

2023年3月5日(日) 令和4年度海洋プラスチックごみ学術シンポジウム

テーマ 2 : 発生源・流出経路・微細化 10:40 - 12:00

タイヤと道路の摩擦により発生する摩耗粉塵 (TRWP) の環境調査



一般財団法人化学物質評価研究機構

高分子技術部

菊地 貴子

背景と目的

- マイクロプラスチックの一つに、タイヤと道路の摩擦により生じるタイヤ摩耗粉塵 (Tire and Road Wear Particles : TRWP) がある。
- TRWPはタイヤのゴムや道路のアスファルト由来の鉱物粒子などから構成される複合物質である。
- タイヤのトレッドゴムは、複合材料であり、カーボンブラックも配合されているため、プラスチックのような赤外分光分析での分析は困難である。
- The World Business Council for Sustainable Development (WBCSD)のTire Industry Project (TIP)において、TRWPについて調査が行われ*、日本国内の地点(琵琶湖周辺等)においてもTRWP調査が行われているが、プラスチックと比較して、国内での調査報告は少ない。
- TRWP測定法として、ISO/TS 21396:2017 Rubber—Determination of mass concentration of tire and road wear particles (TRWP) in soil and sediments—Pyrolysis-GC/MS method(ゴム—土壌および堆積物中のタイヤおよび路面摩耗粒子(TRWP)の質量濃度の測定—熱分解-GC / MS法)がある。

本研究

ISO/TS 21396に基づき日本国内の堆積物中のTRWP量の調査

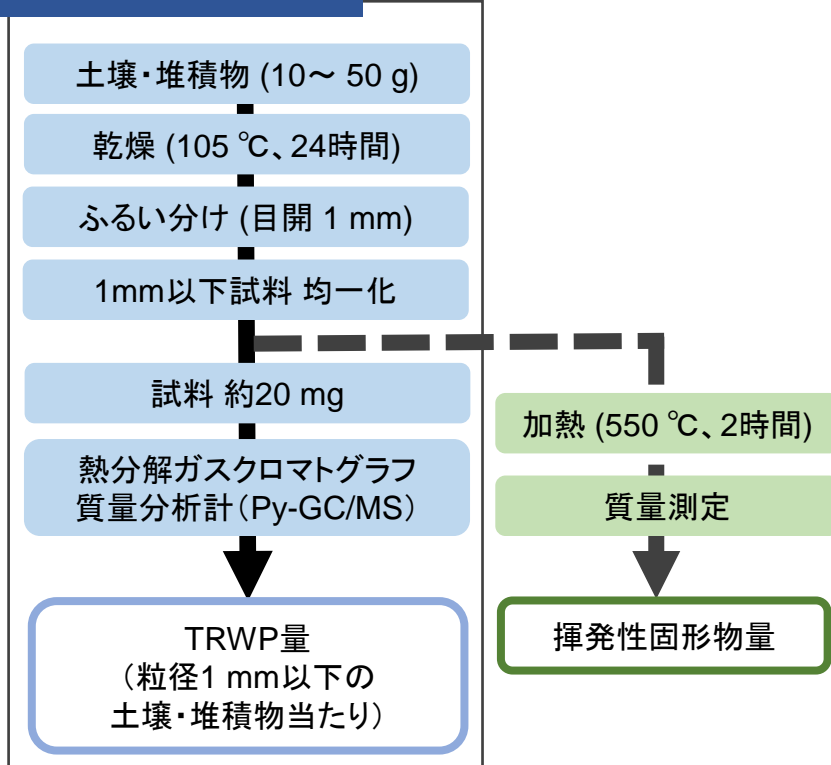
* <https://www.wbcd.org/Sector-Projects/Tire-Industry-Project/News/Tire-Road-Wear-Particles-TRWP>
<https://www.jatma.or.jp/environment/pdf/tip.pdf> 他

