

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主要な生成・供給場か？～

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

海生生物への摂食リスクが一段と高まるマイクロプラスチック(大きさ5mm以下の微小プラスチック片)の沖縄島海岸域での調査成果に基づいて、海岸域でのマイクロプラスチックの現存量は、海洋漂流しているものよりも遥かに高密度で漂着・混在している実態を検証している。特に、亜熱帯海洋性気候に属し、廃プラスチック類ゴミの劣化破砕に対して厳しい気象条件(強い紫外線と高い気温)下に曝されている沖縄島では、海岸域がマイクロプラスチックの生成・供給場となっている可能性が高く、廃プラスチック類ゴミの滞留・放置の許されぬ迅速且つ定期的な回収・除去の重要性が指摘されている。

Key Words : maicroplastic, marine litter, waste plastic, Okinawa islands, heavy metal, ecosystem

1. はじめに

廃プラスチック類ゴミが漂流・漂着過程で波風・塩分・紫外線・降雨等の下に曝され劣化し、破砕を繰り返して大きさ5mm以下に細片化した微小プラスチック片は、総称して、マイクロプラスチックと呼ばれている。プラスチック自体が含有している有害化学物質に加え、漂流中に残留性有機汚染物質などを吸着することで、摂食による海生生態系への影響リスクや食物連鎖による汚染リスクの拡大が懸念され、早急な対応や対策が世界的に叫ばれている。

推定では、既に、5兆個余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¹⁾、その実態はほとんど分かっていないのが実情である。

最近、日本列島周辺の沖合海域で実施された調査(2014年)では²⁾、海水1トン(約1m³)当たり2.4個のマイクロプラスチックが採取されている。むしろ、沖合海域での漂流密度が沿岸域よりも高く、瀬戸内海内海での0.4個に比較して、6倍の密度であることが環境省のウェブサイトで公表されている。また、東京湾での調査(2015年)では³⁾、マイクロプラスチックが1300個見つかっており、海水1m³(約1トン)当りに換算すると約6個に相当するという。東京湾のマイクロプラスチックの漂流密度は、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倍に匹敵する非常に高い値であると指摘されている。さらに、2016年の調査では、南極海でも確認されたことが報告され⁴⁾、世界の海洋を漂流拡散しているマイクロプラスチックの実態が徐々に解明されつつある。

毎年、海洋へ流出する廃プラスチック類のゴミ量が世界で480万トン～1270万トンに上るとする、米国ジョージア大の公表結果⁴⁾などを鑑みると、マイクロプラスチックを含む難分解性の廃プラスチックの破片が地球規模的に拡散移動し、既に、世界の海洋の隅々まで漂流・浮遊していることが窺われる。

筆者は、長年の沖縄島をはじめ全国での漂着ゴミ調査を通し、マイクロプラスチックなどの微小プラスチック片は、洋上よりもむしろ、遠距離漂流で脆弱化した廃プラスチック類ゴミが大量に漂着して集積する沿岸域や離島などが、主要な生成・供給場になっている可能性が高いと考えている。

特に、亜熱帯・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世界の海岸域では、漂着後、長期間滞留・放置された場合には、塩分を浴びた廃プラスチックの劣化破砕が進行し易く、マイクロプラスチック化の進展に一段と拍車がかかる。だが、海洋への主要な生成・供給場と思われる海岸域での、マイクロプラスチック

クの現存量の実態などについてはほとんど分かっていないのが実情である。

2. 忍び寄るマイクロプラスチック汚染

筆者は、これまで、近隣アジア諸国からのものを含め、種々のプラスチック漁具類をはじめ多種類の漂着廃プラスチック類ゴミの重金属類等の含有・溶出性について何度も公表⁹⁾してきた(ここでは分析結果等は省略)。

