

# 室内空気質対策事例集 【解説編】

2022年3月

一般社団法人 日本建設業連合会  
建築技術開発委員会 技術研究部会  
空気質対策専門部会



一般社団法人 日本建設業連合会  
JFCC JAPAN FEDERATION OF CONSTRUCTION CONTRACTORS

## 室内空気質対策事例集【事例編・解説編】の公開について

建物の新築工事では、塗料、接着剤、樹脂製品など多種多様な化学物質を含む建設資材が使用されており、人の健康や周辺環境への影響が懸念されています。

空気質対策専門部会（旧化学物質対策専門部会）では、室内空気質問題に関する情報の収集・啓発などに取り組んでおり、現在、ゼネコン14社17名のメンバーで活動を行っています。

空気質問題の一つである臭気については、原因物質、発生時期、発生源、閾値（臭気を感じる最低濃度）などが非常に多岐に渡っているため、確立した調査方法や対策が明確になっていない状態にあります。そのためメンバー間では共通して臭気への対応に苦慮していることがわかりました。そこで、本専門部会では各社での臭気への対応事例を取りまとめ、臭気問題の解決の一助となるよう参加企業各社の臭気対策に関する情報の共有化を図って参りました。一定の事例数が集まり内容も充実してきたので、2013年3月に「臭気対策事例集」をweb上に公開いたしました。また、2016年3月には事例を追加し「臭気対策事例集」の追加公開を、さらにVOC（Volatile Organic Compounds：揮発性有機化合物）を中心とするシックハウス対策の話題も加える形で、2019年12月に「臭気・VOC対策事例集」として加筆・修正した改訂版をweb上で公開いたしました。

また、近年は化学物質に関わる問題に加え、カビやウイルスによる微生物由来の問題も顕在化しております。今回、新たにカビ等の微生物も含め、「室内空気質対策事例集」として、対策事例を追加した【事例編】とともに、様々な専門知識を求められる室内空気質問題に関して、関連法令、測定・評価方法、対策の基本的な考え方などを分かりやすく説明した【解説編】を作成し、公開いたします。

これらの資料が臭気やVOC、微生物などの空気質問題に対する注意喚起と原因究明・対応の一助として、有効活用されることを期待しております。

2022年3月

一般社団法人 日本建設業連合会  
建築技術開発委員会 技術研究部会  
空気質対策専門部会 主査 天野 健太郎

# シックハウス 編

## 【目次】

シックハウス症候群とは . . . . .	1-1
厚生労働省で定めた室内濃度指針値 . . . . .	1-2
キシレン指針値改定について . . . . .	1-3
DBP,DEHP指針値改定について . . . . .	1-4
測定方法の概要 . . . . .	1-5
シックハウス対策に係る技術的基準(国交省) . . . . .	1-6
ホルムアルデヒド発散建材と規制対象外 . . . . .	1-7
ホルムアルデヒド放散等級自主表示制度 . . . . .	1-8
国内法規等の室内VOC規定 . . . . .	1-9
その他、注意すべきこと . . . . .	1-10

# シックハウス症候群とは

- ホルムアルデヒド等のVOC(揮発性有機化合物)、カビ、ダニなどが原因で健康障害(目の刺激、咽喉の乾燥、頭痛、湿疹など)を引き起こすこと



室内におけるVOCの発生源

(出典:国土交通省住宅局「シックハウス対策について知っておこう」パンフレット)

# 厚生労働省で定めた室内濃度指針値

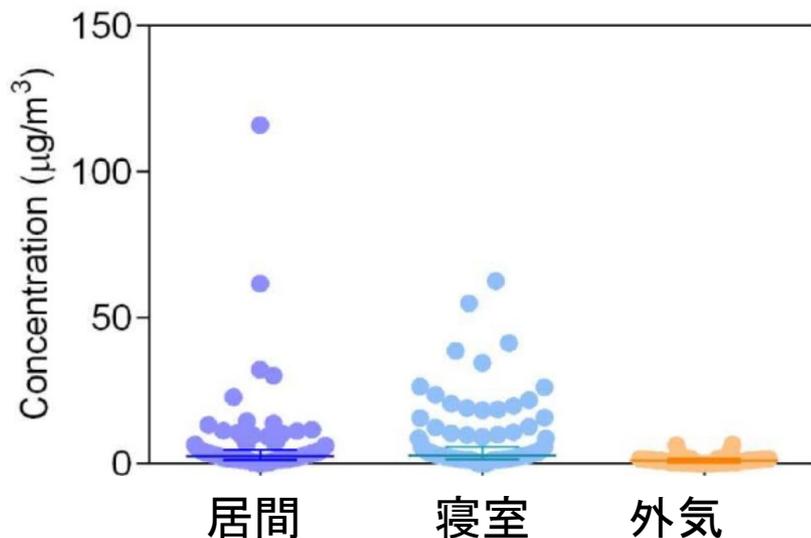
- キシレン、フタル酸ジ-n-ブチル、フタル酸ジ-2-エチルヘキシルの室内濃度指針値が改定(令和元年1月17日付)されたので、注意すること。(2021年5月末現在)

揮発性有機化合物 (VOC)	室内濃度指針値 (25°C換算)		主な用途等
ホルムアルデヒド	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0.08 ppm	合板などの合成樹脂・接着剤、防腐剤
アセトアルデヒド	48 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0.03 ppm	
トルエン	260 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0.07 ppm	接着剤や塗料などの溶剤
<b>キシレン</b>	<b>200 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math></b>	<b>0.05 ppm</b>	
エチルベンゼン	3800 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0.88 ppm	
スチレン	220 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0.05 ppm	断熱材、畳芯材
パラジクロロベンゼン	240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0.04 ppm	衣類の防虫剤、トイレの芳香剤
テトラデカン	330 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0.04 ppm	灯油、塗料などの溶剤
クロルピリホス	1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 小児の場合0.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0.07 ppb 小児の場合0.007 ppb	有機リン系殺虫剤 建築基準法で使用禁止の物質に指定
フェノブカルブ	33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	3.8 ppb	カーバメート系殺虫剤
ダイアジノン	0.29 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0.02 ppb	有機リン系殺虫剤
<b>フタル酸ジ-n-ブチル</b>	<b>17 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math></b>	<b>1.5 ppb</b>	可塑剤 (塗料、接着剤)
<b>フタル酸ジ-2-エチルヘキシル</b>	<b>100 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math></b>	<b>6.3 ppb</b>	可塑剤 (壁紙、床材など)
TVOC (暫定目標値)	400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$		大気中に揮発する有機化合物の総量

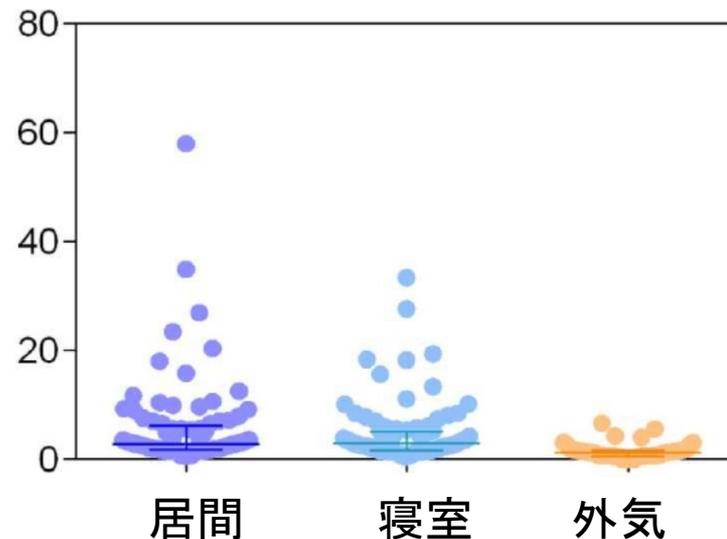
# キシレン指針値改定について

- 厚労省シックハウス問題検討会で、2019年1月よりキシレンの指針値が従来の $870 \mu\text{g}/\text{m}^3$ から $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ に改定された。これは従来の1/4以下の濃度だが、過去の実態調査ではこの値を超過することは殆ど無い。

