

平成 29 年度 環境省請負業務

平成 29 年度 沖合海域における漂流・海底ごみ実態調査請負業務  
報告書

平成 30 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 . . . . . 1
- 2. 調査内容 . . . . . 3

### 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 . . . . . 4
- 2. 調査方法
  - 2-1. 対象海域及び航走方法 . . . . . 5
  - 2-2. 観測体制 . . . . . 5
  - 2-3. 観測手順 . . . . . 7
  - 2-4. 観測項目 . . . . . 7
  - 2-5. ライントランセクト法におけるデータ解析方法 . . . . . 9
- 3. 調査結果
  - 3-1. 調査実施の概要 . . . . . 13
  - 3-2. 日本周辺海域の漂流ごみ種類別の密度分布 . . . . . 15
  - 3-3. 相模湾調査の結果 . . . . . 28
- 4. まとめと今後の課題について
  - 4-1. 漂流物の分布傾向 . . . . . 29
  - 4-2. 漂流ごみの資源量推定について . . . . . 29

### 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 . . . . . 30
- 2. 調査方法
  - 2-1. 対象海域と採集回数 . . . . . 30
  - 2-2. マイクロプラスチックの採集方法 . . . . . 31
  - 2-3. 標本の処理 . . . . . 32
  - 2-4. 安全管理 . . . . . 33
- 3. 結果
  - 3-1. サイズ別組成分布 . . . . . 34
  - 3-2. 2017年度の空間分布 . . . . . 35
  - 3-3. 2014-2017年度の空間分布 . . . . . 38
  - 3-4. 相模湾における周年調査の結果 . . . . . 41
- 4. 今後調査への提案 . . . . . 44

### IV. 沖合海域における海底ごみの調査

- 1. はじめに . . . . . 45

2. 調査概要と方法	45
3. 調査結果	
3-1. 海域毎の種別の割合	47
3-2. 曳網毎の海底ごみの密度	49
3-3. 考察	55
V. その他の取り組み	
1. ネットの違いによるマイクロプラスチックの採集効率の違いについて	
1-1. はじめに	57
1-2. 方法	57
1-3. 結果	58
1-4. 今後の課題	60
2. 東アジア各国の研究者の招へい	60
3. 調査手法の標準化に向けた視聴覚教材の作成	62
VI. 沖合海域における今後の海ごみの調査の提案	64
謝辞	66
付録	
付録1 漂流ごみ関係 種別 レグ毎の分布密度図	68
付録2 マイクロプラスチック調査点および浮遊密度リスト	76
付録3 海底ごみ計測結果と写真一覧	83
付録4 海底ごみの分類リスト	107



## 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、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。一方で、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調査を行い、その実態を明らかにする必要性が強く指摘されてきている。

これを受けて、2014年から2016年にかけて、我が国周辺の沖合海域にて船舶を用いた目視による漂流ごみの観測を行い、海域別の密度及び資源量をごみ種類別に推定するとともに、併せて海表面に浮遊しているマイクロプラスチックの採集、さらには東シナ海などの沖合域において、底曳網を用いた海底ごみの調査を行ってきた。これらの調査結果から、日本周辺の海洋ごみの実態が明らかになりつつあるとともに、継続的なデータの蓄積とさらなる調査範囲の拡大（ごみの発生起源とその行き先）の必要性が明らかになった。さらに発生起源だけでなく、日本に来遊または日本から流出したごみがどこへ行くのかを把握する必要も考えられた。そこで、2017年はこれらの実態把握のために以下の5海域を調査海域として、①漂流ごみの目視観測調査、②海表面を浮遊するマイクロプラスチックの採集調査、また一部の海域では、③海底ごみの採集調査を実施した。

東シナ海：黒潮の上流海域に位置し、最大の海洋へのプラスチック排出国である中国と我が国の間にあり、かつ東アジア・東南アジアからの漂流ごみのルートになる海域である。

本州沖合：東アジアや東南アジアの海洋ごみは、黒潮に乗って移動すると考えられる。黒潮で運ばれるごみが外洋域で、どのように分布するかを把握することは、大洋におけるごみの分布を考える上でも重要な情報となる。

日本海：半閉鎖的な海域であり、黒潮の分枝である対馬海流によって、東シナ海はじめ上流域からの海洋ごみが流入するため、他に比べて海洋ごみの密度が高い海域であることがこれまでの調査からも確認されている。また、日本海は、海岸への漂着ごみが多いことでも知られている。将来的に東アジア・東南アジアでの海洋ごみ対策が講じた際の効果を確認する上でも、継続的な調査が不可欠な海域である。

北海道東方海域：北方からの親潮の下流域でもあり、黒潮が黒潮続流域を含む北太平洋海流として日本列島から離岸していく海域になる。北方からの日本へ来遊する海洋ごみと日本から離れて海洋ごみの動静を把握する上で重要な海域となる。

