

# 都市系面源由来マイクロプラスチックの海域への負荷量推定

○中尾 賢志<sup>1)</sup>, 秋田耕佑<sup>1)</sup>, 榎元 慶子<sup>1)</sup>, 尾崎 麻子<sup>2)</sup>, 奥田哲士<sup>3)</sup>

1) 大阪市立環境科学研究センター

2) (地独) 大阪健康安全基盤研究所

3) 龍谷大学

## 1. 本研究の目的

マイクロプラスチック（以下、MPs）は 5mm 未満の微少なプラスチックのことで POPs（Persistent Organic Pollutants：残留性有機汚染化学物質）を吸着・吸収することから、その環境中の動態について多くの研究がなされている。これまで海域への MPs 供給は沿岸域で漂着ごみ中のプラスチックごみが紫外線や波浪といった物理的な力により微細化するという説明がなされてきたが、河川や下水から MPs が検出されることから陸域でも風雨や紫外線によって建物敷地や道路上等に放置されたプラスチック製品が微細化し、MPs 化することが指摘されている。MPs の海洋調査により海洋中の MPs の総量は 51 兆個とされている。しかし、近年の全球的な調査によってこの総量は全体の 1%と言われており、残りの 99%は行方不明である「ミッシングプラスチック」と呼ばれている。この原因として、主として海洋での MPs 研究は海洋表層を対象としていること、および海洋表層での MPs の採取は 300~350  $\mu\text{m}$  の目開きのプランクトンネットが用いられることが多く、それよりも小さい MPs の把握がなされていないことが考えられる。また、陸域起源の MPs がミッシングプラスチックにどの程度寄与しているかといったデータは今後の海洋中 MPs の総量予測に寄与すると考えられる。そこで本研究は比較的 MPs 負荷が高いであろう都市域からの 10  $\mu\text{m}$  以上の MPs の海域への負荷量を推定することを目的とする。

## 2. 実験材料および方法

### 2.1 調査フィールドの選定

調査フィールドは大阪市全域とした。大阪市の人口および面積は令和 3 年 1 月 1 日現在約 275 万人、225.30  $\text{km}^2$  である。北部には神崎川と新淀川が東から西へ流下し、南部の大和川も同様に東から西へ流下してい

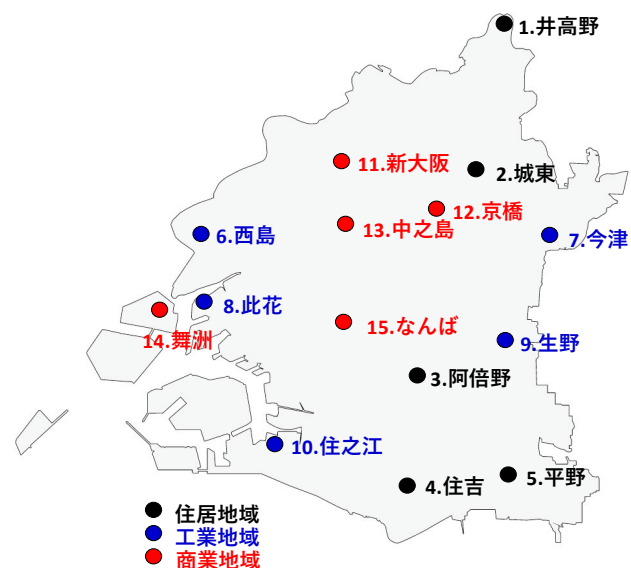


図 1 道路塵埃採取地点（大阪市）

る。

## 2.2 試料採取

住居地域、工業地域、商業地域それぞれ5地点を任意に選定(図1)し、令和2年11月17~24日に道路塵埃をほうきとちりとりで採取した(計15地点)。採取による微細なプラスチックのコンタミネーションを最小限にするため、ほうきの毛はシダ製で、ちりとりはトタン製のものを用い、採取する度に新品と交換した。採取した塵埃はガラス容器に保管した。採取方法は、道路の両脇の側溝が暗渠になっている道路(写真1)を選び、側溝の暗渠上部の塵埃をほうきとちりとりで採取し、道路の長さと同幅を測定した。

