

気候値モデルを用いた南シナ海主要4河川起源 マイクロプラスチックの広域海洋輸送解析

松下 晃生¹・内山 雄介²・高浦 育³・小碓 大地⁴

¹ 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)

² 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)

³ 正会員 東京電力ホールディングス株式会社 (〒945-0016 新潟県柏崎市青山町16-46)

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)

気候値海洋モデルを用いたLagrange粒子追跡実験により、南シナ海に河口を有する4本の大河川から放出される海洋マイクロプラスチック（以下 MP）の平年的な移流分散特性とその形成機構を解析した。MPの分散パターンにはモンスーンに伴う季節差が存在した。特に中国南部の2河川から放出された粒子は、南西モンスーンが卓越する春から夏にかけて台湾海峡を越えて東シナ海へと到達する割合が増加する傾向が見られたことなどから、南シナ海起源のMPが日本近海のMP汚染に大きく寄与している可能性が示された。さらにMP自身の重量密度にも着目し、海洋表層を漂う（軽い）MP、および浮力を持たない（中立密度）MPに分けて粒子追跡実験を行い、海洋での輸送傾向の違いを考察した。

Key Words: river-derived microplastics, lagrangian particle tracking, south china sea, climatological ocean model

1. はじめに

近年、海洋プラスチック汚染の問題は重要な地球環境問題の一つとして広く認識されている。このうち、プラスチック片が劣化・微細化して直径5 mm以下となったマイクロプラスチック（以下 MP）は海洋中を漂流し、海洋生物による誤食などを通じて生態系に大きな影響を与える可能性が指摘されている。すでに全世界の表層から深層の海洋においてMPの存在が確認されている^{1,2)}が、MPの輸送機構や海洋汚染の形成過程などに関しては未解明な部分が大きく、また実海洋での大規模な実験や現地観測が困難なため、海洋モデリング技術を用いたMP汚染問題の実態解明に大きな期待が寄せられている。

全世界のプラスチックゴミの海洋への主要な排出源は河川であり、その総量は年間約200万トンと推計されている³⁾。人口密度が高く、社会基盤整備が未発達な地域を集水域とする河川ではプラスチックゴミの排出量が多く、特にアジア地域における排出量は全世界の約67%にも達する。中でも南シナ海に河口を持つ大河川の幾つかは世界の河川の中でもトップ20以内の排出量を有するが³⁾、北太平洋¹⁾や日本海⁴⁾などと比較すると南シナ海での海洋モデルを用いたMP輸送に関する研究事例はかなり

少ない。南シナ海における現地観測では、沿岸部では高濃度のMP汚染が確認されたものの、南シナ海中央部のMP汚染はMPのホットスポットとされる日本近海⁵⁾と比較して同程度以下であった⁶⁾。したがって、南シナ海起源のMPは日本近海を含む周辺海域への供給源である可能性が高く、その輸送量や輸送機構は早急に解明されるべき喫緊の課題であると考えられる。

これに対して松下ら⁶⁾（以下、前報と呼称する）は、特定の1年間（2012年）に放出されたMPに対して、海洋流動再解析値を用いたLagrange粒子追跡実験を行い、南シナ海内のMP輸送には季節性が見られることなど、いくつかの重要な知見を得たが、それらが平年的な輸送傾向であるかは定かではなかった。そこで本研究では、前報の成果や内容をより一般化するために、高解像度海洋気候値モデルとLagrange粒子追跡モデルを用いて、南シナ海を起源とするMP粒子の季節変動を含む平年的な水平輸送特性を定量的に評価することを主たる目的とする。また、南シナ海起源MPの周辺海域への流出率を求め、東シナ海や北太平洋を含めた日本近海のMP分布に与える影響を考察する。さらに、MP自身の重量密度の違いにも着目し、粒子追跡実験を2つのパターンで行うことで、MPの輸送傾向の違いについても考察する。

