

駅の衛生環境評価手法の検討

環境工学研究部 生物学
研究室長 早川敏雄

1. はじめに

駅は通勤・通学・旅行などの様々な理由で鉄道を利用する人々が集まる空間であるため、他の公共的施設に比べて、利用者が大量かつ極めて多様であることを特徴としている。これら多様な旅客の満足度を高めるために、近年の駅施設は、バリアフリー化や乗り換えの利便性、案内表示のわかりやすさの向上など様々な改良が取り入れられ、利便性が非常に高まっている。しかしその一方で、住居や事務所などの快適性も著しく向上しているため、旅客が駅に対してもさらなる快適性を期待することは自然な流れであるだろう。鉄道総研では従来から駅の快適性に寄与する因子として、温熱環境や粉塵などの空気質に関する調査研究を行ってきた。一方、近年の清潔志向の高まりを背景として、我々は、これらに加えて、微生物の存在やそれが発するにおいを含めた『衛生環境』を、駅の快適性因子に加えたいと考えている。

現在、都市部の駅では大型化や地下部分の利用などにより、閉鎖的空間が増えている。このため、年間を通じた温湿度の安定化や空気滞留など、従来よりも微生物の生育に適した環境になっている可能性がある。そこで、先ず駅利用者の衛生に関する意識の調査を行い、「清潔さ」の要求度や駅構内部位毎の印象を調べた¹⁾。また、これらの調査結果と駅構内の微生物の関心に注目し、駅空気中の浮遊性微生物の調査²⁾を実施するとともに、微生物と空気中における物質の関係について、化学分析による解析を試みている³⁾。本発表では、現在までに得られた知見を紹介する。

2. 衛生環境に関する旅客意識

駅の特徴は多様かつ大量の人々が利用することにあるという考えから、都心部に近い駅であり、かつ、構造的に地上および地下にコンコースとホームを有する駅 A と、一般的な橋上駅 B の 2 駅を主な調査対象とした。これらの駅に、一般から募った被験者を案内し、現地でアンケートに回答するモニター調査を行った。また、より多人数から意見を集めるため、アンケート用紙を郵送し、回答を回収する郵送調査も合わせて実施した。

郵送回答者から得られた結果を整理したところ、「見た目の清潔さ」と「混雑度」が駅の

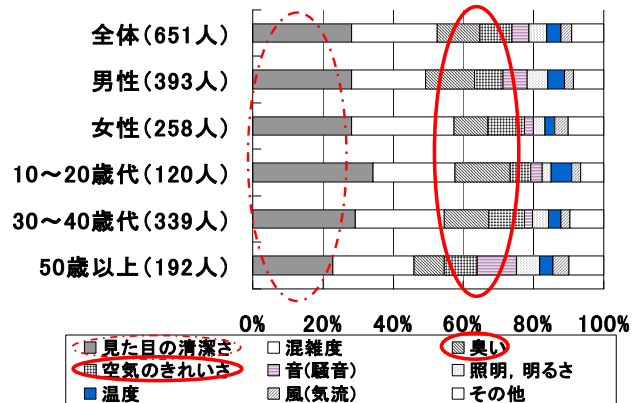


図1 駅の快適さ要因に関するアンケート結果

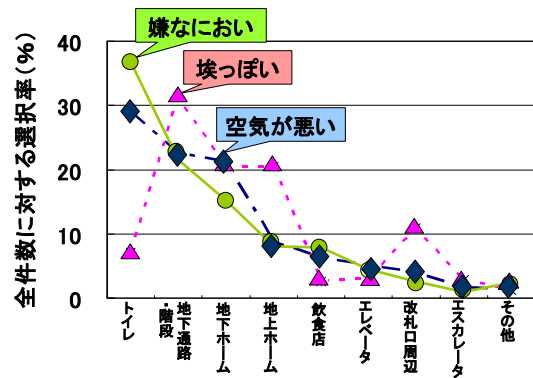


図2 空気環境を不快に感じる場所

快適性に重要と考える割合が高く、若年群ほど、「見た目の清潔さ」と「臭い」を重視する傾向が認められた(図1)。地点別では、トイレ、地下通路・階段、地下ホーム、地上ホームが「空気が悪い」場所であり、「におい」ではトイレの不快感が高く、地下通路や地下ホームでは「ほこりっぽさ」を理由に不快感が高いことがわかった(図2)。郵送調査の場合には、実際以上に回答者の思いこみが強く反映されている可能性は

あるが、駅においても「清潔さ」や「におい」を気にする層が存在することは間違いないと考える。また、トイレの「におい」が不快とされることは予想されたことであるが、地下空間などの「空気が悪い」に関して「カビくさい」という指摘があったことは予想外であり、このことから、カビなどの微生物の存在が駅空間の「におい」環境の形成に寄与している可能性を考えた。

