

駅空間の空気環境を評価する

川崎 たまみ

環境工学研究部
(生物工学 主任研究員)

京谷 隆

同
(同 副主任研究員)

潮木 知良

同
(同 副主任研究員)



かわさき たまみ



きょうたに たかし



うしおぎ ともよし

はじめに

公共性の高い鉄道施設は地下空間、トンネルなどさまざまな空間により構成されており、鉄道施設内の衛生環境を評価・把握し、それを向上させることはより安心で快適な鉄道を提供する上で非常に役に立つと考えます。そこで駅の衛生環境の実態を調べるために、駅空間の空気環境を評価することに着手しました。具体的には鉄道利用者の意識調査、駅空間の微生物調査及びにおい関連物質の分析を実施しました。得られた結果の一部をご紹介します。

鉄道利用者のニーズ

鉄道利用者の駅における衛生環境に関するニーズを詳しく把握することを目的に、郵送によるアンケート調査を実施しました。この調査は、駅利用者にあらかじめアンケート用紙を配布し、回答を記入して頂いた後、郵送にて返送していただく方式で実施しました。この調査では651名の駅利用者から回答を得ることができました。

その結果、アンケート調査にて「駅の快適性を考える上で最も重要な要因」を尋ねた場合、「におい」や「空気のきれいさ」が両者併せて約2割を占めることが分かりました。また、「駅構内の空気環境を意識したことがあるか」という問いでは、1割前後の利用者が強い不快感を示すことが分かりました。さらに不快なおいのおい具体例として約3割の人がカビ臭を挙げています。不快感を覚える地点としては、地下環境が多く挙げられました。すなわち鉄道利用者は、駅構内の「におい」を含めた空気環境に対する関心が高く、特に地下構内の空気環境に不快感をもっていることが明らかになりました¹⁾。

空気環境を左右する微生物

空間内の空気環境を決定する要因として、二酸化炭素(CO₂)、一酸化炭素(CO)、揮発性有機化合物(VOC)、窒素酸化物(NO_x)、浮遊粉塵、たばこ煙、オゾン、微生物等が挙げられます²⁾。中でも微生物の存在は、単に視覚的な衛生観を損ねるだけでなく、不快感や空気環境を左右する悪臭の要因となりうる事が報告されています。そこで駅空間の空気環境を左右する要因把握の第一歩として、駅構内における空中浮遊微生物に注目し、駅構内空气中に浮遊する細菌(空中浮遊細菌)とカビ(空中浮遊カビ)を測定対象とし、その浮遊量と種類を調査しました。

空中浮遊微生物の採取には、エアースンプラーを用います。この装置には、微生物を培養できる栄養分を含む寒天培地と、空気を吸引できるポンプが内蔵されています。ポンプで一度吸引された空気は寒天培地に衝突し、微生物を



図1 モニター調査の様子

寒天培地上に付着させた後、装置外に排出されます。この装置を床からの高さ約150cmの位置に設置し(図2左)、空気0.2m³を吸引して、空中浮遊微生物を寒天培地上に捕獲します。細菌及びカビ採取用には、それぞれ細菌やカビに適した寒天培地を用いました。これら空中浮遊微生物採取後の寒天培地を一定時間培養することで空气中を浮遊する微生物の数や種類を調べることができます(図2右)。

図3は実際の駅において測定した相対湿度と空中浮遊カビ量との関係を示します。各測定部位の相対湿度は、夏冬共に、地下ホームにおいて最も高い値を示しました。カビ数は、夏冬間の統計的な差がみられなかったものの、地下ホームにて多く検出されました。これらのことから高湿度である地下ホームは、カビが増殖し易い環境であり、それに伴い空中浮遊カビが多いと考えられます。一方、ここで



図2 空中浮遊微生物採取の様子(左)と出現したカビ(右)

