

石垣島マングローブ水域における マイクロプラスチック現存量調査

遠藤 裕貴^{*1}・佐藤 秀哉^{*1}・寺田 一美^{*2}

Spatial Distribution of Microplastics in Mangrove Sediments on Ishigaki Island

by

Hirotaka ENDO^{*1}, Hideya SATO^{*1} and Kazumi TERADA^{*2}

(Received on Oct. 02, 2018 and accepted on Nov. 08, 2018)

Abstract

Microplastics (MP) that contain harmful substances such as POPs have a significant impact on sea creatures and the environment. To understand the spatial distribution of microplastics in the coastal area of Ishigaki Island, 27 samples of surface sediments were collected and analyzed. Fifteen observation points were set in the Fukido mangrove water area and MP in the mangrove sediments were extracted. As a result, a relatively large volume of MP were found in the eastern coastal area which connects to the coral reef. Microplastics were also found in the Fukido mangrove forest and the components were ethylene propylene copolymers, polyethylene, polypropylene and polyurethane.

Keywords: Microplastic, Mangrove, Coastal Sediments, Ishigaki Island, FT-IR

1. 研究背景・目的

近年、マイクロプラスチック(MP)の環境流出が問題視されている。MPの起源は一次MPと二次MPに大別され、一次MPとは原料として用いられるレジンペレットや、製品に配合されるプラスチック(洗顔料等)に含まれるマイクロビーズである。使用後のマイクロビーズは、家庭排水として下水処理場に運ばれ、99%以上が除去されることが報告されている¹⁾。二次MPは使用後に海洋へ流出したプラスチック製品が紫外線や熱、波によって物理的に破碎、細片化したものであり、日本沿岸では、プラスチック製品の細片がMPの主な発生源と考えられている²⁾。しかし、細片化速度や、細片となった製品の特長など、定量的なことはわかっていない。また、東京湾での海底堆積物中のMP汚染の調査結果³⁾によると、採取した土サンプルの深層から中層、表層へとMP密度の増加傾向が認められた。今後20年間何も手を打たなければ海へのプラスチックの積算流入量は10倍に増加すると予測されている³⁾。

また海洋での観測結果を基に作られたモデルから、海洋に浮遊するプラスチックの総量は27万トンと推定され⁴⁾、その大半は海水よりも低密度なポリエチレンや、ポリプロピレンが占める。MPは難分解性で、酸化防止剤や難燃剤などの添加剤に由来する様々な有害化学物質

が含まれている。また、海水中の毒性のある残留性有機汚染化学物質(POPs)をゆっくりと吸脱着する特徴を持ち³⁾、化学汚染物の輸送媒体として懸念されている。MPは現状回収が困難であり、漂流密度の増加率はもちろんその現存量もいまだ定かではない。

本研究で調査対象とした沖縄県石垣島は2013年3月に新石垣空港が開港して以来、観光客数が年々増加しており、観光客の増加によるごみや排水の増加が懸念される。また、生活排水や、工業廃水等の地域的なPOPsの汚染源が少ない離島や遠隔地で、散発的に高濃度のPOPsを含むMPが確認されており⁵⁾、これは都市水域で高濃度に汚染されたプラスチックが、汚染物質を脱着する間もなく急速に運ばれるためと考えられ、石垣島でも同様の現象が起きていると懸念される。石垣島は豊かなサンゴ礁を有するが、サンゴがMPを摂食し、生態に影響を及ぼすという実験報告もあり⁶⁾、石垣島沿岸域におけるMP現存量を把握することは急務と思われる。

本研究では沖縄県石垣島沿岸域において表土を採取し、MPの抽出、材質の特定および、密度の定量化を行った。まずは島内分布の把握のため2016年9月に東海岸、西海岸沿岸域で調査を行い、翌2017年9月にはマングローブ林内の現存量把握を目的に吹通川マングローブ林内及び河口で調査を行った。

2. 研究方法

2.1 現地調査(2016年石垣島 東・西海岸)

