

海上保安庁が試験的に実施したマイクロプラスチックのサンプリング[†]

三枝 隼*, 難波江 靖*

An experiment of microplastics sampling conducted by Japan Coast Guard[†]

Jun SAEGUSA* and Yasushi NABAE*

Abstract

Currently, the microplastics problem is recognised as a global challenge, which we need to take actions to solve. In light of this situation, the Japan Coast Guard (JCG) has started to investigate the feasibility of microplastics monitoring using its survey vessel. We conducted a trial sampling of microplastics as the first step of a feasibility study and were able to collect microplastics samples at twelve points in the East China Sea and Pacific Ocean with personnel and equipment that the JCG currently possesses.

1 はじめに

近年、海洋環境中に存在する5mm以下の微細なプラスチックごみ「マイクロプラスチック」が大きな問題となっている。マイクロプラスチックには有害な化学物質が含まれていることが知られており、生物がマイクロプラスチックを摂食した場合、この化学物質が体内に取り込まれ、食物連鎖を通じて生態系や人の健康に与える影響が懸念されている。現にマイクロプラスチックの摂食は、鯨類、鳥類、魚類など多くの種類の生物で確認されているほか(山下・他, 2016)、カキなどの貝を通じて年間11,000個ものマイクロプラスチックを口にする人がいることも報告されている(Van Cauwenberghe and Janssen, 2014)。

現在では種々の国際的な枠組みにおいて、海洋ごみ問題の解決に向けた取組が進められている。2015年にドイツで開催されたG7エルマウ・サミットの首脳宣言では、「我々は、海洋及び沿岸

の生物と生態系に直接影響し、潜在的には人間の健康にも影響し得る海洋ごみ、特にプラスチックごみが世界的課題を提起していることを認識する。したがって、海洋ごみ問題に対処し、この動きを世界的なものとするため、より効果的で強化された取組が求められる。」との文言が盛り込まれた(外務省, 2015)。G7での取組は、国際連合環境計画(UNEP)や国際連合食糧農業機関(FAO)等の国連機関、アジア太平洋経済協力(APEC)、金融・世界経済に関する首脳会合(G20)等、より幅広い分野の国際的な枠組みでの議論にも拡大している。

我が国では、「美しく豊かな自然を保護するための海岸における良好な景観及び環境の保全に係る海岸漂着物等の処理等の推進に関する法律」に基づき、2009(平成21)年9月7日に海岸漂着物対策推進会議が設置され、関係行政機関によって海岸漂着物(海岸に漂着したごみ)対策の総合

[†] Received December 15, 2017; Accepted December 21, 2017

* 1 技術・国際課 海洋研究室 Ocean Research Laboratory, Technology Planning and International Affairs Division

的、効果的かつ効率的な推進を図るための連絡調整が実施されている。関係行政機関は当該会議で調整の上、海洋ごみの回収・処理事業（環境省等）や3R（Reuse, Reduce, Recycle）推進関連事業（環境省、経済産業省）、一般市民による清掃活動を通じた普及啓発（海上保安庁等）等、マイクロプラスチックを含む海洋ごみ問題の解決に向けた取り組みを進めている（環境省、2017a）。

マイクロプラスチック問題を解決するためには、回収・処理や発生抑制の取組を進めると同時に、継続的に多くの海域でマイクロプラスチック分布の時空間変化やマイクロプラスチックに含まれる有毒な化学物質をモニタリングし、マイクロプラスチックが発生するメカニズムや生態系に与える影響を解明することが必要である。しかしながら海域におけるマイクロプラスチックのモニタリングは船舶を使用するため、実施できる時期や海域が限られているのが現状である。

このため、2016（平成28）年7月の第7回海岸漂着物対策推進会議では、事務局を務める環境省より、調査船等を保有している官庁に対し、マイクロプラスチックを含む海洋ごみのモニタリングと手法の標準化に対する協力が要請された（海岸漂着物対策推進会議、環境省、2016）。なお環境省は、2014（平成26）年度から東京海洋大学と九州大学の協力の下、主に日本海と東シナ海にてマイクロプラスチックを含む海洋ごみのモニタリングを実施していたが、モニタリング地点が充分でない現状を鑑み、2017（平成29）年度からは取組を更に拡充し、北海道大学、長崎大学及び鹿児島大学の協力を得て、モニタリングの範囲を広げていくことを2017年8月8日に報道発表している（環境省、2017b）。

海上保安庁では、マイクロプラスチックによる海洋汚染対策の重要性が高まっていることや第7回海岸漂着物対策推進会議における各官庁に対するモニタリングへの協力要請を鑑み、マイクロプラスチックのモニタリングに必要な海域でのサンプリングの実施、採集したマイクロプラスチックの大きさと個数の測定及びマイクロプラスチック

に含まれている残留性有機汚染物質（POPs：Persistent Organic Pollutants）濃度の測定の実施可能性について検討することとなった。

本報では、海上保安庁の測量船を用いて試験的に実施したマイクロプラスチックのサンプリングについて報告する。

2 マイクロプラスチックとは

まず、海洋ごみ、プラスチック及びマイクロプラスチックの定義を説明する。

2.1 海洋ごみとは

Photo 1は、2014年に筆者が長崎県対馬市を訪れた際のものである。海岸には漁具、長靴、発泡スチロールなどのごみが散乱していた。また沖合にもごみが漂っていることが確認できた。このように、海または海岸に存在しているごみは、「海洋ごみ」または「海ごみ」と呼ばれている。なお海洋ごみを細かく分類すると、海岸に漂着しているごみは「漂着ごみ」、海洋中に漂っているごみは「漂流ごみ」、海底に堆積しているごみは「海底ごみ」などと呼ばれる。海のごみと聞くと船から投棄されるものや漁業由来のごみがイメージされることが多いが、地域によっては約7割の海洋ごみが陸上由来であり（藤枝・他、2010）、漂着ごみには陸上での人々の生活や経済活動から発生したと想定されるものも多く見られる（Fig. 1）ことから、多くのごみが陸上で十分管理されずに最終的に海洋に流出していることがわかる。世界全体でみると、主に東アジアの国々から年間約480-1,270万トンのプラスチックごみが陸上から海洋に流出していると推測されている（Fig. 2, Jambeck et al., 2015）。

2.2 プラスチックとは

プラスチックという単語は様々な分野で使われており、非常に広い意味を持つ。海洋ごみ問題を総括したGESAMP（2015, p. 14）では、モニタリング対象のプラスチック製の海洋ごみを、ポリマー（重合体：長い鎖状の分子構造をしている高



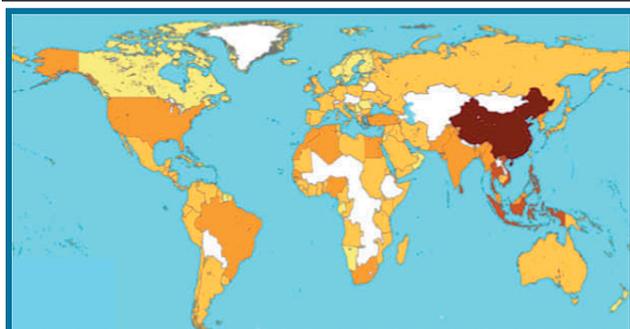
Photo 1. A beach in Tsushima City, Nagasaki Prefecture on November 3, 2015.
 写真1. 2015年11月3日、長崎県対馬市の海岸の様子。

