead	7439-92-1	○	×	○(環)	NS
5	クロム	Chromium	7440-47-3	○	×	×	NS
6	ニッケル	Nickel	7440-02-0	○	×	×	NS
(24)	アセナフチレン	Acenaphthylene	208-96-8				
(23)	アセナフテン	Acenaphthene	83-32-9				
(38)	フェナントレン	Phenanthrene	85-01-6				
7	アントラセン	Anthracene	120-12-7	○	○	○	NS
(32)	フルオランテン	Fluoranthene	206-44-0				
(39)	ピレン	Pyrene	129-00-0				
(25)	ベンゾ[a]アントラセン	Benzo[a]anthracene	56-55-3				
(31)	クリセン	Chrysene	218-01-9				
(27)	ベンゾ[b]フルオランテン	Benzo[b]fluoranthene	205-99-2				
(30)	ベンゾ[k]フルオランテン	Benzo[k]fluoranthene	207-08-9				
	人工芝グラウンド大気 (Ref. 14)						
	揮発性有機化合物 (VOC)						
8	アセトン	Acetone	67-64-1	○	×	○	NS
9	二硫化炭素	Carbon disulfide	75-15-0	○	○	○	NS
10	クロロメタン	Chloromethane	74-87-3	○	○	○	NS
11	シクロヘキサン	Cyclohexane	110-82-7	○	×	×	NS
12	エチルベンゼン	Ethyl benzene	100-41-4	○	○	○(環)	NS
13	ヘプタン	Heptane	142-82-5	○	×	○	NS
14	ヘキサン	Hexane	110-54-3	○	×	○(環)	NS
15	ジクロロメタン	Methylene chloride	75-09-2	○	○	○	NS
16	メチルエチルケトン	Methyl ethyl ketone	78-93-3	○	×	○	NS
17	メチルイソブチルケトン	Methyl isobutyl ketone	108-10-1	○	○	○	NS
18	スチレン	Styrene	100-42-5	○	○	○(環)	NS
19	トルエン	Toluene	108-88-3	○	○	○(環)	NS
20	キシレン(異性体混合物)	Xylenes	1330-20-7	○	×	○(環)	NS
	半揮発性有機化合物 (Semi-VOC)						
21	ベンゾチアゾール	Benzothiazole	95-16-9	○	×	○(生)	NS
22	ジブチルヒドロキシトルエン	Butylated hydroxytoluene	128-37-0	○	○	○	NS
	多環芳香族炭化水素 (PAH)						
23	アセナフテン	Acenaphthene	83-32-9	○	×	○	NS
24	アセナフチレン	Acenaphthylene	208-96-8	○	×	○	NS
25	ベンゾ[a]アントラセン	Benzo[a]anthracene	56-55-3	○	×	○	NS
26	ベンゾ[a]ピレン	Benzo[a]pyrene	50-32-8	○	○	○	NS
27	ベンゾ[b]フルオランテン	Benzo[b]fluoranthene	205-99-2	○	×	○	NS
28	ベンゾ[e]ピレン	Benzo[e]pyrene	192-97-2	○	×	○	NS
29	ベンゾ[ghi]ペリレン	Benzo[ghi]perylene	191-24-2	×	×	○	NS
30	ベンゾ[k]フルオランテン	Benzo[k]fluoranthene	207-08-9	○	×	○	NS
31	クリセン	Chrysene	218-01-9	○	×	○	NS
32	フルオランテン	Fluoranthene	206-44-0	×	×	○	NS
33	フルオレン	Fluorene	86-73-7	○	×	○	NS
34	ナフタレン	Naphthalene	91-20-3	○	○	○	NS
35	1-メチルナフタレン	1-Methylnaphthalene	90-12-0	○	×	○	NS
36	2-メチルナフタレン	2-Methylnaphthalene	91-57-6	○	×	○	NS
37	2,6-ジメチルナフタレン	2,6-Dimethylnaphthalene	581-42-0	×	×	×	NS
38	フェナントレン	Phenanthrene	85-01-6	○	×	○	NS
39	ピレン	Pyrene	129-00-0	×	×	○	NS
	人工芝ゴムチップサンプルからの滲出 (Ref. 23)						
40	アニリン	Aniline	62-53-3	○	○	○(環)	NS
41	フェノール	Phenol	108-95-2	○	○	○(環)	NS
42	N-ニトロソジフェニルアミン	N-Nitrosodiphenylamine	86-30-6	○	○	○	NS
43	イソホロン	Isophorone	78-59-1	○	×	○	NS

表5 (つづき)

ID	化学名(日)	化学名(英)	CAS	HazDS (J-GHS)	HazDS (CERL)	HazDS (ゴム添加物関 連)	環境省
44	4-メチルフェノール	4-Methylphenol	106-44-5	○	○	○	NS
45	アセトフェノン	Acetophenone	98-86-2	○	×	○	NS
46	ジエチルフタレート	Diethyl Phthalate	84-66-2	○	×	○	NS
47	安息香酸	Benzoic Acid	65-85-0	○	×	○	NS
48	ビス(2-エチルヘキシル)フタレート	Bis(2-ethylhexyl) Phthalate	117-81-7	○	○	○(環)	NS
49	2-メチルフェノール	2-Methylphenol	95-48-7	○	○	○(環)	NS
(34)	ナフタレン	Naphthalene	91-20-3				
50	ジ-n-ブチルフタレート	Di-n-butyl Phthalate	84-74-2	○	○	○(環)	NS
51	カルバゾール	Carbazole	86-74-8	○	×	×	NS
52	2,4-ジメチルフェノール	2,4-Dimethylphenol	105-67-9	○	×	○	NS
53	ベンジルアルコール	Benzyl Alcohol	100-51-6	○	○	○(環)	NS
(21)	ベンゾチアゾール	Benzothiazole	95-16-9				
54	ジシクロヘキシルアミン	Cyclohexanamine, N-cyclohexyl	101-83-7	○	×	○	NS
(17)	メチルイソブチルケトン	Methyl Isobutyl Ketone	108-10-1				
55	2-ヒドロキシベンゾチアゾール	2(3H)-Benzothiazolone	934-34-9	×	×	×	NS
56	フタルイミド	Phthalimide	85-41-6	×	×	×	NS
57	2-メルカプトベンゾチアゾール	2-Mercaptobenzothiazole	149-30-4	○	×	×	IARC, Danish
58	イソチオシアン酸シクロヘキシル	Cyclohexane, isothiocyanato-	1122-82-3	×	×	×	NS
59	ジエトキシメタン	Methane, diethoxy-Cyclohexane	462-95-3	×	×	×	NS
	タイヤ関連ゴムの添加剤等						
60	ジオトリルグアニジン	Di-o-tolylguanidine	97-39-2	○	×	×	SIDS
(57)	2-メルカプトベンゾチアゾール	2-Mercaptobenzothiazole	149-30-4				
61	ジベンゾチアゾールジスルフィド	Dibenzothiazole disulfide	120-78-5	○	×	×	
62	2-メルカプトベンゾチアゾールの亜鉛	2-Mercaptobenzothiazole zinc	155-04-4	×	×	×	
63	2-メルカプトベンゾチアゾールのシクロヘキシルアミン塩	2-Mercaptobenzothiazole cyclohexylamine salt	37437-20-0	×	×	×	
64	2-(モルホリノジチオ)ベンゾチアゾール	2-(Morpholinodithio)benzothiazole	95-32-9	○	×	×	
65	N-シクロヘキシルベンゾチアゾール-2-スルフェンアミド	N-Cyclohexylbenzothiazole-2-sulfenamide	95-33-0	○	○	○	EURAR, SIDS
66	N-tert-ブチルベンゾチアゾール-2-スルフェンアミド	N-tert-Butylbenzothiazole-2-sulfenamide	95-31-8	○	○	×	SIDS
67	N-オキシジエチレンベンゾチアゾール-2-スルフェンアミド	N-Oxydiethylenebenzothiazole-2-sulfenamide	102-77-2	○	×	×	
68	テトラメチルチウラムモノスルフィド	Tetramethylthiuram monosulfide	97-74-5	○	×	×	
69	テトラメチルチウラムジスルフィド(チウラム)	Tetramethylthiuram disulfide (Thiuram)	137-26-8	○	×	○(生)	SIDS, IARC
70	テトラブチルチウラムジスルフィド	Tetrabutylthiuram disulfide	1634-02-2	×	×	×	
71	テトラベンジルチウラムジスルフィド	Tetrabenzylthiuram disulfide	10591-85-2	×	×	×	
72	テトラキス(2-エチルヘキシル)チウラムジスルフィド	Tetrakis(2-ethylhexyl)thiuram disulfide	37437-21-1	×	×	×	
73	ジペンタメチレンチウラムテトラスル	Dipentamethylenethiuram	120-54-7	×	×	×	
74	ジメチルジチオカルバミン酸亜鉛(ジラム)	Zinc dimethyldithiocarbamate (Ziram)	137-30-4	○	×	○	MAK, IARC
75	ジエチルジチオカルバミン酸亜鉛	Zinc diethyldithiocarbamate	14324-55-1	○	×	×	
76	ジブチルジチオカルバミン酸亜鉛	Zinc di-n-butylthiocarbamate	136-23-2	○	×	×	
77	エチルフェニルジチオカルバミン酸亜鉛	Zinc ethylphenyldithiocarbamate	14634-93-6	×	×	×	
78	ジベンジルジチオカルバミン酸亜鉛	Zinc dibenzylthiocarbamate	14726-36-4	×	×	×	
79	ジエチルジチオカルバミン酸テルル	Tellurium diethyldithiocarbamate	20941-65-5	○	×	×	
80	ジメチルジチオカルバミン酸鉄	Iron(III) dimethyldithiocarbamate	14484-64-1	○	×	×	
81	ジメチルジチオカルバミン酸銅	Copper dimethyldithiocarbamate	137-29-1	○	×	×	
82	2,2,4-トリメチル-1,2-ジヒドロキノリン重合体	Polymerized 2,2,4-trimethyl-1,2-dihydroquinoline	26780-96-1	×	×	×	
83	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)	6-Ethoxy-1,2-dihydro-2,2,4-trimethylquinoline	91-53-2	○	×	×	FSC-J
84	ジフェニルアミンとアセトンの反応物	Reaction product of diphenylamine and acetone	68412-48-6	×	×	×	
85	N-フェニル-1-ナフチルアミン	N-Phenyl-1-naphthylamine	90-30-2	○	×	×	MAK
86	オクチル化ジフェニルアミン	Octylated diphenylamine	101-67-7	×	×	×	MAK

表5 (つづき)

ID	化学名(日)	化学名(英)	CAS	HazDS (J-GHS)	HazDS (CER)	HazDS (環境省)	ゴム添加物関連
87	4,4'-ビス(α,α'-ジメチルベンジル)ジフェニルアミン	4,4'-Bis(α,α'-dimethylbenzyl)diphenylamine	10081-67-1	×	×	×	
88	N,N'-ジフェニル-p-フェニレンジアミン	N,N'-Diphenyl-p-phenylenediamine	74-31-7	○	×	×	
89	N-イソプロピル-N'-フェニル-p-フェニレンジアミン	N-Isopropyl-N'-phenyl-p-phenylenediamine	101-72-4	○	×	×	SIDS, MAK
90	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	N-(1,3-Dimethylbutyl)-N'-phenyl-p-phenylenediamine	793-24-8	○	×	○	SIDS, MAK
91	p-キノンジオキシム	p-Quinone dioxime	105-11-3	○	×	×	IARC
92	p,p'-ジベンゾイルキノンジオキシム	p,p'-Dibenzoylquinone dioxime	120-52-5	×	×	×	
93	ジクミルペルオキシド	Dicumyl peroxide	80-43-3	○	×	○	
94	N,N'-m-フェニレンジマレイミド	N,N'-m-Phenylenedimaleimide	3006-93-7	×	×	×	
95	N-(シクロヘキシルチオ)フタルイミド	N-(Cyclohexylthio)phthalimide	17796-82-6	○	×	○	
	その他(タイヤ補強材)						
96	カーボンブラック	carbon black	1333-86-4	○	×	×	NS
	黒ゴム等の試料分析による検出確認						
97	4-tert-オクチルフェノール	4-tert-Octylphenol	140-66-9	○	○	○(環)	SIDS, MAK(G)
(45)	アセトフェノン	Acetophenone	98-86-2				
98	N-ジシクロヘキシルベンゾチアゾール-2-スルフェンアミド	N, N-Dicyclohexyl-2-benzothiazolesulfenamide	4979-32-2	○	○	○	SIDS
(66)	N-tert-ブチルベンゾチアゾール-2-スルフェンアミド	N-tert-Butylbenzothiazole-2-sulfenamide	95-31-8				
(65)	N-シクロヘキシルベンゾチアゾール-2-スルフェンアミド	N-Cyclohexylbenzothiazole-2-sulfenamide	95-33-0				
99	2-(メチルチオ)ベンゾチアゾール	2-(Methylthio)benzothiazole	615-22-5	×	×	×	
(55)	2-ベンゾチアゾロン	2(3H)-Benzothiazolone	934-34-9				
(21)	ベンゾチアゾール	Benzothiazole	95-16-9				
(57)	2-メルカプトベンゾチアゾール	2-Mercaptobenzothiazole	149-30-4				
(64)	2-(モルホリノジチオ)ベンゾチアゾール	2-	95-32-9				
(56)	フタルイミド	Phthalimide	85-41-6				
100	1,2-ジヒドロ-2,2,4-トリメチルキノリン	1,2-Dihydro-2,2,4-trimethylquinoline	147-47-7	×	×	×	
(83)	6-エトキシ-1,2-ジヒドロ-2,2,4-トリメチルキノリン	6-Ethoxy-1,2-dihydro-2,2,4-trimethylquinoline	91-53-2				
101	2-メルカプトメチルベンズイミダゾール	2-Mercaptomethylbenzimidazole	53988-10-6	×	×	×	
102	2-メルカプトベンズイミダゾール	2-Mercaptobenzimidazole	583-39-1	×	×	×	
103	1,3-ジフェニルグアニジン	1,3-Diphenylguanidine	102-06-7	○	×	○	SIDS
(60)	ジ-ο-トリルグアニジン	Di-ο-tolylguanidine	97-39-2				
104	2,2'-メチレンビス(4-メチル-6-tert-ブチルフェノール)	6,6'-di-tert-butyl-2,2'-methylenedi-p-cresol	119-47-1	×	×	○	SIDS
(22)	ジブチルヒドロキソトルエン	Butylated hydroxytoluene	128-37-0				
105	ジフェニルアミン	Diphenylamine	122-39-4	○	○	○	MAK(G)
(86)	オクチル化ジフェニルアミン	Octylated diphenylamine	101-67-7				
(89)	N-イソプロピル-N'-フェニル-p-フェニレンジアミン	N-Isopropyl-N'-phenyl-p-phenylenediamine	101-72-4				
106	N-(1-メチルヘプチル)-N'-フェニル-p-フェニレンジアミン	4-(2-Octylamino)diphenylamine	15233-47-3	×	×	×	
(88)	N,N'-ジフェニル-p-フェニレンジアミン	N,N'-Diphenyl-p-phenylenediamine	74-31-7				
(90)	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	N-(1,3-Dimethylbutyl)-N'-phenyl-p-phenylenediamine	793-24-8				
107	チオジフェニルアミン	Phenothiazin	92-84-2	○	×	×	MAK(G)
(87)	4,4'-ビス(α,α'-ジメチルベンジル)ジフェニルアミン	4,4'-Bis(α,α'-dimethylbenzyl)diphenylamine	10081-67-1				
	黒ゴム等の試料分析における検出想定物質						
108	α,α'-ビス(4-ヒドロキシフェニル)-1,4-ジイソプロピルベンゼン	α,α'-Bis(4-hydroxyphenyl)-1,4-diisopropylbenzene	2167-51-3	×	×	×	
109	イソフタル酸ビス(2-エチルヘキシル)	Bis(2-ethylhexyl) Isophthalate	137-89-3	×	×	×	
110	アゼライン酸ビス(2-エチルヘキシル)	Di(2-ethylhexyl) Azelate	103-24-2	○	×	×	SIDS
111	セバシン酸ビス(2-エチルヘキシル)	Bis(2-ethylhexyl) Sebacate	122-62-3	×	×	×	

表5 (つづき)

ID	化学名(日)	化学名(英)	CAS	HazDS (J-GHS)	HazDS (CERI)	HazDS (ゴム添加物関 連) (環境省)	
112	2,4-ビス(α,α-ジメチルベンジル)フェノール	2,4-Bis(α,α-dimethylbenzyl)phenol	2772-45-4	×	×	×	
113	9,10-ジヒドロ-9,9-ジメチルアクリジン	9,10-Dihydro-9,9-dimethylacridine	6267-02-3	×	×	×	
114	2-フェニルベンゾチアゾール	2-Phenylbenzothiazole	883-93-2	×	×	×	
115	ベンゼンスルホンアニリド	Benzenesulfonanilide	1678-25-7	×	×	×	
116	エチレンチオウレア	Ethylenethiourea	96-45-7	○	○	○	MAK, IARC
117	2-ベンジリデンテトラリン-1-オン	2-Benzylidene-1-tetralone	6261-32-1	×	×	×	
118	N-シクロヘキシル-2-ベンゾチアゾールアミン	N-cyclohexyl-1,3-benzothiazol-2-amine	28291-75-0	×	×	×	
119	リン酸トリエチル	Triethylphosphate	78-40-4	×	×	×	
120	1,2-シクロヘキサジカルボン酸ジイソノニルエステル	DINCH (1,2-Cyclohexane dicarboxylic acid diisononyl ester)	474919-59-0	×	×	×	
121	ベンゼン-1,2-ジカルボン酸ビス(7-メチルオクチル); ジイソノニルフタレート	DINP (1,2-Benzenedicarboxylic acid, di-C8-10-branched alkyl esters, C9 rich and di-“isononyl” phthalate)	28553-12-0 & 68515-48-0	×	×	×	SIAP, EURAR
(48)	ビス(2-エチルヘキシル)フタレート	Bis(2-ethylhexyl) Phthalate	117-81-7				
(54)	ジシクロヘキシルアミン	Cyclohexanamine, N-cyclohexyl	101-83-7				
122	アジピン酸ビス(2-エチルヘキシル)	D(2-ethylhexyl) adipate	103-23-1	○	○	○(環)	SIDS, IARC
123	セバシン酸ビス(2,2,6,6-テトラメチル-4-ピペリジル)	Bis(2,2,6,6-tetramethyl-4-piperidyl) sebacate	52829-07-9	○	×	×	SIAP
	人工芝のPAH分析における新規検出物質						
124	ベンゾ[c]フルオレン	Benzo[c]fluorene	205-12-9	×	×	×	IARC
125	シクロペンタ[cd]ピレン	Cyclopenta[cd]pyrene	27208-37-3	×	×	×	MAK, IARC
126	ベンゾ[ghi]フルオランテン	Benzo[ghi]fluoranthene	205-82-3	○	×	○	IARC

Ref. 2: Environ Sci Technol. 48(4):2114-29, 2014

Ref. 14: J Toxicol Environ Health A. 74(17):1150-74, 2011

Ref. 23: NY State Department of Health, May 2009.

HazDS(ハザードデータシート)

J-GHS(職場のあんぜんサイト): http://anzeninfo.mhlw.go.jp/anzen/pg/GHS_MSD_FND.aspx

NITE-CHIRP: http://www.nite.go.jp/chem/chrip/chrip_search/srhInput#を用い、以下を調査

HazDS(CERI): http://www.cerij.or.jp/evaluation_document/Chemical_hazard_data_list_02.html

HazDS(環境省): <http://www.env.go.jp/chemi/report/>

環: 化学物質の環境リスク初期評価

生: 化学物質の生態リスク初期評価

記述無し(○のみ): 化学物質の健康影響に関する暫定的有害性評価シート

検索実施(NS: 検索せず)

表6 人工芝関連物質の暫定健康有害性評価一覧

ID	化学名(日)	化学名(英)	CAS	IARC グループ	暫定ヒト有害性評価 (特に発がん性)	備考
	人工芝グラウンド排水溝 (Ref. 2)					
1	亜鉛	Zinc	7440-66-6	未評価	懸念なし	
2	ヒ素	Arsenic	7440-38-2	1	懸念あり	
3	銅	Copper	7440-50-8	未評価	懸念なし	
4	鉛	Lead	7439-92-1	2B	懸念あり	
5	クロム	Chromium	7440-47-3	3	懸念なし (六価クロムを除く)	
6	ニッケル	Nickel	7440-02-0	1	懸念あり	
7	アントラセン	Anthracene	120-12-7	3	懸念あり	
24	アセナフチレン	Acenaphthylene	208-96-8	未評価	評価困難	重複
23	アセナフテン	Acenaphthene	83-32-9	3	懸念なし	重複
38	フェナントレン	Phenanthrene	85-01-8	3	懸念あり	重複
32	フルオランテン	Fluoranthene	206-44-0	3	懸念あり	重複
39	ピレン	Pyrene	129-00-0	3	懸念あり	重複
25	ベンゾ[a]アントラセン	Benz[a]anthracene	56-55-3	2B	懸念あり	重複
31	クリセン	Chrysene	218-01-9	2B	懸念あり	重複
27	ベンゾ[b]フルオランテン	Benzo[b]fluoranthene	205-99-2	2B	懸念あり	重複
30	ベンゾ[k]フルオランテン	Benzo[k]fluoranthene	207-08-9	2B	懸念あり	重複
	人工芝グラウンド大気 (Ref. 14)					
	揮発性有機化合物 (VOC)					
8	アセトン	Acetone	67-64-1	未評価	懸念なし	
9	二硫化炭素	Carbon disulfide	75-15-0	未評価	懸念なし	
10	クロロメタン	Chloromethane	74-87-3	3	懸念なし	
11	シクロヘキサン	Cyclohexane	110-82-7	未評価	懸念なし	
12	エチルベンゼン	Ethyl benzene	100-41-4	2B	懸念あり	
13	ヘプタン	Heptane	142-82-5	未評価	懸念なし	
14	ヘキサン	Hexane	110-54-3	未評価	懸念あり	
15	ジクロロメタン	Methylene chloride	75-09-2	2A	懸念あり	
16	メチルエチルケトン	Methyl ethyl ketone	78-93-3	未評価	懸念なし	
17	メチルイソブチルケトン	Methyl isobutyl ketone	108-10-1	2B	懸念あり	
18	スチレン	Styrene	100-42-5	2B	懸念あり	
19	トルエン	Toluene	108-88-3	3	懸念なし	
20	キシレン(異性体混合物)	Xylenes	1330-20-7	3	懸念なし	
	半揮発性有機化合物 (Semi-VOC)					
21	ベンゾチアゾール	Benzothiazole	95-16-9	未評価	評価困難	
22	ジブチルヒドロキシトルエン	Butylated hydroxytoluene	128-37-0	3	懸念あり	
	多環芳香族炭化水素 (PAH)					
23	アセナフテン	Acenaphthene	83-32-9	3	懸念なし	
24	アセナフチレン	Acenaphthylene	208-96-8	未評価	評価困難	
25	ベンゾ[a]アントラセン	Benz[a]anthracene	56-55-3	2B	懸念あり	
26	ベンゾ[a]ピレン	Benzo[a]pyrene	50-32-8	1	懸念あり	
27	ベンゾ[b]フルオランテン	Benzo[b]fluoranthene	205-99-2	2B	懸念あり	
28	ベンゾ[e]ピレン	Benzo[e]pyrene	192-97-2	3	懸念あり	
29	ベンゾ[ghi]ペリレン	Benzo[ghi]perylene	191-24-2	3	懸念あり	
30	ベンゾ[k]フルオランテン	Benzo[k]fluoranthene	207-08-9	2B	懸念あり	
31	クリセン	Chrysene	218-01-9	2B	懸念あり	
32	フルオランテン	Fluoranthene	206-44-0	3	懸念あり	
33	フルオレン	Fluorene	86-73-7	3	懸念あり	
34	ナフタレン	Naphthalene	91-20-3	2B	懸念あり	
35	1-メチルナフタレン	1-Methylnaphthalene	90-12-0	未評価	評価困難	
36	2-メチルナフタレン	2-Methylnaphthalene	91-57-6	未評価	評価困難	
37	2,6-ジメチルナフタレン	2,6-Dimethylnaphthalene	581-42-0	未評価	評価困難	
38	フェナントレン	Phenanthrene	85-01-8	3	懸念あり	
39	ピレン	Pyrene	129-00-0	3	懸念あり	
	人工芝ゴムチップサンプルからの滲出 (Ref. 23)					
40	アニリン	Aniline	62-53-3	3	懸念あり	
41	フェノール	Phenol	108-95-2	3	懸念なし	
42	N-ニトロソジフェニルアミン	N-Nitrosodiphenylamine	86-30-6	3	懸念あり	
43	イソホロン	Isophorone	78-59-1	未評価	懸念あり	

表 6 (つづき)

