

地下を含めた駅空間内の微生物測定、 主観評価及び騒音測定

MEASUREMENTS OF AIRBORNE MICROORGANISMS, CUSTOMER'S EVALUATION AND ACOUSTIC ENVIRONMENT IN RAILWAY STATIONS INCLUDING UNDERGROUD SPACES.

川崎たまみ^{1*}・伊積 康彦²

Tamami KAWASAKI¹, Yasuhiko IZUMI²

Measurements of airborne microorganisms, customer's evaluation, and acoustic environment were performed in railway stations including underground spaces for better understanding of railway stations. As a result of integration of customer's views with the results of investigations of airborne microorganisms, there was a strong correlation between the degree of displeasing odor judged by the customers and the number of airborne fungi in railway stations. This result suggests that airborne fungi are an effective index in the evaluation of the station air quality. As a result of sound measurement in an underground platform, the peak of sound frequency was around 500 Hz when a train started, and sound pressure level of the background noise decreased according to number of sound frequency.

Key Words : railway stations, underground platform, underground-concourse, airborne microorganisms

1. はじめに

鉄道は極めて公共性が高く、通勤や通学には欠かせない交通手段である。鉄道施設は、駅舎、ホーム、コンコース、トンネル等様々な区間で構成されている。駅舎、ホーム、コンコース等が地上に設置された場合は、外気と接するため空気は常に換気されていると考える。しかし、地下コンコースや地下ホームのような地下空間については、閉鎖空間であるため地上設備に比べ空気が滞留し易い。このため、空気質という視点でその空間を意識的に把握することが、より安心で快適な鉄道空間を提供するには重要であるとする。本報告では、我々がこれまでに報告した調査内容^{1,4)}を、転載及び引用しながら、地下を含めた駅空間内の微生物量測定や主観評価との相関性、また音の周波数特性評価について改めて紹介する。

(1) 調査対象駅

微生物調査、モニター調査及び騒音調査は、臭気判定士により地下ホームにてカビ臭がするとの指摘があった A 駅と、橋上駅である B 駅、地下駅である C 駅、D 駅も加え、合計 4 駅、9 箇所（表-1）¹⁾にて実施した。また、カビ臭がすると指摘があった高架下の E 駅休養室内では、2-(5)の恒温恒湿室内におけるカビ指数測定試験で再現するための温湿度を測定した²⁾。

表-1 各駅における調査対象箇所^{1,2)}

A 駅	地上ホーム、地上コンコース、 地下ホーム、地下コンコース
B 駅	地上ホーム、地上コンコース
C 駅	地下ホーム 1、地下ホーム 2
D 駅	地下ホーム
E 駅	休養室

2. 調査方法

(2) 微生物調査方法

建物内の空気質の指標として、その空間中を浮遊する微

キーワード：駅、地下ホーム、地下コンコース、空中浮遊微生物

¹非会員 (公財) 鉄道総合技術研究所 生物工学研究室 Senior researcher, Biotechnology Lab., Railway Technical Research Institute, (E-mail: kawasaki.tamami.54@rti.or.jp)

²非会員 (公財) 鉄道総合技術研究所 建築研究室 Laboratory head, Architecture Lab., Railway Technical Research Institute

生物（以下、空中浮遊微生物）が知られている。そこで、駅の空間環境を評価するにあたり、空中浮遊微生物量に着目し、空間中に浮遊する真菌と細菌を測定した¹³⁾。空中浮遊微生物の採取には、エアランプラー（M Air T, Millipore 製）を用いた。床からの高さ約 150 cm の位置に同装置を設置し、空気 200 リットルを吸引し、空中浮遊微生物を寒天培地上に捕集した。真菌採取用には、屋内環境中の好稠性真菌の生育にも適した DG18（Dichloran-Glycerol）培地を用いた。また細菌採取用にはここでは標準寒天培地を用いた。採取後の寒天培地を 30℃ で一定時間培養し、寒天培地上に出現した菌数（図-1：コロニー数）を計測した。