CERI : 1949年 (財)ゴム製品検査協会設立 (設立当時よりゴム関連業務を実施)
ISO/TS21396:2017 の開発に一部 携わってきた

ISO/TS 21396:2017

Rubber – Determination of mass concentration of tire and road wear particles (TRWP) in soil and sediments – Pyrolysis-GC/MS method

ISO/TS 21396



Py-GC/MS測定試料(約20 mg)

測定条件

熱分解
熱分解
熱分解
GC/MS
測定系
カラム
カラム
注入
測定系
スキャ
標準物
・NR (P
・SBR
・重水素
・重水素

熱分解マーカ

	化学構造	二量体
天然ゴム (NR)	$\left[\text{CH}_2 - \overset{\text{CH}_3}{\text{C}} = \text{CH} - \text{CH}_2 \right]_n$	 ジペンテン(IpD) m/z 68
ブタジエンゴム (BR)	$\left[\text{CH}_2 - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH}_2 \right]_n$	 ビニルシクロヘキセン (BdD) m/z 54
スチレンブタジエンゴム (SBR)	$\left[\text{CH}_2 - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH}_2 \right]_x \left[\text{HC}(\text{C}_6\text{H}_5) - \text{CH}_2 \right]_y$	

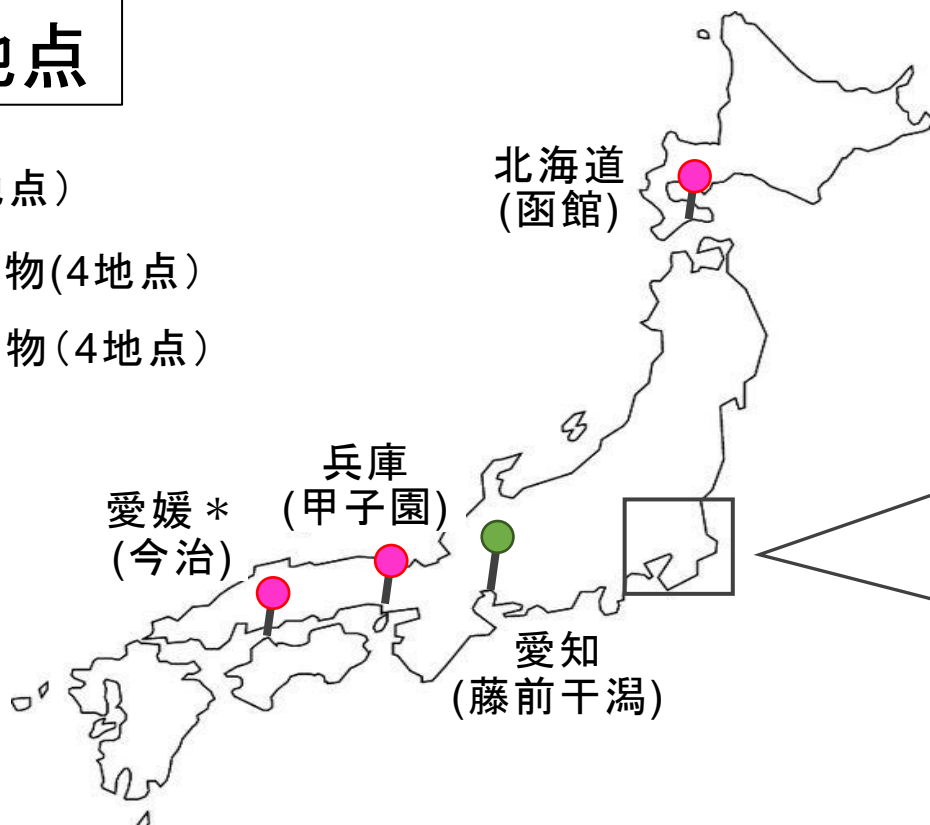
堆積物

堆積物中のスチレンは、ディーゼルの排気粒子やポリスチレン等とSBR以外の物質由来の可能性があり、ISO/TS 21396では、二量体のIpD、BdDからTRWP量の算出する。

