

特集：建築衛生

<総説>

新たな健康障害要因—生物汚染

柳宇

工学院大学建築学部

New impediment factor to health: biological contamination

U YANAGI

School of Architecture, Kogakuin University

抄録

建築物衛生法（建築物における衛生的環境の確保に関する法律）は1970年に制定されてから40年以上が経っている。近年、建築物は超高層化・大型化の広がりを見せるとともに従来主流となっていた中央方式空調が採用される割合が減り、その代わりに個別分散型空調の採用例が顕著に多くなってきている。そのため、室内環境の衛生管理がますます難しくなり、その対応を検討する必要がある。本原稿では、生物汚染の視点から建築環境に関わるいくつか代表的な集団感染事例を述べたうえで、建築衛生管理の在り方について論じてみた。

キーワード：建築環境，室内空気質，健康影響，感染事例

Abstract

More than 40 years have passed since the Act on Maintenance of Sanitation in Buildings was enacted in 1970. In recent years, the increasing number of super-high-rise and large-sized buildings has led to notable increases in the adoption of individual distributed air-conditioning systems. Therefore, the health management of indoor environments becomes more difficult, and countermeasures need to be considered. In this article, typical group infection cases related to biological contamination in connection with building environment were described. Moreover, the appropriate state of environment and health management of buildings was discussed.

**keywords:** building environment, indoor air quality, healthy influence, infection case

(accepted for publication, 30th June 2014)

I. はじめに

人間の肉眼の解像力は0.2mm程度であるといわれている。従って、ごく一部の原虫を除けば一般に肉眼で見えない生物を微生物と呼ぶ。表1に地球の歴史を12時間

(夜の12時から昼の12時まで)に縮めた地球のカレンダーを示す [1]。地球が12時間前に誕生したとすれば、原核生物は9時間前、真核生物は約3時間前に既にこの地球上に生存していた。これに対して、人類の記録された歴史の始まりはたったの1秒前であった。微生物は人

連絡先：柳宇

〒163-8677 東京都新宿区西新宿1-24-2

1-24-2 Nishishinjuku, Shinjuku-ku, Tokyo, Japan.

Tel: +81-3-3340-1468

Fax: +81-3-3340-1468

E-mail: yanagi@cc.kogakuin.ac.jp

[平成26年6月30日受理]

表1 地球のカレンダー

深夜 12:00	地球の誕生
午前 3:00	最初の生命の確実な証拠
午前 3:00~9:15	原核生物
午前 9:15	最初の真核生物
午前 10:45	原始的動物門の進化
午前 10:54	最初の陸上植物
午前 11:00	最初の脊椎動物
午前 11:30	恐竜(類)の時代
午前 11:50	ほ乳類の時代
午前 11:59	最初の人類
午前 11:59	最初の現生人類
午前 11:59	人類の記録された歴史
午前 12:00	現在

間より遙かに昔からこの地球上に生存している。

微生物によるヒトの健康への問題(感染)は古くから存在している。紀元前1500年のテーベ(エジプト)の墳墓から出土したミライの胸膜病変部から結核菌 *Mycobacterium tuberculosis* に特異的なDNAがPCRで検出されている。結核については、現在日本で年間新登録結核患者数が2万人を超えており [2]、世界的には人口の30%が感染、毎年800万人発症、200万人死亡している [3]。結核は再興感染症の代表例である。一方、近年、いわゆる新興感染症が多くみられ、建築物衛生に関しては、レジオネラ症、SARSなどがある。

本稿では、建築物衛生に関わる感染症の事例を紹介したうえで、建築物衛生管理の在り方について論じてみた。

## II. 建築環境に関わる集団感染事例

### 1. レジオネラ症

1976年7月のアメリカ独立宣言署名200年祭に、フィラデルフィア市内で開催された第58回アメリカ在郷軍人大会ペンシルバニア支部会とアメリカ在郷軍人会の参加者、ホテル従業員、ホテル周辺の通行人約4,000人のうち221人が原因不明の肺炎を発症し、29人が死亡したとの集団感染が発生した。これは、冷却塔の水槽に入ったレジオネラ属菌がエアロゾル化して、冷却塔近くの空調機の外気取り入れ口に入り、調和空気とともに室内に侵入したものと、近傍街路上の人に被曝を与えた事例であった。後にこの感染症は在郷軍人 (legionnaire) にちなんでレジオネラ症と名づけられ、在郷軍人病とも呼ばれる。