(3) 空中浮遊真菌の同定試験³⁾

A 駅地下ホーム・地上ホームにおける空中浮遊真菌の種類を同定する試験を実施した。具体的には、空中浮遊真菌を採取後、25℃、5-7 日間培養し、出現したコロニーから真菌を単離培養後、顕微鏡下で形態学的同定を実施した。

(4) モニター調査¹⁾

鉄道利用者の意識を把握するために、モニター調査を実施した（冬 1 回、夏 2 回：合計 278 名）。モニターに、実際の駅構内を歩いて頂き、指定された地点で主観評価を行う形で実施した。モニター調査では、合計 4 駅、9 箇所に関して、「壁や天井等の微生物汚れ」や「空気中のにおい」等の駅空間の印象に関する質問に回答をしてもらった。本報告では、特に「この場所のにおいが気になるか」「この場所のきれいさが気になるか」の 2 つの質問に対する回答を紹介する。なお各質問には「全く気にならない」から「非常に気になる」までの 4 段階で評価を行なった。

(5) カビセンサを用いたカビ指数測定²⁾

カビ臭がするとの指摘のあった E 駅休養室の温湿度環境を恒温恒湿室内で再現し、石膏ボード上のカビ指数を測定する試験を実施した。カビ指数とは、カビセンサ（図-2）内にあらかじめ封入されているセンサ孢子からの菌糸の伸長度合いと設置日数の関係から算出される値である²⁾。設置期間内に、センサ孢子の発芽があった場合のみ、カビ指数が得られ、発芽が見られなかった場合には、カビ指数は検出下限値未満と考える。

恒温恒湿室内の温湿度条件は、E 駅休養室の実測値の最高温度 25℃、湿度は、最高 80% とし、下限値は一般的に真菌の発生がみられないと考えられている 60%⁹⁾、そしてその中間の 70% の 3 条件とした。石膏ボードの試験片（10cm × 10cm）の切断面の石膏が露出しないようにアルミテープで養生したものを試験片とした。試験条件として、試験片表裏に湿度差が無い条件（水無条件）と、湿度差を設けた条件（水有条件）を設定した。水有条件では、超純水を 300ml 入れたプラスチック製容器（13.0cm × 13.0cm × 9.5cm）内に、試験管立て（12.5cm ×

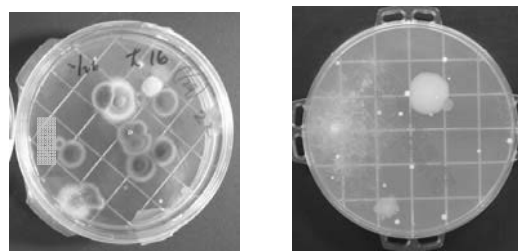


図-1 出現した真菌(左)と細菌(右)のコロニー¹⁾

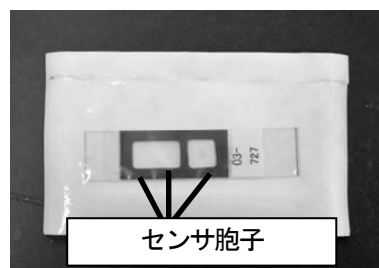


図-2 カビセンサ

12.0cm × 8.5cm) に試験片を 1 枚のせた。水無条件は、水有条件から超純水を入れない状態とした。

(6) 騒音の測定⁴⁾

駅の快適性を考える上で、上記の空気質以外に、音環境も重要な要因として挙げられている⁴⁾。そこで、地下ホームの音環境の調査を実施した。地下ホームの騒音測定では、ホーム中央部付近の旅客流動に支障しない箇所にて、騒音計を床上 1.2m の測定点に設置し、ホーム上の音をおよそ 60 分間データレコーダに記録した。データレコーダに記録されたデータから、列車出発時、アナウンス時およびこれら特定の音源の無い時間帯を切り出し、周波数分析を行った。

