

海岸に漂着したプラスチックの再漂流過程に関する物理メカニズム

研究の目的: プラスチックは、製造過程で添加された有害重金属を含有し (Nakashima et al., *EST*, 2012), 海水中に含まれる残留性有機汚染物質 (POPs) を吸着する (Ogata et al., *MPB*, 2009). 海洋生物がこのプラスチックを体内に取り込むことに起因した海洋生態系の化学物質汚染が危惧されている (Thompson et al., *Science*, 2004). プラスチックは、海岸に漂着している間に、紫外線と熱によって著しく劣化して微細片となる (Andrady, *MPB*, 2011). プラスチックが生物に取り込まれ安易に変化することで、その環境リスクは増大する. したがって、プラスチック起因の環境リスクを評価する上で、海岸に漂着してから再漂流するまでの滞留時間の把握が必要不可欠となる. 再漂流過程は、海岸での滞留時間を決める重要な物理過程であるが、現時点で全く理解されていない. そこで、本研究では、海岸でのプラスチックの動きを詳細に調べることで、再漂流過程の物理メカニズムを明らかにすることを目的とする.

研究の内容: 東京都新島村和田浜海岸 (図 1) に漂着したプラスチックフロート (Plastic Float; 以下, PF) に個体識別番号を付与し, PF の漂着位置をハンディ GPS で計測する個体識別調査を 2011 年 9 月から 1-3 ヶ月間隔で約 2 年間実施した. 和田浜海岸 (延長: 900m) を沿岸方向に対して 9 区画 (100m/区画) に分割して個々の PF の漂着位置に基づき、沿岸方向の動きと各区画内の集積率を調べた.

残余 PF の沿岸方向の移動速度は、再漂流による PF の減少率と有意な相関があった (図 2). これは PF が沿岸方向に輸送される過程で再漂流していることを示唆する. 海岸南側と北側にある残余 PF は、それぞれ北向きと南向きに移動し、海岸沖合にある潜堤背後 (LCS1 及び LCS2) に収束していた (図 3a). その結果、沿岸方向における残余 PF の集積率は、全期間を通して平均的に LCS1 と LCS2 で極大となり、特に LCS1 で最大となった (図 3b の黒バー). この残余 PF の集積分布は、再漂流した PF の最後の漂着位置に基づいて計算した再漂流 PF の頻度分布と類似していた (図 3b の白バー). したがって、残余 PF 及び再漂流 PF の分布は、沿岸方向の PF の動きで決まる.

残余 PF の輸送過程を 1 次元移流拡散方程式で表現し、再漂流する可能性の高い区画 (再漂流区画) を特定するための数値実験を実施した. 数値実験では、9 区画から n 個の再漂流区画候補をランダムに選択し (再漂流区画候補の全組合せ数: 511 ケース), 平均調査期間 (53 日) 後の集積率から再漂流頻度分布及び区画毎の滞留時間を計算する (図 4). 計算結果を個体識別調査で得られた再漂流頻度分布及び区画滞留時間と比較することで、妥当な再漂流区画候補の組合せを特定する. 数値実験の結果、再漂流頻度分布及び区画滞留時間の再現性がよい組合せは 5 ケースであり、4 つの区画 (第 2, 3, 7, 8 区画) が再漂流区画として高頻度に特定された (図 3b の赤字). これら 4 区画は、残余 PF の集積率が比較的高い区画であり、特に再漂流頻度の高い 2 区画 (第 7, 8 区画) は潜堤背後の中央付近に位置している (図 3b). 潜堤周辺で形成される海浜流の一部として、潜堤背後の中央付近で沖への戻り流れが発生することが、多くの研究で確認されている (例えば、栗山ら, 土論, 2007). したがって、PF は沿岸流によって輸送される過程において、潜堤背後 (すなわち、沿岸流の収束域) に形成される戻り流れによって沖合に再漂流することが示唆された (図 5).

主要な結論: 和田浜海岸において PF は沿岸流の働きにより潜堤背後に集積し、その一部が潜堤背後に形成される戻り流れによって沖合に再漂流することが示唆された.

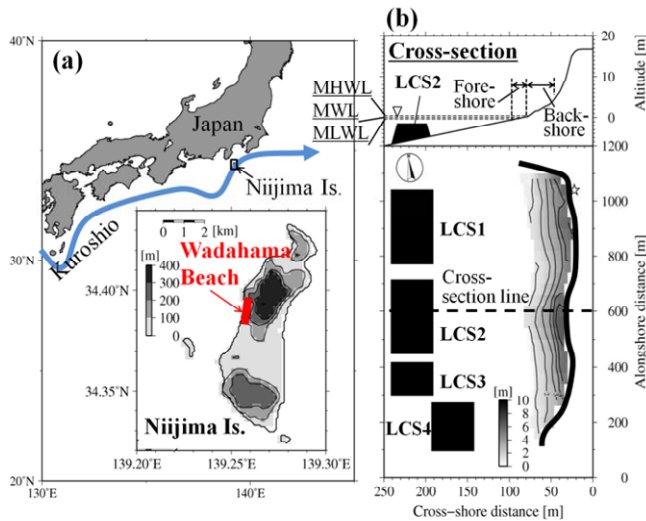


図1 和田浜海岸の位置(a)と海浜地形(b). (b)のLCSは潜堤 (Low Crest Structure) を意味する.

