

公共交通機関における車室内空気質と今後の展望
—企業実務者らからみた環境過敏症—達 晃一¹⁾*, 篠原直秀²⁾, 金 勲³⁾¹⁾いすゞ自動車(株) 車両審査実験部 〒252-8501 神奈川県藤沢市土棚8番地²⁾産業技術総合研究所 安全科学研究部門 〒305-8569 茨城県つくば市小野川16-1³⁾国立保健医療科学院 〒351-0197 埼玉県和光市南2丁目3-6Indoor Air Quality in Public Transport and Future Prospects
-Environmental Hypersensitivity from the Perspective of
Business Practitioners-Koichi TATSU¹⁾*, Naohide SHINOHARA²⁾ and Hoon KIM³⁾¹⁾ISUZU MOTORS, LTD., 8 Tsuchidana, Fujisawa-shi, Kanagawa 252-8501, Japan²⁾National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 16-1 Onogawa, Tsukuba, Ibaraki 305-8569, Japan³⁾National Institute of Public Health, 2-3-6 Minami, Wako, Saitama 351-0197, Japan

要 旨

化学物質過敏症は、化学物質に暴露されることで発症するが、快適性の観点からは温熱環境なども重要な因子となる。環境過敏症では、振動や電磁波などの物理的要因も含まれ、人間の健康と快適性に関わる因子は複雑に関わっていることを理解する必要がある。人類の発展により技術分野が高度化細分化され、技術分野が多岐に渡る空気質の課題対応には、技術の横断融合が必要であり、近代化による技術の細分化が障害となっているのも事実である。ウイルス感染対策として、公共交通機関では外気導入が推奨されているが、屋外から流入する有害成分や、温熱快適性の実現には、外気流入成分の低減や適切な量の換気が必要となっている。また、空気は目に見えないため安心を提供するためには、空気質の見える化技術も重要となっている。

Abstract

Chemical hypersensitivity is caused by exposure to chemical substances; however, thermal and other environments are also essential factors from comfort. Environmental hypersensitivity also includes physical factors such as vibration and electromagnetic waves, and it is necessary to understand that human health and comfort factors are intricately related. The development of humankind has led to the sophistication and subdivision of technological fields, and the cross-fertilization of technologies is necessary to deal with air quality issues in a wide range of technical fields. It is also true that the subdivision of technologies due to modernization has become an obstacle. The introduction of outdoor air is recommended in public transportation as a measure against viral infections. However, to prevent harmful components from flowing in from the outdoors and achieve thermal comfort, it is necessary to reduce the components flowing in from the outdoors and to ventilate the air in appropriate amounts. In addition, since air is invisible, it is crucial to visualize the air quality to provide peace of mind.

Key words: 環境過敏症(Environmental hypersensitivity), VOC(Volatile organic compounds), 換気(Ventilation), 公共交通(Public transportation)

1. はじめに

公共交通機関(自動車)における空気質の取り組みは、日本自動車工業会が2005年に策定した『車室内揮発性有機化合物(VOC)低減に対する自主取り組み』が唯一の取り組みである。これ以降、車室内VOC濃

度の低減活動が実施されている。これらの測定条件は車室内より発生するVOCを厳しい条件で評価するために、内気循環における評価としている。しかし、実際の運用では外気導入の選択もあるし、車両が自動で内気・外気モードを制御している車両もあ

*Corresponding author (責任著者) Email: kouichi-tatsu@isuzu.co.jp, Tel: 0466-45-2625

受付日: 2022年2月14日 (Received: 14 February 2022)

受理日: 2022年2月28日 (Accepted: 28 February 2022)

る。2020年から猛威を振っている新型コロナウイルスの登場で、外気導入や窓開けによる換気が推奨されていることを考慮すると、このような運用下における車室内環境の最適化を検討する必要がある。また、外気導入や窓開け換気が不可能な車両や窓開け換気に適さない環境条件もあるため、恒久的な対策運用の検討も必要である。