レジオネラの病原体は当初ウイルスと疑われたが、同年12月28日にアメリカCDC(疾病対策センター)が行った検査の結果、グラム陰性菌であることが判明した。そして、その細菌を *Legionella pneumophila* と命名した。「Pneumo-phil」は「肺を一好む」意味をしている。レジオネラ属菌は土壌菌の1種であり、湖・河川・沼・温泉などの水源も生息域としている0.3~0.9×2~5μmのグ

ラム陰性の好気性桿菌である。2007年に新たに登録された2菌種 (*L.yabuuchiae*, *L.impletisoli*) を加えると現在55菌種が確認されている。*Legionella*属菌のうち、検出頻度の最も高い *L.pneumophila* は三つの亜種に細分され、15血清型が報告されている。*L.pneumophila* 以外でヒトの感染症に関与している菌種として *L.micdadei*, *L.dumomoffii*, *L.longbeachae* などが挙げられる。なお、レジオネラ属菌は通常は短桿菌であるがフィラメント状 (~20μm) になることがある。喀痰や胸水などの臨床検体では小型多形状の染色性の弱いグラム陰性菌として認められる。

レジオネラ症とは、レジオネラ属菌によって引き起こされる感染症であり、臨床上レジオネラ肺炎とポンティアック熱の二つの病態がある。レジオネラ肺炎は前述した通り、在郷軍人病とも呼ばれ、一般には他の非定型肺炎より重症になることが多い。レジオネラ肺炎は2~10日の潜伏期の後、倦怠感、疲労感、食欲不振、咳などの初期症状を示し、さらに急激な発熱、悪寒、肺炎症状が呈する。その他、消化器症状として腹痛、悪心、嘔吐などが患者の10~20%に、下痢は25~30%に認められている。また、レジオネラ肺炎は腹膜炎と合併する率が60%と高く、死亡例も多い。発病者の多くは成人男性、高齢者、喫煙者である。2007年10月上旬に新潟市在住の60代男性がレジオネラ症で死亡する事例が報告されている。男性は10月初旬、発熱や肺炎の症状を訴えて入院、数日後に死亡したという。市保健所の担当者が男性宅を調べたところ加湿器の噴霧口付近のぬめりから、男性から検出されたレジオネラ属菌と同じ遺伝子パターンを持つレジオネラ属菌が見つかり、その原因を特定した。一方、ポンティアック熱 (Pontiac fever) は急性の感冒様症状をきたす病態で自然軽快の特徴を有する。ポンティアック熱は潜伏期間1~2日で急激に発熱し、悪寒、頭痛、筋肉痛などの症状を示した後、肺炎症状がなく自然軽快する感染症である。なお、感染経路については、ポンティアック熱とレジオネラ肺炎の何れも空気感染とされている [4]。

表2に近年のレジオネラ症集団感染事例のうち、患者数10例以上の比較的規模の大きい事例を示す [5]。表2に示す26件のうち、冷却塔が感染源となっているものが半分以上を占めている。日本における最初のレジオネラ肺炎の症例は1981年に斉藤らにより報告され [6]、最初の集団感染事例がMaesaki [7] により報告されている。日本での感染事例の多くは温泉施設、高齢者施設であるが、冷却塔による集団感染事例もある。1994年夏にレジオネラの集団発生が報告されている。ある企業の研修センターにおいて、研修生が次々に発熱、喉、腰の痛みを訴え病院に運ばれた。患者の血液中のレジオネラ属菌抗体の量が、通常の64~128倍もの値を確認されたという。感染者45名を出したこの集団感染事例の原因は、屋上にある冷却塔の水がレジオネラ属菌によって汚染され、研修生が窓を開けて換気した際にエアロゾル化したレジオ

表2 外国におけるレジオネラ症集団感染事例

発症年月	発症国	施設・感染源	推定患者数(死亡数)
2007年7月	日本	温泉施設	295(7)
7月	イギリス	湖水周辺	131(4)
2003年2月	イギリス	ホテル	19(0)
6月	スペイン	医療施設	25(1)
8月	フランス	冷却塔	30(3)
11月	イギリス	冷却塔	28(2)
2004年1月	フランス	冷却塔	85(13)
6月	スペイン	冷却塔	27(7)
8月	スペイン	冷却塔	20(0)
8月	スウェーデン	冷却塔	14(1)
2005年5月	ノルウェー	化学工場	53(10)
6月	アメリカ	医療施設	21(0)
8月	スペイン	不明	15(0)
8月	イギリス	不明	12(0)
9月	カナダ	冷却塔	127(21)
12月	スペイン	冷却塔(疑)	20(0)
2006年3月	オーストラリア	冷却塔	10(1)
4月	スペイン	ホテル給湯系	15(0)
6月	スペイン	冷却塔	139(0)
7月	オランダ	冷却塔	30(2)
7月	イタリア	不明	15(0)
8月	フランス	冷却塔	26(2)
9月	フランス	循環式浴槽(疑)	12(0)
2007年6月	スペイン	冷却塔	15(1)
7月	ロシア	給湯施設	150(4)
7月	スペイン	冷却塔	18(2)

ネラ属菌が研修室内に侵入したものとされている。なお、冷却水中から*L.pneumophila*血清グループ7が分離されている [8].