順位	名称	順位	名称	凡例	
1	硬貨プラスチック破片	1	灌木	人々の生活系のごみ	
2	発泡スチロール破片	2	流木	漁業系のごみ	
3	プラスチックシートや袋の破片	3	木材等	漁業以外の事業系のごみ	
4	カキ養殖用パイプ	4	硬貨プラスチック破片		
5	ガラスや陶器の破片	5	ロープ・ひも		
6	ロープ・ひも	6	生活雑貨		
7	ふた・キャップ	7	ウキ・フロート・ブイ		
8	食品の包装・容器	8	飲料ガラスびん		
9	生活雑貨	9	漁網		
10	袋類(農業用以外)	10	ガラスや陶器の破片		
11	荷造り用ストラップバンド	11	飲料用プラボトル		
12	ストロー・マドラー	12	くつ・サンダル		
13	木材等	13	プラスチックシートや袋の破片		
14	飲料用プラボトル	14	ふた・キャップ		
15	ウキ・フロート・ブイ	15	発泡スチロール破片		
16	かご漁具	16	かご漁具		
17	タバコの吸殻・フィルター	17	発泡スチロール製フロート		
18	使い捨てライター	18	タイヤ		
19	金属破片	19	食品の包装・容器		
20	飲料ガラスびん	20	ドラム缶		

Fig. 1. Classified ranking of marine litter on beaches in Japan. There is a great deal of marine litter that has washed ashore and that is not of fishery-origin (revised from the page 9, “Summary of marine litter research conducted by Ministry of the Environment Japan”).

図1. 漂着ごみ種類別ランキング。漂着する海洋ごみには漁業以外の由来のものも多く存在している（環境省漂流・漂着ゴミ国内削減方策モデル調査報告概要 P.9 を改変）。

陸上から海洋に流出したプラスチックごみの発生量(2010年推計)ランキング



海岸から50 km以内に居住している人々によって不適正処理されたプラスチックごみの推計量(2010年)で色分けした地図。濃い色の地域ほど、ごみの発生量が多い。

1位	中国	353万 t / 年
2位	インドネシア	129万 t / 年
3位	フィリピン	75万 t / 年
4位	ベトナム	73万 t / 年
5位	スリランカ	64万 t / 年
⋮		
20位	アメリカ	11万 t / 年
⋮		
30位	日本	6万 t / 年

※推計量の最大値を記載

- 陸上から海洋に流出したプラスチックごみの発生量(2010年推計)を人口密度や経済状態等から国別に推計した結果、1～4位が東・東南アジアであった。

(参考) *Plastic waste inputs from land into the ocean (2015. Feb. Science)*

Fig. 2. Ranking of the amount of plastic waste inflow from land into the ocean. The top four countries are from East and Southeast Asia (revised from the page 2 of the presentation material titled, “Actions taken by Ministry of the Environment against marine litter and microplastics problem,” provided by the Ministry of the Environment Japan in “2016 Symposium on Marine litter”).

図2. 陸上から海洋に流出したプラスチックゴミ発生量(2010年推計)ランキング。1～4位を東・東南アジアの国々が占めている(海ごみシンポジウム2016環境省発表資料「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」P2に加筆)。

分子)の一種と定義している。定義されるプラスチックは、ポリエチレンやポリエチレンテレフタレート(PET)といった熱可塑性樹脂(熱すると柔らかくなり、成型できる物質)や、ポリウレタンフォーム、エポキシ樹脂といった熱硬化性樹脂(一度硬化した後に加熱しても柔らかくならない)の二種類に分けられる。

2.3 マイクロプラスチックとは

「マイクロプラスチック」とは、海洋環境中に存在する5 mm以下の微細なプラスチックを記述するために実用的に使われている用語である(Arthur et al., 2009)。GESAMP(2015, pp. 14-15)では、プラスチックのサイズ別の呼び方として、nano-, micro-, meso-, macro-, mega-plastic(Fig. 3)を紹介している。

またマイクロプラスチックはその発生過程より、一次的マイクロプラスチック(primary

microplastics)と二次的マイクロプラスチック(secondary microplastics)に分けられる(GESAMP, 2015, p. 18)。

一次的マイクロプラスチックとは、製造時から微細なマイクロビーズ等を指す。洗顔料等に添加されたマイクロビーズ(Photo 2)は、家庭から排出された後、下水道を経てその一部は海に流れ出る。

二次的マイクロプラスチックとは、大きなサイズで製造されたプラスチックが自然環境中で小さくなったものを指す。海に流れ出たビニール袋やペットボトルなどの大きなプラスチックは紫外線や波の影響を受けて破碎・分解され、やがて微細なプラスチック片となり、漂流し続ける。

3 マイクロプラスチックのサンプリング

2017年4月19日から5月20日にかけて、測量船「昭洋」(3,000トン)(Photo 3)を用い、マ

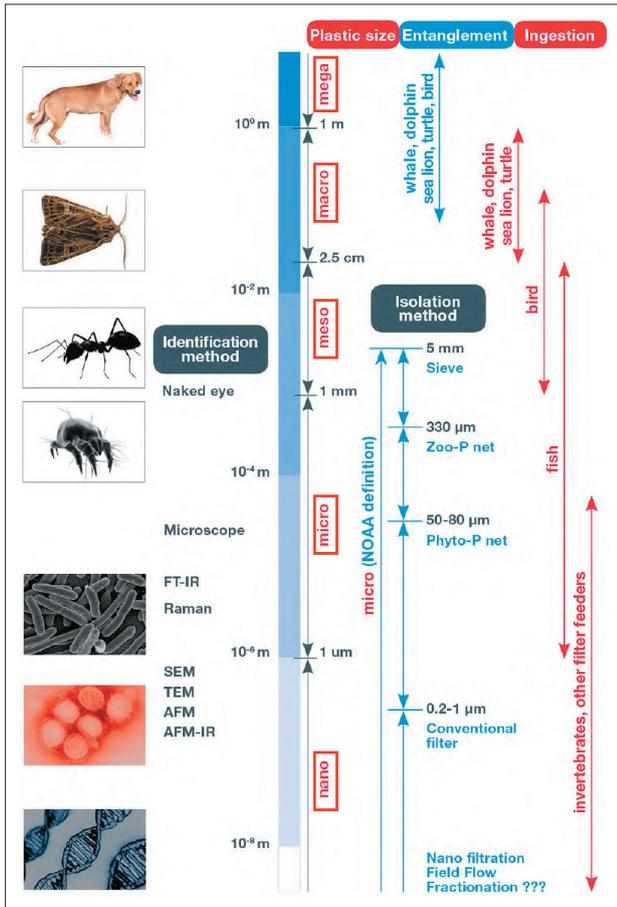


Fig. 3. Size range of plastic objects observed in the marine environment and comparisons with some living creatures. Plastics are named differently depending on their size (red-bordered) (revised from the page 15 of “Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: a global assessment” issued by GESAMP).