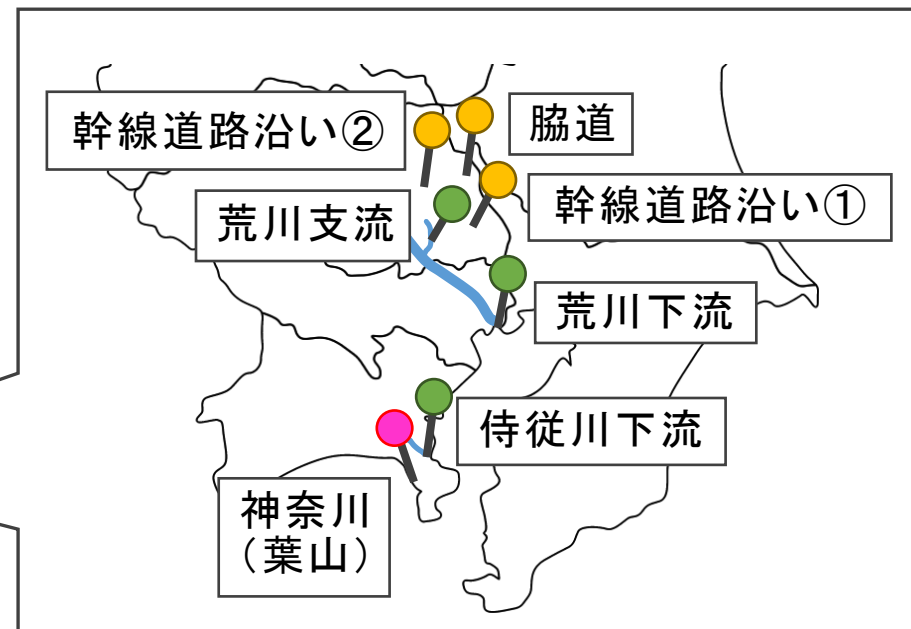
- * タイヤトレッドゴム中のポリマー(ゴム)分を補正
- * TRWPに含まれるタイヤトレッドゴム分を補正 (TRWPはタイヤトレッドゴムと道路の鉱物粒子からなる)

試料採取地点

- 土壌 (3地点)
- 河川堆積物 (4地点)
- 海岸堆積物 (4地点)



* 愛媛大学
日向博文教授
提供試料



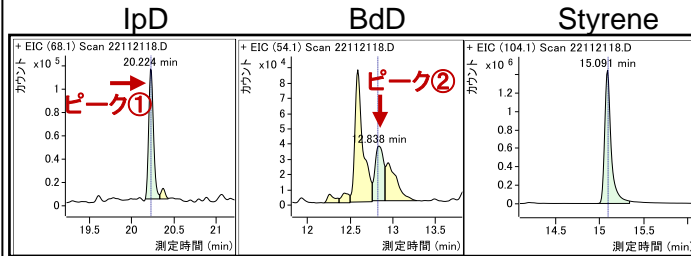
採取時期: 2021年10月～2022年12月

● 土壌	● 河川堆積物	● 海岸堆積物
<ul style="list-style-type: none"> ・幹線道路沿い①(外環道／埼玉県草加市) ・幹線道路沿い②(県道78号／埼玉県白岡市) ・協道(交通量が少ない道路沿い)の表層(埼玉県北葛飾郡) 	<ul style="list-style-type: none"> ・荒川下流(東京都江東区) ・荒川支流(埼玉県川口市) ・侍従川下流(神奈川県横浜市) ・藤前干潟(愛知県名古屋市) 	<ul style="list-style-type: none"> ・北海道(函館) ・神奈川(葉山) ・兵庫(甲子園) ・愛媛(今治)*

