
平成28年度
化審法に係る長期使用製品の使用段階の排出係数等の調査
調査報告書

別添
(試験実施方法案)

平成29年3月
みずほ情報総研株式会社

平成 28 年度化審法に係る長期使用製品の使用 段階の排出係数等の調査

(長期使用製品の排出係数設定のための試験計画作成に関わる調査)

平成 28 年度化審法に係る長期使用製品の使用段階の排出係数等の調査
(長期使用製品の排出係数設定のための試験計画作成に関わる調査)

目 次

1. 概要	1
2. 調査の全体像.....	1
2.1. 試験により得たい情報.....	1
2.2. 本調査で対象とした試験の範囲	1
3. 想定物質、調査対象製品、調査方法等.....	3
3.1. 想定物質.....	3
3.2. 対象製品.....	3
3.3. 調査方法.....	5
4. 検討事項.....	6
4.1. 基本となる試験規格.....	6
4.2. 試験サンプルの最適化.....	10
4.3. 長期使用製品の使用段階を想定する際に配慮が必要だと考えられる要素.....	10
4.4. UV 劣化の影響	11
4.5. 剥離・摩耗への配慮.....	14
4.6. 長期使用製品の使用段階を想定した放散試験の加速化.....	17
5. まとめ.....	21
5.1. 総括	21
5.2. 課題等	21

平成 28 年度化審法に係る長期使用製品の使用段階の排出係数等の調査 (長期使用製品の排出係数設定のための試験計画作成に関わる調査)

1. 概要

今年度の調査では、下記図表に示す仕様書 2.5 に関する調査検討を進めるため、利用可能だと考えられる JIS 試験方法を調査し、長期使用製品の使用段階の排出係数等を把握するための試験方法案を提示する。

図表 1-1 仕様書 2.5 抜粋

2.5. 長期使用製品の排出係数設定のための試験計画作成に関わる調査

長期使用製品であると考えられる 2 製品(素材等)を選出し、それら製品からの排出係数設定を実験的に得る場合の具体的な試験実施方法案を JIS の試験方法を基本に作成すること。製品(素材等)の選出については、選出した理由も試験実施方法案に示すこと。JIS の試験方法では排出係数を得ることができないと考えられる場合は、その理由と試験方法の改良点等も試験実施方法案に示すこと。

2. 調査の全体像

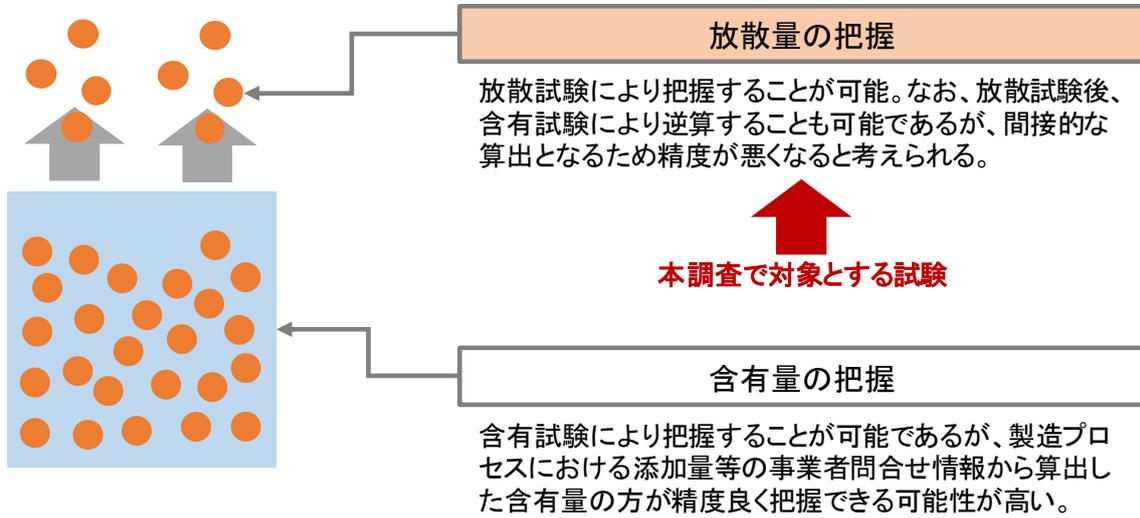
2.1. 試験により得たい情報

本調査は仕様書に記載のある通り、最終的に排出係数を得ることを目的とした試験方法に関して調査した結果を整理するものである。排出係数は対象とする化学物質が、対象とする製品中から大気、水域、土壌等の環境中にどれだけ放出するか、その比率を示す値である。よって、排出係数を算出するためには、大きくは①製品中の含有量と、②製品から環境中への放出量の、二つの値を試験的に把握する必要がある。

2.2. 本調査で対象とした試験の範囲

製品中の化学物質の含有量を把握するためには、当該製品の製造事業者が保有する製造プロセス内で決定される含有割合を、ヒアリングや事業者問合せによって調査する方法と、当該製品から試験的に含有量を調査する方法とが考えられる。前者の場合、製品の製造事業者や生産拠点等によって含有割合が変動することが想定されるが、同一事業者の同一製品であれば最低限の品質管理の範囲内で当該化学物質の含有量が一定であると考えられる。また、後者の当該製品から試験的に含有量を調査する方法では、製品ごとに含有試験を実施する必要があるが、対象とする化学物質が、どの製品に含有しているかの事前調査を実施する必要があり、労力を要する。また、含有試験の際にどの溶媒で抽出するか等の溶出条件の最適化を実施する必要があり、この点も労力を要する。よって、本調査では含有率は事業者への問合せにより把握することを前提とし、製品から環境中への放出量を把握するための試験に関して調査するものとした。調査対象とする試験の範囲は次の図表の通り。

図表 2-1 本調査で対象とする試験の範囲

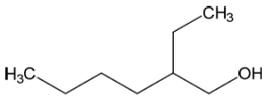
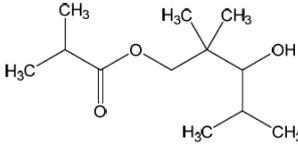
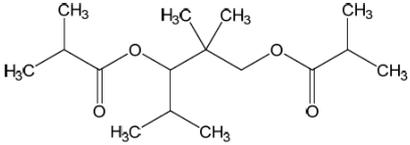


3. 想定物質、調査対象製品、調査方法等

3.1. 想定物質

厚生労働省により開催された、第20回シックハウス（室内空気汚染）問題に関する検討会での議論の結果や、NITE 担当官との相談を踏まえ、シックハウスに関連した次の3つの有機化合物の放出量を把握することを前提とし、これらと類似する物質の放散量を分析可能な試験方法の調査を行うこととした¹。

