

[5RF-2006]

タイヤ粉塵由来マイクロプラスチックの時空間分布特性及び交通流の影響解明 (体系的番号:JPMEERF20205R06)

重点課題

- 主: 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: グローバルな課題の解決に貢献する研究・技術開発

行政要請研究テーマ(行政ニーズ)

- (5-5) 自動車から排出されるタイヤ粉塵に対する新たな排出量評価法の研究

研究代表機関 東京都立大学
研究代表者 酒井 宏治
研究分担者 柳原 正実
研究実施期間 R2～R4年度

1 研究開発背景等

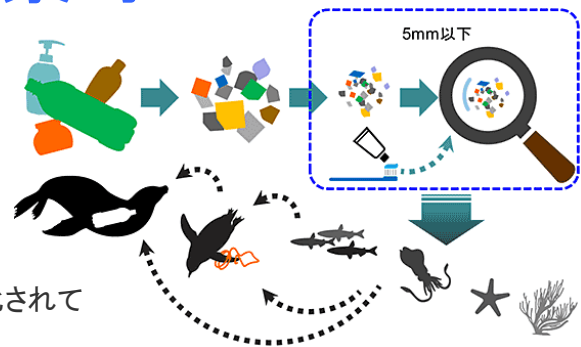
- マイクロプラスチック(MPs)
粒径**5mm**以下の微細なプラスチック粒子