今後の空気質は、車外から流入および持ち込む汚染質と、環境負荷を考慮したエネルギーマネジメントが必要となっている。

2. 公共交通の換気の実力

公共交通機関として大型路線バスの換気量を参考

事例として提示する¹⁾。路線バスの空調には外気導入というモードが無く、窓開けか換気扇による換気に対応することになる。路線バスの空調システムをFig. 1に示す。換気量の測定は、トレーサガスを用いて濃度減衰法により算出している²⁾。また、エアロゾルフィルタを用いて、粒子を捕集する場合は換気により粒子濃度が低減できる能力の表記として、相当換気回数(回/時間)を算出した。換気回数(回/時間)の結果はFig. 2に示す。以上の結果より、換気扇の使用方法により、換気回数が異なることがわかる。窓開けの併用により、走行中の換気回数(Fig. 2 Windows 5 cm)は約30(回/時間)にまで達していた。また、乗降の際にドアを開けることにより、約20(回

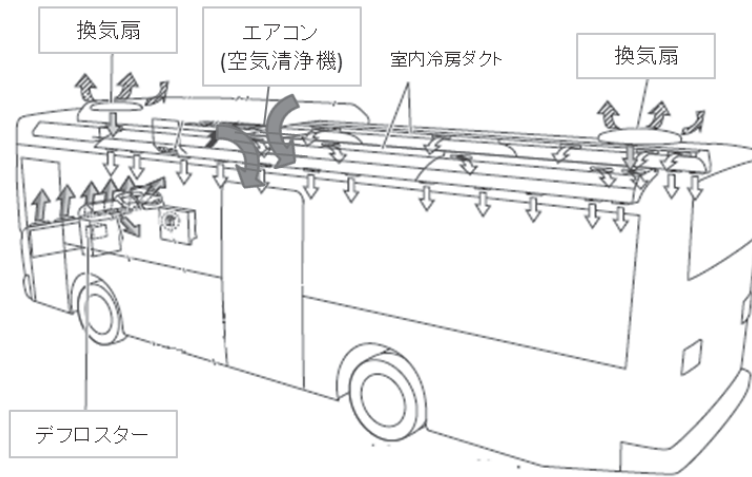


Fig. 1 路線バスの空調システム

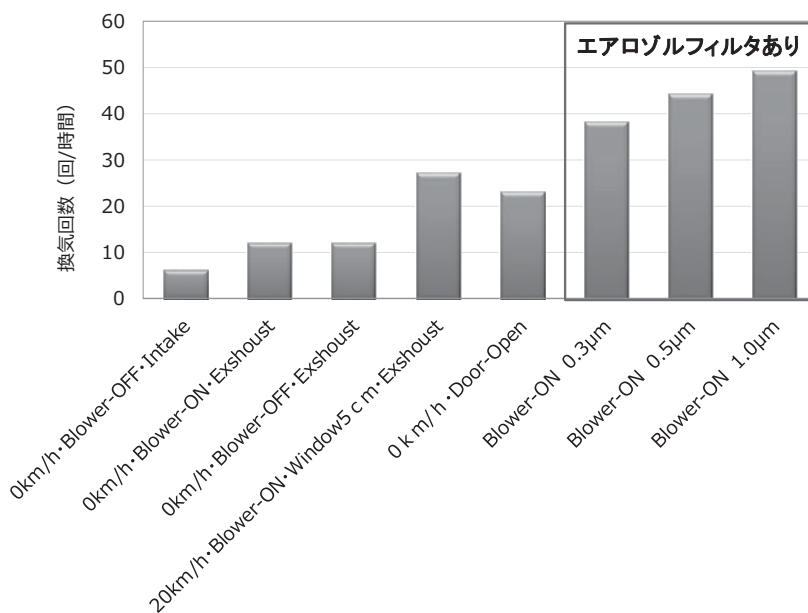


Fig. 2 路線バスの換気回数

/時間)の換気回数を得られる。窓開けしなくても室内粒子濃度を低減させる手法であるエアロゾルフィルタを既存のクーラーに実装した場合は、約40(回/時間)の相当換気回数を得られた。このときのクーラー条件は、エアロゾルフィルタの効果を最大限発揮するために内気循環の運用とした。車室内に存在する粒子は、粒子径により挙動も異なる。今回の評価においても粒子の粒径が大きい方が相当換気回数が大きくなっている。