3. 駅空間におけるカビの存在と快適性との関係

上記のように被験者がカビの存在を意識しない状態で、「空気の悪さ」を指摘していた可能性が考えられたことから、意識調査における各調査地点において空気中に含まれるカビ(空中浮遊カビ)量を計測することで、両者の関係をさらに検討した。その結果、この空中浮遊カビ量と主観評価との間には、高い相関関係(相関係数=0.96)が認められ、浮遊カビ量が多い場所では「空気が悪い」という回答が増えることが確認できた。

さらに、この結果を詳細に検討したところ、図3に示すように、空中浮遊カビ量が300個/m³(コロニー形成単位:1m³の空気中に含まれる微生物量(個数)を意味する)を越えると、7割以上の被験者が空気に対して「何かしら気になる」ことを示し、さらに500個/m³以上では、1割が「非常に気になる」という反応を示していたことがわかった。したがって、空中浮遊カビ量を計測することで、その場の空気の「質」を旅客がどのように感じているか、を評価することが可能になるかもしれない。(ここでのカビ量は、培地としてDG18を用い、30℃で培養した場合の値を用いており、他の条件下では異なる値になる可能性はある。)

4. 駅空間におけるカビの分布と種類

意識調査の結果、地下空間でカビ臭が指摘されたことから、調査対象駅の地下部と地上部を利用して、それぞれにおける浮遊カビ量を調査した(図4)。両駅間で、地上部分の空中浮遊カビ量には大きな差は認められなかったが、A駅の地下部分では冬・夏ともに浮遊カビ量が多いことが示された。その理由の一つとして、夏期の高湿度の影響が考えられる。しか

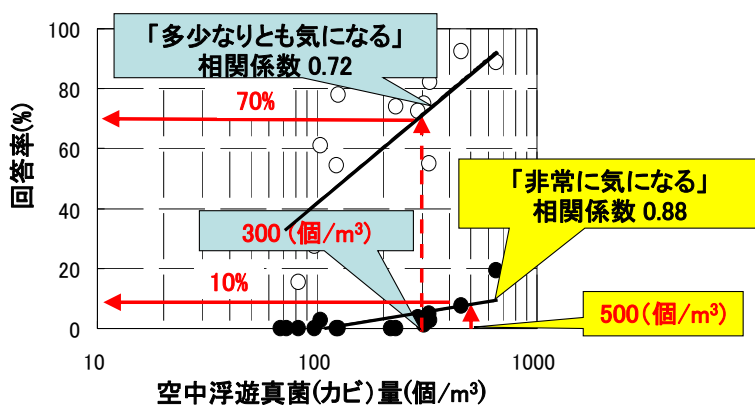


図3 駅構内のカビ数と「感じ方」の関係

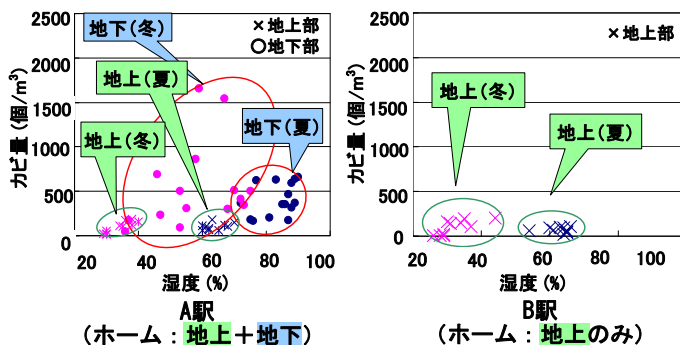


図4 地上部・地下部のカビ量の違い

し、冬期の湿度は必ずしも高くないことから、その他の因子の存在も考える必要があるだろう。一つの可能性としては、駅の地下部分に隣接するトンネル内にカビが存在し、列車の通過風とともに、駅構内に運ばれて来ているのではないかと考えられる。一般に、トンネル内は温度の季節変化が少なく、湿度も高いため、微生物の生育に適していると考えられている。

一方、捕集されたカビを培養し、その種類を調べた結果、両駅ともにクロカビ (*Cladosporium*) がもっとも多くを占めていたが、地下ホームではコウジカビ (*Aspergillus*) の存在量が多いなど、種構成比に若干の違いがあった。地上部の浮遊カビは一般環境中に漂っているカビをたまたま捕集したものと考えられるのに対し、地下部の試料は、駅構内や隣接するトンネルで生育しているカビ種類を反映しているものと考えられる。ただし、今回は DG18 培地を使用しており、微生物の種類によっては、DG18 以外の特定の培地上でしか生育できないものもあることから、ここに示した以外のカビが存在している可能性も大いにある。

5. カビとにおいの関係の解析

駅構内における「におい」環境の形成には、建材から放出される揮発性物質や、構内店舗に由来する香りのほか人間自体が発するにおいなど様々な原因が関与しているものと考えられる。そして、上述の意識調査とカビの探索結果を根拠として、我々はカビ類が放出するにおい物質も、それらの要因の一つとして少なからず影響しているのではないかと考えている。この問題を明らかにするためには、駅環境に存在するにおい物質とカビの関係を調べる必要があり、駅構内空気中のにおいと微生物が放出するにおい物質の両方の化学分析を目指すことにした。