*1 工学研究科建築土木工学専攻修士課程

*2 工学部土木工学科准教授

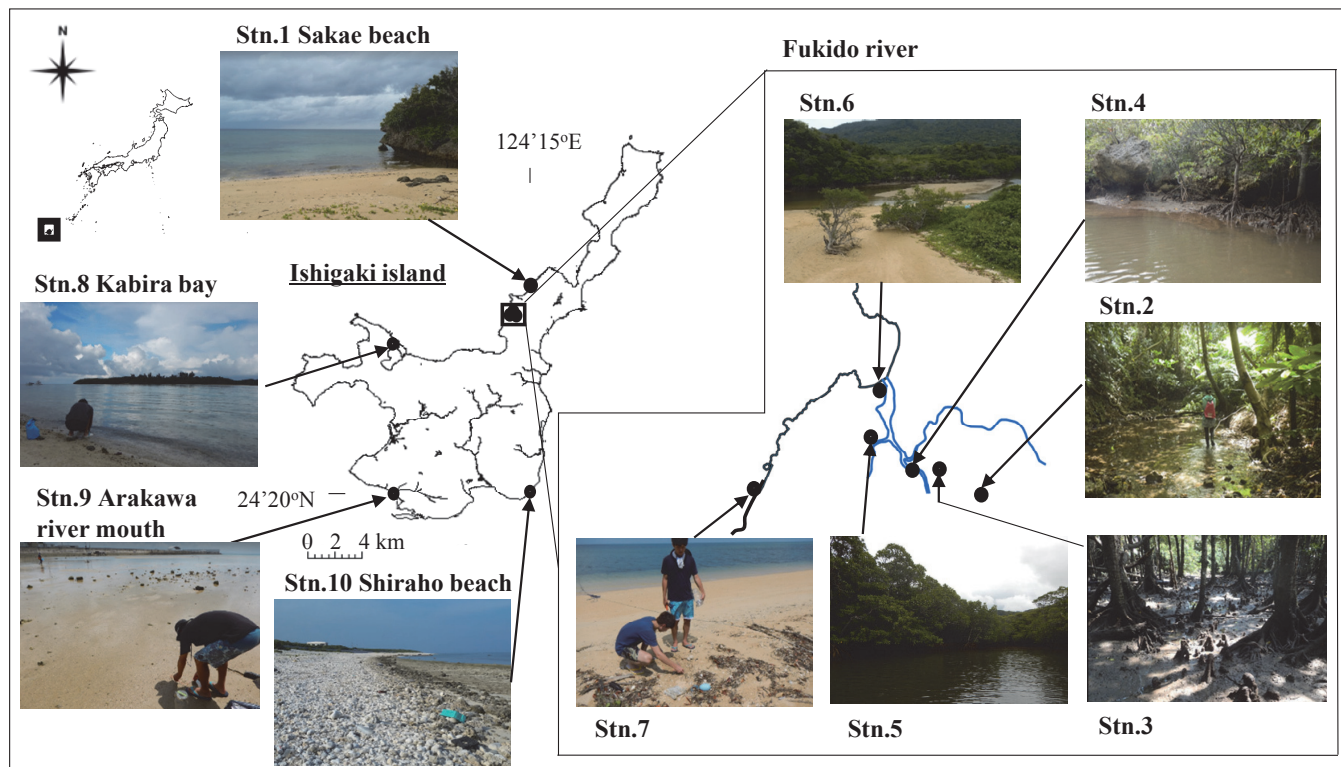


Fig. 1 Field investigation sites in Ishigaki in 2016.

現地調査は2016年9月1日～8日の大潮期に行い、調査地点は石垣島北部、南部、西部と東部に計10地点設けた(Fig.1)。石垣島北部に位置する栄海岸(Stn.1)は、岸壁に囲まれた100 mほどの比較的短い海岸である。吹通川(Stn.2～7)は石垣島北西部に位置し、河川内に0.12 km²のマングロープ林を有している。優占種はオヒルギ、ヤエヤマヒルギである。吹通川水域内では、マングロープがなく陸域植物が生息する上流地点(Stn.2)、マングロープ上端域(Stn.3)、中流マングロープ域(Stn.4,5)、河口(Stn.6)および吹通川沿岸(Stn.7)の計6ヶ所で表土サンプルを採取した。川平湾(Stn.8)は石垣島西部に位置し、多くのサンゴ礁を有しており、グラスボートでサンゴの鑑賞を行える、観光客の多い場所である。新川川河口(Stn.9)は石垣島南部に位置し、比較的人口の多い地域を流れる都市河川である。白保海岸(Stn.10)は石垣島東部に位置し、広大なサンゴ礁を有しており、サンゴ礁の保護活動およびサンゴの養殖が行われている。