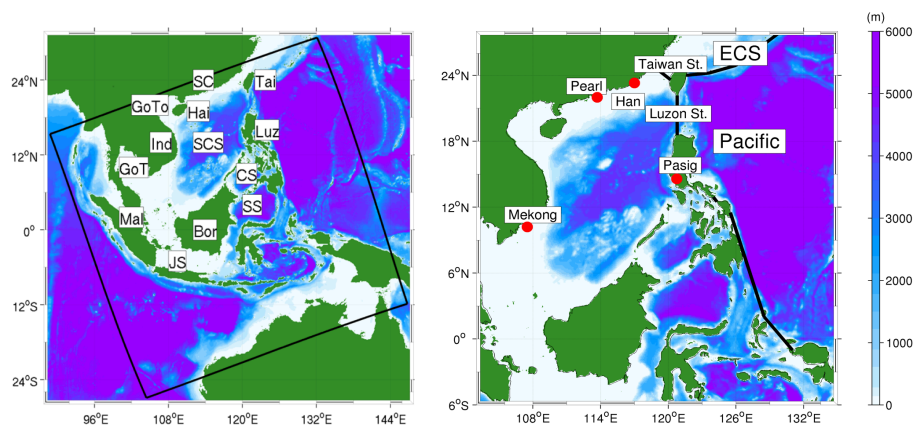


図-1 左図:南シナ海を中心とした研究対象海域全体像。カラーは水深(m), 黒枠は ROMS モデル領域, 右図:南シナ海を中心とした拡大図。黒線は海域を分割するための定義線。図中の略記号は主要な海域名, 地名, 地域名, 海峡名を表す。SCS:南シナ海, ECS:東シナ海, Pacific:太平洋, SS:スールー海, JS:ジャワ海, GoT:タイランド湾, GoTo:トンキン湾, SC:中国南部(華南), Hai:海南島(中国), Phi:フィリピン, Vie:ベトナム, Mal:マレー半島, Kal:カリマンタン島, Taiwan St.:台湾海峡, Luzon St.:ルソン海峡。赤丸は南シナ海に流入する主要 4 河川の河口付近に設定した MP の放流源であり, Pearl:珠江(中国), Han:韓江(中国), Pasig:パシッグ川(フィリピン), Mekong:メコン川(ベトナム), である。

2. 研究方法

(1) 南シナ海 climatological 3次元海洋モデル

本研究では, 水平解像度5 kmのHYCOM-ROMSダウンスケーリング気候値海洋流動モデル^{9,7)}による3次元流速の1日平均値を用いて解析を行った(計算領域は図-1, 計算条件は表-1を参照)。HYCOM-ROMSダウンスケーリングモデルは, 水平解像度1/12度の3D-Varデータ同化全球海洋再解析値HYCOM+NCODA GOFS 3.0 GLBu 0.08 expt.90.6-91.2 (<https://hycom.org> 参照) による日平均出力の3次元流速, 塩分・水温, 水位を時空間的に内挿して側方境界条件・初期条件とし, 領域海洋循環モデルROMS (水平解像度5 km, 鉛直40層)へ one-way offlineネスティングしたものである。本研究では, HYCOMおよびGSMデータを2011年から2017年の7年平均することで気候値モデルとして年平均値の計算を実施した。本モデルで上記の7年間を設定した理由は, エルニーニョ・ラニーニャを均等の期間を含むことで平均化し, 海洋流動場の年々変動の影響を排除するためである。本モデルでは360日を1年のサイクルとして計算しており, 初めの1年分はスピンアップ期間として解析に含めず, 後半の4年分の出力を解析に供した。モデリングの詳細については既報^{7,8,9)}を参照されたい。本モデルは, 人工衛星データ等との比較を通じて, 総観規模や中規模現象における再現精度は十分に高いことを確認済みである^{7,8,9)}。なお本研究では, 日平均出力の気候値モデルを用いており, モンスーンが卓越する南シナ海における平年のな中期輸送傾向に着目した研究であることに注意されたい。一方, エルニーニョ・ラニーニャによる海洋流動場の年々変動, あるいは潮汐や台風などの数日周期以下のイベントが

表-1 HYCOM-ROMS 南シナ海気候値モデルの計算条件

計算期間	5 サイクル (1 サイクル 360 日)
格子数	1024×1024×鉛直40層
水平解像度	約 5 km (Oblique Mercator 投影法)
時間解像度	60 s (baroclinic モード)
側方境界条件	HYCOM+NCODA (1 日平均値, 7 年平均値)
海上風	気象庁 GPV-GSM (6 時間値, 7 年平均値)
海面フラックス	NOAA-COADS (月平均気候値)
海表面温度・塩分	HYCOM-SST, SSS (20 日平均値, 7 年平均値)
河川流量	Dai ら (2009) による月平均気候値
海底地形	SRTM30 PLUS データ
調和定数 (潮汐)	TPXO 7.0 による主要 10 分潮

