

公共交通機関の換気効果に関する研究

国立研究開発法人 産業技術総合研究所
安全科学研究部門
篠原 直秀

研究背景

Withコロナ・Postコロナ時代において、今後、持続的な経済活動を行うためには、全体を抑えつけるような対策ではなく、感染源と感染経路の特徴を踏まえた実効性のある感染リスク対策が必要

不特定多数の人が利用する地下鉄やバス等の公共交通機関における感染リスク低減対策は社会的に重要な課題であり、効果的かつ具体的な低減対策が求められている

路線バス車内における換気・粒子挙動の調査

実施内容：

1. 各所条件下での**換気量の計測**（CO₂濃度減衰法）
車内にCO₂を放散し、車内の空気中のCO₂濃度を一定にした後、車内各所でCO₂濃度減衰を測定 ⇒ 各所での換気効率の評価
2. 感染者を模した**発生源からの飛沫核の広がり・除去の評価**
車内の1か所からCO₂および粒子を発生させ、車内各所でCO₂および粒子の濃度変化を測定 ⇒ 車内での空気の流れの評価

試験条件：

- 停車中、走行中
- 機械換気のON/OFF（前後で給気/排気の組み合わせ）
- 窓・扉の開閉
- 混雑具合（マネキン（75体）の有無）

時期：2020年6月～7月（定置試験）

2020年8月1日～2日（マネキンありの走行試験）

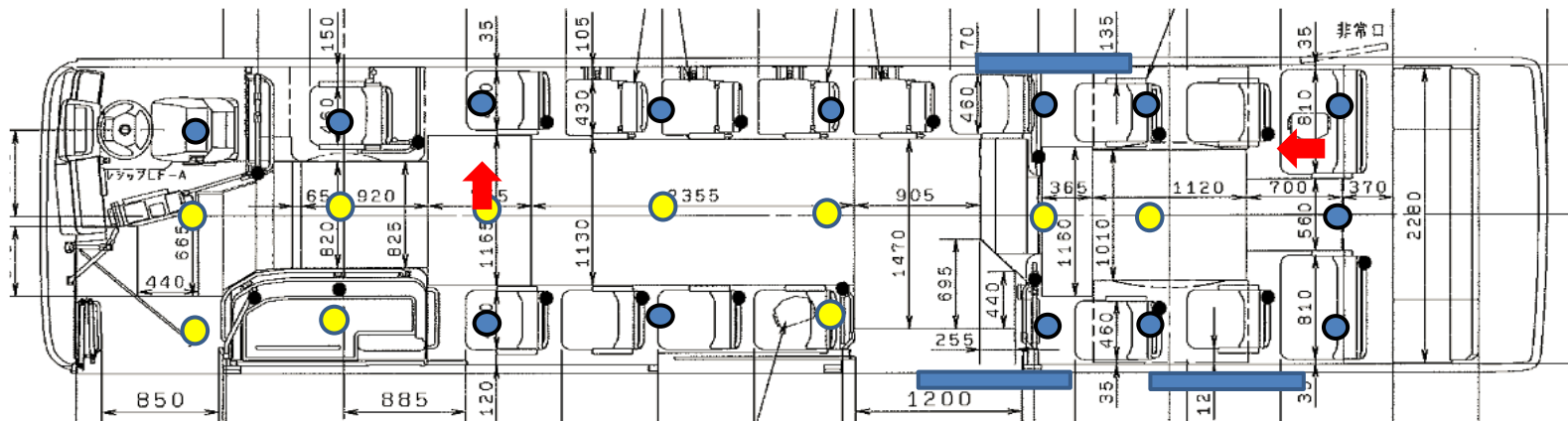
2020年8月29日～30日（マネキンなしの走行試験）

路線バス車内における換気・粒子挙動の調査

バス内における計測器等の設置位置

座席部分は、座面から70 cmの高さにCO₂計のセンサーを設置
(下図 青丸●)

立席部分は、床面から150 cmの高さにCO₂計のセンサーを設置
(下図 黄丸●)



CO₂・粒子の一定発生は、感染者を想定した場所(←)から実施
(走行試験では後部座席のみ)

路線バス車内における換気・粒子挙動の調査



満員での試験 (75体乗車)

CO₂・粒子発生源と測定器



換気回数をどうやって導出したのか？

車内外CO₂濃度差の減衰から換気回数を導出

(CO₂をボンベから発生させているため実際の運航時のCO₂濃度とは異なることには注意)

乗客なし、窓閉切

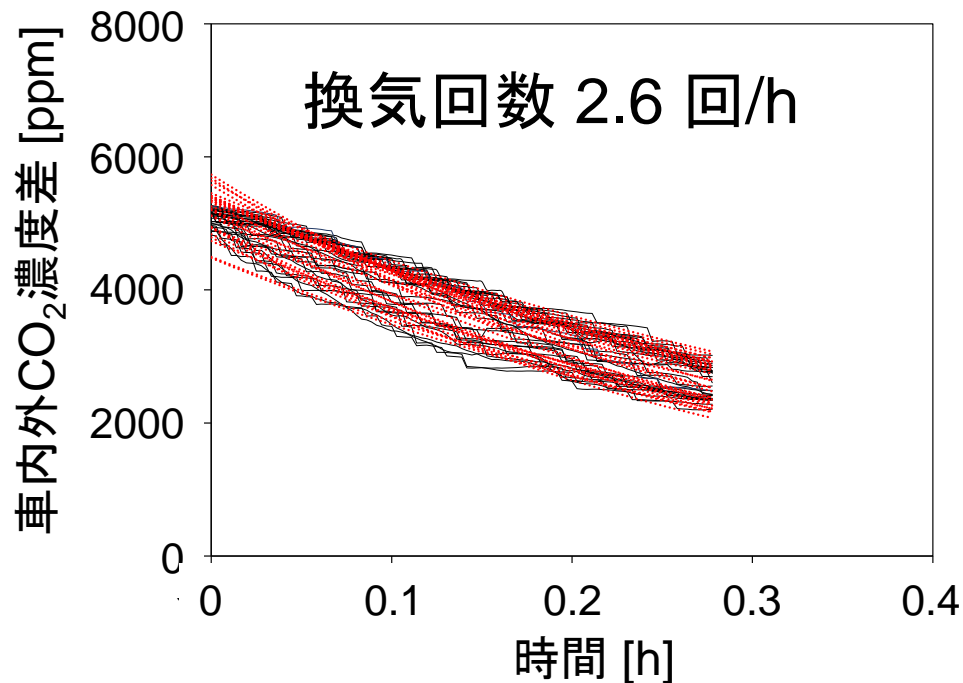
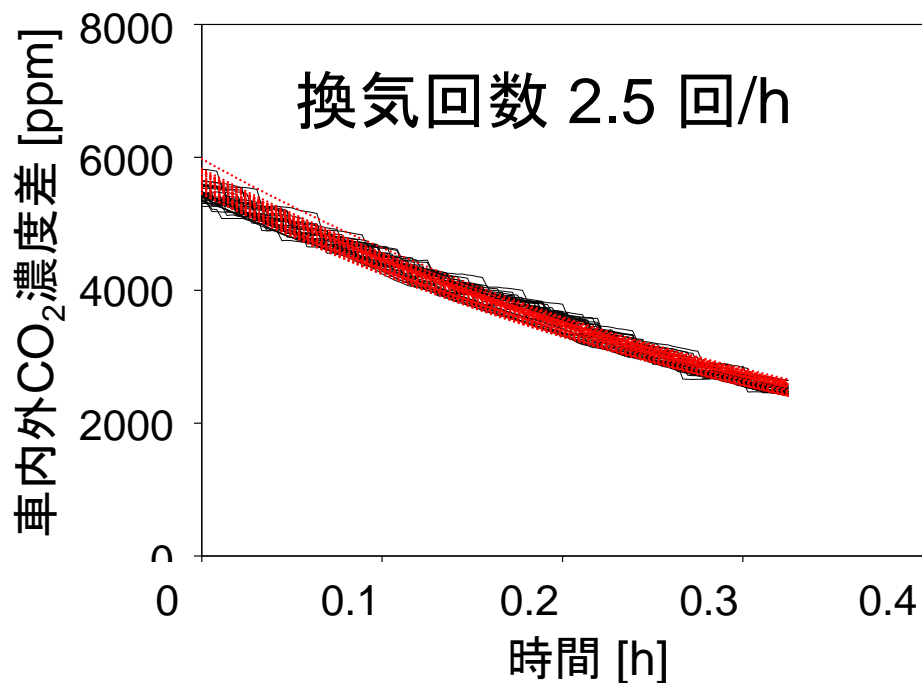
エアコンON

