

2023 JAHMEC

第50回 建築物 環境衛生管理 全国大会

抄録集

2023年1月19日(木)・20日(金)

メインテーマ

「第50回から踏み出す建築物衛生の新たな役割」

会 場

日本教育会館一ツ橋ホール (東京都千代田区一ツ橋2-6-2)

公益財団法人 日本建築衛生管理教育センター

目 次

| | | |
|------------------|-------|-----|
| 趣 旨 | ..... | 2 |
| 大 会 行 事 | ..... | 2 |
| 日 程 | ..... | 3 |
| 厚生労働大臣表彰被表彰者 | ..... | 4 |
| 会長表彰被表彰者 | ..... | 5 |
| 研究集会優秀発表表彰 | ..... | 6 |
| 特 別 講 演 | ..... | 9 |
| 専 門 講 座 | ..... | 17 |
| シ ン ポ ジ ウ ム | ..... | 25 |
| 研 究 集 会 | ..... | 59 |
| セ ン タ 一 研 究 報 告 | ..... | 107 |
| 第 50 回全国大会会場注意事項 | ..... | 114 |
| 委 員 名 簿 | ..... | 115 |
| 広 告 一 覧 | ..... | 117 |

【趣旨】

近年、都市部を中心に大規模で多目的な建築物が数多く建設され、これに伴い設備や構造は益々複雑化してきている。このため建築物の環境衛生管理に携わる様々な者の知識の向上に資することを目的に全国大会を開催し、建築物の環境衛生に関する意見・議論を交わし、新たな知見を得ることにより、建築物における衛生的環境の確保を図ることとする。

【大会行事】

(1) 式典

建築物の環境衛生管理に関し、永年顕著な功績のあった方々の表彰及び研究集会での優秀な調査・研究発表の表彰を行う。

(2) 特別講演

建築物の環境衛生問題にとらわれず、最近の社会の趨勢や国際社会の動向など幅広いテーマで特別講演を行う。

(3) 専門講座

建築物の環境衛生に関するトピックスや新たに発生した問題等について、専門家による講座を行う。

(4) シンポジウム

建築物の環境衛生管理問題に関する最新の課題や重要問題点について、有識者等複数の演者によるメインテーマに基づくシンポジウムを行う。

(5) 研究集会

建築物環境衛生管理技術者や行政、学識経験者等、建築物の環境衛生管理関係者が行った調査・研究等の成果や実績及び維持管理に関する改善事例実績等を発表し、その成果を今後の方針付けに役立てるために討議を行う。

(6) センター調査・研究報告

当センターが実施した調査・研究の報告を行う。

【日 程】

第1日目 1月19日(木)

| | |
|-------------|---------------------------|
| 9：45～10：15 | センター調査・研究報告 |
| 10：23～10：49 | 研究集会 2題 |
| 10：55～12：30 | 特別講演 「細菌間コミュニケーションの機構と制御」 |
| 13：30～14：30 | 式 典 (次 第) |
| ・主催者挨拶 | (公財)日本建築衛生管理教育センター会長 |
| ・表彰状授与 | 厚生労働大臣表彰 |
| | (公財)日本建築衛生管理教育センター会長表彰 |
| | 研究集会優秀発表表彰 |
| ・来賓祝辞 | 厚生労働大臣 |
| ・謝 辞 | 受賞者代表 |
| 14：48～17：17 | 研究集会 11題 |

第2日目 1月20日(金)

| | |
|-------------|---|
| 10：03～11：59 | 研究集会 8題 |
| 13：00～14：05 | 専門講座 「生物多様性の未来と外来生物問題」 |
| 14：20～17：35 | シンポジウム 「建築物における環境・エネルギーの管理 —with コロナ時代の省エネに向けて—」 |

令和4年度 厚生労働大臣表彰被表彰者（建築物環境衛生功労者）

| | | |
|-------------|---------|----------------------------------|
| 埼 玉 県 | 宍 戸 壮 一 | 一般社団法人埼玉県ビルメンテナンス協会監事 |
| 千 葉 県 | 横瀬 教 之 | 一般社団法人千葉県ビルメンテナンス協会副会長 |
| 東 京 都 | 齊 藤 将 一 | 一般社団法人全国管洗浄協会常務理事 |
| 石 川 県 | 朝 倉 宏 太 | 一般社団法人石川県ビルメンテナンス協会副会長 |
| 福 井 県 | 廣 濱 充 | 公益社団法人福井県ビルメンテナンス協会代表理事 |
| 愛 知 県 | 福 岡 輝 道 | 一般社団法人愛知ビルメンテナス協会理事 |
| 兵 庫 県 | 丸 山 茂 | 公益社団法人全国建築物飲料水管理協会山陰山陽支部副支部長（幹事） |
| 奈 良 県 | 赤 川 義 之 | 一般社団法人奈良県ビルメンテナンス協会理事 |
| 徳 島 県 | 元 木 文 昭 | 一般社団法人徳島ビルメンテナンス協会理事 |
| 香 川 県 | 田 中 弘 之 | 一般社団法人香川ビルメンテナンス協会会長 |
| 福 岡 県 | 倉 重 一 男 | 公益社団法人福岡県ビルメンテナス協会理事 |
| 熊 本 県 | 伊瀬知 美 里 | 一般社団法人熊本県ビルメンテナンス協会理事 |
| 大 分 県 | 西 澤 敏 彦 | 一般社団法人大分県ビルメンテナンス協会理事 |
| 鹿 児 島 県 | 石 原 石 | 一般社団法人鹿児島県ビルメンテナンス協会相談役 |
| 沖 繩 県 | 佐渡山 安 秀 | 一般社団法人沖縄県ビルメンテナンス協会副会長 |
| J A H M E C | 秋 元 孝 之 | 元 建築物環境衛生管理技術者試験委員 |
| J A H M E C | 堀 尾 政 博 | 元 建築物環境衛生管理技術者講習会教授 |
| J A H M E C | 樋 口 壮太郎 | 建築物環境衛生管理技術者講習会教授 |

以上18名

推薦者：都道府県及び団体

J A H M E C（公益財団法人日本建築衛生管理教育センター）

※氏名、役職はR 4. 4. 1現在のものを記載

2022年度 会長表彰被表彰者（建築物の環境衛生管理事業功労者）

| | | |
|---------|-----------|---|
| 北海道 | 本 田 和 之 | 東京美装北海道株式会社取締役営業副本部長兼釧路支店長 |
| 北海道 | 森 太 郎 | 北海道大学大学院工学研究院教授 |
| 青 森 県 | 清 水 信 行 | 太平ビルサービス株式会社営業課長 |
| 茨 城 県 | 北 原 博 幸 | トータルシステム研究所代表 |
| 埼 玉 県 | 金 井 寧 | 株式会社オールワン取締役会長 |
| 千 葉 県 | 岩 本 龍 彦 | 公益社団法人日本ペストコントロール協会専務理事 |
| 千 葉 県 | 下 山 良 樹 | 株式会社アクト・ツーワン柏支店副支店長 |
| 東 京 都 | 柏 原 泰 彦 | ココプラント株式会社執行役員（技術工事担当） |
| 東 京 都 | 橋 知 範 | タチバナエステート株式会社代表取締役 |
| 東 京 都 | 中 川 朋 之 | 技建開発株式会社代表取締役 |
| 神 奈 川 県 | 浅 田 良 成 | 株式会社大磯衛生社専務取締役 |
| 神 奈 川 県 | 栢 森 聰 | クリーンクリエイターズラボ代表 |
| 愛 知 県 | 田 中 英 紀 | 名古屋大学施設・環境計画推進室教授 |
| 大 阪 府 | 佐 藤 長四郎 | 元 大阪府豊中保健所衛生課長 |
| 大 阪 府 | 信 藤 勇 一 | 株式会社日建設計クライアント・リレーション&マネジメント部門シニアマネージャー |
| 大 阪 府 | 福 井 康 之 | 一般社団法人関西環境開発センター教育訓練部講師 |
| 大 阪 府 | 松 枝 考 史 | キンキ・リビング・サポート株式会社代表取締役専務 |
| 大 阪 府 | 松 田 智 恵 | 株式会社ザイマックス関西営業企画部長 |
| 兵 庫 県 | 大 岩 本 健 二 | 関電不動産開発株式会社開発事業本部開発推進一部第二開発グループ長 |
| 兵 庫 県 | 内 藤 義 巳 | 元 神東塗料株式会社営業本部西日本営業部技術担当部長 |
| 兵 庫 県 | 引 田 修 | 株式会社ビケンテクノ執行役員 |
| 奈 良 県 | 東 実千代 | 畿央大学大学院健康科学研究科教授 |
| 福 岡 県 | 熊 谷 清 文 | 有限会社南都ビル管理社代表取締役 |
| 福 岡 県 | 齋 藤 光 正 | 産業医科大学医学部微生物学教室教授 |
| 福 岡 県 | 豊 貞 佳奈子 | 福岡女子大学国際文理学部環境科学科エコライフスタイル学研究室教授 |

以上25名

2021年度 第49回建築物環境衛生管理全国大会研究集会優秀発表表彰

[調査研究部門]

最優秀賞

| | |
|------|--|
| 研究発表 | 大阪府内特定建築物における換気状況に関する一考察 ～新型コロナウイルス感染拡大防止に係る換気状況調査結果～ |
| 発表者 | 東 こころ（大阪府健康医療部生活衛生室環境衛生課） |
| | 石橋 美佳 // |
| | 山本 友梨子 // |
| | 杉原 敬太 // |
| | 吐田 明代 // |
| | 田中 保子 // |
| | 伊藤 巨恭 // |

優秀賞

| | |
|------|---|
| 研究発表 | ポータブル・マイクロ流路システムを用いた冷却塔水中のレジオネラの迅速 on-site モニタリング |
| 発表者 | 山口 進康（地方独立行政法人大阪健康安全基盤研究所） 徳永 佑亮 // 齋藤 守（地方独立行政法人大阪産業技術研究所） |

優秀賞

| | |
|------|------------------------------------|
| 研究発表 | 建築確認申請時審査によるビルの改善実態 |
| 発表者 | 竹内 香菜恵（東京都健康安全研究センター広域監視部建築物監視指導課） |

特別賞

| | |
|------|---|
| 研究発表 | 遊離残留塩素が過マンガソ酸カリウム消費量に与える影響 |
| 発表者 | 安達 史恵（地方独立行政法人大阪健康安全基盤研究所） 足立 伸一（公益財団法人日本建築衛生管理教育センター） |

特別賞

| | |
|------|--|
| 研究発表 | With COVID-19 におけるオフィスの室内環境と環境満足度の実態調査 |
| 発表者 | 浅岡 凌（東京工業大学） 海塩 渉 // 鍵 直樹 // 林 基哉（北海道大学） 澤地 孝男（日本建築センター） 上野 貴広（建築研究所） |

[事例報告部門]

優秀賞

研究発表 公衆浴場等における水質と維持管理（大阪府内中核市共同調査研究）
発表者 岡本彩夏（枚方市保健所）
石橋美佳（大阪府健康医療部生活衛生室環境衛生課）
土屋誠（枚方市保健所）
豊中市保健所
八尾市保健所
寝屋川市保健所
東大阪市保健所
枝川亜希子（地方独立行政法人大阪健康安全基盤研究所）

優秀賞

研究発表 集合住宅の共用排水管閉塞事故に対する保守の改善方法
発表者 大中武弘（一般社団法人全国管洗浄協会）
西川昌樹〃
難波信二〃
佐藤昭仁〃
高岡ジョージ〃
生酒猛〃
齊藤将一〃

※氏名、役職は発表当時のものを記載

特 別 講 演

1月19日(木) 10:55~12:30

「細菌間コミュニケーションの機構と制御」

講師氏名 諸星 知広（もろほし ともひろ）

宇都宮大学工学部 基盤工学科 准教授



[学歴]

- 1998年3月 広島大学工学部第三類卒業
2000年3月 広島大学大学院先端物質科学研究科博士課程前期修了
2003年3月 広島大学大学院先端物質科学研究科博士課程後期修了
2003年3月 博士（工学）取得

[職歴]

- 2000年4月 日本学術振興会特別研究員（DC1）（～2003年3月）
2003年4月 宇都宮大学工学部 助手（助教）
2013年4月 宇都宮大学工学部 准教授
現在に至る

[受賞]

- 2012年10月 日本生物工学会第20回生物工学論文賞
2015年10月 平成26年度環境システム計測制御学会（EICA）論文賞
2016年6月 環境バイオテクノロジー学会 奨励賞
2021年10月 日本生物工学会第57回生物工学奨励賞（斎藤賞）

[所属学会]

日本生物工学会（代議員、東日本支部委員）、環境バイオテクノロジー学会（理事）、
日本農芸化学会、日本微生物生態学会、日本植物病理学会

細菌間コミュニケーションの機構と制御

諸星 知広

(宇都宮大学工学部基盤工学科)

1. はじめに

オランダの科学者レーウェンフックが作製した顕微鏡により、細菌の存在が初めて可視化されて以来、細菌とは孤独な生き物であり、それぞれの細胞が独立して生命活動を行っていると長い間考えられてきた。しかしながら、科学技術の発展とともに、人間のような高等生物と同様に細菌も互いにコミュニケーションを取り合い、社会集団として様々な生命活動を行っていることが明らかになってきた。これまでに、様々な種類の細菌間コミュニケーション機構の存在が明らかになってきたが、その一つにクオラムセンシング (quorum sensing) がある¹⁾。「quorum」とは法律用語で「定足数」を意味し、クオラムセンシングでは、細菌はオートインデューサー (AI) と呼ばれるシグナル物質を言葉として用い、細胞同士がコミュニケーションを取り合うことで周囲の細胞密度を感知し、ある一定の密度を超えたことを感知すると、集団として様々な遺伝子の発現を活性化する。数ある細菌間コミュニケーション機構の中でも、特にクオラムセンシングが世界的に注目されてきた理由として、多くの病原性細菌が自身の病原性発現をクオラムセンシングにより制御している点が挙げられる。また、家庭の水回りに発生するぬめり、水処理システムで起こるファウリング、工場冷却水循環システムにおけるスライム形成など、細菌が形成するバイオフィルムの多くがクオラムセンシングに制御されることも明らかになっている。これらの細菌のクオラムセンシングを人為的に阻害すると、病原性発現やバイオフィルム形成を効果的に抑制することが可能であり、殺菌剤などの薬剤投与に代わる新しい微生物制御技術への応用が期待されている。このように、細菌のクオラムセンシングを制御する技術開発は世界中の幅広い専門分野の研究者により行われており、現在も発展を続いている研究分野の一つである。

2. クオラムセンシングのメカニズム

クオラムセンシングで用いられる AI の構造は、細菌の種類によって様々であるが、最も研究が進んでいるのが、グラム陰性細菌が生産するアシル化ホモセリンラクトン (AHL) を AIとしたクオラムセンシング機構である（図 1A）。AHL は、基本骨格としてホモセリンラクトンを有しており、そのアミノ基に様々な構造の脂肪酸がアミド結合を形成した構造となっている（図 1B）。このアシル側鎖の炭素数は 4～16 程度まで幅広く、3-オキソ体や 3-ヒドロキシ体となったものも存在する。特殊な AHL として、ベンゼン環や不飽和結合を持つものや、アシル鎖が分枝状になったものも存在する。AHL は、LuxI ファミリータンパク質と呼ばれる AHL 合成酵素により、S-アデノシルメチオニンとアシルキャリアタンパク質を基質として合成される。合成された AHL は、細胞膜を自由に出入りすると考えられており、増殖により細胞密度が上昇するに従って、細胞周囲の AHL 濃度も上昇するため、AHL 濃度の上昇を細胞密度の上昇として感知することができる。十分増殖し、AHL 濃度がある一定値を超えると、細胞内で AHL のレセプターである LuxR ファミリータンパク

質と AHL が結合する。この複合体が転写のスイッチとなり、クオラムセンシングに制御される様々な遺伝子の転写を活性化する。クオラムセンシングに制御される遺伝子の中には、毒素生産遺伝子、バイオフィルムの成分である菌体外多糖の生合成遺伝子、運動性に関する鞭毛の生合成遺伝子などが含まれており、これにより、細胞密度の上昇とともに、バイオフィルム形成や病原性因子の発現が活性化する。

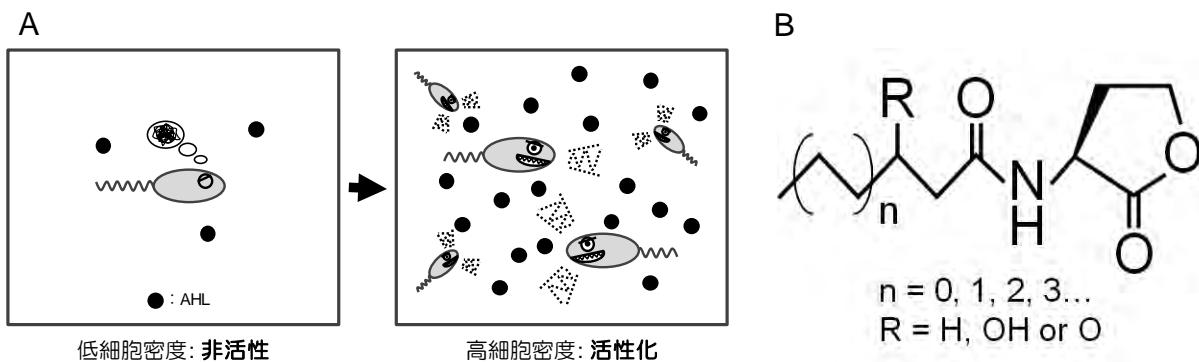


図 1. AHL を介したクオラムセンシングの模式図 (A) と AHL の基本構造 (B)

本講演では、筆者らがこれまでに行ってきましたクオラムセンシングに関する研究の中から、環境衛生に関連する題材として、(1) 水回りに発生するピンクぬめり、(2) 廃水処理に用いられる水処理膜のファウリング、(3) 工場冷却水システムにおけるスライム形成の 3 つに関する研究成果を紹介したい。

3. 水回りのピンクぬめり形成細菌におけるクオラムセンシング

家庭の水回りには、しばしばピンク色のぬめりが発生する。このピンクぬめりは、健康に害を及ぼすことは少ないが、見た目や衛生的な観点から物理的に除去する必要がある。ピンクぬめりは、工場や水処理現場においても発生する場合があり、水処理膜のファウリングを引き起こすなど、工業的な問題の原因となる場合もある。ピンクぬめりの正体は、カビ、酵母、細菌などが複合して形成されたバイオフィルムであるが、その中でも主要な構成因子は *Methylobacterium* 属細菌であり、*Methylobacterium* 属細菌が生産するカロテノイドにより、バイオフィルムが赤からピンク色を呈することが知られている。

筆者らは、家庭の水回りで発生したピンクぬめりからピンク色を呈する細菌を分離するとともに、バイオフィルム形成とクオラムセンシングの関係について解析を行った。まず、5ヶ所の家庭の水回りからピンクぬめりを採取し、ピンク色を呈する細菌コロニーを単離した。細菌の種類は、細菌の染色体に存在する 16S rRNA と呼ばれる遺伝子の塩基配列を決定し、国際塩基配列データベース上の配列と類似性を比較することで同定した。その結果、今回単離したピンク色を呈する細菌の大部分が *Methylobacterium* 属細菌であることが明らかとなった²⁾。この中から、モデル細菌として *Methylobacterium populi* P-1M 株を選択し、P-1M 株の培養液からアシル化ホモセリンラクトンを抽出して構造を決定したところ、アシル鎖の炭素数が 14 で、内部に不飽和結合を有する特殊な AHL を生合成することが明らかになった。次に、P-1M 株の AHL 合成遺伝子を遺伝子組み換え手法により破壊し、ガラス試験管表面におけるバイオフィルム形成がどのように変化するか調べたところ、遺伝

子を破壊していない P-1M 野生株は、厚みがあり凹凸が少ない均一な構造のバイオフィルムを形成するが、AHL 合成遺伝子破壊株は、厚みが不均一で波状のバイオフィルムに変化することが明らかとなった。さらに、P-1M 野生株のバイオフィルムは、蒸留水による洗浄により試験管表面から容易にはく離したが、AHL 合成遺伝子破壊株のバイオフィルムは、数回の洗浄では試験管表面に付着したままであり、結合が強固になったことが明らかとなった³⁾。以上より、*Methylobacterium* 属細菌においては、バイオフィルムの量や厚みはクオラムセンシング制御により増加するものの、洗浄除去のことを考えると、クオラムセンシングが活性化した後のバイオフィルムの方が除去しやすいということが明らかとなった。

4. 水処理膜のファウリングにおけるクオラムセンシング

現在、ほとんどの下水処理場で用いられている活性汚泥は、細菌を含む多数の微生物の集合体である。活性汚泥フロックは高細胞密度で構成されているため、活性汚泥内におけるクオラムセンシングが廃水処理活性に影響を及ぼしている可能性が考えられる。その一方で、水処理膜のファウリングの原因となるバイオフィルム形成は、クオラムセンシングにより制御されることが多い。本研究では、活性汚泥処理水を RO 膜でろ過するモデル膜処理システムを構築し、膜ファウリングとクオラムセンシングとの関係性を調査した⁴⁾。モデル膜処理システムを連続運転し、RO 膜フィルターに付着したバイオフィルムから AHL を抽出した。抽出サンプル中の AHL の存在は、外部の AHL に応答して色素生産を示す AHL レポーター株を用いて検証した。その結果、バイオフィルム抽出サンプルからは、長いアシル鎖長を持つ AHL がわずかに検出され、RO 膜のファウリングとクオラムセンシングとの関係性が示唆された。

AHL は比較的安定な化合物であるが、pH が 8.5 を超えると、ラクトン環が徐々に加水分解することが知られている。そこで、活性汚泥処理水の pH を 8.5 に調整し、AHL が分解され易い条件でモデル膜処理システムを連続運転したところ、pH 調整をしていない場合は、約 80 時間経過後に RO 膜がファウリングにより閉塞したのに対し、pH を 8.5 に調整すると、約 260 時間の長期運転後も RO 膜の抵抗が低いまま抑えられていることが明らかとなった。以上より、膜ファウリングの防止にクオラムセンシング阻害技術が有効である可能性が示唆された。

5. 工場冷却水システムにおけるスライム形成とクオラムセンシング

工場冷却水システムは、排熱処理のため様々な工場で導入されているが、運転中に形成するスライムによる凝縮管や熱交換器の機能低下が問題となっている。このスライム形成を抑制するためには、継続的な塩素投与や物理的洗浄が必要になっている。スライム形成の主な要因は、細菌によるバイオフィルム形成であるが、前述のように、多くのグラム陰性細菌では、AHL を介したクオラムセンシングによりバイオフィルム形成が制御されている。その一方で、環境中には AHL を分解する能力を有する細菌も存在しており、植物病原菌を用いた研究例では、AHL 分解細菌を微生物製剤として使用することで、植物病原菌の病原性発現を効果的に阻害する技術が検討されている。本研究では、工場の冷却水から AHL 分解活性を有する細菌を単離し、クオラムセンシングに制御されるバイオフィルム形成に対する阻害効果を検証することを目的とした。

様々な工場から採取した冷却水から AHL 分解細菌をスクリーニングしたところ、スフィンゴモナス科に属する細菌が多数単離された^{5, 6)}。AHL 分解活性を有する細菌は、一般的に細胞内に AHL を取り込んでから AHL 分解酵素により分解するものが多いが、今回単離したスフィンゴモナス科細菌は、細胞内で発現した AHL 分解酵素を細胞外に分泌し、離れた場所の AHL も分解可能であることが明らかとなった。次に、スフィンゴモナス科細菌の染色体からクローニングした AHL 分解遺伝子を、モデルバイオフィルム形成菌である緑膿菌に導入したところ、AHL の自己分解により、緑膿菌が形成するバイオフィルム量が大幅に減少することが明らかとなった。スフィンゴモナス科細菌は、一般的に塩素耐性が高い株が多いいため、今回単離した AHL 分解活性を有するスフィンゴモナス科細菌は、塩素処理と併用が可能なスライム形成阻害微生物製剤として利用できる可能性が示唆された。

6. おわりに

細菌間コミュニケーション機構であるクオラムセンシングは、病原性発現やバイオフィルム形成など、様々な細菌機能を制御する技術への応用が期待されている。一方で、環境中は多種多様な細菌が混在する複合系であり、クオラムセンシング以外のコミュニケーション機構で生物機能を制御している細菌も存在している。このような多様な細菌間コミュニケーションの全体像を理解することができれば、細菌機能を自由にコントロールできる日が来るかもしれない。

7. 参考文献

- (1) 諸星知広, 細菌間コミュニケーション機構の解析とその応用, 生物工学会誌, 100, 119-124, 2022.
- (2) F. F. Xu, T. Morohoshi, W. Z. Wang, Y. Yamaguchi, Y. Liang, and T. Ikeda. Evaluation of the intraspecies interactions in biofilm formation by *Methylobacterium* species isolated from pink-pigmented household biofilms. *Microb. Environ.*, 29, 388-392, 2014.
- (3) T. Morohoshi, X. Xie, and T. Ikeda. *N*-Acylhomoserine lactone-mediated quorum sensing regulates biofilm structure in *Methylobacterium populi* P-1M, an isolate from a pink-pigmented household biofilm. *Biosci. Biotech. Biochem.*, 83, 174-180, 2019.
- (4) 石塚美和, 諸星知広, 池田宰, バイオフィルム形成に対する Quorum Sensing の RO 膜抵抗への影響評価およびそのシグナル物質と細菌の同定, 環境システム計測制御学会誌 EICA, 19, 9-14, 2014.
- (5) T. Morohoshi, N. Sato, T. Iizumi, A. Tanaka, and T. Ikeda. Identification and characterization of a novel *N*-acyl-homoserine lactonase gene in *Sphingomonas ursincola* isolated from industrial cooling water systems. *J. Biosci. Bioeng.*, 123, 569-575, 2017.
- (6) T. Morohoshi, Y. Kamimura, N. Sato, and T. Iizumi. Distribution and characterization of *N*-acylhomoserine lactone (AHL)-degrading activity and AHL lactonase gene (*qsds*) in *Sphingopyxis*. *J. Biosci. Bioeng.*, 127, 411-417, 2019.

専門講座

1月20日(木) 13:00～14:05

「生物多様性の未来と外来生物問題」

講師氏名 坂本 洋典（さかもと ひろのり）

国立研究開発法人 国立環境研究所 生物多様性領域
生体リスク評価・対策研究室 任期付研究員



[学歴]

2001年 3月 早稲田大学 教育学部 理学科(生物学専修) 卒業
2003年 3月 早稲田大学大学院 理工学研究科 修士課程(生命理工学専攻) 修了
2006年 3月 東京大学大学院 農学生命科学研究科 博士課程(生産・環境生物学専攻) 修了

[職歴]

2006年 4月 東京大学 農学部 農学研究員
2006年 8月 (独)農業環境技術研究所 特別研究員
2009年 6月 北海道大学大学院 地球環境科学研究院 博士研究員
2012年 4月 玉川大学 脳科学研究所 嘱託研究員
2015年 10月 茨城大学 農学部 産学官連携研究員
2017年 4月 早稲田大学 理工学術院 招聘研究員
2018年 8月 (国)国立環境研究所 生物・生態系環境研究センター 任期付研究員
2021年 4月 (国)国立環境研究所 生物多様性領域 任期付研究員

[資格] 2006年3月 博士（農学）

[学会活動等]

日本応用動物昆虫学会、日本昆虫学会、日本生態学会、日本ICIPE協会、日本ダニ学会会員

[専門分野] 応用昆虫学、社会性昆虫生態学、外来生物学

[著書]

1. このあなんじや 2 つちのなかのいきものへん, 仮説社, (2022)
2. ブルーデータブックあいち(分担), 愛知県, (2021)
3. 外来アリのはなし(分担), 朝倉書店, (2020)
4. 生き物と音の事典(分担), 朝倉書店, (2019)
5. アフリカ昆虫学—生物多様性とエスノサイエンス(分担), 海游舎, (2019)
6. 玉川こども博物誌 『昆虫ワールド』(分担), 玉川大学出版会, (2017)
7. アリの社会：小さな虫の大きな知恵(分担、共編), 東海大学出版部, (2015)
8. アルゼンチンアリー—史上最強の外来生物(分担), 東京大学出版会, (2014)
9. 昆虫の発音によるコミュニケーション(分担), 北隆館, (2011)

生物多様性の未来と外来生物問題

坂本 洋典
(国立環境研究所)

はじめに

地球上に、遺伝子によって遺伝情報を伝達する「生命」が誕生してから、40億年もの時間が経過したと推定されている。この長い歴史の間に、生物は様々な環境に進出し、それぞれの場所において適した遺伝子をもつものが子孫を残して進化を続けてきた。進化を通して蓄積された多様な遺伝子の存在を背景に、空を飛ぶ鳥から、水中を泳ぐ魚まで、バラエティ豊かな種の多様性が創出された。そのなかで、例えば海や森などといった環境と、そこで暮らす生物種を合わせ、生態系という単位ができあがった。生態系は、個々のバックグラウンド、すなわち気温や降水量などといった環境要因の差異により、地域ごとに独自の姿に形作られていった。これら各段階の多様性を合わせ、生物多様性と呼ぶ。

1. 生物多様性と外来生物問題

生物多様性が健全に保たれていることは、生物の暮らしに不可欠である食料、水分、酸素などが持続的に供給される土台となる。もちろん我々人間にとっても、安定した暮らしを持続させるためには、生物多様性が不可欠である。すなわち、生物多様性の未来・保全は、人間の未来・社会の持続と直結していると言える。

その一方で、人間活動のグローバル化に伴い、生物種の絶滅が急激に進行していることが報告されており、この生物多様性の危機に対し、国際的な対応が求められている。例えば、国際的に定められた持続可能な開発目標（SDGs）の複数の目標に、生物多様性の保全は含まれられている。生物多様性の減少要因の中でも、環境破壊、気候温暖化、乱獲と共に、主要な要因とされるのが、人間の関与により本来の生息地外へと分布を拡大させた生物、外来生物である。外来生物の中でも、侵入地において在来生物を捕食や競争により駆逐し、生物多様性や人間社会に大きな被害を及ぼす外来生物は「侵略的外来生物」と呼ばれる。侵略的外来生物への対応は、2022年末に協議中の生物多様性条約（CBD）第15回締結国会議（COP15）において、POST2020年の生物多様性の世界目標における重点課題のひとつに掲げられている。そして翌2023年には、生物多様性および生態系サービスに関する政府間科学政策プラットフォーム（IPBES）による外来生物アセスメントの結果報告が予定されている。これらのように、外来生物問題の深刻性は国際的に認知が進んでいる。

2. 日本国における外来生物問題と、「外来生物法」

日本において、小笠原諸島や沖縄のやんばる地域などといった貴重な自然が残された地域においても、侵略的外来生物の侵入とそれに伴う被害はすでに甚大なものとなっている。日本国内で報告された外来生物の種数はすでに2,000種を超えており、外来生物問題の解決に向け、「特定外来生物による生態系等に係る被害の防止に関する法律」通称外来生物法が2005年より施行されている。

外来生物法では、生態系や人間社会に与える負の影響がとりわけ重大な外来生物である

とのリスク評価が専門家会議によって下された侵略的外来生物を「特定外来生物」と指定する。特定外来生物については、無許可での飼養など（輸入・飼育・譲渡し・運搬・および野外への放出）が禁じられ、違反者には高額の罰金が科せられる。同時に、国内に定着した特定外来生物に対する防除の実施が同法では定められている。特定外来生物には、ほ乳類、鳥類、魚類、両生類、爬虫類、昆虫類、甲殻類、クモ・サソリ類、軟体動物類、植物等、多岐に渡る分類群のおよそ200種がこれまでに指定されている（注：なお、外来生物法においては、国内由来の外来生物は適用範囲外とされる）。

外来生物法は、2005年の施行の後、2014年に更なる強化のために改正法が施行された。そして2022年の第208回の通常国会において新たなる改正案が可決され、2023年度より改正法が全面施行される予定となっている。

3. 定着が至近に迫る南米原産の毒針をもつアリ、ヒアリ *Solenopsis invicta* の現状

今現在、日本への定着が最も憂慮されている外来生物はヒアリであろう（図1）。ヒアリは、英語でいう fire ant の訳であり、尾端にもつ毒針に刺傷されると、火傷のように強い痛みを感じることが名前の由来とされる。ヒアリの刺傷被害は痛みに留まらず、毒液に含まれるタンパク質が急性アレルギー症状を発症させ、時には重篤な被害を及ぼすことすら報告されている。ヒアリは繁殖力旺盛であり、20万個体もの働きアリからなる巨大な巣（コロニー）を構築する。侵入地で莫大な数に増殖したヒアリが及ぼす被害は人体への刺傷被害のみならず、家畜に対する刺傷被害や畑に撒かれた種子の食害などの農林畜産業への被害、また機械内部へと侵入することによる電気通信への被害など、多岐に渡る。アメリカ合衆国におけるヒアリによる被害額は、年間6-7,000億円にも及ぶと試算されている。

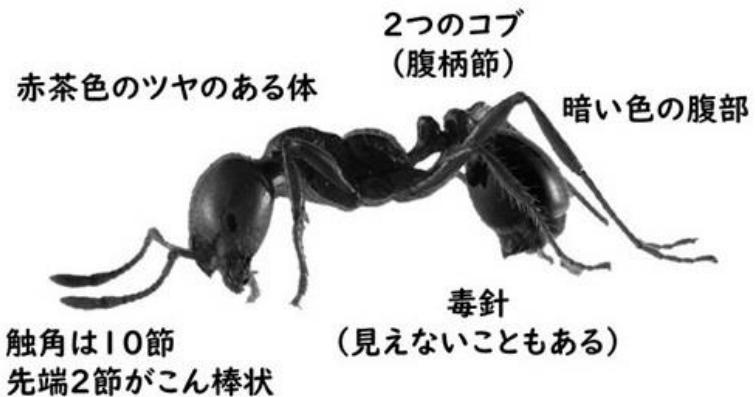


図1. ヒアリの形態的特徴

ヒアリは、2005年の外来生物法施行当初から特定外来生物に定められ、警戒されていた。わが国においてヒアリの侵入が初めて報告されたのは2017年と比較的近年だが、主に港湾からの国際物流を介した侵入事例数はその後も毎年増加を続け、2022年末時点において累計18都道府県92事例まで膨らんでいる。ヒアリの侵入の継続・増加には、わが国へのヒアリの主たる侵入源となっている、中華人民共和国に侵入・定着したヒアリの勢力が近年大幅に拡大したことが起因していると推測できる。中国にヒアリが侵入した当初の2005

年には、定着域は4省に留まっていたが、2021年には12省と3倍になり、定着地の面積はなんと50倍以上にも拡大している。このような現状の下、2018年以降連續して、多数の働きアリと新女王アリを含む大型野生巣が、東京港・名古屋港・大阪港といった主要な国際港湾において発見された。これらの港湾から大都市圏は、ヒアリの新女王が飛翔可能なわずか2-5kmの距離にあり、ヒアリのわが国への定着はまさに差し迫った状況にある(図2)。さらに2022年10月には、およそ70,000個体という、過去にない大量のヒアリが広島県福山港に陸揚げされたコンテナ内で発見された。今後は本事例のように大量のヒアリが一度に侵入する事態すら想定して対策せねばならないだろう。



図2. ヒアリが確認された東京の港湾と飛翔分散可能な範囲

このようにヒアリの日本国内への定着が差し迫った状況下での外来生物法改正において、ヒアリを主たる対象に据えた、「要緊急対処特定外来生物」という枠組みが新たに設けられた。新設された要緊急対処特定外来生物については、付着等している通関後の物品、土地や施設等に関する検査・消毒廃棄命令といった強い規制権限が可能となる。また、要緊急対処特定外来生物の疑いのある生物が付着等している物品等に関して、移動禁止命令の発出もできるようになる。これらの規制強化は、定着の阻止に不可欠である防除の迅速化に功を奏すると期待される。さらには、特定外来生物全般に関する規制権限についても、防除目的の立入りのみから、生息調査を目的とした土地への立入りを可能にするなどといった立入権限や、検査・消毒命令等の対象に、輸入品等を置いている土地や施設を加えるといった形の幅広い拡充が本改正によってなされている。

4. 爆発的な増殖力のツマアカスズメバチ *Vespa velutina* の本土侵入への懸念

アジアに広く分布するツマアカスズメバチは、在来種のキイロスズメバチ *Vespa simillima* に非常に近縁な種であり、ほぼ同じ体サイズのハチである(図3)。他方、ツマアカスズメバチの女王はキイロスズメバチの2倍を超える2,000個体以上の働きバチを

生産し、また300-500個体もの新女王を産出する極めて増殖力が強いスズメバチである。また、新女王は秋に巣から飛び立ち交尾した後に、様々な物資の隙間に侵入して越冬する。そのため、新女王の非意図的な持ち込みによる分散が懸念される種である。ツマアカスズメバチの原産地外への侵入は、中国東部亜種 *V. v. nigrithorax* が2003年に韓国釜山港で初めて発見されたのが最初となる。以降、同亜種は朝鮮半島に分布を広げると同時に、フランスに非意図的に持ち込まれたことを起点としてヨーロッパの周辺諸国に瞬く間に広がった。侵入地では高密度化し、刺傷被害や、ミツバチを餌として好む習性から養蜂被害を及ぼしてきた。スペインのガリシア地方では、初年度の調査においてはわずか2巣のみが発見されたツマアカスズメバチの巣が、7年後にはなんと5,000巣へと爆発的に増加した事例が報告されている（図4）。

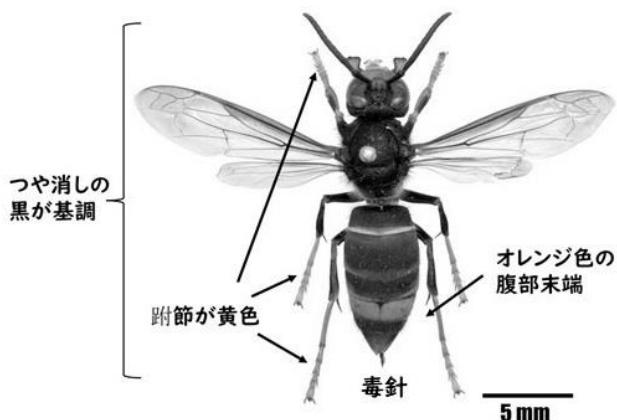


図3. ツマアカスズメバチの形態的特徴

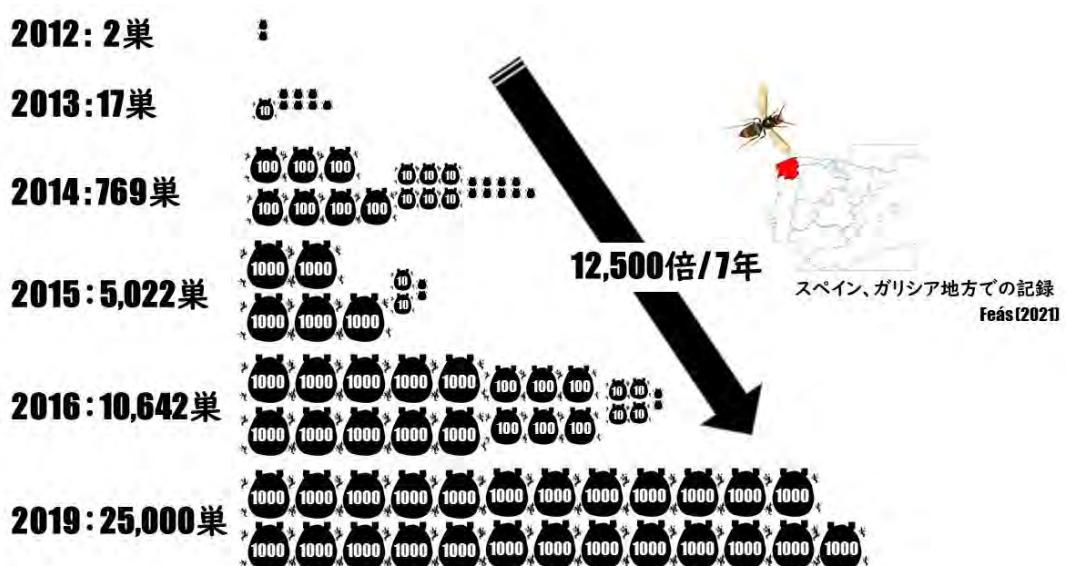


図4. 侵入地におけるツマアカスズメバチの個体数増加

日本においてツマアカスズメバチは2012年に長崎県対馬における同亜種の定着が確認され、2015年には特定外来生物に指定された。以降、九州地方の福岡・宮崎・長崎・大分の各県および本州の山口県において巣・個体の発見が散発的に続いたものの、発見地近辺

で継続的に実施されたモニタリングでは幸いにして再発見に至らなかった。しかし、2022年春には福岡県の離れた2自治体においてそれぞれ女王が1個体発見され、九州本土における定着と営巣が強く示唆された。同年秋には、数十個体の働きバチがさらに発見され、緊急的な化学的防除が実施された。初期の増殖を許すと、根絶が極めて困難になることは過去の侵入事例から明らかである。本種の日本本土への拡散およびそれに伴う被害を防ぐために、福岡県に侵入した個体群の早急な防除・根絶は極めて重要な緊急課題と言える。

5. おわりに

日本列島という島嶼には、多くの固有種を含む豊かな生物多様性が保たれてきた。それが近年、人々の日常生活の基盤が海外からの輸入となった結果、外来生物の持ち込みを許し、生物多様性が危機にさらされている。ヒアリやツマアカスズメバチのように、日本本土に定着したならば、極めて甚大な損失を生物多様性に与えるとリスク評価されてきた特定外来生物の定着も、身近へと迫っている。こうした状況下において外来生物の迅速な防除を実施するために、2023年度より施行される改正外来生物法の効果が期待される。同時に、産学官を問わず、多くの人々が生物多様性の未来と外来生物問題について危機意識を共有し、外来生物問題に対処することが生物多様性の保全のために必要だろう。

参考資料

- 1) 坂本洋典・久本峻平・橋本佳明・五箇公一 (2022) ヒアリ対策最前線（後編）. 昆虫と自然, 57(5), 35-37
- 2) 坂本洋典・久本峻平・橋本佳明・五箇公一 (2022) ヒアリ対策最前線（前編）. 昆虫と自然, 57(2), 24-28
- 3) 坂本洋典 (2021) ツマアカスズメバチの危険性および化学的防除の取り組み. ペストコントロール, 196, 27-32
- 4) 坂本洋典ら (2020) 外来アリのはなし, 朝倉書店
- 5) 五箇公一 (2017) 終わりなき侵略者との闘い 増え続ける外来生物, 小学館クリエイティブ

シンポジウム

1月20日(金) 14:20~17:35

「建築物における環境・エネルギーの管理
-with コロナ時代の省エネに向けて-」

シンポジウム

テーマ「建築物における環境・エネルギーの管理 -with コロナ時代の省エネに向けて-」

座長 赤司泰義（東京大学大学院 工学系研究科 教授）

趣旨説明 30

1. 建築物の省エネルギー化と室内環境保持の両立にむけて 32

百田真史（東京電機大学 未来科学部 建築学科 教授）

2. ビッグデータ解析から分かる非住宅建築物の省エネ設計の実態と今後の動向 35

宮田征門（国土交通省国土技術政策総合研究所 住宅研究部 主任研究官）

3. 給水・給湯設備の適切な省エネ実現のためのポイントと研究動向 40

光永威彦（明治大学 理工学部 専任講師）

4. 予防医学の観点からの室内環境の評価と安全性の可視化

:持続可能な実践対策とそこで暮らす人の well-being の実現 46

武藤剛（北里大学 医学部 公衆衛生学 講師）

シンポジウム 座長プロフィール



赤司 泰義（東京大学大学院工学系研究科建築学専攻 教授）

学歴：1990年 東京大学工学部建築学科卒業

1992年 同大学院工学系研究科建築学専攻修士課程修了

1996年 学位取得（東京大学）

職歴：1992年 九州大学工学部建築学科助手

1998年 同大学院人間環境学研究科助教授

2009年 同大学院人間環境学研究院教授

2013年 東京大学大学院工学系研究科教授

受賞：日本建築学会／奨励賞（1999年）、学会賞（論文）（2008年）、教育賞（2012年）

空気調和・衛生工学会／特別賞十年賞（2008年、2015年、2019年、2021年）、

論文賞（2009年、2012年、2021年）、技術賞（2010年）など

社会活動（現在）：

IEA/EBC/Annex81, "Data-Driven Smart Buildings",国際委員会 委員
(日本委員会 委員長)

一般社団法人 建築設備技術者協会 会長

特定非営利活動法人 建築設備コミュニケーション協会 副理事長 など

シンポジストプロフィール

百田 真史（東京電機大学未来科学部建築学科 教授）

国立研究開発法人建築研究所 客員研究員）



学歴：1995年 東京電機大学工学部建築学科卒業

1999年 同大学院博士課程満期退学

2000年 博士(工学)

職歴：2001年 東京理科大学理工学部建築学科助手

2005年 (独) 国立環境研究所客員研究員

2006年 (財) 建築環境・省エネルギー機構研究員

2007年 東京電機大学未来科学部建築学科講師

2008年 同大学准教授

2018年 同大学教授

研究分野：空調システム・熱源システム・地域熱供給

受賞歴：空気調和・衛生工学会、学会賞技術賞受賞×3、十年賞受賞×2、論文賞×5受賞。

日本建築家協会(JIA)環境建築賞優秀賞。サステナブル建築賞「国土交通大臣賞」、電力負荷平準化機器・システム表彰「経済産業省資源エネルギー庁長官賞」、環境省「環境大臣表彰」ほか