3. 結果および考察

(1) 空中浮遊微生物測定結果¹⁾

空中浮遊細菌量は、総じてみると、ホームよりもコンコースにて浮遊細菌が多く検出される傾向がみられた。一方、空中浮遊真菌量については、測定前は地下ホームにて多く検出されることを予想したが、測定の結果、常に地上設備における検出量よりも地下ホームにて多い訳ではなかった。

(2) 空中浮遊真菌の同定結果³⁾

A 駅地下ホームと地上ホームにて採取した空中浮遊真菌を同定した結果、両者間の真菌種の占有率に若干の違いがみられた。地上ホームでは、クロカビが 94%、コウジ

カビが2.2%であったのに対し、地下ホームでは、クロカビが約83%、コウジカビが約15%を占めた。コウジカビは、生育可能な湿度範囲が広く低湿度域でも生育可能ではあるが、湿気の害を受けた建物内で検出の見られる真菌である^{5,6)}。このように、同じ駅であっても、地下と地上にて空間内に浮遊する真菌の割合が異なることが分かった。

(3) 空中浮遊微生物量と主観評価の相関¹⁾

モニター調査結果から得られた、「におい」や「きれいさ」に対する主観評価の回答率と、空中浮遊真菌量及び細菌量との関係を以下のように解析した。図-3 に、「この場所のにおいが気になるか」という問いに対する主観評価回答率と空中浮遊真菌量の常用対数との相関を示す¹⁾。「何かしら気になる」という回答率と、空中浮遊真菌量の常用対数との間では高い相関がみられた（相関係数 0.77）。更に「非常に気になる」という回答率と空中浮遊真菌量の常用対数との間でも、高い相関（相関係数 0.71）がみられた。

また図-4 に、同じ問いに対する主観評価回答率と、空中浮遊細菌量の常用対数との相関を示す¹⁾。その結果、「何かしら気になる」という回答率と、空中浮遊細菌量の常用対数との間でやや相関がみられ（相関係数 0.39）たが、「非常に気になる」という回答率と空中浮遊細菌量の常用対数との間では、相関はみられなかった（相関係数 -0.14）。これらのことから、駅空間において、「におい」を評価するにあたり、空中浮遊真菌は空中浮遊細菌よりも相関が高く適していることが示唆された。

また、「この場所のきれいさが気になるか」という問いに対する主観評価回答率と空中浮遊真菌量の常用対数との相関は以下の通りであった¹⁾。「何かしら気になる」という回答率と、空中浮遊真菌量の常用対数との間

では相関がみられ（相関係数 0.62）た。更に「非常に気になる」という回答率と空中浮遊真菌量の常用対数との間でも、相関（相関係数 0.63）がみられた。また同じ問いに対する主観評価回答率と、空中浮遊細菌量の常用対数との相関では、「何かしら気になる」という回答率と、空中浮遊細菌量の常用対数との間でやや相関がみられ（相関係数 0.36）た。一方、「非常に気になる」という回答率と空中浮遊細菌量の常用対数との間では、相関はみられなかった（相関係数 -0.13）。これらのことから、駅空間における「きれいさ」を評価するに当たり、空中浮遊真菌のほうが、浮遊細菌よりもより相関が高く適していることが示唆された。

また、図-3, 4の結果に基づき、重回帰分析を実施した。その結果、「におい」「きれいさ」に関する利用者の回答率には、空中浮遊真菌のほうが空中浮遊細菌より影響が大きく、また、「におい」を評価する方がより適切に評価できることが分かった¹⁾。