換気扇OFF、30 km/h走行

乗客なし、窓閉切

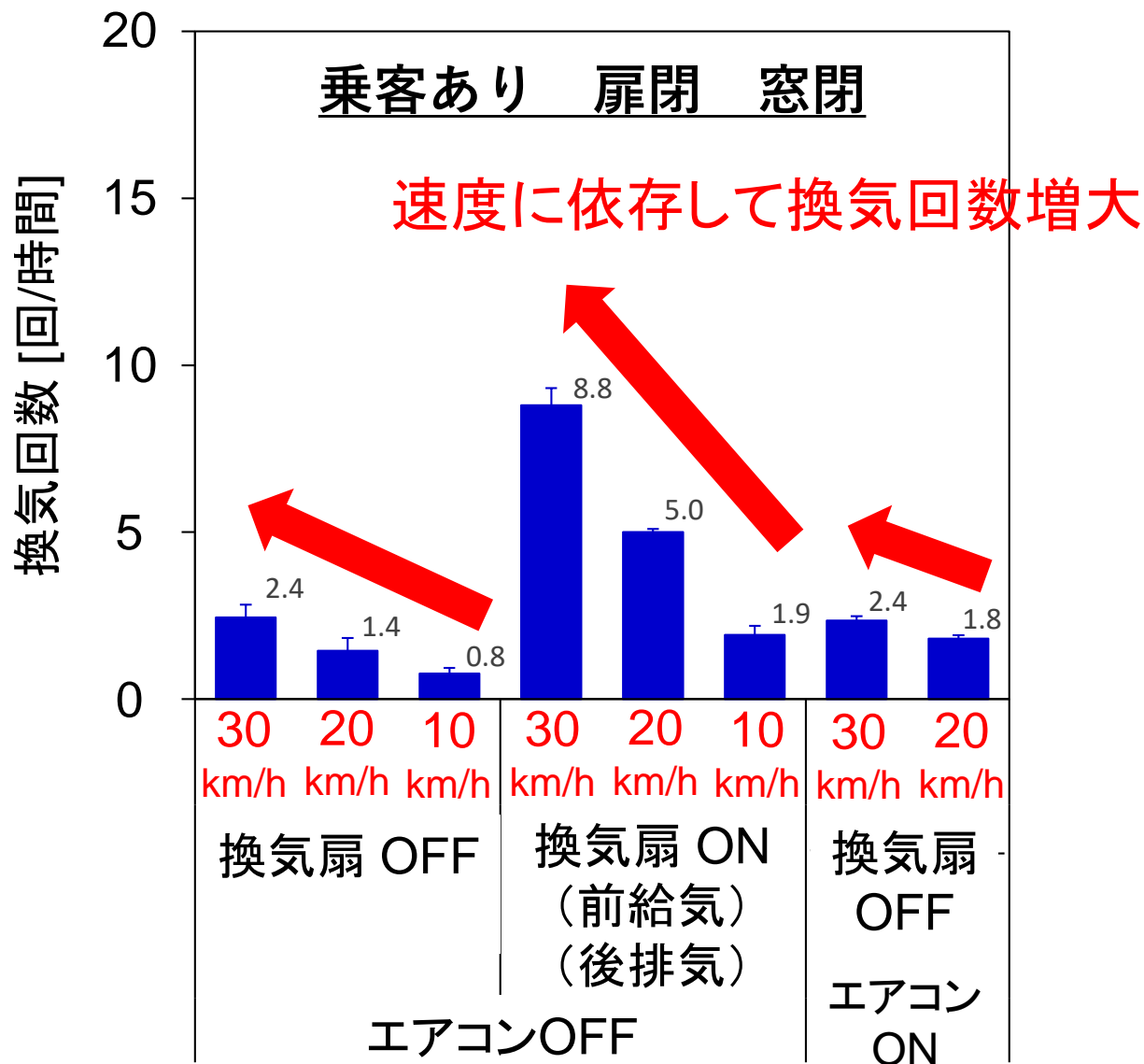
エアコンOFF

換気扇OFF、30 km/h走行

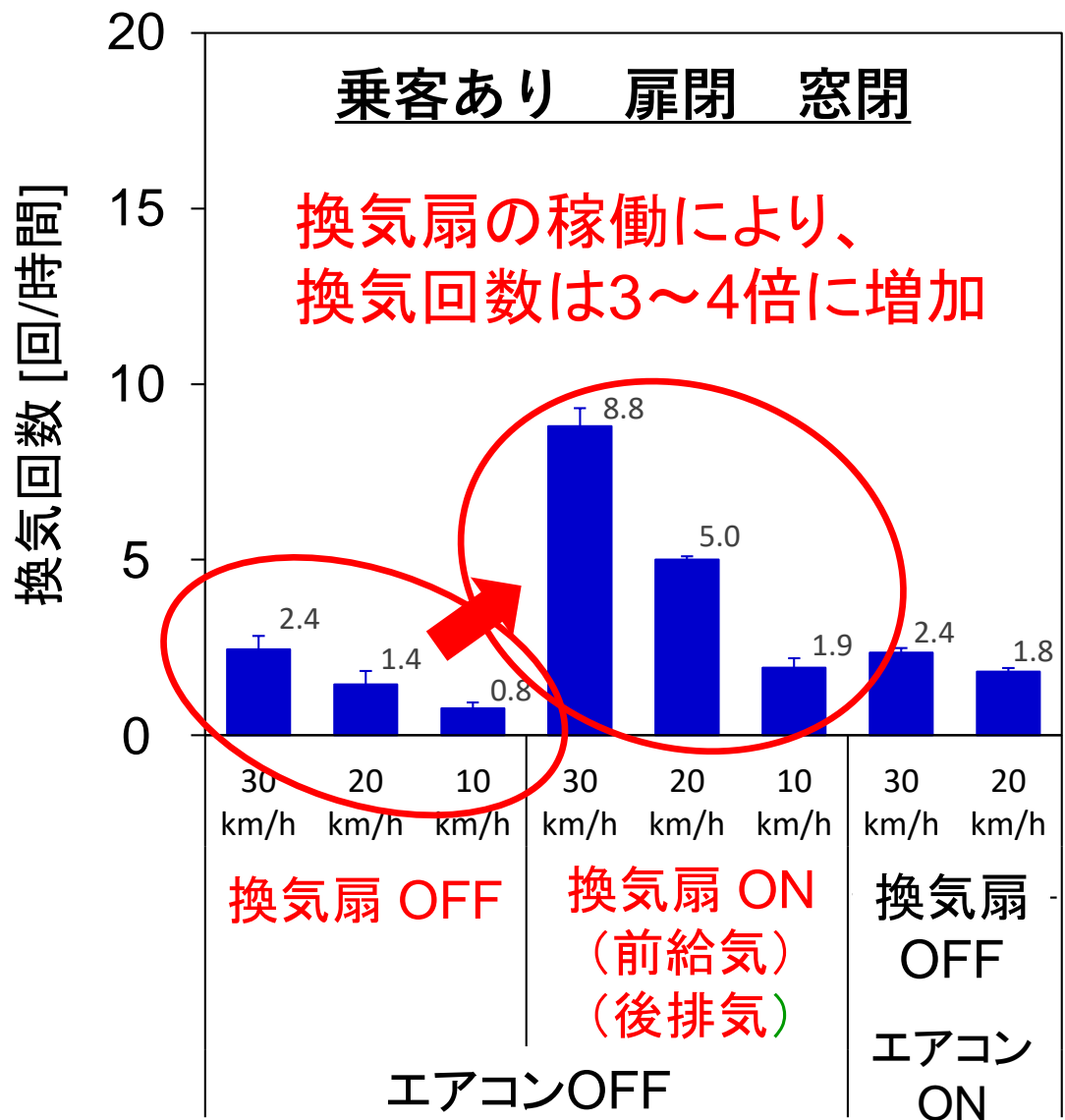


エアコンONで車内の換気のバラツキ小

