

広島湾を対象とした粒子追跡実験による マイクロプラスチック輸送過程の数値解析

引野 昇真¹・乳原 材²・内山 雄介³・小裕 大地⁴

¹京都府中丹広域振興局建設部道路計画課 (〒623-0012 京都府綾部市市川糸町下畠10-2)

²学生会員 神戸大学 大学院工学研究科市民工学専攻 (〒657-8501 神戸市灘区六甲台町1-1)

³正会員 神戸大学教授 大学院工学研究科市民工学専攻 (〒657-8501 神戸市灘区六甲台町1-1)

E-mail: uchiyama@harbor.kobe-u.ac.jp (Corresponding Author)

⁴正会員 国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所 港湾空港技術研究所 沿岸土砂管理研究グループ
(〒239-0826 横須賀市長瀬3-1-1)

閉鎖性海域である広島湾における海洋マイクロプラスチック (MP) の輸送特性について、高解像度3次元瀬戸内海流動モデルとLagrange粒子追跡計算を用いた詳細な数値解析を行った。広島湾内のMP輸送は、湾西海岸に沿う南下流、周防大島東側の湾口での流出、湾奥多島海域での停滞などによって特徴付けられた。これらの輸送は反時計回りのエスチャリ循環と、傾圧不安定による混合層の強化・縮退の影響でよく説明され、河川流量や海面冷却効果に伴って明確な季節差が生じていた。さらにMPの発生源と漂着地の関係性について、MP粒子の統計的な漂着強さを示すdestination strengthと現地調査結果との比較を通じて考察した。

Key Words: marine debris sources, microplastics, Lagrangian transport and dispersal, numerical model

1. はじめに

海洋プラスチック汚染の問題は、国連開発計画による「持続可能な開発目標 (SDGs)」のゴール14「海の豊かさを守ろう」で取り上げられるなど、社会的な関心が高まっている重要な海洋環境問題の一つである。海洋中を漂流するプラスチックのうち、劣化・微細化して直径5 mm以下になったものはマイクロプラスチック (以下MP) と呼ばれる。MPは比表面積が大きいため有害物質等を吸着しやすく、海洋生物を介して人体に取り込まれるなど、生態系への悪影響が懸念されている。

我が国のプラスチックゴミの排出量¹⁾ は世界30位であり、排出量を減らしていくのは先進国としての責務であろう。海岸に漂着するゴミの問題は、特に日本海側の海岸では越境問題として捉えられがちである。しかしながら、実際には自国起源の漂着ゴミの割合は高く、環境省による海岸漂着プラスチックゴミ調査²⁾ によれば、回収された漂着ゴミのうち、日本海側で約25 %、太平洋側で約75 %、さらに閉鎖性の強い瀬戸内海では98 %が自国起源であると報告されている。そのため、例えば瀬戸内オーシャンズX (<https://setouchi-oceansx.jp>) の活動に見られるように、地域や団体が連携して排出量削減・回収量増大に向けた様々な取り組みが行われている。

瀬戸内海の各海域において2016年に実施された調査³⁾ によると、瀬戸内海全体での漂流ゴミのうち82 %は流木

や流れ藻などの天然物であり、人工物の割合は18 % (うち1 %が漁具由来)、さらにこのうち約85 %がプラスチック類であった。また、本研究で対象とする広島湾は、瀬戸内海西部海域において海岸や海水中のプラスチックゴミ密度が最も高い海域であると報告されており³⁾、自国起源の海洋プラスチック問題を考える上で重要な研究フィールドの一つである。広島湾を対象として海洋MP問題に取り組んだ研究事例としては、広島湾および周辺海域の海岸・海面・海底におけるMP密度を現地観測によって求めたSagawaら⁴⁾ の研究のほか、海岸ごとのMP密度の実態調査例はいくつか存在する。しかしながら、一般にプラスチックゴミやそれに付随するMPの発生源から漂着地に至るまでの海洋中における輸送過程は未解明な部分が多く、広島湾におけるMPの発生源と漂着地の関係性を定量的に評価した研究はこれまでにない。

MP輸送過程を解析する枠組みの一つに、数値海洋流動モデルと、MPを模したLagrange粒子追跡モデルを組み合わせた数値解析技術がある。例えば、松下ら⁵⁾ は南シナ海を対象とした高解像度再解析値を用いたMP輸送モデリングを行い、MP供給量が多い代表的な四大河川から流出したMPの海域での3次元輸送過程と、最終到達地・漂着などについて精緻な解析を行なった。そこで本研究では、自国起源MPの影響を強く受ける瀬戸内海において、その西部海域で最も漂流量が多い広島湾におけるMP輸送特性を定量的に評価することを目的として、

