

タイヤ粉塵由来マイクロプラスチック測定のための手法の検討

東京都立大学 正会員 ○酒井 宏治 東京都立大学 非会員 西間木千智
 東京都立大学 非会員 石井 里実 東京都立大学 非会員 方 一鳴

1. はじめに

タイヤはマイクロプラスチックの発生源の一つであり、その環境中への排出量のおよそ 70%を占める¹⁾。タイヤを含むマイクロプラスチック粒子は、有害物質を吸着する可能性があり、海洋生物に摂取されうることから、陸域からの排出が問題となっている。タイヤからの排出実態を把握し、適切な対策を取ることが望まれる。

タイヤは、スチレンブタジエンゴム(SBR)、ポリブタジエン(PBD)、天然ゴム(NR)などの高分子を主な素材(40-60%)とし、その他に補強剤としてカーボンブラックやシリカ(20-35%)、オイル(15-20%)などが含まれている²⁾。タイヤ由来の粉塵の研究例として、シミュレーターを用いてタイヤを切削した研究や^{3, 4)}、走行中のタイヤから粉塵を採取してその粒度分布を調べた研究⁵⁾のほか、環境試料中の粒度分布を調べた研究⁶⁾などがある。

だが、タイヤ粉塵について、例えば PM2.5 の発生源としての研究事例などはいくつか存在するものの、マイクロプラスチックの発生源という観点から粒度分布と成分を複合的に検討した事例は乏しい。また、それらが実際の路上において時間的あるいは空間的にどのように分布するかについて検討した事例は見当たらない。さらに、実際の路上におけるタイヤ粉塵の発生に影響を及ぼすと考えられる運転者の行動や交通流などの影響は未解明である。

そこで本研究では、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ことを目的とした。さらに、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的とした。そのために、まず、道路粉塵からのマイクロプラスチックの採取、前処理、分析方法について文献レビューを行って要点を絞り、その後具体的な検討を行った。

2. 試料採取方法の検討

マイクロプラスチック分析のための道路面からの試料採取については、いくつかの既存研究が存在し、その中では、専用の採取装置を用いる方法⁷⁾、掃除機による吸引^{8) 9)}などがある。本研究では、一般的な手法として、道路面上に存在する粉塵を対象とした掃除機による吸引方法について検討した。

具体的には、学内の道路において道路粉塵を採取し、採取機器として従来型の吸引式掃除機(CL102DW, Makita)とサイクロン型掃除機(CL281FDFCW, Makita)の2種類の掃除機を比較検討した。その結果、サイクロン型掃除機は、粉塵が採取容器内に散乱し回収に困難を要することが分かった。一方、従来型の吸引式掃除機では、紙パックからの回収が容易であることが分かり、従来型の掃除機を用いることとした。なお、本掃除機は、既存研究⁸⁾において使用されているものと同型のものである。

3. 試料前処理手法の検討

マイクロプラスチック分析のための試料の前処理として、粒径による分別、対象とする成分の分離、残存する有機物の分解などを行う必要がある。

まず、粒径による分別について、その基準は研究によって様々である。例えば、Leads ら¹⁰⁾は、道路粉塵に対して 63~149 μ m、150~499 μ m、500 μ m 以上の3区分で、Wang ら⁶⁾は4 μ m 未満、4~63 μ m、63~125 μ m、125~250 μ m、250~500 μ m、500~1000 μ m の6区分について検討を行っている。また、Sommer ら¹¹⁾大気中エアロ

キーワード マイクロプラスチック, タイヤ粉塵, 分析手法

連絡先 〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1 東京都立大学 TEL : 042-677-2789 E-mail : h_sakai@tmu.ac.jp

ブルに対して 10~20 μm 、20~40 μm 、40~80 μm の 3 区分で検討を行っている。本研究では、これらの既存研究及び実際に入手可能なメッシュフィルターのサイズを基に、10 μm 、40 μm 、106 μm 、235 μm を基準として観察を行うこととした。

次に、対象とする成分の分離の方法について検討を行った。既存の研究においては、密度勾配を利用した手法として、NaCl などを用いた密度分離の事例^{7, 12, 13)}がある。そこで、本研究では、NaCl 及び KI を用いて密度勾配の検討を行った。その結果、実際のタイヤ成分を分離する溶媒として KI 溶液(35%)を用いることとした。

