

6. 大量マイクロプラスチックの主要な漂着・流出 場所と化す砂浜海岸の実態評価 ～関東沿岸域での調査を踏まえて～

山口 晴幸^{1*}

¹元防衛大学校建設環境工学科 (〒236-0053 神奈川県横浜市金沢区能見台通45-13-103)

* E-mail: hareyuki@oregano.ocn.ne.jp

全国的調査の一環として、これまで取り組んできた沖縄島嶼での調査に引き続き、関東沿岸域の54か所での砂浜海岸に漂着・混在したマイクロプラスチックの現存量の実態分析を試みている。砂浜海岸は大量のマイクロプラスチックが漂着・流出する主要な場所となっている場合もあることを明らかにし、個々の砂浜海岸や沿岸域でのマイクロプラスチックの素材構成や現存量の特徴などについて考察し、軽減・抑制対策などについて検討している。

Key Words : microplastic, waste plastic, marine litter, sand Beach, Kanto coast, coastal pollution

1. 地球規模的に顕在化するマイクロプラスチック 汚染と世界的動向

新たな海洋汚染因子として世界的に注視されている大きさ 5mm 以下の微小プラスチックは、総称して、マイクロプラスチック(MP)と呼ばれている。MPには、容器類などの廃プラスチックゴミが漂流・漂着過程に風波・高温・紫外線・降雨等に曝されて劣化し、破碎を繰り返して 5mm 以下に微小化したもの(二次 MP)に加え、元々大きさ 5mm 以下の容器類の中間材料であるレジンペレット樹脂粒子や洗顔剤・歯磨き粉等の研磨剤に使用されたマイクロビーズ(一次 MP)などが含まれている。

微小な大きさ故に、一旦、自然界に流失したMPの回収・除去は絶望的であると同時に、小生物の体内への取り込みが一層容易になるという特異性を有している。しかも、プラスチック製品の製造過程で使用する添加剤(着色剤、難燃剤、可塑剤など)に含まれる有害化学物質(重金属類、ポリ臭化ジフェニルエーテル、ビスフェノール A など)に加え、石油製品であるプラスチックは有機汚染物質などに対する親和性が高く、漂流中に有害化学物質(PCB、重金

属類など)を高濃度で吸着することで、摂食による海生生態系への汚染リスクが拡大し、最終的には、食物連鎖を介しブーメランのように我々に戻ってくる危険性(呼称: ブーメラン汚染)を孕んでいる。

筆者は、漂着ゴミなどの海岸ゴミの全国的調査に取り

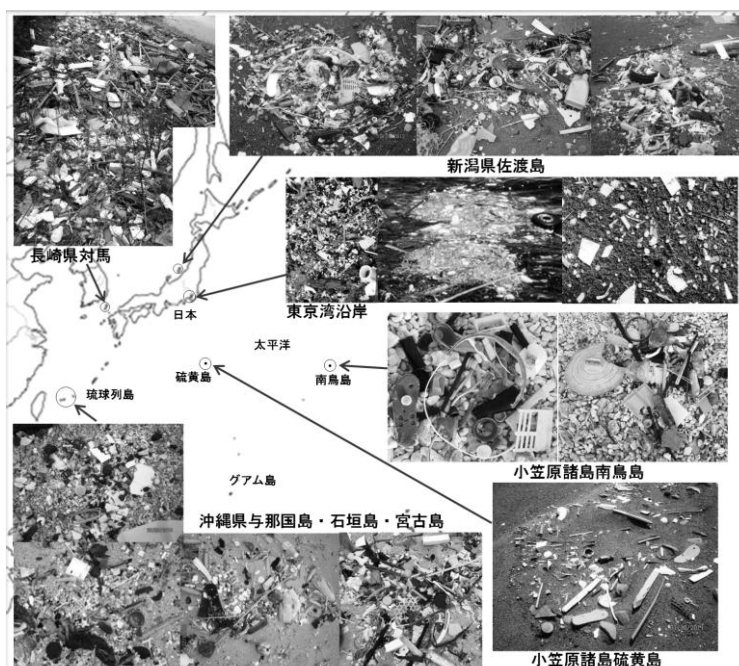


写真1 微小プラスチックの大量漂着(2013年～2016年調査)