図1には廃プラスチック類ゴミのマイクロプラスチック化とその汚染リスクのフローを示している。マイクロプラスチックの微細片からは破碎以前の原形・用途を窺い知ることは難しい。だが、製造過程で使用された添加剤等の化学成分に含まれる重金属類、ポリ臭化ジフェニルエーテル(PBDE)、フタル酸エステル類、ビスフェノールAなど(表1)、自体が含有している有害化学物質に加え、漂流中に吸着した有害化学物質(主に重金属類、ポリ塩化ビフェニル(PCB)など)や油分・タールなどの汚染物質を広く拡散・運搬する「運び屋」の役割を担っている可能性が高い。

近年、マイクロプラスチックからPBDEやPCBが検出されることで、社会的に大きな関心事となっている^{9)・10)}。国際的に規制する残留性有機汚染物質に関するストックホルム条約(2001年5月採択)では、両化学物質は毒性が強く、残留性、生物蓄積性、長距離移動性の高い化学物質として規制されている。

PBDEの場合には、臭素系難燃剤としてプラスチック類の製造過程に添加されている。PBDEには臭素原子の個数やその配位(結合位置)により、200を超える同族体・異性体が存在する。我が国の化学物質審査規制法(化審法)では、臭素が4~7のテトラ、ペンタ、ヘキサ、ヘプタ臭化ジフェニルエーテルは、2010年4月、第一種特定化学物質に規制され、製造・使用・輸入等は原則禁止されている⁹⁾。しかし、臭素系難燃剤には種類も多く、臭素が10のデカ臭化ジフェニルエーテルなど、規制以外の他の臭素系難燃剤を含んだ製品が、現在も製造・使用・廃棄されていて、環境に排出している可能性が高い。

一方、1975年、我が国では製造・輸入・使用が禁止されたPCBの場合には、それ以前に使用されたPCB含有製品(コンデンサーやトランスなど)の不適切な廃棄・保管・処分や、防汚剤に使用された船底塗料(PCB含有)などから流出したPCBに加え、表1に示すように、着色用の有機顔料に含まれている微量な副生PCBが検出される可能性がある。他にも種々の重金属類に加え、エポキシ樹脂やポリカーボネート樹脂の原料(モノマー)であるビスフェノールAや可塑剤として添加されるフタル酸エステル類などにも汚染リスクの高い化学物質が含

