

5. 特定建築物の室内環境管理と室内空気中化学物質の健康リスク評価—冬期夏期横断調査—

分担研究者 東 賢一 近畿大学医学部 准教授

### 研究要旨

建築物衛生法が適用される特定建築物に対しては、建築物環境衛生管理基準として、温度、相対湿度、気流、二酸化炭素、一酸化炭素、浮遊粉じん、ホルムアルデヒドの測定が規定されている。厚生労働省では1997年から2002年までに13物質に対して室内濃度指針値を策定してきたが、2012年以降、一般住宅の実態調査を行い、新たに室内濃度指針値を追加で設定等実施すべきかについて検討がなされている。そこで本研究では、特定建築物における室内空気汚染化学物質の実態調査と健康リスク評価を行った。また、近年における諸外国での室内空気質ガイドラインの動向についても調査を行い、建築物衛生法における環境衛生管理基準を今後検討するための基礎資料とする。室内空気質ガイドラインに関する国際動向の把握では、WHO、ドイツ、フランス、カナダにおける室内空気質ガイドラインの設定状況を調査した。令和3年度以降に公表された室内空気質ガイドラインでは、WHOが空気質ガイドラインを改正したことが大きな動きであった。粒子状物質（PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>10</sub>）、オゾン、二酸化窒素、二酸化硫黄、一酸化炭素の空気質ガイドラインが最新の科学的知見に基づき改正された。ドイツでは、メタクリル酸メチル、ベンゾ-a-ピレン、アセトン、2-プロパノール、一酸化炭素、塩化ビニルの指針値が新たに設定され、カナダではアクロレインと二酸化炭素に室内空気質ガイドラインが設定された。フランスでは令和3年度に新たに設定された室内空気質ガイドラインはなかった。特定建築物における室内空気汚染化学物質の実態調査について、2020年度～2021年度冬期で130件、2021年度夏期で111件における68物質の室内濃度測定結果に対して健康リスク評価を行った。その結果、冬期夏期ともに、二酸化窒素、塩化水素、ベンゼンのリスクが総じて高かった。アクロレイン、1,2-ジクロロエタン、トリクロロエチレン、アセトアルデヒド、トルエン、クロトンアルデヒド、クロロホルムでは、特定の事務所でリスクが高かったが、平均的にはそれほどリスクは高くなかった。炭素数9～18の脂肪族炭化水素は冬期夏期ともに平均的にリスクが高く、ホルムアルデヒドは夏期でリスクが高い傾向にあった。その他、平均的にリスクが高い傾向にあったのは、冬期夏期のオゾン、冬期のエタノール、夏期の酢酸であった。

研究協力者

尾崎貴之（公社）全国ビルメンテナンス協会

### A. 研究目的

建築物衛生法が適用される特定建築物（店舗、事務所等の特定用途で延床面積3000㎡以上の建築物、同8000㎡以上の学校）には、建築物環境衛生管理基準の遵守、その管理実態の報告、建築物環境衛生管理技術者の選任等が義務づけられている。建築物環境衛生管理基準では、温度、相対湿度、気流、二酸化炭素、一酸化炭素、

浮遊粉じん、ホルムアルデヒドの測定が規定されている。厚生労働省では、1997年から2002年にかけて、室内空気汚染化学物質による室内空気汚染対策として、13物質に室内濃度指針値が策定された。そのことを踏まえて、建築物環境衛生管理基準においても、2002年にホルムアルデヒドの管理基準が追加された。

その後厚生労働省では、2012年から室内空気汚染問題に対する検討会が再開され、室内濃度指針値を追加で設定等すべきかについて、検討がなされている。主として一般住宅における実態調査をもとに健康リスクの初期評価を行い、

2-エチル-1-ヘキサノール、2,2,4-トリメチル-1,3-ペンタンジオールモノイソブチレート (TMPD-MIB)、2,2,4-トリメチル-1,3-ペンタンジオールジイソブチレート (TMPD-DIB) の3物質が指針値策定の候補にあがるなど、検討が継続されている。

そこで本研究では、特定建築物における室内空気汚染化学物質の実態調査と健康リスクの初期評価を行うことを目的とする。本研究で得られた成果は、建築物衛生法における環境衛生管理基準の検討に資するものであり、今後の建築物衛生行政における施策の立案に寄与するものである。

## B. 研究方法

### B.1 諸外国における室内空気質ガイドラインの動向

国際機関や諸外国における室内空気質ガイドラインに関する評価文書、関連学会の資料、関連論文をインターネットおよび文献データベースで調査した。世界保健機関本部 (WHO 本部)、世界保健機関欧州地域事務局 (WHO 欧州)、ドイツ、フランス、カナダを主な調査対象国とした。なお、日本の室内濃度指針値の状況もあわせて報告する。

### B.2 特定建築物における室内空気汚染化学物質の実態調査 (全国規模の横断調査) と健康リスクの初期評価

#### B.2.1 研究デザイン

近年、インターネットの普及に伴い、インターネットを利用した質問調査方法が普及し、喘息やアレルギー疾患の有病率の疫学調査でも利用されるようになってきていた。本分担研究者も、インターネットを利用した化学物質高感受性や循環器疾患に関する疫学調査で学術成果をあげてきた。インターネット調査においても、調査協力者に対して材料やサンプルを送付し、室内環境の調査が可能である。

令和2年度の冬期調査では、インターネットを利用した質問調査および室内空気の採取を行った。また、調査件数を確保するにあたり、自記式調査票と空気採取管等を調査協力候補者へ送付および回収する手法も併用した。それにあ

たっては、公益社団法人全国ビルメンテナンス協会の協力を得た。なお、インターネット調査では、特定建築物に入居する調査協力事務所の確保数が乏しかったことから、令和3年度は、被験者代行業を業務とするモニター調査会社に依頼して協力事務所の確保を行った。本研究は、人体から採取された試料を用いない観察研究である。

#### B.2.2 調査対象と調査手順

令和2年度は、既存のインターネット調査会社である株式会社マクロミルに委託し、そのモニター会員を調査対象とした。詳細は、令和2年度の実担研究報告書を参照されたい。アンケート調査、空気採取、温湿度記録は2020年12月14日～2021年1月15日に実施した。また、調査件数を確保するにあたり、公益社団法人全国ビルメンテナンス協会等の協力のもと、自記式調査票と空気採取管等を調査協力候補者へ送付し回収した。

令和3年度の夏期は、令和2年度に直接調査依頼を行った事務所に対して再度調査依頼を行った。また、令和3年度夏期、冬期において、株式会社エイジェックに75件の調査事務所の確保を依頼した。調査では、管理者用アンケート調査と事務所の空気採取と温湿度記録の依頼を行った。管理者用アンケートの調査票は、平成23～令和元年度の建築物衛生に関する厚労科研で使用した調査票<sup>1)5)</sup>をもとに作成した。空気の採取と温湿度の記録は、事務所に出社される任意の1日で、事務所での就業時間が8時間以上となる日 (例：9時～17時) に実施するよう依頼した。夏期の調査は2021年8月20日～2021年9月30日に実施した。冬期の調査は、2022年1月20日～2022年2月14日に実施した。

#### B.2.3 測定および分析項目

室内の温度と湿度の測定を行った。また、68の化学物質の分析を行った。分析結果の詳細は、他の分担研究報告書を参照されたい。

#### B.2.4 健康リスク評価方法

調査で得られた室内濃度の統計値 (算術平均値、中央値、最大値) に対して、各物質の非発

がんリスク評価値 (RfC) を導出した。発がん物質については、ユニットリスク (UR) から、日本の環境基準で用いられている 10 万分の 1 の過剰発がんリスク時のリスク評価値を RfC として用いた。RfC に対して室内濃度を割り算して曝露余裕度 (MOE) を算出し、健康リスクの程度を評価した。これらのリスク評価値は、国際機関及び各国の関係省庁等が公表している評価文書をもとに、最も信頼性のあると思われる亜急性毒性、慢性毒性または生殖発生毒性の無毒性量または最小毒性量を判断し、断続曝露から連続曝露への換算、デフォルトで用いられる曝露期間、最小毒性量、種差及び個体差に関する不確実係数から導出した。ユニットリスクは、国際がん研究機関の発がん性分類でグループ 1 かつ発がんリスク評価が必要と判断される物質について、国際機関及び各国の関係省庁が公表しているユニットリスクを用いた。

MOE が 1 未満であればリスク A (ハイリスク)、MOE が 1 以上 10 未満であればリスク B (調査等要検討)、MOE が 10 以上であればリスク C (静観) と判定できる。これらのリスク評価方法は、著者らが既往研究<sup>6)8)</sup>で行ったものである。

(倫理面での配慮)

本調査は、国立保健医療科学院研究倫理審査委員会の承認 (課題名: 特定建築物における室内空气中科学物質濃度の拡散サンプラーによる全国調査: NIPH-IBRA#12310) を得て実施した。

## C. 研究結果および考察

### C.1 国内外における室内空気質ガイドラインの動向

日本における室内濃度指針値の状況を表 1-1 に示す。日本では、1996 年に全国 230 戸の住宅で実施されたホルムアルデヒドの室内濃度の実態調査において、当時、WHO 欧州が公表していた室内空気質ガイドライン  $0.1 \text{ mg/m}^3$  (0.08 ppm) を超えていた住宅の比率が約 25% 強であった (安藤, 1997)。この結果を踏まえて、1997 年にホルムアルデヒドの室内濃度指針値が策定された (厚生省, 1997)。また、1997 年から 1998 年にかけて 44 の揮発性有機化合物 (VOC) の室内濃度に関する全国規模の実態調査が行われ、

一部の家屋では室内空気汚染が高いレベルにあることが明らかとなった (厚生省, 1999)。そのため厚生労働省は、室内空気汚染の問題に対応するため、2000 年から 2002 年にかけて「シックハウス (室内空気汚染) 問題に関する検討会」を開催し、13 種類の化学物質に対して室内濃度指針値を策定した (厚生省 2000a, 2000b, 2001, 2002)。

その後 2012 年より、関係省庁や関係団体等のシックハウス問題への取り組みに関するヒアリングを行い、並行して諸外国等の室内空気質規制の調査や居住環境における VOC 等の実態調査を実施した結果を踏まえて初期リスク評価を行った結果、2-エチル-1-ヘキサノール、2,2,4-トリメチル-1,3-ペンタンジオールモノイソブチレート (TMPD-MIB)、2,2,4-トリメチル-1,3-ペンタンジオールジイソブチレート (TMPD-DIB) に対して室内濃度指針値案が提示され、キシレン、エチルベンゼン、フタル酸ジ-n-ブチル、フタル酸ジ-2-エチルヘキシルの室内濃度指針値改正案が提示された。その後パブリックコメントを経て、キシレン、DnBP、DEHP の室内濃度指針値が 2019 年 1 月 17 日に改正された (厚生労働省, 2019)。

世界保健機関 (WHO) の空気質ガイドライン、ドイツ連邦環境庁の室内空気質ガイドライン、フランス環境労働衛生安全庁 (ANSES) の室内空気指針値、カナダ保健省の室内空気指針値に関する情報を収集した。

令和 3 年度以降に公表された室内空気質ガイドラインでは、WHO が空気質ガイドラインをアップデートしたことが大きな動きであった。粒子状物質 ( $\text{PM}_{2.5}$ 、 $\text{PM}_{10}$ )、オゾン、二酸化窒素、二酸化硫黄、一酸化炭素の空気質ガイドラインが最新の科学的知見に基づき改正された (表 1-2)。

粒子状物質と二酸化窒素においては、長期間曝露 (年平均値等) では全死亡 (不慮の事故を除く) を指標とし、5 パーセント値を導出して空気質ガイドラインを設定していた。また、短期間曝露 (日平均等) では、1 日の全死亡 (不慮の事故を除く) を指標とし、年平均値の空気質ガイドラインに合致する日平均濃度の 99 パーセント値を推算し、その値をもとに空気

