

鉄道一般
車 両
施 設
電 気
運転・輸送
防 災
環 境
人間科学
浮上式鉄道

# 車両空調の不快感の原因を探る

鉄道車両内の快適性を考える際に、においは一つの要因であることがいわれています。とくに車両空調稼働時にカビ臭がするとの印象が多いようです。そこで、空調稼働時の空気流路に着目し、一年間にわたり車両空調ダクト内の温湿度、カビ成長の指標としてカビ指数について測定しました。その結果、車内でカビ臭などの不快臭を感じる時期は、温湿度の上昇する時期と重なっていて、カビの成長にともない放出される代謝産物がカビ臭の正体の一部であると考えられました。



川崎 たまみ  
Tamami Kawasaki  
人間科学研究部  
生物工学研究室  
主任研究員



京谷 隆  
Takashi Kyotani  
人間科学研究部  
生物工学研究室  
主任研究員

## はじめに

鉄道車両内の快適性を左右する要因の一つとして、においがあげられます。利用者4131名に対して実施したWeb意識調査では、優等列車の利用にあたり、約6割が車内で嫌なにおいを感じたことが「非常にある」「時々ある」と回答し、その内訳として約4割が「タバコ・煙」「酒くささ」「汗・体のおい」「食べ物のおい」「香水・整髪料のおい」、約3割が「空調のおい」、約1割強が「カビ」のおいとお答えしていることがわかりました<sup>1)</sup>。また通勤列車内では、概して5月から6月の空調を稼働開始する時期に利用者が不快臭を感じる場合が多いようです。

## 空調ダクト内のカビに注目

そもそもにおいは、一つの成分からだけではなく複数の成分が集合して形成される場合が多く、カビ臭も例外ではありません<sup>2)</sup>。つまり、カビが発生しているところからカビ臭を感じても、そのにおいが環境中のカビ以外（たとえば壁材や床材）に由来する可能性も否定はできません。ですから車内で空

調稼働にともないカビ臭がしたとしても、その原因の“すべて”がカビに由来する、と断言はできません。しかし、カビの成長にともないカビ臭を感じることも事実です<sup>2)</sup>。そこで、空調稼働にともなうカビ臭の原因について調査をすることとしました。

空調稼働にともない、空調機へとりこまれた空気は、車両空調ダクトを通して空気吹き出し口から車内へ流れます。もともと車両空調ダクトは、開閉が容易にできない構造であるため、ダクト内部の状況を把握することが難しく、実際にダクト内環境がどのような状況であるのかに関する報告例もあまりありません。そのため、本調査では報告例があまりなかった車両空調ダクト内の環境に着目し（図1）、ダクト内に生息するカビがカビ臭の要因の一つであるにとらえました。

そこで空調稼働時ににおいが気になる通勤型車両の同一車両に対し、営業中、留置中も含めた長期間にわたり空調ダクト内の温湿度条件や、カビの成長指標として着目したカビ指数の測定を行いました。