MP輸送傾向に与える影響については, 今後の検討課題としたい。

(2) MP粒子追跡モデル

上記のHYCOM-ROMS再解析値による3次元流速を用いてLagrange粒子追跡を実施した。河口から放出後, 海洋中を長距離にわたって輸送されるMPの輸送形態はMP自身の重量密度にも影響される¹⁰⁾。そこで本研究では, 粒子密度が海水より小さく, 表層を漂う粒子を模した表層平面2次元Lagrangian粒子追跡 (case 1), および粒子密度が海水と同程度で, 流れに対して受動的に輸送されるMP粒子を模した3次元Lagrangian中立粒子追跡 (case 2) の2通りの粒子追跡実験を行った。MP粒子の放出源はプラスチック排出量の多い主要4河川 (珠江・韓江 (中国), パシッグ川 (フィリピン), メコン川 (ベトナム)) の河口域とした³⁾。粒子の初期配置は, 近傍場初期拡散を考慮して河口域に半径25 kmの円形パッチを定

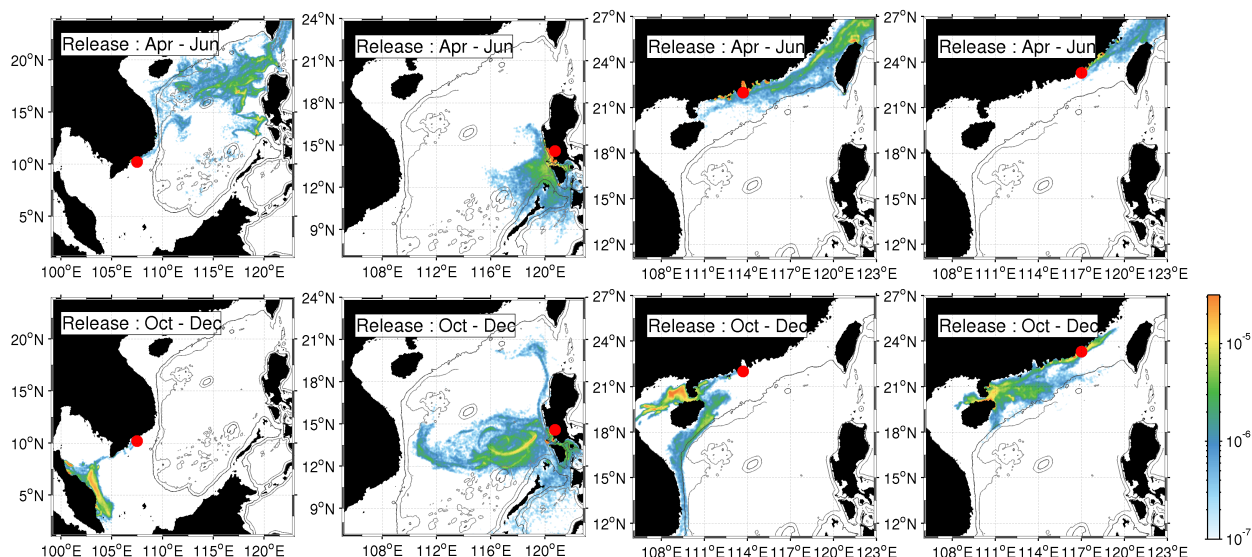


図-2 移流時間 100 日後における Lagrangian PDF (表層 2 次元と中立 3 次元の平均値). 粒子放出期間は上段:46 月, 下段:10-12 月. 赤丸は量流場所. 左列:メコン川, 中左列:パシグ川, 中右列:珠江, 右列:韓江を表す. 水深 200m, 1000m には等深線を表示.

子の擬似拡散は考慮しないこととした.