図3. 海洋環境中に存在するプラスチックのサイズ別の分類一覧。サイズ別に呼称（赤枠部分）が付けられている。さらに生物のサイズとの比較もしている（GESAMP, “Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: a global assessment” P.15 に加筆）。

マイクロプラスチックのサンプリングを実施した。

3.1 方法

マイクロプラスチックのサンプリングは、日本海洋学会が発行する海洋観測ガイドライン（宮尾，2015）を参考に実施した。本方法は、環境省のマイクロプラスチックサンプリング（環境省，

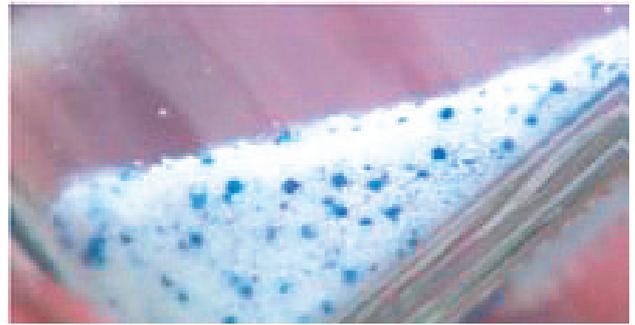


Photo 2. Blue and white micro-beads, which are common additives in cosmetics. The size of one bead is 0.1 mm.

写真2. 洗顔料等に添加される青と白のマイクロビーズ。一粒の大きさは約0.1 mm.



Photo 3. S/V Shoyo.

写真3. 測量船「昭洋」。

2015等）で用いられている方法でもあるため、同じ方法を採用することによって環境省のモニタリング結果との精度の高い比較が可能となる利点がある。また、第7回海岸漂着物対策推進会議において要請されたモニタリング手法の標準化の流れにも合致している。なお、上述の方法については、海洋観測ガイドラインの記述のみでは不明な部分があったことから、筆者は、2017年1月14-16日、東京海洋大学所属の練習船「青鷹丸」（170トン）による相模湾でのマイクロプラスチックサンプリングの航海に参加し、船上における採集技術等を習得し、その採集技術等を測量船「昭洋」でのサンプリングに適用した。

3.1.1 サンプルング地点の選択

サンプルング地点は、我が国南方の太平洋上に11点、東シナ海に1点の合計12点（Fig. 4）を選定した。

太平洋には約2 knot（約3.7 km/h）で東・北東に流れる黒潮が存在する。黒潮は台湾と石垣島の間を抜けて東シナ海に流入し、北東に流れ、九州の南西で東向きに転じ、日本南岸の太平洋上を流れる。

東シナ海はユーラシア大陸と南西諸島に囲まれ、北側は対馬海峡を通じて日本海と接し、東側は南西諸島を挟んで太平洋に接している。また、主な河川として、長江が流入している。

日本海及び東シナ海沿岸地域は、東アジア地域で発生したと思われる海洋ごみが大量に漂着しており（環境省，2017c）、これまで重点的にモニタリングが実施されてきた。一方、太平洋側はモニタリング実績が少なく、データは少ない。しかしながら黒潮の流路を考えると、どれだけのマイクロプラスチックが、もしくはその元となるプラス

チックごみが我が国周辺に流入しているかを明らかにするためには、日本海及び東シナ海に加えて、太平洋側においてもモニタリングを実施することが必要である。また、黒潮を挟んで本州の南側に位置する沖ノ鳥島を含む小笠原諸島や大東諸島の周辺海域は、本土の河川から流出するごみの影響を直接受けづらいことから、地球規模での長期的な汚染度合のモニタリング地点としても有用と考える。以上の理由から、今回のサンプルング地点を設定した。

なお、沖ノ鳥島周辺海域は、筆者の知る限り、これまでマイクロプラスチックのサンプルングは行われたことがなく、今回が世界で初めてである。

3.1.2 使用機材

今回使用した機材は、Table 1のとおりである。この中で主要な機材については、以下に詳細を示す。

3.1.2.1 複合測位装置

測量船「昭洋」には、GNSS受信機、風向・風速計、流速計、マルチビーム測深機等によって取得されるデータを5秒おきに自動収集し、記録する複合測位装置が装備されている。マイクロプラスチックの大きさや個数及びPOPs濃度のデータ解析に必要な、船位（緯度・経度）、対水船速、流向・流速、風向・風速の各データについては、航海終了時に複合測位装置から取得した。

3.1.2.2 ニューストンネット

表層に浮遊するマイクロプラスチックをサンプルングするため、表層の動物プランクトンや廃油ボールサンプルング用のニューストンネット（Cat. No.5552：離合社，Photo 4）を使用した。仕様は、口枠75 cm角、側長300 cm、網地ニップ60目、目合い0.35 mmであり、口枠の四隅には、安定して曳航するための金具（ブライドル）が接続されている。なお、同地点において2回連続でサンプルングを実施する場合のため、ニュー

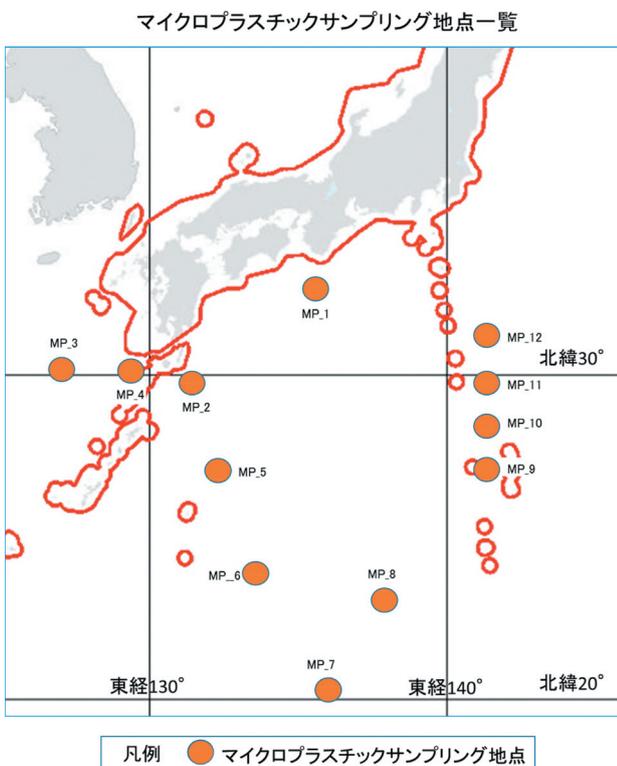


Fig. 4. Sampling points of microplastics.

図4. マイクロプラスチックサンプルング地点一覧。

Table 1. List of equipment and devices used.

表 1. 使用した機材等.

機材名	個数	備考
ニューストーンネット	2	Cat. No.5552: 離合社
ニューストーンネット予備金具	1	
ろすいけい 濾水計	2	Cat. No.5571-B: 離合社
塩化ビニル樹脂製広口T型瓶ケース	20	2 L, 5-026-04: アズワン
ガラス製ねじ口瓶	6	500 mL, GLS-80 青キャップ付 DURAN: 柴田科学
ホルマリン	1	500 mL, 試薬特級 ホルムアルデヒド液(36.0-38.0%) (064-00406: 和光純薬工業株式会社)
ホルマリン用スポイト	1	ペローズピペット(5 mL)
こ 濾し網	1	口径: 30cm, 側長: 40cm, 底管: アクリル円筒(ゴム管, ピンチコック付), 網地: ニップ60目(目合0.35mm): 離合社
ステンレスバケツ	2	A型つる付 13L: トラスコ中山
ステンレスビーカー	2	注ぎ口付 1 L: トラスコ中山
野帳	1	
野帳記入用バインダー	1	
腕時計	1	
ビニールシート	2	
ビニールテープ(青、黄色、白)	2	
工具一式(10mm六角レンチ, 銕含む)	1	
昭洋備え付けデッキクレーン	1	0.9トン X 10 m (油圧伸縮式, 上甲板後部左舷)
複合測位装置(GPS受信機)	2	EXA-JCG-GP501: エクサ
複合測位装置(風向風速計)	1	発信機(N-162D) × 2, 切り替器 × 1, 風速指示器(A-15) × 1, 風向指示器(A-15) × 1, 真風向風速指示器(MM30) × 1: 日本エレクトリックインスルメント
複合測位装置(流向・流速計)	1	CL-35: 古野電機

