

課題番号 : 5-2203

課題名 : タイヤ摩耗粉塵を含む非排気由来の粒子排出実態に関する研究

研究代表者 : 伊藤 晃佳 (一般財団法人日本自動車研究所)

体系的番号 : JPMEERF20225003

重点課題 : 主 ⑬ 大気・水・土壌等の環境管理・改善のための対策技術の高度化
及び評価・解明に関する研究

: 副 ⑥ グローバルな課題の解決に貢献する研究・技術開発
(「海洋プラスチックごみ問題への対応」)

行政ニーズ : 5-10 自動車から排出されるタイヤ粉塵等に対する新たな排出量評価法の研究

研究実施期間 : 2022年度～2024年度

【研究体制】 サブテーマ1 利根川 義男, 柏倉 桐子 (日本自動車研究所)
サブテーマ2 富田 幸佳, 伊藤 晃佳 (日本自動車研究所)
サブテーマ3 森川 多津子 (日本自動車研究所)

1. 研究背景, 研究開発目的及び研究目標

【研究背景】

- ・ 近年のテールパイプ排気粒子の排出量低減に伴い、非排気粒子の重要度が相対的に増している（右図）。
- ・ 中でも、タイヤ摩耗粉塵は、カーボンニュートラル対策としての車両電動化によって逆に排出量が増加する可能性や、マイクロプラスチックとして大きな寄与等が指摘されている。
- ・ 現在、タイヤ摩耗量計測試験法の国際標準化に向けた議論が国連傘下の会議体で行われており、試験法議論への備えが必要である。
- ・ タイヤ摩耗粉塵を含め非排気粒子の全国排出量分布の情報は、有効かつ効率的な大気汚染低減対策を講じる上で不可欠な基盤データとなるため、より実態を反映した高精度の全国排出量分布の構築が必要である。

◆ 自動車の走行に伴い発生する粒子状物質



	現況	将来の見通し
① テールパイプ排気粒子	自動車排出ガス規制の強化により大幅低下。	😊 規制強化や車両電動化でさらに排出量低下
② タイヤ摩耗粉塵	マイクロプラスチックとしての環境への影響指摘*1	😞 車両電動化でも、排出量は減らず。車重増加も影響。
③ ブレーキ摩耗粉塵	生体影響の指摘*2 試験法の国際標準検討	
④ 巻上粉塵	排出実態が不明確。	

*1 N.Evangeliou et al, 2020

*2 Kajino et al., 2021

非排気粒子の重要度が増している

【研究開発目的】

- ・ タイヤ摩耗粉塵の排出量計測試験法について、試験法の統一規格策定に関する国際基準調和活動に資する知見や客観的データを確保する事を目的として、「排出実態を考慮したタイヤ摩耗粉塵排出の試験法の構築」を進める。
- ・ 環境省が整備を進めているPM2.5等大気汚染物質排出インベントリに収録されている非排気粒子の全国排出量の情報について、より有効で効率的な大気汚染低減対策の検討に活用することを目的として、「走行挙動などを考慮した非排気粒子の高精度の全国排出量分布の作成」を進める。

1. 研究背景，研究開発目的及び研究目標

【研究目標（全体目標）】

- ・ 排出実態を考慮したタイヤ摩耗粉塵排出係数の試験法を構築する。
- ・ 走行時の車両挙動などを考慮した非排気粒子（巻上粉塵、ブレーキ摩耗粉塵、タイヤ摩耗粉塵）の高精度の全国排出量分布を作成する。

① 排出実態を考慮したタイヤ摩耗粉塵排出の試験法を構築する。



成果の活用

タイヤ摩耗粉塵排出量の試験法構築は、行政ニーズ5-10に合致した内容であり、日本国の国際基準策定の活動に資するデータとして、活用が期待できる。

② 走行時の車両挙動などを考慮した非排気粒子の高精度の全国排出量分布を作成する。



成果の活用

非排気粒子の高精度の全国排出量分布は、環境省が整備を進めている排出インベントリの高精度化に資するデータとして活用が可能であり、環境政策立案の参考データとして活用が期待できる。