南方海域：北太平洋亜熱帯循環の西端に位置する。亜熱帯循環帯は、太平洋に流出した海洋ごみが最終的に収束する海域として知られており、日本の南方の排他的経済水域の一部がこれに該当する。今後、海洋ごみの対策を行って行く上での、この海域の現状を把握することは急務といえる。

なお、上記の①~③の調査は、これまでも環境省の事業として2014年及び2015年、2016年に実施してきたが、ここで提案する調査海域はこれまでの調査範囲を拡大したものとなっている。そこでこれらをカバーするため、2017年度調査は東京海洋大学以外の練習船（北海道大学、長崎大学、鹿児島大学）とも連携を組んだ調査を実施した（図I-1）。



東京海洋大学 海鷹丸



東京海洋大学 神鷹丸



東京海洋大学 青鷹丸



北海道大学 おしよろ丸



長崎大学 長崎丸



鹿児島大学 鹿児島丸

図 I-1 調査に参加した 4 大学練習船

## 2. 調査内容

### (1) 沖合海域における漂流ごみの目視観測調査

行動海域が異なる4大学の練習船の航海を活用することで、これまでカバーすることができなかった黒潮の上流域から下流域までの広範囲にて目視観測調査を実施した。そして、昨年度に引き続き季節の違いによる漂流ごみの違いを検討するために、沖合の黒潮の分枝が流れ込む相模湾での定期的なモニタリングを実施した。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、密度推定の精度向上を図るとともに、漂流ごみの日本周辺における分布の傾向把握に努めた。

### (2) 海表面を浮遊するマイクロプラスチックに係る調査

目視観測と同様に、調査範囲を拡大しデータの充実化を図った。また、マクロサイズの漂流ごみの調査と同様に、相模湾において季節変化についてもモニタリングを行った。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した。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に再委託して、詳細な分析に取り組んだ。

### (3) 沖合海域における海底ごみの調査

底びき網を使って沖合域の海底ごみ調査は、2014年度、2015年度、2016年度に引き続き、東シナ海や太平洋沖合海域で継続し、海域別の特徴を明らかにするとともに、その量の推定を行った。

### (4) その他の取り組み

- ① 海洋ごみ研究者育成のための国際招へい研究プログラムの実施
- ② 調査手法の標準化に向けた視聴覚教材の作成
- ③ マイクロプラスチックのサンプリング手法の調和化の基礎データの取得

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・内田圭一<br>(東京海洋大学) |
| 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 (東京海洋大学)              |
| Ⅴ. その他の取り組み                | 内田圭一 (東京海洋大学)              |

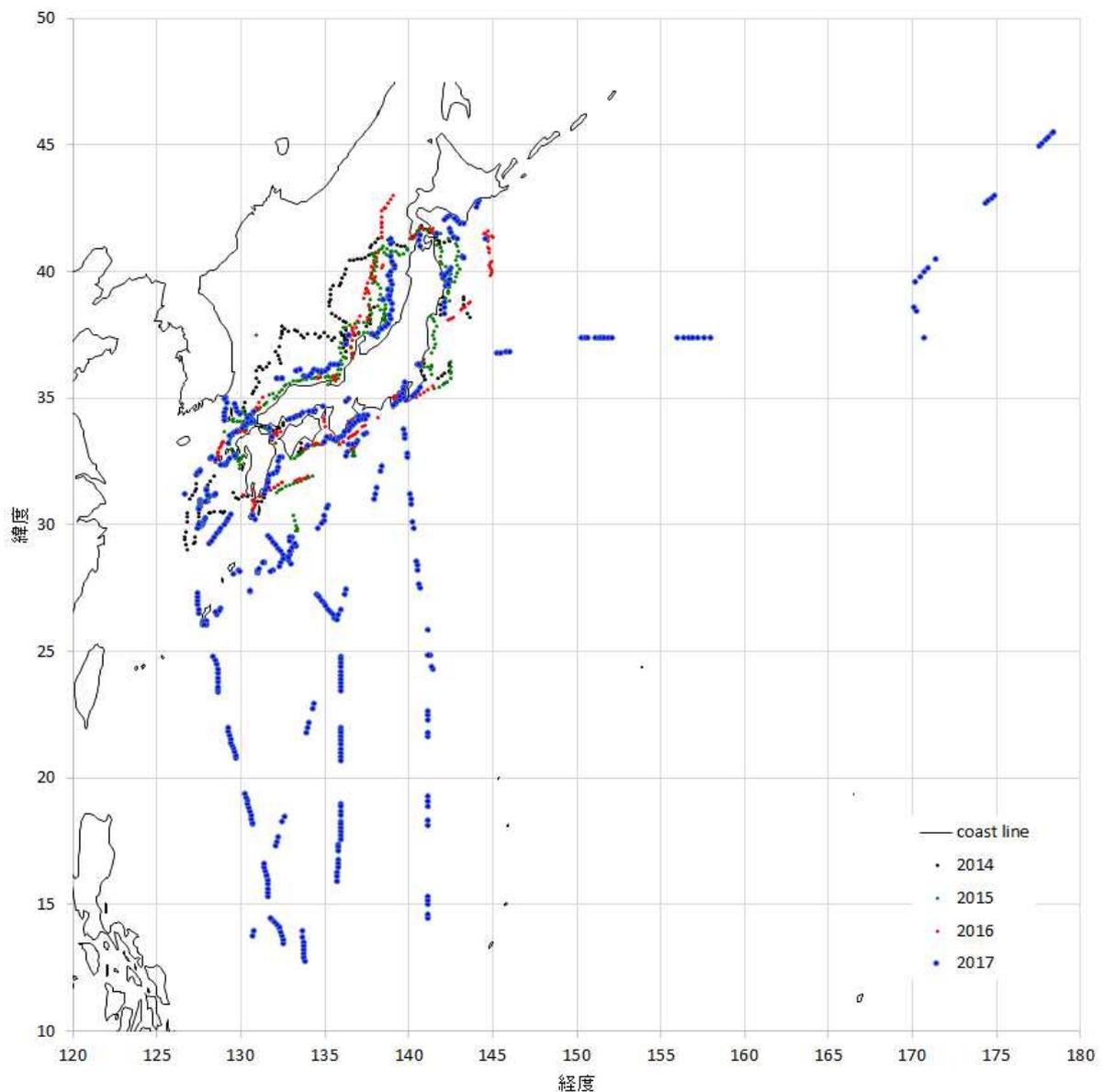
各船のデータの管理取りまとめは、今井圭理 (北海道大学)、清水健一、森井康宏、八木光晴 (長崎大学)、三橋延央、内山正樹、東隆文 (鹿児島大学)、内田圭一 (東京海洋大学) が担当した。