ストーンネットは2セット用意した。

3.1.2.3 ろすいけい 濾水計

ニューストーンネットで濾過した海水の量(濾水量)を計測するため、濾水計(Cat. No.5571-B: 離合社, Photo 5)を使用した。濾水量はマイクロプラスチックの海域における分布密度(個 m^{-3} , 個 km^{-2})に影響を与える重要な要素であるが、濾水量は海流の速さ、方向等によって変化するため、GNSSで求められる曳航距離のみからは求められない。濾水計の中には水流で回転するプロペラが入っており、その回転数から濾水量を求めることができる。

濾水計の使用前には、水中を移動した距離当た

りの回転数を求める必要がある。今回はマイクロプラスチックのサンプリングの実施前に、東京海洋大学の大型回流水槽を使用し、濾水計のキャリブレーションを行い(Photo 6)、水中を移動した距離当たりの回転数を求めるとともに、良好に作動することを確認した。

濾水計をニューストーンネットに取り付けるにあたり、水の流れを阻害しないようにネットの中心を外すと同時に、なるべく代表的な流れを捉えるため、慣習的な方法としてPhoto 5のように取り付けた。

濾水計は大変デリケートな精密器具である。船体への衝突や落下によって回転数が変わる可能性があるため、濾水計の取り扱いには注意が必要で

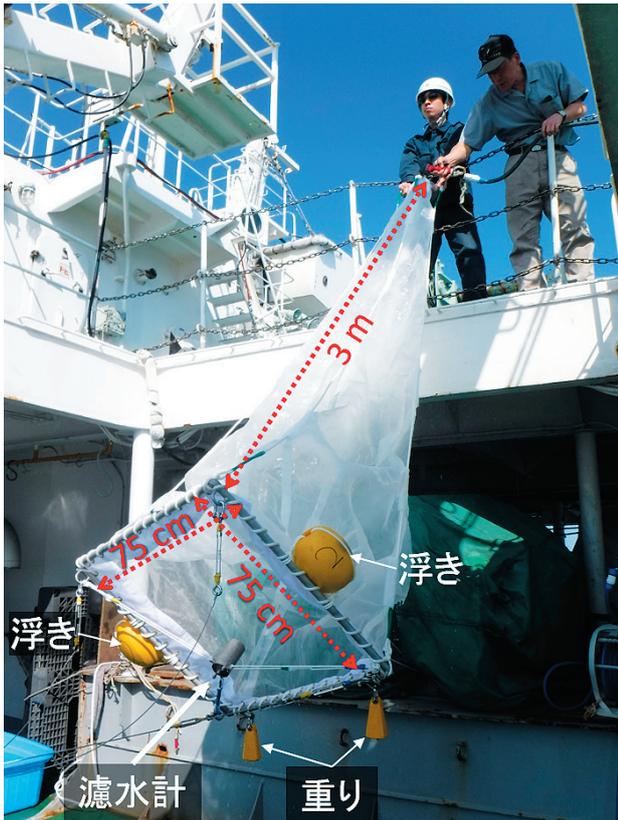


Photo 4. Overview of a neuston net.
写真4. ニューストンネットの全体像。



Photo 5. Attaching a flow meter to the neuston net.
写真5. 濾水計の取り付け。

ある。また濾水計はニューストンネットとセットで扱うため、2個用意した。

3.1.2.4 試料保管容器

ニューストンネットでサンプリングした試料は、マイクロプラスチックの大きさと同数の測定

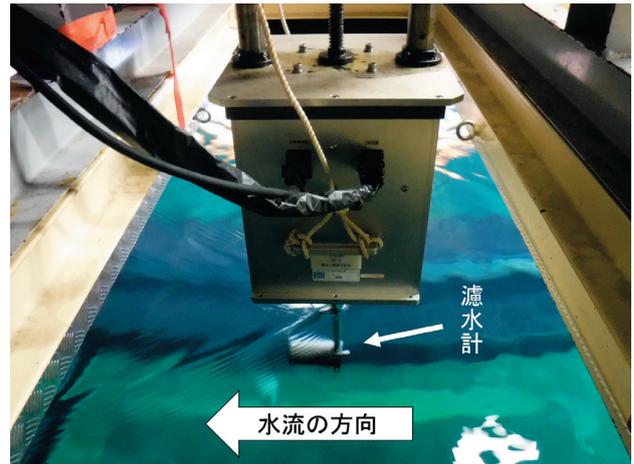


Photo 6. Calibration of the flow meter.
写真6. 濾水計のキャリブレーションの様子

のための試料とマイクロプラスチックに含まれている POPs 濃度の測定のための試料に分けて保管した。

マイクロプラスチックの大きさと個数の測定のための試料の保管には、容量 2 L の塩化ビニル樹脂製広口 T 型瓶ケース (5-026-04: アズワン) を使用した。なお、試料に含まれる生物等の腐敗を防ぐため、試料 1 L あたり 5 mL の試薬特級のホルムアルデヒド液 (36.0–38.0%) (ホルマリン) (064-00406: 和光純薬工業株式会社) を添加した。T 型瓶ケースは、使用前に蓋と本体を清水で数回洗浄した。

マイクロプラスチックに含まれている POPs 濃度の測定のための試料の保管には、500 mL のガラス製ねじ口瓶 (GLS-80 青キャップ付 DURAN: 柴田科学) を使用した。マイクロプラスチックの大きさと個数の測定のための試料と異なるガラス製の保管容器を使用した理由は、プラスチックの容器を用いると、容器から溶出した化学物質が試料に混入する可能性があるためである。他の化学物質の混入を防止するため、ねじ口瓶は、使用前にアルカリ性洗浄剤 (コンタミノン® B (粉): 和光純薬工業株式会社) 及び 0.5N 塩酸にそれぞれ各一晩以上浸け置きした後、超音波洗浄機で洗浄した。さらに乾燥後は、ドラフト内でねじ口瓶の内面を試薬特級のヘキササンで 3 回洗浄し自然乾燥させた。

また、試料の保管容器には、予めサンプリング地点の番号を記載しておいた。

3.1.3 マイクロプラスチックのサンプリング時に記録すべきデータ

マイクロプラスチックの海域における分布密度（個 m^{-3} ，個 km^{-2} ）を求めるには、ニューストーンネットの正確な濾水量に加え、波高及び風速のデータが必要である。マイクロプラスチックは浮力を持っているため穏やかな海況では海表面に集まるが、荒れた海況では海水が上下に混合するためその一部が潜ってしまい、ニューストーンネットにサンプリングされずに分布密度の過小評価が起こりうる (Reisser et al., 2015)。

上記及び宮尾 (2015) を踏まえ、各地点におけるマイクロプラスチックのサンプリング時には、曳航の開始・終了時刻、船位（緯度・経度）、対水船速、波高、うねり高さ、うねり周期、濾水計の回転数、流向・流速、風向・風速を記録した。