質ガイドラインを設定していた。

オゾンでもピーク季節のガイドラインについては、全死亡（不慮の事故を除く）を指標とし、5パーセンタイル値を導出して空気質ガイドラインを設定していた。

二酸化硫黄と一酸化炭素では、24時間平均のガイドラインに対して、それぞれ1日の喘息による入院や救急搬送・全死亡（不慮の事故除く）・呼吸器疾患死亡、入院と心筋梗塞による死亡を指標として空気質ガイドラインを設定していた。

諸外国では、ドイツ連邦環境庁がメタクリル酸メチル、ベンゾ-a-ピレン、アセトン、2-プロパノール、一酸化炭素、塩化ビニルの室内空気質ガイドラインを公表した（表1-3）。一酸化炭素は、WHOの空気質ガイドラインを踏まえて改正したものである。ベンゾ-a-ピレンと塩化ビニルは閾値のない発がん物質と評価し、100万分の1及び10万分の1の過剰発がんリスクに対応する濃度を設定している。

カナダ保健省では、アクロレインと二酸化炭素の室内空気質ガイドラインを公表した（表1-4）。ANSESについては、2021年度に新たに公表された室内空気質ガイドラインはなかった。

## C.2 特定建築物における室内空気汚染化学物質の実態調査（全国規模の横断）と健康リスクの初期評価

2020年度の冬期では、マクロミルのモニターから18件、直接調査協力依頼を行った事務所から37件の試料を得た。2021年度夏期では、直接調査協力依頼を行った事務所から36件、エイジェックのモニターから75件の試料を得た。2021年度冬期では、エイジェックのモニターから75件の試料を得た。健康リスク評価を行うにあたっては、冬期と夏期でそれぞれ統合し、2020年度～2021年度冬期で130件、2021年度夏期で111件とした。

表2-1及び2-2に有害性評価結果と非発がんリスク評価値及びユニットリスクを示す。調査を行った68物質のうち、7物質については、非発がんリスク評価値やユニットリスクが得られず有害性評価ができなかった。また、夏期の3物質については分析結果が得られなかった。

これらの評価値に対して、2020年度から2021

年度にかけて冬期及び夏期に実施した全国調査で得られた室内濃度の統計値（算術平均値、中央値、最大値）に対して、各物質のリスク評価値（RfC）を用い、曝露余裕度（MOE）を算出した。また、各事務所での測定値がRfCを超えている割合（RfC超過率）を冬期及び夏期で算出した。冬期の結果を表2-3、夏期の結果を表2-4、健康リスク評価結果のまとめを表2-5に示す。

健康リスク評価の結果、冬期夏期ともに、二酸化窒素、塩化水素、ベンゼンのリスクが総じて高かった。二酸化窒素では、冬期夏期ともにRfC超過率が60%を超えていた。塩化水素では冬期のRfC超過率が70%を超えていた。ベンゼンでは夏期のRfC超過率が40%を超えていた。これら3つの物質のリスクは突出して高かった。

アクロレイン、1,2-ジクロロエタン、トリクロロエチレン、アセトアルデヒド、トルエン、クロトンアルデヒド、クロロホルムでは、最大値のリスクが高かった（A判定）。しかしながら、平均的にはそれほど高いリスクではなく（C判定）、特定の事務所において高濃度であったことが原因と考えられた。

炭素数9～18の脂肪族炭化水素は冬期夏期ともに平均的にリスクが高く、ホルムアルデヒドは特に夏期でリスクが高い傾向（B判定）にあった。その他、平均的にリスクが高い傾向にあったのは、冬期夏期のオゾン、冬期のエタノール、夏期の酢酸であった。

## D. 総括

室内空気質ガイドラインに関する国際動向を把握するために、WHO、ドイツ、フランス、カナダにおける室内空気質ガイドラインの設定状況を調査した。令和3年度以降に公表された室内空気質ガイドラインでは、WHOが空気質ガイドラインをアップデートしたことが大きな動きであった。粒子状物質（PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>10</sub>）、オゾン、二酸化窒素、二酸化硫黄、一酸化炭素の空気質ガイドラインが最新の科学的知見に基づき改正された。ドイツでは、メタクリル酸メチル、ベンゾ-a-ピレン、アセトン、2-プロパノール、一酸化炭素、塩化ビニルの指針値が新たに

設定され、カナダではアクロレインと二酸化炭素に室内空気質ガイドラインが設定された。

特定建築物における室内空気汚染化学物質の実態調査について、2020年度～2021年度冬期で130件、2021年度夏期で111件における68物質の室内濃度測定結果に対して健康リスク評価を行った。その結果、冬期夏期ともに、二酸化窒素、塩化水素、ベンゼンのリスクが総じて高かった。アクロレイン、1,2-ジクロロエタン、トリクロロエチレン、アセトアルデヒド、トルエン、クロトンアルデヒド、クロロホルムでは、特定の事務所でリスクが高かったが、平均的にはそれほどリスクは高くなかった。炭素数9～18の脂肪族炭化水素は冬期夏期ともに平均的にリスクが高く、ホルムアルデヒドは夏期でリスクが高い傾向にあった。その他、平均的にリスクが高い傾向にあったのは、冬期夏期のオゾン、冬期のエタノール、夏期の酢酸であった。

#### E. 参考文献

- 1) 大澤元毅ら. 建築物環境衛生管理及び管理基準の今後のあり方に関する研究, 平成25年度総合研究報告書, 厚生労働科学研究費補助金健康安全・危機管理対策総合事業, 2014年3月.
- 2) Azuma K, Ikeda K, Kagi N, Yanagi U, Osawa H. Prevalence and risk factors associated with nonspecific building-related symptoms in office employees in Japan: relationships between work environment, Indoor Air Quality, and occupational stress. *Indoor Air* 25:499–511, 2015.
- 3) Azuma K, Ikeda K, Kagi N, Yanagi U, Osawa H. Evaluating prevalence and risk factors of building-related symptoms among office workers: Seasonal characteristics of symptoms and psychosocial and physical environmental factors. *Environmental Health and Preventive Medicine* 22(114), 38, 2017. doi:10.1186/s12199-017-0645-4.
- 4) 大澤元毅ら. 建築物環境衛生管理に係る行政監視等に関する研究, 平成28年度総合研究報告書, 厚生労働科学研究費補助金健康安全・危機管理対策総合事業, 2017年3月.
- 5) 小林健一ら. 中規模建築物における衛生管理の実態と特定建築物の適用に関する研究, 令和元年度厚生労働科学研究費補助金健康安全・危機管理対策総合研究事業, 2020年3月.
- 6) 樺田尚樹ら. シックハウス症候群の発生予防・症状軽減のための室内環境の実態調査と改善対策に関する研究, 平成25年度総合研究報告書, 厚生労働科学研究費補助金健康安全・危機管理対策総合事業, 2014年3月.
- 7) Azuma, K., Uchiyama, I., Ikeda, K. The Risk Screening for Indoor Air Pollution Chemicals in Japan. *Risk Analysis* 27(6): 1623–1638, 2007.
- 8) Azuma K, Uchiyama I, Uchiyama S, Kunugita N. Assessment of inhalation exposure to indoor air pollutants: screening for health risks of multiple pollutants in Japanese dwellings. *Environ Res* 145:39–49, 2016.

#### F. 研究発表

##### 1. 論文発表

- 1) 東賢一. 世界保健機関 (WHO) による「住宅と健康のガイドライン」. 公衆衛生 Vol 85, No.7, pp. 432–437, 2021.

##### 2. 学会発表

- 1) Azuma K, Kagi N, Yanagi U, Kim H, Kaihara N, Hayashi M, Osawa H. Effects of suspended particles, chemicals, and airborne microorganisms in indoor air on building-related symptoms: a longitudinal study in air-conditioned office buildings. *Healthy Buildings Europe 2021*, Oslo, Norway, June 21-23, 2021.
- 2) Azuma K, Kagi N, Yanagi U, Kim H, Hasegawa K, Shimazaki D, Kaihara N, Kunugita N, Hayashi M, Kobayashi K, Osawa H. Effects of the total floor area of an air-conditioned office building on building-related symptoms: associations with thermal conditions and carbon dioxide. *Healthy Buildings America 2021*, Honolulu, Hawaii, January 18-20, 2022.
- 3) Azuma K. Indoor air quality and health effects in Japanese modern office buildings. the 33rd International Congress on Occupational Health

2022, Special Session: Indoor air quality in modern office buildings. Global digital congress, Melbourne-Rome, February 6-10, 2022.

3. 書籍

- 1) 東 賢一. 新版生活健康科学第2版：第7章生活環境と健康. 218頁, 三共出版, 東京, 2022.

G. 知的財産権の出願・登録状況 (予定含む)

予定なし

<詳細データ>

C1. 国内外における室内空気質ガイドラインの動向

1. 日本における室内濃度指針値の動向

表1-1 厚生労働省の室内濃度指針値

化学物質	室内濃度指針値 (µg/m <sup>3</sup> )	主な排出源
ホルムアルデヒド	100 (0.08)	合板、接着剤
トルエン	260 (0.07)	接着剤、塗料
キシレン	200 (0.05)*	接着剤、塗料
パラジクロロベンゼン	240 (0.04)	防虫剤
エチルベンゼン	3800 (0.88)	断熱材、塗料、床材
スチレン	220 (0.05)	断熱材、塗料、床材
クロルピリホス	1 (0.00007)*小児 0.1	シロアリ駆除剤
フタル酸ジ-n-ブチル	17 (0.0015)*	軟質塩ビ樹脂、塗料
テトラデカン	330 (0.04)	接着剤、塗料
フタル酸ジ-2-エチルヘキシル	100 (0.0063)*	軟質塩ビ樹脂、塗料
ダイアジノン	0.29 (0.00002)	シロアリ駆除剤
アセトアルデヒド	48 (0.03)	合板、接着剤
フェノブカルブ	33 (0.0038)	シロアリ駆除剤
ノナナール	41 (0.007) 暫定値	合板、接着剤
総揮発性有機化合物 (TVOC)	400 暫定目標値	内装材、家具、家庭用品

\* 2019年1月17日改正 ( ) 内は 25°C換算時の体積濃度 ppm

2. WHO の空気質ガイドラインアップデート

WHO は、2021年9月22日に空気質ガイドラインの改正を公表した (WHO, 2021)。粒子状物質 (PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>10</sub>)、オゾン、二酸化窒素、二酸化硫黄、一酸化炭素の空気質ガイドラインが最新の科学的知見に基づき改正された。

表1-2 WHO の新しい空気質ガイドライン

物質	アセスメントの概要	空気質ガイドライン	キー研究
PM <sub>2.5</sub>	全死亡 (不慮の事故を除く) について、最も低濃度で影響が観察された 5 つの研究の 5 パーセントイル値が 3.0 µg/m <sup>3</sup> (Pinault et al., 2016), 3.2 µg/m <sup>3</sup> (Cakmak et al., 2018), 3.5 µg/m <sup>3</sup> (Pinault et al., 2017), 4.8 µg/m <sup>3</sup> (Villeneuve et al., 2015) and 6.7 µg/m <sup>3</sup> (Weichenthal et al., 2014)であり、これらの平均値が 4.2 µg/m <sup>3</sup> となった。PM <sub>2.5</sub> の影響がみられなかった Villeneuve et al., 2015 と Weichenthal et al., 2014 を除くと平均値が 4.9 µg/m <sup>3</sup> となった。これらの結果から出発点を 4.2-4.9 µg/m <sup>3</sup> PM <sub>2.5</sub> とし、年平均値を 5	5 µg/m <sup>3</sup> (年平均値)	Pinault et al., 2016、Cakmak et al., 2018、Pinault et al., 2017、Villeneuve et al., 2015、Weichenthal et al., 2014

