2024, 2, 2

令和5年度　名古屋市環境科学調査センター　調査研究発表会

大気をただようマイクロプラスチックの実態を探る
～目に見えない小さなタイヤのかけらを探し出す～

研究員　池盛文数

本発表の内容

- プラスチックとは
- マイクロプラスチックとは
- 大気中マイクロプラスチックとは
- 大気をただようマイクロプラスチックの実態を探る
  ～目に見えない小さなタイヤのかけらを探し出す～

プラスチックとは

〇どのようなものか

一般には、「合成樹脂やそれを成型した完成品」

を指す場合が多い

ポリバケツ

ペットボトル

発泡スチロール

ホース

様々な場所・場面で活用され、
私たちの生活に欠かせないもの

プラスチックの一般的な性質

☺長所

・軽い
・さびや腐食に強い
・断熱性や絶縁性が高い
・用途に合わせて安価に
大量生産が容易　など

☹短所

・化石燃料への依存が高い
・分解性が低い
（環境への残留性の高さ）
など

もし、使用後、適切に処理されず環境へ放出されると、

・プラスチックごみ問題
・マイクロプラスチック問題

など、大きな環境問題を引き起こしてしまう

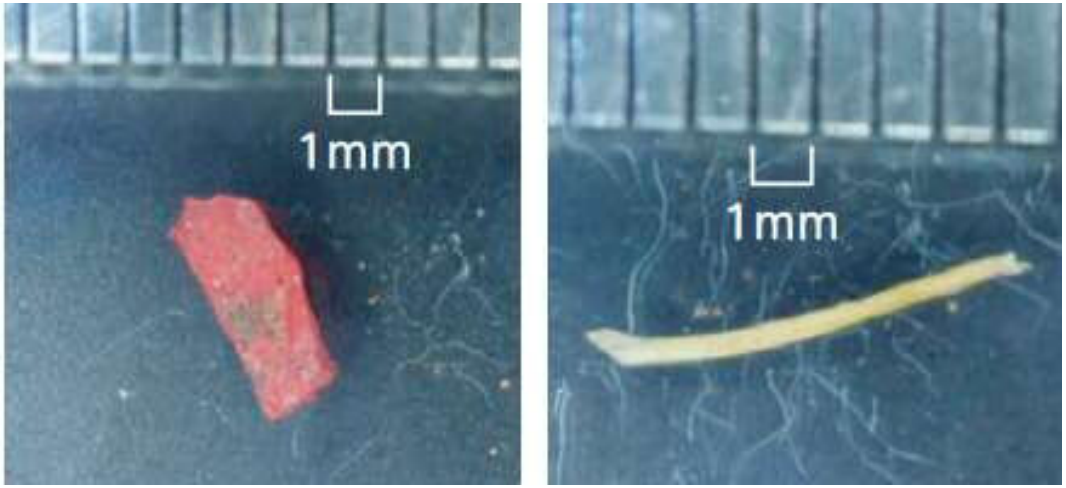
本発表の内容

- プラスチックとは
- マイクロプラスチックとは
- 大気中マイクロプラスチックとは
- 大気をただようマイクロプラスチックの実態を探る
  ～目に見えない小さなタイヤのかけらを探し出す～