最後に、残存する有機物の分解手法について検討を行った。既存研究において、用いる酸化剤やその温度、接触時間が様々であり、1 日間¹²⁾、55°C⁸⁾、60°C にて 1 時間の後 100°C にて 7 時間¹⁴⁾などの手法がある。これらの手法を比較検討し、本研究では、55°C にて 30 分間の後室温で 1 日間の手法を採用した。

4. 試料観察手法の検討

マイクロプラスチック分析のための観察手法としては、一般的に用いられている FTIR スペクトルから同定する方法^{8, 10, 13)}の他、Nile Red など染色して蛍光観察を行う方法^{12, 14)}などがある。この 2 つの手法のうち、タイヤ粉塵の染色の困難さ及び FTIR において直接成分を観察することのできる利点から、本研究では、顕微 FTIR(Spotlight 200i, Perkin Elmer)を用いた。実際の観察画像を図 1 に示す。40 μm 以上の粒子に対しては透過法、40 μm 以下の小さな粒子に対しては ATR 法を用いて FTIR スペクトルを観察し、成分同定を行うこととした。観察した FTIR スペクトルは、データベースと比較することで同定を行った。

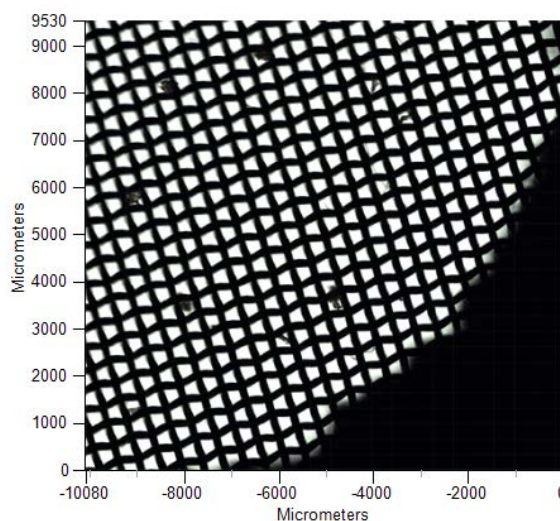


図 1 顕微 FTIR による観察画像

5. まとめ

本研究では、道路粉塵由来のマイクロプラスチック分析を行う上で、既存の手法に関するレビューを行い、分析の上で重要となる点について、要因の抽出を行った。その上で、一部の点については手法について比較検討を行い、その検討結果について報告した。

検討の結果、以下の方法を用いて進めることとした。①掃除機にて試料を採取する。②4.75mm のふるいで試料を分別する。③ヨウ化カリウム溶液で密度分離を行う。④上澄みに過酸化水素溶液を加え、55°C の後室温で 1 日間分解する。⑤フィルターでサイズごとに分別し、顕微 FTIR で観察を行う。以上の方法で、道路粉塵の分析を進めることとした。

参考文献

- 1) Ministry of Environment and Food of Denmark The Danish Environmental Protection Agency, 2015.
- 2) Thorsten Hüffer, *et al.*, 2019, Trends in Analytical Chemistry, 113, pp.392-401.
- 3) Andreas Dahl *et al.*, 2006, Atmospheric Environment, 40, pp.1314 -1323.
- 4) Mats Gustafsson *et al.*, 2008, Science of the Total Environment, 393, pp.226-240.
- 5) Ji-Hyun Kwak *et al.*, 2013, Science of the Total Environment, 458-460, pp. 273-282.
- 6) Qian Wang *et al.*, 2017, Chemosphere, 173, pp.318-325.
- 7) Ida Järlskog *et al.*, 2020, Science of the Total Environment, 729, 138950.
- 8) 岡本萌巴美ら、2019、土木学会論文集 G(環境), 75, pp.III_127-III_134.
- 9) 砂田岳彦ら、2005、土木学会第 60 回年次学術講演会、pp.277-278
- 10) Rachel R. Leads *et al.*, 2019, Marine Pollution Bulletin, 145, pp.569-582.
- 11) Frank Sommer *et al.*, 2018, Aerosol and Air Quality Research, 18, pp.2014-2018.
- 12) Won Joon Shim *et al.*, 2016, Marine Pollution Bulletin, 113, pp.469-476.
- 13) Alexander S. Tagg, 2015, Analytical Chemistry, 87, pp.6032-6040.
- 14) Gabriel Erni-Cassola *et al.*, 2017, Environmental Science and Technology, 51, pp.13641-13648.