図表 3-1 本調査で想定する化学物質²

	2-Ethyl-1-hexanol Chemical Formula: C ₈ H ₁₈ O Molecular Weight: 130.23 CAS: 104-76-7	Texanol (3-hydroxy-2,2,4-trimethylpentyl isobutyrate) Chemical Formula: C ₁₂ H ₂₄ O ₃ Molecular Weight: 216.32 CAS: 25265-77-4	TXIB: Texanol Isobutyrate (2,2,4-trimethylpentane-1,3-diyl bis(2-methylpropanoate)) Chemical Formula: C ₁₆ H ₃₀ O ₄ Molecular Weight: 286.41 CAS: 6846-50-0
構造式			
GCMSにおける測定イオン	ターゲットイオン: 57 確認イオン: 41, 43	ターゲットイオン: 71 確認イオン: 43, 56	ターゲットイオン: 71 確認イオン: 43, 56
主な用途	可塑剤の中間体 アクリル酸エステル体の中間体 溶剤の中間体	造膜助剤 浮遊選鉱剤の添加剤 紙処理剤の添加剤	合成樹脂可塑剤
室内環境中の発生源として考えられるもの(主な使用例)	可塑剤 (DEHP) 加水分解生成物 接着剤や塗料等の溶剤	ラテックス塗料 (TXIBの加水分解で生じる可能性有) 塗料 シーリング剤等の溶剤や助剤	可塑剤 (ビニール床材, 玩具, 壁紙等) 溶剤 成型助剤
外観的な特徴と性状	無色の液体、特異臭 [沸点] 184~185°C [水溶性] 難溶 [融点] <-76°C [蒸気圧] 18.1Pa (25°C)	液体 [沸点] 255~260°C [水溶性] 溶ける [融点] -50°C [蒸気圧] 1.3Pa (20°C)	無色の液体 [沸点] 280°C [水溶性] 溶ける [融点] -70°C

3.2. 対象製品

前項図表 3-1 で想定した化学物質が含有されると考えられる製品は次の図表の通り。本調査では、特に室内環境中の発生源として、壁紙や床材の接着剤や可塑剤として併用される化学物質を対象として調査を進めることとした。なお、本調査では JIS A 5902 で規定されている「畳」に関しては、想定物質を含有している可能性が低いと考えられたため、調査対象としていない。また、いわゆる「ポリスチレンフォームサンドイッチ稲わら畳床」等に関しては、ポリスチレン層から化学物質の排出が想定されるが、一般的なビニル系床材と比較し当該畳床の構造上の差異から長期使用製品の使用段階からの放出挙動が異なっていると考え、これに関しても調査対象外とした。

¹ 厚生労働省 第20回シックハウス（室内空気汚染）問題に関する検討会
(<http://www.mhlw.go.jp/stf/shingi2/0000141170.html>)

² 第20回シックハウス（室内空気汚染）問題に関する検討会資料2 p5 より抜粋

図表 3-2 本調査で対象とする製品

製品名称	定義	製品寿命 ³	参照 JIS
壁紙	内装の仕上げに用いる紙、プラスチック、繊維などを主素材として複合化された柔軟性のあるシート状の製品。	5～10 年程度	<ul style="list-style-type: none"> ・ JIS A 1902-1 「建築材料の揮発性有機化合物（VOC）、ホルムアルデヒド及び他のカルボニル化合物放散量測定におけるサンプル採取、試験片作製及び試験条件-第1部：ボード類，壁紙及び床材」 ・ JIS A 6921 「壁紙」
床材	<p>床に用いる柔軟性のあるシート状又は剛性のある板状の単体又は複合した製品。</p> <p>※本調査では JIS A 5902 で規定されている「畳」に関しては、想定物質を含有している可能性が低く、また構造上の差異がビニル系床材と大きく異なっていると考えられたため、対象外とした。</p>	約 10～15 年程度	<ul style="list-style-type: none"> ・ JIS A 1902-1 「建築材料の揮発性有機化合物（VOC）、ホルムアルデヒド及び他のカルボニル化合物放散量測定におけるサンプル採取、試験片作製及び試験条件-第1部：ボード類，壁紙及び床材」 ・ JIS A 5705 「ビニル系床材」 ・ JIS A 5914 「建材畳床」

³ ここでは以下のリフォーム関連情報サイトの記述を参照(2016年12月28日時点)

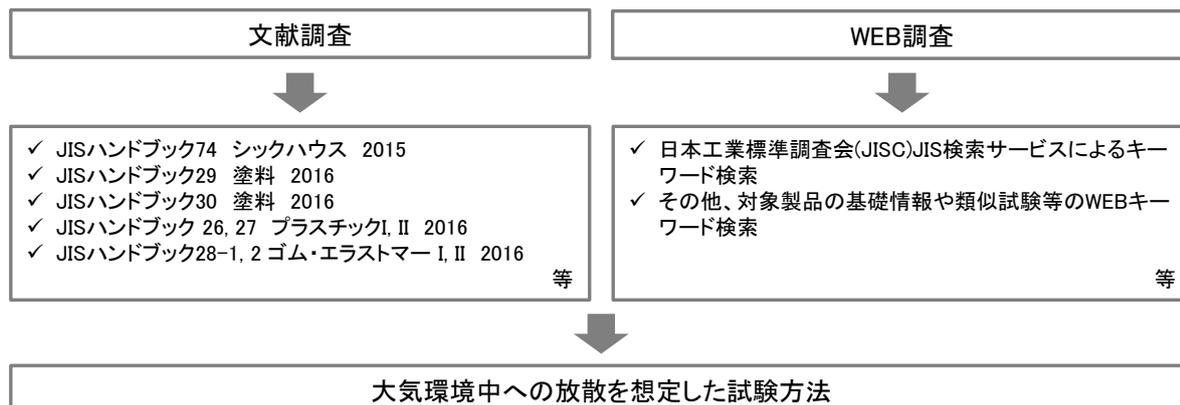
壁紙：セカイエ株式会社 リノコ(<https://www.renoco.jp/wallpaper/basic/wallpaperseason/>)

床材：株式会社 Hayakawa 家づくりのルール(<http://ierule.com/case/floor.html>)

3.3. 調査方法

調査方法としては以下に示すJISを中心とした文献の調査、並びにWEBでの調査を中心とし、試験方法を検討する上で長期使用製品の使用段階を想定した際に配慮、改良が必要な点を検討した。特に、本調査ではシックハウス関連物質を想定しており、建材や床材等の室内環境への放出が想定されるため、大気環境中への放散を想定した試験方法に関して調査を実施した。

図表 3-3 調査方法の全体像



4. 検討事項

4.1. 基本となる試験規格

本調査での対象製品から放出される物質として、一般的には主要シックハウス関連物質であるホルムアルデヒド等の揮発性有機化学物質（VOC）が挙げられる。VOCとはWHOの基準で、沸点が50-100℃～240-260℃の範囲の有機物と定義されている。

図表 4-1 WHOによるVOCの分類⁴

分類	略称	沸点	化合物例(括弧内は沸点) ⁵
高揮発性有機化学物質	VVOC	0℃未満 ～50-100℃	メタン (-161℃) ホルムアルデヒド (-21℃) メチルメルカプタン (6℃) アセトアルデヒド (20℃) ジクロロメタン (40℃) 等
揮発性有機化学物質	VOC	50-100℃ ～240-260℃	酢酸エチル (77℃) エタノール (78℃) ベンゼン (80℃) メチルエチルケトン (80℃) トルエン (110℃) トリクロロエタン (113℃) キシレン (140℃) リモネン (178℃) Lニコチン (247℃) 等
準揮発性有機化学物質	SVOC	240-260℃ ～380-400℃	クロルピリホス (290℃) フタル酸ジ-n-ブチル (340℃) フタル酸ジ-2-エチルヘキシル (390℃) 等