## 2.3 道路塵埃の性状分析

採取した道路塵埃(写真2)は、実験室に持ち帰ってから目開き5mmの篩をとおり、篩を通過した塵埃の含水率を測定した。

## 2.4 MPsの抽出

試料(道路塵埃)約10mgを300mLのビーカーにとり、30%過酸化水素150mLを加えた。有機物の分解を促進するため硫酸鉄七水和物を50mg加えてフェントン反応を生じさせた。反応中はアルミ箔を被せ、反応が終了する(酸素の発生が目視で確認できなくなる)まで放置した。反応終了後、反応液を10 $\mu$ mの簡易プランクトンネットにとり、反応液と粒子を分離した。分離した粒子を5.3Mよう化ナトリウム溶液100mLが入った200mLビーカーに洗い流し、マグネチックスターラーで2分間攪拌後、3時間静置した。静置後、ビーカー内の上澄み液100mLを試験管に分取し、5.3Mよう化ナトリウム溶液100mLを加えて再度2分間マグネチックスターラーで攪拌後、3時間静置した。静置後、ビーカー内の上澄み液100mLを試験管に分取した。分取した上澄み液を2000rpmで10分間の条件で遠心分離し、上澄み液を目開き303 $\mu$ m、100 $\mu$ m、10 $\mu$ mの直径8mmの円形金属製フィルターを用いて目開きが広いフィルターから順にアスピレーターにより吸引ろ過した。ろ過にはアドバンテック東洋(株)製の減圧ろ過用フィルターフォルダーKGS-04を3システム用いておこなった。本ろ過システムによるフィルター上の捕捉範囲は直径4mmの円形である。ろ過後のフィルターは



写真1 塵埃を採取した道路(9. 生野)



写真2 採取した道路塵埃

ほこりの混入を防ぐため蓋付きシャーレ内に保管し、室温にて乾燥させた。

## 2.5 MPsの同定

乾燥したフィルター上に捕捉した粒子を顕微 FTIR (Thermo Scientific 製 Nicolet iN10 MX) (反射法) で観察し、赤外吸収スペクトルのプレビュー機能を用いて、粒子一つ一つがプラスチックかどうかを観察した。スペクトルの確認後、ライブラリー (データベース) と照合し、プラスチックのスペクトルとの一致率が 60%以上のものをプラスチックと同定し、長径と短径を測定し、観察画像 (写真3) とスペクトルを記録した。記録した粒子数は 504 個であった。

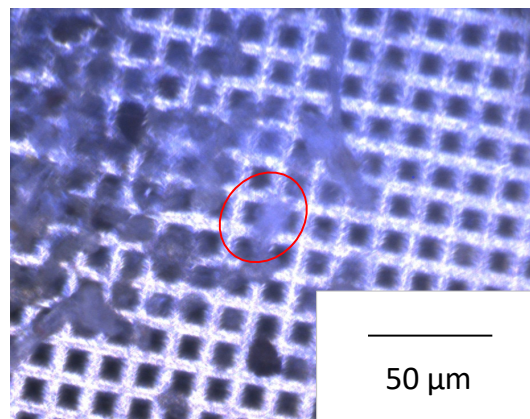


写真3 顕微 FTIR でプラスチックと同定した粒子 (赤丸内: ポリエチレン)

## 3. 結果および考察

### 3.1 検出された MPs の特徴

#### 3.1.1 大きさ

検出された MPs の大きさ (MPs の長径と短径の算術平均値) の分布は、住居地域全体の算術平均は  $123 \mu\text{m} \pm 134 \mu\text{m}$  ( $n=148$ ), 工業地域は  $153 \mu\text{m} \pm 173 \mu\text{m}$  ( $n=155$ ), 商業地域は  $156 \mu\text{m} \pm 181 \mu\text{m}$  ( $n=201$ ) となった。住居地域の MPs が他の 2 地域よりも大きさは小さく、ばらつきも小さい傾向にあった。住居地域の MPs の大きさの平均値が小さい理由は不明であるが、ばらつきが小さい理由は、住居地域は工業地域や商業地域に比べて MPs の発生源と考えられる自動車や人の往来が少ないので、住居地域の 5 地点の MPs の大きさの平均値の差が小さかったからだと考えられる。

