

厚生労働行政推進調査事業費補助金（化学物質リスク研究事業）

R5～6 年度終了報告書

家庭用品中有害物質の試験法及び規制基準設定に関する研究

未規制物質の曝露評価に関する研究

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 田原 麻衣子 国立医薬品食品衛生研究所 生活衛生化学部 主任研究官

研究協力者 森 葉子 国立医薬品食品衛生研究所 生活衛生化学部 研究員

本研究では、エアゾール製品及びそれに類推する製品による揮発性有機化合物の吸入曝露評価並びに繊維製品中の防災加工剤の経皮曝露評価に関する情報や生活・行動パターンの収集を行った。さらに、これまでの調査結果に基づいて、エアゾール製品中のトルエン及びシクロヘキサン、並びに防災頭巾中のトリス（1,3-ジクロロ-2-プロピル）ホスファート（TDCP）について、製品使用時の吸入及び経皮曝露量を推定した。エアゾール製品中のトルエン及びシクロヘキサンについては、ICET 及び ConsExpo Web の二つの数理モデルを用いて、吸入曝露量を算出し、エアゾールタイプの接着剤において、曝露シナリオの違いにより、その算出曝露量に差が認められた。そのため、健康リスク評価を実施する際には、個々のケースに合わせた、より現実的に即したシナリオの検討が必要と考えられた。防災頭巾中の TDCP については、DanishEPA の評価書を参考に避難時、通常時、避難訓練時の 3 つのシナリオを想定して曝露評価を行った結果、経皮曝露量は避難時で 8.1×10^{-4} (mg/kg BW/day)、通常時で 8.6×10^{-4} (mg/kg BW/day)、避難訓練時で 3.7×10^{-6} (mg/kg BW/day) と推定され、これらの値は Danish EPA が示した導出無影響レベルを下回っていた。

A. 研究目的

我が国では、家庭用品を衛生化学的観点から安全なものにすることを目的として、「有害物質を含有する家庭用品の規制に関する法律」（家庭用品規制法）（昭和 48 年法律第 112 号）が存在する¹⁾。家庭用品規制法では指定家庭用品に含まれる有害物質の含有量や溶出量について基準を定めており、現在までに 21 種類の有害物質群が指定されている。一方、生活様式の多様化に伴い、新たな形態の家庭用品や化学物質が使用されており、未規制物質による健康被害が生じる可能性がある。

そのため、これまでに未規制化学物質の調査を実施しており、先行研究で家庭用エアゾール製品に含有されているトルエンやシクロヘキサン等の未規制揮発性有機化合物の種類や濃度を明らかにした²⁾。また、分担研究者の調査では、防災頭巾中に未規制有機リン系防災加工剤であるトリス（1,3-ジクロロ-2-プロピル）ホスファート（TDCP）（CAS RN[®]. 13674-87-8）が、相対的に高濃度で含まれていることが明らかにされた³⁾。そこで、本研究では、これらの未規制物質の曝露評価に資する、曝露シナリオ、生活・行動パターン情報の

収集を行うと共に、エアゾール製品中のトルエン及びシクロヘキサンの製品使用時の吸入曝露量、並びに防災頭巾中 TDCP の製品使用時の経皮曝露量を推定した。

B. 研究方法

B.1 曝露シナリオに関する情報収集

消費者を対象とした曝露評価を実施している以下の国内外の公表資料を収集し、曝露シナリオの概要、条件（規定値としてのパラメータ等）及び曝露評価に必要な入力パラメータを調査した。

B.1.1 吸入曝露

- ・ GHS 表示のための消費者製品のリスク評価手法のガイダンス⁴⁾
- ・ ECHA (2016). Guidance on information requirements and chemical safety assessment; Chapter R.15: Consumer exposure estimation.⁵⁾
- ・ ECETOC Technical Report No. 107⁶⁾
- ・ 産総研-室内製品曝露評価ツール (AIST-ICET)⁷⁾
- ・ ConsExpo Web Consumer Exposure Models, Model Documentation Updated for ConsExpo Web 1.0.2⁸⁾

B.1.2 経皮曝露

- ・ ECHA (2016). Guidance on information requirements and chemical safety assessment; Chapter R.15: Consumer exposure estimation.⁵⁾
- ・ Danish EPA (2015) Chemical substances in car safety seats and other textile products for children.⁹⁾

B.2 生活・行動パターン情報の収集

B.2.1 吸入曝露

消費者を対象とした吸入曝露評価の検討のため、以下の情報源から関連する生活・行動パターン情報を収集した。

- ・ 製品評価技術基盤機構 (NITE) : 「室内暴露にかかわる生活・行動パターン情報」¹⁰⁾
- ・ オランダ国立公衆衛生環境研究所 (RIVM) : ConsExpo Web Fact sheet¹¹⁾
- ・ 欧州エアゾール協会 (FEA) : 安全評価ガイダンス¹²⁾
- ・ 産業総合研究所: 室内製品曝露評価ツール (AIST-ICET) 製品データベース⁷⁾

B.2.2 経皮曝露

防災頭巾中の防災加工剤の曝露評価を行うため、防災頭巾への経皮接触の可能性がある場面として、以下の 3 つのシナリオを想定して、生活・行動パターン情報を収集した。なお、防災頭巾の使用者は、小学 1 年生～6 年生までの児童と仮定した。

シナリオ①: 避難時など、防災頭巾を頭に被ることを想定し、防災頭巾の内側布は児童の頭部に 24 時間接触すると仮定する。また、防災頭巾の外側を手で押さえる可能性が考えられるため、ワーストケースとして睡眠時間以外の時間は手のひらが防災頭巾に接触すると仮定した。

シナリオ②: 非常時以外において、小学生が学校の椅子に防災頭巾を固定し、手・脚・太ももが防災頭巾の外側布に接触する可能性がある。ワーストケースとして、小学生の学校滞在時間中、手・脚・太ももの接触可能面積が防災頭巾の外側布に経

皮接触すると仮定した。

シナリオ③：避難訓練時に、防災頭巾を頭に被ることを想定し、防災頭巾の内側布は児童の頭部に接触し、手のひらは防災頭巾の外側と接触する可能性がある。接触時間は避難訓練の時間と仮定した。

B.3 曝露評価

B.3.1 エアゾール製品中のトルエン及びシクロヘキサンの吸入曝露評価

先行研究²⁾における実態調査の結果に基づき、エアゾールタイプの塗料及び接着剤中のトルエン、並びにエアゾールタイプの接着剤及び剥離剤中のシクロヘキサンについて、それぞれ製品使用時の吸入曝露量推定を行った。具体的には、B.2.1 で得られた生活・行動パターン情報を参考に、ICET 及び ConsExpo Web の二つの数理モデルを用い、曝露評価を行った。

