

主要6都市の地下街における浮遊微生物に関する研究

Research of Airborne Microorganism in Underground Mall of Principal 6 Cities in Japan

J06107-5 矢幡 亘

Abstract

As for the underground mall, well management of the air environment is suspicious because they are constructed under the urban part of cities where the population and traffic are quite crowd. Moreover, the precise regulation for airborne microorganism are not established in Japan.. In this study, the airborne microorganisms of the underground mall are investigated by measuring at the principal 6 cities.

The results are as follows, 1) It is clarified that the characteristics of microorganism are influenced by the condition of location or the use condition. 2) It was shown that there exists time zone when a lot of Gram-negative rod-shaped bacteria, which is assumed to have pathogenicity are detected. 3) It is confirmed that suspended fungi are come from outside environment.

Keywords 地下街 (Underground Mall) 浮遊微生物 (Airborne Microorganism) 浮遊細菌 (Floating Bacteria) 浮遊真菌 (Floating fungus) 外気 (Fresh Air) グラム陰性桿菌 (Gram-Negative Rod-Shaped Bacteria) 通行者 (activity)

1. 背景・目的

これまで地下街の浮遊微生物についてはいくつかの調査が行われており^{1,2)}、比較的濃度が高いとの報告がされている。それは地下街が公共通路の安全性を確保するために出入り口が多く、外気の影響を強く受けることや、内部発熱のため温度が比較的高く、ゴミなどの管理を適切に行わないと衛生害虫などの繁殖しやすい環境になることが原因として考えられている。しかし、地下街は主に交通量の多い都市部に建設されるため、立地条件や利用条件によっては室内空気環境に大きな変動が出てくることが多々ある。また、地下街の浮遊微生物についてはしっかりした管理基準が設けられておらず、維持管理が難しい。WHOのガイドラインによると³⁾、リスク=(有害性×曝露量(摂取量))と定義して評価を行う方針としている。そして、地下街における浮遊微生物に関する測定例はまだ少なく、微生物汚染の発生状況や経時変化・平面分布などについては十分に把握されていないのが現状である。

本研究では主要6都市の地下街における実測調査により、浮遊微生物濃度の測定及び浮遊細菌・浮遊真菌の詳細な知見を得るために同定を行う。そして、各地域の比較・検討を行い、地下街における浮遊微生物の現状を把握することを目的とする。

2. 実測調査概要

2.1 建物概要

実測調査は、東京、川崎、札幌、福岡、名古屋、大阪の計6ヶ所にある地下街を調査対象とし、東京については夏期、他の地域については冬期に室内外にて実測調査を行った。表1、2に今回の調査概要と建物および空調・換気設備の概要を示す。

2.2 測定概要

浮遊微生物の測定は、室内定点測定、屋外定点測定、室内巡回測定⁴⁾の3種類について行った。また、室内定点測定ヶ所の近傍を通行する人の数を10分間隔で計数した。なお、測定概要を表3に示す。

表1 調査概要

測定場所	調査日	測定時間	測定時の天候
東京	2009.08.11	10:30-18:00	晴れ
川崎	2009.11.13	10:00-18:00	曇り/雨
北海道	2009.11.26	10:00-18:00	曇り
福岡	2009.12.04	10:30-18:00	晴れ
名古屋	2009.12.09	10:00-18:00	晴れ
大阪	2009.12.10	10:00-18:00	曇り

表2 建物および空調・換気概要

測定場所	竣工年	延床面積[m ²]	規模	空調方式	換気方式	エアフィルタ型式(捕集率[%])	
						前段(重量法)	後段(比色法)
東京	1965	29,035	地下1階一部2階	全体制御 PAC FCU	AHU OHU HEX	自動巻取型(90)	静電式(不明)
川崎	1986	56,916	地上1階地下2階	全体制御 PAC FCU	AHU OHU HEX	パネル型(76)	ろ材折込型(90~95)
札幌	1971	33,645	地上1階地下3階	全体制御	OHU	自動巻取型(85)	不明
福岡	1976	53,300	地上1階地下3階	全体制御 FCU	AHU	パネル型(30)	自動巻取型静電式(90)
名古屋	1978	54,838	地下2階一部3階	全体制御ゾーン制御 FCU	AHU	未回答	未回答
大阪	1970	37,881	地上1階地下1階	全体制御	AHU OHU FCU	自動巻取型(85)	ろ材折込型(90)