一次マイクロプラスチック

製造された時点で既に5mm以下

二次マイクロプラスチック

自然環境中で細分化されて粉々になったもの



- 道路走行による摩耗で生じるタイヤ粉塵由来のMPs

○デンマーク環境省

海洋中のMPsの約60%がタイヤ由来のMPs

○ノルウェー研究所

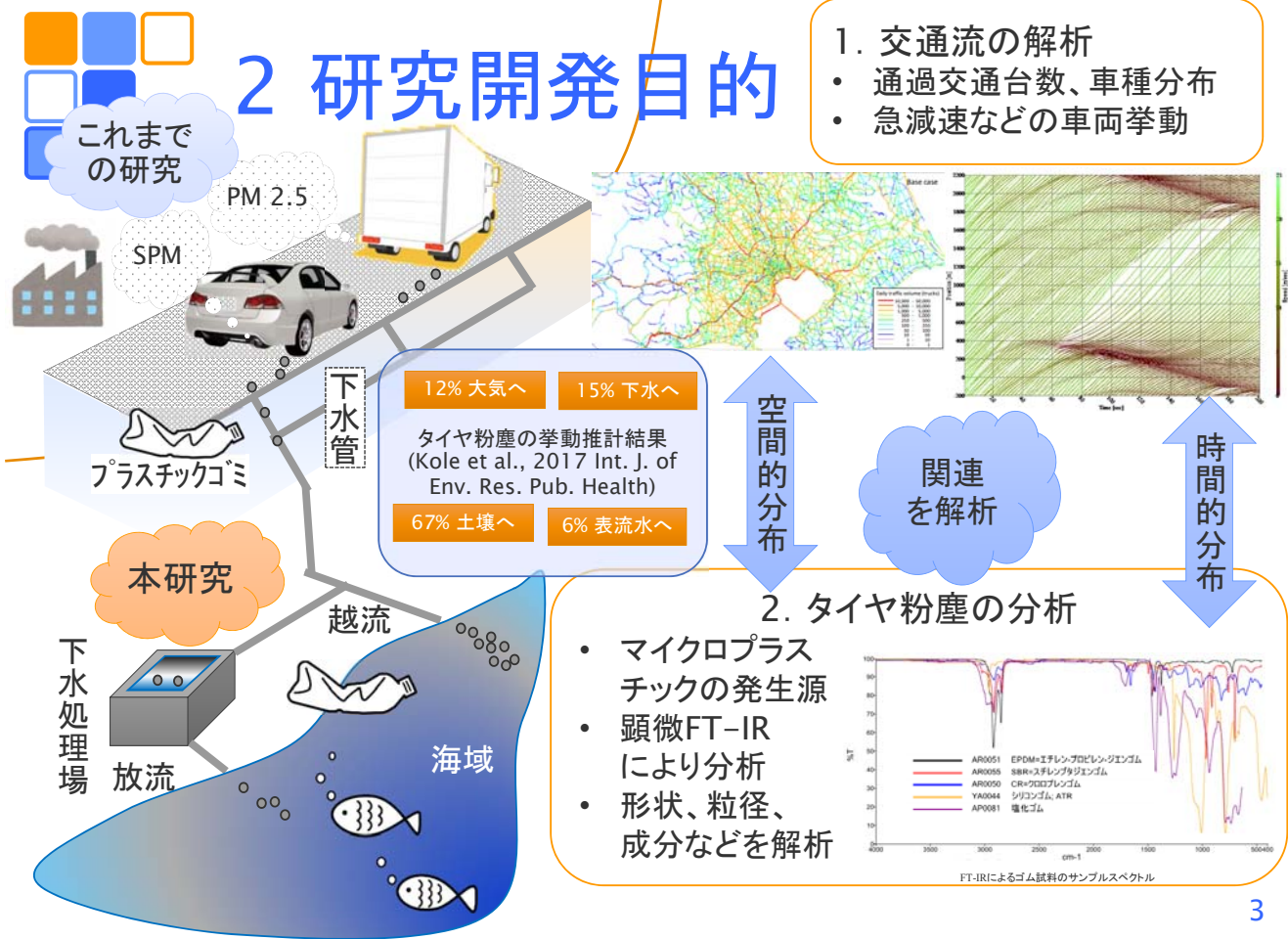
タイヤ由来粒子の約34%、ブレーキ由来粒子の約30%が海へと流入



- タイヤ粉塵がもたらす影響

タイヤ粉塵は**致死性**などの強い毒性を持ち、生物間の移行も確認

タイヤ粉塵由来のMPsの存在実態を把握し、海洋流出を抑制



3

3 研究目標及び研究計画

全体目標	タイヤ粉塵から発生するマイクロプラスチックを対象とし、実際の路上での発生及び存在状況を明らかにすると同時に、タイヤ粉塵の発生に影響を及ぼすと考えられる交通流との関連を明らかにすることを目標とする。
サブテーマ1 実施機関	タイヤ粉塵由来マイクロプラスチックの時空間分布特性及び交通流の影響解明 東京都立大学
目標	タイヤ粉塵から発生するマイクロプラスチックを対象とし、実際の路上での発生及び存在状況を100個以上の粒子について明らかにすると同時に、タイヤ粉塵の発生に影響を及ぼすと考えられる交通流との関連を解析する。
令和2年度	(研究内容) - タイヤ粉塵中のマイクロプラスチック分析のための試料採取方法を検討する。 - 交通流をマクロ視点とミクロな視点で把握するためのデータについても検討を行う。道路交通センサスなどのデータを用いて時空間的な交通量分布を把握するための検討を行う。
令和3年度	(研究内容) - 選定した分析地点において、試料採取と交通の調査を行う。 - マイクロプラスチック分析では、個数、粒径、成分などの情報を得るための試料採取を行う。 - 交通流分析では、交通流測定地点においてビデオ観測を行い、日単位の交通量、旅行速度、大型車混入率などの情報をビデオ画像などから取得する。マクロ的な解像度でマイクロプラスチックの分布と交通流の関連性を分析する。
令和4年度	(研究内容) 加減速などのミクロレベルにおける個別の車の挙動とマイクロプラスチックの発生の関連を検討する。