	μg/m <sup>3</sup> としている。		
	1日の全死亡（不慮の事故を除く）を指標とし、年平均値のガイドライン 5 μg/m <sup>3</sup> に合致する日平均濃度の 99 パーセンタイル値を推算し、Liu et al., 2019 のデータから年平均値の 3 倍の値を導出した。	15 μg/m <sup>3</sup> （24 時間平均値）	Liu et al., 2019
PM <sub>10</sub>	全死亡（不慮の事故を除く）について、最も低濃度で影響が観察された 5 つの研究の 5 パーセンタイル値が 13.7 μg/m <sup>3</sup> (Beelen et al., 2014), 15.0 μg/m <sup>3</sup> (Bentayeb et al., 2015), 15.1 μg/m <sup>3</sup> (Puetz et al., 2008), 15.9 μg/m <sup>3</sup> (Carey et al., 2013) and 16.0 μg/m <sup>3</sup> (Hart et al., 2011)であり、これらの平均値が 15.1 μg/m <sup>3</sup> となった。そこで年平均値を 15 μg/m <sup>3</sup> としている。	15 μg/m <sup>3</sup> （年平均値）	Beelen et al., 2014、 Bentayeb et al., 2015、 Puetz et al., 2008、 Carey et al., 2013、 Hart et al., 2011
	1日の全死亡（不慮の事故を除く）を指標とし、年平均値のガイドライン 15 μg/m <sup>3</sup> に合致する日平均濃度の 99 パーセンタイル値を推算し、Liu et al., 2019 のデータから年平均値の 3 倍の値を導出した。	45 μg/m <sup>3</sup> （24 時間平均値）	Liu et al., 2019
オゾン	全死亡（不慮の事故を除く）について、最も低濃度で影響が観察された 3 つの研究のピーク季節の 5 パーセンタイル値が 55 μg/m <sup>3</sup> (Weichenthal, Pinault & Burnett, 2017), 56 μg/m <sup>3</sup> (Cakmak et al., 2018) and 68 μg/m <sup>3</sup> (Di et al., 2017a)であり、これらの平均値が 60、または 64 μg/m <sup>3</sup> となった。そこでピーク季節の 8 時間平均値を 60 μg/m <sup>3</sup> としている。	60 μg/m <sup>3</sup> （8 時間平均値、ピーク季節[平均値が高濃度の 6 ヶ月間]）	Weichenthal, Pinault & Burnett, 2017、Cakmak et al., 2018、Di et al., 2017
	全死亡（不慮の事故を除く）を指標とし、6 ヶ月のピーク値ガイドライン 60 μg/m <sup>3</sup> が年平均値 48.7 μg/m <sup>3</sup> に相当すると計算し、日平均値の 99 パーセンタイルと 8 時間日最大値への換算を行い、8 時間日最大値を 100 μg/m <sup>3</sup> としている。	100 μg/m <sup>3</sup> （8 時間の日最大値）	Vicedo-Cabrera et al. 2020、 Turner et al., 2016、de Hoogh et al., 2018
二酸化窒素	全死亡（不慮の事故を除く）について、最も低濃度で影響が観察された 5 つの研究の 5 パーセンタイル値が 7.3 μg/m <sup>3</sup> (Tonne & Wilkinson, 2013), 8.3 μg/m <sup>3</sup> in two separate studies (Hart et al., 2011,	10 μg/m <sup>3</sup> （年平均値）	Tonne & Wilkinson, 2013、 Hart et al., 2011, 2013、Turner et al., 2016、Carey et al., 2013



	2013), 9.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Turner et al., 2016) and 10.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Carey et al., 2013 であり、これらの平均値が 8.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ となった。そこで年平均値を 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ としている。		
	1 日の全死亡（不慮の事故を除く）を指標とし、年平均値のガイドライン 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ に合致する日平均濃度の 99 パーセンタイル値を推算し、Liu et al., 2019 のデータから年平均値の 2.5 倍の値を導出した。	25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (24 時間平均値)	Liu et al., 2019
		200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1 時間平均値) *	改正なし
二酸化硫黄	1 日の喘息による入院や救急搬送、全死亡（不慮の事故除く）、呼吸器疾患死亡を指標とし、30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ の日平均濃度の増加分を算出し、10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ の年平均濃度に加算して 24 時間平均値 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、または 99 パーセンタイル値と年平均値との差を 4 倍と推算して 24 時間平均値 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ としている。	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (24 時間平均値)	Liu et al., 2019、Zheng et al. 2021、Orellano, Reynoso & Quaranta 2021
		500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (10 分平均値) *	改正なし
一酸化炭素	入院と心筋梗塞による死亡を指標とし、中央値 1.15 $\text{mg}/\text{m}^3$ を観察された最も低濃度とし、相対リスク 1.019 を用いて心筋梗塞が 5.4% 増となる日平均濃度として 4 $\text{mg}/\text{m}^3$ を導出している。	4 $\text{mg}/\text{m}^3$ (24 時間平均値)	Lee et al. 2020
		10 $\text{mg}/\text{m}^3$ (8 時間平均値) * 35 $\text{mg}/\text{m}^3$ (1 時間平均値) * 100 $\text{mg}/\text{m}^3$ (15 分平均値) *	改正なし

\* 改正されず現状維持とされたガイドライン

### 3. ドイツ連邦環境庁の室内空気質ガイドライン

令和 3 年度に新たに公表された室内空気質ガイドラインは、メタクリル酸メチル (IRK, 2021a)、アセトン (IRK, 2021b)、2-プロパノール (IRK, 2021c)、ベンゾ-a-ピレン (IRK, 2021d)、塩化ビニル (IRK, 2021e)、一酸化炭素 (IRK, 2021f) であった。

表 1-3 ドイツ連邦環境庁の室内空気質ガイドライン (2021 年度)

物質	エンドポイント等	指針値	キー研究
メタクリル	ラットの吸入慢性毒	・指針値 II : 2.1 $\text{mg}/\text{m}^3$	Hazleton (1979), Lomax

酸メチル (CAS no. 80-62-6)	性試験における嗅上 皮の変性	・指針値 I : 1.1 mg/m <sup>3</sup>	et al. (1992, 1997) from Ref. IRK 2020a
アセトン (CAS no. 67-64-1)	マウスの吸入発達毒 性試験における胎児 の骨化の減少	・指針値 II : 160 mg/m <sup>3</sup> ・指針値 I : 53 mg/m <sup>3</sup>	Mast et al., 1988; NTP, 1988 from Ref. IRK 2020b
2-プロパノ ール (CAS no. 67-63-0)	ラットの吸入慢性毒 性試験における腎臓 傷害	・指針値 II : 45 mg/m <sup>3</sup> ・指針値 I : 22 mg/m <sup>3</sup>	Burleigh-Flayer et al. 1997 from Ref. IRK 2020c
ベンゾ-a-ピ レン	職業性曝露の疫学調 査に基づく過剰肺が んリスク	100 万分の 1 の過剰発がんリス クに対応する濃度として約 0.033 ng/m <sup>3</sup>  10 万分の 1 の過剰発がんリス クに対応する濃度では約 0.33 ng/m <sup>3</sup>  指針値としては、ドイツの実態 調査 (von Neumann et al., 2020 from IRK 2021d) から、居間で 0.79 ng/m <sup>3</sup> が 95 パーセンタイル 値であったことから、0.8 ng/m <sup>3</sup> を暫定的に勧告	Armstrong et al. (2003, 2004) from IRK 2021d
塩化ビニル	職業性曝露の疫学調 査に基づく肝臓の血 管肉腫のリスク	100 万分の 1 の過剰発がんリス クに対応する濃度として 2.3 µg/m <sup>3</sup>  10 万分の 1 の過剰発がんリス クに対応する濃度では 23 µg/m <sup>3</sup>	DFG (2019) from Ref. IRK 2020e
一酸化炭素	WHO の空気質ガイド ラインに準じる	4 mg/m <sup>3</sup> (24 時間平均値) 10 mg/m <sup>3</sup> (8 時間平均値) 35 mg/m <sup>3</sup> (1 時間平均値) 100 mg/m <sup>3</sup> (15 分平均値)	WHO (2021)

※指針値 II (RW II) は、既知の毒性および疫学的な科学的知見に基づき定められた値であり、不確実性が考慮されている。RW II を越えていたならば、特に、長時間在住する感受性の高い居住者の健康に有害となる濃度として、即座に濃度低減のための行動を起こすべきと定義されている。指針値 I (RW I) は、長期間曝露したとしても健康影響を引き起こす十分な科学的根拠がない値である。従って、RW I を越えていると、健康上望ましくない平均的な曝露濃度よりも高くなるため、予防のために、RW I と RW II の間の濃度である場合には行動する必要があると定義されている。RW I は、RW II に不確実係数 10 を除した値、つまり RW II の 10 分の 1 の値が定められている。不確実係数 10 は慣例値を使用している。RW I は、改善の必要性を示す値としての役割を果たすことができる。可能であれば、RW I の達成を目指すのではなく、それ以下の濃度に維持することを目指すべきであるとされている。

#### 4. カナダ保健省

カナダ保健省は、居住環境用の室内空気質ガイドラインを公表している（Health Canada, 2021a）。2021年度、アクロレイン（Health Canada, 2021b）と二酸化炭素（Health Canada, 2021c）の室内空気質ガイドラインを公表した。

表1-4 カナダ保健省の室内空気質ガイドライン（2021年度）

物質	キー研究	ガイドライン	Ref.
アクロレイン	ヒトの眼の刺激	短時間（1時間） 38 µg/m <sup>3</sup>	Dwivedi et al. (2015)
	ラットの鼻腔の嗅上皮の変性	長時間（24時間） 0.44 µg/m <sup>3</sup>	Dorman et al. (2008)
二酸化炭素	近年の疫学研究や実験研究によって、二酸化炭素濃度の増加と、粘膜や呼吸器系（目の刺激、喉の痛み、喉の渇き、鼻づまりや鼻水、くしゃみ、咳、鼻炎など）への影響や生産性（意思決定、課題の成果、試験成績など）の低下、神経生理学的症状（頭痛、疲労、倦怠感、めまい、集中困難など）に関するリスクの増加に関する報告がある。これらの因果関係に関する証拠は十分ではないが、1000ppm以上でこれらの影響の大半が報告されている。従って、室内空気質に対する改善度合いを認識する、あるいは健康に対する有益性を鑑みると、1000ppmは曝露限界値として適切であると判断した。	長時間（24時間） 1000 ppm (1800 mg/m <sup>3</sup> )	Health Canada (2021c)

#### 5. フランス環境労働衛生安全庁（ANSES）

フランスでは室内空気指針値（VGAI）が定められている（ANSES, 2021）。今年度に新たに公表された室内空気質ガイドラインはなかった。

#### <参考文献>

- 安藤正典 (1997) 平成 9 年度厚生科学研究：化学物質のクライシスマネジメントに関する研究. pp. 82-87.
- 厚生省 (1997) 快適で健康的な住宅に関する検討会議，健康住宅関連基準策定専門部会化学物質小委員会報告書. 1997年6月13日.
- 厚生省 (1999) 居住環境中の揮発性有機化合物の全国実態調査について. 1999年12月14日.
- 厚生省 (2000a) シックハウス（室内空気汚染）問題に関する検討会中間報告書－第1回～第3回の