2. 研究目標の進捗状況 (1) 進捗状況に対する自己評価 サブテーマ1

サブテーマ1：排出実態を考慮したタイヤ摩耗粉塵排出係数の確立および試験法構築

【サブテーマ1の研究目標】

- ・ タイヤ摩耗粉塵排出係数とタイヤに発生する力など各種パラメータとの関連を明らかにする。
- ・ タイヤ力学試験機を用いたタイヤ摩耗粉塵排出係数の試験法を構築する。

【令和4年度研究計画】

路上タイヤ試験車を用いた総粉塵量およびタイヤ摩耗粉塵量の計測結果と、リアルタイム計測法によるPM濃度との関係を明らかにする。道路上の堆積粉塵量とPM測定濃度の関係性も検討する。全国の幹線道路における車両活動量に関するデータベース（サブ2）から得られた代表的・特徴的な道路構造を参考に、タイヤ摩耗粉塵計測試験のデザインを構築する。

【令和5年度研究計画】

タイヤ摩耗粉塵計測試験により、タイヤ摩耗粉塵排出係数とタイヤに発生する力に関連するパラメータの関係をリアルタイム計測法で調査する。車両は乗用車・貨物車を対象とする。結果を解析し、タイヤに発生する力に応じたタイヤ摩耗粉塵排出係数を確立する。並行してタイヤ力学試験機を用いたパラメーターワーク試験を行い、実路試験結果と比較する。

【令和6年度研究計画】

タイヤ力学試験機のパラメータ範囲を拡張、データを拡充し、タイヤ摩耗粉塵排出係数を計測する試験法を構築する。また、公道走行試験にて、タイヤ摩耗粉塵排出係数の試験法を検証を行うとともに、市街・郊外での巻上粉塵データも収集する。試験法の検証を行いつつ、タイヤ運動モデルの検証および非排気粒子排出量の妥当性を検証するデータも蓄積する。

【自己評価】 計画通り進展している。

2. 研究目標の進捗状況 (2) 自己評価に対する具体的な理由・根拠と目標達成の見通し (サブテーマ1)

【具体的な理由・根拠】

- ・ 当初、路上タイヤ試験車を用いたタイヤ摩耗粉塵排出量計測結果とリアルタイム計測によるブラックカーボン (BC) 濃度を比較する予定であったが、路上タイヤ試験車で計測したBC濃度が想定よりも低いことが判明した。
- ・ そこで、実車両Aを用いた追加試験により要因を調査した結果、路上タイヤ試験車で用いた試験条件 (定常走行・転動輪) では、BC濃度が低くなることを明らかにした (図2-2)。
- ・ これらの結果を元に、実車両Bを用いた試験計画を新たに立案し、タイヤ摩耗粉塵排出量とBC濃度の相関性評価を行ったところ、十分なBC濃度が確認できる条件で、タイヤ摩耗粉塵発生量とBC濃度に相関関係があることが確認できた (図2-3)。



図2-1 試験に用いた車両の外観

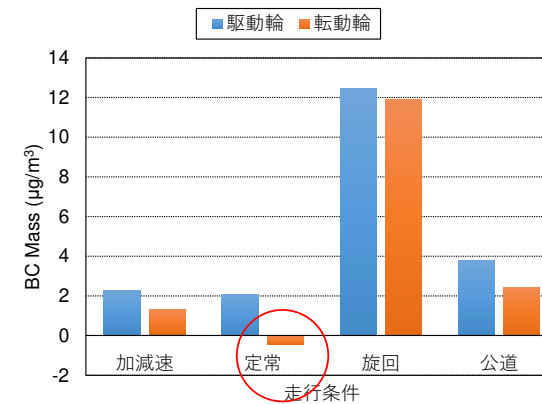


図2-2 走行パターンごとの駆動輪・転動輪におけるBC濃度
(○が定常走行・転動輪での試験)

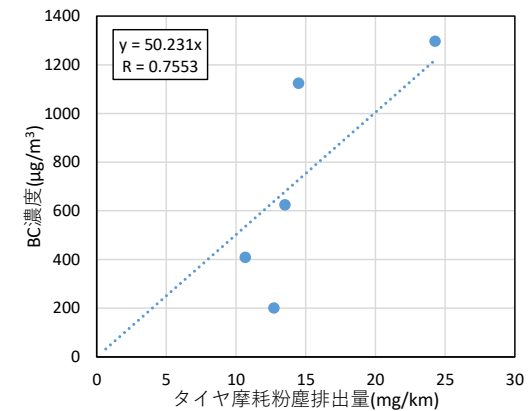


図2-3 タイヤ摩耗粉塵排出量とBC濃度の関係

2. 研究目標の進捗状況 (2) 自己評価に対する具体的な理由・根拠と目標達成の見通し (サブテーマ1)