採泥は20 cm × 20 cmのコドラードを用い、ステンレススコップにて表面から5 cmの深さまで表土を採取し、2 L ガラス瓶に冷凍保存、実験室まで空輸した。

2.2 現地調査(2017年吹通川マングロープ林内域)

2017年の調査は9月4日～10日の大潮期に行い、調査地点は沖縄県石垣島吹通川のマングロープ林内及び河口の計15地点で行った(Fig.2)。吹通川の河口付近で4ヶ所(Stn.1～Stn.4)、中流マングロープ林内で4ヶ所(Stn.5～Stn.8)、上流マングロープ林上端域7ヶ所(Stn.9～Stn.15)で表土サンプルを採取した。採泥手法は2016年調査と同様に行った。

2.3 分析方法

採取した土サンプルは実験室にて、Nuelle et al.(2014)⁷⁾により提案された海浜土壌からプラスチック片を抽出するAIO法に準拠して行った(Fig.3)。まず表土サンプルを解凍し、60℃で完全に乾くまでサンプルを乾燥、ふるい分け(4.75 mm, 2 mm, 1 mm)を行い、1 mm以上のMPはルーペを用いて目視で抽出した。1 mm未満の粒子はNaCl溶液(0.4 g/ml, 26 w/w%)を用いて、バブリングによる攪拌を行い、上澄みを抽出し、純水ろ過を行った(一次分離)。ろ過後のサンプルを500 ml フラスコに入れ、NaI溶液(1.5 g/ml, 60 w/w%)を用いて攪拌、攪拌後の上澄みを抽出し純水ろ過を行った(二次分離)。マングロープ林の底泥については繊維質が多く、乾燥、ふるい分けが困難であったため、まずNaCl溶液を用いた一次分離を行い、上澄みを純水をかけ流しながらふるい分け(4.75 mm, 2 mm, 1 mm, 75 μm)を行い、1 mm以上の粒子は目視で抽出し、1 mm未満の粒子は75 μmのふるいに残ったものを純水ろ過した。その後、NaI溶液を用いた二次分離を行った。二次分離後のサンプルはすべて、顕微鏡(SZX7, オリジナル株式会社製)を用いて、プラスチックと思われるサンプルを抽出し、FT-IR(IRAffinity-1S, 株式会社島津製作所製)にて材質を分析した。

3. 研究結果

2016年の調査結果をTable 1に示す。その結果表土中のMPは石垣島東部に位置する白保海岸 Stn.10 が最も高く、11 items/sampleであった。吹通川では、マングロープ上端域 Stn.3、吹通川沿岸 Stn.7 と新川川河口 Stn.9 で