## 2. SARS

2003年に入ってから中国発の新型肺炎“重症呼吸器症候群”(Severe Acute Respiratory Syndrome, 以降SARSと呼ぶ)はグローバル化の様子を呈し、世界中に緊張が走った。それは、当初病原体の正体と発生源が分からなかったことと、それにも関連するが医療従事者(Health Care Workers, HCWs)の感染率が高かったことに原因があったと思われる。WHOの統計データによれば、HCWsは全症例8,096例の約2割(1,706例)を占めている。一方、国別では、中国大陸と香港特別行政区の症例数は圧倒的に多く、全体の約9割(7,082例, 死亡率9.2%)を占めている [9]。ここでは、代表的な集団感染事例について述べる。

### 【事例1 - 香港メトロポールホテル】

SARS感染症のグローバル化は香港九龍にあるメトロポールホテルから始まった。同年2月に中山大学医学院付属第二医院12階呼吸内科で、あるスーパースプレッ

ターに対する緊急処置を施した際に感染したA氏は結婚式に出席のため、香港を訪問した。A氏は2003年2月21日メトロポールホテルにチェックインし、9階の911室に滞在した。実はA氏はその前の2月15日既に発熱、呼吸器症状が見られたが、その後改善していたという。ホテルにチェックインした翌日の22日に発病したため、香港の病院に入院し、その翌日に死亡した。A氏はこのホテルに1日しか滞在していないが、同ホテルの滞在者の12人にも感染させたという。そのうち、10人は同じ日に滞在しており、11階と14階の各1人を除いた10人がA氏と同じ9階に滞在していた。図1に9階の平面図を示す。図中塗りつぶしているのは感染した者が泊まっていた部屋である。感染者らはエレベータから部屋までの間はA氏と同じ廊下を歩いていたことが分かる。なお、938室に泊まっていた2人は、上記感染者10人中の3人と同時期に滞在していた [10, 11]。メトロポールホテルで感染した12人が後に、香港を始め、ベトナム、シンガポール、ドイツ、アメリカ、アイルランド、カナダへと感染を拡大させた。