また、今回実装したエアロゾルフィルタには、VOCなどのガス濃度低減にも対応するために活性炭も付加しており、15分間の運用におけるVOC濃度低減の性能評価を実施した。この時のGC/MS(ガスクロマトグラフィー/マススペクトロメトリー)のクロマトグラムをFig. 3に示す。エチルベンゼン、スチレンやキシレンなどの成分は、15分の使用で約80%除去できることがわかった。

Fig. 4には、換気扇および窓開け、エアロゾルフィルタの効果を、実際の運行を想定して試算した結果を示す。この結果から、換気扇だけの運用でも15(回/時間)以上の換気回数が確保されていることがわかる。また、エアロゾルフィルタの効果は、窓開けと同等以上の効果が得られることがわかった。以上の結果から、冬季や夏季などの冷暖房効果を高めたい時などには、エアロゾルフィルタを用いた内気循環の空調利用も可能であることが示唆された。

空気質としてCO₂ガス濃度指針が代用されるため、必要換気量を試算してみた。Table 1に各種乗り物に対する、目標車室内CO₂濃度を満足するための換気回数の試算結果を示す。安静時として、一人当たりの呼気CO₂排出量を0.15 m³/hとして算出した。車室内のCO₂目標濃度が、室内環境衛生管理基準で定めている1000 ppmの場合は、いずれの種類の乗り物であっても一人当たりの必要換気量は30 m³/hとなる。このときの換気回数は、車両の容積と乗員数