3.1.4 作業手順

3.1.4.1 機材準備

ニューストーンネットは、濾水計及び曳航用のブライドルを接続し、排気ガスの影響を最小限にするため、投入直前まで観測準備室に保管した。また、サンプリング地点 MP_2 から MP_12 において、ニューストーンネットをデッキクレーンのワイヤーロープに接続する際には、シャックルを取り付け、数 m のグリースなどが付着していない繊維性のロープを間に挟んだ (Photo 7 及び Fig. 5)。これにより、曳航時の動揺が抑制されるとともに、グリースの付着したワイヤーロープが海中に没することが少なくなり、グリースの影響は限定的になったと考えられる。

作業を実施する測量船「昭洋」の後部甲板にはニューストーンネットを洗浄するため、清水ホースと海水ホースを用意した。清水については、後部甲板に備え付けられている清水蛇口を使用した。海水については、後部甲板に使用可能な配管がなかったため、可搬式の海水ポンプを左舷側から下

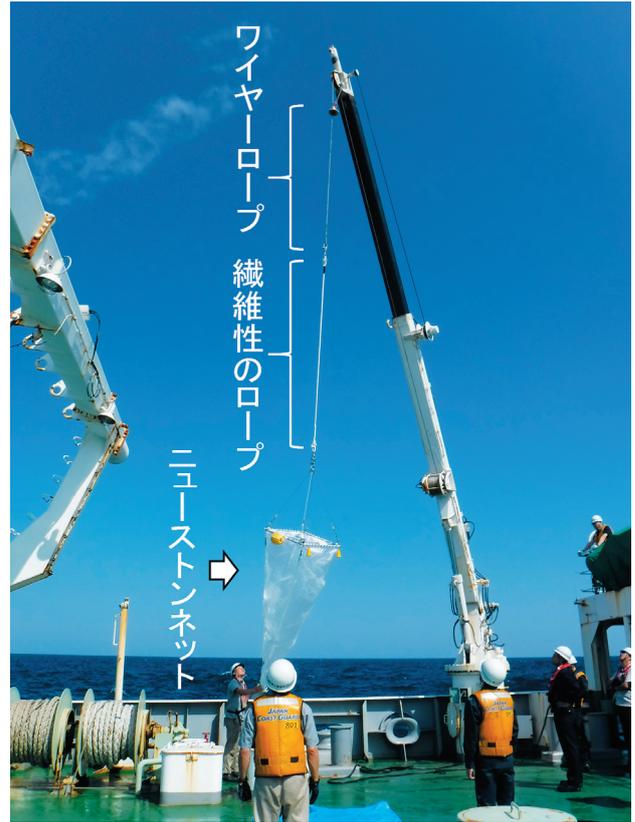


Photo 7. Connecting the crane and the neuston net. Fiber rope connects the crane cable and the net.

写真7. ニューストーンネットとデッキクレーンの接続の様子。クレーンから延びるワイヤーロープとニューストーンネットの間に、繊維性のロープを結んでいる。

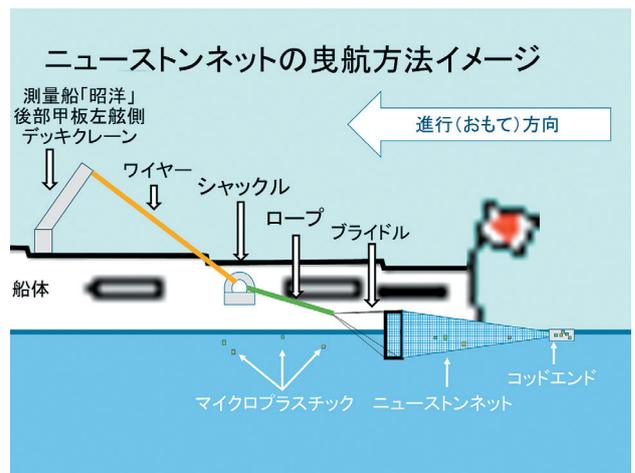


Fig. 5. The image of neuston net towing.
図5. ニューストーンネット曳航方法イメージ。

ろし、海から汲み上げた。

また、船、もしくは作業員由来の汚染物質の混入を抑えるため、2つの取組を実施した。一点目の取組としては、衣類等からのプラスチック繊維の混入を防ぐために、ニューストーンネット及び試料を素手、もしくは手術用の手袋で取り扱った。二点目の取組としては、船から排出される物質の混入を極力抑えるため、ニューストーンネット曳航中は、排出口が左舷側にある残飯用ディスポーザーの使用並びにボイラーの起動及び停止作業（ボイラー起動及び停止時には、冷却水が左舷から出てしまうため）を禁止した。なお、後者を円滑に実施するため、事前及び直前に、測量船「昭洋」の主計科と機関科に対してニューストーンネットの曳航時間を連絡した。

3.1.4.2 ニューストーンネットの投入

まず、船橋にニューストーンネットの曳航を開始する旨を伝え、船の速力を対水速力2 knot程度に調整した。次に、濾水計の目盛りが0に戻されていることを確認した。最後に、測量船「昭洋」後部甲板左舷側の伸縮式デッキクレーンを起動・

伸展し、ニューストーンネットを甲板に接触しない高さまで釣り上げたのち、海に投入した。投入時には、曳航中に船から剥がれる塗料等が混入することを防ぐため、ニューストーンネットが船体から10 m程度離れた状態となるよう、船体から進行方向直角に繰り出すクレーンの長さを調整した（Photo 8）。

3.1.4.3 ニューストーンネットの曳航

ニューストーンネットを投入後、対水速力で2 knotを目安の速度として、20分間曳航した。口枠の大きさと濾水計の回転数から濾水量を計算するため、曳航時には海表面がネット開口部の中心を通るようにワイヤーロープの長さを調節した（Photo 9）。

また、ニューストーンネットの曳航中に、波高及びうねりの観測を実施した。今回は、測量船「昭洋」の船用波浪計が使用不可能であったことから、作業に参加している航海士に依頼し、目視による観測を実施した。