### 【事例2 - 香港アモイガーデン】

アモイガーデンにおけるSARS感染のインデックス患

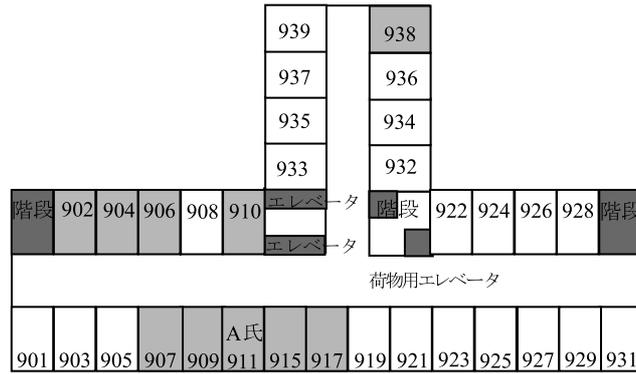


図1 メトロポールホテル9階平面図

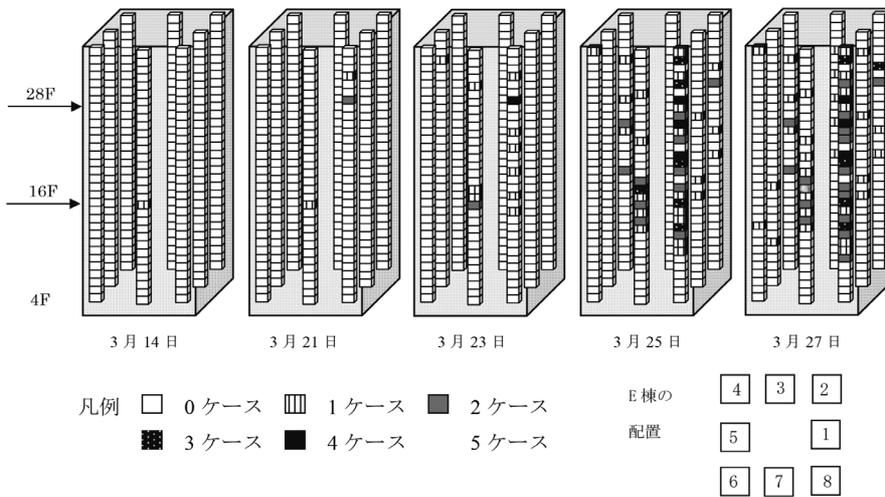


図2 アモイガーデンE棟SARS感染拡大状況

者は、香港のPrince of Wales Hospitalで感染した中国深圳に住む33歳の男性D氏であった。D氏は慢性腎臓病を持っており、2003年3月13日にPrince of Wales Hospitalで一日入院した翌日の14日にアモイガーデンE棟に住む弟夫婦を訪ねた。当時D氏は下痢症状があったため、弟宅のトイレを使用していた。D氏訪問後まもなく弟夫婦がSARSを発病した。

図2に3月14日から3月27日間アモイガーデンE棟におけるSARS感染拡大の状況を示す [12]。D氏が訪問した10日後感染者数がピークを迎えることが読み取れる。また、E棟のSARS感染者は7号室、8号室に集中し、低層階に比べ、10階以上での発生が多かったことが分かる。2003年11月にWHOから出されたSARS流行に関するコンセンサスドキュメントでは、アモイガーデンの感染事例について以下のように述べている [13]。

浴室床排水口に接続している乾燥したUトラップは、汚染された下水の飛沫が室内に侵入するための通り道を与えた。下水システム内では、汚物に伴って排出されたSARSウイルスの量が増える。ウイルスは非常に狭いバ

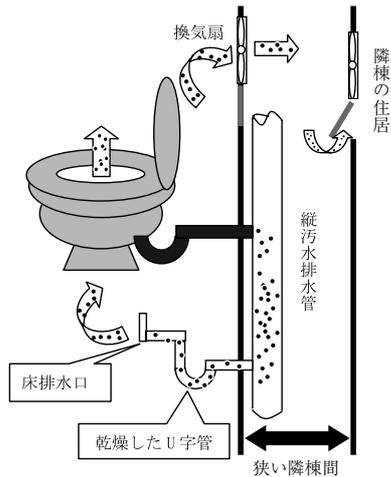


図3 浴室の排水システムと汚染拡散イメージ

スルーム内 (3.5m<sup>3</sup>) にエアロゾル化し、吸入、摂取、またエアロゾルが付着している媒介物との接触によって間接的に感染を生じる (図3を参照)。

【事例3 - 北京大学人民医院救急外来】

救急外来の事例に関する状況概要を表3に示す。当時、整形外科と外科各4名の医者が普段通り仕事を行い、仕事上SARS患者との接触がなかった。また、その間SARS

表3 人民医院感染事例の状況経過

2003年	状況概要
4月17日	病院内SARS患者または疑いのある者が多くなったため、その内の十数名が急診（救急外来）の廊下へ移動させられた。廊下を挟んで建物の外壁側に外科診察室、中庭に整形外科診察室がある。それぞれの診察室に4名の医者が居た。廊下、整形外科、外科の位置関係を図6に示す。
17～23日	上記十数名の者が廊下で観察・治療を受けていた。
24日	全員が「地壇医院」へ移送され、完全隔離の処置を施された。
25日	整形外科の4名医者が全てSARSウイルスに感染したことが診断されたのに対して、外科の4名が何れも感染されなかった。