マイクロプラスチックとは

- 環境中に存在する微小なプラスチック
- 一般に、直径5mm以下のプラスチック粒子やプラスチック断片

藤前干潟で見つかったマイクロプラスチック



環境科学調査センターだよりVol.42より

- 海の生態系への影響について、極めて大きな懸念材料

マイクロプラスチックの分類

○一次マイクロプラスチック

5mm以下で製造されたプラスチック

洗顔料

化粧品

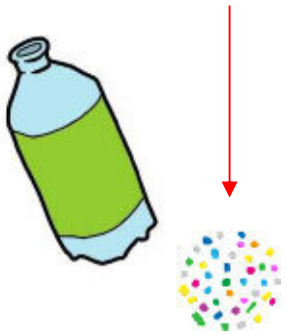
歯磨き粉

これらに含まれる
マイクロビーズ

○二次マイクロプラスチック

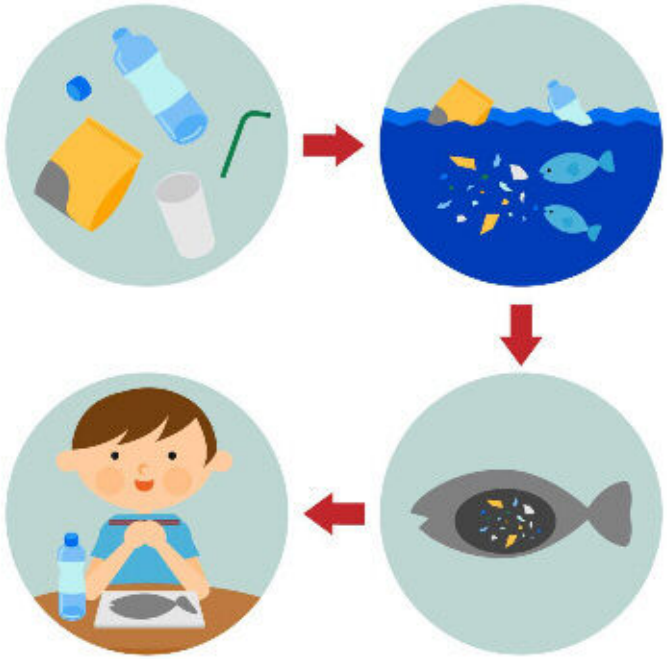
大きなサイズのプラスチックが、破砕・細分化されて、**5mm以下の大きさ**に
なったもの（ペットボトル破片やタイヤ摩耗粒子等）

投棄されることで川・海へ運ばれる



マイクロプラスチックによる諸問題

- 非常に微細→魚などの体内に取り込まれやすい
- 添加剤など、プラスチックに含まれるいろいろな有害化学物質の影響
- 有害成分を吸着する性質があり、生物濃縮、食物連鎖によりヒトへ影響する可能性



本発表の内容

- プラスチックとは
- マイクロプラスチックとは
- 大気中マイクロプラスチックとは
- 大気をただようマイクロプラスチックの実態を探る
  ～目に見えない小さなタイヤのかけらを探し出す～

空気中からもマイクロプラスチックが見つかっている？（研究報告例）

フランス・パリ近郊で、ほこりの中から繊維を発見

Dris et al., Mar. Pollut. Bull., 2016

ピレネー山脈（フランスとスペインの間）のほこりや、
富士山頂などの雲水より、マイクロプラスチックを検出

Allen et al., Nature Geoscience, 2019

Wan, Ohkoch et al., Environmental Chemistry Letters, 2023

マイクロプラスチックは、大気中を通して
広がっていることが示唆される

コンピューターシミュレーションによる大気中マイクロプラスチックの発生量の推計

Brahney et al., PNAS, 2021

- 自動車のタイヤ･ブレーキの摩耗

  84%

- 海の波しぶきによる海から陸への移動

  11%

- 農地土壌の巻き上げ

  5%

ただし、廃棄物由来は未推定、大気から検出されている
衣服からの繊維なども考慮されていない

コンピューターシミュレーションによる タイヤ摩耗粒子の研究例

- 海洋へ運ばれるマイクロプラスチックのほぼ半分に相当

Boucher and Feriot, IUCN, Global Marine and Polar Programme, 2017

- 海洋へ運ばれる量→大気中を経由して運ばれる量が、路面から河川を経て運ばれる量に匹敵　Evangeliou et al., Nature Communications, 2020