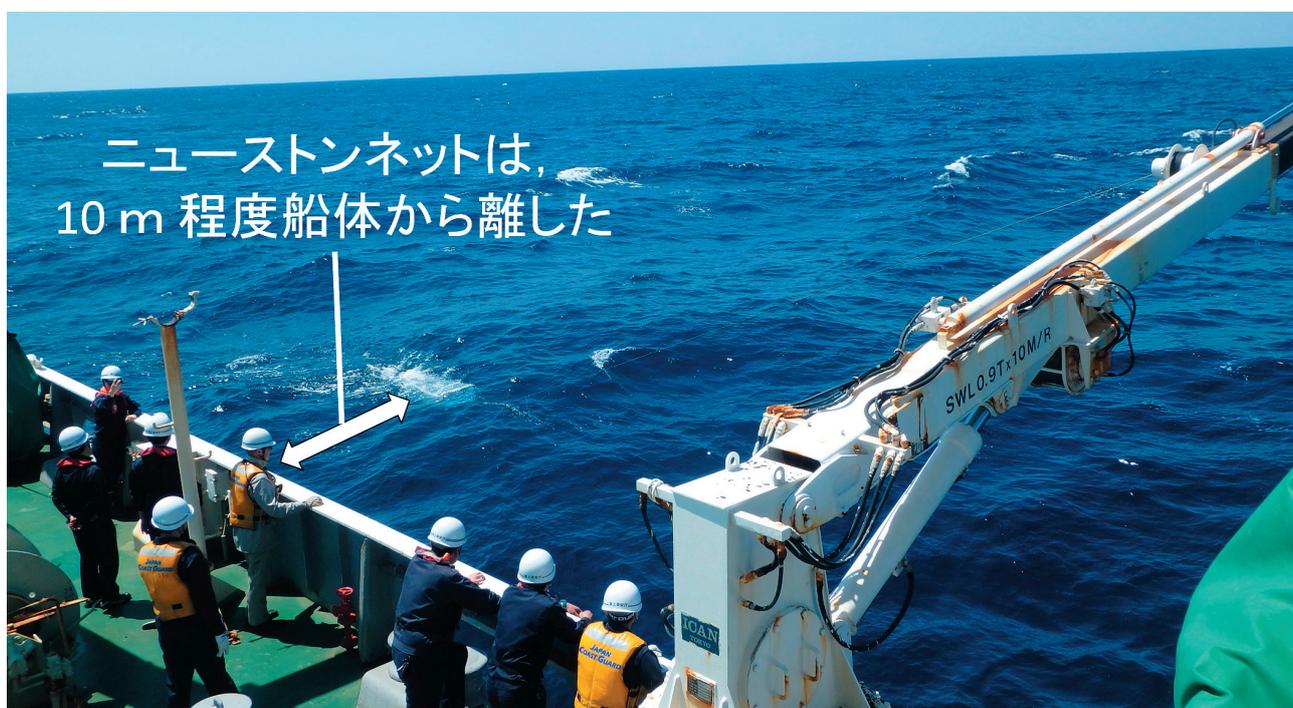


Photo 8. Towing the neuston net by crane. Approximately 10 m of space is kept between the hull and the net.
写真8. デッキクレーンによるニューストーンネット曳航の様子。船体から10 m程度離している。



Photo 9. Neuston net being towed in such position that the seawater enters through the opening of the net.

写真9. ニューストンネット曳航の様子。海水がネットの開口部を通るように曳航した。

3.1.4.4 ニューストンネットの揚収

20分間の曳航後、ワイヤーロープを巻き取り、ニューストンネットを船上に取り込んだ。船上では、甲板に接触しない様に留意しながらニューストンネットを下ろした後、濾水計の回転数を読み取り、野帳に記入した。

3.1.4.5 試料の格納

マイクロプラスチックの大きさと個数の測定のための試料の格納については、まず、ニューストンネットを宙吊りにして固定し、外側から清水をかけて、内側に付着した全ての試料がネットの一番奥（コッドエンド）に入るように洗い流した（Photo 10）。次に、コッドエンド内部に装着された小網を取り外し（Photo 11）、小網に入った試料を全て、濾し網に流し落とす（Photo 12）。上記作業の終了後、ニューストンネットの側面に試料がこびりついて残っている場合は、清水をかける工程から作業を繰り返す。試料を全て濾し網の中に流し落とす。濾し網に全ての試料が入った後、清水を掛けながら塩化ビニル樹脂製広口T型瓶ケースに試料を移動させ、ホルマリン添加を、5 mLのペローズピペットを用いて、海水が2 L程度の場合は1回、海水が1 L程度の場合は2回行い、試料中のホルムアルデヒドの濃度が約2%になるように調整した。

マイクロプラスチックに含まれている POPs 濃



Photo 10. Washing the neuston net. Water is applied from the outside to collect all samples in the cod end.

写真10. ニューストンネットの外側に水をかけ、コッドエンドに試料を流し落とす作業。



Photo 11. Collected samples in the cod end.

写真11. コッドエンドの中の小網に溜まった試料。

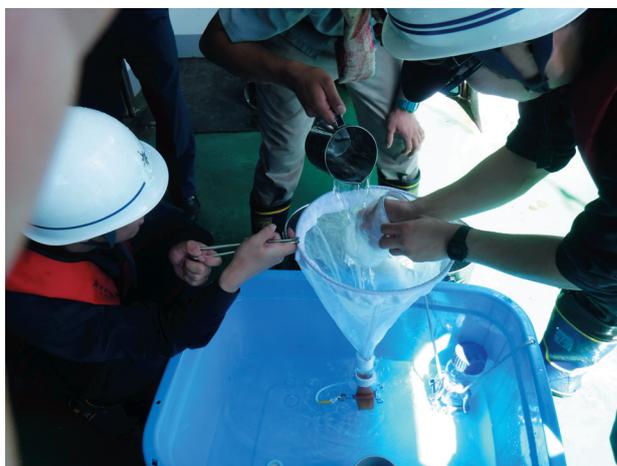


Photo 12. Transfer of samples from the cod end to a filtering net.

写真12. 試料を小網から濾し網に流し落とす作業。

度の測定のための試料については、清水の代わりに海水を使用して、濾し網に流し落とす。また、試料を濾し網からガラス製ねじ口瓶に移す場合は、濾し網で濾過した海水を使用した。試料をガラス製ねじ口瓶に格納した後は、ホルマリンを添加せずに、冷蔵庫で保管した。

双方とも、試料の格納後は中の液体が漏れないようビニールテープを蓋に巻き、固定した (Photo 13, 14)。

3.1.4.6 ネットの収納、置き場

ニューストーンネットは使用后、バケツの中で清水に数時間浸し、その後、測量船「昭洋」の観測準備室に吊るして、乾燥させた (Photo 15)。ネットを乾燥させる際には、床に触れて汚れがネット



Photo 13. Collected samples, stored in cases.
写真 13. 格納された試料。

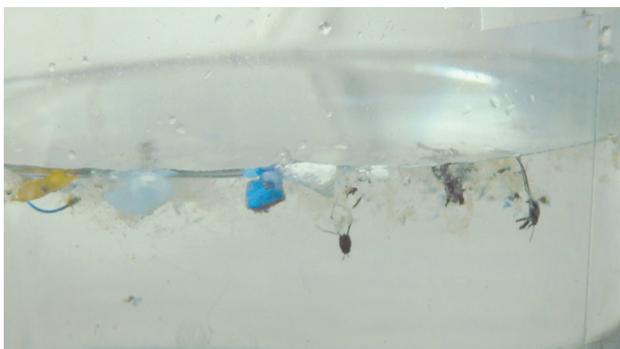


Photo 14. An example of collected samples. Blue and white plastics are found. The brown object seems to be a part of seaweeds.

写真 14. 格納された試料。青や白の固形プラスチックが確認できた。左の茶色い物体は流れ藻の一部。



Photo 15. Hanging a neuston net to dry in a survey preparation room in S/V Shoyo.