B.3.2 防災頭巾中 TCDP の経皮曝露評価

分担研究における実態調査³⁾及び溶出試験結果¹³⁾に基づき、防災頭巾中 TCDP の経皮曝露量評価を実施した。具体的には、B.1.2 で情報収集した Danish EPA⁹⁾ で用いられた曝露評価式をベースとして、B.2.2 で得られた生活・行動パターン情報を適宜用いて、曝露評価を行った。

C. 研究結果及び考察

C.1 曝露シナリオに関する情報収集

C.1.1 吸入曝露

- ・ NITE : 「GHS 表示のための消費者製品のリスク評価手法のガイダンス」⁴⁾
NITE では、GHS 分類のための消費者製

品のリスク評価手法のガイダンスを公表しており、付属書 1 「消費者製品のリスク評価に用いる推定ヒト曝露量の求め方」¹⁴⁾ には、吸入・経皮・経口曝露の基本曝露シナリオとアルゴリズムが記載されている。この付属書 1 には、具体例としてトイレ用エアゾールタイプ消臭剤の使用に伴う *n*-ブタンの吸入曝露評価事例が掲載されている。

使用した曝露シナリオ及びアルゴリズムは、製品の使用時間が全曝露時間に対し極端に短く、使用後に放散がない製品の場合に適用する「瞬間蒸発モード」とし、以下の算出式から吸入曝露量を算出している。

$$Ca_t = \frac{\frac{Ap \times Wr/V}{N} \times [1 - \exp(-N \times t)]}{t}$$

$$EHE(inha) = \frac{Ca_t \times Q \times t \times a(inha) \times n}{BW}$$

Ca_t: 曝露期間中の平均空気中濃度 (mg/m³)

Ap: 使用製品重量 (mg)

Wr: 対象化学物質含有率

V: 空間体積 (m³)

N: 換気回数 (回/h)

t: 1 回あたりの曝露時間 (h/回)

EHE(inha): 吸入曝露量 (mg/kg/day)

Q: 呼吸量 (m³/h)

n: 1 日あたりの使用回数 (回/day)

a(inha): 体内吸収率 (吸入)

BW: 体重 (kg)

- ・ ECHA (2016). Guidance on information

requirements and chemical safety assessment;
Chapter R.15: Consumer exposure
estimation.⁵⁾

REACH 登録のための情報要件と化学物質
安全性評価に関するガイダンスの、
「R15：消費者曝露推定（Consumer
exposure estimation）」には、以下の式によ
る消費者製品の使用に伴う吸入曝露の評
価方法が示されている。

$$C_{inh} = \frac{Q_{prod} \cdot F_{cprod}}{V_{room}} \cdot 1000$$

$$D_{inh} = \frac{F_{resp} \cdot C_{inh} \cdot IH_{air} \cdot T_{contact}}{BW} \cdot n$$

C_{inh} :室内空气中の対象物質濃度 (mg/m³)

Q_{prod} :製品使用量 (g)

F_{cprod} :製品中の対象物質画分 (g/g 製品)

V_{room} :室内容量 (m³、デフォルト 20 m³)

D_{inh} :一日あたり体重あたりの吸入曝露量
(mg/kg/day)

F_{resp} :吸入物質の吸収画分 (デフォルト 1)

IH_{air} :ヒトの呼吸率 (m³/day)

$T_{contact}$:1回あたりの曝露時間 (day)
(デフォルト 1 day)

BW 体重: (kg)

n: 1 日の平均曝露回数 (/day)

・ ECETOC Technical Report No. 107⁶⁾

ECETOC (European Center of
Ecotoxicology and Toxicology of Chemicals:
欧州化学物質生態毒性・毒性センター) が
開発した ECETOC TRA は、REACH 登録
のためのリスク評価を目的としてリスク

判定まで可能な数理モデルであり、多く
の化学物質及び曝露シナリオの中から優
先的にリスク評価を行うべき物質等を選
択するためのシミュレーションモデルで
ある。ECETOC TRA は 9 個の Excel ファ
イルが連動して動くタイプの数理モデル
であり、作業者曝露、消費者曝露、環境曝
露の推定及びリスク判定が可能なツール
である。

スプレー塗料を使用する吸入曝露評価
では、製品カテゴリー PC9a (コーティン
グおよび塗料、シンナー、塗料剥離剤) を
選択し、以下の式で評価する。

$$EHE(inha) = \frac{PI \times A \times FQ \times F \times DF \times ET \times IR \times 1000}{V \times BW}$$

EHE(inha):吸入曝露量 (mg/kg/day)

PI:製品中の対象物質含有量 (g/g)

A:1 回の製品使用量 (g/event)

FQ:1 日の使用回数 (events/day)

F:空気中への放出割合 (g/g)

DF:希釈率 (unitless)

ET:曝露時間 (hr)

IR:吸入速度 (m³/hr)

V:室内容積 (m³)

BW 体重: (kg)

・ AIST-ICET 技術ガイダンス⁷⁾

産業総合技術研究所で開発された ICET
の技術ガイダンスには、ICET における吸
入曝露モジュールの推定曝露量算出方法
として、以下の式及び曝露係数が示され
ている。

$$D_{inh} = \frac{(\sum_i (C_i \times t_i) + C_{out} \times t_{out}) \times BR \times f_{inh}}{24 \times BW \times 100}$$

D_{inh}: 吸入曝露量 (μg/体重 kg/day)

C_i: 室内空気中濃度 (μg/m³)

t_i: 室内滞在時間 (h/day)

C_{out}: 室外濃度 (μg/m³)

t_{out}: 室外滞在時間 (h/day)

BR: 呼吸量 (m³/day)

f_{inh}: 吸入吸収率 (%)

BW: 体重 (kg)

なお、基本的に室内空気中濃度のみを考慮する場合には、室外濃度を「0」と設定することができ、室内のみに滞在するという設定も可能である。室内空気中濃度 C_iについては、スプレー製品とそれ以外の製品で計算方法が異なるが、ICETでは、スプレー製品の使用時の空気中濃度を推定するためのスプレーモデルを搭載している。このモデルでは、対象空間2種（部屋全体・クラウド）及び被評価物質（揮発性・非揮発性）の組み合わせにより、4種類の計算方法（サブモデル）がある。

• ConsExpo Web Consumer Exposure Models, Model Documentation Updated for ConsExpo Web 1.0.2⁸⁾