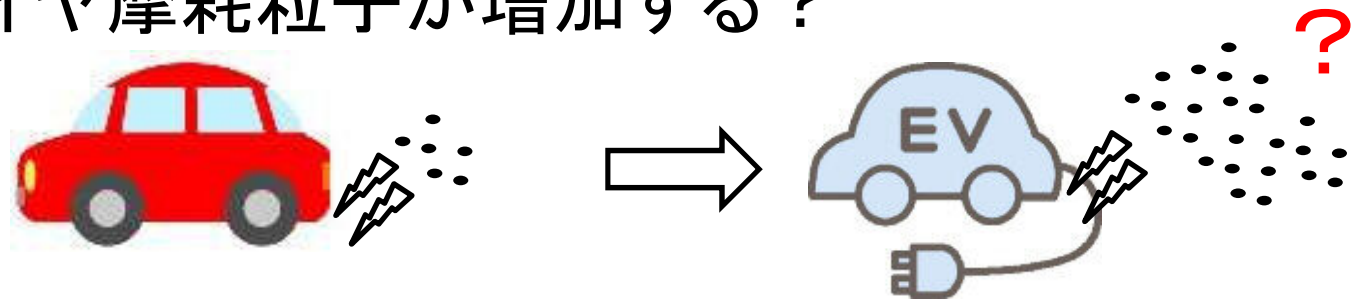
大気中のタイヤ摩耗粒子に関わる報告

- 電気自動車は車重量が大きいため、エンジン自動車よりもタイヤ摩耗粒子の排出が増える可能性

萩野, エアロゾル研究, 2023

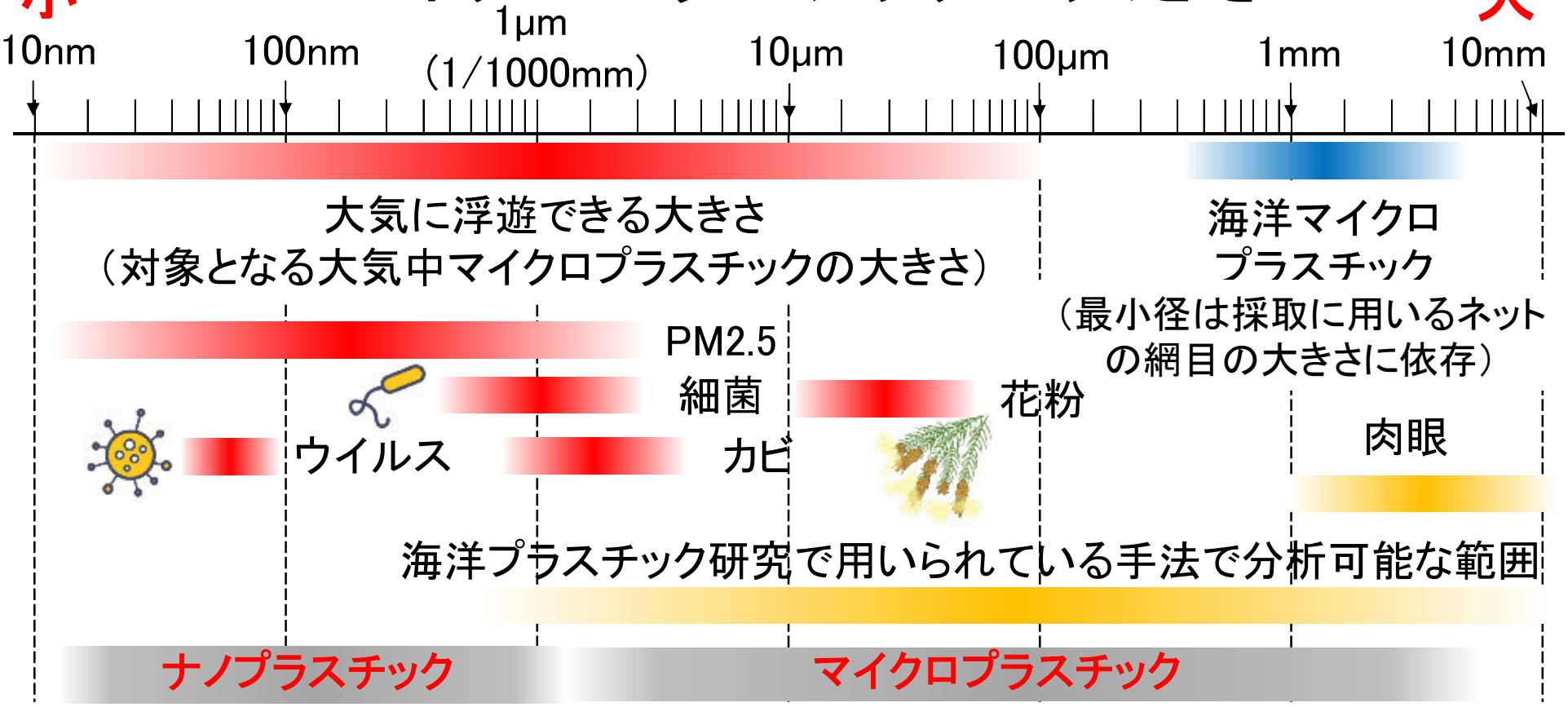
⇩

電気自動車への買い替えが進むと
タイヤ摩耗粒子が増加する？



モデルシミュレーションによる予測を検証するためには、
実際に大気中のタイヤ摩耗粒子を観測することが必要

海洋と大気で対象となるマイクロプラスチックの大きさ



数百nm～数μmの大気中マイクロプラスチックの検出と同定が課題

本発表の内容

- プラスチックとは
- マイクロプラスチックとは
- 大気中マイクロプラスチックとは
- 大気をただようマイクロプラスチックの実態を探る
  ～目に見えない小さなタイヤのかけらを探し出す～

大気中のマイクロプラスチック研究におけるタイヤ摩耗粒子観測の重要性

現状

- 海洋へ運ばれるマイクロプラスチックのほぼ半分に相当
- 海洋へ運ばれる量→大気中を経由して運ばれる量が路面から河川を経て運ばれる量に匹敵

  →大気中を浮遊するタイヤ摩耗粒子はかなり多いと予想される
- コンピューターシミュレーションによる予測の報告は多いが、実際に大気中のタイヤ摩耗粒子を観測して確認されていない