4



4 研究開発内容

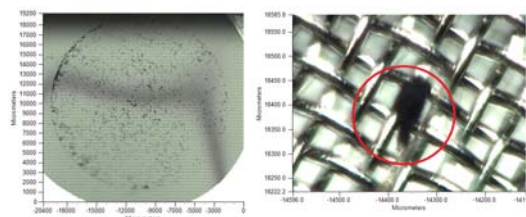
項目1: マイクロプラスチック分析	・ マイクロプラスチックに関する現在の研究は、全般的に統一された手法が用いられておらず、分析に至るまでの手法が確立されていない。 ・ タイヤ粉塵中のマイクロプラスチックを把握することを目的とした手法を検討。 ・ 試料採取が容易な大学キャンパス内の道路などにおいて、本研究の目的をより達成可能な時間的及び空間的な試料の採取方法を検討する。
項目2: 交通流データ解析	・ 道路交通センサスなどのマクロ的な交通流に関するデータを取得する。 ・ 交通流を含む地図データ入手し、より細かな空間解像度における交通流分析のためのデータを取得する。 ・ マクロ的な分析に主眼を置き、マクロ的な交通量のデータが得られる地点と粉塵調査が可能な地点の照らし合わせを行って、分析地点を選定していく。
項目3: マイクロプラスチックの分布と交通流の関連性の分析	・ 選定した分析地点において、マクロ的な解像度でマイクロプラスチックの分布と交通流の関連性を分析する。 ・ ネットワークレベルでの交通量が異なる複数の地点を選び、タイヤ粉塵由来のマイクロプラスチックと交通量の関連性をマクロ的に捉える。 ・ マイクロプラスチック分析では、個数、粒径、成分などの情報を明らかにする。交通流分析では、交通流測定地点における日単位の交通量などの情報を取得する。 ・ マイクロプラスチック分析から得られた結果と照らし合わせ、交通流とタイヤ粉塵由来のマイクロプラスチック発生の関係を、マクロ的な時空間スケールにおいて明らかにする。 ・ ミクロ的な解像度での分析では、車両の速度や加減速を考慮したマイクロプラスチックの分布に焦点を当て、空間的な解像度を上げた関連性の分析を行う。



5-1 成果の概要(1)

マイクロプラスチック分析1(前処理)

- 試料採取
 - 充電式掃除機(CL102、マキタ)
- 比重分離
 - 密度分離液の選定
 - 超純水、NaCl(20%)溶液、KI(35%)溶液を比較
 - タイヤゴム(自転車)を用いて試験
 - KI(35%)溶液→対象物質がすべて浮上→採用
- 前処理工程
 - H_2O_2 溶液による有機物分解(1日間)
- フィルターの選定
 - ろ過及び観察に使用
 - ステンレスメッシュ(非有機素材)
 - 10 μ m、40 μ m、105 μ m

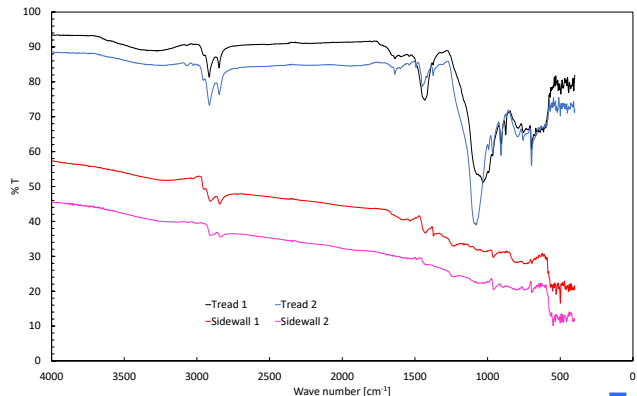




5-1 成果の概要(1)

マイクロプラスチック分析2(解析)

- ATR-FTIRスペクトルを取得
- 解析画面でデータベースと比較
 - 課題
 - データベース中のゴム素材とは必ずしも一致しない
 - 解決策
 - タイヤ自体を切削してスペクトルを取得
 - タイヤ及びデータベース中ゴム素材との比較にて判定