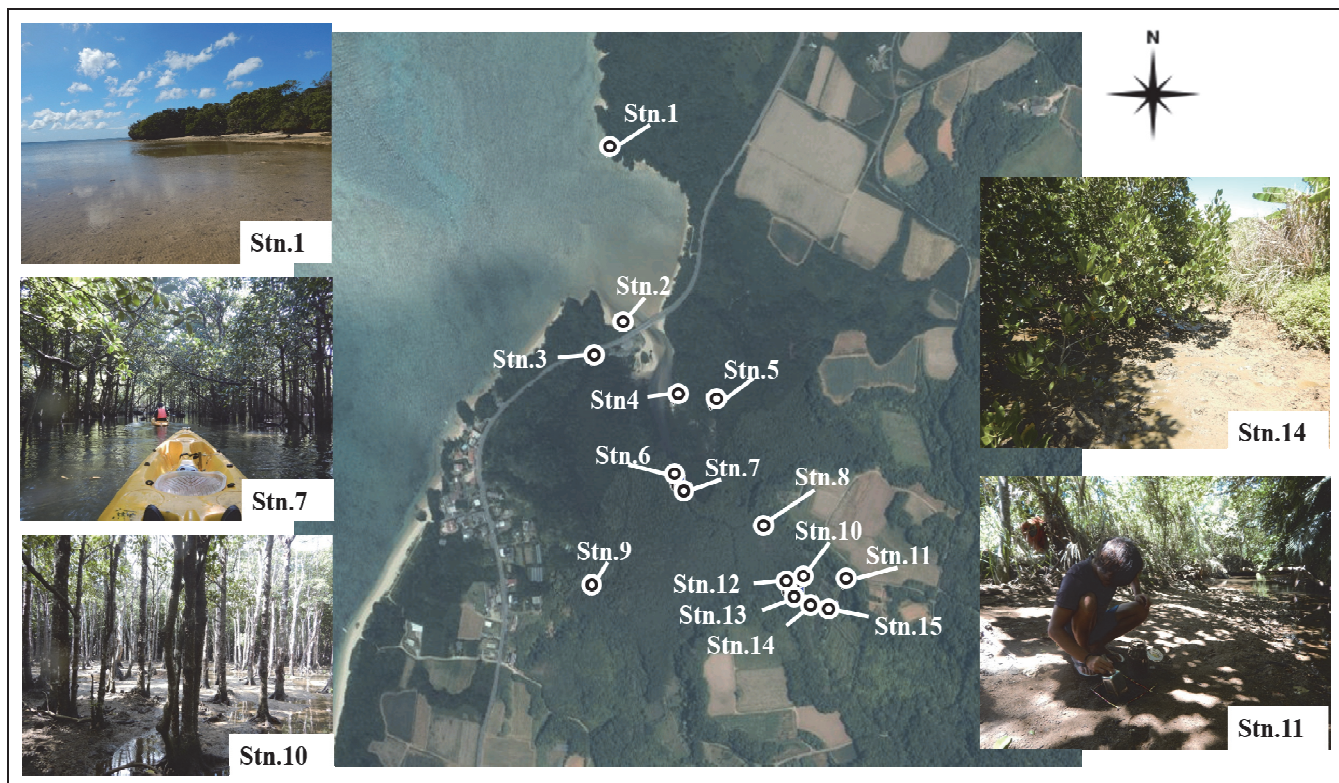


Fig. 2 Field investigation sites in the Fukido river in 2017.

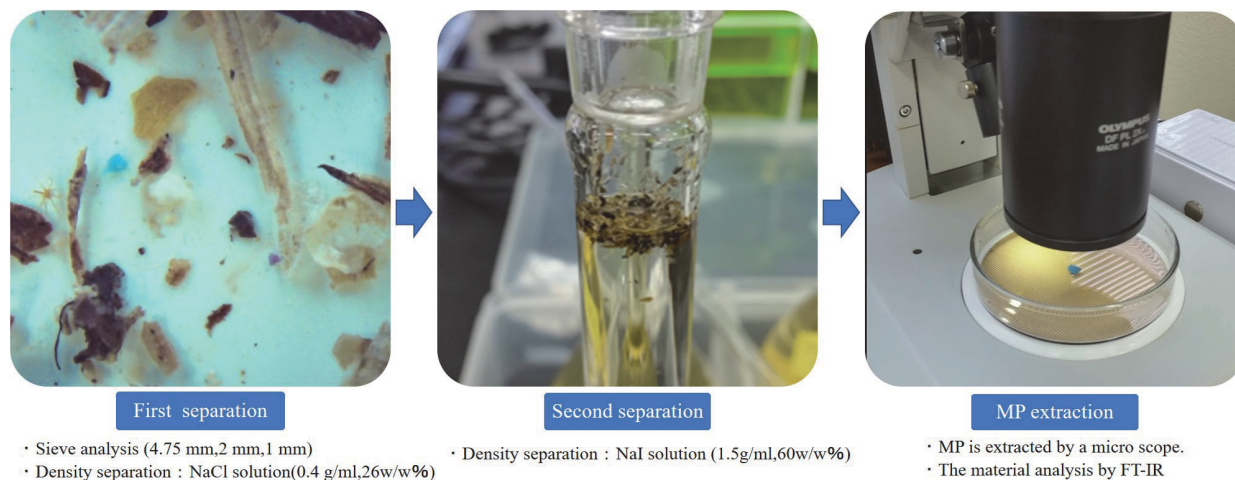


Fig. 3 Analysis method.