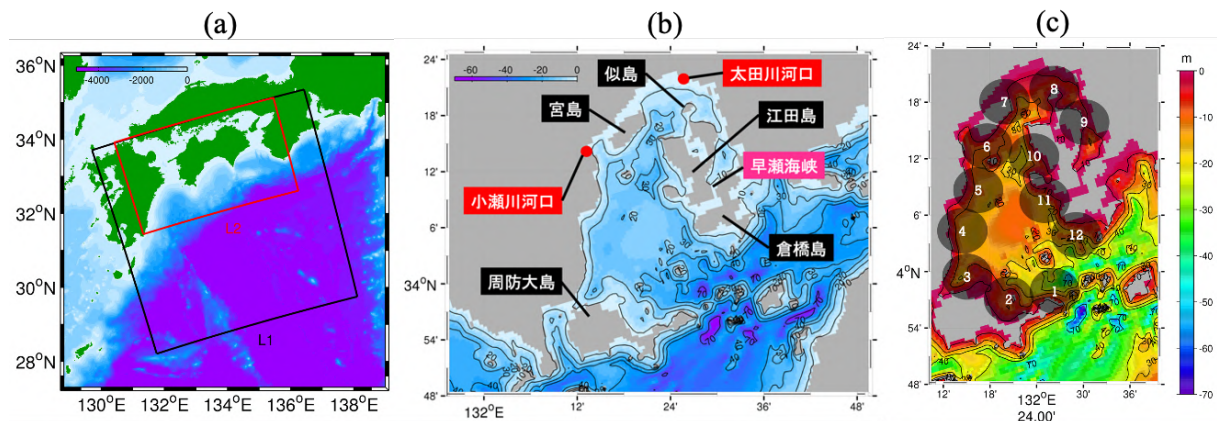


図-1 (a) 計算領域. カラーは水深(m), 黒枠:ROMS-L1, 赤枠:ROMS-L2(水深600m). (b) 広島湾周辺の地名. カラーは水深(m). (c) 広島湾に配置したMP粒子放流サイト分布図. 山口県周防大島周辺から広島湾を取り囲むように反時計回りに設置し, サイト1~12と定義した. 各サイトは半径5kmの円形. カラーは水深(m). 広島湾の平均水深は約26m.

表-1 JCOPE2-ROMS瀬戸内海モデルの計算条件

計算期間	2011年11月1日~2012年10月31日
格子数	802×482×鉛直32層
境界条件	ROMS-L1 (2km)
外力(海上風)	JMA GPV-MSM
海面フラックス	COADS
海表面温度	AVHRR Pathfinder
河川流量	一級河川月平均気候値
海底地形	J-EGGS500+SRTM30

松下ら⁵⁾と同様のモデリング技術を用いた数値解析を実施する. モデル出力と現地調査結果とを併せた総合的な考察を行い, 特にMP輸送傾向の季節変動特性や, ソース・シンク(あるいは系外流出)構造について詳細な解析・検討を行ったので, ここに報告するものである.

2. 研究方法

(1) JCOPE2-ROMS高解像度瀬戸内海流動モデル

本研究では, 内山ら⁶⁾によって開発され, 様々な応用研究への適用実績があるJCOPE 2-ROMSダウンスケーリング高解像度瀬戸内海全域流動モデル(以下, 瀬戸内海モデルと呼称)による海洋再解析から得られる3次元流速データを用いる. この瀬戸内海モデルは, 3次元変分法データ同化を組み込んだJAMSTECのJCOPE2再解析値を外洋境界条件として, 領域海洋循環モデルROMSを用いた2段階ネスティングによって水平解像度600 mで瀬戸内海全域を高精度に表現する3次元モデルである(図-1).

解析期間は2011年11月1日から2012年10月31日の1年間であり, 海底地形・海上風・海面熱収支・一級河川淡水流入・外洋影響などの主要な外力は, 可能な限り現実に近い状況となるように各種データを組み込んでいる. 初期条件や境界条件などは表-1に示す通りである.

