

家庭用品中有害物質の基準及び試験方法の改正の経緯と今後について

五十嵐良明[#]

History and Future of Revisions of Standards and Analytical Methods for Harmful Substances Contained in Household Products

Yoshiaki Ikarashi[#]

The cabinet order and enforcement regulation of “Act on control of household products containing harmful substances” specified the standard and test methods for measuring the harmful substances contained in household products to protect the health of citizens. The standard and test methods for most harmful substances were established by 1983. Although these standards have not been revised for a longtime, three hazardous polycyclic aromatic hydrocarbon substances were added to the regulation in 2004 and certain aromatic amines derived from azo colorants were newly specified in 2016. Further, in the same year, the standard and test method for triphenyltin and tributyltin compounds were also revised. These limits concerning household products were set based on a risk assessment of the combined toxicity and exposure to the substance, and test methods were consistent to the level of technology of the time. In addition, the regulatory status set by other countries and the results of surveys of available commercial products were also considered for the revision. In 2022, the standard and test methods for harmful substances under the article of the Act were specified separately in a cabinet order and notice, respectively, to facilitate the revision of the test method. The test methods for Dieldrin were revised by using a capillary column of gas chromatography and new methyl-derivative reagent. The methods for tetrachloroethylene compound, trichloroethylene compound, and methanol were unified into one method, allowing for testing efficiency. Further, the study on the scheme for designating harmful substances by Order of the Ministry of Health, Labour, and Welfare is currently underway. It was found that scoring information of hazardous properties, production amount, and household product use of target substances is effective in making a candidate list for designated harmful substances under the law for household products control.

Keywords: household products, regulation, harmful substance, analytical method, standard

1. はじめに

我々の身の回りには多種多様な化学物質や化学製品が存在し、生活を支えている。しかし、化学物質の中には固有の有害性を持つものがあり、その取り扱いや管理の方法によっては、人の健康や環境に影響を及ぼす可能性

がある。我が国における化学物質関連の法体系は図1のようになり、労働作業環境における労働者の健康保護か、消費者の生活環境からの曝露あるいは直接摂取による健康影響からの保護か、あるいは大気、土壤汚染、オゾン層破壊といった環境汚染の防止か、曝露形態や保護対象更に化学物質の目的用途によって、種々の法律で規制、管理されている¹⁾。

「有害物質を含有する家庭用品の規制に関する法律」（昭和48年10月12日法律第112号）（以下「家庭用品規制法」という。）は、有害物質を含有する家庭用品について保健衛生上の見地から必要な規制を行うことにより、国民の健康の保護に資することを目的とし、「有害物質

[#] To whom correspondence should be addressed:

Yoshiaki Ikarashi; Division of Environmental Chemistry, National Institute of Health Sciences, 3-25-26 Tonomachi, Kawasaki-ku, Kawasaki, Kanagawa, 210-9501, Japan; Tel: +81-44-270-6600 ext 1800; Fax: +81-44-270-6600; E-mail: ikarashi@nihs.go.jp

| 曝露 | | 労働環境 | 消費者 | | | | | 環境経由 | | 排出・ストック汚染 | 廃棄 | 危機管理 |
|------------------|------|-------------------------|----------------|------------------------|------------------------|-------|-------|---------------------------------------|-------------------------------|-----------|---------|------|
| 有害性 | | | | | | | | | | | | |
| 人の健康への影響 | 急性毒性 | 毒劇法 労働安全衛生法 農薬取締法 | 農薬取締法 食品衛生法 | 医薬品医療機器等法 家庭用品品質表示法 | 家庭用品規制法 (家庭用品品質表示法) | 建築基準法 | 農薬取締法 | 化学物質審査規制法(化審法) 化学物質排出把握管理促進法(PRR法) | 大気汚染防止法 水質汚濁防止法 土壌汚染対策法 | 廃棄物処理法等 | 化学兵器禁止法 | |
| | 長期毒性 | | | | | | | | | | | |
| 生活環境(動植物を含む)への影響 | | | | | | | | | | | | |
| オゾン層破壊性 | | オゾン層保護法 | | | | | | | | | | |

図1 我が国の化学物質関連の法体系(文献1から一部改変)

を含有する家庭用品の規制に関する法律第二条第二項の物質を定める政令」(昭和49年9月26日政令第334号)において、指定された家庭用品について有害物質の含有量を測定するための試験法が定められている。しかし、その基準や試験法には問題点や課題が指摘されており、家庭用品の流通状況やそれに使用される化学物質の実態調査、あるいは最新の分析技術の進歩に応じた新規試験法の開発及び基準値の見直しを行っている。更に近年は、家庭用品規制法での指定候補物質の選定に関する研究を実施しており、本稿では、家庭用品規制法のこれまでの改正経緯とともに紹介する。

2. 家庭用品規制法に基づく有害物質の規制基準の改正の推移

昭和40(1965)年以降、化学工業の発展に伴い各種化学物質が家具、洗剤、塗料等の家庭用品の品質、性能(難燃性、柔軟性、防水性、帯電防止等)の向上のために使用されてきたが、こうした化学物質を起因とした家庭用品による健康被害が大きな社会問題となった。それまで、毒物や劇物などの急性毒性を有する化学物質や労働者が直接的に取り扱う化学物質の製造・使用等の規制は講じられてきていたが、これらの家庭用品に使用される化学物質のほとんどは保健衛生上の配慮を払うことなしに生産、消費されていた。このような背景のもと、家庭用品の安全を図り、国民が安心して日常生活を送れるよ

うにすることを目的に家庭用品規制法が制定された。家庭用品規制法に基づいて規制基準が定められている有害物質は現在、21物質群あり(表1)、このうち17物質が昭和49(1974)年から昭和58(1983)年までに指定され、平成16(2004)年に多環芳香族炭化水素(PAH)3物質、平成28(2016)年にアゾ化合物が追加された。制定当初、ほとんどの基準値は、製品に「使用させないこと」を目的に、試験法の検出限界をもとに設定されていた。一方、その後指定されたPAHやアゾ化合物の基準値はリスク評価をもとに、諸外国での規制状況を踏まえて設定されている。試験法についても同様で、現在、改正試験法の開発が進められている。以下、平成16年以降の改正を物質ごとに説明する。

2.1 ホルムアルデヒド

ホルムアルデヒドは接着剤、殺菌剤、防しわ樹脂加工剤として壁紙や建材、衣類などに使用されるものの、アレルギー性接触皮膚炎を起こすことから、特に身体に直接、広範囲に、長時間接触する家庭用品に対して基準が設定されている。昭和50(1975)年に規制が始まってから我が国におけるホルムアルデヒドに対するアレルギー感作は減少し、規制値を含めて有効であることが確かめられていた。しかし、諸外国では日本の乳幼児用繊維製品の基準がゼロ規制であるとの認識が強いことから、市場開放問題苦情処理体制(Office of trade and investment ombudsman, OTO)に対し、誤解を解消