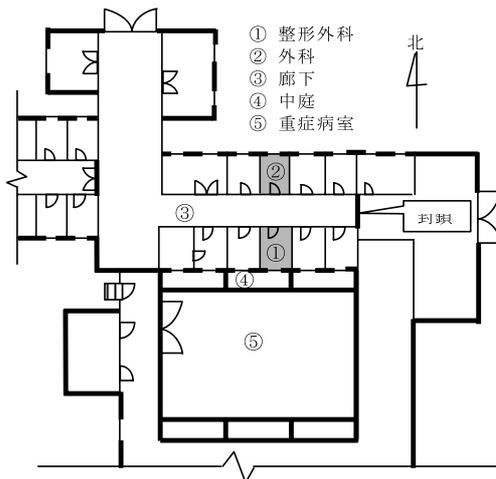


図4 北京大学人民医院救急外来平面図

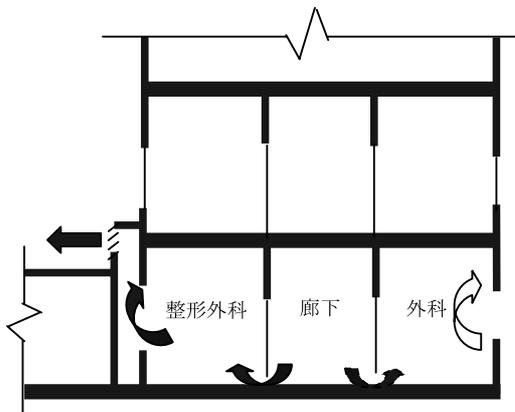


図5 北京大学人民医院救急外来気流の流れ

患者が廊下に居たため、整形外科もその廊下に面しているドアを閉じ、窓を開けていたという。外科の窓が建物の外壁（北）に、整形外科の窓が中庭に面している。

この事例に関して、清華大学・中国CDC・北京大学人民医院の研究グループは当時の状況を再現し、CFDによる解析とトレーサガスSF<sub>6</sub>による実験的な検証を行った。その結果、図4、5に示す経路で整形外科医師4名が感染したという。また、当時廊下に居たSARS患者の呼出濃度を1とした場合（相対濃度）、整形外科診察室内の濃度は平均して800ppm（約1000倍希釈）であったと報告されている [14-16]。

3. 結核

1979～1980年6月の間にある事業所内で4名の結核患者が発生したので、箕輪らが疫学調査及び事務所内環境調査を行った。インデックス患者は、36歳男性で接触者99名の追跡調査の結果16名の二次患者が発見された。また、環境調査の結果、1人当たりの気積が小さく、換気も不十分であることを突き止めた。なお、この集団発生の原因として：①X線間接撮影装置が古い型のため病巣の発見が遅れたこと、②精密検診受診推奨の不徹底など健康管理の不十分さ、③換気量の不足であることが挙げられている [17]。

III. 建築物衛生管理の在り方

1. 感染経路の再考

感染症は感染源、宿主、及び感染経路の3つの要素が揃えば成立する。感染源と宿主に関しては医学分野に関わる部分が極めて多いため、ここでは建築環境工学分野に深く関係する感染経路について述べる。

感染経路には接触、飛沫、空気との3つがあるとされており、表4にこれまで微生物専門書などが分類している感染症別の感染経路をまとめたものを示す。当初接触感染と飛沫感染であるといわれていたSARSについては、2003年の北京大学附属人民医院救急外来の事例、香港のアモイガーデンの集団感染事例などにおける感染事例の何れもSARS-CoVが気流によって遠くまで飛散することを実証している。

いわゆる飛沫感染については、Fluggeが1897年に初めて口・鼻からの飛沫が2m以上飛散しないことを発表し、Williamが1934年に飛沫核の概念を提唱した [18]。それ以来、その概念が医学分野で踏襲され今日に至っている。飛沫が2m以上飛散しないことは、5μm以上の粒子（飛沫核）が2m以上飛散しているうちに、重力で落下し、相手（宿主）の呼吸器（口、鼻）に到達しないためとされている。その根拠は無風状態でのバイオエアロゾルの空中での飛散範囲によって決められたものと推察される。しかし、現在の殆ど全てのビルには空調と換気設備が整備され、室内環境中には気流が存在している。気流が存在していれば、ウイルスを含めた粒子状物質（バイオエ

アゾブル) が遠くまで飛散することが容易に想像され、近年、毎年のように中国から日本に粗大粒子である黄砂が偏西風によって運ばれてくることはそれを物語っている。すなわち、在来の 5 μm を境に飛沫感染と空気感染を分類することは建築環境工学またはエアロゾル学分野