(2) マイクロプラスチック粒子Lagrange輸送モデル

広島湾周辺海域におけるMP輸送を把握するために, 瀬戸内海モデル出力を用いてMPを模したLagrange粒子の3次元追跡計算を行った. まず, 広島湾沿岸部に半径5 kmの円形サイトを計12個定義し(図-1c), 各サイトを粒子の仮想放出源とした. MP粒子に見立てた流れに受動的な中立粒子を各サイトの表層の水深2 m地点に水平方向に等間隔で約800個配置し, 12時間おきに周期的に放流して30日後まで追跡計算を行った. 季節性を考察するために, 冬季(2011年12月), 夏季(2012年6月)の1ヶ月間を粒子放流期間とした. また, 以下の解析では地理条件などを鑑みてサイト1~3を周防大島周辺(山口県), サイト4~7を広島湾西海岸, サイト8~12を広島湾奥部・江田島周辺(広島県)の3つにグループ化した.

任意のLagrange粒子の位置変化は, 初期位置 $\mathbf{a}$ および移流時間(経過時間) τ の関数として次式で表現される.

$$\frac{\partial}{\partial \tau} \mathbf{X}_n(\tau, \mathbf{a}) = \mathbf{U}_n(\tau, \mathbf{a}) \quad (1)$$

ここに, $\mathbf{X}_n(\tau, \mathbf{a})$, $\mathbf{U}_n(\tau, \mathbf{a})$ は n 番目の粒子の位置ベクトルとLagrange流速であり, 後者は次式で表される.

$$\mathbf{U}_n(\tau, \mathbf{a}) = \mathbf{u}[\mathbf{X}_n(\tau, \mathbf{a}), t_n + \tau] \quad (2)$$

ただし, $\mathbf{u}(\mathbf{x}, t)$ は瀬戸内海モデルから得られる3次元Euler流速を任意の空間位置 $\mathbf{x}$ および時間 t に対して線形内挿した流速, t_n は n 番目のLagrange粒子の放出開始時間を表す. 上記の2式を用いて, 放流後の移流期間が30日を超えるか, 着岸するか, あるいは計算領域外に流出するまで粒子追跡計算を行った.

(3) 確率密度関数による解析手法

各サイトから12時間周期で30日間, 合計約48,000個ずつ放流された粒子追跡結果を整理するために, 任意の粒子位置に関する確率密度関数であるLagrangian PDFを