ID	化学名(日)	化学名(英)	CAS	IARC グループ	暫定ヒト有害性評価 (特に発がん性)	備考
44	4-メチルフェノール	4-Methylphenol	106-44-5	未評価	評価困難	
45	アセトフェノン	Acetophenone	98-86-2	未評価	評価困難	
46	ジエチルフタレート	Diethyl Phthalate	84-66-2	未評価	懸念なし	
47	安息香酸	Benzoic Acid	65-85-0	未評価	懸念なし	
48	ビス(2-エチルヘキシル)フタレート	Bis(2-ethylhexyl) Phthalate	117-81-7	未評価	懸念あり	
49	2-メチルフェノール	2-Methylphenol	95-48-7	未評価	評価困難	
50	ジ-n-ブチルフタレート	Di-n-butyl Phthalate	84-74-2	未評価	懸念なし	
51	カルバゾール	Carbazole	86-74-8	2B	懸念あり	
52	2,4-ジメチルフェノール	2,4-Dimethylphenol	105-67-9	未評価	評価困難	
53	ベンジルアルコール	Benzyl Alcohol	100-51-6	未評価	懸念なし	
54	ジシクロヘキシルアミン	Cyclohexanamine, N-cyclohexyl	101-83-7	未評価	評価困難	
55	2-ヒドロキシベンゾチアゾール	2(3H)-Benzothiazolone	934-34-9	未評価	評価困難	
56	フタルイミド	Phthalimide	85-41-6	未評価	評価困難	
57	2-メルカプトベンゾチアゾール	2-Mercaptobenzothiazole	149-30-4	2A	懸念あり	
58	イソチオシアン酸シクロヘキシル	Cyclohexane, isothiocyanato-	1122-82-3	未評価	評価困難	
59	ジエトキシメタン	Methane, diethoxy-Cyclohexane	462-95-3	未評価	評価困難	
34	ナフタレン	Naphthalene	91-20-3	2B	懸念あり	重複
21	ベンゾチアゾール	Benzothiazole	95-16-9	未評価	評価困難	重複
17	メチルイソブチルケトン	Methyl Isobutyl Ketone	108-10-1	2B	懸念あり	重複
	タイヤ関連ゴムの添加剤等					
60	ジ-o-トリルグアニジン	Di-o-tolylguanidine	97-39-2	未評価	評価困難	
61	ジベンゾチアゾールジスルフィド	Dibenzothiazole disulfide	120-78-5	未評価	懸念なし	
62	2-メルカプトベンゾチアゾールの亜鉛塩	2-Mercaptobenzothiazole zinc salt	155-04-4	未評価	評価困難	
63	2-メルカプトベンゾチアゾールのシクロヘキシルアミン塩	2-Mercaptobenzothiazole cyclohexylamine salt	37437-20-0	未評価	評価困難	
64	2-(モルホリノジチオ)ベンゾチアゾール	2-(Morpholinodithio)benzothiazole	95-32-9	未評価	評価困難	
65	N-シクロヘキシルベンゾチアゾール-2-スルフェンアミド	N-Cyclohexylbenzothiazole-2-sulfenamide	95-33-0	未評価	懸念なし	
66	N-tert-ブチルベンゾチアゾール-2-スルフェンアミド	N-tert-Butylbenzothiazole-2-sulfenamide	95-31-8	未評価	評価困難	
67	N-オキシジエチレンベンゾチアゾール-2-スルフェンアミド	N-Oxydiethylenebenzothiazole-2-sulfenamide	102-77-2	未評価	懸念なし	
68	テトラメチルチウラムモノスルフィド	Tetramethylthiuram monosulfide	97-74-5	未評価	評価困難	
69	テトラメチルチウラムジスルフィド(チウラム)	Tetramethylthiuram disulfide (Thiuram)	137-26-8	3	懸念なし	
70	テトラブチルチウラムジスルフィド	Tetrabutylthiuram disulfide	1634-02-2	未評価	評価困難	
71	テトラベンジルチウラムジスルフィド	Tetrabenzylthiuram disulfide	10591-85-2	未評価	評価困難	
72	テトラキス(2-エチルヘキシル)チウラムジスルフィド	Tetrakis(2-ethylhexyl)thiuram disulfide	37437-21-1	未評価	評価困難	
73	ジペンタメチレンチウラムテトラスル	Dipentamethylenethiuram	120-54-7	未評価	評価困難	
74	ジメチルジチオカルバミン酸亜鉛	Zinc dimethyldithiocarbamate	137-30-4	3	懸念あり	
75	ジエチルジチオカルバミン酸亜鉛	Zinc diethyldithiocarbamate	14324-55-1	未評価	評価困難	
76	ジブチルジチオカルバミン酸亜鉛	Zinc di-n-butylthiocarbamate	136-23-2	未評価	評価困難	
77	エチルフェニルジチオカルバミン酸亜鉛	Zinc ethylphenyldithiocarbamate	14634-93-6	未評価	評価困難	
78	ジベンジルジチオカルバミン酸亜鉛	Zinc dibenzylthiocarbamate	14726-36-4	未評価	評価困難	
79	ジエチルジチオカルバミン酸テルル	Tellurium diethyldithiocarbamate	20941-65-5	3	評価困難	
80	ジメチルジチオカルバミン酸鉄	Iron(III) dimethyldithiocarbamate	14484-64-1	3	評価困難	
81	ジメチルジチオカルバミン酸銅	Copper dimethyldithiocarbamate	137-29-1	未評価	評価困難	
82	2,2,4-トリメチル-1,2-ジヒドロキノリン重合体	Polymerized 2,2,4-trimethyl-1,2-dihydroquinoline	26780-96-1	未評価	評価困難	
83	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)	6-Ethoxy-1,2-dihydro-2,2,4-trimethylquinoline	91-53-2	未評価	懸念あり	
84	ジフェニルアミンとアセトンの反応物	Reaction product of diphenylamine and acetone	68412-48-6	未評価	評価困難	
85	N-フェニル-1-ナフチルアミン	N-Phenyl-1-naphthylamine	90-30-2	未評価	評価困難	
86	オクチル化ジフェニルアミン	Octylated diphenylamine	101-67-7	未評価	評価困難	
87	4,4'-ビス(α,α'-ジメチルベンジル)ジフェニルアミン	4,4'-Bis(α,α'-dimethylbenzyl)diphenylamine	10081-67-1	未評価	評価困難	
88	N,N'-ジフェニル-p-フェニレンジアミン	N,N'-Diphenyl-p-	74-31-7	未評価	評価困難	

表 6 (つづき)

ID	化学名(日)	化学名(英)	CAS	IARC グループ	暫定ヒト有害性評価 (特に発がん性)	備考
89	N-イソプロピル-N'-フェニル-p-フェニレンジアミン	N-Isopropyl-N'-phenyl-p-phenylenediamine	101-72-4	未評価	評価困難	
90	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	N-(1,3-Dimethylbutyl)-N'-phenyl-p-phenylenediamine	793-24-8	未評価	評価困難	
91	p-キノンジオキシム	p-Quinone dioxime	105-11-3	3	懸念あり	
92	p,p'-ジベンゾイルキノンジオキシム	p,p'-Dibenzoylquinone dioxime	120-52-5	未評価	評価困難	
93	ジクミルペルオキサイド	Dicumyl peroxide	80-43-3	未評価	評価困難	
94	N,N'-m-フェニレンジマレイミド	N,N'-m-Phenylenedimaleimide	3006-93-7	未評価	評価困難	
95	N-(シクロヘキシルチオ)フタルイミド	N-(Cyclohexylthio)phthalimide	17796-82-6	未評価	懸念なし	
57	2-メルカプトベンゾチアゾール	2-Mercaptobenzothiazole	149-30-4	2A	懸念あり	重複
	その他					
96	カーボンブラック	carbon black	1333-86-4	2B	懸念あり	
	黒ゴム等の試料分析による検出確認物質					
97	4-tert-オクチルフェノール	4-tert-Octylphenol	140-66-9	未評価	評価困難	
45	アセトフェノン	Acetophenone	98-86-2	未評価	評価困難	重複
98	N-ジシクロヘキシルベンゾチアゾール-2-スルフェンアミド	N, N-Dicyclohexyl-2-benzothiazolesulfenamide	4979-32-2	未評価	評価困難	
66	N-tert-ブチルベンゾチアゾール-2-スルフェンアミド	N-tert-Butylbenzothiazole-2-sulfenamide	95-31-6	未評価	評価困難	重複
65	N-シクロヘキシルベンゾチアゾール-2-スルフェンアミド	N-Cyclohexylbenzothiazole-2-sulfenamide	95-33-0	未評価	懸念なし	重複
99	2-(メチルチオ)ベンゾチアゾール	2-(Methylthio)benzothiazole	615-22-5	未評価	評価困難	
55	2-ベンゾチアゾロン	2(3H)-Benzothiazolone	934-34-9	未評価	評価困難	重複
21	ベンゾチアゾール	Benzothiazole	95-16-9	未評価	評価困難	重複
57	2-メルカプトベンゾチアゾール	2-Mercaptobenzothiazole	149-30-4	2A	懸念あり	重複
64	2-(モルホリノジチオ)ベンゾチアゾール	2-(Morpholinodithio)benzothiazole	95-32-9	未評価	評価困難	重複
56	フタルイミド	Phthalimide	85-41-6	未評価	評価困難	重複
100	1,2-ジヒドロ-2,2,4-トリメチルキノリン	1,2-Dihydro-2,2,4-	147-47-7	未評価	評価困難	
83	6-エトキシ-1,2-ジヒドロ-2,2,4-トリメチルキノリン	6-Ethoxy-1,2-dihydro-2,2,4-trimethylquinoline	91-53-2	未評価	懸念あり	重複
101	2-メルカプトメチルベンズイミダゾール	2-Mercaptomethylbenzimidazole	53988-10-6	未評価	評価困難	
102	2-メルカプトベンズイミダゾール	2-Mercaptobenzimidazole	583-39-1	未評価	評価困難	
103	1,3-ジフェニルグアニジン	1,3-Diphenylguanidine	102-06-7	未評価	評価困難	
60	ジ-ortho-トリルグアニジン	Di-ortho-tolylguanidine	97-39-2	未評価	評価困難	重複
104	2,2'-メチレンビス(4-メチル-6-tert-ブチルフェノール)	6,6'-di-tert-butyl-2,2'-methylenedi-p-cresol	119-47-1	未評価	評価困難	
22	ジブチルヒドロキシトルエン	Butylated hydroxytoluene	128-37-0	3	懸念あり	重複
105	ジフェニルアミン	Diphenylamine	122-39-4	未評価	懸念あり	重複
88	オクチル化ジフェニルアミン	Octylated diphenylamine	101-67-7	未評価	評価困難	重複
89	N-イソプロピル-N'-フェニル-p-フェニレンジアミン	N-Isopropyl-N'-phenyl-p-phenylenediamine	101-72-4	未評価	評価困難	重複
106	N-(1-メチルヘプチル)-N'-フェニル-p-フェニレンジアミン	4-(2-Octylamino)diphenylamine	15233-47-3	未評価	評価困難	
88	N,N'-ジフェニル-p-フェニレンジアミン	N,N'-Diphenyl-p-phenylenediamine	74-31-7	未評価	評価困難	重複
90	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	N-(1,3-Dimethylbutyl)-N'-phenyl-p-phenylenediamine	793-24-8	未評価	評価困難	重複
107	チオジフェニルアミン	Phenothiazin	92-84-2	未評価	評価困難	
87	4,4'-ビス(α,α'-ジメチルベンジル)ジフェニルアミン	4,4'-Bis(α,α'-dimethylbenzyl)diphenylamine	10081-67-1	未評価	評価困難	重複
	黒ゴム等の試料分析における検出想定物質					
108	α,α'-ビス(4-ヒドロキシフェニル)-1,4-ジイソプロピルベンゼン	α,α'-Bis(4-hydroxyphenyl)-1,4-diisopropylbenzene	2167-51-3	未評価	評価困難	
109	イソフタル酸ビス(2-エチルヘキシル)	Bis(2-ethylhexyl) Isophthalate	137-89-3	未評価	評価困難	
110	アゼライン酸ビス(2-エチルヘキシル)	Di(2-ethylhexyl) Azelate	103-24-2	未評価	評価困難	
111	セバシン酸ビス(2-エチルヘキシル)	Bis(2-ethylhexyl) Sebacate	122-62-3	未評価	評価困難	
112	2,4-ビス(α,α'-ジメチルベンジル)フェノール	2,4-Bis(α,α'-dimethylbenzyl)phenol	2772-45-4	未評価	評価困難	

表 6 (つづき)

ID	化学名(日)	化学名(英)	CAS	IARC グループ	暫定ヒト有害性評価 (特に発がん性)	備考
113	9,10-ジヒドロ-9,9-ジメチルアクリジン	9,10-Dihydro-9,9-dimethylacridine	6267-02-3	未評価	評価困難	
114	2-フェニルベンゾチアゾール	2-Phenylbenzothiazole	883-93-2	未評価	評価困難	
115	ベンゼンスルホンアニリド	Benzenesulfonanilide	1678-25-7	未評価	評価困難	
116	エチレンチオウレア	Ethylenethiourea	96-45-7	3	懸念あり	
117	2-ベンジリデンテトラリン-1-オン	2-Benzylidene-1-tetralone	6261-32-1	未評価	評価困難	
118	N-シクロヘキシル-2-ベンゾチアゾールアミン	N-cyclohexyl-1,3-benzothiazol-2-amine	28291-75-0	未評価	評価困難	
119	リン酸トリエチル	Triethylphosphate	78-40-4	未評価	評価困難	
120	1,2-シクロヘキサンジカルボン酸ジイソノニルエステル	DINCH (1,2-Cyclohexane dicarboxylic acid diisononyl)	474919-59-0	未評価	評価困難	
121	ベンゼン-1,2-ジカルボン酸ビス(7-メチルオクチル); ジイソノニルフタレート	DINP (1,2-Benzenedicarboxylic acid, di-C8-10-branched alkyl esters, C9 rich and di-"isononyl" phthalate)	28553-12-0 & 68515-48-0	未評価	懸念なし	
48	ビス(2-エチルヘキシル)フタレート	Bis(2-ethylhexyl) Phthalate	117-81-7	2B	懸念あり	重複
54	ジシクロヘキシルアミン	Cyclohexanamine, N-cyclohexyl	101-83-7	未評価	評価困難	重複
122	アジピン酸ビス(2-エチルヘキシル)	Di(2-ethylhexyl) adipate	103-23-1	3	懸念なし	
123	セバシン酸ビス(2,2,6,6-テトラメチル-4-ピペリジル)	Bis(2,2,6,6-tetramethyl-4-piperidyl) sebacate	52829-07-9	未評価	評価困難	
人工芝のPAH分析における新規検出物質						
124	ベンゾ[c]フルオレン	Benzo[c]fluorene	205-12-9	3	懸念あり	
125	シクロペンタ[cd]ピレン	Cyclopenta[cd]pyrene	27208-37-3	2A	懸念あり	
126	ベンゾ[j]フルオランテン	Benzo[j]fluoranthene	205-82-3	2B	懸念あり	

懸念あり: 37物質
懸念なし: 24物質
評価困難: 65物質

表7 「懸念あり」の37物質

➤ ID2	ヒ素
➤ ID4	鉛
➤ ID6	ニッケル
➤ ID7	アントラセン
➤ ID12	エチルベンゼン
➤ ID14	ヘキサン
➤ ID15	ジクロロメタン
➤ ID17	メチルイソブチルケトン
➤ ID18	スチレン
➤ ID22	ジブチルヒドロキシトルエン
➤ ID25	ベンズ[a]アントラセン
➤ ID26	ベンゾ[a]ピレン
➤ ID27	ベンゾ[b]フルオランテン
➤ ID28	ベンゾ[e]ピレン
➤ ID29	ベンゾ[ghi]ペリレン
➤ ID30	ベンゾ[k]フルオランテン
➤ ID31	クリセン
➤ ID32	フルオランテン
➤ ID33	フルオレン
➤ ID34	ナフタレン
➤ ID38	フェナントレン
➤ ID39	ピレン
➤ ID40	アニリン
➤ ID42	N-ニトロソジフェニルアミン
➤ ID43	イソホロン
➤ ID48	ビス(2-エチルヘキシル)フタレート
➤ ID51	カルバゾール
➤ ID57	2-メルカプトベンゾチアゾール
➤ ID74	ジメチルジチオカルバミン酸亜鉛(ジラム)
➤ ID83	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)
➤ ID91	p-キノンジオキシム
➤ ID96	カーボンブラック
➤ ID105	ジフェニルアミン
➤ ID116	エチレンチオウレア
➤ ID124	ベンゾ[c]フルオレン
➤ ID125	シクロペンタ[ed]ピレン
➤ ID126	ベンゾ[j]フルオランテン

重金属類(ヒ素、鉛、ニッケル)

PAHs(アントラセン、ベンズ[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、ナフタレン、フェナントレン、ピレン、ベンゾ[c]フルオレン、シクロペンタ[c,d]ピレン、ベンゾ[j]フルオランテン)

VOCs(エチルベンゼン、ヘキサン、ジクロロメタン、アニリン、メチルイソブチルケトン、スチレン)

添加剤等(ジブチルヒドロキシトルエン、N-ニトロソジフェニルアミン、イソホロン、ビス(2-エチルヘキシル)フタレート、カルバゾール、2-メルカプトベンゾチアゾール、ジメチルジチオカルバミン酸亜鉛(ジラム)、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)、p-キノンジオキシム、カーボンブラック、ジフェニルアミン、エチレンチオウレア)

表8 関連サイトとそのURLアドレス

サイト名	URL
製品評価技術基盤機構 化学物質総合情報提供システム	http://www.nite.go.jp/chem/chrip/chrip_search/systemTop
厚生労働省の職場のあんぜんサイト	http://anzeninfo.mhlw.go.jp/index.html
GHS対応モデルラベル・モデルSDS情報	http://anzeninfo.mhlw.go.jp/anzen_pg/GHS MSD FND.aspx
化学物質評価研究機構ハザードデータシート	http://www.cerij.or.jp/evaluation_document/Chemical_hazard_data_list_02.html
環境省化学物質の環境リスク評価結果	http://www.env.go.jp/chemi/report/
米国NTP Synthetic Turf/Recycled Tire Crumb Rubber Research	https://ntp.niehs.nih.gov/results/areas/syntheticurf/research.html
米国カリフォルニアEPA (Environmental Health Study of Synthetic Turf)	http://oehha.ca.gov/risk-assessment/fact-sheet-environmental-health-study-synthetic-turf
ID57 Danish EPA	http://www2.mst.dk/Udgiv/publications/2014/01/978-87-93026-84-1.pdf
ID57 IARC, Q&A	https://www.iarc.fr/en/media-centre/iarcnews/pdf/QA%20on%20MBT.pdf
ID60などすべての対象物質	http://webnet.oecd.org/hpv/UI/Search.aspx
ID60 SIAP、JETOC翻訳	http://ietoc.or.jp/safe/doc/J97-39-2.pdf
ID65 EURAR	https://echa.europa.eu/documents/10162/52baf757-f74c-4993-84c8-3bb72195cf55
ID65 SIAP、JETOC翻訳	http://ietoc.or.jp/safe/doc/J4979-32-2.pdf
ID66 SIAP、JETOC翻訳	http://ietoc.or.jp/safe/doc/J95-31-8.pdf
ID69 IARC	http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol53/mono53-16.pdf
ID74 IARC	http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol53/mono53-17.pdf
ID74 MAK	http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/3527600418.mb13730d0059/pdf
ID83 食品安全委員会、飼料添加物・農薬評価書	http://www.fsc.go.jp/iken-bosyu/pc4_hishiryu_ethoxyquin_250903.pdf
ID85 CICAD翻訳	http://www.nihs.go.jp/hse/cicad/full/no9/no9.pdf
ID85 MAK	http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/3527600418.mb9030kskd0046/pdf
ID86 MAK	http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/3527600418.mb10167kskd0034/pdf
ID89 MAK	http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/3527600418.mb10172d0051/pdf
ID90 MAK	http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/3527600418.mb79324d0055/pdf
ID91 IARC	http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol71/mono71-64.pdf
ID97 MAK	http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/3527600418.mb14066d0061/pdf
ID105 MAK	http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/3527600418.mb12239kskd0054/pdf
ID107 MAK	http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/3527600418.mb9284kskd0046/pdf
ID107 IARC	http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol53/mono53-16.pdf
ID116 MAK	http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/3527600418.mb9645e0011/pdf
ID116 IARC	http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol79/mono79-23.pdf
ID121 EURAR	https://echa.europa.eu/documents/10162/83a55967-64a9-43cd-a0fa-d3f2d3c4938d
ID122 IARC	http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol77/mono77-7.pdf
ID124 IARC	http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol92/mono92.pdf
ID125 MAK	http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/3527600418.mb2720837e0027/pdf
ID125 IARC	http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol92/mono92.pdf
ID126 IARC	http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol92/mono92.pdf
ECHA 初期リスク評価	https://echa.europa.eu/-/recycled-rubber-infill-causes-a-very-low-level-of-concern
RIVM検討開始	http://www.rivm.nl/en/Topics/R/Rubber_granulate
RIVM報告書(英語)	http://www.rivm.nl/en/Documents_and_publications/Scientific/Reports/2017/February/Evaluation_of_health_risks_of_playing_sports_on_synthetic_turf_pitches_with_rubber_granulate

表9 物質選定等に用いた論文の要約

文献番号	表題	要約
Ref. 2	Environmental and Health Impacts of Artificial Turf: A Review [人工芝が環境および健康に及ぼす影響: レビュー]	人工芝の環境とヒト健康に対する影響の総説。天然芝と人工芝の長所・短所、ならびに人工芝の構造を解説し、環境への影響については、揮発性有機物質や重金属等の環境中への放出を概説している。ヒト健康への影響については、経皮、経口、吸入の暴露経路の評価の必要性や人工芝の熱や光による分解に伴う汚染物質の放出への考慮が概説されている。各種充填剤の長所・短所の比較もなされている。有害物質への暴露は低く、リスクを増加させる暴露はないとしている。
Ref. 14	HUMAN HEALTH RISK ASSESSMENT OF SYNTHETIC TURF FIELDS BASED UPON INVESTIGATION OF FIVE FIELDS IN CONNECTICUT [コネチカット州のフィールド5カ所の調査に基づいた、人工芝のフィールドにおけるヒトの健康リスク評価]	コネチカット州による2009年に実施された5つの人工芝運動場の調査結果に基づく、ヒト健康リスク評価報告書の論文版。吸入による汚染物質(揮発性有機物質、半揮発性有機物質、多環芳香族炭化水素化合物)を測定し、20超の潜在的懸念物質を認めた。屋内と屋外、大人と子供でリスクを比較した。発がん・非発がんリスクとも懸念のレベルは最低限以下だが、ベンゾチアゾールの曝露は屋外より屋内が高かった。
Ref. 15	SYNTHETIC TURF FIELD INVESTIGATION IN CONNECTICUT [コネチカット州の人工芝に関する野外調査]	コネチカット州内における5~6箇所の人工芝運動場(室内あるいは屋外)における汚染物質(揮発性有機物質、半揮発性有機物質、多環芳香族炭化水素類等)の濃度調査。先の論文との姉妹報告。ニトロサミン類濃度は報告限界以下で、やPM ₁₀ 濃度にも差は認められなかった。鉛も規制値以下だった。ナフタレン、ベンゾチアゾール、ブチル化ヒドロキシトルエン(BHT)の濃度は室内で高かった。これらの意見はヒト健康リスク評価に用いられる。
Ref. 16	Benzothiazole Toxicity Assessment in Support of Synthetic Turf Field Human Health Risk Assessment [人工芝のフィールドにおけるヒトの健康リスク評価により裏付けられたベンゾチアゾールの毒性評価]	ゴムチップにより衝撃を和らげた人工芝フィールドは、プレーヤーに対する化学物質の曝露源になる。ゴムチップからベンゾチアゾール(BZT)が揮発され、吸入曝露する可能性がある。BZTは、人工芝の研究で認められる主要なゴム関連化学物質である。今回の評価では、コネチカット州の5カ所のフィールドで検出されたBZTをもとに、本物質によるヒトの健康リスク評価上の毒性について情報を提示する。BZTは急性毒性をもたらす呼吸器刺激物質および皮膚感作物質である。遺伝毒性試験では、BZTは代謝活性化系存在下のネズミチフス菌において陽性であった。BZTの代謝から開環により芳香族ヒドロキシルアミン(変異原性および発がん性を示す可能性がある代謝物)が形成される。構造類似体である2-メルカプトベンゾチアゾール(2-MBZT)がより広く検討されたため、一部のエンドポイントでは代替として用いられている。2-MBZTはげっ歯類の発がん物質であり、ゴム業界のデータではヒトの膀胱がんとの関連性が裏付けられている。BZTについて次の毒性値が得られた。(1) 空気中の急性曝露に対する目標値は、BZT RD50とホルムアルデヒドを比較したマウス試験の結果に基づき、110 µg/m ³ とした。(2) 慢性曝露に対する発がん以外の作用の目標値は、ラット亜慢性混餌投与試験の無毒性量(NOEL)、投与経路の外挿、不確実係数(各種係数の組み合わせにより1000)に基づき、18 µg/m ³ とした。(3) がんのユニットリスクは、公表されている2-MBZT経口摂取時のスロープファクターおよび投与経路の外挿に基づき、1.8E-07/µg-m ³ とした。BZTの毒性データベースには多くの不確実性があるが、今回の評価により、人工芝フィールドに関わるリスク評価について、BZTの定量的評価が可能になる。ただし、今回の評価はスクリーニングレベルにすぎず、BZTの作用強度をより正確に定義する研究が必要である。
その他	European Union Risk Assessment Report, N-Cyclohexylbenzothiazol-2-sulphenamide (CAS No: 95-33-0) [EUリスク評価書、N-シクロヘキシルベンゾチアゾール-2-スルフェンアミド]	職業曝露者については、リスクを制限する必要がある。既に適用されているリスク軽減手段は考慮に入れられているものとする。次の2つの職業曝露シナリオが同定されている。(1) 大規模な化学工業におけるN-シクロヘキシルベンゾチアゾール-2-スルフェンアミド(CBS)の生産。(2) ゴム工業における加硫促進剤としてのCBSの使用。CBSにとって、反復吸入および皮膚感作による全身毒性は、最も関連性が高い毒性学的エンドポイントである。気道刺激性については、「保留」された。全身への影響に関しては、シナリオ(1)(CBSの生産)の吸入による反復投与毒性が懸念される。職業曝露限界の確立のため、基準として臨界曝露量2 mg/m ³ が提唱されている。本基準値を遵守すれば、気道刺激性のリスクも効果的に最小化され得ると想定される。皮膚感作性に関しては、皮膚接触により両シナリオの懸念が生じるが、適切な管理手段があることから、CBS生産(シナリオ1)中のアレルギー性皮膚反応のリスクは比較的低いと考える。消費者については、現在のところ、詳細な情報や試験、ならびに既に適用されている以上のリスク軽減手段は必要ない。また、ヒト環境曝露についても、現在のところ、詳細な情報や試験、ならびに既に適用されている以上のリスク軽減手段は必要ない。

