

平成 26 年度 環境省委託業務

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
[概要版]

平成 27 年 3 月

国立大学法人 東京海洋大学

目次

I. 調査目的と概要

- 1. 目的と概要 I - 1
- 2. 調査内容 I - 1

II. 沖合海域における漂流ごみの目視観測調査

- 1. 調査目的 II - 1
- 2. 調査方法
 - 2-1. 対象海域及び航走方法 II - 1
 - 2-2. 観測体制 II - 1
 - 2-3. 観測手順 II - 3
 - 2-4. 観測項目 II - 3
 - 2-5. 漂流物撮影 II - 5
 - 2-6. ライトランセクト法におけるデータ解析方法 II - 7
- 3. 調査結果
 - 3-1. 発見された漂流物の種類別の割合および発見されやすさ II - 9
 - 3-2. 調査船別, 漂流物の種類別, 大きさカテゴリー別の横距離ヒストグラムと発見関数
. II - 10
 - 3-3. 漂流物種類別の分布密度 II - 11
- 4. 今後の課題について
 - 4-1. 漂流ゴミの資源量推定について II - 18
 - 4-2. 漂流ゴミの発生源について II - 18
 - 4-3. 発見関数と半有効探索幅に影響する要因について II - 18

III. 海表面を浮遊するマイクロ・プラスチックに係る調査

- 1. 調査目的 III - 1
- 2. 調査方法
 - 2-1 対象海域と採集回数 III - 2
 - 2-2 マイクロ・プラスチックの採集方法 III - 4
 - 2-3 標本の処理 III - 5
 - 2-4 安全管理 III - 7
- 3. 調査結果
 - 3-1 海況 III - 7
 - 3-2 サイズ組成分布 III - 9
 - 3-3 空間分布 III - 12
 - 3-4 メソ/マイクロ比 III - 16
- 4. 次年度調査への提案 III - 19

IV. 沖合海域における海底ごみの調査

| | | |
|------------------|-------|-------|
| 1. 調査目的 | ..... | IV- 1 |
| 2. 調査方法 | ..... | IV- 1 |
| 3. 調査結果 | | |
| 3-1 調査海域概要 | ..... | IV- 5 |
| 3-2 海底ごみ組成 | ..... | IV- 6 |
| 3-3 採集された海底ごみの特徴 | ..... | IV-14 |
| 3-4 海底ごみ分布状況 | ..... | IV-14 |
| 4. 今後の課題 | ..... | IV-16 |

I. 調査目的と概要

1. 目的と概要

2009年7月に成立した「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、海岸漂着物対策が推進されており、このために海岸漂着物や沿岸域における漂流・海底ごみの実態調査が行われてきた。漂着ごみの発生過程と発生原因の解明には、従来から行われてきた沿岸海域の漂流・海底ごみの調査に加えて、我が国周辺沖合海域においても漂流・海底ごみの実態を把握する必要がある。また、マイクロプラスチック（物理的・化学的要因により微細化したプラスチック）についても、沿岸域での調査と並行して沖合域においても調査を行い、その分布を明らかにしていく必要がある。

一方で、沖合域の調査には、このような調査観測に対応できる船舶が必要となる。そこで、これまでも目視観測やニューストンネットによる漂流物の調査観測の実績のある、東京海洋大学の練習船の実績が目目され、環境省受託事業「平成26年度 沖合海域における漂流・海底ごみ実態調査」として、乗船実習航海の一部区間を利用した調査が実施された。なお、マイクロプラスチックについては、九州大学応用力学研究所の磯辺篤彦教授のもとに、再委託に出して、詳細な分析に取り組んでいただいた。

2. 調査内容

本調査では、以下の(1)から(3)に掲げた内容を実施する。

(1) 沖合海域における漂流ごみの目視観測調査

船舶を用いて目視による漂流ごみの観測を行い、我が国周辺の沖合海域における漂流ごみの全体像を把握する。漂流ごみの密度と現存量の推定においては、鯨類資源の資源量推定に用いられるライントランセクト手法を用いた観測手法及びデータ解析方法を適用することにより、精度の向上を図る。

(2) 海表面を浮遊するマイクロプラスチックに係る調査

ニューストンネットを用いてマイクロプラスチックを採集するとともに、採集したマイクロプラスチックの分析を行うことにより、我が国周辺海域においてマイクロプラスチックが海洋環境に与えている影響を整理する。

(3) 沖合海域における海底ごみの調査

底引き網を使って沖合海域の海底ごみを採集・分別し、海底ごみの種類と大きさを記録するとともに、底引き網の網口幅の概算値と曳網距離から、海底ごみの現存量を推計する。

また、それぞれの調査内容は、本報告書の各章として、次の担当者が取りまとめた。

- | | |
|------------------------------|----------------|
| II. 沖合海域における漂流ごみの目視観測調査 | 東海 正・北門利英（海洋大） |
| III. 海表面を浮遊するマイクロプラスチックに係る調査 | 磯辺篤彦（九州大学） |
| IV. 沖合海域における海底ごみの調査 | 内田圭一（海洋大） |

航海概要

「平成 26 年度 沖合海域における漂流・海底ごみ実態調査」は以下の 4 航海にて行った（表 3）。航海の撮用日誌は海鷹丸表 4，神鷹丸表 5 に，航跡図と調査地点は図 1 に示す。

海鷹丸第 42 次航海は，天候に恵まれ予定通りの日程で航海および調査・観測を実施することができた。目視調査とニューズトンネット調査は，高知－博多，金沢－函館，函館－東京の区間で実施した。海鷹丸第 43 次航海は，台風 18 号，台風 19 号の影響により予定コースと日程を大幅に変更して（太平洋経由東シナ海を瀬戸内海－関門海峡経由東シナ海）実施された。そのため，太平洋から東シナ海での漂流物調査の一部を瀬戸内海で実施したり，また東シナ海でのトロールによる調査の回数を減じたりという変更は生じたものの，できる限りの調査を実施した。

神鷹丸第 93 次航海は，天候に恵まれ予定通りの日程で航海および調査・観測を実施することができた。目視調査とニューズトンネット調査は，博多－輪島，輪島－函館，函館－気仙沼，気仙沼－大洗，大洗－東京の区間で実施した。神鷹丸第 94 次航海も概ね天候に恵まれ，予定通りの日程で航海および調査・観測を実施することができた。目視調査とニューズトンネット調査およびトロールによる海底ゴミ調査を東シナ海で行った。

表 3 「海鷹丸」第 42 次航海，43 次航海と「神鷹丸」第 93 次航海，第 94 次航海の概要

| | 海鷹丸 | | 神鷹丸 | |
|----------------------------|----------------------------|-------------------------|-----------------------------------|-----------------------|
| 全長 | 93 m | | 53 m | |
| 観測者眼高 | 14m | | 7m | |
| 総トン数 | 1886 t | | 649 t | |
| 乗組員数 | 27 名 | | 22 名 | |
| | 第 42 次航海 | 第 43 次航海 | 第 93 次航海 | 第 94 次航海 |
| 学生数 | 37 名 | 29 名(23 名) [※] | 30 名 | 17 名 |
| 出港日 | 2014/7/12 | 2014/10/02 | 2014/7/11 | 2014/8/16 |
| 帰港日 | 2014/8/10 | 2014/10/16 | 2014/8/08 | 2014/9/12 |
| 寄港地 (いずれの航海も 東京至る東京) | 館山 高知 博多 金沢 函館 | 鹿児島 清水 | 大阪 博多 輪島 函館 気仙沼 大洗 | 宮崎 長崎 下関 名古屋 |
| 航走距離 | 2778.8 mile | 2158.7 mile | 2379.0 mile | 2205.6 mile |
| 目視観測距離 | 849.7 mile | 247.5 mile | 846.3 mile | 388.3 mile |
| 目視観測回数 | 81 | 21 | 78 | 39 |
| ニューズトン ネット曳網回数 | 27 | 2 | 25 | 11 |

※ 大学院生の人数

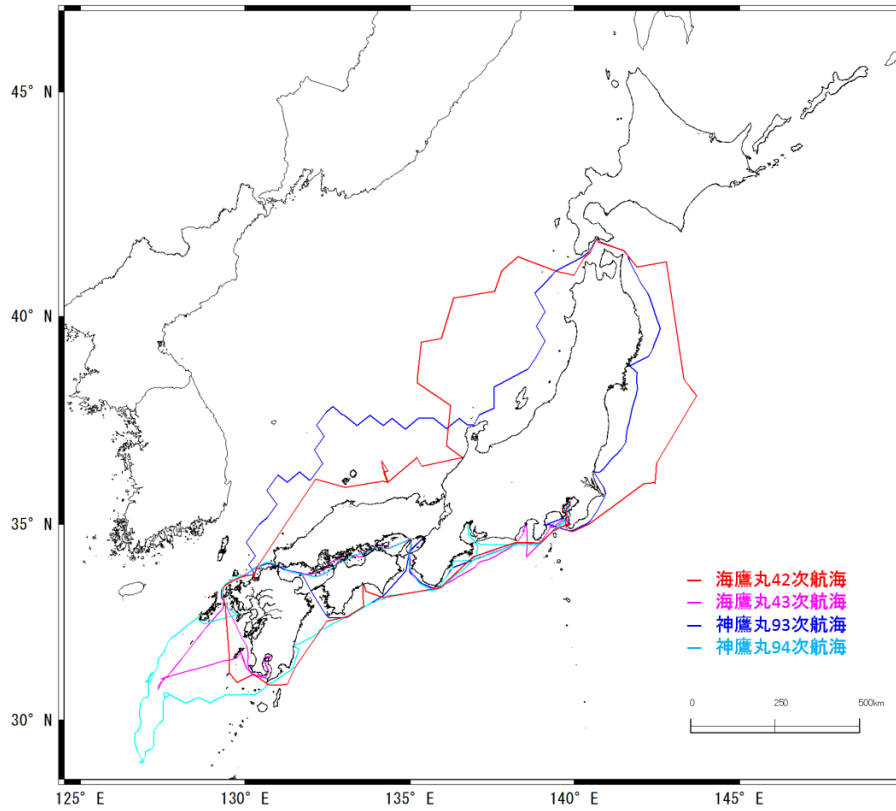


図 1-1. 海鷹丸第 42 次航海 43 次航海，神鷹丸第 93 次航海 94 次航海航跡図

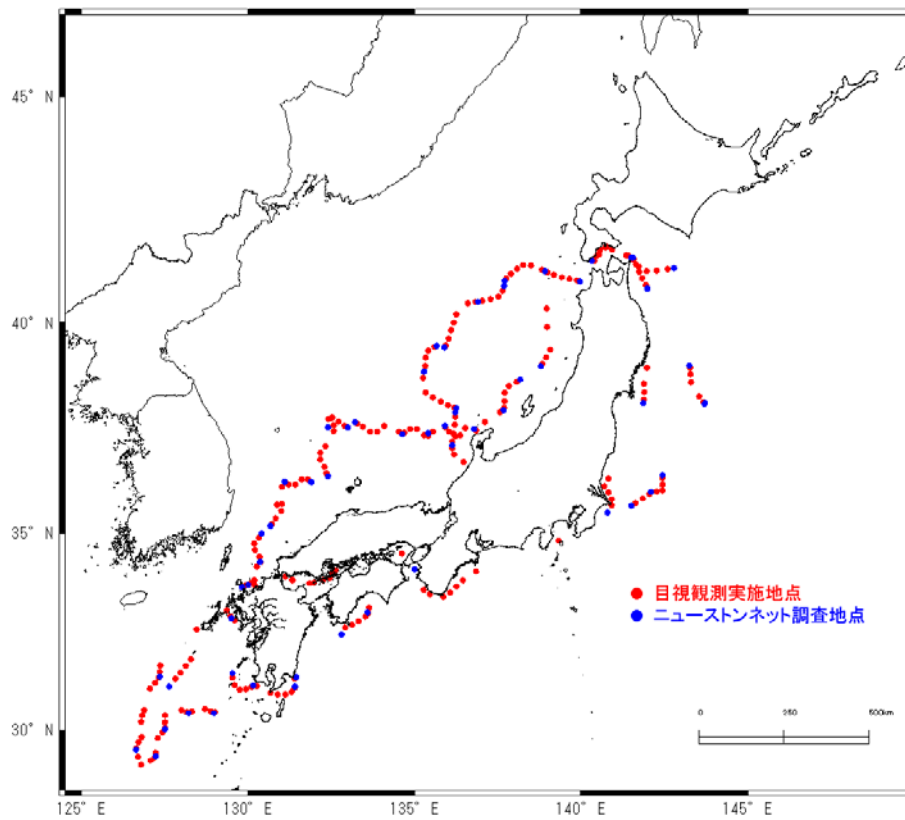


図 1-2. 目視観測実施場所とニューストーンネット調査地点図

II. 沖合海域における漂流ごみの目視観測調査

1. 調査目的

漂着ごみの発生過程と発生原因の解明には、従来から行われてきた沿岸海域の漂流・海底ごみの調査に加えて、我が国周辺沖合海域においても漂流・海底ごみの実態を把握する必要がある。また、船舶を用いて目視による漂流ごみの観測を行い、我が国周辺の沖合海域における漂流ごみの全体像を把握する。漂流ごみの密度と現存量の推定においては、鯨類資源の資源量推定に用いられるライントランセクト手法を用いた観測手法及びデータ解析方法を適用することにより、精度の向上を図る。

2. 調査方法

2-1. 対象海域及び航走方法

調査にあたっては、原則として、航走 100 マイルに対して 15 マイル程度の幅になるようなジグザク航走を行うトラックラインを設定し(写真 II-1)、航走に対して一定幅の観察域を設けて資源密度推定の精度向上を図った。また、能登半島以北の日本海北部及び太平洋東北沖では、沖合海域のうち沿岸寄り(概ね距岸 50 マイル程度)と沖合寄り(概ね距岸 100 マイル程度)の 2 つのラインにおいて目視調査を行った。



写真 II-1 神鷹丸の山陰沖でのジグザク航跡図

2-2. 観測体制

漂流ごみの目視観測調査は、航海当直以外の乗船学生 4 人～6 人を 1 グループとして実施した(写真 II-2)。学生は、人数に応じて表 II-1 に示す 6 つの役割分担：観測者(発見、識別担当)、観測者(郷里

計測担当), 観測者 (記録担当), 観測者 (予備), データ読み上げ者, データ入力者に分かれ, 集中力を維持するために 30 分間交代 (集中力を維持するため) で行った。

表 II-1 漂流物観測学生役割分担と業務内容

| 役割分担 | 使用機材等 | 業務内容 | 配置場所 |
|----------|---------|-----------------|---------------|
| 観測・発見・識別 | 双眼鏡 | 漂流物の種判定 | 船橋ウイング |
| 観測・距離計測 | 傾角度計 | 最接近時の距離を計測 | 船橋ウイング |
| 観測・記録 | 記録用紙 | 観測者 | 船橋ウイング |
| 観測・予備員 | デジタルカメラ | カメラ撮影・潮目の撮影適宜休憩 | 船橋ウイング or 船橋内 |
| データ入力 | 入力用 | データシート入力, 入力後休憩 | 船橋内 |
| データ読み上げ | 入力済用紙 | 入力者の補助, 入力後休憩 | 船橋内 |



写真 II-2 左から発見, 記録, 距離計測, 発見



写真 II-3 手前が双眼鏡を持った発見担当。



写真Ⅱ-4 手前がデータ入力，奥が読み上げ担当。

観測時間は視野の利く 6時から 18時とした。観測グループの調査時間帯は、以下の通りである。なお、観測交代はスムーズに行い、途切れることの無いよう留意した。

06：00 目視観測開始（A グループ）→ 08：00 まで

06：00 ニューストンネット曳網開始（20 分間）

08：00 目視観測開始（B グループ）→ 11：00 まで

12：00 目視観測開始（C グループ）→ 16：00 まで

13：00 潮目探索開始→潮目に遭遇 or 13：40

→ ニューストンネット曳網開始（基本曳網時間 20 分間）

16：00 目視観測開始（A グループ）→18：00 まで（途中交代で食事）

18：00 減速開始→ 針路・速力制定後にニューストンネット曳網開始

2-3. 観測手順

- ① 観測グループは、10 分前に観測場所（ウイング）に集合し、備品の確認をするとともに観測舷を決定する。観測舷決定の判断基準はグレアの割合から判断した（海面反射が少ない方を選ぶ）。
- ② 観測環境の変化で観測舷を変更する場合は、原則として毎 30 分または毎正時とした。
- ③ 記録者は、観測開始前に、記録用紙に日付、記録者氏名、観測舷、気象・海象、グレア率などを記入する。
- ④ 観測者は声に出して漂流物に関する情報を記録者に伝え、記録者は可能な限り復唱しながら記録した。
- ⑤ 観測に余裕のある時は、記録者も一緒に観測を行った。
- ⑥ 以下のような場合、可能な範囲で写真撮影し記録した。
 - ・潮目などのような特徴的な漂流物に遭遇した場合。
 - ・特異な気象・海象の条件下で観測を行った場合。

2-4. 観測項目

目視観測調査では、以下の項目を識別、測定、野帳に記録した。

基本情報として、毎時の船の位置（緯度経度）とともに、天候、風速、海況、海面反射割合などの観

察環境を記録した。漂流ごみを発見した場合、その種類、サイズ、色、数を記録した。そして、漂流ごみが船体に最接近した際にその船体からの横距離(すなわちトラックラインとの垂直距離)を目測し記録した。また、対象物に鳥がとまっているなど特徴的な事象がある場合は、その事実についても記録した。

観察対象物は以下のカテゴリーに分けて記録した。

| 観察対象物 | | 漂流物記号 | |
|-------|---------------|-------|----------------------|
| 漁具 | 漁網 | FGN | Fishing Gear Net |
| | ボンデン 浮子 | FGF | Fishing Gear Float |
| | その他 漁具 | FGO | Fishing Gear Other |
| 人工物 | 発泡スチロール (漁具除) | EP | Expanded Polystyrene |
| | ビニール | V | Vinyl |
| | ペットボトル | PB | Plastic Bottle |
| | その他石油化学製品 | PC | Petrochemical |
| | ガラス製品 | G | Glass goods |
| | 金属製品 | MG | Metal Goods |
| | 木材 | W | wood |
| | その他 | UO | Unnatulal other |
| 天然物 | 流れ藻 | SW | Seaweed |
| | 流木 | DW | Driftwood |
| | その他 | NO | Natulal other |
| その他不明 | その他不明 | UK | Unknown |

漂流物のサイズは、最大部分の長さを目測して、以下のカテゴリーで記録した。なお、海上に浮いているものは、付近に基準とするものがないためサイズ推定にばらつきが生じる可能性があったことから、資料1のような目安表を作成し、データの標準化に努めた。

(LL>200cm, 200cm>L>100cm, 100cm>M>50cm, 50cm>S>20cm, 20cm>SS)

最接近時距離は、舷側から5m間隔での距離を目測して記録した。

同時に複数の漂流物が発見された場合は、出来る限り別々に記録することとし、複数個が一群となって発見された場合、それを一群として記録し、その群を構成する漂流物の個数を記録した。最接近距離(正横距離)は精度向上と個人誤差を抑えるために、傾角度板を用いて角度から距離を推定した(図2, 資料2)。そして得られた最接近距離は、統計処理をする際に5m毎のカテゴリーに分けて整理することから、5m単位で記録した(例)。

例: 5m単位で正横距離を判断する場合

0より5m以下は5m (5mは5m, 6mは10m)

5mより10m以下は10m

10mより15m以下は15m

と記録した。

漂流物 目視観察野帳

| | | | | | |
|--------------|------|-----|------|-------|--------|
| 日付 月 日 | 開始時刻 | : | 終了時刻 | 天候 | |
| 記録者 | 開始位置 | | 終了位置 | 風向・風速 | 度 m/s |
| 記録場所 左舷/右舷 | 緯度: | - - | 緯度: | - - | 海況 |
| コース・速力 / | 経度: | - - | 経度: | - - | グレア率 % |

| 種類および材質など | 色 | 数 | サイズ | 最接近 距離m | 発見時 刻 | 発見者 | 備考 |
|--------------|-----|---|-------------|------------|----------|-----|----|
| 海藻 流木(枝) ビニ片 | 茶、白 | | SS、S、M、L、LL | | : : | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

データ入力シートの例（上に基本情報，下に発見した漂流ゴミの情報を入力する）

| 時間帯 | 記録者 | 右舷or左舷 記録場所 | 度で記入 コース | ノット 速力 | 度 | 分 | 度 | 分 | 天候 | 度 風向 | m/s 風速 | 海況 | % グレア率 |
|-------|-----|----------------|-------------|-----------|----|--------|-----|--------|----|---------|-----------|----|-----------|
| 16:00 | 田中 | 右舷 | 60 | 11.9 | 34 | 39.122 | 130 | 7.315 | bc | 351 | 5.8 | 2 | 30 |
| 17:00 | | | | | 34 | 48.421 | 130 | 15.796 | | | | | |

例(緯度経度)
35-45 158 N 135-49 889
開始時の緯度経度 ただし、観測終了時には、終了時の緯度経度も記録する

← 最後は緯度経度を忘れずに！！

以下、記録データの入力欄

| 種類および材質など | 種類記号 | サイズ | 色 | 数 | 最接近時 距離 | 発見時刻 | 発見者 | 備考 |
|-----------|------|-----|----|---|------------|----------|-----|----|
| 流木 | DW | | 茶 | 1 | 15 | 16:00:02 | 秋山 | |
| 発泡スチロール | EP | | 白 | 1 | 15 | 16:01:10 | 秋山 | |
| ビニール片 | V | | 白 | 1 | 20 | 16:01:12 | 秋山 | |
| ビニール片 | V | | 白 | 1 | 30 | 16:01:13 | 秋山 | |
| ビニール片 | V | | 白 | 1 | 20 | 16:01:15 | 秋山 | |
| 発泡スチロール | EP | | 白 | 1 | 15 | 16:02:13 | 秋山 | |
| 流木 | DW | | 茶 | 1 | 50 | 16:03:00 | 秋山 | |
| 発泡スチロール | EP | SS | 白 | 1 | 30 | 16:04:11 | 秋山 | |
| 流木 | DW | SS | 茶 | 1 | 10 | 16:04:22 | 秋山 | |
| 発泡スチロール | EP | SS | 白 | 1 | 30 | 16:04:26 | 秋山 | |
| 缶 | UO | SS | 白 | 1 | 30 | 16:04:35 | 秋山 | |
| ビニール片 | V | SS | 白 | 1 | 40 | 16:06 | 秋山 | |
| 発泡スチロール | EP | S | 白 | 1 | 20 | 16:06:44 | 秋山 | |
| 発泡スチロール | EP | S | 白 | 1 | 300 | 16:07:33 | 秋山 | |
| ビニール片 | V | | 白 | 1 | 5 | 16:08:17 | 秋山 | |
| ビニール片 | V | SS | 青 | 1 | 10 | 16:08:25 | 秋山 | |
| ペットボトル | PB | SS | 透明 | 1 | 5 | 16:08:00 | 秋山 | |
| 発泡スチロール | EP | S | 白 | 1 | 5 | 16:08 | 秋山 | |

- 漂流物記号 -

| | | |
|-------|--------------|-----|
| 漁具 | 漁網 | FGN |
| | ボンデン 浮子 | FGF |
| | その他 漁具 | FGO |
| 人工物 | 発泡スチロール(漁具除) | EP |
| | ビニール | V |
| | ペットボトル | PB |
| | その他石油化学製品 | PC |
| | ガラス製品 | G |
| | 金属製品 | MG |
| | 木材 | W |
| | その他 | UO |
| | その他 | NO |
| その他不明 | その他不明 | UK |

サイズ SS>20cm 距離
50cm>S≧20cm
1m>M≧50cm
2m>L≧1m
LL≧2m

2-5. 漂流物撮影

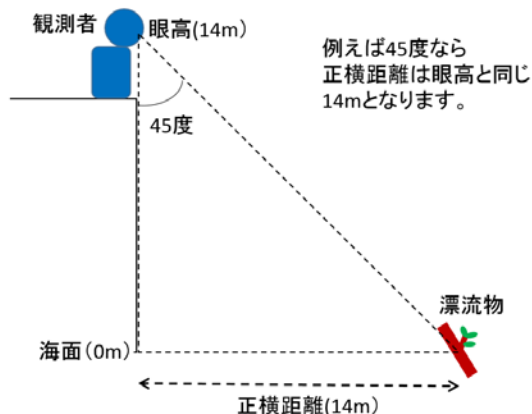
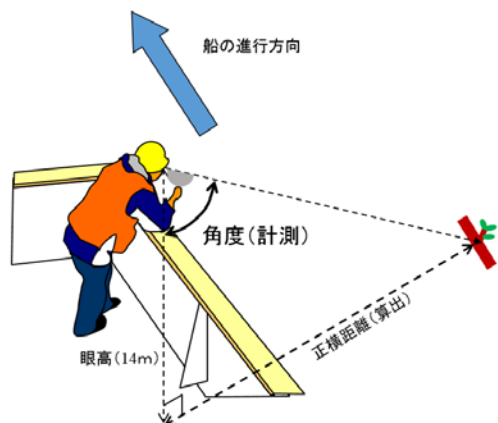
観測班に対して、デジカメの貸し出し、各時間に最低1枚（観測時の記録として：気象・海象やグレアの様子がわかる程度、特に観測対象の海面全体で1枚）の観測環境下の状況を撮影記録する。また、余裕がある際には、顕著な漂流物や潮目などを撮影記録する。



写真Ⅱ-4 潮目の中の流れ藻と漂流ゴミ

海鷹丸目視観測最接近距離把握イメージシート

傾角度板を使って、最接近距離の感覚をつかむ。



角度と距離の関係模式図

角度と最接近距離の関係表

| 角度(度) | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|
| 海鷹丸 (m) | 1.2 | 2.5 | 3.8 | 5.1 | 6.5 | 8.1 | 9.8 | 11.7 | 14 | 17 | 20 | 24 | 30 | 38 | 52 | 79 | 160 |