大気中のタイヤ摩耗粒子を観測により確認し、その実態を把握することは重要

目に見えない小さなタイヤのかけらを探し出す方法

海洋プラスチック研究で用いられている手法

→タイヤ摩耗粒子を検出した例はほとんどない

（排出されるタイヤ摩耗粒子は2μmくらいの大きさが多い）

利根川ら、第62回大気環境学会年会、2022

本研究の方法

タイヤに含まれている化学物質を指標（トレーサー）として測定

→大気中のほこりにタイヤ摩耗粒子が含まれていることを確認する

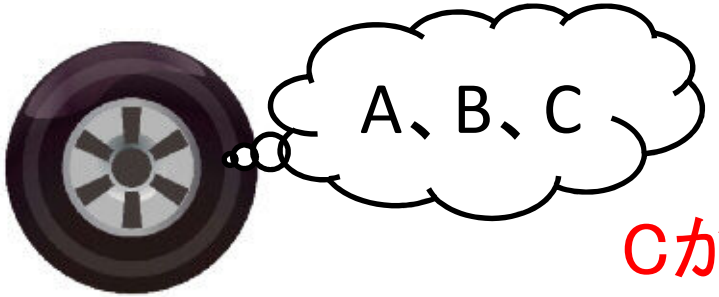
。。○ ゴム、添加剤など、たくさんの化学物質が含まれている

トレーサーとは

特定の物質や事象（本研究ではタイヤ）を追跡するために使われる目印となる（微量）物質のこと

必要な条件

①タイヤにだけ含まれていること
②ほこりから検出可能であること