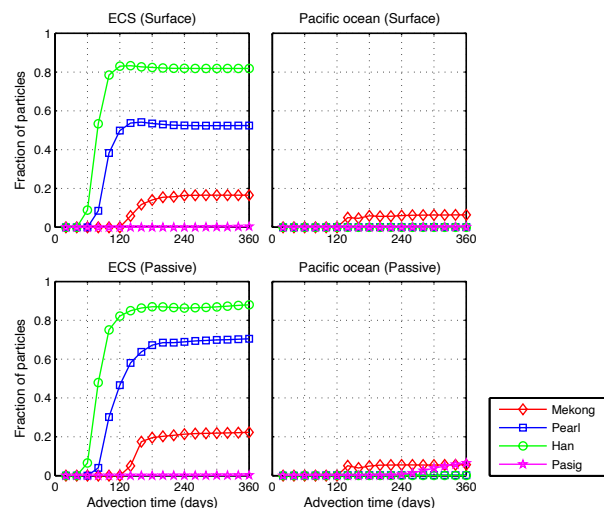


図-3 主要 4 河川ごとの移流時間(横軸)と周辺海域(左列, 東シナ海, 右列, 太平洋)に流出する粒子の割合(縦軸, 流出率). メコン川(赤), 珠江(青), 韓江(緑), パシグ川(マゼンタ)である. 粒子の放出期間は 4-6 月(春季).

義してその中に等間隔で配置した. 鉛直位置は, case 1 では最表層, case 2 でも初期位置は淡水影響下にある表層粒子を仮定して水深 0.5m とした. 各放出源から 12 時間ごとに 1 年間にわたって連続的に粒子を放出し, 放出後は少なくとも 3 年後までの粒子位置を追跡した. 各放出源から放出する粒子の総数は, 各ケースで約 150,000 個である. 粒子追跡計算は, ROMS 計算期間(助走期間を除く 4 年間分)終了まで, あるいは粒子が計算領域外に出るまで行った. また本研究では, サブメソスケール渦許容の高解像度モデルを用いたこと, およびパラメータ設定に伴う不確実性を排除するため, random walk による粒

3. 南シナ海における平年的な MP 輸送特性

南シナ海のパラメータは, 海域内で発達するアジアモンスーンの影響を強く受ける⁹⁾. 例えば, 前報⁶⁾では 2012 年を中心とする海洋流動再解析値を用いて Lagrange 粒子追跡実験を行い, 特に中国からインドシナ半島沿岸では, 南西風卓越期(4~9 月ごろ)には北東方向, 北東風卓越期(10~3 月ごろ)には南西方向の流れが発達し, 季節風が南シナ海全体の流れ場, ひいては MP 輸送にも大きく影響を及ぼすことを示した. 本研究では, 気候値モデルの流速場計算結果を用いて Lagrange 粒子追跡実験を行い, 南シナ海における平年的な MP 輸送傾向を解析する.

(1) 南シナ海における MP 輸送の季節性

まず, 4 月~6 月(春季), 10 月~12 月(秋季)の各 3 ヶ月間に放流した全粒子の移流時間 100 日後における Lagrangian PDF (定義や算出方法は前報⁶⁾を参照)の空間分布を示す(図-2). なお, case 1 と case 2 について, それぞれの解析結果から MP 輸送方向や隣接海域への輸送割合(図-3)に明確な差異が見られなかったため, ここでは簡略化のため, case 1, case 2 でそれぞれの河川から放出された MP 粒子の Lagrangian PDF の平均値として示した(図-2). 春季に放出された MP, 特に中国の 2 河川(珠江・韓江)およびメコン川起源の MP には, 南西風による移流効果に伴う北東方向への輸送が卓越する(図-2 上段). 珠江・韓江を起源とする MP は中国沿岸部を北東方向に輸送され, 台湾海峡を經由してさらに東

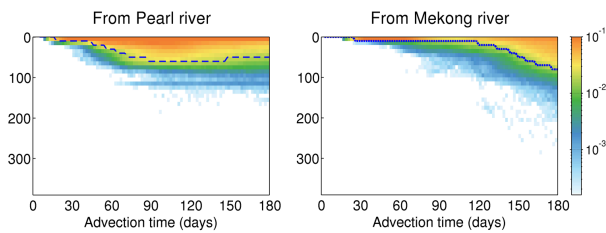


図-4 春季(4月から6月)に放出された珠江(左)およびメコン川(右)起源の中立3次元MP粒子のLagrangian PDFの鉛直分布. 青破線は粒子分布の95パーセンタイルを示す.