ConsExpo Web は、RIVM が開発した ConsExpo という消費者曝露評価モデルであり、スタンドアローンの消費者曝露推定モデルである ConsExpo ver. 4.0 の後継モデルとして 2016 年以降に web アプリケーションとして公開された。

ConsExpo Web には曝露評価を支援するために、曝露シナリオが定義されたデフォルト製品のデータベースが装備されており、モデルの入力パラメータとして使

用するためのデフォルト値のセットが特定の製品の Fact Sheet として提供されている¹¹⁾。2023 年 12 月現在、以下の製品についての Fact Sheet が公開されている。

- Air Fresheners Fact Sheet
- Cleaning Products Fact Sheet
- Cosmetics Fact Sheet
- Disinfectant Products Fact Sheet
- Do-It-Yourself products Fact Sheet
- Paint products Fact Sheet
- Pest control products Fact Sheet
- Children's toys Fact Sheet

スプレー塗料を用いた場合の室内濃度の算出式は下記の通り。

$$C_{air} = \frac{A_{air}}{V_{room}} = \sum_{\delta} \frac{f_{airborne < 20 \mu m} \times M_{tot} \times P(\delta)}{V_{room}} \times d \delta$$

C_{air}: 対象物質の室内濃度

A_{air}: 空気中の質量

f_{airborne < 20 μm}: 空気中に浮遊する直径 20 μm 未満のエアロゾルの割合

M_{tot}: スプレー容器から吐出された合計質量

V_{room}: 室内容積

P(δ): 直径 δ のエアロゾルの確率密度関数

δ: エアロゾルの直径

また、ConsExpo 上でスプレー塗料の曝露量推定に用いる曝露係数は以下の通り。

製品中の対象物質含有量 (%)

スプレー製品使用者の体重 (kg)

スプレー製品の使用頻度 (回/年など)

スプレー時間 (秒/分)

曝露時間 (秒または分)

室内容積 (m³)
 天井高 (m)
 換気率 (回/h)
 呼吸率 (m³/day)
 噴霧速度 (g/s)
 気中画分 (無次元)
 非揮発性成分密度 (g/cm³)
 吸入カットオフ径 (μm)
 エアロゾル直径の分布 (選択項目)
 エアロゾル直径の中央値 (μm)
 算術変動係数 (無次元)
 エアロゾル直径の最大値 (μm)

対象物質の割合 (g/g 製品/hour)
 F_{contact}: 製品の皮膚への接触面積割合
 (初期値=1) (cm²/cm²)
 T_{contact}: 成形品と皮膚との接触時間 (day)
 A_{skin}: 成形品と皮膚との接触面積 (cm²)
 BW: 体重 (kg)
 n: 1 日の平均曝露回数

なお、製品の単位面積当たりの密度
 (SD_{prod}: mg/cm²) が判明している場合に
 は、L_{der} は次の式で表すことができる。

$$L_{der} = SD_{prod} \cdot Fc_{prod} \cdot Fc_{migr} \cdot F_{contact} \cdot T_{contact}$$

C.1.2 経皮曝露

- ECHA (2016). Guidance on information requirements and chemical safety assessment; Chapter R.15: Consumer exposure estimation.⁵⁾

ECHA では、REACH 登録のための情報要件と化学物質安全性評価に関するガイダンスを公表しており、15 章「消費者曝露推定」には、成形品から溶出して皮膚に移行する化学物質の曝露評価が述べられている。化学物質の皮膚への負荷量を L_{der} (mg/cm²)、体重当たりの経皮曝露量を D_{der} (mg/kg BW/day) として、以下の曝露評価式が示されている。

$$L_{der} = \frac{Q_{prod} \cdot Fc_{prod} \cdot Fc_{migr} \cdot F_{contact} \cdot T_{contact} \cdot 1000}{A_{skin}}$$

$$D_{der} = \frac{L_{der} \cdot A_{skin} \cdot n}{BW}$$

Q_{prod}: 製品使用量 (g)
 Fc_{prod}: 製品中の対象物質画分(濃度) (g/g 製品)
 Fc_{migr}: 単位時間当たりに皮膚に移行する

- Danish EPA (2015) Chemical substances in car safety seats and other textile products for children.⁹⁾

Danish EPA において実施された、幼児用繊維製品中に含まれる化学物質のリスク評価に関する報告書の中で、繊維製品中の有機リン系防炎加工剤の経皮曝露評価事例が示されている。その曝露評価では、製品から溶出した化学物質の皮膚への負荷量を L_{der} (mg/cm²)、体重当たりの経皮負荷量を D_{der, external} (mg/kg BW/day)、体重当たりの経皮吸収による曝露量を D_{der, internal} (mg/kg BW/day) として、以下の曝露評価式が示されている。

$$L_{der} = Migr \cdot T_{contact}$$

$$D_{der,ekstern} = \frac{L_{der} \cdot A_{skin} \cdot n}{BW}$$

$$D_{der,intern} = \frac{L_{der} \cdot A_{skin} \cdot F_{abs} \cdot n}{BW}$$

Migr: 単位時間当たり表面積当たりの製品から人工汗液への物質移行量

(mg/cm²/hour)

T_{contact}: 1 回の曝露の繊維製品と皮膚の接触時間 (hour/event)

A_{skin}: 繊維製品と皮膚の接触面積 (cm²)

n: 1 日の平均暴露回数

BW: 体重 (kg)

F_{abs}: 経皮吸収率

C.2 生活・行動パターン情報の収集

C.2.1 吸入曝露

- ・NITE: 「室内暴露にかかわる生活・行動パターン情報」¹⁰⁾

NITE から公開されている「室内暴露にかかわる生活・行動パターン情報」には、インターネットを利用したアンケート調査による生活・行動パターンに関する情報が、カテゴリ別にまとめられている。

「2. 消費者製品」の中に「2.6. 塗料」及び「2.7. 接着剤」のデータが公開されており、塗料及び接着剤の使用に関する情報を収集した。

使用頻度については、塗料、接着剤ともに「内装・家具」及び「趣味・その他」の4つの目的別に、1年以内の使用回数が整理されていた。使用頻度が最も多いのは「塗料」「接着剤」のいずれも「趣味」を目的とした場合であり、3～5回/年であった。その他、1作業あたりの使用日数、1日の使用時間等に関するデータを表1に示す。

- ・オランダ国立公衆衛生環境研究所 (RIVM): ConsExpo Fact sheet¹¹⁾

RIVM は ConsExpo に関連する Fact Sheet を公開しており、幾つかの行動・パターンに関わるデフォルト値が含まれて

いる。Paint Products Fact Sheet (塗料) 及び Do-It-Yourself Products Fact Sheet (接着剤及び剥離剤) に記載された情報を表2～4に示した。