表1 有害物質を含有する家庭用品の規制基準概要

| 有害物質 | 対象家庭用品 | 基準 (方法) |
|---|---|--|
| アゾ化合物 (化学的変化により容易に24種の特定芳香族アミン*を生成するものに限る.) | (1) アゾ化合物を含有する染料が使用されている繊維製品のうち、おしめ、おしめカバー、下着、寝衣、手袋、くつした、中衣、外衣、帽子、寝具、床敷物、テーブル掛け、えり飾り、ハンカチーフ並びにタオル、バスマット及び関連製品 (2) アゾ化合物を含有する染料が使用されている革製品 (毛皮製品を含む.) のうち、下着、手袋、中衣、外衣、帽子及び床敷物 | 所定の試験法で、それぞれの特定芳香族アミンの検出量が、試料1gあたり30µg以下 (ガスクロマトグラフィー-質量分析法) |
| 塩化水素 硫酸 | 住宅用の洗浄剤で液体状のもの (塩化水素又は硫酸を含有する製剤たる劇物を除く.) | 酸の量として10%以下及び所定の容器強度を有すること |
| 塩化ビニル | 家庭用エアゾル製品 | 所定の試験法で検出せず (赤外吸収スペクトル法) |
| 4,6-ジクロル-7-(2,4,5-トリクロルフェノキシ)-2-トリフルオルメチルベンズイミダゾール (略称: DTTB) | (1) 繊維製品のうち、おしめカバー、下着、寝衣、手袋、くつした、中衣、外衣、帽子、寝具及び床敷物 (2) 家庭用毛糸 | 30ppm以下 (試料1gあたり30µg以下) (ガスクロマトグラフィー-質量分析法) ** |
| ジベンゾ [a,h] アントラセン ベンゾ [a] アントラセン ベンゾ [a] ピレン | (1) クレオソート油を含有する家庭用の木材防腐剤及び木材防虫剤 (2) クレオソート油及びその混合物で処理された家庭用の防腐木材及び防虫木材 | (1) 10ppm以下 (試料1gあたり10µg以下) (ガスクロマトグラフィー-質量分析法) (2) 3ppm以下 (試料1gあたり3µg以下) (ガスクロマトグラフィー-質量分析法) |
| 水酸化カリウム 水酸化ナトリウム | 家庭用の洗浄剤で液体状のもの (水酸化カリウム又は水酸化ナトリウムを含有する製剤たる劇物を除く.) | アルカリの量として5%以下及び所定の容器強度を有すること |
| テトラクロロエチレン | 家庭用エアゾル製品 家庭用の洗浄剤 | 0.1%以下 (ガスクロマトグラフィー-質量分析法) ** |
| トリクロロエチレン | 家庭用エアゾル製品 家庭用の洗浄剤 | 0.1%以下 (ガスクロマトグラフィー-質量分析法) ** |
| トリス (1-アジリジニル) ホスフィンオキシド (略称: APO) | 繊維製品のうち、寝衣、寝具、カーテン及び床敷物 | 所定の試験法で検出せず (炎光度型検出器付きガスクロマトグラフィー) |
| トリス (2,3-ジブロムプロピル) ホスフェイト (略称: TDBPP) | 繊維製品のうち、寝衣、寝具、カーテン及び床敷物 | 所定の試験法で検出せず (炎光度型検出器付きガスクロマトグラフィー) |
| トリフェニル錫化合物 | (1) 繊維製品のうち、おしめ、おしめカバー、よだれ掛け、下着、衛生バンド、衛生パンツ、手袋及びくつした (2) 家庭用接着剤 (3) 家庭用塗料 (4) 家庭用ワックス (5) くつ墨 (6) くつクリーム | 錫として1ppm以下 (試料1gあたり1.0µg以下) (ガスクロマトグラフィー-質量分析法) |
| トリブチル錫化合物 | (1) 繊維製品のうち、おしめ、おしめカバー、よだれ掛け、下着、衛生バンド、衛生パンツ、手袋及びくつした (2) 家庭用接着剤 (3) 家庭用塗料 (4) 家庭用ワックス (5) くつ墨 (6) くつクリーム | 錫として1ppm以下 (試料1gあたり1.0µg以下) (ガスクロマトグラフィー-質量分析法) |
| ビス (2,3-ジブロムプロピル) ホスフェイト化合物 | 繊維製品のうち、寝衣、寝具、カーテン及び床敷物 | 所定の試験法で検出せず (炎光度型検出器付きガスクロマトグラフィー) |
| ヘキサクロルエポキシオクタヒドロエンドエキシジメタノフタリン (別名: デイルドリン) | (1) 繊維製品のうち、おしめカバー、よだれ掛け、下着、寝衣、手袋、くつした、中衣、外衣、帽子、寝具及び床敷物 (2) 家庭用毛糸 | 30ppm以下 (試料1gあたり30µg以下) (ガスクロマトグラフィー-質量分析法) ** |
| ホルムアルデヒド | (1) 繊維製品のうち、おしめ、おしめカバー、よだれ掛け、下着、寝衣、手袋、くつした、中衣、外衣、帽子、寝具であって生後24ヶ月以下の乳幼児用のもの (2) (a) 繊維製品のうち、下着、寝衣、手袋、くつした及びたび (b) かつら、つけまつげ、つけひげ又はくつしたのために使用される接着剤 | (1) 所定の試験法で吸光度差が0.05以下又は16ppm以下 (試料1gあたり16µg以下) (2) 75ppm以下 (試料1gあたり75µg以下) (アセチルアセトン法) |
| メタノール (別名: メチルアルコール) | 家庭用エアゾル製品 | 5w/w%以下 (ガスクロマトグラフィー-質量分析法) ** |
| 有機水銀化合物 | (1) 繊維製品のうち、おしめ、おしめカバー、よだれ掛け、下着、衛生バンド、衛生パンツ、手袋及びくつした (2) 家庭用接着剤 (3) 家庭用塗料 (4) 家庭用ワックス (5) くつ墨 (6) くつクリーム | 所定の試験法で検出せず (バックグラウンド値としての1ppmを越えてはいけない) (原子吸光法) |