③安定であること

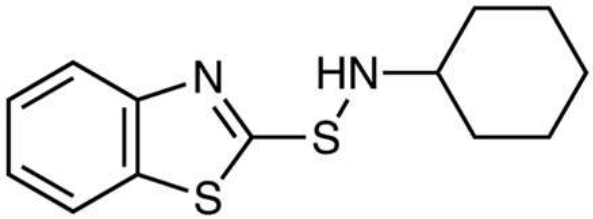


	①	②	③
A	○	×	×
B	○	×	○
C	○	○	○

Cがトレーサーとして利用可能

タイヤ摩耗粒子のトレーサーについて

- 今回トレーサーとして用いる化学物質
  N-シクロヘキシル-2-ベンゾチアゾールアミン
  添加剤に含まれる化学成分

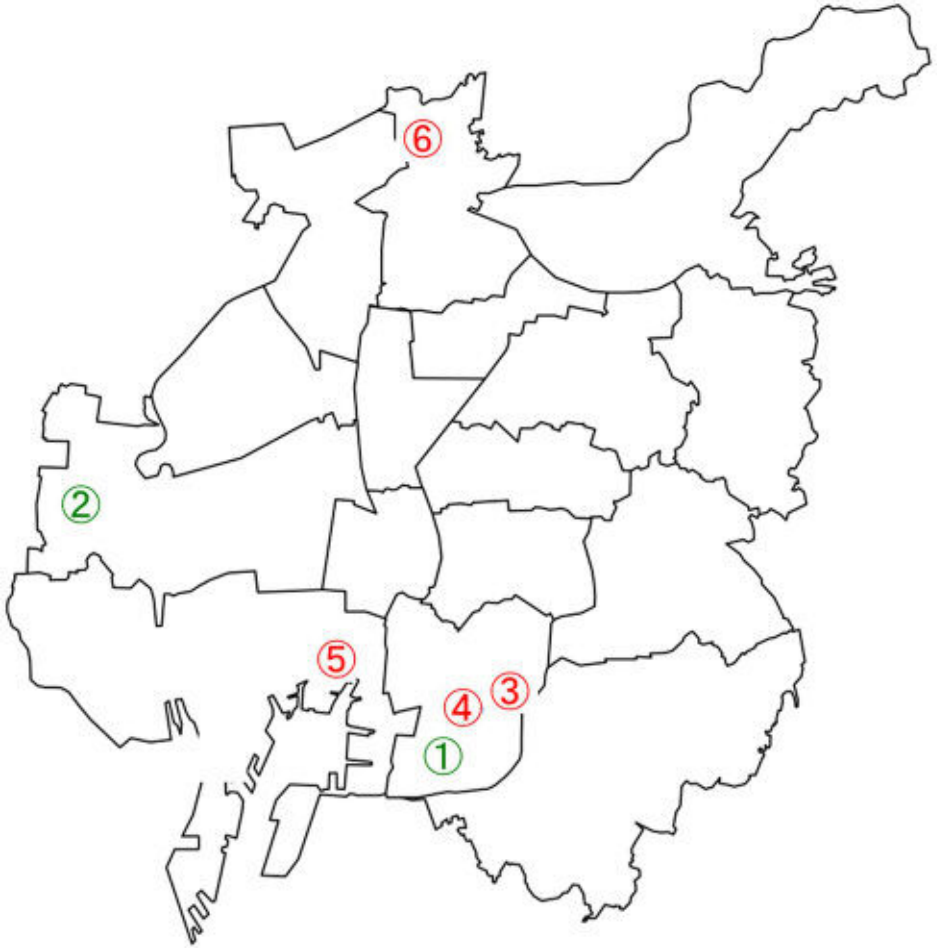


（以下、添加剤と表記する）

Kumata et al., Environ. Sci. Technol. 2002

居住区である一般環境や自動車の影響が大きい道路沿道について、市内6地点の大気粉じん（ほこり）を捕集し、上記の添加剤を分析した

調査地点



サンプリング地点

一般環境

①白水小学校

②富田支所