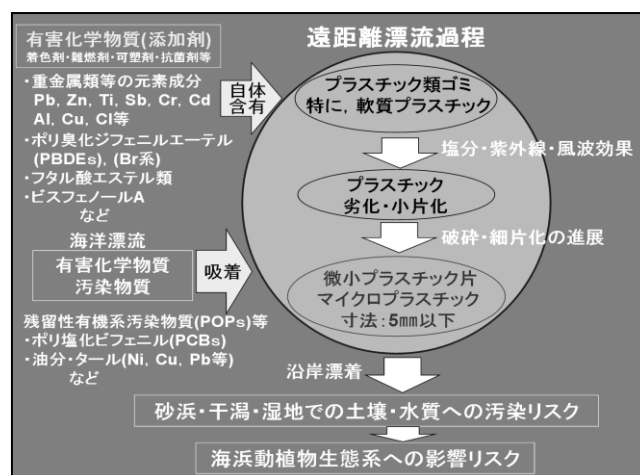


図1 マイクロプラスチックの汚染リスク

表1 身近な廃プラスチック類ゴミに含まれている主な有害元素と化学物質の一例

機能・用途向上のための添加剤等	主な含有元素と化学物質等	備考
無機着色剤(顔料・染料・塗料)	Zn, Cr, Pb, Ti, Ba, Mn, Ni, Co, Br, Sb, Cl, As, Cd など	有機顔料には、副生成されたポリ塩化ビフェニル(PCB)を含んだものも流通
プラスチックメッキ用剤	Cr, Mn	ABS樹脂やポリカーボネイト(PC)などのエッチングによるメッキに使用
難燃剤・助剤	Br(臭素系) Sb, Al, Zn(無機系) など	・Br系はエポキシ樹脂やABS樹脂をはじめ、PA, PBT, PETなどに使用 ・Sb(三酸化アンチモン)はBr系難燃剤との併用での助剤用途、PVCにも単独使用
透明性向上用触媒	Sb, Ge	ポリエチレンテレフタレートに使用
添加剤	Ti	ポリエチレンテレフタレートに使用
安定剤	Ba	ポリ塩化ビニリデンに使用
添加剤	Sn(ジブチルスズ)	ポリ塩化ビニリデンに使用
電導性向上	Al, Zn	
抗菌剤	Ag, Cu, Zn, Ti(酸化チタン)	
遮光性向上	Ti	
漂白剤	Mn, S	
硬化剤 容器等コーティング剤	ビスフェノールA	エポキシ樹脂の硬化剤(プレモノマー)としても使用
防汚剤(船底塗料)	Sn(トリブチルスズ、トリフェニルスズ等の有機スズ), Cu(亜酸化銅), 副生PCB(船底塗料用)	有機スズ系は我が国では使用禁止(未だに使用国有り)、主に亜酸化銅系を使用
酸化防止剤	ノニルフェノール, S	
可塑剤	フタル酸エステル(フタル酸ブチルベンジル, フタル酸ジエチルヘキシルなど)	
(触媒)	Pt, Al, Mn	製造過程で使用
(酸化剤)	Mn(過マンガン酸カリウム)	製造過程で使用

注)PA: ナイロン, PBT: ポリブチレンテレフタレート, PET: ポリエチレンテレフタレート, PVC: ポリ塩化ビニル

まれている。

取り分け、マイクロプラスチックは微小故に、海生生物の摂食リスクを高めることで、汚染リスクに拍車をかけることに繋がる。延いては、小生物を餌とする大型海生生物(海鳥、魚、海亀など)との食物連鎖の中で残留性の高い有害化学物質(Pb, Cd, PCB, PBDEなど)が濃縮され、海生生態系をはじめ海食資源を介して人への影響リスク

が懸念されている。

最近、東京湾では、捕獲されたカタクチイワシ64匹中、約77%に当たる49匹の消化管からマイクロプラスチックが見つかったという、ショッキングな報告もなされている¹⁾。沖縄島嶼の砂浜・干潟・湿地などの海岸域に棲息するミナミスナガニやオオナキヤドカリの甲殻類の底生小生物の体内からも、大きさ0.3～0.5mm程度の微小なプラスチック片が検出されたとの報告もあり¹⁰⁾、マイクロプラスチックの摂食による身近な生体内への取り込みが危惧される学術的な指摘が増えつつある。

現時点では、まだ、マイクロプラスチックに起因する有害化学物質の影響が海生生物で確認されたとの明確な報告事例はない。

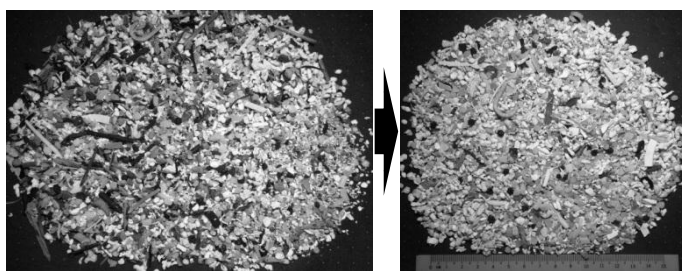
殊に、特異な亜熱帯海洋性の動植物生態系が育まれている沖縄島嶼では、圧倒的な漂着量を示す中国製ゴミを主体とした近隣アジア諸国からの海洋越境ゴミが深刻であり、遠距離漂流で破碎を繰り返したマイクロプラスチックなどの微小プラスチック片の漂着も多い。海洋越境ゴミの場合には、当然、生産国の製品規格や素材の違いによって、有害化学物質の種類・添加量は異なってくる。汚染リスクを軽減防止し、海洋・沿岸域の自然環境を守り保全していくためにも、マイクロプラスチックを含め、その発生源となる廃プラスチック類ゴミからの有害化学物質の曝露の実態をはじめ、生体内への取り込み状況や摂食経路などに関して、科学的に把握・検証することが問われている。