また、これ以降、図や表は「2017年」のように年で示しているが、これは年度を表していることに注意する。

## 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するために、今年度は行動海域が異なる4大学の練習船の航海を活用することで、これまでカバーすることができなかった黒潮の上流域から下流域までの広範囲にて目視観測調査を実施した(図II-1)。そして、昨年度に引き続き季節の違いによる漂流ごみの違いを検討するために、沖合の黒潮の分枝が流れ込む相模湾での定期的なモニタリングを実施した。漂流ごみの密度と現存量の推定においては、従前どおりに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、密度推定を行い、漂流ごみの日本周辺における分布の傾向把握を行った。



図II-1 2014年度から2017年度の沖合漂流ごみ目視調査地点図

## 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、先に述べたようにこれまで日本周辺海域にて調査を行ってきた海鷹丸・神鷹丸（東京海洋大学）に加えて、おしよろ丸（北海道大学）、長崎丸（長崎大学）、鹿児島丸（鹿児島大学）の航海の一部を活用することで、2014年度から2016年度よりもさらに広範囲における調査を実施した。また、季節ごとの漂流ごみの分布に変化のモニタリングとして、黒潮続流が入り込む相模湾での定期的な調査を昨年度に引き続き青鷹丸（東京海洋大学）にて実施した。各船の航海時期と航行範囲は表Ⅱ-1に示すとおりである。

表Ⅱ-1 4 大学練習船調査実施表

船名	全長	総トン数	眼高	調査日	調査範囲
海鷹丸	93 m	1886 t	14 m	7/11-8/11	日本周回
				11/14-11/18	南方海域
				2/10-2/16	南方海域
神鷹丸	64.5 m	986 t	9 m	7/13-8/7	日本周回
				8/20-9/2	西日本周辺
				2/1-2/13	南方海域
おしよろ丸	78.3 m	1598 t	10 m	6/20-6/28	北海道東方沖
				9/26-9/28	北海道・東北沖
				11/7-11/20	北海道・東北沖
長崎丸	63.9 m	842 t	9 m	8/2-8/10	東シナ海
				8/30-9/10	東シナ海
				9/24-9/25	東シナ海
鹿児島丸	66.9 m	1284 t	11 m	8/18-9/20	東シナ海・南方海域
青鷹丸	35.5 m	170 t	4 m	4/22-2/3	相模湾

### 2-2. 観測体制

漂流ごみの目視観測調査は、最小で観測者1人と記録者1人の2名として、調査にあたる船ごとの学生や調査員の数によって観測兼距離計測者、観測兼識別担当者など役割分担を増やして観測にあたった（表Ⅱ-2）。また観測中は集中力を維持するために30分から1時間で役割を交代しながら行った。調査の際には、目視観測データ入力アプリ（図Ⅱ-2）をインストールしたGPS内蔵のタブレットを使用した。これにより、個々の観測データに基本情報と緯度経度情報を付加することが可能になった。漂流ごみが見当たらないときには、記録者やその他の役割の者も観測を行った。