【具体的な理由・根拠 (つづき)】

- さらに、路面の粉塵堆積量の大小によるBC濃度の傾向や、運転条件・走行路の違いによるBC濃度やPM濃度の変化について、次年度の実施項目の一部について、先行して予測される影響因子を一部把握することができた。
- また、サブテーマ2でまとめた道路形状と車両活動量を結び付けた全国データベースから、基本となるタイヤ摩耗粉塵計測試験の全体デザインを構築することができ目標を達成した。

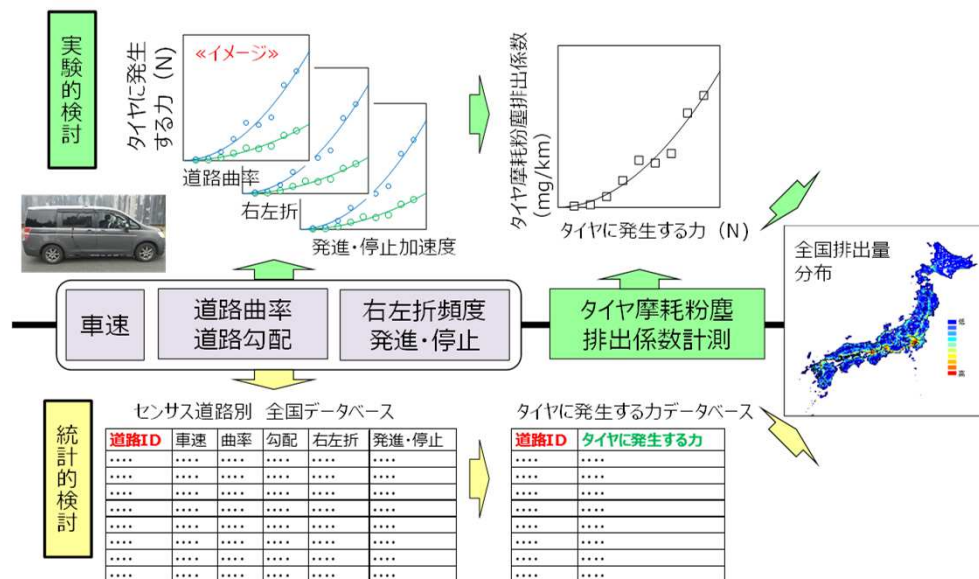


図2-4 タイヤ摩耗粉塵計測試験の全体デザイン

【目標達成の見通し】

- リアルタイム計測器によるBC濃度から、タイヤ摩耗粉塵排出量を推定可能であることが示唆されたため、令和5年度に計画している道路構造を踏まえた様々な走行パターンにて、タイヤ摩耗粉塵排出係数とタイヤに発生する力に関連するパラメータの関係を調査できる見込みである。
- 先行して得られた結果から、次年度研究における課題も一部明確化でき、それらの結果を踏まえた試験を実施できる。
- また研究によって得られたノウハウや、粉塵発生量変化の要因解析の結果を活用し、タイヤ力学試験機を用いたパラメータワーク試験が進められる見通しである。

2. 研究目標の進捗状況 (1) 進捗状況に対する自己評価 サブテーマ2

サブテーマ2：全国車両活動量データベースの構築とタイヤ摩耗粉塵排出量の高精度推計のためのタイヤ運動モデル構築

【サブテーマ2の研究目標】

- ・ 道路形状と車両活動量を結びつけた全国データベースなど、非排気粒子の全国排出量分布の作成に必要なデータベースを構築する。
- ・ タイヤ摩耗粉塵排出量推計の高精度化のために、タイヤ運動モデルを構築する。