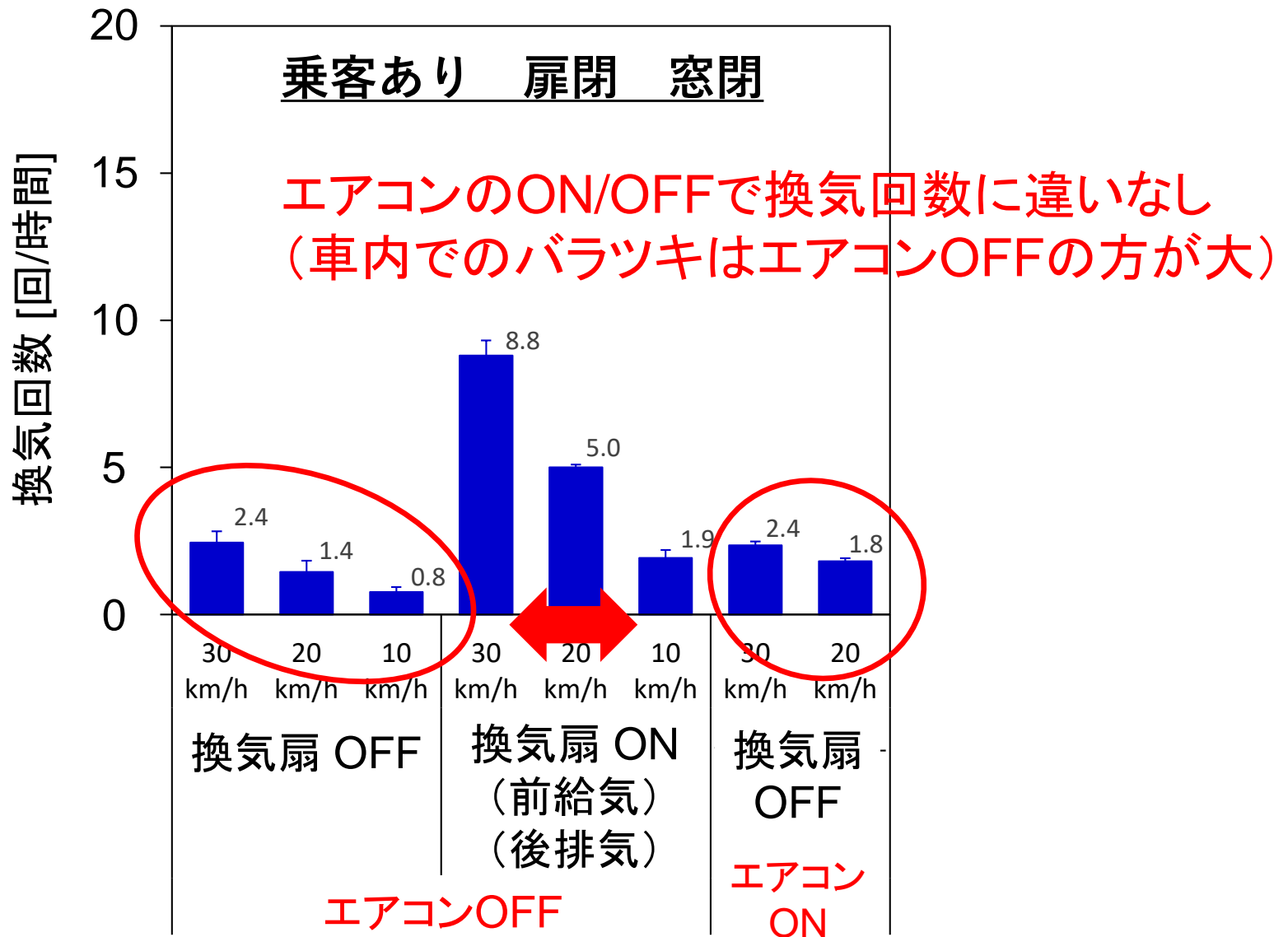
窓閉め走行時の速度によって換気回数はどう変わるか？



窓閉め走行時の換気扇の効果は？

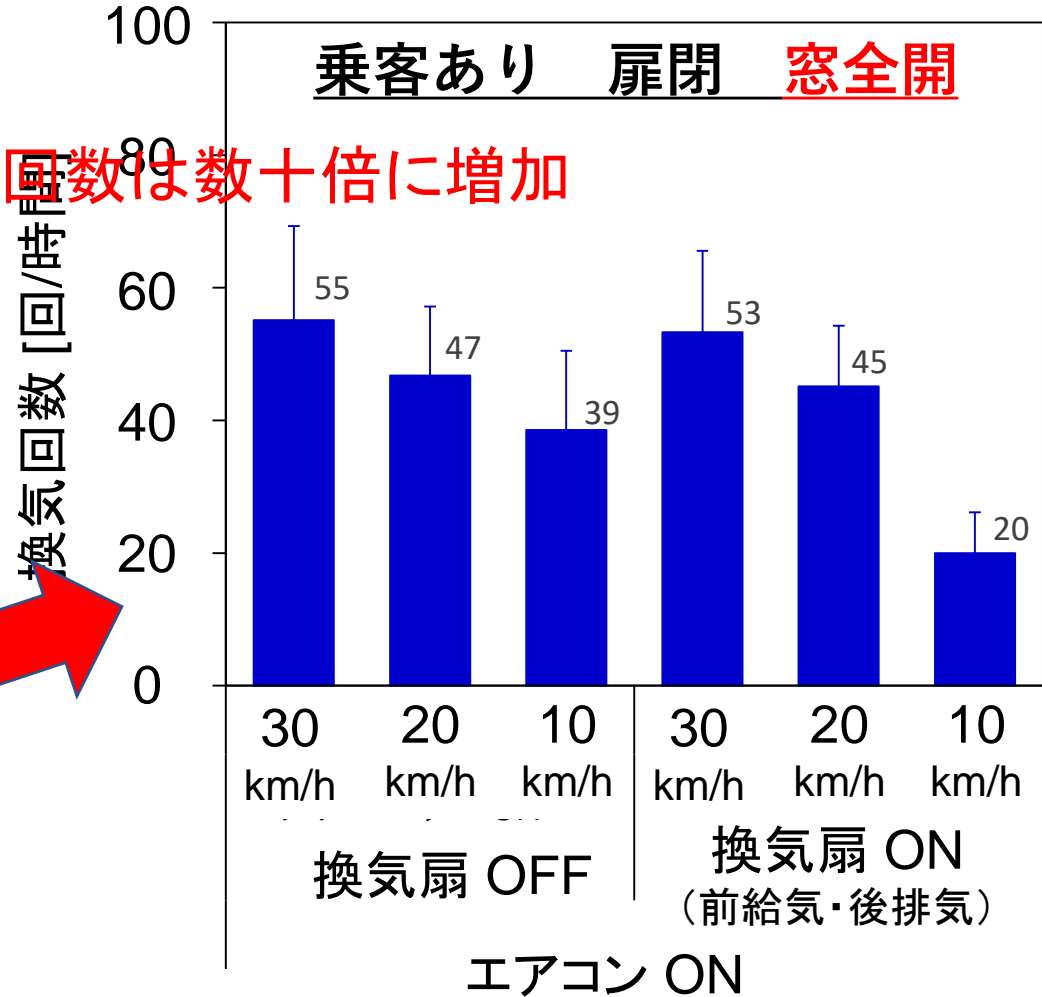
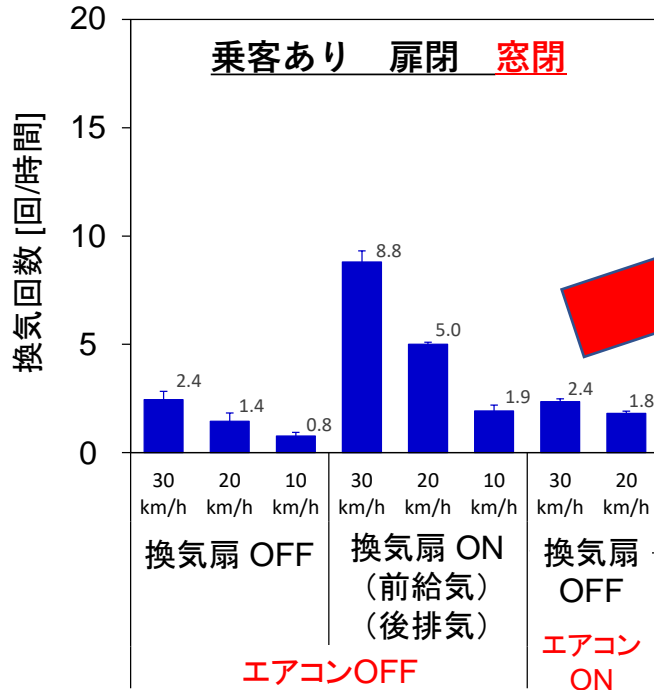