厚労省第18回シックハウス問題に関する検討会  
「平成25年度 夏期室内空気全国実態調査および無作為抽出による首都圏実態調査結果の概要」より



2012年夏



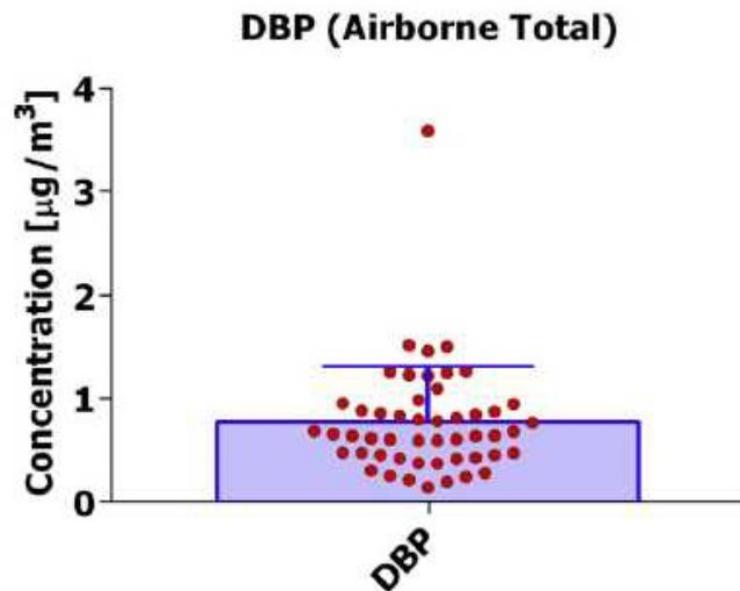
2013年夏

- ◎ 竣工時空気質測定でキシレンが新指針値を超過することは少ないが、測定直前にタッチアップ工事は行わない、測定時は機械換気を稼働させてよい。

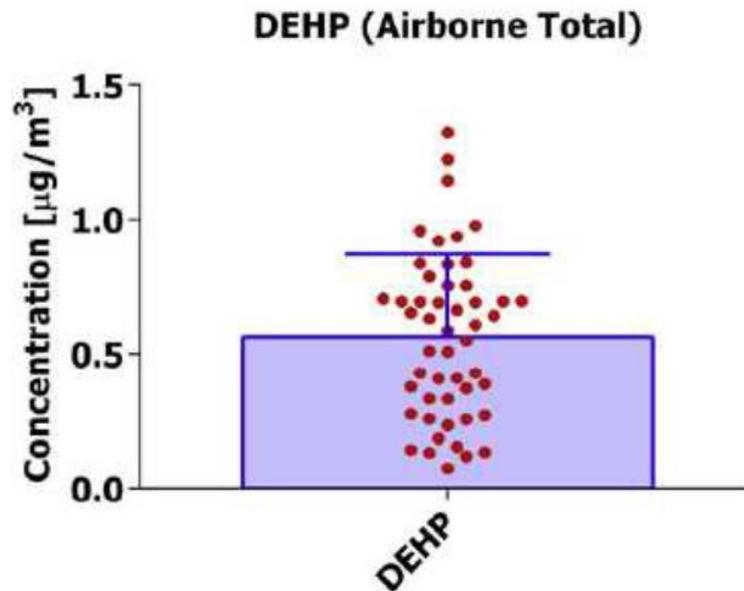
# DBP,DEHP指針値改定について

- 厚労省シックハウス問題検討会で、2019年1月より、DBP(フタル酸ジ-n-ブチル)の指針値が $220 \mu\text{g}/\text{m}^3 \rightarrow 17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ に、DEHP(フタル酸ジ-2-エチルヘキシル)の指針値が $120 \mu\text{g}/\text{m}^3 \rightarrow 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ に改定された。

厚労省第19回シックハウス(室内空気汚染)問題に関する検討会資料3より



新指針値:  $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$



新指針値:  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$

◎ DBP、DEHPに対する指針値は厳しくなったが、沸点が高いため通常の室内環境では指針値超過はほぼ無い。

# 測定方法の概要

- アクティブ法とパッシブ法があり、どちらも化学分析を必要とする。その場で確認できる検知管法(簡易法)は、近年、用いられることは少ない。

測定方法	サンプリング前作業	サンプリング時間	サンプリング状況	特徴	長所	短所	コスト※2の目安
アクティブ法	30分換気後※1、5時間以上閉鎖	30分程度		ポンプ吸引により、吸着剤に、対象空気を採取。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・正確な測定が可能</li> <li>・指定物質以外にも多くの物質の測定が可能。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ポンプが必要なため、同時に多くの箇所の測定が不向き。</li> <li>・化学分析が必要で分析に時間がかかる(1~2週間)。</li> <li>・原則として二重測定。</li> </ul>	HCHO: 1~2万円 VOC※3: 1~5万円
パッシブ法	同上	8~24時間程度		室内に吸着剤入りのサンプラーを吊るす、置くなどして対象空気を採取。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ポンプが不要で、同時に多くの箇所が測定可能。</li> <li>・採取方法が容易。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・採取時間を要する。</li> <li>・測定物質が限られる。</li> <li>・化学分析が必要。</li> <li>・分析に時間がかかる(1~2週間)。</li> </ul>	HCHO: 6千~2万円 VOC※3: 6千~4万円

※1:実施しなくてもよい。但し、その場合は測定値が高めにでる可能性がある。

※2: サンプラー本体と分析費用の合計金額

※3: トルエン、キシレン、エチルベンゼン、スチレンの4物質

◎30分換気後の閉鎖時およびサンプリング中には機械換気を稼働させてよい

(出典:厚生労働省、「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回のまとめについて」(平成12年6月29日))

# シックハウス対策に係る技術的基準(国交省)

## 1. 規制対象とする化学物質

**クロルピリホス ホルムアルデヒド**

## 2. クロルピリホスに関する規制

居室を有する建築物には、クロルピリホスを添加した建材の使用を**禁止**。

## 3. ホルムアルデヒドに関する規制

### ○内装の仕上げの制限

居室の種類及び換気回数に応じて、内装仕上げに使用するホルムアルデヒドを発散する建材の**面積制限**を行う。

### ○換気設備の義務付け

原則として全ての建築物に**機械換気設備の設置を義務付け**。

### ○天井裏等の制限

下地材をホルムアルデヒドの発散の少ない建材or機械換気設備を天井裏等も換気できる構造

# ホルムアルデヒド発散建材と規制対象外

- ホルムアルデヒドに関する規制の対象となる建築材料は、ホルムアルデヒド発散速度に応じ内装仕上の使用禁止あるいは使用面積制限を受けるが、国土交通省告示第1113～1115号に列挙された項目の建築材料であっても下表右列に該当するものは規制対象外。

ホルムアルデヒドに関する規制の対象となる建築材料	規制対象外
<ul style="list-style-type: none"> <li>・合板</li> <li>・木質系フローリング</li> <li>・構造用パネル</li> <li>・集成材</li> <li>・LVL</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・JAS F☆☆☆☆等</li> <li>・規制対象外とみなす旨の大臣認定書</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>・その他の木質系建材</li> <li>・木材のひき板等を指定樹脂等を用いた接着剤で板状に成形したもの</li> <li>・ユリア樹脂板</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・規制対象外とみなす旨の大臣認定書</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>・MDF</li> <li>・パーティクルボード</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・JIS F☆☆☆☆等</li> <li>・規制対象外とみなす旨の大臣認定書</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>・壁紙</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・壁紙施工用でんぷん系接着剤</li> <li>・ホルムアルデヒド水溶液又は指定樹脂等を用いた接着剤</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・RW/GWを含む保温材等・緩衝材</li> <li>・RW/GW、ユリア樹脂またはメラミン樹脂を含む断熱材</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・指定樹脂等を用いた告示に掲げる塗料・仕上塗材・接着剤 (施工時に塗布されるものに限る)</li> </ul>	

指定樹脂等：ユリア樹脂、メラミン樹脂、フェノール樹脂、レゾルシノール樹脂、ホルムアルデヒド系防腐剤

◎詳細は『ホルムアルデヒド発散建築材料の審査方法について』

<https://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/build/sickhouse.files/shinnsahouhou.pdf> を確認のこと

# ホルムアルデヒド放散等級自主表示制度

- 前頁の告示対象建材 **以外** は建築基準法の規制を受けず、F☆☆☆☆表示義務は無いが、接着剤、塗料、シーリング材等は、業界団体の自主表示制度がある。

日本塗料工業会 (JPMA) <https://toryo.or.jp/jp/enzen/formaldehyde/index.html>

日本接着剤工業会 (JAIA) [https://www.jaia.gr.jp/cgi-bin/search\\_1.cgi](https://www.jaia.gr.jp/cgi-bin/search_1.cgi)

日本シーリング材工業会 (JSIA) <http://www.sealant.gr.jp/tec/fmark>

日本壁装協会 <https://www.wacoa.jp/sickhouse/index.html#cont1>

日本建築仕上塗材工業会 (NSK) <https://www.nsk-web.org/holm/index.html> など

JAIA-○○○○○○○

F☆☆☆☆

自主表示の例  
(日本接着剤工業会)



告示対象建材の例  
(JAS構造用合板)

- ◎ 規制対象外(前頁)→F☆☆☆☆等のラベル表示義務あり。  
告示対象外→ラベル表示義務無し。

# 国内法規等の室内VOC規定

物質名	基準値 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	法規規定(○:仕様規定, ◎:濃度測定 ▲ △:濃度測定選択)			
		基準法 <sup>1)</sup>	品確法 <sup>2)</sup>	ビル管法 <sup>3)</sup>	学校 <sup>環境衛生基準</sup>
ホルムアルデヒド	100	○	○▲	◎	◎
トルエン	260		△		◎
キシレン	200		△		◎[必要な場合]
パラジクロロベンゼン	240				◎[必要な場合]
エチルベンゼン	3800		△		◎[必要な場合]
スチレン	220		△		◎[必要な場合]
クロルピリホス	—	○(禁止)			

