

## Clegg&Whitfield モデルを用いた MPs の動態解析

日大生産工 ○有山尚吾 日大生産工 中村倫明  
日大生産工 木村悠二

### 1. まえがき

海洋プラスチック問題は、今や気候変動と並ぶ環境問題として知られるようになり、特にマイクロプラスチック(5mm 未満のプラスチック, 以下: MPs)の物理・化学的特性のみならず、使用される添加剤や環境中で吸着した残留性有機汚染物質による生物への影響が懸念されている<sup>1)</sup>。そのため、日本全国において現地調査によるマイクロプラスチック汚染状況の把握が進められている。一方で、広い海域での MPs の分布把握や将来予測、MPs 削減案の立案に対しては数理モデルを用いた動態解析が必要不可欠である。磯部ら<sup>2)</sup>は太平洋における浮遊 MPs の粒子輸送モデルを構築し、2030 年までに海洋上層での重量濃度が現在の約 2 倍、2060 年までには約 4 倍になることを示した。日向ら<sup>3)</sup>は広島湾と日本海沿岸を対象とした数値実験を行い、特に粒子追跡法において広島湾の観測結果から季節変動を含めおおむね再現することに成功した。このように数理モデルを用いた MPs の動態解析は進められているが東京湾における MPs の沈降を考慮した数理モデルは少ない。

本研究では河川から東京湾に流入した MPs が懸濁物質に吸着し沈降、再浮遊を繰り返しながら海底土に堆積するモデルを展開し、10 年間における MPs の汚染状況の把握と実測値とを比較しモデルの適合性の検討を行った。

### 2. 数理モデルの概要

本研究では海水中の汚染物質の移行過程を解析するために構築された Clegg&Whitfield モデルを用いた。このモデルは海水中を3様態(溶存態, 大粒子吸着態, 小粒子吸着態)に分けて計算を行い、懸濁態の中で粒子の大きい大粒子吸着態が下層へ沈降することとしている(図-1)。ここでは溶存態を MPs 単体の存在量とした。

主な計算条件は既往知見<sup>4)</sup>を基に表-1のように設定を行い、計算は次の6ケースを施した。Case1~3はKd値を変更したケース、Case4~6は沈降速度を変更したケースである。

河川負荷量の設定では、東京湾に流入する1

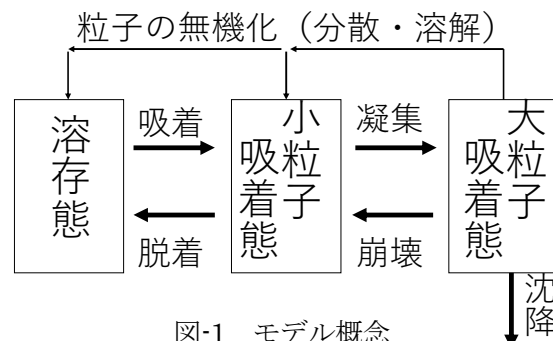


図-1 モデル概念  
表-1 計算の諸条件

項目	設定値
流入した流速	年平均流 <sup>3)</sup>
メッシュ	東西:3.804km,南北:4.623km
	鉛直:8層
懸濁物質の濃度	実測値の基づく
沈降速度[m/day]	大粒子 10,20,30 粒子 MPs
負荷量	流入地点 東京湾へ流入する1級河川と2級河川
	流入量 溶存態:5.23×10 <sup>10</sup> [個/year]
MPsの分配係数	158.11, 1581.1, 3162.2
計算時間	10年間

級河川と2級河川から流入するMPs量を負荷量とした。負荷量の算出方法として株式会社ピリカ<sup>5)</sup>の保有するMPsデータ(個数/m<sup>3</sup>)と河川年間平均流量(m<sup>3</sup>/s)から流出個数(個/year)を算出した。また、調査結果が無い場合や河川流量が不明な場合は河川の流域人口比から試算した。この理由として、海洋ごみの起源の8割が陸域とされている<sup>6)</sup>ため流域人口とMPs排出量が比例すると考えたからである。

### 3. 計算結果及び考察

10年後の表層と底質のMPs濃度計算結果を図-2に示す。また、表層におけるMPs濃度計算結果には、令和元年度に環境省<sup>7)</sup>が実施したマイクロプラスチック調査の結果(個数/m<sup>3</sup>)を示した。

表層におけるMPs濃度計算結果では湾奥部と湾口部でMPs濃度が低く、湾中央部にMPs濃度が高い傾向が見られる。また、小櫃川付近で最大個数密度の3.3個/m<sup>3</sup>となった。環境省の調査結果と比較すると湾奥部から湾中央部にかけてMPs濃度が増加する傾向が一致する。一方で湾口部では実測値より濃度が低い結果となった。その原因として負荷量の流入地点を河川