人工芝ゴムチップ関連物質

健康有害性評価シート

シートID		1
健康有害性評価シート		
物質名	亜鉛	
英名	Zinc	
CAS 番号	7440-66-6	Zn
分子式	Zn	
分子量	65.4 (原子量)	
外観	青灰色～銀白色の固体	
沸点	907℃	
融点	420℃	
蒸気圧	ほとんど気化しない	
水溶性	不溶	
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性		
海外にて人工芝グラウンドの排水溝からの検出事例がある。		
反復投与毒性 (特定標的臓器)		
適切なデータなし。		
【GHS: 分類できない】		
生殖毒性		
適切なデータなし。		
【GHS: 分類できない】		
発がん性		
適切なデータなし (発がん性の懸念はもたれていない)。		
【GHS: 分類できない】		
長期曝露によるヒト健康影響		
皮膚への接触により皮膚炎の可能性がある。亜鉛は必須微量元素のため、欠乏症や過剰症による生理的機能障害 (味覚障害など) 誘発の可能性がある。		
有害性 (特に発がん性) に基づく暫定ヒト健康有害性評価		
懸念なし。		

懸念なし：動物あるいはヒトにおいて、試験あるいは評価がなされているものの、発がん性を示す知見が認められていない物質。

1

シートID		2
健康有害性評価シート		
物質名	ヒ素	
英名	Arsenic	
CAS 番号	7440-38-2	As
分子式	As	
分子量	74.9 (原子量)	
外観	灰色の固体	
沸点	613℃(昇華点)	
融点	溶融せず(昇華)	
蒸気圧	ほとんど気化しない	
水溶性	不溶	
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性		
海外にて人工芝グラウンドの排水溝からの検出事例がある。		
反復投与毒性 (特定標的臓器)		
無機ヒ素化合物により、神経系、腎臓、肝臓、血液系、呼吸器系、皮膚に障害を与える。		
【GHS: 区分1 (神経系、腎臓、肝臓、血液系、呼吸器系、皮膚)】		
生殖毒性		
適切なデータなし。一部の無機ヒ素化合物において、母体毒性が認められる用量で生殖毒性影響が認められている。		
【GHS: 区分2】		
発がん性		
IARCでグループ1に分類されている。		
【GHS: 区分1】		
長期曝露によるヒト健康影響		
皮膚、末梢神経系、肝臓に影響を与え、色素障害、角質増殖、神経障害、貧血、肝障害を生じることがある。ヒトで発がん性を示す。		
有害性 (特に発がん性) に基づく暫定ヒト健康有害性評価		
懸念あり。		

懸念あり：ハザードとして動物あるいはヒトにおいて発がん性を示す知見が認められた物質、あるいはそれらと類似の構造を有し発がん性を示す可能性があると推定される物質で、今後、発がん性に係るヒト健康リスクを評価する際には(例えば、曝露量の検討)、優先的に評価対象とするのが望ましいと考える物質。

2

シートID		3
健康有害性評価シート		
物質名	銅	
英名	Copper	
CAS 番号	7440-50-8	Cu
分子式	Cu	
分子量	63.6 (原子量)	
外観	赤色の固体	
沸点	2595℃	
融点	1083℃	
蒸気圧	ほとんど気化しない	
水溶性	不溶	
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性		
海外にて人工芝グラウンドの排水溝からの検出事例がある。		
反復投与毒性 (特定標的臓器)		
適切なデータなし。なお、本物質は皮膚感作性物質とされている。		
【GHS: 分類できない; 皮膚感作性 区分1】		
生殖毒性		
適切なデータなし。		
【GHS: 分類できない】		
発がん性		
適切なデータなし (発がん性の懸念はもたれていない)。		
【GHS: 分類できない】		
長期曝露によるヒト健康影響		
アレルギー性皮膚反応を起こすおそれがある。		
有害性 (特に発がん性) に基づく暫定ヒト健康有害性評価		
懸念なし。		

懸念なし：動物あるいはヒトにおいて、試験あるいは評価がなされているものの、発がん性を示す知見が認められていない物質。

3

シートID		4
健康有害性評価シート		
物質名	鉛	
英名	Lead	
CAS 番号	7440-92-1	Pb
分子式	Pb	
分子量	207.2 (原子量)	
外観	青灰色の固体	
沸点	327℃	
融点	1740℃	
蒸気圧	ほとんど気化しない	
水溶性	不溶	
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性		
海外にて人工芝グラウンドの排水溝からの検出事例がある。		
反復投与毒性 (特定標的臓器)		
造血・血液系、神経系の障害がみられている。		
【GHS: 区分1 (造血系、中枢神経系、末梢神経系)】		
生殖毒性		
生殖能又は胎児への悪影響のおそれがある。		
【GHS: 区分1A】		
発がん性		
鉛はIARCでグループ2Bに分類されている。なお、無機鉛化合物はIARCでグループ2Aに分類されている。		
【GHS: 区分2】		
長期曝露によるヒト健康影響		
血液、骨髄、神経系、腎臓に影響を与え、貧血、脳障害(痙攣など)、末梢神経障害、腎臓障害を生じることがある。ヒトで生殖毒性や発がん性を示す可能性がある。		
有害性 (特に発がん性) に基づく暫定ヒト健康有害性評価		
懸念あり。		

懸念あり：ハザードとして動物あるいはヒトにおいて発がん性を示す知見が認められた物質、あるいはそれらと類似の構造を有し発がん性を示す可能性があると推定される物質で、今後、発がん性に係るヒト健康リスクを評価する際には(例えば、曝露量の検討)、優先的に評価対象とするのが望ましいと考える物質。

4

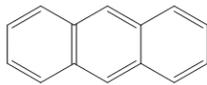
健康有害性評価シート	
物質名	クロム
英名	Chromium
CAS 番号	7440-47-3
分子式	Cr
分子量	52.0 (原子量)
外観	灰色の粉末
沸点	2642℃
融点	1900℃
蒸気圧	ほとんど気化しない
水溶性	不溶
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
海外にて人工芝グラウンドの排水溝からの検出事例がある。	
反復投与毒性 (特定標的臓器)	
適切なデータなし。	
【GHS: 分類できない】	
生殖毒性	
適切なデータなし。	
【GHS: 分類できない】	
発がん性	
金属クロムや三価クロムは IARC でグループ 3 に分類されている (発がん性の懸念はもたれていない)。なお、六価クロムは IARC でグループ 1 に分類されている。	
【GHS: 区分外】	
長期曝露によるヒト健康影響	
アレルギー性皮膚反応や喘息を起こすおそれがある。六価のクロム化合物はヒトで発がん性を示す。	
有害性 (特に発がん性) に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
懸念なし (六価クロムを除く)。	

懸念なし: 動物あるいはヒトにおいて、試験あるいは評価がなされているもの、発がん性を示す知見が認められていない物質。

健康有害性評価シート	
物質名	ニッケル
英名	Nickel
CAS 番号	7440-02-0
分子式	Ni
分子量	58.7 (原子量)
外観	銀色の金属固体
沸点	2730℃
融点	1455℃
蒸気圧	ほとんど気化しない
水溶性	不溶
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
海外にて人工芝グラウンドの排水溝からの検出事例がある。	
反復投与毒性 (特定標的臓器)	
呼吸器への障害。	
【GHS: 区分 1 (呼吸器)】	
生殖毒性	
適切なデータなし。	
【GHS: 分類できない】	
発がん性	
IARC でグループ 1 に分類されている。	
【GHS: 区分 1A】	
長期曝露によるヒト健康影響	
アレルギー性皮膚反応や喘息を起こすおそれがある。肺障害を生ずるおそれがある。ヒトで発がん性を示す。	
有害性 (特に発がん性) に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
懸念あり。	

懸念あり: ハザードとして動物あるいはヒトにおいて発がん性を示す知見が認められた物質、あるいはそれらと類似の構造を有し発がん性を示す可能性があると推定される物質で、今後、発がん性に係るヒト健康リスクを評価する際には (例えば、曝露量の検討)、優先的に評価対象とするのが望ましいと考える物質。

健康有害性評価シート	
物質名	アントラセン
英名	Anthracene
CAS 番号	120-12-7
分子式	C ₁₄ H ₁₀
分子量	178.2
外観	白色の結晶または薄片
沸点	342℃
融点	218℃
蒸気圧	0.08 Pa (ほとんど気化しない)
水溶性	1.3 mg/L
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
海外にて人工芝グラウンドの排水溝からの検出事例がある。	
反復投与毒性 (特定標的臓器)	
適切なデータなし。なお、呼吸器感受性と皮膚感受性を示す。	
【GHS: 分類できない; 呼吸器/皮膚感受性 区分 1】	
生殖毒性	
適切なデータなし。	
【GHS: 分類できない】	
発がん性	
IARC (グループ 3) による評価以降の知見として、経口投与による雌雄ラットと雌マウスに明らかながん原性 (肝臓、膀胱、腎臓など) が示された。	
【GHS: 区分 2】	
長期曝露によるヒト健康影響	
光と反応し、アレルギー性皮膚反応を起こすおそれがある。ヒトで発がん性を示す可能性がある。	
有害性 (特に発がん性) に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
懸念あり。	



懸念あり: ハザードとして動物あるいはヒトにおいて発がん性を示す知見が認められた物質、あるいはそれらと類似の構造を有し発がん性を示す可能性があると推定される物質で、今後、発がん性に係るヒト健康リスクを評価する際には (例えば、曝露量の検討)、優先的に評価対象とするのが望ましいと考える物質。

健康有害性評価シート	
物質名	アセトン
英名	Acetone
CAS 番号	67-64-1
分子式	C ₃ H ₆ O / (CH ₃) ₂ CO
分子量	58.1
外観	無色透明の液体
沸点	56℃
融点	-95℃
蒸気圧	239.5hPa
水溶性	易溶
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
海外にて人工芝グラウンド大気から揮発性有機化合物として検出事例がある。	
反復投与毒性 (特定標的臓器)	
中枢神経系、呼吸器に影響を与える。	
【GHS: 区分 1 (中枢神経系、呼吸器)】	
生殖毒性	
高濃度吸入曝露で、胎児・胚への影響がみられた。	
【GHS: 区分 2】	
発がん性	
発がん性は示されていない。	
【GHS: 区分外】	
長期曝露によるヒト健康影響	
皮膚への接触により、乾燥やひび割れを引き起こすことがある。	
有害性 (特に発がん性) に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
懸念なし。	



懸念なし: 動物あるいはヒトにおいて、試験あるいは評価がなされているもの、発がん性を示す知見が認められていない物質。

健康有害性評価シート	
物質名	二硫化炭素
英名	Carbon disulfide
CAS 番号	75-15-0
分子式	CS ₂
分子量	76.1
外観	無色の液体
沸点	46℃
融点	-111℃
蒸気圧	48 kPa
水溶性	2860 mg/L
S=C=S	
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
海外にて人工芝グラウンド大気から揮発性有機化合物として検出事例がある。	
反復投与毒性（特定標的臓器）	
動物への吸入曝露で、末梢神経の変性、心筋的水腫、腎症がみられた。	
【GHS：区分1（中枢神経系、心血管系、腎臓）】	
生殖毒性	
ラットあるいはウサギにおける吸入曝露で胎児への影響がみられた。	
【GHS：区分1B】	
発がん性	
発がん性は示されていない。	
【GHS：分類できない】	
長期曝露によるヒト健康影響	
心血管系、神経系に影響を与え、冠動脈性心疾患、重度の神経行動学的症状、多発性神経炎を生じることがある。ヒトで生殖毒性を示す可能性がある。	
有害性（特に発がん性）に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
懸念なし。	

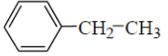
懸念なし：動物あるいはヒトにおいて、試験あるいは評価がなされているものの、発がん性を示す知見が認められていない物質。

健康有害性評価シート	
物質名	クロロメタン
英名	Chloromethane
CAS 番号	74-87-3
分子式	CH ₃ Cl
分子量	50.5
外観	無色の気体
沸点	-24.2℃
融点	-97.7℃
蒸気圧	573 kPa
水溶性	5.3 g/L
	
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
海外にて人工芝グラウンド大気から揮発性有機化合物として検出事例がある。	
反復投与毒性（特定標的臓器）	
動物試験では、肝臓、腎臓、中枢神経系への影響がみられた。	
【GHS：区分1（肝臓、腎臓、中枢神経系）】	
生殖毒性	
マウスへの吸入曝露で胎児への影響（奇形）がみられた。	
【GHS：区分1B】	
発がん性	
IARCでグループ3に分類されている（動物試験では、発がん性は認められていない）。	
【GHS：区分外】	
長期曝露によるヒト健康影響	
中枢神経系に影響を与えることがある。ヒトで生殖毒性を示す可能性がある。	
有害性（特に発がん性）に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
懸念なし。	

懸念なし：動物あるいはヒトにおいて、試験あるいは評価がなされているものの、発がん性を示す知見が認められていない物質。

健康有害性評価シート	
物質名	シクロヘキサン
英名	Cyclohexane
CAS 番号	110-82-7
分子式	C ₆ H ₁₂
分子量	84.2
外観	無色の液体
沸点	81℃
融点	7℃
蒸気圧	10.3 kPa
水溶性	0.06 g/L
	
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
海外にて人工芝グラウンド大気から揮発性有機化合物として検出事例がある。	
反復投与毒性（特定標的臓器）	
特記すべき毒性はみられていない。	
【GHS：区分外】	
生殖毒性	
生殖発生毒性は認められていない。	
【GHS：区分外】	
発がん性	
発がん性は認められていない。	
【GHS：区分外】	
長期曝露によるヒト健康影響	
皮膚炎を引き起こすことがある。	
有害性（特に発がん性）に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
懸念なし。	

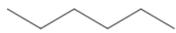
懸念なし：動物あるいはヒトにおいて、試験あるいは評価がなされているものの、発がん性を示す知見が認められていない物質。

健康有害性評価シート	
物質名	エチルベンゼン
英名	Ethylbenzene
CAS 番号	100-41-4
分子式	C ₈ H ₁₀ / C ₆ H ₅ C ₂ H ₅
分子量	106.2
外観	芳香のある無色の液体
沸点	136℃
融点	-95℃
蒸気圧	1.24 kPa(20℃)
水溶性	0.015 g/100 mL(20℃)
	
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
海外にて人工芝グラウンド大気から揮発性有機化合物として検出事例がある。	
反復投与毒性（特定標的臓器）	
動物試験では、高用量の経口あるいは吸入曝露により、腎臓および肝臓に影響がみられた。	
【GHS：区分外】	
生殖毒性	
マウス及びラットを用いた催奇形性試験において、母体毒性を示さない用量で胎児毒性（泌尿器の奇形）がみられた。	
【GHS：区分1B】	
発がん性	
IARCでグループ2Bに分類されている。	
【GHS：区分2】	
長期曝露によるヒト健康影響	
ヒトで発がん性を示す可能性がある。	
有害性（特に発がん性）に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
懸念あり。	

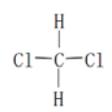
懸念あり：ハザードとして動物あるいはヒトにおいて発がん性を示す知見が認められた物質、あるいはそれらと類似の構造を有し発がん性を示す可能性があると推定される物質で、今後、発がん性に係るヒト健康リスクを評価する際には（例えば、曝露量の検討）、優先的に評価対象とするのが望ましいと考える物質。

健康有害性評価シート	
物質名	ヘプタン
英名	Heptane
CAS 番号	142-82-5
分子式	C ₇ H ₁₆ / CH ₃ (CH ₂) ₅ CH ₃
分子量	100.2
外観	特徴的臭気の無色の液体
沸点	98℃
融点	-91℃
蒸気圧	4.6 kPa(20℃)
水溶性	2.9 mg/L(25℃)
CH ₃ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₃	
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
海外にて人工芝グラウンド大気から揮発性有機化合物として検出事例がある。	
反復投与毒性（特定標的臓器）	
ヒトでは神経障害発現の可能性が示唆された疫学知見が一部で認められるもの、動物試験では高用量の吸入曝露でも神経系への影響は認められなかった。 【GHS：区分1（神経系）】	
生殖毒性	
適切なデータなし。 【GHS：分類できない】	
発がん性	
発がん性は認められていない。 【GHS：区分外】	
長期曝露によるヒト健康影響	
液体は皮膚の脱脂を起こす。	
有害性（特に発がん性）に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
懸念なし。	

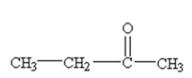
懸念なし：動物あるいはヒトにおいて、試験あるいは評価がなされているもの、発がん性を示す知見が認められていない物質。

健康有害性評価シート	
物質名	ヘキサン
英名	Hexane
CAS 番号	110-54-3
分子式	C ₆ H ₁₄
分子量	86.2
外観	特徴的臭気の無色の液体
沸点	69℃
融点	-95℃
蒸気圧	17 kPa(20℃)
水溶性	0.0013 g/100 mL(20℃)
	
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
海外にて人工芝グラウンド大気から揮発性有機化合物として検出事例がある。	
反復投与毒性（特定標的臓器）	
職業曝露により多発性神経障害、末梢性神経障害、多発性神経炎が認められ、動物試験でも吸入または経口曝露で、神経系への影響が認められた。 【GHS：区分1（神経系）】	
生殖毒性	
動物試験では、母体毒性の認められる高濃度の吸入曝露で胎児死亡が認められた。 【GHS：区分2】	
発がん性	
吸入曝露により、ラットでは発がん性は認められなかったが、マウス（雌）では、肝細胞腫瘍の有意な増加が認められた。 【GHS：区分外】	
長期曝露によるヒト健康影響	
神経系に影響を与え、多発性神経障害を生じることがある。動物試験ではヒトの生殖に影響を及ぼす可能性があることが示されている。	
有害性（特に発がん性）に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
懸念あり。	

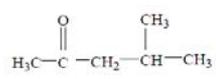
懸念あり：ハザードとして動物あるいはヒトにおいて発がん性を示す知見が認められた物質、あるいはそれらと類似の構造を有し発がん性を示す可能性があるとして推定される物質で、今後、発がん性に係るヒト健康リスクを評価する際には（例えば、曝露量の検討）、優先的に評価対象とするのが望ましいと考える物質。

健康有害性評価シート	
物質名	ジクロロメタン
英名	Dichloromethane; Methylene chloride
CAS 番号	75-09-2
分子式	CH ₂ Cl ₂
分子量	84.9
外観	特徴的臭気の無色の液体
沸点	40℃
融点	-95℃
蒸気圧	47.4 kPa(20℃)
水溶性	1.3 g/100 mL(20℃)
	
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
海外にて人工芝グラウンド大気から揮発性有機化合物として検出事例がある。	
反復投与毒性（特定標的臓器）	
ヒトにおいて中枢神経系への影響が示され、また、動物試験で肝臓への影響が認められた。 【GHS：区分1（中枢神経系、肝臓）】	
生殖毒性	
適切なデータなし。 【GHS：分類できない】	
発がん性	
IARCでグループ2Aに分類されている。 【GHS：区分1B】	
長期曝露によるヒト健康影響	
皮膚炎を引き起こすことがある。中枢神経系に影響を与えることがある。ヒトで発がん性を示す可能性が高い。	
有害性（特に発がん性）に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
懸念あり。	

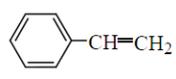
懸念あり：ハザードとして動物あるいはヒトにおいて発がん性を示す知見が認められた物質、あるいはそれらと類似の構造を有し発がん性を示す可能性があるとして推定される物質で、今後、発がん性に係るヒト健康リスクを評価する際には（例えば、曝露量の検討）、優先的に評価対象とするのが望ましいと考える物質。

健康有害性評価シート	
物質名	メチルエチルケトン
英名	Methyl ethyl ketone
CAS 番号	78-93-3
分子式	C ₅ H ₁₀ O / CH ₃ COCH ₂ CH ₃
分子量	72.1
外観	特徴的臭気の無色の液体
沸点	80℃
融点	-86℃
蒸気圧	10.5 kPa(20℃)
水溶性	29 g/100mL(20℃)
	
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
海外にて人工芝グラウンド大気から揮発性有機化合物として検出事例がある。	
反復投与毒性（特定標的臓器）	
ヒトでは神経系への影響が示唆された疫学知見が一部で認められるもの、動物試験では高用量の吸入曝露でも神経系への影響は認められなかった。 【GHS：区分1（神経系）】	
生殖毒性	
催奇形性は認められなかった。 【GHS：区分外】	
発がん性	
適切なデータなし（発がん性の懸念はもたれていない）。 【GHS：分類できない】	
長期曝露によるヒト健康影響	
神経系に影響を与える可能性が示唆される。	
有害性（特に発がん性）に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
懸念なし。	

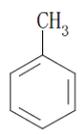
懸念なし：動物あるいはヒトにおいて、試験あるいは評価がなされているもの、発がん性を示す知見が認められていない物質。

健康有害性評価シート	
物質名	メチルイソブチルケトン
英名	Methyl isobutyl ketone
CAS 番号	108-10-1
分子式	C ₆ H ₁₂ O / CH ₃ COCH ₂ CH(CH ₃) ₂
分子量	100.2
外観	特徴的臭気の無色の液体
沸点	117~118℃
融点	-84.7℃
蒸気圧	2.1 kPa(20℃)
水溶解性	1.91 g/100 mL(20℃)
	
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
海外にて人工芝グラウンド大気から揮発性有機化合物として、また、人工芝ゴムチップサンブルからの浸出物質として検出事例がある。	
反復投与毒性（特定標的臓器）	
ヒト疫学知見により、神経系への影響が認められている。動物試験では、高用量の吸入あるいは経口曝露で、腎臓への影響がみられた。 【GHS：区分1（神経系）】	
生殖毒性	
生殖毒性は認められていない。 【GHS：区分外】	
発がん性	
IARC でグループ 2B に分類されている。 【GHS：区分2】	
長期曝露によるヒト健康影響	
ヒトで発がん性を示す可能性がある。	
有害性（特に発がん性）に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
懸念あり。	

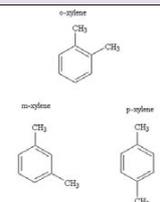
懸念あり：ハザードとして動物あるいはヒトにおいて発がん性を示す知見が認められた物質、あるいはそれらと類似の構造を有し発がん性を示す可能性があると推定される物質で、今後、発がん性に係るヒト健康リスクを評価する際には（例えば、曝露量の検討）、優先的に評価対象とするのが望ましいと考える物質。

健康有害性評価シート	
物質名	スチレン
英名	Styrene
CAS 番号	100-42-5
分子式	C ₈ H ₈ / C ₆ H ₅ CH=CH ₂
分子量	104.2
外観	無色～黄色の油状液体
沸点	145℃
融点	-30.6℃
蒸気圧	0.67 kPa(20℃)
水溶解性	0.03 g/100 mL(20℃)
	
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
海外にて人工芝グラウンド大気から揮発性有機化合物として検出事例がある。	
反復投与毒性（特定標的臓器）	
ヒト疫学で神経系への影響が示唆されるものの、評価は定まっていない。動物試験では、高用量の吸入曝露で呼吸器への影響がみられた。 【GHS：区分外】	
生殖毒性	
一部の試験で、母体毒性を示す用量で胎児に影響がみられた。 【GHS：区分外】	
発がん性	
IARC でグループ 2B に分類されている。 【GHS：区分2】	
長期曝露によるヒト健康影響	
中枢神経系に影響を与えることがある。ヒトで発がん性を示す可能性がある。	
有害性（特に発がん性）に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
懸念あり。	