道路沿道

③本地通（国道1号）

④元塩公園（国道23号）

⑤港陽（国道154号）

⑥会所町（国道41号）

サンプリング方法

○サンプラー

ハイボリュームエアサンプラー（HV）

1000L/minで24時間捕集

石英繊維ろ紙を使用

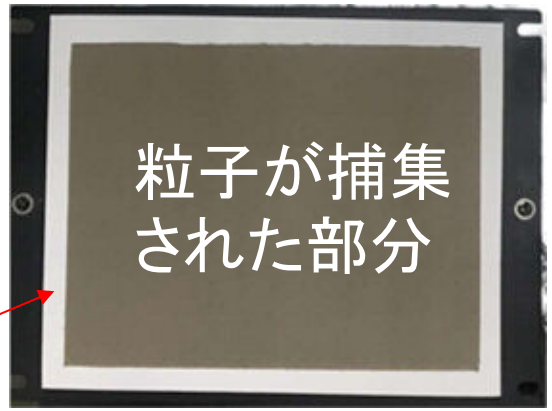
捕集前のろ紙

○捕集期間

2021年4月～2023年3月、月1回

2年間で各地点24サンプル

合計144サンプル

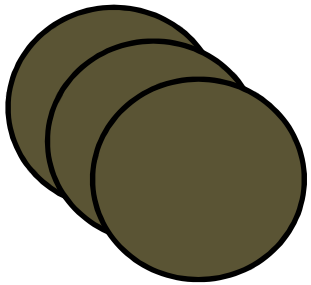


白部分は粒子が捕集されていない部分

捕集後のろ紙

添加剤の分析方法の概要

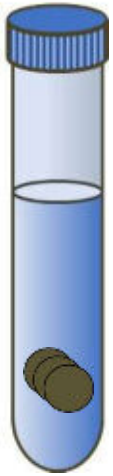
ろ紙から必要分
を切り出す



精度管理用の
試薬をろ紙に
添加する