PAC:パッケージエアコン FCU:ファンコイルユニット
AHU:エアハンド OHU:外調機 HEX:全熱交換器

表3 測定概要

測定項目	測定機器	測定時間
		室内定点測定
屋外定点測定	MBS-1000	100[L/min]で30秒間吸引
室内巡回測定	MBS-1000	100[L/min]で30秒間吸引

表4 培地・培養条件および同定方法

培地	細菌	真菌
	トリプトソーヤ寒天培地(SCD) 日水製薬株式会社製	ポテトデキストロース寒天培地(PDA) 日水製薬株式会社製 クロラムフェニコール100mg/L添加 和光純薬工業株式会社製
培養条件	32℃/2日間	25℃/5日間
同定方法	グラム染色法	コロニー、胞子の形態の観察(形態学)

表5 浮遊真菌同定概要

学名	色彩	生態
Cladosporium(クロカビ)	暗緑色・オリーブ褐色・黒色	中温性・好湿性
Penicillium(アオカビ)	白色・淡紅色・青緑色・灰緑色	中温性・耐乾性
Aspergillus(コウジカビ)	土色・黒色・黄色・青色・緑色	中温性・高温性・耐乾性
Fusarium(アカカビ)	赤紫色・赤褐色・黄色・白色	中温性・好湿性
Alternaria(ススカビ)	灰黒色・灰緑色・暗褐色	中温性・好湿性
Yeast(酵母)		

a) 室内定点測定

瞬間微生物計測機器 IMD (Instantaneous Microbial Detection) を用いた浮遊微生物粒子の1分間隔の連続測定を行った。ちなみに、IMDは0.5 μm から16 μm 以上の33粒径範囲(0.5 μm 間隔)における粒径別浮遊微生物粒子濃度を測定するものである。また、毎正時に浮遊微生物測定機器 MBS-1000、およびMG サンプラーを用いた浮遊細菌と浮遊真菌の連続測定を行った。なお、MBS-1000の1回の測定においては、50Lの空気を吸引し、1回の測定に同じ種類の培地2枚を使用してその平均値を扱うものとした。

b) 屋外定点測定

毎正時にMBS-1000を用い浮遊細菌と浮遊真菌の測定を行った。

c) 室内巡回測定

浮遊細菌と浮遊真菌の平面分布を把握するために午前・午後各1回、室内10ヶ所においてMBS-1000を用いた測定を行った。

測定終了後、捕集したサンプルをインキュベーター(保温器)へ入れて培養を行った後に、細菌と真菌のコロニー(菌集落)計数を行い、浮遊細菌・真菌濃度を求めた。加えて室内定点における測定に関しては細菌と真菌の分類・同定まで行った。細菌においてはグラム染色法を行い、グラム陽性(球菌・桿菌)、グラム陰性(球菌・桿菌)および芽胞菌の5種類に分類し、真菌においてはコロニーの色彩や胞子の形態を観察する形態学に基づいて同定を行った。なお、今回の実測では特に環境中に多いとされる真菌を同定した。表4に使用した培地と培養条件および同定方法を、表5に浮遊真菌の同定概要を示す。

3. 測定結果の比較・検討

本研究の浮遊細菌濃度および浮遊真菌濃度については、日本建築学会規準におけるオフィス環境の室内管理基準値(AIJES-A002-2005)、浮遊細菌濃度：500cfu/m³、浮遊真菌濃度：50cfu/m³で評価するものとした。

3. 1 浮遊細菌濃度

図1に一例として浮遊細菌濃度と通行者の関係を示す。浮遊細菌濃度においては東京、川崎の地下街は基準値である500cfu/m³を超える時間帯があり、特に東京に関しては基準の2倍以上の濃度を示すことがあったが、他の地下街については基準値をほぼ満たす結果となった。また、川崎については浮遊細菌濃度と通行者数の両者間に有意な相関関係が認められた。

3. 1. 2 室内外定点測定

図2に一例として室内外における浮遊細菌濃度を示す。測定結果からは室内濃度のほうが比較的高く、これは浮遊細菌の汚染源が室内環境にあることを示唆し、柳らの研究によると⁴⁾、オフィス環境の浮遊細菌濃度については室内環境に由来していることが明らかになっており、この結果は既往の研究結果と一致した。しかし、オフィス環境では室内環境、とりわけ在室者数が原因とされているが、地下

