

## 鉄道施設内の衛生環境評価

環境工学研究部 生物学

主任研究員 川崎たまみ

### 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、案内表示の分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。また、一般的には住居や事務所等の衛生環境も改善され、快適性も著しく向上したため、旅客が駅に対しさらなる清潔さ、快適性を期待することは自然な流れである。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、温熱環境等に関する調査研究を行ってきた。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、駅の快適性因子として微生物に注目した。現在、都市部の駅では大型化や地下部の利用等により、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。微生物の存在は、単に視覚的な衛生感を損ねるだけではなく、不快感や空気環境を左右する悪臭の要因となりうるということが報告されている。

そこで、まず駅利用者の衛生に関する意識の調査を行い、快適さへの要求度や駅構内部位ごとの印象を調べた<sup>1)</sup>。また、駅空气中の浮遊性微生物の調査<sup>2)</sup>を実施するとともに、意識調査結果と駅構内の微生物の関係に注目し、微生物と空气中のにおい物質の関係について、化学分析による解析を試みている<sup>3)</sup>。本発表では、これ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

調査対象駅としては、主に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「におい」を重視する傾向が認められ

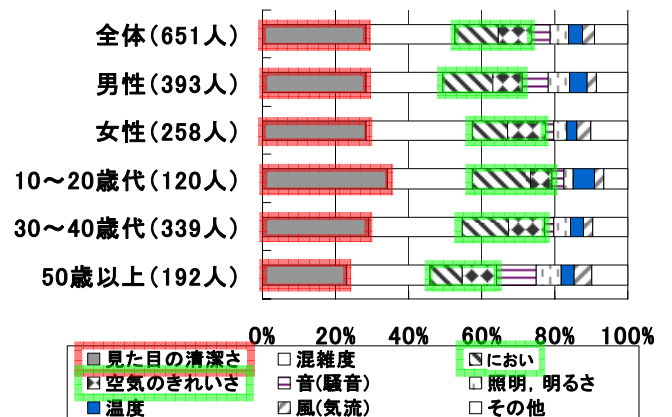


図1 駅の快適さ要因に関するアンケート結果

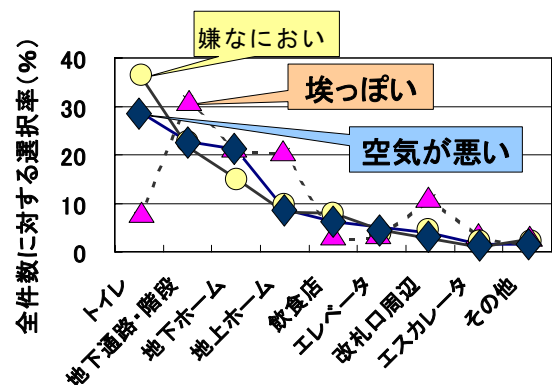


図2 空気環境を不快に感じる場所

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」という指摘もあり、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において空中浮遊カビ量を測定した(図3)。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。

一方、駅で捕集したカビを培養し、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、地上部と地下部では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。

### 4. 駅空間におけるカビの存在と快適性との関係

図4には、モニター調査の「この場におけるにおい」に対する主観評価と、その場の空中浮遊カビ量との相関を示す。この主観評価と空中浮遊カビ量との間には、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「においが気になる」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4に示すように、空中浮遊カビ量が300 cfu/m<sup>3</sup>(コロニー形成単位:1 m<sup>3</sup>の空気中に含まれる微生物量(個数)を意味する)を超えると、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 cfu/m<sup>3</sup>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、その場の空気のおいさを旅客がどのように感じているか、を評