表 II-2 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
1名	記録	タブレット PC	観測・記録	船橋ウイング
2名	観測	野帳	観測・特記事項記録	船橋ウイング
3名	距離計測	傾角度計	観測・最接近時の距離を計測	船橋ウイング
4名	識別	双眼鏡・カメラ	観測・漂流物の種判定・カメラ撮影	船橋ウイング

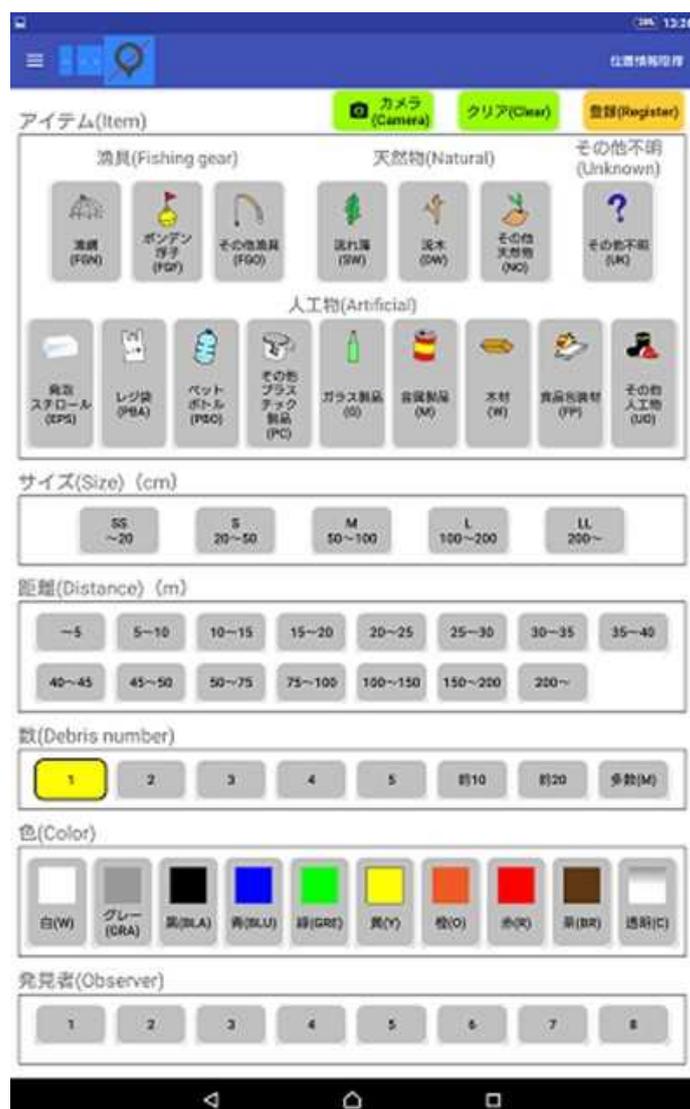


図 II-2 目視観測データ入力アプリの入力画面

観測時間は視野のきく 6 時から 18 時の航走時間帯に実施した。観測グループの調査時間帯は、概ね以下 (2-3) の通りに行った。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。

## 2-3. 観測手順

- ① 観測グループは、15分前に観測場所（ウイング）に集合し、備品（傾角度計・野帳・双眼鏡・タブレットPC）の確認をする。
- ② タブレットPCを起動するとともに目視観測データ入力アプリを起動し、タブレットによるGPSによる測位開始を確認する。
- ③ グレアの割合から観測舷決定をおこなう（海面反射が少ない方を選ぶ）。
- ④ 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。
- ⑤ 記録者は、観測開始前に、目視観測データ入力アプリの基本情報入力シートに、ファイル名、記録者氏名、観測舷、コース・船速、風向・風速、気象・海象、観測舷、グレア率などを記入した。
- ⑥ 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データの入力を行った。
- ⑦ 観測に余裕のある時は、記録者も一緒に観測を行った。
- ⑧ 潮目などのような特徴的な漂流物に遭遇した場合は、タブレットの備考欄より該当する性質を選び、記録野帳に記録し、可能な範囲でタブレットのカメラ機能で撮影を行った。

## 2-4. 観測項目

目視観測調査では、以下の項目を識別、測定し、目視観測データ入力アプリで記録した。メタデータ（基本情報）として、記録者、天候、風向風速、風浪階級、海面反射割合（グレア率）、観測舷、船速、針路などの観察環境を記録した。緯度経度は、スタートと同時に自動的に記録される。漂流ごみを発見した場合、その種類、距離、サイズ、色、数、観測者を入力した。距離は、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)を目測したものである。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、野帳に記録した。観察対象物は表Ⅱ-3に示すカテゴリーに分けて記録した。また、メタデータは気象の変化やコースの変更があった際にその都度修正した。