▲濃度測定を選択した場合、必須 △濃度測定を選択した場合、選択。

1) 建築基準法 2) 住宅の品質確保促進法 住宅性能表示制度(「空気環境」は選択評価項目)

3) 建築物における衛生的環境の確保における法律。建築物衛生法とも言う。

◎ キシレンの厚生労働省指針値870→200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 改正に伴い、  
学校環境衛生基準は改正

## その他、注意すべきこと

### ■「特記仕様書」の確認

- 特記仕様書に記載があるかを確認すること(特に学校と住宅)

### ■トルエン、キシレン、エチルベンゼンが入っている可能性のあるもの

- エポキシ樹脂塗料、エポキシ系塗床、塗膜防水、シーラー、プライマー、設備系配管用・ダクト用接着剤、鉄骨錆止め塗料
- タッチアップ
- ミネラルスピリット(鉱物油)含有のもの
  - ✓ 対策; SDS確認、水性化、早期施工、換気

### ■ スチレンが入っている可能性があるもの

- ケミカルアンカー、ポリ板(家具)
  - ✓ 対策; スチレンフリー、SDS確認、扉の開放(家具)

## 臭気編

### 【目次】

背景	2-1
悪臭防止法(環境省)	2-2
臭気の特徴	2-3
測定・評価方法 嗅覚測定法	2-4
臭気判定士とは?	2-5
測定・評価方法 機器測定法	2-6
対策の基本	2-7
臭気発生時(原因不明)の初期対応例	2-8

# 背景

## ■ 臭気問題が顕在化した背景

- ・新建材、接着剤、生活用品など「におい」を伴う化学物質の利用増加  
→ 室内での発生源の増加
- ・高気密・高断熱化  
→ 臭気を低減するには換気量が不足する場合がある
- ・シックハウス問題をはじめとした室内環境への関心の高まり  
→ 居住者の「におい」に対する関心の増大

## ■ 臭気にかかわる規制

### ・悪臭防止法

臭気指数規制、物質濃度規制があり、どちらの規制かは自治体が決める

- ・日本建築学会アカデミックスタンダード(日本建築学会環境基準 AIJES-A0003-2019)  
非容認率\*によることが提案されているが、60人以上の被験者が必要など実務上の利用が難しい

\* : 非容認率とは臭気を受け入れられないと感じた人の割合であり、評価は室内入室直後に行うこととされている。

# 悪臭防止法(環境省)

- 工場その他の事業場より排出される悪臭についての規制
- 特定悪臭物質の「物質濃度規制」 → 「臭気指数規制」 (H19年10月より)
- 複合臭の場合は、物質濃度ではなく臭気指数の活用が有効
- 本法の目的は、生活環境の保全である。小規模事業者等の臭気にも有効である

## 規制基準の例(第一種区域の場合)

規制基準	対象	規制方法	
		特定悪臭物質	臭気指数
1号規制	敷地境界 (空気)	22物質	10 <sup>注1)</sup>
2号規制	排出口 (空気)	13物質	22 <sup>注2)</sup>
3号規制	排出水 (水)	4物質	26



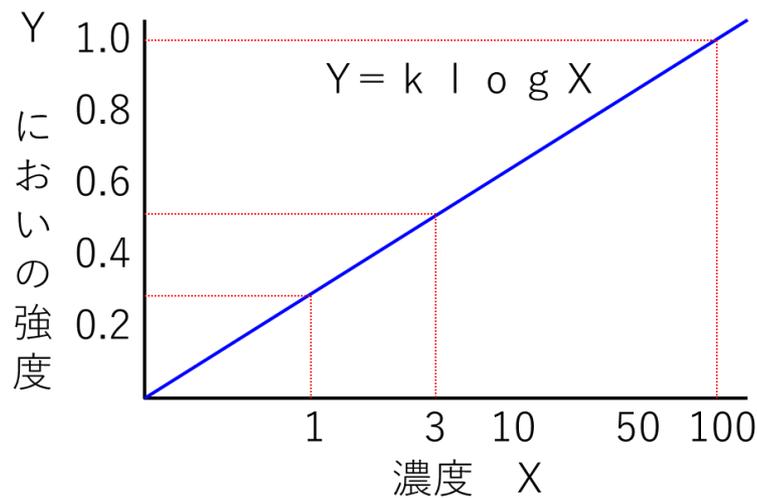
注1) 基準値は自治体ごとに定めている。ここでは採用が多い基準値を記載した。

注2) 排出口高さ、口径、周辺高さ条件により異なる。ここでは一番厳しい値を記載した。

# 臭気の特徴

- 化学物質である(臭気のない化学物質も多い)
- 微量でも臭う物質がある(機器分析で対応できない場合もある)
- 臭いは感覚の大きさが刺激強度の対数に比例(ウェーバー・フェヒナーの法則)
- 臭いの強さは化学物質ごとに異なる(濃度が高い物質が必ずしも臭気原でない)
- 臭いを感じにくくなる順応現象や臭気を感じ方は気温や湿度に影響を受ける

## ◎ ウェーバー・フェヒナーの法則



濃度を97%低減しても臭気は半分程度にしか減らない

## ◎ 嗅覚閾値(臭う最小濃度)の例

物質	閾値(ppm)
アンモニア	1.5
ホルムアルデヒド	0.5
トルエン	0.33
硫化水素	0.00041
メチルメルカプタン	0.00007
トリメチルアミン	0.000032

# 測定・評価方法 嗅覚測定法

## ■ 臭気測定法：嗅覚測定法

- ・人間の鼻でにおいの程度を数値化する方法
- ・複合臭でも感覚量と対応した評価ができる
- ・臭気指数は室内空気捕集→実験室にてパネル評価
- ・臭気強度、快・不快度、頻度→入室法にて評価

## 6段階臭気強度表示法

0	無臭
1	やっと感知できるにおい
2	何のにおいかわかる弱いにおい
3	楽に感知できるにおい
4	強いにおい
5	強烈なにおい

## 9段階快・不快度表示法

-4	極端に不快
-3	非常に不快
-2	不快
-1	やや不快
0	快でも不快でもない
1	やや快
2	快
3	非常に快
4	極端に快

## 臭気頻度表示法（5段階表示）

0	いつでもにおわない
1	たまににおう（月に1回程度）
2	ときどきにおう（週に1回程度）
3	しょっちゅうにおう（日に1回程度）
4	いつでもにおっている

## 嗅覚測定法によるにおいの数値化の主な尺度

においの数値化尺度	測定方法	概要
広播性（臭気濃度）表示法	三点比較式臭袋法 ※欧米：オルファクトメーター法	においの広播性の尺度、そのにおいが判らなくなったときの希釈倍数で示される。 臭気指数： $N \equiv 10 \times \log S$ S：臭気濃度
臭気強度表示法	6段階臭気強度表示法	においの強さに着目した尺度
快・不快度表示法	9段階快・不快表示法	においの認容性に着目した尺度
臭気頻度表示法	5段階の表示	においを感じる頻度に着目して数量化する尺度

# 臭気判定士とは？

- 「臭気判定士」は、悪臭防止法(環境省)に基づく嗅覚測定(三点比較式臭袋法)を実施するための資格。パネルの選定、試料の採取、試験の実施、最終的にはにおいの強さを意味する「臭気指数」を算出する業務を行う。

- ・臭気判定士の嗅覚要件としては一般的な嗅覚があればよく、においを嗅ぎ分ける能力が優れていたり、嗅覚が敏感であるわけではない。
- ・「ソムリエ」や、「調香師」のイメージとは異なる。



三点比較式臭袋法試験

## 臭気判定士の役割

パネルの選定  
(嗅覚検査)



試料採取  
(サンプリング)