宮田 征門（国土交通省国土技術政策総合研究所 住宅研究部 建築環境研究室 主任研究官）

学歴：2003年 京都大学工学部建築学科 卒業

2008年 京都大学大学院工学研究科 博士後期課程 修了

博士 (工学)

職歴：2008年 独立行政法人日本学術振興会 特別研究員(PD) (九州大学大学院)

2009年 独立行政法人建築研究所 環境研究グループ 研究員

2014年 国土交通省国土技術政策総合研究所 建築研究部 主任研究官

2015年 国土交通省国土技術政策総合研究所 住宅研究部 主任研究官

研究分野：建築設備、建築環境、エネルギー・シミュレーション、コミュニケーション

光永 威彦（明治大学理工学部建築学科 専任講師）

学歴：2006年 明治大学理工学部建築学科 卒業

2008年 明治大学大学院理工学研究科建築学専攻 博士前期課程 修了

2017年 明治大学大学院理工学研究科建築学専攻 博士後期課程 修了

博士 (工学), 設備設計一級建築士

職歴：2008年 株式会社山下設計 環境設計部門 第1環境設計部

2017年 株式会社山下設計 技術設計部門 機械設備設計部・プロジェクト推進部門

PM部 FM室 (兼務) 主管

2020年 明治大学理工学部建築学科 専任講師

研究分野：給排水衛生設備、建築水環境、設備設計

受賞歴：空気調和・衛生工学会功績賞（2017年, 2019年, 2020年）、篠原記念賞奨励賞

武藤 剛（北里大学医学部衛生学 講師）

学歴：2007年 千葉大学医学部 卒業

2014年 慶應義塾大学大学院 修了（微生物学免疫学 吉村昭彦研究室）

職歴：2007年 国立国際医療センター 内科系研修医

2009年 国立国際医療センター 膜原病内科レジデント

2011年 日本学術振興会 特別研究員 (DC1)

2015年 順天堂大学医学部衛生学講座 任期付助教

2017年 Harvard T. H. Chan School of Public Health, Takemi Research Fellow

2018年 千葉大学予防医学センター 特任助教（非常勤）

2018年 北里大学医学部衛生学 講師

日本内科学会総合内科専門医、社会医学系指導医、産業衛生専門医、難病指定医、労働衛生コンサルタント（保健衛生）、第二種作業環境測定士

受賞歴：第23回日本行動医学会学術総会最優秀演題賞ほか



建築物における環境・エネルギーの管理 —with コロナ時代の省エネに向けて—

赤司 泰義

(東京大学大学院工学系研究科 教授)

趣旨説明

日本もようやく数年前に、温室効果ガス削減目標を 2013 年比で 2030 年までに半減(46% 減)、2050 年までにカーボンニュートラルを達成することを宣言した。これには、建築の運用エネルギー消費に係る 2030 年の民生部門の削減目標として業務 51% 減、家庭 66% 減という非常に高い目標が設定されている。2050 年カーボンニュートラル達成は多くの国々で目標になっており、もはや特別で野心的なものではない。しかしその達成は容易ではなく、それぞれの国の事情に合わせてバックキャスティングし、目標設定、実態把握、説明責任、評価改善ができるかにかかっている。重要なことはいずれも「定量」「実値」であることである。

建築（需要側）の運用エネルギー消費に係るカーボンニュートラル化には主に 3 つの方法しかない。1) 大幅な省エネ設計・施工、2) 再エネ導入、3) 高度な運用である。1) 2) は ZEB・ZEH の普及、建築物省エネ法の適合義務基準の強化という形で進められている。ところが 3) はこれまでほとんど重視されてきていない。1) 2) は設計・施工において性能の「ポテンシャル」を評価するもので、カーボンニュートラル実現に向けて必須であることは当然だが、運用でその性能が発揮できることを必ずしも保証はしない。

我々は完璧ではないし、設計・施工ではつきりしないことも多い。したがって、運用で不具合を解消し、自動制御のロジックやパラメータなどを最適チューニングすることが必要で、それによって竣工後に 20% 前後の更なる省エネが可能である。このことはいくつもの事例から明らかになっている。特にカーボンニュートラル化では電力購入やデマンド調整などで外部変数との連携が不可欠である。運用のマネジメントが重要であることは昔から世界の常識である。

「計測しなければマネジメントできない、マネジメントできなければ省エネできない」とはけだし名言である。はたして、我々は計測できているのか、マネジメント=管理できているのか。残念ながら、運用のマネジメントを重視してこなかったために、計測も不十分で、省エネやウエルネスといったサービスも提供できていないのが今の日本の建築であろう。竣工後の評価や価値向上が前提になっていない現状を変える必要がある。

本シンポジウムでは、「建築物における環境・エネルギーの管理—with コロナ時代の省エネに向けて—」と題し、まずは赤司より、いくつかの事例を含めた趣旨説明をさせていただく。続いて、東京電機大学の百田真史先生からは、建築物の省エネルギー化と室内環境保持両立に向けた、各種法令が抱える課題や今後の建物管理方法の期待について、国土技術政策総合研究所の宮田征門様からは、非住宅建築物に関する省エネルギー基準に準拠したウェブプログラムの入力データの実態調査に基づいた外被・設備設計仕様と省エネ性能等について、明治大学の光永威彦先生からは、給水・給湯の適切な省エネ対策としての給水給湯負荷算定法や給湯設備の熱損失防止、維持管理の重要性等について、北里大学の

武藤剛先生からは、予防医学の観点からの室内環境の健康・安全のあり方について、それぞれご講演いただく。

討論においては、パネリストの先生方のご講演をベースに、現在の環境・エネルギーの管理の何が課題なのか、特に with コロナ時代で働き方・住まい方が従来から変化していくなかで管理のあるべき姿は何か、そのために今後何が必要になるのかなどについて、本シンポジウムにご参加いただいている皆様と共に考えていきたい。

建築物の省エネルギー化と室内環境保持の両立にむけて

百田 真史（東京電機大学 未来科学部 建築学科 教授）

1. 建築物をとりまく状況の変遷

建築物はシェルターの機能を有しており、保健(健康を保つ)の機能が元来の機能であり、そのためにエネルギーを使用することは、炭で暖をとっていた時代から変わらぬ営みである。そのような中で建物の近代化に伴い、エネルギー管理と公衆衛生の両面から法律が制定されてきた。

エネルギー管理の面については、1951年に「燃料資源の保全及び企業の合理化に寄与することを目的」として熱管理法(当時、通商産業省)が制定され、その後1979年の省エネ法(エネルギーの使用の合理化等に関する法律：当時通商産業省)へと引き継がれ、さらに建築物に関しては、2015年に建築物省エネ法(建築物のエネルギー消費性能の向上に関する法律：現国土交通省)へと一部分離する形で強化され続けている。

一方、公衆衛生の面においては、1970年に「建築物における衛生的な環境の確保を図り、もって公衆衛生の向上および増進に資することを目的」として建築物衛生法(通称ビル管法：当時厚生省)が制定され、2003年にビルマルチパッケージを用いた空調が対象になるなど、改正が続けられている。

この建築物を取り巻く2つの法律は所管する官庁が異なっており、一方では省エネルギーを志向し、もう一方では居住者の保健を志向していることから、例えではあるが、病院など健康を保つことの優先度が高い場合にはエネルギーの使用は止むなし、一方では病院においても地球温暖化対策は待ったなし、という相容れない状況が発生することとなる。従って、この両者は相反するものとして認知されることが多く、ステークホルダーのおかれる立場によって優先度が二極化し、両立は「相反する課題」とされる傾向にあった。

一方で、地球環境には地域環境が影響し、さらに地域環境には建物環境が、建物環境には室内環境が影響するといった連続性のある「環境形成構造」については従前より言及されており、前述の「相反する課題」は両立が可能であるという考え方も古くからある。そのような中で、近年建物の評価においては、地球環境と室内環境の両方を評価に含めることができ必要であるということで、CASBEE(キャスビー、建築環境総合性能評価システム)やLEED(Leadership in Energy & Environmental Design、エネルギーと環境デザイン・米国グリーン建築基準の環境性能評価制度規格認証資格)など新しい評価手法が複数提案され運用されているが、建築物には評価すべき事項があまりにも多く多岐にわたるため、早急な収斂が困難であることは否めない。

2. 各種法令が抱える課題

省エネ法の建築分野への関わりとしては、メーカに対する「製品の性能」に関する規定があるが、建築物の構成要素のみが対象であるために建築物をシステムとして捉えた全体への波及効果は不明瞭である。また事業者に対する「使用量」に関する規定についても、今後切り替わっていく予定であることであるが、同種エネルギー(例えば電気・ガス)で同量でもCO₂排出量が異なるため、地球温暖化対策としては使用量ではなくCO₂排出量

とすべきである点への対応が望まれる。

建築物省エネ法では、web プログラムを用いた設計時の基準一次エネルギー消費量に対する想定一次エネルギー消費量の割合を基準として設けているが、設計時の想定と実運用時の実態が乖離するような場合には対応が困難となる。また順次対応はなされているが、積極的な省エネ技術がすべて web プログラムで反映できている訳では無いため今後の対応が望まれる点や、基本的には新築もしくは改修建物が対象であるため既存ストックへの迅速な対応が困難である点に関する議論と対応が望まれる。

建築物衛生法における空気環境の基準では、浮遊粉じん・一酸化炭素・二酸化炭素・温度・相対湿度・気流・ホルムアルデヒドに対して基準が設けられているが、一酸化炭素や浮遊粉じんについては室内での燃焼系暖房の減少や禁煙化により、現在の一般的な特定建築物では基準値を超えることがほぼなくなっている。一方で、2003 年の改正でビルマルチパッケージを用いた空調が対象になったこともあり、特に冬期の相対湿度が基準値に達しない割合が増加していること、また外気 CO₂ 濃度の上昇により 1,000 ppm 以下に保持することが困難な状況が発生していることが課題である。さらに、ビル管理全般に関係することであるが、管理アイテムが増加こそすれ減少しない状況において、高齢化も含めた人材不足の問題が顕在化しており、測定方法に関する議論も必要な状況にある。また基本的には大きく値が変動しないことを前提とした「測定」が行われているが、BEMS(Building and Energy Management System)などを活用した自動「計測」の値をどう取扱うかについても慎重な議論が必要である。

3. 今後の建物管理办法への期待

建築物を運用するにあたっては、ファシリティマネージメント・コミュニケーション(以下、Cx)・エコチューニング・ESCO 事業など、要は運用管理をデータに基づいて振り返り、不具合を是正することによって省エネルギー化(省コスト化)に務めることが重要であることは広く認知されるようになった。一方で、不具合が企画・設計・施工段階に起因することも多く、運用管理での是正には限界がある。そこで、運用段階のみであると誤解されていることが多い Cx ではあるが、ようやく企画段階・設計段階・施工段階の運用段階以前の Cx の重要性に耳目が集まりつつある。

現状においては、企画・設計・施工段階で地球温暖化対策と室内環境担保の両立を図るには各段階で関わる技術者の経験則に頼るところが大きいが、理想的にはシミュレーションによる未来予測を用いた Cx の実施が望ましく、Cx により省エネを実現しつつも十分な室内環境を享受できるようにしていくことが期待される(ここでの Cx は乱暴を承知で例えるならば、設計時におけるセカンドオピニオンのようなものと理解されたい)。

なお現在のシミュレーションプログラムは、省エネ性能もしくは室内環境のどちらかに傾いており、両者の両立方法を鍛成していくようなプログラムはない。そこで最近はこの両立を志向し、各種プログラムを連携させる試みがなされつつある。例えば、エネルギー・シミュレーションプログラム(例えば Energy Plus など)と CFD(Computational Fluid Dynamic)による室内の気流解析との連携や、負荷計算プログラム(NewHASP/ACLD)と光環境のプログラム(Radiance)との連携などが挙げられる。今後は、一体のアプリのようなシミュレーションプログラムではなく、上記のように各種専門プログラムとの連携を受け持つ

中間的なプログラム(Grasshopperなど)を活用し、さらにAIによる機械学習機能を活用することで、省エネ性能と室内環境の両立条件を導出可能になると考えられる。

また上記シミュレーションプログラムの入力条件となる設計情報については、既に使用されているがBIM(Building Information Model)の活用が期待されている。BIMデータは設計・施工段階の産物ではあるが、本来は建物のLCM(Life Cycle Management)にも活用されるべき集積情報である。一部では試験的に実用化されているが、設備台帳情報を取り込むことで、タブレットを用いて図面やメンテナンス記録などに現場でアクセスできるような使い方もある。さらには、ある箇所のバルブを締めた影響の波及箇所の明示や、漏電遮断器で遮断される負荷群の明示など、実務面での魅力的(省力化含む)な機能追加が可能である。

一方、経済産業省では「ビルシステムにおけるサイバー・フィジカル・セキュリティ対策ガイドライン」を発表しており、これまで技術的には既に実現可能であったBEMSデータの遠隔取得やそのデータ解析結果に基づく各種機器設定値の変更などが現実味を帯びてきている。一部ではプラットフォームにMicrosoft Azureを用いた遠隔監視&操作が実運用されている。さらにこういったGX環境が整備されるならば、BIMデータを活用した仮想建物(デジタルツイン)を構築すれば、実運用データ(BEMSデータ)を入力値として近未来の運用状況を予測することでき、不具合・故障検知が可能となる。

4. おわりに

建築物の省エネルギー化と室内環境保持の両立にむけては、未だ課題も多いが技術的解決は可能な段階まで来ている。一方で、急激な意識の変化が必要であることから、技術面ではなく建物のライフサイクルにおける各フェーズでの、ステークホルダーの理解を得ることが今後の課題になるとを考えられる。例えば、ビルオーナーの立場では建物は対価に対する商品であり投機対象でもあることから、建物性能は従前より担保されていて当然であると意識されていることが多いのではないか。その上で本稿のような取り組みが「追加が必要」であるという理解をどのように得ていくのかなど、社会的な「仕掛け」をどのように構築していくかが今後の最重要課題になると思われる。

ビッグデータ解析から分かる非住宅建築物の省エネ設計の実態と今後の動向

宮田 征門

(国土交通省国土技術政策総合研究所)

1. はじめに

我が国の温室効果ガス排出量の約2割は非住宅建築物（事務所、ホテル、病院、学校、物販店舗、飲食店、集会所、工場等）によるものであり、政府は非住宅建築物からの排出量を2030年までに51%削減（2013年比）するという高い目標を立てている。削減目標の達成には実態を踏まえた効果的な施策を講じる必要があるが、非住宅建築物については省エネ性能に関わる設計仕様（断熱性能や空調機器の効率等）の実態を調査した事例が乏しく、用途や地域等の特性を踏まえた有効な施策検討が難しいという課題がある。また、実態が不明であるため、建築主や設計者が自社の設計仕様を他社と比較してセルフチェックすることは稀であり、改善の余地があっても気づかない（我が国全体としてPDCAサイクルが回っていない）という課題がある。

国土交通省国土技術政策総合研究所（国総研）では、これらの課題を解消するために、2018年度より国土交通省住宅局と連携して建築物省エネ法に基づく手続時の情報を収集し、非住宅建築物の省エネ性能に関わる設計仕様について実態調査を行っている。本報では、2018年度から2021年度に建築物省エネ法の申請がなされた約55,000件のデータを対象として基準適合率や外皮・設備設計仕様の実態を分析した結果を紹介し、今後の省エネ規制強化により設計仕様や設計プロセスがどのように変化するかを説明する。

2. データの収集方法

建築物省エネ法では、床面積300m²以上の非住宅建築物を新築または増改築する際には、国総研及び国立研究開発法人建築研究所が主体となり整備している適合性判定プログラム（Webプログラム）にその設計仕様を入力し省エネ性能を評価することを求めている（この制度を「省エネ基準」という）。本調査ではWebプログラム利用者の許諾のもとでサーバー上に保存された入力情報を収集した。データ収集スキームを図1に示す。

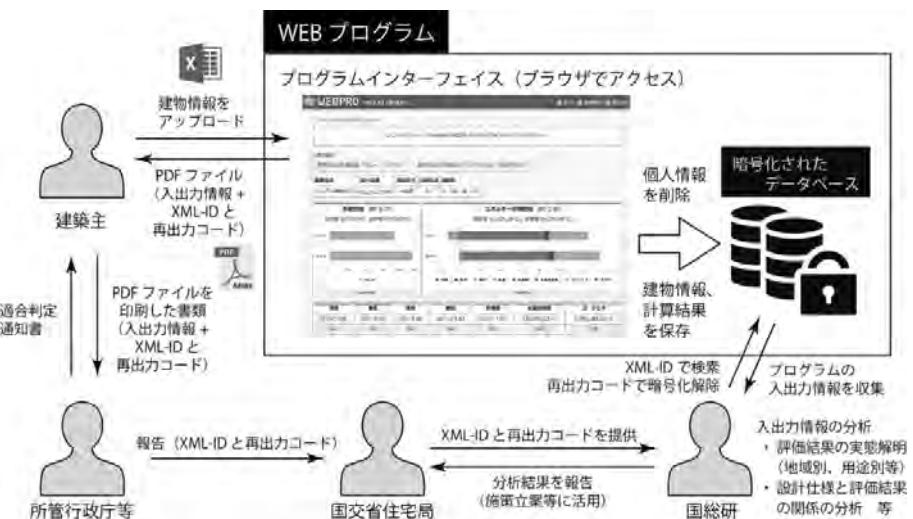


図1 省エネ基準申請データ収集スキーム

3. データの公開

調査結果は年度毎に国総研資料として公開している^[1]。国総研資料では基準適合状況の他、地域別、用途別、規模別に、外皮の断熱仕様（熱貫流率、日射熱取得率）、窓面積率、空調設備の熱源機種・能力・効率、換気設備の消費電力・制御の採用率、照明設備の消費電力・制御の採用率、給湯設備の熱源効率・保温仕様、昇降機の制御仕様、太陽光発電の容量などを掲載している。国総研資料の号数と分析データの年度の関係は次の通りである。

- ・ 国総研資料 第 1107 号：2018 年度申請データの分析結果
- ・ 国総研資料 第 1143 号：2019 年度申請データの分析結果
- ・ 国総研資料 第 1184 号：2020 年度申請データの分析結果
- ・ 国総研資料 第 1229 号：2021 年度申請データの分析結果

4. 基準適合率の実態と強化基準の水準

省エネ基準は一次エネルギー消費量基準（空調、換気、照明、給湯、昇降機、太陽光発電、コジェネ等のエネルギー消費性能に関する基準）と外皮基準（壁、屋根、ピロティ床、窓の断熱性能、日射遮蔽性能に関する基準）の 2 つから成る。本報では、一次エネルギー消費量基準の適合率を分析した結果を示す。なお、大規模建築物（2,000m²以上）については 2017 年 4 月から、中規模建築物（300m²以上）については 2021 年 4 月から一次エネルギー消費量基準の適合は義務化されている（不適合であれば着工できない）。

2018 年度から 2021 年度に新築された 2,000m² 以上の非住宅建築物の基準適合率を図 2 に示す。一次エネルギー消費量基準では、BEI（Building Energy Index）と呼ばれる指標で性能を評価する。BEI は、設計一次エネルギー消費量（設計仕様を基に Web プログラムで計算した一次エネルギー消費量）を基準一次エネルギー消費量（国交省告示で用途毎、地域毎に定められている基準値原単位（床面積あたりのエネルギー消費量）を基に計算した一次エネルギー消費量）で除した値であり（ただし、BEI 算出時の設計、基準一次エネルギー消費量には、OA 機器、家電等による「その他一次エネルギー消費量」は含まない）、BEI が 1.00 以下であれば基準適合となる。図 2 の横軸は BEI であり、建物用途別に BEI の累積度数分布を示している。また、図中の 0.8 適合率、0.6 適合率とは BEI が 0.80、0.60 以下となる建築物の比率を示す。

2021 年 8 月に「脱炭素社会に向けた住宅・建築物の省エネ対策等のあり方検討会」のとりまとめ結果が公表され、大規模非住宅については 2024 年度に省エネ基準を 2 割強化（BEI≤0.80）、2030 年までに 3~4 割強化（BEI≤0.6、0.7）と順次基準を強化していく方針が示されている^[2]。現状の 0.8 適合率を図 2 において確認すると、建物用途によって適合率は異なり、次の 3 グループに分けられることが分かる。

- 0.8 適合率が 0.8 以上と高い建物用途：工場
- 0.8 適合率が 0.6~0.8 とである建物用途：事務所、学校、ホテル、百貨店
- 0.8 適合率が 0.4 以下と低い建物用途：病院、飲食店、集会所

この基準適合率の実態が 2022 年 7 月に開催された社会資本整備審議会傘下の「建築物エネルギー消費性能基準等小委員会」にて示され、議論の結果、2024 年度からの基準値は、事務所、学校、ホテル、百貨店は当初予定どおり BEI=0.80、病院、飲食店、集会所は緩和して BEI=0.85、工場は強化して BEI=0.75 と建物用途によって強弱をつけることになった。

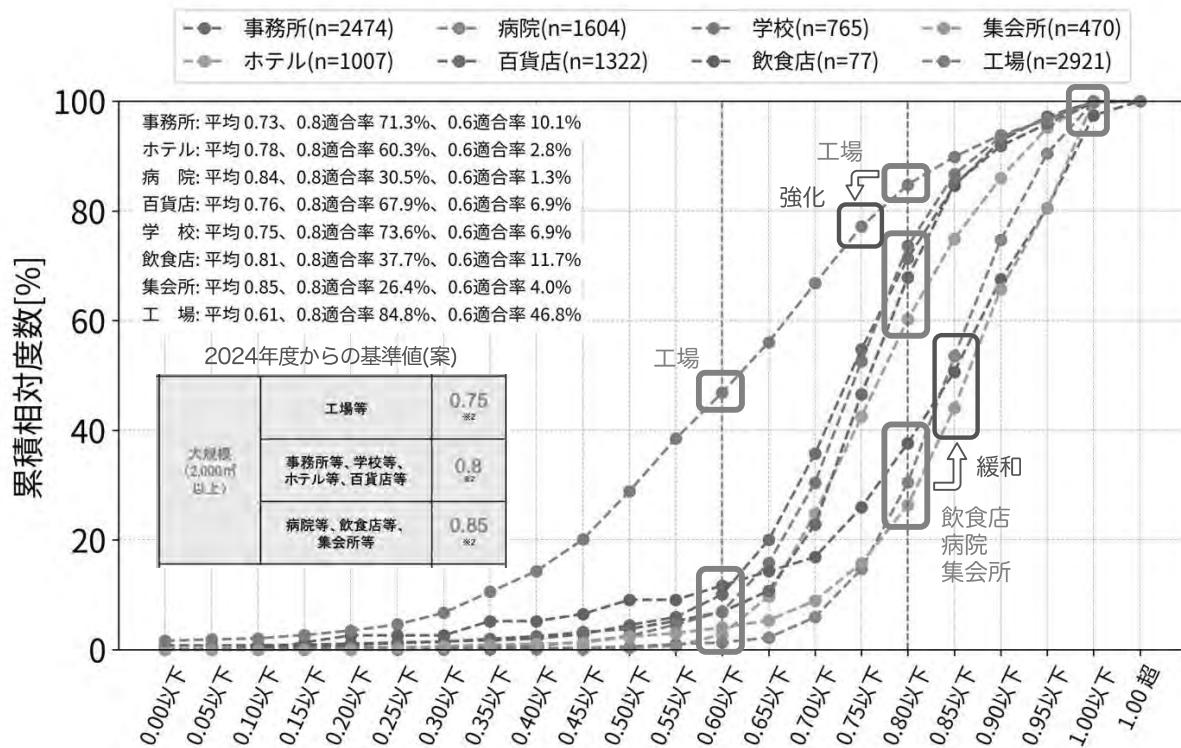


図2 省エネ基準・一次エネルギー消費量基準の適合率（新築、2,000m²以上）

5. 外皮・設備設計仕様の分析

今後、省エネ基準を順次強化していく（満たすべき BEI を下げる）という方針は示されているが、建築主や設計者が設計仕様をどのように変えて基準強化に対応すべきかについては具体的な情報がない。そこで、BEI と外皮・設備設計仕様の関係について分析を行う。

本報では、簡易評価法であるモデル建物法で評価された非住宅建築物を対象として、一次エネルギー消費量基準の評価指標 BEIm(モデル建物法で算出された BEI を BEIm という)と外皮・設備設計仕様の関係を分析した結果を示す。建築物を BEIm に応じて表1に示す次の5区分に分けて、それぞれの区分毎に外皮・設備設計仕様の分布等を分析する。

表1 BEIm の区分

| 区分の名称 | 定義 |
|-----------|-------------------------------|
| BEI ≈ 0.6 | BEIm が 0.55 より大きく 0.65 以下の建築物 |
| BEI ≈ 0.7 | BEIm が 0.65 より大きく 0.75 以下の建築物 |
| BEI ≈ 0.8 | BEIm が 0.75 より大きく 0.85 以下の建築物 |
| BEI ≈ 0.9 | BEIm が 0.85 より大きく 0.95 以下の建築物 |
| BEI ≈ 1.0 | BEIm が 0.95 より大きく 1.05 以下の建築物 |

温暖地・大規模の事務所について設計仕様の分布を箱ひげ図で示した例を図3に示す。箱ひげ図において、ひげの下端は最小値、ひげの上端は最大値、箱の下端は第一四分位数、箱の中にある線は第二四分位数、箱の上端は第三四分位数を示し、三角印は平均値を示す。なお、第一四分位数及び第三四分位数から箱の長さの1.5倍以上離れたデータは外れ値と

して扱い、黒丸印で示す。なお、各図の横軸に示す n 数は分析対象物件数を示す。

得られた知見を次に示す。

- 外壁及び屋根の熱貫流率が小さいほど BEIm は小さくなる傾向が見られる。窓の熱貫流率及び日射熱取得率については明瞭な差は見られない。
- 熱源定格能力は小さいほど、熱源定格効率は大きいほど BEIm は小さくなる傾向が見られる。また、照明消費電力も小さいほど BEIm は小さくなる傾向が見られる。
- 本報では割愛するが、中規模事務所ビルについても同じ傾向が確認でき、規模により傾向に差は見られない。

この分析結果より、 $BEI \leq 0.80$ を達成するためには、主に断熱強化、空調熱源の能力削減と効率向上、照明消費電力削減が求められることが分かる。

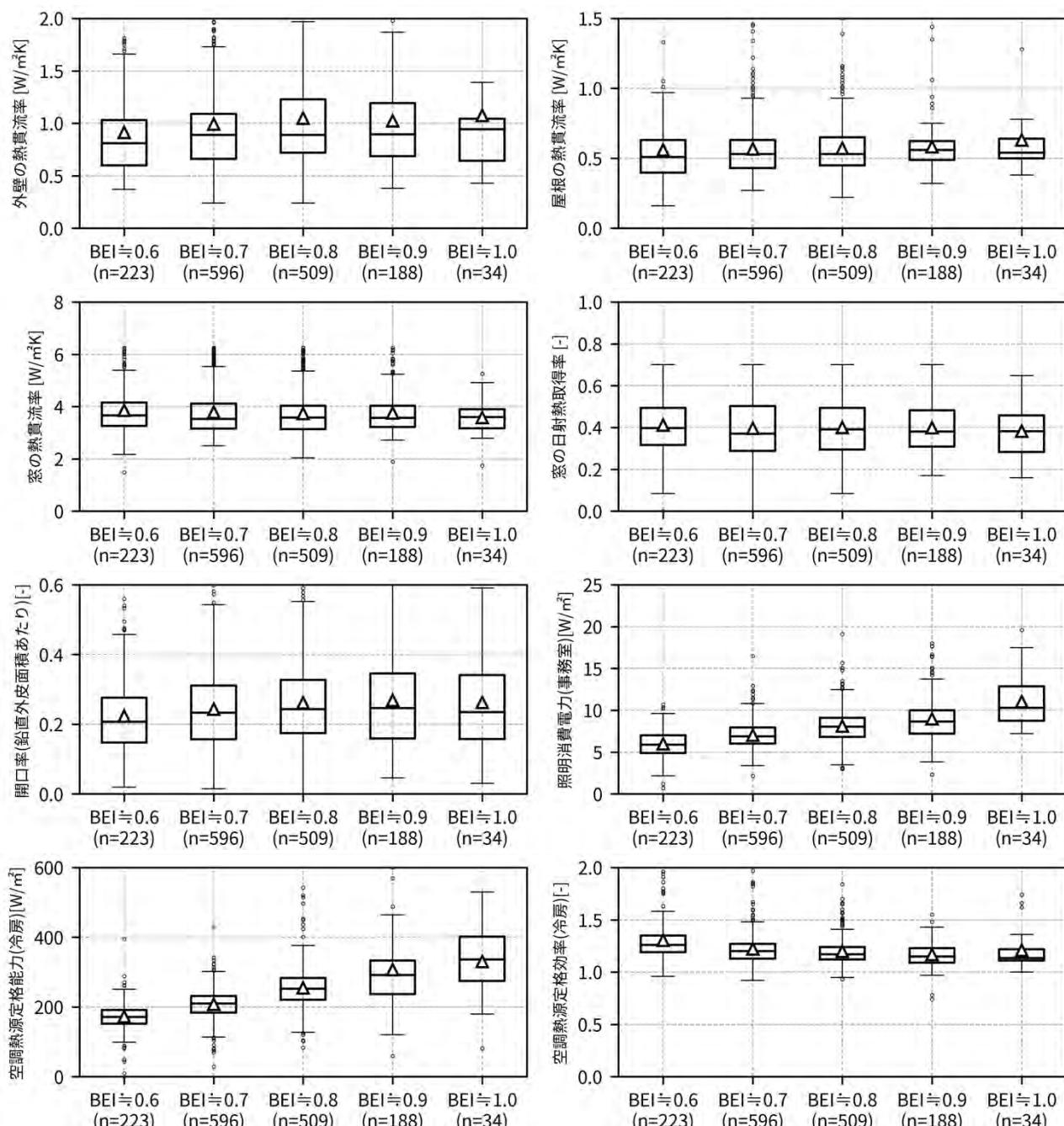


図 3 外皮・設備設計仕様の比較(事務所、温暖地、大規模)

6. 考察

大規模非住宅の省エネ基準が 2024 年に 2 割強化されることが予定されているが、これに対応するためには、外皮の断熱性能を向上させたり、より高効率な設備機器を採用したりするだけではなく、設備機器の能力や容量の最小化(ダウンサイ징)が求められる。これは、照明設備等においては、定格消費電力×点灯時間=エネルギー消費量となるため、定格消費電力を小さくすると必然的にエネルギー消費量は小さくなるためである。また、空調設備の熱源機器については負荷率(処理する熱量を定格能力で除した値)が小さい領域(低負荷域)の運転効率は悪いため、小さな定格能力の空調熱源を選択すると低負荷域の運転を回避して運転効率を高めることができ、エネルギー消費量は小さくなる。現状の設備機器は建物使用者や建築主の要望に基づき、かなり余裕をもって設計されていることが多い、これまでには余裕を持たせることを「良し」としてきたが、今後はどの程度の余裕を持たせるべきかを吟味する必要がある。今後の設計では、ダウンサイ징することでどの程度の省エネルギー効果があるのか、ダウンサイ징により室内温熱環境等にどのようなリスクが生じうるのかを設備設計者が具体的検討し、建築主に示すことが求められるであろう。建物の設計に余裕は必要であるが、現状の設計には「意図した余裕」と「意図しない余裕」があるように見受けられる。今後は設備設計時にシミュレーション等を援用することにより、意図しない余裕をあぶり出し建築主と合意の上で排除していくことが必要となる。また、実運用開始後、ダウンサイ징をした結果を実システムで検証し、次の設計に活かすことが重要となる。省エネルギーと質の担保を両立させるためには、今まで以上に PDCA サイクルを回すことが肝要となるであろう。

7. まとめ

本報では、省エネルギー基準の適合性判定プログラム(Web プログラム)の入出力データを収集し、非住宅建築物の基準適合率や外皮・設備設計仕様の実態を調査した結果を示した。また、2024 年に予定されている大規模非住宅の省エネ基準 2 割強化により、外皮・設備設計がどのように変わる可能性があるかを述べた。今後、2030 年の削減目標達成に向けて建築物に対する省エネ規制が順次強化されることが予定されている。これに対応するためには設計の考え方を現状と大きく変えなければならない。また、設計だけではなく運用開始後の検証も重要になり、検証結果を次の設計に繋げるという PDCA サイクルを回す意義がより一層強くなるであろう。

参考文献

- [1] 国土技術政策総合研究所資料 : http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tn_nilim.htm
- [2] 脱炭素社会に向けた住宅・建築物の省エネ対策等のあり方検討会
https://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/house/jutakukentiku_house_tk4_000188.html
- [3] 宮田征門, 平川侑: 省エネ基準適合性判定プログラムの入出力データを活用した非住宅建築物の外皮・設備設計の実態分析, (その 1)新築事務所ビルを対象とした省エネ基準評価結果別の標準的な設計仕様の解説, 日本建築学会環境系論文集, 第 85 卷, 第 777 号, pp. 859-869, 2020. 11, <https://doi.org/10.3130/aije.85.859>

給水・給湯設備の適切な省エネ実現のためのポイントと研究動向

光永 威彦（明治大学理工学部 専任講師）

1. 省エネ実現のための給水給湯負荷算定法

1.1 給水給湯負荷算定の現状と課題

給水給湯設備の負荷とは、主に給水量や給湯量となる。衛生器具を含む水使用機器の節水・節湯化が著しく進んでいるが、計画や設計の礎となる空気調和・衛生工学会便覧などの設計資料^{1) 2)}において、1日1人あたりや1床あたりの水使用量を示す単位給水量は、ここ半世紀ほど見直しがほとんどなされていない。そのため、設計者や所管行政庁は節水・節湯化を反映した計画や指導をしがたく、結果的に過大な設計となっていることが指摘されている³⁾。加えて、現行の単位給水量において、どの水使用行為までをその単位給水量に含まれているかが不明確なことも、給水給湯負荷が過大となる一因となっている。例えば、普通高等学校の単位給水量は70～100L/人^{1) 2)}となっているが、その値の中に、校内の学食厨房の水使用量が含まれているかは不明であり、設計者の判断によって、厨房用水を加算して計画されることとなる。

給水給湯負荷算定が過大であると、水槽容量や配管径が余剰となることから、水・湯の水槽や配管内における滞留時間が長期化し、水質劣化に起因する。また初期コストや設置スペース、消費エネルギー量や維持管理負担の増大の要因にもなり、衛生性のみならず、経済性や環境性の観点からも望ましくない。2050年カーボンニュートラル化へ向けて、給水給湯負荷算定のための設計資料および設計手法を適正化することが喫緊の課題となっている。

1.2 設計用単位給水量（1日1人あたりの水使用量）の更新状況

前述の課題を改善するために、著者らは建物用途ごとの新しい単位給水量の更新を進めしており、これまで、総合病院、小・中・高等学校、事務所用途を報告してきた^{4)~6)}。新しい単位給水量は、建物用途ごとに「データベース」、「実測・BEMS」、「文献」、「水使用行為の積上げ算定」という特徴の異なる4つのデータ分析のうち3つ以上を用いて、総合的に判断している。単位給水量の更新に用いるデータの特徴を表1に示す。「データベース」は、日本サステナブル建築協会により調査されたDECCデータ⁷⁾や日本ビルエネルギー総合管理技術協会（BEMA）⁸⁾により調査されたデータを扱う。「実測・BEMS」データは、実測によるものや、中央監視装置やBEMSに収集された計量データを入手したものである。建物管理者にヒアリングすることで稼働率、営業時間などの建物情報を比較的容易に取得できる。「文献」は、関連学会の大会、論文集および専門書に示される水使用量である。これらのデータにおけるサンプル数は総じて事務所が最も多く情報が豊富であるが、他の建物用

表1 設計単位給水量の更新に用いるデータの特徴

| 分類 | 根拠・方法 | サンプル数 | 建物情報(使われ方) | 水使用量測定間隔 | 計量区分 |
|-----|----------|-------|-------------|-----------|-------------|
| 実績値 | データベース | ◎多い | △ 詳細不明が多い | △月・年間値が多い | △基本的に不明 |
| | 実測・BEMS | △少ない | ◎詳細把握が比較的容易 | ◎日・時間値が多い | ○詳細調査で明確化が可 |
| | 文献 | △少ない | ○文献によりバラツキ大 | ○(同左) | ○(同左) |
| 想定値 | 水使用用途積上げ | — | ○任意に設定 | ○(同左) | ○(同左) |

途は情報に乏しい。「水使用用途の積上げ算定」は、衛生器具の種類・水量・使用頻度・使用者数および性別などを設定して、積算する方法である。机上検討のため前提条件は明確とすることができる。

新しい単位給水量として、事務所用途の新しい設計用単位給水量に関する資料を例示する。設計資料は単位給水量のみならず、設計者が計画する建物特性に合わせた設定がしやすいように、単位給水量が包括する範囲も明確とする(表2、表3)。例示した事務所用途においては、建物使われ方や衛生器具の仕様の条件の想定を整理できた(表4)。しかし、これはデータベース、BEMS、文献とともにサンプル数が多く、詳細な分析が可能であった事務所のみに限られ、他の建物用途では実績値から条件を想定することが困難となっている。

単位給水量の更新作業は、総合病院、小・中・高等学校、事務所以外のその他用途においても現在進捗中である。しかし、計量データが乏しいことが課題となっている。

1.3 瞬時値から日負荷まで算定できる新しい給水給湯負荷算定法

単位給水量を用いた負荷算定法は、簡易的で使い勝手がよいが、実際の計画建物の衛生器具の洗浄水量や器具数といったより条件を折り込むことはできない。そのため、給水給湯負荷を高精度に予測することは困難である。村川ら¹⁰⁾は、時系列的な負荷変動を考慮し、瞬時給水給湯負荷をシミュレーションする動的給水給湯負荷算定法(以降、動的算定法)を提案し、プログラムを提供している。長谷川ら¹¹⁾は、水使用量と給水給湯システムで消費されるエネルギー量を同時に算出する汎用シミュレーションツールの計算体系を示している。こ

表2 単位給水量が包括する範囲(事務所の例)⁶⁾

| 水使用用途 | 範囲 ^{*1} | 備考・理由 |
|---------------------------------|------------------|---|
| 執務者の便所洗浄水 | ○ | ・便所、手洗い等を含む。 |
| 執務者の飲用、食器洗浄 ミニキッチンでの給茶等 | ○ | ・手洗い、洗面、建物周囲の散水を含む。(散水面積が広い場合や灌水設備は別途計算する。) |
| 外来者の便所洗浄水 | ○ | ・便所、手洗い等を含む。 |
| 便所衛生器具などの清掃 管理用水 | ○ | ・原則含む。 |
| 社員食堂・喫茶等での使 用水量 調理用、食器洗浄用 | × | ・建物により食堂の有無がある。 ・規模により食数が違い、大きく使用量が異なる。 別途計上。 |
| 洗車場の水使用量 | × | ・建物により使用の有無があり、使用量が異なる。別途計上。 |
| 空調設備の水使用量 (冷却塔補給水、 加湿の給水) | × | ・空調用熱源システム構成、 必要加湿量と加湿方式に応じて、別途計上 |

*1 凡例：“○” 単位給水量に含む “×” 単位給水量に含まない

表3 単位給水量の提案(事務所の例)⁶⁾

| 水使用用途 | 設計用単位給水量 | | | |
|-------------|-----------------------------------|-------|-----------------------------|------------------|
| | [L/(人・d)] | | [L/(m ² ・d)](参考) | |
| | 従来 ^{*1} | 提案 | 従来 | 提案 ^{*3} |
| 飲用水 +雑用水 | 60~100(学) 40~60(実) 40~80(国) | 40~60 | 4.0~10.0(学) | 2.6~3.9 |
| 飲用水 | 10~20(実) | 10~20 | - | 0.7~1.3 |
| 雑用水 | 30~40(実) | 30~40 | - | 2.0~2.6 |

*1 数値に付記している(学)は便覧¹⁾、(国)は建築設備設計基準⁹⁾、(実)は実務の知識²⁾に記載があることを表す

*2 延べ床面積を示す

*3 延べ床面積あたりの人員密度は0.065人/m²と設定

表4 単位給水量の条件の想定(事務所の例)⁶⁾

| 項目 | 条件 | 備考 |
|-----------------------------|-----------------------------|------------|
| 人員密度 [人/m ²] | 0.1人/m ² | 事務室有効面積あたり |
| 男女比率 | 男子比率 60~80% | |
| 大便器洗浄水量 [L/回] | 6L/回仕様 | |
| 疑似洗浄音発生装置 | 有り | |
| 小便器洗浄水量 [L/回] | 2L/回仕様 | |
| 洗面器手洗器 洗浄水量 [L/回] | 0.5~0.6L/回 節水型泡沫 吐水水栓 | |
| 営業時間 (コアタイム) | 8~10時間/日 | |

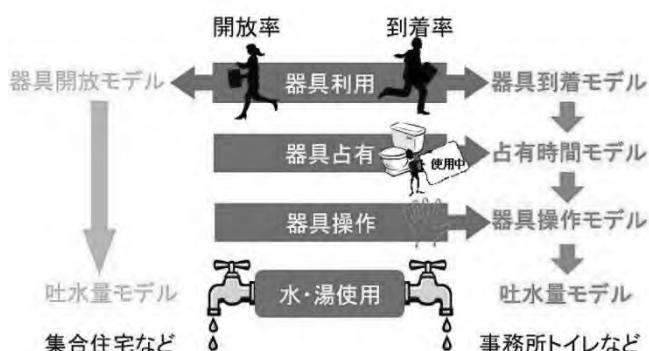


図1 動的算定法の算定モデルの流れ¹²⁾

これらは建物特性データとして人員や男女比を、負荷算定データとして使用頻度、吐水時間、吐水流量、湯使用温度などを入力することができ、瞬時値から日負荷までを詳細に算定できる。算定結果を用いて、機器や管径の選定はもとより、水槽内の水位変化やポンプの稼働などのシミュレーションも可能となる。

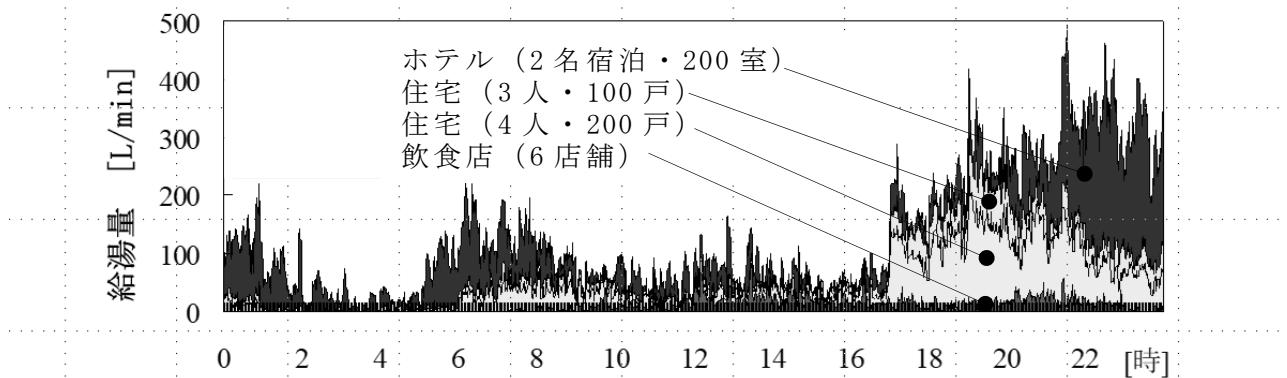


図2 動的算定法を用いた複合用途施設の瞬時給湯負荷の時刻変動の算定例¹³⁾

2. 省エネ実現のための給湯設備における熱損失の防止と給湯方式

2.1 SHASE-S206 改定における熱損失の防止

SHASE-S206 “給排水衛生設備規準・同解説”¹⁴⁾が10年ぶりに改定された。その中で、給湯設備の熱源等の選定と省資源・省エネルギーに関する本文および解説が大幅に改定されている。

具体的には、これまでの項目に加えて、「節湯効果の大きな衛生器具の採用」、「給湯システムからの熱損失の防止」、「適切な計量・計測による運用実態の把握と改善」に関する項目が追記された。そのうち、「給湯システムからの熱損失の防止」では、貯湯槽に関連する項目が多く、放熱量が大きいとされる密閉式貯湯槽の脚部全体の断熱や、開放式貯湯槽の熱損失しにくい構造や措置を講じることが解説文で記載されている。貯湯槽からの熱損失については報告¹⁵⁾されており、給湯システムからの損失する熱量を低減するためには、貯湯槽の対策が肝要といえる。

表5 SHASE-S206-2019 給湯設備に関する改定抜粋¹⁴⁾

8.6.1 热源等の選定と省資源・省エネルギー

- (1) 節湯効果の大きな衛生器具を採用する。
- (2) エネルギーの利用効率の高い機器を採用する。
- (3) 給湯システムからの熱損失をできる限り防止する。
- (4) 適切な計量・計測(給湯使用量・エネルギー消費量・給湯温度)により、運用実態を把握し、運用を改善し、省エネルギーの効果を確認できることが望ましい。