の知見からみればさほど意味がないことがわかる。

しかしながら、これまで医学分野で飛沫感染と空気感染を分類し、それぞれで対策を施してきたことが概ね大きな支障をきたしていないことがあるとすれば、それが病原体の被曝量とヒトの健康への影響の関係により解釈される。即ち、突然変異を有する病原体を除けば、病原体に曝露されても、一定の量に達しないと発症することはない。発症するか否かは量—影響関係 (Dose-response relationship) によって決まる。患者からの咳またはくしゃみに伴って放出されるウイルス粒子が、大きな塊 (水分が完全に蒸発する前) となり、患者の近傍 (例えば、在来言われている 1~2 m) に居る者が高濃度に曝露される可能性がある。この場合、曝露が多いため、被曝者が発症するリスクが高くなる。ID<sub>50</sub> (Infection dose 50 percent, 半数感染量) 値の高い病原体でもその状態 (いわゆる飛沫) で曝露されたら発症するリスクは高くなる。一方、患者からかなり離れた場合 (例えば 1~2 m 以上)、ウイルスの塊が落下または蒸発して室内空間で拡散するとともに、室内の気流によって希釈され、濃度が低くなる。即ち、離れた居住者の被曝量が少なくなるため、発症のリスクが低くなる。ちなみに、空気感染と言われる結核の ID<sub>50</sub> は 1~10 とされており [19]、室内空間で結核菌が希釈され、患者から離れていても曝露されたら発症するリスクがある。

表 4 感染症における感染経路とその病原体

感染経路	概要と感染病原体
空気感染	咳、くしゃみに伴って経口放出される粒子の一部が水分蒸発によって、5 μm 以下の微小粒子 (飛沫核) となり、この飛沫核に付着した病原体を吸い込むことによって感染することを空気感染という。 病原体: 結核菌, レジオネラ属菌, アスペルギルス, クロプトコッカス, 麻疹ウイルス。
飛沫感染	咳、くしゃみに伴って経口放出される病原体を含む 5 μm 以上の粒子 (飛沫) を吸い込むことによって感染することを飛沫感染という。水分を含んだ大きい粒子であるため、飛沫の空中浮遊距離は 1~2 m とされる。 病原体: インフルエンザウイルス, 百日咳菌, マイコプラズマ, 風疹ウイルス。
接触感染	直接的に皮膚同士の接触によって感染することを接触感染という。 病原体: MRSA, ジフテリア菌 (皮膚), 腸管出血性大腸菌, ロタウイルス, ヒゼンダニ。
経口感染	病原体に汚染された食物, 飲料水, 装置・器具などによって媒介され、経口によって感染することを経口感染という。 病原体: サルモネラ, 赤痢菌, コレラ菌。
昆虫媒介感染	カ, ハエ, ノミなどの節足動物による接触や吸血によって感染することを昆虫媒介感染という。 病原体: ウエストナイルウイルス, 日本脳炎ウイルス, ベスト菌, リッケチア, マラリア原虫, デング熱。
人畜共通感染	本来動物だけに感染する病原体が感染動物との接触や摂取によって感染することを人畜共通感染という。 病原体: パスツレラ属菌, 炭疽菌, リステリア菌。

## 2. 汚染源の対策

前述したレジオネラ集団感染事例、結核の集団感染事例は、空調システムを介して病原体を拡散させた結果でもある。一方、空調システムはその中の微生物汚染による健康障害があり、加湿器熱、過敏性肺炎などはその代表例である。図 6 に Mendell [20] が 1984~1992 年間で発表されたシックビルシンドロームに関する 32 の研究成果について行ったレビューの結果を示す。環境測定値に換気量不足が “+”, ビルファクターに空調が “++”, 職場ファクターにカーペット, 高い人員密度が “+” と

環境測定		ビルファクター	
換気量不足	+	空調	++
CO	○	加湿	?
TVOC	?	機械換気	?
HCHO	○	新築ビル	?
総粒子状物質	○	貧弱な換気メンテナンス	?
吸入性粒子	?	職場ファクター	
床堆積塵	?	イオン化	?
細菌	○	改善されたオフィスクリーニング	?
真菌	○	カーペット	+
エンドトキシン	?	羊毛のような材料/開放型棚	?
Beta-1,3-glucan	?	室内または近傍に複写機	?
低マイナスイオン濃度	?	ETS	?
高温	?	高い人員密度	+
低湿度	?	凡例 ++ 常に高頻度で症状が申告される	
気流速度	○	+ 殆ど高頻度で症状が申告される	
照度	?	○ 常に症状との関連が弱い	
騒音	○	? 所見が一貫しない	