【令和4年度研究計画】

タイヤ摩耗粉塵排出量はタイヤに発生する力に依存するため、道路の曲率、勾配、路面舗装状況など、タイヤに発生する力に影響する道路構造をパラメータとして、全国の幹線道路における車両活動量に関するデータベースを構築する。このデータベースから代表的または特徴的な道路構造を抽出し、タイヤ運動モデル構築に必要な車両挙動計測試験のデザインを作成する。

【令和5年度研究計画】

道路構造を踏まえたタイヤ摩耗粉塵計測試験にて車両挙動も同時に計測し、さまざまな状況下でタイヤ1輪毎に発生する力を把握する。1輪毎あるいは駆動輪/転動輪別に走行条件・道路形状・舗装状況によりタイヤに発生する力を説明する小型・中型車両のタイヤ運動モデルを構築する。

【令和6年度研究計画】

前年度の車両挙動試験結果を用い、大型車両のタイヤ運動モデルを構築する。タイヤに発生する力を道路単位で推計し全国に展開し、サブテーマ3の排出量推計のための活動量として提供する。また、サブテーマ1で得られた公道試験データをタイヤ運動モデルの検証用データとして活用するとともに、サブテーマ3で得られた非排気粒子排出量の妥当性について検証する。

【自己評価】 計画通り進展している。

2. 研究目標の進捗状況 (2) 自己評価に対する具体的な理由・根拠と目標達成の見通し (サブテーマ2)

【具体的な理由・根拠】

- 令和4年度は、タイヤ摩耗粉塵の全国排出量推計についての基礎的な情報整理として、タイヤ摩耗影響因子に関するパラメータを調査し、一覧にまとめた(表2-1)。
- 研究計画に挙げた項目として、全国の幹線道路における車両活動量に関するデータベース(車両活動量DB)の構築、および、タイヤ運動モデルの構築に必要な車両挙動計測試験のデザインの作成が完了しており、計画通り進展している。

表2-1 タイヤ摩耗粉塵排出量推計に関わるパラメータ調査結果

分類	項目					
道路の特性	道路種別	最高速度	道路曲率	道路勾配	交差点	舗装
タイヤの特性	種類	サイズ	特性	空気圧		
車種の特性	積載量	車軸構造	重量配分	駆動方式		
個人の行動特性 車種/ドライバー	運転傾向 (加減速)					
多くの人の行動特性 車種/ドライバー	交通量					
発生に対する 環境の影響/気候	湿度	風	気温	降水量 (道路濡れ)	土地利用	
拡散に対する 環境の影響/気候	雨	風	走行風			

赤字：先行研究で考慮された実績のある項目

オレンジ：道路条件に関係があり、車両活動量データベースに含むべき項目

黄色：タイヤ摩耗粉塵の実車試験時の条件設定に使用可能な項目

青：従来のタイヤ摩耗粉塵排出量推計で考慮している項目

【目標達成の見通し】

- 令和4年度に構築した車両活動量DBを基本に、タイヤ摩耗粉塵以外の全国排出量推計に必要な活動量に関するデータベース作成についての着手も進めており、特に問題なく目標達成が見込まれる。
- 令和4年度に作成した車両挙動計測試験デザインを用いて、令和5年度に乗用車および貨物車の車両挙動計測試験を行う計画であり、タイヤ運動モデルの構築に必要なパラメータ等の抽出は完了しているため、特に問題なくタイヤ運動モデルの構築が完了する見通しである。

2. 研究目標の進捗状況 (1) 進捗状況に対する自己評価 サブテーマ3

サブテーマ3：非排気粒子の全国排出量分布の整備

【サブテーマ3の研究目標】

・ 走行時の車両挙動などを考慮した非排気粒子（巻上粉塵、ブレーキ摩耗粉塵、タイヤ摩耗粉塵）の高精度の全国排出量分布を作成する。

【令和4年度研究計画】

従来の推計手法にて全国の非排気粒子排出量を推計・整理し、ベースデータとして構築する。推計は全国の幹線道路・細街路を対象とし、これまで推計対象外であった臨港道路等についても検討する。

【令和5年度研究計画】

タイヤ摩耗粉塵の排出に影響する大型貨物車両の車輪軸数、ダブルタイヤ比率、および、車両重量や積載状況に関する使用実態情報を取りまとめる。サブテーマ2で整備した幹線道路リンク毎の道路形状パラメータと、道路交通センサスによる平均車速データ等を用い、車速やタイヤに発生する力、ブレーキタイミングなどを考慮した非排気粒子排出量の推計ロジックを構築する。巻上粉塵量については、粉塵に関連する道路周辺の土地利用情報を全国的に整理する。