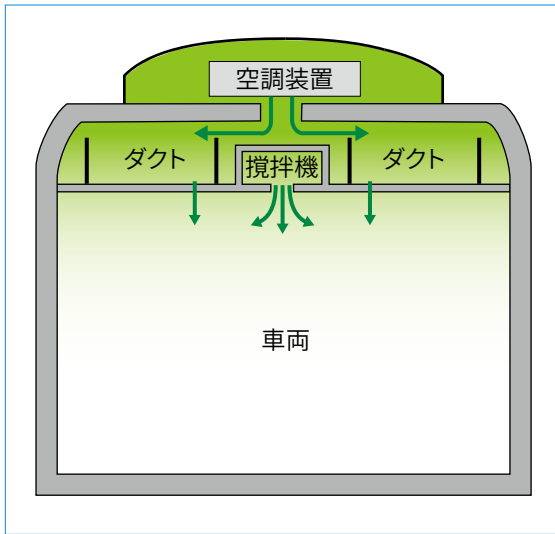


図1 車内空調ダクトイメージ図

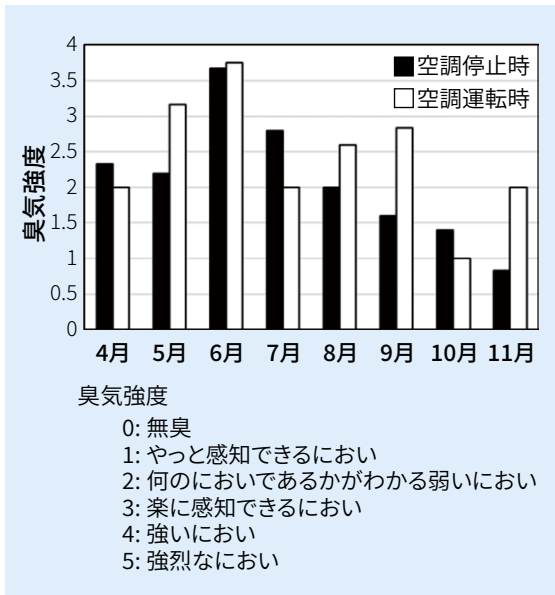


図2 においチェックシートによる臭気強度評価

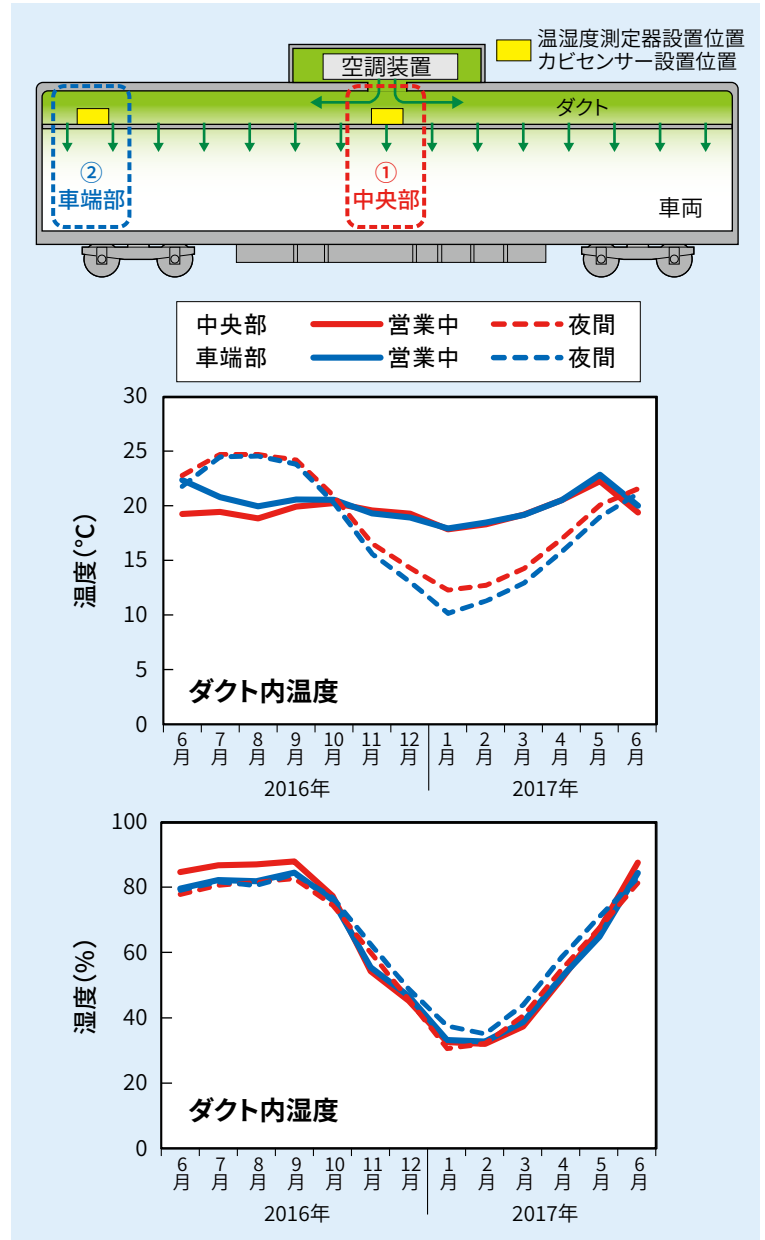


図3 車内ダクト内の温湿度測定位置及び測定結果

### 鉄道総研式においチェックシートによる車内臭気の現状把握

これまで、鉄道施設内のおいを簡易に記録したり評価したりできる手法がなかなか存在しなかったことが、においを取り扱う上での難しさでした。そこで、これまでに手軽に誰でもにおいの記録や評価ができる「鉄道総研式においチェックシート」を考案しました<sup>3)</sup>。チェックシートは、においの強さ(臭気強度)や、においの質についてもイメージしやすい31の評価語への当てはまり度を記録することで評価す