窓閉め走行時のエアコンの効果は？

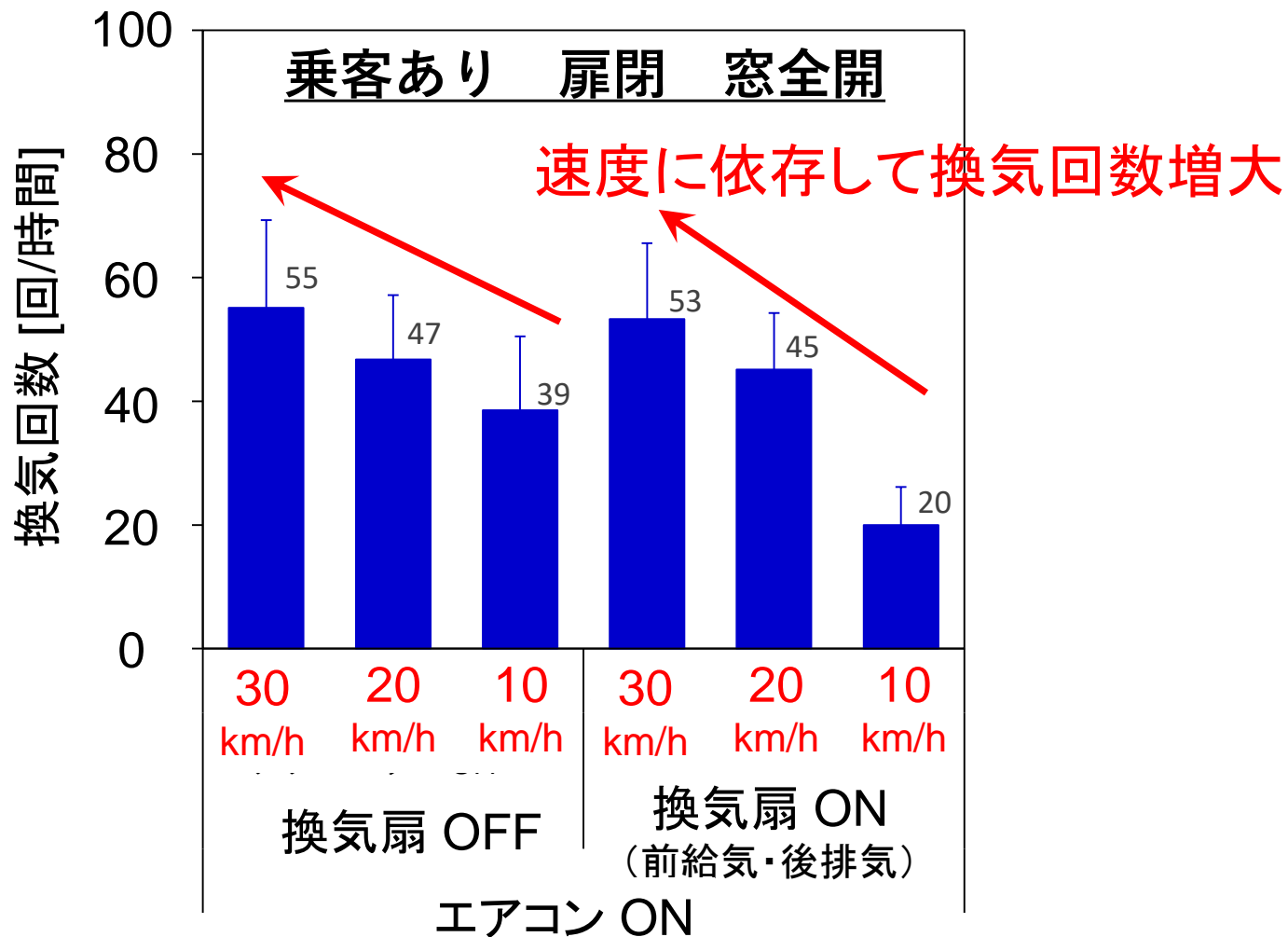


窓開けにより、走行時の換気回数はどう変わるか？

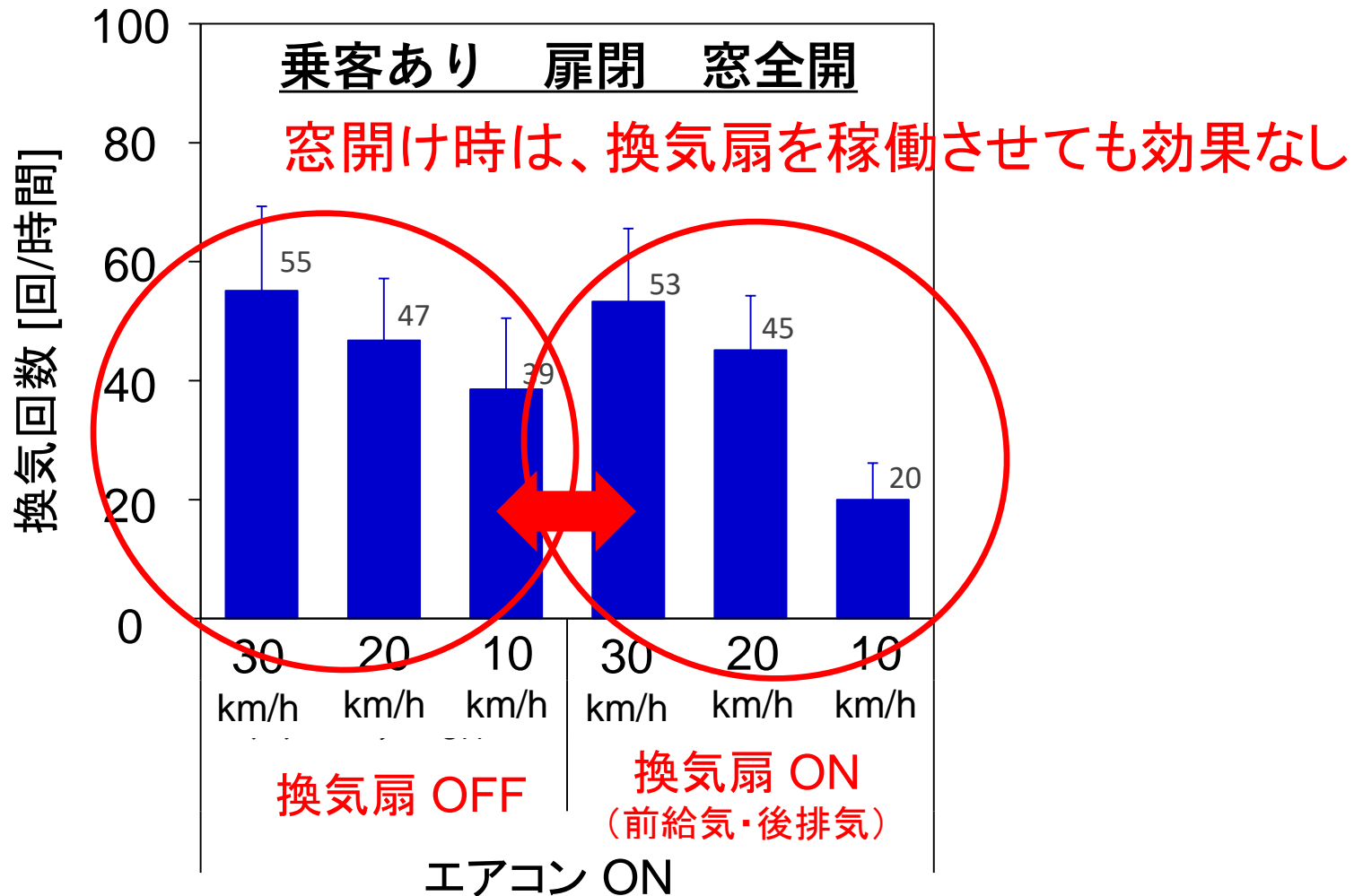
窓開けにより、換気回数は数十倍に増加



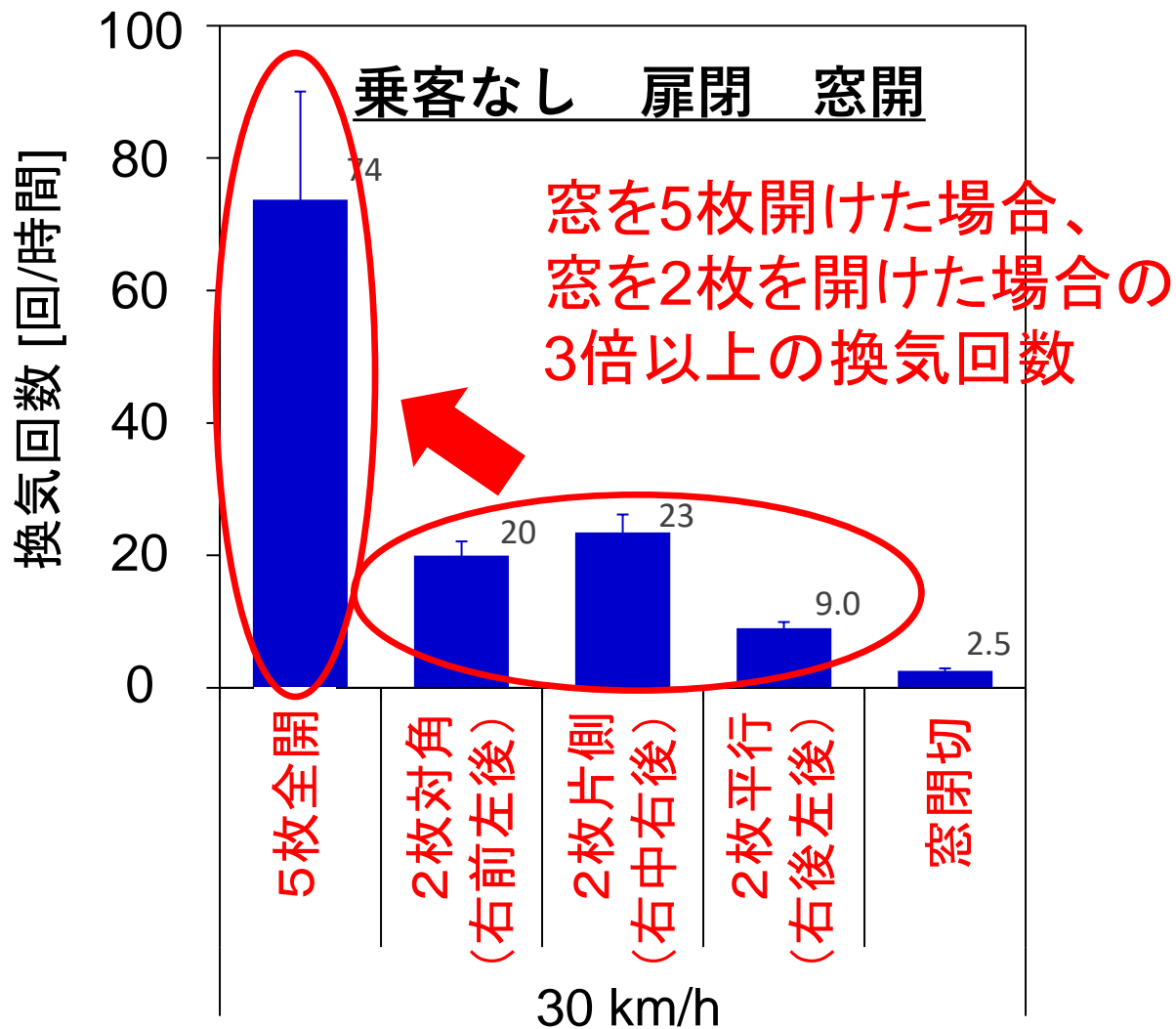