試験管にろ紙
を入れる

有機溶媒を入れて
超音波抽出する

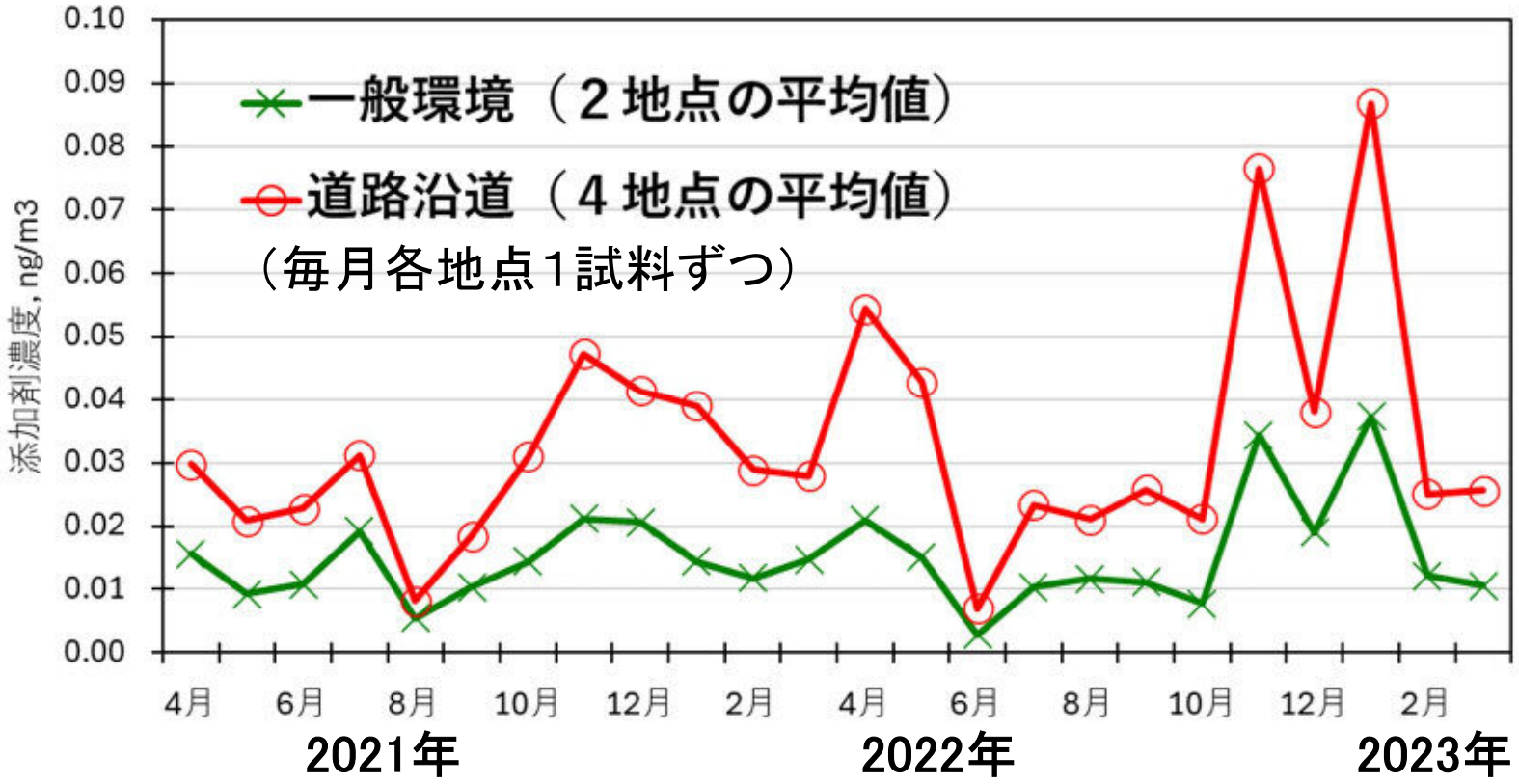


抽出液に適切
な処理を行い
バイアルに移す

添加剤を分析

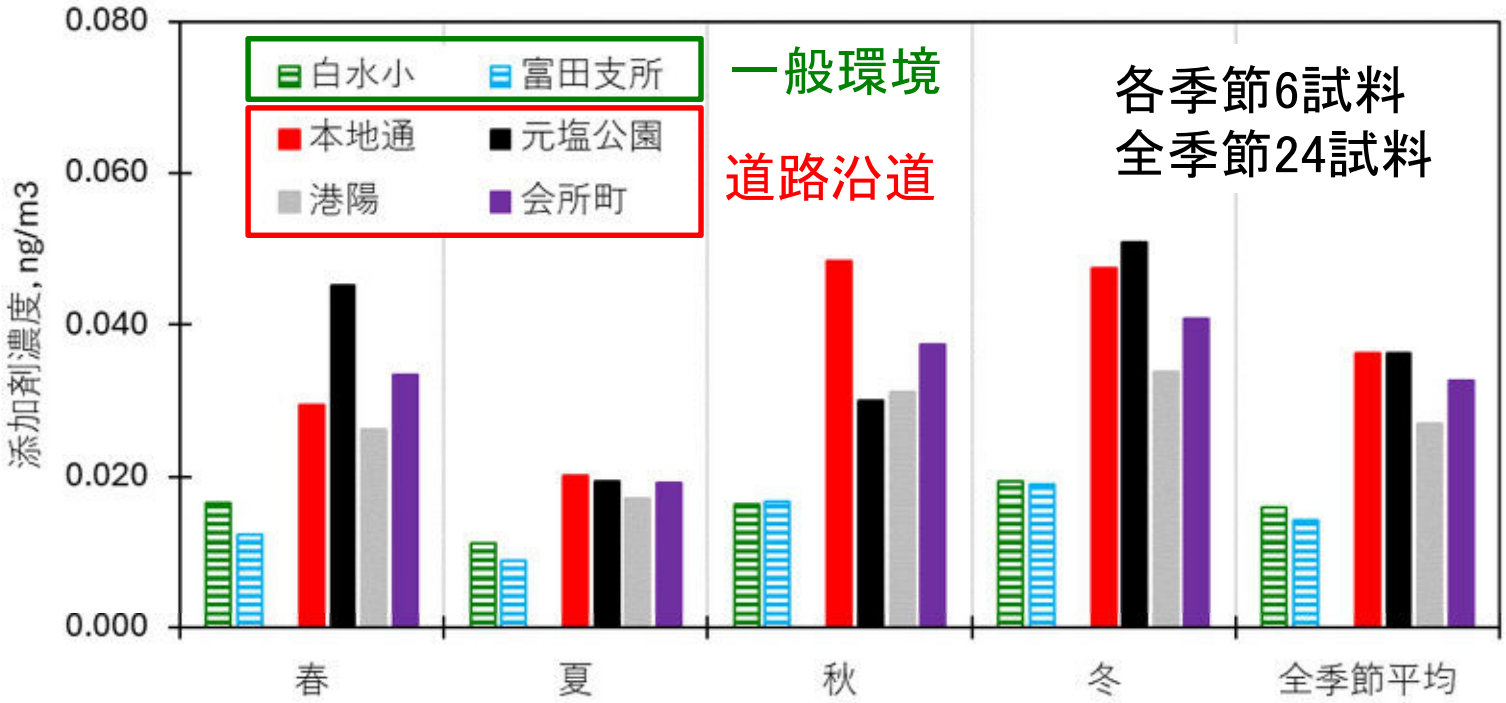
超高速液体クロマトグラム
タンデム型質量分析計

市内における添加剤濃度平均値の変動



- すべての大気粉じん試料から添加剤を検出
- 大気中濃度は、道路沿道 ＞ 一般環境であった

添加剤濃度の季節別平均値

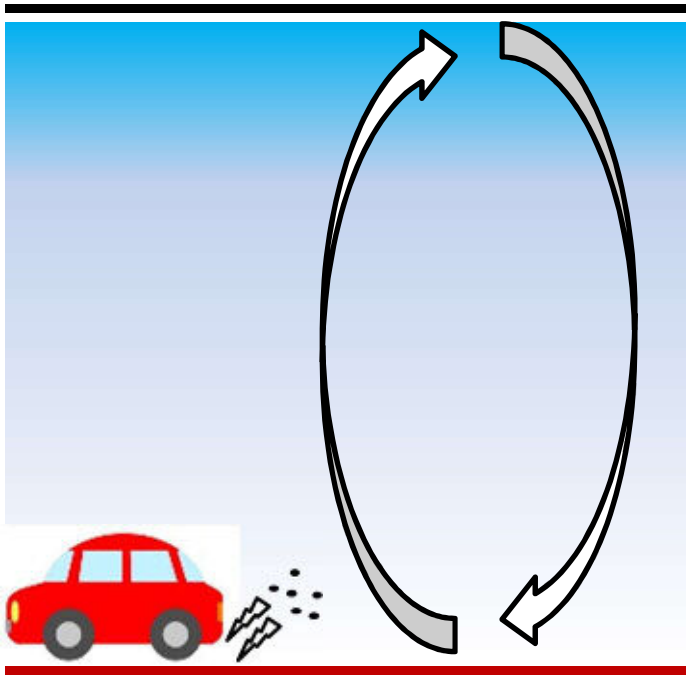


季節別および全平均添加剤濃度
→夏に低く、冬に高い傾向　全季節で、道路沿道 ＞ 一般環境
→タイヤ摩耗粒子が道路から大気中に排出されている
　タイヤ摩耗粒子濃度は道路沿道で約2倍高いと推察される