ることができます。本調査では、対象車両において筆者を含む担当者(2~5名)がこのチェックシートを用いて、臭気強度やにおいの質の評価を行いました。その結果調査期間(2017年4月~11月)を通じて空調稼働時・停止時ともに臭気強度(評価者2~5名の平均値)がもっとも高かったのは6月で、もっとも低かったのが10月でした(図2)<sup>4)</sup>。においの質は、「カビ」「汗・体臭」「生臭い」「生ゴミ・腐敗臭」という評価語への当てはまり度が高く、より空調稼働時に高い傾向がみられました<sup>3)</sup>。

### 空調ダクト内の温湿度

対象車両について、2016年6月~2017年6月の営業運転中および深夜の留置中を含め毎日24時間にわたり、空調ダクト内に温湿度測定器を設置し(図3中の①:当該車両中央部, ②:当該車両車端部)、温度および湿度を測定しました<sup>4)</sup>。その結果、月平均温度については、営業運転中は18~23℃で比較的安定していることがわかりました。夜間留置中は空調その他の電源をoffにしていたため、温湿度は外気の影響を受け季節に応じた変化

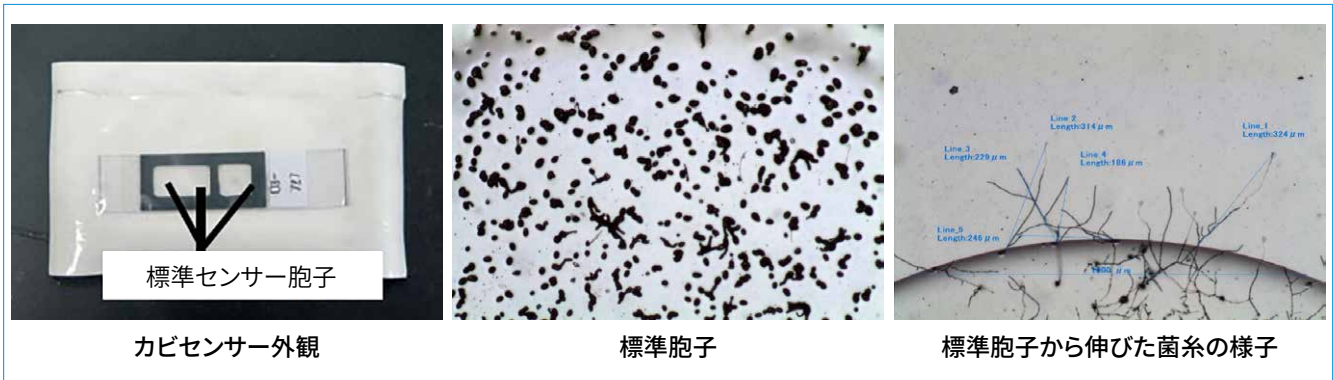


図4 カビセンサー外観(左), 標準孢子(中), 標準孢子から伸びた菌糸の様子(右)

を示していることがわかりました。また、月平均湿度については、営業運転中と夜間留置中では、ほぼ同じ傾向がみられました(図3)。7~9月の夜間留置中は、平均温度24℃以上、平均湿度80%以上の状況が続いており、カビの成長条件としては適していることがわかりました。