科学的な究明は、危惧される汚染リスクに強く警鐘を鳴らす役割を担い、廃プラスチック類ゴミの停滞・放置の許されない迅速な回収・除去の重要性を広く周知徹底させ、汚染リスクの軽減防止対策の拡充を図る上で、不可欠な取り組みである。

3. 沖縄でのマイクロプラスチック調査のねらい

近隣アジア諸国からの海洋越境ゴミの大量漂着を繰り返す沖縄では、漂着ゴミの8割以上は難分解性の廃プラスチック類ゴミである¹¹⁾。野趣豊かな海生生物の棲息環境が発達している沖縄島嶼の砂浜・干潟・湿地等の海岸域では、希少な底生小生物(カニ類やヤドカリ類等の十脚甲殻類)などによるマイクロプラスチックの摂食による汚染リスクが懸念されている¹⁰⁾。しかし、これまで、沖縄ではマイクロプラスチックに関する調査はなされておらず、その実態や汚染リスクについては定かではない。

ここでは、2016年春季(3月26日～4月27日)に与那国島(6海岸)、波照間島(3海岸)、西表島(8海岸)、黒島(3海岸)、竹富島(2海岸)、石垣島(13海岸)の沖縄八重山諸島(6島35海岸)をはじめ宮古島(7海岸)・池間島(2海岸)に加え、同



宮古島保良漁港脇海岸北側(2016.4.27)

写真1 5mmふるい通過試料(左)から抽出したマイクロプラスチック(右)



石垣島平野海岸
(破片量: 395g/m²)

与那国島ウブドゥマイ浜
(破片量: 660g/m²)

写真2 1調査枠内に混在する大きさ5mm以上の廃プラスチックの破片事例

年秋季(10月24～28日)に沖縄本島(7海岸)・久高島(2海岸)・粟国島(4海岸)で実施した11島57海岸での調査結果を取りまとめ、沖縄島嶼海岸域に漂着・混在しているマイクロプラスチックの現存量の実態やその海岸域の特徴などについて明らかにすると同時に、海岸域がマイクロプラスチックの主要な生成・供給場となっている可能性の高いことを検証している。

なお、2016年春季調査では、海岸域に漂着・混在するマイクロプラスチックの実態を定量的に把握するための統一的な調査方法の確立に向けた検討¹²⁾¹³⁾(詳細は文献13)参照)に加え、提案する調査フローに基づいて、現存量等の評価を試みている。即ち、海岸漂着帯の代表的な地点を選定して1m四方の調査枠を設定し、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。ふるい通過試料を水容器に注ぎ攪拌、浮遊した物質を回収して乾燥した後、マイクロプラスチックはピンセットなどで抽出する(写真1)。なお、5mmふるいに残留した廃プラスチックの破片は、マイクロプラスチックの予備軍的役割を担うことから、同時に回収してその混在量を計測する(写真2)。

4. 沖縄海岸域でのマイクロプラスチックの実態

(1) マイクロプラスチックの主要な構成素材

海岸域で設定した1m四方の調査枠内に漂着・混在していたマイクロプラスチックを主要な構成素材別に区分して、素材ごとの数量をカウントし、マイクロプラスチックの実態把握を試みた。

写真3には、1m四方の調査枠内(面積1m²)で抽出した大きさ5mm以下のマイクロプラスチックの代表的な海

岸事例を示している。プラスチックや発泡スチロール(ポリスチレン)の微細片をはじめ、レジンペレットの樹脂粒子、極細な糸状合成繊維の短片、廃油ボールの小粒子などが検出される。

①微小プラスチック片は洋上流出した多種類の廃プラスチック類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)、本来の製品用途、製造国などを判別することは難しい。

②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容器・トレイ類の発泡スチロールが主要な供給源である。構造的に軟弱で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。

③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、茶褐色や黒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が、未だに低減傾向は認められず、むしろ増加傾向にある。