懸念あり：ハザードとして動物あるいはヒトにおいて発がん性を示す知見が認められた物質、あるいはそれらと類似の構造を有し発がん性を示す可能性があると推定される物質で、今後、発がん性に係るヒト健康リスクを評価する際には（例えば、曝露量の検討）、優先的に評価対象とするのが望ましいと考える物質。

健康有害性評価シート	
物質名	トルエン
英名	Toluene
CAS 番号	108-88-3
分子式	C ₆ H ₅ CH ₃ / C ₇ H ₈
分子量	92.1
外観	特徴的臭気の無色の液体
沸点	111℃
融点	-95℃
蒸気圧	3.8 kPa(25℃)
水溶解性	515 mg/L(20℃)
	
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
海外にて人工芝グラウンド大気から揮発性有機化合物として検出事例がある。	
反復投与毒性（特定標的臓器）	
ヒトにおいて、中枢神経系や腎臓への影響が認められている。動物試験では、経口または吸入曝露で悪影響は報告されていない。 【GHS：区分1（中枢神経系、腎臓）】	
生殖毒性	
ヒトにおいて、胎児への影響が報告されている。動物試験では、胚・胎仔死亡の増加等が認められている。 【GHS：区分1A】	
発がん性	
IARC でグループ 3 に分類されている（動物試験では発がん性は示されていない）。 【GHS：区分外】	
長期曝露によるヒト健康影響	
中枢神経系に影響を与えることがある。動物試験ではヒトで生殖・発生毒性を引き起こす可能性があることが示されている。	
有害性（特に発がん性）に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
懸念なし。	

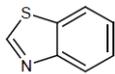
懸念なし：動物あるいはヒトにおいて、試験あるいは評価がなされているものの、発がん性を示す知見が認められていない物質。

健康有害性評価シート	
物質名	キシレン（異性体混合物）；o-, m-, p-キシレン
英名	Xylenes ; o-, m-, p-Xylene
CAS 番号	1330-20-7; (95-47-6, 108-38-3, 106-42-3)
分子式	C ₈ H ₁₀ / C ₆ H ₄ (CH ₃) ₂
分子量	106.2
外観	特徴的臭気の無色の液体
沸点	114~140℃
融点	-5~13℃
蒸気圧	0.7~0.9 kPa(20℃)
水溶解性	146 mg/L(25℃, o°)
	
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
海外にて人工芝グラウンド大気から揮発性有機化合物として検出事例がある。	
反復投与毒性（特定標的臓器）	
ヒトにおいて、慢性頭痛、呼吸困難、肺機能低下、身体障害及び精神障害等がみられた。動物試験では影響はみられていない。 【GHS：区分1（神経系、呼吸器）】	
生殖毒性	
ラットにおいて、吸収胚や水頭症がみられた。 【GHS：区分1B】	
発がん性	
IARC でグループ 3 に分類されている（動物試験では、発がん性は示されていない）。 【GHS：区分外】	
長期曝露によるヒト健康影響	
中枢神経系に影響を与えることがある。動物試験ではヒトで生殖・発生毒性を引き起こす可能性があることが示されている。	
有害性（特に発がん性）に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
懸念なし。	

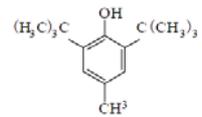
懸念なし：動物あるいはヒトにおいて、試験あるいは評価がなされているものの、発がん性を示す知見が認められていない物質。

健康有害性評価シート	
物質名	ベンゾチアゾール
英名	Benzothiazole
CAS 番号	95-16-9
分子式	C ₆ H ₅ N ₂ S
分子量	135.2
外観	無色～淡黄色澄明な液体
沸点	231℃
融点	1℃
蒸気圧	0.002 kPa (25℃)
水溶性	4.3 g/L (25℃)
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
海外にて人工芝グラウンド大気から半揮発性有機化合物として、また、人工芝ゴムチップサンプルからの浸出物質として検出事例がある。	
反復投与毒性（特定標的臓器）	
適切なデータなし。	
【GHS：分類できない】	
生殖毒性	
適切なデータなし。	
【GHS：分類できない】	
発がん性	
適切なデータなし。	
【GHS：分類できない】	
長期曝露によるヒト健康影響	
不明。	
有害性（特に発がん性）に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
評価困難。	

評価困難：動物あるいはヒトにおいて、発がん性に関連するデータの存在が認められず、発がん性に関する評価ができない物質。



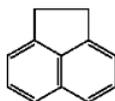
健康有害性評価シート	
物質名	ジブチルヒドロキシトルエン
英名	Butylated hydroxytoluene, BHT
CAS 番号	128-37-0
分子式	C ₁₅ H ₂₄ O C ₆ H ₄ (OH)(CH ₂)(C(CH ₃) ₂) ₂
分子量	220.3
外観	無色～淡黄色の結晶または粉末
沸点	265℃
融点	70℃
蒸気圧	1.3 Pa (20℃)
水溶性	0.06 mg/100 mL (25℃)
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
海外にて人工芝グラウンド大気から半揮発性有機化合物として検出事例がある。	
反復投与毒性（特定標的臓器）	
動物試験では、経皮で肺の、あるいは経口で肝臓への影響がみられている。	
【GHS：区分2（肺、肝臓）】	
生殖毒性	
ラットにおいて同腹児数の減少が認められた。	
【GHS：区分2】	
発がん性	
IARCでグループ3に分類されている（マウスで腫瘍の発生がみとめられている）。	
【GHS：区分外】	
長期曝露によるヒト健康影響	
肝臓に影響を与えることがある。	
有害性（特に発がん性）に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
懸念あり。	



懸念あり：ハザードとして動物あるいはヒトにおいて発がん性を示す知見が認められた物質、あるいはそれらと類似の構造を有し発がん性を示す可能性があると推定される物質で、今後、発がん性に係るヒト健康リスクを評価する際には（例えば、曝露量の検討）、優先的に評価対象とするのが望ましいと考える物質。

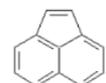
健康有害性評価シート	
物質名	アセナフテン
英名	Acenaphthene
CAS 番号	83-32-9
分子式	C ₁₂ H ₁₀
分子量	154.2
外観	白色～ベージュ色の結晶
沸点	279℃
融点	95℃
蒸気圧	0.3 Pa (25℃)
水溶性	0.0004 g/100 mL (25℃)
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
海外にて人工芝グラウンド大気ならびに人工芝グラウンド排水溝から多環芳香族炭化水素として検出事例がある。	
反復投与毒性（特定標的臓器）	
動物試験では肝細胞肥大がみられた。	
【GHS：区分外】	
生殖毒性	
適切なデータなし。	
【GHS：分類できない】	
発がん性	
IARCでグループ3に分類されている（動物では、発がん性は示されていない）。	
【GHS：区分外】	
長期曝露によるヒト健康影響	
不明。	
有害性（特に発がん性）に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
懸念なし。	

懸念なし：動物あるいはヒトにおいて、試験あるいは評価がなされているものの、発がん性を示す知見が認められていない物質。



健康有害性評価シート	
物質名	アセナフチレン
英名	Acenaphthylene
CAS 番号	208-96-8
分子式	C ₁₂ H ₈
分子量	152.2
外観	黄色の板状結晶
沸点	92～93℃
融点	265～275℃
蒸気圧	0.12 Pa (25℃)
水溶性	16.1 mg/L (25℃)
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
海外にて人工芝グラウンド大気ならびに人工芝グラウンド排水溝から多環芳香族炭化水素として検出事例がある。	
反復投与毒性（特定標的臓器）	
動物試験で、経口曝露により肝臓および腎臓に影響がみられた。また、吸入曝露では、呼吸器への影響がみられた。	
【GHS：区分1（呼吸器）、区分2（肝臓、腎臓）】	
生殖毒性	
適切なデータなし。	
【GHS：分類できない】	
発がん性	
適切なデータなし。	
【GHS：分類できない】	
長期曝露によるヒト健康影響	
呼吸器系に影響を与えることがある。	
有害性（特に発がん性）に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
評価困難。	

評価困難：動物あるいはヒトにおいて、発がん性に関連するデータの存在が認められず、発がん性に関する評価ができない物質。



健康有害性評価シート	
物質名	ベンツ[a]アントラセン
英名	Benz[a]anthracene
CAS 番号	56-55-3
分子式	C ₁₈ H ₁₂
分子量	228.3
外観	無色～黄茶色の蛍光性薄片
沸点	435℃ (昇華点)
融点	162℃
蒸気圧	292 Pa(20℃)
水溶性	溶けない
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
海外にて人工芝グラウンド大気ならびに人工芝グラウンド排水溝から多環芳香族炭化水素として検出事例がある。	
反復投与毒性 (特定標的臓器)	
適切なデータなし。	
【GHS: 分類できない】	
生殖毒性	
適切なデータなし。	
【GHS: 分類できない】	
発がん性	
IARC でグループ 2B に分類されている。	
【GHS: 区分 2】	
長期曝露によるヒト健康影響	
ヒトで発がん性を示す可能性がある。	
有害性 (特に発がん性) に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
懸念あり。	

懸念あり：ハザードとして動物あるいはヒトにおいて発がん性を示す知見が認められた物質、あるいはそれらと類似の構造を有し発がん性を示す可能性があると推定される物質で、今後、発がん性に係るヒト健康リスクを評価する際には (例えば、曝露量の検討)、優先的に評価対象とするのが望ましいと考える物質。

健康有害性評価シート	
物質名	ベンゾ[a]ピレン
英名	Benzo[a]pyrene
CAS 番号	50-32-8
分子式	C ₂₀ H ₁₂
分子量	252.3
外観	淡黄色の結晶
沸点	496℃
融点	178.1℃
蒸気圧	0.667 Pa (20℃)
水溶性	0.003 mg/L
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
海外にて人工芝グラウンド大気から多環芳香族炭化水素として検出事例がある。	
反復投与毒性 (特定標的臓器)	
経口曝露により造血系への影響がみられている。	
【GHS: 区分 2 (造血系)】	
生殖毒性	
動物試験では、生殖への影響がみられている。	
【GHS: 区分 1B】	
発がん性	
IARC でグループ 1 に分類されている。	
【GHS: 区分 1A】	
長期曝露によるヒト健康影響	
ヒトで発がん性を示す。ヒトの生殖細胞に遺伝性の遺伝子損傷を引き起こすことがある。ヒトで生殖・発生毒性を引き起こすことがある。	
有害性 (特に発がん性) に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
懸念あり。	

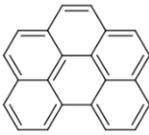
懸念あり：ハザードとして動物あるいはヒトにおいて発がん性を示す知見が認められた物質、あるいはそれらと類似の構造を有し発がん性を示す可能性があると推定される物質で、今後、発がん性に係るヒト健康リスクを評価する際には (例えば、曝露量の検討)、優先的に評価対象とするのが望ましいと考える物質。

健康有害性評価シート	
物質名	ベンゾ[b]フルオランテン
英名	Benzo[b]fluoranthene
CAS 番号	205-99-2
分子式	C ₂₀ H ₁₂
分子量	252.3
外観	無色の結晶
沸点	481℃
融点	168℃
蒸気圧	0.000067 Pa (20℃)
水溶性	0.0015 mg/L (25℃)
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
海外にて人工芝グラウンド大気ならびに人工芝グラウンド排水溝から多環芳香族炭化水素として検出事例がある。	
反復投与毒性 (特定標的臓器)	
適切なデータなし。	
【GHS: 分類できない】	
生殖毒性	
適切なデータなし。	
【GHS: 分類できない】	
発がん性	
IARC でグループ 2B に分類されている。	
【GHS: 区分 2】	
長期曝露によるヒト健康影響	
ヒトで発がん性を示す可能性がある。	
有害性 (特に発がん性) に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
懸念あり。	

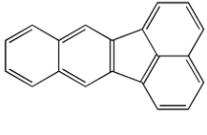
懸念あり：ハザードとして動物あるいはヒトにおいて発がん性を示す知見が認められた物質、あるいはそれらと類似の構造を有し発がん性を示す可能性があると推定される物質で、今後、発がん性に係るヒト健康リスクを評価する際には (例えば、曝露量の検討)、優先的に評価対象とするのが望ましいと考える物質。

健康有害性評価シート	
物質名	ベンゾ[e]ピレン
英名	Benzo[e]pyrene
CAS 番号	192-97-2
分子式	C ₂₀ H ₁₂
分子量	252.3
外観	無色の結晶
沸点	181.4℃
融点	310℃
蒸気圧	7.9E-07 Pa (25℃)
水溶性	0.0063 mg/L (25℃)
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
海外にて人工芝グラウンド大気から多環芳香族炭化水素として検出事例がある。	
反復投与毒性 (特定標的臓器)	
適切なデータなし。	
【GHS: 分類できない】	
生殖毒性	
適切なデータなし。	
【GHS: 分類できない】	
発がん性	
IARC でグループ 3 に分類されている (ベンゾ[a]ピレン類似の多環芳香族炭化水素として、発がん性の懸念がある)。	
【GHS: 区分外】	
長期曝露によるヒト健康影響	
不明。	
有害性 (特に発がん性) に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
懸念あり。	

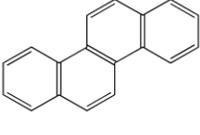
懸念あり：ハザードとして動物あるいはヒトにおいて発がん性を示す知見が認められた物質、あるいはそれらと類似の構造を有し発がん性を示す可能性があると推定される物質で、今後、発がん性に係るヒト健康リスクを評価する際には (例えば、曝露量の検討)、優先的に評価対象とするのが望ましいと考える物質。

健康有害性評価シート		
物質名	ベンゾ[ghi]ペリレン	
英名	Benzo[ghi]perylene	
CAS 番号	191-24-2	
分子式	C ₂₂ H ₁₂	
分子量	276.3	
外観		
沸点		550°C
融点		277°C
蒸気圧		0.3E-08 Pa (25°C)
水溶性		0.00026 mg/L (25°C)
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性		
海外にて人工芝グラウンド大気から多環芳香族炭化水素として検出事例がある。		
反復投与毒性（特定標的臓器）		
適切なデータなし。		
【GHS：分類できない】		
生殖毒性		
適切なデータなし。		
【GHS：分類できない】		
発がん性		
IARC でグループ 3 に分類されている（ベンゾ[a]ペリレン類似の多環芳香族炭化水素として、発がん性の懸念がある）。		
【GHS：区分外】		
長期曝露によるヒト健康影響		
不明。		
有害性（特に発がん性）に基づく暫定ヒト健康有害性評価		
懸念あり。		

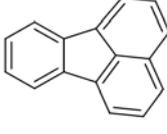
懸念あり：ハザードとして動物あるいはヒトにおいて発がん性を示す知見が認められた物質、あるいはそれらと類似の構造を有し発がん性を示す可能性があると推定される物質で、今後、発がん性に係るヒト健康リスクを評価する際には（例えば、曝露量の検討）、優先的に評価対象とするのが望ましいと考える物質。

健康有害性評価シート		
物質名	ベンゾ[k]フルオランテン	
英名	Benzo[k]fluoranthene	
CAS 番号	207-08-9	
分子式	C ₂₀ H ₁₂	
分子量	252.3	
外観		
沸点		480°C
融点		217°C
蒸気圧		0.3E-06 Pa (25°C)
水溶性		8.0×10 ⁻⁴ mg/L (25°C)
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性		
海外にて人工芝グラウンド大気ならびに人工芝グラウンド排水溝から多環芳香族炭化水素として検出事例がある。		
反復投与毒性（特定標的臓器）		
適切なデータなし。		
【GHS：分類できない】		
生殖毒性		
適切なデータなし。		
【GHS：分類できない】		
発がん性		
IARC でグループ 2B に分類されている。		
【GHS：区分 2】		
長期曝露によるヒト健康影響		
ヒトで発がん性を示す可能性がある。		
有害性（特に発がん性）に基づく暫定ヒト健康有害性評価		
懸念あり。		

懸念あり：ハザードとして動物あるいはヒトにおいて発がん性を示す知見が認められた物質、あるいはそれらと類似の構造を有し発がん性を示す可能性があると推定される物質で、今後、発がん性に係るヒト健康リスクを評価する際には（例えば、曝露量の検討）、優先的に評価対象とするのが望ましいと考える物質。

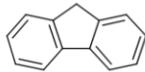
健康有害性評価シート		
物質名	クリセン	
英名	Chrysene	
CAS 番号	218-01-9	
分子式	C ₁₈ H ₁₂	
分子量	228.3	
外観		
沸点		448°C
融点		254～256°C
蒸気圧		8.3E-06 Pa (25°C)
水溶性		1.89×10 ⁻³ mg/L (25°C)
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性		
海外にて人工芝グラウンド大気ならびに人工芝グラウンド排水溝から多環芳香族炭化水素として検出事例がある。		
反復投与毒性（特定標的臓器）		
適切なデータなし。		
【GHS：分類できない】		
生殖毒性		
適切なデータなし。		
【GHS：分類できない】		
発がん性		
IARC でグループ 2B に分類されている。		
【GHS：区分 2】		
長期曝露によるヒト健康影響		
ヒトで発がん性を示す可能性がある。		
有害性（特に発がん性）に基づく暫定ヒト健康有害性評価		
懸念あり。		

懸念あり：ハザードとして動物あるいはヒトにおいて発がん性を示す知見が認められた物質、あるいはそれらと類似の構造を有し発がん性を示す可能性があると推定される物質で、今後、発がん性に係るヒト健康リスクを評価する際には（例えば、曝露量の検討）、優先的に評価対象とするのが望ましいと考える物質。

健康有害性評価シート		
物質名	フルオランテン	
英名	Fluoranthene	
CAS 番号	206-44-0	
分子式	C ₁₆ H ₁₀	
分子量	202.3	
外観		
沸点		384°C
融点		111°C
蒸気圧		0.012 Pa (25°C)
水溶性		0.20-0.26 mg/L (25°C)
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性		
海外にて人工芝グラウンド大気ならびに人工芝グラウンド排水溝から多環芳香族炭化水素として検出事例がある。		
反復投与毒性（特定標的臓器）		
動物試験で腎臓および肝臓への影響がみられた。		
【GHS：区分外】		
生殖毒性		
適切なデータなし。		
【GHS：分類できない】		
発がん性		
IARC でグループ 3 に分類されている（多環芳香族炭化水素として、発がん性の懸念がある）。		
【GHS：区分外】		
長期曝露によるヒト健康影響		
不明。		
有害性（特に発がん性）に基づく暫定ヒト健康有害性評価		
懸念あり。		

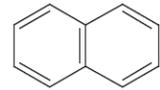
懸念あり：ハザードとして動物あるいはヒトにおいて発がん性を示す知見が認められた物質、あるいはそれらと類似の構造を有し発がん性を示す可能性があると推定される物質で、今後、発がん性に係るヒト健康リスクを評価する際には（例えば、曝露量の検討）、優先的に評価対象とするのが望ましいと考える物質。

健康有害性評価シート	
物質名	フルオレン
英名	Fluorene
CAS 番号	86-73-7
分子式	C ₁₃ H ₁₀
分子量	166.2
外観	白色～淡褐色の結晶性粉末
沸点	295℃
融点	116-117℃
蒸気圧	1.1 Pa (25℃)
水溶性	1.89 mg/L (25℃)
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
海外にて人工芝グラウンド大気から多環芳香族炭化水素として検出事例がある。	
反復投与毒性（特定標的臓器）	
マウスの経口曝露では顕著な影響は認められていない。 【GHS：分類できない】	
生殖毒性	
適切なデータなし。 【GHS：分類できない】	
発がん性	
IARC でグループ 3 に分類されている（多環芳香族炭化水素として、発がん性の懸念がある）。 【GHS：区分外】	
長期曝露によるヒト健康影響	
不明。	
有害性（特に発がん性）に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
懸念あり。	



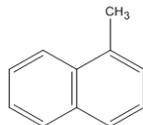
懸念あり：ハザードとして動物あるいはヒトにおいて発がん性を示す知見が認められた物質、あるいはそれらと類似の構造を有し発がん性を示す可能性があるとして推定される物質で、今後、発がん性に係るヒト健康リスクを評価する際には（例えば、曝露量の検討）、優先的に評価対象とするのが望ましいと考える物質。

健康有害性評価シート	
物質名	ナフタレン
英名	Naphthalene
CAS 番号	91-20-3
分子式	C ₁₀ H ₈
分子量	128.2
外観	特徴的臭気のある白色固体
沸点	218℃
融点	80℃
蒸気圧	11 Pa (25℃)
水溶性	31 mg/L (25℃)
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
海外にて人工芝グラウンド大気から多環芳香族炭化水素として、人工芝ゴムチップサンブルからの浸出物質として検出事例がある。	
反復投与毒性（特定標的臓器）	
ヒトにおいて、吸入曝露により溶血性貧血や白内障が認められている。動物試験では、吸入曝露により呼吸への影響がみられた。 【GHS：区分1（血液、眼、呼吸器）】	
生殖毒性	
動物試験では催奇形性はみられていない。 【GHS：分類できない】	
発がん性	
IARC でグループ 2B に分類されている。 【GHS：区分2】	
長期曝露によるヒト健康影響	
血液に影響を与え、慢性溶血性貧血を起こすことがある。眼に影響を与え、白内障を生じることがある。ヒトで発がん性を示す可能性がある。	
有害性（特に発がん性）に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
懸念あり。	



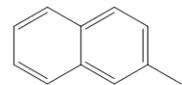
懸念あり：ハザードとして動物あるいはヒトにおいて発がん性を示す知見が認められた物質、あるいはそれらと類似の構造を有し発がん性を示す可能性があるとして推定される物質で、今後、発がん性に係るヒト健康リスクを評価する際には（例えば、曝露量の検討）、優先的に評価対象とするのが望ましいと考える物質。

健康有害性評価シート	
物質名	1-メチルナフタレン
英名	1-Methylnaphthalene
CAS 番号	90-12-0
分子式	C ₁₁ H ₁₀
分子量	142.2
外観	無色の液体
沸点	245℃
融点	-22℃
蒸気圧	7.2 Pa (20℃)
水溶性	0.003 g/100 mL (25℃)
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
海外にて人工芝グラウンド大気から多環芳香族炭化水素として検出事例がある。	
反復投与毒性（特定標的臓器）	
混餌投与による動物試験では、肺への影響がみられた。 【GHS：区分2（肺）】	
生殖毒性	
適切なデータなし。 【GHS：分類できない】	
発がん性	
適切なデータなし。 【GHS：分類できない】	
長期曝露によるヒト健康影響	
不明。	
有害性（特に発がん性）に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
評価困難。	



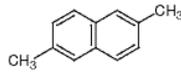
評価困難：動物あるいはヒトにおいて、発がん性に関連するデータの存在が認められず、発がん性に関する評価ができない物質。

健康有害性評価シート	
物質名	2-メチルナフタレン
英名	2-Methylnaphthalene
CAS 番号	91-57-6
分子式	C ₁₁ H ₁₀
分子量	142.2
外観	結晶
沸点	241℃
融点	35℃
蒸気圧	9 Pa (20℃)
水溶性	0.003 g/100 mL (25℃)
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
海外にて人工芝グラウンド大気から多環芳香族炭化水素として検出事例がある。	
反復投与毒性（特定標的臓器）	
混餌投与による動物試験では、肺への影響がみられた。 【GHS：区分2（肺）】	
生殖毒性	
適切なデータなし。 【GHS：分類できない】	
発がん性	
適切なデータなし。 【GHS：分類できない】	
長期曝露によるヒト健康影響	
不明。	
有害性（特に発がん性）に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
評価困難。	



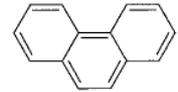
評価困難：動物あるいはヒトにおいて、発がん性に関連するデータの存在が認められず、発がん性に関する評価ができない物質。

健康有害性評価シート	
物質名	2,6-ジメチルナフタレン
英名	2,6-Dimethylnaphthalene
CAS 番号	581-42-0
分子式	C ₁₂ H ₁₂
分子量	156.2
外観	ペーヴェ色の粉末
沸点	106~110℃
融点	262℃
蒸気圧	データなし
水溶性	2.0 mg/L (25℃)
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
海外にて人工芝グラウンド大気から多環芳香族炭化水素として検出事例がある。	
反復投与毒性（特定標的臓器）	
適切なデータなし。	
【GHS：分類できない】	
生殖毒性	
適切なデータなし。	
【GHS：分類できない】	
発がん性	
適切なデータなし。	
【GHS：分類できない】	
長期曝露によるヒト健康影響	
不明。	
有害性（特に発がん性）に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
評価困難。	



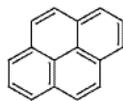
評価困難：動物あるいはヒトにおいて、発がん性に関連するデータの存在が認められず、発がん性に関する評価ができない物質。

健康有害性評価シート	
物質名	フェナントレン
英名	Phenanthrene
CAS 番号	85-01-8
分子式	C ₁₄ H ₁₀
分子量	178.2
外観	結晶性固体
沸点	340℃
融点	100℃
蒸気圧	0.016 Pa (25℃)
水溶性	1.15 mg/L (25℃)
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
海外にて人工芝グラウンド大気ならびに人工芝グラウンド排水溝から多環芳香族炭化水素として検出事例がある。	
反復投与毒性（特定標的臓器）	
適切なデータなし。	
【GHS：分類できない】	
生殖毒性	
適切なデータなし。	
【GHS：分類できない】	
発がん性	
IARC でグループ 3 に分類されている（動物試験で、腫瘍がみられている）。	
【GHS：区分外】	
長期曝露によるヒト健康影響	
ヒトの皮膚に光感作性を示す可能性がある。	
有害性（特に発がん性）に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
懸念あり。	