8.6.2 热損失の防止

給湯系統からの放熱を防止し、エネルギーの効率的な利用を行うため、配管類及び機器類には、適切な対策を行う。

- 給湯系統においては、給湯温度と周囲空間の温度差から放熱が生じ、有効に利用されないエネルギーが発生する。これらを少しでも防止するために、次のような配慮を行う。
- 1) 保温施工は、適切な材料・厚さとし、バルブ・フランジなども保温する。
 - 2) 経路が極力短くなるような配管計画・設計をする。
 - 3) 鋼板製、ステンレス鋼板製の密閉式貯湯槽は、脚部から損失する熱量が大きいので、脚部全体を断熱する。
 - 4) 開放式貯湯槽の組立て用ボルト及び補強材から熱が損失しない構造とする。
 - 5) 開放式貯湯槽の水面からの蒸発潜熱損失を防ぐために、気層部につながるオーバフロー管と通気管を通じて、水蒸気分圧が低下しにくい措置を探る。
 - 6) 貯湯槽の屋外設置は、熱損失のほか保温材への雨水の侵入による断熱性能の劣化を招き、望ましくない。

【凡例】アンダーライン 改定内容

2.2 貯湯槽のない中央式給湯方式に期待される効果

中央式給湯方式は、貯湯槽の設置を前提とする貯湯槽方式とすることが一般的である。貯湯槽方式は、想定外の給湯負荷にも湯切れを起こしにくいシステムであり、安定的な給湯に適している。その反面、貯湯槽は、前述のとおり熱損失の原因の1つとなっている上、コロナ禍のホテルのように稼働率が大幅に下がった場合の保有水の衛生管理が難しい。加えて、設置スペースやコストが高いことが短所として挙げられる。

貯湯槽のない中央式給湯方式（通称：タンクレス給湯方式）は、ビジネスホテルなど、給湯の同時使用率を比較的に把握しやすい施設の給湯方式として適用されている。貯湯槽のないことから加熱装置から給湯は直送される。加熱装置としては、蒸気熱交換器やガス給湯機を並列に結合して台数制御することが多い。本方式は貯湯槽の短所を改善することに加えて、ガス給湯機はターンダウン比（熱源の燃焼可変範囲）が大きいことから稼働時間のほとんどを占める低燃焼負荷時の熱効率に優れた方式といえる。

貯湯槽のない中央式給湯方式を適用するためには、給湯の負荷変動を精度高く把握すること必要があり、これまで適用範囲が限られてきた。しかしながら、近年、前述の動的算定法などの発展により、給湯の負荷変動を精度高く予測できる土壤は整いつつある。

3. 給湯用給水温予測に関する研究の動向

給湯設備の加熱装置の選定や消費エネルギー量の算定において、給水温度は重要な設定条件となる。しかし気象データと比較して、給水温度となる水道水温はデータに乏しい。

岩本ら¹⁶⁾⁻¹⁸⁾は日本全国代表都市の各時期の水道水温を予測するための推定式を提案している。推定式は10日間移動平均外気温の一次式により水道水温を近似する推定式1を基本式とし、それに地下水やダムを水源とする場合は地中温に関する項を加えた推定式2、湖沼や河川の水温に影木陽を及ぼす降水量を考慮した項を加えた推定式3、推定式2に地中温の計算式に用いる年間最高・最低気温差を考慮した推定式4の4種類ある。

すでに全国54都市を対象に検証が行われており、推定式1と2により、54都市中46都市において平均絶対誤差1°C以内に収めることができ、他8都市中7都市でも1°Cをわずか上下する程度で、推定式の予測精度の高さが示されている。

表6 給湯用給水温の推定式¹⁸⁾

推定式1 (単回帰分析)

$$\theta = a \cdot t + b$$

a, b: 係数 θ: 水道水温[°C] t: 10日間移動平均外気温[°C]

推定式2 (重回帰分析)

$$\theta = a_0 + b_0 \cdot t + a_1 \sin(2\pi \frac{d}{365}) + b_1 \cos(2\pi \frac{d}{365})$$

a₀, b₀, a₁, b₁: 係数 θ: 水道水温[°C] d: 通日 t: 10日間移動平均外気温[°C]

推定式3 (重回帰分析)

$$\theta = c_0 + e_0 \cdot t + c_1 \sin(2\pi \frac{d}{365}) + e_1 \cos(2\pi \frac{d}{365}) + f \cdot r$$

c₀, e₀, c₁, e₁, f: 係数 θ: 水道水温[°C] d: 通日 t: 10日間移動平均外気温[°C] r: 10日間平均降水量[mm]

推定式4 (重回帰分析)

$$\theta = g_0 + h_0 \cdot t + T \{ g_1 \cdot \sin(2\pi \frac{d}{365}) + h_1 \cdot \cos(2\pi \frac{d}{365}) \}$$

g₀, h₀, g₁, h₁: 係数 θ: 水道水温[°C] d: 通日 t: 10日間移動平均外気温[°C] T: 年間気温差[°C]

4. 給水・給湯系統にも計量を

空気調和設備の中央熱源方式の場合を中心に、熱源機器廻りや空調用水の冷水・温水の系統ごとに流量や温度が計量されることが一般的である。これら保流量や温度は運転状況

の検証や改善のために用いられ、継続的にPDCAサイクルを回すことができる。他方、給水・給湯設備においては、計量されることが少ない。水道局が課金するための貸与量水器のみしか設置されておらず、1、2ヶ月に一度しか水使用量が確認されないことも珍しくない。これではどこでどれだけの水やエネルギーを消費しているか実態の把握ができず、PDCAサイクルを回すこともできない。さらに実態が不明なため、単位給水量をはじめとする給水・給湯設備に関する設計資料の新陳代謝も悪化するという悪循環に陥っている。

2050年カーボンニュートラル化に向けて、これまで以上の省エネ・節水・節湯が必須となる。そのためには、給水・給湯設備においては、①基本設計では適正な単位給水量を用い概算する。②実施設計では高精度に予測する動的算定法などをもちいて適切な機器容量や配管口径を選定する。③その際の給湯設備設計では、熱損失の少ない計画とともに、給水温を推定することで熱源効率などのシミュレーションを実施する。④竣工後は系統や部門別に設置された量水器などで給水・給湯の計量値を用いて、シミュレーションとの比較検証や継続的なシステム改善を図る。⑤竣工後の計量値をもちいて設計資料を更新する。という好循環をつくることが重要となる。

参考文献

- 1) (公社) 空気調和・衛生工学会編; 空気調和・衛生工学便覧 第14版 4 給排水衛生設備編, 空気調和・衛生工学会, p. 113, 2010. 2
- 2) (公社) 空気調和・衛生工学会編; 給排水衛生設備計画設計の実務の知識 改訂4版, オーム社, p. 40, 2017. 3
- 3) 黒澤英大; 事務所における使用水量の実態調査, 空気調和・衛生工学, vol. 87, No. 9, pp. 53~57, 2013. 9
- 4) 光永威彦, 坂上恭助, 岡内繁和; 建物用途ごとの新しい単位給水量の提案 第1報—病院の単位給水量, 空気調和・衛生工学会論文集・No285(空気調和・衛生工学会), pp. 37-42, 2020. 12
- 5) 光永威彦, 池田大輔; 建物用途ごとの新しい単位給水量の提案 第2報—小・中・高等学校の設計用単位給水量, 空気調和・衛生工学会論文集・No299(空気調和・衛生工学会) pp. 29-37, 2022. 2
- 6) 藤村和也, 光永威彦, 内山稔, 土井章弘; 建物用途ごとの新しい単位給水量の提案 第3報—事務所の設計用単位給水量, 空気調和・衛生工学会論文集・No306(空気調和・衛生工学会), pp. 43-50, 2022. 9
- 7) (一社) 日本サステナブル建築協会 JSBC; DECC 公開用データベースについてのお知らせ, <https://jsbc.or.jp/decc/decc.html>, 最終閲覧日 2022. 11. 28
- 8) (一社) 日本ビルエネルギー総合管理技術協会 BEMA; 資料・データ, <http://www.bema.or.jp/20220623.html>, 最終閲覧日 2022. 11. 28
- 9) 国土交通省大臣官房官庁営繕部設備・環境課監修; 建築設備設計基準 令和3年版, (一社) 公共建築協会, p. 621, 2021. 8
- 10) 村川三郎編著, 池田大輔, 坂本和彦, 高田宏著; 建築物の新給水・給湯負荷算定法と実務設計, 彰国社, pp. 76-90, 2020. 4
- 11) 長谷川巖, 大塚雅之, 小瀬博之, 村上周三; 給水システムにおける水・エネルギー消

費を算出するシミュレーションツールの開発に関する研究—計算体系の構築と実測データによる適用検討—, 空気調和・衛生工学会論文集・No295 (空気調和・衛生工学会) pp. 17-26, 2021. 10

- 12) (公社) 空気調和・衛生工学会 ; 各建物用途における設計用給水量と動的給水給湯負荷算定法による最適設計の検討, 給排水衛生設備委員会 給水給湯設備の設計データ検討小委員会 委員会成果報告書, p. 79, 2022. 3
- 13) 村川三郎 ; シミュレーションによる動的給水給湯負荷算定法, 空気調和・衛生工学会シンポジウム(東京)建築物の給水給湯負荷変動の予測と設備システムの最適設計, p. 9, 2021. 3
- 14) (公社) 空気調和・衛生工学会 ; SHASE-S206-2019 給排水衛生設備規準・同解説, 空気調和・衛生工学会 pp. 97-98, 2020. 1
- 15) 豊貞佳奈子, 韓佳星, 赤井仁志, 他 6 名 ; 貯湯槽の断熱性能に関する研究（第 2 報）断熱強化および水漏れによる損失熱量の変化, 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集, pp. 57-60, 2018. 9
- 16) 岩本靜男, 稲田朝夫, 岡内繁和, 坂上恭助, 趙旺熙, 藤村和也, 光永威彦, 呉光正; 給湯設備設計用水道水温の予測（第 1 報）省エネルギー基準の全 8 地域に対する予測式, 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集（オンライン）, pp. 1-4, 2020. 9
- 17) 大西玲暢, 岩本靜男, 稲田朝夫, 岡内繁和, 坂上恭助, 趙旺熙, 藤村和也, 光永威彦, 呉光正 ; 給湯設備設計用水道水温の予測（第 2 報）全国の県庁所在地と政令指定都市について, 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集（福島）, pp. 33-36, 2021. 9
- 18) 大西玲暢, 岩本靜男, 稲田朝夫, 岡内繁和, 坂上恭助, 趙旺熙, 藤村和也, 光永威彦, 呉光正 ; 給湯設備設計用水道水温の予測（第 3 報）全国代表都市の水道水温, 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集（神戸）, pp. 109-112, 2022. 9

予防医学の観点からの室内環境の評価と安全性の可視化 ：持続可能な実践対策とそこで暮らす人の well-being の実現

武 藤 剛

(北里大学医学部衛生学 講師／

千葉大学予防医学センター:Design Research Institution)

1. 建築物の安全性・利便性・健康快適性に関する国内外の認証基準

新型コロナウイルスの世界的流行以前より、国内外において、イノベーションの誘発、生産性の向上、人材の獲得の観点から、よりよいオフィス空間や建築物室内環境への関心が高まっている。近年、職域における健康経営や ESG (Environment, Social, Governance) 投資などの視点も加わり、オフィスワーカーの健康を増進させる空間づくりへの期待や関心が高まってきており、いくつかの認証制度が運用されている。代表的な認証制度として海外の WELL (WELL Building Standard) と Fitwel、国内の CASBEE-WO (Wellness Office) の 3 種の認証基準の指標を紹介する。

WELL は、健康増進に繋がる建築物・空間を認証する国際認証制度で、2014 年から運用されており、登録・評価・提出・検証・認証というプロセスを経る。2020 年 2 月時点で、58ヶ国で 277 件の認証があり、3748 件認証待ちの登録状態にある。わが国からの登録や認証も少しずつ増えている。認証費用は、5000 sq feet の規模で、約 127 万円である(2020 年)。

評価項目は、「空気 (Air)」、「水 (Water)」、「栄養 (Nourishment)」、「光 (Light)」、「運動 (Fitness)」、「快適性 (Comfort)」、「精神 (Mind)」の 7 カテゴリで、100 個の中項目 (Feature) に、205 評価指標がある。建築環境の分野から、空気や水、光など、特定できる曝露因子をもつカテゴリがあるとともに、建築計画の分野から、快適性や精神性など室の機能やレイアウトなどデザインに関わる要因のカテゴリもある。

必須条件 (Preconditions) と最適化条件 (Optimizations) の 2 種類があり、最適化条件の達成度合いにより認証種類が区別される。80% 達成以上達成するとプラチナ、40%～80% 達成するとゴールド、他はシルバーという認証区別がある。

Fitwel は、WELL と比較してより、簡便・安価で運用される認証制度として 2017 年より運用されている。米国 CDC により開発がスタートした特徴がある。2020 年 2 月時点で、世界 40ヶ国で、370 件認証があり、980 件が認証待ちの登録状態にある。日本からは 1 件の登録に留まる。認証費用は、5000 sq feet の規模で約 66 万円である(2020 年)。

評価項目は、「ロケーション (LOCATION)」「建物へのアクセス (BUILDING ACCESS)」「屋外空間 (OUTDOOR SPACES)」「エントランスと地上階 (ENTRANCES AND GROUND FLOOR)」「階段吹抜け (STAIRS)」「室内環境 (INDOOR ENVIRONMENTS)」「ワークスペース (WORKSPACES)」「共有スペース (SHARED SPACES)」「水の供給 (WATER SUPPLY)」「カフェテリアと調理食品店 (PREPARED FOOD AREAS)」「自動販売機とスナックバー (VENDING MACHINES AND SNACK BARS)」「緊急操作 (EMERGENCY PREPAREDNESS)」の 12 カテゴリで、73 評価指標がある。指標ごとのウェイト付き得点が計算され 144 点満点で評価される。125～144 点は三つ星 (★★★)、105～124 点は二つ星 (★★)、90～104 点は一つ星 (★) である。WELL と同様、建築環境の指標と建築計画の指標の両面がある。

CASBEE-WO は、国内の認証制度で、2019 年に運用が開始した。2020 年 2 月時点では 8 件が先行認証されている。認証費用は、5000 sq feet の規模で約 50～70 万円である。

評価項目は、5 大カテゴリ（1 健康性・快適性、2 利便性、3 安全・安心性、4 運営管理、5 プログラム）に、16 中カテゴリ（空間・内装、音環境、光・視環境、熱・空気環境、リフレッシュ、運動、移動空間・コミュニケーション、情報通信、災害対応、有害物質対策、水質安全性、セキュリティ、維持管理計画、満足度調査、災害時対応、プログラム）があり、計 60 評価指標で評価される。配点は、5 大カテゴリの各々 20 点で計 100 点である。WELL と同様、建築環境の指標と建築計画の指標の両面がある。

WELL の必須条件の評価割合を図 1 に示す。空気、水、栄養など、数量として測定できる項目の比重が大きい。WELL の最適化条件の評価割合を図 2 に示す。加点要素として、精神性、身体活動、光環境など、デザインや建築計画に関わる要素の比重が大きい。

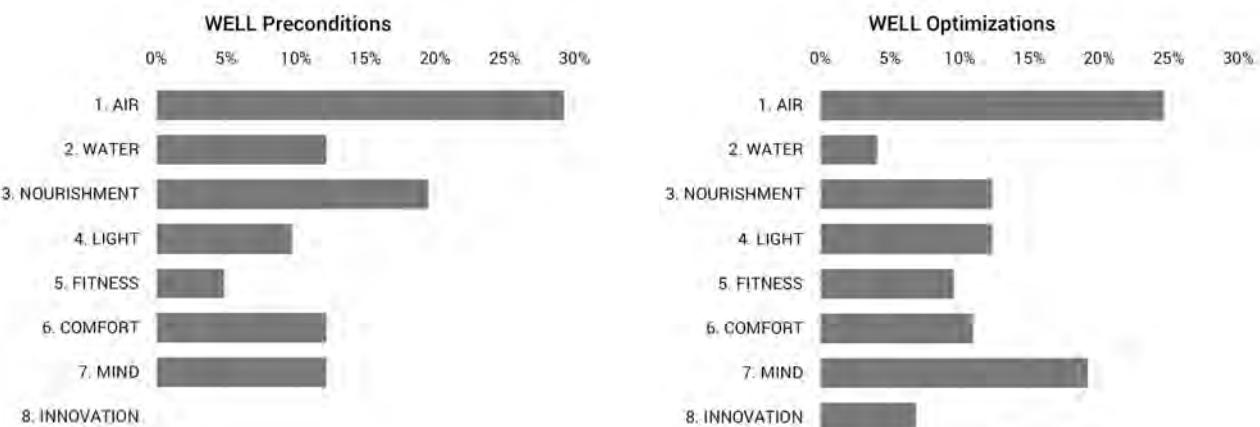


図 1 WELL の必須条件の評価割合

図 2 WELL の最適化条件の評価割合

Fitwel の評価割合を図 3 に示す。WELL と比較して、LOCATION、ACCESS、OUTDOOR SPACES、ENTRANCE など、立地環境や外構など、外部アクセスの重要性を捉える。環境・都市デザインと健康に関する観点を考慮し、室内空間では SHARED SPACES の充実を高く評価している。

CASBEE-WO の評価割合を図 4 に示す。健康増進プログラムや移動空間・コミュニケーション、維持管理計画などの比重を高く設定している。差がでる部分の評価比重を高く設定していると考えられる。



図 3 Fitwel の評価割合

図 4 CASBEE-WO の評価割合

これら 3 認証制度の評価指標は、国内外のエビデンスに基づいているが、健康の増進に係る指標として、低いエビデンスレベルの文献も多数含まれることは否めない。そのため、ひとつひとつの項目がどの程度の影響を及ぼすかに関する議論には及んでいない。総体として多くの評価指標を達成する建築物・空間であれば、健康増進に寄与するはずであるという仮定に基づく評価体系である点に注意が必要である。これらの認証を取得した建築物で、オフィスワーカーの健康が増進されているかどうか、今後の研究が必要となる。

このように、評価指標には、明確な曝露因子が想定できる建築環境の指標と空間計画や機能計画など、建築計画の指標の両面がある。評価割合は認証制度により異なることに留意したい。

2. COVID-19 クラスターの多発を踏まえた、室内空気環境の安全性の可視化の取組み

2-1. 3密／換気の指標としての室内 CO₂ 濃度の推定と実測

COVID-19 感染症の流行早期段階より、SARS-CoV-2 ウィルスの感染経路として、飛沫感染や接触感染では説明しえない経路の存在が指摘されてきた。その共通項目として、「密接・密集・密閉」からなる空間が抽出され、この 3 密 (3Cs (closed spaces, crowded places, close-contact settings)) が、わが国の感染予防環境対策の主軸の一つとして広く一般に認知されたことは記憶に新しい。この感染経路の主体は、微細な 5 μm 未満の飛沫(核)粒子が換気の悪い空間で空气中を漂うことによる「マイクロ飛沫感染」である。口からでた飛沫はまもなく水分が蒸発し半分程度の大きさの飛沫核となりその多くは沈着せず空气中を漂うことになる。室内空間滞在者の感染成立阻止のため、このエアロゾルを換気で速やかに除去することが望まれる。これまでに多くの屋内クラスターが指摘され、飲食店を含む職域における 3 密回避と換気の励行は、各業種別・業界団体ガイドラインに盛り込まれてきたが、その定量的な評価や改善方法の実際は手探りな状況である。私たちのチーム (R3 産業医学振興財団助成研究・R4 厚生労働科学研究等) は、様々な職域において、3 密/換気の良否を室内 CO₂ 濃度推定や実測から評価し、その改善提案を行ってきた。

室内換気の指標として、ヒトの呼気から発生する二酸化炭素 (CO₂) の室内濃度が以前から使われてきた。事務所衛生基準規則や興行場法の規程はご存知の通りである。私たちは、新型コロナウイルスの室内クラスターリスクの評価指標として、マイクロ飛沫の汚染度合いを、室内 CO₂ 濃度から推定できるのではないかと着想し、検証を進めてきた。日本産業衛生学会産業衛生技術部会として 2020 年 4 月に公開した、簡易的に CO₂ 濃度を見積もり室内的換気状況を評価できる換気シミュレーターはその一部である。感染予防と経済活動の両立として、リモートワークから出社形式に戻したり、集会型室内イベントを計画する企業が少なくない昨今、在室人数や室の使用方法について、換気の観点からコンサルテーションを受けることが増えているが、「この室を使用する場合、何名まで収容することが換気能力として許容できるか」といった課題に簡単に無料で答えうるツールとして、ぜひ活用いただきたい。3 密の概念が提唱された当初、人口密度や気積として、室の面積/体積から在室許容人数を計算する手法がみられたが、人の呼気、つまり「在室者の身体活動度」の変数を含めて許容人数を計算できるのが、本ツールの特徴である。同人数が滞在していても、室内で黙って事務作業をする場合と、会議や懇親会で活発な議論をする場合で、感染クラスターリスクや室内 CO₂ 濃度が大きく変わることは自明であり、本ツールはこの違い

付表1 WELL の必須条件の一覧

| カテゴリ | 指標数 | 評価割合 | | 番号 | 小項目 |
|-------------|-----|------|---|----|-----------------------------------|
| AIR | 12 | 29% | P | 1 | Air Quality Standards |
| | | | P | 2 | Smoking Ban |
| | | | P | 3 | Ventilation Effectiveness |
| | | | P | 4 | VOC Reduction |
| | | | P | 5 | Air Filtration |
| | | | P | 6 | Microbe And Mold Control |
| | | | P | 7 | Construction Pollution Management |
| | | | P | 8 | Healthy Entrance |
| | | | P | 9 | Cleaning Protocol |
| | | | P | 10 | Pesticide Management |
| | | | P | 11 | Fundamental Material Safety |
| | | | P | 12 | Moisture Management |
| WATER | 5 | 12% | P | 30 | Fundamental Water Quality |
| | | | P | 31 | Inorganic Contaminants |
| | | | P | 32 | Organic Contaminants |
| | | | P | 33 | Agricultural Contaminants |
| | | | P | 34 | Public Water Additives |
| NOURISHMENT | 8 | 20% | P | 38 | Fruits And Vegetables |
| | | | P | 39 | Processed Foods |
| | | | P | 40 | Food Allergies |
| | | | P | 41 | Hand Washing |
| | | | P | 42 | Food Contamination |
| | | | P | 43 | Artificial Ingredients |
| | | | P | 44 | Nutritional Information |
| LIGHT | 4 | 10% | P | 45 | Food Advertising |
| | | | P | 53 | Visual Lighting Design |
| | | | P | 54 | Circadian Lighting Design |
| | | | P | 55 | Electric Light Glare Control |
| FITNESS | 2 | 5% | P | 56 | Solar Glare Control |
| | | | P | 64 | Interior Fitness Circulation |
| COMFORT | 5 | 12% | P | 65 | Activity Incentive Programs |
| | | | P | 72 | Accessible Design |
| | | | P | 73 | Ergonomics: Visual And Physical |
| | | | P | 74 | Exterior Noise Intrusion |
| | | | P | 75 | Internally Generated Noise |
| MIND | 5 | 12% | P | 76 | Thermal Comfort |
| | | | P | 84 | Health And Wellness Awareness |
| | | | P | 85 | Integrative Design |
| | | | P | 86 | Post-Occupancy Surveys |
| | | | P | 87 | Beauty And Design I |
| | | | P | 88 | Biophilia I – Qualitative |

付表2 WELL の最適化条件の一覧

| カテゴリ | 指標数 | 評価割合 | | 番号 | 小項目 |
|------|-----|------|---|----|-------------------------------------|
| AIR | 18 | 25% | O | 13 | Air Flush |
| | | | O | 14 | Air Infiltration Management |
| | | | O | 15 | Increased Ventilation |
| | | | O | 16 | Humidity Control |
| | | | O | 17 | Direct Source Ventilation |
| | | | O | 18 | Air Quality Monitoring And Feedback |
| | | | O | 19 | Operable Windows |
| | | | O | 20 | Outdoor Air Systems |
| | | | O | 21 | Displacement Ventilation |
| | | | O | 22 | Pest Control |
| | | | O | 23 | Advanced Air Purification |
| | | | O | 24 | Combustion Minimization |
| | | | O | 25 | Toxic Material Reduction |
| | | | O | 26 | Enhanced Material Safety |
| | | | O | 27 | Antimicrobial Activity for Surfaces |
| | | | O | 28 | Cleanable Environment |

| | | | | | |
|-------------|----|-----|-----|-----|--|
| | | | O | 29 | Cleaning Equipment |
| | | | n/a | P9 | Advanced Cleaning |
| WATER | 3 | 4% | O | 35 | Periodic Water Quality Testing |
| | | | O | 36 | Water Treatment |
| | | | O | 37 | Drinking Water Promotion |
| | | | O | 46 | Safe Food Preparation Materials |
| NOURISHMENT | 9 | 12% | O | 47 | Serving Sizes |
| | | | O | 48 | Special Diets |
| | | | O | 49 | Responsible Food Production |
| | | | O | 50 | Food Storage |
| | | | O | 51 | Food Production |
| | | | O | 52 | Mindful Eating |
| | | | n/a | P1 | Food Environment |
| | | | n/a | P7 | Strategic Dining Design |
| | | | O | 57 | Low-Glare Workstation Design |
| LIGHT | 9 | 12% | O | 58 | Color Quality |
| | | | O | 59 | Surface Design |
| | | | O | 60 | Automated Shading And Dimming Controls |
| | | | O | 61 | Right To Light |
| | | | O | 62 | Daylight Modeling |
| | | | O | 63 | Daylighting Fenestration |
| | | | n/a | P2 | Light at Night |
| | | | n/a | P3 | Circadian Emulation |
| | | | O | 66 | Structured Fitness Opportunities |
| FITNESS | 7 | 10% | O | 67 | Exterior Active Design |
| | | | O | 68 | Physical Activity Spaces |
| | | | O | 69 | Active Transportation Support |
| | | | O | 70 | Fitness Equipment |
| | | | O | 71 | Active Furnishings |
| | | | n/a | P8 | Injury Prevention |
| | | | O | 77 | Olfactory Comfort |
| COMFORT | 8 | 11% | O | 78 | Reverberation Time |
| | | | O | 79 | Sound Masking |
| | | | O | 80 | Sound Reducing Surfaces |
| | | | O | 81 | Sound Barriers |
| | | | O | 82 | Individual Thermal Control |
| | | | O | 83 | Radiant Thermal Comfort |
| | | | n/a | P4 | Impact Reducing Flooring |
| | | | O | 89 | Adaptable Spaces |
| MIND | 14 | 19% | O | 90 | Healthy Sleep Policy |
| | | | O | 91 | Business Travel |
| | | | O | 92 | Building Health Policy |
| | | | O | 93 | Workplace Family Support |
| | | | O | 94 | Self-Monitoring |
| | | | O | 95 | Stress And Addiction Treatment |
| | | | O | 96 | Altruism |
| | | | O | 97 | Material Transparency |
| | | | O | 98 | Organizational Transparency |
| | | | O | 99 | Beauty And Design II |
| | | | O | 100 | Biophilia II – Quantitative |
| | | | n/a | P5 | Health Through Housing Equity |
| | | | n/a | P6 | Education Space Provisions |
| Innovation | 5 | 7% | O | 101 | Innovation Feature I |
| | | | O | 102 | Innovation Feature II |
| | | | O | 103 | Innovation Feature III |
| | | | O | 104 | Innovation Feature IV |
| | | | O | 105 | Innovation Feature V |

付表3 Fitwel の指標一覧

| CATEGORY | ITEM COUNT | PERCENTAGE | ID | SUB-TITLE | STRATEGY |
|-------------------------------|------------|------------|-----|--|---|
| 1. LOCATION | 4 | 11% | 1.1 | Walkability | Building located in an area with a Walk Score of 50 or above |
| | | | 1.2 | Walkability | Building located in an area with a Walk Score of 70 or above |
| | | | 1.3 | Walkability | Building located in an area with a Walk Score of 90 or above |
| | | | 1.4 | Proximity To Transit | Locate a transit stop within a 1/2 mile or 800 meters of a main building entrance |
| 2. BUILDING ACCESS | 6 | 4% | 2.1 | Pedestrian Route to Transit | Provide a universally accessible pedestrian route between the main building entrance and a transit stop |
| | | | 2.2 | Commuter Survey | Conduct an occupant commuter survey for regular occupants |
| | | | 2.3 | Bicycle Parking | Provide regular occupants access to bicycle parking |
| | | | 2.4 | Active Commuter Showers | Provide regular occupants access to showers and lockers |
| | | | 2.5 | Incentivizing Transit | Provide regular occupants access to transit benefits |
| | | | 2.6 | Efficiency Parking | Implement parking efficiency practices |
| 3. OUTDOOR SPACES | 8 | 9% | 3.1 | Outdoor Space Amenities | Provide regular occupants access to an outdoor space amenity |
| | | | 3.2 | Walking Trail | Provide regular occupants access to an outdoor walking trail |
| | | | 3.3 | Outdoor Fitness Area | Provide regular occupants access to an outdoor fitness area |
| | | | 3.4 | Restorative Garden | Provide regular occupants access to an outdoor restorative garden |
| | | | 3.5 | Farmers Market | Provide regular occupants access to a farmers market |
| | | | 3.6 | Fruit and Vegetable Garden | Provide regular occupants access to a fruit and vegetable garden |
| | | | 3.7 | Pathway and Parking Area Lighting | Provide lighting in all outdoor spaces, pathways, and parking areas |
| | | | 3.8 | Tobacco- and Smoke-Free Outdoor Spaces | Establish and implement a tobacco- and smoke-free policy for all outdoor spaces |
| 4. ENTRANCES AND GROUND FLOOR | 8 | 8% | 4.1 | Tobacco- and Smoke-Free Signage | Provide tobacco- and smoke-free signage at all entrances and outdoor areas |
| | | | 4.2 | Main Pedestrian Entrance | Orient a main building entrance towards an outdoor pedestrian area |
| | | | 4.3 | Main Entrance Amenities | Include sidewalk amenities at main building entrances |
| | | | 4.4 | Safe Entry and Exit Lighting | Provide continuous lighting at all building entrances |
| | | | 4.5 | Publicly Accessible Use | Provide a publicly accessible use on the ground floor |
| | | | 4.6 | Activate Pedestrian Areas | Orient the publicly accessible use directly to an outdoor pedestrian area |
| | | | 4.7 | Local Amenities Advertising | Provide a permanent display advertising local amenities |
| | | | 4.8 | Entryway Systems | Provide entryway systems at all building entrances |
| 5. STAIRS | 6 | 10% | 5.1 | Stair Access | Provide access to at least one stair that connects building floors |
| | | | 5.2 | Stair Location | Locate the stair in an equally or more prominent area than escalators or elevators |
| | | | 5.3 | Stair Design | Implement active design strategies in the stair design |
| | | | 5.4 | Stair Signage | Place educational point-of-decision signs promoting stair use at elevator call areas |
| | | | 5.5 | Stair Visibility | Increase visibility of the stair |
| | | | 5.6 | Stair Safety | Implement best practices in stair safety |
| 6. INDOOR ENVIRONMENTS | 8 | 13% | 6.1 | Tobacco- and Smoke-Free Environment | Establish and implement a tobacco- and smoke-free policy for all indoor areas |
| | | | 6.2 | Asbestos-Safe Property | Confirm that asbestos has been properly abated and control measures are implemented |
| | | | 6.3 | Indoor Air Quality (IAQ) Policy | Establish and implement an Indoor Air Quality (IAQ) Policy |
| | | | 6.4 | Indoor Air Quality Testing | Conduct regular Indoor Air Quality (IAQ) testing |
| | | | 6.5 | IAQ Testing Results | Share Indoor Air Quality (IAQ) testing results with regular occupants |
| | | | 6.6 | Green Purchasing Policy | Establish and implement a Green Purchasing Policy |

| | | | | | |
|-------------------------------------|----|-----|------|---|---|
| | | | 6.7 | Chemical Storage Ventilation | Provide separate ventilation in all areas with chemical use or storage |
| | | | 6.8 | Integrated Pest Management | Establish and implement an Integrated Pest Management (IPM) Plan |
| 7. WORKSPACES | 5 | 5% | 7.1 | Natural Daylight | Provide regular occupants access to natural daylight |
| | | | 7.2 | Views of Nature | Provide regular occupants access to views of nature |
| | | | 7.3 | Operable Shading | Provide regular occupants access to operable shading |
| | | | 7.4 | Active Workstations | Provide regular occupants access to active workstations |
| | | | 7.5 | Thermal Control | Provide regular occupants access to thermal control devices |
| 8. SHARED SPACES | 13 | 14% | 8.1 | Bathroom Cleaning Protocol | Establish and implement a regular cleaning protocol for bathrooms |
| | | | 8.2 | Hand-Washing Signage | Provide permanent educational signs promoting hand-washing in bathrooms |
| | | | 8.3 | Common Break Areas | Provide regular occupants access to a common break area |
| | | | 8.4 | Break Areas Cleaning Protocol | Establish and implement a regular cleaning protocol for all break areas |
| | | | 8.5 | Quiet Room | Provide regular occupants access to a dedicated quiet room |
| | | | 8.6 | Lactation Rooms and Stations | Provide regular occupants access to a sufficient number of dedicated lactation rooms |
| | | | 8.7 | Multi-purpose Room | Provide regular occupants access to a multi-purpose room |
| | | | 8.8 | Exercise Room | Provide regular occupants access to a dedicated exercise room |
| | | | 8.9 | Fitness Facility | Provide regular occupants subsidized access to a fitness facility |
| | | | 8.1 | Crop Share Drop-Off | Provide regular occupants access to crop share or other fresh food delivery programs |
| | | | 8.11 | Health Programming | Establish and implement health promotion programming for regular occupants |
| | | | 8.12 | Occupant Satisfaction Survey | Conduct an occupant satisfaction survey for regular occupants |
| | | | 8.13 | Stakeholder Collaboration Process | Establish and Implement a Stakeholder Collaboration Process |
| 9. WATER SUPPLY | 3 | 5% | 9.1 | Universally Accessible Water Supply | Provide a sufficient number of universally accessible water supplies |
| | | | 9.2 | Water Bottle Refilling Station | Provide bottle refilling stations at water supplies |
| | | | 9.3 | Water Quality | Conduct regular water quality testing |
| 10. PREPARED FOOD AREAS | 4 | 10% | 10.1 | Healthy Food and Beverage Policy | Establish and implement a healthy food and beverage policy as rigorous as the Fitwel Food and Beverage Standard in a prepared food area |
| | | | 10.2 | Choice Architecture | Implement choice architecture practices in a prepared food area |
| | | | 10.3 | Pricing Incentives | Implement pricing incentive practices in a prepared food area |
| | | | 10.4 | Water Access | Provide access to free water supplies in a prepared food area |
| 11. VENDING MACHINES AND SNACK BARS | 4 | 5% | 11.1 | Healthy Vending Machines and Snack bars | Establish and implement a healthy food and beverage policy as rigorous as the Fitwel Food and Beverage Standard for vending machines and snack bars |
| | | | 11.2 | Vending and Snack Bar Choice Architecture | Implement choice architecture practices for vending machines and snack bars |
| | | | 11.3 | Vending and Snack Bar Pricing Incentives | Implement pricing incentive practices for vending machines and snack bars |
| | | | 11.4 | Water Access | Provide access to free water supplies near vending machines and snack bars |
| 12. EMERGENCY PREPAREDNESS | 4 | 5% | 12.1 | Emergency Preparedness Plan | Establish and Implement a comprehensive Emergency Preparedness Plan |
| | | | 12.2 | Automated External Defibrillator (AED) | Install a sufficient number of Automated External Defibrillators (AED) |
| | | | 12.3 | Certified First Responders | Provide a sufficient number of Certified First Responders (CFR) |
| | | | 12.4 | Emergency Address Notification | Provide an automated emergency address notification system |

付表4 CASBEE-W0 の指標一覧

| 区分 | 評価割合 | カテゴリ | 指標数 | 評価割合 | | |
|----------------------------|---------|---|-----|---------|-------------------------|---|
| Qw1 健 康 性・快 適性 | 20 % | 空間・内装 音環境 光・視環境 熱・空気環境 リフレッシュ 運動 | 10 | 6% | 1.1 レイアウトの柔軟性 | 1.1.1 空間の形状・自由さ 1.1.2 荷重のゆとり 1.1.3 設備機器の区画別運用の可変性 |
| | | | | | 1.2 知的生産性を高めるワークプレイス | 1.2.1 専有部の内装計画 1.2.2 共用部の内装計画 |
| | | | | | 1.3 内装計画 | 1.3.1 専有部の内装計画 1.3.2 共用部の内装計画 |
| | | | | | 1.4 作業環境 | 1.4.1 オフィス什器の機能性・選択性 1.4.2 OA機器等の充実度 |
| | | | | | 1.5 広さ | |
| | | | | | 1.6 外観デザイン | |
| | | | | | 2.1 室内騒音レベル | |
| | | | | | 2.2 吸音 | |
| | | | | | 3.1 自然光の導入 | |
| | | | | | 3.2 グレア対策 | 3.2.1 開口部のグレア対策 3.2.2 照明器具のグレア対策 |
| | | | | | 3.3 照度 | |
| | | | | | 4.1 空調方式及び個別制御性 | |
| | | | | | 4.2 室温制御 | 4.2.1 室温 4.2.2 外皮性能 |
| | | | | | 4.3 湿度制御 | |
| | | | | | 4.4 換気性能 | 4.4.1 換気量 4.4.2 自然換気性能 |
| | | | | | 5.1 オフィスからの眺望 | |
| | | | | | 5.2 室内の植栽・自然とのつながり | |
| | | | | | 5.3 室外(敷地内)の植栽・自然とのつながり | |
| | | | | | 5.4 トイレの充足性・機能性 | |
| | | | | | 5.5 給排水設備の設置自由度 | |
| | | | | | 5.6 リフレッシュスペース | |
| | | | | | 5.7 食事のための空間 | |
| | | | | | 5.8 分煙対応、禁煙対応 | |
| | | | | | 6.1 運動促進・支援機能 | |
| | | | | | 6.2 階段の位置・アクセス表示 | |
| Qw2 利便性 | 20 % | 移動空間・コミュニケーション | 4 | 16 % | 1.1 動線における出会いの場の創出 | |
| | | | | | 1.2 EV利用の快適性 | |
| | | | | | 1.3 バリアフリー法への対応 | |
| | | | | | 1.4 打ち合わせスペース | |
| | | | | | 2.1 高度情報通信インフラ | |
| Qw3 安全・安心性 | 20 % | 災害対応 | 4 | 8% | 1.1.1 転倒の耐震性能 | |
| | | | | | 1.1.2 免振・制振・制震性能 | |
| | | | | | 1.1.3 設備の信頼性 | |
| | | 有害物質対策 | 4 | 8% | 1.2 災害時エネルギー供給 | |
| | | | | | 2.1 化学汚染物質 | |
| | | | | | 2.2 有害物質を含まない材料の使用 | |
| | | | | | 2.3 有害物質の既存不適格対応 | 2.3.1 アスベスト、PCB 対応 2.3.3 土壌汚染等対応 |
| | | 水質安全性 | 1 | 2% | 3.1 水質安全性 | |
| | | セキュリティ | 1 | 2% | 4.1 セキュリティ設備 | |
| Qw4 運営管理 | 20 % | 維持管理計画 | 6 | 12 % | 1.1 維持管理に配慮した設計 | |
| | | | | | 1.2 維持管理用機能の確保 | |
| | | | | | 1.3 維持保全計画 | |
| | | | | | 1.4 維持管理の状況 | 1.4.1 定期調査・検査報告書 1.4.2 維持管理レベル |
| | | | | | 1.5 中長期保全計画の有無と実行性 | |
| | | 満足度調査 | 1 | 2% | 2.1 満足度調査の定期的実施等 | |
| | | 災害時対応 | 3 | 6% | 3.1 BCP の有無 | |
| | | | | | 3.2 消防訓練の実施 | |
| | | | | | 3.3 AED の設置 | |
| Qw5 プログラ | 20 % | プログラム | 3 | 20 % | メンタルヘルス対策、医療サービス | |
| | | | | | 社内情報共有インフラ | |
| | | | | | 健康増進プログラム | |

を明確に定量評価できる。このシミュレータは国内外から反響を呼び、英語版も公開している。

本ツールを活用する場合にいくつか留意点がある。その一つは、本シミュレータが示す室内 CO₂ 濃度推定値は、人がその室に 1 – 2 時間以上滞在したと仮定した場合の平衡値である、ということである。室の大きさにもよるが、一般的な 10 人以上が在室するオフィスを仮定すると、在室時間が 1 時間以内の短時間である場合、実測値は推定値よりも低いことが予想される。

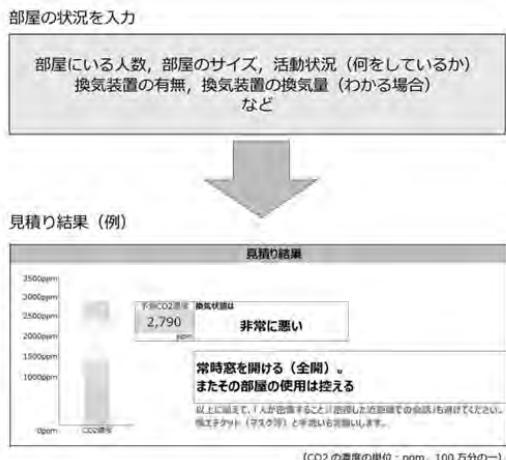


図 5 換気良否を推定する
「換気シミュレータ」

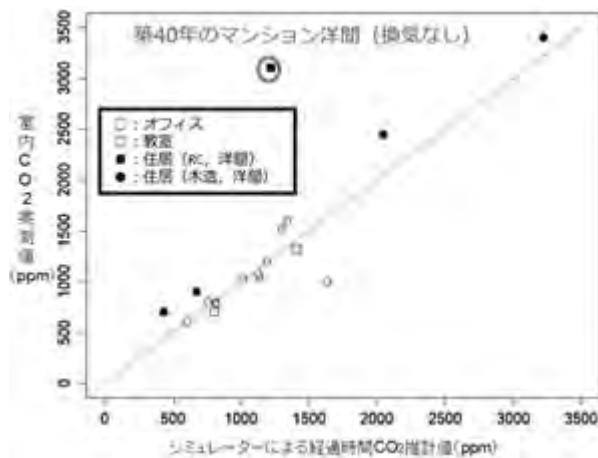


図 6 換気シミュレータによる室内 CO₂
濃度推定値と実測値の比較

二つ目の留意点は、本シミュレータの換気の良否は、CO₂ 濃度 1,000 ppm を閾値として便宜的に評価していることである。私たちのチームは、国内で発生したクラスター室内環境の推定 CO₂ 濃度と単位時間当たりの PCR 陽性者発生数、室内身体呼吸活動度等を分析するなかで、たとえ感染者が室内に滞在しても空間をクラスターにしない最低閾値室内 CO₂ 濃度推定値と閾値換気量を理論上算出してきた。新型コロナウイルスがその変異とともに感染伝播力を増強してきているなかでは、クラスターリスクを低減するには、700–800 ppm 程度を室内 CO₂ 濃度の閾値にするなど、より強力な換気が求められる可能性があることを意識すべきである。

三つ目の留意点として、本ツールで投入する「室の機械換気量」の変数は、多くの場合、換気扇の排気風量実測値ではなく、推定値を使用すると考えられるため、換気扇が目詰まりしていたり、良好な排気に必須の室内への外気給気が乏しかったりする場合に、実測値が推定値を上回ることがある。さらに、図 6 に示すように、築年数が古く気密性の高い鉄筋コンクリート住宅の寝室では、実測値は推計値を大きく上回ることがある。昨今、住宅用マンションの一室をオフィスとして使用することが増えているが、実測値がかなり高値になりうることを意識したい。

2 – 2. 良好な換気には、排気・吸気・室全体の気流の 3 点を意識する

本ツールの四つ目の留意点は、シミュレータが推定する室内 CO₂ 濃度は、室内全体が一定値を示すと仮定していることである。しかし現実の室内は、エアコンや給排気による気

流によって、空気が滞留する場所が発生し、決して均一な濃度を示さない。私たちの実測では、室内の粉塵量と CO₂ 実測値は、室内の気流の影響を同様に受け、その 2 値は類似した増減の挙動を示している。昨今、様々な CO₂ 測定センサーが発売流通しており、製品の正確性はもとより、「どこにセンサーを置いて実測するか」という課題にも意識が必要である。点としての測定値から、面や空間全体としての換気や室内安全性を考える必要がある。

私たちが様々な職域空間の換気調査を行ってきたなかで、良好な換気に必要な 3 因子が抽出された。それは、①十分な排気、②十分な吸気（給気）、③気流動線が在室者空間を通過するの 3 条件である。室内空間を気流トンネルと解釈すれば、空気が室内に入って出ていくまでの動線を意識すること、それを可視化し室内環境改善に用いることの重要性が示唆される（図 8）。

■ 換気のポイント

| | |
|--|---|
| 1 十分な「排気」 | 機械換気（排気）能力が最重要（その位置も） 窓の排気を利用してよい |
| 2 十分な「吸気」 | 吸気口が確保されていること（その位置も重要） 空気の漏れ込み（ショートカット）は不可 |
| 3 この結果として気流が客フロア全体を通過すること その補助としてサーキュレーターなどを用いてよい | |