- ・欧州エアゾール協会 (FEA): 安全評価ガイドンス¹²⁾

FEA は、エアゾールスプレー製品の吸入曝露による安全性評価のガイドンスを公開しており、表5に示したエアゾールスプレー製品の使用に関する情報が記載されている。

- ・AIST-ICET 製品データベース⁷⁾

ICET 製品データベースには、スプレー製品として圧縮空気や高圧ガスにより圧力を加えて混合物を噴出する「缶スプレー」と、機械的な動作で噴霧する「ポンプ又はトリガースプレー」の2種類が定義されている。エアゾールスプレーが該当する「缶スプレー」のうち、塗料・剥離剤及び接着剤に該当するデフォルト値等を表6に示した。

C.2.2 経皮曝露

シナリオ①では、内側布と頭との接触時間は24時間と仮定したが、起きている時間には手で防災頭巾の外側を押さえる可能性を考慮し、小学生の睡眠時間を調査した。地域特性の異なる3小学校（首都圏大都市、関東小都市、東北小都市）において、小学1年～6年生の全学年を対象に、平日2日と土曜日における1日（24時間）の生活時間の使い方を調査した報告があった¹⁵⁾。その報告によれば、全学年の平均睡眠時間は9時間15分、学校滞

在時間は、全学年平均で7時間11分であった。シナリオ③の避難訓練の実施時間と実施頻度については、東京都教育委員会から「避難訓練の手引」¹⁶⁾が出されていた。それによると、東京都では都内公立幼稚園・小・中学校・特別支援学校で、年間11日避難訓練を実施している。手引きには様々な場面を想定した10種類の実施計画例が示されており、実施時間は10分間～55分間とされていた。また、避難訓練の実施頻度は、夏期休暇を除いて毎月実施する想定とした場合、年間11日であった。

本調査で実施する曝露評価の対象は小学1年生～6年生までの児童である。そこで、厚労省で実施している令和元年の国民健康・栄養調査¹⁷⁾より、6歳～11歳児の男女別の体重を単純平均したところ、28.6kgと算出された。経皮曝露評価には、対象製品との接触面積が重要となってくる。全身の体表面積については、藏澄ら¹⁸⁾による日本全国の18～26歳の男性24名及び女性21名の計45名の調査から、以下の身長と体重に基づく推定式が提案されている。

$$S = 72.18 \times W^{0.425} \times H^{0.725}$$

S: 体表面積 (cm²)

W: 体重 (kg)

H: 身長 (cm)

ここで、6歳～11歳児の平均身長は130cmであり、S=10,232 cm²と推定された。

次に、シナリオ①では、防災頭巾を頭にかぶることによる経皮接触の可能性について、接触面積のデータが必要とな

る。防災頭巾の内側布は、児童の頭部が接触しており、防災頭巾は平面構造では無いため、ワーストケースは頭部全体が接触する場合と想定される。さらに、防災頭巾の着用時に、外側布を手で押さえる事による経皮接触の可能性が考えられる。藏澄ら¹⁸⁾の報告では、全身体表面積に対する部位別比率が示されており、頭部の比率は7.2%、掌は手が4.8%であることから、その半分(2.4%)と考えられる。

シナリオ②では、小学生が学校に防災頭巾を持参し、教室の椅子に装着する(椅子の背に防災頭巾をかぶせる、又はクッションの様に椅子の上に置く) ことにより、身体の一部が防災頭巾の外側布へ接触する可能性について、接触面積のデータを求める必要がある。防災頭巾との接触部位を、手、脚及び太腿と仮定した。製品評価技術基盤機構(NITE)のリスク評価書¹⁹⁾では、ソファに座ることによる経皮曝露評価において「1日中常に衣服等によって覆われていない可能性がある部位と、それらの部位が常にソファと接触している割合」が示されており、足及び太ももは0.25であった。

C.3 曝露評価

C.3.1 エアゾール製品中のトルエン及びシクロヘキサンの吸入曝露評価

先行研究²⁾の実態調査で、エアゾールタイプの塗料、接着剤及び剥離剤中のトルエン及びシクロヘキサンを分析し、その濃度を定量した。そこで、その濃度情報を用い、製品使用時の曝露量をICET及びConsExpo Webの二つの数理モデルにて推

定した。具体的には、トルエン濃度は塗料（63 wt%）及び接着剤（28 wt%）、シクロヘキサン濃度は接着剤（29 wt%）及び剥離剤（36 wt%）とした。そして、前述の ICET 製品データベース及び ConsExpo Fact Sheet の行動・パターン情報より、塗料、接着剤及び剥離剤のスプレー時間、曝露時間、1 秒あたりの噴霧量及び気中画分を、表 7 のように設定した。なお、剥離剤について、先行研究で対象としたのはシール剥がし用製品であったが、ConsExpo Web の Fact Sheet から、Paint remover spray 及び Glue remover Spray の 2 種を選択して条件設定を行った。また、どちらの数値モデルにおいても、製品の使用者の体重は 50 kg、呼吸率は 20 m³/day、製品使用時の部屋の容積は 43.5 m³（床面積：17.4 m²）、天井高は 2.5 m、換気回数は 0.5 回/h に設定した。

ICET 及び ConsExpo Web を用い曝露量を推定した結果を表 8 及び表 9 にそれぞれ示した。なお、各数値モデルで算出される 1 日推定曝露量は製品を使用した日を対象としているが、慢性毒性を評価する場合には年間を通じた曝露量としての評価が必要となる。そのため、年間の使用頻度及び日数を考慮した、1 日推定曝露量（年平均）を別途算出した。その結果、1 日推定曝露量（年平均）について、トルエンは ICET では 0.00269～0.222 mg/kg/day、ConsExpo Web では 0.0056 ～ 0.0174 mg/kg/day であった。また、シクロヘキサンは ICET では 0.0000964 ～ 0.230 mg/kg/day、ConsExpo Web では 0.0000552 ～0.0179 mg/kg/day となった。なお、接着剤中のトルエン及びシクロヘキサンにつ

いて、ICET と ConsExpo Web では、1 日推定曝露量（年平均）の算出結果に 10 倍以上の差が認められた。これは、ICET における接着剤を含むエアゾールスプレー製品中の評価物質の曝露量算出に用いるモデルでは、製品使用時の被評価物質の気中画分は 100%と設定されるのに対し、ConsExpo Web では、接着剤の気中画分は「表面を処理するスプレー製品」のデフォルト値として 0.14 を設定していることが影響していると考えられた。さらに、試算に用いた接着剤の曝露時間は 240 分間（4 時間）と他製品と比較して長く、この曝露時間が他製品に比べてそれぞれ数値モデルでの曝露量の差を大きくしていると考えられた。このように、曝露シナリオが異なることにより、曝露量に差が出ることから、健康リスク評価を実施する際には、個々のケースに合わせた、より現実的に即したシナリオの検討が必要と考えられた。