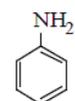
懸念あり：ハザードとして動物あるいはヒトにおいて発がん性を示す知見が認められた物質、あるいはそれらと類似の構造を有し発がん性を示す可能性があると推定される物質で、今後、発がん性に係るヒト健康リスクを評価する際には（例えば、曝露量の検討）、優先的に評価対象とするのが望ましいと考える物質。

健康有害性評価シート	
物質名	ピレン
英名	Pyrene
CAS 番号	129-00-0
分子式	C ₁₆ H ₁₀
分子量	202.3
外観	淡黄色～無色の固体
沸点	404℃
融点	151℃
蒸気圧	0.12 Pa (25℃)
水溶性	0.135 mg/L (25℃)
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
海外にて人工芝グラウンド大気ならびに人工芝グラウンド排水溝から多環芳香族炭化水素として検出事例がある。	
反復投与毒性（特定標的臓器）	
マウスへの経口曝露で腎臓への影響がみられた。	
【GHS：区分 2（腎臓）】	
生殖毒性	
適切なデータなし。	
【GHS：分類できない】	
発がん性	
IARC でグループ 3 に分類されている（動物では、腫瘍がみられている）。	
【GHS：区分外】	
長期曝露によるヒト健康影響	
日光により皮膚への刺激作用を引き起こし、慢性的な皮膚変色の原因となることがある。	
有害性（特に発がん性）に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
懸念あり。	



懸念あり：ハザードとして動物あるいはヒトにおいて発がん性を示す知見が認められた物質、あるいはそれらと類似の構造を有し発がん性を示す可能性があると推定される物質で、今後、発がん性に係るヒト健康リスクを評価する際には（例えば、曝露量の検討）、優先的に評価対象とするのが望ましいと考える物質。

健康有害性評価シート	
物質名	アニリン
英名	Aniline
CAS 番号	62-53-3
分子式	C ₆ H ₇ N / C ₆ H ₅ NH ₂
分子量	93.1
外観	特徴的臭いの無色の油状液体
沸点	184℃
融点	-6℃
蒸気圧	40 Pa (20℃)
水溶性	3.4 g/100 mL (20℃)
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
海外にて人工芝ゴムチップサンプルからの浸出物質として検出事例がある。	
反復投与毒性（特定標的臓器）	
経口あるいは吸入曝露による動物試験において、血液系への影響がみられている。また、ヒトにおいてメトヘモグロビン血症が報告されている。皮膚感作性が示されている。	
【GHS：区分 1（血液系）；皮膚感作性：区分 1】	
生殖毒性	
催奇形性は認められていない。	
【GHS：区分外】	
発がん性	
IARC でグループ 3 に分類されている（ラットで腫瘍の発現がみられている）。	
【GHS：区分外】	
長期曝露によるヒト健康影響	
皮膚が感作されることがある。血液に影響を与え、メトヘモグロビンを生じることがある。	
有害性（特に発がん性）に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
懸念あり。	



懸念あり：ハザードとして動物あるいはヒトにおいて発がん性を示す知見が認められた物質、あるいはそれらと類似の構造を有し発がん性を示す可能性があると推定される物質で、今後、発がん性に係るヒト健康リスクを評価する際には（例えば、曝露量の検討）、優先的に評価対象とするのが望ましいと考える物質。

健康有害性評価シート	
物質名	フェノール
英名	Phenol
CAS 番号	108-95-2
分子式	C ₆ H ₆ O / C ₆ H ₅ OH
分子量	94.1
外観	特徴的臭気の無色～黄色の結晶
沸点	182℃
融点	43℃
蒸気圧	47 Pa(20℃)
水溶性	6,700 mg/L(16℃)
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
海外にて人工芝ゴムチップサンプルからの浸出物質として検出事例がある。	
反復投与毒性（特定標的臓器）	
動物試験では、腎臓および肝臓への影響がみられた。	
【GHS：区分1（肝臓、腎臓）】	
生殖毒性	
動物試験では、胎児の発育遅延がみられている。	
【GHS：分類できない】	
発がん性	
IARC でグループ3に分類されている（動物では、発がん性は示されていない）。	
【GHS：区分外】	
長期曝露によるヒト健康影響	
肝臓、腎臓に影響を与えることがある。	
有害性（特に発がん性）に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
懸念なし。	

懸念なし：動物あるいはヒトにおいて、試験あるいは評価がなされているものの、発がん性を示す知見が認められていない物質。

健康有害性評価シート	
物質名	N-ニトロソジフェニルアミン
英名	N-Nitrosodiphenylamine
CAS 番号	86-30-6
分子式	C ₁₂ H ₁₀ N ₂ O
分子量	198.2
外観	黄色の薄片
沸点	101℃
融点	66.5℃
蒸気圧	13 Pa(25℃)
水溶性	35.1 mg/L(25℃)
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
海外にて人工芝ゴムチップサンプルからの浸出物質として検出事例がある。	
反復投与毒性（特定標的臓器）	
動物試験で、膀胱に影響がみられている。	
【GHS：区分外】	
生殖毒性	
適切なデータなし。	
【GHS：分類できない】	
発がん性	
IARC でグループ3に分類されている（一部の動物試験で、腫瘍の発現がみられている）。	
【GHS：区分外】	
長期曝露によるヒト健康影響	
不明。	
有害性（特に発がん性）に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
懸念あり。	

懸念あり：ハザードとして動物あるいはヒトにおいて発がん性を示す知見が認められた物質、あるいはそれらと類似の構造を有し発がん性を示す可能性があると推定される物質で、今後、発がん性に係るヒト健康リスクを評価する際には（例えば、曝露量の検討）、優先的に評価対象とするのが望ましいと考える物質。

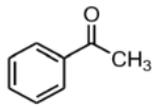
健康有害性評価シート	
物質名	イソホロン
英名	Isophorone
CAS 番号	78-59-1
分子式	C ₉ H ₁₄ O
分子量	138.2
外観	特徴的臭気の無色の液体
沸点	215℃
融点	-8℃
蒸気圧	40 Pa(20℃)
水溶性	1.2 g/100 mL(25℃)
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
海外にて人工芝ゴムチップサンプルからの浸出物質として検出事例がある。	
反復投与毒性（特定標的臓器）	
動物試験では、高用量で腎臓への影響がみられている。	
【GHS：区分外】	
生殖毒性	
一部の動物試験で、吸入曝露により胎児に影響を認めた。経口曝露では、影響はみられていない。	
【GHS：区分外】	
発がん性	
EU GHS で区分2に分類されている。	
【GHS：区分2】	
長期曝露によるヒト健康影響	
ヒトで発がん性を示す可能性がある。	
有害性（特に発がん性）に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
懸念あり。	

懸念あり：ハザードとして動物あるいはヒトにおいて発がん性を示す知見が認められた物質、あるいはそれらと類似の構造を有し発がん性を示す可能性があると推定される物質で、今後、発がん性に係るヒト健康リスクを評価する際には（例えば、曝露量の検討）、優先的に評価対象とするのが望ましいと考える物質。

健康有害性評価シート	
物質名	4-メチルフェノール（p-クレゾール）
英名	4-Methylphenol（p-Cresol）
CAS 番号	106-44-5
分子式	C ₇ H ₈ O / CH ₃ C ₆ H ₄ OH
分子量	108.1
外観	特徴的臭気の無色の結晶
沸点	202℃
融点	35℃
蒸気圧	15 Pa(25℃)
水溶性	1.9 g/100 mL(25℃)
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
海外にて人工芝ゴムチップサンプルからの浸出物質として検出事例がある。	
反復投与毒性（特定標的臓器）	
動物試験では、高用量で血液系、肝臓、中枢神経系への影響がみられている。ヒトでは、混合物の吸入曝露により、頭痛、血圧上昇、腎機能障害、振戦がみられた。	
【GHS：区分1（中枢神経系、心血管系、腎臓）】	
生殖毒性	
動物試験では、顕著な影響はみられていない。	
【GHS：区分外】	
発がん性	
適切なデータなし。	
【GHS：分類できない】	
長期曝露によるヒト健康影響	
神経系に影響を与え、機能障害を生じることがある。	
有害性（特に発がん性）に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
評価困難。	

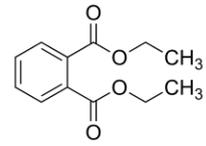
評価困難：動物あるいはヒトにおいて、発がん性に関連するデータの存在が認められず、発がん性に関する評価ができない物質。

健康有害性評価シート	
物質名	アセトフェノン
英名	Acetophenone
CAS 番号	98-86-2
分子式	C ₈ H ₈ O/C ₆ H ₅ COCH ₃
分子量	120.1
外観	特徴的臭気の無色の液体あるいは白色の結晶
沸点	202°C
融点	20°C
蒸気圧	0.133 kPa(15°C)
水溶解性	6.13 g/L (25°C)
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
海外にて人工芝ゴムチップサンプルからの浸出物質として検出事例がある。	
反復投与毒性（特定標的臓器）	
動物試験では、特段の影響はみられていない。	
【GHS：区分外】	
生殖毒性	
動物試験で、高用量の経口曝露において児への影響がみられている。	
【GHS：区分外】	
発がん性	
適切なデータなし。	
【GHS：分類できない】	
長期曝露によるヒト健康影響	
不明。	
有害性（特に発がん性）に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
評価困難。	



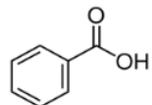
評価困難：動物あるいはヒトにおいて、発がん性に関連するデータの存在が認められず、発がん性に関する評価ができない物質。

健康有害性評価シート	
物質名	ジエチルフタレート（フタル酸ジエチル）
英名	Diethyl Phthalate
CAS 番号	84-66-2
分子式	C ₁₂ H ₁₄ (COO ₂ C ₂ H ₅) ₂ / C ₁₂ H ₁₄ O ₄
分子量	222.3
外観	無色の油状液体
沸点	295°C
融点	-67~-44°C
蒸気圧	0.28 Pa (25°C)
水溶解性	1.0 g/L (25°C)
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
海外にて人工芝ゴムチップサンプルからの浸出物質として検出事例がある。	
反復投与毒性（特定標的臓器）	
動物試験では、特段の影響はみられていない。	
【GHS：区分外】	
生殖毒性	
動物試験では、生殖毒性はみられていない。	
【GHS：区分外】	
発がん性	
適切なデータなし（ラットの2年間混餌投与による毒性試験で、腫瘍の発現はみられていない）。	
【GHS：分類できない】	
長期曝露によるヒト健康影響	
不明。	
有害性（特に発がん性）に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
懸念なし。	



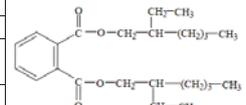
懸念なし：動物あるいはヒトにおいて、試験あるいは評価がなされているものの、発がん性を示す知見が認められていない物質。

健康有害性評価シート	
物質名	安息香酸
英名	Benzoic Acid
CAS 番号	65-85-0
分子式	C ₇ H ₆ O ₂ /C ₆ H ₅ COOH
分子量	122.1
外観	白色の結晶あるいは粉末
沸点	249°C
融点	122°C
蒸気圧	0.1 Pa(25°C)
水溶解性	0.29 g/100 mL(20°C)
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
海外にて人工芝ゴムチップサンプルからの浸出物質として検出事例がある。	
反復投与毒性（特定標的臓器）	
吸入曝露による動物試験で、上気道への影響がみられた。	
【GHS：区分外】	
生殖毒性	
動物試験では、一部の試験で影響がみられたとの報告を除き、生殖毒性はみられていない。	
【GHS：区分外】	
発がん性	
適切なデータなし。なお、SIDSでは安息香酸を含むベンゾエート類の評価において、発がん性は示されなかったとしている。	
【GHS：分類できない】	
長期曝露によるヒト健康影響	
不明。	
有害性（特に発がん性）に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
懸念なし。	



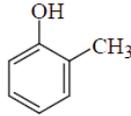
懸念なし：動物あるいはヒトにおいて、試験あるいは評価がなされているものの、発がん性を示す知見が認められていない物質。

健康有害性評価シート	
物質名	ビス（2-エチルヘキシル）フタレート
英名	Bis(2-ethylhexyl) Phthalate
CAS 番号	117-81-7
分子式	C ₂₄ H ₃₈ O ₄ / C ₆ H ₄ (COOC ₈ H ₁₇) ₂
分子量	390.6
外観	特徴的臭気の無色～淡色の粘潤液体
沸点	385°C
融点	-50°C
蒸気圧	0.001 kPa(20°C)
水溶解性	1 mg/L (25°C)
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
海外にて人工芝ゴムチップサンプルからの浸出物質として検出事例がある。	
反復投与毒性（特定標的臓器）	
動物試験では、精巣への影響がみられた。	
【GHS：区分2（精巣）】	
生殖毒性	
動物試験では、催奇形性を含む胎児への影響がみられた。	
【GHS：区分1B】	
発がん性	
IARCでグループ2Bに分類されている。	
【GHS：区分2】	
長期曝露によるヒト健康影響	
精巣に影響を与えることがある。動物試験ではヒトの生殖に影響を及ぼす可能性が示されている。ヒトで発がん性を示す可能性がある。	
有害性（特に発がん性）に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
懸念あり。	



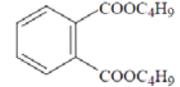
懸念あり：ハザードとして動物あるいはヒトにおいて発がん性を示す知見が認められた物質、あるいはそれらと類似の構造を有し発がん性を示す可能性があると推定される物質で、今後、発がん性に係るヒト健康リスクを評価する際には（例えば、曝露量の検討）、優先的に評価対象とするのが望ましいと考える物質。

健康有害性評価シート	
物質名	2-メチルフェノール (o-クレゾール)
英名	2-Methylphenol (o-Cresol)
CAS 番号	95-48-7
分子式	C ₇ H ₈ O / CH ₃ CaH ₄ OH
分子量	108.1
外観	特徴的臭気の色無の結晶
沸点	191℃
融点	31℃
蒸気圧	33 Pa (25℃)
水溶性	2.5 g/100 mL (25℃)
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
海外にて人工芝ゴムチップサンプルからの浸出物質として検出事例がある。	
反復投与毒性 (特定標的臓器)	
吸入曝露による動物試験で、中枢神経系および血液系への影響がみられた。	
【GHS: 区分1 (中枢神経系、血液系)】	
生殖毒性	
動物試験では、胎児に軽微な影響がみられた。	
【GHS: 区分外】	
発がん性	
適切なデータなし。	
【GHS: 分類できない】	
長期曝露によるヒト健康影響	
神経系に影響を与える、機能障害を生じることがある。血液に影響を与え、貧血を生じることがある。	
有害性 (特に発がん性) に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
評価困難。	



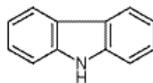
評価困難: 動物あるいはヒトにおいて、発がん性に関連するデータの存在が認められず、発がん性に関する評価ができない物質。

健康有害性評価シート	
物質名	ジ-n-ブチルフタレート (フタル酸ジブチル)
英名	Di-n-butyl Phthalate
CAS 番号	84-74-2
分子式	C ₁₆ H ₂₂ O ₄ / C ₆ H ₄ (COOC ₄ H ₉) ₂
分子量	278.3
外観	特徴的臭気の色無～黄色の粘稠液体
沸点	340℃
融点	-35℃
蒸気圧	<0.01 kPa (20℃)
水溶性	0.001 g/100 mL (25℃)
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
海外にて人工芝ゴムチップサンプルからの浸出物質として検出事例がある。	
反復投与毒性 (特定標的臓器)	
動物試験では、吸入曝露により呼吸器への局所的影響がみられた。動物試験では皮膚感作性は示されていないが、ヒトの事例から皮膚感作性が疑われている。	
【GHS: 区分1 (呼吸器)、皮膚感作性: 区分1】	
生殖毒性	
動物試験において、生殖能低下、流産、産児数の低下や奇形 (外表奇形、骨格奇形) が見られた。	
【GHS: 区分1B】	
発がん性	
ラットを用いた試験において、腫瘍の誘発は認められていない。	
【GHS: 区分外】	
長期曝露によるヒト健康影響	
動物試験ではヒトの生殖に毒性影響を及ぼす可能性があることが示されている。皮膚感作性を示す可能性がある。	
有害性 (特に発がん性) に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
懸念なし。	



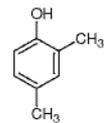
懸念なし: 動物あるいはヒトにおいて、試験あるいは評価がなされているものの、発がん性を示す知見が認められていない物質。

健康有害性評価シート	
物質名	カルバゾール
英名	Carbazole
CAS 番号	86-74-8
分子式	C ₁₂ H ₉ N
分子量	167.2
外観	白色～褐色の結晶性粉末
沸点	355℃
融点	245℃
蒸気圧	0.000183 Pa (25℃)
水溶性	0.1 g/L (20℃)
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
海外にて人工芝ゴムチップサンプルからの浸出物質として検出事例がある。	
反復投与毒性 (特定標的臓器)	
動物試験では、肝細胞肥大がみられた。	
【GHS: 区分2 (肝臓)】	
生殖毒性	
経口投与による動物試験 (反復投与毒性・生殖発生毒性併合試験) では、影響はみられていない。	
【GHS: 区分外】	
発がん性	
IARC でグループ 2B に分類されている。	
【GHS: 区分2】	
長期曝露によるヒト健康影響	
ヒトで発がん性を示す可能性がある。	
有害性 (特に発がん性) に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
懸念あり。	



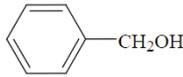
懸念あり: ハザードとして動物あるいはヒトにおいて発がん性を示す知見が認められた物質、あるいはそれらと類似の構造を有し発がん性を示す可能性があるとして推定される物質で、今後、発がん性に係るヒト健康リスクを評価する際には (例えば、曝露量の検討)、優先的に評価対象とするのが望ましいと考える物質。

健康有害性評価シート	
物質名	2,4-ジメトキシフェノール (2,4-キシレノール)
英名	2,4-Dimethylphenol
CAS 番号	105-67-9
分子式	C ₈ H ₁₀ O / (CH ₃) ₂ C ₆ H ₄ OH
分子量	122.2
外観	黄～茶色の液体あるいは無色の結晶
沸点	211.5℃
融点	25.4～26℃
蒸気圧	8 Pa (20℃)
水溶性	0.79 g/100 mL (25℃)
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
海外にて人工芝ゴムチップサンプルからの浸出物質として検出事例がある。	
反復投与毒性 (特定標的臓器)	
動物試験では、高用量で腎臓あるいは肝臓に若干の影響がみられた。	
【GHS: 区分外】	
生殖毒性	
適切なデータなし。	
【GHS: 分類できない】	
発がん性	
適切なデータなし。	
【GHS: 分類できない】	
長期曝露によるヒト健康影響	
不明。	
有害性 (特に発がん性) に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
評価困難。	



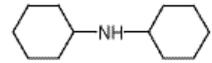
評価困難: 動物あるいはヒトにおいて、発がん性に関連するデータの存在が認められず、発がん性に関する評価ができない物質。

健康有害性評価シート	
物質名	ベンジルアルコール
英名	Benzyl alcohol
CAS 番号	100-51-6
分子式	C ₇ H ₈ O / C ₆ H ₅ CH ₂ OH
分子量	108.1
外観	特徴的臭気の無色の液体
沸点	205℃
融点	-15℃
蒸気圧	13.2 Pa(20℃)
水溶性	4 g/100 mL
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
海外にて人工芝ゴムチップサンプルからの浸出物質として検出事例がある。	
反復投与毒性（特定標的臓器）	
動物試験では、高用量の経口曝露により、神経系や腎臓に影響がみられた。	
【GHS：区分外】	
生殖毒性	
動物試験では、生殖能への影響や催奇形性はみられていない。	
【GHS：区分外】	
発がん性	
動物試験では、発がん性はみられていない。	
【GHS：区分外】	
長期曝露によるヒト健康影響	
本物質を含む化粧品や医薬品、工業用品によるアレルギー性接触皮膚炎が報告されている	
有害性（特に発がん性）に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
懸念なし。	



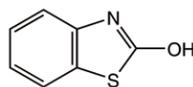
懸念なし：動物あるいはヒトにおいて、試験あるいは評価がなされているものの、発がん性を示す知見が認められていない物質。

健康有害性評価シート	
物質名	ジシクロヘキシルアミン
英名	Cyclohexanamine, N'-cyclohexyl
CAS 番号	101-83-7
分子式	C ₁₂ H ₂₂ N / C ₆ H ₁₁ NHC ₆ H ₁₁
分子量	181.4
外観	特徴的臭気の無色の液体
沸点	256℃
融点	-0.1℃
蒸気圧	1.6 kPa(37.7℃)
水溶性	0.08 g/100 mL(25℃)
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
海外にて人工芝ゴムチップサンプルからの浸出物質として検出事例がある。	
反復投与毒性（特定標的臓器）	
動物試験では、高用量の経口曝露で、神経系への影響がみられた。	
【GHS：区分外】	
生殖毒性	
動物試験では、母動物毒性がみられる用量で児の生存率の低下がみられた。	
【GHS：区分外】	
発がん性	
適切なデータなし。	
【GHS：分類できない】	
長期曝露によるヒト健康影響	
不明。	
有害性（特に発がん性）に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
評価困難。	



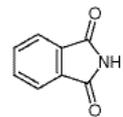
評価困難：動物あるいはヒトにおいて、発がん性に関連するデータの存在が認められず、発がん性に関する評価ができない物質。

健康有害性評価シート	
物質名	2-ヒドロキシベンゾチアゾール (2-ベンゾチアゾール)
英名	2(3H)-Benzothiazolone
CAS 番号	934-34-9
分子式	C ₇ H ₅ NOS
分子量	151.2
外観	淡黄色の結晶性粉末
沸点	-
融点	138℃
蒸気圧	-
水溶性	-
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
海外にて人工芝ゴムチップサンプルからの浸出物質として検出事例がある。	
反復投与毒性（特定標的臓器）	
適切なデータなし。	
【GHS：分類できない】	
生殖毒性	
適切なデータなし。	
【GHS：分類できない】	
発がん性	
適切なデータなし。	
【GHS：分類できない】	
長期曝露によるヒト健康影響	
不明。	
有害性（特に発がん性）に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
評価困難。	



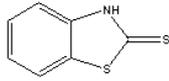
評価困難：動物あるいはヒトにおいて、発がん性に関連するデータの存在が認められず、発がん性に関する評価ができない物質。

健康有害性評価シート	
物質名	フタルイミド
英名	Phthalimide
CAS 番号	85-41-6
分子式	C ₈ H ₅ NO ₂
分子量	147.1
外観	白色の結晶性粉末
沸点	-
融点	234℃
蒸気圧	-
水溶性	-
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
海外にて人工芝ゴムチップサンプルからの浸出物質として検出事例がある。	
反復投与毒性（特定標的臓器）	
適切なデータなし。	
【GHS：分類できない】	
生殖毒性	
適切なデータなし。	
【GHS：分類できない】	
発がん性	
適切なデータなし。	
【GHS：分類できない】	
長期曝露によるヒト健康影響	
不明。	
有害性（特に発がん性）に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
評価困難。	

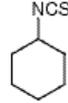


評価困難：動物あるいはヒトにおいて、発がん性に関連するデータの存在が認められず、発がん性に関する評価ができない物質。

健康有害性評価シート	
物質名	2-メルカプトベンゾチアゾール
英名	2-Mercaptobenzothiazole
CAS 番号	149-30-4
分子式	C ₇ H ₅ NS ₂ / C ₆ H ₄ SNCSH
分子量	167.3
外観	刺激臭のある黄色の結晶
沸点	>260°C (分解)
融点	180~182°C
蒸気圧	0.062 Pa (25°C)
水溶性	0.1 g/100 mL
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
海外にて人工芝ゴムチップサンプルからの浸出物質として検出事例がある。また、タイヤ関連ゴムの製造において添加剤として使用され、50 トン以上の製造量がある。	
反復投与毒性 (特定標的臓器)	
動物試験では、高用量で肝臓や神経系への影響がみられた。また、皮膚感作性がみられている。	
【GHS: 区分外; 皮膚感作性 区分1】	
生殖毒性	
動物試験では、生殖毒性はみられていない。	
【GHS: 区分外】	
発がん性	
IARC でグループ 2A に分類されている。	
【GHS: 区分1B】	
長期曝露によるヒト健康影響	
ヒトで発がん性を示す可能性が高い。皮膚が感作されることがある。	
有害性 (特に発がん性) に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
懸念あり。	

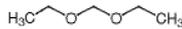


健康有害性評価シート	
物質名	イソチオシアン酸シクロヘキシル
英名	Cyclohexane, isothiocyanato-
CAS 番号	1122-82-3
分子式	C ₇ H ₁₁ NS
分子量	141.2
外観	無色～淡黄色の液体
沸点	219°C
融点	-
蒸気圧	-
水溶性	-
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
海外にて人工芝ゴムチップサンプルからの浸出物質として検出事例がある。	
反復投与毒性 (特定標的臓器)	
適切なデータなし。	
【GHS: 分類できない】	
生殖毒性	
適切なデータなし。	
【GHS: 分類できない】	
発がん性	
適切なデータなし。	
【GHS: 分類できない】	
長期曝露によるヒト健康影響	
不明。	
有害性 (特に発がん性) に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
評価困難。	