組んで 23 年目となる。近隣アジア諸国からの海洋越境ゴミ(主に中国製、韓国製、台湾製)の漂着が海岸破壊を齎している沖縄島嶼や日本海沿岸域をはじめ、日本海近海・太平洋沖合の離島(長崎県対馬、新潟県佐渡島、小笠原諸島硫黄島・南鳥島)などでは、特に近年、MP などの微小プラスチックの海岸への大量漂着の実態が一段と深刻化しつつある(写真 1)。

推定では、既に、5 兆個のマイクロプラスチックが世界の海を漂流しているとの指摘もあるが、その実態は殆ど分かっていないのが実情である。

最近、環境省による日本列島周辺の沖合海域で実施された調査(2014 年)では、海水 1 トン(約 1m³)当たり 2.4 個の MP が検出されている。むしろ、沖合海域での漂流密度が沿岸域よりも高く、瀬戸内海の内海での 0.4 個に比較して、6 倍の密度であることが公表されている。

また、同省が東京湾で行った同様の調査(2015 年)では²⁾、MP が 1,300 個見つかり、海水 1m³(約 1 トン)当たりに換算すると約 6 個に相当するという。東京湾の MP の漂流密度は、日本列島周辺の沖合海域での 2 倍以上に当たり、世界の平均的な漂流密度の約 60 倍に匹敵する極めて高い値であると指摘されている。さらに、環境省による 2016 年の調査では南極海で、また、ドイツのアルフレッド・ウェグナー研究所による 2018 年の調査では北極海氷中に大量の MP が確認されたことが報告され、世界の海洋を漂流拡散している MP の実態が徐々に顕在化されつつある。

海洋ゴミの約 8 割を占め、MP の主要な供給素である廃プラスチックゴミの海洋への流失量は、毎年、世界で 480 万 t~1270 万 t に上るとする、米国ジョージア大の研究チームの推定結果³⁾を鑑みると、MP を含む難分解性の微小プラスチックが地球規模的に拡散移動し、既に、世界の海の隅々まで漂流・浮遊していることが窺われる。

2. 砂浜海岸での調査のねらい

近年の調査では、海洋でのマイクロプラスチック(海洋 MP)汚染の深刻化する実態が鮮明になりつつある。だが廃プラスチックゴミが大量漂着を繰り返す海岸域もまた、MP の主要な生成・供給場になっている可能性が高い。しかし海岸域に現存する MP (海岸 MP)の実態については、これまで殆ど分かっていないのが実情である。

筆者は 2010 年から砂浜海岸に漂着・混在している海岸 MP の実態把握のための調査や微小プラスチックの有害化学物質の分析を本格的に開始し。これまで沖縄島嶼をはじめ、対馬・長崎半島沿岸(長崎県)、関東沿岸(神奈川県・東京都・千葉県)、小笠原諸島硫黄島・南鳥島(東京都)、佐渡島(新潟県)、陸奥湾沿岸(青森県)、石狩湾沿岸(北海道)などで調査を試みてきた。

亜熱帯海洋性気候に属し、強い紫外線と高い気温下に曝される沖縄島嶼(11 島 57 海岸)の調査(2016 年)⁴⁾では、漂着後、塩分を浴びた廃プラスチックゴミが長期間滞留・放置された場合には、劣化・破碎が進行し易く、海岸域が MP の生成場となり、海洋への主要な供給場に化していることを多くの海岸で確認してきた。海岸 MP の数量は、海岸に滞留・放置された廃プラスチックゴミの漂着量に依存しており、迅速に回収・除去がなされない海岸域では、1m 四方(面積 1 m²)当たりに 1 万個を超える、膨大な数量の MP が検出された。まさに、プラスチック化する砂浜の実態を目の当たりにし、廃プラスチックゴミの放置を許さない迅速で、しかも定期的な回収・除去が海岸 MP の軽減・防止対策のために必要不可欠であることを再確認させられた。

洋上の海洋 MP の経年的変動量や増減量の実態を把握するには、船舶などの大掛かりな設備と人員を要し、誰でもが手軽に調査することは難しい。これに対し、海岸での分析調査は道具も少なく容易である。現存する海岸 MP の大半は流出・漂着を繰り返していることから、沿岸洋上を漂流・浮遊する海洋 MP の状況を簡易的に評価するのに役立てられる。