- まとめ. 2000年6月26日.
- 厚生省 (2000b) シックハウス (室内空気汚染) 問題に関する検討会中間報告書—第4回及び第5回のまとめ. 2000年12月15日.
- 厚生労働省 (2001) シックハウス (室内空気汚染) 問題に関する検討会中間報告書—第6回及び第7回のまとめ. 2001年7月5日.
- 厚生労働省 (2002) シックハウス (室内空気汚染) 問題に関する検討会中間報告書その4—第8回及び第9回のまとめ. 2002年1月22日.
- 厚生労働省 (2019) シックハウス (室内空気汚染) 問題に関する検討会中間報告書—第23回までのまとめ. 2019年1月17日.
- ANSES (2021) Valeurs Guides de qualité d’Air Intérieur (VGAI). available at <https://www.anses.fr/fr/content/valeurs-guides-de-qualit%C3%A9-d%E2%80%99air-int%C3%A9rieur-vgai>, accessed at 23 December 2021.
- Health Canada (2021a) Residential Indoor Air Quality Guidelines. available at <https://www.canada.ca/en/health-canada/services/air-quality/residential-indoor-air-quality-guidelines.html>, accessed at 23 December 2021.
- Health Canada (2021b) Residential Indoor Air Quality Guidelines: Acrolein. Pub. 200446, Health Canada, Ottawa.
- Health Canada (2021c) Residential Indoor Air Quality Guidelines: Carbon Dioxide. Pub. 200438, Health Canada, Ottawa.
- DFG (2019) Vinylchlorid. Mak Collect Occup Health Saf 4(3):2019. <https://doi.org/10.1002/3527600418.mb7501d0067>
- Dorman, D.C., Struve, M.F., Wong, B.A., Marshall, M.W., Gross, E.A. and Willson, G.A. (2008) Respiratory tract responses in male rats following subchronic acrolein inhalation. *Inhalation Toxicology*, 20(3): 205–216.
- Dwivedi, A.M., Johanson, G., Lorentzen, J.C., Palmberg, L., Sjogren, B. and Ernstgard, L. (2015) Acute effects of acrolein in human volunteers during controlled exposure. *Inhalation Toxicology*, 27(14): 810–821.
- IRK (2021a) Richtwerte für Methylmethacrylat in der Innenraumluft, Mitteilung des Ausschusses für Innenraumrichtwerte (AIR). *Bundesgesundheitsbl* 64:126–135.
- IRK (2021b) Richtwerte für Aceton in der Innenraumluft, Mitteilung des Ausschusses für Innenraumrichtwerte (AIR). *Bundesgesundheitsbl* 64:1184–1192.
- IRK (2021c) Richtwerte für 2-Propanol in der Innenraumluft, Mitteilung des Ausschusses für Innenraumrichtwerte (AIR). *Bundesgesundheitsbl* 64:1318–1327.
- IRK (2021d) Vorläufiger Leitwert für Benzo[a]-pyren (B[a]P) in der Innenraumluft, Mitteilung des Ausschusses für Innenraumrichtwerte. *Bundesgesundheitsbl* 64:1036–1046.
- IRK (2021e) Risikobezogener Leitwert für Vinylchlorid (Chlorethen) in der Innenraumluft, Mitteilung des Ausschusses für Innenraumrichtwerte (AIR). *Bundesgesundheitsbl* 64:1616–1623.
- IRK (2021f) Guide values for carbon monoxide (2021). Available at [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/4031/dokumente/guide\\_values\\_for\\_carbon\\_monoxide\\_2021.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/4031/dokumente/guide_values_for_carbon_monoxide_2021.pdf), accessed at 4 January 2022.
- Beelen R, Raaschou-Nielsen O, Stafoggia M, Andersen ZJ, Weinmayr G, Hoffmann B et al. (2014). Effects of long-term exposure to air pollution on natural-cause mortality: an analysis of 22 European cohorts within the multicentre ESCAPE project. *Lancet*. 383(9919):785–95.
- Bentayeb M, Wagner V, Stempfelet M, Zins M, Goldberg M, Pascal M et al. (2015). Association between long-term exposure to air pollution and mortality in France: a 25-year follow-up study. *Environ Int*. 85:5–14.
- Cakmak S, Hebborn C, Pinault L, Lavigne E, Vanos J, Crouse DL et al. (2018). Associations between long-term

- PM2.5 and ozone exposure and mortality in the Canadian Census Health and Environment Cohort (CANHEC), by spatial synoptic classification zone. *Environ Int.* 111:200–11. doi: 10.1016/j.envint.2017.11.030.
- Carey IM, Atkinson RW, Kent AJ, van Staa T, Cook DG, Anderson HR (2013). Mortality associations with long-term exposure to outdoor air pollution in a national English cohort. *Am J Respir Crit Care Med.* 187(11):1226–33.
- de Hoogh K, Chen J, Gulliver J, Hoffmann B, Hertel O, Ketzler M et al. (2018). Spatial PM2.5, NO2, O3 and BC models for Western Europe: evaluation of spatiotemporal stability. *Environ Int.* 120:81–92.
- Di Q, Wang Y, Zanobetti A, Wang Y, Koutrakis P, Choirat C et al. (2017). Air pollution and mortality in the Medicare population. *N Engl J Med.* 376:2513–22.
- Hart JE, Garshick E, Dockery DW, Smith TJ, Ryan L, Laden F (2011). Long-term ambient multipollutant exposures and mortality. *Am J Respir Crit Care Med.* 183(1):73–8.
- Hart JE, Rimm EB, Rexrode KM, Laden F (2013). Changes in traffic exposure and the risk of incident myocardial infarction and all-cause mortality. *Epidemiology.* 24(5):734–42.
- Lee KK, Spath N, Miller MR, Mills NL, Shah ASV (2020). Short-term exposure to carbon monoxide and myocardial infarction: a systematic review and meta-analysis. *Environ Int.* 143:105901. doi: 10.1016/j.envint.2020.105901.
- Liu C, Chen R, Sera F, Vicedo-Cabrera AM, Guo Y, Tong S et al. (2019). Ambient particulate air pollution and daily mortality in 652 cities. *N Engl J Med.* 381(8):705–15.
- Orellano P, Reynoso J, Quaranta N (2021). Short-term exposure to sulphur dioxide (SO2) and all-cause and respiratory mortality: a systematic review and meta-analysis. *Environ Int.* 150:106434. doi: 10.1016/j.envint.2021.106434.
- Pinault L, Tjepkema M, Crouse DL, Weichenthal S, van Donkelaar A, Martin RV et al. (2016). Risk estimates of mortality attributed to low concentrations of ambient fine particulate matter in the Canadian Community Health Survey cohort. *Environ Health.* 15:18. doi: 10.1186/s12940-016-0111-6. License: CC BY 4.0.
- Pinault LL, Weichenthal S, Crouse DL, Brauer M, Erickson A, Donkelaar AV et al. (2017). Associations between fine particulate matter and mortality in the 2001 Canadian Census Health and Environment Cohort. *Environ Res.* 159:406–15. doi: 10.1016/j.envres.2017.08.037.
- Puett RC, Schwartz J, Hart JE, Yanosky JD, Speizer FE, Suh H et al. (2008). Chronic particulate exposure, mortality, and coronary heart disease in the nurses' health study. *Am J Epidemiol.* 168(10):1161–8
- Tonne C, Wilkinson P (2013). Long-term exposure to air pollution is associated with survival following acute coronary syndrome. *Eur Heart J.* 34(17):1306–11.
- Turner MC, Jerrett M, Pope CA III, Krewski D, Gapstur SM, Diver WR et al. (2016). Long-term ozone exposure and mortality in a large prospective study. *Am J Respir Crit Care Med.* 193(10):1134–42.
- Vicedo-Cabrera AM, Sera F, Liu C, Armstrong B, Milojevic A, Guo Y et al. (2020). Short term association between ozone and mortality: global two stage time series study in 406 locations in 20 countries. *BMJ.* 368:m108. doi: 10.1136/bmj.m108
- Villeneuve PJ, Weichenthal SA, Crouse D, Miller AB, To T, Martin RV et al. (2015). Longterm exposure to fine particulate matter air pollution and mortality among Canadian women. *Epidemiology.* 26(4):536–45.
- Weichenthal S, Pinault LL, Burnett RT (2017). Impact of oxidant gases on the relationship between outdoor fine particulate air pollution and nonaccidental, cardiovascular, and respiratory mortality. *Sci Rep.* 7(1):16401. doi: 10.1038/s41598-017-16770-y.
- Weichenthal S, Villeneuve PJ, Burnett RT, van Donkelaar A, Martin RV, Jones RR et al. (2014). Long-term exposure to fine particulate matter: association with nonaccidental and cardiovascular mortality in the

- agricultural health study cohort. *Environ Health Perspect.* 122(6):609–15. doi: 10.1289/ehp.1307277.
- WHO (2021) WHO global air quality guidelines: Particulate matter (PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub>), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. World Health Organization, Geneva.
- Zheng X-y, Orellano P, Lin H-l, Jiang M, Guan W-j (2021). Short-term exposure to ozone, nitrogen dioxide, and sulphur dioxide and emergency room visits and hospital admissions due to asthma: a systematic review and meta-analysis. *Environ Int.* 150:106435. doi: 10.1016/j.envint.2021.106435.

C2. 特定建築物における室内空気汚染化学物質の実態調査と健康リスク評価結果

表2-1 有害性評価結果と非発がんリスク評価およびユニットリスク、リスク評価値 (RfC)