それらを対象とした放散試験規格は、以下に示すJIS A 1901が挙げられる。本試験規格は、建材からのVOCの放散を想定した試験であり、当該物質を対象とした場合の基本となる試験方法である。

図表 4-2 JIS A 1901の概要

項目	内容
規格番号	JIS A 1901 : 2015
規格名称	建築材料の揮発性有機化合物（VOC）、ホルムアルデヒド及び他のカルボニル化合物放散測定方法—小形チャンバー法
適用範囲	<ul style="list-style-type: none"> チャンバーを用いて建築材料から空気中へ拡散する化学物質の測定方法を規定する。 建築用ボード類、壁紙及び床材、建築材料としての接着剤、塗料及び建築用仕上塗材の塗膜、建築材料としての断熱材などに適用する。 対象化学物質：揮発性有機化合物（VOC）、ホルムアルデヒド及び他のカルボニル化合物とする。

⁴ WHO Technical Overview of Volatile Organic Compounds(2016年12月28日時点)に基づき作成 (<https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/technical-overview-volatile-organic-compounds>)

⁵ 日本自動車工業会 車室内VOC（揮発性有機化合物）低減に対する自主取り組み(2016年12月28日時点)より参照 (http://www.jama.or.jp/eco/voc/voc_01.html)

項目	内容
原理	チャンバーを用いて、チャンバー出口濃度、通過する空気流量及び試験片の表面積を求め、試験対象となる建築材料の単位面積当たりの対象化学物質の放散速度を測定
試験条件	<ul style="list-style-type: none"> 温度：28±1.0℃、湿度 50±5% 放散試験：空気捕集 試験開始から 1, 3, 7, 14±1, 28±2 日経過後
試験片の準備	<ul style="list-style-type: none"> JIS A 1902-1 建築材料の揮発性有機化合物（VOC）、ホルムアルデヒド及び他のカルボニル化合物放散測定におけるサンプル採取、試験片作成及び試験条件－第1部：ボード類、壁紙及び床材 JIS A 1902-2 建築材料の揮発性有機化合物（VOC）、ホルムアルデヒド及び他のカルボニル化合物放散測定におけるサンプル採取、試験片作成及び試験条件－第2部：接着剤 JIS A 1902-3 建築材料の揮発性有機化合物（VOC）、ホルムアルデヒド及び他のカルボニル化合物放散測定におけるサンプル採取、試験片作成及び試験条件－第3部：塗料及び建築用仕上げ塗材 JIS A 1902-4 建築材料の揮発性有機化合物（VOC）、ホルムアルデヒド及び他のカルボニル化合物放散測定におけるサンプル採取、試験片作成及び試験条件－第4部：断熱材
分析方法	分析装置：VOC…GC/FID、GC/MS 分析法：JIS A 1965 の 9、JIS A 1966 の 20、又は JIS K 0123 の 10 を参照
その他	ISO 16000-9 を基とし国内事情を踏まえた規定

しかしながら、3.1 で想定した 3 物質は、いずれも VOC の中でも沸点が高く、準揮発性有機化学物質（SVOC）に属していると考えられる。SVOC は、図表 4-1 で示した通り WHO により沸点 240-260℃～380-400℃の範囲の有機物と定義されており、JIS A 1901 で利用される金属製チャンバー内に物質が吸着しやすく、結果的に分析が困難であることが知られていた⁶。それらの特性を踏まえ、SVOC を対象とした新たな試験法が開発され、JIS A 1904 として規格化された。概要は以下の通り。

図表 4-3 JIS A 1904 の概要

項目	内容
規格番号	JIS A 1904 : 2015
規格名称	建築材料の準揮発性有機化合物（SVOC）の放散測定方法-マイクロチャンバー法
適用範囲	<ul style="list-style-type: none"> マイクロチャンバーを用いて建築材料から空气中へ放散する準揮発性有機化合物（以下、SVOC という。）の測定方法について規定する。
原理	建材などから放散される SVOC は、40℃以下では大部分がマイクロチャンバー内に吸着される。そのため、この試験は、清浄空気を 24 時間流通させたときに試験片から放散される SVOC を捕集した放散試験時捕集量と、そのマイクロチャンバー内に吸着した SVOC を加熱脱着したときに捕集される加熱脱着時捕集量とを合計したマイクロチャンバー捕集量及び試験片の表面積から、試験対象となる建築材料の単位面積当たりの SVOC の放散速度を測定する。
試験条件	<ul style="list-style-type: none"> 温度：28±1.0℃、湿度 50±5% 加熱脱着時：室温状態においてマイクロチャンバー内を不活性ガスで十分なガス置換を行った後、オープン温度を室温から毎分 10-20℃の速度で昇温し 200-220℃で 40 分程度保持する。

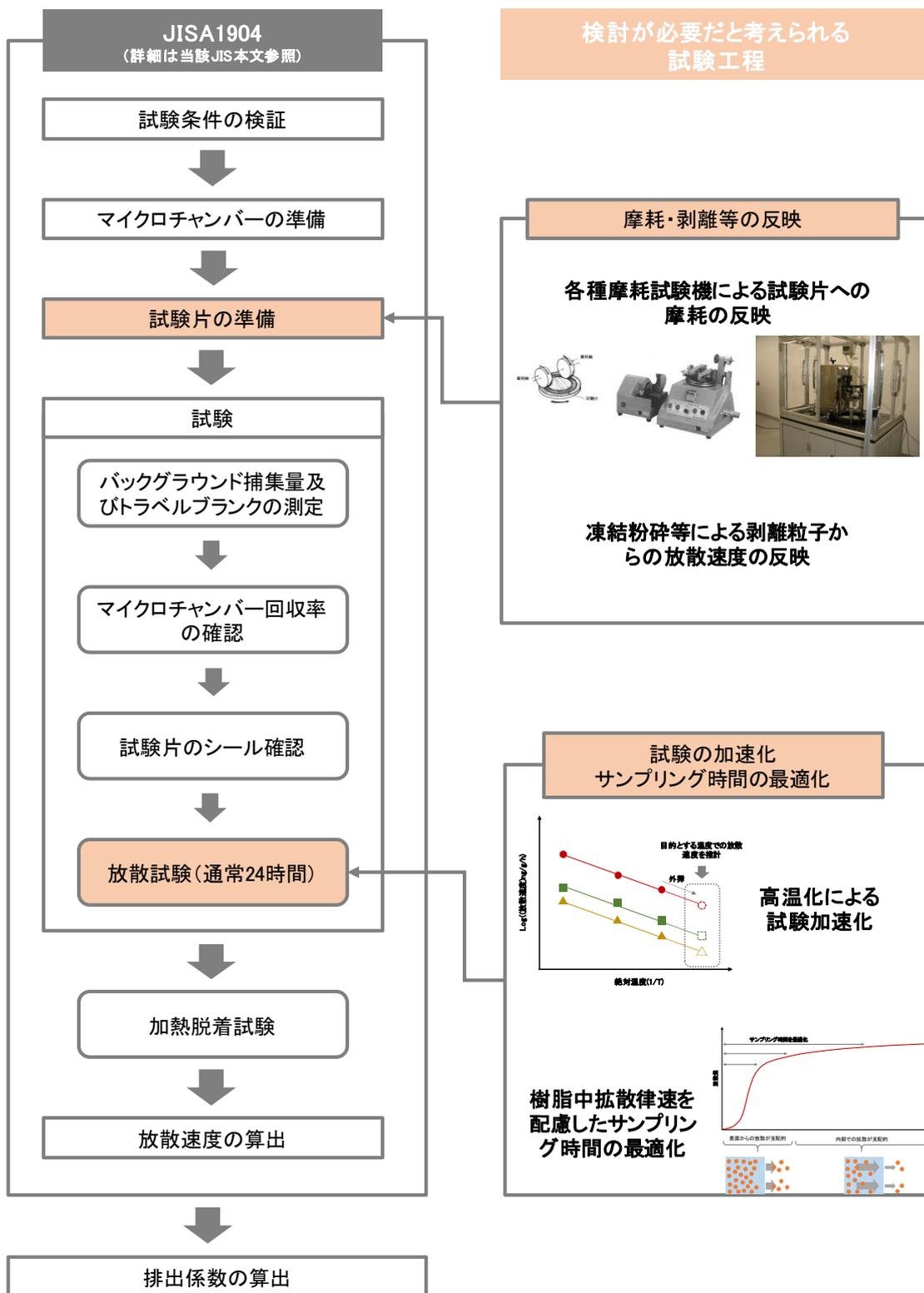
⁶ 独立行政法人 産業技術総合研究所 最終製品消費段階におけるプラスチック添加剤の排出シナリオ文書 p14 より参照