7



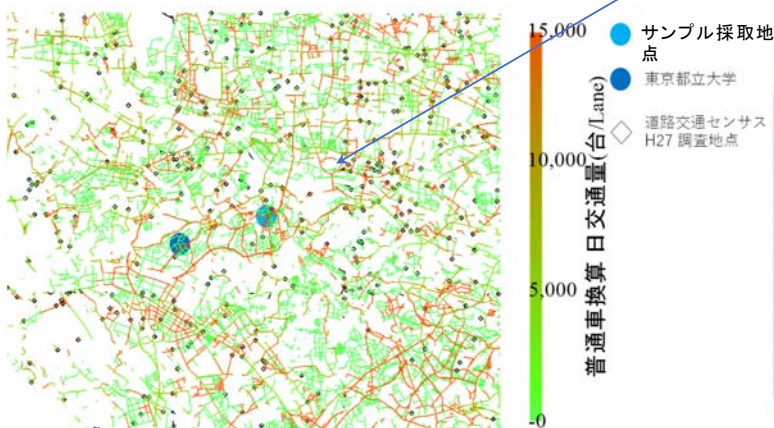
5-1 成果の概要(2)

交通流解析-1

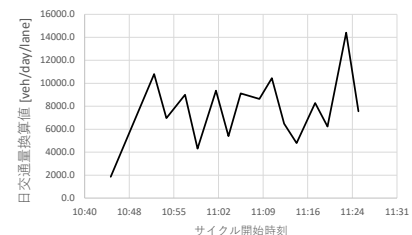
□ 交通流データ解析

- ① 道路交通センサスのデータを基に試料採取地点候補周辺の日単位交通量を把握
- ② 速度に対応する妥当な加速度の範囲について考察

① 日交通量の把握



大学近傍のサンプル採取地点におけるネットワーク交通量の算定結果



サンプル採取地点における実際の交通量

② 加速度範囲の考察

速度と停止距離における停止に必要な減速度

速度\車間距離	10m	20m	30m	40m	50m	60m	70m
0 m/s (0 km/h)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5 m/s (18 km/h)	1.25	0.63	0.42	0.31	0.25	0.21	0.18
10 m/s (36 km/h)	5.00	2.50	1.67	1.25	1.00	0.83	0.71
15 m/s (54 km/h)	11.25	5.63	3.75	2.81	2.25	1.88	1.61

路面状態	すべり摩擦係数値 (無次元)	最大減速度 (m/ss)
舗装路 (乾燥)	0.8	7.84
舗装路 (湿潤)	0.6 ~ 0.4	5.88~3.92
積雪路 (新雪)	0.5 ~ 0.35	4.9~3.43
積雪路 (圧縮)	0.35 ~ 0.2	3.43~1.96
氷結路	0.2 ~ 0.1	1.96~0.98

8



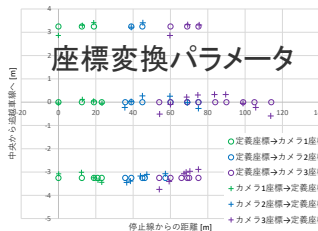
5-1 成果の概要(2)

交通流解析-2

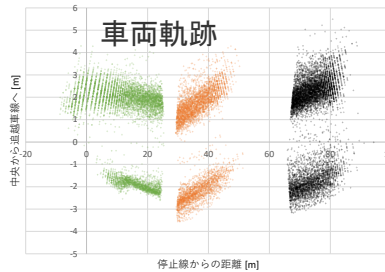
車両挙動解析

① ビデオ画像から加速度把握のための車両軌跡を抽出

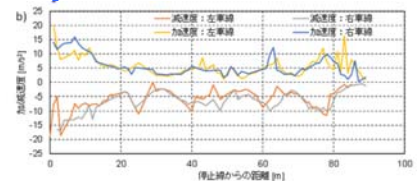
40m前後の減速度は比較的小さい



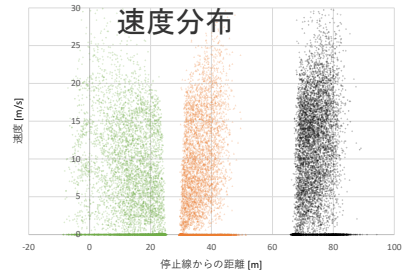
適用



微分



微分

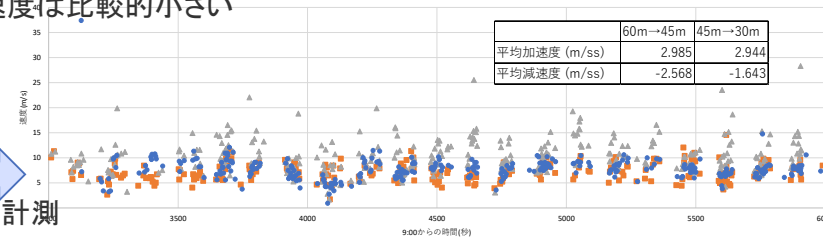


② Webアプリを用いた簡易速度計測手法を開発

40m前後の減速度は比較的小さい



速度計測



9



5-1 成果の概要(3)