窓開け走行時の速度によって換気回数はどう変わるか？



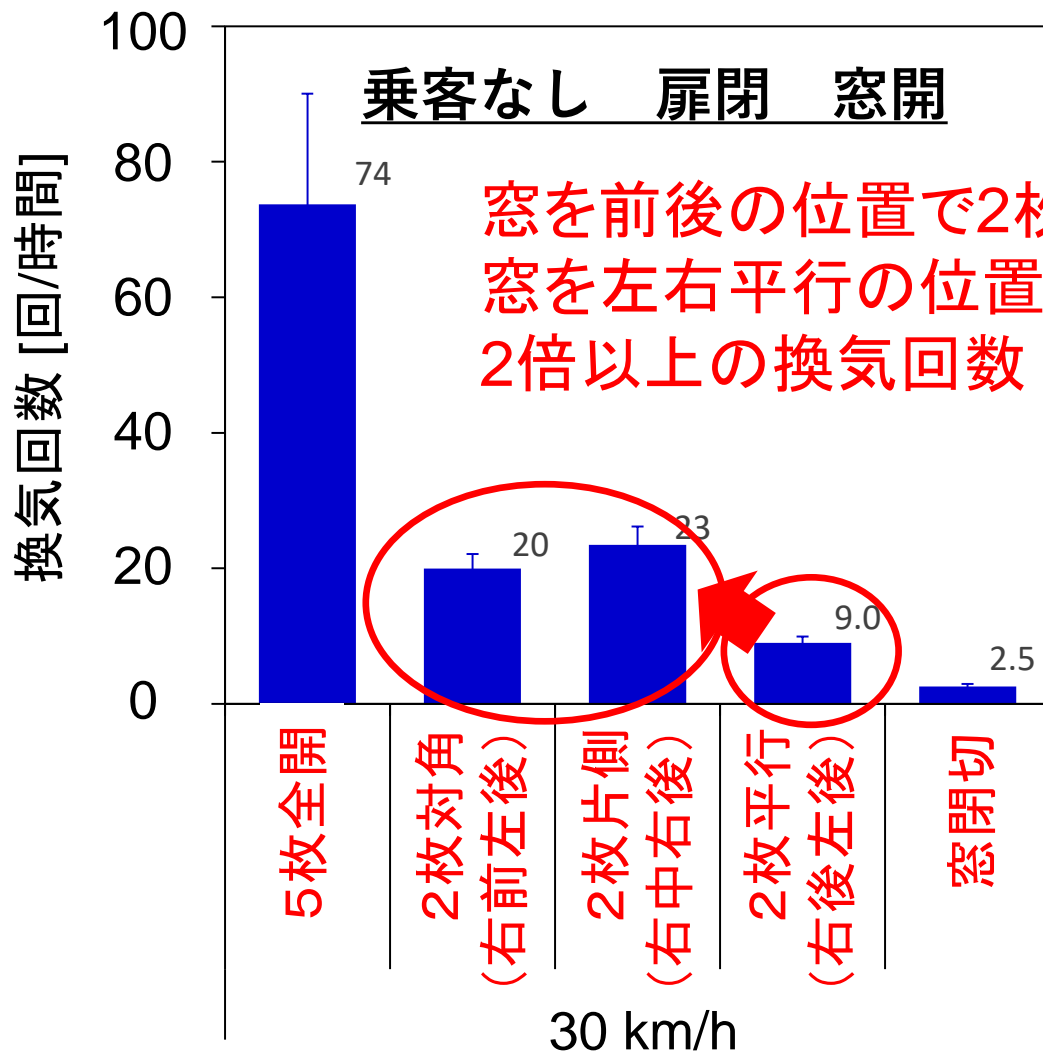
窓開け走行時の換気扇の効果は？



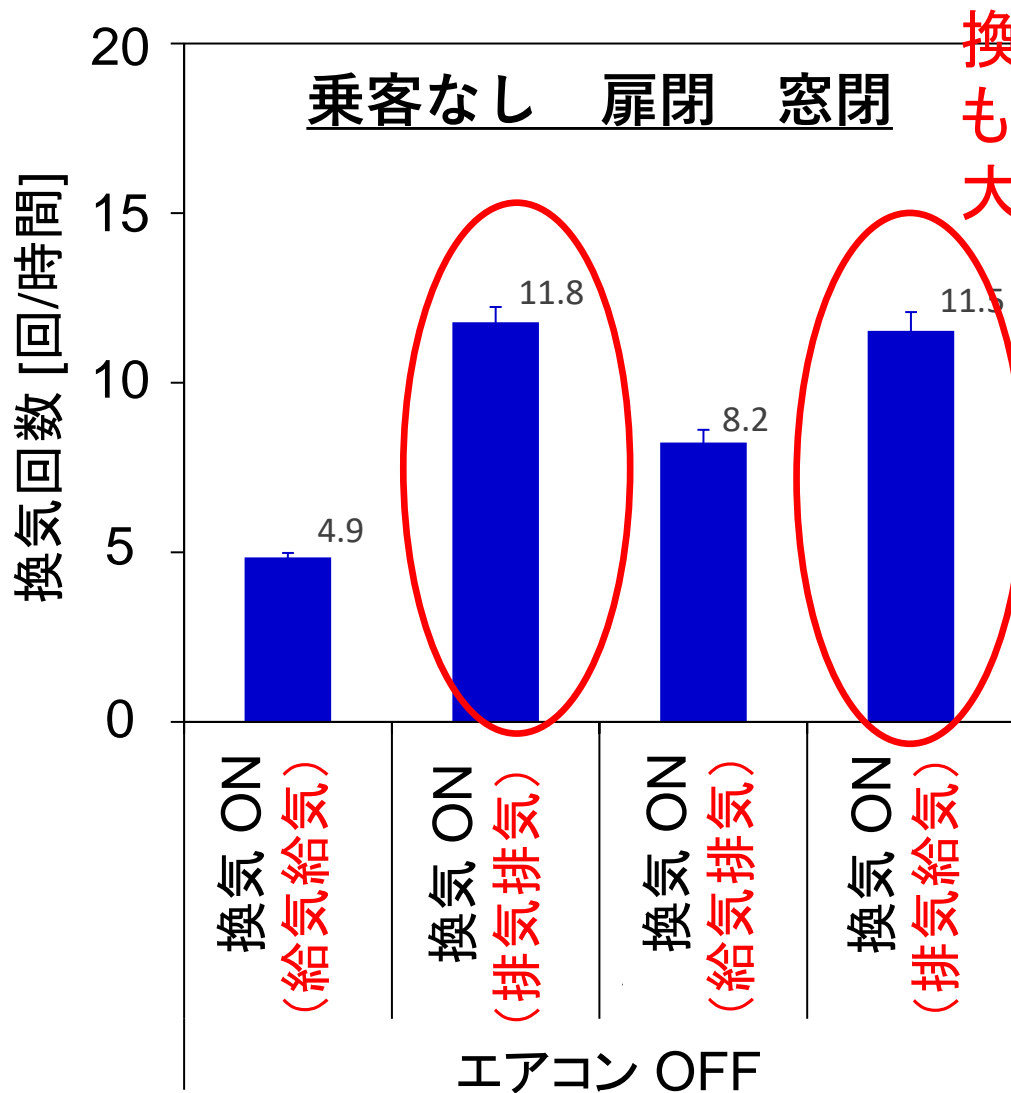
走行時に窓を開ける枚数によって換気回数はどう変わる？



走行時に窓を開ける位置によって換気回数はどう変わる？



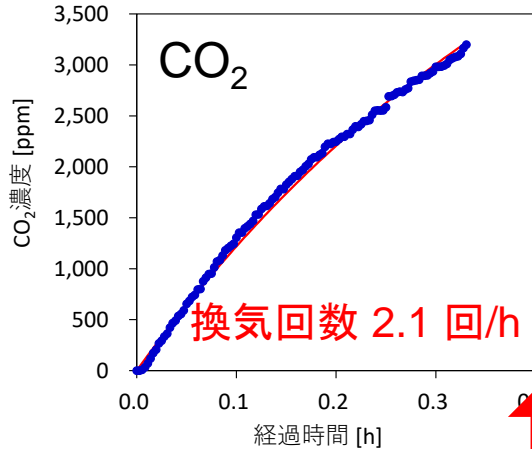