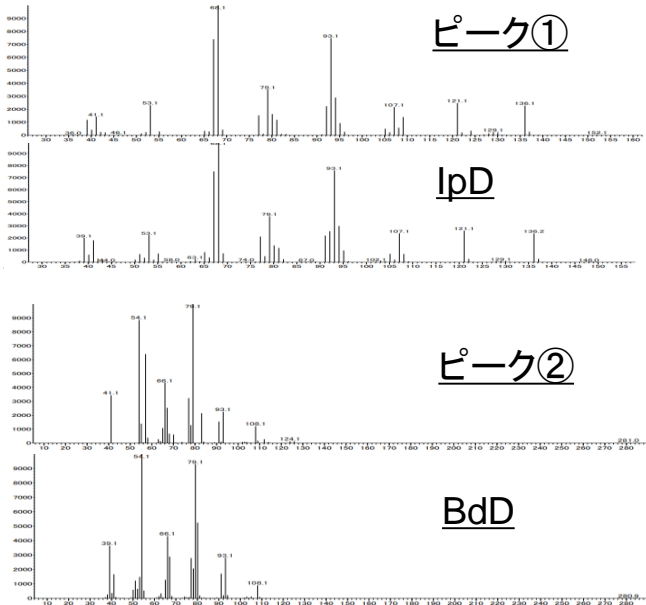
幹線道路沿い①の土壌を用いて検証（同じ地点で深さ方向に採取：表層、深さ 8 cm）

表層

抽出イオンクロマトグラム (EIC)



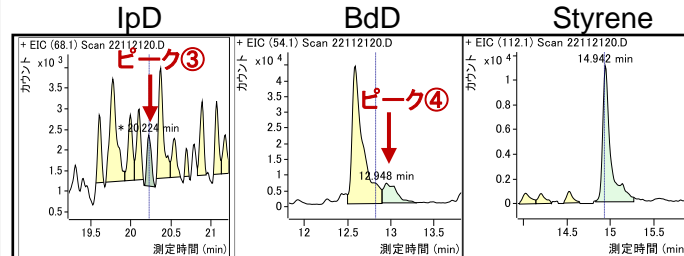
MSスペクトル



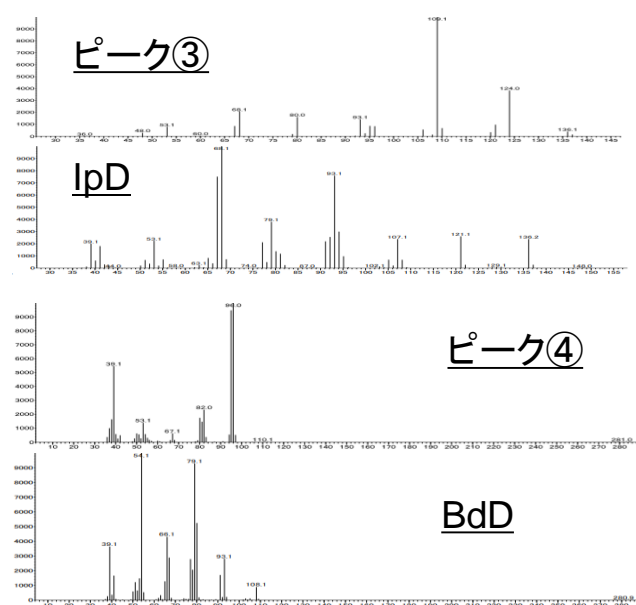
各ピーク, IpD, BdDのMSスペクトルと一致

深さ 8 cm

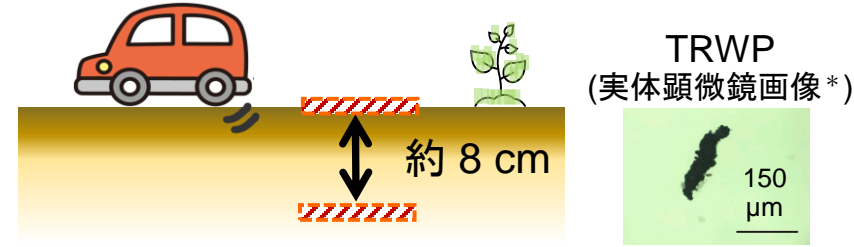
抽出イオンクロマトグラム (EIC)