(4) 恒温恒湿室内のカビ指数測定結果²⁾

カビ臭がすると指摘があったE駅の温湿度環境を恒温恒湿室内で再現し、試験片表面・裏面の湿度環境を変えた条件下での、試験片上のカビ指数を測定した結果を図-5に示す。恒温恒湿室内の湿度 60%設定時は、試験片の表面と裏面の空気が同じ湿度の場合（水無条件）も裏面の湿度が高い場合（水有条件）も、カビ指数は検出されなかった。恒温恒湿室内の湿度 70%設定時は、水無条件下では、表面のカビ指数は検出されなかったが、水有条件下では、表面のカビ指数は 33.6 ± 7.9 （平均値±標準偏差）を示し、試験片表面はカビが生育する環境であることが分かった。更に湿度 80%設定時は、水無条件下、水有条件

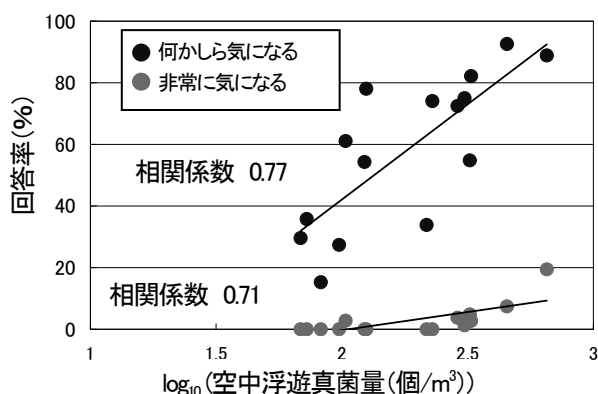


図-3 「におい」に対する回答率と空中浮遊真菌量の常用対数との相関¹⁾

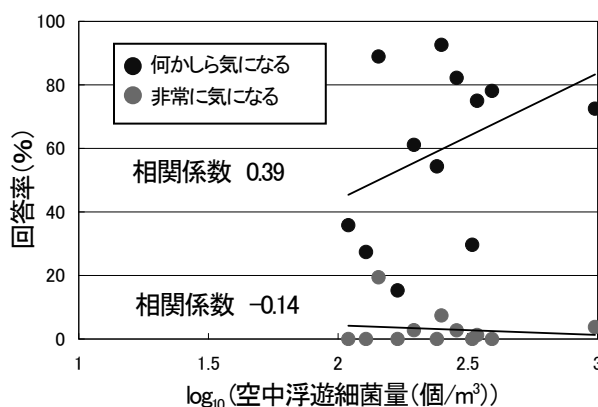


図-4 「におい」に対する回答率と空中浮遊細菌量（右）の常用対数との相関¹⁾

下共に、カビ指数が検出され、それぞれ 34.7 ± 1.7 , 96.5 ± 14.6 を示し、カビが生育しやすい環境であることが分かった。文献値⁷⁾と比較すると、カビ指数 34.7 ± 1.7 は、居室や押入れと同等の環境、カビ指数 96.5 ± 14.6 は、冷房時の空調機や夏期の浴室と同程度の環境であると考えられる。

(5) 地下ホーム騒音の周波数特性⁴⁾

図-6に、地下ホームの暗騒音、アナウンス及び列車出発時における、音圧レベルの周波数特性を示す⁴⁾。暗騒音とは、アナウンスや列車走行音等の明確な騒音源が存在しない時の音である。アナウンス及び列車出発時は、500 Hz前後にピークがあることが分かった。一方、暗騒音は、低周波数になるほど音圧レベルが高くなる傾向を示した。また図-6より、測定対象の地下ホームではアナウンスや列車出発時と暗騒音との騒音レベルの差が、約20 dBであることが分かった。つまり、短時間の間に、騒音のレベルやその周波数特性が変化する事が、地下ホームにおける喧騒感の要因の1つになっている可能性も考えられる。

4. まとめ

地下を含む駅空間について、空中浮遊微生物、モニターによる意識調査、騒音測定を実施した。その結果、駅構内の「におい」「きれいさ」に関する利用者の回答率に対しては、空中浮遊真菌のほうが、空中浮遊細菌よりも与える影響が大きく、また、「きれいさ」よりも「におい」を評価する方がより適切に評価できることが分かった¹⁾。