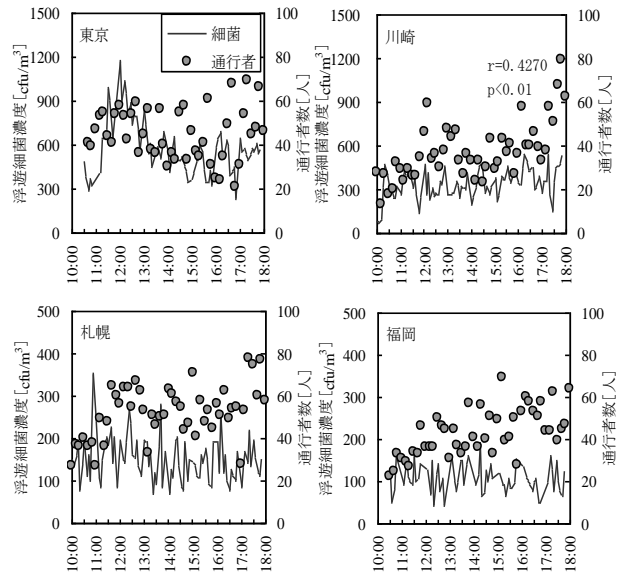


図1 浮遊細菌濃度と通行者との関係

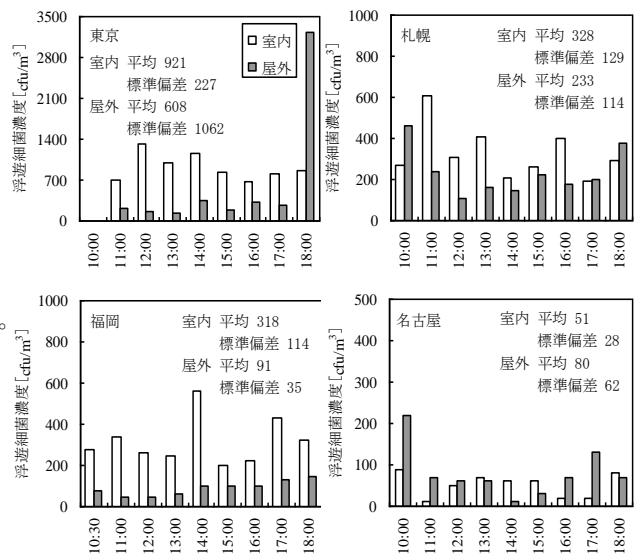


図2 室内外における浮遊細菌濃度

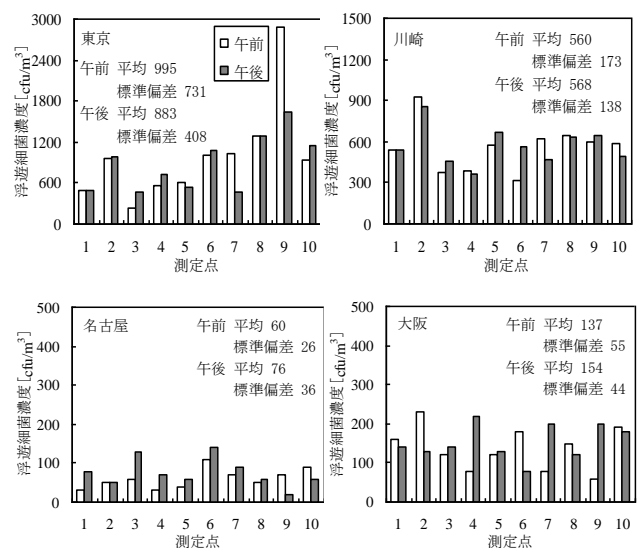


図3 浮遊細菌濃度の平面分布

街の浮遊細菌濃度と通行者数の両者間に有意な相関関係が認められたのは川崎のみであった。これは地下街に出入り口が多いため、扉のついていない出入り口からの外気流入による影響や、空調・換気設備内や飲食店関係からの微生物汚染が推察される。そのため、浮遊細菌においては各店舗による衛生管理の徹底や、空調・換気設備内の汚染を定期的に清浄することがリスク低減に必要であると思われる。