冬に大気中濃度が上昇する理由

夏季

地表の大気が混ざることができる上端（地上から2～3kmくらい）

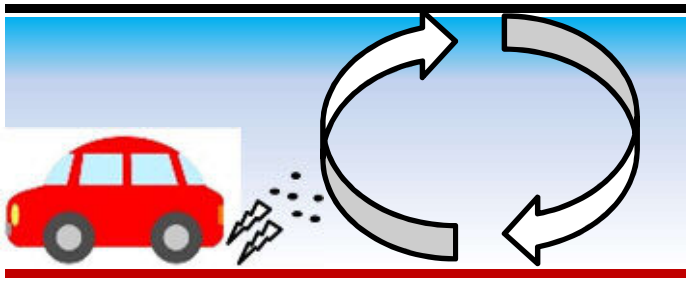


地上

冬季

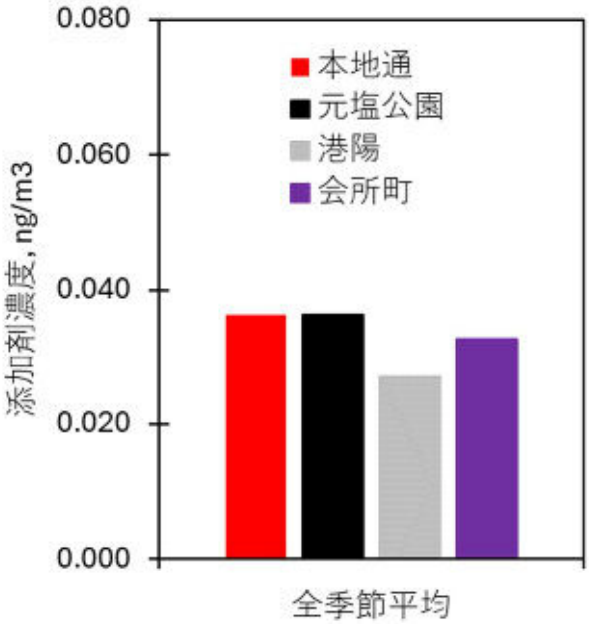
排出されるタイヤの摩耗量が同じ
→体積の小さい冬のほうが濃度が高くなる

地表の大気が混ざることができる上端（1kmくらい）



地上

交通量との比較



平成27年度全国道路・街路交通情勢調査、国土交通省

地点	道路	24時間交通量（全交通量）	24時間交通量（大型車）
本地通	国道1号	45,180	4,850
元塩公園	国道23号	84,351	27,864
港陽	国道154号	23,475	4,002
会所町	国道41号	62,716	12,314

https://www.mlit.go.jp/road/census/h27/index.html

交通量とタイヤ摩耗粒子濃度に関係は見られない
→走行状況（走行スピード、ブレーキのかけ方など）や、気象要因（風向風速など）がタイヤ摩耗粒子濃度に影響している可能性

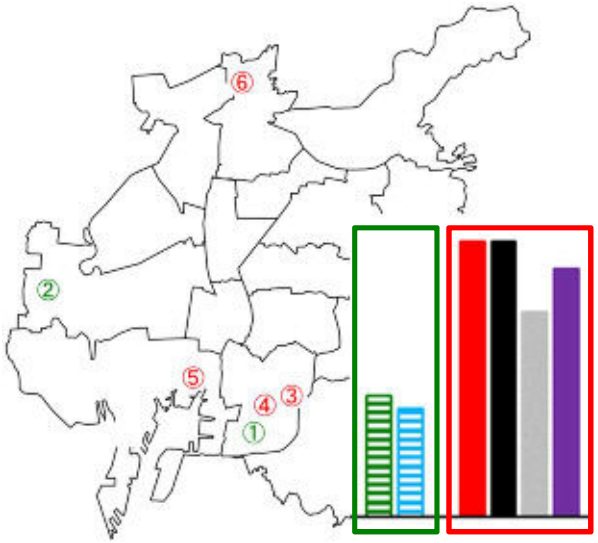
今後の展開

○本研究の結果の活用

コンピューターシミュレーションの比較データとして利用

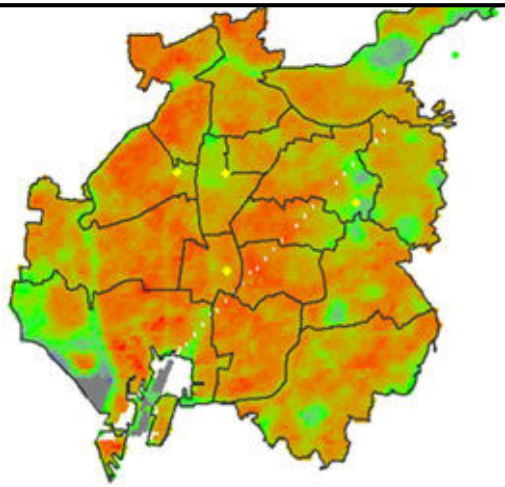
→モデルの精度確認、よりよい精度のモデル構築に貢献

大気中マイクロプラスチックの実態解明への貢献を目指す



点情報を
面情報へ

タイヤ摩耗粒子の市内
濃度マップのイメージ図



まとめ

名古屋市内の大気中タイヤ摩耗粒子の実態を知るために、
市内6地点の大気粉じん中の添加剤濃度を測定した

〇すべての大気粉じん試料から添加剤は検出可能であった

〇添加剤の大気粉じん中濃度は、夏に低く冬に高い傾向が見られ、
道路沿道 ＞ 一般環境であった。

〇道路からタイヤ摩耗粒子が排出されており、添加剤の濃度から
道路沿道でタイヤ摩耗粒子濃度が約2倍程度高いと推察された

大気中マイクロプラスチックの中で、存在量が多いと推測されている
タイヤ摩耗粒子を、ほこりの中から検出し、それが市内の道路から
排出されていることを確認した