* 表2を参照。

** 令和5 (2023) 年3月 (予定) より適用。

するような措置を講じ、国際的に整合性のある値に緩和するよう要望された（日・EU規制改革対話、日本の規制緩和に関するEU補足提案（平成14年12月18日））。また、規制改革推進3か年計画（改定）（平成14年3月29日閣議決定）を受けて、厚生労働省はベビー服等繊維製品を対象としたホルムアルデヒド含有基準について、検出機器の性能向上等を踏まえ、ホルムアルデヒドの測定方法を見直す措置を講ずることとなった。

乳幼児の基準は、精製水とアセチルアセトンの反応液の吸光度を A_0 、製品（ホルムアルデヒドを含む可能性のある）の水抽出液とアセチルアセチルアセトンの反応液の吸光度を A とし、吸光度差 $A - A_0$ が0.05以下であること、としている。まず、乳幼児用のホルムアルデヒドがゼロ規制でないとの誤解を解くために、吸光度差 $A - A_0$ に相当するホルムアルデヒド量をクロスチェックにより求めた。5機関で試験した結果、吸光度差に相当するホルムアルデヒド濃度は14~16 ppmであり²⁾、基準の数値は最大の16 ppmとすることが適当と判断した。一方、この吸光度差は目視で発色を区別できる限界であり、ホルムアルデヒド標準溶液を調製することなく多検体の違反の有無を短時間で判定できることから、削除しない方が良いと判断し、前記の数値は「又は」として追記することになった。

次に、ホルムアルデヒドの定性に機器分析法を取り入れるよう、高速液体クロマトグラフィー（HPLC）を検討した。現行の操作法に従って調製したホルムアルデヒドのアセチルアセトン反応液をそのままHPLCで分析できるように条件を決定した。しかしHPLCのピーク検出には一定の時間がかかり、吸光度法に比べて短時間に多検体を評価することが困難であること、またアセチルアセトン誘導体物のピーク高さが経時的に減少し定量が困難であることから、HPLC法は確認試験としてジメドン法と併記し、標準液のピークと一致するピークを確認することにした²⁾。なお試験法に関しては、平成21年3月26日付け薬食発第0326001号、及び平成27年7月9日付け薬食発0709第1号でも改正が行われている。

厚生労働省薬事・食品衛生審議会薬事分科会化学物質安全対策部会家庭用品安全対策調査会（以下、「調査会」という。）（平成15（2003）年3月31日開催）の資料には、現行基準値の設定の根拠は、ヒトに対するパッチテストの結果で、最大無作用量（対照として用いた蒸留水と比較して陽性率において優位な差を認めない最大量）はホルマリンとして0.2%（ホルムアルデヒドとして0.074%）であったとし、これに1/10を乗じた75 ppmを経皮曝露からみた基準値とするとされている。また、乳幼児用繊維製品の基準値は、乳幼児が当該製品をなめることが十分予期し得ること、更にホルムアルデヒドの抗原性が高

いこと、乳幼児の皮膚の感受性が高いこと等から考えて、試験法として採用したアセチルアセトン法の定量限界と考えられる吸光度差0.05を超えないものとされている。調査会では、ホルムアルデヒドの感受性に関する文献をもとに改めて基準値の適否が評価された。モルモットを用いた皮膚刺激性試験で、塗布では>7400 ppm、皮膚注射では1.9 ppm、皮膚感受性試験では注射感作-注射惹起の場合3.7~19 ppm、注射感作-接触惹起の場合3700 ppm、接触感作-注射惹起の場合74 ppmが最大無作用量として示された。1989年の国際化学物質安全性計画（IPCS）の報告書では、ホルムアルデヒドに感作されたものであっても0.05%を下回る濃度ではめったにアレルギーは起こらないこと、コントロールされた条件下において感作された5名のうち1名が0.01%に反応したこと、地域や人口集団によってアレルギーに対する接触感受性の頻度に違いがあるとしている³⁾。欧州連合（EU）では皮膚に直接接触する製品のエコラベル取得のためのホルムアルデヒドの制限値を当時30 ppmとしていたが、感受性の高い人ではこの濃度でも反応を生じ得るとしており⁴⁾、結果、現行基準値の変更はされなかった。

厚生労働省医薬・生活衛生局化学物質安全対策室のホームページには、全国で実施された家庭用品試買等検査の有害物質別及び規制家庭用品別基準違反件数の年度推移（2011年度~2020年度）が公開されている。ホルムアルデヒドの検査件数は年間5000件程度あるが、生後24か月以下の乳幼児用繊維製品の違反件数及び違反率は2011年度に29件（0.53%）であったが徐々に減少し、2020年度はゼロとなっている。

2.2 ベンゾ [a] ピレン, ジベンゾ [a,h] アントラセン, ベンズ [a] アントラセン

クレオソート油中のベンゾ [a] ピレン (BaP), ジベンゾ [a,h] アントラセン (DBA), ベンズ [a] アントラセン (BaA) の3種のPAHは、家庭用品規制法では初めてハザード（有害性）情報と曝露情報を合わせたリスク評価をもとに、規制の要否と基準値について検討された。以下、調査会（平成15（2003）年7月16日開催）で審議された資料をもとに、クレオソート油に含まれるPAHの規制経緯を簡単に説明する。

クレオソート油は、コールタールを更に蒸留した約200~400℃の留出油であり、ナフタレン、アントラセンなどのPAH、フェノール類、ピリジンなどのタール塩基類などを含み、用途に応じて調合される。クレオソート油は木材防腐剤として使用され、古くは電柱や鉄道の枕木に、外構材などの建築材、公園の階段木材、樹木の支柱や垣根に処理されていたが、そうした処理枕木が家庭用の園芸や造園（ガーデニング）の資材としても一般

に購入できる状況にあった。欧州毒性環境科学委員会 (CSTEE) は、クレオソート油の発がん性試験の結果をもとに、クレオソート油中のBaPが発がん性の指標となり、クレオソート油の発がん性はBaPより高いと評価した⁵⁾。欧州委員会はBaPの皮膚吸収量を計算し子供のクレオソート油との接触時間を考慮した結果、50 ppmのBaPを含有するクレオソート油の発がんリスクは無視できないレベルであるとし、規制した⁶⁾。国内でもガーデニングにおける廃木材の再利用など従前には見られなかったクレオソート油等の用途が増加していると考えられること、50 ppmを超えるBaPを含むクレオソート油が販売されていること、今後、諸外国から輸入された、BaP等を含むクレオソート油等が増える可能性が否定できないことから、家庭用品規制法に基づく規制処置の導入をすることとした。