MSスペクトル



各ピーク, IpD, BdDのMSスペクトルと一致せず

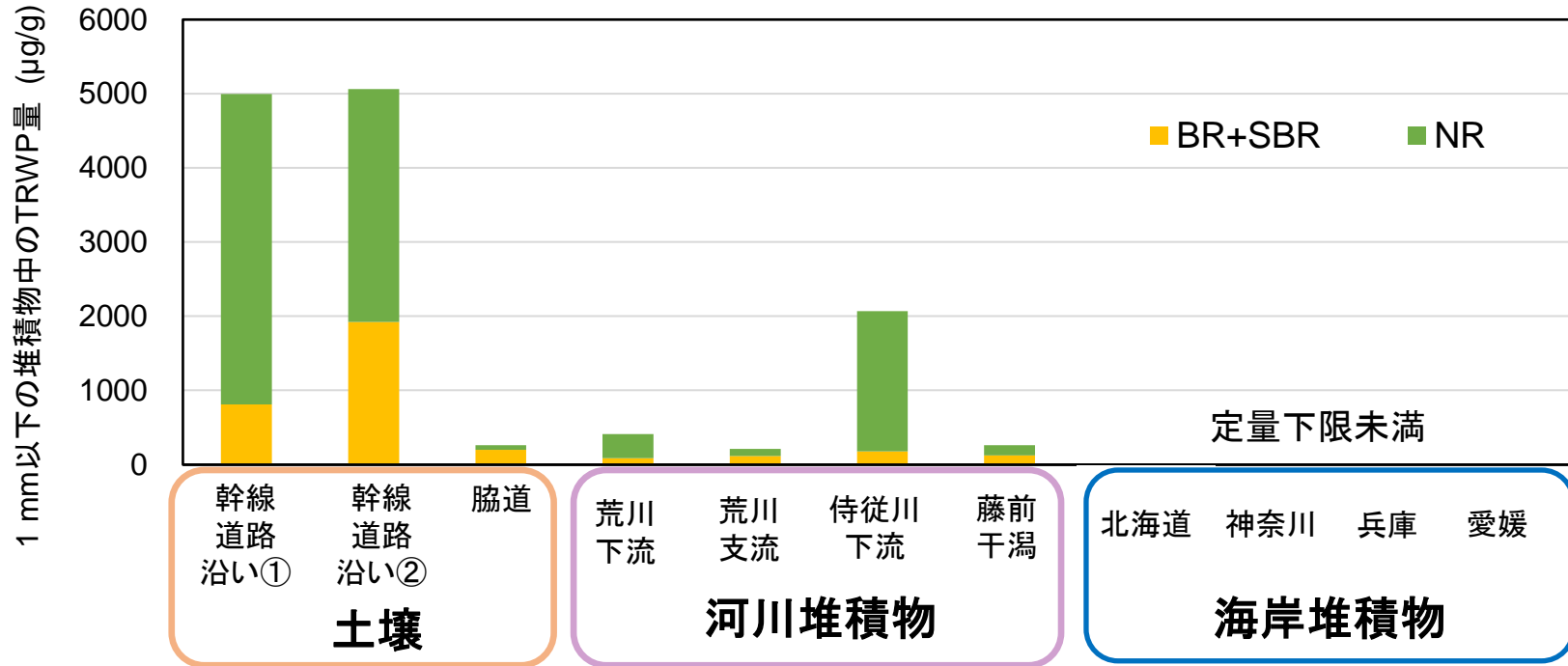


- ✓ 幹線道路沿いの土壌を、表層とその直下深さ8 cmの層から採取し、TRWPを測定した。
- ✓ 表層のEICによる解析で、IpD、BdD、Styreneの保持時間にピークが検出され、MSスペクトルも各物質と一致した。一方、深さ8cmの層では、IpD、BdD、Styreneの保持時間にピークが検出されたが、IpD 及びBdDのMSスペクトルは、標準物質のIpD 及びBdDと一致せず、IpD、BdDの保持時間に検出されたピークは、他の物質由来の可能性が高い。
- ✓ 表層からのTRWPの検出量は、粒径1 mm以下の土壌当たり約5000 μg/gであった。
- ✓ 土壌は有機物量が多く、マトリックスの影響を受けやすい。EICによる解析でも他の物質とピークと重なり、夾雑物と分離できていないことがあり、解析には注意が必要である。

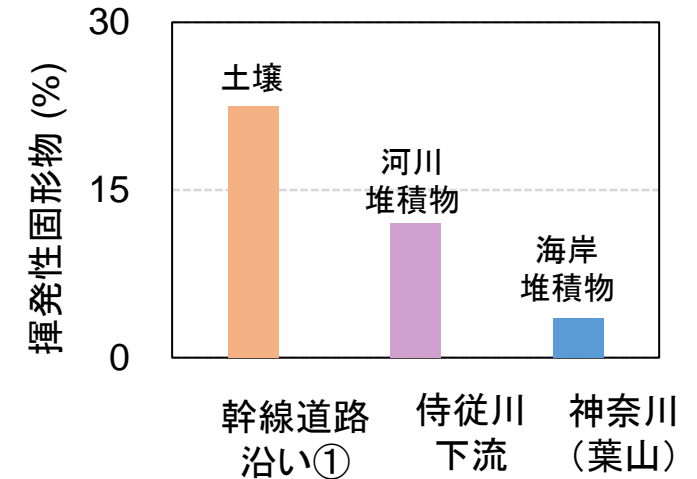
【注記】

スチレンは、ディーゼルの排気粒子やポリスチレン等とSBR以外の物質由来の可能性があるため、ISO/TS21396に従って、二量体のIpD、BdDからTRWP量を算出した。

1 mm 以下の土壌・堆積物中のTRWP量



土壌・堆積物の揮発性固形物量