図 6 シックビルシンドロームと諸要素の関係

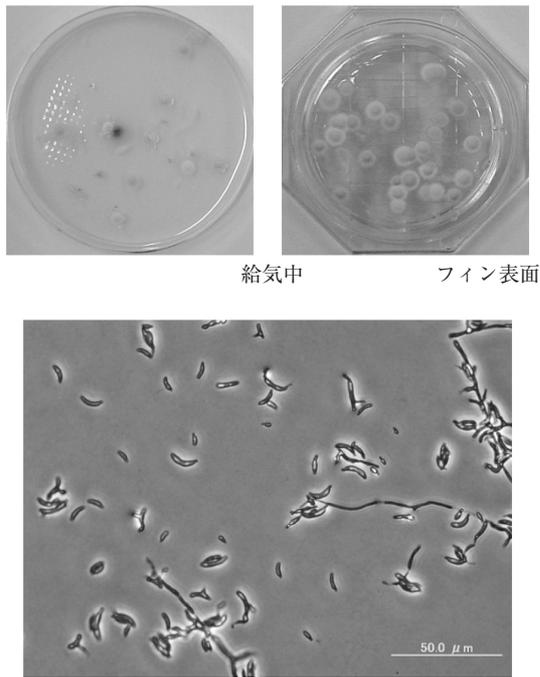


図7 フィンの付着カビと給気中の浮遊カビ

なっている。空調がシックビルシンドロームにおいて唯一の“常に高頻度で症状が申告される”の項目になっている。

現在は殆どすべてのビルに空調設備が備えられている。空調システム内の衛生管理を怠ると、その中でカビが増殖し、室内に侵入することがある。図7にあるオフィスビルAにおける空調機内の付着カビと給気中浮遊真菌の写真を示す。付着真菌はアレルギーとなる*Fusarium* sp.の1種類のみで、しかも同種の真菌が給気から多く検出されたことから、空調機内で増殖したカビが室内の汚染源となっていることが推察された [21]。

また、近年個別方式空調方式の採用例が多い。室内に分散され、衛生管理が難しい個別方式空調における微生物汚染の問題がより顕著となる場合がある。筆者らはある「カビ臭」に関する苦情のあったBビルについて調査を行った（空調・換気方式を図8に示す）。その結果、執務時間帯の室内浮遊細菌濃度と浮遊真菌濃度は特に高くなかったが、空調起動前後の給気濃度の測定結果から、空調機（加湿器）からの真菌胞子の飛散が認められた（図9） [22]。浮遊真菌の殆ど全てが*Acremonium* sp.（アクレモニウム属菌）であった。アクレモニウム属菌は湿性・水系環境を好む好湿性不完全菌類であり、日和見病原性を持っていることが知られている。また、この測定結果は多くの居住者からかび臭を感じるのは朝の空調起動時（特に週明け）とのアンケート調査の結果と整合する。なお、このビルでは、十数年間の間一度も加湿器の洗浄やエレメントの交換を行っていない。

上記の通り、空調機内に必要な性能を有するエアフィ

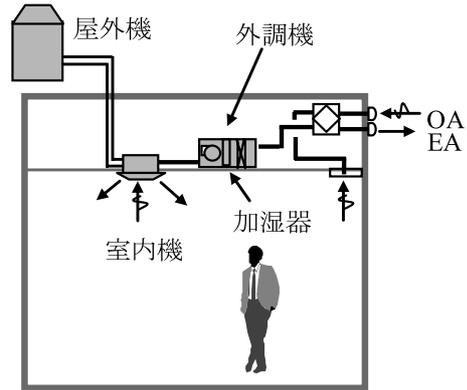


図8 対象ビルの空調・換気方式

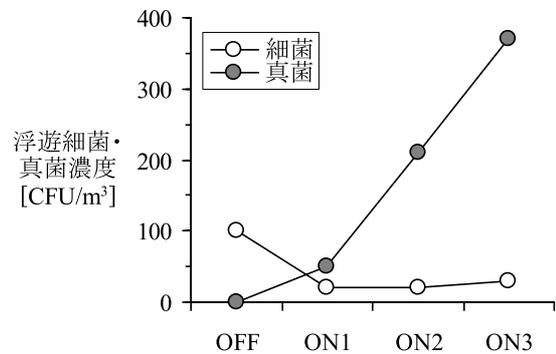


図9 空調機運転前と直後の給気中浮遊微生物濃度の変化

ルタの設置や空調システムの衛生管理が重要である。

### 3. 衛生管理について

平成14年に建築物衛生法が改正され、個別空調方式も法対象となった。法改正において下記の文言が記されている。

第一 空気調和設備及び機械換気設備の維持管理は、次に定める基準に従い行うものとする。

#### 一 空気調和設備の維持管理

1 空気清浄装置について、ろ材又は集じん部の汚れの状況及びろ材の前後の気圧差等を定期的に点検し、必要に応じ、ろ材又は集じん部の性能検査、ろ材の取替え等を行うこと。