C.3.2 防災頭巾中 TCDP の経皮曝露評価

分担研究における溶出試験結果¹³⁾（表 10）に基づき、防災頭巾中の防災加工剤 TCDP の経皮曝露量評価を実施した。なお、通常、人の汗は弱酸性であることから²⁰⁾、酸性の人工汗のデータを用いた。また、3 時間及び 6 時間の溶出試験時の単位重量当たりの溶出量に差異が無いことから、曝露シナリオで長時間曝露の場合は 6 時間、短時間曝露の場合は 3 時間の試験結果を用いた。

曝露評価は、Danish EPA⁹⁾で使用された曝露評価式をベースとし、B.2.2 で想定したシナリオ①～③について検討した。こ

ここで、曝露評価に必要なヒトの体表面積や、曝露時間等の曝露係数は C.2.2 から得られたデータを用いた。表 11 に全身体表面積に対する部位別比率を示した。また、経皮吸収率は Danish EPA で用いられた 0.3 とした⁵⁾。

以上の曝露係数と、以下の式を用いて各シナリオにおける経皮曝露量 E_{der} (mg/kg BW/day) を推定した。

$$E_{der} = (M_{igr} \times T_{contact} \times n \times A_{skin} \times F_{abs} \times R) / BW$$

M_{igr} : 単位時間及び単位面積当たりの製品から人工汗への TDCP 移行量 (mg/cm²/h)

$T_{contact}$: 1 回の曝露における製品と皮膚との接触時間 (h/event)

n : 1 日の平均曝露回数 (/day)

A_{skin} : 繊維製品と皮膚との接触面積 (cm²)

F_{abs} : 経皮吸収率

R : 曝露頻度

BW : 体重 (kg)

・シナリオ① (避難時、24 時間着用)

防災頭巾の内側布から頭部への経皮曝露と外側布から手への経皮曝露の二つの経路からの曝露シナリオが考えられる。なお、曝露頻度はワーストケースとして、1 としている。

始めに、内側布から頭部への経皮曝露量を推定した。この時、 A_{skin} は全身の体表面積と頭部割合から、 $10,232 \text{ (cm}^2\text{)} \times 0.072 = 737 \text{ cm}^2$ とした。

$$E_{der} = [1.01 \times 10^{-6} \text{ (mg/cm}^2\text{/h)} \times 24 \text{ (h/event)} \times 1 \text{ (event/day)} \times 737 \text{ (cm}^2\text{)} \times 0.3 \times$$

$$1] / 28.6 \text{ (kg)}$$

$$= 1.9 \times 10^{-4} \text{ (mg/kg BW/day)}$$

次いで、外側布を睡眠時間以外は押さえ続けた場合の経皮曝露量を推定した。この時、 A_{skin} は全身の体表面積と手部割合から、 $10,232 \text{ (cm}^2\text{)} \times 0.024 = 246 \text{ cm}^2$ とした。

$$E_{der} = [1.59 \times 10^{-5} \text{ (mg/cm}^2\text{/h)} \times 15 \text{ (h/event)} \times 1 \text{ (event/day)} \times 246 \text{ (cm}^2\text{)} \times 0.3 \times 1] / 28.6 \text{ (kg)}$$

$$= 6.2 \times 10^{-4} \text{ (mg/kg BW/day)}$$

これらを合算すると、シナリオ①における経皮曝露量は $8.1 \times 10^{-4} \text{ (mg/kg BW/day)}$ と推定された。

・シナリオ② (通常時、椅子に装着)

防災頭巾の外側布から手、脚、太腿への経皮曝露が考えられる。この時、 A_{skin} は全身の体表面積と手、脚及び太腿の割合から算出したが、脚及び太腿の接触面積は部位別体表面積に 0.25 を乗じた値¹⁹⁾として、次のように求めた。

$$A_{skin} = 10,232 \text{ (cm}^2\text{)} \times [0.024 + (0.183 + 0.128) \times 0.25]$$

$$= 1,041 \text{ cm}^2$$

また、曝露頻度は $5 \text{ day} / 7 \text{ day} = 0.71$ とした。

$$E_{der} = [1.59 \times 10^{-5} \text{ (mg/cm}^2\text{/h)} \times 7 \text{ (h/event)} \times 1 \text{ (event/day)} \times 1,041 \text{ (cm}^2\text{)} \times 0.3 \times 0.71] / 28.6 \text{ (kg)}$$

$$= 8.6 \times 10^{-4} \text{ (mg/kg BW/day)}$$

以上から、シナリオ②における経皮曝露量は 8.6×10^{-4} (mg/kg/day) と推定された。

・シナリオ③（避難訓練）

シナリオ①と同様に、防災頭巾の内側布から頭部への経皮曝露と外側布から手への経皮曝露の二つの経路からの曝露シナリオが考えられる。なお、曝露頻度は 11 day/365 day=0.030 とし、1 回の避難訓練時間は 1 時間とした¹⁶⁾。

始めに、内側布から頭部への経皮曝露量を推定した。

$$\begin{aligned} E_{\text{der}} &= [4.93 \times 10^{-6} \text{ (mg/cm}^2\text{/h)} \times 1 \text{ (h/event)} \\ &\quad \times 1 \text{ (event/day)} \times 737 \text{ (cm}^2\text{)} \times 0.3 \times \\ &\quad 0.030] / 28.6 \text{ (kg)} \\ &= 1.1 \times 10^{-6} \text{ (mg/kg BW/day)} \end{aligned}$$

次いで、外側布を避難訓練時間の間に押さえ続けた場合の経皮曝露量を推定した。

$$\begin{aligned} E_{\text{der}} &= [3.33 \times 10^{-5} \text{ (mg/cm}^2\text{/h)} \times 1 \text{ (h/event)} \\ &\quad \times 1 \text{ (event/day)} \times 246 \text{ (cm}^2\text{)} \times 0.3 \times \\ &\quad 0.030] / 28.6 \text{ (kg)} \\ &= 2.6 \times 10^{-6} \text{ (mg/kg BW/day)} \end{aligned}$$

これらを合算すると、シナリオ③における経皮曝露量は 3.7×10^{-6} (mg/kg BW/day) と推定された。

なお、Danish EPA では TDCP について、ラットの 2 年間発がん性試験の最小毒性量（Lowest observed adverse effect level: LOAEL）を基に、導出無影響レベル（Derived no effect level: DNEL）を $5.0 \times$