確認された。白保海岸 Stn.10 は吹通川中のマングローブ上端域 Stn.3, 吹通川沿岸 Stn.7 の 5 倍以上の密度で MP が確認され、白保海岸 Stn.10 が最も高い結果になった。摘出した MP の材質は全体的にポリエチレン(PE)が多く、吹通川中のマングローブ上端域では網目状のポリウレタン(PU)が確認された(Fig.4)。

2017 年の吹通川調査マングローブ林内の詳細調査では、中流域マングローブ林内の Stn.5, Stn.9. 上流域マングローブ上端の Stn.14 で MP が確認された。表土中 MP 密度は Stn.5 で 8 items/sample, Stn.8 は 4 items/sample, Stn.14 は 1 items/sample であった(Table 2)。MP の材質はエチレンプロピレンコポリマー (EPM), ポリエチレン (PE), ポリプロピレン(PP)で、EPM が多く確認された。FT-IR による MP の分析結果を(Fig.4, Fig.5)に示す。

4. 考察

沖縄県石垣島沿岸域において表土中の MP の密度は石垣島東部に位置する白保海岸 Stn.10 が最も高く、11 items/sample という結果になった。環境省が平成 22 年から平成 26 年に行った調査⁸⁾によると、沖縄県石垣島地域の漂着ゴミのうち 8~9 割をプラスチック類が占めていた。同調査で石垣島で確認された漂着ペットボトルゴミの 8 割が中国製品、1 割が韓国製品であった。白保海岸でも多くの海外製品が確認されており、風や海流の影響によってプラスチック漂着ゴミが石垣島に堆積していることが考えられる。また、沖縄県が平成 22 年から平成 24 年に行った調査⁹⁾では、八重山諸島では年間を通して北~東の海岸で漂着ゴミが多いという報告がある。また、

Table 1 Microplastic density in the Ishigaki island in 2016.

Investigation sites	Station	MP density [items/sample]	Material
Sakae beach	Stn.1	0	NA
	Stn.2	0	NA
	Stn.3	1	PU
Fukido river	Stn.4	0	NA
	Stn.5	0	NA
	Stn.6	0	NA
	Stn.7	1	PE
Kabira bay	Stn.8	0	NA
Arakawa river	Stn.9	2	PE, EPM
Shiraho beach	Stn.10	11	PE, PP

Table 2 Microplastic density in the Fukido river in 2017.

Investigation Sites	Station	MP density [items/sample]	Material
River mouth	Stn.1	0	NA
	Stn.2	0	NA
	Stn.3	0	NA
Middle basin	Stn.4	0	NA
	Stn.5	8	PE, EPM, PP
	Stn.6	0	NA
	Stn.7	0	NA
Upstream region	Stn.8	0	NA
	Stn.9	4	EPM
	Stn.10	0	NA
	Stn.11	0	NA
	Stn.12	0	NA
	Stn.13	0	NA
	Stn.14	1	PE
	Stn.15	0	NA