2 冷却加熱装置について、運転期間開始時及び運転期間中の適宜の時期に、コイル表面の汚れの状況等を点検し、必要に応じ、コイルの洗浄又は取替えを行うこと。

3 加湿減湿装置について、運転期間開始時及び運転期間中の適宜の時期に、コイル表面、エリミネータ等の汚れ、損傷等及びスプレーノズルの閉塞の状況を点検し、必要に応じ、洗浄、補修等を行うこと。

上記の対策はレジオネラ属菌などの病原体を想定しており、法に従って、適切な衛生管理が期待されている。

冒頭に述べたように、微生物は人類よりはるか昔から

この地球上に生息している。地球上で生活を営んでいる人間にとって、如何に上手に微生物と共存できるかが重要な課題となっている。建築環境においては、すべての微生物を排除することは不可能であり、その必要もない。重要なのは、室内環境、空調システムを適切に管理し、微生物の増殖できる環境を作らないことである。

## 引用文献

- [1] Wallace RA, Sanders GP. 現代生物学. 東京: 東京化学同人出版; 1991.
- [2] 年次別結核の統計 (結核登録者情報調査年報集計結果). <http://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/kekkaku-kansenshou03/dl/08sankou.pdf> (accessed 2014-06-25)
- [3] 光山正雄. 微生物感染学. 東京: 南山堂; 2005. p.9.
- [4] 柳宇. 冷却塔・冷却水系における衛生的維持管理. 防菌防黴. 2010;38(5):331-7.
- [5] 財団法人ビル管理教育センター. レジオネラ症防止指針 (第3版). 2009.
- [6] 齊藤厚, 他. 本邦ではじめてのLegionnaires disease (レジオネラ症) の症例と検出菌の細菌学的性状. 感染症誌. 1981;55:124-8.
- [7] Maesaki S, et al. An Outbreak of Legionnaires' pneumonia in a nursing home. *Internal Med.* 1992; 31:508-12.
- [8] 竹内書店新社. 感染症ファイル—しのびよる病原体. 東京: 竹内書店新社; 2000.
- [9] WHO. Summary of probable SARS cases with onset of illness from 1 November 2002 to 31 July 2003. [http://www.who.int/csr/sars/country/table2004\\_04\\_21/en/](http://www.who.int/csr/sars/country/table2004_04_21/en/) (accessed 2014-08-01)
- [10] CDC. Outbreak of severe acute respiratory syndrome-worldwide. *MMWR.* 2003; 52(12):241-8.
- [11] Tsang T. Environmental issues. WHO Global Conference on Severe Acute Respiratory Syndrome; 2003.6.17-18; Kuala Lumpur, Malaysia. p.17-8.
- [12] Yeoh EK. SARS Response from Hong Kong. WHO Global Conference on Severe Acute Respiratory Syndrome; 2003.6.17-18; Kuala Lumpur, Malaysia. p.17-8.
- [13] Consensus document on the epidemiology of severe acute respiratory syndrome (SARS). WHO/CDS/CSR/GAR/2003.11
- [14] 江億. 空調系統的安全性評価. 空調与健康室内環境高峰論壇 (北京, 2003.8).
- [15] Yufeng Zhang, Xiaofeng Li, Yingxin Zhu, Yi Jiang. Research on infectious concentration of airborne SARS virus. The 4th international symposium on HVAC; 2003.10.9-11; Beijing, China. p.164-671.
- [16] Yi Jiang, XiaoFeng Li, Bin Zhao, ZhiQin Zhang, YuFeng Zhang. SARS and ventilation. The 4th international symposium on HVAC; 2003.10.9-11; Beijing, china. p.27-36.
- [17] 簗輪真澄, 吉澤晋, 池田耕一, 他. 一事業所内における結核の集団発生. 日本公衆衛生雑誌. 1982;30(2):pp.77-86.
- [18] Li Y. Ventilation and airborne infection. *Healthy Buildings 2009*; 2009.9.13-17; New York, USA. Plenary I3-082.
- [19] Kowalski WJ. Immune building systems technology. The McGraw-Hill books. 2002.
- [20] Mendell MJ. Non-specific symptoms in office workers: A review and summary of the epidemiologic literature. *Indoor Air* 3.1993. p.227-36.
- [21] 柳宇. 建築環境とカビ発生. *ビルと環境.* 2007; 119:22-5.
- [22] 柳宇, 鍵直樹, 池田耕一. 空調システムにおける微生物汚染の実態と対策に関する研究第4報—個別方式空調における「かび臭」原因究明のための調査—. 日本建築学会環境系論文集. 2010;654:721-6.