図 II-1 正横距離測定概念図

資料 II-1 漂流物記録補助早見表

資料 II-2 計測角度－正横距離変換早見表

〈記録用早見表 I〉

サイズの記入はSLMで

サイズの記入例

20cm > SS

50cm > S > 20cm

100cm > M > 50cm

200cm > L > 100cm

LL > 200cm

例えば
カップめんの容器、
ソフトボール、落ち葉、
空き缶



ペットボトルは全てSサイズ
(500ml: 21cm, 1.5~2L: 31cm)
サンダル、スニーカーの姿、
ボンデン、サッカーボール、
一升瓶、一斗缶

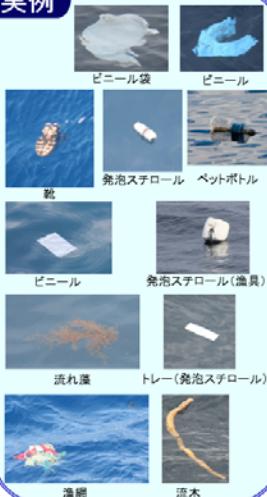
ごみ袋、
カラーコーン(70cm)
ドラム缶(90cm)



種類の記入例

| 産廃物の例 | 種類 | 記号 |
|-------|---------------|-----|
| 漁具 | 漁網 | FGN |
| | ボンデン 浮子 | FGF |
| | その他 漁具 | FGO |
| | 発泡スチロール (漁具除) | EP |
| | ビニール | V |
| | ペットボトル | PB |
| 人工物 | その他石油化学製品 | PC |
| | ガラス製品 | G |
| | 金属製品 | MG |
| | 木材 | W |
| | その他 | UO |
| 天然物 | 流れ藻 | SW |
| | 流木 | DW |
| | その他 | NO |
| その他不明 | その他不明 | UK |

実例



〈記録用早見表 II〉

距離の記入例

記入例 正横距離

5m 舷側より5m以下

10m 5mより10m以下

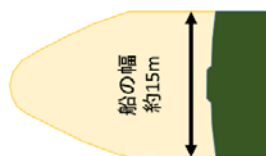
15m 10mより15m以下

20m 15mより20m以下

25m 20mより25m以下

以下同様

目安として



| 角度 | 距離 (m) |
|----|--------|
| 5 | 1.2 |
| 10 | 2.5 |
| 15 | 3.8 |
| 20 | 5.1 |
| 25 | 6.5 |
| 30 | 8.1 |
| 35 | 9.8 |
| 40 | 11.7 |
| 45 | 14 |
| 50 | 17 |
| 55 | 20 |
| 60 | 24 |
| 65 | 30 |
| 70 | 38 |
| 75 | 52 |
| 80 | 79 |
| 85 | 160 |

2-6. ライトランセクト法におけるデータ解析方法

一般的には、海表面上で漂流ゴミは均一に分布していると仮定できる。しかしながら、航走する船舶の片舷から漂流ゴミを目視観測すると、船体に近いところではほとんどすべての漂流ゴミが発見できるのに対して、船体から離れるにしたがって見落とす確率が高まる。そこで、記録した横距離の頻度分布を取ると、発見した個数は船体近くから横距離が大きくなるに連れて、減少していく。

ライトランセクト法による横距離データの性質

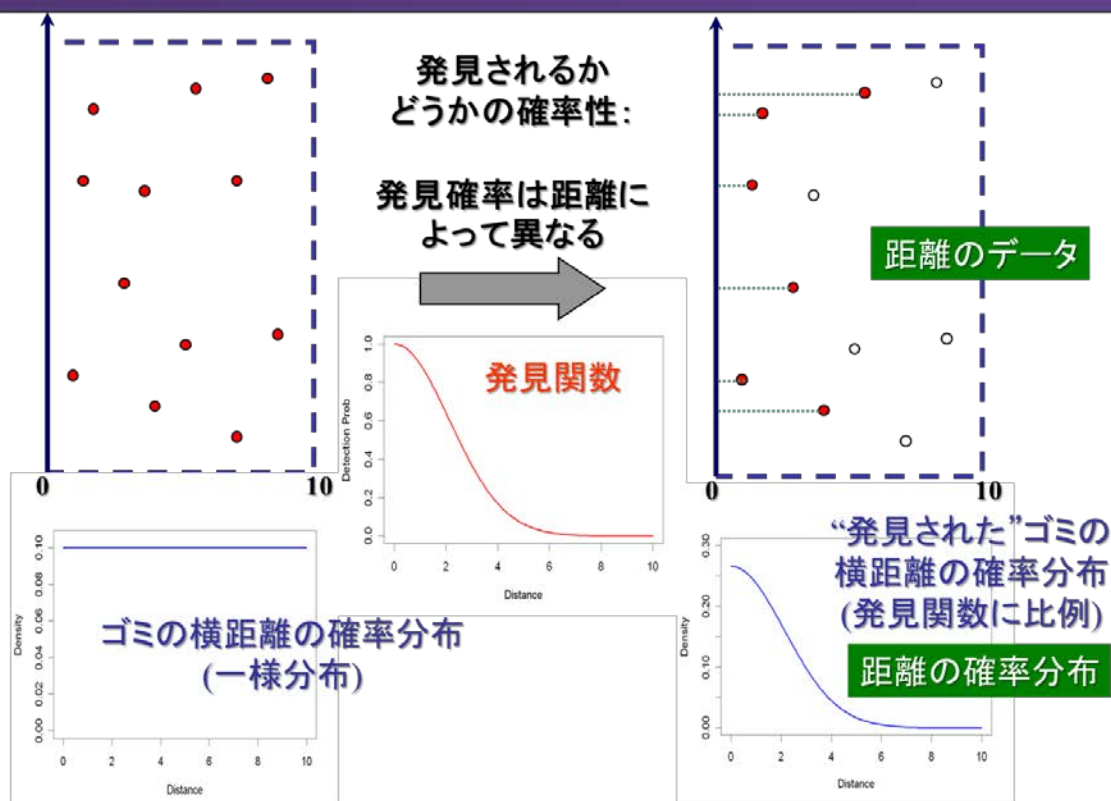


図 II-2 ライトランセクト法による横距離データの性質

この横距離分布を表す単調減少の関数を発見関数と呼ぶ。一般的には、こうした横距離分布に対する発見関数には、ハーフノーマル型、指数型、ハザートレート型の関数を用いられる。本事業では、もっともシンプルな関数であり、半有効探索幅を容易に計算できるハーフノーマルを用いることとする。

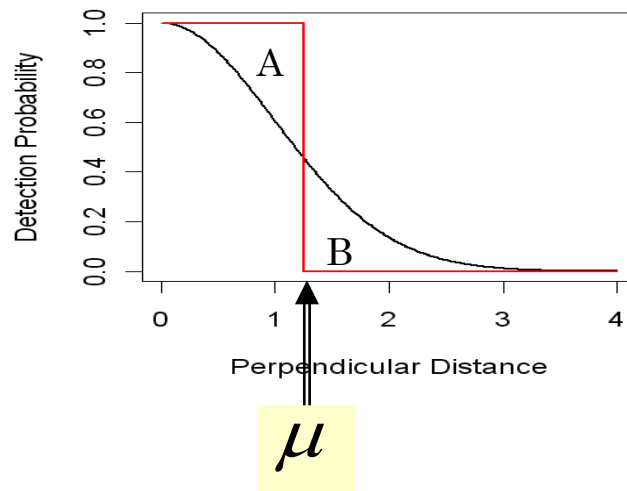
ハーフノーマル型の発見関数

$$g(x) = \exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma^2}\right)$$

ただし、ここで x は横距離であり、 σ が最尤推定で求めるべきパラメータである。

この関数を用いて、理論上ですべての漂流ゴミが発見（探索）できているとする理論上の横距離（半有効探索幅）を次のような考えから求める。

すなわち、図Ⅱ-3で見落としに当たる部分の A と、遠くまで見えている部分の B が同じになるような距離を半有効探索幅とする。



図Ⅱ-3 発見関数と半有効探索幅の考え方

このハーフノーマル型の発見関数では、半有効探索幅 μ は、 $\mu = \sigma\sqrt{\pi/2}$ で求めることができる。このように、横距離データから発見関数のパラメータを推定し、推定された発見関数から半有効探索幅 μ を計算する。

最後に、発見個数 n に対して、密度 d を次式で求める。

$$\hat{d} = \frac{n}{2\hat{\mu}L}$$

ただし、ここで、 L は観測を行ったラインの距離である。本調査では、1時間の目視観測を1レグとしているので、この観測を行った1時間の航走距離を L として用いた。

また、海表面に漂流する物体に対する発見関数は、物体の種類や大きさ、色などの特徴、および海面反射などの観測時の物理環境によって影響を受けることが知られている。

そこで、本事業では、物体の種類によってそれぞれ発見関数をハーフノーマル型で求め、そのパラメータから半有効探索幅、そして1時間の目視観測である1レグごとに密度を求めた。

なお、資源量については、観測対象となった海域の面積 A をもとに、次式で求めることができる。

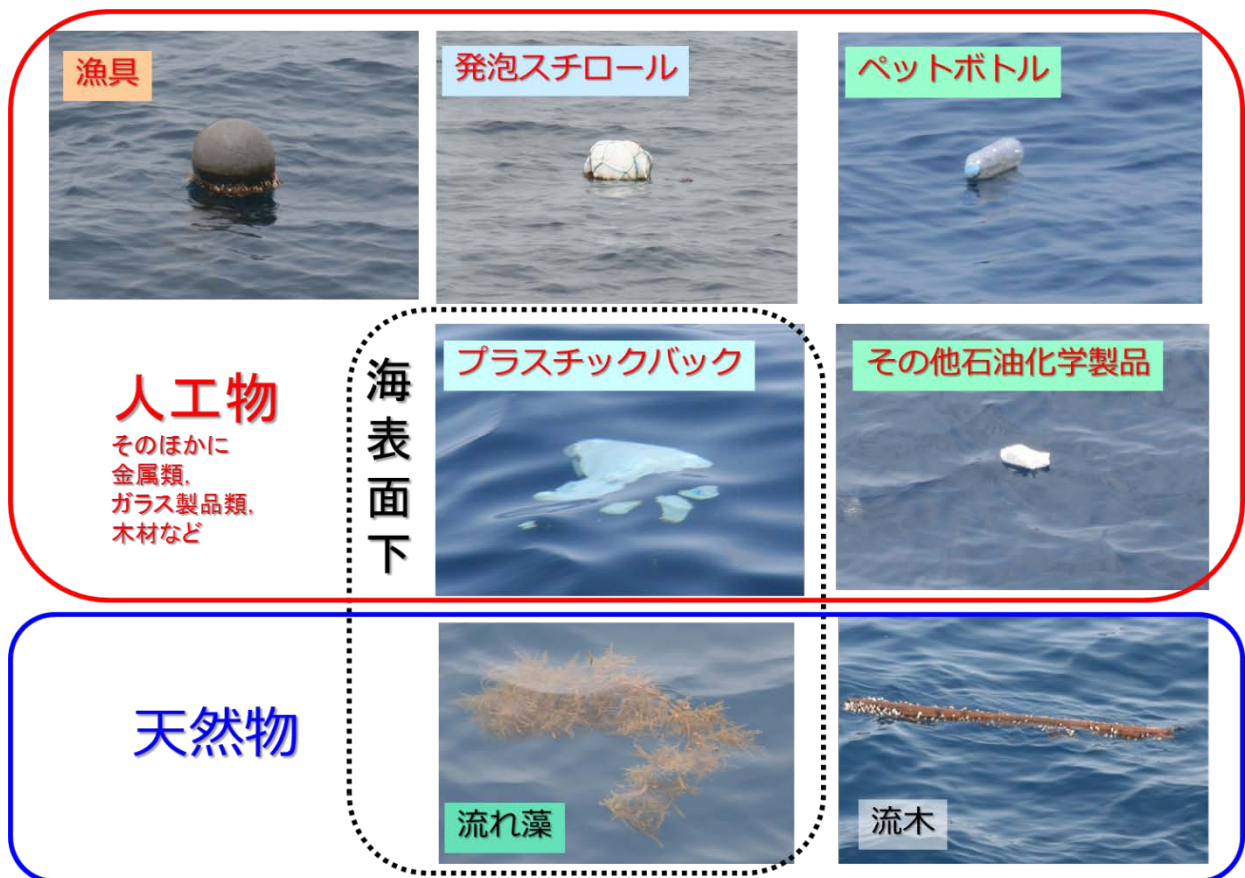
$$\hat{N} = \frac{nA}{2\hat{\mu}L}$$

3. 調査結果

3-1. 発見された漂流物の種類別の割合および発見されやすさ

主に発見された漂流物の個数の割合は、多くの場合で流れ藻と流木などの天然物はせいぜい3分の1までであり、人工物がほとんどを占めていた。特に、この中で、発泡スチロールやプラスチックバックのシート、プラスチック容器、ペットボトルなどのプラスチック類が、漂流物のほとんどを占めた。漁具（ボンデン、浮子）や合成繊維からなる漁網も、同様に多く発見された。これらの漁具、漁網もまたプラスチック類に含まれる。そのほかの人工物としては、ガラス製品（多くはビン類）、金属製品（飲料缶や塗料の缶など）、木材が漂流していた。

それぞれの航海ごとの横距離のヒストグラムのうちで、発見個数が比較的多い神鷹丸第93次航海と海鷹丸第42次航海の結果をみると、発泡スチロール、ペットボトル、漁具のボンデンなどは比較的遠方まで発見できるのに対して、プラスチックバックなどのシートや漁網、流れ藻は遠方では発見しづらい。この傾向は、特に神鷹丸で顕著にみられ、プラスチックのシートや漁網、流れ藻では、横距離10mまでに対して、横距離10~20mで発見できる確率は半分以下にまで低下している。これは、図II-4に示したように、発泡スチロールやペットボトル、プラスチック片や漁具は海面に浮きあがって容易に見つけられるのに対して、プラスチックバック等のシートや流れ藻は海面下にあるために、少し船体から離れると海面の反射などにさえぎられて見つけにくくなるものと思われる。特に、観測者の眼高は、神鷹丸では約7mであるのに対して、海鷹丸では約14mにある。海鷹丸では、一般的に眼高が高いので



図II-4 目視観測で見られた漂流物とその見え方について

遠方まで見渡せるのみならず、比較的遠方まで上から見下ろすことが可能となり、海面の反射の影響を受けにくいものと思われる。

3-2. 調査船別、漂流物の種類別、大きさカテゴリー別の横距離ヒストグラムと発見関数

比較的発見個数が多い、発泡スチロール、プラスチックバックなどのシート、流れ藻について、横距離のヒストグラムを大きさのカテゴリー（20cm 未満の SS, 50～20cm の S, 5cm 以上の M&L）に分けて描くと、大きなものほど遠方で発見される傾向が認められる。

以上のように、前節と合わせて、横距離のヒストグラムは調査船ごとに求めるべきであり、また漂流物の種類と大きさごとに異なったことから、それぞれに発見関数と半有効探索幅を求めることが望ましいと考えられる。しかしながら、漂流物の種類や大きさによっては、必ずしも発見個数が多いとは限らないことから、本調査では、調査船ごとに漂流物の種類別に発見関数を推定し、半有効探索幅を求めて分布密度の推定に用いることとする。

なお、発見関数については、神鷹丸と海鷹丸でそれぞれ全航海での発見を合算して、種類ごとにまた特に大きさのカテゴリーSS とそれ以外を分けて横距離のヒストグラム及び発見関数のパラメータ推定に取り組んだ。いずれの種類でも小さな SS の方が、横距離が大きくなるにつれて、発見関数が急激に低下する傾向が認められた。また、同じ種類、同じ大きさのカテゴリーでは、ほとんど場合で、海鷹丸よりも神鷹丸で発見関数は横距離が大きくなると低下する傾向は顕著であった。それぞれ推定した発見関数から求めた半有効探索幅は、次の表のとおりである。

表 II-2 神鷹丸における漂流物種類別、大きさカテゴリー別の半有効探索幅(m)

| 記号 | 漂流物種類 | ALL | SS | S,M,L |
|-----|-----------|-------|------|-------|
| FGN | 漁網 | 36.8 | 20.2 | 41.7 |
| FGF | ボンデン 浮子 | 247.8 | 61.4 | 287.8 |
| FGO | その他漁具 | 53.5 | 17.4 | 67.2 |
| EP | 発泡スチロール | 93.8 | 48.1 | 194.4 |
| V | プラスチックシート | 37.6 | 25.7 | 59.7 |
| PB | ペットボトル | 52.0 | 44.3 | 54.9 |
| PC | プラスチック片 | 24.0 | 20.6 | 34.2 |
| G | ガラス製品 | 21.5 | 10.5 | 30.3 |
| MG | 金属製品 | 24.0 | 27.5 | 18.4 |
| W | 人工木材 | 33.4 | 18.7 | 45.3 |
| UO | その他 | 72.2 | 23.3 | 106.6 |
| SW | 流れ藻 | 17.9 | 18.0 | 17.9 |
| DW | 天然流木 | 36.0 | 17.6 | 47.9 |

表 II-3 海鷹丸における漂流物種類別、大きさカテゴリー別の半有効探索幅(m)

| 記号 | 漂流物種類 | ALL | SS | S,M,L |
|-----|-----------|-------|-------|-------|
| FGN | 漁網 | 139.6 | 14.8 | 146.5 |
| FGF | ボンデン 浮子 | 348.2 | 130.6 | 371.9 |
| FGO | その他漁具 | 77.1 | 21.4 | 88.5 |
| EP | 発泡スチロール | 150.3 | 53.3 | 242.8 |
| V | プラスチックシート | 47.3 | 31.1 | 71.2 |
| PB | ペットボトル | 67.7 | 66.5 | 68.4 |
| PC | プラスチック片 | 221.0 | 36.1 | 425.9 |
| G | ガラス製品 | 55.4 | 47.8 | 75.3 |
| MG | 金属製品 | 119.0 | 96.8 | 135.9 |
| W | 人工木材 | 73.4 | 26.2 | 89.1 |
| UO | その他 | 60.3 | 48.3 | 66.9 |
| SW | 流れ藻 | 33.5 | 34.8 | 32.0 |
| DW | 天然流木 | 60.0 | 25.1 | 85.5 |

これらの表でも、半有効探索幅は漂流物の種類によって変動があり、上述したように発泡スチロールやペットボトル、ボンデンや浮子などのは有効探索幅は大きくなっており、これは海表面に浮き出ている効果によると思われる。また、同じ種類と大きさカテゴリーで比べると、半有効探索幅は神鷹丸よりも海鷹丸の方が大きい。また、それぞれの船で、大きさカテゴリー別の半有効探索幅は、小型の SS よりも S, M&L の方が大きい。これらは、それぞれ、海鷹丸の方が遠くまで漂流物を発見できる、また小さなものよりも大きな漂流物の方が遠くまで見つけることができることを示している。この半有効探索幅を用いることで、発見のし易さを考慮して密度推定を行うことができることになる。

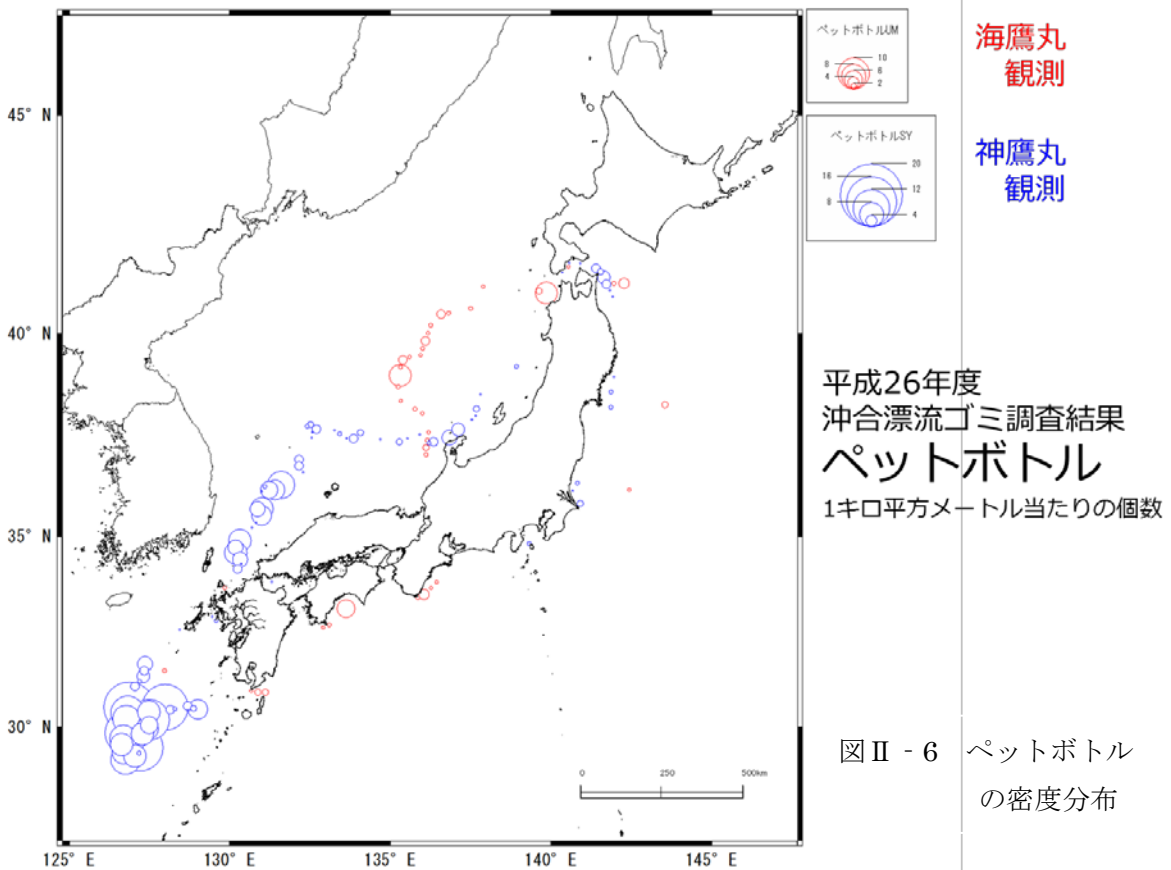
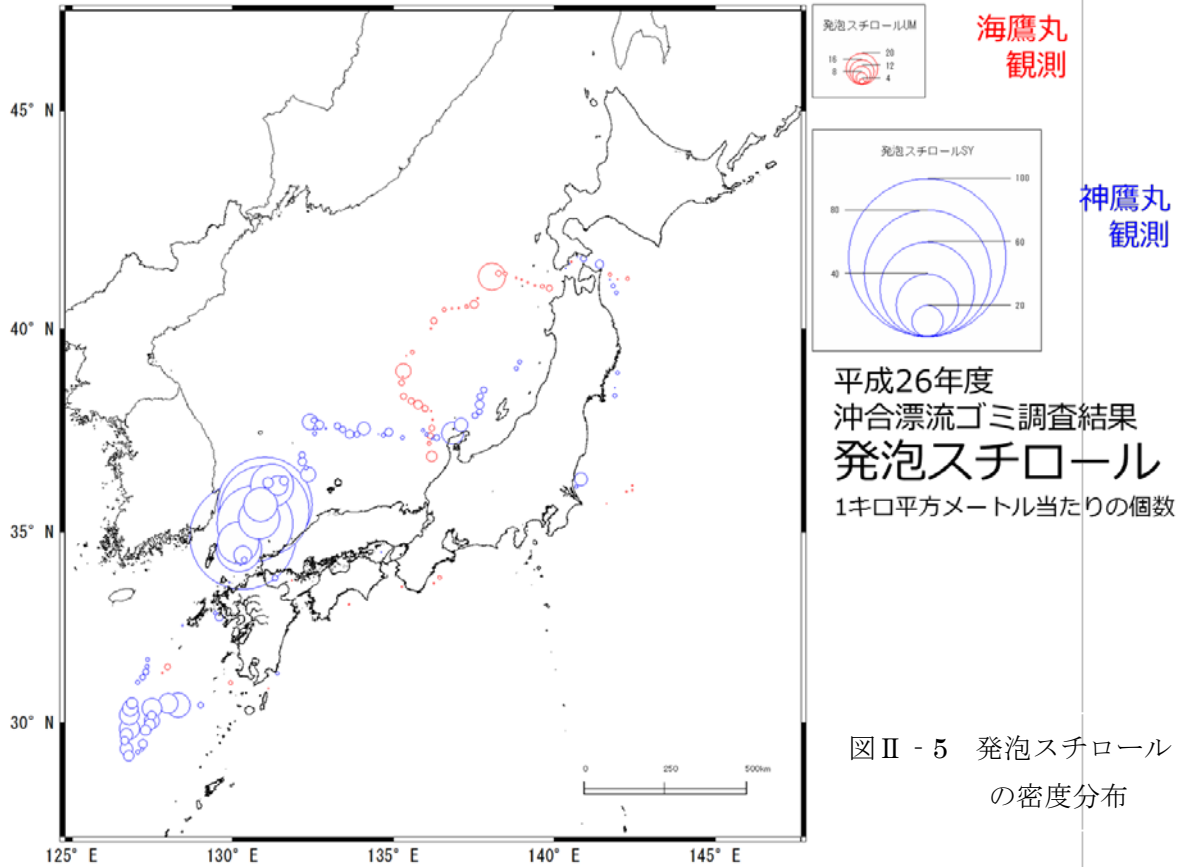
なお、同様に、各航海についても、同様のヒストグラムと発見関数を求めた。

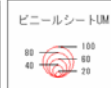
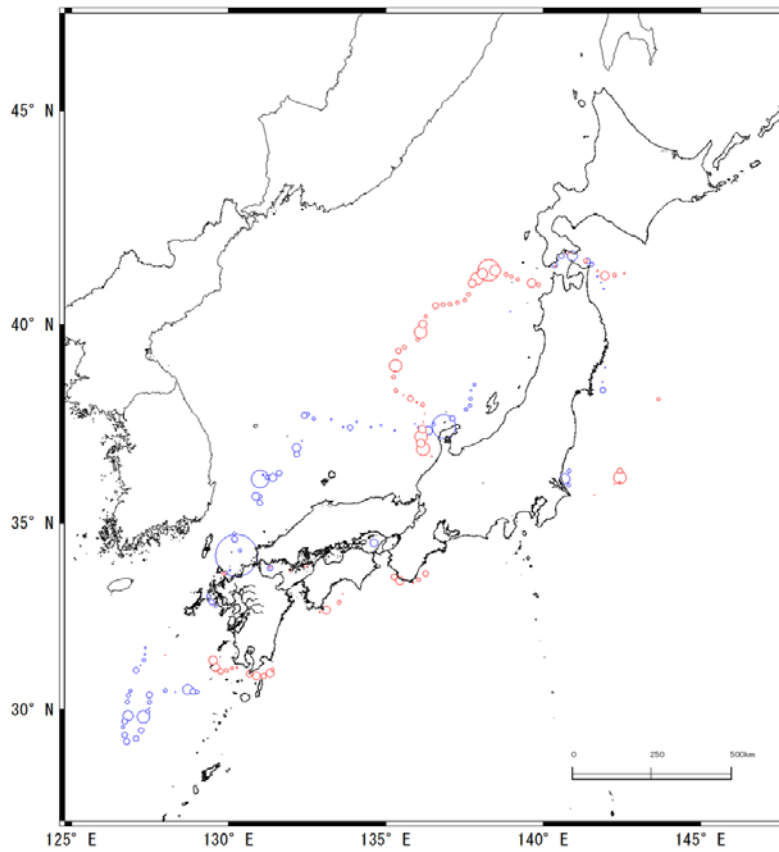
3-3. 漂流物種類別の分布密度