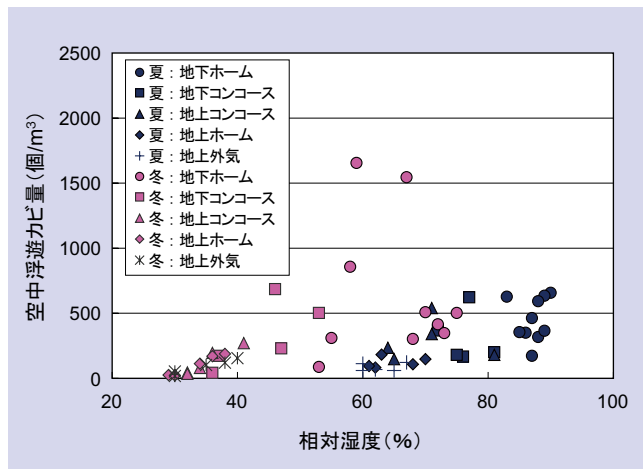


図3 A駅における空中浮遊カビ量

はデータは掲載しませんが、空中浮遊カビと同日に同じ場所で測定したにもかかわらず、空中浮遊細菌は地上コンコースで最も多く検出される、といったようにカビと細菌では分布の違いが見られました。

無意識にカビ量を感じている？

郵送によるアンケート調査の結果、利用者にはおいを含めた空気環境に関心が高いことが分り、一方微生物調査の結果、地下構内ではカビが多く検出されたことから、両者間の相関を調べるためにモニター調査を実施しました。モニター調査とは、被験者が実際に駅構内を歩き、指定された地点で主観的に評価を行うという方法で行い(図1)、計216名に参加して頂きました。このモニター調査では、調査地点を十数地点用意し、調査地点毎に、「この場所のにおいが気になりますか？」という設問に対して、「全く気にならない」から「非常に気になる」の4段階で評価をしてもらいました。

図4は、各調査地点での「この場所のにおいが気になりますか？」との質問に対する主観評価の回答率(縦軸)と、その地点の空中浮遊カビ量(横軸)との相関を示します。図4より、駅構内のにおいが「何かしら気になる」と答えた回答率と空中浮遊カビ量との間には高い相関(相関係数0.72)が見られる事が分かりました。「非常に気になる」と答えた回答率と空中浮遊カビ量との間には更に高い相関(相関係数0.88)がみられました。一方同様の方法で空中浮遊細菌量との関係を解析した結果、「何かしら気になる」と答えた回答率と細菌量の相関係数は0.29

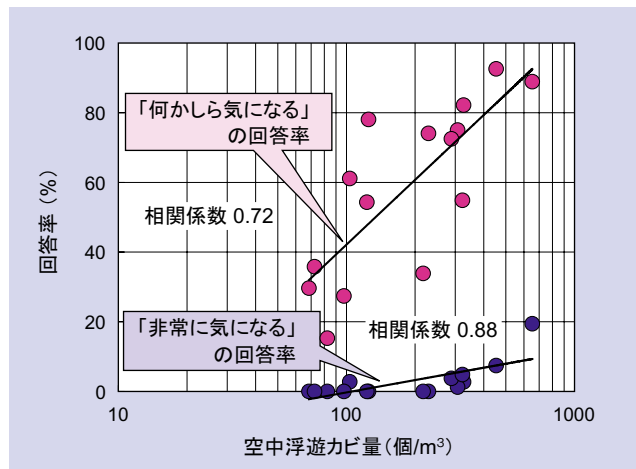


図4 においが気になる回答率と空中浮遊カビ量の相関

でした。これらの結果から、駅構内のおいへの影響は空中浮遊細菌量よりも空中浮遊カビ量の方が大きいことが分かりました。これらのことから、私達は無意識のうちに目に見えないカビの存在を感じているのかもしれない。

におい関連物質の化学分析

駅利用者への意識調査で不快と指摘された地下構内では多くのカビが検出され、においに対する主観評価と空中浮遊カビ量との間に高い相関がみられることが分かりました。そこで次にカビとにおいの関係を調べたいと考えました。しかし、これまで駅構内のおい関連物質の標準的な分析手法は存在しませんでした。このため、駅構内に適用できるにおい関連物質の分析手法の検討から始めることにしました。

駅構内の微量なおい関連物質を分析するためには、高感度で試料損失の少ない手法であると同時に、利用者の通

行を妨げずにおい関連物質の捕集ができる方法が必要となります。そこで、SPME (Solid phase microextraction : 固相マイクロ抽出) 法を、駅のおい関連物質分析に応用することを考えました。この方法は本来密閉容器に入れた、液体もしくは気体中の成分を抽出・濃縮するための手法です。この手法で使用する器具 (SPME ファイバー, 図5) はサイズが小さく、かつ吸着能力が高いといった特徴に着目しました。サイズが小さいことは、駅構内に設置する上で非常に好都合であり、高い吸着力は、微量なおい関連物質を捕集・濃縮することに効果的です。試料採取後のSPME ファイバーはそのまま分析装置 (GCMS : Gas chromatography-mass spectrometry : ガスクロマトグラフ質量選択性検出器) に導入できるため、高感度かつ試料損失も少なく分析可能となります (図5)。以上のことから、SPMEとGCMSを組み合わせた手法 (SPME-GCMS法) を検討しました。