前後の換気扇の給排気を選択による換気回数の違いは？



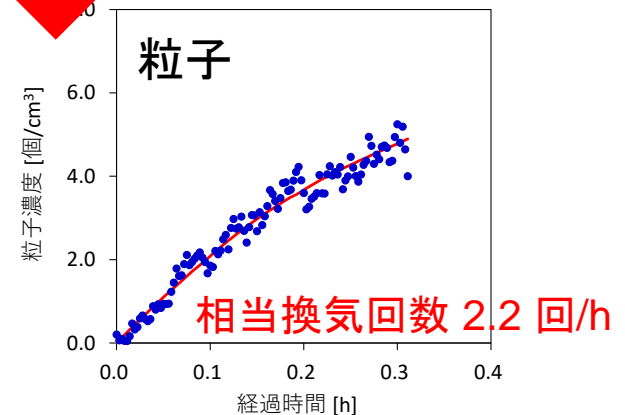
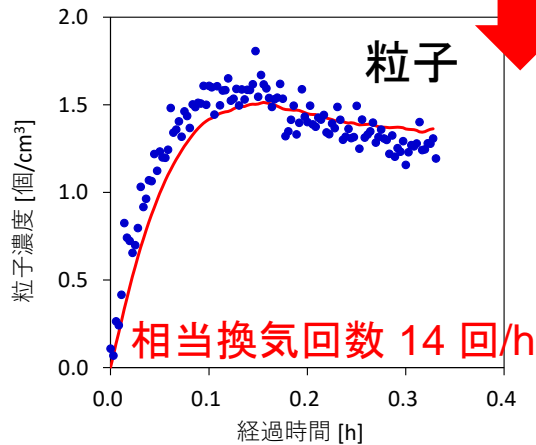
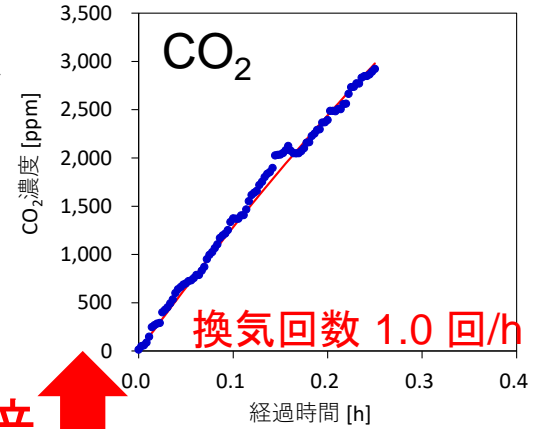
換気扇は、前後両方で排気
もしくは前排気後給気の場合に
大きい換気量を確保