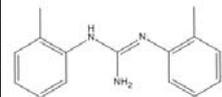
評価困難: 動物あるいはヒトにおいて、発がん性に関連するデータの存在が認められず、発がん性に関する評価ができない物質。

健康有害性評価シート	
物質名	ジエトキシメタン (エチラール)
英名	Diethoxymethane
CAS 番号	462-95-3
分子式	CH ₂ (OC ₂ H ₅) ₂
分子量	104.2
外観	無色～微淡黄色の透明液体
沸点	約 87°C
融点	-
蒸気圧	-
水溶性	可溶
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
海外にて人工芝ゴムチップサンプルからの浸出物質として検出事例がある。	
反復投与毒性 (特定標的臓器)	
適切なデータなし。	
【GHS: 分類できない】	
生殖毒性	
適切なデータなし。	
【GHS: 分類できない】	
発がん性	
適切なデータなし。	
【GHS: 分類できない】	
長期曝露によるヒト健康影響	
不明。	
有害性 (特に発がん性) に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
評価困難。	



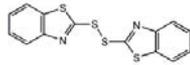
評価困難: 動物あるいはヒトにおいて、発がん性に関連するデータの存在が認められず、発がん性に関する評価ができない物質。

健康有害性評価シート	
物質名	ジ-ortho-トリルグアニジン
英名	Di-ortho-tolylguanidine
CAS 番号	97-39-2
分子式	C ₁₅ H ₁₇ N ₃
分子量	239.3
外観	白色固体
沸点	384°C
融点	179°C
蒸気圧	0.00007 Pa (25°C)
水溶性	70.0 mg/L (20°C)
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
タイヤ関連ゴムの製造において添加剤として使用され、50 トン以上の製造量がある。	
反復投与毒性 (特定標的臓器)	
動物試験では、経口曝露により振戦や自発運動の低下がみられた。	
【GHS: 区分2 (中枢神経系)】	
生殖毒性	
動物試験では、母動物毒性の認められた用量で、児の生存や発生への影響がみられた。	
【GHS: 区分2】	
発がん性	
適切なデータなし。	
【GHS: 分類できない】	
長期曝露によるヒト健康影響	
不明。	
有害性 (特に発がん性) に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
評価困難。	



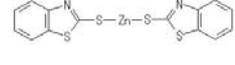
評価困難: 動物あるいはヒトにおいて、発がん性に関連するデータの存在が認められず、発がん性に関する評価ができない物質。

健康有害性評価シート	
物質名	ジベンゾチアゾールジスルフィド
英名	Dibenzothiazole disulfide
CAS 番号	120-78-5
分子式	C ₁₄ H ₈ N ₂ S ₄
分子量	332.5
外観	無臭の淡黄色粉末
沸点	—
融点	180℃
蒸気圧	0.00000003 Pa (25℃)
水溶性	不溶
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
タイヤ関連ゴムの製造において添加剤として使用され、50 トン以上の製造量がある。	
反復投与毒性（特定標的臓器）	
動物試験では、特段の影響はみられていない。なお、動物試験やヒトの知見において、皮膚感作性が見られている。 【GHS：区分外；皮膚感作性 区分 1】	
生殖毒性	
動物試験では催奇形性はみられていない。 【GHS：区分外】	
発がん性	
マウスでは腫瘍の発生はみられていない。 【GHS：区分外】	
長期曝露によるヒト健康影響	
皮膚が感作されることがある。	
有害性（特に発がん性）に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
懸念なし。	



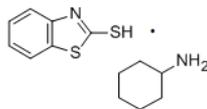
懸念なし：動物あるいはヒトにおいて、試験あるいは評価がなされているものの、発がん性を示す知見が認められていない物質。

健康有害性評価シート	
物質名	2-メルカプトベンゾチアゾール亜鉛塩
英名	2-Mercaptobenzothiazole zinc salt
CAS 番号	155-04-4
分子式	(C ₇ H ₄ NS ₂) ₂ Zn
分子量	397.9
外観	微黄色～黄色の結晶性粉末
沸点	—
融点	325℃（分解）
蒸気圧	—
水溶性	—
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
タイヤ関連ゴムの製造において添加剤として使用され、50 トン以上の製造量がある。	
反復投与毒性（特定標的臓器）	
適切なデータなし。 【GHS：分類できない】	
生殖毒性	
適切なデータなし。 【GHS：分類できない】	
発がん性	
適切なデータなし。 【GHS：分類できない】	
長期曝露によるヒト健康影響	
不明。	
有害性（特に発がん性）に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
評価困難。	



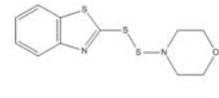
評価困難：動物あるいはヒトにおいて、発がん性に関連するデータの存在が認められず、発がん性に関する評価ができない物質。

健康有害性評価シート	
物質名	2-メルカプトベンゾチアゾールシクロヘキシルアミン塩
英名	2-Mercaptobenzothiazole cyclohexylamine salt
CAS 番号	37437-20-0
分子式	C ₇ H ₆ NS ₂ · C ₆ H ₁₁ N
分子量	—
外観	白色～緑黄色の結晶性粉末
沸点	—
融点	150℃以上
蒸気圧	—
水溶性	—
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
タイヤ関連ゴムの製造において添加剤として使用され、50 トン以上の製造量がある。	
反復投与毒性（特定標的臓器）	
適切なデータなし。 【GHS：分類できない】	
生殖毒性	
適切なデータなし。 【GHS：分類できない】	
発がん性	
適切なデータなし。 【GHS：分類できない】	
長期曝露によるヒト健康影響	
不明。	
有害性（特に発がん性）に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
評価困難。	



評価困難：動物あるいはヒトにおいて、発がん性に関連するデータの存在が認められず、発がん性に関する評価ができない物質。

健康有害性評価シート	
物質名	2-(モルホリノジチオ)ベンゾチアゾール
英名	2-(Morpholinodithio)benzothiazole
CAS 番号	95-32-9
分子式	C ₁₁ H ₁₂ N ₂ O ₂ S ₂
分子量	284
外観	固体
沸点	—
融点	135℃
蒸気圧	0.00004 Pa (25℃)
水溶性	636 mg/L (25℃)
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
タイヤ関連ゴムの製造において添加剤として使用され、50 トン以上の製造量がある。	
反復投与毒性（特定標的臓器）	
経口曝露による動物試験では、投与に起因する変化はみられていない。 【GHS：区分外】	
生殖毒性	
経口曝露された動物による生殖/発生毒性スクリーニング試験では影響はみられていない。 【GHS：区分外】	
発がん性	
適切なデータなし。 【GHS：分類できない】	
長期曝露によるヒト健康影響	
不明。	
有害性（特に発がん性）に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
評価困難。	



評価困難：動物あるいはヒトにおいて、発がん性に関連するデータの存在が認められず、発がん性に関する評価ができない物質。

健康有害性評価シート	
物質名	N-シクロヘキシルベンゾチアゾール-2-スルフェンアミド
英名	N-Cyclohexylbenzothiazole-2-sulfenamide
CAS 番号	95-33-0
分子式	C ₁₃ H ₁₆ N ₂ S ₂
分子量	264.4
外観	灰白色の固体
沸点	145°C (分解)
融点	98°C
蒸気圧	0.00024 Pa (25°C、推定)
水溶性	難溶
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
タイヤ関連ゴムの製造において添加剤として使用され、50 トン以上の製造量がある。	
反復投与毒性 (特定標的臓器)	
動物試験で、腎臓への影響がみられている。また、動物では皮膚感作性は示されなかったが、ヒトでの事例から皮膚感作性物質の可能性があると考えられている。 【GHS: 区分2 (腎臓); 皮膚感作性 区分1】	
生殖毒性	
一部の動物試験で、胎児に水頭症がみられた。 【GHS: 区分2】	
発がん性	
マウスでは、発がん性はみられなかった。 【GHS: 区分外】	
長期曝露によるヒト健康影響	
皮膚感作性を示す可能性がある。	
有害性 (特に発がん性) に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
懸念なし。	

懸念なし：動物あるいはヒトにおいて、試験あるいは評価がなされているものの、発がん性を示す知見が認められていない物質。

健康有害性評価シート	
物質名	N-tert-ブチルベンゾチアゾール-2-スルフェンアミド
英名	N-tert-Butylbenzothiazole-2-sulfenamide
CAS 番号	95-31-8
分子式	C ₁₁ H ₁₄ N ₂ S ₂
分子量	238.4
外観	灰白色の固体
沸点	—
融点	105°C
蒸気圧	0.00006 Pa (20°C)
水溶性	1 mg/L 未満 (20°C)
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
タイヤ関連ゴムの製造において添加剤として使用され、50 トン以上の製造量がある。	
反復投与毒性 (特定標的臓器)	
動物試験では、肝臓、腎臓、血液 (溶血) への影響がみられた。一方、皮膚感作性が動物試験およびヒト知見でみられている。 【GHS: 区分2 (肝臓、腎臓、血液); 皮膚感作性 区分1】	
生殖毒性	
動物試験では、特段の影響はみられていない。 【GHS: 区分外】	
発がん性	
適切なデータなし。 【GHS: 分類できない】	
長期曝露によるヒト健康影響	
皮膚感作性を示す可能性がある。	
有害性 (特に発がん性) に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
評価困難。	

評価困難：動物あるいはヒトにおいて、発がん性に関連するデータの存在が認められず、発がん性に関する評価ができない物質。

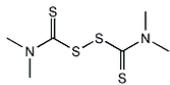
健康有害性評価シート	
物質名	N-オキシジエチレンベンゾチアゾール-2-スルフェンアミド
英名	N-Oxydiethylenebenzothiazole-2-sulfenamide
CAS 番号	102-77-2
分子式	C ₁₁ H ₁₂ N ₂ O ₂ S ₂
分子量	252.4
外観	白色～淡黄色の結晶性粉末
沸点	—
融点	86°C
蒸気圧	—
水溶性	難溶
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
タイヤ関連ゴムの製造において添加剤として使用され、50 トン以上の製造量がある。	
反復投与毒性 (特定標的臓器)	
動物試験では、特段の影響はみられていない。一方、皮膚感作性が動物試験およびヒト知見でみられている。 【GHS: 区分外; 皮膚感作性 区分1】	
生殖毒性	
動物試験では、生殖毒性はみられていない。 【GHS: 区分外】	
発がん性	
動物試験では、ラット、マウスともに発がん性はみられていない。 【GHS: 区分外】	
長期曝露によるヒト健康影響	
皮膚感作性を示す可能性がある。	
有害性 (特に発がん性) に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
懸念なし。	

懸念なし：動物あるいはヒトにおいて、試験あるいは評価がなされているものの、発がん性を示す知見が認められていない物質。

健康有害性評価シート	
物質名	テトラメチルチウラムモノスルフィド
英名	Tetramethylthiuram monosulfide
CAS 番号	97-74-5
分子式	C ₈ H ₁₂ N ₂ S ₃
分子量	208.4
外観	黄色の固体
沸点	107°C
融点	—
蒸気圧	0.036 Pa (25°C)
水溶性	不溶
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
タイヤ関連ゴムの製造において添加剤として使用され、50 トン以上の製造量がある。	
反復投与毒性 (特定標的臓器)	
適切なデータなし。 【GHS: 分類できない】	
生殖毒性	
適切なデータなし。 【GHS: 分類できない】	
発がん性	
適切なデータなし。 【GHS: 分類できない】	
長期曝露によるヒト健康影響	
不明。	
有害性 (特に発がん性) に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
評価困難。	

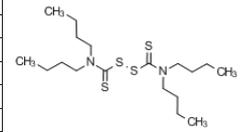
評価困難：動物あるいはヒトにおいて、発がん性に関連するデータの存在が認められず、発がん性に関する評価ができない物質。

健康有害性評価シート	
物質名	テトラメチルチウラムジスルフィド (チウラム)
英名	Tetramethylthiuram disulfide (Thiuram)
CAS 番号	137-26-8
分子式	C ₆ H ₁₂ N ₂ S ₄
分子量	240.4
外観	白色～淡紅色の結晶性粉末
沸点	242℃
融点	154℃
蒸気圧	0.0023 Pa (25℃)
水溶性	30 mg/L (25℃)
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
タイヤ関連ゴムの製造において添加剤として使用され、50 トン以上の製造量がある。	
反復投与毒性 (特定標的臓器)	
動物試験では肝臓や神経系への影響がみられ、ヒトの疫学知見では甲状腺障害が報告されている。一方、皮膚感受性が動物試験およびヒト知見でみられている。 【GHS: 区分 1 (甲状腺、肝臓)、区分 2 (神経系); 皮膚感受性 区分 1】	
生殖毒性	
動物試験では、母体毒性用量で発生への影響がみられた。 【GHS: 区分 2】	
発がん性	
IARC でグループ 3 に分類されている (動物試験では発がん性は認められていない)。 【GHS: 区分外】	
長期曝露によるヒト健康影響	
甲状腺、肝臓に影響を与えることがある。皮膚が感作されることがある。	
有害性 (特に発がん性) に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
懸念なし。	



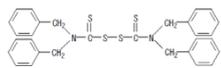
懸念なし：動物あるいはヒトにおいて、試験あるいは評価がなされているものの、発がん性を示す知見が認められていない物質。

健康有害性評価シート	
物質名	テトラブチルチウラムジスルフィド
英名	Tetrabutylthiuram disulfide
CAS 番号	1634-02-2
分子式	C ₁₈ H ₃₆ N ₂ S ₄
分子量	408.7
外観	暗褐色の透明な粘濁性液状
沸点	—
融点	—
蒸気圧	—
水溶性	—
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
タイヤ関連ゴムの製造において添加剤として使用され、50 トン以上の製造量がある。	
反復投与毒性 (特定標的臓器)	
適切なデータなし。 【GHS: 分類できない】	
生殖毒性	
適切なデータなし。 【GHS: 分類できない】	
発がん性	
適切なデータなし。 【GHS: 分類できない】	
長期曝露によるヒト健康影響	
不明。	
有害性 (特に発がん性) に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
評価困難。	



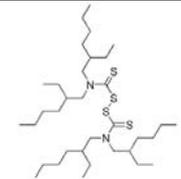
評価困難：動物あるいはヒトにおいて、発がん性に関連するデータの存在が認められず、発がん性に関する評価ができない物質。

健康有害性評価シート	
物質名	テトラベンジルチウラムジスルフィド
英名	Tetrabenzylthiuram disulfide
CAS 番号	10591-85-2
分子式	C ₃₀ H ₂₈ N ₂ S ₄
分子量	544.8
外観	淡黄～白色の粉末
沸点	—
融点	124℃以上
蒸気圧	—
水溶性	—
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
タイヤ関連ゴムの製造において添加剤として使用され、50 トン以上の製造量がある。	
反復投与毒性 (特定標的臓器)	
適切なデータなし。 【GHS: 分類できない】	
生殖毒性	
適切なデータなし。 【GHS: 分類できない】	
発がん性	
適切なデータなし。 【GHS: 分類できない】	
長期曝露によるヒト健康影響	
不明。	
有害性 (特に発がん性) に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
評価困難。	



評価困難：動物あるいはヒトにおいて、発がん性に関連するデータの存在が認められず、発がん性に関する評価ができない物質。

健康有害性評価シート	
物質名	テトラキス (2-エチルヘキシル) チウラムジスルフィド
英名	Tetrakis(2-ethylhexyl)thiuram disulfide
CAS 番号	37437-21-1
分子式	C ₃₄ H ₆₈ N ₂ S ₄
分子量	633.2
外観	淡黄色の粉状固体
沸点	—
融点	—
蒸気圧	—
水溶性	—
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
タイヤ関連ゴムの製造において添加剤として使用され、50 トン以上の製造量がある。	
反復投与毒性 (特定標的臓器)	
適切なデータなし。 【GHS: 分類できない】	
生殖毒性	
適切なデータなし。 【GHS: 分類できない】	
発がん性	
適切なデータなし。 【GHS: 分類できない】	
長期曝露によるヒト健康影響	
不明。	
有害性 (特に発がん性) に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
評価困難。	



評価困難：動物あるいはヒトにおいて、発がん性に関連するデータの存在が認められず、発がん性に関する評価ができない物質。

健康有害性評価シート	
物質名	ジペンタメチレンチウラムテトラスルフィド
英名	Dipentamethylenethiuram tetrasulfide
CAS 番号	120-54-7
分子式	C ₁₂ H ₂₀ N ₂ S ₆
分子量	384.7
外観	微淡黄色の結晶性粉末
沸点	—
融点	120°C
蒸気圧	—
水溶性	難溶
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
タイヤ関連ゴムの製造において添加剤として使用され、50 トン以上の製造量がある。	
反復投与毒性（特定標的臓器）	
経口曝露による動物試験では、特段の影響はみられなかった。	
【GHS：区分外】	
生殖毒性	
適切なデータなし。	
【GHS：分類できない】	
発がん性	
適切なデータなし。	
【GHS：分類できない】	
長期曝露によるヒト健康影響	
不明。	
有害性（特に発がん性）に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
評価困難。	

評価困難：動物あるいはヒトにおいて、発がん性に関連するデータの存在が認められず、発がん性に関する評価ができない物質。

健康有害性評価シート	
物質名	ジメチルジチオカルバミン酸亜鉛 (Ziram)
英名	Zinc dimethyldithiocarbamate (Ziram)
CAS 番号	137-30-4
分子式	C ₆ H ₁₂ N ₂ S ₄ Zn
分子量	305.8
外観	白色の粉末
沸点	—
融点	251°C
蒸気圧	1.8 x 10 ⁻⁷ hPa
水溶性	1 mg/L (20°C)
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
タイヤ関連ゴムの製造において添加剤として使用され、50 トン以上の製造量がある。	
反復投与毒性（特定標的臓器）	
動物試験では肝臓への影響がみられた。ヒトで皮膚感受性が懸念されている。	
【GHS：区分 1（肝臓）；皮膚感受性 区分 1】	
生殖毒性	
動物試験では、生殖毒性はみられていない。	
【GHS：区分外】	
発がん性	
IARC でグループ 3 に分類されている（動物試験で、腫瘍の発現がみられている）。	
【GHS：区分外】	
長期曝露によるヒト健康影響	
肝臓に影響を与えることがある。皮膚感作を引き起こすことがある。	
有害性（特に発がん性）に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
懸念あり。	

懸念あり：ハザードとして動物あるいはヒトにおいて発がん性を示す知見が認められた物質、あるいはそれらと類似の構造を有し発がん性を示す可能性があると推定される物質で、今後、発がん性に係るヒト健康リスクを評価する際には（例えば、曝露量の検討）、優先的に評価対象とするのが望ましいと考える物質。

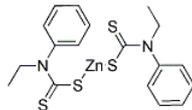
健康有害性評価シート	
物質名	ジエチルジチオカルバミン酸亜鉛
英名	Zinc diethyldithiocarbamate
CAS 番号	14324-55-1
分子式	C ₁₀ H ₂₀ N ₂ S ₄ Zn
分子量	361.9
外観	白色粉末
沸点	—
融点	178°C
蒸気圧	—
水溶性	ほとんど溶けない
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
タイヤ関連ゴムの製造において添加剤として使用され、50 トン以上の製造量がある。	
反復投与毒性（特定標的臓器）	
適切なデータなし。ヒトで皮膚感受性が懸念されている。	
【GHS：皮膚感受性 区分 1】	
生殖毒性	
適切なデータなし。	
【GHS：分類できない】	
発がん性	
適切なデータなし。	
【GHS：分類できない】	
長期曝露によるヒト健康影響	
皮膚感作を引き起こすことがある。	
有害性（特に発がん性）に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
評価困難。	

評価困難：動物あるいはヒトにおいて、発がん性に関連するデータの存在が認められず、発がん性に関する評価ができない物質。

健康有害性評価シート	
物質名	ビス（ジブチルジチオカルバミン酸）亜鉛
英名	Zinc di-n-butylthiocarbamate
CAS 番号	136-23-2
分子式	C ₁₈ H ₃₆ N ₂ S ₄ Zn
分子量	474.1
外観	白色粉末
沸点	—
融点	138°C
蒸気圧	7.7 x 10 ⁻⁹ Pa (25°C)
水溶性	0.0104 mg/L (25°C)
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
タイヤ関連ゴムの製造において添加剤として使用され、50 トン以上の製造量がある。	
反復投与毒性（特定標的臓器）	
経口曝露による動物試験では影響はみられていない。	
【GHS：区分外】	
生殖毒性	
適切なデータなし。	
【GHS：分類できない】	
発がん性	
適切なデータなし。	
【GHS：分類できない】	
長期曝露によるヒト健康影響	
EU では皮膚感受性物質とされている。	
有害性（特に発がん性）に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
評価困難。	

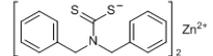
評価困難：動物あるいはヒトにおいて、発がん性に関連するデータの存在が認められず、発がん性に関する評価ができない物質。

健康有害性評価シート	
物質名	エチルフェニルジチオカルバミン酸亜鉛
英名	Zinc ethylphenylthiocarbamate
CAS 番号	14634-93-6
分子式	C ₁₈ H ₂₀ N ₂ S ₂ Zn
分子量	458.0
外観	微灰白色粉末
沸点	—
融点	198~214℃
蒸気圧	—
水溶性	—
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
タイヤ関連ゴムの製造において添加剤として使用され、50 トン以上の製造量がある。	
反復投与毒性（特定標的臓器）	
適切なデータなし。	
【GHS：分類できない】	
生殖毒性	
適切なデータなし。	
【GHS：分類できない】	
発がん性	
適切なデータなし。	
【GHS：分類できない】	
長期曝露によるヒト健康影響	
不明。	
有害性（特に発がん性）に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
評価困難。	



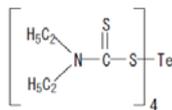
評価困難：動物あるいはヒトにおいて、発がん性に関連するデータの存在が認められず、発がん性に関する評価ができない物質。

健康有害性評価シート	
物質名	ジベンジルジチオカルバミン酸亜鉛
英名	Zinc dibenzylthiocarbamate
CAS 番号	14726-36-4
分子式	C ₃₀ H ₂₈ N ₂ S ₂ Zn
分子量	610.2
外観	灰白色の粉末
沸点	—
融点	184~188℃
蒸気圧	—
水溶性	—
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
タイヤ関連ゴムの製造において添加剤として使用され、50 トン以上の製造量がある。	
反復投与毒性（特定標的臓器）	
適切なデータなし。	
【GHS：分類できない】	
生殖毒性	
適切なデータなし。	
【GHS：分類できない】	
発がん性	
適切なデータなし。	
【GHS：分類できない】	
長期曝露によるヒト健康影響	
不明。	
有害性（特に発がん性）に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
評価困難。	



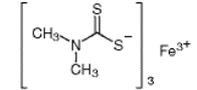
評価困難：動物あるいはヒトにおいて、発がん性に関連するデータの存在が認められず、発がん性に関する評価ができない物質。

健康有害性評価シート	
物質名	ジエチルジチオカルバミン酸テルル
英名	Tellurium diethylthiocarbamate
CAS 番号	20941-65-5
分子式	C ₂₀ H ₄₀ N ₂ S ₂ Te
分子量	720.7
外観	赤橙黄色粉末
沸点	—
融点	106~118℃
蒸気圧	—
水溶性	不溶
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
タイヤ関連ゴムの製造において添加剤として使用され、50 トン以上の製造量がある。	
反復投与毒性（特定標的臓器）	
適切なデータなし。	
【GHS：分類できない】	
生殖毒性	
適切なデータなし。	
【GHS：分類できない】	
発がん性	
IARC でグループ 3 に分類されている。	
【GHS：区分外】	
長期曝露によるヒト健康影響	
不明。	
有害性（特に発がん性）に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
評価困難。	



評価困難：動物あるいはヒトにおいて、発がん性に関連するデータの存在が認められず、発がん性に関する評価ができない物質。

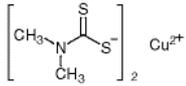
健康有害性評価シート	
物質名	ジメチルジチオカルバミン酸鉄 (フェербム)
英名	Iron(III) dimethylthiocarbamate (Ferbam)
CAS 番号	14484-64-1
分子式	C ₉ H ₁₈ FeN ₂ S ₂
分子量	416.5
外観	結晶性黒色粉末
沸点	—
融点	180℃ (分解)
蒸気圧	3.6 x 10 ⁻⁸ Pa (25℃、推定)
水溶性	不溶
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
タイヤ関連ゴムの製造において添加剤として使用され、50 トン以上の製造量がある。	
反復投与毒性（特定標的臓器）	
動物試験では神経系への影響がみられている。	
【GHS：区分 2（神経系）】	
生殖毒性	
動物試験では、母体毒性用量で奇形がみられている。	
【GHS：区分 2】	
発がん性	
IARC でグループ 3 に分類されている。	
【GHS：区分外】	
長期曝露によるヒト健康影響	
不明。	
有害性（特に発がん性）に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
評価困難。	