表Ⅱ-3 漂流物（ごみ）の種類区分

- 漂流物種類 -		(参考) 記録時に用いた略号等	
人工物	その他プラスチック製品	PC	Petrochemical
	食品包装材トレイ、弁当空、お菓子類袋など	FP	Food Packaging
	レジ袋	PBA	Plastic Bag
	発泡スチロール	EPS	Expanded Polystyrene
	ペットボトル	PBO	Plastic Bottle
	ガラス製品	G	Glass goods
	金属製品	M	Metal Goods
	木材	W	wood
	その他	UO	Unnatural other

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
自然物	流れ藻	SW	Seaweed
	流木	DW	Driftwood
	その他	NO	Natural 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Ⅱ-1のような目安表を作成し、データの標準化に努めた。

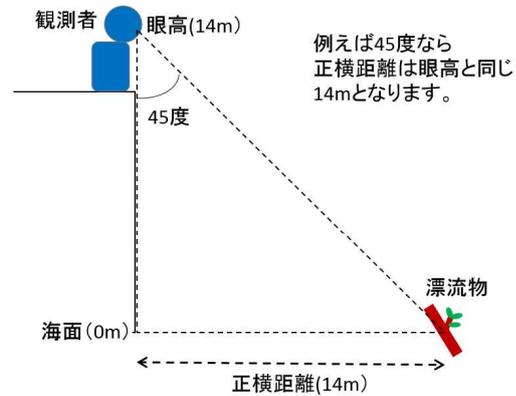
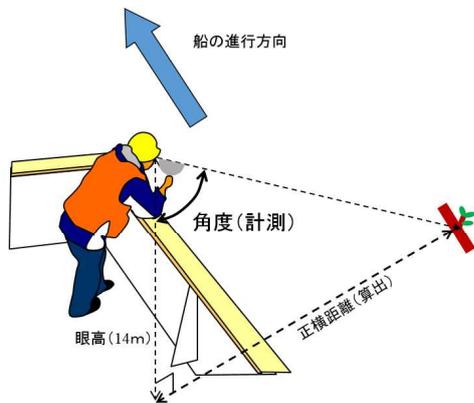
(LL>200cm, 200cm>L>100cm, 100cm>M>50cm, 50cm>S>20cm, 20cm>SS)

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Ⅱ-3、資料Ⅱ-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単位で入力した。

### 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。



例えば45度なら  
正横距離は眼高と同じ  
14mとなります。

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-3 正横距離測定概念図

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 とした。

### 〈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サイズ（500ml: 21cm, 1.5~2L: 31cm）サンダル、スーパーの袋、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**

種類	記号
漂流物の例	
漁網	FGN
漁具	
ボンデン 浮子	FGF
その他 漁具	FGO
発泡スチロール	EPS
レジ袋	PBA
ペットボトル	PBO
食品包装材（トレー、弁当空、お菓子類袋など）	FP
人工物	
その他プラスチック製品	PC
ガラス製品	G
金属製品	M
木材	W
その他	UO
流れ藻	SW
自然物	
流木	DW
その他	NO
不明	UK

**実例**

### 〈記録用早見表 II〉

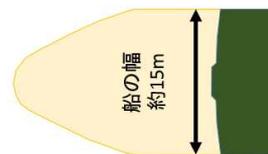
距離の記入例

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

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

## 2-5. 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、海表面上で漂流ごみ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ごみを目視観測すると、船体に近いところではほとんどすべての漂流ごみ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つれて、減少していく（図 II-4）。