3. 1. 3 室内巡回測定(平面分布)

図3に一例として浮遊細菌濃度の平面分布を示す。測定点により差異が見受けられ、濃度が比較的高くなる測定点としては、人通りの激しい出入り口や、飲食店、空調・換気設備、トイレ付近が挙げられる。特に出入り口付近での濃度は高く見受けられた。その点においては顕著に濃度が高くなる場合は補助設備の導入などの対策の検討が必要と考えられる。また、東京、川崎での濃度が高くなる一方、名古屋においては全体として濃度が比較的低い結果となった。この地域では外気環境が密集した環境ではなかったこと、比較的飲食店が少ないこと、人が密集していなかったこと、そして、外気環境とは扉の開閉によって遮断されていたことがあり、微生物汚染源の発生しにくい室内環境であったと推察される。

3. 2 浮遊真菌濃度

3. 2. 1 室内定点連続測定(経時変化)

図4に一例として浮遊真菌濃度と通行者の関係を示す。浮遊真菌濃度においては全ての地域にて基準値である $50\text{cfu}/\text{m}^3$ を超える時間帯がある結果となった。川崎においては実測時間帯で常時基準値を超えており、約10倍もの濃度を示す時間帯もあった。川崎は他の地域と比較しても出入り口が大きく、外気の侵入が多かったためと考えられる。一方、名古屋においては比較的濃度の低い結果であった。また、大阪においては浮遊真菌濃度と通行者数の両者間に有意な相関関係が認められた。

3. 2. 2 室内外定点測定

図5に一例として室内外における浮遊真菌濃度を示す。浮遊真菌濃度においては屋外にて濃度が高い傾向にあることが見受けられた。これは浮遊真菌の汚染源が外気であることを示唆し、柳らの研究によると⁴⁾、オフィス環境の浮遊真菌濃度については外気環境に由来していることが明らかになっており、この結果は既往の研究成果と一致した。また、室内の測定結果に関しては、調査対象である全ての地下街において基準値を超える結果となった。これは外気流入の多い地下街の特徴によるものと考えられる。しかし、室内の濃度が基準値を数倍も超えていることや、通行者との相関関係がほとんどなかったことを踏まえても、原因としては外気流入だけではなく、空調・換気設備内や建物内、飲食店などに汚染源のある可能性が示唆された。浮遊真菌に関しても浮遊細菌と同様に、各店舗による衛生管理の徹底や、空調・換気設備内の汚染を定期的に清浄することがリスク低減に必要であると思われる。