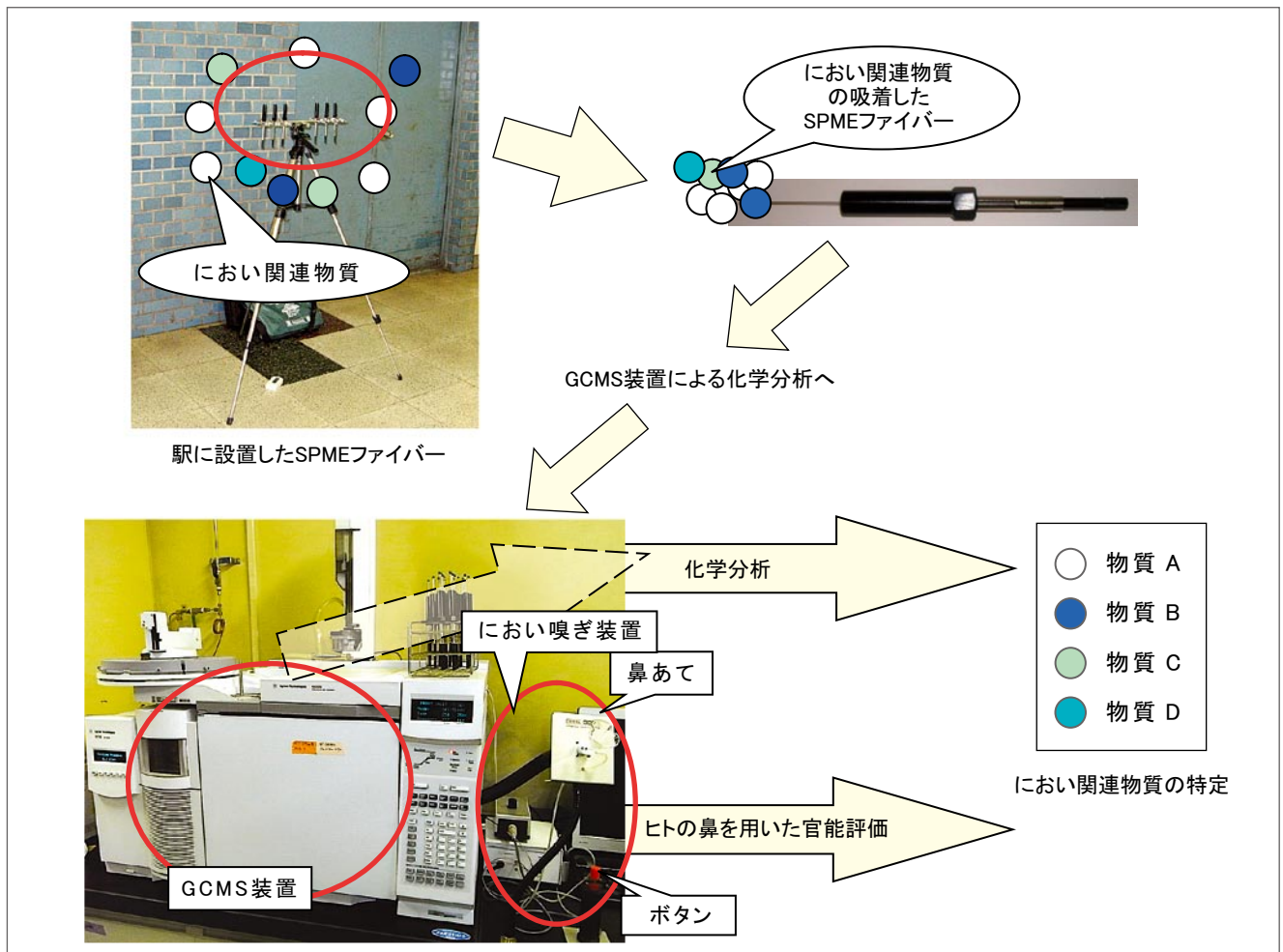


図5 おい関連物質分析のフロー図

まず、駅の空気中から検出されたクロカビ、コウジカビ及びアオカビを実験室内において培養し、空気中に放出するにおい関連物質をSPME-GCMS法により調べました。具体的には、フラスコ内の寒天培地にカビを接種し、培養中にフラスコ内に放出されたにおい関連物質をSPMEファイバーに1時間吸着させ、GCMSで分析しました。