有害性及び曝露に係る情報としては、IPCSのEnvironmental Health Criteria (EHC) monograph 202, オランダ当局や欧州委員会による子供の木製遊具からのBaPの経皮曝露量計算値、NHKによる国民生活時間調査の結果、及びCSTEE評価結果などを収集した。調査会ではBaPを閾値のない発がん性物質として取り扱い、クレオソート油中BaP量と皮膚腫瘍発動物数との用量反応曲線を求め、低濃度外挿によりリスク評価を行うべきとし、用量Dに応じた過剰生涯発がんリスクP (D) は、 $P(D) = 1 - \exp(-0.46D - 0.16D^2)$ で求めるとした。体重15 kgまたは30 kgの子供が、その一生(70年間とする)のうち5年間にわたり、1日1時間、BaP 5または10 ppmを含むクレオソート油等に皮膚開放部10%を接触し、帰宅後入浴等により皮膚から除去されるまでの間を5時間要したケースを考え、先の計算式を用いてそれぞれのケースにおける過剰生涯発がんリスクを計算すると、 $4.7 \times 10^{-6} \sim 1.9 \times 10^{-5}$ となる。国民生活時間調査による子供の遊び時間が平均約20分間であることに基づくより低いリスクとなる。我が国においては当面生涯リスクレベル 10^{-5} が目標とされていること等を勘案すると、BaPを10 ppm含むクレオソート油は受容しうるのであると考えられた。また流通しているクレオソート油にはBaP以外にも、当時IARC分類2AのDBA, BaAが多量に検出されていることから、クレオソート油のリスクはBaPのほかに、DBA及びBaAも併せて規制を行うべきとされた。既にEUにおいては特定の留分を除いたBaPが10 ppm未満のクレオソート油が生産され、我が国で販売されている製品にもEU規制 (BaP 50 ppm) に対応したものが⁷⁾、今後規制に合わせBaP等を低減化した製品の開発、提供は可能であると思われた。更に、こうした製品が出回っているEUにおいて、木材防腐性能に支障を生じたという情報は得られていないこと

から、導入する規制は十分実施可能であると考えられた。以上のことから、クレオソート油及びその混合物に含まれるBaP, DBA及びBaAはそれぞれ10 ppm以下、クレオソート油及びその混合物により処理された木材製品は3 ppm以下を基準とすることになった。

これに伴い、製品中のPAHを十分な信頼性をもって分析できる方法を用意することが必要となり、クレオソート油中のこれらPAH 3種の分析法を確立した⁸⁾。家庭用品規制法では初めて、分析装置としてガスクロマトグラフ-質量分析計 (GC-MS) を用いた。これまで都道府県や政令市等ほとんどの試験機関が実施できるように分析機器は一般に装備できるものとされていたが、GC-MSの価格が下がり、性能も安定して導入も進んでいたため、採用された。BaP, DBA及びBaAに関する改正は平成16 (2004) 年6月15日から施行され (薬食発第0615001号)、平成21 (2009) 年3月26日に操作条件に細かな改正が行われた (薬食発第0326001号)。

2.3 アゾ化合物

一部のアゾ染料は還元分解して芳香族第一級アミン類を生成するものがあり、芳香族第一級アミン類のうち発がん性を有する又は発がん性が疑われるものを一般的に、特定芳香族アミン (特定PAAs) と呼んでいる。EUや中国等では2000年頃から特定PAAsを生成する可能性のあるアゾ染料の繊維製品及び革製品への使用が禁止され、我が国でも2012年に繊維及び革製品等の業界団体による自主基準が制定された⁹⁾。しかし、国内で高濃度の特定PAAsを生成する可能性のあるアゾ染料が使用された製品が流通しており¹⁰⁻¹¹⁾、今後諸外国から特定PAAsを生成する可能性のあるアゾ染料を使用した製品が輸入される可能性が否定できないことから、家庭用品規制法に基づく規制措置を導入する必要があると考えられた。PAHと同様に、有害性評価と曝露評価、及びリスク評価を行い検討した。

特定PAAsのうち最も発がん性が強いと考えられるベンジジンを指標に、オランダ国立衛生環境研究所 (RIVM) の経皮曝露評価式に基づいて、実態調査で最高濃度 (593 µg/g) を示した製品 (シート) からの年間皮膚曝露量を算出した。体重50 kgの人の1日当たりのベンジジンの曝露量は 3.9×10^{-7} mg/kg/dayであり、ベンジジンの発がん性のスロープファクターが 2.3×10^2 (mg/kg/day)⁻¹であることから、当該製品中のベンジジンによる過剰生涯発がんリスクを算出すると 9.0×10^{-5} となった。一方、特定PAAsの総量が30 µg/g (EUの基準値) の繊維製品による過剰生涯発がんリスクは 4.6×10^{-6} と算出された。我が国における大気環境基準の設定にあたり現段階において当面生涯リスクレベルは 10^{-5} が目標とされていることを勘案すると、上記のリスク (4.6

表2 特定芳香族アミン

| 名称 | CAS番号 |
|-----------------------------|----------|
| 4-アミノジフェニル | 92-67-1 |
| オルト-アニシジン | 90-04-0 |
| オルト-トルイジン | 95-53-4 |
| 4-クロロ-2-メチルアニリン | 95-69-2 |
| 2,4-ジアミノアニソール | 615-05-4 |
| 4,4'-ジアミノジフェニルエーテル | 101-80-4 |
| 4,4'-ジアミノジフェニルスルフィド | 139-65-1 |
| 4,4'-ジアミノ-3,3'-ジメチルジフェニルメタン | 838-88-0 |
| 2,4'-ジアミノトルエン | 95-80-7 |
| 3,3'-ジクロロ-4,4'-ジアミノジフェニルメタン | 101-14-4 |
| 3,3'-ジクロロベンジジン | 91-94-1 |
| 2,4-ジメチルアニリン | 95-68-1 |
| 2,6-ジメチルアニリン | 87-62-7 |
| 3,3'-ジメチルベンジジン (別名オルト-トリジン) | 119-93-7 |
| 3,3'-ジメトキシベンジジン | 119-90-4 |
| 2,4,5-トリメチルアニリン | 137-17-7 |
| 2-ナフチルアミン (別名ベータ-ナフチルアミン) | 91-59-8 |
| パラ-クロロアニリン | 106-47-8 |
| パラ-フェニルアゾアニリン | 60-09-3 |
| ベンジジン | 92-87-5 |
| 2-メチル-4-(2-トリルアゾ) アニリン | 97-56-3 |
| 2-メチル-5-ニトロアニリン | 99-55-8 |
| 4,4'-メチレンジアニリン | 101-77-9 |
| 2-メトキシ-5-メチルアニリン | 120-71-8 |