発泡スチロールは、特に対馬海峡から北東の海域で大量の発泡スチロールが発見された(図 II-5)。東シナ海でも一定量を発見されており、これらが対馬海峡部分で集約されて、多数発見された可能性もあるものの、九州北岸や韓国南岸では養殖業が盛んに行われており、こうした養殖施設で用いられている発泡スチロールが流出した可能性も考えられる。これらの発泡スチロールは日本海に入った後、主に調査が行われた 7, 8 月の時期においては、南風によって北方向に流れた可能性がある。

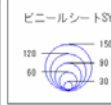
ペットボトルは、東シナ海の日中中間水域と、発泡スチロールと同様に対馬海峡から北東にかけて比較的多く発見された(図 II-6)。3 プラスチックバックなどシートは、福岡港の沖や能登半島の北側などの沿岸で比較的多く見られた(図 II-7)。これらのプラスチックバックなどのシートは都市部から流入してきたものが、発見された可能性がある。プラスチック片も東シナ海で多数発見された(図 II-8)。また、能登半島の北西海域でもプラスチック片が比較的多数発見された。

漁網は日本海の隠岐島の北側で多く、また、その他の漁具は東シナ海の日中中間水域および対馬海峡の北東海域、津軽海峡の西側で多数発見された(図 II-9)。特に、ボンデンや浮子については、廃棄され





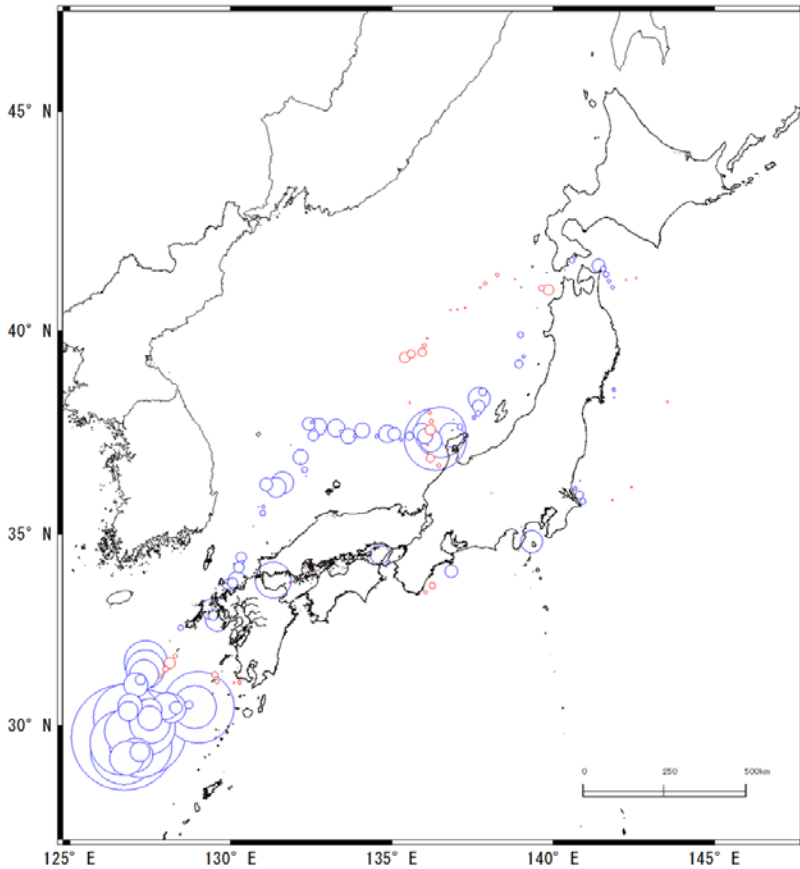
海鷹丸
観測



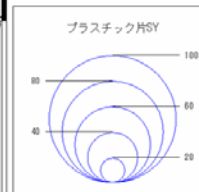
神鷹丸
観測

平成26年度
沖合漂流ゴミ調査結果
プラスチックバック
などシート
1キロ平方メートル当たりの個数

図Ⅱ-7 プラスチックバック
などシートの密度分布



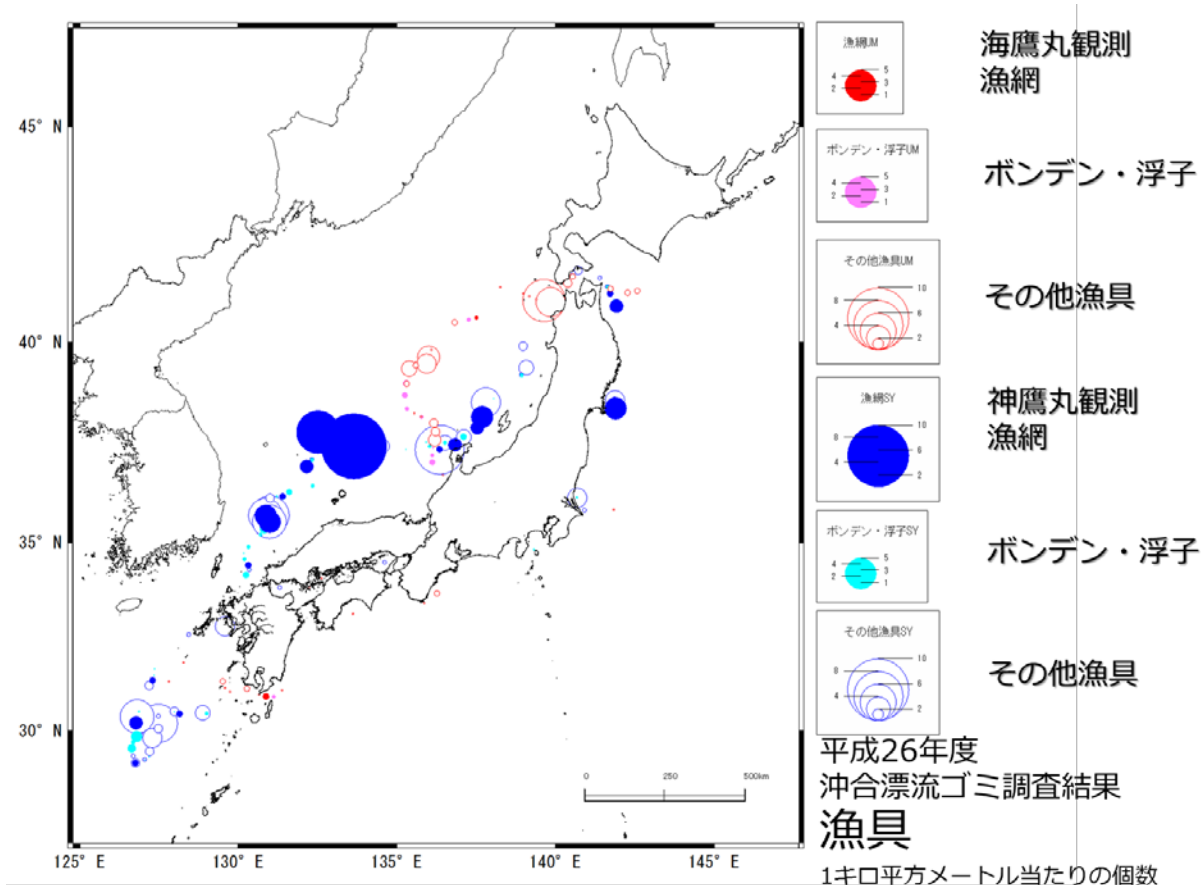
海鷹丸
観測



神鷹丸
観測

平成26年度
沖合漂流ゴミ調査結果
プラスチック片
1キロ平方メートル当たりの個数

図Ⅱ-8 プラスチック片
の密度分布



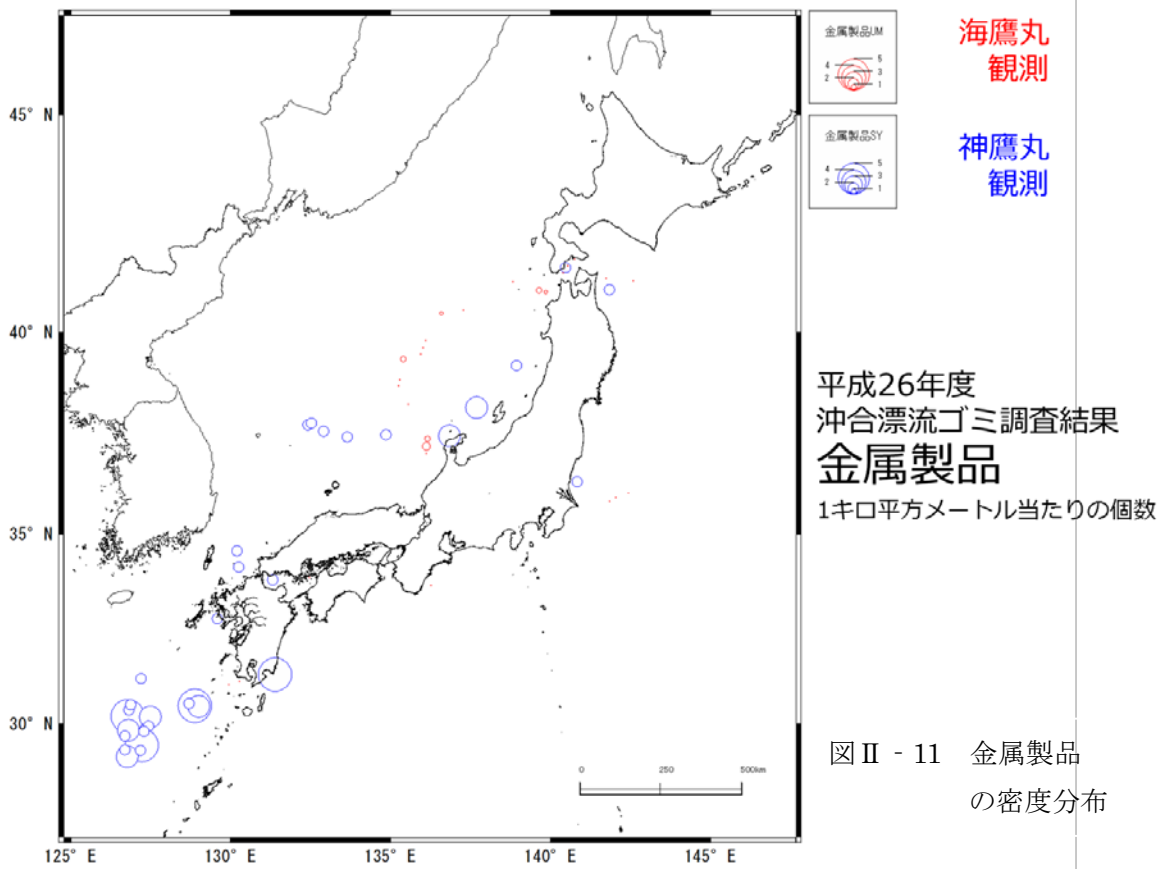
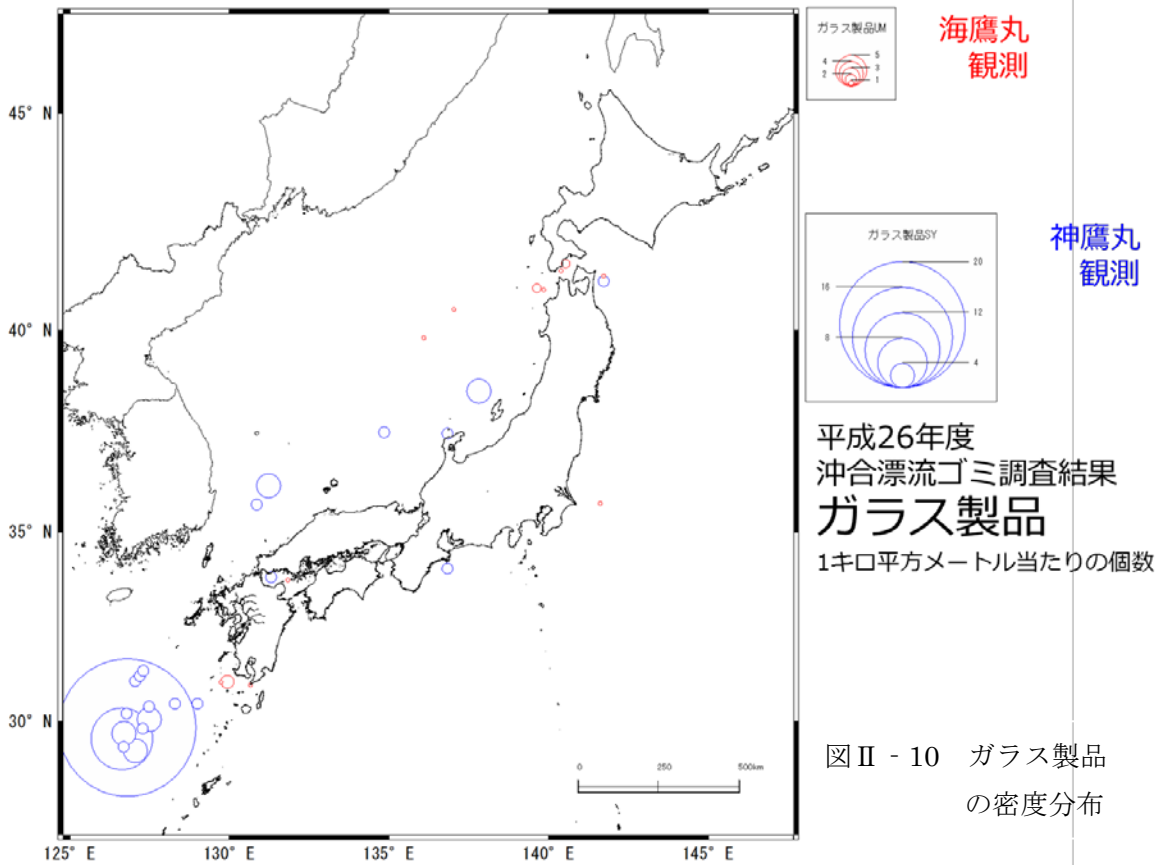
図Ⅱ-9 漁具（漁網，ボンデン・浮子，その他の漁具）の密度分布

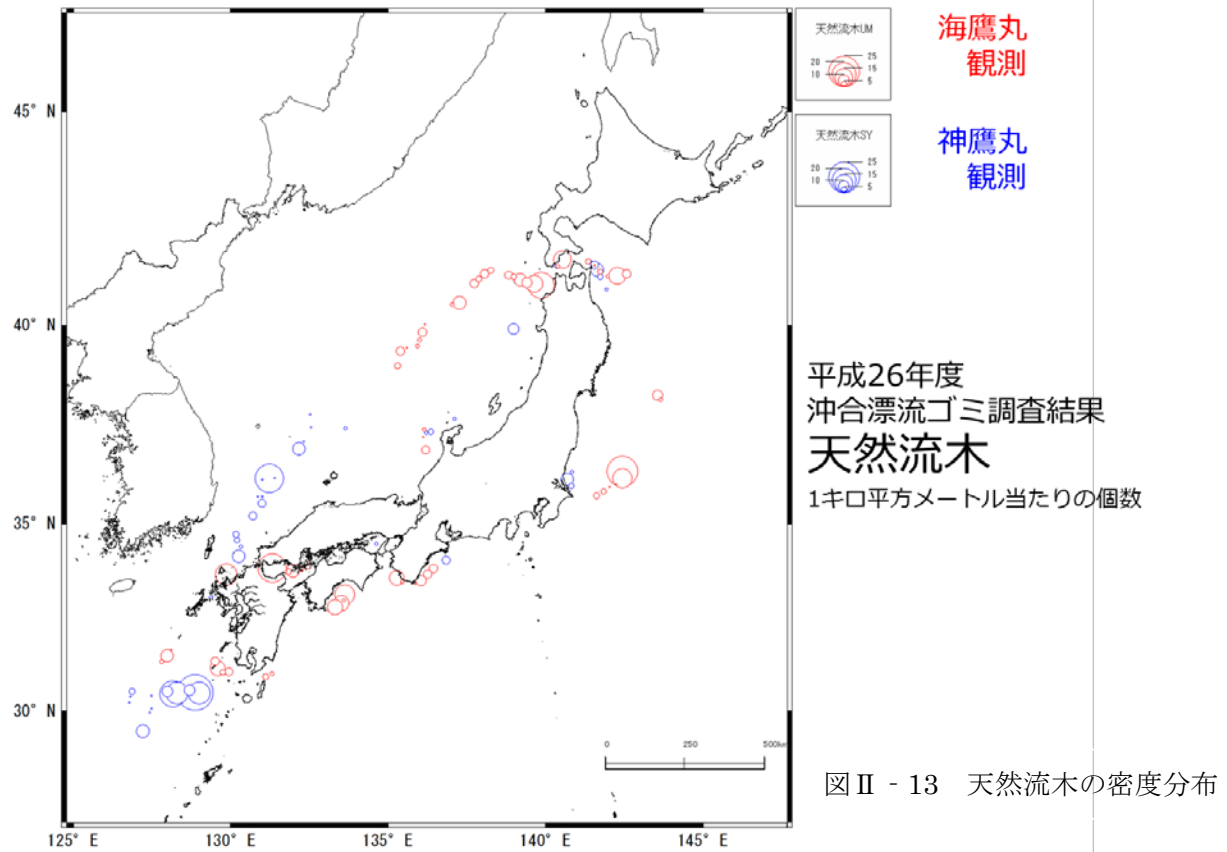
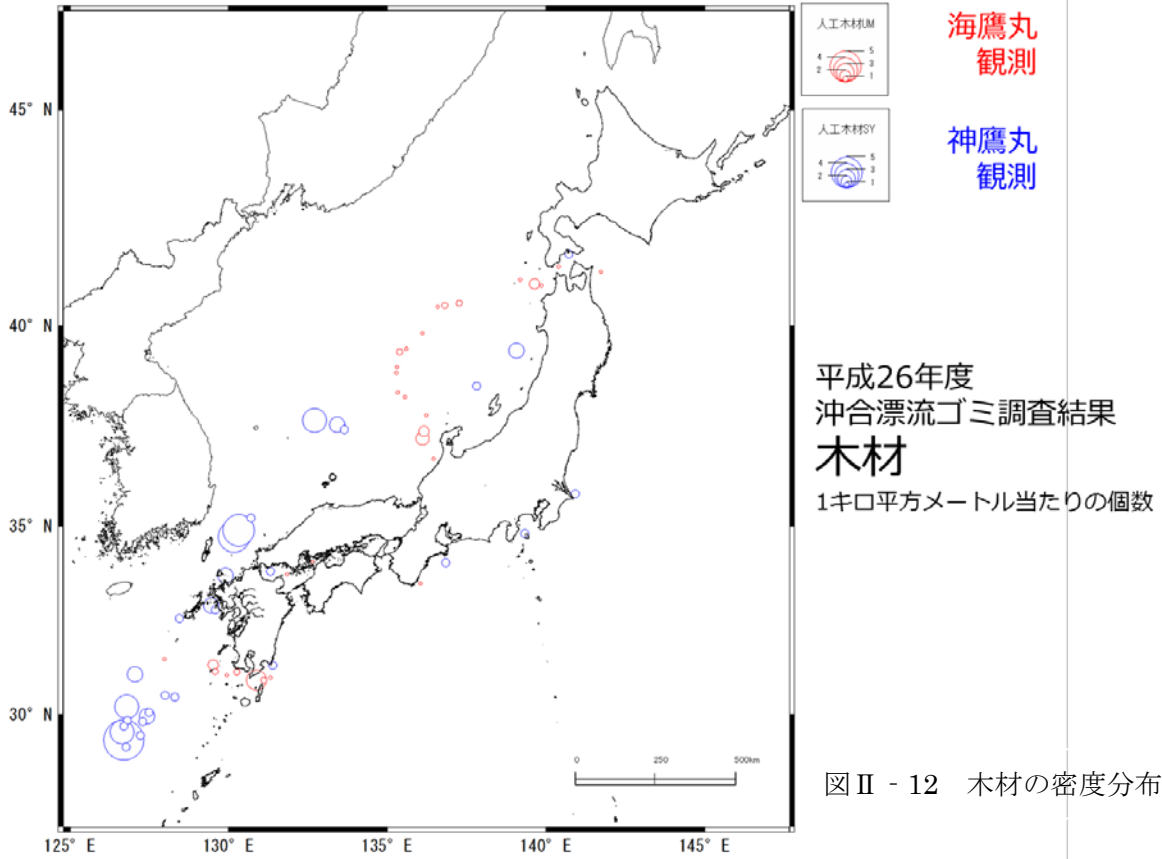
た漁具ではなく、まだ操業中のものであった可能性もある。

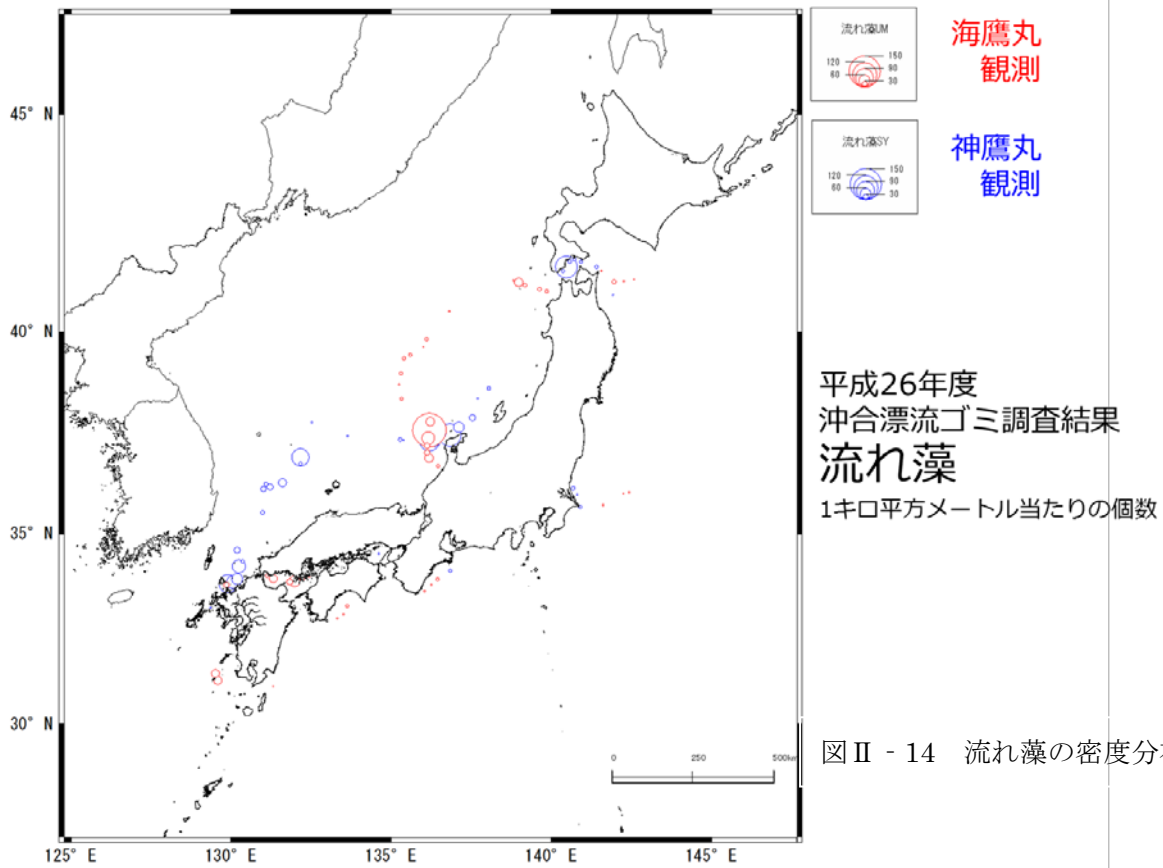
ガラス製品は東シナ海の特に関中中間水域で多数発見された（図Ⅱ-10）。このガラス製品の多くは緑色の小型の瓶であった。金属製品もまた、ガラス製品と同様に、東シナ海で多く発見された（図Ⅱ-11）。これらは、飲料缶や塗料缶などであり、ある程度の期間が過ぎるうちに、海中に沈んでいく可能性があると思われる。

木材もプラスチック類の漂流ゴミと同じように東シナ海から対馬海峡において比較的多く発見された（図Ⅱ-12）。天然流木については、日中中間水域よりも九州に近いところのみならず、瀬戸内海や土佐湾、津軽海峡、茨城県沖などで多く見られ、人工物である木材とはやや異なる分布を示した（図Ⅱ-13）。流れ藻は比較的日本の沿岸近く、能登半島北西海域や九州北岸、瀬戸内海で比較的多く発見されており、太平洋側の沿岸ではあまり発見されていない（図Ⅱ-14）。