図6に駅で採取したコウジカビの培養中に放出された物質の分析例を示します。炭素数10個までのアルコール類、ケトン類、テルペン類等が検出され、悪臭の要因になり得る物質（イソブタノール等）も検出されました。このようにSPME-GCMS法によりカビに由来するにおい関連物質の分析が可能であることを確認しました。またアオカビにて同様の分析をした結果、主に炭素数8個までのアルコール類、ケトン類、エステル類が検出され、コウジカビ同様、イソブタノールも検出されましたが、テルペン類は殆ど検出されませんでした。駅ホームにて最も多く検出されたクロカビは、今回の実験条件ではほとんどにおい関連物質を放出しませんでした。このようにSPME-GCMS法によりカビに由来するにおい関連物質の分析が可能となった結果、カビの種類が異なると放出されるにおい関連物質が異なることも確認できました。

また、一連の分析を開始する前は、「カビ臭」といった特別なにおいに関連した物質が存在するものと考えていましたが、いざ分析を進めていくと、実は特別な「カビ臭」物質が存在するわけではなく、自然界にも存在する物質の集合からなる複合臭であることが分かりました。また、興味深いことにこれらの物質の中には、たとえば、「リモネン」というレモンやみかん等の柑橘系果物にも含まれる物質もあるのです。

駅への応用

次に、この方法が実際の駅空間にでも適用できるかを検討しました。駅の地下ホームにSPMEファイバーを設置し、3時間気体試料を吸着させ、容器に入れ実験室に持ち帰り、GCMSにて分析を実施しました。非常に多くの物質が検出され、 α -ピネン、カンファー等のカビからの放出が確認されている物質も検出されました。また、ある条件下でコウジカビが放出するとの報告がある、2-エチル-1-ヘキサノールの存在も確認されました。以上の検討結果より、本来は密閉容器内の液体及び気体中物質の分析に使用されて

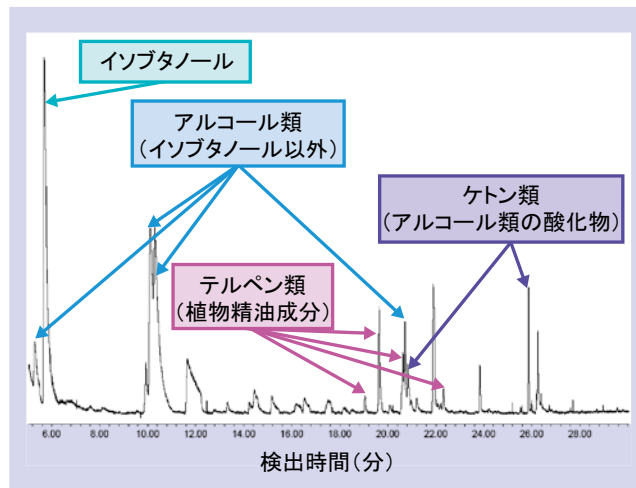


図6 コウジカビが放出するにおい関連物質分析例

いたSPME-GCMS法ではありますが、駅構内大気中のにおい関連物質の有効な分析手法になることを確認しました。

おわりに

このように、駅の空気環境を左右する空中浮遊カビやにおい関連物質について少しずつデータが集まってきました。ただ、においというものはやっかいなもので、同じ物質でも濃度が変わると、人の感じ方が「快」から「不快」へと変わったり、また他の物質と比べ桁違いに低濃度であっても人には不快に感じられる物質もあるのです。そこで現在は、GCMS装置に「におい嗅ぎ装置」というものをつけて（図5）、機器分析だけではなく、人の鼻による官能評価も試んでいます。

駅空間の空気環境の評価について、現在取り組んでいる手法及びそれらから得られた知見をご紹介します。さらにデータを蓄積して駅の空気環境の改善に役立てると共に、今後はこれらの手法を車両内の空気環境の評価にも応用していきたいと考えています。

なお、この研究の一部は国土交通省の補助金を得て実施いたしました。[RRR]

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, 2005
- 2) 柳 宇：オフィス内空気汚染対策、技術書院、2001