通常、においとして検知される物質は化学的に小さくて揮発性が高い物質であると考えられている。また、人の嗅覚は非常に感度が高く、物質によっては最新の分析装置以上に鋭敏であるといわれている。このため、通常の方法では吸引ポンプを用いて大量の空気を集め、これに含まれる揮発性物質を濃縮してから、ガスクロマトグラフ (GC) と呼ばれる分析装置に試料として導入することで分析が行われている。この方法では、測定現場にポンプ等を長時間設置する必要があるため、駅に設置するには時間帯が限られるという問題がある。また、専用の特殊な装置が必要なことや、回収できないロスが存在することなど駅で実施するには課題が多かった。このため、より簡便な駅のおい物質採取方法を検討し、固相マイクロ抽出 (SPME) ファイバーを利用する方法を試みた。SPME ファイバーには吸着剤が塗布されており、使用時に本体から押し出すことで周辺の空気中の揮発性化学物質を表面に吸着するという性質がある。実験室に持ち帰った後、ファイバー部分を直接 GC の試料導入孔に挿入すると、導入孔部分の熱によって吸着物が脱離するため、試料をロスすることなく分析装置に送り込むことができる。駅のおい分析に先立ち、総研施設内で SPME ファイバーによるにおい採取を行った(図5)。SPME ファイバーによる採取法では検出できたものの、従来法による採取では検出されなかった成分が存在するなど、この試料採取方法の有効性を確認することができている。現在、この方法を用いていく

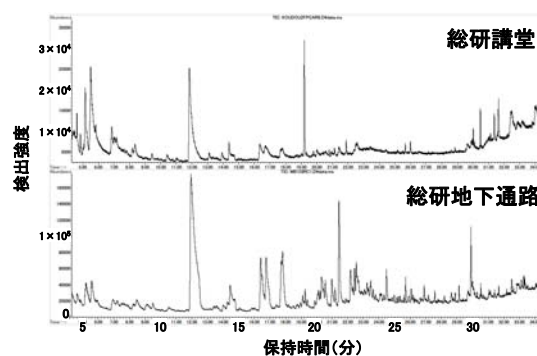


図5 SPMEファイバーを用いた室内空気の分析例

つかの駅において、におい物質分析データの蓄積を進めている。

一方、カビを含めた微生物が放出する揮発性物質についても、図6に示す手順で分析を行った。すなわち、採取した微生物を密閉容器内で培養し、これにSPMEファイバーを挿入することで空気中の物質を採取した。その後、ガスクロマトグラフ・質量分析装置（GC/MS）を用いて物質の同定をおこなった。一例として駅構内から単離されたコウジカビの一種である

Aspergillus versicolor を対象とした分析結果を表1に示す。ここに示した化合物はいずれも特有のにおいを有する揮発性物質であり、SPMEファイバーを用いたにおい物質採取法がにおい分析に有効であることが確認できたと考える。しかしながら、微生物が生産する揮発性物質の種類や量は、栄養源により大きく変化するといわれている。このため、現在は建材などを培地に加えることで、より駅環境に近い条件でどのようなにおい物質が生産されるかを検討している。また、*A. versicolor* 以外の駅由来微生物に関しても同様の検討を行っていく予定である。

6. おわりに

本研究は、当初は駅施設の「清潔さ」を念頭に開始したものであったが、次第に「におい」に研究の中心を移しつつ進めてきたものである。現在のところ、旅客の意識調査、カビの単離・同定、揮発性物質の定性分析などが実施できるようになった段階に過ぎないが、さらに各物質の定量方法を確立するとともに、「におい」としての物質評価を行うべく、現在その準備を進めている。また、駅にはどのようなにおい環境が適するのか（あるいは適さないのか）を考えるために、総研構内に新設された駅シミュレーターを活用し、様々な研究を実施していきたいと考えている。なお、本研究の一部は、国土交通省補助金により実施されたものである。

参考文献

- 1) 鈴木浩明他：衛生・清潔に関する利用者意識の実態と要望の分析、鉄道総研報告、Vol.,19、No.1、pp.15-20、2004
- 2) 川崎たまみ他：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、印刷中
- 3) 京谷隆他：鉄道駅で採取された真菌が発生するにおい物質のSPME-GCMS法による分析、第80回日本産業衛生学会、2007



図6 カビが放出するにおい物質の分析手順

表1 *A. versicolor* 培養菌体が放出した揮発性物質

Alcohols	Terpenes
Ketones	Others
2-Methyl-3-buten-2-ol	α -Pinene
Isobutanol	Camphene
1-Butanol	β -Pinene
Isoamylalcohol	Limonene
2-Methyl-1-butanol	Isoprene
1-Octen-3-ol	Dichloromethane
3-Octanone	3-Methylfuran
Camphor	(<i>m</i> -, or <i>p</i> -)Dichlorobenzene