三点比較式臭袋法  
試験の実施



臭気指数の算出

- ◎ 臭気クレーム時に現地でにおいを嗅ぎ分けたり、臭気の発生源を調査するのは本来の臭気判定士の役割ではない。

# 測定・評価方法 機器測定法

## ■ センサーを用いた方法

- ・ 半導体センサを用い、臭気の相対的な強さなどを数値化して示す方法
- ・ オゾン、湿度などの影響を受ける

## ■ 化学分析機器を用いた方法

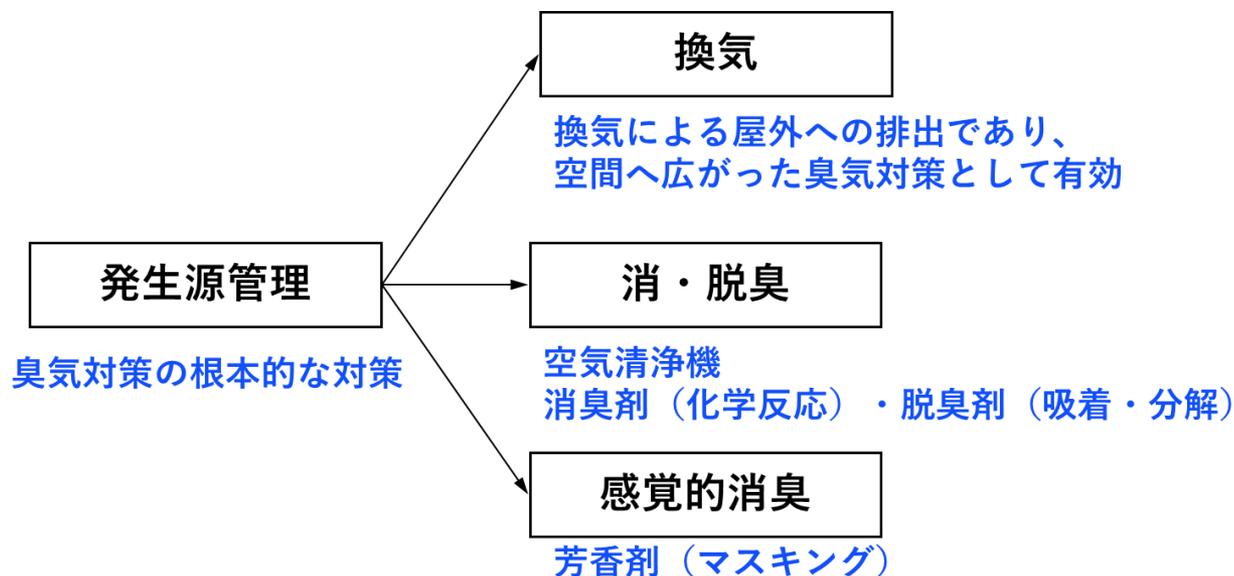
- ・ GC、GC/MS、HPLCなどの分離分析機器を用い、化学物質の定性、定量をする方法
- ・ 臭気の強さは化学物質ごとに異なり、化学物質濃度と臭気は関連しない場合も多い

分類	仕様・タイプ		使用方法	得られる結果	注意点
半導体センサ	可搬型	1センサ	・現地測定 ・直読式	強さ	・干渉ガスや湿度の影響あり ・オゾン: マイナス ・塩素系ガス: プラス
		複数センサ	・現地測定 ・直読式	強さ、質など	
	据置き型	複数センサ	・現地捕集 ・実験室で測定	強さ、質など	・湿度の影響少ない
機器分析	定量分析	GCMS, HPLC ニオイ嗅ぎ GCMS	・現地捕集 ・実験室で測定	・定性、定量 ・ニオイ嗅ぎは分離されたニオイを嗅ぎ、成分を推定	・高濃度物質と、ニオイの主因が関連しない場合あり ・現地のニオイを把握したオペレータが必要

# 対策の基本

## ■ 対策

- ・ 発生源管理 …… 発生源除去・交換、清掃、封じ込め、温度・水分制御
- ・ 換気 …… 現状換気量のチェック、換気量の増強
- ・ 消・脱臭 …… 空気清浄機、消臭剤、脱臭剤
- ・ 感覚的消臭 …… 芳香成分によるマスキング



# 臭気発生時(原因不明)の初期対応例

- 実際にニオイを嗅ぎ、最初から化学分析に頼らない
- ニオイの原因が分かる場合は、原因を取り除く
- 不明な場合は、以下の点に着目して原因を絞り込むことも有効である
- 事例編に各種情報があるので参照されたい

## ①臭気の状態把握

- 発生時期
- 臭気の範囲
- 規則性(時間帯、週明けなど)
- 質の確認(例:カレー、古本屋臭など)
- 臭気意識の程度(対象者、割合など)

## ②建築

- 工程確認(湿式工事の時期)
- 仕上一覧の確認
- タッチアップ
- 建築資材の残存
- カビの有無

## ③設備

- 換気風量の確認
- フィルタ等の目詰まり
- ショートサーキット
- 封水切れ
- 取入れ外気
- カビの有無

## ④その他

- 周辺環境
- 芳香剤
- 腐敗物の残留

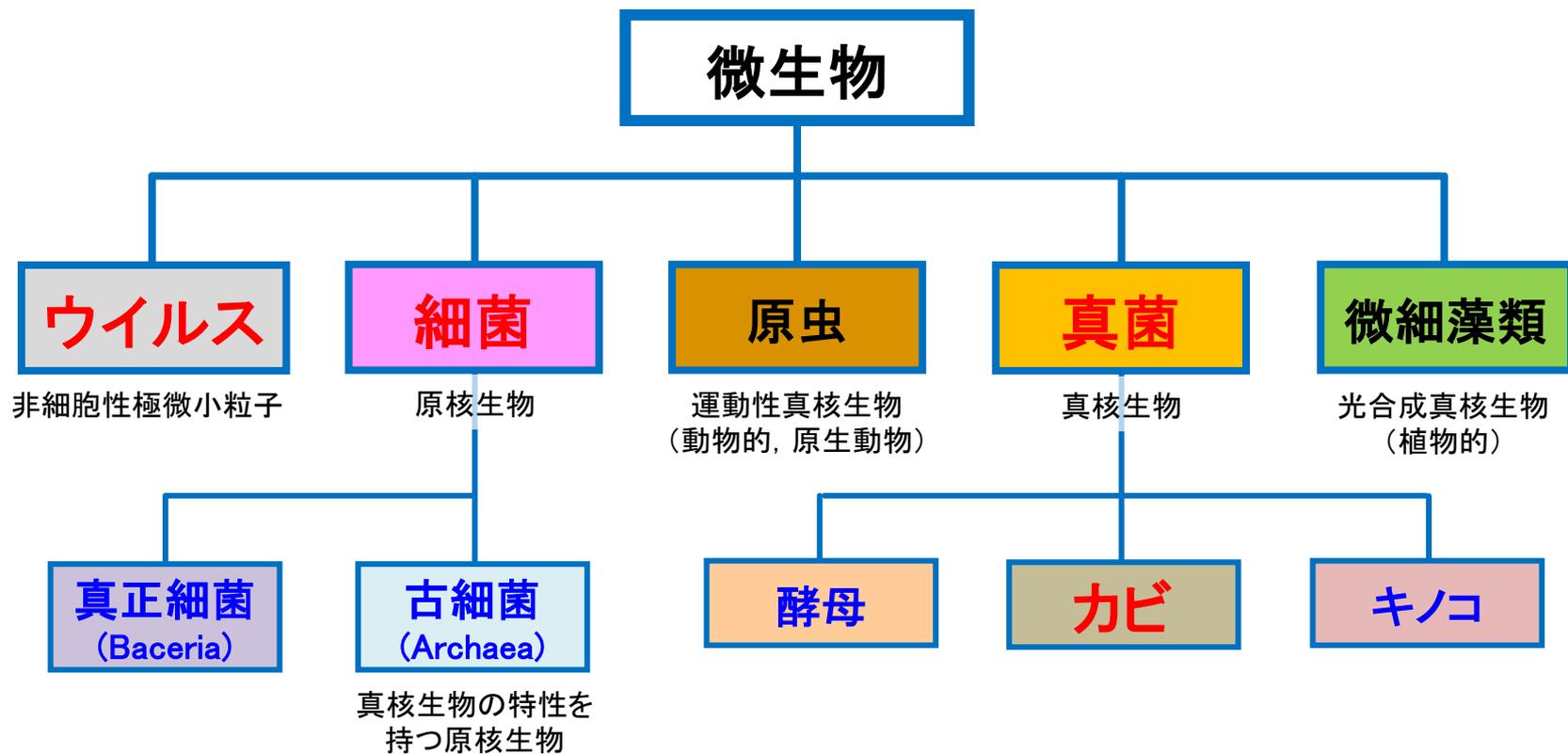
## 微生物編

### 【目次】

微生物とは.....	3-1
真菌とは.....	3-2
細菌とは.....	3-3
ウイルスとは.....	3-4
建物におけるカビ問題と生育要因.....	3-5
建物におけるカビ汚染の問題.....	3-6
日本建築学会環境基準.....	3-7
微生物汚染の測定評価手法：培養法.....	3-8
建材選定：カビ抵抗性試験.....	3-9
発生要因に基づいたカビ抑制対策方法.....	3-10
防カビ／抗菌／抗ウイルス加工製品.....	3-11
アスペルギルス症対応の例.....	3-12

# 微生物とは

- 肉眼では判別ができず、顕微鏡などによって観察できる程度の大きさの生物
- 多くの場合、細胞サイズが $<0.1\text{mm}$ ( $100\mu\text{m}$ )の単細胞生物を微生物という



赤字: 建築分野において関連性が高く、本解説編にて詳細解説する。

# 真菌とは

- 酵母・カビ・キノコといった多様な形態を示す数10 $\mu$ mの単細胞性の真核生物
- 糸状性の菌糸型(カビ・キノコ)と細胞性の酵母型の大きく2つの形態をとる
- 基本的に、好気性であり、20～30 $^{\circ}$ Cの温度域を好む常温性
- 分解酵素を分泌して有機物を消化して摂取する従属栄養生物が多い