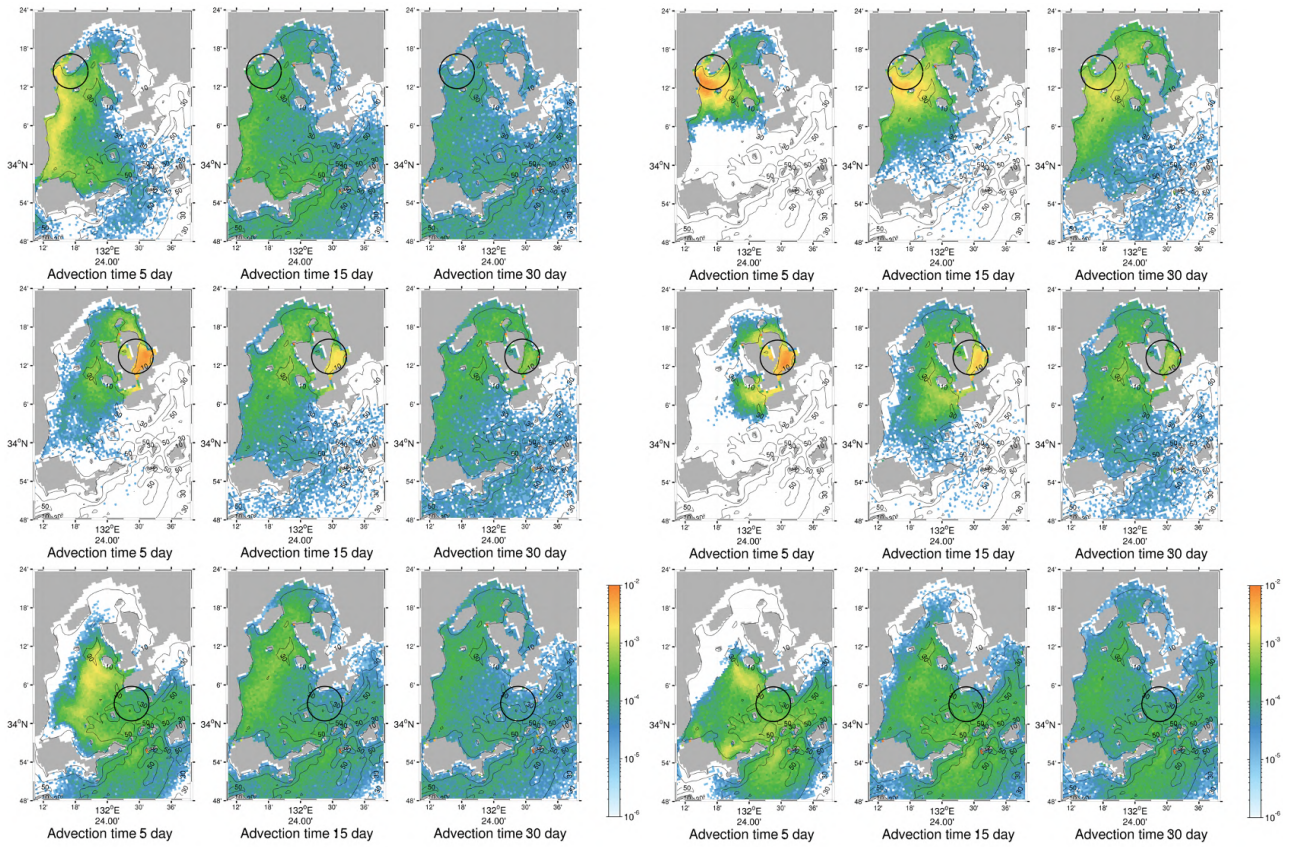


図-2 仮想 MP 粒子 Lagrangian PDF の時間発展。横並び 3 枚セットになっており、左から移流時間 5 日、15 日、30 日後の分布。左段：夏季、右段：冬季に対する計算結果。○は放流サイトであり、上段：サイト 6（広島湾西岸・宮島南部海域）、中段：サイト 9（広島湾奥・江田島周辺海域）、下段：サイト 12（広島湾口・倉橋島南部海域）からの放流結果である。

算出して水平分散過程を統計的に表現し、解析に供する。まず、離散Lagrangian PDF f'_x は

$$f'_x(\xi; \tau, \mathbf{a}) = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \delta(\mathbf{X}_n(\tau, \mathbf{a}) - \xi) \quad (3)$$

で表される。ここで、 N は Lagrange 粒子の総数であり、 δ はディラックのデルタ関数、 ξ は $\mathbf{X}_n$ に対する標本空間変数（すなわち任意の位置）である。さらに、この離散的な PDF を各サイトに対する Lagrangian PDF に変換する。

$$f_x(\xi; \tau, \mathbf{a}) = \frac{1}{\pi R^2} \int_{|\mathbf{r}| \leq R} f'_x(\xi; \tau, \mathbf{a} + \mathbf{r}) d\mathbf{r} \quad (4)$$

ここで R は放流サイトの半径（5km）である。したがって Lagrangian PDF f_x は、各サイトから放流された全 Lagrange 粒子に対する確率密度関数であり、移流時間 τ の関数として与えられる。

また、MP の発生源と漂着地の関係性を考察するために、任意の移流時間において粒子が任意のサイト i へ漂着する確率として表される destination strength D_i の算出を行い、現地調査資料との比較を行う。 D_i はシンクサイト i における粒子の受け取りやすさの指標であり、移流時間 τ において領域内にリリースされた任意の Lagrange 粒

子がシンクサイト i に寄与する割合として定義される。

D_i を求めるために、まず、移流時間 τ においてソースサイト j からリリースされた粒子がシンクサイト i に漂着する確率であるコネクティビティ $C_{ji}(\tau)$ を求める。

$$C_{ji}(\tau) = f_x(\xi = \mathbf{x}_i; \tau, \mathbf{a} = \mathbf{x}_j) (\pi R^2) \quad (5)$$

ただし、 $\mathbf{x}_i, \mathbf{x}_j$: シンクおよびソースサイトの位置である。さらに $C_{ji}(\tau)$ を任意のソースサイト群 I について積分することにより、 D_i が得られる。

$$D_i(\tau) = \sum_{j \in I} C_{ji}(\tau), \quad I = j_1, j_2, \dots, j_{\max} \quad (6)$$