写真 15. 観測準備室でニューストーンネットを乾燥させている様子。

に付着しないように、ビニールシートを下に敷いた。

4 モニタリング実施の評価・課題

4.1 マイクロプラスチックのサンプリング

全ての地点でサンプリングが実施できた。以下に、それぞれの作業について評価し、今後の課題を記載する。

4.1.1 ニューストーンネットの投入・揚収、曳航

ニューストーンネットの投入・揚収及び曳航作業は、測量船「昭洋」の後部甲板左舷側の伸縮式デッキクレーンで十分に実施できた。①ニューストーンネットを、甲板に設置してある他の機器と触れさせずに投入・揚収が行えたこと、②曳航時に船体から 10 m 程度距離を保ちつつ、網口で海表面を捉えることのできたこと、③ 20 分間中断することなく曳航できたことにより、今後同様の作業を実施することが期待できる。

また、2 回連続で試料をサンプリングする場合に 2 つのニューストーンネットを用意していたことで、一度目の曳航で得られた試料の格納を待たずに 2 度目の曳航を実施できたため、シフト時間を節約することができた。

曳航速力については概ね問題ないものの、若干

懸念が残った。全12地点の曳航速度は1.3–3.8 knotで平均2.8 knotだった。UNEP/IOC (2009)によると、速度は3–4 knotが推奨されている一方、宮尾(2015)は曳航時の速度が速すぎると、サンプリング用のネットに入った物体が細かく砕けやすくなる可能性があることから1–3 knotで曳航することを推奨している。今回、3.0 knotを超えたのは12地点中5点あり、プラスチックの細かさについて検証する必要がある。

4.1.2 試料の格納

ニューストーンネット揚収後の試料の格納に係る作業については、全ての地点で問題なく実施できた。

一方で、ニューストーンネット曳航中に望ましくない物質の混入が3点あった。一点目は流れ藻である。東シナ海のサンプリング地点MP_3において流れ藻が大量に発生していたため、ニューストーンネット内に多くの流れ藻が入り込み、試料の格納に時間を要した(Photo 16)。今後のサンプリングで特に大型の流れ藻がニューストーンネット

に入りそうな場合には、一時的にニューストーンネットを海面から出す、もしくはニューストーンネットを水平移動させて藻を避けるための伸縮式デッキクレーンの操作等が必要と考える。

二点目は危険生物である。当初、試料の格納を実施する者については、試料の汚染を防ぐために素手で作業を実施したが、試料内にカツオノエボシ(有毒)とみられる物体が混入しており(Photo 17)、筆者は気づかない内に触れていたようで、手が若干腫れるという事案が発生した。有毒な危険生物はどの海域にも存在し、作業従事者は被害を受ける可能性があることから、必ず手術用のゴム手袋等を用意する必要があると思われる。

三点目は、二つの自船由来の物質である。一つ目は船の煙突から発生したと思われる煤(すす)である。作業中にニューストーンネットに落ちてきたことを確認したため、試料格納作業はなるべく屋根のある場所で行った。二つ目は、船の残飯である。太平洋のサンプリング地点MP_9でサンプリングされた試料の中に緑色の物体が確認された。これは、サンプリングの直前に測量船「昭



Photo 16. Seaweeds in a neuston net.

写真16. 流れ藻が入ってしまったニューストーンネット。

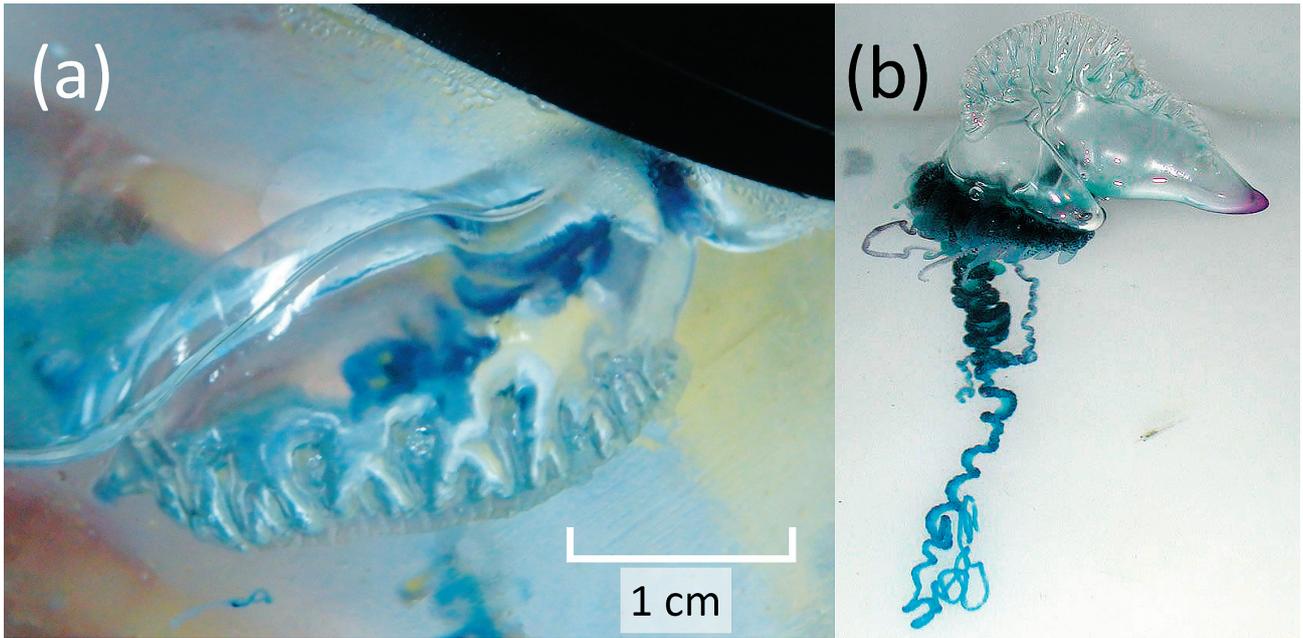


Photo 17. (a) An object that looks like *Physalia Physalis* found among the samples. (b) *Physalia Physalis* (quote from Island in the Sea 2002, NOAA/OER).

写真 17. (a) 試料に混入したカツオノエボシと思われる物体. (b) カツオノエボシ (Islands in the Sea 2002, NOAA/OER を引用).

洋」主計科（食事の調理担当）に残飯用デイスポーター停止依頼の連絡を忘れたため、その日の夕食に出ていた小松菜が入ってしまったものと考えられる (Photo 18). デイスポーターには生ごみ以外は入れていないことが確認できたので結果に影響はないと考えられるが、ニューストーンネットが船から 10 m 程度離れていたとしても自船由



Photo 18. An object that looks like a Japanese mustard spinach found among the samples.

写真 18. 試料に混入した小松菜と思われる物体.

来の物質が試料に混入する可能性があることから、サンプリング実施の際は主計科との連携を徹底しなければならないことが明らかになった.

4.1.3 ネットの収納、管理

ニューストーンネットを清水に浸しておく場所については、後部甲板上に確保できた。また、ニューストーンネットを乾燥させる場所についても、観測準備室に確保できた。

また、ニューストーンネットは毎回使用後に清水で洗浄はしていたものの、植物プランクトンの影響からか、複数回使用した後に茶色に染まったことがあった。目詰まりの危険性があったことから、高圧放水器による洗浄 (Photo 19) を実施した結果、今回の 12 地点のサンプリング中に目詰まりすることは無かった。一度の航海で数多く曳航する場合は、ネットの状況を常によく確認し、必要があれば高圧洗浄器による洗浄を実施する必要がある。



Photo 19. Washing the neuston net with a high pressure washer.