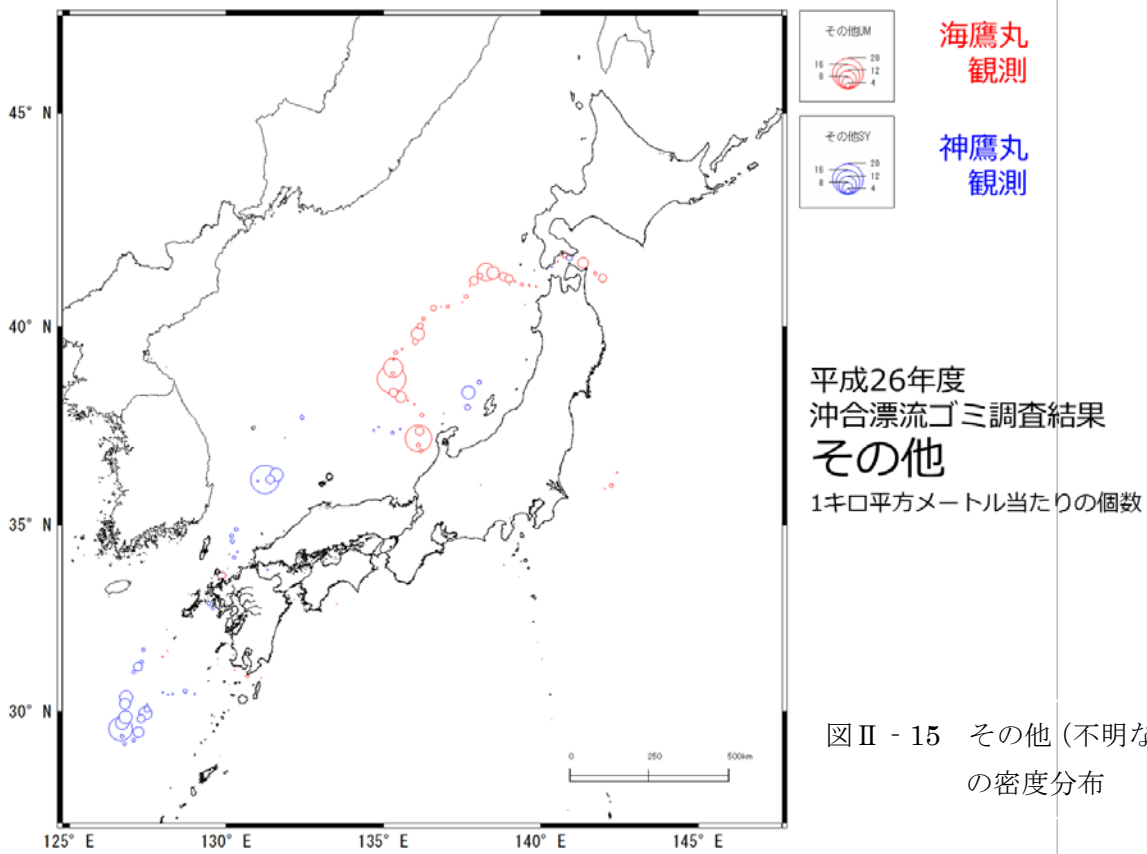
以上のように、全体的に日本海側に比べて、太平洋側では漂流ゴミが少ない傾向にある。また、日本海のほぼ中央部である大和堆付近でも漂流ゴミが発見されるなど、日本海側では広くプラスチック類が漂流していることが分かった。特に、東シナ海と対馬海峡から日本海に入ったあたりに、発泡スチロールやペットボトル、プラスチック片とシートが分布していた。これらは、東シナ海から日本海に流入している可能性を示すものであり、日本海で滞留した漂流ゴミは、冬季の北風によって日本の沿岸に漂着している可能性が考えられる。







図Ⅱ - 14 流れ藻の密度分布



図Ⅱ - 15 その他 (不明など) の密度分布

4. 今後の課題について

4-1. 漂流ゴミの資源量推定について

今年度は、海鷹丸と神鷹丸による漂流物の種類別の発見関数を求めて、調査を行ったレグ（1時間の観測）ごとに、種類別の密度を推定した。この推定した分布密度から、漂流ゴミの資源量を種類別に推定するには、種類別に各海域を区分けして、その面積を求める必要がある。漂流物の分布が似通った海域の範囲を調べるために、平成26年度に航跡上で綿密に調査を行い、またカバーできる海域を広げるためにジグザグ航走を行ったのではあるが、そうしたジグザグでも十分にカバーしきれた訳ではない。今後は、大まかにでも海流系などを考慮して区分けを行い、漂流ゴミの資源量の推定することに取り組むことで早急に全体の漂流ゴミの資源量を見積もるべきと考える。また、今後も目視観測の航行範囲を広げて、海域の区分けの情報を蓄積することも推定精度の向上には必要と考えられる。

平成26年度については、主に日本海側について綿密に目視観測を行った。10月における海鷹丸による第43次航海が台風によって大幅に航路を変更したことで、太平洋側での目視観測が不足している。次年度以降の調査では、東京を出航した後すぐに目視観測を始めて、九州沿岸までをカバーした調査を設定したい。

4-2. 漂流ゴミの発生源について

今年度の結果からも、漂流物の種類によって、高密度に分布する海域が大きく異なった。比較的漂流において、風や流れの影響を同じように受けるとされる漂流物でも分布が異なったことは、その発生源の違いが考えられる要因であろう。例えば、発泡スチロールは、東シナ海や日本海での分布に比べて、対馬海峡で特異的に多かった。東シナ海から対馬海峡を通過する際に、ある程度は集約された可能性も否定できないものの、九州沿岸と韓国南岸が多島海をなして、養殖が盛んであることを考えると、そうした養殖施設からの流出した可能性が考えられる。ペットボトルやプラスチック片、ガラス製品は東シナ海で多く見られた。ペットボトルやプラスチック片は比較的きれいな状態で漂流していたことから、そう遠くない時期に海に入ったことが予想される。また、ここでのガラス製品とは、多くが中国や韓国で良く好まれる焼酎の瓶であった。また、特に日中の中間水域では、本調査が行われた時点で、多くの中国漁船が操業していた。海洋における漂流ゴミの起源のひとつとして、河川からの流入だけではなく、こくした漁船からの投棄についても可能性を検討するべきであり、もし船からの投棄があるとするならば、しっかりとした指導が今後必要となるものと思われる。

4-3. 発見関数と半有効探索幅に影響する要因について

予想されたとは言え、船の規模が異なると、発見関数は異なるものとなった。これには、主に両船の規模の違いによって、観測者が立つ舷の高さと視野の取り方が影響したものと思われる。特に、観測者の視線の位置がより高い海鷹丸の方が、すべての漂流物種類で半有効探索幅が大きかった。これは、高い位置からみることで、遠くまで見渡せるといった効果によるものと思われる。こうした距離がどこまで見えるかについては、この半有効探索幅を用いることで標準化ができていると考えられる。しかしながら、一方で海鷹丸のように眼高が高いほど海面までの距離があるために、小さな漂流ゴミは見落とされた可能性がある。これは直接に推定した密度に影響してくるので、両船で大きさカテゴリ別の組成を比較するなどして、こうした効果の可能性について今後検討する必要がある。

また、いずれの船でも、ごく舷側に近いところでは、発見個数が少ないことがしばしば見られた。これは、遠くまで漂流物を見つけようとする、足元には視線がとどかなることがあったことによるもの

と思われる。こうした舷側にごく近いところでの観測見落としは、船にはあまり近づかない鯨類などの目視観測ではあまり見られない問題として興味深い。こうした船体近くでの発見の過小評価については、エチゼンクラゲでも同様のことが報告され、その解決のためのモデルが提案されている。より単純な方法として、こうした過小評価の可能性のある船体近くのデータを用いない方法（いわゆるデータの切断、left truncation）も含めて、今後その扱いを検討するべきと考えられる。

いくつかの漂流物の種類では、大きさや色によって半有効探索幅が異なった。一般的には、大きなものは遠くまで発見が可能であった。こうしたことから、漂流物の大きさ別に半有効探索幅を求めて密度を推定していく、あるいは、漂流物の大きさを共変量に組み込んでことが望ましいものと思われる。平成 26 年度の目視観測では、両舷で観測を行うのではなく、波風や海面の反射を考慮して観測環境の良好な片舷だけで観測を実施した。それでも、ジグザグの航路をとったために、波風が強くなって観測に影響を及ぼすことが時折見られた。こうした観測環境もまた発見関数の共変量となりうるものであり、今後こうした分析も取り組むべきと考えられる。こうした観測対象物の大きさや色などの特徴、あるいは観測環境を詳細に取り入れた分析は、鯨類の調査など発見数がある程度限られる場合では検出が難しいと思われる。これに対して、発見数が多数になるこうした漂流物の目視観測では、標本数が多数になり十分な検討が可能となると思われる。鯨類の資源量推定のために発達してきた船からのライントラセクト法ではあるが、本事業での漂流物で蓄積された共変量は、鯨類や海洋での目視観測の分析への貢献も学術的に意義あるものと思われる。

Ⅲ. 海表面を浮遊するマイクロプラスチックに係る調査

1. 調査目的

人為的な海ごみの七割を占める廃プラスチックは、その大きさ(δ)よりマクロ・プラスチック(元の形状を残すもの)、メソ・プラスチック($\delta > 5\text{mm}$ の微細片)、マイクロ・プラスチック($5\text{mm} > \delta > \text{数}\ \mu\text{m}$)、そしてナノ・プラスチック($\delta < \text{数}\ \mu\text{m}$)に分類される(Andrady, 2011; Cole et al., 2011)。そのうち、マイクロ・プラスチックやナノ・プラスチックには、製造過程で洗顔剤や歯磨き粉等に混入され、使用後に環境流出した一次生産物(primary microplastics)がある。加えて深刻であるのは、海岸で劣化したプラスチックごみが破碎して生じた二次生産物(secondary microplastics)である。本調査では、物理的視点に立って、これらプラスチック微細片の漂流過程を精査するべく実施された。我々は、これまで西部瀬戸内海でプラスチックの採取を行い、観測した漂流密度分布と整合するような、ストークス・ドリフトを含む沿岸海域での輸送系を提案した(Isobe et al., 2014)。昨年には、世界周回航路でのマイクロ・プラスチックの漂流密度分布も報告されており(Cozar et al, 2014)、最近になって、このテーマの研究報告が急速に増加している。現在、我々は、プラスチックの大消費地から、沿岸海洋を越えた海洋への流出過程に注目している。そこで、東京海洋大の練習船2隻運用体制での日本周回航路で採取を行い、分布状況を調査して、輸送系を明らかにする研究に着手した。ここでは、本年度に採取した試料を元に調査結果を速報する。

世間一般の認識として、いわゆる海ごみとは、海岸景観を損なうマクロ・プラスチックのことだろう。これに対して、海岸砂に混じるか海面下を浮遊する微細片は目に留まりにくい。それにもかかわらず、「mesoplastics」「microplastics」「nanoplastics」をトピックにした論文は、最近5年間で急増している(磯辺ほか, 2014)。研究者が微細片に注目する動機は種々あろうが、そのうち海洋生態系への潜在的なリスクについて、本年度の結果を記載する前に触れておきたい。

海洋表層を浮遊する魚卵稚子やプランクトンの採取には、よくニューストーンネット(目合0.3mm程度)を用いる。微細片採取にも、この目合のネットを使うことが多い。当然ながら0.3mm以下の微細片は採取できない。しかし、あまりに小さな微細片を計量する手法は確立されておらず、この辺りのサイズが研究で取り扱う限界となっている。我々も、2010年から2012年にかけて瀬戸内海の測点において、同じ目合のニューストーンネットを調査船で曳網し、微細片を採取した(Isobe et al., 2014)。その後、実験室での顕微鏡観察を通して微細片サイズを計量し、サイズ別の漂流密度(単位海水体積当たりの漂流個数)を得た。なお、本年度の調査に当たって分析手法は、すべてIsobe et al. (2014)に準拠している。サイズ組成をみれば、1mm前後で漂流密度の大きいことがわかった。動物プランクトンに近い大きさの微細片は、誤食を通して容易に生態系に混入するだろう。実際に、これまで実海域で採取された甲殻類や魚類の内蔵より微細片が発見され、あるいは貝類体内への微細片の移行を確認した実験結果もある(磯辺ほか, 2012)。

一方で、微細片には有害物質が含まれ、これが誤食を介して生物体内に摂取される可能性がある。最近になって、微細片を体内に取り込んだメダカに、肝機能障害が発現したとの実験も報告された(Rocheman et al. 2013)。もっとも、汚染物質の移行媒体となる可能性は、微細片のみならず、海洋生物が摂取する全ての浮遊懸濁物にある。そのなかで、特に微細片が抜きんで多量の有害物質を生態系に運び入れる媒体か、今のところ確かな証拠はない。しかし、環境流出が続く廃プラスチックは、微細化して

も自然に分解することがない。この世界は廃プラスチックの袋小路なのである。今後、袋小路の中で微細片の漂流密度が増加し続ければ、いつかは海洋生態系への化学汚染物質の輸送媒体として、最も危険なパスを形成するかもしれない。ただ、微細片の生成・漂流過程の解明に取り組んだ研究は、未だほとんどない。漂流密度の増加率どころか、そもそも微細片が長期的に増加しているか否かも判然としない。微細片に関する知見は、全てが断片的なのである。

2. 調査手法

2-1 対象海域と採集回数

次の対象海域で、原則として朝昼夕の1回ずつの採集を実施した(図1と表1,2)。海鷹丸第42次航海(東京～高知～長崎～金沢～函館～東京)において、高知～長崎間で6回、金沢～函館間で11回程度、函館～東京間で7回程度の採集を行った(計24回)。神鷹丸第93次航海(東京～神戸～博多～輪島～函館～大洗～東京)において、博多～輪島間で16回程度、輪島～函館間で4回程度、函館～大洗間で4回程度の採集を行った(計24回)。図には示していないが、これ以外にも東シナ海と瀬戸内海において採取を実施している。

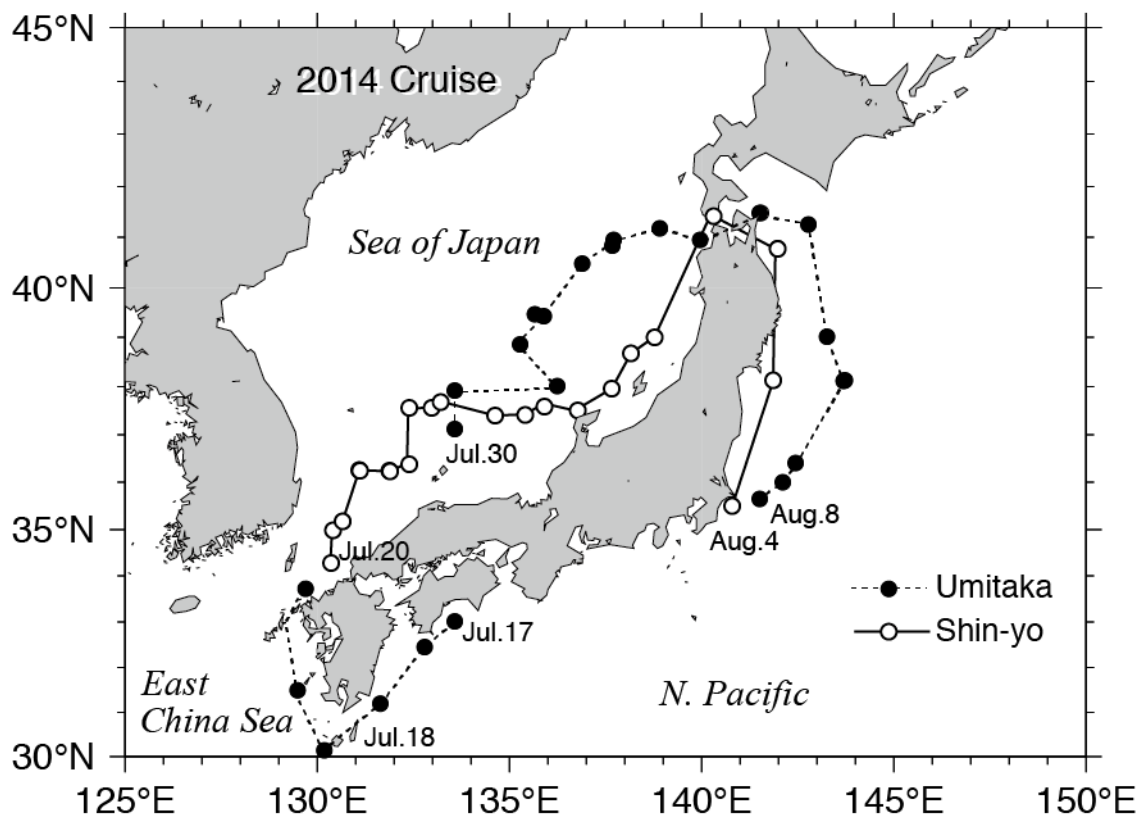


図1 調査位置

表1 神鷹丸のマイクロ・プラスチック調査日時および位置

| 曳網No. | 日付 | 開始時刻 | 終了時刻 | 開始緯度 | | | 開始経度 | | | 終了緯度 | | | 終了経度 | | | 風向 | 風速 | 船速 | 針路 | ろ水計 |
|-------|-------|-------|-------|------|--------|---|------|--------|---|------|--------|---|------|--------|---|-----|------|-----|-----|-------|
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 7月20日 | 13:17 | 13:39 | 34 | 16.586 | N | 130 | 21.829 | E | 34 | 17.191 | N | 130 | 22.443 | E | 323 | 6.5 | 2.1 | 36 | 4320 |
| 2 | 7月20日 | 18:08 | 18:31 | 34 | 59.018 | N | 130 | 24.589 | E | 34 | 59.55 | N | 130 | 25.156 | E | 011 | 4.3 | 2.0 | 34 | 5870 |
| 3 | 7月21日 | 06:02 | 06:05 | 35 | 10.118 | N | 130 | 40.006 | E | 35 | 10.286 | N | 130 | 40.186 | E | 078 | 4.0 | 2.1 | 43 | |
| 4 | 7月21日 | 06:09 | 06:30 | 35 | 10.431 | N | 130 | 40.246 | E | 35 | 11.224 | N | 130 | 41.069 | E | 078 | 4.0 | 2.7 | 43 | 2560 |
| 5 | 7月21日 | 13:02 | 13:23 | 36 | 15.476 | N | 131 | 5.742 | E | 36 | 15.046 | N | 131 | 6.439 | E | 096 | 4.1 | 2.3 | 129 | 4890 |
| 6 | 7月21日 | 13:33 | 13:54 | 36 | 14.874 | N | 131 | 6.716 | E | 36 | 14.537 | N | 131 | 7.322 | E | 161 | 5.3 | 2.0 | 129 | 1260 |
| 7 | 7月21日 | 17:58 | 18:08 | 36 | 14.878 | N | 131 | 53.241 | E | 36 | 14.663 | N | 131 | 53.648 | E | 189 | 5.5 | 2.2 | 129 | 11050 |
| 8 | 7月21日 | 18:26 | 18:37 | 36 | 14.267 | N | 131 | 54.375 | E | 36 | 14.025 | N | 131 | 54.833 | E | 208 | 5.3 | 2.1 | 129 | 11050 |
| 9 | 7月22日 | 05:54 | 06:15 | 36 | 22.636 | N | 132 | 23.69 | E | 36 | 23.549 | N | 132 | 23.548 | E | 354 | 7.0 | 2.0 | 330 | 4350 |
| 10 | 7月22日 | 13:02 | 13:23 | 37 | 33.305 | N | 132 | 24.17 | E | 37 | 34.016 | N | 132 | 24.88 | E | 043 | 6.6 | 2.5 | 35 | 3930 |
| 11 | 7月22日 | 18:01 | 18:21 | 37 | 33.441 | N | 132 | 59.384 | E | 37 | 34.374 | N | 132 | 58.747 | E | 219 | 7.0 | 3.0 | 338 | 3360 |
| 12 | 7月23日 | 06:00 | 06:20 | 37 | 40.767 | N | 133 | 12.623 | E | 37 | 40.645 | N | 133 | 13.628 | E | 208 | 8.5 | 2.1 | 100 | 4340 |
| 13 | 7月23日 | 13:03 | 13:24 | 37 | 23.711 | N | 134 | 38.27 | E | 37 | 23.979 | N | 134 | 39.325 | E | 230 | 7.3 | 2.0 | 50 | 2800 |
| 14 | 7月23日 | 18:00 | 18:22 | 37 | 24.619 | N | 135 | 24.813 | E | 37 | 25.207 | N | 135 | 35.736 | E | 185 | 10.0 | 2.3 | 51 | 4640 |
| 15 | 7月24日 | 06:01 | 06:22 | 37 | 35.477 | N | 135 | 54.866 | E | 37 | 34.894 | N | 135 | 55.433 | E | 242 | 6.0 | 1.9 | 152 | 3780 |
| 16 | 7月24日 | 12:00 | 12:21 | 37 | 30.709 | N | 136 | 47.011 | E | 37 | 30.361 | N | 136 | 48.131 | E | 245 | 7.1 | 2.0 | 135 | 1320 |
| 17 | 7月26日 | 13:03 | 13:24 | 37 | 57.729 | N | 137 | 40.424 | E | 37 | 58.545 | N | 137 | 40.788 | E | 255 | 5.2 | 2.0 | 0 | 8420 |
| 18 | 7月26日 | 18:02 | 18:23 | 38 | 41.074 | N | 138 | 10.304 | E | 38 | 41.711 | N | 138 | 11.249 | E | 225 | 6.0 | 2.3 | 65 | 1290 |
| 19 | 7月27日 | 06:00 | 06:22 | 39 | 0.137 | N | 138 | 47.443 | E | 39 | 0.641 | N | 138 | 48.609 | E | 281 | 8.7 | 2.1 | 20 | 6040 |
| 20 | 7月28日 | 6:00 | 6:22 | 41 | 25.026 | N | 140 | 18.995 | E | 41 | 25.842 | N | 140 | 20.688 | E | 279 | 9.5 | 2.0 | 55 | 2330 |
| 21 | 7月30日 | 13:13 | 13:34 | 41 | 28.985 | N | 141 | 33.271 | E | 41 | 28.569 | N | 141 | 33.852 | E | 122 | 3.3 | 3.4 | 145 | 2827 |
| 22 | 7月30日 | 18:00 | 18:06 | 40 | 47.357 | N | 141 | 59.272 | E | 40 | 47.132 | N | 141 | 59.351 | E | 164 | 5.5 | 2.0 | 157 | 3260 |
| 23 | 7月30日 | 18:18 | 18:33 | 40 | 46.789 | N | 141 | 59.459 | E | 40 | 46.327 | N | 141 | 59.607 | E | 168 | 4.5 | 2.0 | 157 | 10620 |
| 24 | 8月1日 | 18:00 | 18:21 | 38 | 7.980 | N | 141 | 51.965 | E | 38 | 7.096 | N | 141 | 51.898 | E | 318 | 3.9 | 2.0 | 205 | 2820 |
| 25 | 8月4日 | 18:00 | 18:21 | 35 | 30.08 | N | 140 | 47.67 | E | 35 | 29.38 | N | 140 | 47.193 | E | 196 | 11.0 | 2.0 | 209 | 10360 |

表2 海鷹丸のマイクロ・プラスチック調査日時および位置

| 曳網No. | 日付 | 開始時刻 | 終了時刻 | 開始緯度 | 開始経度 | 終了緯度 | 終了経度 | 風向 | 風速 | 船速 | 針路 | ろ水計 |
|-------|-------|--------|--------|--------------|---------------|--------------|---------------|-----|-----|-----|-----|-------|
| 1 | 7月17日 | 13時21分 | 13時41分 | 33-00.9919 N | 133-35.4846 E | 33-00.5529 N | 133-36.6007 E | 121 | 4.9 | 2.0 | 115 | 3470 |
| 2 | 7月17日 | 18時14分 | 18時34分 | 32-27.3429 N | 132-48.2783 E | 32-48.5869 N | 132-48.5869 E | 218 | 2.1 | 1.5 | 260 | 3610 |
| 3 | 7月18日 | 6時01分 | 6時21分 | 31-08.3513 N | 131-24.4821 E | 31-07.7786 N | 131-25.0087 E | 28 | 1 | 1.9 | 206 | 1610 |
| 4 | 7月18日 | 13時08分 | 13時28分 | 31-09.4531 N | 130-09.4132 E | 31-09.1846 N | 130-08.6548 E | 179 | 2.1 | 2.3 | 265 | 1840 |
| 5 | 7月18日 | 18時14分 | 18時34分 | 31-28.9213 N | 129-31.7478 E | 31-29.4368 N | 129-31.7760 E | 243 | 0.8 | 2.2 | 354 | 3700 |
| 6 | 7月19日 | 6時05分 | 6時15分 | 33-39.3046 N | 129-48.7190 E | 33-39.6309 N | 129-49.1864 E | 210 | 2.9 | 2.3 | 063 | 1598 |
| 7 | 7月30日 | 13時43分 | 14時05分 | 37-07.6072 N | 136-07.7142 E | 37-08.4873 N | 136-07.4812 E | 234 | 4.3 | 2.4 | 006 | 2575 |
| 8 | 7月30日 | 18時11分 | 18時31分 | 37-54.7026 N | 136-13.1872 E | 37-55.0898 N | 136-12.5816 E | 234 | 2.3 | 2.0 | 006 | 3840 |
| 9 | 7月31日 | 6時00分 | 6時20分 | 38-00.7449 N | 136-15.4521 E | 38-00.8729 N | 136-14.0561 E | 199 | 4.2 | 2.0 | 274 | 9880 |
| 10 | 7月31日 | 13時26分 | 13時46分 | 38-51.7910 N | 135-17.3828 E | 38-52.3709 N | 135-18.0184 E | 237 | 3.3 | 3.3 | 50 | 560 |
| 11 | 7月31日 | 18時13分 | 18時33分 | 39-27.9828 N | 135-40.0035 E | 38-28.1260 N | 135-46.1927 E | 233 | 5.7 | 2.2 | 80 | 8405 |
| 12 | 8月1日 | 6時00分 | 6時20分 | 39-25.8367 N | 135-53.9700 E | 39-26.4492 N | 135-54.4146 E | 227 | 5.4 | 1.8 | 34 | 11660 |
| 13 | 8月1日 | 13時40分 | 14時00分 | 40-29.3183 N | 136-54.2091 E | 40-29.3092 N | 136-55.3650 E | 290 | 1.8 | 3.2 | 78 | 14460 |
| 14 | 8月1日 | 18時08分 | 18時28分 | 40-50.3926 N | 137-41.4062 E | 40-50.8546 N | 137-41.3057 E | 156 | 1 | 1.6 | 21 | 22798 |
| 15 | 8月2日 | 6時00分 | 6時20分 | 40-57.5263 N | 137-42.5348 E | 40-57.9488 N | 137-43.4898 E | 273 | 1.8 | 2.1 | 32 | 31900 |
| 16 | 8月2日 | 13時00分 | 13時20分 | 41-11.0340 N | 138-55.471 E | 41-10.8534 N | 138-56.261 E | 314 | 1.1 | 1.9 | 130 | 34770 |
| 17 | 8月2日 | 18時05分 | 18時25分 | 40-56.8784 N | 139-58.171 E | 40-56.7017 N | 139-59.0283 E | 247 | 4.8 | 3.0 | 90 | 37985 |
| 18 | 8月6日 | 13時05分 | 13時25分 | 41-28.9799 N | 141-30.6189 E | 41-28.6767 N | 141-31.4973 E | 67 | 2.4 | 2.1 | 143 | 1560 |
| 19 | 8月6日 | 18時12分 | 18時32分 | 41-15.3207 N | 142-47.0120 E | 41-15.0750 N | 142-47.4969 E | 83 | 3.5 | 2.1 | 75 | 9330 |
| 20 | 8月7日 | 06時00分 | 6時20分 | 39-00.8190 N | 143-15.6465 E | 39-00.4149 N | 143-16.4679 E | 204 | 11 | 2.4 | 178 | 10170 |
| 21 | 8月7日 | 13時41分 | 14時01分 | 38-07.7838 N | 143-43.6250 E | 38-07.1770 N | 143-43.4595 E | 193 | 9.2 | 1.7 | 179 | 10160 |
| 22 | 8月7日 | 18時19分 | 18時39分 | 38-07.3018 N | 143-42.1823 E | 38-06.8434 N | 143-42.2334 E | 186 | 8.5 | 1.2 | 150 | 12280 |
| 23 | 8月8日 | 06時00分 | 06時20分 | 36-24.6598 N | 142-26.6616 E | 36-23.8609 N | 142-26.6008 E | 176 | 4.5 | 2.1 | 185 | 635 |
| 24 | 8月8日 | 13時16分 | 13時36分 | 36-00.2965 N | 142-06.5806 E | 36-00.0728 N | 142-06.3641 E | 129 | 2.3 | 1.2 | 234 | 6402 |
| 25 | | 時分 | 18時11分 | 35-39.3895 N | 141-30.5490 E | 35-39.0925 N | 141-30.0994 E | 222 | 2.3 | 1.5 | 221 | 9290 |