## 建設業に関連する代表的な真菌

### ・クロカビ (*Cladosporium*属など) [カビ/糸状菌]

住居内(壁, 窓の結露部やシリコンシーラントなど)で発生し、シミ(染み)の原因アレルギー(喘息)の原因物質であると指摘されている

### ・木材腐朽菌 [キノコ/従属栄養/腐生菌]

木材に含まれる難分解性物質(リグニン、セルロース、ヘミセルロース)の分解能を持つ木材を腐朽(腐食による劣化)させ、外見・強度を劣化させる

### ・真菌症原因菌

#### アスペルギルス (*Aspergillus fumigatus*) [カビ/アスペルギルス症]

環境中に普遍的に存在するアスペルギルス属真菌の孢子を吸い込むことで感染免疫力が低下した人が感染すると発症する日和見感染症のひとつ  
病院の改築工事等に起因し院内感染拡大が懸念される

# 細菌とは

- 脂質二重膜で構成された細胞膜を持つ数 $\mu\text{m}$ の単細胞生物(グラム陰性菌)
- ペプチドグリカン層で構成された細胞壁を持つ数 $\mu\text{m}$ の単細胞生物(グラム陽性菌)
- 細胞内において、遺伝情報(DNA、核様体)は膜につつまれずに存在(原核生物)
- 特殊な環境下(無酸素・高温・低温・酸性など)においても生存可能なものがある

## 建設業に関連する代表的な細菌

- ・硫酸還元細菌 (Desulfoviviro属など) [Bacteria/偏性嫌気性]  
酸素の代わりに硫酸塩を還元して呼吸する細菌  
硫化水素の発生や嫌気環境下における鉄腐食の原因  
地下ピットなどで配管腐食を引き起こす可能性
- ・レジオネラ菌 (Legionella属) [Bacteria/自然環境常在性/細胞内寄生性]  
レジオネラ症(肺炎)を引き起こす細菌  
温水タンク・温水浴槽などを汚染し、その汚染水を介して感染する
- ・MRSA(メチシリン耐性黄色ブドウ球菌) (Staphylococcus aureusなど) [Bacteria/多剤耐性菌]  
表皮常在菌である黄色ブドウ球菌が抗生物質メチシリンに対し薬剤耐性を獲得  
多くの抗生物質に耐性を示す多剤耐性菌であり、治療困難な日和見感染症を引き起こす
- ・メタン生成菌 (Methanosarcina属など) [Archaea/偏性嫌気性/通性独立栄養]  
 $\text{H}_2/\text{CO}_2$ や酢酸を基質としてメタンを生成する細菌  
メタン発酵槽内や哺乳類の消化器官に優占し、メタンを発生している

# ウイルスとは

- 遺伝情報を有した極微小な感染性構造体(極微小粒子:20~300nm)
- 蛋白質の外殻、内部に遺伝子(DNA、RNA)を持っただけの単純な構造体
- ウイルス単独では増殖することができない
- 他の生物(宿主)細胞を利用して自己を増殖する
- 他の生物のように“代謝”を行わない → 狭義的にウイルスは【生物ではない】

## 代表的なウイルス

### ・ノロウイルス

[大きさ:約30nm/一本鎖RNA(+)  
ウイルス]

ウイルス性胃腸炎を引き起こすウイルス

エンベロープを持たない構造のためアルコール消毒が無効

### ・インフルエンザウイルス

[大きさ:約100nm/一本鎖RNA(-)  
ウイルス]

季節性インフルエンザを引き起こすウイルス

コンスタントに小さな遺伝的変異を起こすため毎年のように流行  
大きな変異により強毒化ウイルスの感染拡大が恐れられている

### ・新型コロナウイルス

[大きさ:約100nm/一本鎖RNA(+)  
ウイルス]

急性呼吸器疾患を引き起こすウイルス 治療法が未確立

変異株が断続的に出現しているため、ワクチンが普及するも  
世界的大流行(パンデミック)は収束していない(2022年1月現在)

## 新型コロナウイルスの感染能維持期間

銅	段ボール	ステンレス	プラスチック
<4時間	1日未満	3日間	3日間

(参照) The New England Journal of Medicine.  
382:1564-1567. (2020)

紙	布	木材	紙幣
<3時間	<1~2日	<1~2日	2日間
プラスチック	ステンレス	マスク(内側)	マスク(外側)
<4日	<4日	<7日	>7日間

(参照) Lancet Microbe. 1(1): e10. (2020)

# 建物におけるカビ問題と生育要因

- 真菌の一種であるカビは建物に対し様々な問題・被害をもたらす
- 付着菌と空中浮遊菌があり、それぞれ被害の与え方が異なり、単位も異なる
- 生育要因を考慮した抑制が有効（→[発生要因に基づいたカビ抑制対策方法]を参照）

## 【カビ汚染による問題・被害】

**付着菌** 単位\*: CFU/25cm<sup>2</sup>

- ・建材の汚れ
- ・建材の劣化
- ・調度品・製品の汚染
- ・二次汚染(虫, 浮遊菌)

**空中浮遊菌** 単位\*: CFU/m<sup>3</sup>

- ・アレルギー
- ・呼吸器疾患
- ・刺激(頭痛など)
- ・臭気

**MVOC**  
微生物由来  
揮発性有機化合物

## 【カビ生育要因と建築的対応】

生育要因		建築の留意点	
I	水分	環境	・湿度 ・含水率
II	温度		・高温多湿制御 ・非空調 ・露点温度
III	酸素	—	—
IV	栄養	建築	・カビ抵抗性試験による材料選定 ・防カビ仕様建材
V	pH		建材表面pH

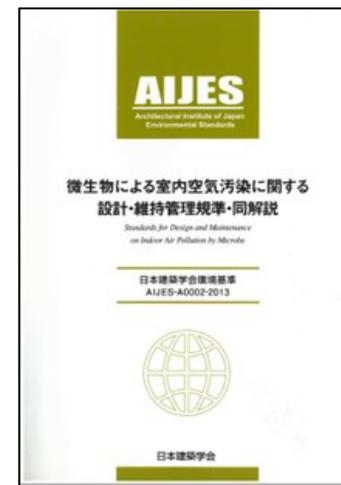
\*CFU: Colony Forming Unit(培地培養の結果生育したコロニー数で評価する)

# 建物におけるカビ汚染の問題

- 気密性の高い建物の増加
- 2000年の**建築基準法改正**により、地下居室が認められ、半地下や地下に居室を持つ建物が増加
- シックハウスの対応としてホルムアルデヒドが低減し、引き渡し前にカビが発生
- 地球温暖化、夏季の集中豪雨、省エネの影響

## 建物に関するカビ問題への規準や指針

- ①微生物による室内空気汚染に関する設計・維持管理規準・同解説  
日本建築学会環境基準 AIJES-A0002-2013
- ②浮遊微生物サンプリング法規準・同解説  
日本建築学会環境基準 AIJES-A0008-2013
- ③カビ抵抗性試験(JIS Z 2911:2010付属書A)



# 日本建築学会環境基準

AIJES-A0002-2013

- 建物用途ごとに、設計規準と維持管理規準が定めた
- 事務所、学校、住宅はカビと細菌を区別して管理
- 病院、高齢者施設、生産施設(食品、化粧品、医薬品)は微生物として管理

## 【事務所・学校・住宅】

注1) 1000以上の場合は、「室内濃度/屋外濃度」比が2以下

対象建物	細菌 (CFU/m <sup>3</sup> )		カビ (CFU/m <sup>3</sup> )	
	設計規準	維持管理規準	設計規準	維持管理規準
事務所	200	500	20	50
学校	10000	10000	2000	2000
住宅	設定せず			1000 <sup>注1)</sup>

## 【病院・高齢者施設・生産施設<sup>注2)</sup>】

注2) 病院、生産施設は、独自の基準設定あり

対象建物	微生物(CFU/m <sup>3</sup> )		関連基準等
	設計規準	維持管理規準	
病院	10、200	10、200、500	CDC
高齢者施設	200	500	—
生産施設(食品・化粧品・医薬品)		100	PIC/S、HACCP

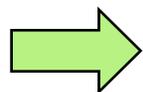
# 微生物汚染の測定評価手法：培養法

- 微生物の測定は、採取→培養(5~7日)→カウントして結果判定
- 微生物の測定は、空中浮遊菌と付着菌で採取方法が異なる。
- 微生物は培養しないと結果が得られない。

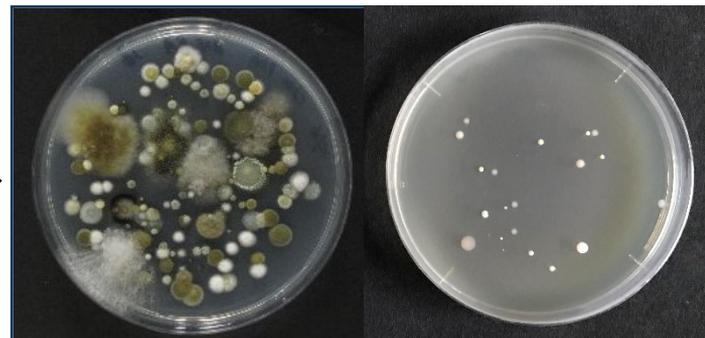
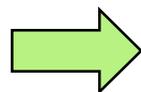
## 空中浮遊菌