当然、海岸 MP の量は、海岸ゴミ(海と陸由来)の量と種類、河口の有無等の海岸地形、気候・季節、海岸の活用・利用・清掃状況などの複雑な要因に影響されるが、海岸調査では、MP の実態を多角的に分析することができることから、沿岸・海岸域の特徴をはじめ、海岸ゴミの供給・発生源の解明や軽減・抑制対策などを検討するのに、有益な示唆を与える。

またウミガメや魚類などの海洋生物と同様に、海岸 MP は砂浜に棲息するヤドカリ、スナガニ、二枚貝などの底生小生物への影響リスクが懸念されている⁵⁾。最も有効な軽減・抑制対策は素である廃プラスチックゴミの迅速な回収・除去に尽きることから、海岸 MP の実態調査は、持続的な清掃活動の重要性を再認識させ、清掃活動の普及啓発を推進するのにも大いに役立つ。

3. 関東沿岸域での調査海岸と海岸状況

関東沿岸域の砂浜海岸でのマイクロプラスチック(MP)調査は、毎年、海シーズンの夏季期間は除き、2016 年 10 月初旬~2018 年 6 月初旬(約 2 年間)に試みてきた。対象とした砂浜海岸は 54 か所で、相模湾沿岸から東京湾沿岸、南外房沿岸に至る海岸で、神奈川県が 37 か所、東京都が 2 か所、千葉県が 15 か所となっている(図 1)。調査データは個々の海岸分析と同時に、沿岸域の特徴を把握するために、便宜的に相模湾沿岸域(K1~K22 の 22 海岸)、東京湾沿岸域(K23~K37、T1・T2、C1~C10 の 27 海岸)、南外房沿岸域(C11~C15 の 5 海

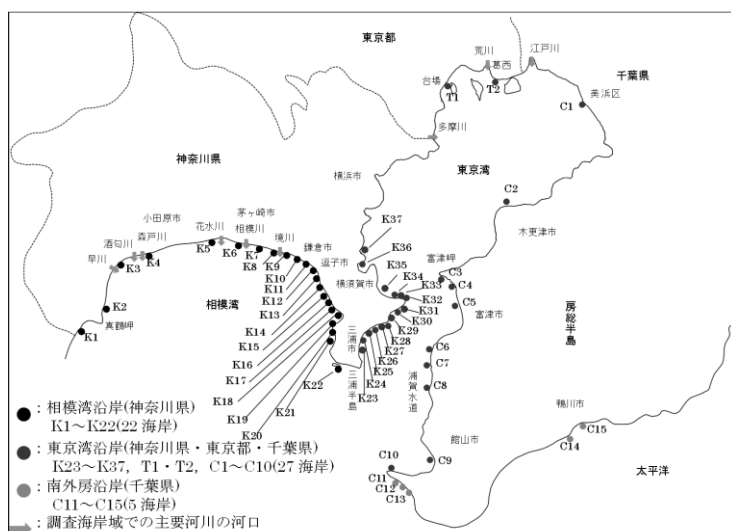


図1 関東沿岸域での54か所の調査海岸の地点マップ

関東沿岸域の大半の調査海岸では、木くずや海藻類などの漂着物が海岸奥側の満潮線付近に見られたが、目に付く廃プラスチックなどの漂着ゴミなどは極めて少なく、多くの海岸では定期的に清掃のなされた痕跡が窺われた。

第一印象としては、地域ボランティアの清掃支援と連携のもとに、海岸ゴミへの対応・対策を図る現状の保全システムを持続することで、海岸ゴミ問題は殆ど解決している印象を受けた。中には熊手等を用いて木くず・くずゴミ・海藻類などをも回収・除去する徹底した清掃がなされている海水浴場やビーチも散見された。だが特に、東京湾の出入り口の流路に当たる浦賀水道は幅約 6km と狭く、湾内では流速が最も速いため、漂着ゴミ調査を開始した 20 年ほど以前から流路沿いには、湾内の漂流・浮遊ゴミが集積する海岸や場所が多数あった。そのため今でも回収・除去作業が追いつかないのか、打ち上がった廃プラスチックゴミなどが大量に放置されている海岸や波消ブロックの離岸堤などが散見された。