$\times 10^{-6}$) は受容しうると評価された。なお、規制対象とする家庭用品は、我が国に流通する当該家庭用品の実態、諸外国の規制状況等を踏まえ、特に皮膚に長期間接触すると考えられる製品、実態調査において30 $\mu\text{g}/\text{g}$ を超えて特定PAAsが検出された製品、及び子どもが口に含む等の可能性が高い製品とすることとした。更に、繊維製品及び革製品から還元操作等で生成する特定PAAsの基準値を30 $\mu\text{g}/\text{g}$ とすることについて関係省庁や団体と協議、関連法規との調整をし、WTO (世界貿易機関) /TBT協定 (貿易の技術的障害に関する協定) に諮られた。

以上により、化学的変化により容易に特定芳香族アミン」(24種、表2) を生成するアゾ化合物が新たに有害物質に指定され (平成27年4月8日付け薬食発0408第1号)、当該家庭用品の区分に応じて基準が定められた (平成27年7月9日付け薬食発0709第1号)。なお、基準の趣旨は、対象家庭用品中のアゾ化合物の特定芳香族アミンとしての含有量を30 $\mu\text{g}/\text{g}$ 以下とするものであり、平成28 (2016) 年4月1日から施行された。試験法は、先行する規格¹²⁻¹⁴⁾ に準じた方法で作成された^{9, 15)}。対象製品と材質、分散染料が使用されているかどうか、測定する特定PAAsの化合物の種類によって試験溶液の調製法に違いがある。

アゾ化合物の規制開始から2020年度までの4年間の検査件数は1042件で、革手袋及びえり飾りでそれぞれ1件違反が報告されている。

2.4 トリフェニル錫化合物及びトリブチル錫化合物

トリフェニル錫化合物 (TPT) 及びトリブチル錫化合物 (TBT) は、防カビ剤・防菌剤として繊維製品、塗料等に用いられてきたが、皮膚刺激性を有しており、経皮吸収されやすく、生殖機能障害を引き起こすことから、TBTは昭和54 (1979) 年1月1日、TPTは昭和55 (1980) 年4月1日に、おしめ等の繊維製品等への使用が規制された。

TPT及びTBTの試験は、溶媒抽出後、活性アルミナカラムによる精製及び硝酸分解し、フレイムレス原子吸光法 (AAS) によって錫を測定する方法とされ、1 $\mu\text{g}/\text{g}$ 以上検出された場合には、2次元薄層クロマトグラフ法 (TLC) により確認することとされていた。しかし、「錫」としてしか定量できない、2次元TLCでジチゾン錯体の黄色のスポットが短時間に消失する、夾雑物質によってスポット位置が移動したり拡散したりするといった課題があった。一方、食品用器具容器包装や環境分野の検査ではGC-MS等で有機錫化合物を測定し、誘導体法や精製法の改良が進められていることから^{16, 17)}、これを踏まえて改定の検討を行った。

まず、規制対象の家庭用品の種類によって大きく3つに分類されていた抽出溶媒を、繊維製品及び繊維製品以外で水性のものについて、繊維製品以外で油性のものについての2つにする変更を行った。次に、フレームレスAASからGC-MSで測定することとし、確認法も2次元TLCからGC-MSにして、TPT及びTBTの有機錫化合物として定量することとした。そのため、テトラエチルホウ酸ナトリウムを用いてエチル誘導体化し、重水素化体をサロゲート物質として使用した^{18,19}。本法については、6機関で同一試料を用いた妥当性評価試験を行い、精度を確認した。従来法では2次元TLCでの検出限界の錫として1.0 µg/gが試験法の検出限界値として採用されていたが、TPTおよびTBTとしてそれぞれ3.25および2.75 µg/gに相当する。また、フレームレスAASの検出限界値は錫として0.2 µg/gで、TPT及びTBTとしてそれぞれ0.65及び0.55 µg/gであるが、今回の試験法はこれらの値を下回る試料でも定量可能であった²⁰。

TPT及びTBTの基準値は「検出されないこと」とされていたが、試験法の改正に伴って基準値が設定された。有機化合物の有害性に関して、IPCSの報告書(1999)の酸化トリブチル錫の経口曝露の指針値が使用された²¹。酸化トリブチル錫のラットの長期経口投与による免疫抑制に基づき、ベンチマークドーズ0.034 mg/kg/dayを求め、更に動物からヒトへの外挿とヒトの個人差のため、不確実計数10をそれぞれ考慮し、酸化トリブチル錫の経口曝露の指針値を0.0003 mg/kg/dayとした。TPT及びTBTの経皮曝露による指針値等はなかったことから、より毒性の強い酸化トリブチル錫の0.0003 mg/kg/day (錫として0.12 µg/kg/day) がリスク評価に用いられた。

曝露に係る情報等として、衣類に含有されるTPT及びTBTの経皮曝露量は以下の基本式から求められる。

$$[\text{皮膚負荷量}] = [\text{製品中の濃度}] \times [\text{製品の質量}] \times [\text{接触頻度}] \times [\text{皮膚接触計数}] \times [\text{一日移行率}]$$

$$[\text{経皮曝露量}] = [\text{皮膚負荷量}] \times [\text{経皮吸収率}]$$

改正前の試験法の検出下限値に相当する濃度 (錫として1 µg/g) のTBT (酸化トリブチル錫) を含有する乳児 (1月児, 平均体重4 kg) 用の下着について、当該化合物の経皮曝露量が試算された。なお、各パラメータはIPCS²¹やRIVM^{22,23}等の値が用いられた。算出された酸化トリブチル錫の体重当たりの経皮曝露量は、錫として0.0205 µg/kg/dayであり、この値とIPCSが設定した0.0003 mg/kg/day (錫として0.12 µg/kg/day) から算出したハザード比は0.171と、1を下回り、当該リスクは受容しうるものと考えられた。皮膚への接触面積、接触時間等を考慮すると、乳児用下着以外の製品に含まれたときのリスクはより低く見積もられ、前記の

基準値は妥当と考えられた。以上のことから、基準値は錫として1.0 µg/g、TPT及びTBTとしてそれぞれ3.25及び2.75 µg/g (TPT及びTBTは塩化物換算値) を明示することとした。TPT及びTBTの基準試験法は平成27 (2015) 年7月9日に一部改正され、平成28 (2016) 年4月1日より施行されている (薬食発0709第1号)。

2.5 4,6-ジクロロ-7-(2,4,5-トリクロロフェノキシ)-2-トリフルオルメチルベンズイミダゾール及びヘキサクロロエポキシオクタヒドロエンドエキソジメタノナフタリン (ディルドリン)

平成29年度第1回調査会 (平成29 (2017) 年9月28日開催) において、GCを用いている有害物質の試験法は、ベンゼンやジメチル硫酸などの有害な溶媒や試薬を使用、充填カラムを使用しており分離能 (精度) が低い、確認試験が煩雑等の問題点が指摘されており、見直しを順次検討し、審議することが了承された。

