

# 鉄道車両内における二酸化炭素濃度と新型コロナウイルス感染症との関係等 に係る情報について

令和3年12月

国土交通省 鉄道局 技術企画課 車両工業企画室

新型コロナウイルスの感染拡大に伴い、鉄道車両内における空気環境についても社会的関心が高まっているところ、今般、国立研究開発法人産業技術総合研究所（産総研）より、地下鉄車両内における二酸化炭素濃度の測定結果<sup>1</sup>が公表されました。については、当該結果の理解を深めるにあたり、有用と思われる公開されている各種情報について以下にとりまとめたところ、参考までにお知らせします。なお、新型コロナウイルス感染症に関する情報は随時更新されており、活用する際はご自身により改めて最新の知見を入手するようお願いいたします。

## 1. 二酸化炭素濃度と新型コロナウイルスへの感染リスクについて

鉄道車両内に限らず二酸化炭素濃度と新型コロナウイルスへの感染リスクの関係については国際的にも未だ十分な知見が蓄積されておらず、米国や英国では以下のような見解が示されているところです。

〔米国疾病管理予防センター（CDC）「建物内の換気」<sup>2</sup>〕

- 二酸化炭素濃度と新型コロナの感染リスクの関連性を直接的に示す情報は限定的である。（“ Limited information exists regarding a direct link associating CO2 concentrations to a risk of COVID-19 transmission.”）

〔英国衛生庁（HSE）「コロナ禍における換気」<sup>3</sup>〕

- 二酸化炭素濃度モニターは新型コロナウイルスのレベルを測るものではないが、換気の改善が必要なエリアかどうかという観点で活用することができる。（“ CO2 monitors don't measure levels of coronavirus but using them can tell you if an area needs improved ventilation.”）
- 二酸化炭素濃度の測定は、安全なレベルを示すものではなく、単に換気に対する広範な指標であることに留意が必要である。（“ Remember that CO2 measurements are only a broad guide to ventilation rather than demonstrating ' safe levels '.”）

<sup>1</sup> 産総研による測定結果

[[https://www.aist.go.jp/aist\\_j/new\\_research/2021/nr20211228/nr20211228.html](https://www.aist.go.jp/aist_j/new_research/2021/nr20211228/nr20211228.html)]

<sup>2</sup> Ventilation in Buildings, Center for Disease Control and Prevention

[<https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/community/ventilation.html>]

<sup>3</sup> Ventilation during the coronavirus (COVID-19) pandemic

[<https://www.hse.gov.uk/coronavirus/equipment-and-machinery/air-conditioning-and-ventilation/identifying-poorly-ventilated-areas.htm>]

〔英国 環境モデル化グループ (EMG), 行動に関する科学的パンデミック見識グループ (SPI-B) 〕<sup>4</sup>

- 二酸化炭素濃度の計測は、息が吐きだされ、人が存在する室内空間における空気の割合及び換気の効果の設定に示唆を与えうるものであるが、感染リスクまたは換気割合を直接計測するものではない。(” CO2 monitoring can give an indication of the proportion of air in a room that is exhaled breath and the occupancy and/or effectiveness of ventilation in a setting. It does not provide a direct measure of infection risk, or a direct measurement of ventilation rates.” )
- いくつかの国においては、二酸化炭素濃度の計測を導入し、換気と二酸化炭素濃度に関する推奨を行っているが、これらの取組による感染緩和効果を示す証拠について、これまでのところ公表されているものはない。(” Several countries have introduced CO2 monitoring in response to the pandemic and made recommendations around ventilation rates and CO2 concentrations, however there is not yet any published evidence on the effectiveness of these strategies in mitigating transmission.” )
- 二酸化炭素濃度は空間におけるウイルスに感染した粒子の濃度を示すものとして使うことはできない。それゆえ、二酸化炭素濃度のレベルはコロナウイルスへの暴露リスクを直接的に測るものではない。また、空間における二酸化炭素濃度は感染を管理する観点からの安全性を直接的に計測するものではない。(” a CO2 concentration can not be used to indicate the concentration of virus laden aerosols in a space. CO2 levels are therefore not a direct measure of risk of exposure to SARS-CoV-2 virus, and the concentration of CO2 in a space does not give a direct measure of safety from an infection control perspective.” )

## 2. 車内換気に関するこれまでの研究結果

これまで以下の研究機関により窓開け等による鉄道車両内の換気に関する研究が行われています。鉄道車両内においては、比較的狭い空間に多くの利用者が集中するため、冒頭の産総研の研究結果のとおり、二酸化炭素濃度としては高い傾向にあります。一方、条件によるものの数分に1回程度の頻度で車内の古い空気が押し出されて、車外の新鮮な空気が導入されていることが以下の研究結果により明らかになっています。