化学物質	指標	吸入 毒性量 mg/m <sup>3</sup>	経口 毒性量 mg/kg/day	動物種	曝露条件		エンドポイント	UF			ユニットリ スク (μg/m <sup>3</sup> ) <sup>-1</sup>	リスク評価 値 μg/m <sup>3</sup>	出典
					時/日	日/週		経路	UF <sub>2</sub> 試験 L-N	UF <sub>3</sub> 種差			
ホルムアルデヒド	NOAEL	0.6		ヒト	4.0	10週間	結核の発赤、瞬目頻度増加	1	1	1	5	100	WHO Europe (2010)
アセトアルデヒド	NOAEL	90		ラット	6.0	5.0	鼻上皮的変性(発がん性、重大係数5)	5	1	2.5	10	125	Dorman et al (2008a), MOE (2020)
プロピオンアルデヒド	NOAEL	357		ラット	6.0	7.0	鼻上皮的萎縮	10	6	2.5	10	1500	Union Carbide (1993), USEPA(2008)
バニルアルデヒド	NOAEL	363		ラット、イヌ	6.0	5.0	鼻腔の扁平上皮化生	10	2	2.5	10	500	130 Union Carbide Corporation (1979, 1980), IRK (2009)
β-パレンアルデヒド	NOAEL	363		ラット、イヌ	6.0	5.0	鼻腔の扁平上皮化生	10	2	2.5	10	500	130 Union Carbide Corporation (1979, 1980), IRK (2009)
ヘキサナール	NOAEL	363		ラット、イヌ	6.0	5.0	鼻腔の扁平上皮化生	10	2	2.5	10	500	130 Union Carbide Corporation (1979, 1980), IRK (2009)
ヘプタナール	NOAEL	363		ラット、イヌ	6.0	5.0	鼻腔の扁平上皮化生	10	2	2.5	10	500	130 Union Carbide Corporation (1979, 1980), IRK (2009)
オクタナール	NOAEL	363		ラット、イヌ	6.0	5.0	鼻腔の扁平上皮化生	10	2	2.5	10	500	130 Union Carbide Corporation (1979, 1980), IRK (2009)
ノナナール	NOAEL	363		ラット、イヌ	6.0	5.0	鼻腔の扁平上皮化生	10	2	2.5	10	500	130 Union Carbide Corporation (1979, 1980), IRK (2009)
デカナール	NOAEL	363		ラット、イヌ	6.0	5.0	鼻腔の扁平上皮化生	10	2	2.5	10	500	130 Union Carbide Corporation (1979, 1980), IRK (2009)
アクリロレイン	NOAEL	0.46		ラット	6.0	5.0	鼻腔の扁平上皮化生	1	2	2.5	10	50	1.6 Dorman (2008b), Health Canada (2021)
クロロアルデヒド	NOAEL	8.6		ラット	6.0	5.0	鼻腔の扁平上皮化生	10	1	2.5	10	250	6.1 MOE (2015)
2-ノネナール	NOAEL	363		ラット、イヌ	6.0	5.0	鼻腔の扁平上皮化生	10	2	2.5	10	500	130 Union Carbide Corporation (1979, 1980), IRK (2009)
ペンタアルデヒド	NOAEL	363		ラット、イヌ	6.0	5.0	鼻腔の扁平上皮化生	10	2	2.5	10	500	130 Union Carbide Corporation (1979, 1980), IRK (2009)
o-トルアルデヒド	NOAEL	2170		ラット	6.0	7.0	鼻と目の刺激、肝臓重量増加	10	6	10	10	6000	90 MOE (2003)
m-p-トルアルデヒド	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2,5-ジメチルベンズアルデヒド	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
アセトン	NOAEL	5200		マウス	6.0	7.0	胎児の骨化の減少	1	1	10	10	100	13250 NTP (1988), IRK(2021)
メチルエチルケトン	NOAEL	2978		マウス	7.0	7.0	胎児の体重の減少と胸骨の異常	1	1	10	10	100	8686 MOE (2008)
メチルイソブチルケトン	NOAEL	1845		ラット、マウ	6.0	5.0	肝臓の増大、腫マウスの肝臓の萎縮	10	1	10	10	10000	329 Stout (2008), NTP (2007)
シクロヘキサン	NOAEL	1720		ラット、マウ	6.0	5.0	神経行動への影響(感覚刺激への応答変化、鎮静作用)	1	2	10	10	200	1536 ECB (2004)
n-ヘキサン	NOAEL	204		ヒト	8.0	5.0	頭痛、四肢知覚異常、筋力低下	10	1	1	10	100	486 MOE (2002)
n-ヘプタン	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2,2,4-トリメチルペンタン	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
n-オクタン	NOAEL	138		ラット	6.0	5.0	副腎髄質過形成	1	1	10	10	100	246 NTP (2004), USEPA (2009)
n-ノナン	NOAEL	138		ラット	6.0	5.0	副腎髄質過形成	1	1	10	10	100	246 NTP (2004), USEPA (2009)
n-デカン	NOAEL	138		ラット	6.0	5.0	副腎髄質過形成	1	1	10	10	100	246 NTP (2004), USEPA (2009)
n-ウンデカン	NOAEL	138		ラット	6.0	5.0	副腎髄質過形成	1	1	10	10	100	246 NTP (2004), USEPA (2009)
n-ドデカン	NOAEL	138		ラット	6.0	5.0	副腎髄質過形成	1	1	10	10	100	246 NTP (2004), USEPA (2009)
n-トリデカン	NOAEL	138		ラット	6.0	5.0	副腎髄質過形成	1	1	10	10	100	246 NTP (2004), USEPA (2009)
n-テトラデカン	NOAEL	138		ラット	6.0	5.0	副腎髄質過形成	1	1	10	10	100	246 NTP (2004), USEPA (2009)
n-ペンタデカン	NOAEL	138		ラット	6.0	5.0	副腎髄質過形成	1	1	10	10	100	246 NTP (2004), USEPA (2009)
n-ヘキサデカン	NOAEL	138		ラット	6.0	5.0	副腎髄質過形成	1	1	10	10	100	246 NTP (2004), USEPA (2009)

ECHA. Guidance on information requirements and chemical safety assessment. Chapter R8: Characterisation of dose[concentration]-response for human health. Version: 2.1, 2017.  
 LOELの場合は近年は採用することが多いが、変性が生じたことから安全サイドに10を採用  
 試験期間はECHAのクライテリアを採用、ヒトの短時間曝露は係数10を採用  
 種差はECHAのクライテリアを採用、局所影響として気道への影響は2.5を採用

表2-2 有害性評価結果と非発がんリスク評価値およびユニットリスク、リスク評価値 (RfC)

化学物質	指標	吸入 毒性量 mg/m <sup>3</sup>	経口 毒性量 mg/kg/day	動物種	曝露条件		エンドポイント	UF			ユニットリ スク 値 (μg/m <sup>3</sup> ) <sup>-1</sup>	リスク評価 値 (μg/m <sup>3</sup> )	出典
					経路	時/日		日/週	UF1 L-N	UF2 試験 期間			
ベンゼン	閾値なし	-	-	ヒト	吸入	-	骨髄白血球病	-	-	-	6.0E-06	1.7 WHO (2010)	
トルエン	LOAEL	332	8.0	5.0	平均5.7年	5	神経行動機能への影響	10	3	1	300	260 Foo et al (1990,1993), Na et al (1992), MHLW (2000), WHO Europe (2000)	
o-キシレン	LOAEL	61	8.0	5.0	7年	10	中枢神経の自覚症状(慢性)の神経毒性影響に関する知見の不足(3)	10	3	1	300	200 Uchida et al (1993), MHLW (2019), ATSDR (2007)	
m,p-キシレン	LOAEL	61	8.0	5.0	7年	10	中枢神経の自覚症状(慢性)の神経毒性影響に関する知見の不足(3)	10	3	1	300	200 Uchida et al (1993), MHLW (2019), ATSDR (2007)	
エチルベンゼン	LOAEL	868	6.0	6.0	15週	10	聴毒性(コリチ器の外有毛細胞の減少)	10	2	2.5	10	372 Gagnaire et al (2007), IRK (2012)	
1,3,5-トリメチルベンゼン	NOAEL	123	6.0	5.0	13週	1	神経行動学的影響、気管支周囲の変性	1	2	10	10	110 Korskak et al (1996, 2000a,b), USEPA (2016a)	
1,2,4-トリメチルベンゼン	NOAEL	123	6.0	5.0	14週	1	神経行動学的影響、気管支周囲の変性	1	2	10	10	110 Korskak et al (1996, 2000a,b), USEPA (2016a)	
1,2,3-トリメチルベンゼン	NOAEL	123	6.0	5.0	15週	1	神経行動学的影響、気管支周囲の変性	1	2	10	10	110 Korskak et al (1996, 2000a,b), USEPA (2016a)	
1,2,4,5-テトラメチルベンゼン	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
スチレン	NOAEL	17	8.0	5.0	6.2年	5	色覚異常(IARCGがグループ2Aに分類、重大係数5)	10	1	1	10	81 Kishi et al (2001), Benignus et al (2005)	
クロホルム	LOAEL	25	6.0	5.0	2年間	10	鼻腔の骨肥厚、嗅上皮の上皮化生	10	1	2.5	10	18 MOE (2006)	
四塩化炭素	NOAEL	6.1	7.0	5.0	90日	1	肝細胞毒性	1	2	10	10	6.4 WHO (1999)	
クロロジロモタン	NOEL	-	-	5.0	13週	1	肝細胞の空洞化変性	1	2	10	10	357 MOE (2009), USEPA (1991a)	
1,1,1-トリクロロエタン	NOAEL	384	24.0	7.0	3ヶ月	1	神経障害(GFA蛋白の増加)	1	2	10	10	1920 ATSDR (2006a)	
1,1,2-トリクロロエタン	閾値なし	-	-	-	-	-	乳腺の癌がん、腺腫、線維腺腫	-	-	-	-	6.1E-06	
1,2-ジクロロプロパン	LOAEL	69.3	6.0	5.0	15週	10	腎臓への影響	10	2	2.5	10	25 MOE (2004), USEPA (1991b)	
トリクロロエチレン	閾値なし	200	-	-	-	-	腎臓への影響	-	-	-	-	23 WHO (2010)	
テトラクロロエチレン	LOAEL	102	8.0	5.0	10年間	10	雌ラットの嗅上皮の変性、雄マウスの精巣の鉅質沈着	10	1	1	10	250 WHO (2010)	
1,4-ジクロロベンゼン	NOAEL	120	6.0	5.0	2年間	1	雌ラットの嗅上皮の変性、雄マウスの精巣の鉅質沈着	1	1	10	10	214 Also et al (2005), JBRC (1995), ATSDR (2006b)	
エタノール	NOAEL	950	8.0	5.0	長期	1	肝臓がん	1	1	1	10	22819 DFG (1999, 2018)	
1-ブタノール	NOAEL	150	6.0	5.0	3ヶ月	1	運動協調性障害	1	2	10	10	134 Korskak et al (1994)	
2-エチル-1-ヘキサノール	NOAEL	116.5	8.0	5.0	3か月	10	体重増加への影響	10	2	2.5	10	55 Miyake et al (2016)	
TMPD-MIB	NOAEL	-	-	7.0	15日、51日	1	体重増加の抑制、肝細胞肥大を伴った肝臓重量増	1	6	10	10	558 O' Donoghue et al (1984), Eastman (1992)	
TMPD-DIB	NOAEL	-	-	7.0	44、53日間	1	肝臓重量の増加	1	6	10	10	167 厚生省監修化学物質毒性試験報告書 (1995)	
α-ピネン	NOAEL	225	2.0	-	2時間	10	眼、鼻、喉の刺激	1	1	10	10	2250 Falk et al (1990)	
α-リモネン	NOAEL	450	2.0	-	2時間	10	肺活量低下	1	10	1	10	4500 Falk-Filipsson et al (1993)	
酢酸エチル	LOAEL	1280	6.0	5.0	13週	10	体重増加の抑制、嗅上皮の変性	10	2	10	10	114 Christoph et al (2003), Hansen (1996)	
酢酸n-ブチル	LOAEL	700	-	-	4時間	10	気道の刺激、呼吸困難	10	10	1	10	700 Iregren et al (1993), ACGIH (2016)	
酢酸	NOAEL	60	6.0	5.0	2-13週	1	嗅上皮の変性	1	2	2.5	10	214 ECB (2000)	
酢酸	NOAEL	25	8.0	5.0	-	1	上気道の刺激、慢性的な肺繊維症への影響	1	1	1	10	595 ACGIH (2013)	
塩化水素	LOAEL	15	6.0	5.0	128週	10	鼻粘膜の上皮や扁平の過形成	10	1	2.5	10	10.7 USEPA (1995), OEHA (2000)	
二酸化窒素	-	-	-	-	-	-	全死亡(不慮の事故を除く)	1	1	1	1	10 WHO (2021)	
アンモニア	NOAEL	13.6	8.0	5.0	平均12.2年	1	肺機能の変化	1	1	1	10	324 USEPA (2016b)	
オゾン	-	-	-	-	-	-	全死亡(不慮の事故を除く)	1	1	1	1	60 WHO (2021)	

ECHA Guidance on information requirements and chemical safety assessment, Chapter R8: Characterisation of dose[concentration]-response for human health, Version: 2.1, 2016  
 LOAELの場合は近年3を採用することが多いが、変性が生じたことから安全サイドに10を採用  
 試験期間はECHAのクライテリアを採用。ヒトの短時間曝露は係数10を使用。  
 種差はECHAのクライテリアを採用、局所影響として気道への影響は2.5を採用