2-2 マイクロ・プラスチックの採集方法

濾水計を装着したニューストーンネット（気象庁(JMA)ニューストーンネット No.5552：口径，75cm 角（0.56m²）；測長 300cm；網地ニップ，目合：350 μm）を用いて，原則として2-3 ノットで20 分の曳網を行い，マイクロ・プラスチックの採集を行う。この採集時には，1 秒ごとの表層水温を記録するとともに，GPS による位置情報を取得する。採取されたサンプルは，プラスチック微細片とともに採取された生物種の腐敗を防ぐため，生物固定（ホルマリン固定：2%）を行い，ポリエチレン容器に保存する（写真 1）。

なお，濾水計の回転数から濾水量を算定するにあたっては，

$$\text{濾水量} = \text{回転数} \times 0.064 \text{m}^3 / \text{回} \times 0.5 \times 0.6$$

とした。ここで，0.064 は検定を経て導いた一回転当たりの濾水量である。写真 1 にある通り，開口部の半分の高さにブイを結んで常に海面を漂流する曳網を実施しており，このため濾水量は開口部面積の1/2 倍とした。また，同型のニューストーンネットで導いた抵抗係数 0.6 を乗じることで，曳網時の逆流による回転数の過大評価を補正した。

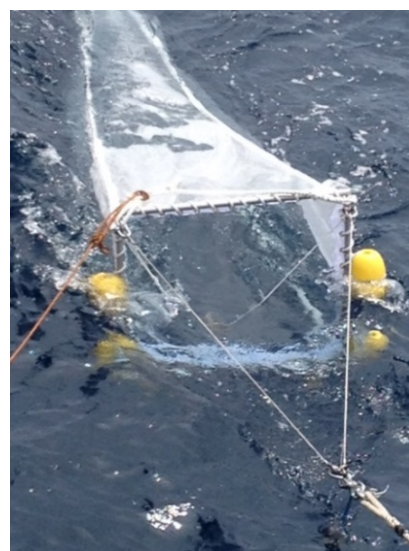
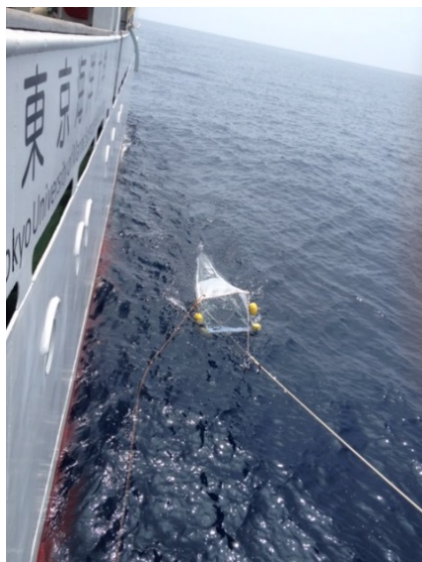


写真 1 ニューストーンネットの曳網風景と，ポリエチレン容器に採取した試料

2-3 標本の処理

1) 一次処理

得られた標本から微細片以外の大型夾雑物を取り除き、2.0mm と 300 μm のふるいにかけて。ふるいにかけてサイズ別分類を容易にした上で、シャーレに目視・手作業で分類した(写真2)。なお細かなものは吸引濾過ののち、フィルタに取り分けた。

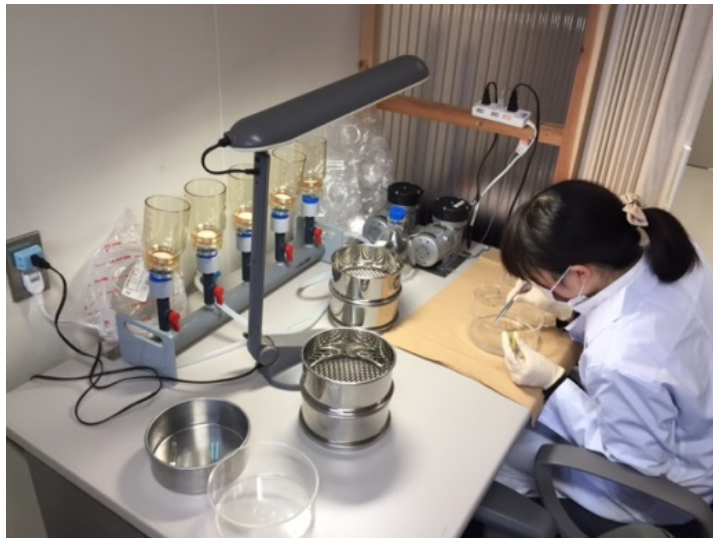


写真2 マイクロ・プラスチックの手作業による分別

2) 二次処理

1 mm 下回る微細片は、材質の判定が困難であり、FT-IR(写真3)で材質判定を行った。材質判定に当たっては大きさ 0.3-0.4mm が下限であって、この段階で、一次処理と併せてプラスチックのみが選り分けられる。



写真3 材質判定に用いた FT-IR

3) 三次処理

光学顕微鏡を通してモニタに拡大し、画像処理ソフトを用いて最大長さを測定した(写真4)。一測点ごとに、全ての微細片のサイズを計測した。測定した微細片サイズの範囲は $0.3 \text{ mm} < \sigma < 30 \text{ mm}$ とした。各海域での濾水量とプラスチック微細片の量から、それぞれ海水単位体積当たりの数を求めた。分析に当たっては、写真5にあるプラスチックと発泡スチロール、及び糸くずを対象とした。

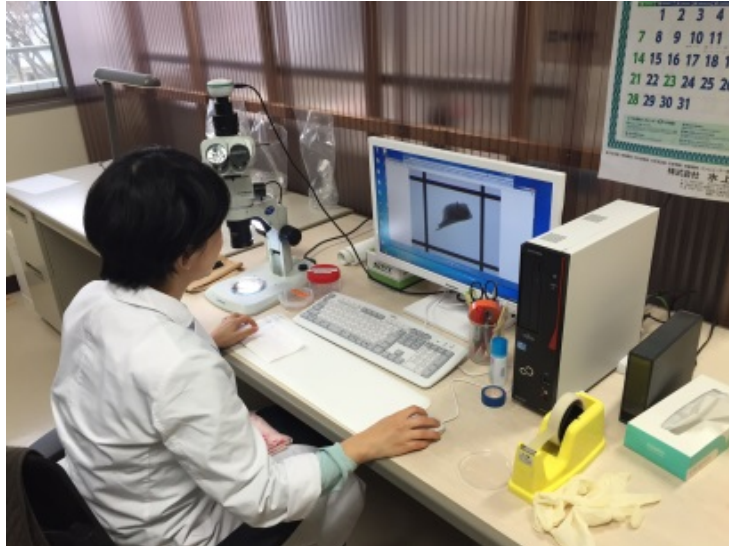


写真4 画像処理ソフトを用いたサイズ測定

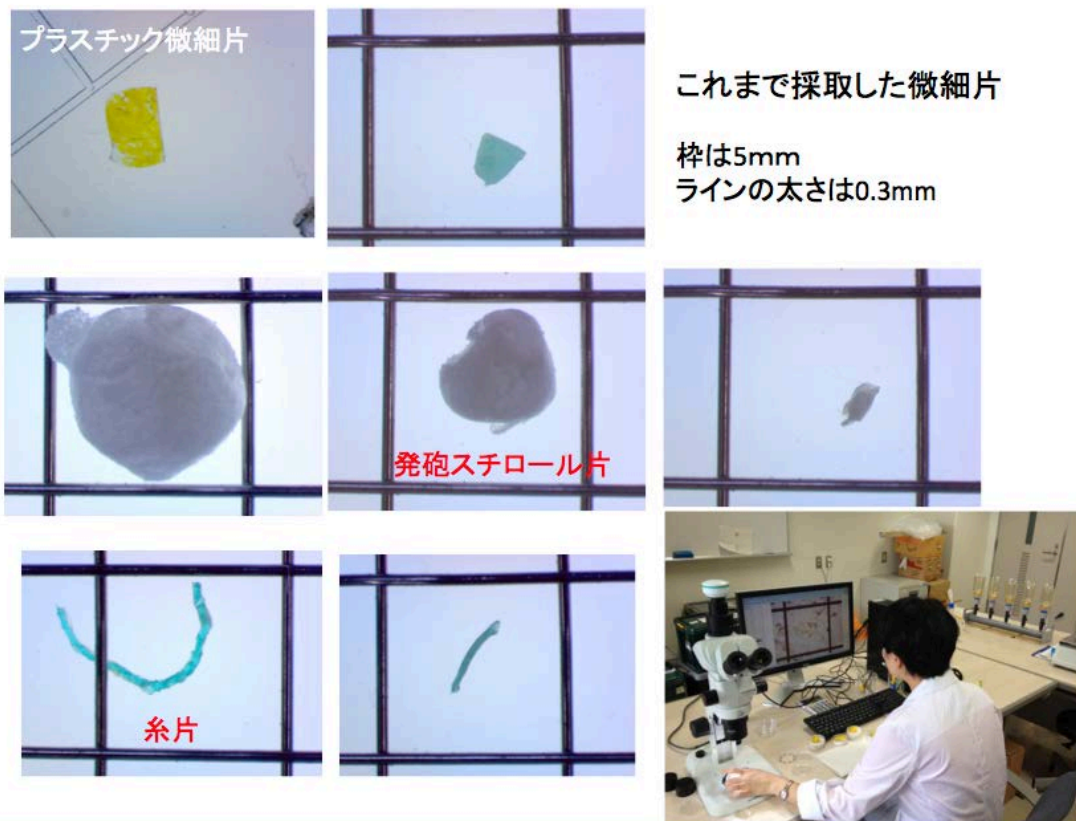


写真5 採取した微細片の例。枠は5mmで、ラインの太さは0.3mm

4) 安全管理

一連の分析作業については、プランクトン計量で配慮されるべき安全管理に準拠した。すなわち、ホルマリン 2% 溶液を扱うため、換気施設を強化した別室を実験室に設け(写真 6)、作業員には定期的な休息を取らせるとともに、白衣とゴム手袋、および作業中のマスク着用を義務づけた。また、マイクロ・プラスチック等のサンプルを取り出した海水は、いったんポリ容器に集積した後に、九州大学筑紫キャンパスに敷設されている廃液処理施設に持ち運び、適切な処理を施した。



写真 6 分析室。ホルマリンを含む海水処理のため、安全を考慮して換気を強化した別室を作成した。

3. 結果

3-1 海況

図 2 に本年度の調査期間中で平均した海面水温分布を示す。データソースは Jet Propulsion Laboratory (JPL) がウェブで提供している衛星統合データ(Global 1-km Sea Surface Temperature, GISST) である。観測開始日から終了日の期間で平均した空間分布を描いている。海洋過程のゆっくりとした時間変動を勘案すれば、平均分布は概ね観測航海時の海況を表していることが期待される。

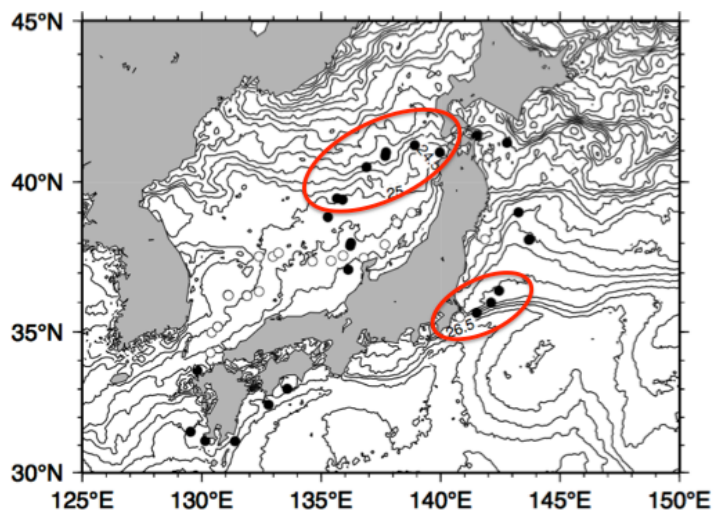


図 2 観測航海期間で平均した海面水温分布。海鷹丸測点は黒丸で、神鷹丸測点は白丸で示す。

特に赤丸で囲った部分に注目すれば、等温線が密になった潮目であることがわかる。本年度調査においては、潮目周辺の観測点は海鷹丸のものであって、神鷹丸測点は潮目から外れていたようである。四国沖における海鷹丸測点では潮目が観測されていないが、これは G1SST がマイクロ波を使った衛星観測を一部取り入れているために、岸近くでの観測精度が悪く、黒潮前線特有の前線波動に起因して形成される潮目が、うまく検出できなかったのであろう。実際、先の衛星画像を四国沖で拡大すれば(図3)、黒潮前線波動特有の舌状暖水構造が現れてくる。Isobe et al. (2010) で示されたような前線波動(図3右)と形状は酷似しており、前線波動の発達に伴う潮目の存在が示唆される。すわわち、本年度の観測は、総じて潮目周辺での採取を行った海鷹丸観測と、比較的潮目から離れた海域での観測が続いた神鷹丸観測に大別できるだろう。潮目では浮遊物の集積がみられるはずであって、両船が採取した試料にも量的な差が顕著であることが予想される。

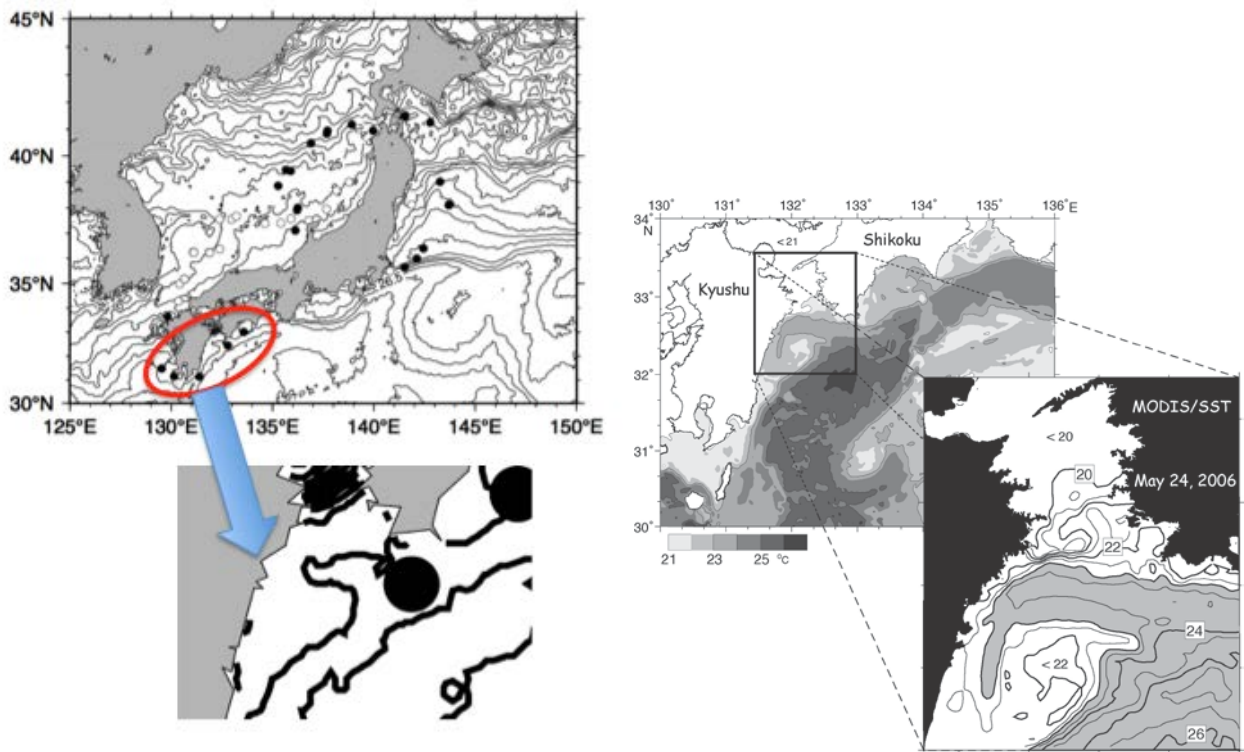


図3 観測期間中の海面水温分布と四国沖での拡大図(左)、および Isobe et al. (2010)で示された黒潮前線波動の衛星画像

3-2 サイズ別組成分布

単位海水体積中に浮遊していたプラスチック片(メソ・プラスチックとマイクロ・プラスチック)、発砲スチロール片、そして糸くずについて、図4にサイズ別の個数分布(以降、浮遊密度)を示した。

プラスチック片の浮遊数はサイズが小さくなるに従って大きくなるが(<5mm, <10 mm, <40 mm でバ一の目盛幅が異なることに注意)、これはサイズの大きなものが劣化した後、細片化を繰り返すことで数多くの微細片が形成されることを考えれば自然であろう。サイズが 0.5 mm を下回る当たりで浮遊密度は再び下降に転じる。このサイズで浮遊密度数が少なくなる可能性も否定はできないが、ニューストーンネットの目合が 0.3 mm であったことを勘案すれば、小さなものが網目をくぐり抜けて採取できなかった可能性か、あるいは小さすぎて目視による選り分けが困難であったものが多かった可能性がある。この 0.5 mm 程度を下回った大きさのマイクロ・プラスチックを効率よく採取する手法の確立は、未だなされておらず、この分野の研究においては大きな改善の余地と言える。

発砲スチロール片の浮遊密度については、プラスチック片と同様にサイズが小さくなるに従って大きくなるが、これもまた、サイズの大きなものが劣化した後、細片化を繰り返して微細片が形成されることを考えれば自然であろう。プラスチック片と同様に、サイズが 0.5 mm を下回る当たりで浮遊密度は再び下降に転じる。このサイズで浮遊密度数が少なくなる可能性も否定はできないが、ニューストーンネットの目合が 0.3 mm であったことを勘案すれば、小さなものが網目をくぐり抜けて採取できなかった可能性が高い。白色で柔らかな発砲スチロールは、プラスチック片と比較すれば生体由来の微細片と見分けが付きやすく、目視の際に見逃した可能性は低い。

5 mm を下回る糸くずは殆ど検出されていない。これによって、プラスチック片や発砲スチロールと比較すれば、その微細片化の進行は、およそ様態の異なることが示唆される。

5mm を下回る大きさで平均した、マイクロ・プラスチックと発砲スチロール、そして糸くずの浮遊密度を表3に示す。マイクロ・プラスチックの浮遊密度は、同じ解析を瀬戸内海で行った Isobe et al (2014)の 1.0 piece/m³と比較すれば、生活圏に近い沿岸域ではなく、採取された海域が外洋であることを考えれば非常に多い。このことは、マイクロ・プラスチックは、すでに生活圏を超えて、遍く大洋に浮遊していることを伺わせる。また、Isobe et al. (2014)の採取時で観察された動物プランクトンの浮遊密度が 32.7 piece/m³(未発表)であったことを考えても、浮遊数の多さは意外である。ただ、動物プランクトンの浮遊密度は季節や場所によって大きく異なるため、これらの数値の比較は慎重でありたい。今後は、調査時に採取した動物プランクトンを実験室に持ち帰り、プラスチック片と同時に計量する手法をとるべきであろう。

表3 サイズが 5 mm 以下のマイクロ・プラスチック、発砲スチロール、糸くずの浮遊密度

| | |
|-------------|-----------------------------|
| マイクロ・プラスチック | 2.4 (piece/m ³) |
| 発砲スチロール | 1.2 |
| 糸くず | 0.13 |

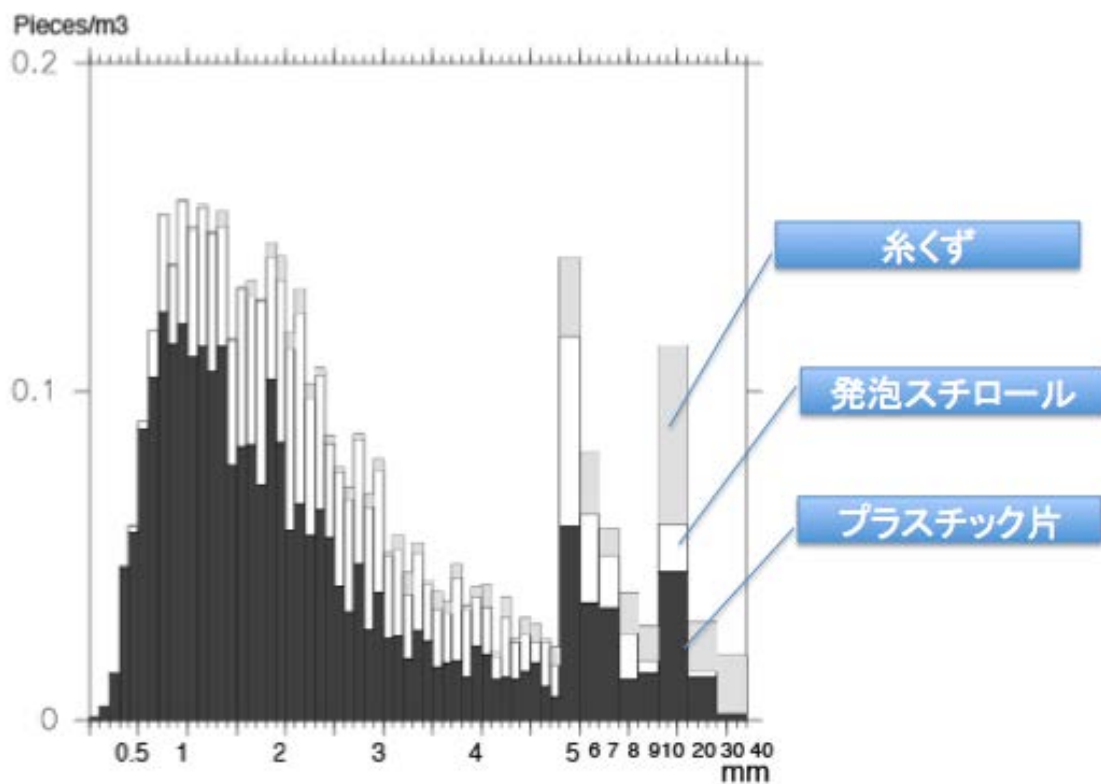


図4 単位海水体積中のサイズ別個数分布

図5には、海鷹丸と神鷹丸が採取した試料を分けて、サイズ別浮遊密度分布を示す。また、5mmを下回る大きさで平均した、マイクロ・プラスチックと発泡スチロール、そして糸くずの浮遊密度を表4に示す。

表4 サイズが5 mm以下のマイクロ・プラスチック、発泡スチロール、糸くずの浮遊密度

| | 海鷹丸 | 神鷹丸 |
|-------------|-----------------------------|-----------------------------|
| マイクロ・プラスチック | 4.2 (piece/m ³) | 0.6 (piece/m ³) |
| 発泡スチロール | 2.0 | 0.5 |
| 糸くず | 0.2 | 0.07 |

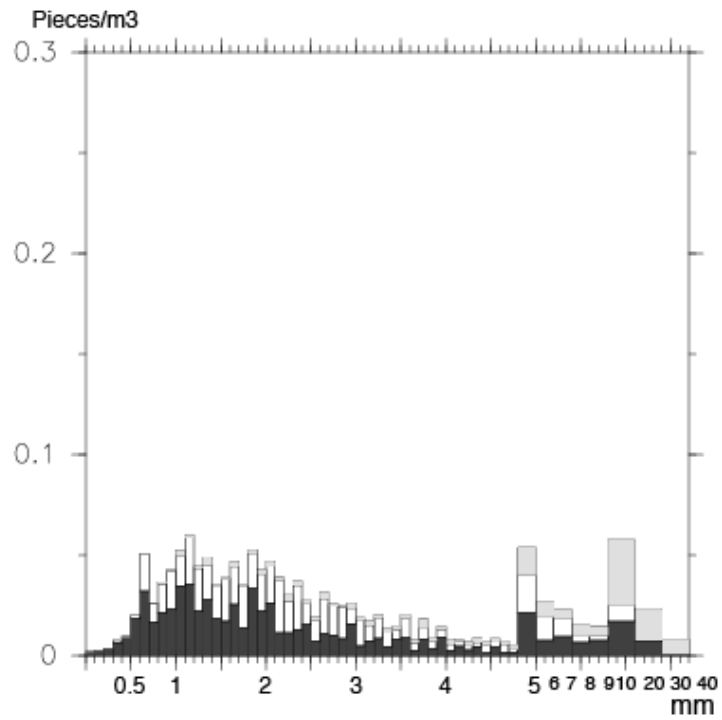
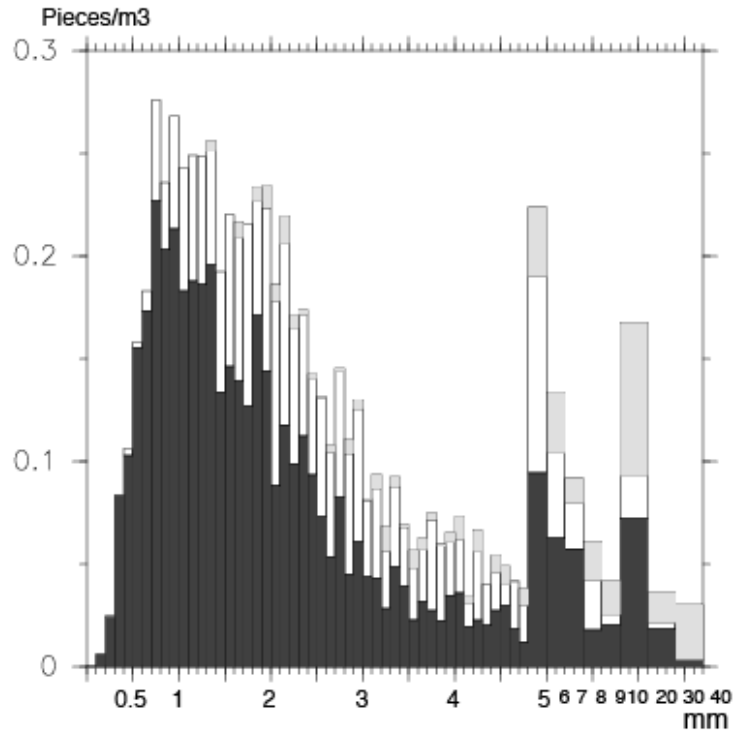