項目	内容
	<ul style="list-style-type: none"> 放散試験：放散試験時間は、通常、24 時間とする。 オープン温度を、室温から毎分 10~20℃の速度で昇温し、200~220℃で 40 分程度保持する。吸引は換気開始からとし、加熱脱着が十分終了したと考えられるまで行う。 なお、加熱条件は目安であり、装置によって、適宜変更してもよい。また、捕集管はガラスビーズ捕集管などを用いてもよい。
試験片の準備	<ul style="list-style-type: none"> 端部及び裏面をアルミニウムはくなどでシールする。その他、JIS A 1901 の試験片の準備を参照とする（以下再掲）。 <p>【再掲】</p> <ul style="list-style-type: none"> JIS A 1902-1 建築材料の揮発性有機化合物（VOC）、ホルムアルデヒド及び他のカルボニル化合物放散測定におけるサンプル採取、試験片作成及び試験条件—第 1 部：ボード類、壁紙及び床材 JIS A 1902-2 建築材料の揮発性有機化合物（VOC）、ホルムアルデヒド及び他のカルボニル化合物放散測定におけるサンプル採取、試験片作成及び試験条件—第 2 部：接着剤 JIS A 1902-3 建築材料の揮発性有機化合物（VOC）、ホルムアルデヒド及び他のカルボニル化合物放散測定におけるサンプル採取、試験片作成及び試験条件—第 3 部：塗料及び建築用仕上げ塗材 JIS A 1902-4 建築材料の揮発性有機化合物（VOC）、ホルムアルデヒド及び他のカルボニル化合物放散測定におけるサンプル採取、試験片作成及び試験条件—第 4 部：断熱材
分析方法	<p>分析装置：SVOC…GC/FID, GC/MS</p> <p>分析法：</p> <ul style="list-style-type: none"> 加熱脱着法：JIS A 1965, JIS A 1966, 又は JIS K 0123 を参照 溶媒脱着法：捕集材としてガラスビーズなどを用いた捕集管を使用し、捕集管から溶媒によって溶出させ、ガスクロマトグラフ/質量分析計（GC/MS）、又は水素炎イオン化検出器付きガスクロマトグラフ（GC/FID）に導入し分析する。
その他	類似規格として ISO 1600025:2011 が確認されている。

本調査では、想定した物質の沸点を考慮した場合、放散時にチャンバー壁面への吸着が否定できないと判断し、SVOC を対象とした JIS A 1904 を基本とする試験方法として選定した。

当該 JIS を基本とした壁紙、床材を対象とした長期使用製品の使用段階における排出係数を算出するための試験案の全体像は、次の図表の通り。各作業段階で検討が必要だと考えられる項目に関しては、次項で説明する。

図表 4-4 JIS A 1904 をベースとした試験方法の全体像



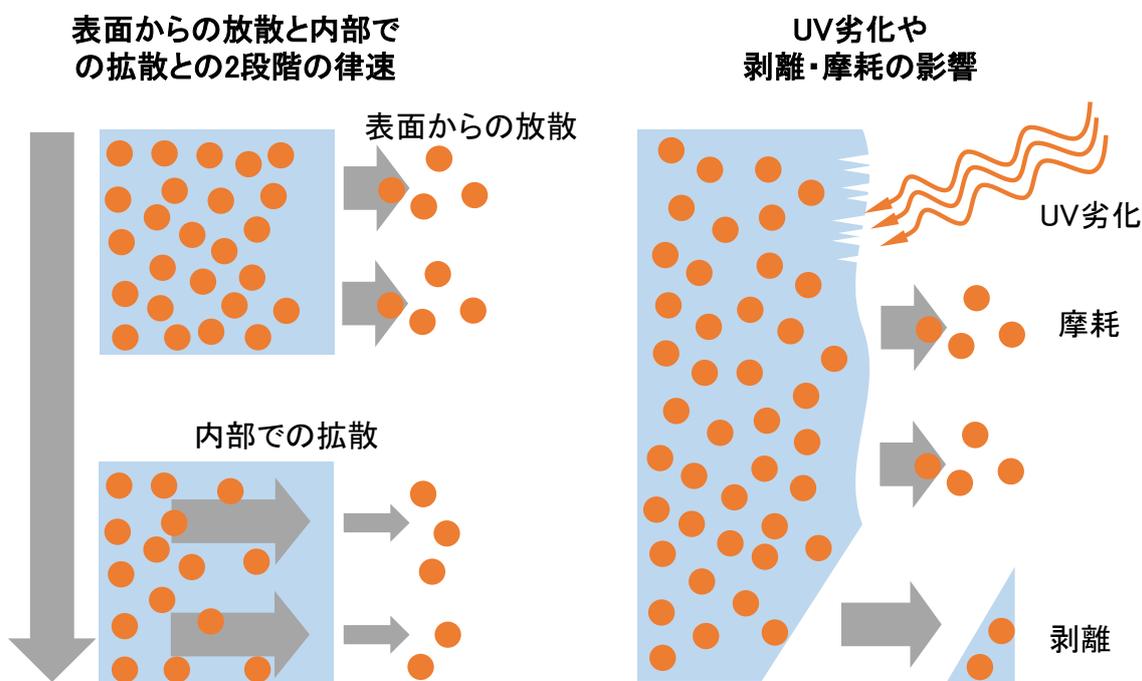
4.2. 試験サンプルの最適化

本調査での対象製品である壁紙や床材に関しては、図表 4-3 で記載したように、JIS A 1902-1 に記載の手順の通りに試験片を準備すれば問題無いと考えられる。ただし、長期使用製品の使用段階を想定した場合、次項以降に示す各種劣化等に関して改良が必要だと考えられる。