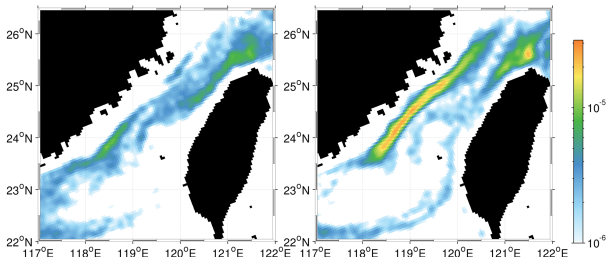


図-5 春季(4月から6月)に放出された珠江起源の中立3次元MP粒子(case 2)の移流時間60日後のLagrangian PDF鉛直積分値(水深帯限定値)の空間分布. 水深10m以浅(左), 水深10m以深(右).

シナ海方面へ輸送されるMPが多い. インドシナ半島南部に河口を持つメコン川起源のMPは, 南シナ海中央部の広域に分散して薄く分布しながらより長距離輸送され, その一部はルソン海峡を超えて太平洋へと流出している. 一方, パシフィック川起源のMPは, 季節風の卓越方向とは異なり, 南シナ海中央部への西向きおよび南向き輸送が支配的である.

春季とは異なり, 秋季に放出されたMPのうち, 中国の2河川およびメコン川起源のMPは北東風による移流効果によって南西方向への輸送傾向が強く現れる(図-2下段). 珠江・韓江起源のMPは大陸棚上を南東方向に輸送・分散され, 中国・海南島周辺やトンキン湾, さらにインドシナ半島東岸に到達する. メコン川起源のMPも同様に南東方向へ輸送され, マレー半島沿岸部に到達する粒子が多い. パシフィック川起源のMPは, 北東風が卓越する秋季の方がより西方向に長距離輸送されて広範囲に分散する傾向が見られた.

(2) 隣接・周辺海域へ輸送される割合

図-1(右)黒線で示すように検査線を設定し, 4河川起源MPの東シナ海, および太平洋への流出率を求め, 移流時間の関数として定量的に評価した(図-3). ここでは, 南西季節風が卓越し, 北東方向への輸送が顕著に見られた春季(4~6月)に放出されたMPを例示する.

韓江起源のMPは, case 1, case 2いずれも移流時間50日から100日程度で8割を超える割合で, 珠江起源のMPは, 移流時間60日から120日程度で5割(case 1)から7割程度(case 2)の割合で台湾海峡を通過し, 東シナ海へと輸送される. 一方で, ルソン海峡を通過して太平洋へと流入するMPはほとんど見られない. メコン川起源のMPは, 移流時間120日後程度で2割程度が東シナ海へ, 1割程度が太平洋へと到達する. パシフィック川起源のMPは, いずれのケースにおいても東シナ海や太平洋への流出はほとんど生じない.

以上の結果より, 特に中国南部の2河川起源のMPには台湾海峡を越えて東シナ海へと流入する傾向が強いことが示された. また, インドシナ半島に河口を持つメコン川起源のMPも, 春夏季にインドシナ半島東岸に発生する北東方向への強い流れ⁹⁾によって, 南シナ海の広域に分散するような長距離輸送が生じ, 一部のMPは東シナ海や太平洋に流出した. 一方, フィリピンのパシフィック川起源のMPは, 台湾海峡やルソン海峡を越えて太平洋へと輸送される割合は非常に小さい. 黒潮の影響を受けるルソン海峡における通過流量は, 年間を通して太平洋からの流入傾向にある⁹⁾. そのため, パシフィック川から放出されたMPは南シナ海の広範囲に分散するものの, ルソン海峡を通して太平洋へと流出する割合が小さくなったものと考えられる.