④糸状合成繊維の短片は、化学繊維で造られた漁網・ロープ・シート・てぐす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。

⑤廃油ボールの小粒子は、海洋に不法投棄された廃油、船舶の座礁・沈没事故等での流出油、海洋排出されたオイルタンカーからの原油の混じったバラスト水やビルジ水が主要な供給源となっている。遊泳中に砂粒、藻屑、微細プラスチック片等を吸着して小粒子化した油粒で、漂着後、乾燥固結したものである。

なお、各素材の表面を拡大顕写すると、油分・タールなどの汚染物質が表面や亀裂に付着・吸着している微小粒子が殆どで、多孔質な発泡スチロール微細片では、間隙の奥にも異物が入り込み、有害物質や汚染物質が内部に取り込まれている様子が確認された。

(2) マイクロプラスチックの漂着・混在状況

八重山諸島(6島 35海岸)、宮古島・池間島(2島 9海岸)、沖縄本島・久高島・栗国島(3島 13海岸)の沖縄11島57海岸を調査し、1m四方の調査枠(面積1m²)から検出された57海岸(累積面積57m²)でのマイクロプラスチックの総数量は116364個に達した。そのうちレジンペレット樹脂粒子が11619個(10.0%)、プラスチ

ック微細片が42088個(36.2%)、発泡スチロール微細片が58352個(50.1%)、糸状合成繊維短片が1031個(0.9%)、廃油小粒子が857個(0.7%)であった(図2)。なお、その他の2417個(2.1%)は、プラスチ



写真3 マイクロプラスチック(上)を構成する主要な構成素材(下)
(与那国島ウブドゥマイ浜の事例)

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。前三者での割合は96.3%を占め、レジンペレット樹脂粒子、プラスチック微細片、発泡スチロール微細片の3物質がマイクロプラスチック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。

各素材数を調査海岸の累積面積(57m²)で除し、1調査枠(面積1m²)当りの平均的なマイクロプラスチックの数量に換算すると2041個となる。そのうち、レジンペレット樹脂粒子、プラスチ

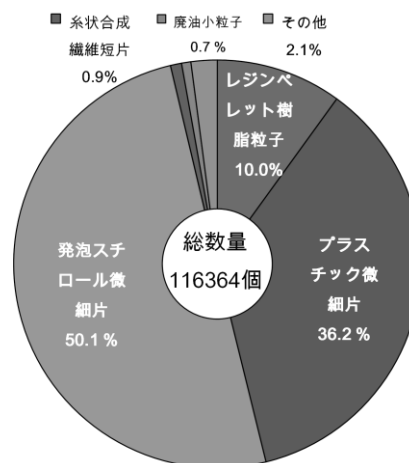


図2 沖縄11島57海岸のマイクロプラスチック総数量分析

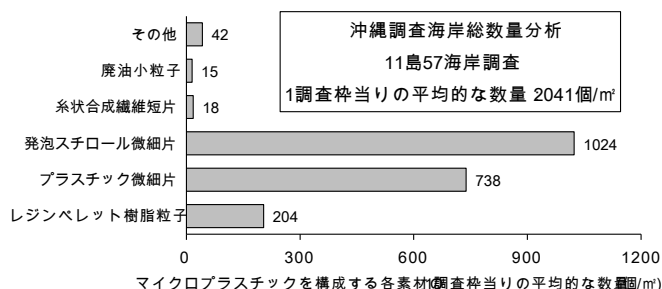


図3 沖縄島嶼海岸域での1調査枠当りのマイクロプラスチックの平均的な現存量

ックと発泡スチロール微細片は、それぞれ 204 個、738 個、1024 個であった(図 3)。この 2041 個の値は、沖縄の海岸域における 1 m²当りのマイクロプラスチックの平均的な漂着・混在密度に相当する。洋上調査とは異なり単純に比較はできないが、上述したように、日本列島で非常に高い漂流密度と指摘されている東京湾の海水 1 m³(約 1 トン)当たり約 6 個の漂流密度と比較すると、極めて高い密度と言える。