4,6-ジクロロ-7-(2,4,5-トリクロロフェノキシ)-2-トリフルオルメチルベンズイミダゾール (DTTB) 及びヘキサクロロエポキシオクタヒドロエンドエキソジメタノナフタリン (ディルドリン) は、防虫剤として繊維製品等に用いられていたが、DTTBは経皮及び経口毒性が極めて強く肝障害を引き起こすとの報告があることから昭和57 (1982) 年4月1日に、ディルドリンは経皮吸収され体内蓄積する可能性があるとの報告があることから昭和53 (1978) 年10月1日に、それぞれおしめカバー等の繊維製品等に規制基準が制定された。

DTTBに関しては、試験溶液の調製にジメチル硫酸を用い、誘導体化したDTTBは電子捕獲型 (ECD) 検出器を付けたGCで試験し、かつ2種類の充填カラムを用いて測定するよう規定されていた。ディルドリンも、2種類の充填カラムを用いECD付けGCで試験することになっていた。そこで、両物質の前処理操作を、塩酸-メタノールによる還流抽出及び強陽イオン交換カラムを用いた精製操作に統一し、DTTBの誘導体化 (メチル化) 試薬は、ジメチル硫酸から簡便で安全にできるトリメチルフェニルアンモニウムヒドロキッドに変更された。更に、1種のGCキャピラリーカラムを用いることで精度の向上と煩雑さの解消が図られた²⁴。開発された試験法は妥当性評価試験²⁵を実施した後、本試験法は、「家庭用品中の有害物質試験法」(令和4年3月28日付け薬生薬審発0328第5号別添) として通知された。

2.6 テトラクロロエチレン, トリクロロエチレン及びメタノール

テトラクロロエチレン, トリクロロエチレン及びメタノールは、溶剤として用いられている。テトラクロロエチレン及びトリクロロエチレンは、継続的に人体に吸入された場合には体内蓄積し、肝障害又は腎障害等を起こ

すおそれがあるとの報告があることから家庭用エアゾル製品等について昭和58（1983）年10月1日に、メタノールは視神経障害等の毒性を有し、特にエアゾル製品として使用されるとき吸入しやすいとの報告があることから昭和57（1982）年4月1日に、規制基準が制定された。

これら溶剤の試験はGCを用いて行われているが、メタノールに関しては水素炎イオン化型検出器（FID）を用いており、2種類の充填カラムを用いた条件で確認されていた。テトクロロエチレン及びトリクロロエチレンに関してはECD検出器を用い、メタノールとは異なる2種類の充填カラムで測定する必要があった。そこで、試料は乳酸エチルで溶解して試験溶液とするように3種の溶剤について同一にし、効率化が図られた。また、ヘッドスペースガス注入量を増やし、6%シアノプロピルフェニル/94%ジメチルポリシロキサンを液相とする1種類のキャピラリーカラムを用いてGC-MS分析することとして、精度の向上と煩雑さの解消を図ることができた²⁶⁾。開発された試験法は妥当性評価試験²⁷⁾を実施した後、改定試験法は「家庭用品中の有害物質試験法」（令和4年3月28日付け薬生薬審発0328第5号別添、令和4年4月4日付け薬生薬審発0404第1号で一部訂正）として通知された。

2.7 日本工業規格に関連した改正

有害物質を含有する家庭用品の規制に関する法律施行規則（昭和49年厚生省令第34号、以下「施行規則」という。）別表第一の基準には、日本工業規格の試験方法、試薬器具等が引用されており、不正競争防止法等の一部を改正する法律（平成30年5月30日法律第33号）において、工業標準化法が一部改正されたことに伴い、必要な用語改正や規格の番号を修正する改正が行われた（令和元年7月1日付け薬生発0701第8号）。

有機水銀化合物の基準に定められている試験方法の一つである還元気化法について、「K0102の44.1.2のB法」と引用している箇所を「K0102の66.1.1」と改めた。6有害物質の試験に使用するガラスろ過器は「日本工業規格のガラスろ過器（細孔記号G2）に適合するもの」と規定されているが、現行JIS R3503では「細孔記号2」と表記することとなっているため、改められた。なお用語について、「日本工業規格」は「日本産業規格」、「工業標準化法」は「産業標準化法」に改められた。

3. 施行規則の一部改正と通知試験法への移行

施行規則別表第一の「基準」の項目中には、①基準、及び②有害物質の含有量等を測定するための公定の試験法が定められているが、省令の改正には時間を要し、試験法の変更が柔軟に行うことができないといった問題点が指摘されていた。そのため、分析技術の進歩及び分

析に必要な試薬や器具等が入手困難になる可能性等を考慮し、その見直しを適時適切に行えるよう、②有害物質の含量等を測定するための公定の試験法については別途定める通知に移行し、施行規則別表第一の「基準」は①基準のみとされた（http://www.nihs.go.jp/mhlw/chemical/katei/PDF/reg_ame_rev_chk_220328.pdf）（令和4年3月28日付け薬生薬審発0328第5号、令和4年4月4日付け薬生薬審発0404第1号で一部訂正）。別添「家庭用品中の有害物質試験法」はhttp://www.nihs.go.jp/mhlw/chemical/katei/PDF/test_method_supl_rev_220404.pdfから見る事ができる。本試験法は、改正省令の公布日から起算して1年を経過した日から適用される。なお、本試験法の試験法各条に掲げる各試験法に代わる方法で、それが当該試験法以上の精度である場合には、その試験法を用いることができること。ただし、その結果について疑いがある場合には、本試験法で規定する当該試験法で最終の判定を行うこと。とされた。

改正試験法の開発及び基準改正のための検討は、厚生労働行政推進調査事業補助金化学物質リスク研究事業で引き続き行われており、有機リン系防炎加工剤の試験法の開発のほか²⁸⁾、GCのキャリアーガスであるヘリウム不足に対応した試験法の妥当性評価が進められている。

4. 家庭用品による健康被害に関する情報

平成19（2007）年5月14日より消費生活用製品安全法に基づいて、重大な製品事故が発生した場合、製造販売会社や輸入業者は事故認知から起算して10日以内に消費者庁に報告することが義務付けられた。このうち、家庭用品規制法により防止されるべきと認められたものについて通知を受けた場合には、厚生労働省が危険の回避に必要な事項等について適宜情報提供を行うことになっている。家庭用品によるものとして、デスクマットや冷却パッド中の抗菌剤や防腐剤による接触皮膚炎が報告されている（<http://www.nihs.go.jp/mhlw/chemical/katei/topics/jikojirei.html>）。