マイクロプラスチックの分布と交通流の関連性の分析-1

直線走行区間/曲線走行区間/複合走行区間(交差点)

試料採取地点

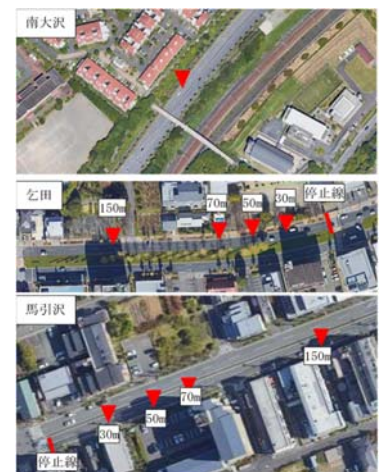
マクロ
ミクロ

- 交通量: 10000~26000台
- 先行晴天日数: 最大8日
- 停止線より30、50、70、150m地点
- 法定速度60km(馬引沢のみ50km)

採取地点諸元

サンプリング番号	1	2	3	4	5
地点名	南大沢		乞田		馬引沢
サンプリング日	2021年3月9日		2021年4月27日	2021年7月20日	2021年10月8日
道路名称			都道158号線		都道18号線
法定速度	60	60	60	60	50
交通量 (日: 道路交通センサによる)	17376	26033	26033	26033	11673
先行晴天日数	0(20h)	0(20h)	8	4	5
サンプリング詳細	左車線から1か所 1km以上停止線無し	左車線から1か所 停止線より150mの所	左車線から3か所 停止線より30、50、70mの所	計7か所。 左車線から4か所(停止線より30、50、70、150mの所) 右車線から3か所(停止線より30、50、70mの所)	計7か所。 左車線から4か所(停止線より30、50、70、150mの所) 右車線から3か所(停止線より30、50、70mの所)

採取地点地図



10



5-1 成果の概要(3)

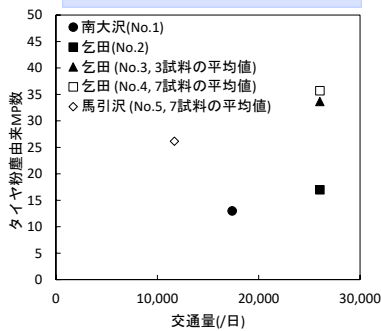
マイクロプラスチックの分布と交通流の関連性の分析-1

直線走行区間/曲線走行区間/複合走行区間(交差点)

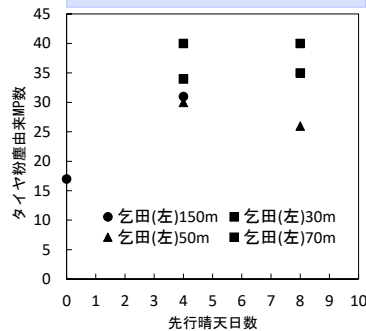
結果

- マクロ
 - 地点当たり20~40個
 - 概ね交通量に比例
- ミクロ
 - 先行晴天日数4日以上で平衡
 - 減速地点で増大
 - 乞田右70m、馬引沢右50m