表2-3 2020年度冬期及び2021年度冬期連結の健康リスク評価結果

	N	室内濃度(µg/m <sup>3</sup> )			MOE			RfC
		平均値	中央値	最大値	平均値	中央値	最大値	超過率
ホルムアルデヒド	130	8.4	6.4	155.7	11.9	15.6	0.64	0.8%
アセトアルデヒド	130	10.6	6.3	198.8	11.3	19.0	0.60	0.8%
プロピオンアルデヒド	130	2.7	0.0	22.9	22.4	60000.0	2.6	0.0%
n-ペンタナール	130	0.0	0.0	0.0	130000.0	130000.0	130000.0	0.0%
i-ペンタナール	130	0.1	0.0	4.1	2353.4	130000.0	32.0	0.0%
ヘキサナール	130	0.2	0.0	20.5	826.2	130000.0	6.4	0.0%
ヘプタナール	130	0.0	0.0	0.0	130000.0	130000.0	130000.0	0.0%
オクタナール	130	0.0	0.0	0.0	130000.0	130000.0	130000.0	0.0%
ノナナール	130	0.4	0.0	23.0	324.8	130000.0	5.6	0.0%
デカナール	130	0.1	0.0	14.5	1165.8	130000.0	9.0	0.0%
アクロレイン	130	0.1	0.0	9.1	16.1	1600.0	0.18	1.5%
クロトンアルデヒド	130	0.3	0.0	6.0	21.6	6100.0	1.02	0.0%
2-ノネナール	130	0.0	0.0	0.0	130000.0	130000.0	130000.0	0.0%
ベンズアルデヒド	130	0.1	0.0	5.4	1200.0	90000.0	16.6	0.0%
o-トルアルデヒド	130	0.0	0.0	0.0	-	-	-	-
p-トルアルデヒド	130	0.1	0.0	8.6	-	-	-	-
2,5-ジメチルベンズアルデヒド	130	0.0	0.0	0.0	-	-	-	-
アセトン	130	13.6	10.3	143.5	971.2	1291.2	92.3	0.0%
メチルエチルケトン	130	1.0	0.0	33.7	8864.9	8686000.0	257.9	0.0%
メチルイソブチルケトン	130	0.1	0.0	3.2	5305.1	329000.0	103.4	0.0%
シクロヘキサン	75	2.6	0.7	61.2	598.9	2064.4	25.1	0.0%
n-ヘキサン	130	9.1	4.6	272.9	53.4	104.7	1.8	0.0%
n-ヘプタン	130	1.4	0.4	98.8	-	-	-	-
2,4-ジメチルペンタン	55	0.2	0.0	11.0	-	-	-	-
2,2,4-トリメチルペンタン	130	0.1	0.0	2.3	-	-	-	-
n-オクタン	130	0.7	0.5	7.2	353.0	479.2	34.0	0.0%
n-ノナン	130	1.4	0.5	35.3	177.3	460.9	7.0	0.0%
n-デカン	130	14.7	5.7	741.4	16.7	42.8	0.33	0.8%
n-ウンデカン	130	1.8	1.1	23.4	139.5	229.3	10.5	0.0%
n-ドデカン	130	8.3	8.2	57.4	29.8	30.2	4.3	0.0%
n-トリデカン	130	4.7	3.0	41.8	52.4	81.2	5.9	0.0%
n-テトラデカン	130	10.1	9.9	31.5	24.3	24.9	7.8	0.0%
n-ペンタデカン	130	1.5	0.4	20.7	161.6	586.6	11.9	0.0%
n-ヘキサデカン	130	2.3	1.3	14.5	109.2	195.2	17.0	0.0%
ベンゼン	130	1.2	0.8	24.0	1.4	2.1	0.07	10.8%
トルエン	130	10.1	4.6	397.1	25.8	56.1	0.65	0.8%
o-キシレン	130	1.0	0.5	9.6	207.2	390.4	20.9	0.0%
m,p-キシレン	130	2.7	1.3	35.2	75.2	158.5	5.7	0.0%
エチルベンゼン	130	2.8	1.1	70.2	134.7	339.4	5.3	0.0%
1,3,5-トリメチルベンゼン	130	0.3	0.2	3.0	352.1	656.4	36.1	0.0%
1,2,4-トリメチルベンゼン	130	1.2	0.7	9.9	88.6	147.7	11.1	0.0%
1,2,3-トリメチルベンゼン	130	0.3	0.2	3.1	399.3	590.2	35.7	0.0%
1,2,4,5-テトラメチルベンゼン	130	0.1	0.0	1.6	-	-	-	-
スチレン	130	0.0	0.0	2.0	1979.1	81000.0	39.9	0.0%
クロロホルム	130	0.5	0.4	12.7	36.6	46.5	1.4	0.0%
四塩化炭素	130	0.2	0.0	2.5	34.0	6400.0	2.6	0.0%
クロロジプロモetan	130	0.0	0.0	1.5	30870.3	357000.0	237.5	0.0%
1,1,1-トリクロロエタン	130	0.0	0.0	0.0	55324816.7	1920000.0	425575.5	0.0%
1,2-ジクロロエタン	130	0.1	0.0	2.3	31.5	1600.0	0.68	1.5%
1,2-ジクロロプロパン	55	0.1	0.0	3.7	371.2	25000.0	6.7	0.0%
トリクロロエチレン	130	0.6	0.0	43.9	37.6	23000.0	0.52	0.8%
テトラクロロエチレン	130	0.1	0.0	1.5	4173.1	250000.0	168.6	0.0%
1,4-ジクロロベンゼン	130	1.7	0.5	103.5	127.5	443.7	2.1	0.0%
エタノール	75	3042.9	2645.9	9238.4	7.4	8.5	2.4	0.0%
1-ブタノール	55	0.7	0.2	9.3	195.6	748.4	14.4	0.0%
2-エチル-1-ヘキサノール	130	1.7	0.8	14.8	33.3	67.2	3.7	0.0%
TMPD-MIB	130	2.3	1.8	22.1	241.9	306.0	25.2	0.0%
TMPD-DIB	75	3.8	2.4	15.4	43.9	68.4	10.9	0.0%
α-ピネン	130	0.3	0.2	6.2	7391.2	14670.8	361.6	0.0%
d-リモネン	130	6.7	2.2	393.4	675.1	2076.0	11.4	0.0%
酢酸エチル	130	4.4	2.8	31.5	25.7	40.4	3.6	0.0%
酢酸-n-ブチル	130	1.6	1.3	24.9	434.8	557.3	28.1	0.0%
ギ酸	75	13.3	11.8	27.4	16.1	18.1	7.8	0.0%
酢酸	75	39.0	32.2	93.1	15.3	18.5	6.4	0.0%
塩化水素	75	17.6	15.7	59.0	0.61	0.68	0.18	72.0%
二酸化窒素	75	15.3	12.2	114.8	0.65	0.82	0.09	61.3%
アンモニア	74	3.6	3.2	7.8	90.3	99.8	41.8	0.0%
オゾン	130	7.4	7.1	32.9	8.1	8.5	1.8	0.0%

表2-4 2021年度夏期の健康リスク評価結果

	N	室内濃度(μg/m <sup>3</sup> )			MOE			RfC 超過率
		平均値	中央値	最大値	平均値	中央値	最大値	
ホルムアルデヒド	111	12.9	11.5	60.0	7.7	8.7	1.7	0.0%
アセトアルデヒド	111	11.1	8.0	61.7	10.8	15.0	1.9	0.0%
プロピオンアルデヒド	111	2.1	0.0	23.1	28.7	60000.0	2.6	0.0%
n-ペンタナール	111	0.0	0.0	3.9	3679.7	130000.0	33.2	0.0%
i-ペンタナール	111	0.0	0.0	0.0	130000.0	130000.0	130000.0	0.0%
ヘキサナール	111	0.3	0.0	15.2	499.5	130000.0	8.6	0.0%
ヘプタナール	111	0.0	0.0	0.0	130000.0	130000.0	130000.0	0.0%
オクタナール	111	0.0	0.0	0.0	130000.0	130000.0	130000.0	0.0%
ノナナール	111	0.7	0.0	38.3	192.1	130000.0	3.4	0.0%
デカナール	111	0.2	0.0	19.2	749.8	130000.0	6.8	0.0%
アクロレイン	111	0.0	0.0	0.0	1600.0	1600.0	1600.0	0.0%
クロトンアルデヒド	111	0.2	0.0	6.2	36.9	6100.0	0.98	0.9%
2-ノネナール	111	0.0	0.0	0.0	130000.0	130000.0	130000.0	0.0%
ベンズアルデヒド	111	0.0	0.0	0.0	90000.0	90000.0	90000.0	0.0%
o-トルアルデヒド	111	0.0	0.0	0.0	-	-	-	-
p-トルアルデヒド	111	0.0	0.0	4.1	-	-	-	-
2,5-ジメチルベンズアルデヒド	111	0.0	0.0	0.0	-	-	-	-
アセトン	111	12.4	9.7	66.1	1067.5	1362.5	200.4	0.0%
メチルエチルケトン	111	0.0	0.0	2.6	228552.8	8686000.0	3326.8	0.0%
メチルイソブチルケトン	111	0.2	0.0	1.6	1762.6	329000.0	204.0	0.0%
シクロヘキサン	111	1.3	0.0	65.6	1182.7	1536000.0	23.4	0.0%
n-ヘキサン	111	5.2	2.7	198.8	93.6	180.8	2.4	0.0%
n-ヘプタン	111	0.5	0.0	11.9	-	-	-	-
2,4-ジメチルペンタン	-	-	-	-	-	-	-	-
2,2,4-トリメチルペンタン	111	0.0	0.0	3.1	-	-	-	-
n-オクタン	111	1.0	0.0	8.8	243.6	246000.0	27.8	0.0%
n-ノナン	111	0.6	0.0	38.5	428.1	246000.0	6.4	0.0%
n-デカン	111	195.9	13.7	20061.1	1.3	18.0	0.012	0.9%
n-ウンデカン	111	1.2	0.6	31.5	207.5	423.6	7.8	0.0%
n-ドデカン	111	5.4	3.5	77.7	45.5	69.4	3.2	0.0%
n-トリデカン	111	4.5	1.8	135.0	54.6	133.5	1.8	0.0%
n-テトラデカン	111	9.4	6.5	109.8	26.2	38.0	2.2	0.0%
n-ペンタデカン	111	0.1	0.0	3.6	1695.8	246000.0	68.0	0.0%
n-ヘキサデカン	111	0.4	0.0	4.5	578.8	246000.0	54.6	0.0%
ベンゼン	111	1.6	1.2	5.0	1.1	1.4	0.34	41.4%
トルエン	111	8.7	5.9	125.6	29.9	44.1	2.1	0.0%
o-キシレン	111	0.6	0.4	5.5	310.8	517.3	36.1	0.0%
m,p-キシレン	111	1.9	1.5	12.1	106.8	131.2	16.6	0.0%
エチルベンゼン	111	1.9	1.6	10.6	192.4	234.3	35.0	0.0%
1,3,5-トリメチルベンゼン	111	0.3	0.0	3.8	343.6	110000.0	28.9	0.0%
1,2,4-トリメチルベンゼン	111	1.2	0.6	15.4	92.7	198.4	7.1	0.0%
1,2,3-トリメチルベンゼン	111	0.2	0.0	8.9	603.8	110000.0	12.4	0.0%
1,2,4,5-テトラメチルベンゼン	111	0.1	0.0	14.6	-	-	-	-
スチレン	111	0.0	0.0	0.0	81000.0	81000.0	81000.0	0.0%
クロロホルム	111	0.7	0.0	41.2	25.1	18000.0	0.44	0.9%
四塩化炭素	111	0.0	0.0	2.2	320.9	6400.0	2.9	0.0%
クロロジプロモetan	111	0.0	0.0	0.0	357000.0	357000.0	357000.0	0.0%
1,1,1-トリクロロエタン	111	0.0	0.0	0.0	1920000.0	1920000.0	1920000.0	0.0%
1,2-ジクロロエタン	111	0.0	0.0	1.8	66.0	1600.0	0.89	0.9%
1,2-ジクロロプロパン	-	-	-	-	-	-	-	-
トリクロロエチレン	111	0.2	0.0	2.9	138.0	23000.0	7.9	0.0%
テトラクロロエチレン	111	0.0	0.0	3.3	8536.3	250000.0	76.9	0.0%
1,4-ジクロロベンゼン	111	0.9	0.6	13.5	246.5	383.3	15.8	0.0%
エタノール	111	1078.0	538.1	17711.1	21.0	42.0	1.3	0.0%
1-ブタノール	-	-	-	-	-	-	-	-
2-エチル-1-ヘキサノール	111	4.3	1.9	33.2	12.6	28.3	1.7	0.0%
TMPD-MIB	111	3.0	2.9	14.1	183.4	194.1	39.5	0.0%
TMPD-DIB	111	6.3	0.0	146.6	26.4	167000.0	1.1	0.0%
α-ピネン	111	0.0	0.0	1.5	54947.2	2250000.0	1486.1	0.0%
d-リモネン	111	1.7	0.0	94.2	2647.9	4500000.0	47.8	0.0%
酢酸エチル	111	5.1	3.5	46.1	22.1	33.0	2.5	0.0%
酢酸-n-ブチル	111	0.6	0.0	12.1	1145.6	700000.0	58.0	0.0%
ギ酸	111	20.3	19.7	49.3	10.5	10.9	4.3	0.0%
酢酸	111	88.6	89.1	251.8	6.7	6.7	2.4	0.0%
塩化水素	111	8.7	5.5	89.5	1.2	1.9	0.12	14.4%
二酸化窒素	111	14.9	13.5	63.6	0.67	0.74	0.16	64.9%
アンモニア	110	11.8	11.5	23.5	27.5	28.2	13.8	0.0%
オゾン	111	13.9	11.4	48.4	4.3	5.3	1.2	0.0%