4. 海岸マイクロプラスチックの調査方法

砂浜海岸に漂着・混在するマイクロプラスチック(MP)の実態を定量的に評価するための統一的な調査方法はないことから、2016年の沖縄調査で試行錯誤的に検討して考案した調査分析フローに基づき⁴⁾、関東沿岸域での海岸MPの現存量の実態把握を試みている。

砂浜海岸では満潮線付近に主要な漂着帯が見られることから、漂着帯の代表的な地点で1m四方の調査枠(面積1m²)を設定した。調査枠の大きさは、MPの煩雑な抽出・分別作業を鑑み、また海洋MPでの海水1m³(約1トン)当たりの数量評価法を参考に決めている。調査枠を設定した後、木くず・海藻類などの異物を大まかに取り除き、大きな廃プラスチック破片を予め採取・保持する。



写真2 マイクロプラスチックの抽出

枠内で深さ2cm程度までの表層部分を掻き集めて5mmふるいに通す。ふるい通過物質を水容器に注ぎ、浮遊した物質を回収して天日乾燥した後、ピンセット・ルーペなどを用いてMPを抽出する(写真2)。なお、5mmふるいに残留した廃チックの破片は、劣化破碎してMPとなる予備軍を担っていることから、同時に回収し、予め採取のと一緒に、その混在量を調べる。

5. 海岸マイクロプラスチックと主要構成素材

マイクロプラスチック(MP)を構成している廃プラス

チック類
ゴミには、
種々の添
加剤や成
形助剤が
混入され
ており、
材質によ
って含ま
れる有害
化学物質
や漂流中
の汚染物

質の吸着性は異なることから、主要な構成素材の混在状況に注視する必要がある。

そこで、
海岸域で
設定した
1m 四方の
調査枠(面

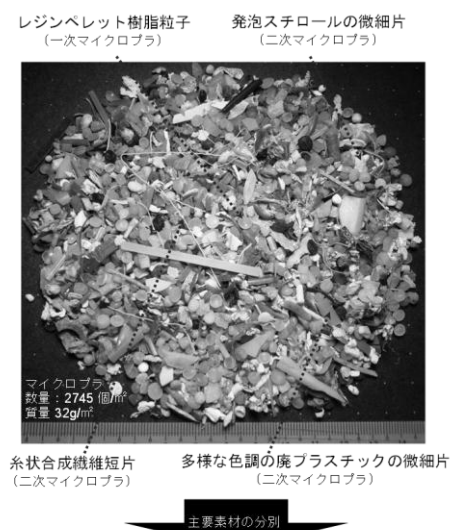


写真3 MPの主要な構成素材の分別
(K34：神奈川県横須賀市伊勢町海岸例)

積 1 m²)に漂着・混在していた海岸 MP を構成している主要な素材を分別して、素材ごとに数量と質量を測定し、海岸 MP の現存量の実態把握を試みている。

写真 3 には、1 調査枠(面積 1 m²)で抽出した大きさ 5mm 以下の海岸 MP の代表的な事例(K34伊勢町海岸)を示している。検出数量は 2,745 個、質量で 32g であった。レジンペレットの樹脂粒子(一次 MP)をはじめ、プラスチックや発泡スチロール(ポリスチレン)の微細片、極細な糸状合成繊維の短片(二次 MP)などが検出された。

プラスチックの微細片は洋上流出した多種類の廃プラスチックゴミが供給源となっている。様々な材質・形状・色調などのものが確認されるが、合成樹脂の形態(ポリエチレン、ポリプロピレンなど)や本来の製品用途などを判別することは難しい。

発泡スチロールの微細片は、大量に使用される漁業用ブイや魚箱・トレイ類の発泡スチロール材が主要な供給源である。構造的に弱く容易に微細化し易く、しかも軽量なため拡散移動性の極めて高い特性を有している。

レジンペレットはプラスチック容器類の中間材料として使用される樹脂粒子で、大きさは厚さ 1~2mm、直径 1~5mm の円盤状のものが大半であるが、円柱状、輪切り状、球状などのものもある。色調は透明や乳白色が主体であるが、茶褐色、黒色、青色などの有色のものも含まれている。既に 1970 年代から海洋汚染因子として世界的に警告が発せられ防止対策が図られてきたはずだが、未だに低減傾向は認められず、むしろ増加傾向にある。