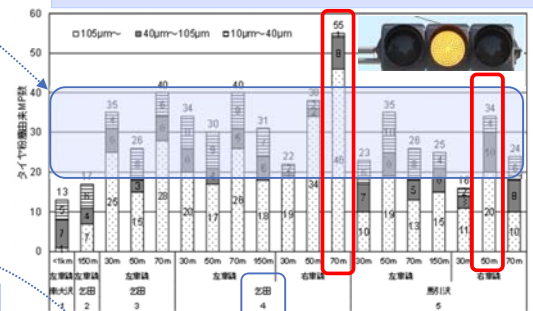
交通量の影響



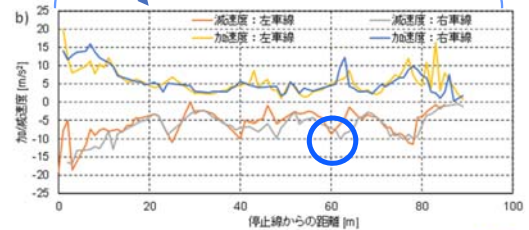
先行晴天日数の影響



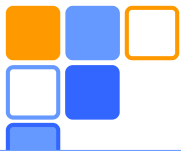
タイヤ粉塵由来MP数



減速地点で増大



加減速度(交通流解析)



5-1 成果の概要(3)

マイクロプラスチックの分布と交通流の関連性の分析-2

直線走行区間/曲線走行区間/複合走行区間(交差点)

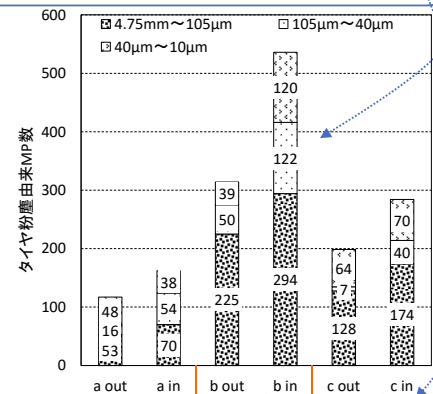
試料採取地点

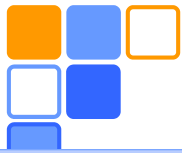
- マクロ
 - 交通量
 - 1000~2000台(曲線部推定)
 - 直線部分は23000台
 - 先行晴天日数: 3日
 - 曲線区間3か所 (曲線半径: $b < a = c$ ←道路構造令)
 - 内外輪(曲線半径: 内輪 < 外輪)
- ミクロ

結果

- マクロ
 - 地点当たり数百(約300~900)個
 - 直線区間と比べて、マイクロプラスチック数が多い
- ミクロ
 - 曲線半径が小さいb地点が最大
 - 曲線半径が小さい内輪側で多い

採取地点地図





5-1 成果の概要(3)

マイクロプラスチックの分布と交通流の関連性の分析-3

直線走行区間/曲線走行区間/複合走行区間(交差点)

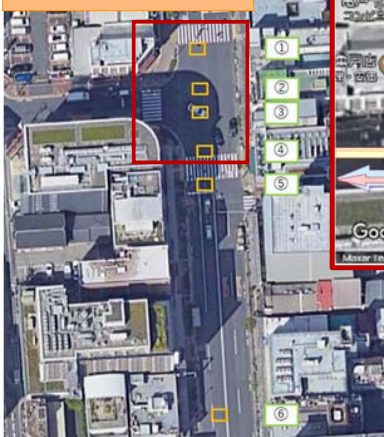
試料採取地点

- マクロ
 - 交通量:11000台
 - 先行晴天日数:3日
- ミクロ
 - 交差点内4か所、前後2か所

結果

- マクロ
 - 地点当たり50~200個
- ミクロ
 - 右左折が加わる交差点内(①~④)で増大
 - 台数当たりでも増大

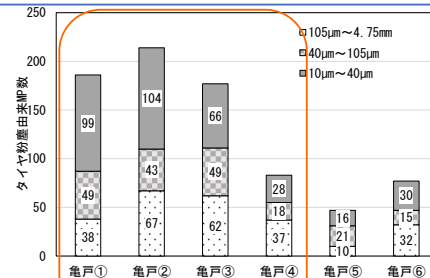
採取地点地図



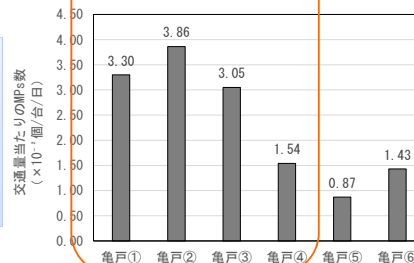
交通量



個数



台数当たり



13



5-1 成果の概要(まとめ)