10^{-3} mg/kg BW/day としている⁹⁾。今回、各シナリオで求められた TDCP の経皮曝露量は、この DNEL を下回っていた。また、シナリオ①では 24 時間製品を着用し睡眠時以外は手で押さえ続ける、シナリオ②では 7 時間座り続けるといった、通常よりも過大な想定をしている。それらのことを考慮すると、対象製品からの TDCP 曝露による健康リスクは無視できるレベルにあると考えられた。

D.まとめ

本研究では、エアゾール製品中のトルエン及びシクロヘキサンの吸入曝露評価及び防災頭巾中 TDCP の経皮曝露評価に資する、曝露シナリオ、生活・行動パターン情報の収集を行った。そして、エアゾール製品中のトルエン及びシクロヘキサンについては、先行研究の実態調査結果を基に、ICET 及び ConsExpo Web の二つの数理モデルを用いて、吸入曝露量を算出した。防災頭巾中の TDCP については、分担研究者の調査結果に基づき、DanishEPA の評価書を参考に経皮曝露量を算出した。その結果、吸入曝露では、エアゾールタイプの接着剤において、曝露シナリオの違いにより、その算出曝露量に差が認められた。そのため、健康リスク評価を実施する際には、個々のケースに合わせた、より現実的に即したシナリオの検討が必要と考えられた。経皮曝露では、避難時、通常時、避難訓練時の 3 つのシナリオを想定して曝露評価を行った結果、経皮曝露量は避難時で 8.1×10^{-4} (mg/kg BW/day)、通常時で 8.6×10^{-4} (mg/kg BW/day)、避難訓練時で 3.7×10^{-6} (mg/kg

BW/day) と、それぞれ推定された。これらの値は、Danish EPA が示した DNEL を下回っていた。

E. 引用文献

- 1) 昭和 48 年法律第 112 号: 有害物質を含有する家庭用品の規制に関する法律
- 2) 河上 強志、菅谷 なえ子: 厚生労働行政推進調査事業費補助金 (化学物質リスク研究事業)、家庭用品中の有害物質の規制基準に関する研究 (20KD2001) R2~4 年度終了報告書, 家庭用品中の揮発性有機化合物の実態に関する研究, 13-37, 2023.
- 3) 千葉真弘: 未規制有機リン系防炎加工剤試験法等に関する研究, 厚生労働行政推進調査事業費補助金 (化学物質リスク研究事業) 「家庭用品中有害物質の試験法及び規制基準設定に関する研究」R5 年度分担研究報告書
- 4) 製品評価技術基盤機構 (NITE) : GHS 表示のための消費者製品のリスク評価手法のガイダンス,
https://www.nite.go.jp/chem/risk/ghs_consumer_product.html
- 5) European chemical agency (ECHA): Guidance on information requirements and chemical safety assessment, Chapter R.15: Consumer exposure assessment, https://echa.europa.eu/documents/10162/17224/information_requirements_r15_en.pdf/35e6f804-c84d-4962-acc5-6546dc5d9a55
- 6) Technical Report No. 107: Addendum to ECETOC Targeted Risk Assessment Report No. 93
- 7) 産業総合技術研究所 (AIST) : 産総研一室内製品暴露評価ツール AIST-ICET, <https://riss.aist.go.jp/icet/>
- 8) National Institute for Public Health and the Environment (RIVM), ConsExpo Web Consumer exposure models Model documentation, Update for ConsExpo Web 1.0.2, <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2017-0197.pdf>
- 9) Danish EPA: Chemical substances in car safety seats and other textile products for children, 2015.
- 10) 製品評価技術基盤機構 (NITE) : 室内曝露にかかわる生活・行動パターン情報, https://www.nite.go.jp/chem/risk/expofactor_index.html
- 11) National Institute for Public Health and the Environment (RIVM), ConsExpo Web Fact sheets, <https://www.rivm.nl/en/consexpo/fact-sheets>
- 12) European Aerosol Federation: Guide on inhalation safety assessment for spray products, <https://www.aerosol.org/publication/guide-on-inhalation-safety-assessment-for-spray-products/>
- 13) 千葉真弘: 未規制有機リン系防炎加工剤試験法等に関する研究, 厚生労働行政推進調査事業費補助金 (化学物質リスク研究事業) 「家庭用品中有害物質の試験法及び規制基準設定に関する研究」R6 年度分担研究報告書
- 14) 製品評価技術基盤機構 (NITE) : GHS 表示のための消費者製品のリスク評価手法のガイダンス, 付属書 1 消費者製品のリスク評価に用いる推定ヒト暴露

量の求め方,

https://www.nite.go.jp/chem/risk/ghs_risk_consumer_exposure.pdf

- 15) 一般社団法人こども未来財団:子どもの生活時間に関する調査研究〔報告書概要〕, 平成 25 年度児童関連サービス調査研究等事業報告書, 2014.
- 16) 東京都教育委員会: 避難訓練の手引き, <https://www.kyoiku.metro.tokyo.lg.jp/documents/d/kyoiku/hinankunren>
- 17) 厚生労働省: 令和元年国民健康・栄養調査報告 第 2 部 身体状況調査の結果, <https://www.mhlw.go.jp/content/000711007.pdf>
- 18) 蔵澄美仁・堀越哲美・土川忠浩・松原斎樹: 日本人の体表面積に関する研究, 日生気誌, 31, 5-29, 1994.
- 19) NITE: 製品含有化学物質のリスク評価 ペルフルオロオクタン酸, https://www.nite.go.jp/chem/risk/products_risk-PFOA_jp_full.pdf
- 20) 日本化粧品技術者協会: 化粧品用語集「汗」, https://www.sccj-ifsc.com/library/glossary_detail/30

F. 健康危害情報

なし

G. 研究発表

G.1. 論文発表

- 1) 河上強志・大嶋智子・大山正幸・菅谷なえ子・西以和貴・吉富太一・高居久義・若山貴成・大野浩之・田原麻衣子・五十嵐良明: 有害物質を含有する家庭用品の規制に関する法律(有害物質含有家庭用品規制法)におけるトリス(2,3-ジブロム

プロピル) ホスフェイト(TDBPP)及びビス(2,3-ジブロムプロピル) ホスフェイト(BDBPP)化合物試験法改定に係る検討, 薬学雑誌, 144, 463-471, 2024.