図 7 換気のポイント

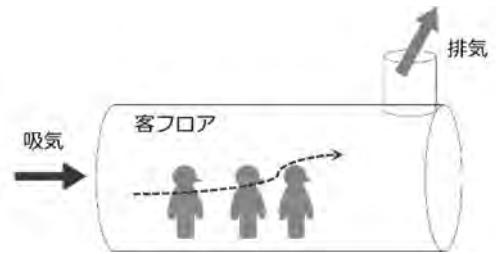


図 8 室をトンネルと考え、呼気
・気流動線・排気の 3 点を意識

2-3. 集団活動を行う室内空間での 3 密／換気評価の実際

上記に紹介した「換気シミュレーター」（日本産業衛生学会産業衛生技術部会志士チーム）を活用すると、「室の大きさ・人数・身体活動度・機械換気量」の変数を投入することで、室内 CO₂ 濃度平衡予測値を推定できる。このモデルを活用して、3 密空間の換気について、実際に人を室内に入れないと評価する取組みを、千葉県松戸市（行政）との連携実践活動として行ってきたので紹介したい。

図 9 のナイトバーは、飲酒しながら歓談する客席スペースに隣接して、カラオケスペースがある。このお立ち台の前には、天井からビニールシートが飛沫飛散防止として吊るされている。カラオケ音量や規制のため客室の窓は開けられないが、隣室の窓をわずかに開け、かろうじて気流を確保した状況での換気状況を図 10 に示す。

小さな換気扇が 3 か所あり、空気清浄機もあるがそれぞれの換気量が中程度なため、在室者数を定員（従業員と客）の 45 名とすると、CO₂ 平衡予測濃度は 1,460 ppm と換気不良が推定される。在室感染者から排出されたマイクロ飛沫粒子を動態解析すると、図 11、12 のように天井付近の換気扇から排気されるが、排気能力が充分でないと壁をたたって沈降し、部屋の隅に滞留することが判明した。



◆ 客フロア
◆ 左奥が入口

◆ 室内角にカラオケスペース(図左)
◆ 正面奥は厨房

図 9 3 密 / 換気評価を行ったナイトバー

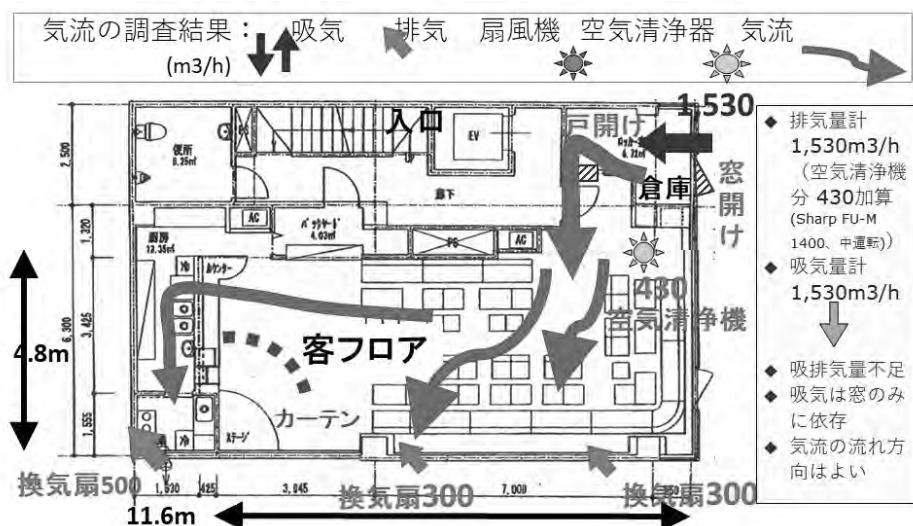


図 10 客室隣室の窓を開け気流を確保した現状での換気状況
(ビニールカーテンがカラオケお立ち台)

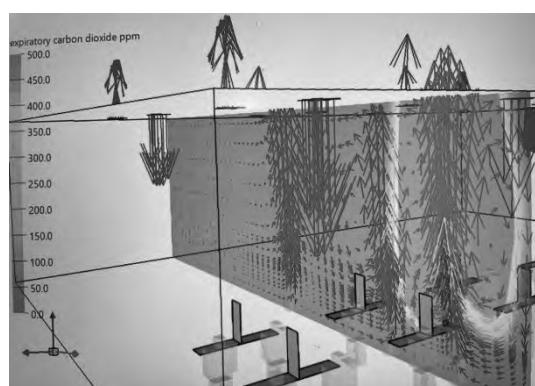


図 11 感染者から排出されたマイクロ
飛沫は天井方向に排気されていく

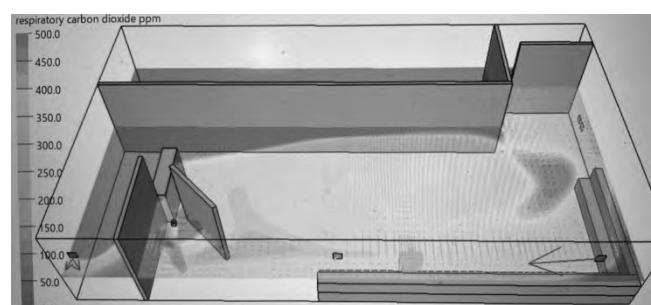


図 12 排気しきれなかったマイクロ飛沫は
壁をつたって沈降し部屋隅に滞留

本室内に対する 3 密 / 換気改善対策としては、①在室者数を 45 人から 25 人に減らす（これにより、推定室内 CO₂ 平衡濃度 は 990 ppm に低下）、または②カラオケスペース（お立ち台）に新たに換気扇（800 m³/h）を増設等の改善策を提案した（図 13）。様々な飲食店・介護施設・自宅住居（感染者である家族と同居）における換気改善のコツについて松戸市ホームページで公開しているのでご参考いただきたい。同様の課題は、小中学生が合唱す

る学校の音楽室や、高齢者の通いの場への足となるバス車内でもみられ、図14のように換気扇を増設して集団活動を再開する動きがみられている。図15に示すように、室をトンネルと考え、給気・排気・気流の流れを意識し、それでも換気不良な場合は在室者人数を減らしたり、空気清浄機を活用して、感染対策と集団活動の両立をめざしたい。



図13 カラオケお立ち台横に換気扇を増設し、室内換気の改善を図る

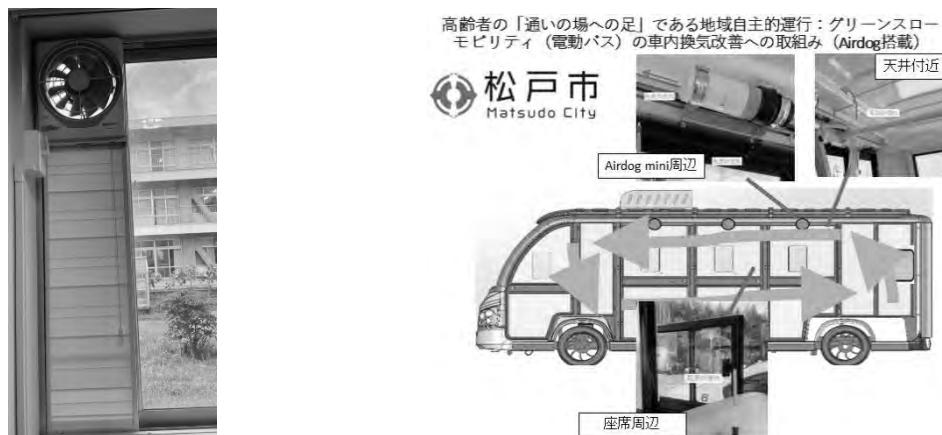


図14 音楽室への換気扇増設や車内への空気清浄機設置で寒冷暑熱期の室内換気を改善

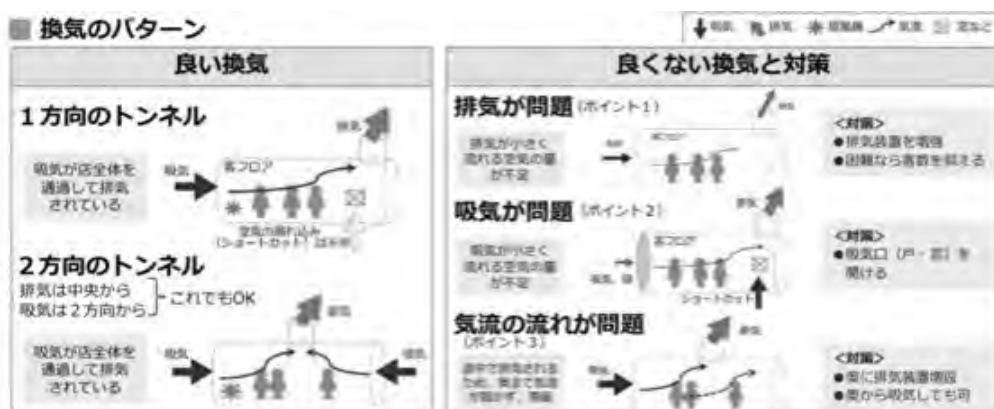


図15 換気の良好／不良ケースと対策

3. 持続可能性の観点からの、室内空気環境の安全性の確保

COVID-19 感染症の遷延をみとめる現在、持続可能性の観点からどのように室内環境の安全性を確保するか、必要最低限の取組みと過剰対策による弊害の調和を図る試みが検討されている。節電と感染対策の両立の観点からも、室内環境をリアルタイムでモニタリングし、換気風量を自動制御したり安全性を可視化する取組みが進んでいく。本シンポジウムでその一端を紹介したい。

◀ 文献 ▶

1. 武藤剛, 花里真道, 橋本晴男, 齋藤宏之, 中村裕之, 横山和仁, 松平浩, 遠藤源樹. 厚生労働省労災疾病臨床研究事業費補助金. 事務所衛生基準規則に関する研究—妥当性と国際基準との調和. 2019-22.

2. 武藤剛ら. 産業医学ジャーナル 44: 35-41, 2021.

3. 日本産業衛生学会産業衛生技術部会「換気シミュレータ」

http://jsoh-ohe.umin.jp/covid_simulator/covid_simulator.html

4. 橋本晴男, 武藤剛 監修: 千葉県松戸市: 飲食店対象感染症アドバイザー制度「換気のポイント」

https://www.city.matsudo.chiba.jp/jigyosya/chushoncov/advisor_houkoku.files/kankipoint1001.pdf

6. 武藤剛. 国民の栄養白書 2021 年度版. 49-64, 日本医療企画.

7. 武藤剛. 良好な換気のためのポイント（上）: 3密回避・換気の指標としての室内 CO₂濃度の推定と実測. 安全と健康（中央労働災害防止協会）50-52, Vol. 23(10), 2022.

8. 武藤剛. 良好な換気のためのポイント（下）: 集団活動を行う室内空間での3密・換気評価の実際. 安全と健康（中央労働災害防止協会）47-49, Vol. 23(11), 2022.

建築物環境衛生管理技術研究集会

1月19日（木） 10：23～10：49

14：48～17：17

1月20日（金） 10：03～11：59

建築物環境衛生管理技術研究集会

1月 19 日 (木)

10:23～10:49 [E. ねずみ・害虫等]

座長 武 藤 敦 彦 ((一財)日本環境衛生センター 環境生物・住環境部 技術審議役)

[調査研究]

1. イエバエ4系統の波長選好性 64

木 村 悟 朗 (イカリ消毒(株) 技術研究所)

[事例報告]

2. 健康食品工場において実施したダクト管内の防虫清掃による

タバコシバンムシの駆除事例 66

田 中 康次郎 ((株)フジ環境サービス)

14:48～16:06 [B. 建築物の空気環境]

座長 柳 宇 (工学院大学建築学部 教授)

[調査研究]

3. アースピットで発生した真菌菌種の同定 その2 異臭・汚染防止対策工事の効果 .. 68

松 鶴 さとみ (鹿児島大学)

4. コロナ禍において着目した特定建築物の空気環境変化とその対策 70

松 本 侑 弥 (東京都健康安全研究センター 広域監視部 建築物監視指導課)

5. 換気設備の粉塵汚染による換気能力低下と清掃による改善効果 72

花 木 俊 介 ((一社)日本空調システムクリーニング協会)

6. 事務所における床材から発生する2-エチル-1-ヘキサノールの室内濃度特性 74

鍵 直 樹 (東京工業大学)

7. 空気清浄機の粉じん除去性能評価と性能劣化に関する検討 76

阿 部 葵 葉 (東京工業大学)

8. 省エネルギー技術が導入されたオフィスビル内のコールセンターにおける

COVID-19 クラスターと空調換気に関する調査 78

山 本 直 輝 (北海道大学大学院工学院)

16:12～17:17 [C. 建築物の給排水]

座長 坂上 恭助 (明治大学 名誉教授)

[調査研究]

9. 業務用トイレ空間における無水小便器適用時の衛生性に関する調査 80

高山 拓徳 (関東学院大学)

10. 感染症防止に向けての各種大便器からの飛沫発生とその評価 82

木村 彩芳 (関東学院大学)

11. IP を活用した X 線透過検査による設備配管の劣化診断 84

市橋 宏章 (札幌施設管理(株) 配管保全事業部)

[事例報告]

12. 地震による貯水槽の崩壊予防と水質保全対策 86

赤井 仁志 (東北文化学園大学)

13. ディスポーザ排水処理システムの粉碎物堆積状況報告及び効果的清掃方法の提案 88

大野 隆次 ((一社)全国管洗净協会)

1月20日(金)

10:03～10:29 [D. 建築物の清掃・廃棄物]

座長 正田浩三(東京美装興業(株)顧問)

[調査研究]

14. 清掃控室の利用実態調査 90

杖先壽里((一財)建築物管理訓練センター)

[事例報告]

15. 建築物の清掃効果の見える化 92

北山克己((公社)東京ビルメンテナンス協会)

10:35～11:14 [F. その他(省エネ・改善)]

座長 飯塚宏(日建設計コンストラクション・マネジメント(株))

エンジニアリングマネジメントグループ ディレクター)

[調査研究]

16. コロナ禍における特定建築物の飲料水の実態 94

岩田洵一(東京都健康安全研究センター 広域監視部 建築物監視指導課)

17. リゾートホテルにおける給水・給湯の負荷率と水使用原単位に関する検証 96

小島邦晴((株)共立エステート)

[事例報告]

18. 温泉熱を利用したリゾートホテルの省エネルギー事例 98

鳴田成二((株)ユニ設備設計)

11:20～11:59 [A. 建築物と健康影響]

座長 相澤好治(北里大学 名誉教授)

[調査研究]

19. サイクロン式エアサンプラーを用いた空気中のレジオネラ属菌の検出(第2報) 100

藪崎裕昭(アクアス(株))

20. 感染症対策のための各種水栓による手指衛生と節水効果の評価 102

板橋芽美(関東学院大学)

21. レジオネラ症対策に関する条例・要綱等データベースの作成 104

後藤隼((公財)日本建築衛生管理教育センター)

1. イエバエ 4 系統の波長選好性

○木村悟朗（イカリ消毒株式会社 技術研究所）

1. はじめに

建築物衛生法における IPM は有害生物の生息状況調査を重視した防除体系である（厚生労働省、2008）。生息状況の把握には主にトラップが用いられ、その結果に基づいて維持管理水準が設定される。建築物における維持管理マニュアル（以下、維持管理マニュアル）（建築物環境衛生維持管理要領等検討委員会、2008）における IPM 実施モデルでは、建物内でしばしば問題となる有害生物の調査方法や標準的な目標水準等が定められている。維持管理マニュアルにおいて、ハエ・コバエ類については標準的な目標水準としてトラップによる捕獲指数が示されている。一般的に、建築物内のハエ・コバエ類の発生調査には粘着式ライトトラップが使用されている。また、総合的有害生物管理（IPM：Integrated Pest Management）の観点から、ライトトラップは物理的防除の目的で使用されることもある。

ライトトラップは昆虫の紫外光への強い走光性を利用したものである。ライトトラップの捕虫性能を向上させるためには、対象とする種の波長選好性に合う光波長を選択する必要がある。しかしながら、波長選好性の報告の多くは 1 種 1 系統を研究対象としており、系統間の比較についてはほとんど行われていない。本研究では、屋内におけるハエ・コバエ類の生息調査で用いられる光源の詳細な波長選好性を明らかにするために、ハエ類の代表としてイエバエ *Musca domestica* Linnaeus 4 系統を用いて、10 色の LED 光源と行動解析アリーナ（以下、アリーナ）を用いた試験を行った。

2. 材料と方法

LED 光源は 365、375、385 および 395 nm (UV)、405 nm (紫)、470 nm (青)、520 nm (緑)、580 nm (黄)、および 630 nm (赤) にピークを持つものと白色（白色 LED の主流は青色 LED+蛍光体方式で、使用した光源も 450 nm 付近に最大のピークがある）について、光源から 10 cm の距離で 2.0×10^{11} photons · m⁻² · s⁻¹ に調整して使用した。これら光源は 12 角形のアリーナ（図 1）に等間隔（点灯なしも 1 力所含む）で配置した。光源は 365 nm および 470～630 nm（試験 1、写真 1）、365～405 nm（試験 2）、白色および 470～630 nm（試験 3）の組合せで試験を行った。

イエバエは薬剤感受性系統（CSMA）と屋外から採集した薬剤抵抗性系統（MJ、TS、KM）を含む合計 4 系統を用いた。いずれの系統も同じ飼育方法によって弊社で維持している個体群である。

アリーナに配置した各光源前に粘着板を配置した。イエバエは雌雄を区別せずバイアルに 20 個体入れ、このバイアルをアリーナ中央部に結合して供試虫が自発的にアリーナへ移動するようにした。アリーナは 25°C、全暗条件のインキュベーター内に設置した。設置 24 時間後にアリーナを取り出し、各粘着板およびバイアルに残った個体を計数した。試験は光源の組合せおよびイエバエの系統毎に 10 回ずつ反復した。統計的解析は KyPlot Ver. 6.0 を用いた。

3. 結果と考察

試験 1

いずれの系統においても、365 nm および 470～630 nm の光源を比較すると 365 nm を有意によく選好了。加えて MJ では 580 nm を選好了個体数は 470 nm よりも有意に少なく、TS では 520 nm を選好了個体数はその他可視光よりも有意に少なく、KM では 470 nm はその他可視光よりも有意に多かった。

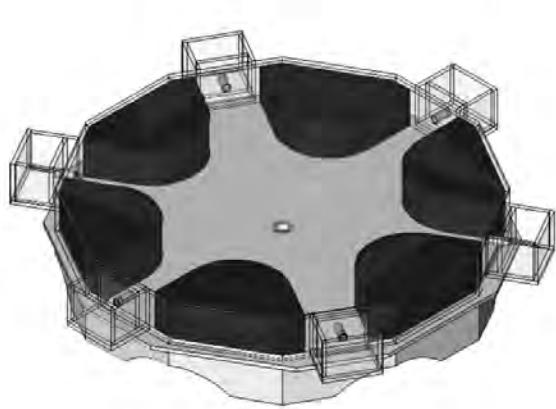


図1 アリーナ模式図

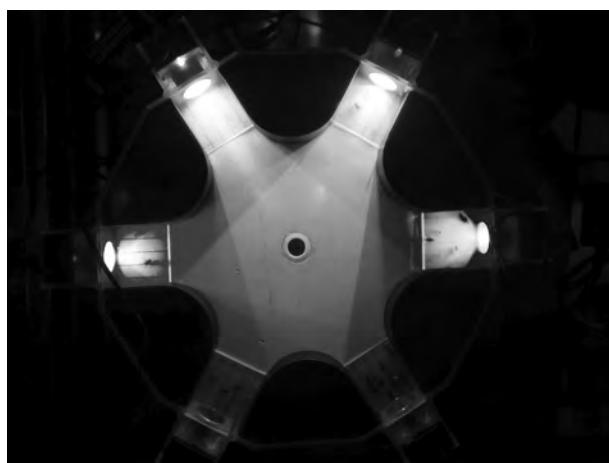


写真1 365 nm および 470~630 nm の光源を配置したアリーナ

試験 2

イエバエの系統によって紫外線選好性は異なった。CSMA は 365 および 375 nm をその他の波長よりも有意によく選好した。MJ ではすべての波長に有意な差はなかった。TS と KM は 365、375 および 385 nm を 395 および 405 nm よりも有意によく選好した。また、CSMA は 365 nm に捕獲のピークがあり、波長が長くなるほど捕獲数が有意に減少したが、その他の系統は波長と捕獲数との間に有意な相関関係はなかった。

試験 3

系統によって白色 LED の選好性は異なった。CSMA は 470 nm を白色よりも有意によく選好したが、その他の系統ではこの差は認められなかった。加えて、CSMA は白色を 630 nm、MJ と TS は白色を 520~630 nm、KM では白色を 580 nm よりも有意によく選好した。

これまでの波長選好性の研究において系統の違いはほとんど検討されていないが、本研究結果からイエバエにおいては系統によって波長選好性が異なることが明らかとなった。ライトトラップでイエバエを誘引するためには光源に UV を用いることは有効である。しかしながら、市場投入されている LED 誘虫ランプの波長特性 (UV のピーク値) は製造元によって異なっている。今後は、防除対象となる系統の波長選好性を調べることで、より効果的・効率的な防除や調査が行える可能性があると考えられる。

4. 謝辞

本試験を遂行するにあたり、ご協力を頂いたベンハー芙蓉株式会社の石川一博氏と島崎彰保氏に厚く御礼申し上げます。

5. 参考文献

- 建築物環境衛生維持管理要領等検討委員会. 2008. 建築物における維持管理マニュアル. [accessed October 27. 2022]
<https://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/seikatsu-eisei09/pdf/03a.pdf>
- 厚生労働省. 2008. 建築物環境衛生管理基準について. [accessed October 27. 2022]
<https://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/seikatsu-eisei10/>

2. 健康食品工場において実施した ダクト管内の防虫清掃によるタバコシバンムシの駆除事例

出口善揮・○田中康次郎・渡辺信子（株）フジ環境サービス

1. はじめに

タバコシバンムシ (*Lasioderama serricorne*) の幼虫は多種の食品等を加害するうえ、高温に対する耐性が高いことから、乾燥食品を扱う多くの食品工場等で被害が問題となっている。昨今の食品工場では殺虫剤の使用が制限されることがあるため、本種に対する主な対策として、密閉容器による原料の保管、フェロモントラップによるモニタリング調査の実施、清掃による幼虫の餌となる残渣の除去が行われている。しかしながら、発生源が特定できなかった場合、本種の大量発生や本種を宿主とするシバンムシアリガタバチの発生による刺傷被害の発生など、より深刻な問題が派生することがある。

今回、当社が防虫管理を実施している顧客工場内において、タバコシバンムシが製造エリア内で継続的に捕獲される調査結果が得られた。タバコシバンムシは製品に混入する恐れがあつたため、顧客と当社が協力して各種の調査を実施した。具体的には、タバコシバンムシ専用フェロモントラップ（ニューセリコ：富士フレーバー株式会社製）や養生テープ、床置き式粘着トラップを用いた生息調査と、当社による目視調査を実施した。その結果、本種が各製造室内の天井面に設置されている給気ダクト口や排気ダクト口から室内に侵入していること、また、ダクト管内には製品残渣が堆積し、タバコシバンムシの生息場所になっていることが推測された。本報告では、本件の対策として実施したダクト管内の防虫清掃の結果、試行錯誤しながらも十分な防除効果を得る事ができたので、その概要について報告する。

2. 実施場所の立地条件及び実施方法

実施場所：東海地方の健康食品工場

建物の概要：2001年建築、3階の一部（図1）

実施期間：当社管理期間：2017年4月～2023年

1月 現在も継続中

防虫清掃：2018年1月、2019年1月、2020年1

月、2021年3月の4回実施

材料および方法：

- ① 調査資材：床置き式粘着トラップ、タバコシバンムシ専用フェロモントラップ（ニューセリコ：富士フレーバー株式会社製）
- ② 清掃用具：肩掛け式掃除機、ケレン、ホウキ、マイクロタオルなど
- ③ 防虫清掃：

防虫清掃は、タバコシバンムシの活動が休眠により鈍化する冬季に実施した。本施工箇所のダクト管には点検口が設けられていないため、ダクト管を取り外して管内の残渣を除去した。また、室内に設置されている集塵機についても同様に防虫清掃を実施した（図2、3）。

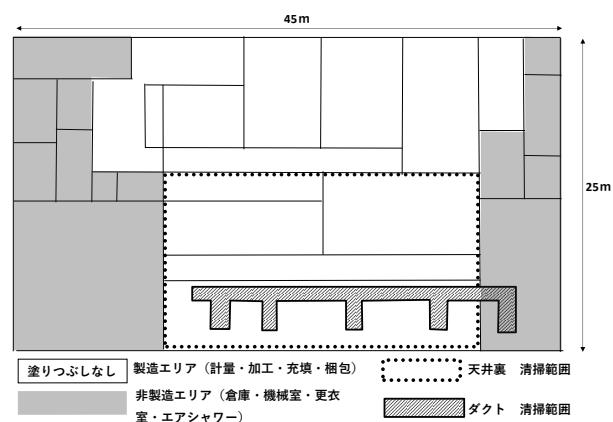


図1 工場建物の概要



図2 清掃前



図3 清掃後

- ④ 回収した粉体を自社に持ち帰り、粉体の重量とタバコシバンムシの個体数(生体、死体の合算)を計数した。
- ⑤ 効果判定：施工で回収した残渣内の個体数から駆除率を算出した。

$$\text{駆除率}(\%) = \frac{(2018 \text{ 年の個体数}) - (\text{各年の防虫清掃時点の個体数})}{(2018 \text{ 年の個体数})} \times 100$$

- ⑥ 事後処理：交信かく乱剤「サイデトラック CB(TRECE Incorporated 製)」を 2018 年 4 月以後(1 回/月の頻度で交換)、製造室内及び天井裏に設置し、本種の交尾活動の抑制に努めた。また、顧客においてタバコシバンムシ用フェロモントラップによる自主調査を継続している。

3. 結果及び考察

初回 2018 年の施工時に回収した残渣重量は 42.0 kg であった。その中から図 4 に示すように成虫 4984 頭、幼虫 119 頭を確認した(死骸を含む)。2019 年の施工時に回収した残渣重量は 21.1 kg であった。その時は、成虫 255 頭、幼虫 111 頭が確認された。成虫の個体数は 95% 減少したが、幼虫は 7% の減少にとどまった。タバコシバンムシの幼虫は穿孔能力が高く、ダクト管内で固化した粉体を餌に生息できると推測される。実際、清掃の時に回収された固化した粉体の中に本種の幼虫が多数確認された。2019 年の施工ではそのダクト管内に固着した粉体の除去を重点的に行った。その結果、2020 年の防虫清掃では残渣重量 14.2 kg で、成虫 0 頭、幼虫 0 頭となり、駆除率は 100% となつた。2021 年の防虫清掃においても、残渣 18.2 kg で、成虫 0 頭、幼虫 0 頭となつた。

初回(2018 年)の施工時の残渣中に成虫が多かった理由は、長期間残渣が堆積、放置されていたことにより、それらと共に死骸が残存していたためと考えられる。翌年(2019 年)は、成虫の個体数が 95% 減少したが、幼虫は 7% の減少にとどまった。幼虫の減少率が低かった理由として、初回の防虫清掃時に完全に粉体を除去できておらず、幼虫がそれらの粉体を生息場所にしていたことが考えられる。事実、ダクト管の内部には長年堆積した粉体が固着しており、それらを完全に除去することは困難であった。2019 年の施工では固着部分の除去を重点的に行った結果、2020 年、2021 年の防虫清掃において、成虫 0 頭、幼虫 0 頭となり、駆除率 100% を達成できた(図 4)。

3. まとめ

発生源の取り残しがあると、防虫効果が不十分となるため、確実に取り除くことの重要性が示唆された。そのために、事前調査で清掃場所の状況を詳細に調べ、適した清掃用具を用いる必要がある。また、時間が経過した残渣はダクト管内に固着し取り除くことが困難となるため、年 1 回の防虫清掃を継続することが予防につながると考えられる(図 5)。

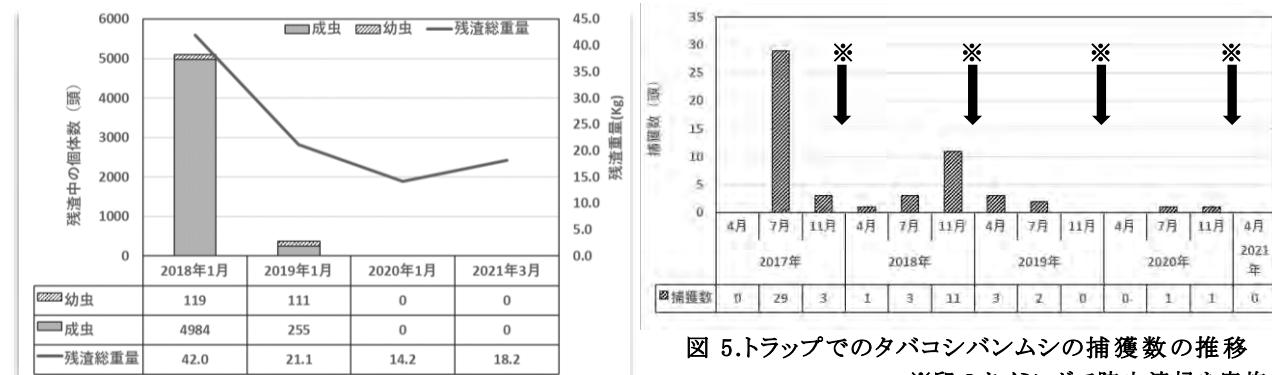


図 5.トラップでのタバコシバンムシの捕獲数の推移
※印のタイミングで防虫清掃を実施

図 4.清掃残渣の重量と残渣中の個体数の推移

3. アースピットで発生した真菌菌種の同定 その2 異臭・汚染防止対策工事の効果

○松鶴さとみ, 二宮秀與(鹿児島大学)

1. はじめに

近年、省エネルギーを目的として、地中熱を利用したアースピットは、特殊な設備を必要とせず、初期投資を抑制できる手法のひとつとして採用される事例が増加している。しかし、高温多湿の我が国では、梅雨から夏季（6～8月）に、ピット内で結露や高湿度状態になり、真菌をはじめとする微生物の温床になる危険性がある。2017年は鹿児島県にある2施設の空気質実態調査¹⁾について、2018年は1施設のアースピット内および居室で捕集した真菌菌種の同定結果²⁾を報告した。本報では、継続調査を行った結果を報告する。

2. 方法

鹿児島県内のアースピットを有する施設で、日本建築学会が示す「浮遊微生物サンプリング規準法・同解説」³⁾に沿った方法で真菌を捕集し、各測定箇所で捕集されたコロニーを5個程度選び、巨大培養後、DNAを抽出し、PCR法による真菌菌種の同定を行った。測定条件の詳細を表1に、DNA抽出およびPCR等の諸条件の詳細を表2示す。

なお、対象施設は異臭・汚染防止対策として、2019年5月に共同溝への人通りを閉鎖、2022年1月にはアースピット入口の扉を、ガラリ付き扉から一般的な金属扉へ変更する工事が行われた。

3. 結果

夏期の浮遊真菌濃度を図1に、DNAシーケンス解析後、塩基配列情報の相同性検索した菌種同定結果を表3に示す。

図1より、施設内の浮遊真菌濃度は、ピットは外気よりも常に高く、居室でも日本建築学会維持管理規準⁴⁾（50CFU/m³）を超える状態が続いていた。また多くの測定箇所で、浮遊真菌濃度は対策工事前と同程度かそれ以上の濃度であった。

表3は、相同性検索の一致率95%以上で、かつ両鎖ともに上位に検索され、結果が一致した菌種を同定結果とした。2018年²⁾は、*Aspergillus* 属 *Cladosporium* 属 *Penicillium* 属等が見られたが、対策工事後も同様に同定された。さらにピットで*Aspergillus Versicolor* が、チムニーでは*Aspergillus Ochraceus* が見られたが、対策工事後はこれらに加え、1-2F階段踊り場でも両菌種が同定された。両菌種ともカビ毒産生菌のため注意が必要である。

4. まとめ

異臭・汚染防止対策工事後のアースピットで発生した真菌の菌種同定について、調査結果報告をした。

対策工事後、室内の浮遊真菌濃度や真菌の菌種同定結果に大きな変化は見られなかった。このため現時点での対策工事の効果を確認できなかった。今後も継続して調査を行い、対策工事の効果を検証する予定である。

* 参考・引用文献

1) 松鶴他：「アースピットにおける真菌の発生と動態」，第44回建築物環境衛生管理全国大会抄録集，pp.62-63

2) 松鶴他：「アースピットで発生した真菌菌種の同定」，第45回建築物環境衛生管理全国大会抄録集，pp.76-77

表1. 測定条件

| 施設B | |
|-------|--|
| サンプラー | 1段多孔型サンプラー BIO SAMP MBS-1000 ミドリ安全(株)製 |
| 培地 | DG18 培地 (クロラムフェニコール100mg/L) Thermo SCIENTIFIC (株) 製 |
| 吸引量 | 50Lと100Lの2種類 |
| 培養 | 25°C 7日間 |
| 測定箇所 | 居室2/階段4/ピット/外気 |

表2. 遺伝子解析の詳条件

| 作業内容 | | 詳細条件 |
|-----------|----|--|
| 巨大培養 | | ポテトデキストロース寒天培地に接種後 25°Cで4日～1週間培養 |
| DNA抽出 | 試薬 | MightlyPrep reagent for DNA タカラバイオ株式会社製 |
| PCR増幅 | 試薬 | Fungal rDNA (ITS1) PCR Kit Fast タカラバイオ株式会社製 |
| | 条件 | 94°C/5sec → 50°C/1sec → 68°C/6sec を30サイクル |
| DNA精製 | 試薬 | NucleoSpin Gel and PCR Clean-up タカラバイオ株式会社製 |
| シーケンス解析 | | 両鎖解析 |
| 塩基配列情報の解析 | | BLAST検索で、相同性検索を実施 |

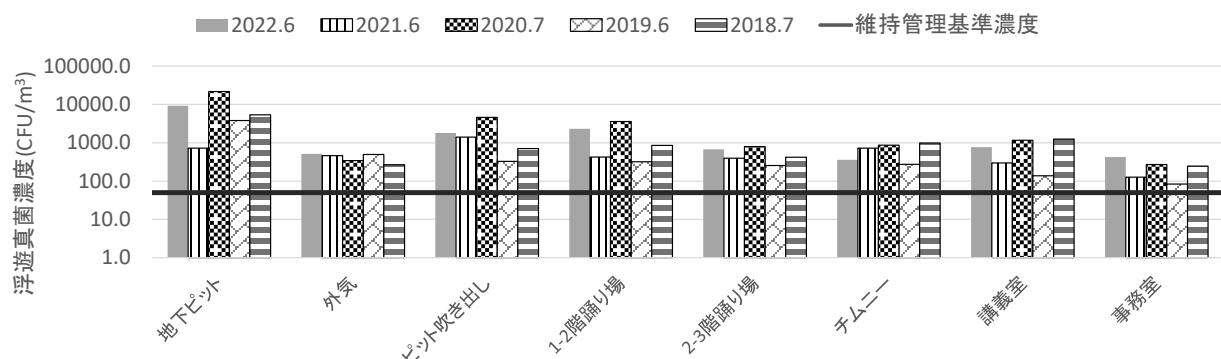


図1. 主な箇所の浮遊真菌濃度

表3. 菌種同定結果 (2022年6月測定分)

| サンプル番号 | 同定結果 | | 備考 | サンプル番号 | 同定結果 | | 備考 | |
|--------|------|------------------------------------|-------|---------------|---------------|------------------------------------|-------|--|
| 事務室 | 1 | <i>Aspergillus ostianus</i> | | 2-3F階段 踊り場 | 2 | <i>Fusarium equiseti</i> | | |
| | 2 | <i>Penicillium steckii</i> | | | 3 | <i>Cladosporium chasmanthicola</i> | | |
| | 3 | <i>Cladosporium endophyticum</i> | | | 4 | <i>Penicillium steckii</i> | | |
| | 4 | <i>Penicillium steckii</i> | | | 1-2F階段 踊り場 | <i>Cladosporium cycadicola</i> | カビ毒産生 | |
| | 5 | <i>Penicillium steckii</i> | | | | <i>Aspergillus ochraceus</i> | | |
| 外気 | 1 | <i>Pestalotiopsis papuana</i> | | | 1 | <i>Penicillium steckii</i> | カビ毒産生 | |
| | 3 | <i>Zygosporium pseudogibbum</i> | | | 2 | <i>Aspergillus versicolor</i> | | |
| | 4 | <i>Penicillium steckii</i> | | | 3 | <i>Cladosporium chasmanthicola</i> | | |
| ピット | 1 | <i>Cladosporium chasmanthicola</i> | カビ毒産生 | | 4 | <i>Penicillium citrinum</i> | カビ毒産生 | |
| | 2 | <i>Aspergillus salwaensis</i> | | | 5 | <i>Aspergillus ochraceus</i> | | |
| | 3 | <i>Aspergillus versicolor</i> | | | 2 | <i>Cladosporium endophyticum</i> | | |
| | 4 | <i>Pestalotiopsis papuana</i> | | | 3 | <i>Aspergillus salwaensis</i> | | |
| | 6 | <i>Penicillium cerradense</i> | | | 5 | | | |

3) 日本建築学会：日本建築学会環境規準 AJES-A008-2013 浮遊微生物サンプリング法規準・同解説，平成25年3月

4) 日本建築学会：日本建築学会環境規準 AJES-A002-2013 微生物による室内空気汚染に関する設計・維持管理規準，平成25年3月

4. コロナ禍において着目した特定建築物の空気環境変化とその対策

○松本 侑弥（東京都健康安全研究センター 広域監視部 建築物監視指導課）

1. はじめに

昨今のコロナ禍において、感染防止対策としての換気が重要となっている。平年とコロナ蔓延期の換気状況の違いにより、空気環境測定結果に変化が生じることが予想された。

そこで、例年不適率が高い二酸化炭素濃度と相対湿度に着目し、コロナ蔓延期の不適率を、それ以前の値と比較した。また、外気量の調整の有無や在室人員の変化が空気環境に及ぼす影響について、平年からコロナ蔓延期にかけての経月変化を確認し、空気環境測定結果に変化を与える要因について、空気調和設備に関する不適率との関係性を考察し、浮き彫りとなった課題と対策について報告する。

2. 立入検査時の空気環境測定結果

(1) 対象施設及び期間

| | |
|-------------------------------|----------|
| 平成 29 年度から令和 3 年度に立入検査を実施した施設 | 2,007 施設 |
| 内訳：平年（平成 29 年 4 月～令和 2 年 3 月） | 1,348 施設 |
| コロナ蔓延期（令和 2 年 6 月～令和 4 年 3 月） | 659 施設 |

(2) 測定項目

二酸化炭素濃度、相対湿度

(3) 測定結果

平年とコロナ蔓延期別の結果をそれぞれ図 1 及び図 2 に示す。

ア 二酸化炭素濃度

平成 29 年度から令和元年度に立入検査を実施した際に、二酸化炭素濃度を測定した箇所数は 4,827 であった。そのうち 1000ppm 超は 620(13%) であった。令和 2 年度から令和 3 年度に立入検査を実施した際に、二酸化炭素濃度を測定した箇所数は 1,808 であった。そのうち 1000ppm 超は 34(2%) であった。

イ 相対湿度

平成 29 年度から令和元年度に立入検査を実施した際に、相対湿度を測定した箇所数は 4,814 であった。そのうち基準値外は 661(14%) であった。令和 2 年度から令和 3 年度に立入検査を実施した際に、相対湿度を測定した箇所数は 1,798 であった。そのうち基準値外は 318(18%) であった。

3. 二酸化炭素濃度と在室人員の経月変化

在室人員と二酸化炭素濃度の経月変化について、図 3 に示す。新型コロナウイルス感染症が国内で確認され、1 回目の緊急事態宣言が出された頃から在室人員

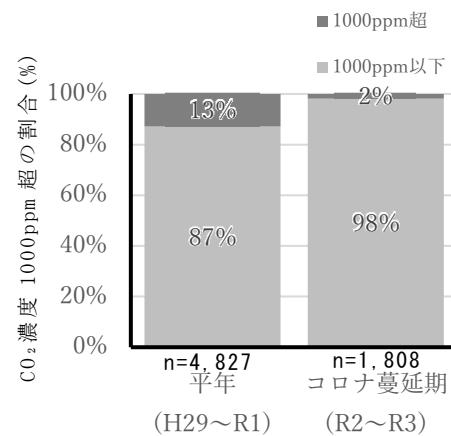


図 1 二酸化炭素濃度の変化

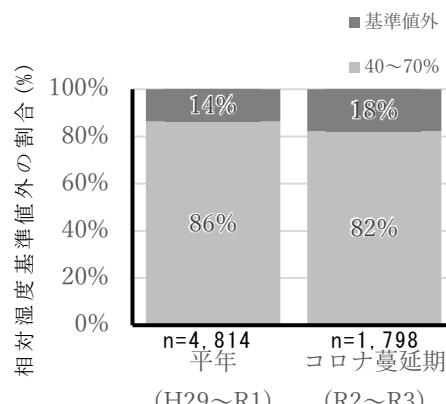


図 2 相対湿度の変化

の減少に伴い、二酸化炭素濃度の平均値が低下していることがわかる。また、外気量の調整を行った場合、在室人員の変化に関わらず、二酸化炭素濃度の平均値が低下した。令和2年4月に厚生労働省から「換気の悪い密閉空間を改善するための換気の方法」が示されたことにより、各施設管理者の感染症対策における換気の重要性が再認識されたことが要因と考えられる。

4、空気調和設備の維持管理状況と相対湿度の関係

平年とコロナ蔓延期を比較して、相対湿度が基準値外となる割合に大きな差はなかった。相対湿度が基準値外となる要因として、外気の影響以外では空気調和設備の維持管理及び適切な運転等が関わってくる。そこで、立入検査等で、空気調和設備に関する点検及び清掃等が不適となった施設と相対湿度が基準値外となった施設の関係を確認したところ、図4に示す結果となった。

空気調和設備の項目で指摘がなかった施設は、指摘のあった施設に比べて、相対湿度が基準値外となる割合が低いことがわかる。コロナ蔓延期となり、感染症対策で低湿度の外気を積極的に取り入れても、維持管理を適切に行うことで、相対湿度が基準値外となる割合を低くすることができると思われる。

5、考察及びまとめ

コロナ蔓延期における特定建築物では二酸化炭素濃度が1000ppmを超過する割合が減少した。換気の励行やテレワーク等の普及による在室人員の減少が大きな要因となったものと思われる。相対湿度については、外気導入量の増加により、基準値外となる割合が図2に示すように、やや上昇したが、二酸化炭素濃度ほど大きな変化は見られなかった。換気量が増加しても、空気調和設備の適切な維持管理により、影響を最小限に留めることができると考えられる。一方、建築物衛生法に則った維持管理ができていないと適切に空気調和設備が十全に機能せず、基準値を満たすことができないので注意が必要である。

今後も感染症対策を継続する必要があり、居室の空気環境を適切に管理していくことが求められていることから、換気のコントロールと空気調和設備の維持管理や適切な運転等が重要となる。今回の結果を踏まえて、特定建築物の空調管理について立入検査等で指導を行っていきたい。

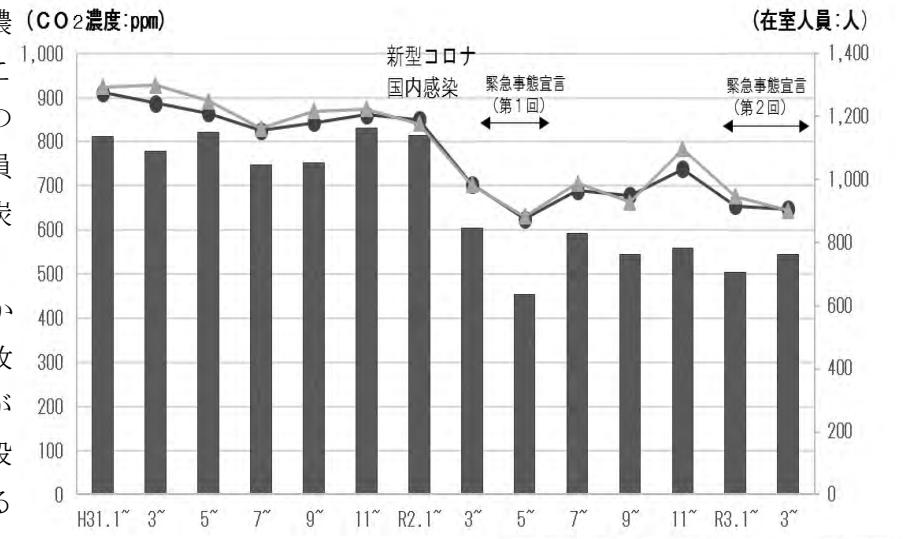


図3 二酸化炭素濃度と在室人員の経月変化

(相対湿度基準値外の割合:%)