だが、沖縄海岸域でのマイクロプラスチックの数量や構成素材の実態は、漂着ゴミの堆積状況や海岸清掃の頻度・程度によって影響を受け、島嶼や海岸間でかなり異なっていた。各島嶼での 1 m²当りのマイクロプラスチックの平均的な漂着・混在密度を見ると(図 4)、八重山諸島では与那国島(6 海岸で数量 45934 個)で 7656 個、次いで黒島(3 海岸で数量 13514 個)が 4505 個、波照間島(3 海岸で数量 8453 個)が 2818 個と高く、石垣島(13 海岸で数量 9955 個)、西表島(8 海岸で数量 6042 個)、竹富島(2 海岸で数量 546 個)では、それぞれ 766 個、755 個、273 個であった。また、宮古島・池間島(9 海岸で数量 27659 個)でも 3073 個と高い値であったが、粟国島(4 海岸で数量 2507 個)では 627 個、沖縄本島・久高島(9 海岸で数量 1754 個)では 195 個と最も低い漂着・混在密度となっていた。

なお、図 5 にマップ表示しているように、八重山・宮古諸島では、マイクロプラスチックの数量が 1 m²当り 5 千個を超える海岸が与那国島で 3 海岸、波照間島・黒島でそれぞれ 1 海岸、宮古島で 2 海岸確認され、その内、与那国島の 3 海岸と宮古島の 1 海岸では、1 万個を超えていた。これに対して、沖縄本島・久高島・粟国島の海岸では、大半は 200 個/m²以下であった。マイクロプラスチックの漂着・混在密度の高い海岸は、八重山・宮古諸島に集中している傾向が窺われたが、このような海岸では、調査時、回収・除去が滞っており、大量の漂着ゴミが海岸を覆い尽くしている状況にあった。

また、マイクロプラスチックを構成する素材によって、添加剤や成形助剤に含まれる有害化学物質や漂流中の汚染物質の吸着性が異なることから、主要な構成素材の混在状況に注視する必要がある。島嶼間での構成素材の割合を分析すると(図 6)、いずれの島嶼においても、やはりレジンペレット樹脂粒子、プラスチック・発泡スチロール微細片の 3 素材が高い割合を占めてい

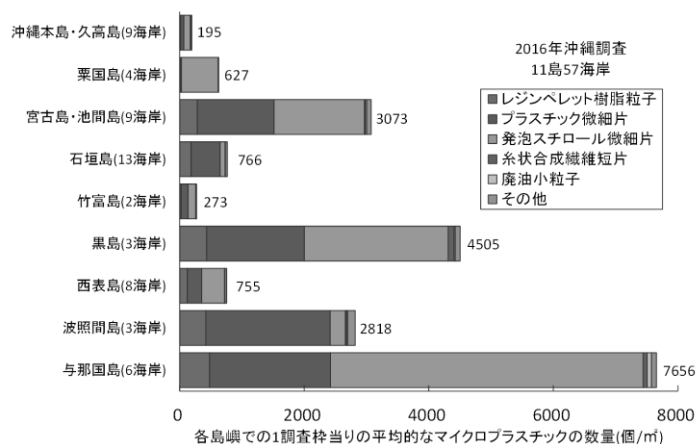


図 4 島嶼間の 1 調査枠当りのマイクロプラスチックの平均的な現存量

る。中でも、波照間島と石垣島ではプラスチック微細片がそれぞれ 70.9%と 60.9%、一方、与那国島と粟国島では発泡スチロール微細片がそれぞれ 65.6%と 94.2%と高い。レジンペレットは石垣島で 24.1%と最も高いが、他の島嶼では 10%台以下の割合となっている。

以上、調査結果を通し、マイクロプラスチックの漂着・混在密度の高い海岸域は、やはり近隣アジア諸国からの海洋越境ゴミの大量漂着を繰り返す八重山・宮古諸島の先島島嶼海岸に集中していて、しかも、マイクロプラスチックを構成している主要な素材は漂着ゴミの種類・タイプに強く影響を受けていることが分かった。