評価困難：動物あるいはヒトにおいて、発がん性に関連するデータの存在が認められず、発がん性に関する評価ができない物質。

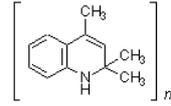
健康有害性評価シート	
物質名	ジメチルジチオカルバミン酸銅
英名	Copper dimethylthiocarbamate
CAS 番号	137-29-1
分子式	CeH ₁₂ CuNaS ₄
分子量	304.0
外観	暗赤褐色粉末
沸点	—
融点	>300°C
蒸気圧	—
水溶性	—
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
タイヤ関連ゴムの製造において添加剤として使用され、50 トン以上の製造量がある。	
反復投与毒性（特定標的臓器）	
適切なデータなし。	
【GHS：分類できない】	
生殖毒性	
適切なデータなし。	
【GHS：分類できない】	
発がん性	
適切なデータなし。	
【GHS：分類できない】	
長期曝露によるヒト健康影響	
不明。	
有害性（特に発がん性）に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
評価困難。	

評価困難：動物あるいはヒトにおいて、発がん性に関連するデータの存在が認められず、発がん性に関する評価ができない物質。



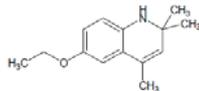
健康有害性評価シート	
物質名	2,2,4-トリメチル-1,2-ジヒドキノリン重合体
英名	Polymerized 2,2,4-trimethyl-1,2-dihydroquinoline
CAS 番号	26780-96-1
分子式	(C ₁₂ H ₁₈ N)n
分子量	—
外観	淡褐色粉末
沸点	—
融点	—
蒸気圧	—
水溶性	—
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
タイヤ関連ゴムの製造において添加剤として使用され、50 トン以上の製造量がある。	
反復投与毒性（特定標的臓器）	
適切なデータなし。	
【GHS：分類できない】	
生殖毒性	
適切なデータなし。	
【GHS：分類できない】	
発がん性	
適切なデータなし。	
【GHS：分類できない】	
長期曝露によるヒト健康影響	
不明。	
有害性（特に発がん性）に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
評価困難。	

評価困難：動物あるいはヒトにおいて、発がん性に関連するデータの存在が認められず、発がん性に関する評価ができない物質。



健康有害性評価シート	
物質名	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）
英名	6-Ethoxy-1,2-dihydro-2,2,4-trimethylquinoline (Ethoxyquin)
CAS 番号	91-53-2
分子式	C ₁₁ H ₁₈ NO
分子量	217.3
外観	暗茶色の澄明液体
沸点	150°C（分解）
融点	<-20°C
蒸気圧	0.0346 Pa（25°C）
水溶性	60 mg/L（20°C, pH 7）
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
タイヤ関連ゴムの製造において添加剤として使用され、50 トン以上の製造量がある。	
反復投与毒性（特定標的臓器）	
動物試験では肝臓への影響がみられている。ヒトにおけるパッチテストで陽性反応がみられている。	
【GHS：区分1（肝臓）；皮膚感受性：区分1】	
生殖毒性	
動物試験では、生殖毒性はみられていない。	
【GHS：区分外】	
発がん性	
動物試験では、膀胱への発がん性が示唆されている。	
【GHS：区分2】	
長期曝露によるヒト健康影響	
肝臓に影響を与えることがある。皮膚感作を引き起こすことがある。	
有害性（特に発がん性）に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
懸念あり。	

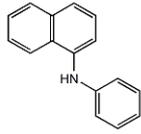
懸念あり：ハザードとして動物あるいはヒトにおいて発がん性を示す知見が認められた物質、あるいはそれらと類似の構造を有し発がん性を示す可能性があると推定される物質で、今後、発がん性に係るヒト健康リスクを評価する際には（例えば、曝露量の検討）、優先的に評価対象とするのが望ましいと考える物質。



健康有害性評価シート	
物質名	ジフェニルアミンとアセトンの反応物
英名	Reaction product of diphenylamine and acetone
CAS 番号	68412-48-6
分子式	—
分子量	—
外観	暗褐色の粘張性液体
沸点	—
融点	—
蒸気圧	—
水溶性	—
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
タイヤ関連ゴムの製造において添加剤として使用され、50 トン以上の製造量がある。	
反復投与毒性（特定標的臓器）	
適切なデータなし。	
【GHS：分類できない】	
生殖毒性	
適切なデータなし。	
【GHS：分類できない】	
発がん性	
適切なデータなし。	
【GHS：分類できない】	
長期曝露によるヒト健康影響	
不明。	
有害性（特に発がん性）に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
評価困難。	

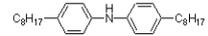
評価困難：動物あるいはヒトにおいて、発がん性に関連するデータの存在が認められず、発がん性に関する評価ができない物質。

健康有害性評価シート	
物質名	N-フェニル-1-ナフチルアミン
英名	N-Phenyl-1-naphthylamine
CAS 番号	90-30-2
分子式	C ₁₆ H ₁₃ N
分子量	219.3
外観	白色～薄黄色の結晶
沸点	—
融点	62°C
蒸気圧	0.0011 Pa (25°C)
水溶性	不溶
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
タイヤ関連ゴムの製造において添加剤として使用され、50 トン以上の製造量がある。	
反復投与毒性（特定標的臓器）	
適切なデータなし。なお、動物試験およびヒトで皮膚感受性が示されている。	
【GHS：皮膚感受性 区分1】	
生殖毒性	
適切なデータなし。	
【GHS：分類できない】	
発がん性	
適切なデータなし。	
【GHS：分類できない】	
長期曝露によるヒト健康影響	
皮膚感作を引き起こすことがある。	
有害性（特に発がん性）に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
評価困難。	



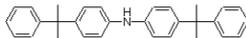
評価困難：動物あるいはヒトにおいて、発がん性に関連するデータの存在が認められず、発がん性に関する評価ができない物質。

健康有害性評価シート	
物質名	オクチル化ジフェニルアミン
英名	Octylated diphenylamine
CAS 番号	101-67-7
分子式	C ₂₈ H ₄₃ N
分子量	393.7
外観	白色～淡黄色の粉末
沸点	509°C
融点	96°C
蒸気圧	2.3 x 10 ⁻⁸ Pa (25°C)
水溶性	不溶
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
タイヤ関連ゴムの製造において添加剤として使用され、50 トン以上の製造量がある。	
反復投与毒性（特定標的臓器）	
適切なデータなし。	
【GHS：分類できない】	
生殖毒性	
適切なデータなし。	
【GHS：分類できない】	
発がん性	
適切なデータなし。	
【GHS：分類できない】	
長期曝露によるヒト健康影響	
不明。	
有害性（特に発がん性）に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
評価困難。	



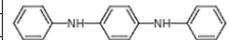
評価困難：動物あるいはヒトにおいて、発がん性に関連するデータの存在が認められず、発がん性に関する評価ができない物質。

健康有害性評価シート	
物質名	4,4'-ビス（α,α'-ジメチルベンジル）ジフェニルアミン
英名	4,4'-Bis(α,α'-dimethylbenzyl)diphenylamine
CAS 番号	10081-67-1
分子式	C ₃₀ H ₃₁ N
分子量	405.6
外観	灰白色の粉末
沸点	—
融点	100°C
蒸気圧	—
水溶性	不溶
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
タイヤ関連ゴムの製造において添加剤として使用され、50 トン以上の製造量がある。	
反復投与毒性（特定標的臓器）	
適切なデータなし。	
【GHS：分類できない】	
生殖毒性	
適切なデータなし。	
【GHS：分類できない】	
発がん性	
適切なデータなし。	
【GHS：分類できない】	
長期曝露によるヒト健康影響	
不明。	
有害性（特に発がん性）に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
評価困難。	



評価困難：動物あるいはヒトにおいて、発がん性に関連するデータの存在が認められず、発がん性に関する評価ができない物質。

健康有害性評価シート	
物質名	N,N'-ジフェニル-p'-フェニレンジアミン
英名	N,N'-Diphenyl-p'-phenylenediamine
CAS 番号	74-31-7
分子式	C ₁₈ H ₁₆ N ₂
分子量	260.3
外観	無色～灰色の結晶性粉末
沸点	222°C
融点	150°C
蒸気圧	8.46 x 10 ⁻⁷ Pa (25°C)
水溶性	不溶
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
タイヤ関連ゴムの製造において添加剤として使用され、50 トン以上の製造量がある。	
反復投与毒性（特定標的臓器）	
適切なデータなし。	
【GHS：分類できない】	
生殖毒性	
適切なデータなし。	
【GHS：分類できない】	
発がん性	
適切なデータなし。	
【GHS：分類できない】	
長期曝露によるヒト健康影響	
EU では皮膚感受性 GHS 区分 1 とされている。	
有害性（特に発がん性）に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
評価困難。	



評価困難：動物あるいはヒトにおいて、発がん性に関連するデータの存在が認められず、発がん性に関する評価ができない物質。

健康有害性評価シート	
物質名	N-イソプロピル-N'-フェニル-p'-フェニレンジアミン
英名	N-Isopropyl-N'-phenyl-p'-phenylenediamine
CAS 番号	101-72-4
分子式	C ₁₅ H ₁₈ N ₂
分子量	226.4
外観	暗灰色～黒色の薄片
沸点	220°C
融点	72～76°C
蒸気圧	0.000093 kPa (50°C)
水溶性	不溶
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
タイヤ関連ゴムの製造において添加剤として使用され、50 トン以上の製造量がある。	
反復投与毒性（特定標的臓器）	
適切なデータなし。なお、動物試験で皮膚感受性が示されている。	
【GHS：皮膚感受性 区分 1】	
生殖毒性	
適切なデータなし。	
【GHS：分類できない】	
発がん性	
適切なデータなし。	
【GHS：分類できない】	
長期曝露によるヒト健康影響	
皮膚感作を引き起こすことがある。	
有害性（特に発がん性）に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
評価困難。	

評価困難：動物あるいはヒトにおいて、発がん性に関連するデータの存在が認められず、発がん性に関する評価ができない物質。

健康有害性評価シート	
物質名	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
英名	N-(1,3-Dimethylbutyl)-N'-phenyl-p'-phenylenediamine
CAS 番号	793-24-8
分子式	C ₁₈ H ₂₄ N ₂
分子量	268.4
外観	茶～紫色の固体
沸点	—
融点	45～48°C
蒸気圧	ほとんどない
水溶性	0.1 g/L (20°C)
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
タイヤ関連ゴムの製造において添加剤として使用され、50 トン以上の製造量がある。	
反復投与毒性（特定標的臓器）	
動物試験では、溶血性貧血がみられた。なお、動物試験およびヒトで皮膚感受性が示されている。	
【GHS：区分 2（血液系）；皮膚感受性 区分 1】	
生殖毒性	
動物試験では生殖毒性はみられていない。	
【GHS：区分外】	
発がん性	
適切なデータなし。	
【GHS：分類できない】	
長期曝露によるヒト健康影響	
皮膚感作を引き起こすことがある。	
有害性（特に発がん性）に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
評価困難。	

評価困難：動物あるいはヒトにおいて、発がん性に関連するデータの存在が認められず、発がん性に関する評価ができない物質。

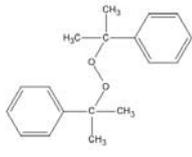
健康有害性評価シート	
物質名	p-キノンジオキシム
英名	p-Quinone dioxime
CAS 番号	105-11-3
分子式	C ₆ H ₆ N ₂ O ₂
分子量	138.1
外観	淡黄色の固体
沸点	—
融点	240°C（分解）
蒸気圧	0.0019 Pa (25°C, 推定)
水溶性	—
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
タイヤ関連ゴムの製造において添加剤として使用され、50 トン以上の製造量がある。	
反復投与毒性（特定標的臓器）	
動物試験では腎臓への影響がみられた。	
【GHS：区分 2（腎臓）】	
生殖毒性	
適切なデータなし。	
【GHS：分類できない】	
発がん性	
IARC でグループ 3 に分類されている（雌ラットにおいて腫瘍の発現がみられた）。	
【GHS：区分外】	
長期曝露によるヒト健康影響	
不明。	
有害性（特に発がん性）に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
懸念あり。	

懸念あり：ハザードとして動物あるいはヒトにおいて発がん性を示す知見が認められた物質、あるいはそれらと類似の構造を有し発がん性を示す可能性があると推定される物質で、今後、発がん性に係るヒト健康リスクを評価する際には（例えば、曝露量の検討）、優先的に評価対象とするのが望ましいと考える物質。

健康有害性評価シート	
物質名	p,p'-ジベンゾイルキノンジオキシム
英名	p,p'-Dibenzoylquinone dioxime
CAS 番号	120-52-5
分子式	C ₂₀ H ₁₄ N ₂ O ₄
分子量	346.3
外観	灰紫色の粉末
沸点	—
融点	—
蒸気圧	—
水溶性	—
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
タイヤ関連ゴムの製造において添加剤として使用され、50 トン以上の製造量がある。	
反復投与毒性（特定標的臓器）	
適切なデータなし。	
【GHS：分類できない】	
生殖毒性	
適切なデータなし。	
【GHS：分類できない】	
発がん性	
適切なデータなし。	
【GHS：分類できない】	
長期曝露によるヒト健康影響	
不明。	
有害性（特に発がん性）に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
評価困難。	

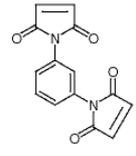
評価困難：動物あるいはヒトにおいて、発がん性に関連するデータの存在が認められず、発がん性に関する評価ができない物質。

健康有害性評価シート	
物質名	ジクミルペルオキシド (過酸化ジクミル)
英名	DiCumyl peroxide
CAS 番号	80-43-3
分子式	C ₁₈ H ₂₂ O ₂
分子量	270.4
外観	黄色～白色の結晶性粉末
沸点	130°C (分解)
融点	39°C
蒸気圧	—
水溶性	不溶
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
タイヤ関連ゴムの製造において添加剤として使用され、50 トン以上の製造量がある。	
反復投与毒性 (特定標的臓器)	
動物試験では高用量で肝臓への影響がみられた。	
【GHS: 区分外】	
生殖毒性	
適切なデータなし。	
【GHS: 分類できない】	
発がん性	
適切なデータなし。	
【GHS: 分類できない】	
長期曝露によるヒト健康影響	
不明。	
有害性 (特に発がん性) に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
評価困難。	



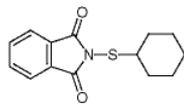
評価困難: 動物あるいはヒトにおいて、発がん性に関連するデータの存在が認められず、発がん性に関する評価ができない物質。

健康有害性評価シート	
物質名	N,N'-m-フェニレンジマレイミド
英名	N,N'-m-Phenylenedimaleimide
CAS 番号	3006-93-7
分子式	C ₁₄ H ₈ N ₂ O ₄
分子量	268.2
外観	白色～淡黄色の結晶性粉末
沸点	—
融点	202°C
蒸気圧	—
水溶性	難溶
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
タイヤ関連ゴムの製造において添加剤として使用され、50 トン以上の製造量がある。	
反復投与毒性 (特定標的臓器)	
適切なデータなし。	
【GHS: 分類できない】	
生殖毒性	
適切なデータなし。	
【GHS: 分類できない】	
発がん性	
適切なデータなし。	
【GHS: 分類できない】	
長期曝露によるヒト健康影響	
不明。	
有害性 (特に発がん性) に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
評価困難。	



評価困難: 動物あるいはヒトにおいて、発がん性に関連するデータの存在が認められず、発がん性に関する評価ができない物質。

健康有害性評価シート	
物質名	N-(シクロヘキシルチオ) フタライミド
英名	N-(Cyclohexylthio)phthalimide
CAS 番号	17796-82-6
分子式	C ₁₄ H ₁₆ NO ₂ S
分子量	261.3
外観	淡黄灰白色結晶性粉末
沸点	—
融点	93°C
蒸気圧	—
水溶性	22 mg/L (25°C)
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
タイヤ関連ゴムの製造において添加剤として使用され、50 トン以上の製造量がある。	
反復投与毒性 (特定標的臓器)	
動物試験では、経口曝露により影響はみられていない。吸入曝露では、肺や腎臓への影響がみられた。	
【GHS: 区分 2 (肺、腎臓)】	
生殖毒性	
動物試験では生殖毒性はみられていない。	
【GHS: 区分外】	
発がん性	
適切なデータなし。なお、ラット 2 年間混餌投与試験で、発がん性は示されていない。	
【GHS: 分類できない】	
長期曝露によるヒト健康影響	
不明。	
有害性 (特に発がん性) に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
懸念なし。	



懸念なし: 動物あるいはヒトにおいて、試験あるいは評価がなされているものの、発がん性を示す知見が認められていない物質。

健康有害性評価シート	
物質名	カーボンブラック
英名	carbon black
CAS 番号	1333-86-4
分子式	C
分子量	12.0 (原子量)
外観	黒色のペレット/極微細粉末
沸点	—
融点	3550°C
蒸気圧	—
水溶性	不溶
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
タイヤ関連ゴムの製造において使用される。製造方法によりカーボンブラックの化学組成は異なる。カーボンブラックは、その表面に吸着された多環芳香族炭化水素類(PAHs)を含む 1%未満の有機不純物を含んでいる。	
反復投与毒性 (特定標的臓器)	
動物試験およびヒト疫学調査において、肺への影響が示されている。	
【GHS: 区分 1 (肺)】	
生殖毒性	
適切なデータなし。	
【GHS: 分類できない】	
発がん性	
IARC でグループ 2B に分類されている。	
【GHS: 区分 2】	
長期曝露によるヒト健康影響	
肺が冒されることがある。ヒトで発がん性を示す可能性がある。	
有害性 (特に発がん性) に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
懸念あり。	

懸念あり: ハザードとして動物あるいはヒトにおいて発がん性を示す知見が認められた物質、あるいはそれらと類似の構造を有し発がん性を示す可能性があると推定される物質で、今後、発がん性に係るヒト健康リスクを評価する際には(例えば、曝露量の検討)、優先的に評価対象とするのが望ましいと考える物質。

健康有害性評価シート	
物質名	4-tert-オクチルフェノール
英名	4-tert-Octylphenol
CAS 番号	140-66-9
分子式	C ₁₄ H ₂₂ O
分子量	206.3
外観	白色固体
沸点	279°C
融点	86°C
蒸気圧	0.001 kPa (20°C)
水溶性	19 mg/L (20°C)
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
本邦における黒ゴムチップ試料のターゲット分析において検出が確認された。	
反復投与毒性 (特定標的臓器)	
動物試験では腎臓への影響がみられた。	
【GHS: 区分2 (腎臓)】	
生殖毒性	
動物試験では、生殖能に軽微な影響がみられた。	
【GHS: 区分外】	
発がん性	
適切なデータなし。	
【GHS: 分類できない】	
長期曝露によるヒト健康影響	
不明。	
有害性 (特に発がん性) に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
評価困難。	

評価困難: 動物あるいはヒトにおいて、発がん性に関連するデータの存在が認められず、発がん性に関する評価ができない物質。

健康有害性評価シート	
物質名	N-ジシクロヘキシルベンゾチアゾール-2-スルフェンアミド
英名	N, N-Dicyclohexyl-2-benzothiazolesulfenamide
CAS 番号	4979-32-2
分子式	C ₁₉ H ₂₆ N ₂ S ₂
分子量	346.6
外観	白色粉末
沸点	> 300°C (1013 hPa)
融点	99°C
蒸気圧	< 7.0 x 10 ⁻⁵ Pa (100°C)
水溶性	1.9 µg/L (25°C)
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
本邦における黒ゴムチップ試料のターゲット分析において検出が確認された。	
反復投与毒性 (特定標的臓器)	
動物試験では、中枢神経系および腎臓への影響がみられた。	
【GHS: 区分2 (中枢神経系、腎臓)】	
生殖毒性	
動物試験では、母体毒性用量で妊娠率や胎児への影響がみられた。	
【GHS: 区分外】	
発がん性	
適切なデータなし。	
【GHS: 分類できない】	
長期曝露によるヒト健康影響	
不明。	
有害性 (特に発がん性) に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
評価困難。	

評価困難: 動物あるいはヒトにおいて、発がん性に関連するデータの存在が認められず、発がん性に関する評価ができない物質。

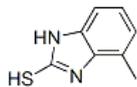
健康有害性評価シート	
物質名	2-(メチルチオ)ベンゾチアゾール
英名	2-(Methylthio)benzothiazole
CAS 番号	615-22-5
分子式	C ₈ H ₇ NS ₂
分子量	181.3
外観	白色～赤褐色の結晶性粉末
沸点	—
融点	44°C
蒸気圧	—
水溶性	—
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
本邦における黒ゴムチップ試料のターゲット分析において検出が確認された。	
反復投与毒性 (特定標的臓器)	
適切なデータなし。	
【GHS: 分類できない】	
生殖毒性	
適切なデータなし。	
【GHS: 分類できない】	
発がん性	
適切なデータなし。	
【GHS: 分類できない】	
長期曝露によるヒト健康影響	
不明。	
有害性 (特に発がん性) に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
評価困難。	

評価困難: 動物あるいはヒトにおいて、発がん性に関連するデータの存在が認められず、発がん性に関する評価ができない物質。

健康有害性評価シート	
物質名	1,2-ジヒドロ-2,2,4-トリメチルキノリン
英名	1,2-Dihydro-2,2,4-trimethylquinoline
CAS 番号	147-47-7
分子式	C ₁₂ H ₁₈ N
分子量	173.3
外観	液体
沸点	—
融点	—
蒸気圧	—
水溶性	—
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
本邦における黒ゴムチップ試料のターゲット分析において検出が確認された。	
反復投与毒性 (特定標的臓器)	
適切なデータなし。	
【GHS: 分類できない】	
生殖毒性	
適切なデータなし。	
【GHS: 分類できない】	
発がん性	
適切なデータなし。	
【GHS: 分類できない】	
長期曝露によるヒト健康影響	
不明。	
有害性 (特に発がん性) に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
評価困難。	

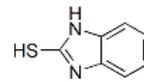
評価困難: 動物あるいはヒトにおいて、発がん性に関連するデータの存在が認められず、発がん性に関する評価ができない物質。

健康有害性評価シート	
物質名	2-メルカプトメチルベンズイミダゾール
英名	2-Mercaptomethylbenzimidazole
CAS 番号	53988-10-6
分子式	C ₈ H ₈ N ₂ S
分子量	164.2
外観	灰黄白色～淡褐色の粉末
沸点	—
融点	300℃
蒸気圧	—
水溶性	—
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
本邦における黒ゴムチップ試料のターゲット分析において検出が確認された。	
反復投与毒性（特定標的臓器）	
適切なデータなし。	
【GHS：分類できない】	
生殖毒性	
適切なデータなし。	
【GHS：分類できない】	
発がん性	
適切なデータなし。	
【GHS：分類できない】	
長期曝露によるヒト健康影響	
不明。	
有害性（特に発がん性）に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
評価困難。	



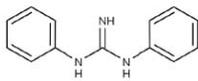
評価困難：動物あるいはヒトにおいて、発がん性に関連するデータの存在が認められず、発がん性に関する評価ができない物質。

健康有害性評価シート	
物質名	2-メルカプトベンズイミダゾール
英名	2-Mercaptobenzimidazole
CAS 番号	583-39-1
分子式	C ₇ H ₆ N ₂ S
分子量	150.2
外観	淡黄白色粉状
沸点	—
融点	306℃
蒸気圧	—
水溶性	<0.1 g/100 mL (23.5℃)
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
本邦における黒ゴムチップ試料のターゲット分析において検出が確認された。	
反復投与毒性（特定標的臓器）	
適切なデータなし。	
【GHS：分類できない】	
生殖毒性	
適切なデータなし。	
【GHS：分類できない】	
発がん性	
適切なデータなし。	
【GHS：分類できない】	
長期曝露によるヒト健康影響	
不明。	
有害性（特に発がん性）に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
評価困難。	



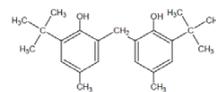
評価困難：動物あるいはヒトにおいて、発がん性に関連するデータの存在が認められず、発がん性に関する評価ができない物質。

健康有害性評価シート	
物質名	1,3-ジフェニルグアニジン
英名	1,3-Diphenylguanidine
CAS 番号	102-06-7
分子式	C ₁₃ H ₁₃ N ₃
分子量	211.3
外観	無色または白色の結晶性粉末
沸点	>200℃
融点	147℃
蒸気圧	1.74 x 10 ⁻⁹ kPa (20℃)
水溶性	475 mg/L (pH7, 25℃)
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
本邦における黒ゴムチップ試料のターゲット分析において検出が確認された。	
反復投与毒性（特定標的臓器）	
動物試験では特段の影響はみられなかった。	
【GHS：区分外】	
生殖毒性	
動物試験では胎児毒性がみられている。	
【GHS：区分2】	
発がん性	
適切なデータなし。	
【GHS：分類できない】	
長期曝露によるヒト健康影響	
不明。	
有害性（特に発がん性）に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
評価困難。	



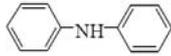
評価困難：動物あるいはヒトにおいて、発がん性に関連するデータの存在が認められず、発がん性に関する評価ができない物質。