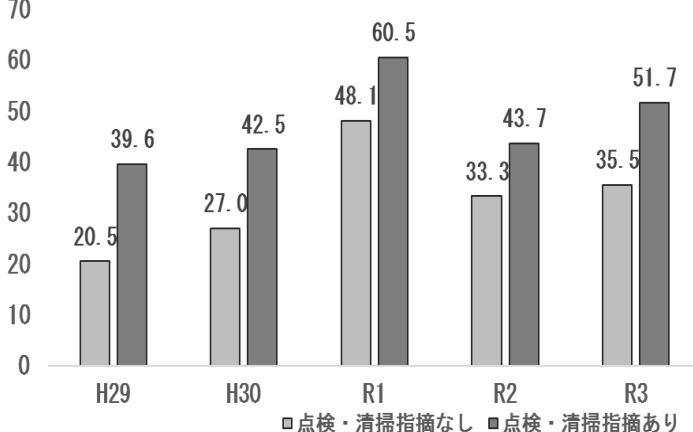


図4 相対湿度が基準値外となった施設の割合

5. 換気設備の粉塵汚染による換気能力低下と清掃による改善効果

○花木 俊介（一般社団法人日本空調システムクリーニング協会（JADCA））

1. 目的

新型コロナ感染症対策として室内換気の重要性が見直されている。本調査は特に粉塵が付着しやすい排気設備において経年による換気量低下への影響と清掃による改善効果から、適切な換気設備の維持管理を検討することを目的とした。

2. 調査概要

居室の排気ダクトを対象とし、清掃前後の換気風量測定値と経過年数について JADCA 内で調査を行った。37 案件、434 系統、1266 測定点の結果が集まり比較した。

換気風量の減少には粉塵の付着による要因とは別に排気ファンの能力低下、ダクト、パッキンの劣化による空気漏れ等の要因も考えられる。ここでは粉塵の付着による減少を検討対象とするため清掃後の風量を基準に清掃前の風量との差から減少率を求め比較する。減少率は、(清掃後の風量 - 清掃前の風量) ÷ 清掃後の風量で求めた。

3. 測定結果

(1) 集合住宅の排気風量減少

3 案件、120 世帯の測定結果より求めた減少率を表 1 に示す。いずれの集合住宅も台所排気、浴室排気、トイレ排気の順に減少率が大きくなる傾向にあり 4 割前後の減少率となった。各住宅ともに 20 年を過ぎており、築年数による差はあまり見られなかった。

(2) 宿泊施設の換気風量減少

4 案件、29 系統、628 測定点の測定結果より求めた減少率を表 2 に示す。いずれも 3 割前後の減少率であった。各施設ともに築 30 年前後であり、築年数による差はあまり見られなかった。建物 C では全熱交換器が設置されており併せて清掃を行った。建物 D では排気と給気との減少率について特に差が見られなかった。

(3) 事務所等の排気風量減少

6 案件、14 系統、94 測定結果より求めた減少率を表 3 に示す。全体として大きなばらつきがみられた。今回の調査で最も築年数の少ない建物 A は築 14 年の事務所ビルで、72 測定点でのトイレ排気風量の減少率の平均は 13% であった。

表 1 集合住宅における排気風量の減少率

| 築年数 | 排気量減少率 | | | |
|-----|--------|-----|-----|-----|
| | トイレ | 浴室 | 台所 | |
| A | 20 | 61% | 45% | 38% |
| B | 25 | 44% | 32% | 34% |
| C | 28 | 54% | 48% | 38% |

表 2 宿泊施設における換気風量の減少率

| 建物名 | 系統 | 築年数 (年) | 風量 減少率 |
|-----|----|------------|-----------|
| A | 排気 | 27 | 37% |
| B | 排気 | 27 | 32% |
| C | 排気 | 32 | 74% |
| D | 排気 | 34 | 29% |
| | 給気 | 34 | 26% |

表 3 事務所等における排気風量の減少率

| 建物名 | 系統 | 築年数 (年) | 排気風量 減少率 |
|-----|-----|------------|-------------|
| A | トイレ | 14 | 13% |
| B | 控室 | 20 | 68% |
| C | 浴室 | 27 | 59% |
| D | 食堂 | 30 | 17% |
| E | トイレ | 30 | 58% |
| F | トイレ | 31 | 100% |

4. 考察

表1の集合住宅の比較ではキッチンに比べトイレの排気風量減少が大きかった。油脂の付着が主な台所排気（写真1）に比べ、トイレ排気（写真2）は衣服の纖維や紙粉が堆積するためより与える影響が大きいと考えられる。表2建物Cでは全熱交換器の清掃を行った。熱交換を行うエレメントは目が細かく（写真3）粉塵による影響を受けやすいと考えられる。表3建物Fは吸込み風量が0m/sであった。吐出口（写真4）に設置された防虫網に粉塵が付着し閉塞を惹き起こしていたためである。今回の調査の中で突出して排気風量の減少率の高い系統が散見されたが、特定の部位が閉塞状態になっていることが原因として挙げられる。ダンパ（写真5）等の乱流が起こる部位では特に粉塵が溜まりやすい傾向にある。また、フィルタの清掃不足（写真6）も抵抗となり排気風量の減少に繋がりやすい。



写真1 台所排気ダクト

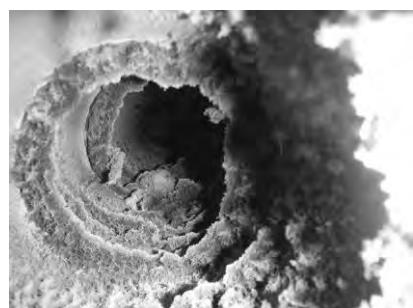


写真2 トレイ排気ダクト



写真3 全熱交換器エレメント



写真4 吐出口の汚染



写真5 ダンパの汚染



写真6 フィルタの汚染

粉塵の堆積は、静電気や摩擦力がダクトと粉塵及び粉塵同士で発生して起こる。実際の排気ダクト（写真7）を見ると粉塵塊により全体にムラが出来ている。ダクトの換気風量は、ダクト内に堆積した粉塵の量と、さらに表面の形状による影響を受けると考えられる。

5. まとめ

今回の調査では築年数が20年を超えた建物において概ね3割～5割程の換気量の減少が認められた。予防保全の観点から、10年経過からダクト内部調査及び換気風量の調査を行い、換気能力の低下が見られた場合には清掃等の対策を推奨する。また、換気の吸込み口、フィルタ、吐出口、ダンパ等の付随設備は粉塵付着による換気量減少の影響を特に受けやすいため、こまめな点検と清掃が必要である。

新型コロナ感染症の対策として換気量の確保が求められている昨今、今回の調査結果がメンテナンス計画の立案に資する資料として活用される事を期待し、今後も調査を重ねていきたい。



写真7 排気ダクトの汚染

6. 事務所における床材から発生する 2-エチル-1-ヘキサノールの室内濃度特性

○鍵 直樹, 海塩 渉, 土子あみ(東京工業大学), 金 勲(国立保健医療科学院)

1. はじめに

揮発性有機化合物(VOC)の一つである 2-エチル-1-ヘキサノール(2E1H)は、内装材から発生し、悪臭や健康被害をもたらすことが指摘されている¹⁾。2E1H の発生特性として、接着剤や塗料などの建材中に含有した 2E1H が発生する一次発生²⁾がある。また、塩ビ建材や接着剤に含まれる可塑剤のフタル酸ジ-2-エチルヘキシル(DEHP)が、施工したコンクリートに含まれるアルカリ水溶液によって加水分解されることで、2E1H を生成する二次発生³⁾がこれまでに報告されている。しかし、室内の温度及び湿度の変化が建材の含水率や 2E1H 発生に与える影響に関しては、未だに検討がなされていない。

本研究では、前報³⁾に引き続き、事務所室内空気中の 2E1H 発生特性と温湿度の影響を実測調査によって実態を把握し、コンクリートからの発生特性と湿度影響を実験によって明らかにすることを目的とする。

2. 事務所建築物における実測調査

2.1 実測概要

2018 年から 2020 年に事務所室内にて室内の温湿度と VOC 濃度、室内及び外気の CO₂ 濃度を測定した。床の仕上げは全てタイルカーペットで、床の下地はタイル地、コンクリートスラブ、金属製・コンクリート製・プラスチック製 OA フロアの 5 種類に分類した。

2.2 実測結果と考察

床の仕様別の 2E1H 濃度を図 1 に示す。多くの室内で 2E1H が検出された。コンクリートスラブにカーペットを直貼りにした建物では、ほかの床仕様と比較して 2E1H 濃度が高い傾向にあった。

また、総揮発性有機化合物(TVOC)濃度に占める 2E1H 濃度を図 2 に示す。TVOC 中の 2E1H 濃度の割合もコンクリートが下地の建物において高い傾向がある。既往研究⁴⁾において、2E1H の嗅覚閾値は 76 μg/m³であり、TVOC に対する割合が 45~64% の付近から 2E1H の臭気を感じるとされている。コンクリートスラブが下地の事務所室内ではそれらの値を超える建物もいくつか存在していることから、コンクリート下地による 2E1H 発生が事務所の室内環境に影響を与えていたことが示唆された。コンクリート下地による加水分解により、二次発生していることが高濃度の原因であると推測される。

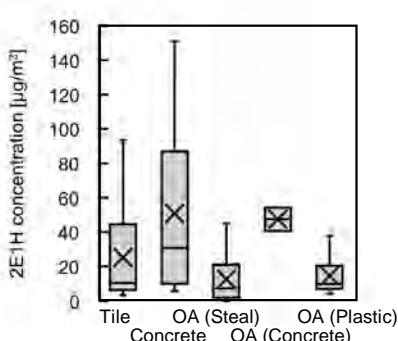


図 1 床仕様別の室内 2E1H 濃度

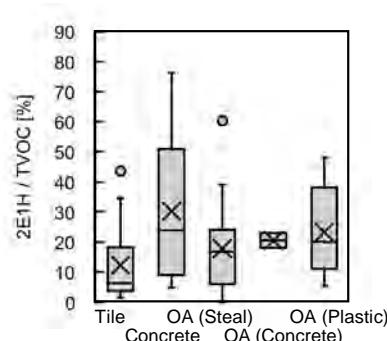


図 2 床仕様別の TVOC に占める 2E1H の割合

3. 小形チャンバーによる建材から発生する 2E1H の発生特性

3.1 実験概要

各建材からの発生特性を把握するためにチャンバー実験を行った。建材として、タイルカーペットのみ(Carpet-1)、ステンレス板に接着剤(ST-Ad)、SL 材に接着剤(SL-Ad)、通常の床施工となる SL 材に接着剤・カーペット(SL-1)の試験体を作製した。小形チャンバー法を用い、相対湿度を調整し、実験開始後、定期的にチャンバー内の気体を捕集・分析し、2E1H の発生速度を求めた。

3.2 実験結果

図3に各建材の相対湿度50%における発生速度を示す。SL-AdおよびSL-1の発生速度はST-Adに比べて小さい。これより、接着剤からの2E1H放散がカーペットやSL材に抑制されている可能性がある。図4に相対湿度30%,80%の複合建材の2E1Hの発生速度の経時変化を示す。時間経過とともに発生速度が減少傾向にある。発生速度は80%RHで大きいことから、一次発生が高湿度により促進されていると考えられる。また、80%RHでは11日目以降においても発生速度が維持されており、高湿度条件は2週目以降において二次発生が示唆された。

図5には湿度を変化させた際の発生速度の経時変化を示す。湿度を30%RHから80%RHに変化させた後1日目に、ST-1の発生速度は減少し、SL-1は増加している。これより、SL材下地は湿度変化の影響を即座に受けすることが示唆された。さらに、湿度を変化させてから18日目以降はST-1の発生速度が上回っており、二次発生が考えられる。SL材の含水率が高湿度により増加することから、SL材下地では、空気中の水分によって加水分解が促進されていることが明らかとなった。

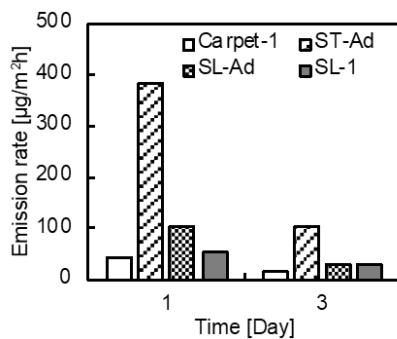


図3 各建材の発生速度

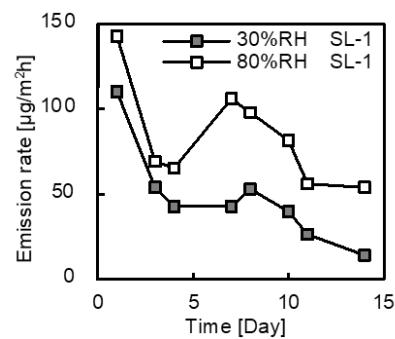


図4 湿度による発生速度の経時変化

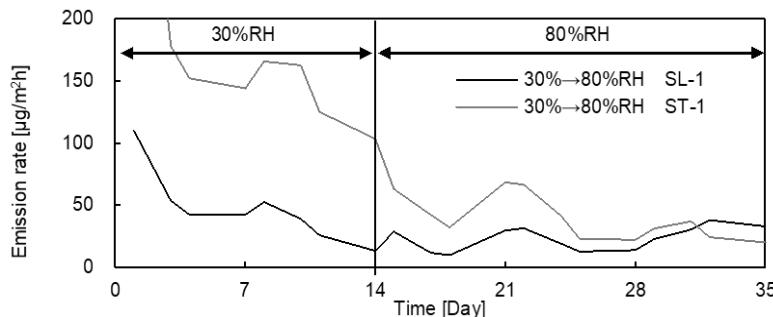


図5 相対湿度30%から80%に変化させた時の発生速度の経時変化

4. まとめ

事務所建築物の実測調査と建材発生実験により、以下の知見を得た。

- 実測調査より、2E1Hが室内の空気質に大きな影響を与えていていることが明らかとなった。床の仕様別の検討により、特にコンクリート下地による2E1Hの二次発生の可能性を示した。
- 建材発生実験より、タイルカーペットのパイルによる水分の吸着によって発生速度が上昇することが考えられた。高湿度条件下では下地によらず、一次発生の促進が起き、さらにSL材下地においては、建材の含水率が上昇することで二次発生が促進され、施工してから2週間以降で発生速度が上昇していくことが明らかとなった。

[参考文献]

- 東賢一ほか (2006) : 建築に使われる化学物質事典, 風土社, 148.
- 千野聰子ほか (2007) : 塩化ビニル床材からの可塑剤分解物質等の放散メカニズムの解明(その7)床材内でのVOCsの拡散と放散性状, 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集(仙台), 493-496.
- 土子あみほか (2020) : 床材に着目した事務所建築物室内における2-エチル-1-ヘキサノールの特徴, 第47回建築物環境衛生管理全国大会, 86-87
- 勘坂弘子 (2019) : におい問題事例の原因と対策, 第31回におい・かおり環境学会, 276-285

7. 空気清浄機の粉じん除去性能評価と性能劣化に関する検討

○ 阿部葵葉（東京工業大学）　鍵直樹（東京工業大学）　海塩渉（東京工業大学）

1. はじめに

新型コロナウイルスの影響により、空気清浄機の需要が高まっている。空気清浄機による汚染物質の除去性能評価については、環境条件が異なる実空間において、その効果が不明ことが多い¹⁾。また空気清浄機に搭載されている静電フィルタは、使用することにより粉じんの捕集効率が低下する²⁾。そこで、静電 HEPA フィルタを搭載する空気清浄機の浮遊粉じん除去性能について、実空間において影響を与える因子とその性能の劣化について検討することを目的とした。

2. 空気清浄機の性能評価方法の概要

2.1. 試験の概要

汚染物質として浮遊粉じんを対象とし、表 1 に示す空気清浄機の性能評価を行った。空気清浄機の性能評価指針²⁾を参考に、現場試験法では居室にて発煙管を用い、捕集率試験法（図 1）では実験室にて外気を取り入れて実験を行った。粉じんの粒径別個数濃度の測定器として、OPS（TSI 社）を用いた

2.2. 性能評価に影響を及ぼす要因

性能評価に影響を及ぼす原因については実居室において、現場試験法により空気清浄機の風量、室容積（Room A（小）、B（中）、C（大、家具あり））、空気清浄機の位置、湿度（40, 70%）の違いを検討した。粒子の粒径別個数濃度の自然減衰、空気清浄機を作動させた際の濃度減衰を計測し、粒径毎の相当換気量（CADR [m³/h]）を計算した。また、フィルタ捕集性能劣化については、捕集率試験を行い、静電フィルタの性能に影響を及ぼす水分、消毒用エタノールの負荷を行った。

3. 現場測定法による性能試験結果

図 2 に室容積の違いによる粒径別の CADR 値を示す。風量（中）の条件となるが、室容積が小に比べ中程度となると全ての粒径で若干上昇したが、家具がある Room C の挙動は、粒径が大きい粒子の CADR 値が大きくなった。これは家具による気流の形成と粒子の表面沈着の影響が考えられる。図 3 には室内の湿度の違いによる粒径別 CADR 値であるが、湿度の違いによる明確な差は認められなかった。

4. フィルタ捕集性能劣化に与える要因検討

4.1. 実験概要

現場試験法では湿度の影響は認められなかつたが、静電フィルタは湿度、有機物質などに影響される³⁾。そこで、捕集率試験法によりダクト上流からフィルタに水、消毒用アルコールをそれぞれ噴霧したもの、除電したフィルタで同様の実験を行つた。また実空間を対象として、空気清浄機の吸込口近傍でアルコールを噴霧した条件の現場試験法も行つた。なお、今回の試験で添加したアルコールに含まれるエタノール量は 10push で 12.4 g、30push で 22.8 g であった。近年のオフィスビルの実測調査でエタノールの平均濃度が、平均 3000 μg/m³ 程度である報告があり⁴⁾、空気清浄機の風量（中）3.5 m³/min とすると、20 時間、36 時間に空気清浄機に通過するエタノール量に相当する。

4.2. 実験結果と考察

フィルタの捕集効率の結果を図4に示す。水を噴霧した場合は変化がなかったが、アルコールを噴霧した場合は除去効率が低下した。静電フィルタの電荷がアルコール付着により除去されたことが原因と考えられる。現場測定法によるCADR値を図5に示す。アルコールを噴霧した場合に特に小粒径のCADR値が下がり、アルコールの量が多いほど低い値となった。室内での除菌用アルコール等の使用により、空気清浄機の性能に影響を与える可能性がある。

表1 空気清浄機の概要

| Air flow mode | Air flow volume [m ³ /min] | On-board filter |
|---------------|---------------------------------------|---------------------------|
| High | 7.0 | Pre filter |
| Middle | 3.5 | Electrostatic filter |
| Low | 2.2 | Chemical filter |
| Silent | 1.1 | Humidifying of outlet air |

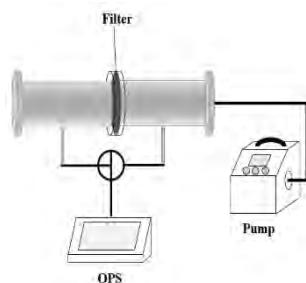


図1 捕集率試験装置

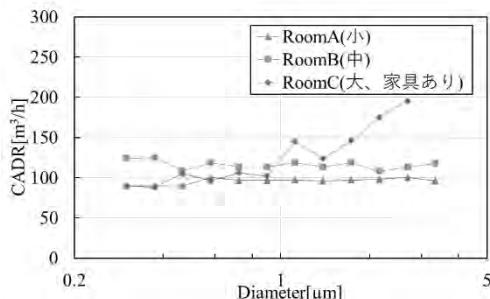


図2 現場試験結果(部屋)

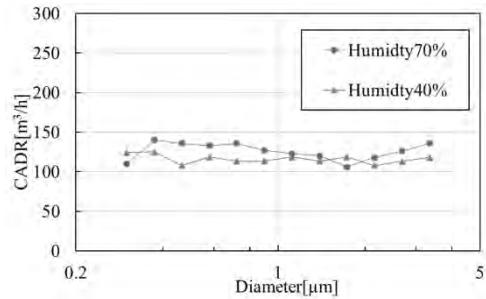


図3 現場試験結果(湿度)

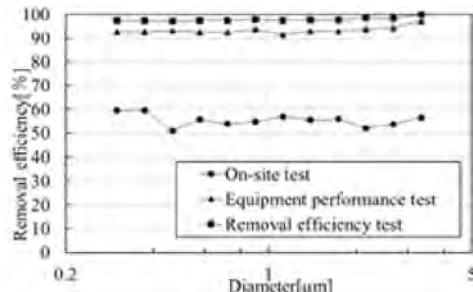


図4 水・アルコール噴霧の捕集率試験

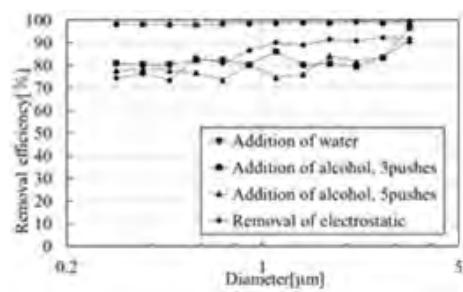


図5 アルコール噴霧の現場試験

5. まとめ

実空間での試験では、環境条件に影響され、CADR値が異なることが分かった。また、空気清浄機、フィルタ本体の除去性能は、湿度では除去効率に違いはなかったが、アルコールにより除去効率が低下した。コロナの消毒により室内のエタノール濃度が変化し、それが室内空気質を改善させるとされる空気清浄機の使用の妨げになっているのではないかというところを今後も確認していきたい。

参考文献

- Chen, Lin et al.: Particle transport characteristics in indoor environment with an air cleaner, Build Simul., 10, 123-133, 2017
- 日本空気清浄協会 : JACA No. 50-2016 空気清浄機の性能評価指針, 2016
- 大谷吉生ほか : エレクトレットフィルターの初期捕集効率と集塵性能の安定性, 化学工学論文集, 18, 2, 240-247, 1992
- 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:特定建築物における室内空气中化学物質実態把握のための研究, 2022

8. 省エネルギー技術が導入されたオフィスビル内のコールセンターにおけるCOVID-19クラスターと空調換気に関する調査

○山本直輝¹、菊田弘輝²、林基哉²

(¹ 北海道大学大学院工学院、² 北海道大学大学院工学研究院)

1. はじめに

2019年11月に新型コロナウイルス(SARS-CoV-2)が中国で確認され、日本国内においても2020年1月中旬から感染者が確認され始め、病院、高齢者施設、学校、事務所など様々な建築物でクラスターが発生した。その中でもコールセンターにおけるクラスターの発生が続出した。コールセンターは、密閉・密集・密接のいわゆる「3密」¹⁾の状態を避けることが難しく、顧客と長時間に渡って話す必要があることから、エアロゾル感染が発生した可能性がある。そこで、コールセンターを対象として新型コロナウイルス感染症(COVID-19)のクラスター感染を防ぐ効果的な方法を検討する必要がある。本報では札幌市の省エネルギー技術が導入されたオフィスビル内で COVID-19 のクラスターが発生したコールセンターを対象として行った空調換気設備調査と室内空気環境測定の結果、得られた知見を報告する。

2. 調査方法

2.1 調査概要

2021年10月と11月に調査を行った。対象としたコールセンターの概要を表1に示す。初期感染者が特定の場所で確認された後に、フロア全域に感染が拡大した。クラスター発生階の空調換気システムを図1に示す。対象のコールセンターに対して2つの空調換気系統が対応しており、空調換気系統はVAV(Room毎)制御と外気量のCO₂濃度制御(還気のCO₂濃度が800ppm以下の場合に作動)によって構成され、中央管理で9~19時に稼働されていた。また、PACが個別に制御されていた。天井吹き出し口から給気され、天井チャンバー経由で集中排気され、還気の一部は再循環されていた。なお、対象としたコールセンターは建物の高層階で運営されており、窓の開放はできない。

2.2 空調換気設備調査

空調換気設備とクラスターとの関連を調べるために、コールセンター事業者、建物管理者への空調換気設備に関するヒアリング、図面、ビルエネルギー管理システム(BEMS)のデータを利用し、空調換気性状を調査した。

2.3 室内空気環境測定

空気環境の実態を把握するため、室内空気環境測定を行った。測定項目は室内温度・相対湿度・CO₂濃度とし、CO₂濃度計(T&D製、TR-76Ui)を用いた。また、クラスター発生時の空調換気設備の運転状況を再現し、トレーサガス(CO₂)を放出することでトレーサガスの挙動の把握を試みた。

表1 コールセンターの概要

| | |
|-----------|-------------------------------------|
| 築年数 | 5年以内 |
| 室容積 | 824.715 m ³ |
| 最大収容人数 | 約0.35人/m ² |
| クラスター発生時期 | 9月上旬 |
| 陽性者数 | 約30名 |
| 陽性率 | 約35% |
| 空調換気設備 | AHU+PAC VAV CO ₂ 濃度制御 |

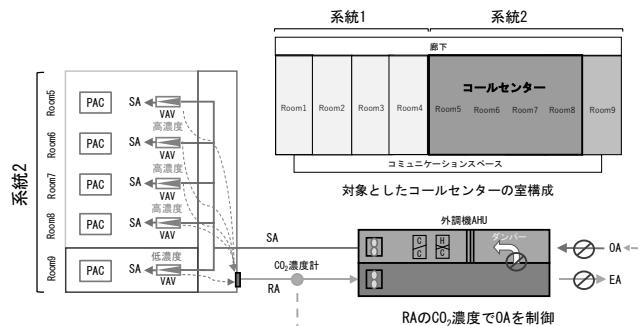


図1 クラスター発生階の空調換気システム

3. 結果と考察

室内・還気 CO₂ 濃度の推移を図 2 に示す。還気 CO₂ 濃度が室内 CO₂ 濃度の値よりも低い値を示していた。還気 CO₂ 濃度が低い原因として、同一系統の他室の低濃度空気の還気への合流、還気濃度測定器の誤差が考えられる。さらに、室内 CO₂ 濃度の連続測定の結果から、同図のグラフに示すように両濃度の間に差がみられ、その差が維持されることが確認された。CO₂ 濃度計には、定期的に濃度のずれを補正する機能を持つものがある。室内 CO₂ 濃度が夜間に外気 CO₂ 濃度に近づくことで一定期間の最低濃度を外気濃度として補正する。この機能が生じたことで、外気量 OA が制御され、換気不良が発生した可能性が指摘された。

コールセンターの平面を図 3 に、コールセンターの平面を「初期感染者ゾーン」、「室中央ゾーン」、「その他ゾーン」と分け、初期感染者のデスク付近でトレーサガスを約 20 分間放出した際の各ゾーンにおける CO₂ 濃度の最大値の推移を図 4 に示す。その結果、トレーサガスは中央付近に流れ、室中央ゾーンでの CO₂ 濃度が高くなかった。前述の換気不良の条件下でサーキュレーター(スイング停止)を一方に向けて使用したことによって 2 次の感染者(図中の☆)が発生し、その後に室内全体で感染者が発生したことと符合した。感染経路の確定はできないが、初期感染者のデスク付近に設置されたサーキュレーター①が室中央付近に向けて使用されていたことで、初期感染者の飛沫が室中央付近に流れ、中央エリアのパーテーションで囲まれた個人の空間に到達したことが想定できると考えられる。

以上から、コールセンターでは、パーテーションで囲まれた個人の空間でエアロゾル濃度が高くなり、空調やサーキュレーターの気流によって移動し、感染を拡大させる可能性があることに留意する必要がある。

4. まとめ

今回の調査で得られた知見を以下に示す。

- 1)省エネルギーを目的として導入された CO₂ 濃度制御が十分に機能しなかつたことが要因で、コールセンター内で換気不良が発生した可能性があり、今後更なる検証が必要である。
- 2)換気不良の条件下でサーキュレーターを使用したことで、初期感染者の飛沫が室中央へ運ばれ、2 次の感染者が発生し、結果としてコールセンター全体でのクラスターを誘発した可能性がある。

5. 参考文献

- 1)厚生労働省：“新型コロナウイルス感染症対策の状況分析・提言”（2020 年 4 月 1 日）

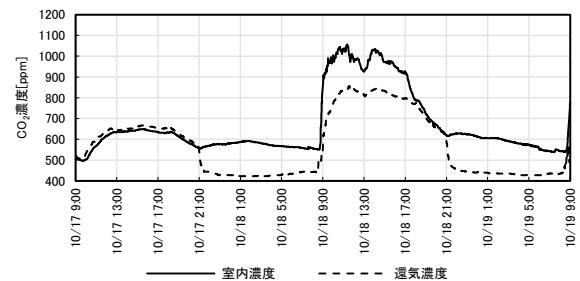


図 2 室内・還気 CO₂ 濃度の推移

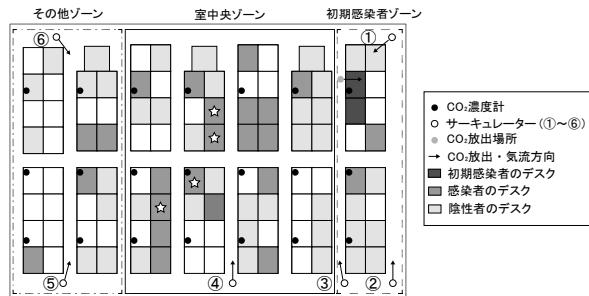


図 3 コールセンター平面

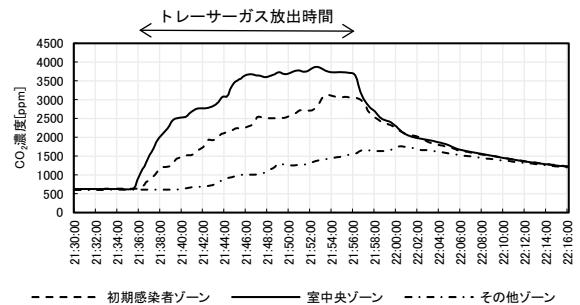


図 4 各ゾーンでの CO₂ 濃度の最大値の推移

9. 業務用トイレ空間における無水小便器適用時の衛生性に関する調査

○高山拓徳^{※1}、大塚雅之^{※1}、山城匠^{※1}、栗原隆^{※2}、富田賢吾^{※2}

(¹関東学院大学、²清水株式会社)

1. はじめに

現在、大便器と同様に小便器でも節水化が推進され、諸外国では、無水小便器の導入も増えている。¹⁾ 無水小便器は、災害発生の断水時に避難施設などの使用が期待される一方で、排水管内の尿石による閉塞、トイレ空間の臭気濃度の上昇が懸念される。よって本研究では、実トイレ空間に設置された図1(1)に示すトラップ構造の無水小便器及び水洗小便器の周辺環境の実測と無水小便器の使用感に関するアンケートを実施し、実トイレ空間における適用の可能性を検討する。

2. 調査概要

図2に調査対象のトイレ平面図を示す。調査対象の施設は、東京都内S事務所であり、調査期間は、2021年10月30日(土)から2022年8月29日(月)の約10ヶ月間とし、2021年10月30日(土)から2022年4月19日(火)までの期間は既報²⁾にて報告した。

2.1 臭気測定及び尿石付着量測定

図2に対象トイレの平面図及び尿石付着量を測定する排水管の設置位置を併記し、図3に臭気濃度の測定点を示す。尿石付着量[g]は、無水小便器の設置から3ヶ月後に対象配管を抜管し、排水管の湿润時及び乾燥時の質量増加から判断する。臭気測定は、無水小便器及び水洗小便器の各測定点の臭気(NH₃)濃度[ppm]を气体検知管にて測定する。

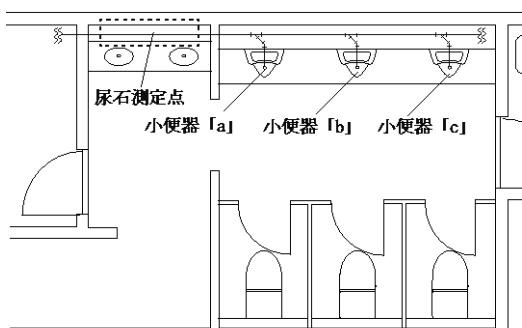


図2 調査対象のトイレ平面図

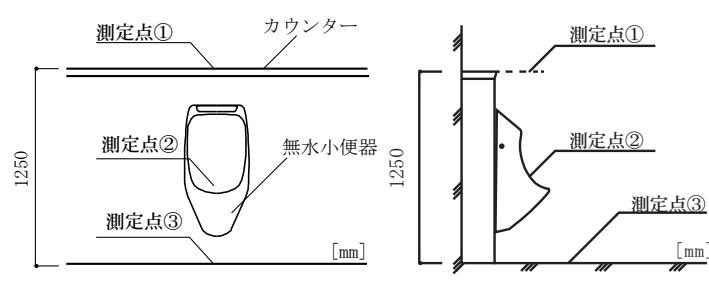


図3 臭気濃度測定点

2.2 使用感に関するアンケート

表1にアンケート項目を示す。アンケートは無水小便器の設置及び利用から9ヶ月経過後に、事務所男性職員約200[人]を対象に実施し、その有効回答数は62[人]である。本報では、表1に示すアンケート項目から一部抜粋して報告する。

表1 アンケート項目

| 無水小便器・水洗小便器の「使用感」について | |
|-----------------------|------------------------------|
| (A) | 臭いで不快を感じる場所があったら教えて下さい |
| (B) | 何のにおいを臭いと感じましたか |
| (C) | 尿はねが気になるか教えて下さい |
| (D) | 排尿時どこに排尿を行なうか教えて下さい |
| (E) | 人がいない場合に最も利用する小便器を教えてください |
| (F) | 直前の利用者に対して、臭いなどが気になるかを教えて下さい |
| (G) | 隣の利用者に対して「抵抗感」があるか教えて下さい |
| (H) | 「形状(デザイン)」について違和感はありますか? |
| (I) | 総合的に見て、使い勝手に満足しているか教えて下さい |

※○：本論の報告箇所

3. 調査結果

3.1 尿石付着量の測定結果

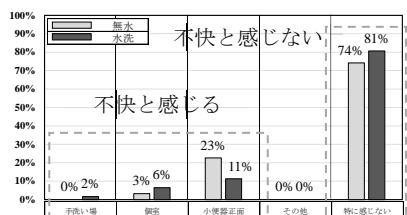
写真1と表2に尿石付着状況及び付着量を示す。結果より、無水小便器の付着量は9.6gで、水洗小便器の付着量より2.1g多いが、既往³⁾での無水小便器の付着量は22.9gで、本測定の無水小便器が13.3g少ない。これは、コロナ禍の利用人数の減少も一因と考える。

3.2 臭気濃度の測定結果

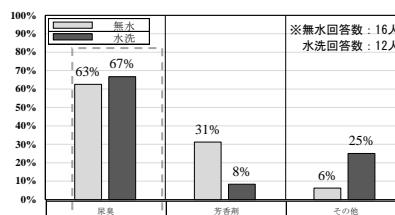
図4に臭気濃度と温湿度の相関を示す。結果より、本測定の最大値は1.2ppmであり、既往³⁾の最大値1.6ppmを下回った。これは、本測定の無水小便器と既往³⁾の無水小便器のトラップ構造の違いによるものだと考える。また図4より、本測定では、臭気と温湿度の明確な相関が見られない。

3.3 アンケート結果

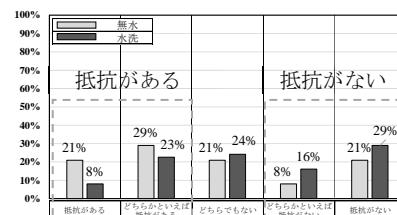
図5にアンケート結果を示す。(A)と(B)の「臭い」に関するアンケート結果より、いずれかの場所を不快と回答した方は、無水小便器で26%(16人)、水洗小便器で19%(12人)であった。その中で、尿の臭いを不快と回答した方は無水小便器で10人、水洗小便器で8人であり、両小便器で、尿の臭いの感じ方に大きな違いはないと考える。(G)の「抵抗感」に関するアンケートでは、隣の利用者に抵抗感があると回答した方(「抵抗がある」、「どちらかといえば抵抗がある」の合計)は、無水小便器で50%(31人)、水洗小便器では、31%(19人)であり、無水小便器の隣の使用者に対する抵抗感は水洗小便器と比較して多い。これは、従来の水洗小便器の形状に比べ、本測定の無水小便器リップが手前に出ており、隣の使用者からの視線が気になることが要因の一つであると考える。



(A) 臭いで不快を感じる場所があつたら教えて下さい。



(B) 臭いで不快を感じる場所あると回答した人にお聞きします。何においを臭いと感じましたか。



(G) 隣の利用者に対して、「抵抗感」があるか教えて下さい。

図5 アンケート結果

4. まとめ

本研究は、実空間の周辺環境とアンケート調査を行い、無水小便器の適用可能性を検討した。臭気測定より、無水小便器が水洗小便器より高い値であるが、既往の無水小便器と比較して低い値である。また、アンケートでは、無水小便器は、水洗小便器と比較して他の利用者に抵抗感があるとの意見があるが、尿が発する臭気の利用者への影響は少ないと考える。

謝辞；本調査にあたり清水建設株式会社、URIMAT Japan 株式会社の関係各位に謝意を表す。

参考文献

- 1) M. Demiriz ; Life Time Tests of Dry Urinals, CIB W062 Symposium, 2005
- 2) 山城他, 業務用トイレ空間における小便器まわりの衛生性に関する調査-その1設置初期における小便器の周辺環境の検討-, 空気調和・衛生工学大会学術講演論文集, 2022. 9, pp. 13-16
- 3) 栗原他 : 水を使わない小便器の事例検討(その1)調査概要と臭気・尿石結果, 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集, 2004. 9, pp. 691-694



(1) 5階-無水小便器

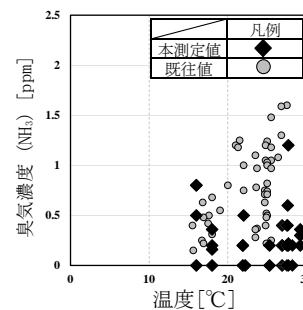


(2) 4階-水洗小便器

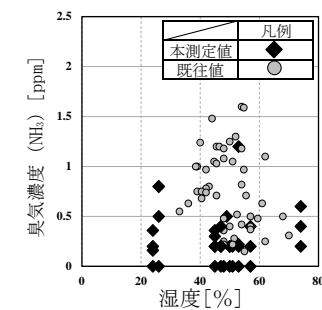
写真1 尿石の付着状況

表2 尿石付着量※既往値は既報³⁾から引用

| 小便器 | 初期値[g] | 湿潤時の增量[g] | 乾燥時の增量[g] |
|------------------|--------|-----------|-----------|
| 本測定 | 無水 | 325.2 | 31.2 |
| | 水洗 | 325.2 | 16.5 |
| 既往 ³⁾ | 無水 | 318.1 | 44.7 |
| | 水洗 | 318.2 | 1.1 |



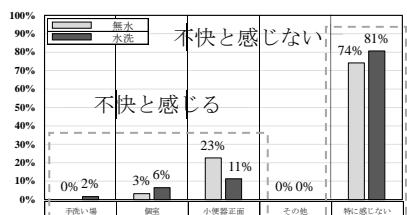
(1) 温度との相関



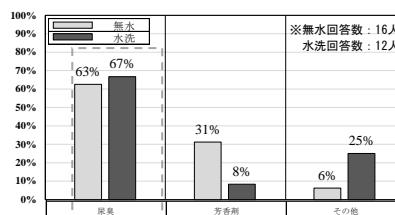
(2) 湿度との相関

図4 臭気濃度測定の結果※既往値は既報³⁾から引用

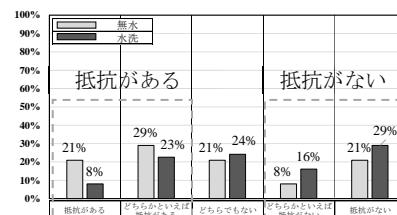
の「臭い」に関するアンケート結果より、いずれかの場所を不快と回答した方は、無水小便器で26%(16人)、水洗小便器で19%(12人)であった。その中で、尿の臭いを不快と回答した方は無水小便器で10人、水洗小便器で8人であり、両小便器で、尿の臭いの感じ方に大きな違いはないと考える。(G)の「抵抗感」に関するアンケートでは、隣の利用者に抵抗感があると回答した方(「抵抗がある」、「どちらかといえば抵抗がある」の合計)は、無水小便器で50%(31人)、水洗小便器では、31%(19人)であり、無水小便器の隣の使用者に対する抵抗感は水洗小便器と比較して多い。これは、従来の水洗小便器の形状に比べ、本測定の無水小便器リップが手前に出ており、隣の使用者からの視線が気になることが要因の一つであると考える。



(A) 臭いで不快を感じる場所があつたら教えて下さい。



(B) 臭いで不快を感じる場所あると回答した人にお聞きします。何においを臭いと感じましたか。



(G) 隣の利用者に対して、「抵抗感」があるか教えて下さい。

図5 アンケート結果

10. 感染症防止に向けての各種大便器からの飛沫発生とその評価

○木村彩芳（関東学院大学）、大塚雅之（関東学院大学）

1 はじめに

昨今の新型コロナウイルス感染症の拡大を受け、給排水衛生設備分野ではトイレ空間における設計・使用・維持管理手法の見直しが進んでおり、各国が策定したガイドラインでは、大便器洗浄時に便蓋を閉めてから排水することが推奨されている。

本研究では、国内外で普及する大便器について、まず大便器洗浄時に発生する比較的大きい飛沫の発生状況を捉え、洗浄水量や構造等の観点から分析・評価を行った。

2 実験概要

供試大便器の概要を表1に示す。これらは、吐水方式が旋回洗浄方式の大便器（A～D）と吐水方式がリム洗浄方式の大便器（E）の一般用大便器である。これに、欧州で普及する海外製大便器（I、II）を加えた計8種で実験を行った。

2.1 飛沫粒子数測定実験

本実験では、大便器洗浄時に便座上方に飛散した飛沫の粒子数を測定した。図1中の撮影点AにCMOSカメラを設置し、大便器後方からLED光を照射し、大便器洗浄時の飛沫の飛散状況を撮影する。撮影した動画を解析ソフトKM2.0（K社製）で解析し、5回の試行の平均値を飛沫粒子数[個]とした。なお、実験室は空気清浄装置が設置されていないため、エアロゾル粒子のような細かい粒子ではなく、粒径が1～11mmの粒子を測定対象とした。

2.2 飛沫付着数測定実験

本実験では、大便器洗浄後の便蓋裏面への飛沫付着数[個]を測定する。図1中撮影点BにCMOSカメラを設置し、半導体レーザーを照射する。各供試大便器のタンクに蛍光塗料を混入した着色水を給水し、便蓋を閉めて排水したのち、CMOSカメラで便蓋裏面を撮影する。排水は5回繰り返し、排水前と排水回ごとの全6回の撮影を試行1回分とする。試行は3回とし、解析ソフトDipp Image（K社製）を用いた画像解析により飛沫付着数[個]を算出した。また、わが国では、BL基準の「便器洗浄時における水の飛散試験」において、大便器洗浄時に要求される性能は「便座及び便蓋に付着する直径2mm以上の水滴の個数が25個以下であること」とされている。そのため、本実験では、付着した飛沫粒子の面積が3.2mm²（直径2mmの円面積）以上のものを測定対象とし²⁾、この基準により評価した。

表1 供試大便器の概要

| 名称 | 洗浄方式 | 公称洗浄水量[L] | 吐水方式 | 吐水口数 | 給水方式 |
|---------|---------|-----------|------|------|-------|
| A(※) | 洗い落とし | 4.8 | 旋回洗浄 | 2 | ロータンク |
| A'(※) | | 6.0 | | | |
| B | サイホンゼット | 6.0 | 旋回洗浄 | 3 | ロータンク |
| C | サイホン | 5.0 | 旋回洗浄 | 1 | ロータンク |
| D | サイホン | 5.0 | 旋回洗浄 | 1 | ロータンク |
| E | サイホン | 10.0 | リム洗浄 | 25 | ロータンク |
| I(海外製) | 洗い落とし | 6.0 | リム洗浄 | 28 | ハイタンク |
| II(海外製) | 洗い落とし | 6.0 | - | 1 | ハイタンク |

※洗浄水量可変型大便器

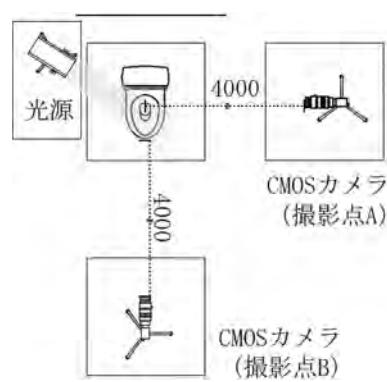


図1 実験システム

3 実験結果及び考察

図2に粒径[mm]別の飛沫粒子数[個]を示す。大便器の種別によるが、200～800個程度の

粒子が飛散しており、便蓋を開けて排水した場合、使用者やブース内に飛沫が付着し汚染されることに加え、粒径が細かいエアロゾルも浮遊し、感染リスクが高まると推察する。

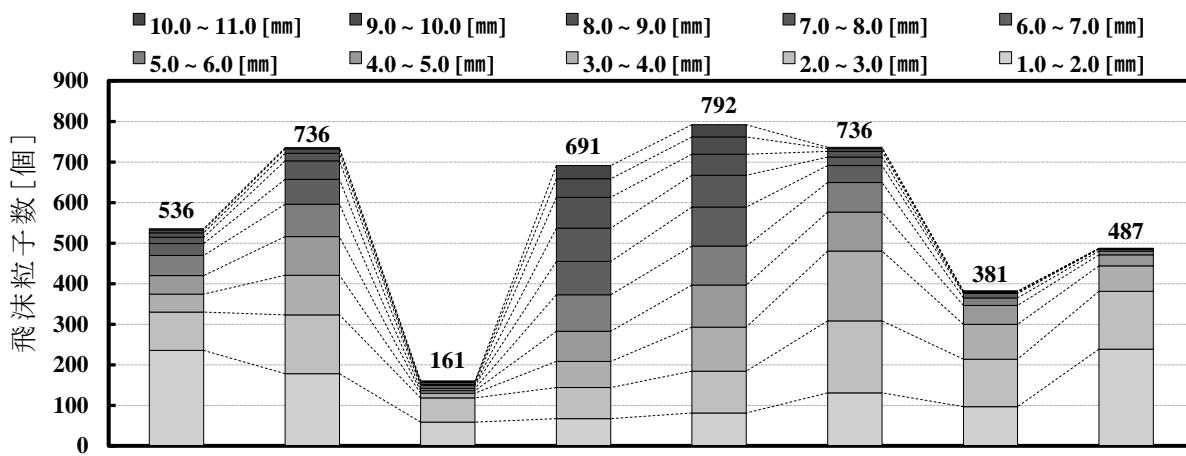


図 2 供試大便器ごとの粒径別飛沫粒子数[個]