図5 単位海水体積中のサイズ別個数分布。上が海鷹丸で下が神鷹丸によって採取されたサンプル。バーの意味は図4と同じ。

両船ともに、プラスチック片の浮遊数はサイズが小さくなるに従って大きくなるが(<5mm, <10 mm, <40 mm でバーの目盛幅が異なることに注意)、これはサイズの大きなものが劣化した後、細片化を繰り返して微細片が形成されることを考えれば自然であろう。サイズが 0.5 mm を下回る当たりで浮遊密度は再び下降に転じる。このサイズで浮遊密度数が少なくなる可能性も否定はできないが、ニューストーンネットの目合が 0.3 mm であったことを勘案すれば、小さなものが網目をくぐり抜けて採取できなかった可能性か、あるいは小さすぎて目視による選り分けが困難であったものが、両船での採取データ共に多かった可能性がある。

両船の発泡スチロール片の浮遊密度については、プラスチック片と同様にサイズが小さくなるに従って大きくなるが、これもまた、サイズの大きなものが劣化した後、細片化を繰り返して微細片が形成されることを考えれば自然であろう。プラスチック片と同様に、サイズが 0.5 mm を下回る当たりで浮遊密度は再び下降に転じる。このサイズで浮遊密度数が少なくなる可能性も否定はできないが、ニューストーンネットの目合が 0.3 mm であったことを勘案すれば、小さなものが網目をくぐり抜けて採取できなかった可能性が高い。

5 mm を下回る糸くずは、両船共に殆ど検出されていない。プラスチック片や発泡スチロールと比較すれば、その微細片化の進行は、およそ様態の異なることが示唆される。

両船での採取結果の違いは、やはりその量にある。潮目周辺での採取機会が多かった海鷹丸の漂流密度分布は、マイクロ・プラスチックで7倍、発泡スチロール片で4倍、糸くずでも3倍程度、神鷹丸での採取よりも多い。潮目でのマイクロ・プラスチックの集積は、そのまま、潮目で高い生産性を持つ海洋生態系への混入の危険性が多いことを示唆しており、注目に値する結果と言える。

3-3 空間分布

プラスチック片にならって、発泡スチロール片と糸くずも、5mm を境にメソとマイクロに分け、空間分布をみてみよう。

マイクロ・プラスチック(図 6)はメソ・プラスチック(図 7)に比べて浮遊密度が高めであるが、一様な分布ではなく、海域によって密度に大きな差異が生じている。四国や九州の太平洋岸と、能登半島沖での密度が 2 piece/m³ 以上と高めである一方で、潮目から遠く離れた神鷹丸測点が多い山陰沖では、浮遊密度が少ない。メソ・プラスチックは三測点でのみ高い数値を示したが、総じてマイクロ・プラスチックよりも密度が低くなっていた。Isobe et al (2014)での瀬戸内海での観測では、総じてメソ・プラスチックは河口周辺と岸近くの測点でしか検出されていない(考察で後述)。本調査での調査は全て沖合での調査であって、メソ・プラスチックの浮遊密度の少なさは Isobe et al (2014)の結果と矛盾しない。

発泡スチロール片は、やはりメソ片(図 9)よりもマイクロ片(図 8)が多く浮遊していた。マイクロ・プラスチックの分布状況とは関連がみられず、すなわち、発生源か輸送過程が、両者で大きく異なることを示唆するものである。本調査と平行して実施された目視観測結果(本報告書参照のこと)によれば、大型の発泡スチロールゴミは対馬海峡周辺で数多く発見された。マイクロ片は対馬海峡ではあまり検出されず、むしろ対馬暖流沖合分枝の下流域に集中している。対馬海峡周辺で発生した後に、暖流に乗って移流されたのかもしれない。

マイクロ片(図 10)とメソ片(図 11)に関わらず、総じて、糸くずはあまり検出されていない。また、数ヶ所での検出に留まっており空間的な傾向は見えにくい。九州南部の一点では、プラスチック片、発泡スチロール片、そして糸くずともに高い値を示す測点がある。この測点では、ニューストーンネットに浮遊ゴミが混入し、これに付着した微細片が多く検出されたものである。この種の浮遊とはいえない微細片を計量すべきか否かは判断の別れるところであるが、本調査では、海洋を漂う状況であったことには変わらないため、他の測点と同様に処理をしている。

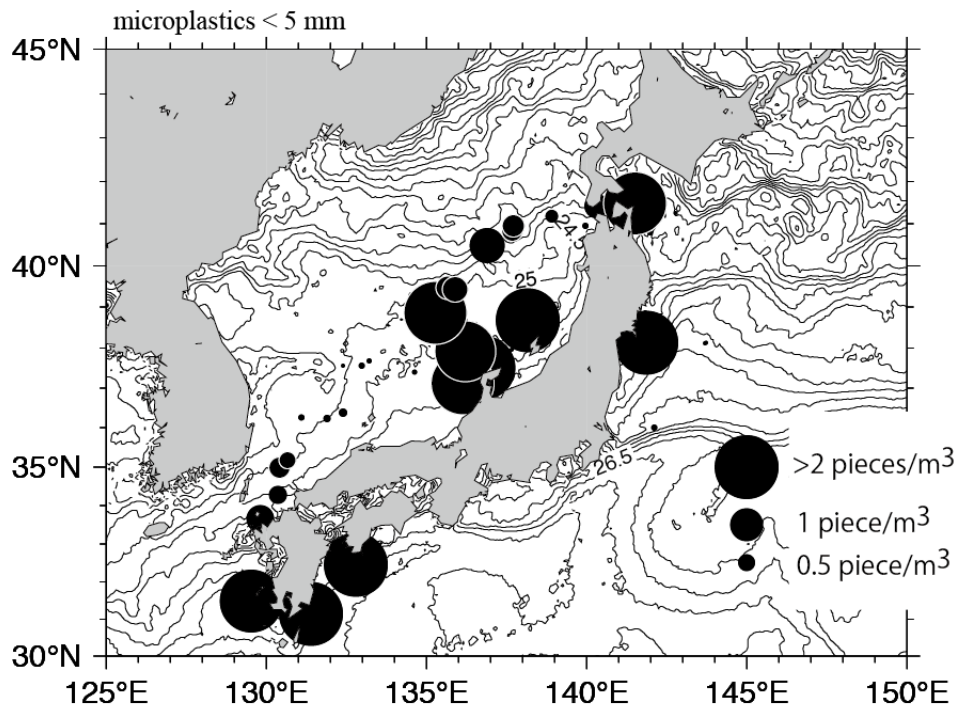


図 6 マイクロ・プラスチック浮遊密度の空間分布. スケールは右.

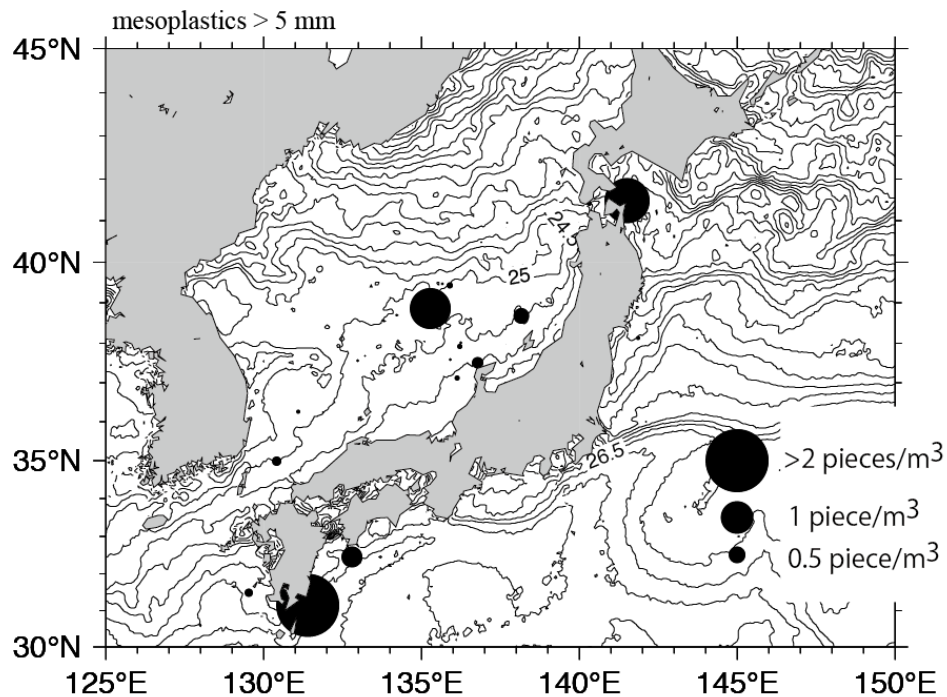


図 7 メソ・プラスチック浮遊密度の空間分布. スケールは右.

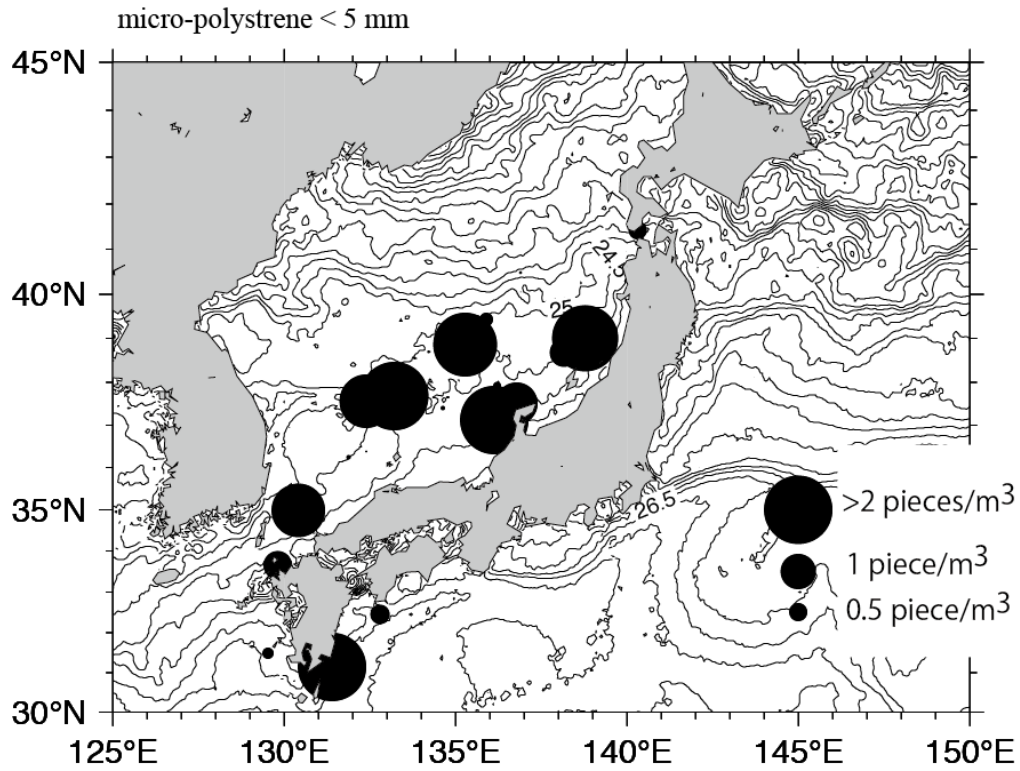


図8 発泡スチロール・マイクロ片の浮遊密度の空間分布. スケールは右.

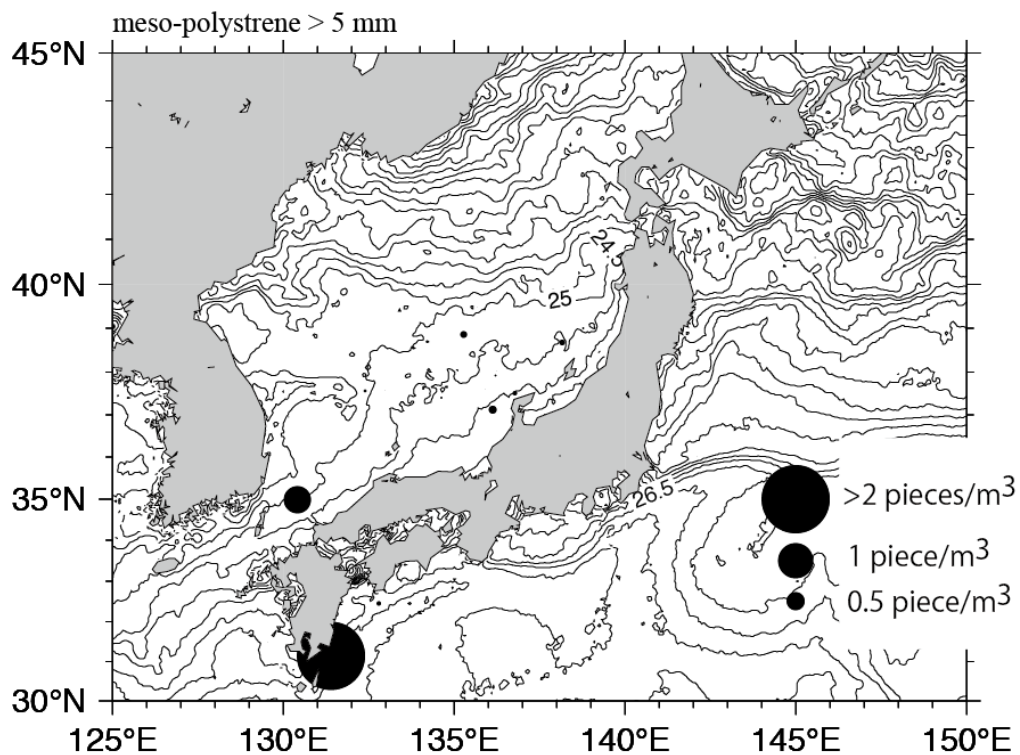


図9 発泡スチロール・メソ片の浮遊密度の空間分布. スケールは右.

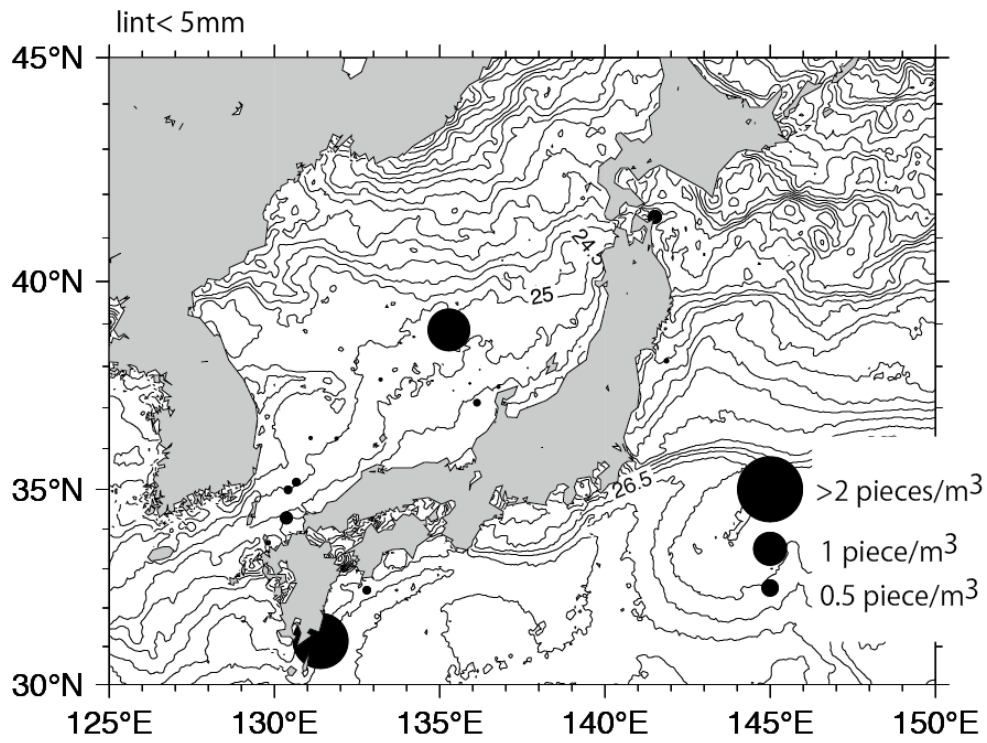


図 10 糸くず・マイクロ片の浮遊密度の空間分布. スケールは右.

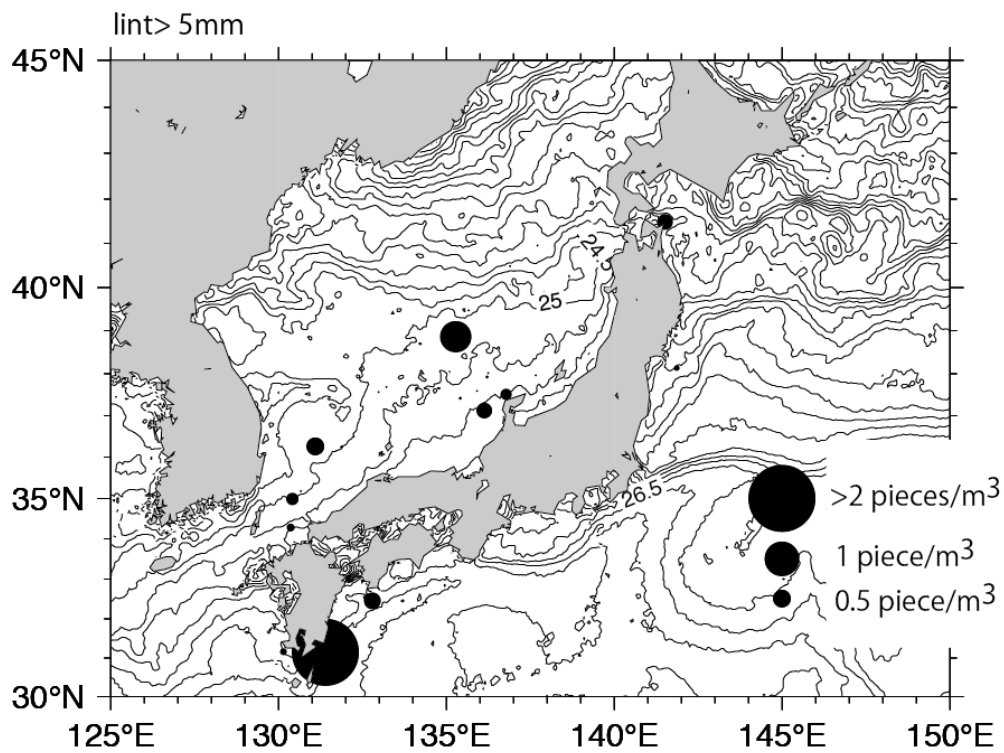


図 11 糸くず・メソ片の浮遊密度の空間分布. スケールは右.

3-4 メソ/マイクロ比

Isobe et al. (2014) では、沿岸海洋における微細片の漂流モデル (図 12) を提案している。比重の小さな微細片は、海水中で浮力を得て上昇する。その速さ(終端速度)は、浮力と周辺海水による摩擦力の平衡で決まる。小さな物体ほど、体積のわりに表面積が大きいいため、浮力よりも摩擦力が効いて上向きの終端速度が小さくなる。よって、波や風による乱れが強い海洋最表層で、終端速度の小さなマイクロ・プラスチックは深い層を漂流し、一方でメソ・プラスチックは海面近くを漂う傾向にある。

さて、海上で寄せては返す波は、完全に海水を返しきらずに、差し引き波の寄せる方向に緩やかな流れを生むことがある。この流れをストークス・ドリフトと呼ぶ。総じて浅海の波は海岸へ向かうため、ストークス・ドリフトも岸に向かう(離岸流は、その反流)。風波に伴うストークス・ドリフトは海面で最速となり、下層にいくほど速度を落とす。結果として、海面近くを漂うメソ・プラスチックは、速いストークス・ドリフトによって選択的に海岸へと流れ寄せられる。

海岸近くまで寄せたメソ・プラスチックには漂着機会が増える。漂着すれば海岸で劣化が進んでマイクロ・プラスチックに変わり、そして、今度は遠く沖合へ向かう再漂流を始める。メソ・プラスチックからマイクロ・プラスチックへと、効率よく変換する機能を沿岸海洋は持つのである。

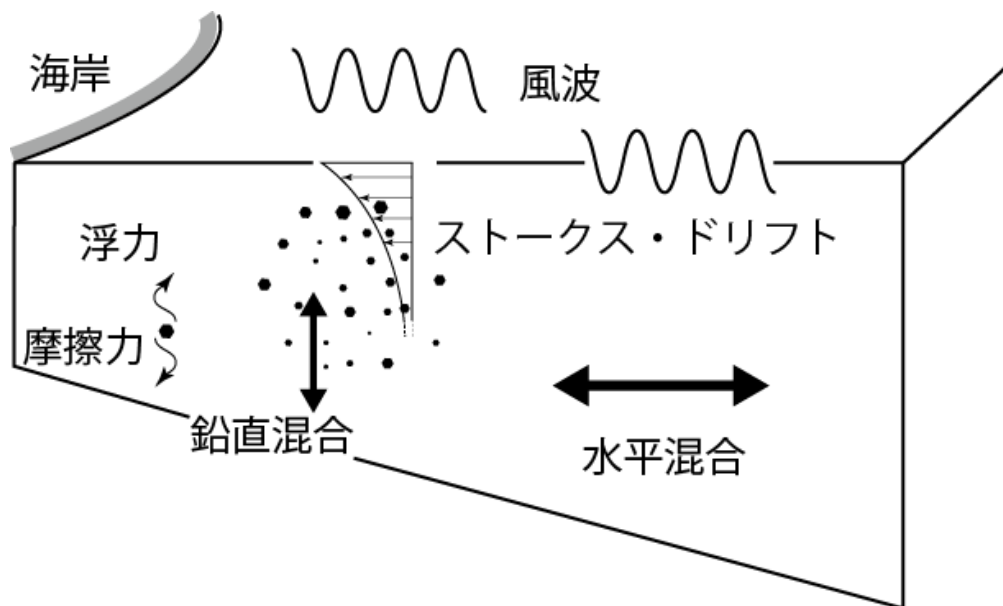


図 12 マイクロ・プラスチックとメソ・プラスチックの輸送過程

このような輸送過程を経ると、総じてメソ・プラスチックは岸近くで、マイクロ・プラスチックは沖合で検出される。例外は河川水の影響範囲で、これは陸域から直接供給された大きなプラスチック微細片が、河川希釈水とともに漂流することによる。実際に瀬戸内海での浮遊密度を海域別に分けた図 13 をみれば、メソ・プラスチックの検出は、肱川河口の測点と、図ではわからないが宇和海の岸近くの測点に限られている(Isobe et al, 2014)。

では、本調査で取得されたデータを見てみよう。わかりやすいように、メソ・プラスチックの浮遊密度をマイクロ・プラスチックの浮遊密度で割って、100 を掛けた百分率の空間分布を示す(図 14)。対馬海峡周辺に、メソ・プラスチックの割合が比較的に高い海域が見受けられる。本調査は沖合調査であって、メソ・プラスチックは、あまり検出されないと予想していた。ただ、検出された海域が夏季の対馬海峡である点は興味深い。日本海に注ぎ込む最大の河川は、実は東シナ海に河口を持つ長江である。その淡水供給量の 70% は、対馬海況を経て日本海に流れ込んでいる(Isobe et al., 2002; Chang and Isobe, 2003)。そして、8 月は春季に流量を増やした長江河川水と海水が入り交じった、いわゆる長江希積水が対馬海峡を通過して日本海に流れ込む時期なのである(図 15)。すなわち、一つの可能性ではあるが、メソ・プラスチックの比較的に大きな割合を示す水塊は、長江希積水の分布範囲と一致している可能性がある。この点については、次年度調査結果と合わせることで、より強固な結論としたい。