【サンプラーで採取】



インキュベータ  
カビ: 25°C  
【5~7日間培養】  
一般細菌: 35°C  
【2日間培養】



【コロニー数で判定】

## 付着菌



【ふき取り法】



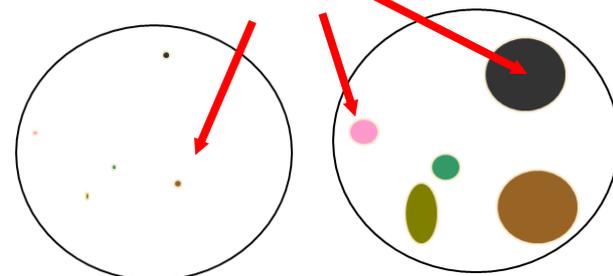
【スタンプ法】

肉眼では見えない

カビ用培地:  
PDA、M40Yなど  
一般細菌用培地:  
SCD、標準寒天培地など

肉眼で見える

コロニー

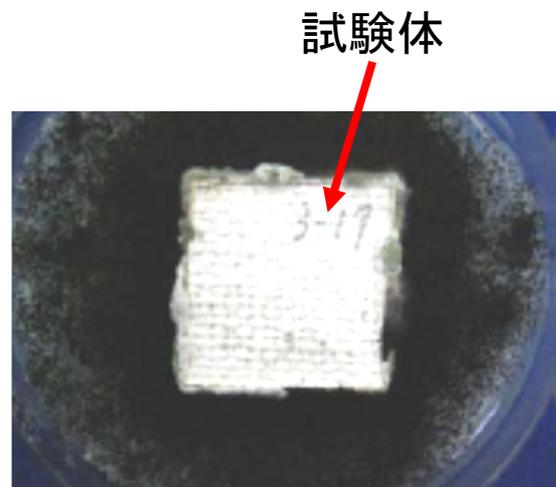
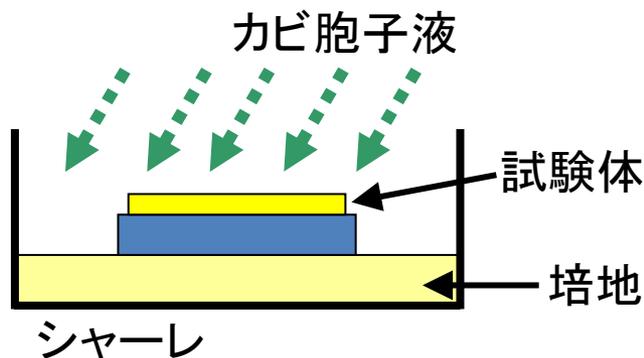


# 建材選定：カビ抵抗性試験

- 建材のカビの生え易さ、生え難さを評価する方法
- カビを噴霧し、4週間後に、建材表面にカビが占める割合を目視「0」～「5」で判定
- JIS Z 2911:2018付属書Aには、A法、B法がある。

## 6種類のカビを建材（試験体）に噴霧

- ・クロコウジカビ
- ・アオカビ
- ・クロカビ
- ・ケタマカビ
- ・ツチアオカビ
- ・ススカビ



## カビ抵抗性試験(JIS Z 2911:2018付属書A)判定基準

菌糸の発育	判定
肉眼・顕微鏡下で発育なし	0
顕微鏡下で発育あり	1
試料面積の25%未満の発育	2
試料面積の25～50%未満の発育	3
試料面積の50%以上の発育	4
試料面積の100%（覆っている）	5

# 発生要因に基づいたカビ抑制対策方法

- カビ発生(生育)の主たる要因は、「水分」「温度」「栄養」
- カビは、湿度60%以上になると生育しやすくなる
- カビの生育最適温度は25～28℃である
- カビは多様な栄養源(汚れ(有機物)、木・紙(セルロース))を用いて生育する

生育要因	対策方法
水分	温度変化に関わらず相対湿度を常時60%以下に保つ
温度	なるべく25℃以下を保つ
栄養	清掃によるカビ発生要因(栄養源＝汚れ)の除去 ・洗剤(アルコールや漂白剤)によるふき取り ・掃除機の排気管理(ダストや浮遊菌などをまき散らさない)

## カビの生育要因を標的とした抑制対策方法が効果的

日頃から除湿や換気を行うことで室内の湿度を50%程度に抑え、こまめに清掃することがカビ発生対策には効果的

発生してしまった場合は、除去(張替え・交換や清掃)したうえで発生しにくい環境整備を行う

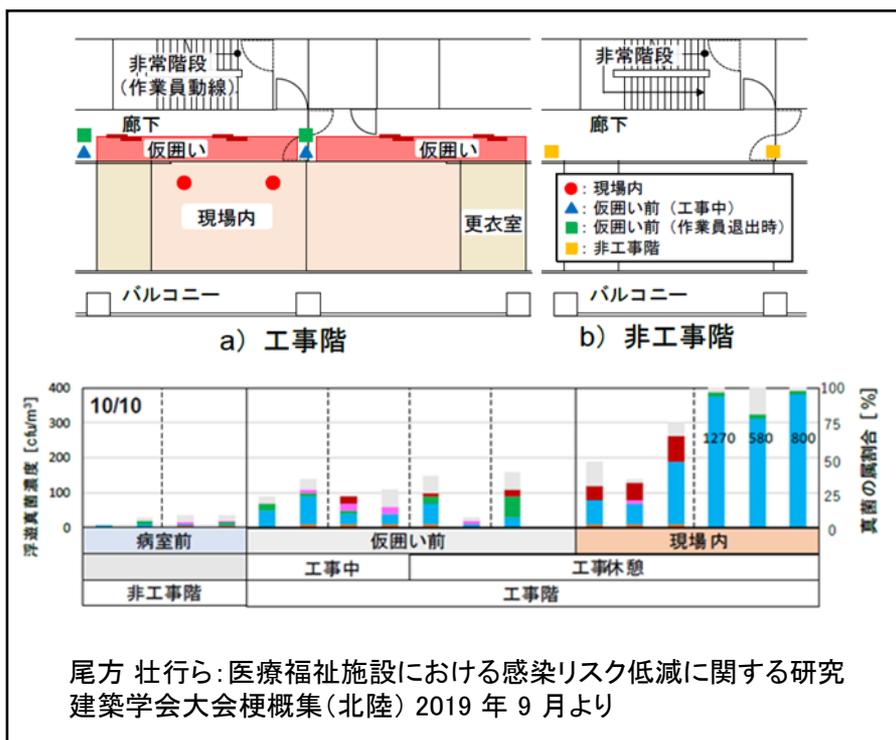
# 防カビ／抗菌／抗ウイルス加工製品

- 付着したカビ・細菌・ウイルスの増殖を抑える製品について、適正に消費者が利用できるように、各認証団体が自主基準を設け、認証マークを表示する制度がある。
- 規定条件での試験効果であり、使用状況によって効果が発揮できないことに注意。
- 浮遊菌などの除去や病気の治療・予防の効果はない。
- 以下に認証マークの概要を示す。

認証マーク	認証団体	認証性能	主な認証マーク表示対象
(例)  SIAA 抗菌加工	抗菌製品 技術協議会	抗菌性・抗ウイルス性・防カビ性	日用品・家電・住宅建材・設備・ 自動車部品・印刷物など
 PIAJ 光触媒工業会	光触媒 工業会	セルフクリーニング(UV)、抗菌(UV・ 可視光)、抗ウイルス(UV・可視光)、 空気浄化(窒素酸化物、アセトアル デヒド、ホルムアルデヒド、トルエン)	光触媒コーティング剤・硝子製品、 フィルム製品・外装建材・内装建 材・光触媒フィルター・電気製品・ 日用品・空気浄化機器・水浄化 機器・インテリア・装飾
(例)  SEK 抗菌防臭加工	繊維評価 技術協議会	抗菌防臭加工、制菌加工、抗かび 加工、光触媒抗菌加工、抗ウイルス 加工、消臭加工、光触媒消臭加工、 防汚加工、紫外線遮蔽加工	衣料品・寝装品・インテリア製品・ 雑貨品

# アスペルギルス症対応の例

- 建物の解体、改修工事時に飛散する粉塵中に、アスペルギルスが含まれる
- アスペルギルスを吸い込むことで、アスペルギルス症（肺炎）になる場合がある
- 病院の解体、特に増築等で隣接する病院が稼働中の場合は、免疫力低下、呼吸器疾患等の患者のために、十分に配慮する必要がある。
- 発塵の抑制、飛散・流出抑制を意識した工事を計画する必要がある。



尾方 壮行ら：医療福祉施設における感染リスク低減に関する研究  
建築学会大会梗概集(北陸) 2019年9月より

## 計画段階

- 病院、施工者で事前検討
- HEPAフィルタ、陽圧室の有無確認
- 区画養生エリア、監視方法の検討

## 施工

- 湿潤化
- 前室の確保
- 負圧養生
- 集じん排気装置
- 作業用防護服等の着脱エリアの徹底
- 工事エリア粉塵のモニタリング管理

# 美術館・博物館 編

## 【目次】

美術館・博物館の空気質	4-1
重要文化財公開に関する流れ	4-2
重要文化財公開に関する法規・組織(文化庁)	4-3
文化財保存施設の空気質測定方法	4-4
収蔵庫の換気・空調方式	4-5
展示室の換気・空調方式	4-6
ケミカルフィルタ	4-7
建材の選定	4-8
展示ケースの化学物質低減対策	4-9