### 空調ダクト内のカビ指数

ダクト内の温湿度条件が明らかになりましたが、より確実にカビの成長状態を把握するために、カビセンサーを用いたカビ指数に注目しました。

カビは、植物でいうと種に相当する孢子が、環境条件が整うと発芽し菌糸を伸ばしながら成長します。この成長過程で、カビが栄養分を分解した結果、放出される揮発性物質(以下、代謝産物)がカビ臭の要因といわれています<sup>2)</sup>。このカビ孢子が発芽し菌糸を伸ばす性質を利用したのがカビセンサーです。カビセンサー内には、予め低湿、高湿で生育できる標準カビの孢子が封入してあります(図4左)。カビセンサーを環境中に設置した際、環境中の温湿度が発芽に適すると、センサー内標準カビ孢子(図4中)が発芽し菌糸を伸ばし(図4右)、菌糸の長さを設置日数で除することでカビ指数を算出します。カビ指数をカビ成長の指

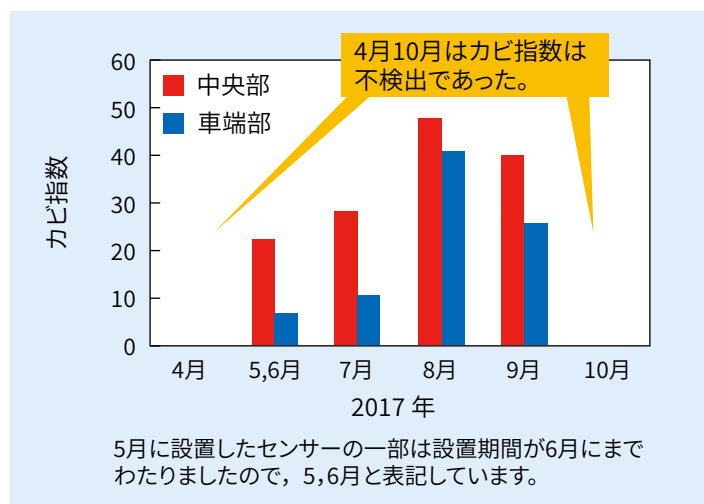


図5 カビ指数測定結果

標として測定すれば、より具体的にダクト内環境について考察できると考えました。2017年4月~10月末にかけて、車両中央と一方の車端部にあるダクト内の両壁に、カビセンサーを1回あたり計4か所、一定期間(4~7月までは平均15日間、8~10月は平均7日間)貼り付け、通常運転使用後回収しました。回収後、カビセンサー内の標準カビ孢子から、伸長した菌糸長を計測し、カビ指数値を算出しました。その結果、カビ指数は4月は不検出、5月後半6月上旬から検出され始め、8月に最大を示しました(図5)<sup>4)</sup>。すなわち、ダクト内カビの成長は、5月後半ごろから始まり、8月にかけて活発化していることが示唆されました。た

だし、10月にカビ指数は不検出であったことから、カビの成長は外気温や湿度低下にともない10月には停止していることがわかりました。では、カビの成長が停止すると、どのようなことがダクト内で生じているのでしょうか。カビの成長が停止すると、カビは孢子を形成し次の発芽の機会を待っている状態になります。そのカビ孢子の形成もやがて冬には停止すると考えます。

### 各要因とカビの状態の関係

これまでに、官能評価による臭気強度、ダクト内の温湿度とカビ指数の測定結果について述べました。ここで、これら各要因が検出される時期とその強度を、カビの孢子から孢子形成に至