写真 19. 高压放水器によるニューストンネット洗浄の様子。

4.1.4 マイクロプラスチックのサンプリング時に記録すべきデータ

マイクロプラスチックのサンプリング時に記録すべきデータは、全ての地点で漏れなく取得することができた。

複合測位装置から自動で取得される船位（緯度・経度）、対水船速、表層流向・流速、風向・風速については、5秒ごとのデータを取得できた。

波高の目視観測については、全地点で実施できた。波高は、熟練した航海士の目視観測によって観測できる（気象庁）とともに、マイクロプラスチックの密度計算に関する先行研究でも波高は目視によって観測された（Reisser et al., 2015）ことから、手法としては問題ないと考えられる。一方、人は波高に関して、人間の身長と同程度の高さよりも大きくなると過大評価、小さくなると過小評価する特徴があるとも報告されており（道田・他, 1987）、より正しい値を利用する場合は、船舶に装備されている波浪計を利用する必要がある。

濾水計は 12 地点全てで良好に作動し、平均回転数は 17,161 で、回転数の範囲は 9,875 - 24,389 であった。濾水計の回転数にばらつきがあった原因は、海流の方向等が地点ごとに異なっていたためと思慮される。

今回は取得対象とはしなかったが、今後取得を検討すべきデータとしては、海水温等の鉛直分布が挙げられる。海水温等の鉛直分布からは、黒潮などの海流の動態が把握できるため、マイクロプラスチックの分布との関係について考察するために利用できる。当該データは XCTD (eXpendable Conductivity, Temperature and Depth) や XBT (eXpendable Bathy Thermograph) を利用して、航行中にシップタイムを削ることなく取得できる。

5 サンプリングしたマイクロプラスチックの測定について

今回のサンプリングで得られたマイクロプラスチックの個数と大きさ測定については九州大学磯辺篤彦教授に、マイクロプラスチックに含まれている POPs 濃度の測定については東京農工大学の高田秀重教授にそれぞれ依頼しており、現在、解析中である。

6 まとめ

海上保安庁所属の測量船「昭洋」を用い、東シナ海及び太平洋の 12 地点において、マイクロプラスチックのサンプリングを試験的に実施した。

マイクロプラスチックのサンプリングについては、細かい課題、改善点はあるが、海上保安庁が現在保持する能力でマイクロプラスチック試料を得ることができた。

来年度以降は、現在九州大学と東京農工大学に依頼しているマイクロプラスチックの大きさと個数及び含まれている POPs 濃度の測定結果を解析した上で、定期的なモニタリングなどに相応しい海域などを考察していく予定である。

謝 辞

東京海洋大学東海正副学長、内田圭一助教、栗原芳江様には、東京海洋大学所属の練習船「青鷹丸」によるマイクロプラスチックのサンプリングの航海に参加する機会を与您に提供していただき、誠にありがとうございました。また、濾水計のキャリブレーションのために大型回

流水槽をお貸しいただきました。九州大学磯辺篤彦教授には調査手法設定の際にご助言をいただきました。測量船「昭洋」乗組員各位にはマイクロプラスチックのサンプリングにご協力いただきました。査読者からは多くの丁寧なコメントをいただき、本原稿は大きく改善されました。記して、感謝いたします。

文 献

- Arthur, C., J. Baker, and H. Bamford (eds) (2009) Proceedings of the International Research Workshop on the Occurrence, Effects and Fate of Microplastic Marine Debris. Sept 9–11, 2008. NOAA Technical Memorandum NOS-OR&R-30.
- 藤枝 繁・星加 章・橋本英資・佐々倉諭・清水孝則・奥村誠崇 (2010) 瀬戸内海における海洋ごみの収支, 沿岸域学会誌, 22, 4, 17–29.
- 外務省 (2015) 2015 G7 エルマウ・サミット首脳宣言 (仮訳), http://www.mofa.go.jp/mofaj/ecm/ec/page24_000425.html, Accessed 12 Sept. 2017.
- GESAMP (2015) Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: a global assessment (Kershaw, P. J., ed.). (IMO/FAO/UNESCO-IOC/UNIDO/WMO/IAEA/UN/UNEP/UNDP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection). Rep. Stud. GESAMP No. 90, 96 p, <http://www.gesamp.org/publications/reports-and-studies-no-90>, Accessed 6 Nov. 2017.
- Jambeck, J. R., R. Geyer, C. Wilcox, T. R. Siegler, M. Perryman, A. Andrady, R. Narayan, and K. L. Law (2015) Plastic waste inputs from land into the ocean, *Science*, 347, 6223, 768–771, DOI: 10.1126/science.1260352.
- 環境省 (2015) 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報告書。
- 環境省 (2016) 海岸漂着物対策推進会議 (第 7 回) 議事録 (平成 28 年 7 月 13 日), http://www.env.go.jp/water/marine_litter/conf/c01-07/mat18_1-1-1rev10.pdf, Accessed 6 Nov. 2017.
- 環境省 (2017a) 海岸漂着物対策推進会議資料 3 (別紙 2) 「漂流・漂着ごみ対策関連予算」(事業詳細), http://www.env.go.jp/water/marine_litter/conf/c01-08/mat03_2.pdf, Accessed 6 Nov. 2017.
- 環境省 (2017b) 平成 29 年度沖合海域における漂流・海底ごみ実態調査について～調査海域を拡大するとともに、大学との連携体制を拡充～, 平成 29 年 8 月 8 日環境省報道発表, <http://www.env.go.jp/press/104422.html>, Accessed 6 Nov. 2017.
- 環境省 (2017c) 日本海沿岸地域等への廃ポリタンク等の漂着状況について(平成 27 年度分), 平成 29 年 3 月 23 日環境省報道発表, <http://www.env.go.jp/press/103844.html>, Accessed 1 Sept. 2017.
- 気象庁ホームページ, 波浪の知識, <http://www.data.jma.go.jp/kaiyou/db/wave/comment/elmknwl.html>, Accessed 6 Nov. 2017.
- 道田 豊・徳田正幸・上野義三・石井春雄 (1987) タッカー式船用波浪計に関する研究 II. 目視及びブイ式波浪計との比較観測, 国立防災科学技術センター研究報告, 39, 171.
- 宮尾 進 (2015) マイクロプラスチック (表層水の曳航観測), 海洋観測ガイドライン, 10, 3, 27.
- Reisser, J., B. Slat, K. Noble, K. du Plessis, M. Epp, M. Proietti, J. de Sonnevile, T. Becker, and C. Pattiaratchi (2015) The vertical distribution of buoyant plastics at sea: an observational study in the North Atlantic Gyre, *Biogeosciences*, 12, 1249–1256.
- UNEP/IOC (2009) UNEP/IOC Guidelines on Survey and Monitoring of Marine litter, Regional seas reports and studies no. 186,

IOC technical series No.83, United Nations Environment Programme, Nairobi.

Van Cauwenberghe L., and C. R. Janssen (2014) Microplastics in bivalves cultured for human consumption, *Environmental Pollution*, 193, 65-70.

山下 麗・田中厚資・高田秀重 (2016) 海洋プラスチック汚染：海洋生態系におけるプラスチックの動態と生物への影響, *日本生態学会誌*, 66, 51-68.

要 旨

現在、マイクロプラスチック問題は世界規模の課題として、解決に向けた取組が必要とされている。この現状を踏まえ、海上保安庁では測量船によるマイクロプラスチックのモニタリングが実施可能か否か、検討を開始した。

検討の第一段階として、ニューストーンネットを用いたマイクロプラスチックのサンプリングを試験的に実施したところ、海上保安庁の現有能力によって東シナ海及び太平洋の12地点においてマイクロプラスチック試料を適切に得ることができた。