# 美術館・博物館の空気質

- 文化財などの展示物に有害な汚染化学物質がある。

…→ シックハウス指針物質と異なる対象物質も！

## 汚染化学物質の種類・発生源と展示物への影響

汚染化学物質	発生源例	影響を受ける材質
アンモニア	コンクリート・塗料・人	油絵の褐変・緑青の青変 など
有機酸（ギ酸・酢酸）	ベニヤ・木材・接着剤	金属腐食・鉛丹変色（ギ酸で白変、酢酸で黒変）など
アルデヒド類	ベニヤ・メラミン樹脂	膠の硬化・鉛丹変色（ホルムアルデヒドで白変）など
オゾン	電気器具	有機物脆化
炭酸ガス	人・微生物	高湿度下で鉛丹変色
含硫黄化合物	ゴムカーペット	銀の変色

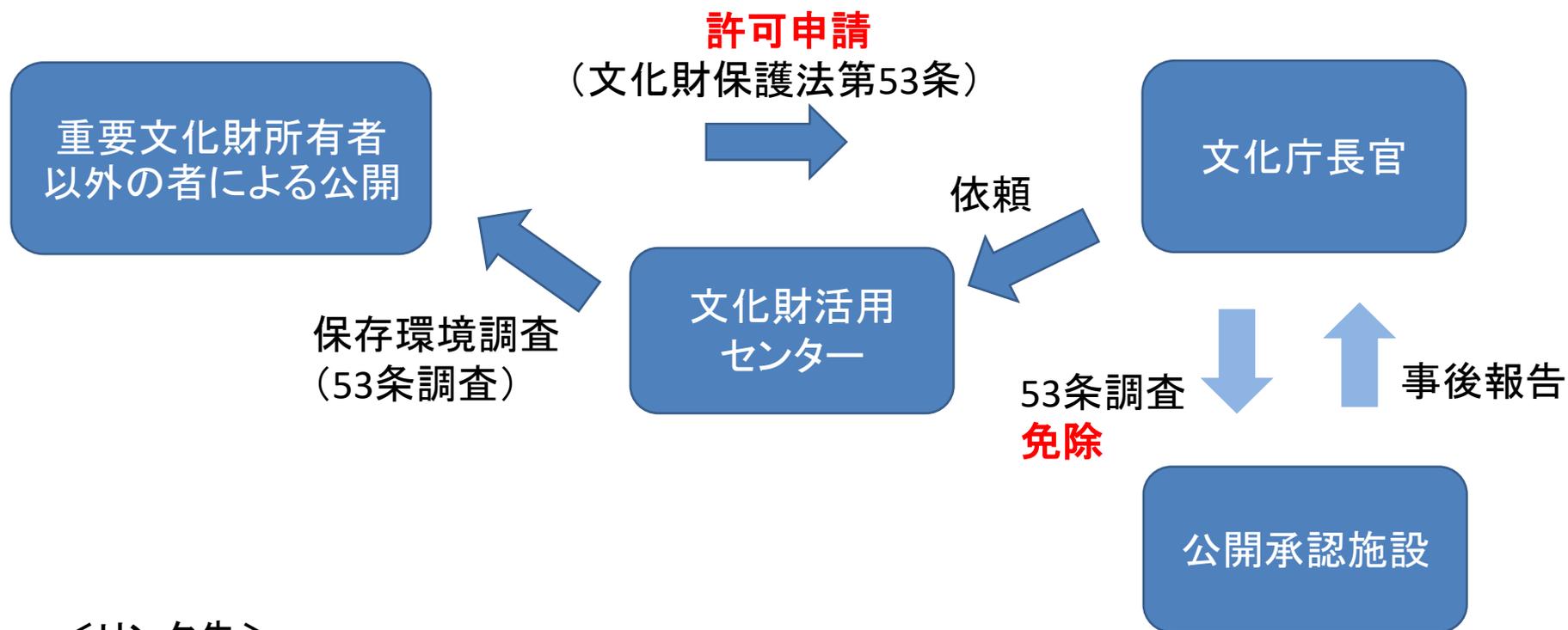
## 東京文化財研究所「空気環境調査の測定対象物質と望ましいレベル」

汚染化学物質	望ましいレベル（濃度ppb）
アンモニア	30 ppb以下
ギ酸	10 ppb以下
酢酸	170 ppb以下
ホルムアルデヒド	80 ppb以下
アセトアルデヒド	30 ppb以下

◎ 「文化財公開施設の計画に関する指針」では、アンモニア対策として、コンクリートの打設後から文化財の公開までの期間は、二夏の経過またはこれに相当する環境の実現が望ましいとされている

※ 国の設定や学会の勧告等は未だまとめられていないが、独立行政法人国立文化財機構東京文化財研究所では、文化財保存管理の観点から美術館・博物館等に対し、代表的な化学物質についての管理目標値を推奨しており、運用時の管理の参考にすることが出来る。

# 重要文化財公開に関する流れ



## <リンク先>

- ・[文化財保護法 第53条 所有者以外の者による公開](#)
- ・[国宝・重要文化財の公開に関する取扱要項](#)
- ・[文化財公開施設の計画に関する指針](#)
- ・[独立行政法人国立文化財機構 文化財活用センター](#)

# 重要文化財公開に関する法規・組織(文化庁)

法規等	内容
文化財保護法 第53条 所有者以外の者による公開	重要文化財の所有者や管理団体以外の者が重要文化財を公開するときは、 <b>文化庁長官の許可が必要</b> 。ただし、文化庁長官以外の国の機関若しくは地方公共団体があらかじめ文化庁長官の承認を受けた博物館その他の施設(「 <b>公開承認施設</b> 」)が主催する場合は事前の「 <b>53条調査</b> 」は免除される。
国宝・重要文化財の公開に関する取扱要項	文化財保護法第53条に基づき、所有者及び管理団体以外の者が移動を伴う公開を行う場合の取扱いを行うべき事項や留意すべき事項を示したもの。 <b>重要文化財等の公開は、温湿度、空気質、かび、じんあい等の発生や影響を受けない清浄な環境のもとで行わねばならない。</b>
文化財公開施設の計画に関する指針	文化財公開施設設置等計画に当たり、基本的考え方や留意事項を明確にしたもの。
(独立行政法人) 文化財活用センター	国宝・重要文化財を所有者や管理団体から借用し、公開する予定の美術館・博物館等に対し、文化庁が必要と判断した場合に温湿度、空気、照明などの環境保存環境調査などを行なう組織。

# 文化財保存施設の空気質測定方法

■ ①②③は簡易法。③はポンプが必要。④は専門の分析専門機関に依頼。

## ①変色試験紙(環境モニター)

酸性・アルカリ性：24時間

## ②パッシブインジケーター

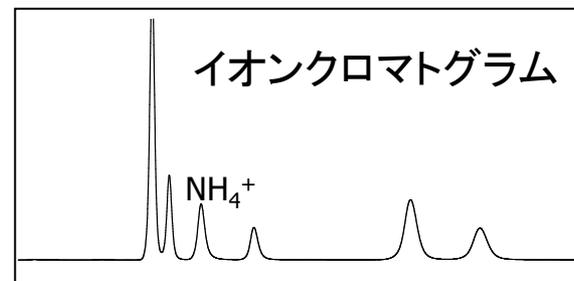
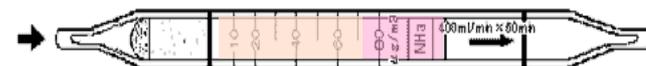
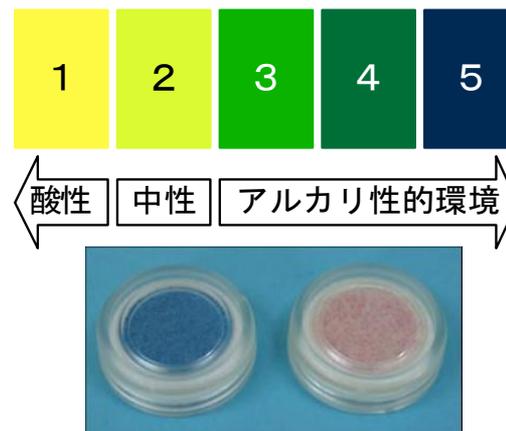
アンモニア：4日間、有機酸：7日間