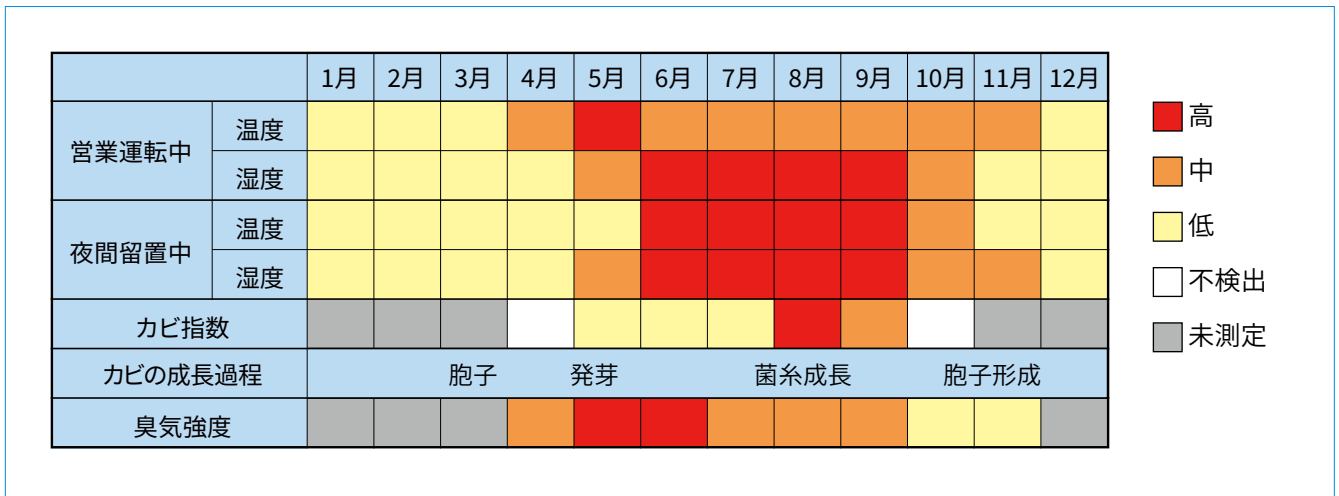


図6 カビ臭がする時期と各要因およびカビの成長過程との関係

るまでの成長過程に沿って図6にまとめて示します。色がより濃いと、評価値および測定値が高いことを示します。

車内で感じたにおいは、5、6月で最高強度を示し、同時にチェックシートにより調査したにおいの質の評価結果によると、空調稼働時にてにおいの評価語「カビ」への当てはまり度が高い傾向がみられました。しかし、その時期はカビ指数は検出され始めた初期のころで、ダクト内のカビ孢子がようやく菌糸を成長させはじめる（発芽する）時期と考えられます。これらのことから、不快臭がする時期は、ダクト内カビ孢子の発芽および成長初期と一致することが推察されました。加えてこの時期は、ダクト内温度が高くなる時期と重なります。そのため、カビの発芽や成長にともなう代謝産物が揮発しやすくなり、空調稼働時にダクト内空気が車内へ排出され、不快臭として認識された可能性が示唆されました。なお、カビ指数が不検出だった4月、臭気強度は中程度でした。一方、チェックシートによるにおいの質の評

価からは、においの評価語「カビ」への当てはまり度が4月は、空調稼働時間で6月時の約4割にとどまり、評価語「土」への当てはまり度は4月が6月の約3倍となる結果が得られました。これらより、カビ以外の原因で臭気強度が中程度となった可能性が考えられます。そして、この5、6月ごろから営業中と夜間留置中のダクト内温湿度が年間を通して高く、夜間留置中は最高値を示し、8月にはカビ指数は最高値を示すようになります。つまり、8月にかけてダクト内カビ孢子は、菌糸を伸長させ成長が活発であることが考えられます。しかし10月には、臭気強度は最低値を示しカビ指数も不検出となり、カビの成長が停止したことが示唆されました。つまり10月以降ダクト内ではカビの成長が停止し、孢子が形成されたことが考察されます。カビ孢子が多いと考えられる10月以降に臭気強度は低いことから、カビ孢子自体が不快臭の主要因とはつながらないことも考察されました。

### おわりに

これらのことから、カビに起因するにおいを低減させるには、ダクトは清掃しやすい構造ではありませんが、①5、6月中旬以降ダクト内水分を排除しカビの発芽を抑え、②10月以降ダクト内で産生される孢子を取り除くこと、が効果的であると考えています。RRR

### 文献

- 1) 京谷隆, 川崎たまみ: 鉄道車両内における衛生環境に関する利用者意識, 平成30年室内環境学会学術大会講演要旨集, 2018
- 2) 食品分析開発センター: 食品の異臭原因について, <http://www.mac.or.jp/mail/090901/03.shtml> (入手日: 2020/8/31)
- 3) 川崎たまみ: においチェックシート, 人間科学ニュース, 第184号, 2013
- 4) 川崎たまみ, 京谷隆, 丹谷暁: 鉄道車両内不快臭と空調ダクト内の環境要因との関係, 第25回鉄道技術連合シンポジウム (J-RAIL 2018) 講演論文集, No.2109, 2018