#### 3.1.2 形状

形状は便宜上 3 種類 (フラグメント, MFs (短), MFs (長)) に分類した。MPs のアスペクト比 (長径/短径) が 10 以上で、長径が  $500 \mu\text{m}$  未満は MFs (短),  $500 \mu\text{m}$  以上を MFs (長) とし、それ以外は全てフラグメントとした。

住居地域から検出された MPs の形状において、フラグメントと MFs の割合の採取地点間の差は大きくなかったが、工業地域と商業地域の差は大きかった。この理由も大きさと同じく、住居地域よりも工業地域や商業地域の方が人や自動車の往来が激しいことが考えられる。

#### 3.1.3 種類

住宅地域において、MPs の種類割合 (組成) の各採取地点間の差は小さいのに対し、工業地域と商業地域では各採取地点のプラスチックの種類や割合がまちまちで、用途地域としての規則性は見いだせなかった。なお、MFs のうち 81.6% は PET (polyethylene terephthalate : ポ

リエチレンテレフタレート) であり、何らかの繊維由来であると考えられる。

海洋に浮遊するおおよそ 300  $\mu\text{m}$  以上のマイクロプラスチックは PE (polyethylene : ポリエチレン) や PP (polypropylene : ポリプロピレン) が多いという報告があるが、報告者の下水処理場における MPs の挙動分析の結果を含め、道路塵埃中には PE と PP の共重合体の割合が高い。これは PP の剛性や耐熱性を高めるため、PE と共重合させ、自動車部品や家電部品、日用品、その他の工業用途に幅広く使用するためであるとされる。このように、陸域で発生する MPs には PET の他に、PE と PP の共重合体が多く検出され、また、自動車部品由来と考えられる ABS (acrylonitrile butadiene styrene) 樹脂も検出される。

### 3.2 MPs の面源および海域への負荷量の推定

住宅地域と工業地域、商業地域の道路における面源負荷量を表 1 に示す。上記の各用途地域の MPs 面源負荷量を合計し、大阪市内の「道路面積/全用途地域面積」(33.6  $\text{km}^2/211 \text{km}^2$ ) を乗じて大阪市内の MPs (10  $\mu\text{m}$  以上) 道路面積負荷量を算出すると  $4.1 \times 10^{12}$  個 (4.1 兆個) となる。筆者らの研究による合流式下水道における下水処理場の MPs (20  $\mu\text{m}$  以上) 除去率 95.4% を用い、前述の MPs 道路面積負荷量  $4.2 \times 10^{12}$  個に流出率「 $1 - 0.954 = 0.046$ 」を乗じることにより 海域へ流出する MPs は  $1.9 \times 10^{11}$  個 (1900 億個) と推計された。ただし、本推計の時間軸は不明であり、雨天時に全て海域へ流出するのか、それとも長い年月をかけて流

表 1 住宅地域と工業地域、商業地域における面源負荷量

用途地域	道路 1 $\text{m}^2$ 当たりの MPs の数 (LMPs (Particles / $\text{m}^2$ ))	LMPs $\times$ 各用途地域面積 (Particles)
住宅	$4.1 \times 10^4$	$3.8 \times 10^{12}$
工業	$4.0 \times 10^5$	$1.7 \times 10^{13}$
商業	$6.9 \times 10^4$	$5.2 \times 10^{12}$

※LMPs : Load of Microplastics

出するのかは今後検討すべき課題である。

## 4. まとめ

1. 検出された MPs の大きさについて、住居地域全体の算術平均は  $123 \pm 134 \mu\text{m}$ 、工業地域は  $153 \pm 173 \mu\text{m}$ 、商業地域は  $156 \pm 181 \mu\text{m}$  となった。
2. 住居地域から検出された MPs のフラグメントと MFs の割合の採取地点間の差は工業地域と商業地域と比較して大きくなかったが、工業地域と商業地域での採取地点間の差は大きかった。この理由として、住居地域よりも工業地域や商業地域の方が人や自動車の往来が激しいこと、および地域内の用途が多様なことが考えられた。
3. MPs の種類割合 (組成) は住宅地域においては、各地点でそれほど差はないのに対し、工業地域と商業地域は各地点間にプラスチックの種類や割合に規則性はなかった。
4. 海域に流出すると考えられる大阪市内の道路塵埃中の 10  $\mu\text{m}$  以上の MPs 数は  $1.9 \times 10^{11}$

個（1900 億個）と推計された。