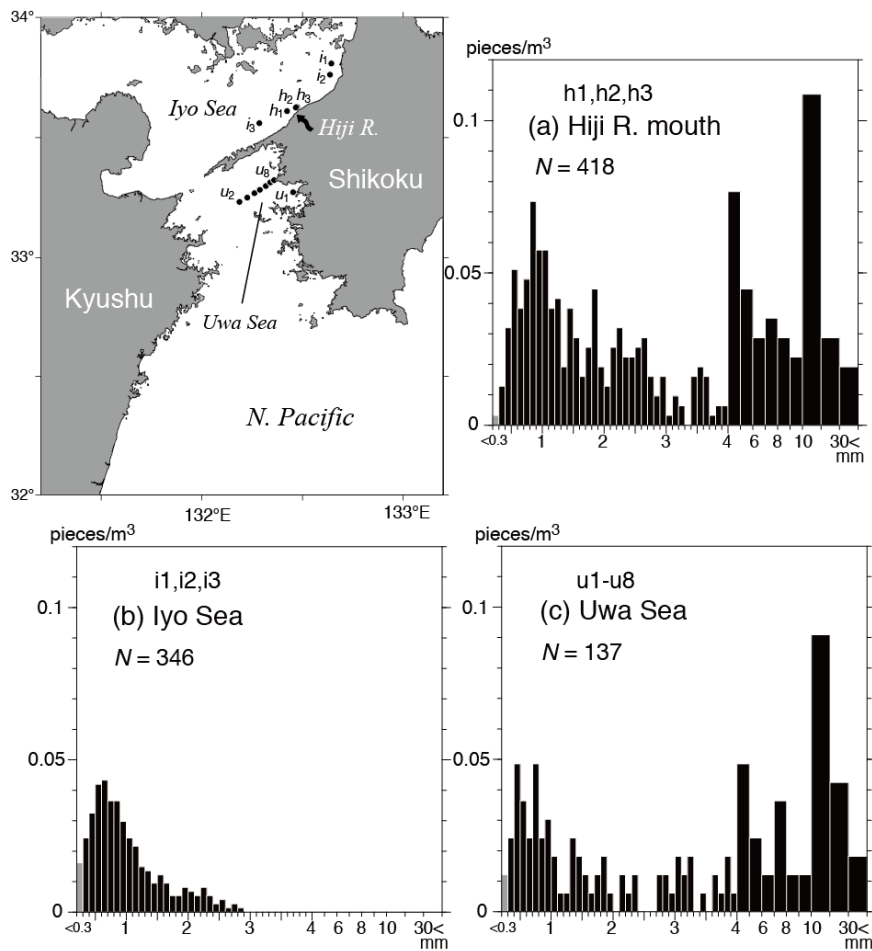


図 13 瀬戸内海で得た浮遊密度。測点は左上に示している。

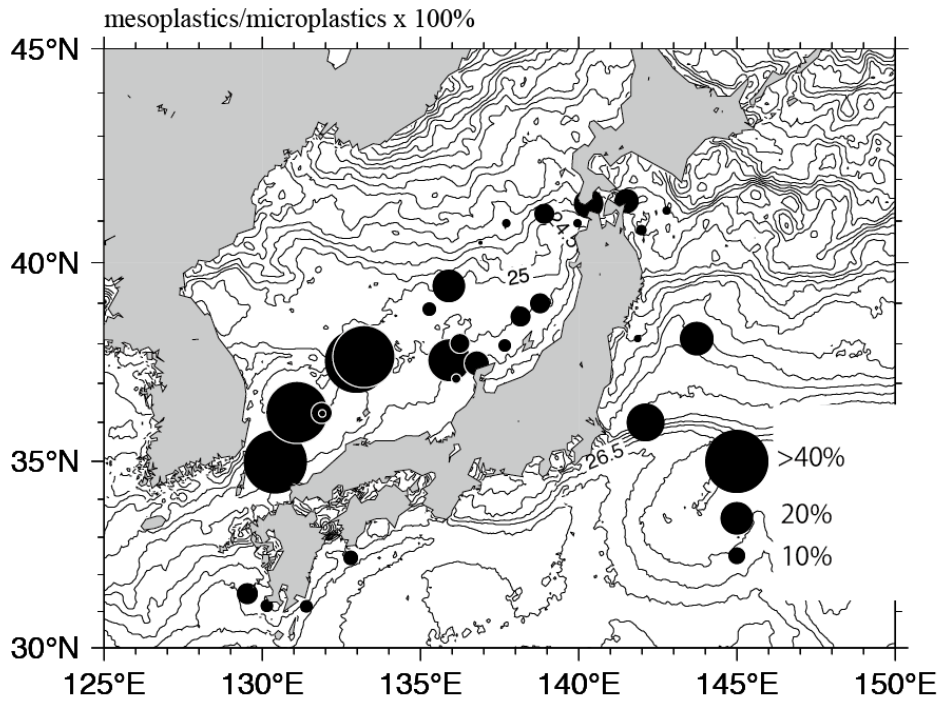


図 14 本調査で得た浮遊密度のメソ・プラスチックとマイクロ・プラスチックの比。メソ・プラスチック/マイクロ・プラスチック×100 で求めた値である。スケールは右。

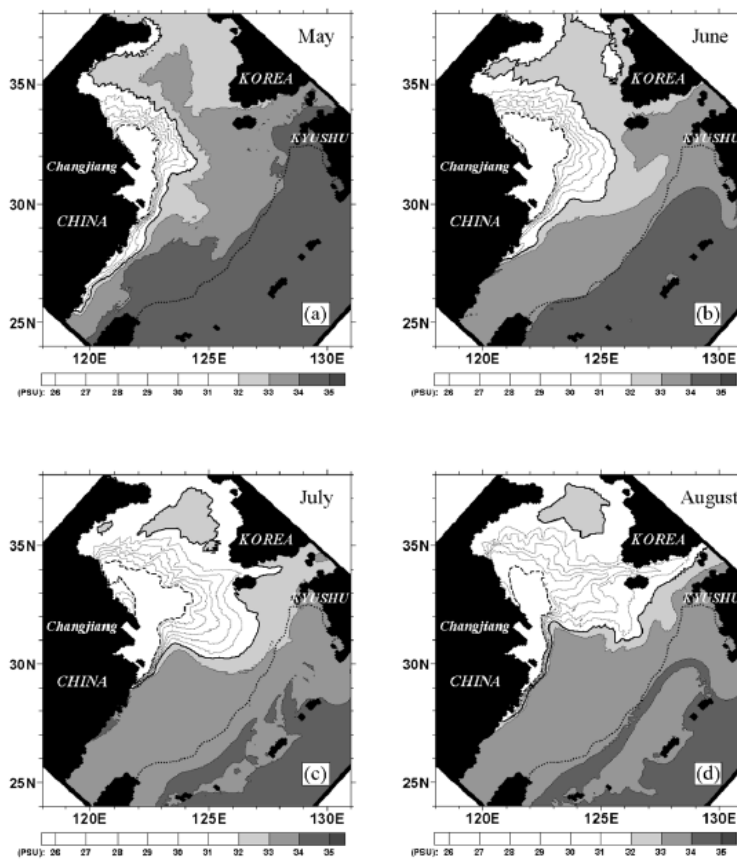


図 15 Chang and Isobe (2003)の数値モデリングで得た各月の海面塩分分布

4. 次年度調査への提案

最後に、次年度調査計画策定に向けて、本年度の調査ではカバーしきれなかった点を挙げておきたい。本年度調査では、黒潮流域の観測が十分ではなかった。従って、日本周回の観測網を完成させるためには、次年度以降の日本南岸での調査が望ましい。また、本年度調査で明らかとなった、対馬海峡周辺におけるメソ・プラスチックの卓越が興味深い。長江希釈水との関連を精査すべく、次年度にも再びこの海域での調査を実施することが望まれる。十分な観測データを収集し、かつ慎重な分析を経た後には、海洋再解析データ等と粒子追跡モデルを組み合わせることで、日本周辺におけるマイクロ・プラスチック輸送過程の解明に着手していきたい。

参考文献

- Andrady, A. L.: Microplastics in the marine environment. *Mar. Pollut. Bull.*, **62**: 1596-1605, 2011.
- Cole M., Lindeque, P., Halsband, C., Galloway, T. S., 2011. Microplastics as contaminants in the marine environment: A review. *Mar. Pollut. Bull.*, **62**, 2588-2597, 2011
- Cózar, A., Echevarría, F., González-Gordillo, J. I., Irigoien, X., Úbeda B., Hernández-León S., Palma, Á. T., Navarro S., García-de-Lomas, J., Ruiz A., Fernández-de-Puelles M. L. and Duarte C. M.: Plastic debris in the open ocean, *Proc. Natl. Acad. Sci.*, **111**: 10239-10244, 2014.
- Chang, P. H., A. Isobe: A numerical study on the Changjiang Diluted Water in the Yellow and East China Seas, *Journal of Geophysical Research-Oceans*, **108**(C9), 3299, doi:10.1029/2002JC001749, 2003.
- 磯辺篤彦・日向博文・清野聡子・馬込伸哉・加古真一郎・中島悦子・小島あずさ・金子博: 漂流・漂着ゴミと海洋学 ―海ゴミプロジェクトの成果と展開―, 沿岸海洋研究, **49**: 139-151, 2012.
- 磯辺篤彦・徳茂昂子・中島悦子: 漂流するプラスチック微細片の物理学, 海洋と生物, **36**(6), 573-578, 2014
- Isobe, A., X. Guo, and H. Takeoka: Hindcast and predictability of sporadic Kuroshio-water intrusion (kyucho in the Bungo Channel) into the shelf and coastal waters" *Journal of Geophysical Research -Oceans*, **115**, C04023, doi:10.1029/2009JC005818, 2010.
- Isobe, A., M. Ando, T. Watanabe, T. Senjyu, S. Sugihara, and A. Manda: Freshwater and Temperature transports through the Tsushima-Korea Straits. *Journal of Geophysical Research-Oceans*, **107**(C7), 10.1029/2000JC000702, 2002.
- Isobe, A., K. Kubo, Y. Tamura, S. Kako, E. Nakashima and N. Fujii: Selective transport of microplastics and mesoplastics by drifting in coastal waters, *Mar. Pollut. Bull.*, **89**, 324-330, 2014.
- Rochman, C. M., E. Hoh, T. Kurobe and S. J. Teh: Ingested plastic transfers hazardous chemicals to fish and induces hepatic stress, *Sci. Rep.* **3**: 3263, 2013.

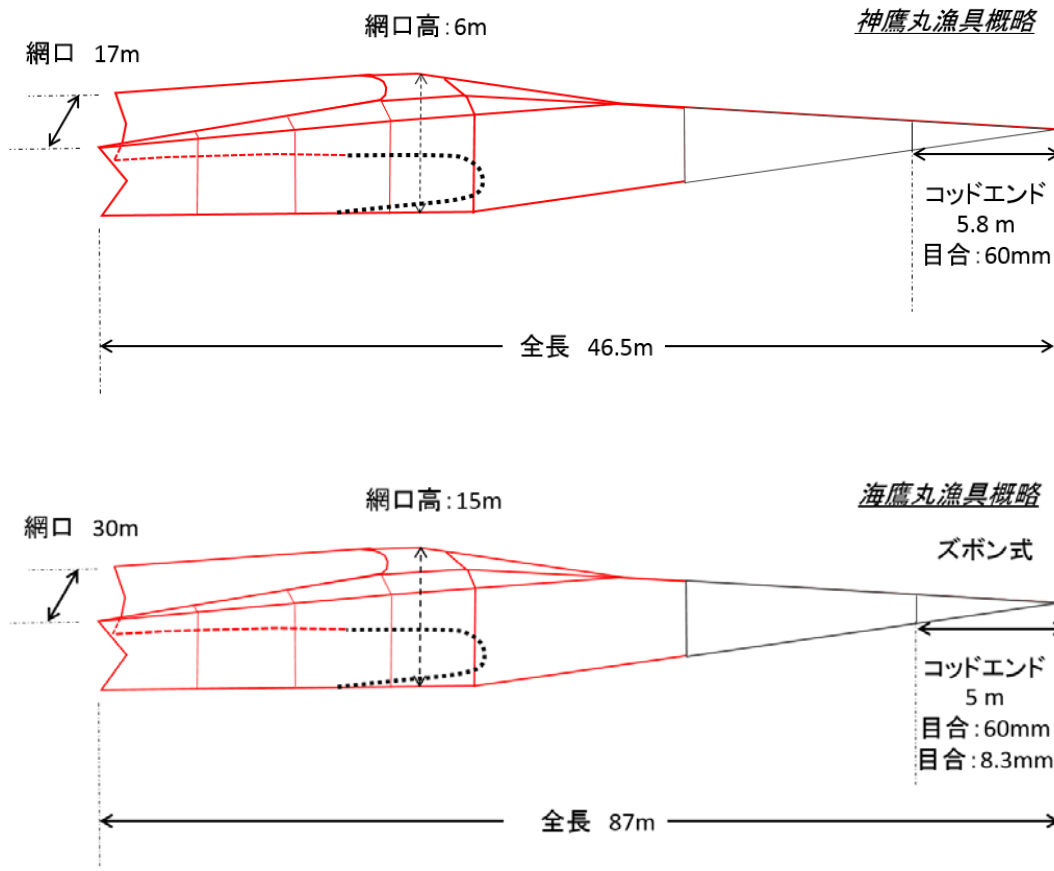
IV. 沖合海域における海底ごみの調査

1. 調査目的

海洋中のゴミ問題が注目される中、東京湾や瀬戸内海など内湾域や沿岸域では、底引き網を用いた海底のごみ調査が行われてきている。一方で沖合については、調査を行える船舶が限られるため、情報が乏しいのが現状である。そこで本事業では、大型練習船による実習航海の一部を利用して、東シナ海における大陸棚上の海底ゴミの実態を調査した。

2. 調査方法

調査は神鷹丸第94次航海（8月16日～9月12日）と海鷹丸第43次航海（10月2日～10月16日）の中で東シナ海の大陸棚上にて行った。使用したトロール網の概略は、図IV-1の通りである。調査では、トロール網を投入し曳網を開始してから、網を巻き上げるまでの間を曳網距離とし、それぞれの緯度経度から同距離を算出した。採集した海底ごみは分別したのち、種類と大きさを記録するとともに、底引き網の網口幅の概算値と曳網距離から、調査地点の海底ごみ分布密度を推計した。底引き網で採集した海底ごみは、デジタルカメラで撮影するとともに、その種類（表 IV-1 の「海底ごみの分類リスト」に準じる。）と大きさ（長さと重量）を記録した。



図IV-1. 調査で使用したトロール網の概略図（上：神鷹丸，下：海鷹丸）

表 IV-1 海底ごみの分類リスト

| 大分類 | 中分類 | 品目分類 | コード | |
|-----------|---------------|------------------------|------------|------|
| 1.プラスチック類 | ①袋類 | 食品用・包装用（食品の包装・容器） | 1101 | |
| | | スーパー・コンビニの袋 | 1102 | |
| | | お菓子の袋 | 1103 | |
| | | 6パックホルダー | 1104 | |
| | | 農薬・肥料袋 | 1105 | |
| | | その他の袋 | 1106 | |
| | ②プラボトル | 飲料用（ペットボトル） | 1201 | |
| | | 飲料用（ペットボトル以外） | 1202 | |
| | | 洗剤、漂白剤 | 1203 | |
| | | 市販薬品（農薬含む） | 1204 | |
| | | 化粧品容器 | 1205 | |
| | | 食品用（マヨネーズ・醤油等） | 1206 | |
| | | その他のプラボトル | 1207 | |
| | ③容器類 | カップ、食器 | 1301 | |
| | | 食品の容器 | 1302 | |
| | | 食品トレイ | 1303 | |
| | | 小型調味料容器（お弁当用 醤油・ソース容器） | 1304 | |
| | | ふた・キャップ | 1305 | |
| | | その他の容器類 | 1306 | |
| | ④ひも類・シート類 | ひも・ロープ | 1401 | |
| | | テープ（荷造りバンド、ビニールテープ） | 1403 | |
| | | シート状プラスチック（ブルーシート） | 1404 | |
| | ⑤雑貨類 | ストロー | 1501 | |
| | | タバコのフィルター | 1502 | |
| | | ライター | 1503 | |
| | | おもちゃ | 1504 | |
| | | 文房具 | 1505 | |
| | | 苗木ポット | 1506 | |
| | | 生活雑貨類（ハブラシ、スプーン等） | 1507 | |
| | | その他の雑貨類 | 1508 | |
| | | ⑥漁具 | 釣り糸 | 1601 |
| | | | 釣りのルアー・浮き | 1602 |
| | ブイ | | 1603 | |
| | 釣りの蛍光棒（ケミホタル） | | 1604 | |
| | 漁網 | | 1605 | |
| | かご漁具 | | 1606 | |
| | カキ養殖用パイプ | | 1607 | |
| | カキ養殖用コード | | 1608 | |
| | 釣りえさ袋・容器 | | 1609 | |
| | その他の漁具 | | 1610 | |
| | アナゴ筒（フタ） | | 1611 | |
| | アナゴ筒（筒） | | 1612 | |
| | ⑦破片類 | | シートや袋の破片 | 1701 |
| | | プラスチックの破片 | 1703 | |
| | | 漁具の破片 | 1704 | |
| | ⑧その他具体的に | 燃え殻 | 1901 | |
| | | コード配線類 | 1902 | |
| | | 葉きょう（猟銃の弾丸の殻） | 1903 | |
| | | ウレタン | 1904 | |
| | | 農業資材（ビニールハウスのパッカー等） | 1905 | |
| | | 不明 | 1906 | |
| | 2.ゴム類 | ①ボール | 2100 | |
| | | ②風船 | 2200 | |
| | | ③ゴム手袋 | 2300 | |
| | | ④輪ゴム | 2400 | |
| | | ⑤ゴムの破片 | 2500 | |
| | | ⑥その他具体的に | ゴムサンダル | 2601 |
| | 複合素材サンダル | | 2602 | |
| | くつ・靴底 | | 2603 | |
| | 3.発泡スチロール類 | ①容器・包装等 | 食品トレイ | 3101 |
| | | | 飲料用カップ |  |  | 3102 |
| | | | 弁当・ラーメン等容器 |  |  | 3103 |
| | | | 梱包資材 |  |  | 3104 |
| | | ②ブイ |  | 3200 | |
| | | ③発泡スチロールの破片 |  | 3300 | |
| | ④魚箱（トロ箱） | 3400 | | |
| | ⑤その他具体的に | 3500 | | |
| | 4.紙類 | ①容器類 | 紙コップ | 4101 |
| | | | 飲料用紙パック | 4102 |
| | | | 紙皿 | 4103 |

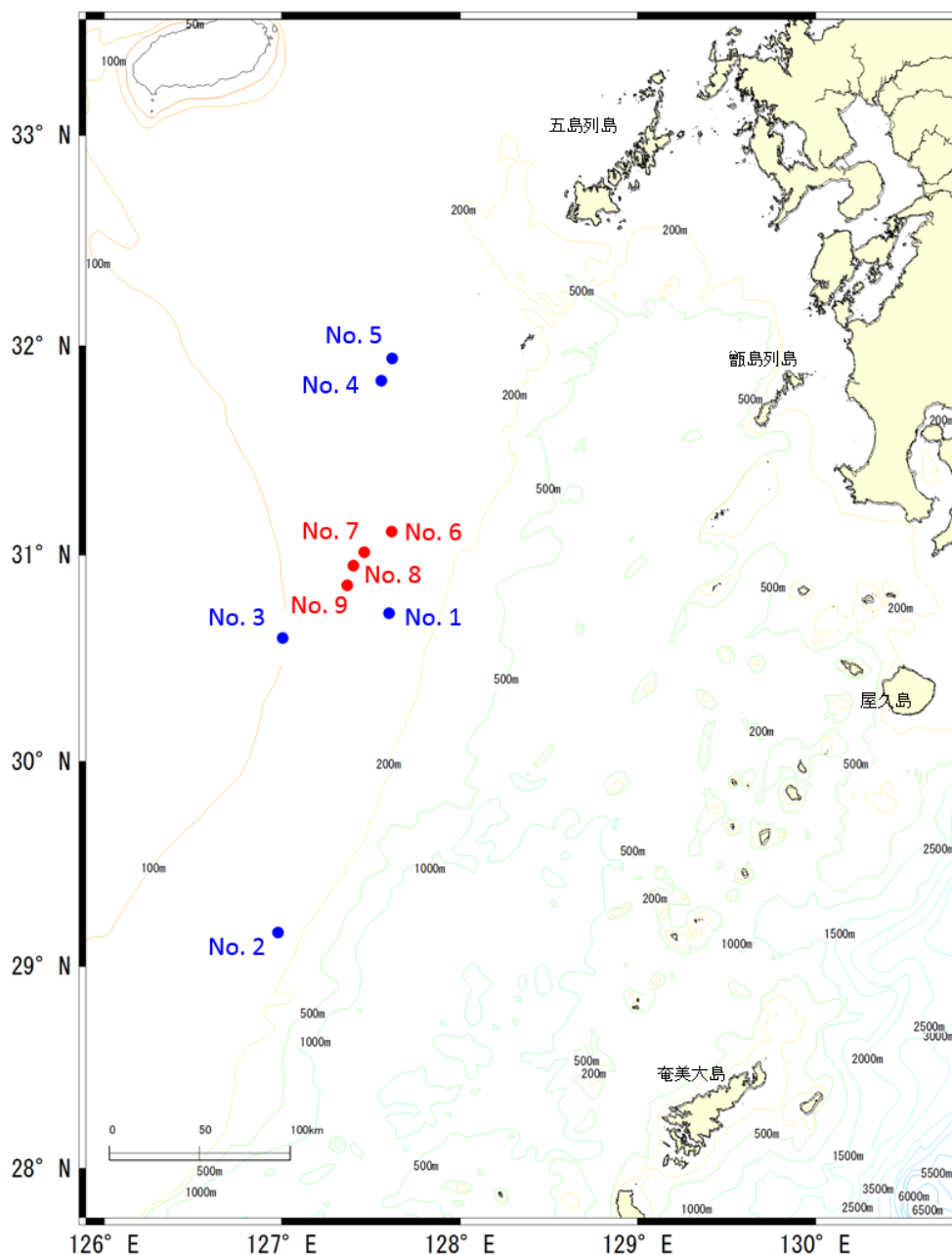
| | | | |
|------------|----------------------|---|--|
| | ②包装 | 紙袋 タバコのパッケージ (フィルム、銀紙を含む) 菓子類包装紙 段ボール (箱、板等) ボール紙箱 | 4201 4202 4203 4204 4205 |
| | ③花火の筒 | | 4300 |
| | ④紙片等 | 新聞、雑誌、広告 ティッシュ、鼻紙 紙片 | 4401 4402 4403 |
| | ⑤その他具体的に | タバコの吸殻 葉巻などの吸い口 | 4501 4502 |
| 5.布類 | ①衣服類 | | 5100 |
| | ②軍手 | | 5200 |
| | ③布片 | | 5300 |
| | ④糸、毛糸 | | 5400 |
| | ⑤布ひも | | 5500 |
| | ⑥その他具体的に | 毛布・カーペット 覆い (シート類) | 5601 5602 |
| 6.ガラス・陶磁器類 | ①ガラス | 飲料用容器 食品用容器 化粧品容器 市販薬品 (農薬含む) 容器 食器 (コップ、ガラス皿等) 蛍光灯 (金属部のみも含む) 電球 (金属部のみも含む) | 6101 6102 6103 6104 6105 6106 6107 |
| | ②陶磁器類 | 食器 タイル・レンガ | 6201 6202 |
| | ③ガラス破片 | | 6300 |
| | ④陶磁器類破片 | | 6400 |
| | ⑤その他具体的に | | 6500 |
| 7.金属類 | ①缶 | アルミ製飲料用缶 スチール製飲料用缶 食品用缶 スプレー缶 (カセットボンベを含む) 潤滑油缶・ボトル ドラム缶 その他の缶 | 7101 7102 7103 7104 7105 7106 7107 |
| | ②釣り用品 | 釣り針 (糸のついたものを含む) おもり その他の釣り用品 | 7201 7202 7203 |
| | ③雑貨類 | ふた・キャップ プルタブ 針金 釘 (くぎ) 電池 | 7301 7302 7303 7304 7305 |
| | ④金属片 | 金属片 アルミホイル・アルミ箔 | 7401 7402 |
| | ⑤その他 | コード配線類 | 7501 |
| 8.その他の人工物 | ①木類 | 木材・木片 (角材・板) 花火 (手持ち花火) 割り箸 つま楊枝 マッチ 木炭 (炭) 物流用パレット 梱包用木箱 その他具体的に | 8101 8102 8103 8104 8105 8106 8107 8108 8109 |
| | ②粗大ゴミ (具体的に) | 家電製品・家具 バッテリー 自転車・バイク タイヤ 自動車・部品 (タイヤ・バッテリー以外) その他具体的に | 8201 8202 8203 8204 8205 8206 |
| | ③オイルボール | | 8300 |
| | ④建築資材 (主にコンクリート、鉄筋等) | | 8400 |
| | ⑤医療系廃棄物 | 注射器 バイアル アンプル 点滴バック 錠剤バック 点眼・点鼻薬容器 コンドーム タンポンのアプリーケーター 紙おむつ その他の医療系廃棄物 | 8501 8502 8503 8504 8505 8506 8507 8508 8509 8510 |

| | | | |
|----------|-----------|---------------------------------|------|
| | ⑥その他具体的に | 革製品 | 8601 |
| | | 船 (FRP 等材質を記入) | 8602 |
| 9.自然系漂着物 | ①流木、灌木等 | 灌木 (植物片を含む、径 10cm 未満, 長さ 1m 未満) | 9101 |
| | | 流木(径 10cm 以上, 長さ 1m 以上) | 9102 |
| | ②海藻 | | 9200 |
| | ③その他(死骸等) | 死骸等 (具体的に) | 9301 |

3. 調査結果

3-1 調査海域概要

トロール網による海底ごみ調査は、神鷹丸 94 次航海（8 月）の 5 回と海鷹丸 43 次航海（10 月）の 4 回、計 9 回を実施した（図IV-2）。調査日時、緯度経度、水深、曳網距離は表IV-2 の通りである。調査は、水深 100m から 151m の東シナ海の大陸棚上で行われた。本調査の合計曳網距離は、21.5 海里（32.82km）であった。



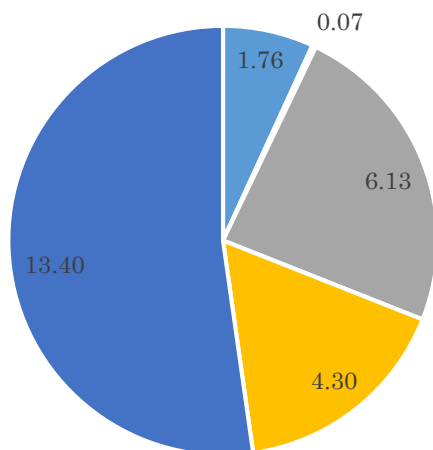
図IV-2 トロールによる海底ごみ調査地点

表 IV-2 海底ごみ調査実施表

| No. | 月日 | 開始 | 終了 | 開始緯度 | 開始経度 | 終了緯度 | 終了経度 | 水深 | 曳網距離 |
|-----|------|-------|-------|-------------|--------------|-------------|--------------|-----|------|
| 1 | 8/22 | 17:11 | 17:55 | 30-43.101 N | 127-36.224 E | 30-42.698 N | 127-34.091 E | 129 | 3.28 |
| 2 | 8/23 | 15:52 | 17:25 | 29-09.791 N | 126-58.647 E | 29-05.247 N | 126-59.247 E | 151 | 4.56 |
| 3 | 8/24 | 15:56 | 16:34 | 30-35.967 N | 127-00.231 E | 30-36.431 N | 127-02.239 E | 100 | 1.79 |
| 4 | 8/25 | 12:38 | 13:35 | 31-50.161 N | 127-33.587 E | 31-52.651 N | 127-34.958 E | 136 | 2.75 |
| 5 | 8/25 | 14:48 | 15:50 | 31-56.482 N | 127-37.266 E | 31-59.479 N | 127-38.872 E | 131 | 3.29 |
| 6 | 10/7 | 14:15 | 14:48 | 31-06.769 N | 127-37.063 E | 31-07.697 N | 127-38.435 E | 130 | 1.50 |
| 7 | 10/8 | 9:23 | 9:53 | 30-51.293 N | 127-22.084 E | 30-52.621 N | 127-22.780 E | 120 | 1.46 |
| 8 | 10/8 | 11:30 | 12:00 | 30-56.895 N | 127-24.224 E | 30-57.991 N | 127-25.335 E | 120 | 1.45 |
| 9 | 10/8 | 13:09 | 13:40 | 31-00.772 N | 127-27.899 E | 31-01.848 N | 127-28.991 E | 121 | 1.42 |