4.3. 長期使用製品の使用段階を想定する際に配慮が必要だと考えられる要素

本調査では長期使用製品の使用段階における排出係数を推計することを目的としており、前項で示した JIS 等では、特段長期使用製品の使用段階からの放散量を算出することを想定した試験法という位置づけでは無い。そこで、以下に示す通り、長期使用製品の使用段階で配慮が必要だと考えられる要素を整理した。

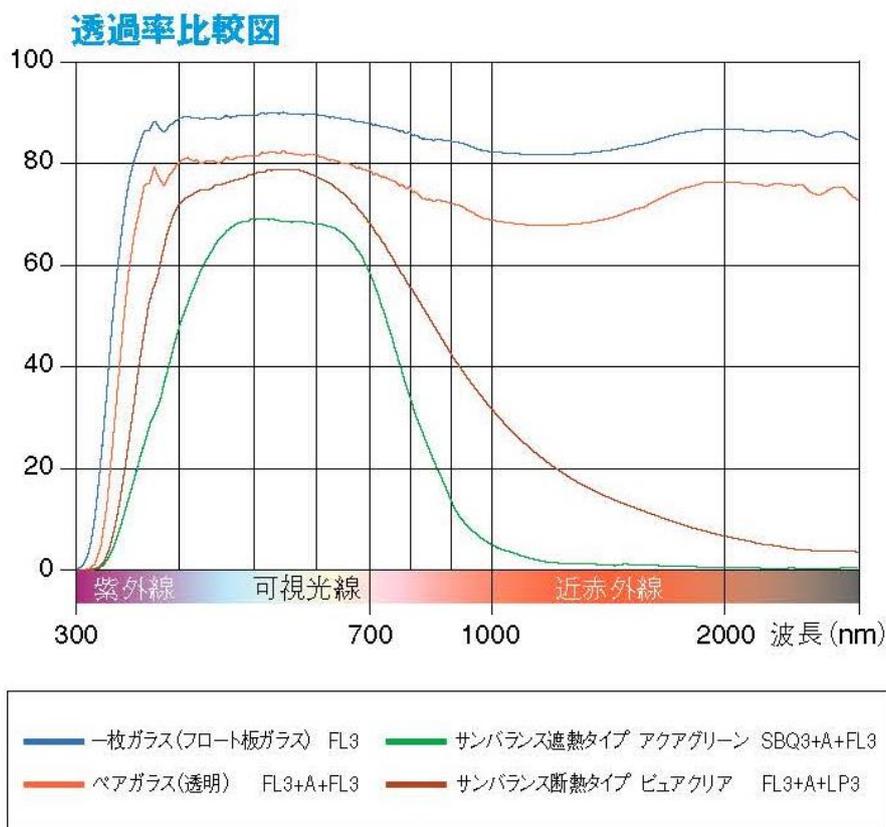
図表 4-5 長期使用製品の使用段階で配慮が必要だと考えられる要素



4.4. UV劣化の影響

UV（紫外線）劣化に関しては、例えば窓等の開口部付近で使用される壁紙、床材に対しては影響するものと考えられる。しかしながら、本対象製品が主にガラス越しに太陽光に暴露される環境であり、通常の建材用ガラスであればUV-B（波長280～315nm程度の波長）を90%以上遮蔽することが知られている。これらを踏まえると、本項では主要な劣化因子として取り扱わないこととした。

図表 4-6 フロート板ガラスの紫外線透過率
(青のグラフが一枚フロート板ガラスのデータ。青以外は積層ガラスのデータ。)⁷



なお、UV劣化の影響を試験片へ反映させる方法としては、下記図表に記載した有機系建築材料を対象とした耐候性試験規格が参考になる。いずれも壁紙、床材を対象としたものではないが、規定の方法により紫外線を一定強度下で暴露させ、表面の劣化を試験片へ反映させるものである。

図表 4-7 有機系建築材料を対象とした耐候性試験の例

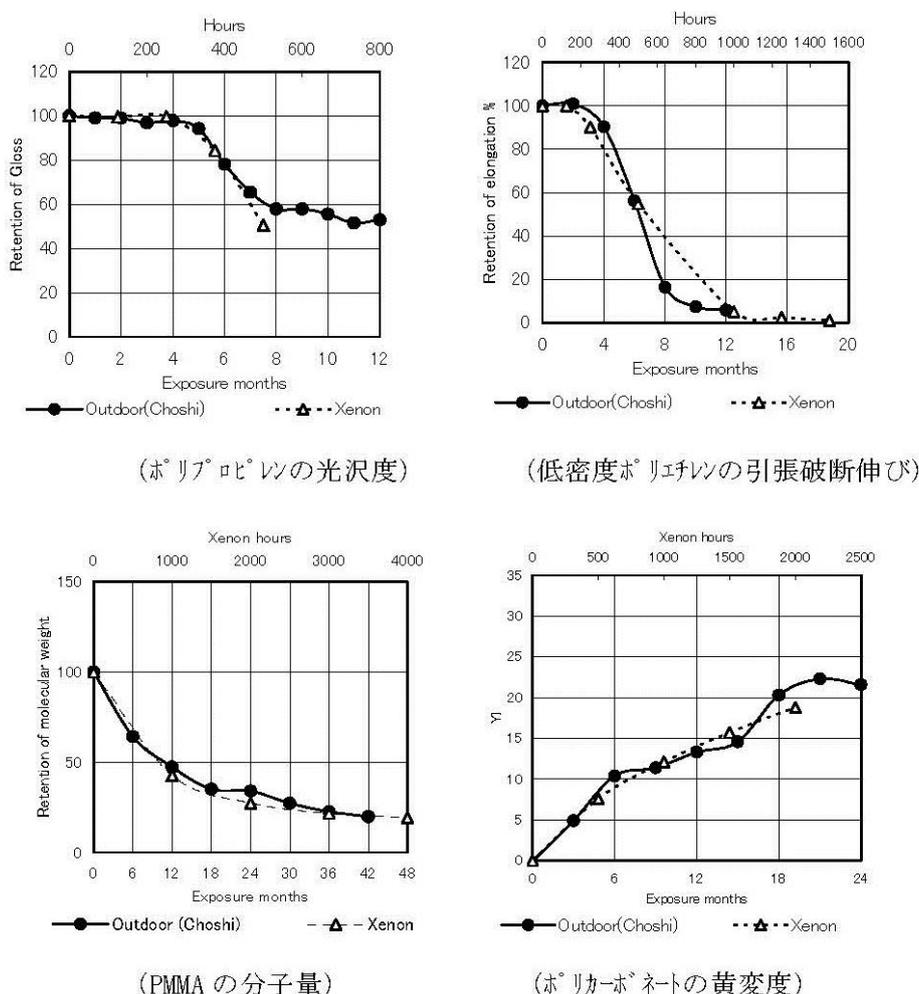
規格番号	規格名称
JIS A 1415	高分子建築材料の実験室光源による暴露試験方法
JIS A 1439	建築用シーリング材の試験方法
JIS A 5759	建築窓ガラス用フィルム
JIS A 6008	合成高分子系ルーフィングシート
JIS A 6021	建築用塗膜防水材