糸状合成繊維の短片は、大半は化学繊維で造られた漁網・ロープ・シート・釣り糸などに使用されていたものと思われ、布製の糸に比較して、劣化等に対する耐久性が遥かに高い。他に少量ではあるが、廃油ボールの微小粒子、ゴム製物質などが検出される場合もある。

6. 海岸マイクロプラスチックの現存量の実態

相模湾沿岸域(22 海岸)、東京湾沿岸域(27 海岸)、南外房沿岸域(5 海岸)に至る関東沿岸域を調査し、1m 四方の調査枠(面積 1 m²)から検出した 54 海岸(累積面積 54 m²)での海岸マイクロプラスチック(MP)の総数量は 29,852 個に達した(図 2)。うちレジンペレットが 9,066 個(30.4%)、プラスチック微細片が 8,374 個(28.0%)、発泡スチロール微細片が 11,041 個(37.0%)、糸状合成繊維短片が 764 個(2.6%)で、発泡スチロール微細片の割合が最も高く、レジンペレットとプラスチック微細片に比較して、検出量が 7~9%ほど高かった。なおその他の 607 個(2.0%)は、プラスチック微細片と思われる疑わしき物質とゴム製物質である。前三者での割合が 95.4%を占めており、関東沿岸域での海岸 MP を構成している主要な素材となっていることが分かった。

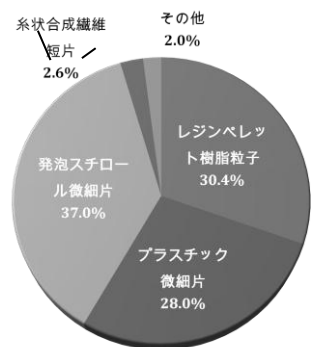
各素材の検出数量を調査海岸の累積面積(54 m²)で除し、1 調査枠(面積 1 m²)当たりの平均的な MP の数量に換算すると 553 個となる。うちレジンペレット、プラスチックと発泡スチロールの微細片は、それぞれ 168 個、155 個、204 個であった。

この 553 個の数量は、関東沿岸域の海岸 MP の 1 m²当たりの平均的な漂着・混在密度に相当する。洋上の沖合調査結果と単純には比較できないが、先に述べた世界平均の約 60 倍で、非常に高い漂流密度と指摘された東京湾の海水 1 m³(約 1 トン)当たり約 6 個の漂流密度と比較すると、極めて高い検出量と言える。

だが、海岸 MP の現存量や構成素材の実態は、主に、海岸ゴミの状況や海岸清掃の頻度・程度、海岸の立地や沿岸域の利用・活用状況によって影響を受けており、沿岸域や海岸間でかなり異なっていた。

まず、相模湾、東京湾、南外房の 3 沿岸域に区分して、海岸 MP の 1 m²当たりの平均的な漂着・混在量を見ると(図 3)、相模湾沿岸域(22 海岸で 8,076 個)で 367 個、東京湾沿岸域(27 海岸で 21,131 個)で 783 個、南外房沿岸域(5 海岸で 645 個)で 129 個となっており、東京湾の閉鎖性海域に面した海岸では、太平洋の外海に面する相模湾沿岸域の 2.1 倍、南外房沿岸域の 6.1 倍の高い現存量であった。

さらに、図 4 で各海岸での現存量状況を見ると、海岸 MP が 1 調査枠(面積 1 m²)で 500 個以上検出された海岸は、東京湾沿岸域で 4 か所、相模湾沿岸域で 5 か所確認され、うち 1,000 個を超え