(4) 仮定と妥当性

本研究では MP 粒子を中立粒子として取り扱うが、実際の MP のバルク密度は、粒子構成素材の違いによる水中重量密度の差異に加えて、粒子表面への生物・化学物質付着の影響を受けるため、海水密度に対する相対密度としては様々な値を取り得る。それを平均的かつ最も簡素に表すのが海水と同じ密度を仮定した中立粒子であると考え。当然ながら、より精緻な解析を行うためには MP の密度分布を考慮する必要があり、その導入については今後の課題であると考えている。また、オフライン粒子追跡モデルでは瀬戸内海 ROMS モデルの 6 時間平均

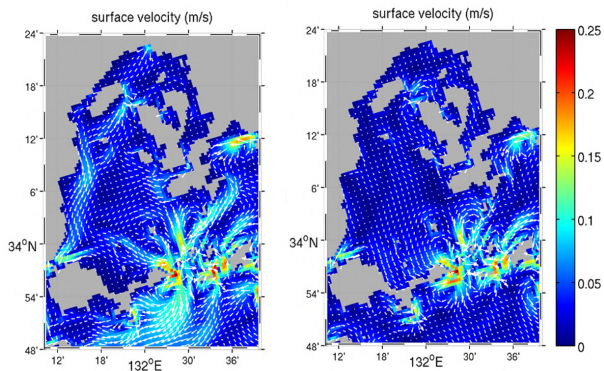


図-3 月平均表面平均流速ベクトルおよびその絶対値（カラー，m/s）．左：夏季，右：冬季．

値の3次元流速を用いるため、瀬戸内海流動で卓越する時々刻々の潮流に伴う高周波変動流速やそれに伴う粒子の往復運動は直接的には考慮できない．しかしながら、6時間平均流は潮汐残差流を内包しており、残差流によるネットの粒子輸送と、海峡部周辺などで強化される潮汐混合による流れの鉛直構造についても十分な精度で表現できることが確認されている（小裕・内山⁷⁾ 参照）．

3. 計算結果と考察

(1) MP粒子分散過程と季節性

各サイトからリリースされた仮想 MP 粒子の分散過程を把握するために、移流時間（経過時間）ごとの Lagrangian PDF 分布を評価する．代表として、サイト 6（広島湾西海岸・宮島南側海域）、サイト 9（湾奥・江田島周辺の閉鎖性海域）、サイト 12（湾口・倉橋島南側海域）から放流された MP 粒子の夏・冬における移流時間（放流開始からの経過時間）5 日、15 日、30 日後における Lagrangian PDF 分布を示す（図-2）．一見して MP 輸送パターンに明確な季節差があり、全体的には夏季の方が冬季よりも速やかに広域へ MP 粒子が分散していることが分かる．湾西岸サイト 6 から放流された MP 粒子は、両季節ともに当初は宮島南部に集積し、それが徐々に広島湾西海岸を南下して一部が湾外に流出するとともに、時計回り循環流によって北部・湾奥部方向へと輸送されるなどの傾向が共通して見られる．しかしながら、反時計回り循環流による南方向輸送と、それに伴う周防大島両端からの湾外流出傾向は夏季の方が明白であり、反対に冬季は放流海域周辺での粒子の滞留と北向き輸送の強化により、湾外流出は大幅に低減している．

サイト 9 や 12 から放流された MP 粒子にも同様の輸送傾向や季節変動性が確認される．閉鎖性の強い海域であるサイト 9 からの MP 粒子は放流源付近に滞留しがちであるが、一部は南部の早瀬海峡（江田島と倉橋島の間）

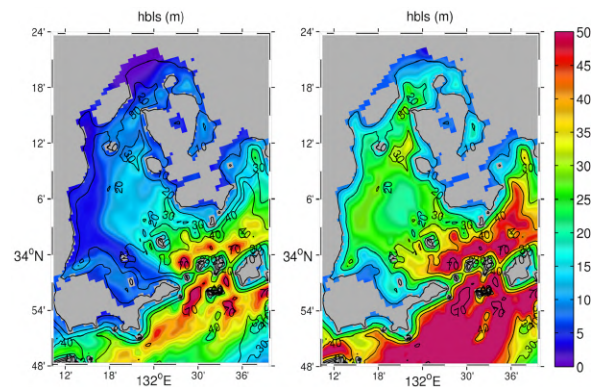


図-4 月平均混合層深さ（カラー，m）．左：夏季，右：冬季．冬季混合層深は概ね水深に一致している

や北部の似島を通過したあと徐々に南下し、最終的には湾外へ流出する．サイト 6 や 9 と比較するとやや不明瞭ではあるものの、サイト 12 から放流された MP 粒子にも季節差は存在し、夏季の方がより広域に分散され、MP 粒子密度（Lagrangian PDF）は全体的・平均的に冬季よりも低下する傾向が見られる．