⁷ 旭硝子株式会社 新サンバランスカタログ p15 (2016年12月28日時点) より抜粋
(<https://www.asahiglassplaza.net/catalogue/pair/00325pg.htm>)

規格番号	規格名称
JIS A 6909	建築用仕上塗材
JIS K 5600	塗料一般試験方法第7部：塗膜の長期耐久性 第7節 促進耐候性及び促進耐光性（キセノンランプ）
JIS K 7350	プラスチック -実験室光源による暴露試験方法

劣化の予測試験に関しては、熱劣化試験のような反応速度論的な手法は適応することが難しいとされており、屋外暴露での実測値と促進耐候性試験との比較による時間軸の対応付けが一つの手法として提案されている⁸。本調査の趣旨としては、UV劣化による表面積の増大等が放散速度へ与える因子となるので、例えば試験片の表面積に関して、実測値と、促進耐候性試験との相関をとり、時間軸を対応付ける必要があると考えられる。

図表 4-8 各種物性に対する促進耐候性試験と屋外暴露での実測値との比較結果⁹



(ホ°リア°ロビ°ルの光沢度)

(低密度ホ°リエチレンの引張破断伸び)

(PMMA の分子量)

(ホ°リカーホ°ネットの黄変度)

⁸ 財団法人日本ウエザリングテストセンター 促進暴露試験ハンドブック [I] 促進耐候性試験(2016年12月28日時点)より参照 (<http://www.jwtc.or.jp/gijutsu/08.pdf>)

⁹ 財団法人日本ウエザリングテストセンター 促進暴露試験ハンドブック [I] 促進耐候性試験 (2016年12月28日時点) p20 図表 4-1 より参照 (<http://www.jwtc.or.jp/gijutsu/08.pdf>)

しかしながら、図表 4-8 で示す通り、実測値と促進耐候性試験との比較結果を得るためには長期間の時系列データの取得が必要となる。そこで、例えば光沢度の変化が劣化による表面積の増加と比例関係にあると仮定し、同図表内の光沢度における実測値と促進耐候性試験との関係から、おおよそ 400 時間の試験時間が屋外での半年分の暴露時間に相当すると読み取り、その値を製品寿命と対応付ける等の簡易的な対応が考えられる。ただし、同図表のデータは屋外での試験結果と促進耐候性試験との関係性を示すものであり、屋内での紫外線の影響を想定した場合、先述した窓ガラスでの紫外線吸収の影響を配慮する必要がある。例えば窓ガラスにより紫外線が 80%吸収される場合は、同程度劣化の進行が遅くなると仮定し、屋外暴露時間を 0.2 で割り戻した時間が屋内での時間に相当する、等の換算が必要となる。また、対象製品の素材が当該図表で示されたポリプロピレンと一致していることが望ましい。さらに光沢度と UV 劣化による表面積の変化との間に相関があるかの確認も必要である。

UV 劣化を反映する際に全般的に言えることではあるが、UV の照射により対象物質が分解する可能性があるため、放散量を得る際にはその点を配慮して結果を解析する必要がある。本調査では屋内での使用を想定した試験案を想定しているため、影響は軽微であり無視できるとの立場だが、今後屋外での利用等を想定する場合は、UV 劣化は極めて重要な因子となるため、促進耐候性試験と屋外での暴露との時間軸の紐付に関してより詳細に検討を進める必要がある。

4.5. 剥離・摩耗への配慮

壁紙、床材の室内環境における主要な劣化シナリオの一つとして、剥離・摩耗が挙げられる。剥離・摩耗による影響としては、一つは剥離・摩耗した製品の表面積が上昇・内部が露出することにより、放散量が増加することが予想される。もう一つは、剥離・摩耗した細かい製品片から含有物質が放出することによる放出量の増加が予想される。前者に関しては、JIS A 1904 で使用する試験片を擬似的に摩耗・剥離させることで表面積を上昇させることが考えられる。特に床材の摩耗に関しては、歩行に伴う履物による引きずり・摩擦や、着床時の打撃等により摩耗が生じることが想定される。また、玄関やバルコニー付近等の場所によっては室内ではあるものの砂粒等の混入により剥離・摩耗が促進することが懸念される¹⁰。それらのシナリオを想定した耐摩耗性試験が下記図表の JIS で規定されているので、それらを参考に試験片を擬似的に摩耗させると、実態に近い結果が得られる可能性がある。

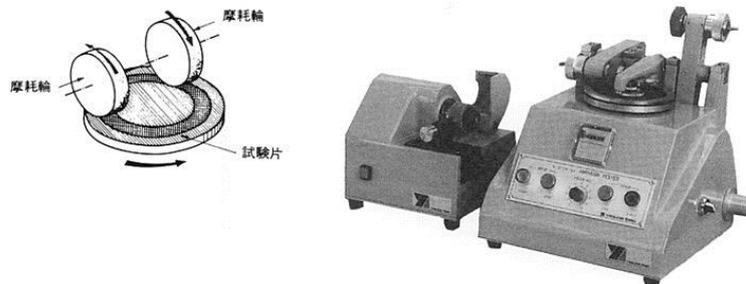
図表 4-9 耐摩耗試験を規定した JIS 一覧

摩耗試験の種類	規格番号	規格名称
回転円盤式摩耗	JIS A 1451	建築材料及び建築構成部分の摩耗試験方法（回転円盤の摩擦及び打撃による床材料の摩耗試験方法）
テーパー式摩耗	JIS A 1453	建築材料及び建築構成部分の摩耗試験方法（研磨紙法）
	JIS K 5600-5-8	塗料一般試験方法 - 第 5 部：塗膜の機械的性質 - 第 8 節：耐摩耗性（研磨紙法）
	JIS K 5600-5-9	塗料一般試験方法 - 第 5 部：塗膜の機械的性質 - 第 9 節：耐摩耗性（摩耗輪法）
	JIS K 7204	プラスチック - 摩耗輪による摩耗試験方法

¹⁰ 日本建築総合試験所 床仕上げ材の性能試験(2016年12月28日時点) より参照
(http://www.gbrc.or.jp/contents/documents/GBRC/GBRC141_713.pdf)

図表 4-10 各種摩耗試験で用いられる試験機

(上:回転円盤式摩耗試験機¹¹、下:テーバー式摩耗試験機¹²)