関東沿岸調査海岸統計分析(54海岸)
マイクロプラスチック総検出数量：29,852個

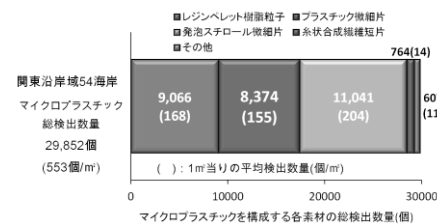


図2 関東沿岸 54 海岸で検出した MP の総数と各素材の構成割合

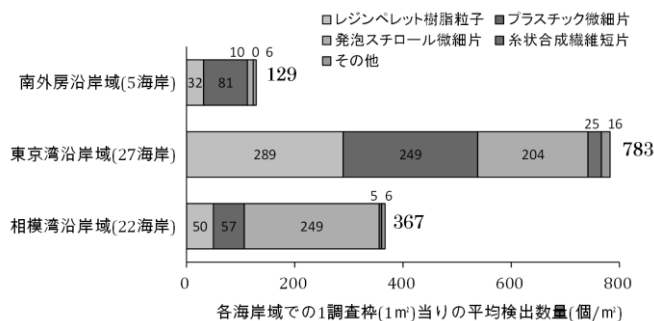


図3 3沿岸域での1 m²当りのMPの平均検出数量

る海岸が両沿岸域で 5 か所あり、中には 12,950 個検出された海岸も確認された。ちなみに MP を構成する素材の材質密度、大きさ、個数等によってばらつきはあるが、MP の検出量とその質量との関係は概ね両対数紙上で線形近似する。検出量 1,000 個は質量でほぼ 10g とな

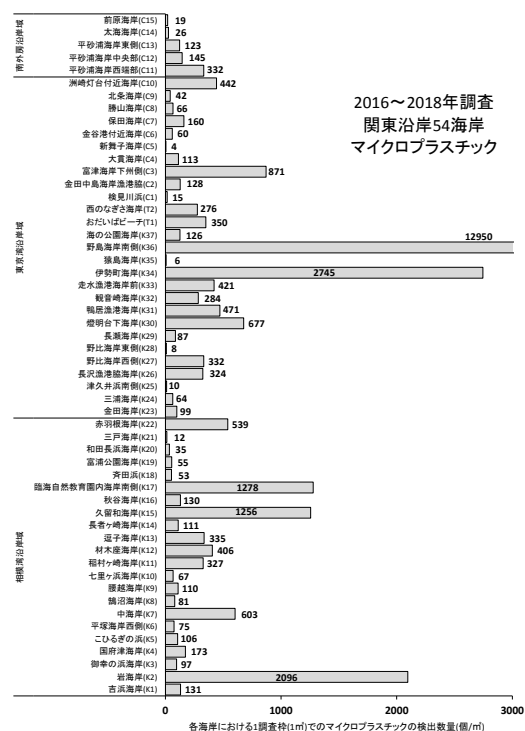


図4 各海岸での1㎡当たりのMP数量

り、500ml ペットボトル容器に換算すると、約 1/3 本分のプラスチック量に相当する。

そこで、各海岸で検出された海岸 MP の現存量を 6 段階に区分してマップ表示した図 5 を見ると、検出量が 500 個/㎡以上の高い海岸は、相模湾沿岸域にも散在しているが、沿岸での漂流・浮遊ゴミや漂着ゴミの打ち上がりの目立つ浦賀水道の出入り口付近を中心に、三浦半島南部の沿岸域に多い傾向が認められた。

なお海岸間での MP の現存量が異なるため、各海岸でのレジンペレット、プラスチックと発泡スチロール微細片の主要 3 素材の検出量にもかなり相違が認められた。だが沿岸域ごとに各素材の構成割合を求め比較すると、図 6 に示すように、沿岸域での特徴が認められる。

即ち、東京湾沿岸域では、レジンペレット及びプラスチックと発泡スチロール微細片の主要 3 素材の割合は 26～37%で近似しており、互いにはほぼ三分している。これに対して相模湾沿岸域では発泡スチロール微細片が 67.9%、南外房沿岸域ではプラスチック微細片が 62.6%と 6 割以上を占めており、各沿岸域で海岸 MP を構成している主要素材の割合にかなり相違のあることが分かる。現状では、この相違について詳述することは難しく、各沿岸域での海岸ゴミの量とタイプの違い、沿岸・沖合の利用状況や漁港・漁場施設(養殖棚等)の立地状況など、

かなり複雑な要因によるものと推察される。

殊に、東京湾沿岸域の場合は、海岸・ボート・遊漁船釣りや航行船舶からの投棄ゴミ、沖合漁場施設(養殖棚等)からの流出ゴミが主因となって、閉鎖性海域で漂流・浮遊・滞留する多種類の微小プラスチックが生成さ