4. MPの重量密度と周辺海域への輸送傾向

ポリエチレンやポリプロピレンなどの浮力を持つMPは海洋最表層を漂い, 長時間にわたって海洋上を輸送される¹⁰⁾. 一方, 生物付着や微細化によりMP自身の重量密度が変化し, 浮力を失ったMPは最表層から消失し, 海洋内部領域に取り込まれて3次元的な流れの影響を受け, MPの鉛直拡散や沈降が起こる¹⁰⁾. 本研究では, MP自身の重量密度の違いによる輸送形態の違いに着目し, 浮力を持って表層を漂い続けるMP(case 1)と, 密度が海水と同程度で浮力を持たず, 流れに対して受動的に輸送されるMP(case 2)を想定して粒子追跡実験を行い, それぞれのケースでMP輸送傾向の特徴を考察した. なお, 負の浮力を有する沈降性のMPは河口から流出後速やかに付近の海底に堆積するため, 本研究では取り扱わない.

(1) 浮力を持たないMPの鉛直拡散について

まず, 浮力を持たないMPの鉛直分散傾向を把握するため, case 2の珠江, およびメコン川起源の中立3次元MP粒子の鉛直分布PDF(図-4)を示す. MP自身が浮力

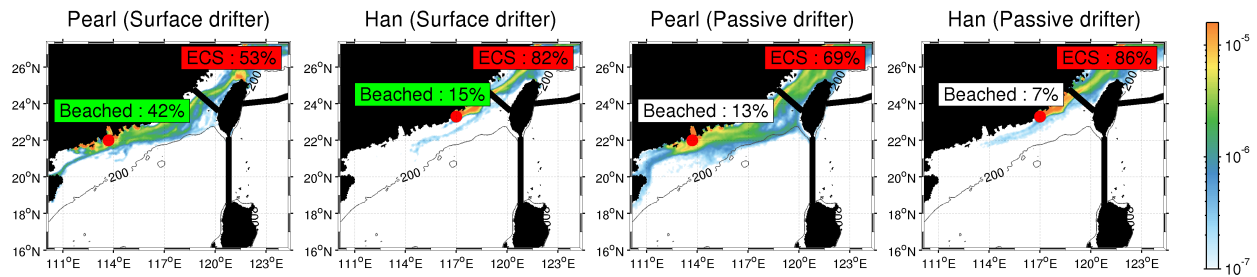


図-6 Lagrangian PDF の移流時間 180 日までの時間積分平均値。(左列, 左中列) 表層 (case 1) および (右列, 右中列) 中立粒子 (case 2), 粒子の放出期間は 4-6 月 (春季), (左列, 右中列) 珠江起源, (左中列, 右列) 韓江起源。赤丸はリリースパッチを表す。移流時間 180 日後の粒子の存在する領域を割合 (%) で表示している。陸域に隣接するグリッドに存在する粒子を漂着 (beached) とする。黒細線: 水深 200 m 等深線, 黒太線: 海域分割境界線。

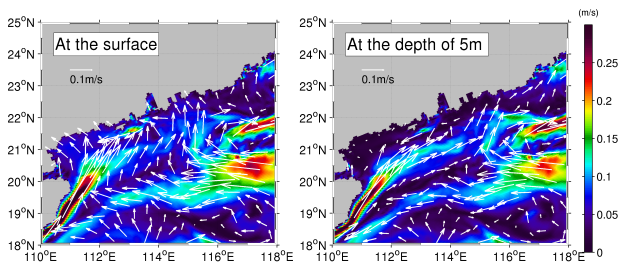


図-7 月平均水平流速分布 (4 月)。(左) 表層, (右) 水深 5 m。

を持たない case 2 では, 大陸棚上を浮遊する傾向が強い珠江起源の MP, および南シナ海中央部に広く移流分散されるメコン川起源の MP の双方において, 移流時間の経過に伴い鉛直混合の影響を受け, 海洋表層から水深 100 m 程度まで鉛直方向の分散が生じた。珠江起源の MP は移流時間 60 日ほど, メコン川起源の MP は移流時間 120 日ほど経過した後, 鉛直方向の分散が強化されている。以上の移流時間は, 3. (2) の結果より, それぞれの河川から東シナ海へと到達する時間とほとんど一致している。ここで, 春季に珠江から放出された中立 MP 粒子の移流時間 60 日における, 水深帯を限定した Lagrangian PDF 鉛直積分値の空間分布を示す (図-5)。珠江起源の中立 MP 粒子 (case 2) は, 確かに台湾海峡通過時に特に大陸に沿う形で 10 m 以深に到達しており, 海峡付近で発生する強い鉛直混合¹²⁾によって, 表層から水深 10 m 以下の亜表層へと輸送されることが示唆される。