- 2) 大嶋智子・河上強志: 繊維製品に含まれる防炎加工剤トリス(1-アジリジニル)ホスフィンオキシドの GC-MS 分析法, 薬学雑誌, 144, 119-127, 2024.
- 3) 河上強志: 家庭用品中の化学物質による健康被害防止に向けた対策, PHARM TECH JAPAN, 40, 1413-1417, 2024.
- 4) Ooshima T., Nakamura M., Kakutani N., Kawakami T.: Simultaneous analysis of three flame retardants in textile products prohibited in Japan by liquid chromatography/tandem mass spectrometry, BPB Reports, 8, 64-69, 2025.

G.2. 学会発表

- 1) 菅谷なえ子・田原麻衣子・河上強志: 家庭用エアゾール製品中の未規制揮発性有機化合物の実態調査, 第 60 回全国衛生化学技術協議会年会, 福島, 2023 年 11 月 10 日
- 2) 千葉真弘・柿本洋一郎・河上強志: 家庭用品中の未規制有機リン系防炎加工剤に関する実態調査, 第 61 回全国衛生化学技術協議会年会, 堺, 2024 年 11 月 22 日
- 3) 河上強志・田原麻衣子・菅谷なえ子・内山奈穂子: エアゾール製品中のシクロヘキサン及びトルエンの曝露評価の検討, 第 61 回全国衛生化学技術協議会年会, 堺, 2024 年 11 月 23 日
- 4) 井上薫・田原麻衣子・河上強志: 実態調査により家庭用品から検出された未規

制物質の有害性評価, 堺, 2024 年 11 月 23 日

- 5) 大嶋智子・河上強志: 繊維製品中の防炎加工剤トリス (1-アジリジニル) ホスフィンオキシドの液体クロマトグラフ・タンデム質量分析計による分析法の検討, 日本薬学会 145 年会, 福岡, 2024 年 3 月 27 日

1. 特許取得

なし

2. 実用新案登録

なし

H. 知的所有権の取得状況

表 1. 塗料及び接着剤の使用に関する情報 ¹⁰⁾

	設定項目	平均値	中央値	90%tile
塗料	1 作業あたりの使用日数 (日/作業)	3.0	1.0	5.0
	1 日あたりの使用時間 (分/日)	87.6	45.0	150.0
	1 作業あたりの総塗装面積 (平米/作業)	55.25	3.33	28.29
接着剤	1 作業あたりの使用日数 (日/作業)	2.2	1.0	4.0
	1 日あたりの使用時間 (分/日)	27.4	8.0	90.0
	1 作業あたりの使用量 (g/作業)	24.7	0.5	30.5

表 2. 塗料の使用に関するデフォルト値 ¹¹⁾

	設定項目	デフォルト値	Q-Factor ^{*1}
塗料	使用頻度	2 年に 1 回	2
	スプレー使用時間	15 分	2
	曝露時間	20 分	2
	部屋の容積	34 m ²	3
	天井高	2.25 m	3
	換気率	1.5/h	3
	発生量 (使用量)	0.45 g/s ^{*2}	3
	気中画分	0.7 g/g ^{*2}	2
	初期粒度分布：中央値 (c.v.)	30 µm (0.8)	2
	吸入カットオフ粒子径	15 µm	3

*1 データの信頼性を示す 1～4 の係数。3～4 は信頼性が高く、1～2 は不十分な根拠に基づく値。

*2 New default values for the spray model による

表 3. 接着剤の使用に関するデフォルト値 ¹⁾

	設定項目	デフォルト値	Q-Factor
スプレー 接着剤	使用頻度	6 回/年	2
	スプレー使用時間	315 秒間	2
	曝露時間	240 分間	1
	部屋の容積	20 m ³	4
	天井高	2.5 m	4
	換気率	0.6/h	3
	発生量（使用量）	1.2 g/s	3
	気中画分	0.14 g/g ^{*1}	2
	不揮発性密度	1.5 g/cm ³	3
	エアロゾル径：中央値 (c.v.)	15.1 μm (1.2)	3
	吸入カットオフ粒子径	15 μm	3

^{*1} 接着剤、剥離剤等の表面処理に使用されるスプレー製品の空气中飛散率 0.2、
及びエアロゾル径 22.5 μm 未満 のスケーリング係数 0.7 より、 $0.2 \times 0.7 = 0.14$

表 4. 剥離剤の使用に関するデフォルト値 ¹⁾

	設定項目	デフォルト値	Q-Factor
塗料 剥離剤 ^{*1}	使用頻度	3 回/年	2
	スプレー使用時間	14 分間	2
	曝露時間	60 分間	1
のり用 剥離剤 ^{*2}	使用頻度	3 回/年	2
	スプレー使用時間	5 秒間	2
	曝露時間	10 分間	1
共通	部屋の容積	20 m ³	4
	天井高	2.5 m	4
	換気率	0.6/h	3
	発生量（使用量）	1.2 g/s	3
	気中画分	0.14 g/g	2
	不揮発性密度	1.5 g/cm ³	3
	エアロゾル径：中央値 (c.v.)	30 μm (0.8)	
	吸入カットオフ粒子径	15 μm	3

^{*1} paint remover aerosol spray

^{*2} glue remover spray

表 5. エアゾールスプレー製品の使用に関する情報¹²⁾

設定項目	設定値	出典
エアゾール塗料使用量	0.8 g/s	BAMA, 2008
エアゾール塗料のスプレー時間	30～40 s	BAMA, 2008
エアゾール塗料使用時間	(平均) 39.54 分	US EPA, 2011
	(90%tile) 60 分	US EPA, 2011
エアゾール錆取り剤使用時間	(平均) 18.57 分	US EPA, 2011
	(90%tile) 60 分	US EPA, 2011

表 6. 缶スプレー製品の使用に関する情報⁷⁾

製品分類	設定項目	デフォルト値
家庭用塗料	使用 1 回あたりの噴霧時間	340 秒/回
	1 秒あたりの噴霧量	0.87 g/秒
(特定せず)	気中画分 (部屋全体)	100%
住居用洗剤	10 μm 以下の粒子比率 (%)	0.1
殺虫剤		6.9
芳香・消臭剤		20.1

表 7. 各スプレー製品の曝露評価に使用した条件

設定項目	塗料	接着剤	剥離剤	
			Paint remover spray	Glue remover Spray
使用頻度	0.5 回/年 (ConsExpo)	6 回/年 (ConsExpo)	3 回/年 (ConsExpo)	3 回/年 (ConsExpo)
スプレー時間	340 秒間 (ICET)	315 秒間 (ConsExpo)	14 分間 (ConsExpo)	5 秒間 (ConsExpo)
曝露時間	20 分間 (ConsExpo)	240 分間 (ConsExpo)	60 分間 (ConsExpo)	10 分間 (ConsExpo)
噴霧速度	0.87 g/秒 (ICET)	1.2 g/秒 (ConsExpo)	1.2 g/秒 (ConsExpo)	1.2 g/秒 (ConsExpo)
気中画分	0.7 (ConsExpo)	0.14 (ConsExpo)	0.14 (ConsExpo)	0.14 (ConsExpo)