同一空間において、換気の頻度が高いことは、仮に車両内に飛沫が滞留してい

---

<sup>4</sup> Application of CO2 monitoring as an approach to managing ventilation to mitigate SARS-CoV-2 transmission [https://www.gov.uk/government/publications/emg-and-spi-b-application-of-co2-monitoring-as-an-approach-to-managing-ventilation-to-mitigate-sars-cov-2-transmission-27-may-2021]

る場合にこれが排出される頻度も高くなると考えられることから、換気の回数が多いということも感染リスクの低減の観点からは重要であると考えられます。

(1) 鉄道総合技術研究所（令和2年10月公表）<sup>5</sup>

- ・ シミュレーションにより、換気効果を評価。
- ・ 換気量は窓の開口面積と列車速度に比例する。
- ・ 1車両につき6カ所（10cm）の窓開けにより、約5～6分で車内の空気が入れ替わる。
- ・ また外気導入機能がある空調装置でこれを併用した場合、車内の空気が2～3分に1回入れ替わる。

(2) 理化学研究所（令和2年11月公表）<sup>6</sup>

- ・ シミュレーションにより、換気効果を評価。
- ・ 窓開けによる換気量は、窓の開口面積にほぼ比例して増加する。
- ・ 駅停車時にドアを開放した際の換気性能について、窓を閉めて2分間隔で停車する列車と、5cm窓を開けて20分間隔で停車する電車の換気性能はほぼ同じ。

(3) 産総研（令和2年12月公表）<sup>7</sup>

- ・ 実際の地下鉄車両を用いた試験により、換気効果を評価。
- ・ 1車両につき2カ所（10cm）の窓開けにより、約8分で車内の空気が入れ替わる。窓を閉めた状態でも約20分に1回程度換気される。
- ・ 換気回数は車速・窓開け面積に比例して増加する。

(4) 産総研（令和3年12月公表）

- ・ 実際の地下鉄車両を用いた試験により、換気効果を評価。
- ・ 窓閉めの条件では約10分に1回、窓開け（10cm×2カ所）条件では、約6分に1回程度車内の空気が入れ替わる。

### 3. 鉄道車両内におけるクラスター発生に関する情報

新型コロナウイルス感染症対策専門家会議の「新型コロナウイルス感染症対策の見解」（令和2年3月9日）によれば、集団感染が確認された場所で共通するのは、（1）換気の悪い密閉空間、（2）多くの人が密集していた、（3）近距離で

<sup>5</sup> 鉄道総研 走行時の窓開けによる車内換気の数値シミュレーション

[[https://www.rtri.or.jp/press/sdd6bj0000000jwa-att/20201028\\_002.pdf](https://www.rtri.or.jp/press/sdd6bj0000000jwa-att/20201028_002.pdf)]

<sup>6</sup> 理化学研究所 室内環境におけるウイルス飛沫感染の予測とその対策 [<https://www.rccs.riken.jp/fugaku/history/corona/projects/tsubokura/>]

<sup>7</sup> 産総研 地下鉄車両の窓開けなどの換気効果

[[https://www.aist.go.jp/aist\\_j/new\\_research/2020/nr20201203/nr20201203.html](https://www.aist.go.jp/aist_j/new_research/2020/nr20201203/nr20201203.html)]

の会話や発声が行われた、という3つの条件が同時に重なった時とされていますが、鉄道車両内においては、マスクが着用され、会話を控える等の行動がとられており、これまでのところ、国内における鉄道車両内において新型コロナウイルスのクラスターが発生したとの事例には接していません。なお、国立感染症研究所が2021年10月に公表した研究報告<sup>8</sup>によれば、新型コロナウイルスワクチンを接種していない者における社会活動・行動リスクの分析の結果、電車通勤かどうかで感染のオッズは大きく変わらなかったとの報告があります。

#### 4. 空気環境としての二酸化炭素濃度

1. のとおり、二酸化炭素濃度から新型コロナウイルスへの感染リスクを評価することは現時点では困難ですが、空気環境としての二酸化炭素濃度については国内外において以下のような指標等が定められています。

〔米国疾病管理予防センター（CDC）「建物内の換気」<sup>2</sup>〕

- 換気の良い空間を示す可能性のある目標値の1つとして800ppmが示されている。

〔英国安全衛生庁（HSE）「コロナ禍における換気」<sup>3</sup>〕

- 二酸化炭素濃度が800ppm以下であれば、それを継続することが推奨されている。

〔建築物衛生管理基準（日本）<sup>9</sup>〕

- 「建築物における衛生的環境の確保に関する法律」に基づき定められた基準であり、高い水準の快適な環境の実現を目的とした基準とされている。
- 同基準において、空気調和設備を設けている場合の空気環境の基準の1つとして、二酸化炭素の含有率：1,000ppm以下が求められている。