表2-5 健康リスク評価のまとめ

	2021年度夏期					2020年度冬期及び2021年度冬期連結				
	N	MOE			RfC 超過率	N	MOE			RfC 超過率
		平均値	中央値	最大値			平均値	中央値	最大値	
二酸化窒素	111	0.67	0.74	0.16	64.9%	75	0.65	0.82	0.09	61.3%
塩化水素	111	1.2	1.9	0.12	14.4%	75	0.61	0.68	0.18	72.0%
ベンゼン	111	1.1	1.4	0.34	41.4%	130	1.4	2.1	0.07	10.8%
アクロレイン	111	1600.0	1600.0	1600.0	0.0%	130	16.1	1600.0	0.18	1.5%
1,2-ジクロロエタン	111	66.0	1600.0	0.89	0.9%	130	31.5	1600.0	0.68	1.5%
n-デカン	111	1.3	18.0	0.012	0.9%	130	16.7	42.8	0.33	0.8%
トリクロロエチレン	111	138.0	23000.0	7.9	0.0%	130	37.6	23000.0	0.52	0.8%
アセトアルデヒド	111	10.8	15.0	1.9	0.0%	130	11.3	19.0	0.60	0.8%
ホルムアルデヒド	111	7.7	8.7	1.7	0.0%	130	11.9	15.6	0.64	0.8%
トルエン	111	29.9	44.1	2.1	0.0%	130	25.8	56.1	0.65	0.8%
クロトンアルデヒド	111	36.9	6100.0	0.98	0.9%	130	21.6	6100.0	1.02	0.0%
クロホルム	111	25.1	18000.0	0.44	0.9%	130	36.6	46.5	1.4	0.0%
n-ヘキサン	111	93.6	180.8	2.4	0.0%	130	53.4	104.7	1.8	0.0%
オゾン	111	4.3	5.3	1.2	0.0%	130	8.1	8.5	1.8	0.0%
1,4-ジクロロベンゼン	111	246.5	383.3	15.8	0.0%	130	127.5	443.7	2.1	0.0%
エタノール	111	21.0	42.0	1.3	0.0%	75	7.4	8.5	2.4	0.0%
四塩化炭素	111	320.9	6400.0	2.9	0.0%	130	34.0	6400.0	2.6	0.0%
プロピオンアルデヒド	111	28.7	60000.0	2.6	0.0%	130	22.4	60000.0	2.6	0.0%
酢酸エチル	111	22.1	33.0	2.5	0.0%	130	25.7	40.4	3.6	0.0%
2-エチル-1-ヘキサノール	111	12.6	28.3	1.7	0.0%	130	33.3	67.2	3.7	0.0%
n-ドデカン	111	45.5	69.4	3.2	0.0%	130	29.8	30.2	4.3	0.0%
エチルベンゼン	111	192.4	234.3	35.0	0.0%	130	134.7	339.4	5.3	0.0%
ノナナール	111	192.1	130000.0	3.4	0.0%	130	324.8	130000.0	5.6	0.0%
m,p-キシレン	111	106.8	131.2	16.6	0.0%	130	75.2	158.5	5.7	0.0%
n-トリデカン	111	54.6	133.5	1.8	0.0%	130	52.4	81.2	5.9	0.0%
ヘキサナール	111	499.5	130000.0	8.6	0.0%	130	826.2	130000.0	6.4	0.0%
酢酸	111	6.7	6.7	2.4	0.0%	75	15.3	18.5	6.4	0.0%
1,2-ジクロロプロパン	-	-	-	-	-	55	371.2	25000.0	6.7	0.0%
n-ノナン	111	428.1	246000.0	6.4	0.0%	130	177.3	460.9	7.0	0.0%
n-テトラデカン	111	26.2	38.0	2.2	0.0%	130	24.3	24.9	7.8	0.0%
ギ酸	111	10.5	10.9	4.3	0.0%	75	16.1	18.1	7.8	0.0%
デカナール	111	749.8	130000.0	6.8	0.0%	130	1165.8	130000.0	9.0	0.0%
n-ウンデカン	111	207.5	423.6	7.8	0.0%	130	139.5	229.3	10.5	0.0%
TMPD-DIB	111	26.4	167000.0	1.1	0.0%	75	43.9	68.4	10.9	0.0%
1,2,4-トリメチルベンゼン	111	92.7	198.4	7.1	0.0%	130	88.6	147.7	11.1	0.0%
アンモニア	110	27.5	28.2	13.8	0.0%	74	90.3	99.8	41.8	0.0%
d-リモネン	111	2647.9	4500000.0	47.8	0.0%	130	675.1	2076.0	11.4	0.0%
n-ペンタデカン	111	1695.8	246000.0	68.0	0.0%	130	161.6	586.6	11.9	0.0%
1-ブタノール	-	-	-	-	-	55	195.6	748.4	14.4	0.0%
ベンズアルデヒド	111	90000.0	90000.0	90000.0	0.0%	130	1200.0	90000.0	16.6	0.0%
n-ヘキサデカン	111	578.8	246000.0	54.6	0.0%	130	109.2	195.2	17.0	0.0%
o-キシレン	111	310.8	517.3	36.1	0.0%	130	207.2	390.4	20.9	0.0%
シクロヘキサン	111	1182.7	1536000.0	23.4	0.0%	75	598.9	2064.4	25.1	0.0%
TMPD-MIB	111	183.4	194.1	39.5	0.0%	130	241.9	306.0	25.2	0.0%
酢酸-n-ブチル	111	1145.6	700000.0	58.0	0.0%	130	434.8	557.3	28.1	0.0%
i-ペンタナール	111	130000.0	130000.0	130000.0	0.0%	130	2353.4	130000.0	32.0	0.0%
n-オクタナール	111	243.6	246000.0	27.8	0.0%	130	353.0	479.2	34.0	0.0%
1,2,3-トリメチルベンゼン	111	603.8	110000.0	12.4	0.0%	130	399.3	590.2	35.7	0.0%
1,3,5-トリメチルベンゼン	111	343.6	110000.0	28.9	0.0%	130	352.1	656.4	36.1	0.0%
スチレン	111	81000.0	81000.0	81000.0	0.0%	130	1979.1	81000.0	39.9	0.0%
アセトン	111	1067.5	1362.5	200.4	0.0%	130	971.2	1291.2	92.3	0.0%
メチルイソブチルケトン	111	1762.6	329000.0	204.0	0.0%	130	5305.1	329000.0	103.4	0.0%
テトラクロロエチレン	111	8536.3	250000.0	76.9	0.0%	130	4173.1	250000.0	168.6	0.0%
クロロジプロモetan	111	357000.0	357000.0	357000.0	0.0%	130	30870.3	357000.0	237.5	0.0%
メチルエチルケトン	111	228552.8	8686000.0	3326.8	0.0%	130	8864.9	8686000.0	257.9	0.0%
α-ピネン	111	54947.2	2250000.0	1486.1	0.0%	130	7391.2	14670.8	361.6	0.0%
n-ペンタナール	111	3679.7	130000.0	33.2	0.0%	130	130000.0	130000.0	130000.0	0.0%
ヘプタナール	111	130000.0	130000.0	130000.0	0.0%	130	130000.0	130000.0	130000.0	0.0%
オクタナール	111	130000.0	130000.0	130000.0	0.0%	130	130000.0	130000.0	130000.0	0.0%
2-ノネナール	111	130000.0	130000.0	130000.0	0.0%	130	130000.0	130000.0	130000.0	0.0%
1,1,1-トリクロロエタン	111	1920000.0	1920000.0	1920000.0	0.0%	130	55324816.7	1920000.0	425575.5	0.0%
o-トルアルデヒド	111	-	-	-	0.0%	130	-	-	-	0.0%
p-トルアルデヒド	111	-	-	-	0.0%	130	-	-	-	0.0%
2,5-ジメチルベンズアルデヒド	111	-	-	-	0.0%	130	-	-	-	0.0%
n-ヘプタン	111	-	-	-	0.0%	130	-	-	-	0.0%
2,4-ジメチルペンタン	-	-	-	-	-	55	-	-	-	0.0%
2,2,4-トリメチルペンタン	111	-	-	-	0.0%	130	-	-	-	0.0%
1,2,4,5-テトラメチルベンゼン	111	-	-	-	0.0%	130	-	-	-	0.0%
C4~C11の飽和脂肪族非環式アルデヒド	111	113.5	130000.0	3.4	0.0%	130	179.5	130000.0	3.0	0.0%
C9~C18の脂肪族炭化水素	111	1.1	8.4	0.012	1.8%	130	5.4	6.9	0.3	0.8%
キシレン	111	79.5	108.4	11.7	0.0%	130	55.2	113.5	4.5	0.0%
トリメチルベンゼン	111	65.2	187.2	3.9	0.0%	130	60.1	101.6	6.9	0.0%