表 8. ICET による試算結果

設定項目		塗料	接着剤		剥離剤	
			トルエン	シクロヘキサン	Paint remover spray	Glue remover Spray
化学物質	物質名	トルエン		シクロヘキサン	シクロヘキサン	シクロヘキサン
	CAS RN [®]	108-88-3	108-88-3	110-82-7	110-82-7	110-82-7
	分子量	92.14	92.14	84.16	84.16	84.16
	蒸気圧	2900 Pa	2900 Pa	12919 Pa	12919 Pa	12919 Pa
	Log Kow	2.73	2.73	3.44	3.44	3.44
	水溶解度	5.23E-04 g/cm ³	5.23E-04 g/cm ³	5.50E-05 g/cm ³	5.50E-05 g/cm ³	5.50E-05 g/cm ³
部屋	滞在時間	0.33 時間	4 時間	4 時間	1 時間	0.17 時間 (10 分)
製品	放散モデル	部屋全体-揮発性	部屋全体-揮発性	部屋全体-揮発性	部屋全体-揮発性	部屋全体-揮発性
	噴霧時間	340 秒間	315 秒間	315 秒間	840 秒間 (14 分間)	5 秒間
	噴霧速度	0.87 g/秒	1.2 g/秒	1.2 g/秒	1.2 g/秒	1.2 g/秒
	化学物質比率*1	63%	28%	29%	36%	36%
1 日平均曝露濃度		357 mg/m ³	203 mg/m ³	210 mg/m ³	695 mg/m ³	4.14 mg/m ³
1 日推定曝露量		1.96 mg/kg/day	13.5 mg/kg/day	14.0 mg/kg/day	11.6 mg/kg/day	0.0117 mg/kg/day
使用頻度*2		0.5 回/年	6 回/年	6 回/年	3 回/年	3 回/年
上記使用頻度を考慮した 1 日推定曝露量 (年平均) *3		0.00269 mg/kg/day	0.222 mg/kg/day	0.230 mg/kg/day	0.0952 mg/kg/day	0.0000964 mg/kg/day

*1 先行研究における実測値

*2 ICET の設定項目ではなく、本研究で独自に設定

*3 1 日推定曝露量 (mg/kg/day) × 1 年の曝露回数 (回) ÷ 365 (日)

表 9. ConsExpo Web による試算結果

設定項目		塗料	接着剤		剥離剤	
化学物質	物質名	トルエン	トルエン	シクロヘキサン	Paint remover spray シクロヘキサン	Gilue remover Spray シクロヘキサン
	CAS RN®	108-88-3	108-88-3	110-82-7	110-82-7	110-82-7
	分子量	92.1	92.1	84.2	84.2	84.2
	Log Kow	2.73	2.73	3.44	3.44	3.44
製品	化学物質含有量*1	63%	28%	29%	36%	36%
	使用頻度	0.5 回/年	6 回/年	6 回/年	3 回/年	3 回/年
シナリオ	曝露モデル	Spraying	Spraying	Spraying	Spraying	Spraying
	噴霧時間	340 秒間	315 秒間	315 秒間	14 分間	5 秒間
	曝露時間	20 分間	240 分間 (4 時間)	240 分間 (4 時間)	60 分間	10 分間
	噴霧速度	0.87 g/秒	1.2 g/秒	1.2 g/秒	1.2 g/秒	1.2 g/秒
	気中画分	0.7	0.14	0.14	0.14	0.14
	不揮発性成分密度	1.5 g/cm ³	1.5 g/cm ³	1.5 g/cm ³	1.5 g/cm ³	1.5 g/cm ³
	吸入カットオフ径	15 µm	15 µm	15 µm	15 µm	15 µm
	エアロゾル径分布	Log Normal	Log Normal	Log Normal	Log Normal	Log Normal
	エアロゾル径中央値	15.1 µm	15.1 µm	15.1 µm	15.1 µm	15.1 µm
	算術変動係数	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
イベン	エアロゾル径最大値	50 µm	50 µm	50 µm	50 µm	50 µm
	1 日平均曝露濃度	742 mg/m ³	15.9 mg/m ³	16.4 mg/m ³	164 mg/m ³	2.42 mg/m ³
	年平均曝露濃度	10.3 mg/m ³	2.64 mg/m ³	2.74 mg/m ³	6.83 mg/m ³	0.0168 mg/m ³
	1 日平均曝露濃度	0.0141 mg/m ³	0.0434 mg/m ³	0.045 mg/m ³	0.0561 mg/m ³	0.000138 mg/m ³
	1 日推定曝露量	4.12 mg/kg/day	1.06 mg/kg/day	1.09 mg/kg/day	2.73 mg/kg/day	0.00672 mg/kg/day
頻度を考慮した 1 日推定曝露量 (年平均：算出値*2)		0.0056 mg/kg/day	0.0174 mg/kg/day	0.0179 mg/kg/day	0.0224 mg/kg/day	5.52E-05 mg/kg/day

*1 先行研究における実測値

*2 1 日推定曝露量 (mg/kg/day) × 1 年の曝露回数 (回) ÷ 365 (日)

表 10. 防災頭巾から人工汗への TDCP 溶出量及び単位面積
及び単位時間当たり移行量 (n=3, 平均値)

試料 部位	溶出時間 (h)	溶出量 ($\mu\text{g/g}$)	移行量 ($\text{mg/cm}^2/\text{h}$)
外側布	3	4.9	3.33×10^{-5}
	6	4.7	1.59×10^{-5}
内側布	3	0.73	4.93×10^{-6}
	6	0.30	1.01×10^{-6}

*人工汗（酸性）を使用

表 11. 各体表面積区分ごとの実測平均値 ¹⁸⁾

部位	体表面積 (cm^2)	割合 (%)
頭	1154.6	7.2
耳	80.7	0.6
首	540.1	3.4
胸	1013.5	6.3
腹	933.1	5.8
背	1171.4	7.3
腰	434.2	2.7
上腕	1613.6	10.0
前腕	937.2	5.9
手	783.3	4.8
臀部	1308.6	8.2
太腿	2936.3	18.3
脚	2048.4	12.8
足	1135.0	7.1

*日本全国の 18～26 歳の男性 24 名及び女性 21 名の平均値