(2) MP粒子分散の季節性の原因

以上のような MP 分散の季節差の原因を考察するために、時間平均された表面平均流速（図-3）と ROMS の KPP モデルによる混合層深さ（図-4）を比較した．なお、底層流は表層流の 20 % 程度の大きさだったが、季節差はほぼなかったため図は割愛する．表層残差流には明確な季節差が出現しており、湾奥に河口を有する太田川と宮島のやや南に河口を有する小瀬川（いずれも一級河川で年平均流量はそれぞれ $74.8 \text{ m}^3/\text{s}$ 、 $12.9 \text{ m}^3/\text{s}$ ）からの淡水流入が夏季に増大し、これに伴うエスチャリ循環の強化を通じて湾西海岸に沿って強い南下流が発達する．この南下流を一部分とするような、宮島・周防大島・倉橋島を周回する反時計回り循環流が広島湾南部 3/4 ほどの海域にわたって発達する．さらに、広島湾口部に残差流として発達する互いに反対回りの双極子循環流、早瀬海峡から広島湾方向への流れはともに夏季に強化されて、海水交換を促進する．これらの表層残差流の季節差は MP 輸送の季節差とよく対応しており、夏季のエスチャリ循環強化が引き金になっていることが容易に理解される．

流動場および MP 分散の季節差のもう一つの要因は混合層の発達である（図-4）．海面冷却に伴う負の浮力の増大に伴う傾圧不安定によって冬季の表層混合は強化され、混合層深は冬季の方が夏季よりも約 1.5 倍も深く、海底付近まで混合層が発達している．中立粒子である仮想 MP 粒子は、冬季は強化された鉛直混合に伴いより深くまで鉛直輸送され、全層的な流れの影響を受ける．反対に、夏季は表層流の影響をより強く受けるため、MP 輸送に顕著な季節差が生じたものと解釈される．

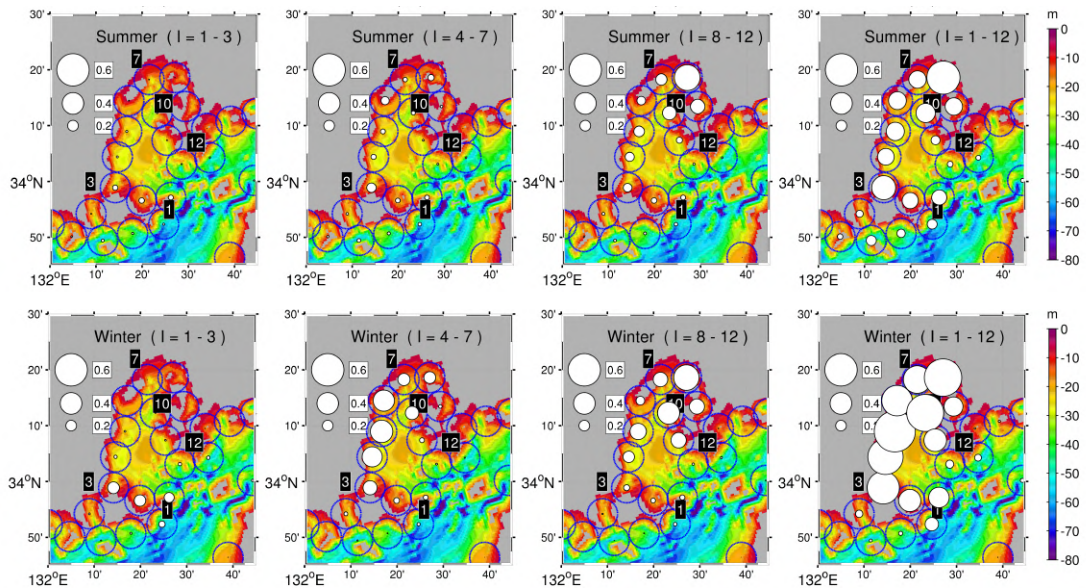


図-5 (上段)夏季, (下段)冬季における移流時間30日後のdestination strength D_i (白丸のサイズで表現). カラーは水深 (m). それぞれ左上からサイト群 $I=1\sim3$ (周防大島海域), $I=4\sim7$ (湾西岸), $I=8\sim12$ (湾奥), $I=1\sim12$ (全サイト) からの放流MP粒子に関する D_i である.