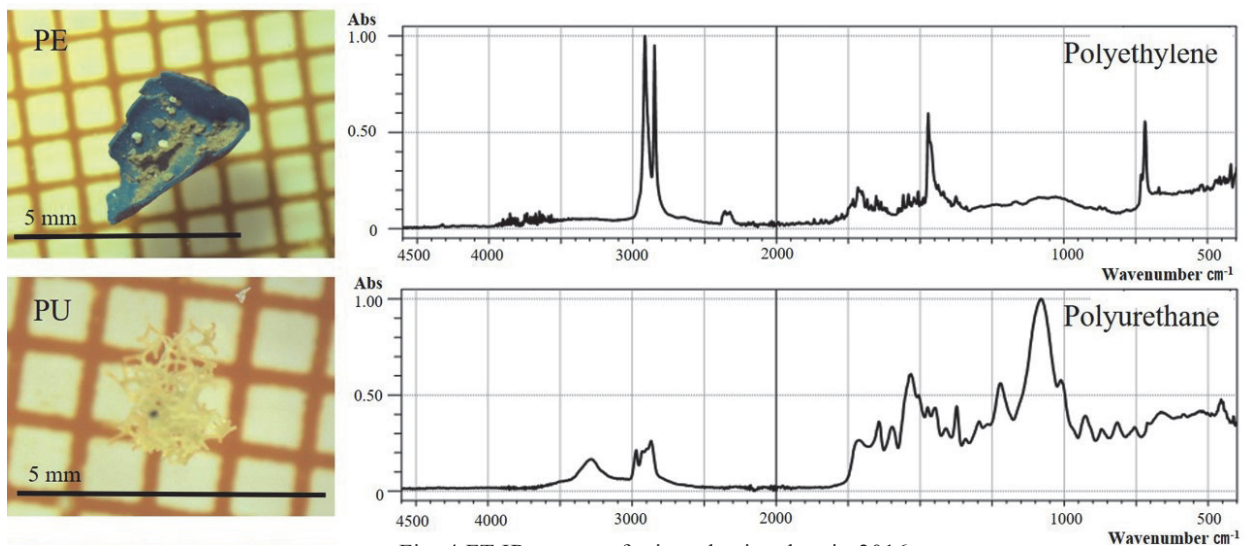


Fig. 4 FT-IR curves of microplastic taken in 2016.

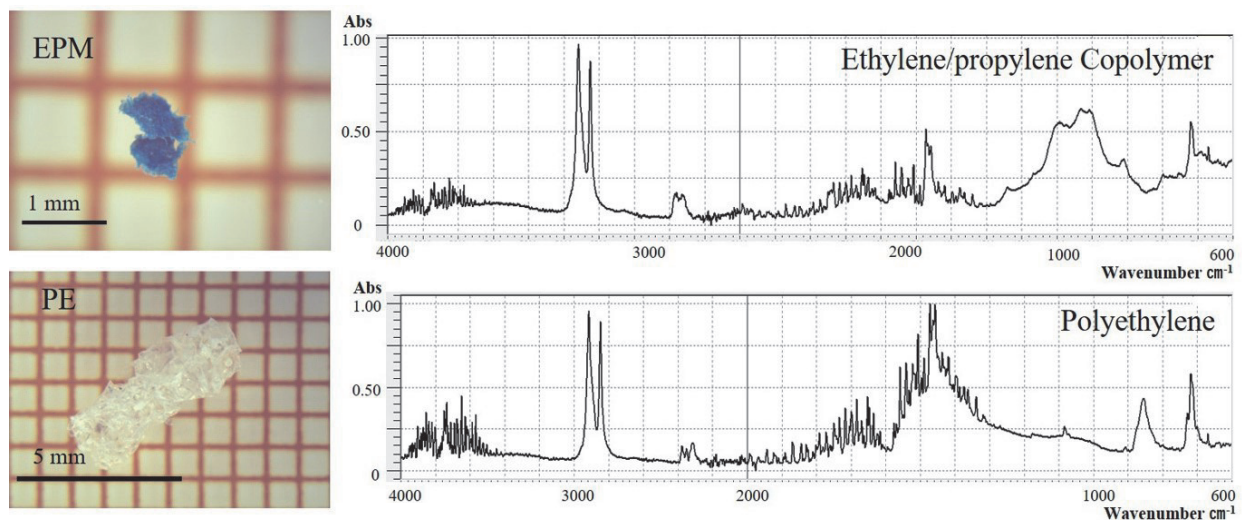


Fig. 5 FT-IR curves of microplastic taken in 2017.

石垣島は南部から東部に黒潮が流れており、本調査で MP 密度が高かった調査地点が、石垣島東部の白保海岸 Stn.10, 南部の新川川河口 Stn.9 であったことから、漂着ゴミと同様に MP が運搬され、石垣島南部、東部沿岸に堆積している可能性が考えられた。

吹通川マングローブ林内の MP は中流域で多く確認された。自然河川である吹通川は付近に民家、下水処理場等の MP 汚染源が少なく、MP が河川内に流入する経路が都市河川よりも限られ、海洋からの MP の流入、カヌーの船体、塗装の劣化等、観光客によるプラスチックごみの持ち込み等が考えられる。