厚生労働省では昭和54（1979）年より、家庭用品等に係る健康被害の実態把握を目的として「家庭用品等に係る健康被害病院モニター報告制度」を行い、公益財団法人日本中毒情報センター（JPIC）が収集した家庭内における吸入及び誤飲事故、並びに協力病院等から報告された家庭用品等による皮膚障害の健康被害事例を取りまとめて公表してきた。令和元（2019）年度からは消費者製品の個々の健康被害症例（事例）における化学物質の影響（関連）をより的確に評価するため、「化学的健康被害症例対応システム」の運用を行っており、必要に応じ有識者の意見を聴くなど、原因の究明や対策の検討

に重点を置くようにしている。家庭用品に係る健康被害の年次とりまとめ報告は、厚生労働省医薬・生活衛生局医薬品審査管理課化学物質安全対策室のホームページ (http://www.nihs.go.jp/mhlw/chemical/katei/hazard_chemical_assess.html) で公表されている。

国立医薬品食品衛生研究所生活衛生化学部では皮膚科医と協力して刺激性及びアレルギー性皮膚炎の原因究明の研究を進めてきた²⁹⁾。現在も、以前から皮膚炎が報告されているイソチアゾリノン系防腐剤やメガネセルの色素等について使用実態等を調査しており³⁰⁻³²⁾、それらの家庭用品への使用に関して注視していく必要がある。

5. 今後の家庭用品規制法における有害物質の指定のあり方

近年、化学物質を想定外の目的や方法で家庭用品に使用したことによる健康被害の発生が報告されている。海外製の家庭用品のネット販売も増加し、家庭用品を取り巻く状況変化に応じた管理が必要である。前述したように、家庭用品規制法において有害物質として指定するには、候補となる物質の有害性、使用量、諸外国での規制の有無、学術文献等を合わせて詳細なリスク評価とリスク管理方法が検討されて、決定される。しかし、指定する基準は明確に定まっておらず、集めた資料の情報を随時検討する状況である。このとき、あらかじめ検討の候補物質リストがあれば、あるいは指定方法を定めておけば、健康被害の発生時点から必要なデータを追加することによって早期に評価、判断が可能となる。そこで著者を代表とする厚生労働行政推進調査事業補助金化学物質リスク研究事業研究班は、家庭用品規制法における指定有害物質候補のリストの作成方法を提案することを目的に、有害性情報や曝露情報の収集方法に関する研究を行った³³⁾。以下、概要を示す。

5.1 諸外国の規制基準の設定方法

EU及び米国等には家庭用品に限定した規制は確認できず、家庭用品規制法よりも広い範疇の製品を対象としている。規制基準の設定は、始めに化学物質のハザード（有害性）に着目し、必要に応じてリストを作成し、その中から毒性及び使用状況等を考慮して行っている。EUの化学品の登録、評価、認可及び制限に関する欧州議会及び理事会規則（REACH）、米国の有害物質規制法（TSCA）及びRIVMの規制基準策定に向けた評価対象化学物質の優先順位付け方法では、有害性及び曝露の観点からスコアを設定し、対象物質をスコアリングすることで、優先順位付けしている。有害性評価の実施に際して、情報が得られない化合物については、構造的又は機能的な類似性に基づいて情報のある化合物とグループ化して評価する方法も認められる。

5.2 化学物質の毒性情報の収集

一般毒性、生殖発生毒性、遺伝毒性、発がん性、急性毒性、刺激性、感作性に関する情報は、化審法の網羅的な情報収集法により得ることができる。化審法スクリーニング評価で収集する情報源は、国際機関あるいは他国のリスク評価機関による主要な評価文書等をカバーする。よって、家庭用品に使用される化学物質の安全性評価のための毒性情報の収集は段階的収集法で行うこととし、化審法のスクリーニング評価のための情報収集法に倣うことが良いと思われた。

5.3 化学物質の生産量及び用途情報の収集

化学物質の生産量等の情報は、複数の情報源から収集し、補完することが必要である。特に、用途情報は同一化合物でも情報源によって記載情報量や内容に違いが認められる。後述するランク付けには国内情報源を優先にした。

5.4 家庭用品を介した化学物質の曝露情報の収集

家庭用品を介した化学物質の曝露情報に関しては、製品技術評価基盤機構や産業技術総合研究所等から、各種曝露シナリオ及び曝露量の算出式が示されている。具体的には、衣類に残留する洗剤などの曝露量が評価されている。日本人の身体的データ（体重、体表面積、呼吸量など）、住居、行動データ（室内滞在時間、入浴時間など）や各種家庭用品の使用に関する情報源がある。また、消費者製品からの化学物質曝露量を推定するモデルとして Consumer TRA及びConsExpo Webがある。

5.5 有害物質候補の有害性及び曝露情報のスコア化

化審法の優先評価化学物質について、その有害性及び曝露情報（製造輸入数量及び用途情報）をもとにスコア付けした結果、妥当性のあるランク付けが可能であると考えられた。考案したスコア化方法は家庭用品規制法における有害物質候補の選定基準及び選定方法として有効であり、また、スコア化された化学物質リストは家庭用品規制法における詳細評価の優先候補リストとして提案している。

6. おわりに

家庭用品規制法に基づく安全対策は同法第3条にあるように、家庭用品に含有される物質の人の健康に与える影響を把握し、当該物質により人の健康に係る被害を未然に防止する措置を講じることが、製造又は輸入の事業を行う者の責任であることを基本においている。一方、現に国内において高濃度の有害物質が検出される製品があり、今後、諸外国からそうした製品の輸入が増加する可能性を否定できない等の場合、家庭用品規制法に基づく規制措置の導入が検討される。家庭用品規制法の規制基準の改定にはリスク評価、リスク管理の考え方が導入

され、有害性に係る知見や、曝露実態に係る情報の集積、諸外国における規制状況、関係業界による対策の進展等を踏まえつつ、検討されている。このような考え方と方針に基づいて今後も家庭用品の規制を行っていくべきであり、その科学的根拠となる試験研究が重要と考える。

謝辞

本稿で紹介した内容の多くは、生活衛生化学部室長の河上強志氏の調査研究をもとにさせていただいた。化学物質のリスク評価に関する研究では特に、安全性予測評価部室長の井上薫氏から多くの助言をいただいた。皆様にはこの場を借りて深く感謝いたします。

最後に、家庭用品に関する研究の機会及びご指導をいただいた元医療機器部室長の鹿庭正昭氏、本稿含むこれまでの試験研究の遂行に協力していただいた生活衛生化学部現・元職員の皆様に感謝いたします。