次に、国内外のガイドラインで推奨されている便蓋を閉めた洗浄を想定し、図 3 に便蓋裏面への飛沫付着数[個]を示す。BL 試験法により評価すると、いずれの大便器でも排水 2 回目までは判定基準値以下となる。

ここで、便鉢内の吐水口数に注目すると、複数箇所に吐水口を設け、水量を分散させた洗浄方法に加え、溜水面内に吐水口を持つ大便器で飛沫粒子数が抑制され、便蓋裏面への付着が少ない。リム洗浄方式では、吐水口数が 2 カ所の場合と同程度となった(図 4)。

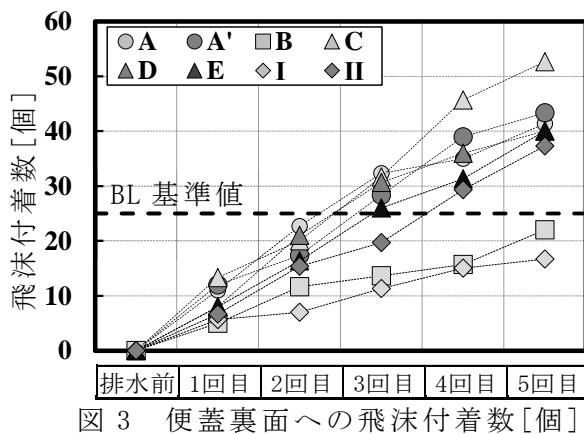


図 3 便蓋裏面への飛沫付着数[個]

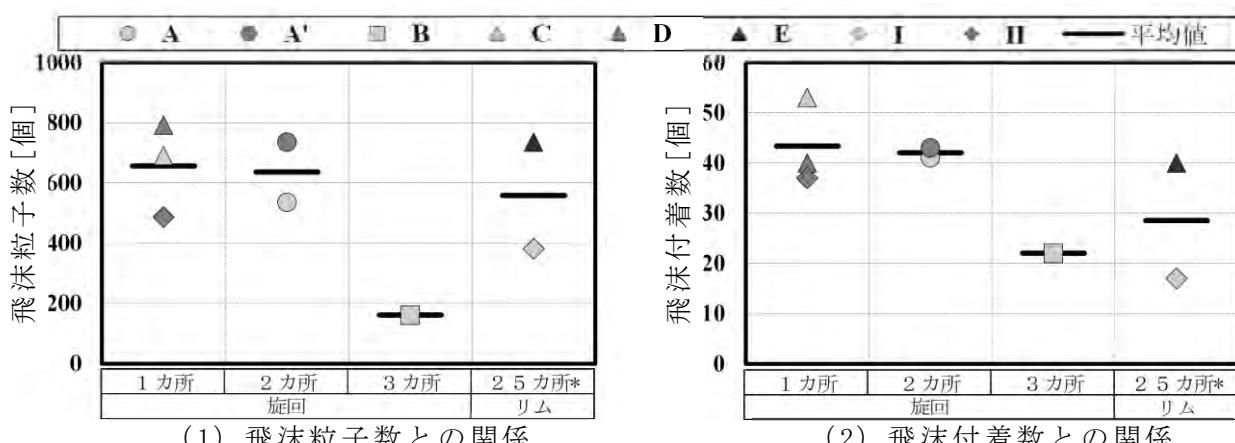


図 4 大便器の吐水口数との関係 (*大便器 I は 28 カ所)

4まとめ

複数の吐水口を持つ大便器で飛沫発生が抑制された。定期的な除菌・清掃を行うとともに、清掃員の安全確保が課題である。今後はパーティクルカウンターを用い、 $5 \mu\text{m}$ 以下の飛沫を対象に分析する。

謝辞 本研究の一部は、科研費 21H01497 の一環として実施した。

参考文献

- 1) 大塚雅之;With コロナに向けたトイレ空間の感染リスクと維持管理、設備と管理, pp. 32-45, 2022. 1
- 2) 木村彩芳, 大塚雅之;トイレ空間における大便器の飛沫拡散とその評価に関する検討(第 2 報)各種大便器での詳細検討と感染対策の留意点, 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集 第 1 卷, pp. 9-12, 2022. 9

11. IPを活用したX線透過検査による設備配管の劣化診断

○市橋 宏章（札幌施設管理株式会社 配管保全事業部）

1. はじめに

建築設備配管の劣化検査方法は破壊検査と非破壊検査に大別され、非破壊検査は稼働を止めずに行うものであり、その検査種類には①X線透過検査、②内視鏡検査、③超音波検査、④水質分析、⑤外観目視検査がある。配管の管種や腐食の種類によって検査方法の有用性が異なるので、調査目的や対象に合わせ実施の上、精度の高い解析を駆使して総合的に評価することが、正確な診断結果を導くことになる。

非破壊検査法の一つであるX線透過検査では、従来は撮影媒体としてフィルムを使用した方法（以下、フィルム法）が一般的であったが、近年はイメージングプレート（以下、IP法）が多用されるようになっている。本報ではフィルム法に対するIP法の優位性を各種観点から考察する。

2. 非破壊検査 IP法

2.1 非破壊検査の種類と特徴

非破壊検査の種類と適正項の特徴を表-1に示す。

漏水事故は配管の一番弱い部位（肉厚の薄い箇所）から発生するため、腐食進行の全体的傾向や平均値を検査しても効果的ではなく、逆に最大腐食箇所の残存肉厚や継手ネジ接合部の腐食状況を正確に解析・把握して診断することが漏水防止に繋がり、予防保全に適する。

2.2 フィルム法とIP法の比較

IPとはプラスチック（プラスチックフィルム）上の片面に輝尽性蛍光体粉末を塗布したものである。放射線エネルギーがいったん蓄積された後、熱や光などの励起により蛍光を発する現象を輝尽性蛍光発光現象と呼び、この原理を応用した輝尽性蛍光フィルム（IP）は医療用X線画像診断用として開発され、後に工業分野にも使用されているものである。

フィルム法からIP法に変更した場合の利点は、作業効率の向上であり、その内容は①作業工程項目の減少、②人員作業量の減少、③作業時間の短縮、④環境影響の低減、⑤画像の鮮明化等が挙げられる。

フィルム法とIP法の撮影画像の比較例として、温水配管膨張管（配管用炭素鋼钢管、口径65mm）の画像を図-1に示す。IP法の特徴として、像のエッジや輪郭の鮮明さ鮮銳さに顕著な差異があるほか、溶接溶込部計測の可否、ハレーションの抑え込みやX線透過線量調整等が容易になる（ダイナミックレンジが広い）。また、雑排水配管（排水用硬質塩化ビニルライニング钢管）とMD継手の全体画像及び解析時の拡大画像を図-2に示す。IP画像は画素サイズが $50\mu\text{m}$ 角であるので拡大しても像惚がなく、 1.0mm 以下のピンホールも解析可能となる。

表-1 検査種類と適正項目

| | X線 IP | X線 フィルム | 内 視 鏡 | 超 音 波 | 水 質 | 外 観 |
|--------|----------|------------|-------------|-------------|--------|--------|
| 残存肉厚 | ○△ | × | × | △ | × | × |
| ネジ部測定 | ○△ | × | × | × | × | × |
| ピンホール | ○ | × | × | × | × | × |
| 大口径配管 | ○ | × | ○ | ○ | ○ | × |
| 断水不要 | ○ | ○ | × | ○ | ○ | ○ |
| 保温材剥がし | ○ | ○ | ○ | × | ○ | × |

○：適合、問題無 △：適合（条件付）×：不適、問題有

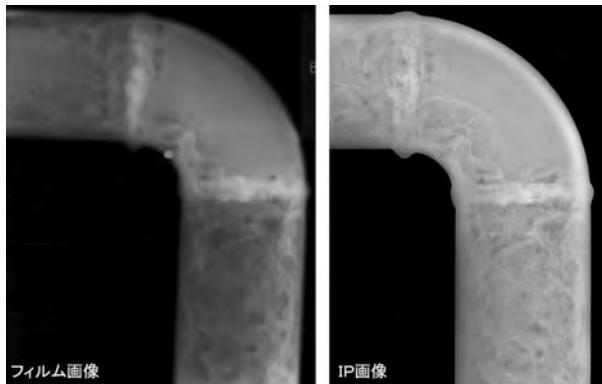


図-1 配管用炭素鋼鋼管
(商業複合施設(築 20 年)-温水配管(膨張管))
(左:フィルム 右:IP)

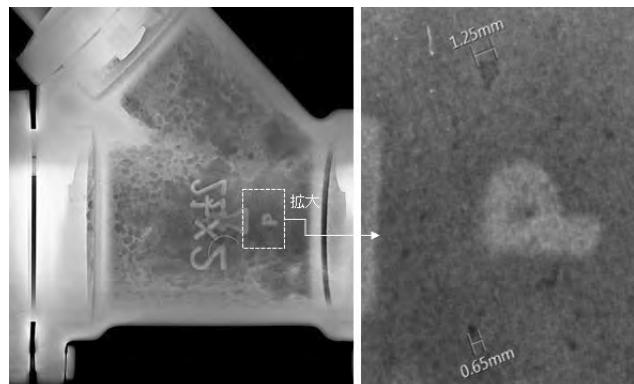


図-2 排水用硬質塩化ビニルライニング钢管
(事務所ビル(築 18 年)-雑排水配管)
(左:全体画像 右:拡大画像)

3. 劣化診断判定

劣化判定としては、圧力の有無に応じて限界肉厚を設定し、貫通孔に至るまでの推定年数を算出する。図-1 は残存肉厚 1.51mm、最大減肉率 28.2%、満水配管(常時圧力が掛かる)なので推定年数は 10.5 年となった。図-2 は残存肉厚 3.94mm、最大減肉率 21.3%、排水配管(圧力は掛からない)なので、推定年数は 20 年以上となった。いずれも広域に渡り腐食劣化が確認されているが、その深度は致命的な状況ではないことを踏まえ、貫通孔に達する年数が 10 年以上であることから、配管更新は先延ばしても差し支えないと判断された。

4. 診断による波及効果

設備配管の判定手法は、建築保全センター「建築物修繕措置判定手法」¹⁾、判定フロー・判定手順・残存寿命算出計算式等が明記されているが、残存肉厚に関する記載は抽象的な内容である。精度の高い残存肉厚の測定手法及び配管細部に至る解析を含めた、撮影画像全面の解析手法の確立は、予防保全の観点からより現実的な設備配管の耐久年数の導出を可能とし、各種配管それぞれの最適な更新時期を明確にすることができる。その結果として高額な配管更新工事費の抑制につながると考えられる。

5. まとめ

平成 26 年改正の「品確法」には、診断など保全に関する事項が盛り込まれた。昨今全国的に施設設備の老朽化が進行していくなか、未だに配管設備に関する高精度な解析診断方法は確立されていない。特に設備配管はその施工環境下(天井内、床下ピット)において検査が困難なことが多く、改修費用が高額になることから、精度の高い劣化判定方法の確立が望まれている。非破壊で配管の内部を高精度に解析できる IP 法の活用は、配管の修繕・改修・更新等における最適な対処が適切な時期に施工でき、配管漏洩事故を防止するだけでなく、配管設備更新費用の大幅な縮減や資産価値の保持・向上が図れ、時代のニーズに則した SDGs 達成やカーボンニュートラルに大きく寄与すると考えられる。

参考文献

1) 建築保全センター:建築物修繕措置判定手法、経済調査会、pp. 1447-1467、2004

12. 地震による貯水槽の崩壊予防と水質保全対策

○赤井仁志(東北文化学園大学)、平野廣和(中央大学)

1. はじめに

この十数年間、東北地方南部の太平洋側で大きな地震が多発している。大地震では、公共インフラ側の被害により、断水が1週間以上続くことは普通である。最低限の衛生的な生活を営むためには、飲料水を含む上水の確保が重要である。しかし、地震により受水槽や高置水槽等の貯水槽が破損して、貯めておいた上水が使えなくなった事象が、数多く報告されている。また、病院の貯水槽が被害に遭い、大量の水が必要とされる人工透析ができなくなった事例も発生した。

2. 大規模地震による断水と貯水槽の設置状況

東日本大震災までの約半世紀間の大規模地震での各ライフラインの復旧日数を表1に示す。上水道の復旧には、長い時間を要することがわかる。貯水槽の容量設計は、受水槽が1日の使用水量の1/2、高置水槽が1/10とすることが多い。上水道の普及までの期間中に使用する上水を貯うことは不可能であるが、給水車等による応援までに使用できるように、可能な限り貯水容量を多めにすることが大切である。

便器や水栓等の衛生器具の節水化が進み、施設全体での使用水量の漸減により、貯水槽の水位を下げたり、中仕切りのある貯水槽では片側のみを使用したりする事例があると聞く。残留塩素濃度の低下を招かないための措置ではあるが、望ましい措置とは言えない。

東日本大震災の後、岩手県、宮城県、福島県の被災3県で新たに建設した公共建築物の震災等防災対策に対するアンケート調査を行った。回答のあった70施設のうち、受水槽のある施設は44（63%）、受水槽を屋外に設置した施設が28、水槽回りに緊急遮断弁を設置した施設が36であった。つまり、受水槽を設けた施設のうち約6割が屋外に設置した。⁶⁾

3. 貯水槽の崩壊の現象と対策

これまで貯水槽の破損は、スロッシング現象（Sloshing Vibration）によるものが主要因として認識されてきた。比較的長周期の振動により水槽内の水が揺動して、水槽の天井面や側面上部が破壊するものである。スロッシングは、液体が持つ固有振動数と地震による振動とが一致した時に大きな揺動が起き、水槽の上部を破損・損傷させことが多い。スロッシングは、浮体式波動抑制装置を貯水槽内に設置することで現象を大きく減少させることができる。浮体式波動抑制装置は、施工性が容易で、経済性や衛生面でも優れている。

この他、バルジング現象（Bulging Vibration）により、水槽下部を中心とした側板や隅角部が破損する事例が報告されている。側板が、弾性体として変形しながら振動を発生する現象である。バルジングは、貯水槽内の流体が移動することで生じる繰り返し発生する衝撃力が発生の超震源となる。側板パネルが液体と接して振動し、側板が弾性体として変形しながら振動する連成振動で、スロッシングとは性状が異なる。写真1は、2022年3月16日に発生した福島県沖地震により、側板が損壊した高置水槽の事例である。現行の設計指針が静的な荷重状態として扱い検討してきたために、貯水槽の設計に反映されて来なかつたと推察される。

2011年3月の東日本大震災や2016年4月の熊本地震では、スロッシングとバルジングが同時に発生したと考えられる損壊も見られた。

貯水槽の耐震設計基準は、素材の種類に応じて水槽を製造している関連業界ごとに設立された協会で自主的に作成されている。この基準は、FRP水槽耐震設計基準が基本になっており、SUSタンクと鋼板タンクの特徴を加味して基準としている。FRP製貯水槽は、水

表1 各ライフラインの復旧日数³⁾

| | 発生年月 | 電気 | 水道 | ガス | |
|----------|--------|-----|----|-----|---------|
| 新潟地震 | 1964.6 | 5 | 90 | 180 | |
| 宮城県沖地震 | 1978.6 | 2 | 11 | 27 | |
| 日本海中部地震 | 1983.5 | 0.5 | 19 | 30 | |
| 釧路沖地震 | 1993.1 | 1 | 4 | 22 | |
| 阪神・淡路大震災 | 1995.1 | 6 | 60 | 90 | |
| 東日本大震災 | 2011.3 | 4 | 35 | 32 | 75%復旧日数 |
| | | 7 | 41 | 35 | 90%復旧日数 |



写真1 バルジングによる高置水槽側面の損壊(富谷市内)

の浸透や日光への暴露等により物性値が低下するために、耐用年数を15年として設計している。各水槽の特徴の概略を表2に示す。耐震性は、製造各社や各工業会が制定する強度計算・設計に則っており、広くオーソライズされたものではない。バルジングによる損壊を防ぐには、実証試験により剛性の高い鋼板製一体型が有利であることが分かっている。

4. 水質保全対策を講じた貯水率向上

今後、日本国内で発生が予想されている南海トラフ地震や日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震等により、文教施設や医療施設等が避難所になることを想定すると、貯水槽の高剛性化に併せて、貯水のポーラログラフ方式残留塩素濃度計による残留塩素濃度の自動管理を行い、貯水率を向上させて貯水容量を下げない方向を目指すべきであろう。

参考・引用文献

- 1) 赤井仁志, 渡辺武彦:給排水設備の被害(5月26日)・給排水設備の被害(7月26日), 2003年5月26日宮城県沖の地震災害調査報告書・2003年7月26日宮城県北部の地震災害調査報告書, 日本建築学会, pp.125~129・pp.281~287, 2004年(平成16)3月
- 2) 赤井仁志、草刈洋行:給排水衛生設備、建築編8(建築設備・建築環境)、東日本大震災合同調査報告書, 日本建築学会・土木学会・日本地震学会・地盤工学会など8学会合同, pp.33~40, 2015年(平成27)5月
- 3) 渡邊浩文:都市設備被害の概要、建築編8(建築設備・建築環境)、東日本大震災合同調査報告書, 日本建築学会・土木学会・日本地震学会・地盤工学会など8学会合同, pp.57~61, 2015年(平成27)5月
- 4) 赤井仁志:建築設備の地震被害から見た防止対応の留意点, 空気調和・衛生工学, 第89巻, 第9号, pp.801~806, 2015年(平成27)9月
- 5) 平野廣和, 水谷国男:最近の貯水槽地震被害の特徴とスロッシング・バルジングの影響—巨大自然災害に備えた貯水槽の耐震設計のあり方, 空気調和・衛生工学, 第93巻, 第1号, pp.3~12, 2019年(平成31)1月
- 6) 空気調和・衛生工学会東北支部・建築設備技術者協会東北支部合同委員会(委員長:岡田誠之):東日本大震災以降の新築建築物における建築設備の震災等防災対策調査, 公共建築, 第63巻, 第1号, pp.46~63, 2021年(令和3)5月

表2 貯水槽の特徴の概略

| | FRPパネルタンク (ボルト組立型) | ステンレスパネルタンク (溶接型) | ステンレスパネルタンク (ボルト組立型) | 鋼板製タンク |
|-------------------|---|--|---|--|
| 耐震性 (安全性・実績) | 各社(各材質ごとの工業会)が制定する強度計算式に則り、指定の耐震強度を持たせる | 公共工事標準仕様書適合品 各社(各材質ごとの工業会)が制定する強度計算式に則り、指定の耐震強度を持たる | 各社(各材質ごとの工業会)が制定する強度計算式に則り、指定の耐震強度を持たせる | 各社(各材料ごとの工業会)が制定する強度計算式に則り、指定の耐震強度を持たせる |
| 水密性 | パネル間の接合部をパッキンで水密性を得る | パネル間の接合部を内側からの片側溶接で水密性を得る | パネル間の接合部をパッキンで水密性を得る | 工場で全溶接タンクを製作 大型タンクの場合は現地搬入時に各ユニットをボルト締結・一体化 |
| 環境 (リサイクル・産廃等) | 再利用可能(産廃処分の事例もまだ見られている) | 再利用可能(産業資材として利用) | 再利用可能(産業資材として利用) | 再利用可能(鉄スクラップ材として利用) |
| 衛生性 (清掃の難易) | 完全排水がやや困難(パネル組合せのため)内部補強が多く、清掃性は向上 | 完全排水がやや困難(パネル組合せのため)内部補強が多く、清掃時に注意必要 | 完全排水がやや困難(パネル組合せのため)内部補強が多く、清掃性は向上 | 完全排水が容易 内部補強が全くないため清掃が容易 |

13. ディスボーザ排水処理システムの粉碎物堆積状況報告及び効果的清掃方法の提案

○大野隆次, 難波信二, 佐藤昭仁, 齊藤将一, 西川昌樹, 高岡ジョージ, 大中武弘, 上野雄治
(一社)全国管洗净協会)

1. はじめに

ディスボーザ排水処理システム（以後、当システムという）は、都市部を中心に家庭から排出される生ごみの削減や環境負荷の低減や、処理コスト軽減、また、利便性などを利点とし普及が広まっている。しかし、当システムの排水搬送を担う排水配管部においては、想定を超える粉碎物の堆積・付着を伴う閉塞事例がある。本報は、そのメカニズムについて実験および検証を行い、フィールドワークでは集合住宅の排水管内に堆積する残渣の状況と要因を分析し、当システムを有する施設の適切な保守・改善を提案する。

2. 実験および検証

2.1 概要

図1に、流し以降の供試排水配管（透明ポリ塩化ビニル管）を示す。①-②は器具排水管、②-④は排水横枝管、④-⑥は排水横主管を想定したものである。③にストラップカップリングによる接続部を設けた。エルボ曲率による抵抗の差異を検討するため、⑤と⑥に連続ショートエルボ、⑨と⑩にロングエルボを設けた。勾配はSHASE-S206に準じた。粉碎物は東京・神奈川の3物件の集合住宅の排水管清掃時に摘出した残渣物を回収して利用した。排水実験は、1回分の残渣物250g・水80Lを混合して流しより溜めて流した。実験回数は、約1ヶ月間を想定して31回行った。粉碎の必要がないため、ディスボーザ本体は使用しなかった。

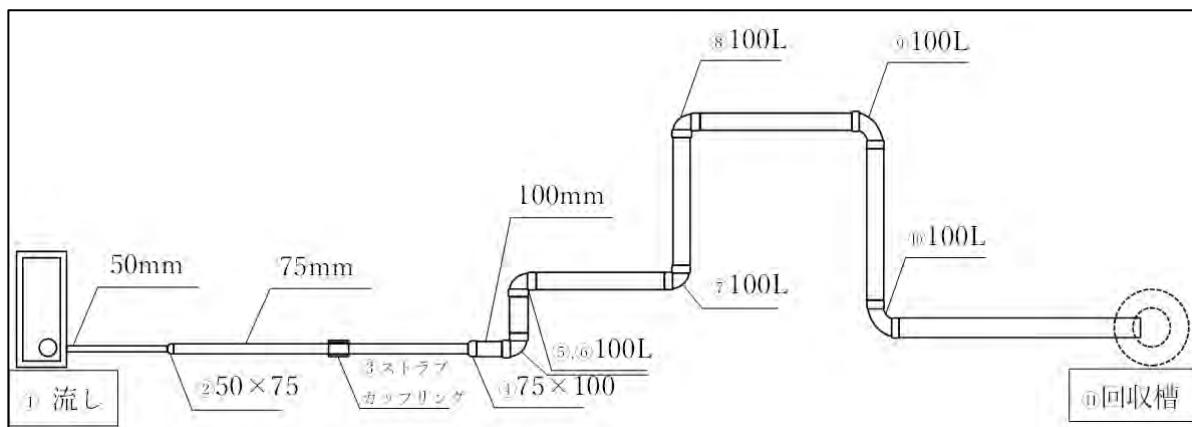


図1 供試排水配管略図

表1 供試排水配管区間長と管径

| 区間 | 配管長／管径 | 区間 | 配管長／管径 | 区間 | 配管長／管径 |
|------|------------|------|------------|------|------------|
| ①-②間 | 2.03m/50A | ⑤-⑥間 | 0.64m/100A | ⑧-⑨間 | 2.18m/100A |
| ②-④間 | 6.32m/75A | ⑥-⑦間 | 1.7m/100A | ⑨-⑩間 | 2.2m/100A |
| ④-⑤間 | 0.17m/100A | ⑦-⑧間 | 1.65m/100A | ⑩-⑪間 | 4.13m/100A |

2.2 実験結果と考察

回収した粉碎物の平均は 6.3g／回になり、31 回の合計では 194.3g となった。固体物のほとんどは管底に堆積した。本実験では、図 1 の②-③（写真 1）に多く堆積し、16 回目の排水において、①-②の器具排水管が閉塞状態となった。ストラップカップリング接続の僅かな隙間により水流が乱れて堆積したことと考えられる。特に、⑤-⑧の連続ショートエルボが流速低下をもたらし、固体物の搬送力が鈍る結果となった。⑨-⑪はロングエルボによる抵抗が少なく、堆積物はほとんどなかった。

次に、①の流し排水口より高圧洗浄による清掃を行なった。後方噴射ノズルは堆積物を攪拌するが、残渣物を先へ搬送することができなかった。回転・後方噴射ノズルも同様であった。また、⑪の回収槽より後方噴射ノズルを挿入し、加圧したまま手前へ引くと、粉碎物の移動はあったものの、数回洗浄しないと完全除去とはならなかつた。

2.3 フィールド調査概要

当協会技術委員より、全国 3 都県から当システムを有し、定期清掃を実施している物件を対象に、清掃時の堆積状況についてデータを収集した。そのうち東京都・神奈川県の築 10 年以内の定期清掃物件 3 棟と埼玉県の築 1 年経過の 1 棟を対象に調査した。写真 2 に示すように、毎年定期清掃を施していても排水横主管・敷地排水管に残渣物が堆積していた。写真 3 は築 1 年しか経過していない物件であるが、多量の残渣物が堆積していた。

以上の調査結果より、当システムを構成するディスポーザ部・排水処理部を結ぶ排水配管部では粉碎物の完全搬送は容易でなく、清掃に有効な掃除口と残渣物回収の枠などが必要となる。

3.まとめ

当システムは、排水設備としてシンプルな設計、搬送性能を担保する部材の選定、そして何より保守が必要となる。一般的の排水より管内に粉碎物が多く堆積することが考えられるので、保守を見据えた効果的な掃除口・点検口を流速が低下する箇所や排水管下流から高圧洗浄ノズルの逆噴射作用により堆積物搬送が機能する向きに設置するなど、点検を適時行い、その知見から現場ごとに清掃周期を計画していくことが優先される。

〔謝辞〕 本調査にご協力いただいた方々に記して感謝の意を表す。



写真 1 粉碎物堆積状況



写真 2 毎年清掃物件堆積状況



写真 3 築1年物件堆積状況

14. 清掃控室の利用実態調査

○杖先壽里 ((一財)建築物管理訓練センター)、正田浩三 (東京美装興業(株))

1 はじめに

新型コロナウイルス感染症が社会的問題となっている。清掃従業員は高齢者が多く、健康被害を受けやすいかどうかを知るため、清掃控室の広さと利用実態についてアンケート調査を実施した。一定の知見を得たのでここに報告する。

2 アンケート概要

過去に実施された清掃控室と資機材倉庫に関するアンケート調査^{1), 2)}を基に、アンケートを作成し、(公社)全国ビルメンテナンス協会の会員会社に配布し、管理責任者を対象に回答してもらった。回収は600件中305件(回収率51%)であった。

3 結果

(1) 利用実態

控室の有無を表1に示す。「自社だけで使える控室」は259件(84.9%)、「他社と共有」が33件(10.8%)、「無い」が12件(3.9%)となり、「無い」12件の内4件は常勤勤務者がいる建物であった。

控室の用途は、「休憩」93.7%、「飲食」83.6%、「更衣」71.1%、「事務作業」66.9%、「打合せ」56.9%、「一部の資機材の保管」40.1%であった。また、更衣を資機材倉庫、階段下、トイレSK等で行っている建物もあることを確認した。控室の住設備としては、「コンセント」77.7%、「机・イス」76.7%、「エアコン」76.3%、「冷蔵庫」69.5%、「電子レンジ」50.6%の順であった。エアコンも扇風機も「無い」という回答は36件あった。

次に、控室の換気方法を図1に示す。「換気扇」57.5%、「ドアの開放」50.9%、「窓の開放」23%、「外気取入れダクト」14.6%、「換気設備がない」3.8%の結果であった。

控室の総合的な評価の割合を図2に示す。「どちらともいえない」32.5%、「やや快適」25.9%、「快適」25.6%、「やや不快」8.5%、「不快」1.6%となり、「やや不快」と「不快」を合計すると10.1%を占めた。

表1 控室の有無

| 控室有無 | 清掃会社数 | | | |
|-------|-------|------|-------|-----|
| | 合計 | 1社受託 | 複数社受託 | 無回答 |
| 合計 | 305 | 217 | 63 | 25 |
| 自社専用 | 259 | 191 | 48 | 20 |
| 他社と共有 | 33 | 16 | 14 | 3 |
| 控室は無い | 12 | 10 | - | 2 |
| 無回答 | 1 | - | 1 | - |

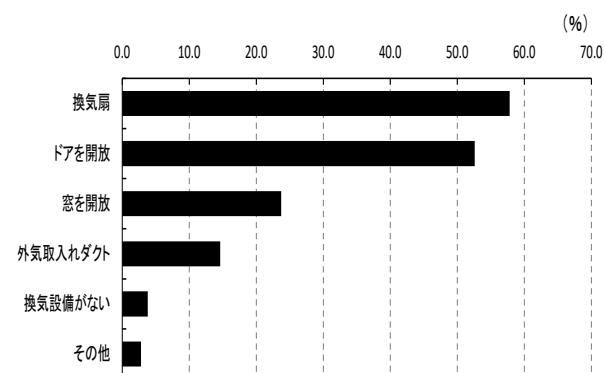


図1 控室の換気方法 (n=287)

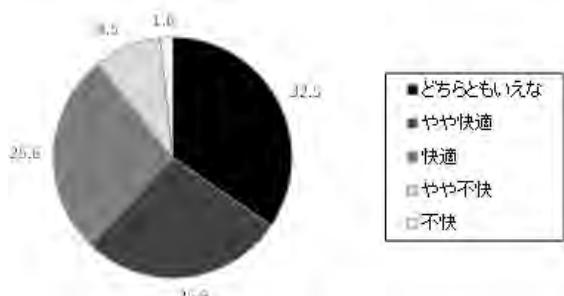


図2 控室の総合評価

(2) 控室の広さと密度

控室の広さは全体平均で $25.2 \pm 26.0 \text{ m}^2$ ($n=263$)であった。また控室の広さが「普通」と回答した平均面積は $25.0 \pm 22.3 \text{ m}^2$ であった。控室面積は、人員構成が大きく影響する。本研究ではパート 3.1 人 = 日勤者 1 人として一人当たりの控室面積を求めたところ、全体平均値で $3.93 \text{ m}^2/\text{人}$ となった。以前の調査結果²⁾では、平均 $2.4 \text{ m}^2/\text{人}$ であった。この時は、パート者 4 名を日勤者 1 名として修正人数で計算した。

また、(公社)全国ビルメンテナンス協会がコロナ禍を受けて作成したガイドライン³⁾にて対人距離として推奨 2m 、少なくとも 1m の確保が求められていることから、推奨控室面積を $4 \text{ m}^2/\text{人}$ 、少なくとも $1 \text{ m}^2/\text{人}$ と設定した場合の一人当たりの控室面積の割合を図 3 に示す。一人当たりの控室面積が 1 m^2 に満たない建物が全体で 37.2% であることがわかる。また、従業員数と控室の気積から必要換気回数を算出した。一人当たりの換気量を $30 \text{ m}^3/\text{H}$ として計算した結果、全体で換気回数は、4.9 回/ H であった。

4まとめ

控室が無い建物もあり、更衣を資機材倉庫、階段下、トイレ SK 等で行っていることを確認した。住設備としては、控室の利用目的（休憩、飲食、更衣が多い）に応じた必要設備機器が設置されているといえるが、手洗い洗面は建物利用者と共用が多く、利用者との動線の分離は配慮されていないことがわかった。また、換気方法としては、換気設備有無に係わらずドアや窓を開放するといった自然換気を併用していることを確認した。また、「換気設備無し」が 3.8% あった。今回、換気量の回答を求めたが、回答は全くなく、把握されていないことがわかった。住設備としてエアコンの設置は 76% を占めたが、今回はエアコンの外気取入れについて確認しなかった。控室の広さは一人当たりの控室面積が 1 m^2 に満たない建物が全体で 37.2% であった。現状は、控室・倉庫に関する基準・指針等は無い。高齢者が多く働く清掃業においては、新型コロナの感染による重傷者の発生、集団発生の危険が懸念される。今後、新たなパンデミックの発生も予想されており、建築物の控室・倉庫の面積、設備、換気等についての基準・指針等が定められることを望む。

5引用

- 1) 特集設計とメンテナンス連載・第1回建物メンテナンス性能調査—清掃編、ビルメンテナンス誌 1990年2月 PP45~53、全国ビルメンテナンス協会
- 2) 特集設計とメンテナンス連載・第3回建物メンテナンス性能調査—清掃編、ビルメンテナンス誌 1990年4月 PP80~84、全国ビルメンテナンス協会
- 3) ビルメンテナンス業における新型コロナウイルス感染拡大予防ガイドライン、公益社団法人全国ビルメンテナンス協会、令和3年2月

謝辞

この研究は令和4年度公益財団法人日本建築衛生管理教育センターの補助金によります。ここに謝意を表します。また(公社)全国ビルメンテナンス協会会員企業の皆様のご協力にも深謝します。

表2 控室の広さの申告別の控室面積

| 広さをどう思うか | 単位: m^2 | |
|----------|-----------------------|--|
| | 平均 \pm SD (サンプル数) | |
| 狭い | 15.7 \pm 13.8 (71) | |
| 普通 | 25.0 \pm 22.3 (149) | |
| 広い | 41.5 \pm 41.5 (43) | |

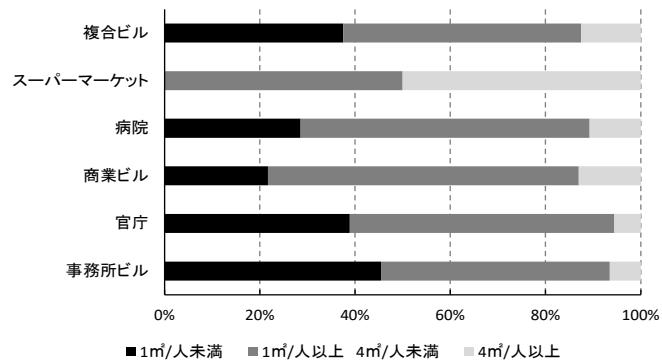


図3 用途別一人当たりの控室面積の割合

15. 建築物の清掃効果の見える化

○北山克己（公益社団法人 東京ビルメンテナンス協会）

1. はじめに

建築物の清掃は、ほぼ毎日一回、場合によっては1日数回実施しているが、清掃後にどれだけ汚れが取れたか、または汚れが残留して堆積するのかは、これまで主観評価により確認していた。現在の清掃契約では、仕様書に清掃回数を指定しているため、汚れがひどい場合は清掃回数を増やすなどを提案することが一般的である。そのため、清掃仕様書に示された清掃回数が適正かどうかの確認を自主点検として行っている。しかし、新型コロナの感染症の流行により、衛生管理上も良い品質を維持しているのかを確認することが課題となっている。今後の清掃方法の改善を含めて、測定機器の導入が重要と考える。今回、ATP測定器による清掃現場調査を実施したので測定結果を報告する。

2. 調査方法

調査は、3つの建築物で清掃対象箇所の清掃前後をキッコーマン製「ルミテスターATP測定器」を使用し測定した。建築物は、①事務所建築物は、延床面積3125m²、地上5階～地下1階、利用者人数700～1200人／月である。測定は、午後の清掃手直しを行う前に実施（5日間）、清掃は水拭き・乾拭きを実施した。②複合建築物は、清掃面積25000m²、地上7階～地下2階、年間利用者数約90万人である。測定は、清掃直後に測定できないので、閉館後（16時）に実施、除菌アルコールを吹きかけ、マイクロクロスで拭き上げた。③物流倉庫は、延床面積約11万m²、地上6階である。測定は、清掃直後に実施した。測定場所は、多数の人が出入りする箇所を選択した。

3. 結果

事務所建築物の測定結果を図1、複合建築物の測定結果を図2、物流倉庫の測定結果を図3に示す。

事務所建築物は、会議室のイスのひじ掛けが最も高く、次にドアノブ、大便器便座、階段手摺の順となり、手の触れる部分が高いことを確認した。複合建築物は、フリーデスク

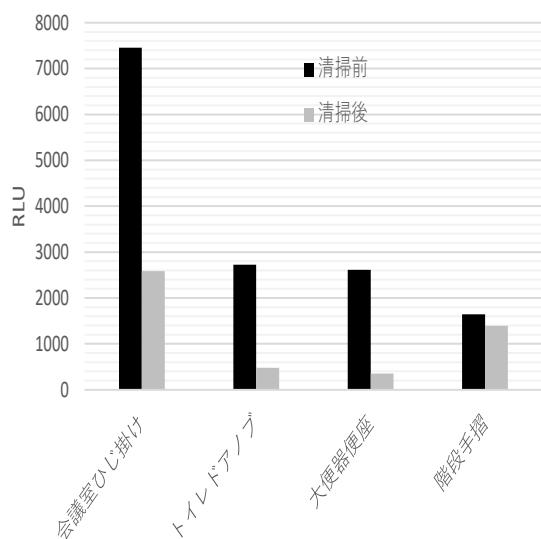


図1 事務所建築物の清掃前後のATP値

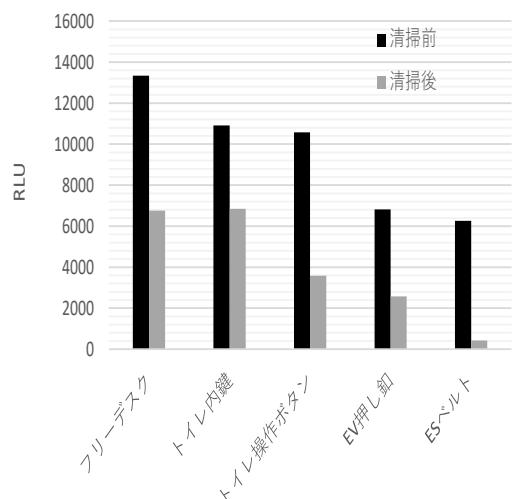


図2 複合建築物の清掃前後のATP値

が最も高く、次に、トイレ内鍵、トイレ操作ボタン、EV 押し鉗、ES ベルトの順となり、手で触れる部分が高いことを確認した。ES ベルトが高い理由は、利用者が多いことと、機械油には ATP は含まれていないが、汚れを巻き込むためと考える。物流倉庫は、ハンドドライヤー内部が最も高く、次に、食堂テーブル、食堂イス、ドアノブ、イートインテーブル等の順であり、手で触れる部分と食事の食べ残しがあると高いことを確認した。

この結果より、現場への導入には、建築物の汚れる部分の確認を行い、ベースとしての ATP 値を調べる事が必要である。その後、測定値より改善が必要であるかどうかを判断する。必要であれば、現状の清掃方法を選択して、必要な改善方法を選択し、効果があるかどうかを確認する。

改善方法としては、以下の項目を組み合わせて実施し、効果確認を行う。

- ①作業動作・・・往復動作、一文字動作、1回ごとに面を変えて拭く
- ②作業道具・・・ナイロンタオルからマイクロクロス、紙タオル等に変更する
また、洗浄作業を導入する
- ③作業資材・・・水拭きから洗剤拭き、消毒作業の追加を行う
- ④作業回数・・・現在の作業回数から回数を増やす

4. まとめ

測定結果としては、手の触れる部分、汚れが堆積する部分について ATP 値が高い傾向を示した。一般的な事務所建築物等では、汚れ・微生物が蓄積していくことは一般的であり、人体への影響が大きいとは言えない。また、現状の清掃方法で良いか、改善が必要かどうかを検討するうえでは、ATP 値を測定することは有効な方法である。一般的な建築物の室内においては、場所ごとに値が大きく異なるため共通の基準値を定めることが、非常に困難である。しかし、測定値が高い場合には、改善方法を定め、効果の確認をするのが良いと考える。今後、清掃点検時に現状の主観評価に補助として ATP 測定器等の導入を考える。特に、タオルやマイクロクロス等の拭き上げ用具の品質・保管管理が重要であると考える。

5. 引用文献

- 1) 公益社団法人東京ビルメンテナンス協会 調査研究小委員会、清掃状況「見える化」に関する調査報告者、2021.3

謝辞

この調査は公益社団法人東京ビルメンテナンス協会の調査研究小委員会の報告内容を加筆したものである。研究小委員会で現場測定を行った、小棚木達也氏、田崎光氏、川端雅人氏及び委員の皆様に記して感謝する。

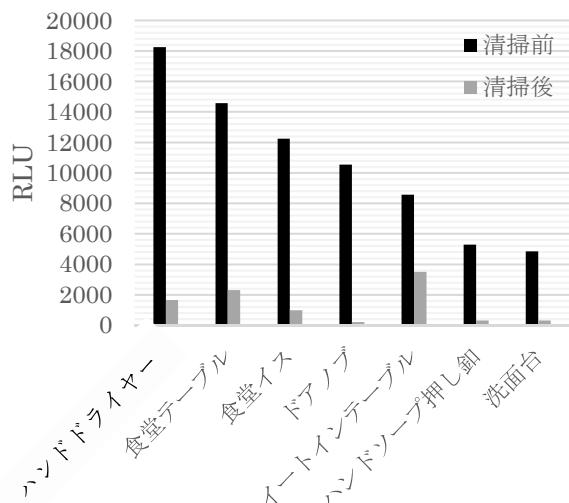


図 3 物流倉庫の清掃前後の ATP 値

16. コロナ禍における特定建築物の飲料水の実態

○岩田 淳一（東京都健康安全研究センター広域監視部建築物監視指導課）

1 はじめに

新型コロナウイルス感染症の感染防止のため、在宅勤務やオンライン授業等が広く普及し、在館人員が減少する建築物が見られる。こうした中で、当課が建築物衛生法に基づく立入検査を行った特定建築物において、飲料水の残留塩素濃度が低下している施設が増えている（図1）。

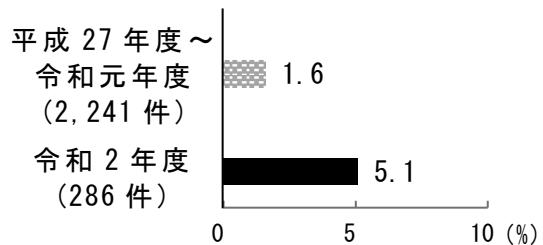


図1 立入検査時の残留塩素濃度不適率

そこで、残留塩素濃度低下の原因として考えられる飲料水の使用量など、維持管理状況の調査を行った。また、残留塩素濃度の低下によって懸念される定期水質検査の不適状況についての調査も行ったので、その結果も併せて報告する。

2 飲料水の使用量等の調査

(1) 対象施設、調査方法

令和3年度に立入検査を実施した東京都特別区内の延床面積10,000m²超の特定建築物67施設に対し、管理者への聞き取りや帳簿書類の確認により調査を行った。

(2) 調査結果

① 使用水量について

使用水量を前回の立入検査時と比較したところ、86%の施設で減少していた。減少した施設のうち、3割以上の施設で半分以下になっており、8割以上減少している施設も見られた（図2）。使用水量の減少に伴う、停滞水対策を行っている施設が30%あった。対策としては受水槽の水位を調整しているとの回答が最も多く、定期的なブローや水槽更新等の回答もあった。

② 残留塩素濃度について

日常の水質管理で残留塩素濃度が低下しているとの回答が22%あった。基準値(0.1mg/L)の検出を確認するために、蛇口から5分以上の放水が必要である施設が28%あった（図3）。また、放水する時間が増えているとの回答が31%あった。前回の立入検査時に実測した残留塩素濃度と今回の値を比較すると、30%の施設で測定値が低下していた。低下している施設で、停滞水の対策を実施している施設は15%ほどであったのに対し、低下していない施設では34%が対策を実施していた。

③ 受水槽の水位調整について

水位調整後の水量が把握できた施設の管理状況は表1のとおりである。水の使用量に応じて有効容量の約10%まで水位を下げている施設もあった。これらの施設について、立入検査の際に残留塩素濃度を測定したところ、すべての施設で基準値以上の残留塩素濃度が3分以内に検出された。