健康有害性評価シート	
物質名	2,2'-メチレンビス (4-メチル-6-tert-ブチルフェノール)
英名	6,6'-di-tert-butyl-2,2'-methylenedi-p-cresol
CAS 番号	119-47-1
分子式	C ₂₈ H ₃₂ O ₂
分子量	340.5
外観	
沸点	187℃ (0.07 hPa)
融点	130℃
蒸気圧	4.7 x 10 ⁻¹¹ Pa
水溶性	0.02 mg/L (25℃)
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
本邦における黒ゴムチップ試料のターゲット分析において検出が確認された。	
反復投与毒性（特定標的臓器）	
動物試験では、精巣への影響がみられた。	
【GHS：区分1（精巣）】	
生殖毒性	
動物試験では生殖能への影響がみられたが、催奇形性は認められなかった	
【GHS：区分2】	
発がん性	
適切なデータなし。	
【GHS：分類できない】	
長期曝露によるヒト健康影響	
不明。	
有害性（特に発がん性）に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
評価困難。	



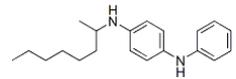
評価困難：動物あるいはヒトにおいて、発がん性に関連するデータの存在が認められず、発がん性に関する評価ができない物質。

健康有害性評価シート	
物質名	ジフェニルアミン
英名	Diphenylamine
CAS 番号	122-39-4
分子式	C ₁₂ H ₁₁ N
分子量	169.2
外観	無色あるいは灰色の結晶
沸点	302°C
融点	53°C
蒸気圧	0.0003 hPa (20°C)
水溶性	300 mg/L (25°C)
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
本邦における黒ゴムチップ試料のターゲット分析において検出が確認された。	
反復投与毒性（特定標的臓器）	
動物試験では、経口曝露により、血液系や腎臓への影響がみられた。	
【GHS：区分2（血液系、腎臓）】	
生殖毒性	
動物試験では、母体毒性用量で軽度な胎児毒性がみられた。催奇形性作用は認められなかった。	
【GHS：区分外】	
発がん性	
ラット雄およびマウス雄で血管系腫瘍の発生増加が認められた（厚生労働省委託がん原性試験結果）。MAK 発がん性分類は区分3B（in vitro や動物で発がん関連影響が認められているが、他の発がん分類(1/2/3A)に入れるにはデータが不十分）。【GHS：区分2】	
長期曝露によるヒト健康影響	
不明。	
有害性（特に発がん性）に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
懸念あり。	



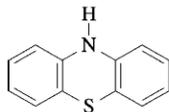
懸念あり：ハザードとして動物あるいはヒトにおいて発がん性を示す知見が認められた物質、あるいはそれらと類似の構造を有し発がん性を示す可能性があるかと推定される物質で、今後、発がん性に係るヒト健康リスクを評価する際には（例えば、曝露量の検討）、優先的に評価対象とするのが望ましいと考える物質。

健康有害性評価シート	
物質名	N-(1-メチルヘプチル)-N'-フェニル-p'-フェニレンジアミン
英名	4-(2-Octylamino)diphenylamine
CAS 番号	15233-47-3
分子式	C ₂₀ H ₂₅ N ₂
分子量	296.5
外観	褐色～黒色の液体
沸点	—
融点	—
蒸気圧	—
水溶性	—
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
本邦における黒ゴムチップ試料のターゲット分析において検出が確認された。	
反復投与毒性（特定標的臓器）	
適切なデータなし。	
【GHS：分類できない】	
生殖毒性	
適切なデータなし。	
【GHS：分類できない】	
発がん性	
適切なデータなし。	
【GHS：分類できない】	
長期曝露によるヒト健康影響	
不明。	
有害性（特に発がん性）に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
評価困難。	



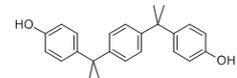
評価困難：動物あるいはヒトにおいて、発がん性に関連するデータの存在が認められず、発がん性に関する評価ができない物質。

健康有害性評価シート	
物質名	チオジフェニルアミン（フェノチアジン）
英名	Phenothiazin
CAS 番号	92-84-2
分子式	C ₁₂ H ₉ NS
分子量	199.3
外観	黄色結晶（光曝露で濃緑色化）
沸点	371°C
融点	185°C
蒸気圧	<0.01 hPa (40°C)
水溶性	22 mg/L (25°C)
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
本邦における黒ゴムチップ試料のターゲット分析において検出が確認された。	
反復投与毒性（特定標的臓器）	
動物試験では、経口曝露により血液系への影響がみられた。	
【GHS：区分2（血液系）】	
生殖毒性	
動物試験では催奇形性はみられていない。なお、生殖能については適切なデータなし。	
【GHS：区分外】	
発がん性	
適切なデータなし。	
【GHS：分類できない】	
長期曝露によるヒト健康影響	
不明。	
有害性（特に発がん性）に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
評価困難。	



評価困難：動物あるいはヒトにおいて、発がん性に関連するデータの存在が認められず、発がん性に関する評価ができない物質。

健康有害性評価シート	
物質名	α,α'-ビス(4-ヒドロキシフェニル)-1,4-ジイソプロピルベンゼン (ビスフェノール P)
英名	α,α'-Bis(4-hydroxyphenyl)-1,4-diisopropylbenzene (Bisphenol P)
CAS 番号	2167-51-3
分子式	C ₂₁ H ₂₆ O ₂
分子量	346.5
外観	白色粉末
沸点	—
融点	—
蒸気圧	—
水溶性	—
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
本邦における黒ゴムチップ試料等のノンターゲット分析において検出が想定される。	
反復投与毒性（特定標的臓器）	
適切なデータなし。	
【GHS：分類できない】	
生殖毒性	
適切なデータなし。	
【GHS：分類できない】	
発がん性	
適切なデータなし。	
【GHS：分類できない】	
長期曝露によるヒト健康影響	
不明。	
有害性（特に発がん性）に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
評価困難。	



評価困難：動物あるいはヒトにおいて、発がん性に関連するデータの存在が認められず、発がん性に関する評価ができない物質。

健康有害性評価シート	
物質名	イソフタル酸ビス(2-エチルヘキシル)
英名	Bis(2-ethylhexyl) Isophthalate
CAS 番号	137-89-3
分子式	C ₂₄ H ₄₈ O ₄
分子量	390.6
外観	澄明な緑色液体
沸点	—
融点	—
蒸気圧	—
水溶性	—
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
本邦における黒ゴムチップ試料等のノンターゲット分析において検出が想定される。	
反復投与毒性（特定標的臓器）	
適切なデータなし。 【GHS：分類できない】	
生殖毒性	
適切なデータなし。 【GHS：分類できない】	
発がん性	
適切なデータなし。 【GHS：分類できない】	
長期曝露によるヒト健康影響	
不明。	
有害性（特に発がん性）に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
評価困難。	

評価困難：動物あるいはヒトにおいて、発がん性に関連するデータの存在が認められず、発がん性に関する評価ができない物質。

健康有害性評価シート	
物質名	アゼライン酸ビス(2-エチルヘキシル)
英名	Di(2-ethylhexyl) Azelate
CAS 番号	103-24-2
分子式	C ₂₈ H ₅₆ O ₄
分子量	412.7
外観	無色の液体
沸点	>300℃
融点	-78℃
蒸気圧	< 3.12 x 10 ⁻⁶ hPa (80℃)
水溶性	<.00004 mg/L (20℃)
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
本邦における黒ゴムチップ試料等のノンターゲット分析において検出が想定される。	
反復投与毒性（特定標的臓器）	
動物試験では、経口曝露により影響はみられていない。 【GHS：区分外】	
生殖毒性	
動物試験では生殖能への影響はみられていない。なお、催奇形性については適切なデータなし。 【GHS：区分外】	
発がん性	
適切なデータなし。 【GHS：分類できない】	
長期曝露によるヒト健康影響	
不明。	
有害性（特に発がん性）に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
評価困難。	

評価困難：動物あるいはヒトにおいて、発がん性に関連するデータの存在が認められず、発がん性に関する評価ができない物質。

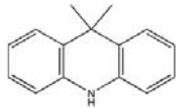
健康有害性評価シート	
物質名	セバシン酸ビス(2-エチルヘキシル)
英名	Bis(2-ethylhexyl) Sebacate
CAS 番号	122-62-3
分子式	C ₂₆ H ₅₀ O ₄
分子量	426.7
外観	無色澄明の油状液体
沸点	約 248℃
融点	-48℃
蒸気圧	0.000024 Pa(37℃)
水溶性	溶けない
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
本邦における黒ゴムチップ試料等のノンターゲット分析において検出が想定される。	
反復投与毒性（特定標的臓器）	
適切なデータなし。 【GHS：分類できない】	
生殖毒性	
適切なデータなし。 【GHS：分類できない】	
発がん性	
適切なデータなし。 【GHS：分類できない】	
長期曝露によるヒト健康影響	
不明。	
有害性（特に発がん性）に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
評価困難。	

評価困難：動物あるいはヒトにおいて、発がん性に関連するデータの存在が認められず、発がん性に関する評価ができない物質。

健康有害性評価シート	
物質名	2,4-ビス(α,α-ジメチルベンジル)フェノール
英名	2,4-Bis(α,α-dimethylbenzyl)phenol
CAS 番号	2772-45-4
分子式	C ₂₁ H ₂₆ O
分子量	330.5
外観	黄色の結晶性固体
沸点	206℃ (20 hPa)
融点	63℃
蒸気圧	—
水溶性	—
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
本邦における黒ゴムチップ試料等のノンターゲット分析において検出が想定される。	
反復投与毒性（特定標的臓器）	
適切なデータなし。 【GHS：分類できない】	
生殖毒性	
適切なデータなし。 【GHS：分類できない】	
発がん性	
適切なデータなし。 【GHS：分類できない】	
長期曝露によるヒト健康影響	
不明。	
有害性（特に発がん性）に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
評価困難。	

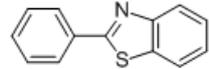
評価困難：動物あるいはヒトにおいて、発がん性に関連するデータの存在が認められず、発がん性に関する評価ができない物質。

健康有害性評価シート	
物質名	9,10-ジヒドロ-9,9-ジメチルアクリジン
英名	9,10-Dihydro-9,9-dimethylacridine
CAS 番号	6267-02-3
分子式	C ₁₅ H ₁₃ N
分子量	209.3
外観	固体
沸点	125°C
融点	332°C
蒸気圧	0.02 Pa (25°C)
水溶性	—
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
本邦における黒ゴムチップ試料等のノンターゲット分析において検出が想定される。	
反復投与毒性（特定標的臓器）	
適切なデータなし。 【GHS：分類できない】	
生殖毒性	
適切なデータなし。 【GHS：分類できない】	
発がん性	
適切なデータなし。 【GHS：分類できない】	
長期曝露によるヒト健康影響	
不明。	
有害性（特に発がん性）に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
評価困難。	



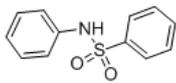
評価困難：動物あるいはヒトにおいて、発がん性に関連するデータの存在が認められず、発がん性に関する評価ができない物質。

健康有害性評価シート	
物質名	2-フェニルベンゾチアゾール
英名	2-Phenylbenzothiazole
CAS 番号	883-93-2
分子式	C ₁₃ H ₉ NS
分子量	211.3
外観	固体
沸点	371°C
融点	112°C
蒸気圧	—
水溶性	不溶
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
本邦における黒ゴムチップ試料等のノンターゲット分析において検出が想定される。	
反復投与毒性（特定標的臓器）	
適切なデータなし。 【GHS：分類できない】	
生殖毒性	
適切なデータなし。 【GHS：分類できない】	
発がん性	
適切なデータなし。 【GHS：分類できない】	
長期曝露によるヒト健康影響	
不明。	
有害性（特に発がん性）に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
評価困難。	



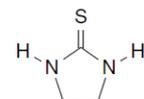
評価困難：動物あるいはヒトにおいて、発がん性に関連するデータの存在が認められず、発がん性に関する評価ができない物質。

健康有害性評価シート	
物質名	ベンゼンスルホンアニリド
英名	Benzenesulfonanilide
CAS 番号	1678-25-7
分子式	C ₁₂ H ₁₁ NO ₂ S
分子量	233.3
外観	固体
沸点	—
融点	110°C
蒸気圧	5.12E-06 mmHg (25°C)
水溶性	22 mg/L (25°C)
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
本邦における黒ゴムチップ試料等のノンターゲット分析において検出が想定される。	
反復投与毒性（特定標的臓器）	
適切なデータなし。 【GHS：分類できない】	
生殖毒性	
適切なデータなし。 【GHS：分類できない】	
発がん性	
適切なデータなし。 【GHS：分類できない】	
長期曝露によるヒト健康影響	
不明。	
有害性（特に発がん性）に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
評価困難。	



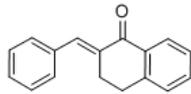
評価困難：動物あるいはヒトにおいて、発がん性に関連するデータの存在が認められず、発がん性に関する評価ができない物質。

健康有害性評価シート	
物質名	エチレンチオウレア (2-イミダゾリジンチオン)
英名	Ethylenethiourea
CAS 番号	96-45-7
分子式	C ₃ H ₄ N ₂ S
分子量	102.2
外観	白色～淡緑色の結晶
沸点	347°C
融点	203°C
蒸気圧	0.67 Pa (25°C)
水溶性	20 g/L (30°C)
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
本邦における黒ゴムチップ試料等のノンターゲット分析において検出が想定される。	
反復投与毒性（特定標的臓器）	
動物試験では、経口曝露により下垂体および甲状腺に影響がみられた。なお、動物では、皮膚感作性が示されている。 【GHS：区分1（下垂体、甲状腺）、皮膚感作性：区分1】	
生殖毒性	
動物試験では、催奇形性がみられている。 【GHS：区分1B】	
発がん性	
IARCでグループ3に分類されている（動物試験では、甲状腺腫瘍がみとめられた）。 【GHS：区分外】	
長期曝露によるヒト健康影響	
アレルギー性皮膚反応を起こすおそれがある。	
有害性（特に発がん性）に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
懸念あり。	



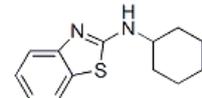
懸念あり：ハザードとして動物あるいはヒトにおいて発がん性を示す知見が認められた物質、あるいはそれらと類似の構造を有し発がん性を示す可能性があると推定される物質で、今後、発がん性に係るヒト健康リスクを評価するには（例えば、曝露量の検討）、優先的に評価対象とするのが望ましいと考える物質。

健康有害性評価シート	
物質名	2-ベンジリデンテトラリン-1-オン
英名	2-Benzylidene-1-tetralone
CAS 番号	6261-32-1
分子式	C ₁₇ H ₁₄ O
分子量	234.3
外観	淡黄色の粉末
沸点	—
融点	103℃
蒸気圧	—
水溶性	—
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
本邦における黒ゴムチップ試料等のノンターゲット分析において検出が想定される。	
反復投与毒性（特定標的臓器）	
適切なデータなし。	
【GHS：分類できない】	
生殖毒性	
適切なデータなし。	
【GHS：分類できない】	
発がん性	
適切なデータなし。	
【GHS：分類できない】	
長期曝露によるヒト健康影響	
不明。	
有害性（特に発がん性）に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
評価困難。	



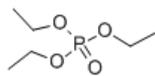
評価困難：動物あるいはヒトにおいて、発がん性に関連するデータの存在が認められず、発がん性に関する評価ができない物質。

健康有害性評価シート	
物質名	N-シクロヘキシル-2-ベンゾチアゾールアミン
英名	N-cyclohexyl-1,3-benzothiazol-2-amine
CAS 番号	28291-75-0
分子式	C ₁₃ H ₁₆ N ₂ S
分子量	232.4
外観	固体
沸点	—
融点	—
蒸気圧	—
水溶性	—
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
本邦における黒ゴムチップ試料等のノンターゲット分析において検出が想定される。	
反復投与毒性（特定標的臓器）	
適切なデータなし。	
【GHS：分類できない】	
生殖毒性	
適切なデータなし。	
【GHS：分類できない】	
発がん性	
適切なデータなし。	
【GHS：分類できない】	
長期曝露によるヒト健康影響	
不明。	
有害性（特に発がん性）に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
評価困難。	



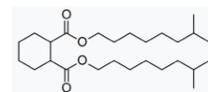
評価困難：動物あるいはヒトにおいて、発がん性に関連するデータの存在が認められず、発がん性に関する評価ができない物質。

健康有害性評価シート	
物質名	リン酸トリエチル
英名	Triethylphosphate
CAS 番号	78-40-4
分子式	C ₆ H ₁₅ O ₄ P
分子量	182.2
外観	液体
沸点	215℃
融点	-56℃
蒸気圧	133 Pa (40℃)
水溶性	可溶
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
本邦における黒ゴムチップ試料等のノンターゲット分析において検出が想定される。	
反復投与毒性（特定標的臓器）	
適切なデータなし。	
【GHS：分類できない】	
生殖毒性	
適切なデータなし。	
【GHS：分類できない】	
発がん性	
適切なデータなし。	
【GHS：分類できない】	
長期曝露によるヒト健康影響	
不明。	
有害性（特に発がん性）に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
評価困難。	



評価困難：動物あるいはヒトにおいて、発がん性に関連するデータの存在が認められず、発がん性に関する評価ができない物質。

健康有害性評価シート	
物質名	1,2-シクロヘキサンジカルボン酸ジイソノニルエステル
英名	DINCH (1,2-Cyclohexane dicarboxylic acid diisononyl ester)
CAS 番号	474919-59-0
分子式	C ₂₆ H ₄₈ O ₄
分子量	424.7
外観	無色の液体
沸点	—
融点	-54℃
蒸気圧	1.3E-6 hPa (50℃)
水溶性	—
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
本邦における黒ゴムチップ試料等のノンターゲット分析において検出が想定される。	
反復投与毒性（特定標的臓器）	
適切なデータなし。	
【GHS：分類できない】	
生殖毒性	
適切なデータなし。	
【GHS：分類できない】	
発がん性	
適切なデータなし。	
【GHS：分類できない】	
長期曝露によるヒト健康影響	
不明。	
有害性（特に発がん性）に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
評価困難。	



評価困難：動物あるいはヒトにおいて、発がん性に関連するデータの存在が認められず、発がん性に関する評価ができない物質。

健康有害性評価シート	
物質名	ベンゼン-1,2-ジカルボン酸ビス(7-メチルオクチル); ジイソノニルフタレート
英名	DINP (1,2-Benzenedicarboxylic acid, di-C8-10-branched alkyl esters, C9 rich and di-"isononyl" phthalate)
CAS 番号	28553-12-0 & 68515-48-0
分子式	$C_{8+2x}H_{6+4x}O_4$ (x = 8 to 10, average $C_{28}H_{42}O_4$)
分子量	Average 420.6
外観	粘性のある油性液体
沸点	-42~-54℃
融点	235~252℃ (7.1 hPa)
蒸気圧	5.1×10^{-5} Pa (20℃)
水溶性	約 0.6 µg/L
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
本邦における黒ゴムチップ試料等のノンターゲット分析において検出が想定される。	
反復投与毒性 (特定標的臓器)	
動物試験では、経口曝露により肝臓 (ペルオキシソーム増殖) および腎臓 (α-2u グロブリン) への影響がみられた。 【GHS: 区分外】	
生殖毒性	
動物試験では、高用量において骨格および内臓の変異がみられている。 【GHS: 区分外】	
発がん性	
動物試験では、肝臓 (ペルオキシソーム増殖) および腎臓 (α-2u グロブリン) の腫瘍がみられたが、ヒトへの妥当性はないと考えられている 【GHS: 区分外】	
長期曝露によるヒト健康影響	
不明。	
有害性 (特に発がん性) に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
懸念なし。	

懸念なし：動物あるいはヒトにおいて、試験あるいは評価がなされているものの、発がん性を示す知見が認められていない物質。

健康有害性評価シート	
物質名	アジピン酸ビス (2-エチルヘキシル)
英名	Di(2-ethylhexyl) adipate
CAS 番号	103-23-1
分子式	$C_{22}H_{42}O_4$
分子量	370.6
外観	無色の液体
沸点	417
融点	-68℃
蒸気圧	0.0001 Pa (20℃)
水溶性	3 µg/L
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
本邦における黒ゴムチップ試料等のノンターゲット分析において検出が想定される。	
反復投与毒性 (特定標的臓器)	
動物試験では、肝臓への影響 (ペルオキシソーム増殖) がみられた。 【GHS: 区分外】	
生殖毒性	
動物試験では、軽微な胎児毒性がみられた。 【GHS: 区分外】	
発がん性	
IARC でグループ 3 に分類されている (マウスでは高用量で肝腫瘍がみられた)。 【GHS: 区分外】	
長期曝露によるヒト健康影響	
不明。	
有害性 (特に発がん性) に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
懸念なし。	

懸念なし：動物あるいはヒトにおいて、試験あるいは評価がなされているものの、発がん性を示す知見が認められていない物質。

健康有害性評価シート	
物質名	セバシン酸ビス(2,2,6,6-テトラメチル-4-ピペリジル)
英名	Bis(2,2,6,6-tetramethyl-4-piperidyl) sebacate
CAS 番号	52829-07-9
分子式	$C_{28}H_{50}N_2O_4$
分子量	478.7
外観	白色の結晶性粉末
沸点	425℃ (分解)
融点	81℃
蒸気圧	$3.6E-08$ Pa (25℃)
水溶性	18.8 mg/L (pH 7.5, 22℃)
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
本邦における黒ゴムチップ試料等のノンターゲット分析において検出が想定される。	
反復投与毒性 (特定標的臓器)	
動物試験では、経口曝露により影響はみられていない。 【GHS: 区分外】	
生殖毒性	
動物試験では生殖毒性はみられていない。 【GHS: 区分外】	
発がん性	
適切なデータなし。 【GHS: 分類できない】	
長期曝露によるヒト健康影響	
不明。	
有害性 (特に発がん性) に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
評価困難。	

評価困難：動物あるいはヒトにおいて、発がん性に関連するデータの存在が認められず、発がん性に関する評価ができない物質。

健康有害性評価シート	
物質名	ベンゾ[c]フルオレン
英名	Benzo[c]fluorene
CAS 番号	205-12-9
分子式	$C_{17}H_{12}$
分子量	216.3
外観	白色~灰白色の固体
沸点	398℃
融点	125℃
蒸気圧	-
水溶性	-
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
本邦において人工芝からの PAHs として検出された。	
反復投与毒性 (特定標的臓器)	
適切なデータなし。 【GHS: 分類できない】	
生殖毒性	
適切なデータなし。 【GHS: 分類できない】	
発がん性	
IARC でグループ 3 に分類されている (マウスで腫瘍の発現がみられた)。 【GHS: 区分外】	
長期曝露によるヒト健康影響	
不明。	
有害性 (特に発がん性) に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
懸念あり。	

懸念あり：ハザードとして動物あるいはヒトにおいて発がん性を示す知見が認められた物質、あるいはそれらと類似の構造を有し発がん性を示す可能性があると推定される物質で、今後、発がん性に係るヒト健康リスクを評価する際には (例えば、曝露量の検討)、優先的に評価対象とするのが望ましいと考える物質。

健康有害性評価シート	
物質名	シクロペンタ[cd]ピレン
英名	Cyclopenta[cd]pyrene
CAS 番号	27208-37-3
分子式	C ₁₈ H ₁₀
分子量	226.3
外観	—
沸点	438°C
融点	—
蒸気圧	—
水溶性	—
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
本邦において人工芝からの PAHs として検出された。	
反復投与毒性（特定標的臓器）	
適切なデータなし。	
【GHS：分類できない】	
生殖毒性	
適切なデータなし。	
【GHS：分類できない】	
発がん性	
IARC でグループ 2A に分類されている。	
【GHS：区分 1B】	
長期曝露によるヒト健康影響	
ヒトで発がん性を示す可能性が高い。	
有害性（特に発がん性）に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
懸念あり。	

懸念あり：ハザードとして動物あるいはヒトにおいて発がん性を示す知見が認められた物質、あるいはそれらと類似の構造を有し発がん性を示す可能性があると推定される物質で、今後、発がん性に係るヒト健康リスクを評価する際には（例えば、曝露量の検討）、優先的に評価対象とするのが望ましいと考える物質。

健康有害性評価シート	
物質名	ベンゾ[j]フルオランテン
英名	Benzo[j]fluoranthene
CAS 番号	205-82-3
分子式	C ₂₀ H ₁₂
分子量	252.3
外観	固体
沸点	—
融点	166°C
蒸気圧	—
水溶性	0.025 mg/L
人工芝ゴムチップグラウンドとの関連性	
本邦において人工芝からの PAHs として検出された。	
反復投与毒性（特定標的臓器）	
適切なデータなし。	
【GHS：分類できない】	
生殖毒性	
適切なデータなし。	
【GHS：分類できない】	
発がん性	
IARC でグループ 2B に分類されている。	
【GHS：区分 2】	
長期曝露によるヒト健康影響	
ヒトで発がん性を示す可能性がある。	
有害性（特に発がん性）に基づく暫定ヒト健康有害性評価	
懸念あり。	

懸念あり：ハザードとして動物あるいはヒトにおいて発がん性を示す知見が認められた物質、あるいはそれらと類似の構造を有し発がん性を示す可能性があると推定される物質で、今後、発がん性に係るヒト健康リスクを評価する際には（例えば、曝露量の検討）、優先的に評価対象とするのが望ましいと考える物質。

別紙4

研究成果の刊行に関する一覧表

なし