- ✓ 幹線道路沿いの表層土壌からは、IpD 700~1200 µg/g、BdD 150~600 µg/g 検出され、TRWP量に換算すると1 mm以下の土壌中濃度として約5000 µg/g であった。交通量が少ない脇道の表層土壌からもIpD、BdDが検出され、TRWP量に換算すると 260 µg/g であった。幹線道路沿いと脇道でのTRWP量に大きな差があった。
- ✓ 河川堆積物からも、IpD、BdDが検出された。検出されたIpD及びBdDをTRWP量に換算すると、1 mm以下の堆積物中濃度として 200~2000 µg/g であった。
- ✓ 海岸堆積物のTRWP量は定量下限値未満であった。海岸堆積物の揮発性固形物量は 約5%未満であり、堆積物中の有機物量が少ないことも影響していると考えられる。

今回の研究結果と考察

- 道路沿いの土壌、河川堆積物、海岸堆積物を採取し、1 mmのふるい分けを行い、ISO/TS 21396に基づき 1 mm以下の堆積物中のTRWP量を調査した。
- 道路沿いの表層の土壌からTRWPが検出された。車の交通量によってTRWP量に分布があり、交通量の多い幹線道路付近の表層の土壌のTRWP量は、交通量の低い道路より高かった。
- 河川堆積物からもTRWPが検出されたが、採取地点により濃度は異なった。
- 海岸の堆積物のTRWPは定量下限値未満だった。
- TRWPは地点間でばらつき、濃度の分布幅が大きいですが、全体として、陸域 > 河川域 >> 海域の傾向であった。
- 今後、ISO /TS 21396 の精度について検証するとともに、環境実態調査を行い、環境に与える影響評価を検討していく必要があると考えられる。