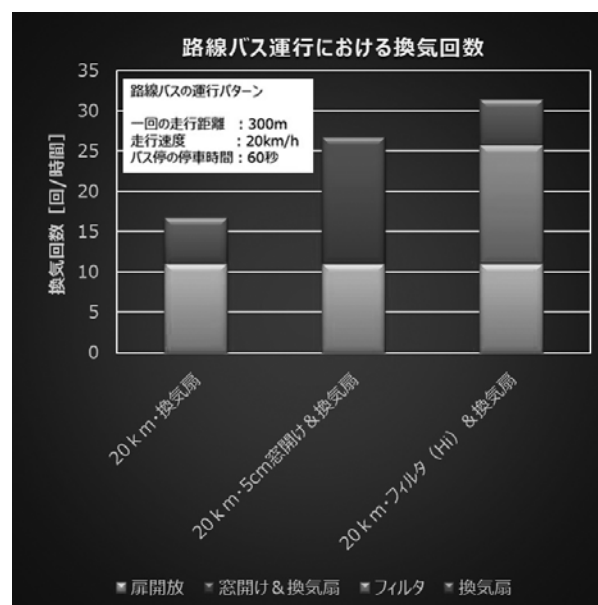


Fig. 4 路線バスの運行時の換気回数試算

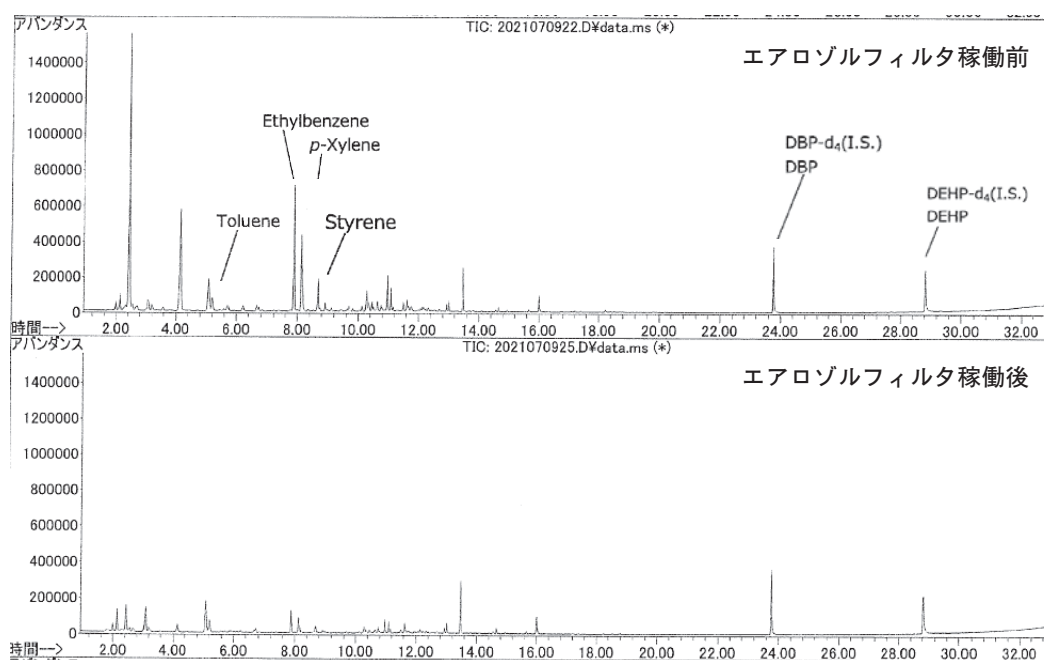


Fig. 3 エアロゾルフィルタを実装運用による車室内VOCの低減効果

Table 1 各種乗り物に対する必要換気回数試算

種類	容積(m ³)	乗員(人)	専有容積	1000 ppm	1500 ppm	3000 ppm	5000 ppm
路線バス	50	88	0.6	53	26	11	6
観光バス	50	62	0.8	37	19	7	4
鉄道	120	160	0.8	40	20	8	4
乗用車	4	5	0.8	38	19	8	4
ワゴン	8.5	10	0.9	35	18	7	4
航空機	100	100	1	30	15	6	3

により異なるが、30(回/時間)から50(回/時間)に達しており、エネルギー効率の観点からも大きなエネルギーロスが懸念される。また、温熱快適性の観点から夏季、冬季における健康影響も懸念される。

一方、CO₂濃度と人体影響に関する研究結果⁴⁵⁾より、2500–3000 ppmにおいては短時間暴露の健康影響はないとされている。したがって、CO₂を健康影響の指標とする場合は、2500–3000 ppmの目標値を検討することも必要である。3000 ppmを目標としたときの一人当たりの必要換気量は6 m³/hとなる。

次に、呼吸に必要となる酸素供給量を算出してみた。空気中の酸素濃度割合を21%、酸素濃度19%を下回らないように管理することを目標とし、軽作業で必要とされる21 L/h人として試算を行った。その結果、一人当たりの必要換気量は1 m³/hであった。

エアロゾルフィルタを用いることにより、エアロゾル濃度を低減させることが可能であるが、CO₂濃度を低減することはできない。空気質として対処が必要となるパラメータを明確にした上で、トータルバランスを考慮し、その上で対策を考える必要がある。

3. 展望

これまで、空気質というと健康に悪影響を及ぼすVOCがイメージされていたが、新型ウイルスの猛威により安全・快適な室内空間の提供が重要となった。この安全・快適な室内空間を提供するためには、これまでのVOCのみならず、ウイルスやにおい、花粉などのエアロゾルの低減も必要である。また、空気

質を考える上では、温熱快適性もバランスさせる必要がある。また、これら対策効果を訴求することができる、見える化の技術も重要となる。現在では、CO₂濃度計を設置して換気の良し悪しを表現しているが、調理場所では燃料由来のCO₂ガスが発生するなど課題もある。また、エアロゾルフィルタを使用した内気循環では、CO₂ガス濃度が上昇する可能性もある。ただし、換気が無い状況下とは異なるため、妥当な指標が今後必要である。これまでは毒性を閾値として化学物質などの濃度設定が行われているが、快適性の指針は人により感じ方が異なるため、設定するところに難しさがある。

引用文献

- 1) 達晃一, 篠原直秀, 金勲, 鍵直樹, 坂口淳, 飯田明由, 山内康, 安原幸生, 坪倉誠, 内藤航: 公共交通機関におけるエアロゾル挙動とウイルスの対策手法検討, 自動車技術会論文集, 52, 1013-1020 (2021).
- 2) JIS A 1406: 屋内換気量測定方法, 123-125 (1974).
- 3) ウイルス飛沫感染予測記者勉強会: 研究開発課題「室内環境におけるウイルス飛沫感染の予測とその対策」の進捗状況資料 (2021).
- 4) 東京消防庁消防科学研究所監修: 火と煙と有毒ガス, 東京連合防火協会 (1990).
- 5) 関邦博, 坂本和義, 山崎昌廣: 人間の許容限界ハンドブック, 朝倉書店 (1990).