CO₂と粒子の挙動に違いはあるか？

乗客あり、窓閉切
エアコン ON
換気扇OFF
30 km/h走行



乗客あり
窓閉切、AC OFF
デフロスターOFF、
換気扇OFF
30 km/h



7倍

2倍

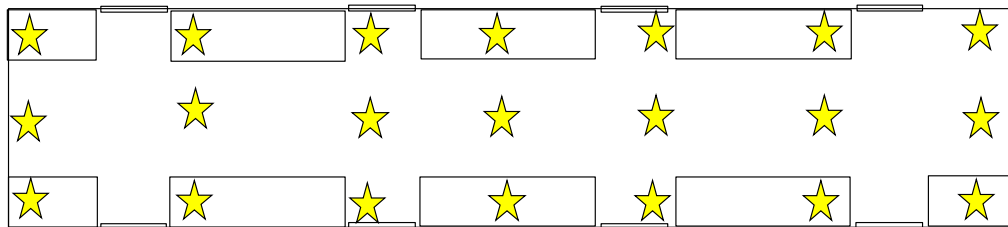
エアコン ONにより、粒子が大きく減少

⇒粗塵フィルターやラインなど空調内で沈着の可能性

コロナ感染対策に資する換気調査 ～地下鉄～

各所条件下での換気量の計測（CO₂濃度減衰法）

車内にCO₂を放散し、車内の空気中のCO₂濃度を一定にした後、
 車内 21ヶ所でCO₂濃度減衰を測定（立位 床から150 cm、
 座位 座面から70 cm） ⇒ 各所での換気効率の評価



- 試験条件**：
- 停車中、走行中
 - ラインデリア・空調のON/OFF
 - 窓開閉（5, 10, 15, 26.8cm； 対角2, 対角6, 全12ヶ所）
 - ドア開閉
 - 混雑具合（マネキン（230体）の有無）