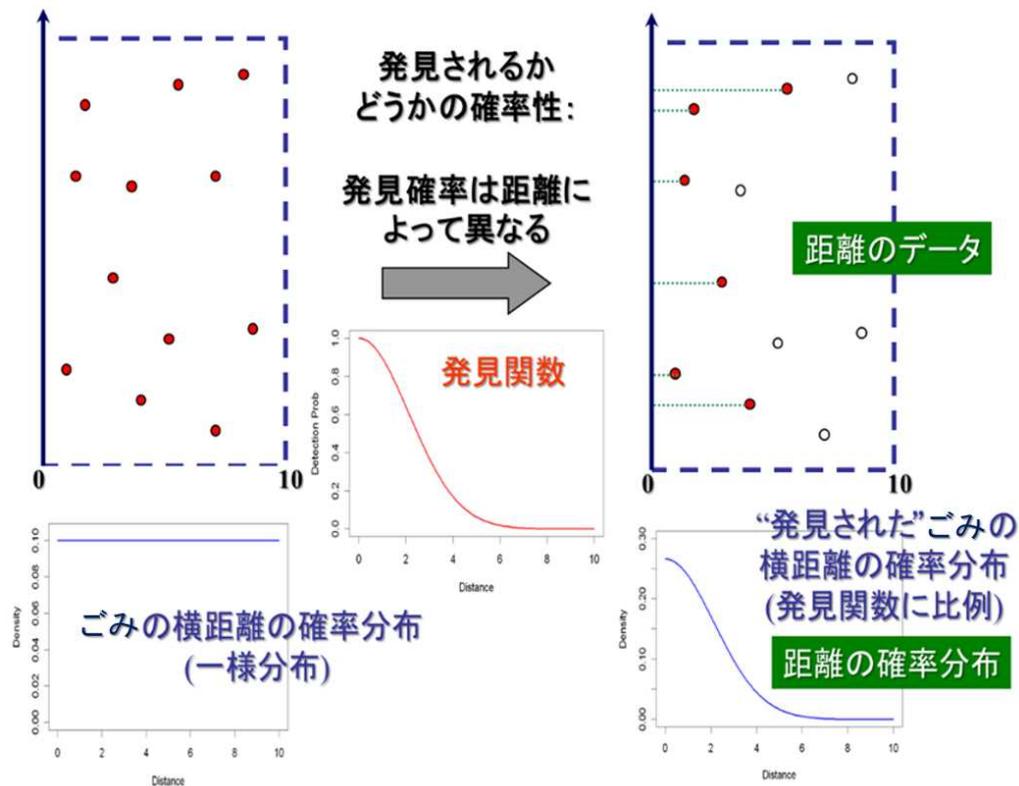


図 II-4 ライントランセクト法による横距離データの性質

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。発見関数は一般的に用いられる Half-Normal、Hazard-Rate に加え、左側 10 m に半正規分布を付けた Half-Half-Normal、Half-Hazard-Rate の計 4 つを指定して用いることができる (図 II-5~8)。トランケイトは 200 m とした。

Half-Normal

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

$\sigma$  はパラメータ

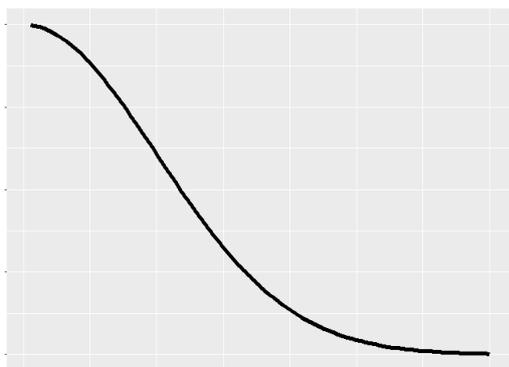


図 II-5 Half-Normal 型の発見関数の概形

Hazard-Rate

$$g(x) = 1 - \exp\left(-\left(\frac{x}{\sigma}\right)^{-b}\right)$$

$\sigma, b$  はパラメータ

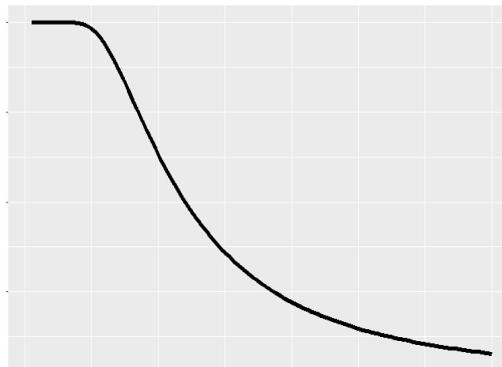


図 II-6 Hazard-Rate 型の発見関数の概形

### Half-Half-Normal

$$g(x) = \begin{cases} \exp\left(-\frac{(x-c)^2}{2\delta^2}\right), & x \leq c \\ \exp\left(-\frac{(x-c)^2}{2\sigma^2}\right), & x > c \end{cases}$$

$\sigma, \delta$ はパラメータ

### Half-Hazard-Rate

$$g(x) = \begin{cases} \exp\left(-\frac{(x-c)^2}{2\delta^2}\right), & x \leq c \\ 1 - \exp\left(-\left(\frac{x-c}{\sigma}\right)^{-b}\right), & x > c \end{cases}$$

$\sigma, b, \delta$ はパラメータ

※  $c$  は cut point

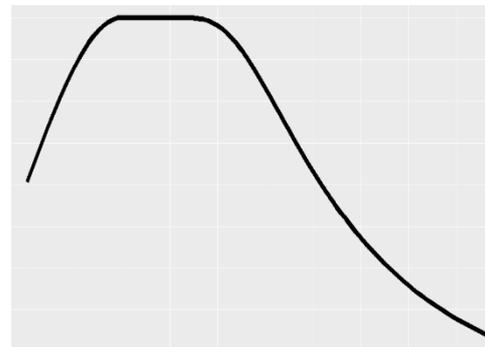
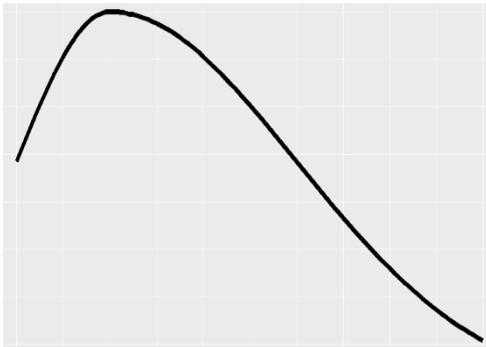