また MP の材質について、本調査で確認されたのは PE, PP, PU, EPM であった。EP は安価で加工がし易いことから様々な用途で用いられ、バケツやタンクなどの容器類やラップなどの包装類によく用いられる。PP は樹脂の中で最も比重が小さく PE 同様加工がし易い。また強度も優れており、様々な容器、包装類から自動車や家電の部品、繊維等にも用いられる。PU はゴムのように柔軟かく抗張力を有しており、耐摩耗性、弾性、耐油性に優れる。用途としては衣類や防音材、接着剤といった工業用材料等に用いられている。EPM はエチレンプロピレンゴムで耐熱性に優れパッキンやホース、防水シート等に用いられる。材質による MP 堆積の特徴として海洋に浮遊する MP の大半は海水よりも低密度な PE, PP 等が占め、海水よりも密度が大きい PU 等のプラスチックは海底に堆積しているという報告があるが¹⁰⁾、深海底でも PE や、PP 製の MP が確認されており^{11,12)}、基本的には海水中に浮遊する PE, PP のプラスチック表面に生物が付着したことにより沈降力が増し、海底に沈降・堆積する可能性も指摘されている¹³⁾。本調査で確認された MP の材質のうち 9 割以上が PE, PP, EPM などの海水よりも低密度な MP であった。また、調査地点付近に漂着していた元の状態が判別できるプラスチックごみを材質分析したところ、本調査で確認された MP の材質の他に漂着ペットボトルゴミの材質であるであるポリエチレンテレフタレート(PET)が確認された。さらに、MP に材質が一致し質感、色が類似している漁業用のブイが確認できた。

5. まとめと今後の展開

本研究では石垣島沿岸域における表土中マイクロプラスチックの分布およびマングローブ林内の現存量の把握を目的に現地調査を行った。その結果、沖縄県石垣島沿岸域では西部よりも東部の海岸に MP が多く確認された。マングローブ自然河川である吹通川でも MP が確認され、今後サンプル数を増やしたより詳細な分布調査および、MP の堆積物への沈降速度、堆積物からの巻き上がり、河川を通じた海洋との MP の水平輸送等 MP の動態及び輸送経路の検証が重要と考えられる。

謝辞

本研究は、JSPS 科研費 25820229(代表：寺田一美)の助

成を受けて実施した。また、材質分析は東京理科大学理工学部土木工学科二瓶研究室の機材を拝借し行った。ここに深謝する。

参考文献

- 1) Carr, S.A., Lin, J., Tesoro, A.G : Transport and microplastic particles in wastewater treatment plants. *Water Research* Vol.91, pp.174-182 (2016).
- 2) Tanaka, K., Takada, H : Microplastic fragments and microbeads in digestive tracts of planktivorous fish from urban coastal waters. *Scientific Reports* 6 (2016).
- 3) 高田秀重 : マイクロプラスチックによる水環境汚染と生態系への影響. *水環境学会誌* Vol.40(A), No.10, pp.344-348 (2017).
- 4) Eriksen, M, et al : Plastic pollution in the world's oceans: More than 5 trillion plastic pieces weighing over 250,000 tons afloat at sea, *PLOS ONE* 9 (2014).
- 5) Heskett, M, et al : Measurement of persistent organic pollutants (POPs) in plastic resin pellets from remote island: toward establishment of background concentrations for International Pellet Watch. *Marine Pollution Bulletin* Vol.64, pp.445-448 (2012).
- 6) Hall, N. M., Berry, K. L. E., Rintoul, L., Hoogenboom, M. O : Microplastic ingestion by scleractinian corals, *Marine Biology*, Vol.162, Issue 3, pp.725-732 (2015).
- 7) Nuelle, Marie-Theres., Dekiff, Jens H., Remy, Dominique, Elke Fries : A new analytical approach for monitoring microplastics in marine sediments, *Environmental Pollution*, Vol.184, pp.161-169 (2014).
- 8) 早水輝義 : 海洋ごみとマイクロプラスチックに関する環境省の取組. *環境省海洋ごみシンポジウム* (2016).
- 9) 沖縄県 : 平成 25 年 3 月沖縄県海岸漂着物対策地域計画資料, 沖縄県内における海岸漂着物等の現況, pp.17-19 (2013).
- 10) Matsuguma, Y., et al : Microplastics in sediment cores from Asia and Africa as indicators of temporal trend in microplastic pollution. *Arch. Environ. Contam. Toxicol* Vol.73, pp.230-239 (2017).
- 11) Van Cauwenberghe, L., et al : Microplastic pollution in deep-sea sediments. *Environmental Pollution* Vol.182, pp.495-499. (2013).
- 12) Bergmann, M., et al : High quantities of microplastic in Arctic deep-sea sediments from the HAUSGARTEN observatory. *Environmental science and Technology*, in press. (2017).
- 13) Mincer, T.J., et al : Biofilms on Plastic Debris and Their Influence on Marine Nutrient Cycling, Productivity, and Hazardous Chemical Mobility. *Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg*, pp.1-13. (2017).