【令和6年度研究計画】

前年度に構築した非排気粒子排出量の推計ロジックに基づき、全国の幹線道路・細街路毎の非排気粒子を推計する。特にタイヤ摩耗粉塵は、サブテーマ1で計測・確立したタイヤに発生する力に応じた乗用車、中型・大型車両のタイヤ摩耗粉塵の排出係数、およびサブテーマ2で得られたタイヤ運動モデルによるタイヤに発生する力の推計結果を適用する。得られた非排気粒子推計結果は、2022年度に得られている従前の手法での推計結果と比較し、サブテーマ2にて妥当性を検証する。

【自己評価】 計画以上の進展がある。

2. 研究目標の進捗状況 (2) 自己評価に対する具体的な理由・根拠と目標達成の見通し (サブテーマ3)

【具体的な理由・根拠】

- ・ 従来の推計手法における全国の非排気粒子排出量のベースデータは整理が終了した (図2-5)。
- ・ 臨港道路を対象に、自治体の調査等から交通量データを入手した。
- ・ 令和5年度に実施予定だった大型貨物車両等に関する統計データの解析として、貨物車の車検証データに基づいた解析を先行して実施し、大型貨物車両に関する車輪軸数等、従来の統計データからは得ることのできない実態データをまとめることができた (図2-6)。
- ・ 全国のタイヤ摩耗粉塵量を求めるに先んじて、タイヤ寿命等からの簡易推計についても実施し、概算することができている。

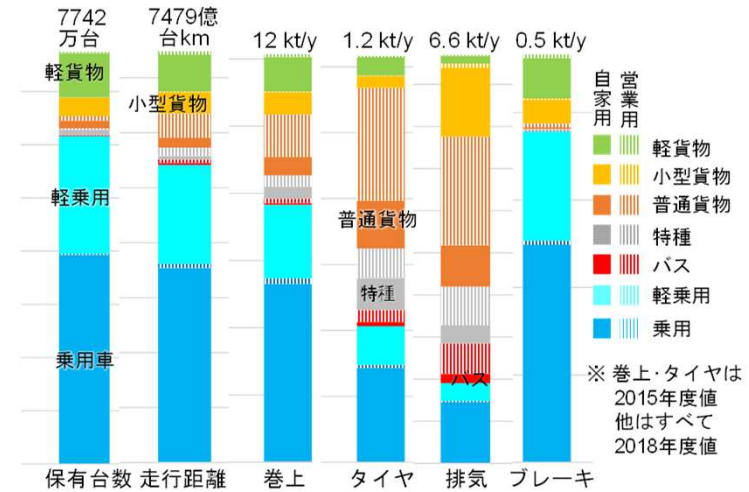


図2-5 車種・業態別の全国PM_{2.5}排出量および関連情報

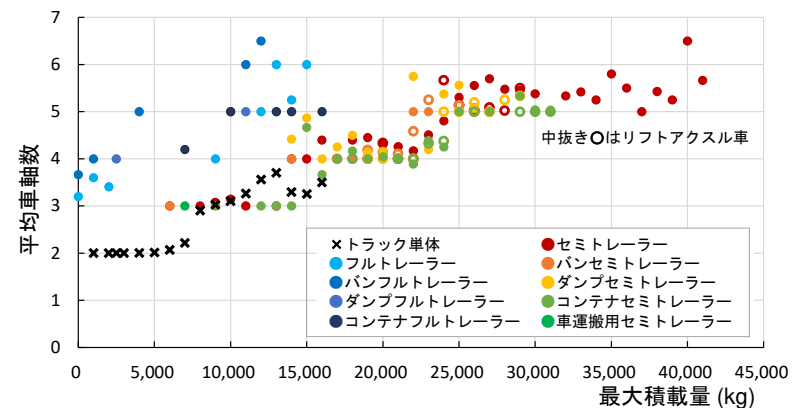


図2-6 普通貨物車の最大積載量別の平均車軸数

2. 研究目標の進捗状況 (2) 自己評価に対する具体的な理由・根拠と目標達成の見通し (サブテーマ3)