試験片を擬似的に摩耗させる場合、当該試験で与える摩耗が、実際の長期使用製品の使用段階においてどれくらいの時間に相当するかを対応付けておく必要がある。しかしながら、長期使用製品の使用段階における実際の摩耗の度合を定量評価することは現実的に難しいため、例えば一定負荷量で、摩耗試験により対象製品が破損するまでの回数を記録しておき、それまでに要した負荷量（≒試験時間）で製品寿命に達したと仮定し、製品寿命期間で按分すれば、試験負荷量が実際の長期使用製品の使用段階において何年に相当するかを推計することが可能である。実際には、壁紙や床材が完全に破損するまで使用されることは考えにくいいため、例えば破損に至るまでの50%程度の負荷量（≒試験時間）を製品寿命と仮定する等、適切な対応付けが必要だと考えられる。

なお、剥離により発生した製品粒子は、一定期間経過した後、清掃等で廃棄されると予想され、剥離後に室内に存在している期間は、製品寿命に対して無視できるほど小さいと考えられる。

仮にそれらの影響を考慮する場合は、長期使用製品の使用段階で発生しうる製品粒子の大きさを調査し、別途試験粒子を凍結粉碎法等により擬似的に再現し、篩等により当該試験粒子と一致

¹¹ 群馬県立産業技術センターホームページ WEB サイト「機器情報」(2016年12月28日時点) より参照 (<http://mac.tec-lab.pref.gunma.jp/dt0435.html>)

¹² 栃木県産業技術センターWEB サイト「施設・機器利用」(2016年12月28日時点) より参照 (<http://www.iri.pref.tochigi.lg.jp/index.php?id=695>)

する粒径サンプルを抽出し、放散試験を実施する必要がある。なお、壁材や床材などを対象とした凍結粉砕法は存在せず、JIS では JIS K 6225 「加硫ゴム-試料及びテストピースの調製方法-化学試験」の 3.試料の作り方において簡単に言及されている程度であるので、別途標準的な試験方法を確立する必要がある。

また、壁材や床材は単純な樹脂では無く繊維等の複合材料から成り、さらにそれらが何層にも積層されていることが多いため、そのような試験サンプルから試験粒子を得るために凍結粉砕以外の物理的な粉砕方法を検討することも必要だと考えられる。

4.6. 長期使用製品の使用段階を想定した放散試験の加速化

図表 4-5 で示した通り、長期使用製品の使用段階では、長期間にわたり対象製品が使用されるため、添加剤の濃度が極めて低い場合、又は物質の揮発性が高い場合は、樹脂表面樹脂中におけるプラスチック添加剤の拡散が律速となり、その律速段階の速度で物質が長期間にわたり放散すると考えられる¹³。JIS A 1904 では、放散試験での温度は標準温度 ($28\pm 1.0^{\circ}\text{C}$)であり、放散試験時間は 24 時間程度とされている。この条件から、試験片の樹脂表面からの物質の拡散が律速であるとの前提に基づくものと考えられるが、先述の樹脂表面樹脂中の拡散が律速である場合は、当該試験方法では実態を十分に反映できていない可能性が高い。よって、試験片からの放散量の長期間にわたる時系列傾向を調査し、複数の放散速度の律速段階があるか把握することが要求される。

しかしながら、実際の壁紙や床材の製品寿命（試用期間）と同じ時系列で放散量のモニタリング試験をすることは現実的に難しいため、何らかの加速化が必要である。例えば、試験片を何パターンか劣化しない程度の高温度まで昇温し、その温度下で得られた放散速度から長期使用製品の使用段階で想定された温度での放散速度を外挿により推計し、そこから放散量を算出する方法が挙げられる。

なお、本方法による推計を実施する場合、各温度での放散速度の対数と絶対温度の逆数に従う直線近似により推計することとなるが、フィッティングの観点から、最低でも 4 点以上の設定温度にて試験を実施することが望ましいと考えられる。特に、壁紙や床材など、高分子材料を対象とする場合はガラス転移温度に近い条件下だと状態変化に伴うデータのばらつきが多くなるため注意を要する。なお、放散速度を得る目的ではないが、JIS K 7226「プラスチック ー長期熱曝露後の時間ー温度限界の求め方」において、アレニウスプロットによるプラスチックの耐熱性の推計評価手法が規定されており、そこでは試験片 1 つにつき最低 3 試験温度で実施することが推奨されている。また、直線の相関係数が 0.95 より小さい値となった場合は、別の温度で追加試験をする記述がある。参考として、図表 4-13 にアレニウスプロットが利用されている JIS の例を掲載した。

¹³ 独立行政法人 産業技術総合研究所 最終製品消費段階におけるプラスチック添加剤の排出シナリオ文書 p26 より参照

本排出シナリオでは単純化のために樹脂表面からの物質の拡散が律速であると仮定しているが、樹脂中の分子移動が律速となるケースに関しても言及されている。

図表 4-11 アレニウスプロット導出式

ある温度での反応速度を予測するアレニウス式は次のように表される。

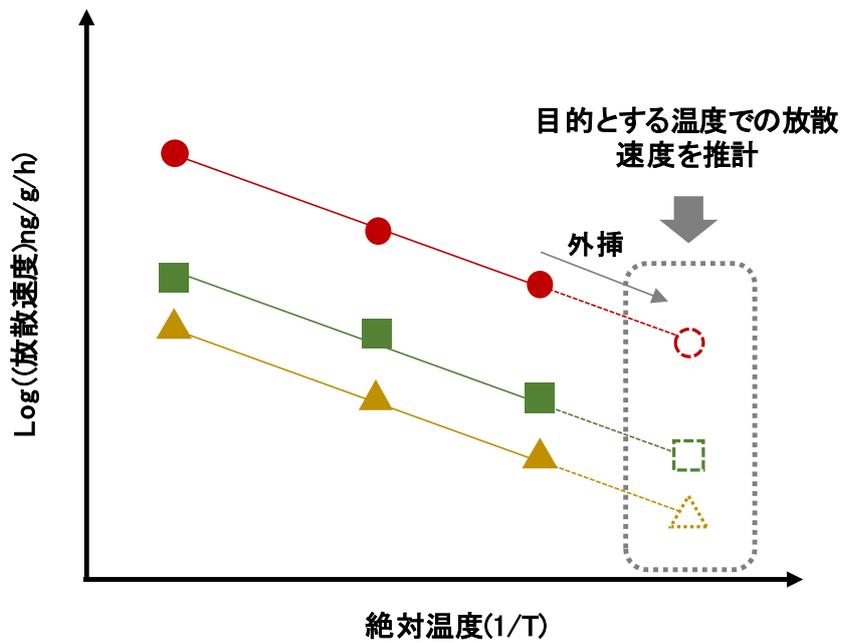
$$k = A \times \exp\left(-\frac{Ea}{RT}\right)$$

- k : 反応の速度定数
- A : 頻度因子
- Ea : 活性化エネルギー
- R : 気体定数
- T : 絶対温度 (K)