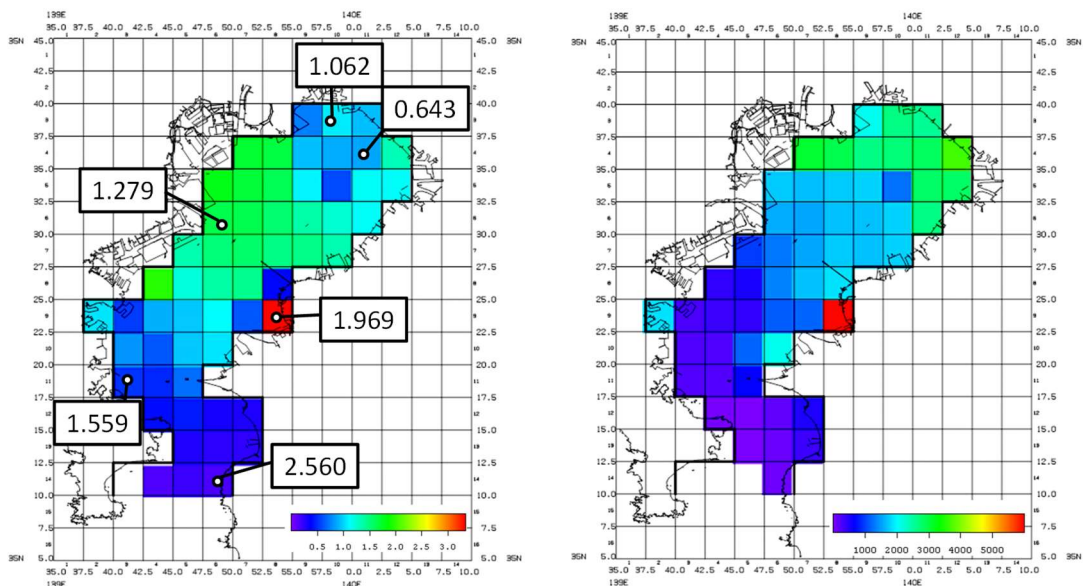


図-2 10年後のMPs濃度計算結果（右：表層，左：底質）

のみとしたため、他海域から東京湾に流入するMPsを考慮していないことが挙げられる。

底質におけるMPs濃度計算結果では、湾奥部から湾口部にかけて濃度が減少する結果となり、表層におけるMPs濃度と異なる分布をしている。湾奥部でのMPs濃度が高い理由として湾奥部の水深が低くMPsが沈降にかかる時間が短く多くMPsが堆積したと考えられる。また、海底土中におけるMPs濃度の実測データは少ないが、著者らの研究で船橋市沖合の海底土におけるMPs濃度が2,321個/m<sup>3</sup>であり、計算結果の2,652個/m<sup>3</sup>の方が少し高いものの実測データに近い値となっている。堆積物表層におけるPCBの既往研究<sup>8)</sup>と比較すると湾中央部のPCB濃度が高く、湾奥部や湾口部に行くにつれ濃度が減少する傾向がみられ底質におけるMPs濃度計算結果と異なる分布をしている。そのためPCBとMPsの堆積量の関係性が低い可能性がある。

#### 4. まとめ

本研究ではClegg&Whitfieldモデルを用いて、東京湾におけるMPsの汚染状況の把握と実測データとの比較を行った。主な結論は以下に示すとおりである

- ・表層では湾中央部の濃度が高く、湾奥部や湾口部にかけて濃度が減少する傾向がみられる。一方で、底質では湾奥部の濃度が高く、湾口部にかけて濃度が減少する傾向がみられた。

- ・底質におけるPCBの濃度分布とMPsの濃度分布が一致しなかったための関係性が低い可能性がある。

今後は外湾からのMPs流入などを検討する必要がある。

#### 参考文献

- 1) 大塚佳臣ほか：マイクロプラスチック汚染研究の現状と課題，水環境学会誌，Vol.44，No.2，pp.35-42，2021
- 2) 磯部篤彦：地球規模でのプラスチック循環モデルの構築と将来予測，環境研究総合推進費 終了研究報告書，H30年～R3年
- 3) 日向ら：海洋プラスチックゴミの沿岸海洋における動態解明とモデル化，環境研究総合推進費 終了研究報告書，H30年～R3年
- 4) 中村倫明ほか：東京湾における海底への堆積を考慮した過去50年間のダイオキシン濃度解析，土木学会論文集B3(海洋開発)，Vol.73，No.2，pp.905-910，2017.
- 5) 株式会社ピリカ：公開調査結果 <https://corp.pirika.org/company/>
- 6) 工藤功貴ほか：平常時・出水時河川のマイクロプラスチック濃度の時間変動特性と年間輸送量評価，土木学会論文集B1(水工学)，Vol.74，No.4，I\_529-I\_534，2018.
- 7) 環境省：令和元年度海洋ごみ調査の結果に <https://www.env.go.jp/press/108800.html>
- 8) 清水潤子ほか：東京湾海底堆積物中におけるPOPs（残留性有機汚染物質）濃度分布の特徴について（平成14年東京湾POPs調査結果より），海洋情報部研究報告 第41号 平成17年3月25日