## ③検知管

アンモニア、有機酸、ホルムアルデヒド：  
30～60分

## ④精密法

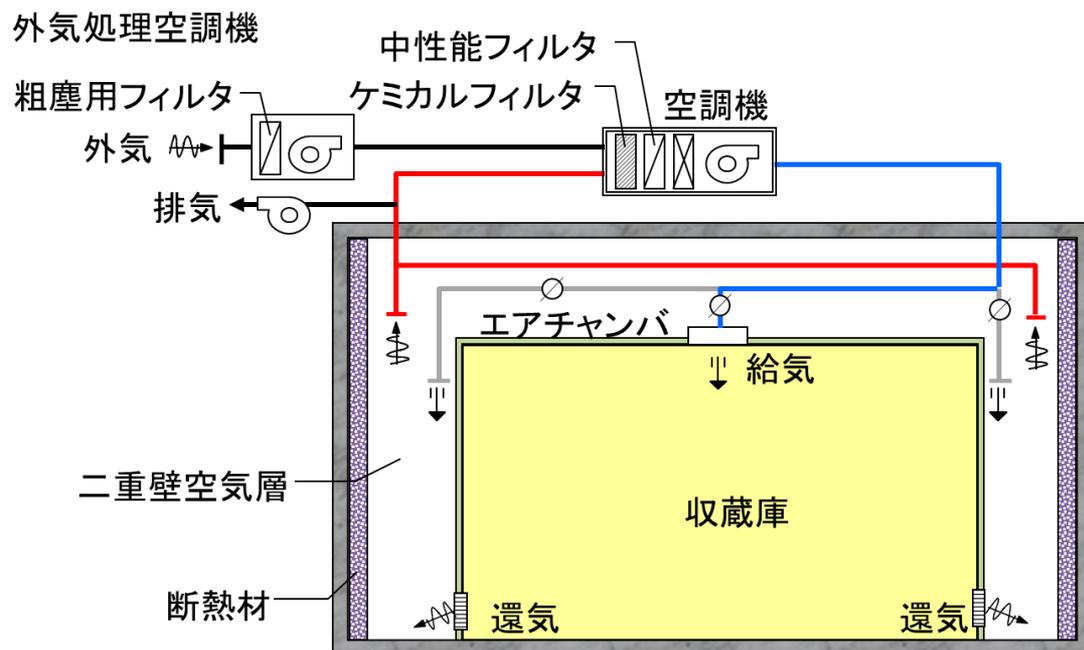
アンモニア、酢酸、ギ酸、ホルムアルデヒド、アセトアルデヒド



# 収蔵庫の換気・空調方式

- 空気浄化のために外気取入口や空調機に、粗塵用フィルタ、中性能フィルタ及びケミカルフィルタを設置する。
- 作業時の換気を確保する。
- 外部の影響を受けないように空気層を設けて、庫内と空気層を空調することが望ましい。
- 気流が収蔵品に影響しないように吹出位置に配慮する。

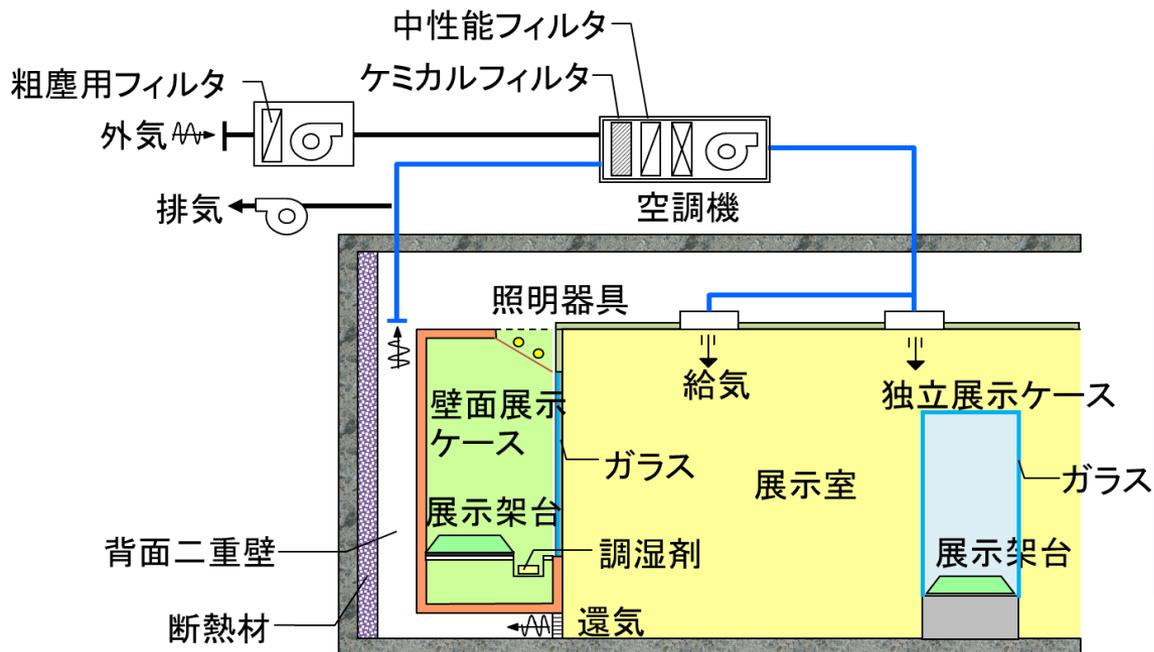
収蔵庫の空調システムの例



# 展示室の換気・空調方式

- 空気浄化のために外気取入口や空調機に、粗塵用フィルタ、中性能フィルタ 及びケミカルフィルタを設置する。
- 入館者数による給気温度の変動影響を少なくする。
- 外部の影響を受けないように壁面展示ケースの背面に空気層を設け、空調することが望ましい。
- 空調停止による急激な温度変動を生じないように配慮する。

## 展示室の空調システムの例



◎ 展示ケースは急激な温湿度の変動から保護するために高い気密性を有する場合がある。ケース内空気の入れ替わりが少なくなるため、建材や展示用架台由来の有害ガス汚染対策に配慮する必要がある。

## ケミカルフィルタ

- 除去したい空気汚染物質を想定し、対象ガスに適したケミカルフィルタを必要に応じ、収蔵庫、展示室系統の空調機へ設置する。

### 化学吸着剤の種類と特長

種類	主な除去対象ガス
酸性ガス用吸着剤 (アルカリ系薬剤添着)	有機酸(酢酸・ギ酸)、硫酸、硝酸、 硫化水素
アルカリ性ガス用吸着剤 (酸系薬剤添着)	アルカリ性ガス(アンモニア・アミン類)
有機系ガス吸着剤 (活性炭)	VOCなど

# 建材の選定

## ■ 建材のSDS情報を利用する方法

SDS情報からホルムアルデヒドの放散速度F☆☆☆☆等級を選ぶ。酢酸やアンモニアを主成分とする材料は選定しないようにする。必要に応じて、汚染化学物質評価を実施する。

対象部位		内装材料	SDS情報のチェック内容
展示室	床	木質系フローリング、 タイルカーペット	木質系の材は、F☆☆☆☆でも有機酸が発生するので注意が必要。 (メーカーによっては枯らした材料を用意している)
		コンクリート セメント系材料	アンモニアが発生するため、枯らしが必要。
	壁・天井	合板	ホルムアルデヒドの放散に注意が必要。
		石膏ボード	合板より石膏ボード下地のほうが汚染化学物質の放散は少ない。
		壁紙接着剤	酢酸ビニル樹脂系でんぷん糊は、初期に酢酸の放散があるため、 枯らしを実施。
		壁紙	難燃剤としてリン窒素化合物が使用されていることが多く、初期にアンモニアの 発生が多いため、十分枯らして使用する。
塗装材	塗装直後に塗料から化学物質を放散するため、枯らしを実施する。		
収蔵庫	床	仕上げ材	木質系の材は、F☆☆☆☆でも有機酸が発生するので注意が必要。 (メーカーによっては枯らした材料を用意している)
	壁・天井	仕上げ材	無機質系調湿建材を推奨。

- ◎ 意匠性を重視し、汚染物質の放散が少ない材料を選定できない場合は、十分な枯らし期間を確保できるよう施工するか、十分に枯らした材料を使用するとよい。  
(「枯らし」: 清浄な空気環境に一定の時間静置して汚染化学物質を減衰させること)

# 展示ケースの化学物質低減対策

- 展示ケースの内装材からの発生ガス濃度を下げる方法としては、まず換気を行い、補助的に吸着材を使用する場合もある。

## ①換気による対策

- ・展示ケースの空気が汚染されている場合、展示室などの周囲の空気が清浄であれば、扉の開放や送風機、扇風機等を用いて換気を行う。

## ②吸着材による対策

分類	形状	使用例	性能・注意点
シート状吸着材	シート状の吸着剤	化学物質が発生している面に貼る。	吸着する化学物質の量が少ない。吸着材の種類により除去できる化学物質が決まる。
粒状吸着材	粒状吸着剤 (活性炭、ゼオライト、化学物質添着活性炭など) 不織布の袋入りのものもある。	トレイに入れて設置する。 空間に設置する。	粉の飛散に注意。 吸着材と化学物質の接触する面が小さいので濃度を下げるのに時間がかかる。 空間の空気と接触させるようにする。

- ◎ 汚染物質の種類や発生源によっては濃度の低減に時間を要するケースがあるので、状況に応じて対策を選定する必要がある。