例えば、発泡スチロールブイやその破片群が大量に漂着する海岸では、膨大な量の発泡スチロールの微細片が

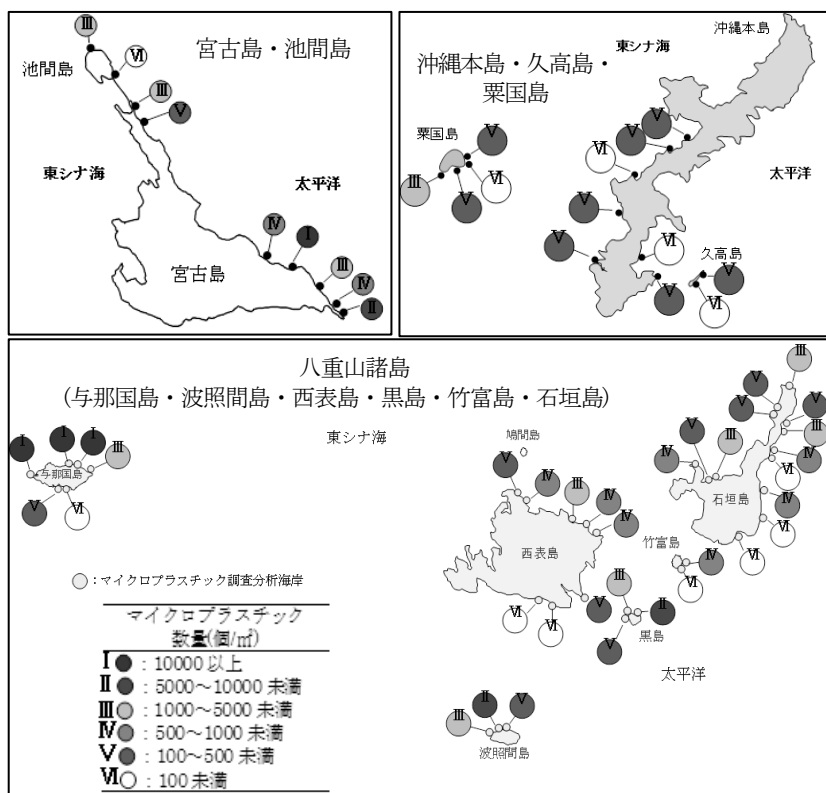


図 5 沖縄島嶼海岸域でのマイクロプラスチックの現存量マップ

検出され、マイクロプラスチックの大半を構成していた。また、特に、八重山・宮古諸島の調査海岸の大部分では、プラスチック微細片の割合が数十%以上となっており、そのような先島島嶼海岸では、マイクロプラスチックの予備軍とも言える大きさ5mm以上のプラスチック破片の検出量もかなり高かった。八重山・宮古諸島では、調査した44海岸中26海岸(59%)で、1m四方の調査枠から検出された5mm以上のプラスチックの破片量は100g以上あり、最大は660g混在していた(写真2参照)。ちなみに、500mlペットボトル容器に換算すると約3~4本以上に相当する。

5. まとめ～調査の所感

沖縄島嶼海岸域のマイクロプラスチックは、海洋漂流しているものよりも遥かに高密度で漂着・混在していることが分かった。その要因として、漂着した廃プラスチック類ゴミの劣化破砕がマイクロプラスチックの供給に拍車を掛けていることが窺われた。特に、亜熱帯海洋性気候に属し、廃プラスチック類ゴミの劣化に対して厳しい気象条件下に曝されている沖縄では、島嶼海岸域でのマイクロプラスチックの生成や海洋への流出性が非常に高いと言える。だが、砂浜などに漂着・混在したマイクロプラスチックの回収・除去は絶望的に近い難儀な作業となることから、廃プラスチック類ゴミのマイクロプラスチック化を抑制・防止するためにも、漂着ゴミの迅速且つ定期的な清掃活動が益々重要となる。