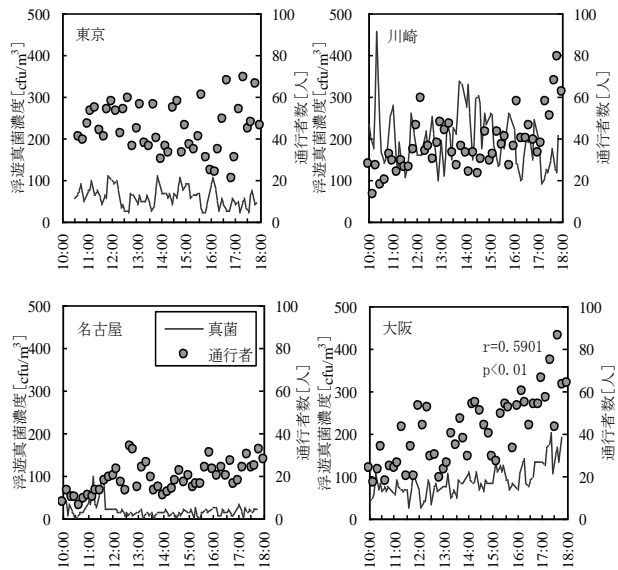


図4 浮遊真菌濃度と通行者との関係

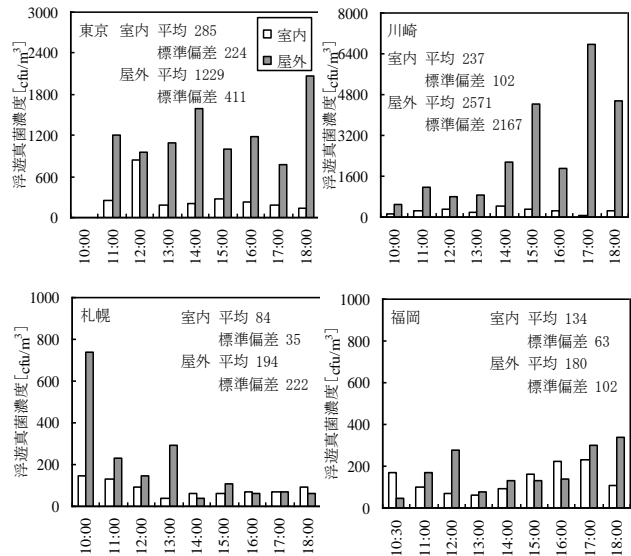


図5 室内外における浮遊真菌濃度

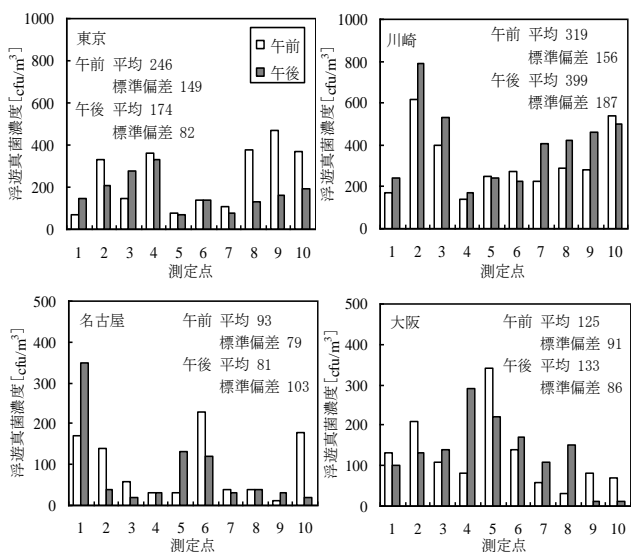


図6 浮遊真菌濃度の平面分布

3. 2. 3 室内巡回測定(平面分布)

図6に一例として浮遊真菌濃度の平面分布を示す。浮遊真菌濃度に関しても測定点により差異が見受けられた。濃度が比較的高くなる測定点としては、浮遊細菌と同様に人通りの激しい出入り口や、飲食店、空調・換気設備、トイレ付近が挙げられる。また、出入り口付近の中でも、地下鉄と隣接している測定点では比較的高い濃度が高く、これは地下鉄の構内に汚染源のある可能性が示唆される。主な地下街では地下鉄と隣接される場合が多く、外気環境の汚染源も留意しなければならない。そして、浮遊真菌においても名古屋の測定結果が比較的好く、これも浮遊細菌と同様に、扉があることによって外気の侵入を少なくできたためである。

3. 3 同定結果

a) 浮遊細菌

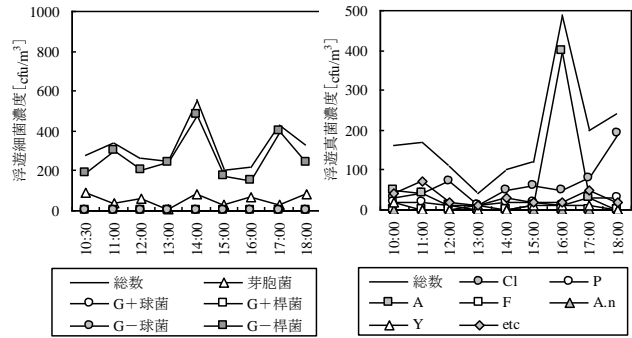
図7に一例として福岡における浮遊細菌の同定結果を示す。浮遊細菌については、東京、札幌、福岡においては病原性のものが比較的多いとされるグラム陰性桿菌が多く検出された。また、芽胞菌も多く検出されたが、他のものはほとんど検出されなかった。これはオフィス環境の浮遊細菌の構成とは異なる結果であり、地上と地下の環境の違いによるものと考えられる。

b) 浮遊真菌

図8に一例として大阪における浮遊真菌の同定結果を示す。なお、グラフ上における etc は、胞子を形成しないため同定が不可能とされる真菌(マイセリア菌)が大半を占めるものである。浮遊真菌については、一般環境から検出頻度の高い *Cladosporium* spp. がどの地下街からも検出された。また、東京と札幌、大阪においては *Aspergillus* spp. が、名古屋においては *Penicillium* spp. が時間帯によって多く検出された。このように同種類の真菌が多く現れることは、曝露量が増え、何らかの健康影響を及ぼすことになる。特に外気流入の多い地下街では、完全に真菌の侵入を防ぐことはできないので、いかに真菌らの栄養源となる汚染を防げるかが重要となる。これは浮遊細菌においても同様である。