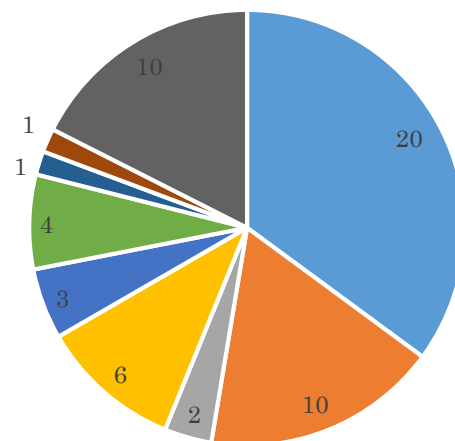
3-2 海底ごみ組成

採取された海底ごみの合計重量は 25.5kg（人工物：12.14 kg，天然物：13.38 kg），合計個数は 60 個（人工物 47 個，自然物 13 個）であった（図IV-3, 4）。これらから推定した平均分布密度（重量）は，21.37kg/km²（人工物：10.16 kg/km²，自然物：11.21 kg/km²）となった。個数では，人工物の方が多かったが，自然物は流木のように一つ当たりの重量が大きいものがあった。その結果，人工物と自然物の重量ベースにおける割合は，同程度と推測された。種別の出現頻度（個数）をみると，最も多かったものが漁具関係（20 個）で，次いでプラスチック製品の破片（10 個）であった。このことから，漁業生産活動起源の海底ごみが多数存在する可能性が示唆された。なお，曳網番号 No. 1 から No. 9 のそれぞれで採集された海底ごみは表 IV-3 および，写真 1～9 の通りである。



- プラスチック類
- 金属類
- プラスチック類・金属
- その他人工物
- 自然系

図IV-3. 海底ごみ種別重量比（合計：25.5kg）



- 漁具
- 破片類
- 缶
- 袋類
- ひも類
- 容器類
- シート類
- 木材
- 自然系

図IV-4. 種類別の出現頻度（合計：60）

表 IV-3 各曳網で採集された海底ごみの一覧

No. 1

| No. | 大分類 | 中分類 | 品目分類 | サイズ | 重さ(g) | 備考 |
|-----|---------|-----|------|----------------|-------|-------|
| 1 | プラスチック類 | その他 | 充電器 | 167cm+10×6×2cm | 60 | |
| 2 | プラスチック類 | 漁具 | ロープ | 51cm | 34 | |
| 3 | 金属類 | 漁具 | スナップ | 10cm×2.5cm | 14 | |
| 4 | プラスチック類 | 漁具 | 漁網 | 76cm | 50 | 沈子付き |
| 5 | プラスチック類 | 漁具 | テグス | 1m36cm | 1 | ビーズ付き |
| 6 | 自然系 | 流木 | 竹 | 12.5cm×1cm 等 | 16 | 網内で粉碎 |

No. 2

| No. | 大分類 | 中分類 | 品目分類 | サイズ | 重さ(g) | 備考 |
|-----|---------|-----|-----------|-------------------|-------|--|
| 2 | プラスチック類 | その他 | ウレタン | 23×19×9 cm | 720 | |
| 8 | プラスチック類 | その他 | かご | 45×29×11 cm | 244 | |
| 9 | プラスチック類 | 漁具 | 刺し網 | 測定不能 | 108 | 沈子 6 個 沈子間長 15cm 目 合い 6.5cm 大目部 15×15cm |
| 10 | プラスチック類 | 容器類 | ビールのラベル | 39.5×5cm | | |
| 11 | プラスチック類 | 袋類 | 食品用 | 18×19.5cm | | |
| 12 | プラスチック類 | 破片類 | 袋の破片 | 38×11cm | 21 | 重量は 10～14 の合計 |
| 13 | プラスチック類 | 破片類 | 袋の破片 | 23×14cm | | |
| 14 | プラスチック類 | 破片類 | 袋の破片 | 19×4cm | | |
| 15 | プラスチック類 | 漁具 | 釣り糸 | 110cm+241cm | | |
| 16 | プラスチック類 | ひも類 | 糸くず | 34cm | 8 | 重量は 15～18 の合計 |
| 17 | プラスチック類 | 漁具 | 網くず | 15cm×5cm | | |
| 18 | プラスチック類 | 破片類 | 糸くず(布くず?) | 32cm | | |
| 1 | 自然系 | 流木 | 流木 | 59×14, 39×9.5×3.5 | 2520 | 網内で粉碎 |
| 3 | 自然系 | 流木 | 炭化流木 | 28×16×4.8 cm | 1232 | |
| 4 | 自然系 | 流木 | 木炭 | 23×11×9.5 cm | 516 | |
| 5 | 自然系 | 流木 | 竹 | 52×Φ5 | 226 | 突部 5cmΦ1.2cm |
| 6 | 自然系 | 流木 | 竹 | 21×Φ1.1 | 18 | |
| 7 | 自然系 | 流木 | 流木 | 26.5×4×1.4 cm | 58 | |

No. 3

| No. | 大分類 | 中分類 | 品目分類 | サイズ | 重さ(g) | 備考 |
|-----|---------|-----|------|------------|-------|-----------|
| 1 | その他人口物 | 木類 | 木材 | 90×11×4 cm | 4300 | |
| 2 | プラスチック類 | 袋類 | 梱包用 | 2.2m×0.9m | 260 | |
| 3 | プラスチック類 | 漁具 | 釣り糸 | 161.5cm | | |
| 4 | プラスチック類 | 漁具 | 釣り糸 | 40cm | 10 | 重量は3~5の合計 |
| 5 | プラスチック類 | ひも類 | ひも片 | 38cm | | |
| 6 | プラスチック類 | 漁具 | 釣り糸 | 73.5cm | 2 | |
| 7 | プラスチック類 | 漁具 | 釣り糸 | 89cm | 2 | |

No. 4

| No. | 大分類 | 中分類 | 品目分類 | サイズ | 重さ(g) | 備考 |
|-----|---------|-----|---------|--------------|-------|------------------|
| 1 | プラスチック類 | 漁具 | 漁網 | 長さ 4m45.5cm | 160 | 幅 126cm 目合:8.9cm |
| 2 | プラスチック類 | 容器類 | カップ | 高さ 4cm×径 5cm | | |
| 3 | プラスチック類 | ひも類 | ロープ片 | 全長 28cm | | |
| 4 | プラスチック類 | 容器類 | ふた・キャップ | 厚さ 8mm×3cm | 1 | |
| 5 | プラスチック類 | ひも類 | ロープ片 | 6cm | | |
| 6 | プラスチック類 | 破片類 | 袋の破片 | 長さ 48cm×18cm | | |
| 7 | プラスチック類 | 破片類 | 袋の破片 | 長さ 142cm | 42 | 半分折:68cm |
| 8 | プラスチック類 | 破片類 | 袋の破片 | 長さ 26cm×19cm | | |
| 9 | プラスチック類 | 破片類 | 袋の破片 | 長さ 31cm×10cm | 9 | |
| 10 | プラスチック類 | 破片類 | 袋の破片 | 長さ 30cm×10cm | | |
| 11 | 自然系 | 流木 | 炭化流木 | 8cm×3.5cm | 18 | 厚さ 7mm |

No. 5

| No. | 大分類 | 中分類 | 品目分類 | サイズ | 重さ(g) | 備考 |
|-----|---------|-----|---------------|-------------------|-------|----|
| 2 | プラスチック類 | 袋類 | スナック菓子袋 | 105.5cm×60cm×32cm | 2 | |
| 4 | プラスチック類 | 袋類 | coconut oil 袋 | 12.5cm×15.5cm | 1 | |
| 5 | プラスチック類 | 漁具 | テグスとヨリモドシ | 8cm×4cm×2.5cm | 1 | |
| 1 | 自然系 | 流木 | 灌木 | 7.4cm×9.5cm | 8700 | |
| 3 | 自然系 | 流木 | 灌木 | 73cm | 100 | |

No. 6

| No. | 大分類 | 中分類 | 品目分類 | サイズ | 重さ(g) | 備考 |
|-----|---------|-----|------|------|-------|----|
| 1 | プラスチック類 | 袋類 | 食品用 | 14cm | 0.2 | |

No. 7

| No. | 大分類 | 中分類 | 品目分類 | サイズ | 重さ(g) | 備考 |
|-----|-------------|-----|------|-----------------|-------|-----------|
| 1 | プラスチック類・金属類 | 漁具 | かご漁具 | 直径 59cm×高さ 25cm | 3000 | 金属フレームに網地 |

No. 8

| No. | 大分類 | 中分類 | 品目分類 | サイズ | 重さ(g) | 備考 |
|-----|---------|-----|------|--------------|-------|--------|
| 1 | プラスチック類 | 容器類 | その他 | 10 cm×7.2 cm | 3.2 | PTP 包装 |
| 2 | プラスチック類 | 漁具 | 釣り糸 | 48 cm | 0.1 | |
| 3 | プラスチック類 | 漁具 | 漁網 | 長さ約 50cm | 6.1 | 劣化 |

No. 9

| No. | 大分類 | 中分類 | 品目分類 | サイズ | 重さ(g) | 備考 |
|-----|-------------|------|--------|---------------------|--------|-----------|
| 1 | プラスチック類・金属類 | 漁具 | かご漁具 | 直径 58.5cm×高さ 25.5cm | 3125.3 | 金属フレームに網地 |
| 2 | プラスチック類 | 漁具 | 釣り糸 | 100 cm | 2.5 | |
| 3 | プラスチック類 | 漁具 | 釣り糸 | 226 cm | 1.3 | |
| 4 | プラスチック類 | ひも類 | ひも | 93 cm | 5.1 | |
| 5 | プラスチック類 | 袋類 | お菓子の袋 | 8cm | 0.1 | 小包装・劣化 |
| 6 | プラスチック類 | シート類 | ブルーシート | 6cm × 2mm | 0.1 | |
| 7 | 金属類 | 缶 | スチール缶 | φ 6.4cm 高さ 11cm | 48.1 | |
| 8 | 金属類 | 缶 | アルミ缶 | φ 6.5cm 高さ 10.6cm | 9.6 | |

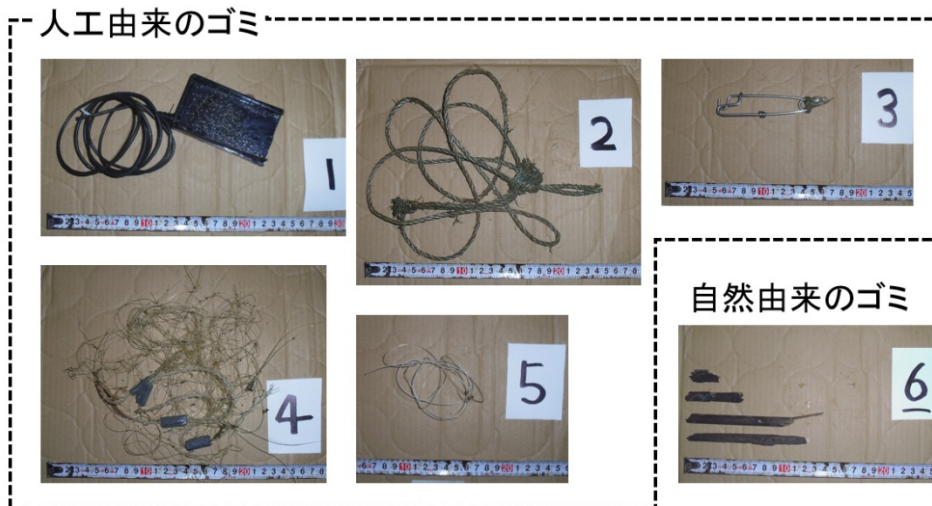


写真1. 調査番号 No. 1 で採集された海底ゴミ



写真2. 調査番号 No. 2 で採集された海底ゴミ

人工由来のゴミ



写真 3. 調査番号 No. 3 で採集された海底ゴミ

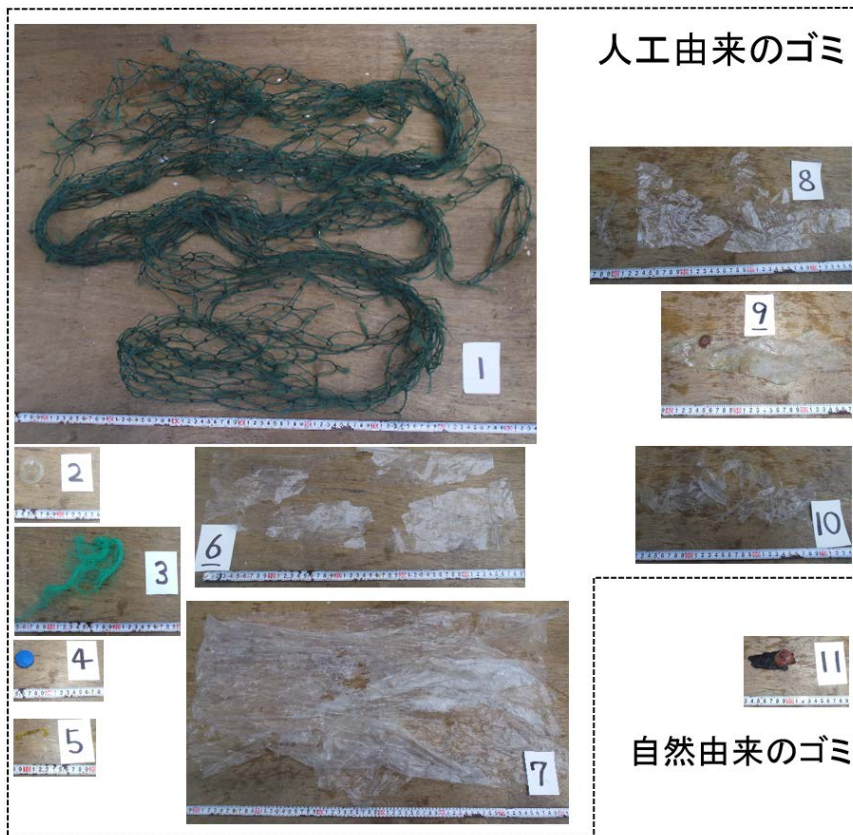


写真 4. 調査番号 No. 4 で採集された海底ゴミ

自然由来のゴミ

人工由来のゴミ



写真 5. 調査番号 No. 5 で採集された海底ゴミ

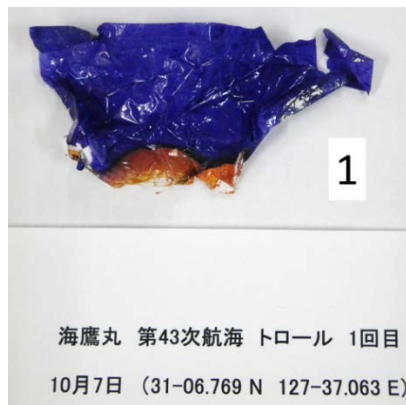


写真 6. 調査番号 No. 6 で採集された海底ゴミ



写真 7. 調査番号 No. 7 で採集された海底ゴミ



写真 8. 調査番号 No. 8 で採集された海底ゴミ



写真 9. 調査番号 No. 9 で採集された海底ゴミ

3-3 採集された海底ごみの特徴

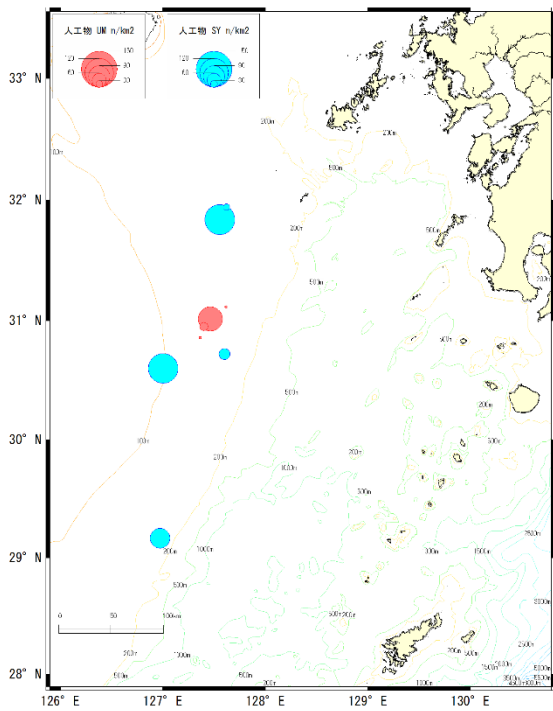
プラスチック類一袋類やプラスチック類一破片類の袋の破片などは、サイズを計測するために、丸まったり縮んだりしていたものを、広げて形を整えようとした際に、容易に破れるような劣化したものが多く見られた。一方で網地、テグス、かご網などプラスチック製品に分類されるもので、劣化が見られたものは、No.8 曳網で採集された網地のみで、その他には顕著な劣化は見られなかった。特に、No.7 曳網と No.9 曳網で採集されたかご網などは、そのまま再利用可能なくらい良好な状態であった。海底に放置された漁具の中には、形状とその性能を維持し、魚を漁獲し続けることが指摘されていることから、このような逸失漁具の存在は、海底の漁業資源に負荷を与え続けている可能性がある。

今回採集されたプラスチック製品は素材の特定までは行わなかったが、海底から採集されていること、材質の比重を考えると塩化ビニール製のものと考えられた。これらのプラスチック製品は、原形が推測できるものから、ごく一部であるため原型の推測が困難なものまで、形状や大きさが様々であった。このことから、海底には劣化の進行状態お異なるプラスチック製品が多数あり、今回使用したトロール網の網地では採集することが困難なプラスチック片も多数存在する可能性が考えられた。

3-4 海底ごみ分布状況

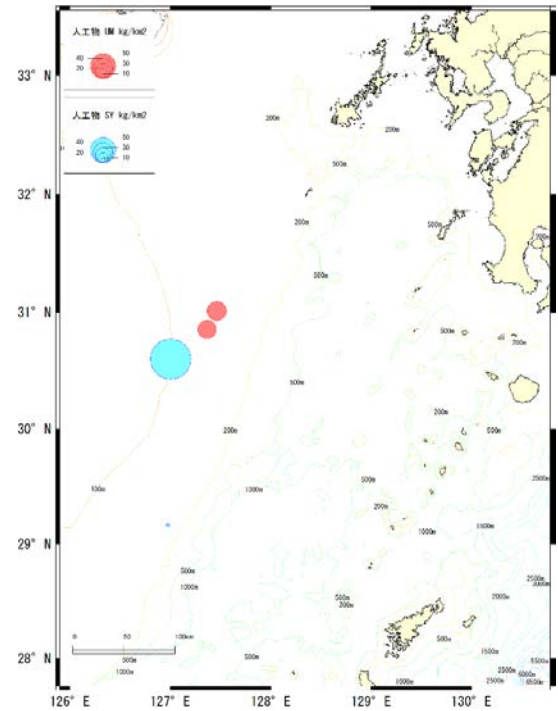
調査地点毎のゴミの分布密度を人工物、自然物それぞれ図IV-5～8に示す。人工物の個数/km² (図IV-5) は、北から南の各調査点において大きな差は見られなかったが、重量/km² (図IV-6) でみると調査範囲の中央付近となる北緯 31 度付近に高い値が見られた。一方で自然物は、人工物の重量/km² が大きかった調査範囲の中央付近で、個数/km²、重量/km²とも小さく、重量/km²においては北寄りの調査点で高い値が見られた (図IV-7, 8)。この高い値は、大型の流木が採集されたことが影響していると考えられることから、必ずしもこの付近に自然物が多く堆積しているとは言い切れない。

特に出現個数が多かった漁具類について注目すると、出現個数が高かったのは、今回の調査で最も西寄りに位置する海域であった (図IV-9)。この場所は、日韓暫定水域や中国との中間水域に近い海域であり、調査期間中も多くの中国漁船や韓国漁船が見られた水域である。これらのことから、この水域では漁業生産活動が盛んに行われており、これらの活動から逸出した漁具が海中に存在している可能性があるかと推測された。



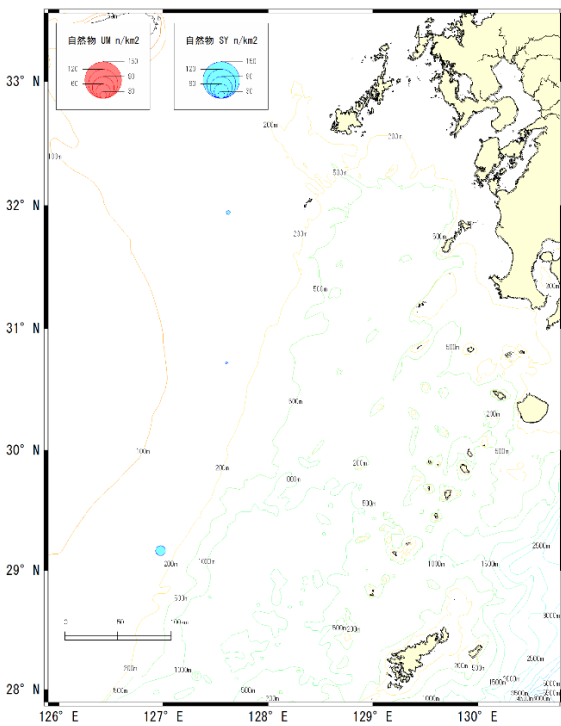
図IV-5. 人工物の分布状況 (個数/km²)

SY : 神鷹丸, UM : 海鷹丸



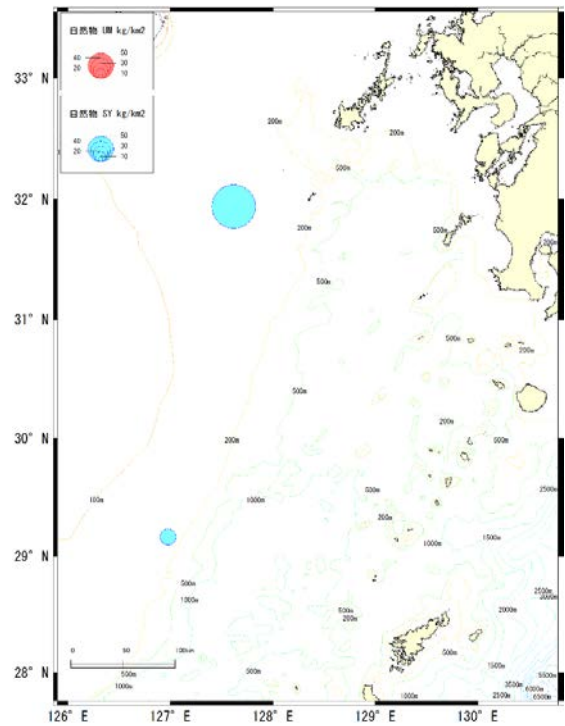
図IV-6. 人工物の分布状況 (kg/km²)

SY : 神鷹丸, UM : 海鷹丸



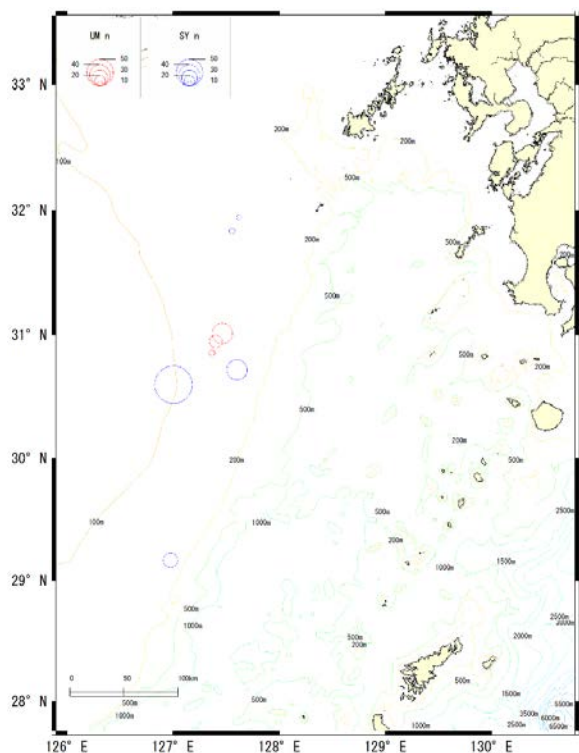
図IV-7. 自然物の分布状況 (個数/km²)

SY : 神鷹丸, UM : 海鷹丸



図IV-8. 自然物の分布状況 (kg/km²)

SY : 神鷹丸, UM : 海鷹丸



図IV-9. 漁具類の分布状況（個数/km²）

SY：神鷹丸，UM：海鷹丸

4. 今後の課題

本調査から、沖合においても海面だけでなく、海底にも多くのプラスチック製品の劣化が進行した状態で存在することが明らかになった。得られたサンプルの劣化状態から、海底面にも海面と同様にマイクロプラスチックが存在している可能性が示唆された。今後は、ドレッジなどによる海底におけるマイクロプラスチックの調査も必要と考える。

また、海底ごみの種別の特徴として、漁具が多く存在した。元来漁具は海中に沈めて使用することから、一度、所有者の手を離れ、浮子から外れるなどして海中に逸出すると海面を漂わずに海底に蓄積してしまう可能性がある。また、採集された漁具はその他のプラスチック製品と異なり、劣化が少ないものが多かった。これは逸出した漁具が長期にわたり漁具としての機能を維持して、水産資源へ負荷を与え続ける可能性があることを意味する。日中韓の多くの漁船が利用する東シナ海は、プラスチックが環境に与える影響だけでなく、水産資源へ与える影響も検討する必要がある。

今年度の調査では、9地点で行うことができなかったが、今後は、調査点を増やし情報を蓄積することで、日本の周辺海域における海底ごみの実態が明らかになることが期待される。