最後に、我が国では、イリオモテヤマネコやセマルハコガメなどが棲息する世界的にも希少な生態系が育まれている八重山諸島の西表島は、奄美大島、徳之島、沖縄島北部(やんばる)と共に、世界自然遺産登録候補地となっている4地域の一つの島嶼である。既に、2017年2月1日には、ユネスコ世界遺産センターに推薦書が提出されていて、審査待ちの状況にあり、遺産登録に向けて、期待が高まっている。

ちなみに、嘗て、富士山の世界自然遺産登録では、長年の登山者の投棄ゴミや不法投棄された大量廃棄物による景観破壊や環境汚染が原因で、遺産登録が見送られた苦い経験がある。世界自然遺産に相応しい環境保全対策の在り方や管理運営が積極的に実践されていることを知らしめる意味でも、西表島を含めた琉球列島での漂着ゴミの軽減・抑制対策を最優先課題と位置付け、危惧される自然環境への汚染リスクの低減・防止対策を一層強化していくことが問われる。

参考文献

1) 東京新聞社(2016)：イワシ8割から微細プラスチック おなか

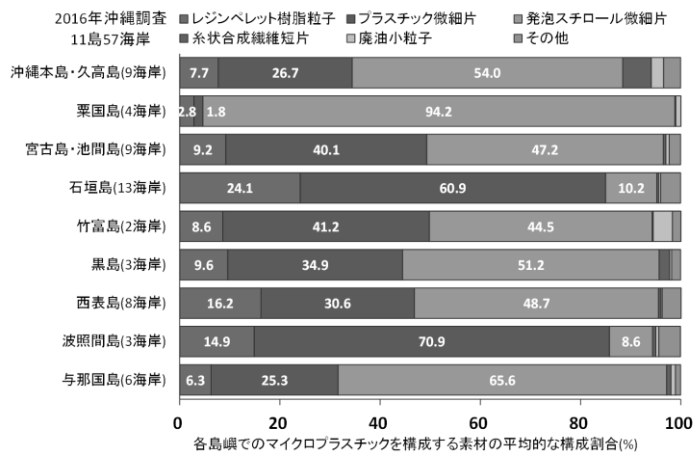


図6 島嶼間での主要構成素材の平均的な混在割合

に東京湾のごみ、東京新聞、2016年4月9日発行。

2) 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。

3) 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てことについて」(平成28年9月26日)、環境省ウェブサイト。

4) 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。

5) 例えば、山口晴幸(2015)：平成26年度沖縄県海岸漂着物地域対策推進事業、第2回沖縄県海岸漂着物対策推進協議会、参考資料(平成26年度成果報告書『漂着ゴミからの有害化学物質による海岸汚染リスクの検証・評価に関する調査研究』)、2015。

6) 高田秀重ら(2014)：プラスチックが媒介する有害化学物質の海洋生物の曝露と移動、海洋と生物、第36巻6号、2014。

7) 沖縄県(2015)：平成26年度沖縄県海岸漂着物等地域対策推進事業、第2回沖縄県海岸漂着物等対策推進協議会(2015.3.7)、資料5、2015。

8) 沖縄県(2016)：平成28年度沖縄県海岸漂着物等地域対策推進事業、第1回沖縄県海岸漂着物等対策推進協議会(2016.10.24)、資料3、2016。

9) 環境省(2016)：保健・化学物質対策、化学物質審査規制法ホームページ、環境省ウェブサイト。

10) 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。

11) 八重山毎日新聞社(2015)：漂着ごみ中国製が27倍に増加、八重山毎日新聞、2015年4月26日発行。

12) 山口晴幸(2016)：マイクロプラスチック化する廃プラスチック類漂着ゴミの海生生態系への汚染リスク、土木学会第24回地球環境シンポジウム講演集(一般講演)、pp.7~12、2016。

13) 山口晴幸(2017)：マイクロプラスチックの海浜域での調査分析方法の提案と実態、土木学会関東支部第44回技術研究発表会、第7部門、環境影響(1)、VII-5。