〔学校環境衛生基準（日本）<sup>10</sup>〕

- 学校保健安全法に基づき定められた基準であり、教室等の環境に係る学校環境衛生基準として、換気については、二酸化炭素濃度は1,500ppm以下であることが望ましいとされている。

---

<sup>8</sup> 国立感染症研究所 新型コロナウイルスワクチンを接種していない者における新型コロナウイルス感染の社会活動・行動リスクを検討した症例対照研究（暫定報告）

[<https://www.niid.go.jp/niid/ja/2019-ncov/2484-idsc/10692-covid19-59.html>]

<sup>9</sup> 建築物環境衛生管理基準について[<https://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/seikatsu-eisei10/>]

<sup>10</sup> 学校環境衛生基準[[https://www.mext.go.jp/content/20201211-mxt\\_kenshoku-100000613\\_02.pdf](https://www.mext.go.jp/content/20201211-mxt_kenshoku-100000613_02.pdf)]

〔事務所衛生基準規則（日本）〕<sup>11</sup>

- 「労働安全衛生法」に基づき定められた基準であり、労働者を常時就業させる室における二酸化炭素の含有率を 5,000ppm 以下とすることを求めている。

〔許容濃度等の勧告（2021 年度）（日本）〕<sup>12</sup>

- 日本産業衛生学会が毎年出している勧告であり、労働者が 1 日 8 時間、週 40 時間程度、肉体的に激しくない労働強度で有害物質に暴露される場合に当該有害物質の平均暴露濃度がこの数値以下であれば、ほとんどすべての労働者に健康上の悪い影響が見られないと判断される濃度。
- 二酸化炭素では許容濃度として 5,000ppm が示されている。

〔米国連邦航空規則〕<sup>13</sup>

- 米国連邦航空規則の換気に関する規定において、飛行中の二酸化炭素濃度は通常、乗客又は乗務員が使用する区画において、5,000ppm を超えてはならないとされている。

〔欧州インターオペラビリティ指令〕<sup>14</sup>

- インターオペラビリティ指令は、欧州域内における鉄道の相互運用性を確保するために定められたもので、このうち車両に関する規定の中で、全ての運行条件下において二酸化炭素濃度は 5,000ppm を超えてはならないとされている。

〔米国国立労働安全衛生研究所〕<sup>15</sup>

- 同研究所では、労働安全衛生の観点から推奨される暴露限界として 8 時間の場合は 5,000ppm、15 分であれば 30,000ppm までを許容している。

（参考）マスクをした場合の呼吸域における二酸化炭素濃度

マスクをした場合の顔周辺の呼吸域の二酸化炭素濃度への影響について、欧州委員会が研究した成果<sup>16</sup>が報告されており、マスクをしていない場合はおおむね

---

<sup>11</sup> 事務所衛生基準規則[[https://elaws.e-gov.go.jp/document?lawid=347M50002000043\\_20161001\\_0000000000000000](https://elaws.e-gov.go.jp/document?lawid=347M50002000043_20161001_0000000000000000)]

<sup>12</sup> 許容濃度等の勧告（2021 年度） - 日本産業衛生学会[<https://www.sanei.or.jp> > contents > kyoyou]

<sup>13</sup> 米国連邦航空規則 25.831 換気[<https://www.gpo.gov/fdsys/pkg/CFR-2010-title14-vol1/pdf/CFR-2010-title14-vol1-sec25-831.pdf>]

<sup>14</sup> Guide for the application of the LOC&PAS TSI [ [https://www.era.europa.eu/sites/default/files/activities/docs/iu\\_tsi\\_guide\\_annex01\\_loc\\_pas\\_en.pdf](https://www.era.europa.eu/sites/default/files/activities/docs/iu_tsi_guide_annex01_loc_pas_en.pdf) ]

<sup>15</sup> Flavorings – Related Lung Disease: Occupational Exposure Limits [ <https://www.cdc.gov/niosh/topics/flavorings/limits.html> ]

<sup>16</sup> Effect of wearing face masks on the carbon dioxide concentration in the breathing zone ,

500ppm～900ppmである一方、マスクをした場合は、直立状態か歩行中かなどの運動強度の違いにより、2,150～2,875ppmとなったことが報告されています。

**【鉄道を利用する皆様へのお願い】**

鉄道を利用いただく際は、マスクを着用し、車内での会話を控えめにさせていただくとともに、テレワーク、時差出勤等により混雑を避けた時間帯・車両をご利用いただくなど引き続き感染拡大防止に向けたご理解とご協力をお願いいたします。