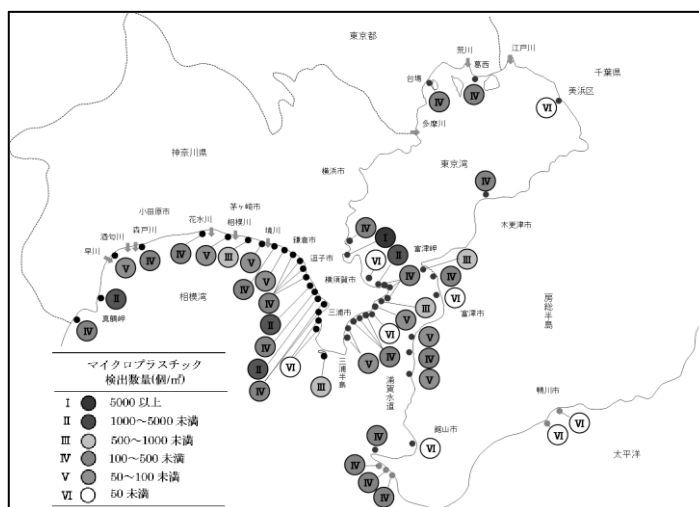


図5 関東沿岸域のMPの海岸マップ

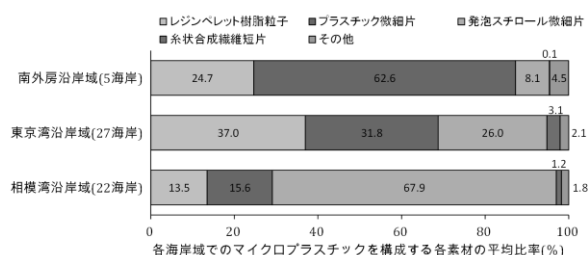


図6 3沿岸域での主要3素材の構成割合

れるためと思われる。

20 年ほど前の実態調査で既に指摘しているが、レジンペレットは東南アジア諸国から船舶で輸入されており、東京湾港での船舶の荷下しの際に生じる漏出・散落が原因で、特に浦賀水道沿いの海岸域では未だに大量に検出される。また糸状合成繊維短片の関東沿岸域での総検出量は 764 個(2.6%)(図 2 参照)であるが、そのうちの 87%(664 個)を東京湾沿岸域が占め、網・ロープ・釣り糸等の漁業活動に由来する MP の多いことを裏付けている。

一方、太平洋の外海に面する相模湾と南外房沿岸域の場合には、廃プラスチックゴミの洋上での滞留性の可能性は低く、MP の主要素材は沖合を漂流・浮遊し、沿岸域に打ち上がる廃プラスチックゴミの量とタイプに、主に左右されているものと考えている。

7. 海岸マイクロプラの有効な軽減・抑制対策

関東沿岸域で 54 か所の海岸調査を行い、1 ㎡当たりで検出された海岸マイクロプラスチック(MP)の総数量は 29,852 個で、1 海岸に換算した平均数量は

553 個/m²であった。海水 1m³(約 1 トン)当たり平均約 6 個で非常に高い漂流密度とされる東京湾の海洋 MP の状況からみると、海岸 MP のこの平均数量(553 個/m²)はかなり高い漂着・混在量のように思われる。

当然、海岸 MP の現存量は、漂着・混在する廃プラスチックの海岸ゴミの状況や回収・除去等の海岸保全対策の在り方に左右されている。だが、海岸 MP の統一的な調査分析方法も確立されておらず、他の砂浜海岸における定量的な調査データは、全国的に殆ど皆無である。

ここでは、本調査と同一手法で調査分析した 2016 年の沖縄島嶼(11 島 57 海岸)の結果と比較検証し、海岸 MP に関する関東沿岸域での現存量の評価に加え、海岸 MP を軽減・抑制するための対応策や在り方について考察する。

沖縄島嶼海岸域での調査は、沖縄諸島(沖縄本島・久高島・栗国島での 13 海岸)、宮古諸島(宮古島・池間島での 9 海岸)、八重山諸島(石垣島・竹富島・黒島・西表島・波照間島・与那国島での 35 海岸)の広範な島嶼海岸域に亘る。沖縄 11 島 57 海岸で、1 調査枠(面積 1 m²)で検出された海岸 MP の総数量は 116,364 個で、1 海岸当たりの平均数量に換算すると 2,041 個/m²であった⁹⁾。