1. マイクロプラスチック分析
 - タイヤ粉塵中のマイクロプラスチックを把握することを目的とした手法を検討し、手法を確立した
2. 交通流データ解析
 - マクロ的な交通流に関するデータを取得し、分析手法を確立した
3. マイクロプラスチックの分布と交通流の関連性の分析
 - ① 直線走行区間
 - 主に交通量に比例することが分かった
 - 加減速によって追加的に排出されることが分かった
 - ② 曲線走行区間
 - 台数当たり排出量が増加することが分かった
 - ③ 複合走行区間(交差点)
 - 曲線走行を行う台数の増加によって排出量が増加することが分かった
4. まとめ
 - 交差点付近を重点的に清掃することで、環境中への排出量の低減につながると期待される

14



5-2 環境政策等への貢献

- <行政等が活用することが見込まれる成果>
- 現時点における暫定的な結果ではあるが、いくつか活用が見込まれる成果があり、以下に列挙する。
- ① FTIRスペクトルのデータベースを充実させることにより、さらなる精度向上が見込まれる。
 - FTIR装置に内蔵されているデータベースのみでは、タイヤの判別、マイクロプラスチックの素材の判定が難しい可能性がある。そのため、使用する検出器の特性に合わせたデータベースを準備する必要がある。
- ② 直線走行区間においては、主に地点の交通量に影響を受ける。
 - 道路上におけるマイクロプラスチック発生量の主な影響として、概ね地点交通量に比例する。
- ③ 曲線走行区間においては、回転半径に影響を受ける。
 - 道路上におけるマイクロプラスチック発生量の主な影響として、曲線走行区間では、回転半径に影響を受け、内輪側及び緩和曲線終了部分で多く発生する。
- ④ 複合走行区間(交差点)においては、曲線走行の影響によって、通常の直線走行路と比較して多くのマイクロプラスチックが発生する。
 - 道路上におけるマイクロプラスチックの発生量の主な影響として、複合走行区間である交差点では、右左折などの曲線走行を含む箇所が多く発生することが分かった。

15



5-3 研究目標の達成状況

- 全体目標
 - 目標どおりの成果をあげた。
 - タイヤ粉塵由来マイクロプラスチックを測定する手法を開発し、実際の路上におけるサンプリングへ適用した。
 - 発生及び存在状況を明らかにするとともに、交通流の影響として、道路の制限速度、停止線からの距離、曲線走行について検討した。さらに、それらの影響が複合する交差点において試料採取を行い、曲線走行による影響が卓越することを示した。
 - 以上の通り、目標どおりの成果をあげた。
- サブテーマ1目標
 - 目標を上回る成果をあげた。
 - タイヤ粉塵由来マイクロプラスチックを測定する手法を開発し、実際の路上におけるサンプリングへ適用した。
 - 実際の路上での発生及び存在状況について、以下の理由により、**100個を大幅に上回る数の粒子を観察・同定した。**
 - 観察・同定手法に改良を加えたこと
 - 既存研究では実施していない曲線走行区間で試料採取を行ったこと
 - 交通流の影響について、道路の制限速度、停止線からの距離などについて、計画通りに遂行することで目標を達成したと言える。
 - 以上の通り、目標を上回る成果をあげた。

16



6 研究成果の発表状況

□ (1) 査読付き論文

- Gaku Oyama, Masami YANAGIHARA, Hiroshi SAKAI (2023) Occurrence of Tire-derived Microplastics at a Curvilinear Road Section, Journal of Environment and Safety, (accepted)
- Chisato NISHIMAGI, Masami YANAGIHARA, Yiming FANG, Hiroshi SAKAI (2023) Occurrence of Tire-Derived Microplastics (TMPs) Focusing on Driving Behavior, H2Open Journal, 6(1), pp.52-62.

□ (2) 知的財産権

□ (3) その他発表件数

- 口頭発表: 3件
- 国民との科学・技術対話: 1件(相模原高校向け模擬授業)