## 参考文献

- ACGIH (2013). TLVs® and BEIs® based on the documentation of the threshold limit values for chemical substances and physical agents & biological exposure indices: Acetic acid. 7th Edition, American Conference of Governmental Industrial Hygienists, Cincinnati.
- ACGIH (2016) Guide to Occupational Exposure Values, BUTYL ACETATES, ALL ISOMERS. American Conference of Governmental Industrial Hygienists, Cincinnati.
- Aiso S, Takeuchi T, Arito H, et al. (2005). Carcinogenicity and chronic toxicity in mice and rats exposed by inhalation to para-dichlorobenzene for two years. *J Vet Med Sci* 67(10):1019-1029.
- ATSDR (2006a). Toxicological profile for 1,1,1-trichloroethane. Agency for Toxic Substances and Disease Registry, Atlanta.
- ATSDR (2006b) TOXICOLOGICAL PROFILE FOR DICHLOROBENZENES. Agency for Toxic Substances and Disease Registry, Atlanta.
- ATSDR (2007). Toxicological profile for xylene. Agency for Toxic Substances and Disease Registry, Atlanta.
- Benignus VA, Geller AM, Boyes WK, et al. (2005). Human neurobehavioral effects of long-term exposure to styrene: A meta-analysis. *Environ Health Perspect* 113:532-538.
- Christoph GR, Hansen JF, Leung HW. (2003). Subchronic inhalation neurotoxicity studies of ethyl acetate in rats. *Neurotoxicology*. 24: 861-874.
- DFG (1999). MAK Value Documentation, Ethanol. Vol. 12, 129-165
- DFG (2018). The MAK Collection for Occupational Health and Safety 2018: Ethanol. Vol 3, No 4, 1869-1878
- Dorman DC, Struve MF, Wong BA, Gross EA, Parkinson C, Willson GA, Tan YM, Campbell JL, Teeguarden JG, Clewell HJ 3rd, Andersen ME. (2008a). Derivation of an inhalation reference concentration based upon olfactory neuronal loss in male rats following subchronic acetaldehyde inhalation. *Inhal Toxicol* 20:245-256.
- Dorman DC, Struve MF, Wong BA, Marshall MW, Gross EA, Willson GA (2008b). Respiratory tract responses in male rats following subchronic acrolein inhalation. *Inhalation Toxicology*, 20(3): 205–216.
- Eastman (1992). Propanoic Acid, 2-Methyl-, Monoester with 2,2,4-Trimethyl-1,3-Pentandiol, Synonym: Texanol Ester-Alcohol, Combined Repeated Dose and Reproductive/Developmental Toxicity Study in the rat, Unpublished Eastman Kodak Report TX-92-57.
- ECB (2000). Formic acid. IUCLID Dataset, European Commission, European Chemicals Bureau.
- ECB (2004). Cyclohexane. European Union Risk assessment Report, European Chemicals Bureau, Vol. 41.
- ECHA (2012). Guidance on information requirements and chemical safety assessment. Chapter R8: Characterisation of dose[concentration]-response for human health, Version: 2.1, 2012. Available at: <https://echa.europa.eu/guidance-documents/guidance-on-information-requirements-and-chemical-safety-assessment>. Access at 10 February 2017.
- Falk A, Gullstrand E, Löf A, Wigaeus-Hjelm E. (1990). Liquid/air partition coefficients of four terpenes. *Br J Ind Med*. 47: 62-64.
- Falk-Filipsson A, Löf A, Hagberg M, Hjelm EW, Wang Z. (1993). d-limonene exposure to humans by inhalation: uptake, distribution, elimination, and effects on the pulmonary function. *J Toxicol Environ Health*. 38: 77-88.
- Foo SC, Jeyaratnam J, Koh D. (1990). Chronic neurobehavioural effects of toluene. *Br J Ind Med*.

147: 480-484.

- Foo SC, Ngim CH, Salleh I, Jeyaratnam J, Boey KW. (1993). Neurobehavioral effects in occupational chemical exposure. *Environ Res.* 60: 267-273.
- Gagnaire, F., C. Langlais, S. Grossmann et al. (2007). Ototoxicity in rats exposed to ethylbenzene and to two technical xylene vapours for 13 weeks. *Arch. Toxicol.* 81(2):127-143.
- Hansen JF. (1996). 90-day inhalation toxicity study with ethyl acetate in rats. Haskell Laboratory for toxicology and industrial medicine, E.I. du Pont de Nemours and Company. NTIS/OTS0558575.
- Health Canada (2021) Residential Indoor Air Quality Guidelines: Acrolein. Pub. 200446, Health Canada, Ottawa.
- Iregren A, Löf A, Toomingas A, Wang Z. (1993). Irritation effects from experimental exposure to n-butyl acetate. *Am J Ind Med.* 24: 727-742.
- IRK (Innenraumlufthygiene-Kommission) (2012). Richtwerte für Ethylbenzol in der Innenraumluft. *Bundesgesundheitsbl* 55: 1192-1200.
- IRK (Innenraumlufthygiene-Kommission) (2021). Richtwerte für Aceton in der Innenraumluft, Mitteilung des Ausschusses für Innenraumrichtwerte (AIR). *Bundesgesundheitsbl* 64:1184-1192.
- IRK (Innenraumlufthygiene-Kommission) (2009). Richtwerte für gesättigte azyklische aliphatische C4- bis C11-Aldehyde in der Innenraumluft. *Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz.* 52, 650-659.
- JBCR (1995). p-ジクロロベンゼンのラット及びマウスを用いた吸入によるがん原性試験報告書. 試験番号 ラット/0158; マウス/0159, 日本バイオアッセイ研究センター
- Kishi R, Eguchi T, Yuasa J, Katakura Y, Arata Y, Harabuchi I, Kawai T, Masuchi A. (2001). Effects of low-level occupational exposure to styrene on color vision: dose relation with a urinary metabolite. *Environ Res.* 85: 25-30.
- Korsak Z, Rydzynski K. (1996). Neurotoxic effects of acute and subchronic inhalation exposure to trimethylbenzene isomers (pseudocumene, mesitylene, hemimellitene) in rats. *Int J Occup Med Environ Health.* 9: 341-349.
- Korsak Z, Stetkiewicz J, Majcherek W, Stetkiewicz I, Jajte J, Rydzynski K. (2000a). Sub-chronic inhalation toxicity of 1,2,4-trimethylbenzene (pseudocumene) in rats. *Int J Occup Med Environ Health.* 13: 155-164.
- Korsak Z, Stetkiewicz J, Majcherek W, Stetkiewicz I, Jajte J, Rydzynski K. (2000b). Subchronic inhalation toxicity of 1,2,3-trimethylbenzene (hemimellitene) in rats. *Int J Occup Med Environ Health.* 13: 223-232.
- Korsak Z., Wisniewska-Knypl J., Swiercz R. (1994). Toxic effects of subchronic combined exposure to n-butyl alcohol and m-xylene in rats. *Int J Occup Med Environ Health,* 7 155-166, 1994
- MHLW (2000). Committee on sick house syndrome: indoor air pollution, summary on the discussions at the 1st and 3rd meetings, progress report No. 1, 26 June, Ministry of Health, Labour and Welfare, Tokyo
- MHLW (2019). Committee on sick house syndrome: indoor air pollution, summary on the discussions until the 23rd meetings, progress report, 17 January, Ministry of Health, Labour and Welfare, Tokyo
- Miyake M, Ito Y, Sawada M, Sakai K, Suzuki H, Sakamoto T, Sawamoto K, Kamijima M. (2016).

- Subchronic inhalation exposure to 2-ethyl-1-hexanol impairs the mouse olfactory bulb via injury and subsequent repair of the nasal olfactory epithelium. *Arch Toxicol.* 90: 1949-1958.
- MOE (2002). Environmental risk assessment of chemicals. Vol. 1, Ministry of the Environment, Tokyo. (in Japanese)
- MOE (2003). Environmental risk assessment of chemicals. Vol. 2, Ministry of the Environment, Tokyo. (in Japanese)
- MOE (2004). Environmental risk assessment of chemicals. Vol. 3, Ministry of the Environment, Tokyo. (in Japanese)
- MOE (2005). Environmental risk assessment of chemicals. Vol. 4, Ministry of the Environment, Tokyo. (in Japanese)
- MOE (2006). Future policy for countermeasures against hazardous ambient air pollutants, eighth report: air quality guideline for chloroform, 1,2-dichloroethane and 1,3-butadiene. Ministry of the Environment, Tokyo. (in Japanese)
- MOE (2008). Environmental risk assessment of chemicals. Vol. 6, Ministry of the Environment, Tokyo. (in Japanese)
- MOE (2009). Environmental risk assessment of chemicals. Vol. 7, Ministry of the Environment, Tokyo. (in Japanese)
- MOE (2015). Environmental risk assessment of chemicals. Vol. 13, Ministry of the Environment, Tokyo. (in Japanese)
- MOE (2020). Health risk assessment of acetaldehyde. Ministry of the Environment, Tokyo. (in Japanese)
- Ng TP, Foo SC, Yoong T. (1992). Risk of spontaneous abortion in workers exposed to toluene. *Br J Ind Med.* 49: 804-808.
- NTP (1988). Inhalation Developmental Toxicity Studies: Acetone (CAS No. 67-64-1) in Mice and Rats. <https://ntp.niehs.nih.gov/publications/abstracts/dev/ter87036/ter87036.html>
- NTP (2004). Toxicology and carcinogenesis studies of Stoddard Solvent IIC (CAS No. 64742-88-7) in F344/N rats and B6C3F1 mice (inhalation studies). NTP TR 519.
- NTP (2007). Technical Report on the Toxicology and Carcinogenesis Studies of Methyl Isobutyl Ketone (CAS No. 108-10-1) in F344/N Rats and B6C3F1 Mice (inhalations studies). NTP TR 538
- O'Donoghue, J.L. Eastman Kodak Company Reports, TX-84-35 (1984). (unpublished study) cited in OECD SIDS: TEXANOL CASN: 25265-77-4.
- OEHHA (2000). Air toxics hot spots program, risk assessment guidelines part III, Technical support document for the determination of noncancer chronic reference exposure levels. Office of Environmental Health Hazard Assessment, California Environmental Protection Agency, Oakland, CA.
- Stout MD, Herbert RA, Kissling GE, Suarez F, Roycroft JH, Chhabra RS, Bucher JR. (2008). Toxicity and carcinogenicity of methyl isobutyl ketone in F344N rats and B6C3F1 mice following 2-year inhalation exposure. *Toxicology.* 244: 209-219.
- Uchida Y, Nakatsuka H, Ukai H, Watanabe T, Liu YT, Huang MY, Wang YL, Zhu FZ, Yin H, Ikeda M. (1993). Symptoms and signs in workers exposed predominantly to xylenes. *Int Arch Occup Environ Health.* 64: 597-605.
- Union Carbide (1993). Propionaldehyde: combined repeated-exposure and reproductive/developmental toxicity study in rats with cover letter dated 041493. Submitted

- under TSCA Section 8D; EPA Document No. 86-930000198; NTIS No. OTS0538178.
- Union Carbide Corporation (1979). Unpublished study. Carnegie-Mellon Institute of Research Report 42-50., dated June 11, 1979.
- Union Carbide Corporation (1980). Unpublished study. Butyraldehyde. Twelve-Week Vapor Inhalation Study in Rats Bushy Run Research Center Report 43-61, dated September 17, 1980.
- USEPA (1991a). Dibromochloromethane. Chemical Assessment Summary, Integrated Risk Information System. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC.
- USEPA (1991b). 1,2-Dichloropropane. Chemical Assessment Summary, Integrated Risk Information System. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC.
- USEPA (1995). Hydrogen chloride. Summary information on the integrated risk information system. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC.
- USEPA (2009). Provisional Peer-Reviewed Toxicity Values for Complex Mixtures of Aliphatic and Aromatic Hydrocarbons. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC.
- USEPA (2016a). Toxicological Review of Trimethylbenzenes, EPA/635/R-16/161Fa, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC.
- USEPA (2016b). Toxicological review of ammonia noncancer inhalation executive summary, the integrated risk information system (IRIS). EPA/635/R-16/163Fc, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC.
- USEPA (2008). Toxicological review of propionaldehyde: in support of summary information on the integrated risk information system (IRIS). EPA/635/R-08/003F, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC.
- WHO (1999). Carbon tetrachloride. Environmental Health Criteria 208, World Health Organization, Geneva.
- WHO (2021). WHO global air quality guidelines: Particulate matter (PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub>), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. World Health Organization, Geneva.
- WHO Europe (2000). Air Quality Guidelines for Europe, econd Edition. WHO Regional Publications, European Series, No. 91, World Health Organization Regional Office for Europe, Copenhagen.
- WHO Europe (2010). WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants. World Health Organization Regional Office for Europe, Copenhagen.
- 厚生省 (1995). 化学物質毒性試験報告 Vol. 2、厚生省生活衛生局企画課生活化学安全対策室監修、化学物質点検推進委員会発行、pp. 229-252.