MP の主要素材の構成割合は互いに異なっていたが、この平均数量は先の関東沿岸域での海岸の平均数量 553 個/m²の約 3.6 倍に相当していた。

特に、検出量の高い海岸は八重山・宮古諸島に集中し、検出量 1,000 個/m²以上は 18 海岸あり、うち 5,000 個/m²以上が 7 海岸、10,000 個/m²以上が 4 海岸確認された。これに対して、1,000 個/m²を超える海岸が 5 か所で、うち 1 か所の海岸で 12,950 個/m²検出された関東沿岸域では(図 4 参照)、沖縄島嶼海岸域に比較して、砂浜海岸に漂着・混在している海岸 MP の現存量はかなり少ないものと判断される。

その大きな原因は、海岸に打ち上がる漂着ゴミの実態と回収・除去対策にあるものと考えている。海岸 MP の深刻化している海岸の大半では、足の踏み場もないほど、大量漂着した廃プラスチックゴミで覆われ、巨大廃棄場と化しているような海岸が目についた。多くの人員と膨大な経費を要することから、回収・除去作業が停滞し放置されているため、漂着したものに比べ、廃プラスチックゴミの劣化破砕が進行し、夥しい量の海岸 MP が生成されていた。しかも亜熱帯海洋性気候に属する沖縄島嶼の海岸では、高い気温と強い紫外線下に曝され、塩分を浴びた廃プラスチックゴミの MP 化に拍車を掛ける結果となっていた。沖縄でも、沖縄本島の観光ビーチやリゾートビーチでは、やはり漂着ゴミは多いが、停滞・放置を許さない迅速な回収・除去が積極的になされ、

漂着ゴミを見かけない場合が多く、検出される海岸 MP の現存量は関東沿岸域の海岸に匹敵する海岸が多かった。

漂着・流出を繰り返す海岸 MP、ましてや洋上に漂流・浮遊する海洋 MP の直接的な回収・除去は絶望的な作業となり、殆ど不可能に近い。深刻化する MP の主要な供給源に歯止めを掛けるためにも、生成・排出素である廃プラスチックゴミの停滞・放置を許さない迅速且つ持続的な回収・除去システムを確立することが、海岸 MP を低減・抑制するための最良の方策であることを、この検証結果は立証し、警告しているものと言える。

8. おわりに

関東沿岸域での海岸マイクロプラスチック(MP)の実態分析で得られた主要な知見を通し、今後、特に下記の事項について解明することが望まれる。

1) 砂浜海岸での分布やばらつき、経年的変動量や季節的増減量を検証し、海岸 MP の効果的な低減・抑制対策の検討に反映させる。

2) 本調査では、河川付近の海岸 MP の実態には、河川の影響と思われる特異な傾向は確認できなかった。だが河川流域での廃プラスチックゴミを含めた微小プラスチックの実態把握を含め、海岸 MP への供給リスクを検証することが望まれる。

3) 東京湾や湖の魚類などの水生生物では、MP の体内からの検出で、食物連鎖のリスクが指摘されているが、海浜域においても棲息する底生生物(甲殻類、貝類など)への実態を、有害化学物質との関連で科学的に検証することが求められる。

参考文献

- 1) 環境省(2015)：報道発表資料「(お知らせ)平成 26 年度沖合海域における漂流・海底ごみ実態調査委託業務調査結果について」(平成 27 年 4 月 23 日)、環境省ウェブサイト。
- 2) 環境省(2016)：報道発表資料「南極海においてマイクロプラスチックの浮遊が確認されたことについて」(平成 28 年 9 月 26 日)、環境省ウェブサイト。
- 3) 日本経済新聞社(2015)：プラごみの海洋流出・最大で年 1270 万トン・世界の推計、日本経済新聞、2015 年 2 月 13 日発行
- 4) 山口晴幸(2017)：マイクロプラスチック汚染が深刻化する海岸域で検証される微小プラスチックの大量実態～海岸域は微小プラの生成・供給場か？～、土木学会、第 25 回地球環境シンポジウム講演集、pp.23～28。
- 5) 山口晴幸(1998)：大量漂着するレジンペレットによる海岸汚染、土木学会誌、第 11 巻第 83 号、pp.48～50。
- 6) 八重山毎日新聞社(2015)：オカヤドカリから有害汚染物質検出、プラ類誤食か、八重山毎日新聞、2015 年 3 月 25 日発行。