図 II-7 Half-Half-Normal 型の発見関数の概形

図 II-8 Half-Hazard-Rate 型の発見関数の概形

#### 2-5-1. 共変量解析

ライントランセクト法では、一般的に発見関数のパラメータ  $\sigma$  を共変量値の関数とすることで共変量を考慮した解析を行うことができる。  $\sigma$  は正のパラメータなので、 $i$  番目に発見した対象物の共変量の集合を  $\mathbf{z}_i = (z_{i1}, \dots, z_{iQ})$  とすると条件  $\mathbf{z}_i$  の下での  $\sigma$  は

$$\sigma(\mathbf{z}_i) = \exp\left(\alpha + \sum_{q=1}^Q \beta_q z_{iq}\right)$$

と表現できる。  $\alpha, \beta_1 \dots \beta_Q$  はパラメータである。共変量解析でもパラメータの推定には最尤法、モデル選択には AIC を用いることができる。

#### 2-5-2. パラメータの推定とモデル選択

観測データの横距離はある程度の幅を持って観測されているので、観測データの列名  $\max, \min$  と発見関数から確率密度関数を以下のように定義し

$$f(x_i|\theta, \mathbf{z}_i) = \frac{\int_{\min_i}^{\max_i} g(x_i|\theta, \mathbf{z}_i) dx}{\int_0^w g(x|\theta, \mathbf{z}_i) dx}$$

最尤法でパラメータの推定を行う。

$$L(\theta|x) = \prod_{i=1}^n f(x_i|\theta, \mathbf{z}_i)$$

最尤法で求めた最尤値  $\hat{L}$  とパラメータ数  $k$  から AIC を次の式で算出しモデル選択を行った。

$$AIC = -2 \log(\hat{L}) + 2 k$$

### 2-5-3. 密度推定

密度推定には, Horvitz-Thompson-Like Estimator を用いた. 各個体の発見確率の平均である

$$P_a(\mathbf{z}_i) = \frac{1}{w} \int_0^w g(x|\theta, \mathbf{z}_i) dx$$

を用いてレグ毎の密度を

$$\hat{D}_k = \frac{1}{wl_k} \sum_{i=1}^{n_k} \frac{1}{\hat{P}_a(\mathbf{z}_i)}$$

で推定.  $n_k$  はあるレグでの発見数である. 全体の密度は

$$\hat{D} = \frac{1}{wL} \sum_{i=1}^n \frac{1}{\hat{P}_a(\mathbf{z}_i)}$$

として密度推定を行う。

### 2-5-4. 推定値の分散

ライントランセクト法における分散は, 発見関数のパラメータによる部分と遭遇率と呼ばれる各トランセクトにおける発見数の違いによる部分からなる. Horvitz-Thompson-Like Estimator を用いた時の全体の密度の分散は各レグでの現存量と遭遇率から以下の式で算出する。

$$Var(\hat{D}) = \left(\frac{1}{wL}\right)^2 \left\{ L \sum_{k=1}^K \frac{l_k}{K-1} \left( \frac{\hat{N}_{ck}}{l_k} - \frac{\hat{N}_c}{L} \right)^2 + \hat{\mathbf{a}}^T H^{-1}(\theta) \hat{\mathbf{a}} \right\}$$

ここで  $L$  は総努力量,  $l_k$  は  $k$  番目のレグの努力量,  $H^{-1}(\theta)$  はパラメータのヘッシアン行列の逆行列を示す.  $\hat{N}_{ck}$  それぞれのレグでの現存量,  $\hat{N}_c$  は調査海域の現存量を示し, それぞれ以下の式で算出する。

$$\hat{N}_{ck} = \sum_{i=1}^{n_k} \frac{1}{\hat{P}_a(\mathbf{z}_i)}$$

$$\hat{N}_c = \sum_{i=1}^n \frac{1}{\hat{P}_a(\mathbf{z}_i)}$$

$$\hat{\mathbf{a}} = \left. \frac{\partial \hat{N}_c}{\partial \theta} \right|_{\theta=\hat{\theta}}$$

### 2-5-5. グリッド毎の密度推定

グリッドの密度は調査レグの密度推定値に基づいて算出した。グリッドに調査レグが含まれる時、そのレグの密度をグリッドの密度として反映する。グリッドに含まれるレグは複数ある場合があるので、その密度はレグの長さの重み付き平均で与えた。