引用文献

- 1) 五嶋俊一：安全工学 2009;48(2):87-92. doi: https://doi.org/10.18943/safety.48.2_87
- 2) 五十嵐良明, 鹿庭正昭, 土屋利江: 国立衛研報 2003; 121:16-24
- 3) International Programme on Chemical Safety (IPCS): Environmental Health Criteria 89. Formaldehyde. 1989
<https://incchem.org/documents/ehc/ehc/ehc89.htm>
- 4) International Programme on Chemical Safety (IPCS): Concise International Chemical Assessment Document 40. Formaldehyde. 2002
<https://incchem.org/documents/cicads/cicads/cicad40.htm>
- 5) European Commission. Scientific committee for toxicity, ecotoxicity and the environment (CSTEE). Opinion (revised) on Cancer risk to consumers from Creosote containing less than 50 ppm benzo-[a]-pyrene and/or from wood treated with such Creosote and estimation of respective magnitude expressed at the 8th CSTEE plenary meeting, Brussels, 4 March 1999
https://ec.europa.eu/health/scientific_committees/environmental_risks/opinions/sctee/sct_out29_en.htm
- 6) Commission of the European Communities: *Official J Eur Communites* 2001;L 283:41-3.
<https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2001:283:0041:0043:EN:PDF>
- 7) Ikarashi Y, Kaniwa M, Tsuchiya T: *Chemosphere* 2005;60:1279-87. doi: [10.1016/j.chemosphere.2005.01.054](https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2005.01.054)
- 8) Ikarashi Y, Kaniwa M, Tsuchiya T: *J Health Sci.* 2005;51(5):597-606. doi: [10.1248/jhs.51.597](https://doi.org/10.1248/jhs.51.597)
- 9) 河上強志：繊維学会誌 2022;78(2):61-5. doi: [10.2115/fiber.78.61](https://doi.org/10.2115/fiber.78.61)
- 10) Kawakami T, Isama K, Nakashima H, Tsuchiya T, Matsuoka A: *J Environ Sci Health Part A* 2010;45: 1281-95. doi: [10.1080/10934529.2010.493827](https://doi.org/10.1080/10934529.2010.493827)
- 11) Kawakami T, Isama K., Nishimura T.: *J Environ Chem.* 2012;22:197-20. doi: [10.5985/jec.22.197](https://doi.org/10.5985/jec.22.197)
- 12) a) EN 14362-1:2012; b) EN 14362-3:2012
- 13) a) ISO 14362-1:2017; b) ISO 14362-3:2017
- 14) a) JIS L 1940-1:2019; b) JIS L 1940-3:2019
- 15) 河上強志, 伊佐間和郎, 五十嵐良明: 国立衛研報 2014;132:57-66
- 16) 大野浩之, 鈴木昌子, 中山重人, 青山大器, 三谷一憲: 食品衛生学雑誌 2002;43:208-14. doi: [10.3358/shokueishi.43.208](https://doi.org/10.3358/shokueishi.43.208)
- 17) 岩村幸美, 門上希和夫, 陣矢大助, 花田喜文, 鈴木學: 分析化学 1999;48:555-61. doi: [10.2116/bunsekikagaku.48.555](https://doi.org/10.2116/bunsekikagaku.48.555)
- 18) 河上強志, 伊佐間和郎, 中島晴信, 大嶋智子, 土屋利江, 松岡厚子: *YAKUGAKU ZASSHI* 2010;130:223-35. doi: [10.1248/yakushi.130.223](https://doi.org/10.1248/yakushi.130.223)
- 19) 中島晴信, 富山健一, 河上強志, 伊佐間和郎: *YAKUGAKU ZASSHI* 2010;130:945-54. doi: [10.1248/yakushi.130.945](https://doi.org/10.1248/yakushi.130.945)
- 20) 河上強志, 伊佐間和郎, 中島晴信, 吉田仁, 大嶋智子, 大野浩之, 上村仁, 塩田寛子, 菊地洋子, 松岡厚子, 西村哲治: *YAKUGAKU ZASSHI* 2012; 132:1197-208. doi: [10.1248/yakushi.12-00182](https://doi.org/10.1248/yakushi.12-00182)
- 21) International Programme on Chemical Safety (IPCS): Concise International Chemical Assessment Document 14. Tributyltin oxide. 1999
<http://www.inchem.org/documents/cicads/cicads/cicad14.htm>
- 22) RIVM: RIVM report 601503 014.1999
<https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/601503014.html>
- 23) RIVM: RIVM report 601503 019.2000
<https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/601503019.pdf>
- 24) 西以和貴, 佐藤学, 仲野富美, 辻清美, 上村仁, 河上強志: *YAKUGAKU ZASSHI* 2020;140:809-18. doi: [10.1248/yakushi.19-00262](https://doi.org/10.1248/yakushi.19-00262)

- 25) 西以和貴, 上村仁, 大嶋智子, 菅谷なえ子, 印南佳織, 田畑佳世, 河上強志: *YAKUGAKU ZASSHI* 2021;141:1031-40. doi: 10.1248/yakushi.21-00058
- 26) Sugaya N, Takahashi M, Sakurai K, Tanaka N, Okubo I, Kawakami T: *JAOAC Int.* 2018;101:1328-40. doi: 10.5740/jaoacint.18-0049
- 27) 河上強志, 菅谷なえ子, 田原麻衣子, 大嶋智子, 西以和貴, 上村仁, 塩田寛子, 鈴木郁雄, 田畑佳世, 五十嵐良明: *YAKUGAKU ZASSHI* 2020;140:1485-94. doi: 10.1248/yakushi.20-00163
- 28) 大嶋智子, 角谷直哉, 山口之彦, 河上強志: *YAKUGAKU ZASSHI* 2022;142:279-87. doi: 10.1248/yakushi.21-00197
- 29) 鹿庭正昭: *国立衛研報* 2006;124:1-20
- 30) Kawakami T, Isama K, Ikarashi Y: *J Environ Sci Health A Tox Hazard Subst Environ Eng.* 2014;49:1209-17. doi: 10.1080/10934529.2014.910021.
- 31) Kawakami T, Tahara M, Ikarashi Y: *J Liq Chromatogr Relat Technol.* 2021;44:11-12, 564-9. doi: 10.1080/10826076.2021.1990944
- 32) Kawakami T, Tahara M, Ikarashi Y: *Dermatitis* 2021;32:e138-40. doi: 10.1097/DER.0000000000000794.
- 33) 厚生労働行政推進調査事業補助金化学物質リスク研究事業「家庭用品規制法における有害物質の指定方法のあり方に関する研究」(令和元(2019)年度～令和3(2021)年度)報告書