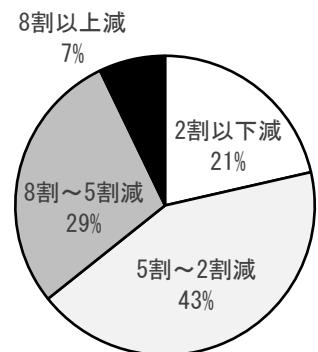


図2 使用水量が減少した施設の減少率内訳

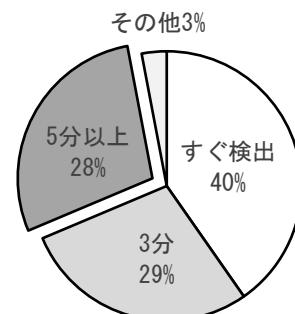


図3 残留塩素検出までの放水時間

表1 水位調整をしていた施設の管理状況

| No | 給水方式 | 主用途 | 有効容量 (m ³) | 使用水量 (m ³ /日) | 水位 調整 | 調整後 回転数 | 残留塩素 濃度(mg/L) | 残留塩素検出 までの時間 |
|----|-----------|-----|---------------------------|-----------------------------|----------|------------|------------------|-----------------|
| 1 | 受水槽/ポンプ直送 | 学校 | 90 | 23 | 50% | 0.51 | 0.1 | すぐ検出 |
| 2 | 受水槽/高置水槽 | 興行場 | 43 | 18.6 | 50% | 0.87 | 0.2 | すぐ検出 |
| 3 | 受水槽/ポンプ直送 | 事務所 | 42 | 30 | 50% | 1.43 | 0.2 | すぐ検出 |
| 4 | 受水槽/ポンプ直送 | 学校 | 114 | 50 | 30% | 1.46 | 0.2 | すぐ検出 |
| 5 | 受水槽/ポンプ直送 | 事務所 | 10 | 10 | 25% | 4.00 | 0.3 | すぐ検出 |
| 6 | 受水槽/ポンプ直送 | 学校 | 40.5 | 23 | 20% | 2.84 | 0.2 | 3分以内 |
| 7 | 受水槽/ポンプ直送 | 店舗 | 105 | 145 | 33% | 4.18 | 0.1 | すぐ検出 |
| 8 | 受水槽/高置水槽 | 事務所 | 180 | 200 | 70% | 1.59 | 0.2 | すぐ検出 |
| 9 | 受水槽/ポンプ直送 | 学校 | 13 | 22 | 43% | 3.94 | 0.3 | すぐ検出 |
| 10 | 受水槽/高置水槽 | 事務所 | 30 | 15 | 10% | 5.00 | 0.1 | すぐ検出 |
| 11 | 受水槽/ポンプ直送 | 事務所 | 14.4 | 不明 | 20% | 不明 | 0.3 | すぐ検出 |
| 12 | 受水槽/ポンプ直送 | 学校 | 180 | 65 | 80% | 0.45 | 0.3 | 3分以内 |
| 13 | 受水槽/ポンプ直送 | 学校 | 130 | 150 | 59% | 1.96 | 0.3 | すぐ検出 |
| 14 | 受水槽/高置水槽 | 事務所 | 167 | 140 | 50% | 1.68 | 0.3 | すぐ検出 |

3 水質検査不適状況調査

(1) 対象施設

令和3年度に飲料水貯水槽等維持管理状況報告書の提出があった東京都特別区内の延床面積10,000m²超の特定建築物2,530件

(2) 調査方法

報告書に添付されている定期水質検査結果を確認した。

(3) 調査結果

給水設備2,497件のうち、18件で水質検査結果に不適項目があった。内訳は、一般細菌が53%、塩素酸が32%であった(図4)。また、中央式給湯設備873件のうち、31件で不適項目があった。内訳は飲料水と同様に一般細菌が24%と最も多く、臭素酸、色度と続いた。各施設に水質が不適であった原因を聴取したところ、多くの施設で使用水量が減少したことが原因であると推定していた。

4 まとめ

今回の調査にて、使用水量が減少している施設が多くあることが分かった。「ビルの利用者が減っている」という管理者からの声も多く、それを示した結果となった。また、残留塩素濃度について、基準値を満たすことが難しい状況があることが分かった。しかし、水の使用量に合わせて水位を調節している施設もあり、それらの施設については、残留塩素濃度が確保されていた。

水質検査結果を見ると、結果が不適となっている施設が一定数あることが分かった。管理者に水質不適の原因を尋ねると、使用水量が減少しているからとの回答が多かった。

貯水槽の有効容量を調節せずに使用水量が減少すると、停滞水の発生により残留塩素の消失や水質の悪化が起こる可能性がある。残留塩素濃度が確保しにくくなっている施設や使用水量が減少している施設に対しては、水位の調整や停滞水の放水など、適切な対策を行うよう、引き続き指導を行っていく。

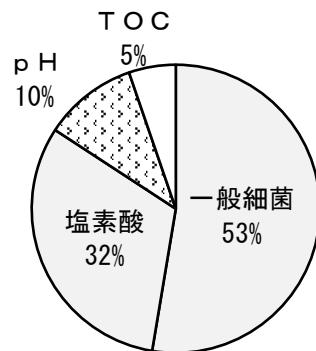


図4 給水設備の
項目別不適率

17. リゾートホテルにおける給水・給湯の負荷率と水使用原単位に関する検証

○小島邦晴 ((株)共立エステート), 光永威彦 (明治大学)

1. はじめに

ホテルにおけるエネルギーや水の消費量は、シティーホテル、ビジネスホテル、リゾートホテルといったホテルの種類や、結婚式場や大規模厨房などの構成施設、利用する人間の行動などにより異なることから、その実態を解明するために、ホテルにおける詳細な計測データが有用である。その中でもリゾートホテルは構成施設や設備システムが複雑であることに起因し、給水・給湯消費量に関する資料や文献が少ない。そこで本稿では、運用中のリゾートホテル2物件において、日毎の給水・給湯使用量を計測し、稼働率や季節の違いによる、給水・給湯原単位への影響について解析したので報告する。

2. モデル建物の概要とリゾートホテルの給湯負荷の特性

2.1 リゾートホテルの給湯負荷の特性

リゾートホテルの給湯負荷に関する特性として、次の3つの要素がある。1つ目は、温泉利用可能量により給水・給湯負荷が大幅に変動する。2つ目は、ホテルの利用形態によって給水・給湯負荷が変動する。利用形態とは滞在型か行動型であり、草津、和倉温泉といった温泉地などは滞在型で入浴回数が増える傾向にあるが、京都、伊勢、白川郷といった観光地は行動型で、ホテル施設の利用時間が限定的となる。3つ目は、ホテルのグレードによる。すなわち要求される設備水準で給水・給湯負荷が変わる。例えば、高級グレードであれば大浴場に加えて客室露天風呂がつき、一般グレードであれば客室はユニットシャワー程度となるといった具合である。

2.2 建物概要

ホテル A は群馬県の温泉地に立地するリゾートホテル(滞在型)で、地上 6 階建(RC 造)、延べ床面積 6,057 m²、客室数 69 室、収容人数 207 人の建物規模を有する。

ホテルBは鹿児島県の温泉地に立地するリゾートホテル（滞在型）で、地上4階建（RC造）、延べ床面積9,989m²、客室数105室、収容人数324人の建物規模を有する。

3. 計測結果と考察

3.1 ホテル A

測定期間は 2021 年 11 月～2022 年 4 月とし、1 秒間隔で計測した。測定結果として、2021 年 12 月の時間別・曜日別平均給水量を図 1 に、同期間の平均給湯量を図 2 に示す。平均給水量は平日、土曜日、日曜日で異なる分布を示した。給水量が最大となる時間は、平日と土曜日は 7 時頃で、日曜日は 17 時頃となった。平均給湯量は、各曜日で概ね同様の給湯量を示し、7 時と 21 時頃が最大給湯量となる傾向がみられた。

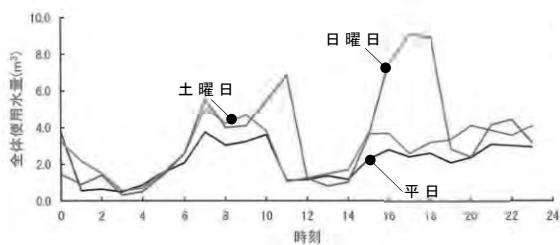


図1 時間別・曜日別平均給水量(2021.12)

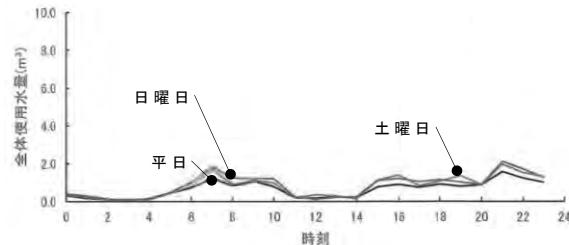


図2 時間別・曜日別平均給湯量(2021.12)

この結果の比較検討資料として、一般的に使用されている設備設計資料である空気調和・衛生工学会編の実務の知識¹⁾のビジネスホテルとシティーホテルの時刻別給湯負荷率をそれぞれ図3、図4に示す。これより、リゾートホテルは24時前後の深夜帯を除いて、概ねビジネスホテルと同様の負荷率となる可能性があることが示唆された。

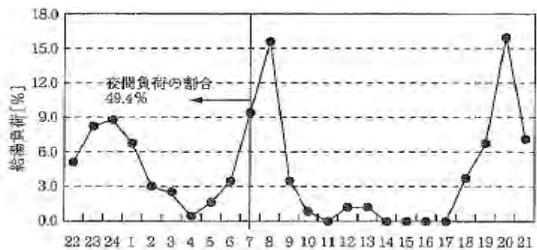


図3 時刻別給湯負荷率(ビジネスホテル)¹⁾

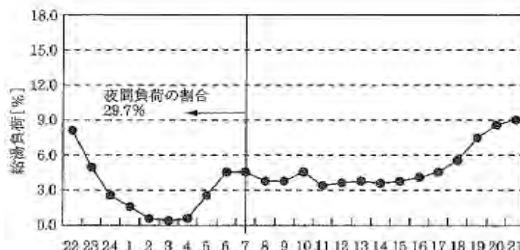


図4 時刻別給湯負荷率(シティホテル)¹⁾

3.2 ホテルB

測定期間は2018年12月～2021年10月とし、1日間隔で計測した。測定期間中の定員稼働率ごとの単位給水量と単位給湯量を表1に示す。コロナ禍により稼働率は大きく異なるが全35ヶ月平均で、単位給水量480 L/(人・日)、単位給湯量164 L/(人・日)、定員稼働率60%以上で、単位給水量348 L/(人・日)、単位給湯量132 L/(人・日)となつた。宿泊人数と単位給水量の相関を図5に示す。対数曲線で決定係数R²は約0.51となり、宿泊者数の人数(稼働率)が単位給水量の変動要因となることが改めて確認された。

ここでは詳細は割愛するが、季節別の単位給水量も検証し、各季節でそれぞれ平均単位給水量(上水)を算定した。これより、単位給水量は冬季がもっとも多く、夏季がもっとも少ない結果となった。これは冬季の方が温浴の時間が長くなる傾向であるためと考えられる。

4.まとめ

リゾートホテルの給水・給湯負荷パターンはビジネスホテルに近い傾向であり、給水・給湯使用量は稼働率や季節で異なることから、設計条件をどのように設定するかが今後の課題となる。また、一般的に設計用単位給水量は、日平均給水量を決定する場合に用いることから、その変動幅を考慮して設備システムを構築することが要素になる。加えて、今回は上水と給湯を対象として分析したが、その他、雑用水や温泉水など多系統給水することも一般的であるため、大浴場や客室露天風呂など構成施設ごとにどの程度の水量を要するか整理していくことも必要となる。給湯設備においては、客室稼働率が低いときには単位給水・給湯使用量が増加するために、効率的な建物配置や低負荷時の効率の良い熱源システムを採用するなどの工夫が望まれる。

表1 定員稼働率別の単位給水量・単位給湯量

| 条件 | 単位給水量 [L/(人・日)] | 単位給湯量 [L/(人・日)] |
|---------------|--------------------|--------------------|
| 全35ヶ月 | 480 | 164 |
| 定員稼働率35%以下を除く | 444 | 145 |
| 定員稼働率50%以下を除く | 372 | 146 |
| 定員稼働率60%以上 | 348 | 132 |

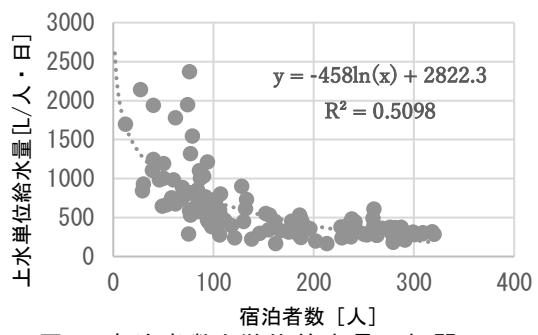


図5 宿泊者数と単位給水量の相関

[参考文献] 1) 空気調和・衛生工学会編:給排水衛生設備計画設計の実務の知識 改訂4版, オーム社, 2017.3

18. 温泉熱を利用したリゾートホテルの省エネルギー事例

鳴田 成二 ((株) ユニ設備設計)

1. はじめに

リゾートホテルは、余暇を楽しむという性質上、他施設に比べ消費エネルギーが大きい傾向にある。またホテルにおける給湯用の消費エネルギーは、全体の3割を超え、他用途に比べ比較的大きな割合を占めている。本報では温泉熱という自然エネルギーを利用し、給湯昇温によるエネルギーを削減したホテルの事例を紹介する。

2. 給排水設備・温泉設備概要

本建物は鹿児島県にある温泉地に立つリゾートホテルで、建築面積 5,508.39 m²、延べ床面積 9,988.77 m²の、RC 造、地上 4 階建て、客室数 105 室の規模を持つ。比較的横に長い建築プランで 2~4 階が客室、1 階が宿泊者専用のレストラン、バー、男女大浴場、湯上り、エステ、貸切風呂 3 室などで構成されている。屋外にはプールや池、ドッグランがある。

給水は上水と雑用水があり、それぞれ引込後、水槽に貯留し、加圧給水ポンプにて圧力給水している。雑用水は、温泉造湯用、ホテル内温泉うめ水として利用されている。給湯は中央給湯方式であり、温泉蒸気熱利用による温水での加熱直送方式となっており、バッファータンク 1 m³と密閉式膨張タンクを設けている。汚水雑排水は下水道接続、温泉排水は水質汚濁防止法基準水質範囲内にて雨水側溝へ放流している。衛生器具は大便器洗浄水量 4.8ℓ を採用し、共用洗面は自動水栓を使用した。

有効に利用できる温泉井戸が敷地内に 2 か所あり、1 本の替え掘りをし、熱水を伴わない過熱蒸気(抗口圧力 1.21MPa にて蒸気量 4t/h、比エンタルピー 2,725.9kJ/kg)を得ることができた。この温泉蒸気より熱回収し、回収した温水を、給湯、ろ過循環昇温、浴場給気加熱へ利用している。

温泉利用先は大浴場内湯、露天樽、露天陶器は掛け流しとしており、大浴場その他はろ過循環方式となっている。全客室にも温泉露天風呂が設置されており、一部を除き利用者が入浴時に湯張りと排水をする方式になっている。客室温泉配管は、末端冷え防止のため、返り管をとり、大浴場掛け流し浴槽へ放出する方法を取った。ろ過循環負荷は冬期最大で、315kW である。大浴場の暖房及び窓面の結露防止を目的に、夏期以外は、給気を加熱して供給している。給気加熱負荷は冬期最大で 115.2kW である。これらに時間最大給湯負荷 945kW を加え、熱回収熱交換器は 1,050kW を 4 台（2 台運転、1 台予備接続、1 台予備納品）とし、温水ポンプ 3 台の台数制御運転にて、最大 1200ℓ/min 20℃差の温水を循環供給する方式とした。温泉熱利用システムを図-1 に示す。

温泉蒸気の停止などを想定し、バックアップとして真空式温水機 930kW を 2 台設置しているが、現状はメンテナンスのために一時運転するのみである。

3. エネルギー消費量分析

表-1 に施設の年間水光熱使用量を示す。施設全体の一次エネルギー使用量は電力が 99.5% となり、LPG は 0.5% となった。電力の使用先は、主に空調、照明、衛生設備や造湯に関わる動力である。温泉旅館の一人当たりの電気使用量平均値 33.8kW/人¹⁾よりも大きいが、脱硫フィルタのため圧力損失の増加による動力増、造湯設備による増加が考えられる。LPG の使用先は約 79% が厨房、4% がガス乾燥機となった。残りは真空式温水機のメンテナンスのために使用されている。

温泉熱回収量を直接計量していないため、年間ろ過昇温負荷、給気加熱負荷は、設計時の試算を用い、給湯使用量も設計時の試算を利用人員にて見直して算出した。表-2にLPG削減量を示す。削減されるエネルギーは2,081MW/年と想定され、真空式温水機のシステム効率を0.85とすれば、LPG削減量は87,754m³/年となり、一次エネルギー換算8,568GJ/年、CO₂排出量は506t-CO₂/年の削減となった。施設全体の一次エネルギー使用量と比べると30.7%の削減、CO₂排出量は36.8%の削減となっている。(電力CO₂排出量係数は九州電力0.438CO₂/kWhによる)。

4. 結論

2030年に温室効果ガス排出量46%削減のために、温泉熱利用及び温泉排熱利用はCO₂排出量削減に有効ではあるが、温泉には腐食性成分もあり、維持管理が欠かせない。今後は維持管理を簡便にしつつ、さらなるCO₂排出量の削減方法を模索していきたい。

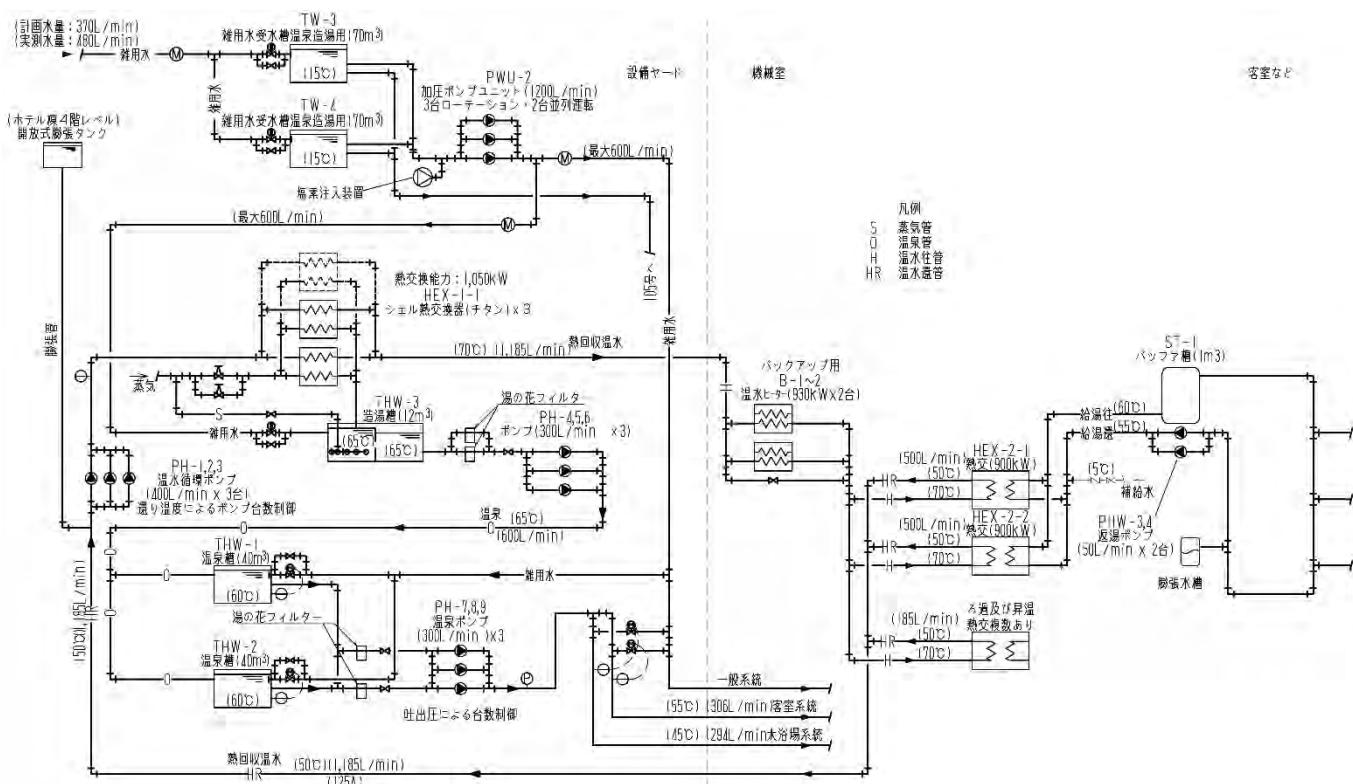


図1 温泉蒸気熱利用システム図

表-1 施設の年間水光熱使用量(2019年度)

| | 年間使用量 | m ³ 当り | 一人当たり |
|---------------------------------------|------------|-------------------|-------|
| 電気 (kWh) | 1,964,432 | 196.66 | 35.6 |
| LPG (m ³) | 986 | 0.10 | 0.018 |
| 上水 (m ³) | 25,386 | 2.54 | 0.461 |
| 雑用水 (m ³) | 120,616 | 12.08 | 2.189 |
| 一次エネルギー (MJ) | 19,269,129 | 1,929 | |
| CO ₂ 排出量 kgCO ₂ | 866,100 | 86.7 | 15.7 |

※一次エネルギー使用量に上水雑用水は含まれない

参考文献 1) 嶋田成二、小川正晃：温泉旅館のCO₂排出量の現状と削減対策、空気調和・衛生工学学会 第96

卷第4号, pp285-293, 2022

表-2 温泉熱による想定LPG削減量(2019年度)

| LPG用途 | 使用量 m ³ /年 | 一次エネルギー使用量 GJ/年 | CO ₂ 排出量 tCO ₂ /年 |
|-------|--------------------------|--------------------|--|
| 給湯 | 44,022 | 4,298.2 | 253.8 |
| 給気加熱 | 10,650 | 1,039.8 | 61.4 |
| 浴槽昇温 | 33,082 | 3,230.0 | 190.8 |
| 合計 | 87,754 | 8,568.1 | 506.0 |

※使用量の試算には経験による想定係数を含む

19. サイクロン式エアサンプラーを用いた空気中のレジオネラ属菌の検出(第2報)

○藪崎裕昭、小野寺順子、井上浩章、伊藤雅代、縣邦雄(アクアス(株))

1. はじめに

レジオネラ症はレジオネラ属菌を原因微生物とする呼吸器感染症で、ヒトがレジオネラ属菌を含むエアロゾル吸引することで感染する。レジオネラ属菌は自然界に広く生息するが、特に冷却塔や浴槽などではレジオネラ属菌が増殖する可能性が大きく、レジオネラ症を引き起こす感染源となっている。したがって、レジオネラ症を防止するためには、水利用設備でのレジオネラ属菌の増殖を抑制し、冷却塔や浴槽設備などから発生するエアロゾルにレジオネラ属菌が含まれないように管理する必要がある。

本報では液体サイクロン式のエアサンプラーを用いて冷却塔周辺や市街地の空気を吸引し、定量PCR法で検出することにより空気中のレジオネラ属菌遺伝子の存在実態を調査した結果を、48回大会に引き続き第2報として報告する。

2. 方法

2-1 空気試料からの捕集方法

エアサンプラーは『コリオリスμ(フランス Bertin Technologies社)』を用いた。専用の捕集容器(滅菌処理済)に15mLの捕集液(滅菌脱イオン水)を入れて、空気を捕集した。空気の吸引量は300L/minとし、吸引時間は10または20minとした。

2-2 冷却塔周辺での捕集

冷却塔周辺における空気の吸引は、稼働している冷却塔の内部と外部で実施した。抗レジオネラ用冷却水用処理薬品で処理を行っている2客先(計3台)の冷却塔を対象とした。

2-3 市街地での捕集

市街地の一定範囲を乗用車で移動しながら、右側後部座席の窓から空気を吸引した(写真1)。捕集個所は東京都の新宿駅周辺、池袋駅周辺、神宮外苑(周回道路)の3か所とした。市街地での吸引は2022年7月~10月(夏期~秋期)に掛けて複数回実施した。併せて、捕集液中の一般細菌数、従属栄養細菌数、真菌数を培養法で確認して、空気1m³当たりの菌数として表した。

2-4 レジオネラ属菌遺伝子の検出

捕集液からの遺伝子の検出は、定量PCR法で行った。捕集液2mLを遠沈して40倍に濃縮後、アルカリ熱抽出法によりDNAを抽出した。抽出したDNAはNucleoSpin gDNA Clean-up Kit(タカラバイオ)で精製した。定量PCRにはCycleave PCR Legionella(16S rRNA) Detection Kit(タカラバイオ)、及びThermal Cycler Dice Real Time System II(タカラバイオ)を用いた。検出した遺伝子は空気1m³当たりのコピー数として表した。

3. 結果及び考察

3-1 冷却塔内外からのレジオネラ属菌遺伝子の検出

結果を表1に示す。対象とした冷却塔において、培養法では冷却水中からレジオネラ属菌は検出されなかったが、遺伝子が100mL当たり10³~10⁴copies検出された。冷却塔内空



写真1. 乗用車による
空気捕集方法

気からは 3 台中 2 台の冷却塔からレジオネラ属菌の遺伝子が検出された (10^2 copies/m³)。冷却塔から約 10m 離れた場所ではレジオネラ属菌の遺伝子は 1copy 未満であった。冷却水が冷却塔内で飛散することで、冷却塔内及び冷却塔外の近傍(約 1m)では遺伝子が検出されるが、冷却塔から離れた場所では飛散水が届かなくなり、遺伝子の検出量が少なくなることが考えられる。

表 1. 冷却塔周辺から検出したレジオネラ属菌遺伝子量

| 冷却水中の レジオネラ属菌 (培養法) (CFU/100mL) | レジオネラ属菌遺伝子量 | | | | 吸引 空気量 (m ³) |
|--|-----------------------|--|---|---|--------------------------------|
| | 冷却水 (copies/100mL) | 冷却塔内空気 (copies/m ³ -air) | 冷却塔外の近傍 約 1m (copies/m ³ -air) | 冷却塔から約 10m 離れた場所 (copies/m ³ -air) | |
| CT-A | | 3.0×10^4 | 1.3×10^2 | 7.5×10 | |
| CT-B | <10 | 8.5×10^4 | 2.8×10^2 | (A と B の中間点) | N.D.* |
| CT-C | | 9.6×10^3 | N.D.* | 1.0×10 | 3.8×10^{-1} |
| | | | | | 6.0 |

* N.D. : Not Detected.

3-2 市街地(移動による捕集)でのレジオネラ属菌遺伝子の検出

結果を図 1 に示す。市街地での乗用車移動による捕集調査において、採取した空気 1m³ から最大で 2.0×10^2 copies のレジオネラ属菌遺伝子を検出した(いずれの検体でも、培養法ではレジオネラ属菌は検出されなかった)。尚、N=4 または N=5 の捕集で遺伝子数の結果にばらつきが見られるため、図 1 の結果は測定値の平均値を示している。

空気の捕集が定点では無く、一定範囲内の移動捕集であるため、採取時の気象条件(気温、風速、風向、湿度など)及び移動速度などによって遺伝子の検出数が異なることが考えられる。

3-3 市街地での各種菌類の検出

培養法で検査した結果を図 2 に示す。採取した空気の全ての試料から真菌が多く検出された ($4.3 \times 10 \sim 3.3 \times 10^3$ CFU/m³)。尚、N=4 または N=5 の捕集で、各種菌数と図 1 で示した遺伝子数との相関は見られなかった。

4. まとめ

エアサンプラーを用いた空気捕集によって、空気中に存在するレジオネラ属菌遺伝子を検出することができる。今後は冷却塔や市街地の他、感染危険因子の高い場所・条件での空気中のレジオネラ属菌の存在状況を把握し、レジオネラ症の防止対策に役立てたい。

引用文献 井上、藪崎、伊藤、縣(2018) 第 48 回建築物環境衛生管理全国大会 抄録

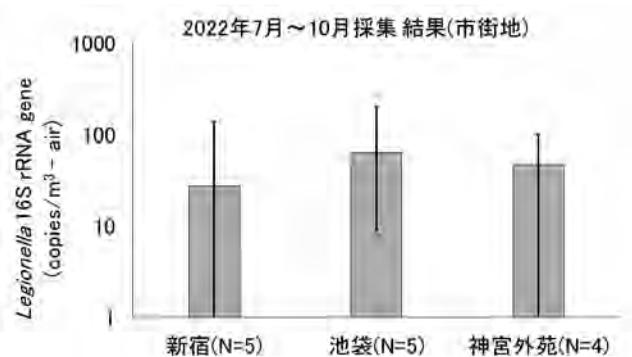


図 1. 市街地空気のレジオネラ属菌遺伝子検出結果

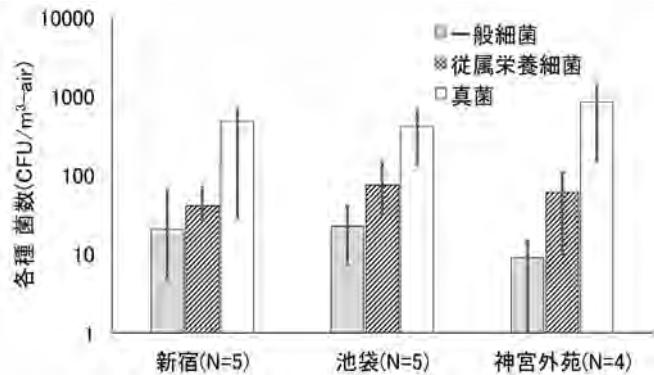


図 2. 市街地空気の各種菌類の検出結果

20. 感染症対策のための各種水栓による手指衛生と節水効果の評価

○板橋 芽美、大塚 雅之（関東学院大学）

1. はじめに

新型コロナウイルス感染症（COVID-19）の拡大により、その防止策の一環として、手指衛生の重要性が再認識させられた。これにより、多くの自治体や小中学校が感染症対策の一つとして、非接続型の自動水栓の導入が進行している。

よって本報は、厚生労働省が推奨する手洗い方法を用いて、自動水栓と従来型の手動水栓を設置し、除菌率と使用水量・洗浄流量の2つの観点より検討し、手指の効果的な洗浄手法と水栓仕様の検討を行うことを目的とする。

2. 実験概要

2.1 実験システム

図1に供試実験システムを示す。使用器具は、各種水栓とオートソープディスペンサーを写真1に示すように供試洗面器に設置した。水栓の給水管に流量センサを設置し、手洗い時の洗浄流量[L/min]、使用水量[L]を測定した。

2.2 実験方法

被験者は本学の学生の男女計46名（男性31名 女性15名）とする。被験者は厚生労働省が推奨する手洗い方法¹⁾に準拠

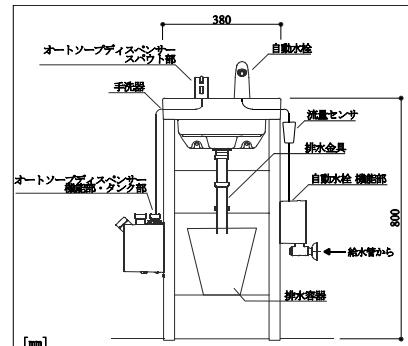


図1 供試実験システム



写真1 供試洗面器

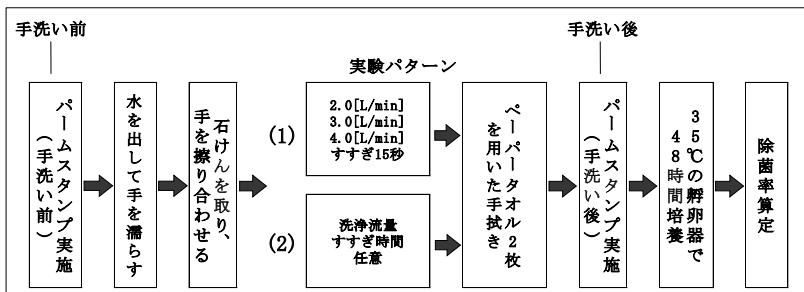


図2 実験フロー

し、筆者が作成した動画に沿って手洗いを実施した。手洗い前後に一般細菌用に寒天培地を用いてペームスタンプ検査を行い、手洗い前後のコロニー数より除菌率の算定を行う。

(1) 流量変化による手指洗浄効果の検討

図2の(1)に既報²⁾にて行った実験フローを示す。実験では、すすぎ時間を15秒とし、設定する洗浄流量を2.0[L/min]、3.0[L/min]、4.0[L/min]と変化させ各10検体実施した。また、手洗い時の手拭き方法は、ペーパータオルの1枚目を捨て、2、3枚目を使用することとした。

(2) 洗浄流量・すすぎ時間任意による手指洗浄効果の検討

図2の(2)に洗浄流量・すすぎ時間任意による手指洗浄効果の検討の実験フローを示す。

手動水栓の最大洗浄流量を6.0[L/min]とし、被験者は任意の洗浄流量、すすぎ時間で行った。

3. 実験結果

3.1 洗浄流量と排水量

図3に自動水栓と手動水栓を用いた実験の洗浄流量と排水量の平均値±標準偏差と最大・最小値を示す。同図(2)に示す手動水栓では手洗い全体の洗浄流量・排水量に加えて、排水時間より算定したすすぎ時のみの洗浄流量と排水量も併記する。同図の自動水栓(1)では、設定された流量との差違はほとんどなく洗浄流量、使用水量ともに一定の相似関係に

あることが分かる。一方で手動水栓では、手洗い全体とすすぎのみ双方で洗浄流量は約4.0～6.0[L/min]の範囲で使用されており、自動水栓の約1.5～3.0倍の結果となった。

また平均排水量は、手洗い全体が約2.5L、すすぎ時のみでは約1.0Lと平均で約2倍の差となった。図4に自動水栓と手動水栓双方の排水時間を示す。同図(2)に示すように、手動水栓では、手洗い全体での排水時間(平均値)が約30秒と自動水栓に比べ10秒以上長く、石鹼使用時にも水が出続いていることが要因となっている。しかし、すすぎ時の排水時間では、厚生労働省が推奨する15秒間すすぎを行った自動水栓に比べ、平均で約12秒と約5秒以上短い結果となり、除菌率への影響が考えられる。

以上より、自動水栓に比べ手動水栓は約1.25～2.5倍の洗浄流量が使用されており、手洗い全体では約2.0～4.5倍、すすぎ時のみでは、約0.5～1.0倍の排水量となることが分かった。一方で、自動水栓に比べ平均すすぎ時間が短いことから、手動水栓を用いて被験者の任意の洗浄流量・すすぎ時間で手洗いを行うよりも、厚生労働省が推奨する手洗い方法に準拠し、自動水栓を用いることが節水化かつ衛生性を確保した手指洗浄が期待できると推察する。

3.2 除菌率

図5に自動水栓と手動水栓における除菌率の平均値±標準偏差と最大値、最小値を示す。同図に示すように、自動水栓では、平均値で約50%以上の除菌率が得られており、最低でも約40%維持できたのに対し、手動水栓では、平均値で約25%と自動水栓の最小値を下回る結果となった。また、被験者の三割がもみ洗い時に手指表面から湧出した細菌を十分に落とすことができず、手洗い後の細菌が増加し除菌率がマイナスとなった。

4.まとめ

手動水栓を用いて洗浄流量・すすぎ時間を任意に実験することで、厚生労働省が推奨する手洗い方法を行った既報²⁾と比較し、衛生性と節水化を考慮した手指洗浄手法の検討を行った。その結果、手動水栓での手洗いは、自動水栓と比較すると洗浄流量・排水量が多いものの、除菌効果が得られていないことが分かった。

謝辞：本研究は、科研費(21H01497)の助成を受けたものである。

参考文献

- 厚生労働省，“正しい手の洗い方(ポスター)”，国民の皆さんへ関連情報 ((新型コロナウイルス感染症)，mhlw.go.jp，厚生労働省 (2022-06-23)
- 板橋芽美，各種水栓による衛生性と節水化を考慮した手指洗浄評価手法の提案その1.自動水栓による効果の検討，日本建築学会大会学術講演梗概集, p. 1729-1730

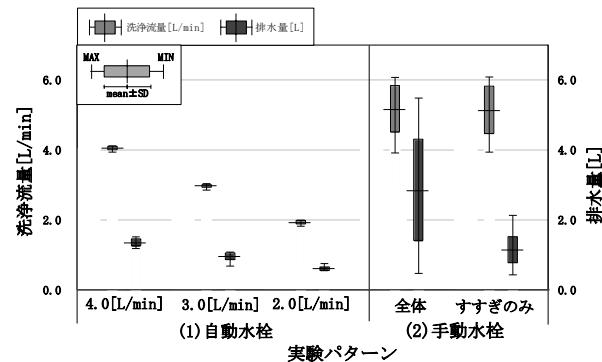


図3 自動水栓と手動水栓の洗浄流量と排水量

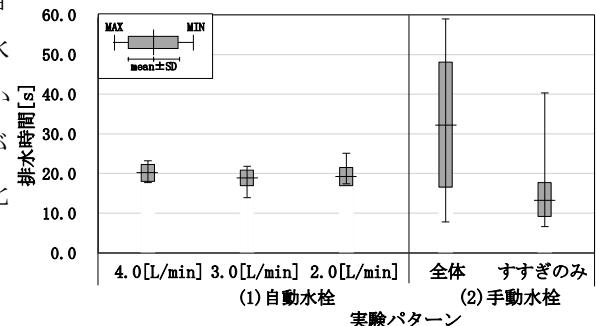


図4 自動水栓と手動水栓の排水時間の関係

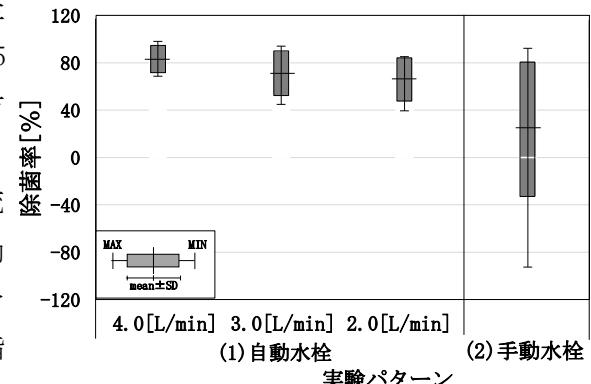


図5 自動水栓と手動水栓の除菌率の関係

21. レジオネラ症対策に関する条例・要綱等データベースの作成

○後藤隼、安齋博文、杉山順一、齋藤敬子 ((公財) 日本建築衛生管理教育センター)

1. はじめに

冷却塔、加湿装置、給水・給湯設備、修景設備等の建築物衛生法に関連する人工水利用設備はレジオネラ症の感染源となる可能性がある。加湿装置や給湯設備が原因とされた感染事例^{[1][2]}が発生しているほか、近年では医療機関や教育機関の給水設備からレジオネラ属菌が検出される事例^{[3][4]}も報告されており、建築物内の各種人工水利用設備を包括したレジオネラ症防止対策への関心が高まっている。

建築物衛生法関連の人工水利用設備のレジオネラ症対策については、厚生労働省発出の通知・指針等^[5]と各自治体の条例・要綱等に従って実施されている。各自治体の条例については個別に確認することを前提としているため、複数の自治体の条例・要綱等について確認することは容易ではなかった。そこで本研究では、都道府県・政令指定都市における建築物衛生法関連の人工水利用設備のレジオネラ症対策関連条例の制定状況を調査し、その集計結果を基に網羅的な条例・要綱等のデータベースを作成した。

2. 調査方法

47 都道府県と 19 政令指定都市を対象に、レジオネラ症防止対策に関する条例・要綱等の制定状況についてアンケート調査を実施した。また、各自治体の条例・要綱等のうち Web 上に公開されている内容について確認を行った。

3. 調査結果

対象の 66 自治体すべてからアンケートの回答が得られた。建築物衛生法に関連する設備（冷却塔、加湿装置、給水・給湯設備、修景設備等）について条例・要綱等を制定していたのはわずかに 6 自治体（9%）（大阪府、仙台市、千葉市、横浜市、川崎市、名古屋市）のみであった（表 1 及び図 1-1）。このうち川崎市を除く 5 自治体が条例・要綱等の内容を公開していた。レジオネラ症対策条例・要綱等の内訳については、大阪府と仙台市が冷却塔と給湯設備、千葉市と名古屋市が冷却塔と加湿装置における条例・要綱等をそれぞれ制定していた（表 2）。

横浜市では『横浜市レジオネラ症防止対策指導要綱』及び『レジオネラ症を防止するための技術的管理指針』を制定し、これに基づき冷却塔、加湿装置、給湯設備、修景設備の管理が行われていた（表 2）。この要綱では、特定建築物のほか、公衆浴場、旅館、プール、病院、社会福祉施設等を対象に、各種設備の管理方法、レジオネラ属菌検査の実施、レジオネラ属菌が検出された場合の対策等が規定されている。

一方で、条例・要綱等を制定していない自治体においても、東京都をはじめとして HP やパンフレット等を用いた事業者向けの啓発活動等を実施しているケースが見受けられた。HP については 57 自治体（86%）、パンフレットについては 31 自治体（47%）においてレジオネラ症対策の啓発活動が行われていた（表 1 及び図 1-2、1-3）。

表 1. 建築物衛生法関連設備のレジオネラ症対策の実施状況

| 都道府県 | 条例等 | HP | パンフ | 都道府県 | 条例等 | HP | パンフ | 政令市 | 条例等 | HP | パンフ |
|------|-----|----|-----|------|-----|----|-----|-------|-----|----|-----|
| 北海道 | ○ | | | 三重県 | ○ | ○ | | 札幌市 | ○ | ○ | |
| 青森県 | ○ | | | 滋賀県 | | | | 仙台市 | ○ | ○ | ○ |
| 岩手県 | ○ | | | 京都府 | ○ | ○ | | さいたま市 | | | |
| 宮城県 | ○ | | | 大阪府 | ○ | ○ | | 千葉市 | ○ | ○ | |
| 秋田県 | ○ | | | 兵庫県 | ○ | | | 横浜市 | ○ | ○ | ○ |
| 山形県 | ○ | | | 奈良県 | ○ | | | 川崎市 | ○ | | |
| 福島県 | ○ | | | 和歌山県 | | | ○ | 相模原市 | | | |
| 茨城県 | ○ | | | 鳥取県 | ○ | | | 新潟市 | ○ | ○ | |
| 栃木県 | ○ | ○ | | 島根県 | ○ | ○ | | 名古屋市 | ○ | ○ | ○ |
| 群馬県 | ○ | ○ | | 岡山県 | ○ | ○ | | 京都市 | ○ | ○ | |
| 埼玉県 | ○ | | | 広島県 | ○ | ○ | | 大阪市 | ○ | ○ | |
| 千葉県 | ○ | ○ | | 山口県 | ○ | | | 堺市 | | | |
| 東京都 | ○ | ○ | | 徳島県 | ○ | ○ | | 神戸市 | | | |
| 神奈川県 | ○ | ○ | | 香川県 | ○ | ○ | | 岡山市 | ○ | ○ | |
| 新潟県 | ○ | | | 愛媛県 | ○ | | | 広島市 | ○ | ○ | |
| 富山県 | ○ | ○ | | 高知県 | | | | 北九州市 | ○ | ○ | |
| 石川県 | ○ | | | 福岡県 | | | | 福岡市 | ○ | ○ | |
| 福井県 | ○ | ○ | | 佐賀県 | | | | 熊本市 | | | |
| 山梨県 | ○ | | | 長崎県 | ○ | | | 浜松市 | ○ | ○ | |
| 長野県 | ○ | | | 熊本県 | ○ | ○ | | | | | |
| 岐阜県 | ○ | | | 大分県 | ○ | | | | | | |
| 静岡県 | ○ | | | 宮崎県 | ○ | | | | | | |
| 愛知県 | ○ | | | 鹿児島県 | ○ | | | | | | |
| | | | | 沖縄県 | ○ | ○ | | | | | |

4. 考察（まとめ）

建築物衛生法に関する設備についての条例・要綱等の制定率が低いことが本調査で明らかになった。条例・要綱等の内容については横浜市ののみが建築物衛生法に関する設備全般を包括する条例・要綱等を制定していたことが明らかになった。

今回作成した条例・要綱等データベースには、条例・要綱等の制定の有無だけではなく、該当する条例・要綱等の名前、制定年、最終改定年、各自治体HPのURLリンク等を盛り込み、容易に情報の確認及び更新が行えるように作成した。今後、弊センターHPにおいてデータベースの公開を予定しており、横浜市の取り組みをモデルケースとして、他の自治体においても条例・要綱等の整備が進むことを期待する。

[参考文献]

- [1] 大分県衛生環境研究センター，“加湿器が原因とされたレジオネラ症集団発生事例”，
<https://www.niph.go.jp/h-crisis/archives/119537/>
- [2] 磯目 賢一, 院内感染で判明したレジオネラ菌による給湯系汚染とその後の対応, 日本環境感染学会誌(2020)
- [3] 大屋 日登美, 医療機関の給水設備におけるレジオネラ属菌の汚染実態, 日本感染症学会, 92 (2018), 678-685
- [4] 安齋 博文, 大学校舎の夏期休暇中における飲料水の衛生状況, 建築物環境衛生管理全国大会, 第49回(2022), 90-91
- [5] 厚生労働省, “レジオネラ対策のページ”,
<https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/0000124204.html>