本研究の粒子追跡結果からは, 中立粒子としての MP は長距離輸送されうが, それらの鉛直挙動は移流時間経過後 (つまり河口域から離れた海域) では水深 100 m 程度以浅の亜表層内, すなわち混合層内部に留まった。すなわち, 中立 MP 粒子の大部分は海洋内の鉛直混合によって混合層以深へ輸送されることはほとんどないと考えられる。したがって, 水深数百 m から数千 m の深海や海底へと輸送される MP は, 生物付着や微細化など何らかの形で沈降速度を得る必要があると解釈されるが, MP

が沖合海域において時間の経過とともに沈降速度を得る過程については未解明な部分が多く, 今後の研究の発展が待たれる。

(2) 浮力の有無による輸送傾向の差異

次に, MP の重量密度の違いによる水平輸送傾向の違いを考察する。特に東シナ海への輸送傾向が強く見られた中国南部の 2 河川起源の MP について, 春季 (4 月から 6 月末まで) に放出した粒子の移流時間 180 日間における Lagrangian PDF 時間積分平均値の水平分布を示す (図-6)。両ケースを比較すると, 大局的な分布パターンとしては広域の MP 輸送経路は 2 河川起源の MP とともに大きな差異は見られず, いずれも台湾海峡を通過して東シナ海へと流入する傾向が顕著に現れている。しかしながら, 図-6 中に示した移流時間 180 日間後における東シナ海 (ECS) への流出率を見ると, 浮力あり (表層追跡, case 1) の場合のほうが数値が小さく, 珠江起源 MP では 53% (中立粒子の case 2 では 69%), 韓江起源 MP では 82% (同じく 86%) である。同様に, 陸グリッドに隣接するグリッドに存在する粒子を海岸に漂着した MP (図中, Beached) と定義し, その割合 (%) を比較すると, 浮力あり MP 粒子 (case 1) は中立粒子 (case 2) に比べて, 移流時間の経過に伴い大陸方向に押しつけられ, 漂着粒子の割合がかなり大きくなっている。つまり, 浮力の差によって沿岸付近での粒子輸送が大きく改変されることで表層粒子 (case 1) の東シナ海への流出率が中立粒子よりも低下したと解釈される。図-3 の左列にもこの傾向が明瞭に見られ, 珠江・韓江に加えてメコン川起源 MP も同様に case 1 の ECS への流出率が低下している。

ここで, 4 月の月平均水平流速分布 (図-7) を示す。海洋表層では北向きの季節風の影響を受けた Ekman 風成流が沿岸沈降モードになるため大陸方向に発達していることから, 表層 MP が大陸方向に輸送されたことが分かる。一方, 4. (1) で確認したように, 浮力を持たない中立 MP 粒子は鉛直混合によって水深 100 m 程度まで鉛直分

散されるため、亜表層流速の影響を受けることになる。つまり、MP粒子の鉛直位置の差によって螺旋構造を有するエクマン境界層内の流速・流向分布の影響を受け、水深ごとに輸送方向が異なると予想される。例えば、水深5 mの亜表層流速を見ると、中国南部の沿岸部では岸向き流れは縮退して沿岸流が卓越する。そのため、鉛直分散した中立MP粒子は、対応する水深帯において岸方向に輸送される割合が小さくなったものと考えられる。

5. おわりに

Climatology 海洋流動モデルを用いた Lagrange 粒子追跡結果より、南シナ海では、海域に卓越する季節風の影響を受けた MP 輸送パターンが平年的に存在することを確認した。北東季節風が卓越する春から夏にかけて、中国華南起源の MP は台湾海峡を越えて東シナ海に流出する割合も大きく、南シナ海起源の MP は、MP のホットスポットともされる日本近海の MP 汚染の一つの起源である可能性が示された。また、中国南部起源の大陸沿岸域で表層を漂う（軽い）MP は、鉛直混合により水深100m程度まで拡散する浮力を持たない（中立密度）MP に比べ、北向きの風成流により大陸方向へ押しつけられる傾向が強く、MP の重量密度の違いが陸域への到達に影響を与えることを示した。

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) Isobe, A., Iwasaki, S., Uchida, K. and Tokai, T.: Abundance of non-conservative microplastics in the upper ocean from 1957 to 2006,

Nature Communications, Vol. 10, Article number 417, 2019.