ランク	ゴミ袋(20ℓ)の数量(袋)
0	0袋
1	約1/4袋
2	約1/2袋
3	約1袋
4	約2袋
5	約4袋
6	約8袋
7	約16袋
8	約32袋
9	約64袋
10	約128袋

図-6 広島湾沿岸における漂着ゴミの現地調査結果量. Googleマップ上に現地調査結果をまとめた評価ランク (右表) をバーチャートプロットした. ゴミ袋総量で評価しているが, 内容物の約9割がプラスチックゴミであった. 湾奥部の宮島・江田島・倉橋島および湾口付近の周防大島への漂着が多い.

(3) MP粒子のシンク・ソース構造

広島湾におけるサイト間のMP粒子輸送を評価するためにdestination strength D_i (図-5) を用いる. ここでは夏季および冬季の移流時間30日後の D_i をサイト群 $I=1\sim3$ (周防大島海域), $I=4\sim7$ (湾西岸), $I=8\sim12$ (湾奥), $I=1\sim12$ (全サイト) からの放流粒子に分けて解析した. Lagrangian PDF (図-2) の傾向を反映して冬季の方が夏季よりも湾外流出が少なく (つまり D_i が全体的に大きく), より多くのMP粒子が湾内に残留していることが分かる. サイト1~3から放出したMP粒子は, 夏季は約10%, 冬季は約20%が湾内のいずれかのサイトに漂着する. サイト4~7から放出した粒子は, 夏季は湾西岸のサイト1~8に広域的かつ均等に輸送されるが, 冬季

は放流源であるサイト4~7からあまり離れた場所には輸送にくく, 夏季よりも30~40%ほど多く残留している. 湾奥のサイト8~12ら放出した粒子は夏冬共通して明らかに放流源近傍に多く残留している. 全サイトからの放出粒子による D_i は, 湾内の沿岸域から満遍なくMP供給があった場合にどの海域に漂着しやすいのかを示す指標と見なされる. 夏季は湾奥での漂着が若干強く, 湾口でやや弱いものの, 湾内各所に比較的均一に漂着しやすいことが示されている. 冬季は全体的に D_i が増大するが, 分布傾向は夏季と概ね同様である. しかし, 湾奥での漂着が減少し, 湾西海岸での漂着が強化されている.

4. MP発生源と漂着地: 現地調査との対応

Sagawa⁴⁾ は現地調査によって広島湾の海岸・海面・海底の複数地点からMPを検出しており, それらは主に広島湾奥で活発に行われている養殖業において用いられるブイを起源とする発泡プラスチック (FPS) が劣化して細粒化したものであろうと推察している. 実際に我々が目視調査を行ったところ, Sagawa⁴⁾ の推察を裏付けるように湾西海岸から周防大島にかけて大量のFPSが海岸に漂着していた. 過去の調査事例を照査したところ, 山口県の調査結果⁸⁾ を「水辺の散乱ごみ指標評価手法 (海岸版)」⁹⁾ に基づいて整理した海岸漂着物の量を参考に, 広島湾における季節平均された漂着ゴミ分布図を作成した (図-6). この指標は漂着ゴミ全体を対象にしたものであるが, 広島湾沿岸におけるゴミは約90%が

プラスチックに分類されるため、ここではMPの海岸への漂着量を定性的に反映しているものと考えらる。

粒子追跡計算によるMP輸送パターンに対応して、湾西海岸や周防大島周辺で高い値を示すこと、また湾西海岸を南下するにつれて漂着物のサイズが小さくなる傾向もあり、湾奥部から西海岸を通じた南方向へのMP輸送が現地データからも強く示唆される。一方で、計算によるdestination strength (図-5) からは、湾奥部、湾西海岸、周防大島周辺の順で粒子の漂着率が高く、計算上は多くのMP粒子は漂着せずに南下して湾外流出したと解釈される。計算における漂着率の過小評価や誤差の原因としては、そもそも広島湾西岸には自然海岸が少なく¹⁰⁾、モデル空間解像度の制約等により自然海岸地形や漂着過程の表現などが不十分であったことが考えられる。