【目標達成の見通し】

- ・ 令和5年度中に特種車の車検証データについても入手し、普通貨物車と同様の解析を実施することにより大型貨物車両の使用実態についてまとめる予定である。解析手法は普通貨物車を踏襲できる。
 - ・ 普通貨物車のデータとあわせて解析を深め、ダブルタイヤ比率について算出を実施する。
 - ・ 自動車走行量についても新規に追加する臨港道路の交通量分を総交通量と合わせ齟齬が無いようデータベース化する。
 - ・ 以上のデータから、乗用車も含め、タイヤ1輪あたりのタイヤ摩耗粉塵量を推計するための活動量データが整う予定である。
-
- ・ 巻上粉塵に係る道路周辺の土地利用状況については国土数値情報を元にする予定であるが、詳細な土壌成分の情報については別途文献調査により確認をする予定である。
 - ・ いずれもデータ入手の目途は立っており、巻上粉塵の推計につなげるデータとして準備することができる。

3. 研究成果のアウトカム（環境政策などへの貢献）

【行政などが活用することが見込まれる成果】

- ・ タイヤ摩耗に関して、現在、国連傘下の会議体（GRBP）において、タイヤ摩耗の計測試験法制定についての議論が進められており、サブテーマ1の代表（利根川）ほか本研究の参加メンバーも国連会議に参加し動向把握を行っている。
- ・ 国内行政で本件を担当している環境省・国土交通省とは、関連する諸課題と合わせて、令和5年5月に情報交換および施設見学を実施し、本研究で得られた成果や動向などの情報を踏まえ、国際基準調和に向け本研究の成果の活用を検討している。
- ・ 行政の委員会を通じた貢献としては、サブテーマ3の代表（森川）が中環審傘下の委員会の委員を務めており、いずれも環境政策につながる知見として、本研究で得られた成果を直接提供することが可能である。
- ・ 他の環境研究総合推進費との連携について、「大気中マイクロプラスチックの実態解明と健康影響評価」（JPMEERF20215003）との連携を進め、令和4年9月に、タイヤ摩耗粉塵収集試験の見学会を実施し、相互の研究協力について確認した。

【行政等が既に活用した成果】

特に記載すべき事項はない。

4. 研究成果の発表状況

【誌上発表（査読あり）： 0件】

【口頭発表（学会等）： 7件】

【サブテーマ1】

- ・ 利根川義男、柏倉桐子、森川多津子、富田幸佳、伊藤晃佳、第64回大気環境学会年会(2023.9)
「タイヤ摩耗粉塵計測法の開発と全国排出量分布の作成に向けた取り組み」
- ・ 利根川義男、柏倉桐子、富田幸佳、森川多津子、伊藤晃佳、第64回大気環境学会年会(2023.9)
「タイヤ摩耗粉塵を含む非排気由来の粒子排出実態に関する研究 1. 排出実態を考慮したタイヤ摩耗粉塵排出係数の確立および試験法構築(1)」

【サブテーマ2】

- ・ 伊藤晃佳、利根川義男、柏倉桐子、富田幸佳、森川多津子、第63回大気環境学会年会(2022.9)
「タイヤ摩耗粉塵を含む非排気由来の粒子排出実態に関する研究」
- ・ 富田幸佳、森川多津子、利根川義男、柏倉桐子、伊藤晃佳、第64回大気環境学会年会(2023.9)
「タイヤ摩耗粉塵を含む非排気由来の粒子排出実態に関する研究 2. 全国車両活動量データベースの構築とタイヤ摩耗粉塵高精度推計のためのタイヤ運動モデル構築(1)」

【サブテーマ3】

- ・ 森川多津子、第6回アジア域の化学輸送モデルの現状と今後の展開に関する研究集会(2023.2)
「自動車からの非排気粒子推計の状況とCMAQ による大気中濃度の試算」
- ・ 森川多津子、第64回大気環境学会年会 特別集会(2023.9)
大気中マイクロプラスチックの実態解明と健康影響評価 (AMΦプロジェクト)～自動車非排気粒子、マイクロカプセル香害との接点～
「自動車用タイヤとその摩耗粉塵」
- ・ 森川多津子、富田幸佳、利根川義男、柏倉桐子、伊藤晃佳、第64回大気環境学会年会(2023.9)
「タイヤ摩耗粉塵を含む非排気由来の粒子排出実態に関する研究 3. 非排気粒子の全国排出量分布の整備(1)」