- 2) Woodall, L.C., Sanchez-Vidal, A., Canals, M., Paterson, G.L.J., Coppock, R., Sleight, V., Calafat, A., Rogers, A.D., Narayanawamy, B.E. and Thompson, R.C.: The deep sea is a sink for microplastic debris, *R. Soc. Open Sci.*, Vol. 1, 140317, 2014.
- 3) Lebreton, L.C.M., van der Zwet, J., Damsteeg, J.-W., Slat, B., Andrady, A. & Reisser, J.: River plastic emissions to the world's oceans, *Nature Communications*, Vol. 8, Article number: 15611, 2017.
- 4) Iwasaki, S., Isobe, A., Kako, S., Uchida, K. and Tokai, T.: Fate of microplastics and mesoplastics carried by surface currents and wind-waves: A numerical model approach in the Sea of Japan, *Marine Pollution Bulletin*, Vol. 121, pp. 85-96, 2017.
- 5) Cai, M., He, H., Liu, M., Li, S., Tang, G., Wang, W., Huang, P., Wei, G., Lin, Y., Chen, B., Hu, J. and Cen, Z.: Lost but can't be neglected: Huge quantities of small microplastics hide in the South China Sea, *Science of the Total Environment*, Vol. 633, pp. 1206-1216, 2018.
- 6) 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.
- 7) 内山雄介, 千郷直斗, 黒澤賢太: HYCOM-ROMSダウンスケーリング海洋流動モデルの開発と南シナ海周辺海域への応用, 土木学会論文集B2 (海岸工学), Vol. 74, No. 2, pp. I_625-I_630, 2018.
- 8) Uchiyama, Y., Sengo, N., Kurosawa, K. and Nakayama, A.: Development of a coupled HYCOM-ROMS downscaling ocean modeling system and its application to the South China Sea, *Proc. 13th International Conference on Hydrodynamics (ICHD2018)*, pp. 358-363, 2018.
- 9) 高浦育, 内山雄介, Nizamani, Z., 中山昭彦: ダウンスケーリング海洋モデルを用いた南シナ海の海洋構造物に作用する外力評価, 土木学会論文集B2 (海岸工学), Vol. 75, No. 2, pp. I_979-I_984, 2019.
- 10) Chubarenko, I. et al.: On some physical and dynamical properties of microplastic particles in marine environment, *Marine Pollution Bulletin*, Vol. 108, pp. 105-112, 2016.
- 11) Zhu, J., Hu, J. and Liu, Z.: On summer stratification and tidal mixing in the Taiwan Strait, *Front. Earth Sci.*, Vol. 7(2), pp. 141-150, 2013.

(Received March 17, 2021)

(Accepted July 22, 2021)

LARGE-SCALE LAGRANGIAN TRANSPORT OF MICROPLASTICS DERIVED FROM FOUR MAJOR RIVERS IN THE SOUTH CHINA SEA ANALYZED WITH A CLIMATOLOGICAL HYCOM-ROMS MODEL

Kosei MATSUSHITA, Yusuke UCHIYAMA, Naru TAKAURA and Taichi KOSAKO

Towards in-depth understanding of oceanic microplastic contamination as one of the key global environmental problems, Lagrangian particle tracking experiments were conducted to evaluate the transport of microplastics (MPs) derived from the four major rivers that have been known to discharge a huge amount of plastic wastes into the South China Sea (SCS). We carried out two types of the experiment: 1) 2D horizontal tracking of MP particles placed at surface to represent positively buoyant (light) MPs, and 2) 3D tracking of neutrally buoyant MP particles that are passively transported by ambient flow, using the pre-computed 3D currents from the climatological HYCOM-ROMS oceanic model. The seasonally varying monsoons in the SCS are found to provoke strong seasonal variability in the river-derived MP transport. It is found that a large portion of MPs especially from the south China coast are transported to the East China Sea in the seasons when the southwesterly monsoon dominates, potentially contributing to the SCS-originated MPs reaching around Japan. The difference of MP density affects their oceanic transport and fates, in which the buoyant MPs are tend to be transported to and accumulated around the nearshore areas due to wind-driven surface shoreward flow.