石膏ボード上にてカビ指数を計測した結果、石膏ボードの裏面が高湿度環境であると、表面にてカビ指数が検出され真菌が増殖しやすい環境になる湿度条件があることが分かった。

また地下ホームでは、短時間の間に騒音レベルやその周波数特性が変化する事が、地下ホームにおける喧騒感の要因の1つになっている可能性が示唆された。

5. おわりに

本報告では、これまでに実施してきた地下を含む駅空間における微生物測定、微生物量と主観評価の相関、騒音測定を中心に紹介した。駅空間の空気質評価は、ガスクロマトグラフ質量分析装置を用いたにおい評価へと展開している。今後は、駅空間内の細菌叢解析等による衛生環境の評価へと展開していきたいと考えている。

参考文献

- 1) 川崎たまみ, 京谷隆, 潮木知良, 伊積康彦, 早川敏雄, 駅における浮遊微生物量と衛生環境に関する主観評価

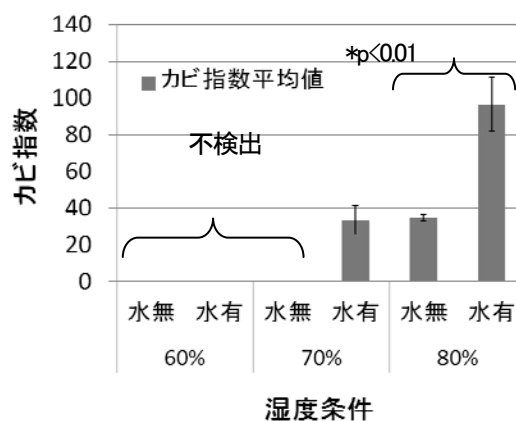


図-5 湿度条件と試験片表面のカビ指数との関係²⁾

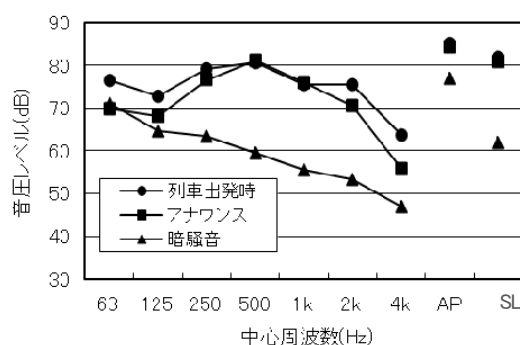


図-6 地下ホーム騒音の周波数特性⁴⁾

との相関, 鉄道総研報告, Vol., 24, No.9, pp. 45-50
2010年9月

- 2) 川崎たまみ, 潮木知良, 京谷隆, 吉江幸子, 阿部恵子, 不快臭が存在する居室におけるカビの生育制御, 鉄道総研報告, vol., 30, No. 9, pp.41-46, 2016年9月
- 3) 川崎たまみ, 京谷隆, 潮木知良, 藤浪浩平, 早川敏雄, 駅構内の空気質に与える微生物の影響評価, 鉄道総研報告, Vol., 22, No.5, pp. 35-40, 2008年5月
- 4) 伊積康彦, 藤井光治郎, 駅空間の音環境に関する実態調査と主観評価試験, 鉄道総研報告, Vol., 21, No., 8, pp. 47-52, 2007年8月
- 5) 高鳥浩介他: 紙本, 絹本の湿度差によるカビ発生, 保存科学, No.54, pp. 133-142, 2015年
- 6) Tamami Kawasaki, *et al.*, Distribution and Identification of airborne fungi railway stations in Tokyo, Japan, J Occup Health, vol., 52, pp. 186-193, 2010
- 7) 阿部恵子, カビの発育を利用する環境評価法, 建築設備と配管工事 5月号 pp. 13-17, 2012