以上のことから、湾奥を主たる供給源とするFPSを主体とするMP粒子は、広島湾の広域に分散し、特に夏季に強化される反時計回り循環流に伴う西海岸での南下流によって宮島、周防大島、ひいては湾口方向へと輸送される。循環流強度は河川流量に連動したエスチャリ循環の発達・減衰と密接に関係して季節変動しており、MPの輸送特性にも明確な季節差が発生することが分かった。

5. おわりに

高解像度 3 次元瀬戸内海流動モデルを用いた Lagrange 粒子追跡結果より、広島湾を南下していく MP 輸送が現地の状況と矛盾なく再現された。夏季は成層強化に伴う混合層の縮退により表層 MP 輸送が卓越するとともに、河川流量の増大に伴うエスチャリ循環の強化によって湾西海岸を南下する表層南方輸送と湾外流出が強化される。一方、冬季は海面冷却によって発達した混合層により粒子の鉛直輸送が促進され、全層的な輸送が卓越すること

などから、MP 輸送特性には明確な季節差が見られた。現地調査結果との比較から、モデルによる MP 輸送パターンは現地データをよく説明するものの、自然海岸(砂浜)などが本来有する MP の漂着過程が過小評価された結果、湾奥から湾口方向への長距離輸送と湾外流出が過大評価されている可能性が示唆された。

謝辞：本研究は科学研究費(18H03798, 19H00782)の援助を受けた。

参考文献

- 1) Jambeck, J.R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T.R. Perryman, M. Andrady, A., Narayan, R., and Law K.L.: Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science*, Vol. 347, Issue 6223, pp. 768-771, 2015.
- 2) 環境省：平成26年度沿岸域における海岸ゴミの調査結果, <https://www.env.go.jp/press/101061.html>, 2015.
- 3) 内外地図(環境省業務委託)：平成27年度瀬戸内海における漂流ごみ実態把握調査業務報告書, 96 pp., 2016
- 4) Sagawa, N., Kawaai, K. and Hinata, H.: Abundance and size of microplastics in a coastal sea: comparison among bottom sediment, beach sediment, and surface water. *Mar Pollut. Bull.*, Vol. 133, pp. 532-542, 2018.
- 5) 松下晃生, 内山雄介, 高浦育, 小裕大地：南シナ海における河川起源マイクロプラスチック粒子の3次元広域海洋輸送について, 土木学会論文集B2(海岸工学), Vol. 76, No. 2, pp. I_979-I_984, 2020.
- 6) 内山雄介, 小裕大地, 西井達也, 御手洗哲司：コネクティビティを用いた瀬戸内海全域における海洋生態系ネットワーク構造の解析. 土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol. 70, No. 2, pp. I_1076-I_1080, 2014.
- 7) 小裕大地, 内山雄介：ロバストな幼稚仔海洋分散評価に向けた Lagrange 粒子追跡モデルの感度解析, 土木学会論文集B2(海岸工学), Vol. 72, No. 2, pp. I_1279-I_1284, 2016.
- 8) 山口県：令和元年度海岸漂着物実態調査の結果について, 15pp., 2019.
- 9) 農林水産省農村振興局・農林水産省水産庁・国土交通省河川局・国土交通省港湾局：海岸における一体的漂着ゴミ対策検討調査報告書, 25 pp., 2007.
- 10) 瀬戸内海環境保全協会：令和2年度瀬戸内海の環境保全資料集, 238pp., 2021.

(Received March 17, 2022)

(Accepted July 21, 2022)

NUMERICAL ANALYSIS ON MARINE MICROPLASTIC TRANSPORT IN HIROSHIMA BAY USING A ROMS-BASED LAGRANGIAN PARTICLE TRACKING MODEL

Shoma HIKINO, Motoki UBARA, Yusuke UCHIYAMA and Taichi KOSAKO

A detailed numerical analysis on the oceanic transport of marine microplastics (MPs) in a semi-enclosed estuary, viz., Hiroshima Bay, was performed using a high-resolution 3-D Seto Inland Sea circulation model coupled with a Lagrange particle tracking model. The MP transport in Hiroshima Bay is characterized by southward transport along the west coast of the bay, discharge at the bay mouth east of Suo-Oshima Island, and stagnation in the multi-island inner bay area. These transport patterns are well explained by the counterclockwise estuarine circulation and the intensification and degeneracy of the surface mixed layer affected by baroclinic instability, which are seasonally varied by river discharge and surface cooling. The sink-source relationship of MP was further discussed through a comparison of the results of field surveys and the modeled destination strength that reflects geographical collectivity of MP particles.