1. 条例・要綱等
の制定率 2. 啓発実施率
ホームページ 3. 啓発実施率
パンフレット

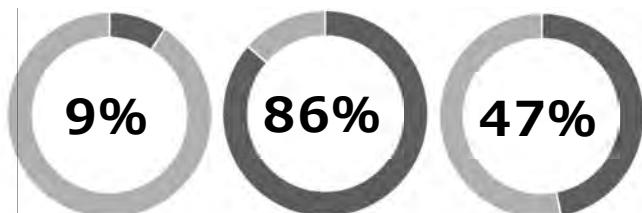


図 1. レジオネラ症対策の実施率

表 2. レジオネラ症対策条例・要綱等の内訳

| 自治体名 | 冷却塔 | 加湿装置 | 給湯設備 | 修景設備 |
|------|-----|------|------|------|
| 大阪府 | ○ | | ○ | |
| 仙台市 | ○ | | ○ | |
| 千葉市 | ○ | ○ | ○ | |
| 横浜市 | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 名古屋市 | ○ | ○ | | |

センター調査・研究報告

1月19日(木) 9:45~10:15

「局所式給湯設備における衛生管理の実態調査」

局所式給湯設備における衛生管理の実態調査

○安齋博文、後藤隼、杉山順一、齋藤敬子

((公財)日本建築衛生管理教育センター)

1.はじめに

建築物環境衛生維持管理要領では、給湯設備におけるレジオネラ属菌による汚染を防止するため、循環式の中央式給湯設備に対しては湯槽内の湯温が60°C以上、末端の給湯栓でも55°C以上とする等の維持管理が規定されている。貯湯槽を有している局所式給湯設備（以下、局所貯湯式給湯設備）においては、飲用貯水槽と同様の清掃・点検の実施が規定されているにも関わらず、構造上清掃できない製品が存在し、さらに貯湯槽内の温度を含め管理に関する規定がない等の課題が指摘されていた¹⁾。

既報²⁾³⁾において、局所貯湯式給湯設備を有する事務所ビル（Aビル）に対しレジオネラ汚染の実態調査を実施し、培養法でレジオネラ属菌が検出されたことを報告した。また、その後の調査において、設定温度を昇温する対策（図1）、局所貯湯式給湯設備内の汚染源が逃し管であることを特定する（表1）等、汚染の改善についての取り組みを報告した。

その後もさらに長期的に追跡調査を実施し、汚染源である逃し管の放流の実施などの改善策を講じた。本報では、追加の追跡調査を基に、レジオネラ属菌の根絶が難しい原因について考察を行い、レジオネラ汚染への対策について衛生管理の実態を報告する。

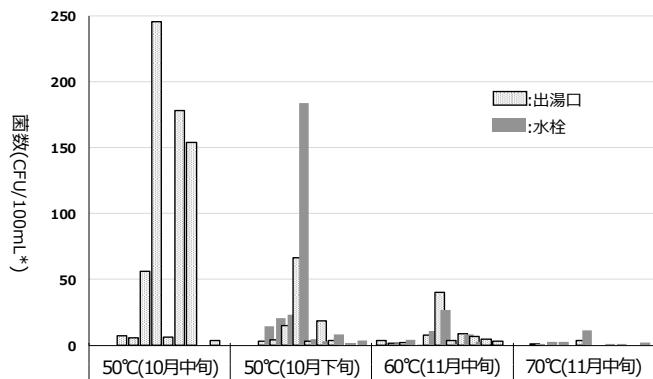


図1. qPCR法による局所貯湯式給湯設備の設定温度変化によるレジオネラ属菌の検出状況(2018年)

表1.局所貯湯式給湯設備における汚染原因調査

| 場所 | 湯温 (°C) | 残留塩素 (mg/L) | 培養法 (CFU/100mL) | qPCR |
|-----|------------|----------------|----------------------|-------|
| 初流 | 58 | <0.1 | 1,510 <i>L.anisa</i> | 2,754 |
| | | | N.D. | 1,344 |
| | | | N.D. | 588 |
| 放流後 | 64 | <0.1 | N.D. | 891 |
| | | | N.D. | 677 |
| | | | N.D. | 824 |

2.材料と方法

2-1 局所貯湯式給湯設備と採取場所

調査対象としたAビルは2018年に竣工した特定建築物である。各フロアのパントリーとトイレに局所貯湯式給湯設備が設置されており、13階～3階のパントリーには貯湯容量約25Lのものが1台、トイレには貯湯容量約6Lのものが5台設置されていた。2階のトイレに4台（貯湯容量約6L）、1階に1台（貯湯容量約25L）が設置されている。

採取場所の詳細を図2、写真1に示す。逃し管からの採取は止水栓を閉めた状態で、(a)の膨張水排水口に採取容器をセットし、ゆっくりと逃し弁を開放し、排水される水を採取した。出湯口からの採取は(b)の部分から混合される前の給湯水を採取した。

レジオネラ属菌の検出法は、培養法は「第4版レジオネラ症防止指針」⁴⁾に準じ、冷却遠心濃縮-酸処理法によって行い、また、CycleavePCR® Legionella (16S rRNA) Detection Kit(TAKARA)を用い、qPCR法による定量試験を行った。

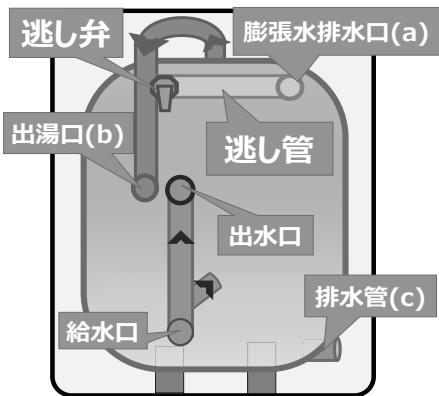


図 2. 局所貯湯式給湯設備



写真 1. 出湯口からの採取

2-2 レジオネラ属菌汚染対策

設定温度を 70°C に変更後も出湯口からレジオネラ属菌が検出されたことから、2019 年 10 月以降、設定上限である 75°C に設定した。また、逃し管が汚染源であることが特定されたことから、逃し管からの放流を 2020 年 3 月以降、毎月月末に 1 回 3 分間行った。また、2022 年 2 月以降は放流時間を 5 分に変更した。

2-3 追跡実態調査内容

2020 年 8 月から現在に至るまでの調査略歴を表 2 に示す。これまでの調査で培養法陽性となった局所貯湯式給湯設備を対象に断続的に調査を行った。2022 年 1 月中旬、2 月上旬の調査ではパントリーの局所貯湯式給湯設備出湯口、逃し管の初流、次流水(初流水採取後 100mL)を採取した。さらに逃し管の初流水採取直後に拭き取り検査用綿棒で逃し管出口部分の管内壁を拭き取った。

2022 年 4 月には、全ての局所貯湯式給湯設備 71 台の逃し管を対象に培養法および qPCR 法にて調査を行った。

2022 年 11 月中旬には、これまでの調査で汚染が深刻であった 15 台を対象に調査を実施し、培養法で特に菌数の多かった 4 台について、下旬に逃し管初流水、5 分放流後、水栓の 3 種類を採取し、継続調査を実施した。

表2.2020年8月から現在に至るまでの調査略歴

| 年 | 月 | 台数 | 検査数 | 培養法陽性 | qPCR陽性 |
|------|----|----|-----|-------|--------|
| 2021 | 3 | 1 | 6 | 0 | 1 |
| | 4 | 2 | 6 | 0 | 1 |
| | 6 | 4 | 12 | 1 | 7 |
| 2022 | 1 | 2 | 9 | 0 | 8 |
| | 2 | 2 | 8 | 0 | 7 |
| | 4 | 71 | 71 | 3 | 37 |
| | 11 | 15 | 20 | 8 | 15 |
| | | 4 | 12 | 1 | 未検査 |

3.結果

3-1 2021 年のレジオネラ属菌汚染調査

過去に培養法で陽性となったパントリーの局所貯湯式給湯設備において 3、4、6 月に調査を行った。いずれも逃し管からレジオネラ属菌の遺伝子が検出された。6 月の調査では、10 階から培養法で *L. anisa* が 40CFU/100mL の菌数で検出された。

3-2 逃し管出口部分の汚染状況

逃し管における検出状況を表 3 に示す。培養法では 2022 年 1 月中旬の調査において逃し管初流水と拭き取り試料からレジオネラ属菌が検出された。菌種は継続的に検出されて

いる *L. anisa* であったが、2月上旬の調査では検出されなかった。

qPCR 法では逃し管からの試料では初流水で遺伝子数が多く検出され、出湯口から採取した試料においては、少量検出される試料があったが検出されない試料もあった。

月末に放流していることから、1月中旬の調査は比較的汚染が進行している時期、2月上旬の調査は、比較的汚染が軽減されている時期であると予想された。しかし、qPCR 法の結果には変化がなかった。

表3. 局所貯湯式給湯設備における逃し管のレジオネラ属菌の検出状況(2022年)

| 採水日 | 場所 | 温度(°C) | 残留塩素 (mg/L) | 培養(菌種) (CFU/100mL) | qPCR |
|------|----------------------|--------|----------------|---------------------------|------|
| 1月中旬 | 出湯口(初流水500mL) | 64.3 | <0.1 | N.D. | 14 |
| | 逃し管(初流) | 35.6 | | 160 (<i>L.anisa</i>) | 129 |
| | 11階 逃し管(止水栓解放後100mL) | 56.5 | | N.D. | 10 |
| | 逃し管(5分放流後) | 65.0 | | N.D. | 0 |
| | 拭き取り | | | 4コロニー* (<i>L.anisa</i>) | 179 |
| | 出湯口(初流水500mL) | 66.3 | <0.1 | N.D. | 0 |
| | 逃し管(初流) | 35.5 | | N.D. | 0 |
| | 10階 逃し管(止水栓解放後100mL) | 54.4 | | N.D. | 0 |
| | 逃し管(5分放流後) | 64.9 | | N.D. | 8 |
| | 拭き取り | | | | |
| 2月上旬 | 出湯口(初流水500mL) | 65.1 | <0.1 | N.D. | 0 |
| | 逃し管(初流) | 35.4 | | N.D. | 198 |
| | 11階 逃し管(止水栓解放後100mL) | 56.5 | | N.D. | 5 |
| | 拭き取り | | | N.D. | 211 |
| | 出湯口(初流水500mL) | 65.9 | <0.1 | N.D. | 8 |
| | 逃し管(初流) | 35.1 | | N.D. | 15 |
| | 10階 逃し管(止水栓解放後100mL) | 60.5 | | N.D. | 9 |
| | 拭き取り | | | N.D. | 20 |
| | | | | | |

*拭き取りの為コロニー数を記入

3-3 全局所貯湯式給湯設備におけるレジオネラ汚染実態調査

2022年4月に行った局所貯湯式給湯設備 71 台の調査結果を表 4 に示す。培養法で 3 台 (4.2%)、qPCR 法で 37 台 (52.1%) からレジオネラ属菌が検出された。培養法で検出された菌種は全て *L. anisa* であった。菌数は最大で 23,400CFU/100mL であった。qPCR 法での菌数は 14 台 (19.7%) で 10CFU/100mL 以上であった。

既報で行った全数調査では培養法で 2 台 (4 試料) からレジオネラ属菌が検出され、qPCR 法では 41 台 (57.7%) から 10CFU/100mL 以上の菌数が検出されていた。この結果と比較すると、汚染の状況は軽減されたかのようにも見える。しかし、今回の調査において培養法で陽性となった 3 台のうち、2 台は過去に培養法で陽性であった局所貯湯式給湯設備であり、菌種も過去と同様の *L. anisa* であったことから、逃し管内で生き残っていたレジオネラ属菌が再び増殖し、検出されたと考える。

表4. 局所貯湯式給湯設備の逃し管からのレジオネラ属菌検出状況(2022年4月)

| 階 | 場所 | No. | 培養法 CFU/100mL | qPCR法 CFU/100mL | 階 | 場所 | No. | 培養法 CFU/100mL | qPCR法 CFU/100mL |
|----|-----|-----|------------------|--------------------|---|-----|-----|------------------|--------------------|
| 13 | トイレ | 1 | | 0 | 7 | トイレ | 37 | | 0 |
| | | 2 | | 1 | | | 38 | | 2 |
| | | 3 | | 0 | | | 39 | | 1 |
| | | 4 | | 0 | | | 40 | | 0 |
| | | 5 | | 23 | | | 41 | | 0 |
| | | 6 | | 1 | | | 42 | | 3 |
| 12 | トイレ | 7 | | 0 | 6 | トイレ | 43 | | 0 |
| | | 8 | | 0 | | | 44 | | 4 |
| | | 9 | | 17 | | | 45 | 240 | 30 |
| | | 10 | | 1 | | | 46 | | 2 |
| | | 11 | | 0 | | | 47 | | 1 |
| | | 12 | | 3 | | | 48 | | 5 |
| 11 | トイレ | 13 | | 1 | 5 | トイレ | 49 | | 0 |
| | | 14 | | 19 | | | 50 | | 1 |
| | | 15 | | 0 | | | 51 | | 9 |
| | | 16 | | 0 | | | 52 | | 0 |
| | | 17 | | 77 | | | 53 | | 0 |
| | | 18 | 23,400 | 1,503 | | | 54 | | 0 |
| 10 | トイレ | 19 | | 12 | 4 | トイレ | 55 | | 0 |
| | | 20 | | 0 | | | 56 | | 7 |
| | | 21 | | 4 | | | 57 | | 13 |
| | | 22 | | 0 | | | 58 | | 5 |
| | | 23 | | 0 | | | 59 | | 3 |
| | | 24 | | 7 | | | 60 | | 796 |
| 9 | トイレ | 25 | | 0 | 3 | トイレ | 61 | | 2 |
| | | 26 | | 0 | | | 62 | | 0 |
| | | 27 | | 0 | | | 63 | | 0 |
| | | 28 | | 1 | | | 64 | | 11 |
| | | 29 | 2,320 | 244 | | | 65 | | 0 |
| | | 30 | | 153 | | | 66 | | 0 |
| 8 | トイレ | 31 | | 2 | 2 | トイレ | 67 | | 0 |
| | | 32 | | 207 | | | 68 | | 1 |
| | | 33 | | 0 | | | 69 | | 11 |
| | | 34 | | 0 | | | 70 | | 0 |
| | | 35 | | 0 | | | 71 | | 0 |
| | | 36 | | 0 | | | | | |

3-4 2022年11月以降の実態調査

11月中旬の調査結果を表5に示す。局所貯湯式給湯設備15台を対象に逃し管から15試料、水栓から5試料を採取し、2022年4月の調査で培養法陽性となつた3台を含む8台の逃し管初流水から、培養法でレジオネラ属菌が検出された。11月下旬の調査結果を表6に示す。1台の逃し管初流水のみで培養法陽性となつた。

表5. 局所貯湯式給湯設備からのレジオネラ属菌検出状況(2022年11月中旬)

| 階 | 場所 | No. | 培養法(菌種) | qPCR法 | 培養法 | qPCR法 |
|----|-------|-----|--------------------------|-----------------------|-------------|-------|
| | | | (CFU/100mL) | | (CFU/100mL) | |
| 11 | トイレ | 13 | 40 (<i>L.anisa</i>) | 70 | N.D. | 81 |
| | | 14 | N.D. | 12 | | |
| | | 17 | 40 (<i>L.anisa</i>) | 36 | | |
| 10 | パントリー | 18 | 160 (<i>L.anisa</i>) | 33 | N.D. | 14 |
| 10 | パントリー | 19 | N.D. | N.D. | N.D. | |
| 9 | パントリー | 25 | N.D. | 9 | | |
| 9 | トイレ | 29 | 160 (<i>L.anisa</i>) | 36 | N.D. | 220 |
| | | 30 | 逃し管 | 40 (<i>L.anisa</i>) | 155 | |
| 8 | トイレ | 31 | N.D. | N.D. | | |
| | | 32 | N.D. | 565 | | |
| 6 | トイレ | 43 | 40 (<i>L.anisa</i>) | 62 | | |
| | | 45 | 2,520 (<i>L.anisa</i>) | 239 | N.D. | 585 |
| | | 47 | N.D. | N.D. | | |
| | | 48 | 320 (<i>L.anisa</i>) | 3 | | |
| 3 | パントリー | 61 | N.D. | N.D. | | |

表6. 局所貯湯式給湯設備からのレジオネラ属菌検出状況(2022年11月下旬)

| 階 | 場所 | No. | 採水 | 温度 | 残留塩素 | 培養法(菌種) |
|----|-----|-----|------|------|------|-----------------------|
| | | | パターン | °C | mg/L | CFU/100mL |
| 11 | トイレ | 18 | 初流水 | 54.3 | | N.D. |
| | | | 水栓 | 25.5 | 0.1 | N.D. |
| 9 | トイレ | 29 | 初流水 | 56.7 | | N.D. |
| | | | 水栓 | 25.8 | 0.1 | N.D. |
| 6 | トイレ | 48 | 初流水 | 49.6 | | N.D. |
| | | | 水栓 | 26.2 | 0.1 | N.D. |
| 6 | トイレ | 45 | 初流水 | 50.1 | | 40 (<i>L.anisa</i>) |
| | | | 水栓 | 25.1 | 0.1 | N.D. |

4. 考察

4-1 追跡調査について

既報の調査結果を受け、汚染源として特定された逃し管内のレジオネラ属菌除去を目指として、定期的な放流を実施したが、断続的にレジオネラ属菌が検出された。

2022年1、2月の調査では、逃し管からも60°Cを超える温度の給湯が出ており、古畠らの報告¹⁾では、*L.pneumophila*血清1群の殺菌には60°C、5分間の加熱が必要であると指摘されていることから、放流時間を5分間に変更し、熱による対策を試みた。しかしながら、2022年4月の調査では3箇所において培養法でレジオネラ属菌が検出された。この原因として、特にトイレに設置された局所貯湯式給湯設備は貯湯容量が小さいため、放流開始から約2分30秒で逃し管が冷えてきており、5分間放流後の試料は約25°Cと、対策として逃し管に十分な熱を与えることができていなかつたのではないかと考えられる。

放流直後は培養法でレジオネラ属菌が不検出である。次回以降の初流水からレジオネラ属菌が再度検出されることから、逃し管内にバイオフィルムが形成されており、放流はバイオフィルム表層を剥離させているに過ぎず、汚染が継続してしまっていると推察された。

こうした状況を踏まえ、飲料水の貯水槽清掃のように塩素剤等を用いた消毒を行おうとメーカーに問い合わせたところ、メーカーから温度センサー等の精密部品を破損してしまう危険性を指摘されたため実行することができなかつた。なお、メーカーに逃し管の清掃方法を問い合わせたところ、清掃については想定されておらず、今後、逃し管の交換によって状況が改善するのか検証したいと考えている。

水栓および出湯口から採取した試料については、局所貯湯式給湯設備の設定温度を75°Cに設定してから培養法ですべて陰性となっている。遺伝子検査においては、レジオネラ属菌が検出されているが、熱により殺菌されたレジオネラ属菌は培養法陰性でも、陽性と判定されてしまうことから、逃し管からの定期的な放流により貯湯槽内の湯へのレジオネラ

属菌の流入を抑制し、設定温度を75°Cにすることで、水栓に達するまでの間に殺菌することが出来ているのではないかと考えられた。

4-2 局所式給湯設備の衛生対策

2015年7月「建築物のエネルギー消費性能の向上に関する法律（建築物省エネ法）」が公布され、今回調査対象とした局所貯湯式給湯設備についても法対象品となっている。今回の調査で、一部のメーカーに衛生対策についてヒアリングを実施したところ、「業界は省エネ対策が最優先課題であり、レジオネラ汚染防止を含めた水質の衛生対策は話題にもなっていない」との回答を得た。機種によっては低めの温度で貯湯するエコモードや、夏期は加温しない運転モードなどがあるが、こういった低温の状態で長期間滞留させてしまうと、今回のようにバイオフィルムの定着やレジオネラ属菌によって汚染されてしまう。中央式給湯設備のように定期的な清掃や塩素剤による消毒を実施すべきと考えるが、局所貯湯式給湯設備は構造上の問題から衛生対策にも限度があることが本調査でも明らかになった。こうした状況から局所式給湯設備の衛生対策として最も重要なことは、レジオネラ属菌等微生物を定着させないことであり、以下の対策が考えられる。

- ①メーカーの取扱説明書を熟読し、十分な理解をする。
- ②メーカーの取扱説明書に則り、定期的な清掃・点検や貯湯槽内の換水を実施する。
- ③設定温度は60°C以上を維持する。
- ④定期的な検査を実施し、汚染されていないかの確認を行う。

また、レジオネラ属菌が検出された場合は、設定温度を上限値に変更すると共に、②の保守や汚染箇所が特定されれば、その箇所で頻繁に放流を繰り返す。また、検査頻度を増やし状況の確認を行う。それでもレジオネラ属菌の抑制が難しい場合には、対策を継続して実施することで、定期的な放流等により菌数を制御することが重要と考える。ただし、設定温度の変更により使用者の熱傷に対するリスクが生じることから、張り紙等による注意喚起の徹底が必要である。

5.まとめ

今回の調査では、貯湯槽内を高温に保つことで、水栓から出てくる給湯水は継続して培養法で陰性であることが明らかとなった。しかし、逃し管内のレジオネラ属菌を消毒できていないので、温度が低下すると再び水栓からレジオネラ属菌が検出される恐れがある。

局所式給湯設備の取扱説明書には、貯湯槽内の水を抜き、給水、排水を繰り返すことでの清掃すること、止水栓フィルターの清掃をすること等、製品それぞれの保守内容とその頻度が記載されているが、実際には行われていない場合が多い。また、Aビルのように多数の給湯設備を管理している場合、保守を実行するには多大な労力を要するため、建物の管理者、オーナーとの話し合いと協力が必要であると考える。

貯湯槽内を高温で保つこと、取扱説明書の保守を遵守することで、使用者の安心安全につながると考える。

〔参考文献〕

- 1) 古畑勝則ら(1994)給湯水におけるレジオネラ汚染とその対策、日本公衛誌、41, 1073-1083.
- 2) 杉山順一(2021)局所式給湯設備におけるレジオネラ対策の検証、第48回建築物環境衛生管理全国大会抄録集75-78
- 3) 安齋博文(2021)局所貯湯式給湯設備におけるレジオネラ汚染の調査と対策、第80回日本公衆衛生学会総会(東京)P-21-10
- 4) 日本建築衛生管理教育センター(2017)第4版レジオネラ症防止指針、日本建築衛生管理教育センター、東京

第 50 回建築物環境衛生管理全国大会会場注意事項

- ・会場内ではマスクを正しく着用し、手洗い、手指の消毒を徹底してください。
- ・ソーシャルディスタンスの確保、咳エチケットにご留意いただき、座席の不要な移動、通路、ロビー等での滞留はお控えください。
- ・お客様同士の会話はお控えください。
- ・ホール客席内での飲食は禁止となっております。また、3階ホワイエでの飲食もご遠慮ください（最低限の水分補給は除きます）。
- ・ゴミ箱にマスクや手袋を捨てる場合には、ビニール袋に入れ結んで捨ててください。
- ・会場内で万一体調不良が生じた場合は、速やかにお近くのスタッフまでお申し出ください。
- ・来場中に新型コロナウイルス感染者の濃厚接触者であることが明らかとなつた場合は、速やかにお近くのスタッフまでお申し出ください。
- ・着席した座席の座席番号を上記記入欄にご記入の上、会期終了後 1 か月間の保管をお願いいたします。
- ・退場時は混雑を避け、可能な限り階段の利用をお願いいたします。

【発熱等の症状がある場合の相談先】

- ・診療・検査医療機関の一覧

発熱等、新型コロナウイルス感染症が疑われる症状がある場合の受診先

https://www.fukushihoken.metro.tokyo.lg.jp/iryo/kansen/corona_portal/soudan/hatsunetsugairai.html

- ・発熱相談センター

東京都：03-5320-4551/4411/4592・03-6258-5780（24 時間、土日祝日を含む毎日）

千代田区：03-5211-4111（平日 9 時から 17 時まで）

- ・新型コロナコールセンター

0570-550-571（9 時から 22 時まで、土・日・祝日を含む毎日）

第50回建築物環境衛生管理全国大会 実行委員会委員名簿

| | |
|--------|------------------------------------|
| 相澤 好治 | 北里大学名誉教授 |
| 笠倉 賢治 | 東京都健康安全研究センター広域監視部建築物監視指導課 課長代理 |
| ○坂上 恭助 | 明治大学名誉教授 |
| 杉山 幸生 | 公益社団法人全国ビルメンテナンス協会事務局長 |
| 林基哉 | 北海道大学大学院工学研究院建築都市部門 空間デザイン分野教授 |
| ◎藤井 修二 | 東京工業大学名誉教授 |
| 武藤 敦彦 | 一般財団法人日本環境衛生センター環境生物・住環境部 技術審議役 |
| 柳 宇 | 工学院大学建築学部建築学科教授 |
| 湯浅 慎一 | 一般社団法人日本ビルディング協会連合会事務局次長 |

(敬称略、◎は委員長、○は副委員長、五十音順)

※2023年1月18日現在

広 告 一 覧

(公社)全国建築物飲料水管理協会

(公社)日本ペストコントロール協会

(株)アイデック

(株)ガステック

光明理化学工業(株)

柴田科学(株)

東京ダイレック(株)

日本カノマックス(株)

(株)フローシステム

災害時には貯水槽が必要不可欠

災害時に何が一番困ったか？

それは「水」…多くの被災者の皆様のご意見です。

そのためにも受水槽や高置水槽の「水」が必要不可欠です。

古くなった水槽も撤去せず、補修して残して下さい。

よかったです、助かったと「貯水槽」の大切さ、大切さを痛感することでしょう！！

「飲料水」と「生活用水」があれば、次の行動をおこすことができます。

「水」に「感謝」

全水協では貯水槽の維持管理のための

「貯水槽管理技術者」資格認定講習を全国的に行ない

人材の養成を図って貯水槽の維持管理の徹底を目指しています。

<協会の目的>

建築物における貯水槽(貯湯槽を含む)の清掃及び管理に関する技術・知識の普及並びに貯水槽清掃管理業者の健全な育成に努め、広く一般に貯水槽(貯湯槽を含む)の維持管理の重要性を啓蒙すると共に建築物内の適切な飲料水の供給に寄与することを目的としています。

<主な活動>

- ・貯水槽清掃作業従事者研修の開催(厚生労働大臣指定団体・登録機関)
- ・貯水槽管理技術者(全水協認定資格)の育成
- ・貯湯槽の清掃及び管理に関する技術・知識の普及
- ・レジオネラ症防止対策等技術講習会の開催
- ・貯水槽劣化診断研修会の開催
- ・貯水槽清掃ボランティア活動
- ・非常時の飲料水確保に関する技術研究
- ・機関紙「全水協」の発行
- ・行政機関及び関連団体との啓蒙活動の推進

<入会のご案内>

全水協は建築物飲料水管理に関する幅広い公益活動を通じて全国各自治体からも信頼を得ております。(公財)日本建築衛生管理教育センターをはじめとする関連団体とも連携して啓蒙活動について相互協力を推進するなど、協調性をもった活動を積極的に展開しております。

こうした公益活動を通じて皆様にメリットを還元することができると確信しております。

全水協の主旨に賛同される方はぜひ事務局までお問い合わせ下さい。入会資料をお送りいたしますので、ぜひご入会をご検討頂きますようお願ひいたします。



公益社団法人 全国建築物飲料水管理協会 (略称 全水協)

東京都千代田区平河町2丁目12番2号 藤森ビル3階

TEL 03-6380-9531 FAX 03-6380-9213

E-mail: info@jwa-org.or.jp URL: http://www.jwa-org.or.jp

しっかりと選んで 安心安全ペストコントロール



ねずみ・ゴキブリ・ハチ・ヒアリ・トコジラミなどの有害生物の防除だけではありません!

デング熱・鳥インフルエンザ・豚コレラなどの感染症が発生した時、台風・地震などの災害が発生した時などにも防疫活動を行い人々の健康を守っています。



公益社団法人
日本ペストコントロール協会

〒101-0045 東京都千代田区神田鍛冶町 3-3-4 サンクス神田駅前ビル 3F

TEL : 03-5207-6321 FAX : 03-5207-6323

<https://www.pestcontrol.or.jp>

室内環境測定器一覧

| 品名・型式(メーカー) | レンタル料金 | | | 備考 |
|--|----------|----------|---------|----------------------------|
| | 1ヶ月 | 20日 | 10日 | |
| デジタル粉じん計 LD-3S (柴田科学) | ¥38,000 | ¥28,500 | ¥19,000 | (公財)日本建築衛生管理教育センター較正付 |
| 風速計 ISA-700 (柴田科学) | ¥26,000 | ¥19,500 | ¥13,000 | |
| PID式 VOC 濃度計 TIGER (理研計器) | ¥138,000 | ¥103,500 | ¥69,000 | |
| 室内環境測定セット IES-5000 (柴田科学) 粉じん・CO・CO ₂ ・温度・湿度・気流を同時測定 | ¥120,000 | ¥90,000 | ¥60,000 | 粉じん計は(公財)日本建築衛生管理教育センター較正付 |

デジタル粉じん計
LD-3S



風速計
ISA-700



PID式 VOC 濃度計
TIGER



室内環境測定セット
IES-5000



ガステック

一酸化炭素・二酸化炭素測定器 CMCD-200



コンパクトなボディでビル・オフィス内の
CO・CO₂を正確に測定！

- 小型・軽量でわずか600gと持ち運びに便利
- COの指示精度は±1ppmと高い信頼性(0~10ppmの範囲)
- 省エネスイッチで、電池の節約が可能
- 暗い場所でも読み取りやすい照明スイッチ
- COセンサはお客様にて交換が可能
- 24時間連続測定が可能(オプションのACアダプタ使用)
- ロギング機能搭載
- 電源は3電源に対応(乾電池/ニッケル水素充電池/AC電源)

あらゆる気体の測定に



株式会社 ガステック

SINCE 1970

営業本部: 〒252-1195 神奈川県綾瀬市深谷中8-8-6 電話0467(79)3911(代) Fax.0467(79)3979
西日本営業所: 〒532-0003 大阪市淀川区宮原2-14-14新大阪グランドビル 電話06(6396)1041 Fax.06(6396)1043
九州営業所: 〒812-0066 福岡市東区二又瀬11-9パークサイドスクエア 電話092(292)1414 Fax.092(292)1424
ホームページアドレス: <http://www.gastec.co.jp/>

一酸化炭素、二酸化炭素、 ホルムアルデヒドの測定に。

北川式ガス検知管

AP-20



北川式ガス採取器 **AP-20** はグリップ部分に **抗菌性** を保持させ、より衛生的に進化しました。抗菌試験においても MRSA、大腸菌、ブドウ球菌及び肺炎桿菌に効果があります。

カラーバージョン（青、緑、黄、赤）もあります。

**一酸化炭素検知管
106SC**

測定範囲 1～50ppm

**二酸化炭素検知管
126SF**

測定範囲 100～4000ppm

室内環境モニター(4成分)

UM-400



《測定範囲》
 CO : 0.0 ~ 100.0ppm
 CO₂ : 0 ~ 10000 ppm
 温度 : -10.0 ~ 60.0°C
 湿度 : 5.0 ~ 95.0%RH

- ◆小型・軽量（約800g）・静音。
- ◆幅広い測定レンジを採用。ビル環境・室内環境測定に最適。
- ◆1台で温湿度を含めた4成分の測定が可能。
- ◆有機ELにより暗所でも画面がはっきり見える。
- ◆データロガー機能搭載によるトレンド分析が可能。
- ◆3電源に対応、安心・便利に使用可能。
 - ・単3形アルカリ乾電池4本（標準付属品）
 - ・専用ACアダプター(100V)(別売品)、ニッケル水素充電池（単3形4本使用可能）

■室内環境測定用検知管

エアーサンプリングポンプ対応検知管

| 測定対象物質 | 型式 | 測定範囲 |
|------------|------|---|
| ホルムアルデヒド | 710A | 62 ~ 2500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.05 ~ 2.0 ppm) |
| | 710 | 13 ~ 600 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.01 ~ 0.48ppm) |
| | 713 | 12.5 ~ 625 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.01 ~ 0.50ppm) |
| トルエン | 721 | 192 ~ 3833 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.05 ~ 1.0 ppm) |
| | 724 | 50 ~ 2000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.01 ~ 0.52 ppm) |
| キシレン | 724 | 70 ~ 1400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.02 ~ 0.32 ppm) |
| エチルベンゼン | 721 | 220 ~ 5300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.05 ~ 1.2 ppm) |
| p-ジクロロベンゼン | 730 | 60 ~ 2450 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.01 ~ 0.40ppm) |

環境測定用 エアーサンプリングポンプ

TWP-1



種類の異なる検知管・
捕集管等を同時吸引
左右それぞれ10種類の
測定条件を登録可能
2台分の機能で約700g

ASP-1200

強い吸引力・軽量約500g
10種類の測定条件を登録可能



小型・軽量・静音で可搬性に優れたエアーサンプリングポンプです。
厚生労働大臣の指定を受けた ホルムアルデヒド 検知管710型
(指定番号1502) 及び713型 (指定番号2702) や室内環境測定用
検知管と併せて環境管理にお役立てください。

**北川式ガス検知管・検知警報器・測定器
光明理化学工業株式会社**

大阪支店 TEL.06-6385-5100 / 営業所 札幌 TEL.011-209-3675 / 仙台 TEL.022-782-1585 / 北関東 TEL.048-725-5682
名古屋 TEL.052-332-5175 / 広島 TEL.082-250-1800 / 福岡 TEL.092-431-8803

本社

〒213-0006 川崎市高津区下野毛1丁目8番28号
TEL.044-833-8900(代) FAX.044-833-2671



弊社ホームページにて Web 販売も行っております。

URL <https://www.komyokk.co.jp/> E-mail qa@komyokk.co.jp

室内環境測定セット IES-5000型

収納がラク！

IES-5000 本体



》建築物衛生法に基づいた空気環境測定器

》粉じん・気流・温度・湿度・CO・CO₂同時測定

》報告書作成ソフトで書類作成が可能

■画期的なサイズ感！

- ・180(W)×130(D)×150(H)mm、約1.4kg
- ・従来品よりも半分以上の小型化・軽量化を実現

■本体+タブレットPCだけで測定可能！

- ・測定や報告書は全てタブレットPC (Windows) 1台のみで作成が可能！

■オプションはIES-4000型と共通！

- ・照度計 CANA-0010S型
- ・騒音計 NIL-27型接続ケーブル
- ・低位置温度計 LTM-1型 等

価格についてはご照会ください



移動がラク！

デジタル粉じん計 LD-3S型



公益財団法人日本建築衛生管理教育センター
較正認可

■オプション



| 品目コード | 品名 | 価格￥ |
|-------------|------------------|-------|
| 080000-1210 | ACアダプター PA-1210型 | 5,000 |

■特徴

- コンパクトで軽量。運搬、測定レイアウト作業が容易になりました。
- ボタン二つで簡単操作。最小限のスイッチで操作がさらに簡単になりました。
- カラーグラフィック液晶を採用しています。文字の判別がしやすく、視認性に優れています。
- LEDインジケーターで、設置場所から離れた場所からでも動作状態を確認できます。

■仕様

| | |
|-------|--|
| 品目コード | 080000-45 |
| 型式 | LD-3S |
| 測定原理 | 光散乱方式 |
| 吸引装置 | ファンモーター |
| 測定範囲 | 0.001~10.000mg/m ³ (標準粒子に対して) |
| 測定感度 | 1CPM=0.001mg/m ³ (標準粒子に対して) |
| 測定精度 | ±10% (標準粒子に対して) |
| 表示内容 | 積算カウント、測定時間、瞬時値(CPM) 質量濃度変換値、K値、電池残量 |
| 電源 | 単三アルカリ電池4本:動作時間約10時間 オプション: ACアダプター (AC100V, 50/60Hz) |
| 質量 | 約0.8kg (電池含む) |
| 寸法 | 135(W)×68.4(D)×92(H)mm |
| 価格￥ | 235,000 |

本社 〒110-0008 東京都台東区池之端2-6-6 Eメール : csc@sibata.co.jp
カスタマーサポートセンター（製品の技術的サポート専用）: 0120-228-766
マーケティング課: 048-933-1574 FAX: 048-933-1587

柴田科学株式会社

営業所 東京: 03-3822-2111 仙台: 022-207-3750 名古屋: 052-263-9310 大阪: 06-6362-7321 福岡: 092-433-1207

環境中の空気質、感染リスクが計測可能に

PALAS社製
ポータブル空気質モニタ



- ・空気質指数(IAQ)評価が可能
 - PM濃度とCO₂濃度を用いて算出
- ・感染リスク指数(IRI)評価が可能
 - 粒子数とCO₂濃度を用いて算出
- ・浮遊粒子のサイズ測定と計数が可能な高分解能エアロゾルスペクトロメータ
- ・PM1、2.5、4、10、TSP、さらに粒子数、粒径分布の同時計測が可能
- ・温度、湿度、圧力、CO₂、VOCセンサ搭載



①Dylec 東京ダイレック株式会社

東日本本社 〒160-0014 東京都新宿区内藤町1 内藤町ビルディング
TEL 03-3355-3632 FAX 03-3353-6895 (代表)
TEL 03-5367-0891 FAX 03-5367-0892 (営業部)

TOKYO DYLEC CORP.

西日本営業所 〒601-8027 京都市南区東九条中御靈町53-4-4F
TEL 075-672-3266 FAX 075-672-3276

<https://www.t-dylec.net/> e-mail : info@tokyo-dylec.co.jp

空気環境測定器、これ1台！

オートビルセットIII 【Model 2100】

風速 粉じん 溫度 湿度 CO CO₂
オプション 騒音 照度 輻射

建築物衛生法規制6項目を1分間で同時測定でき、付属のソフトウェアを使用して報告書の作成も簡単にできる、空気環境測定のオールインワンモデルです。



個別測定器も各種ご用意

アネモマスター[®]
ライト
【Model 6006-D0】

風速

高い信頼性とシンプルな操作性を実現した、コンパクト風速計の決定版。



光散乱式デジタル
粉じん計
【Model 3432】

粉じん

建築物衛生法、事務所則、学校保健安全法に沿った空気環境測定に最適。



IAQモニター
【Model 2212】

温度 湿度

CO CO₂

CO・CO₂・温度・湿度を同時計測可能な室内環境測定器。建築物衛生法に則した測定に最適。



KANOMAX
The Ultimate Measurements

日本カノマックス株式会社

製品に関するお問い合わせ

0120-009-750

E-mail : environment@kanomax.co.jp

<http://www.kanomax.co.jp/>

修理・校正サービスに関する お問い合わせ

0120-981-959

E-mail : service@kanomax.co.jp

【本社】

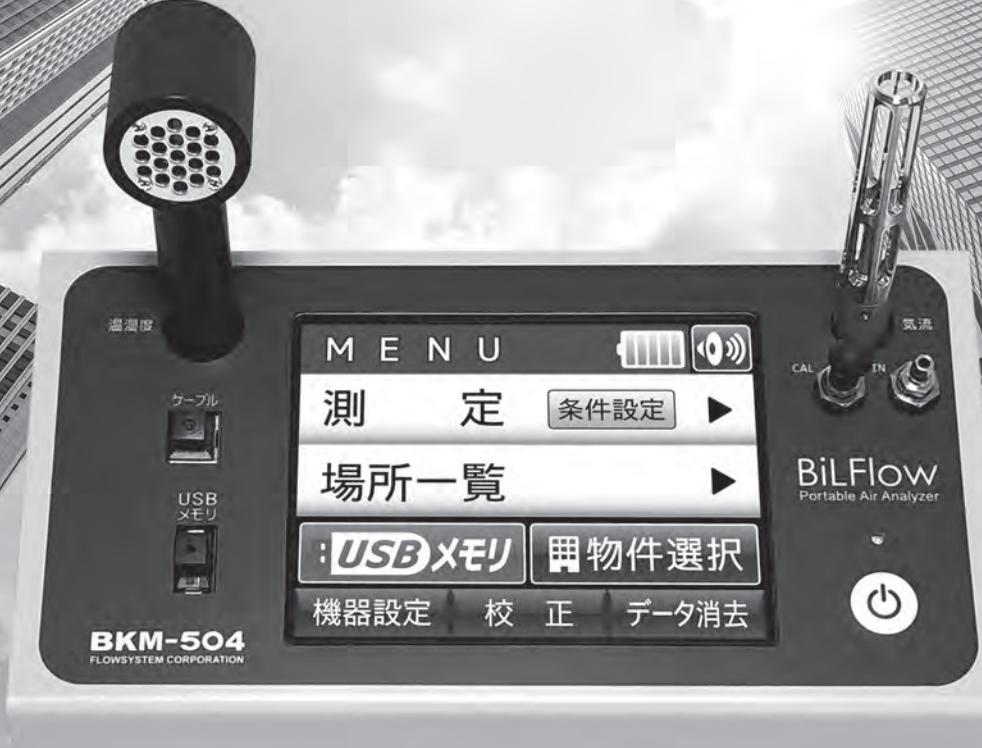
大阪府吹田市清水2-1 (〒565-0805)
TEL: (06) 6877-0444(代)

【東京支社】

東京都港区浜松町2-6-2 (〒105-0013)
TEL: (03) 5733-6023

【営業拠点】

- 東京営業所 TEL: (03) 5733-6023
- 名古屋営業所 TEL: (052) 241-0535
- 大阪営業所 TEL: (06) 6877-0447



新型コロナ対策に空気環境測定を!!
換気の目安である CO₂ 濃度とウイルスに有効な湿度をより正確に捉えます。

BiLFlow

空気環境測定器ビルフロー

温度・湿度・気流・CO・CO₂ + 粉じん

開発・製造・販売元

株式会社 フローシステム

TEL.075-693-2457 FAX.075-693-2458

〒601-8363 京都市南区吉祥院嶋野間詰町503

www.flowsystem.co.jp mail@flowsystem.co.jp

東日本総販売元

ONKU 音空 株式会社

TEL.043-301-6505 FAX.043-301-6504

〒260-0027 千葉市中央区新田町32番15号

www.onku.co.jp mail@onku.co.jp

(公財)日本建築衛生管理教育センター刊行書籍一覧

2022/12/1現在

| 刊行書籍名 | | 本体定価 (税別) | 送料 | 概要 | |
|-----------------------------------|------|--------------|-----|---|--|
| 季刊誌「ビルと環境」 年4回(3月・6月・9月・12月)発行 | 年間購読 | 2,400 | 640 | 建築物環境衛生管理技術者のための季刊誌で、実務の参考になることを目標とし、単なる技術誌ではなく、技術管理に関連をもつビル運営面なども含めた幅広い内容の季刊誌 | |
| | | 合計 ¥3,280 | | | |
| | 単発購読 | 710 | 160 | | |
| | | 合計 ¥941 | | | |
| 新 建築物の環境衛生管理 3巻・付録セット (第1版第3刷) | | 10,500 | 700 | 厚生労働大臣登録建築物環境衛生管理技術者講習会テキスト(分巻販売不可) 2022年9月30日発行 | |
| | | 合計 ¥12,250 | | | |
| 第4版 レジオネラ症防止指針 | | 2,400 | 270 | 平成21年発行「新版レジオネラ症防止指針」を8年ぶりに改訂し、レジオネラ症の現状と発生要因を明らかにし、その防止対策について総合的、積極的に新しい提案や助言を行っています。 2017年7月31発行 | |
| | | 合計 ¥2,910 | | | |
| 改訂 特定建築物における建築確認時審査のためのガイドライン | | 3,200 | 270 | 特定建築物の建築確認時に保健所が行う技術指導指針 平成17年発行「特定建築物における建築確認時審査のためのガイドライン」改訂版 2016年6月20日発行 | |
| | | 合計 ¥3,790 | | | |

※書籍の購入をご希望の方は、書籍名、部数、送付先の郵便番号、住所、氏名又は会社名(ご担当者名)、電話番号及び請求書宛名を明記のうえ、e-mail(henshu@jahmec.or.jp)またはFAX(03-5765-7041)にて下記までお申し込み下さい。

先に請求書を送りさせていただき、ご入金確認後の書籍発送とさせていただいております。
予めご了承くださいますよう何卒よろしくお願ひ申し上げます。

(公財)日本建築衛生管理教育センター 編集広報室

TEL 03-5765-0597

FAX 03-5765-7041

第50回建築物環境衛生管理全国大会
建築物環境衛生管理技術研究集会

抄録集

2023年1月19日 発行

編集・発行者 鎌田元康
発行所 (公財)日本建築衛生管理教育センター
〒100-0004
東京都千代田区大手町1丁目6番1号
大手町ビル7階743区
電話 03-3214-4627
URL <https://www.jahmec.or.jp>

後 援

- 厚生労働省
- 東京都
- (一社)日本公衆衛生学会
- (公社)空気調和・衛生工学会
- (一社)日本衛生学会
- 日本環境管理学会
- (一社)日本ビルヂング協会連合会
- (公社)全国ビルメンテナンス協会
- (一社)不動産協会
- (公社)全国建築物飲料水管理協会
- (一社)日本空調システムクリーニング協会
- (公社)日本ペストコントロール協会
- 全国管工事業協同組合連合会
- (一財)日本公衆衛生協会
- (一財)日本環境衛生センター
- (公財)日本環境整備教育センター
- (公社)日本空気清浄協会
- (公社)ロングライフビル推進協会
- (一社)全国管洗净協会
- (公社)全国ハウスクリーニング協会
- (一社)日本建築設備診断機構
(順不同)
- ※(公社):公益社団法人
- ※(公財):公益財団法人
- ※(一社):一般社団法人
- ※(一財):一般財団法人

公益財団法人 日本建築衛生管理教育センター

〒100-0004
東京都千代田区大手町1丁目6番1号
大手町ビル7階 743区
TEL (03) 3214-4627
<https://www.jahmec.or.jp>