- 試験日程**：
- マネキンなし：2020年7月17日～19日、8月14日～16日
 - マネキンあり：2020年8月14日～16日

コロナ感染対策に資する換気調査 ～地下鉄～

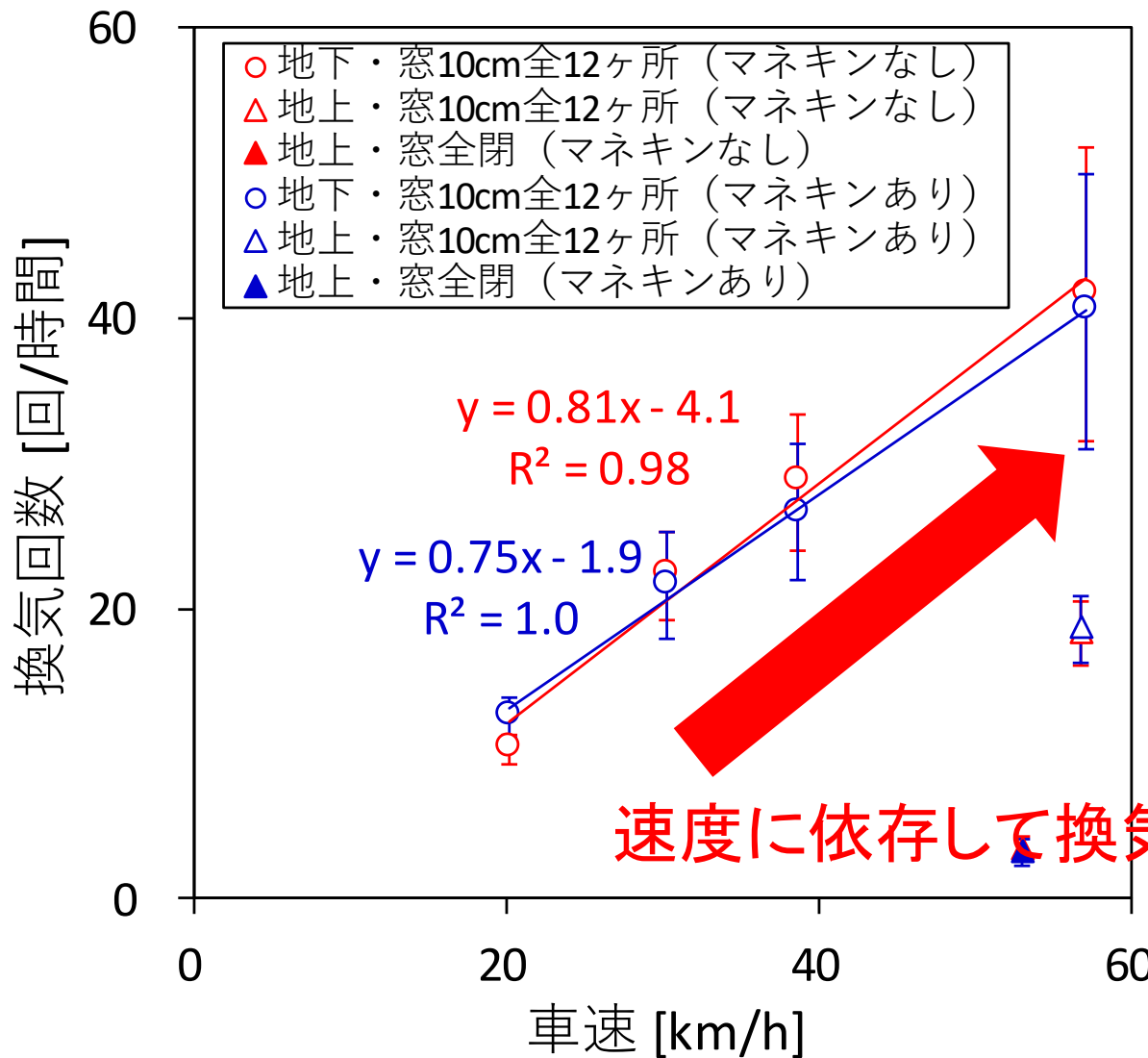
空車での試験



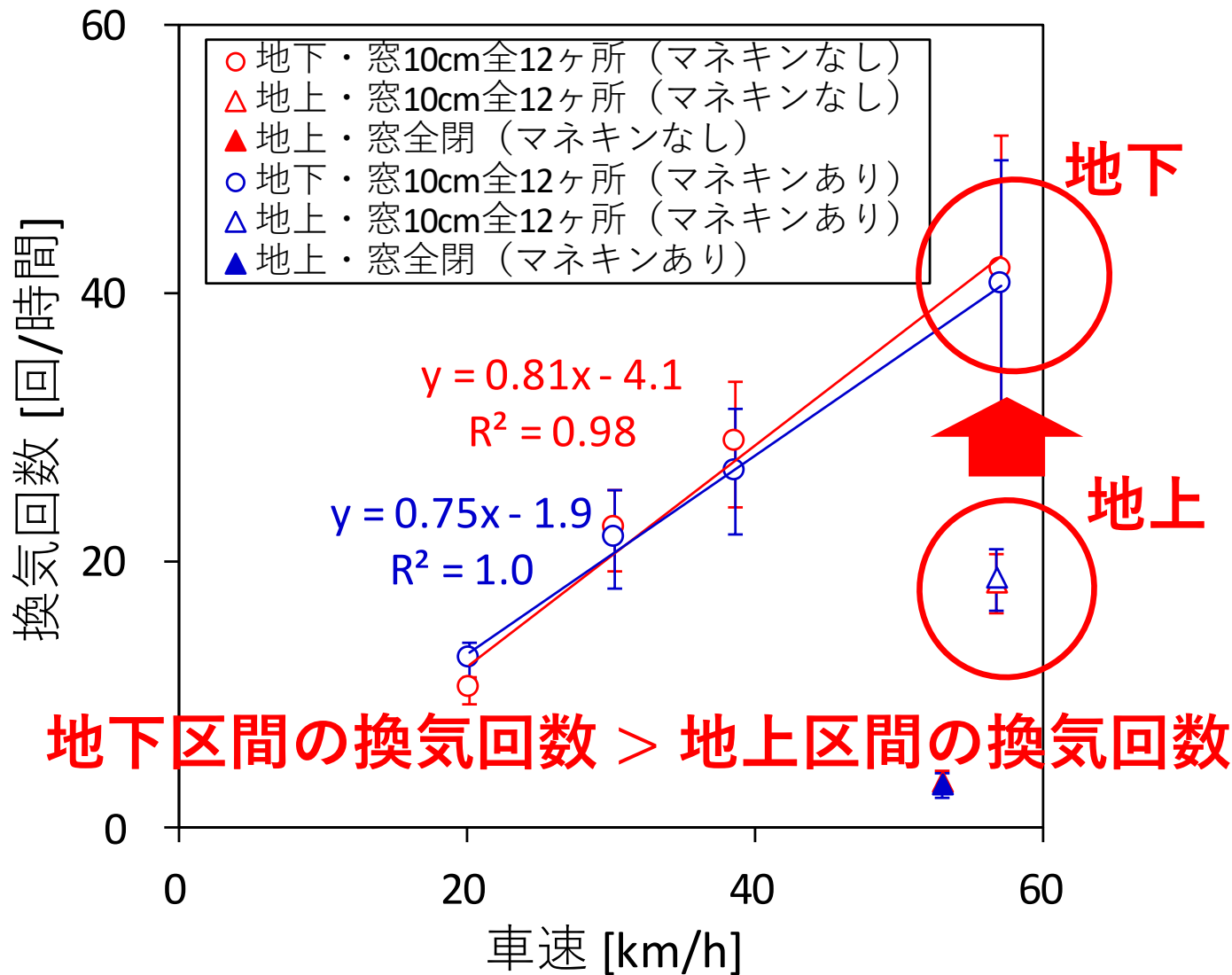
満員での試験 (230体・乗車率150%)



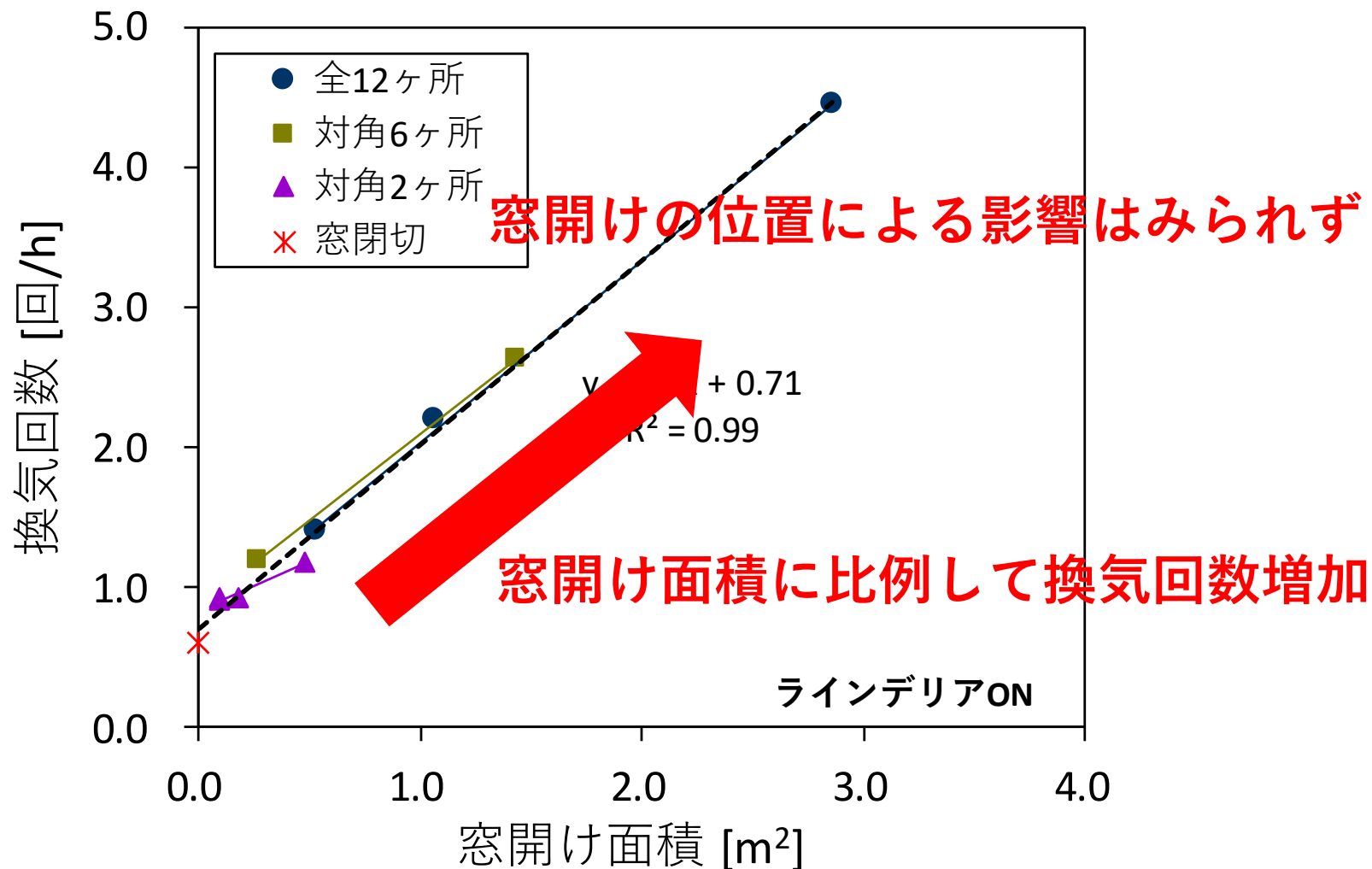
走行時の速度によって換気回数はどう変わるか？



地上と地下の走行時の換気回数に違いはあるか？



窓を開ける面積や位置によって換気回数はどう変わる？



まとめ

本研究は、シミュレーションでなく、実際の車両を用いて試験を行い、換気に関するデータを取得した点に意義がある

バス・地下鉄両方で見られた結果

- ・窓開け面積・車速に比例して換気回数増加

バスで見られた結果

- ・窓開け走行時には換気扇の稼働の効果はなし
- ・換気扇の稼働は、前後排気 or 前排気・後給気が効果的
- ・粒子は、エアコンなどによる空気の循環で大きく低減可能
⇒ 現在、空調取り付け型の中性能フィルターの開発・評価中
(いすゞ自動車と共同研究)

地下鉄で見られた結果

- ・換気回数は、地下で地上より大

模擬飛沫・模擬飛沫核の飛散とマスクの効果、表面汚染についての試験を実験室・実車において、今後実施予定



国立研究開発法人 産業技術総合研究所
NATIONAL INSTITUTE OF ADVANCED INDUSTRIAL SCIENCE AND TECHNOLOGY (AIST)