3. 4 浮遊微生物粒子濃度

図9に浮遊微生物粒子濃度と浮遊細菌濃度の関係を示す。柳らによる既往の研究⁴⁾では、浮遊微生物粒子濃度は浮遊細菌濃度に追従するということが明らかになっており、本調査結果でも東京においては有意な相関関係が認められた。しかし、他の地域においては相関関係が認められず、オフィス環境の傾向とは異なる結果となった。これは、外気流入や通行者が付近を通る際の風によって測定結果に影響を及ぼしたものと推察される。また、浮遊微生物粒子濃度は瞬間的な変動を示し、地下街の全体として昼前後で濃度のピークを向かえる傾向にあることが見受けられた。これは昼食などによる通行者の増加が考えられ、どの地域でも同様のことが言える。



*Cl:Cladosporium,P:Penicillium,A:Aspergillus,F:Fusarium,A.n:Alternaria,Y:yeast

図7 浮遊細菌の同定結果

図8 浮遊真菌の同定結果

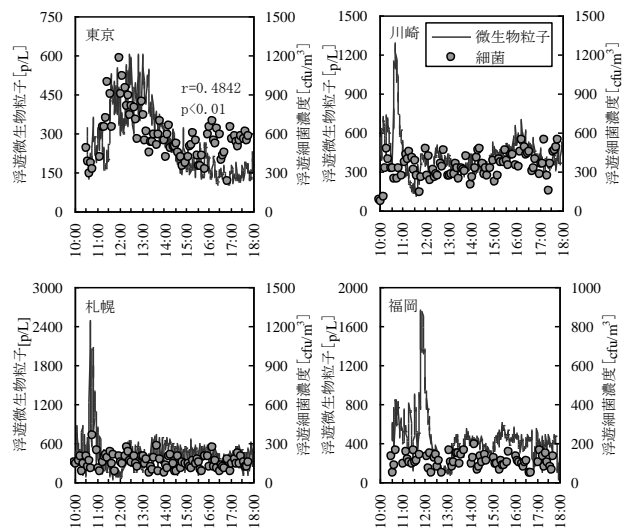


図9 浮遊微生物粒子濃度と浮遊細菌濃度との関係

4. まとめ

地下街においても浮遊細菌は室内環境に、浮遊真菌は外気環境に汚染源があることを確認した。平面分布からは浮遊細菌・浮遊真菌の汚染源は、特に出入り口付近であり、他には飲食店、トイレ付近や空調・換気設備内であることが分かった。そして、地下街内の各店舗における衛生管理の徹底や、空調・換気設備内の定期的な清掃、特に汚染される可能性のある出入り口付近に補助設備の導入などの検討を提案した。また、同定結果において、病原性のものが比較的多いとされるグラム陰性桿菌が多く検出されることや、同種類の真菌が多く検出される時間帯のあることを明らかにした。

今後の課題としては、今回は室内の微生物の同定のみだったので、屋外における微生物の同定の必要性や、測定データの蓄積などが挙げられる。

【参考文献】

- 1) 上野雄也：名古屋市の地下街における空気環境調査、ビルと環境、122、pp.13-19、2008
- 2) 菅原文子：室内の微生物汚染に関する研究(その1)、日本建築学会論文報告書集、第233号、pp.133-141、1975
- 3) WHO guidelines for Indoor Air Quality - Dampness and Mould、2009.7
- 4) 柳 宇：事務所ビルにおけるバイオエアロソルの挙動とその制御方法、クリーンテクノロジー、日本工業出版、2007.5

【謝辞】

本研究は、平成21年度厚生労働科学研究費補助金(健康科学研究事業)による「建築物の特性を考慮した環境衛生管理に関する研究(研究代表者:大澤元毅)」によって行った。記してここに感謝の意を表す。