【国民との科学・技術対話： 1件】

- ・ 伊藤晃佳、大気環境総合センター 第4期定期セミナー (2023.2)
「環境省・環境研究総合推進費 新規研究紹介 第1回 (タイヤ摩耗粉塵を含む非排気由来の粒子排出実態に関する研究)」

【その他の成果発表： 1件】

- ・ 伊藤晃佳、一般財団法人日本自動車研究所企業向け見学会 (2023.4)
「非排気粒子研究 ～主としてタイヤ摩耗粉塵～」

5. 研究の効率性

- 本研究は、実車試験、評価・解析、全国排出量の推計まで、通常、分野間の連携が難しい領域の研究を実施しているが、これらの研究をいずれも日本自動車研究所において行っている。このように1つの研究機関で実施することで、データの相互の有効活用や、きめ細かい連携などを推進することができた。
- さらに、令和5年7月現在で計23回に渡り、関係者による進捗会議を開催しており、それぞれの分野の研究者が本研究の全体進捗やサブグループの研究進捗を詳細に把握することができているため、異なる視点での指摘を踏まえた研究推進など、より有効な研究結果の創出が実現できている。

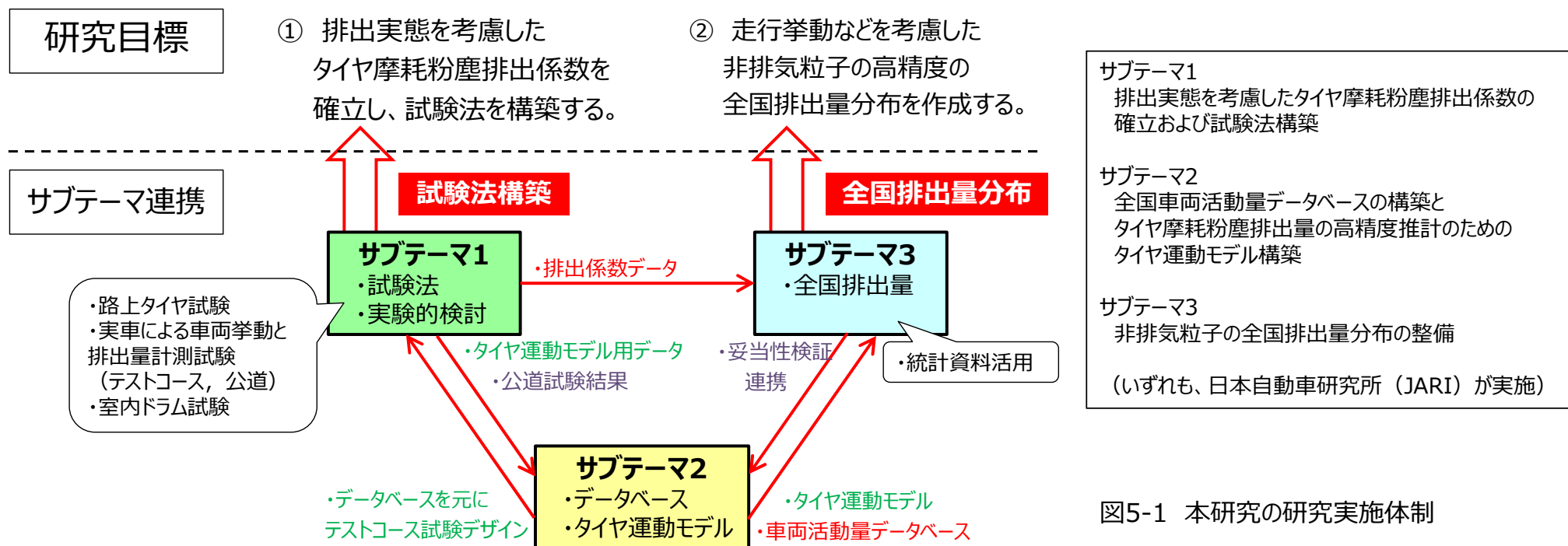


図5-1 本研究の研究実施体制