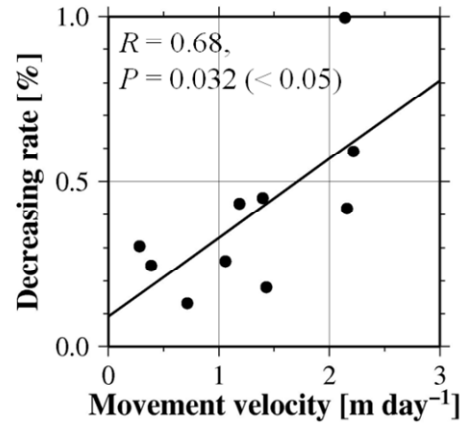


図2 各調査間のPFの移動距離の標準偏差を調査期間の日数で除した移動速度とPFの減少率の関係

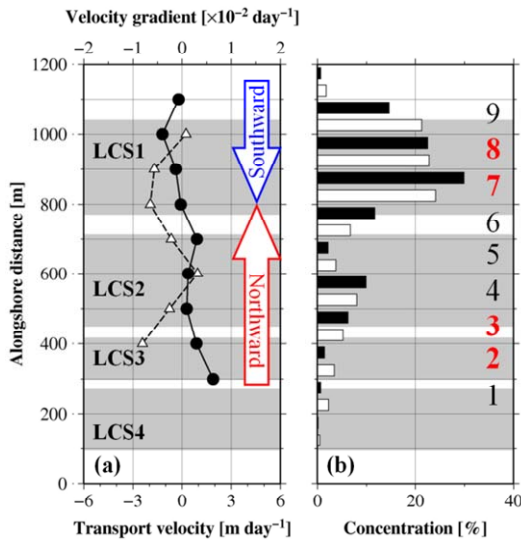


図3 (a) 個々のPFの移動距離を調査期間の日数で除して計算した区画毎の平均輸送速度 (黒丸, +: 北向き) とその速度勾配 (白三角, +: 発散), (b) 残余PF (黒バー) の集積分布と再漂流PF (白バー) の頻度分布の比較. (b)中の数字は, 区画番号を示し, 赤字は移流拡散計算により特定された再漂流区画を意味する.

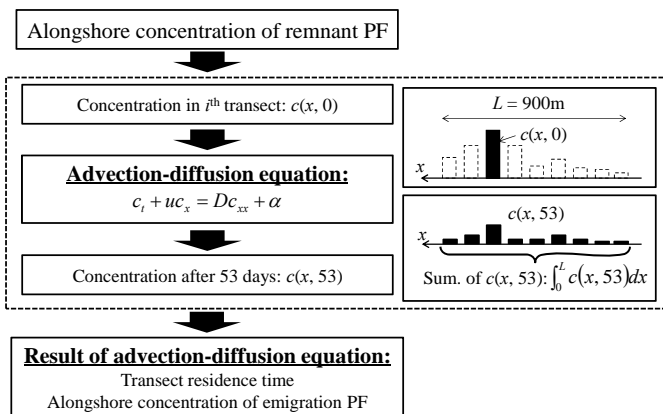


図4 1次元移流拡散計算のフロー. 移流拡散方程式の u は平均輸送速度 (図3bの黒丸), D は平均輸送速度の標準偏差から計算した拡散係数, α は単位時間あたりにおける再漂流区画候補からの再漂流率である. Remnant PF及びEmigration PFは, それぞれ残余PF及び再漂流PFを意味する.

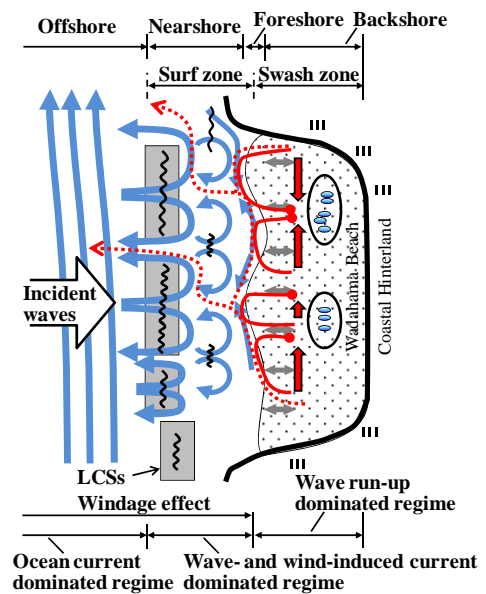


図5 和田浜海岸における再漂過程の概念図