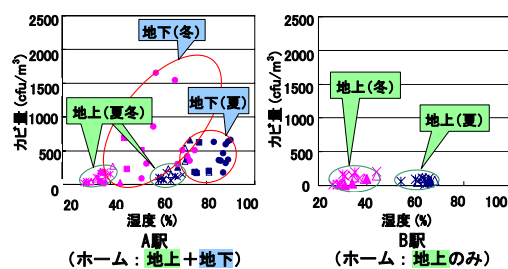


図3 地上部・地下部間のカビ量の違い

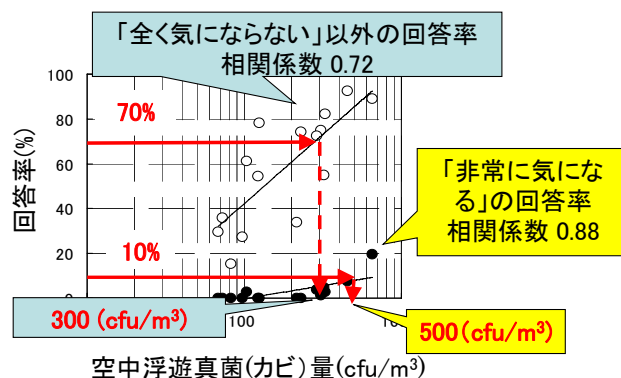


図4 駅構内のカビ数と「感じ方」の関係

価することが可能になるかもしれない。ただし、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。

## 5. カビとにおいの関係の解析

意識調査において、駅地下構内の不快臭が指摘され、一方微生物調査では、地下構内にてカビが多く検出される場合があったことから、駅構内に存在するカビが、なんらかの不快臭の要因の1つであるのではないかと考えた。この点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ことが必要であり、駅構内空気中のおいに関する揮発性物質とカビが放出する揮発性物質の両方の化学分析を実施した。

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し分析を行う。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、駅に設置するには場所や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、駅で微量なおいに関する揮発性物質を採取するには課題が多かった。このため、より簡便な揮発性物質採取方法を検討した結果、固相マイクロ抽出 (SPME) ファイバーを利用する方法を試みることにした。

SPME ファイバーには吸着剤が塗布されており、揮発性物質採取時に本体からファイバー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ファイバーに吸着した揮発性物質が脱離するため、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(図5)。駅のおいに関する揮発性物質分析に先立ち、総研施設内で SPME ファイバーによる揮発性物質採取を行った。人が「においが異なる」と感じることで測定箇所では、揮発性物質の検出パターンも異なるという結果を得ることができた。更に従来法による採取では検出されなかった物質が、SPME ファイバーによる採取法では検出できた等、この試料採取方法の有効性を確認した(図6)。現在、この方法を用いて、駅におけるおいに関する揮発性物質の分析データの蓄積を進めている。

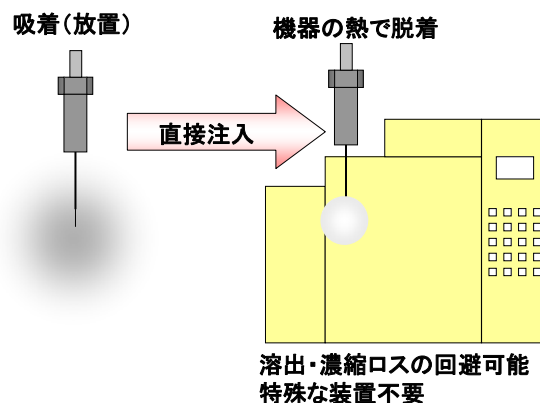


図5 SPMEを用いた分析操作のイメージ

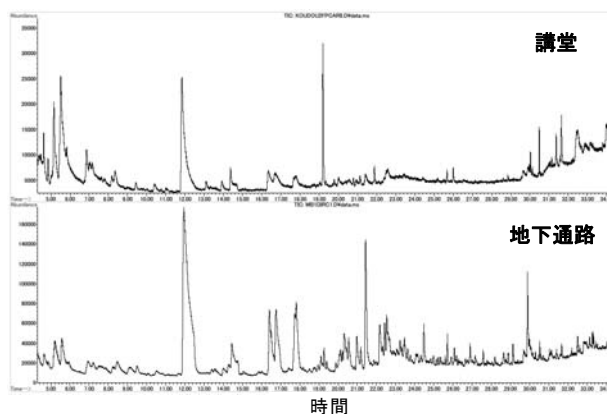


図6 SPMEファイバーを用いた室内空気の分析例

一方、カビが放出する揮発性物質についても、図7に示す手順で分析を行った。すなわち、駅で採取したカビ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、カビが放出する揮発性物質を採取した。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行なった。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、本報で用いた SPME ファイバーによる採取法が、においに関する揮発性物質の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、今後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する予定である。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。



図7 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	$\alpha$ -Pinene
Isobutanol	Camphene
1-Butanol	$\beta$ -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

## 6. おわりに

駅の衛生環境を評価するにあたり、意識調査、微生物調査、においに関する揮発性物質の分析といった一連の流れを紹介した。今後は駅にはどのような衛生環境が適するのかわから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、様々な評価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、pp.35-40、2008
- 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