上式の両辺に対数をとると下の式ようになる。

$$\ln(k) = \ln(A) - \frac{Ea}{RT}$$

図表 4-12 高温下における加速試験のイメージ

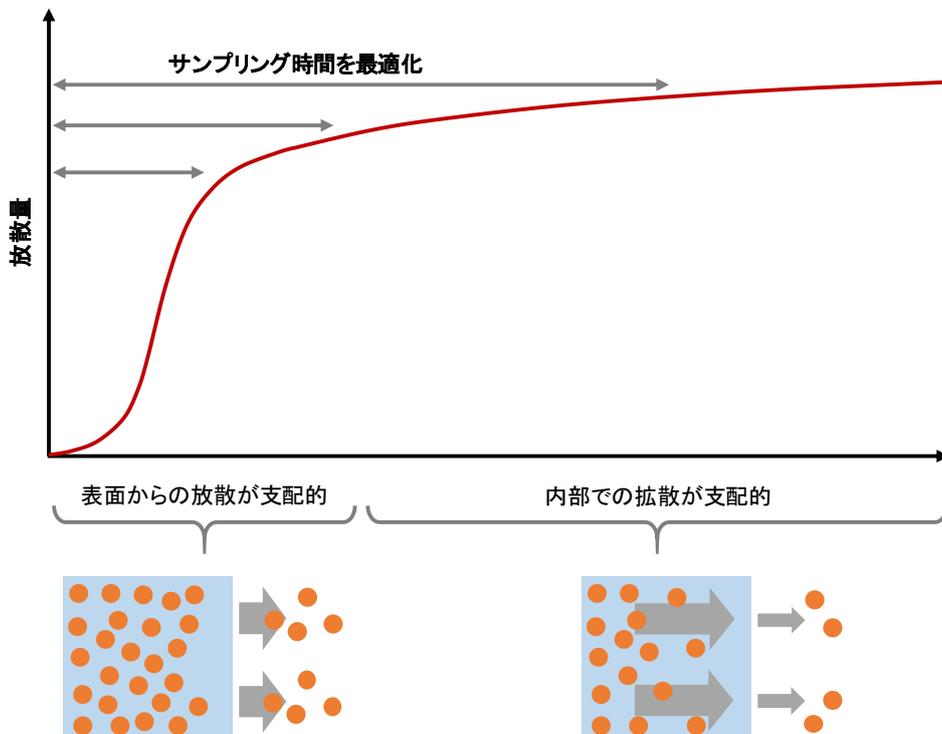


図表 4-13 アレニウスプロットが利用されている JIS の例

規格番号	規格名称	推計する各種性質
JIS C 2143	電気絶縁材料－熱的耐久性－第1部：劣化処理手順及び試験結果の評価	電気絶縁材料の熱的耐久性
JIS C 5948	光伝送用半導体レーザーモジュールの信頼性評価方法	半導体レーザーモジュールの信頼性
JIS K 6410-2	建築免震用積層ゴム支承－第2部：試験方法	建築免震用積層ゴム支承の耐久性
JIS K 6795	架橋ポリエチレン管（PE-X）－期待強度に対する時間及び温度の影響	架橋ポリエチレン管の耐久性
JIS K 7226	プラスチック－長期熱曝露後の時間－温度限界の求め方	プラスチックの耐熱性
JIS X 6256	情報技術－情報交換及び保存用のデジタル記録媒体－長期データ保存用光ディスク媒体の寿命推定のための試験方法	光ディスクの寿命予測

また、長期使用製品の使用段階では先述の通り、二つの律速段階が存在する可能性があるため、先述した各温度での試験ではチャンバー内空気サンプリング時間を長めに設定し、含有物質が十分に放散した後の値を参照するべきだと考えられる。次の図表に放散試験のサンプリング時間の最適化のイメージを掲載するが、このようなシグモイド曲線が得られる場合は、2段階の律速が存在することが示唆されるため、内部での拡散による放散量を反映するために、サンプリング時間を長めに設定する必要がある。

図表 4-14 放散試験におけるサンプリング時間の最適化のイメージ



これらを検証するためには、単一のサンプルに対して複数回 JIS A 1904 適応する等、サンプルから含有物質がほぼ全て放散し、放散量が確認できなくなるまで継続する事前試験が必要となる。可能であれば、その際に利用する試験片に添加されている想定物質の含有率も事業者問合せにより把握しておき、含有量全体に対して何%が放出したかを随時モニタリングできるようにしておくことが望ましい。その結果を得ることができれば、含有量のほとんどの割合が放散する時間（例えば含有量の 90%など）を標準サンプリング時間として設定でき、最適化のための指標とすることが可能である。

本調査で想定している SVOC ではないが、VOC の一種であるホルムアルデヒドを対象とした、小型チャンバー法による放散試験の先行研究¹⁴では、壁紙、床材からの放散はいずれも約 2 週間程度で定常に到達し、放散速度の上昇が見られなくなった。よって、SVOC の場合、VOC と比較して沸点が高く分子量も大きいため、ホルムアルデヒドよりも相対的に放散速度が小さいと考えられる。そのため試験を実施する際は、例えば当該先行研究の倍程度（約 1 か月程度）の期間、放散速度をモニタリングする等、物性の差異に配慮した対応が必要だと考えられる。

なお、同研究では、壁紙の場合は測定開始から 5 日程度、床材の場合は測定開始から 10 日程度の期間に急速な放散速度の減少が確認された。よって、SVOC を対象とした試験で律速段階が複数存在するか確認するためには、例えば先行研究のサンプリング期間の 2 倍程度、すなわち試験開始から少なくとも 10 日間、2 日に 1 回、計 5 点程度の測定を実施し、VOC と同様に放散速度が減少するか確認することで、挙動を把握することが可能だと考えられる。しかしながら、製品ごとの構造や特性が異なることから、対象製品ごとに試行錯誤により、条件を調整する必要があると予想される。

¹⁴ 舟木里香 小型チャンバー法による建築材料からの化学物質放散測定に関する研究 (2004) 早稲田大学 学位請求論文 第 3 章「壁装材・床材からの化学物質放散の測定」より参照

5. まとめ

5.1. 総括

以上の通り、JIS A 1904 の試験方法を基本とし、その中で試験片の準備、放散試験の各工程で UV 劣化、摩耗・剥離の反映や、試験の加速化を試みることで、図表 3-1 に記載した想定物質が含まれる壁紙や床材からの排出係数を把握する上で重要だと考えられた。

5.2. 課題等

追加で検討が必要だと考えられた、摩耗・剥離の反映や、放散試験の加速化は、参照可能な JIS が限られており、また試験規格が存在する場合でも長期使用製品の使用段階からの排出係数を得ることを目的とした試験では無かったため、それぞれの工程で壁紙、床材等の対象製品ごとに最適化が必要だと考えられた。

また、対象製品が屋外等の本調査で設定したシナリオ以外の環境下で使用することを想定した場合、本調査で主要な劣化因子として取り扱わなかった UV による劣化を反映する必要があり、促進耐候性試験と実測値との時間軸の対応付けを検討する必要性がある。

さらに、最終的に排出係数を算出するためには、対象製品における想定物質の含有率を設定する必要があり、例えば壁紙や床材における想定物質の標準的な含有率を事業者問合せ等により決定する必要がある。しかしながら、同じ製品でも、製造事業者や製品ラインナップごとに含有率に差があることが予想されるため、可能な限り製品の類型化を実施し、製品分類ごとの含有率を設定する必要がある。例えば、製品分類ごとの出荷量で按分した値を標準含有率とする等、含有率算出のための手順も標準化しておく必要があると考えられる。

以上