グリッドに含まれるレグを $l_m$ 、その密度を $D_m$ とすると、グリッドの密度 $D_g$ は

$$D_g = \frac{1}{\sum_{m=1}^{M'} l_m} \sum_{m=1}^{M'} D_m l_m$$

として計算する。

本報告では、目視観測で得られたデータを緯度経度 0.5 度のグリッド毎の密度に計算した値を用いて、日本周辺海域の漂流ごみの分布傾向を以下に示して行く。

## 3. 調査結果

### 3-1. 調査実施の概要

2017 年度は、6 隻の練習船によって表 II-4、図 II-1 に示すような調査を実施した。解析を行った結果、密度を算出したグリッドの分布は、図 II-9 に示す通りである。

表 II-4 2017 年度調査実績

船名	調査日	調査範囲	回数	距離	発見個数
海鷹丸	7/11-8/11	日本周回	117	3231.226	33659
	11/14-11/18	南方海域	341	7750.764	22898
	2/10-2/16	南方海域			
神鷹丸	7/13-8/7	日本周回	28	628.0201	3420
	8/20-9/2	西日本周辺	60	902.4407	1063
	2/1-2/13	南方海域	52	801.4527	19563
	6/20-6/28	北海道東方沖	38	834.7903	962
	9/26-9/28	北海道・東北沖	12	228.1088	3542
おしよろ丸	12/2-12/3	三陸沖～千葉県沖	14	198.8198	302
	12/8	関東南方沖	8	116.1209	95
長崎丸	11/7-11/20	北海道・東北沖	13	216.158	1032
	8/30-9/10	東シナ海	19	331.5779	1046
鹿児島丸	8/18-9/20	東シナ海・南方海域	133	2296.432	3611
青鷹丸	4/22-2/3	相模湾	56	481.7136	14982

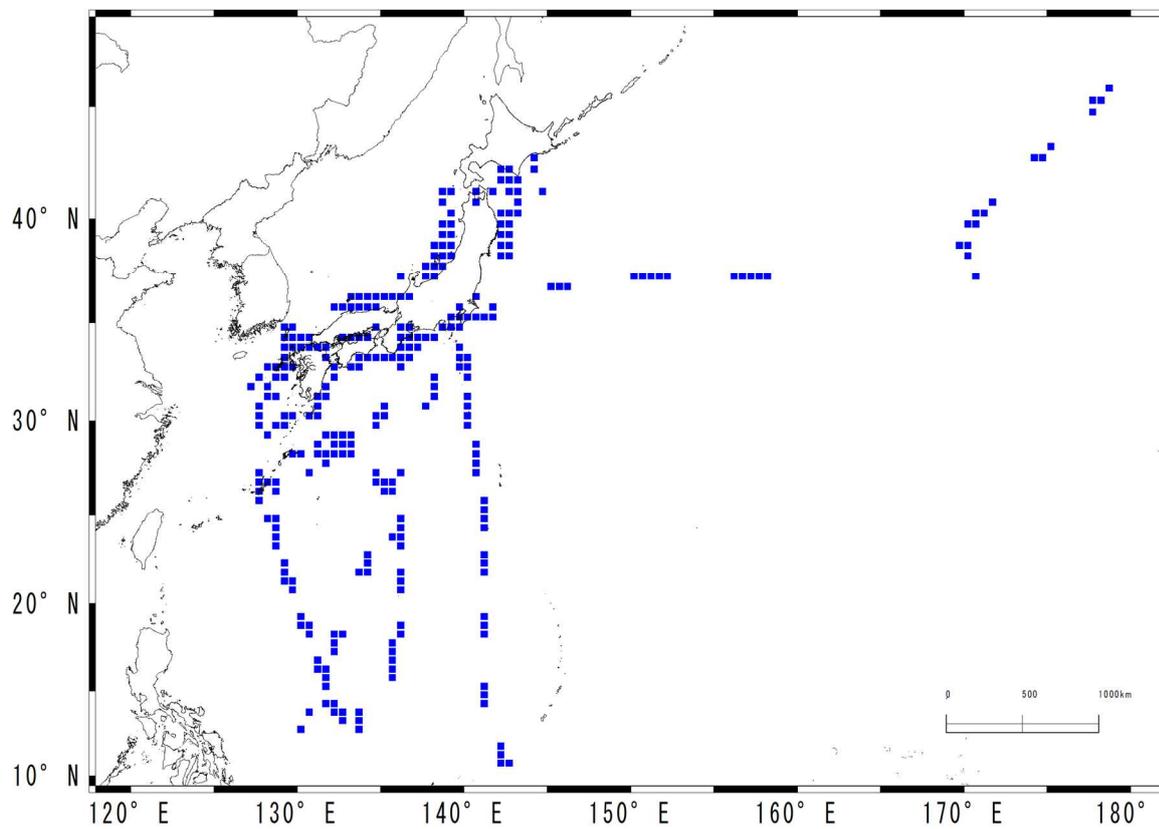
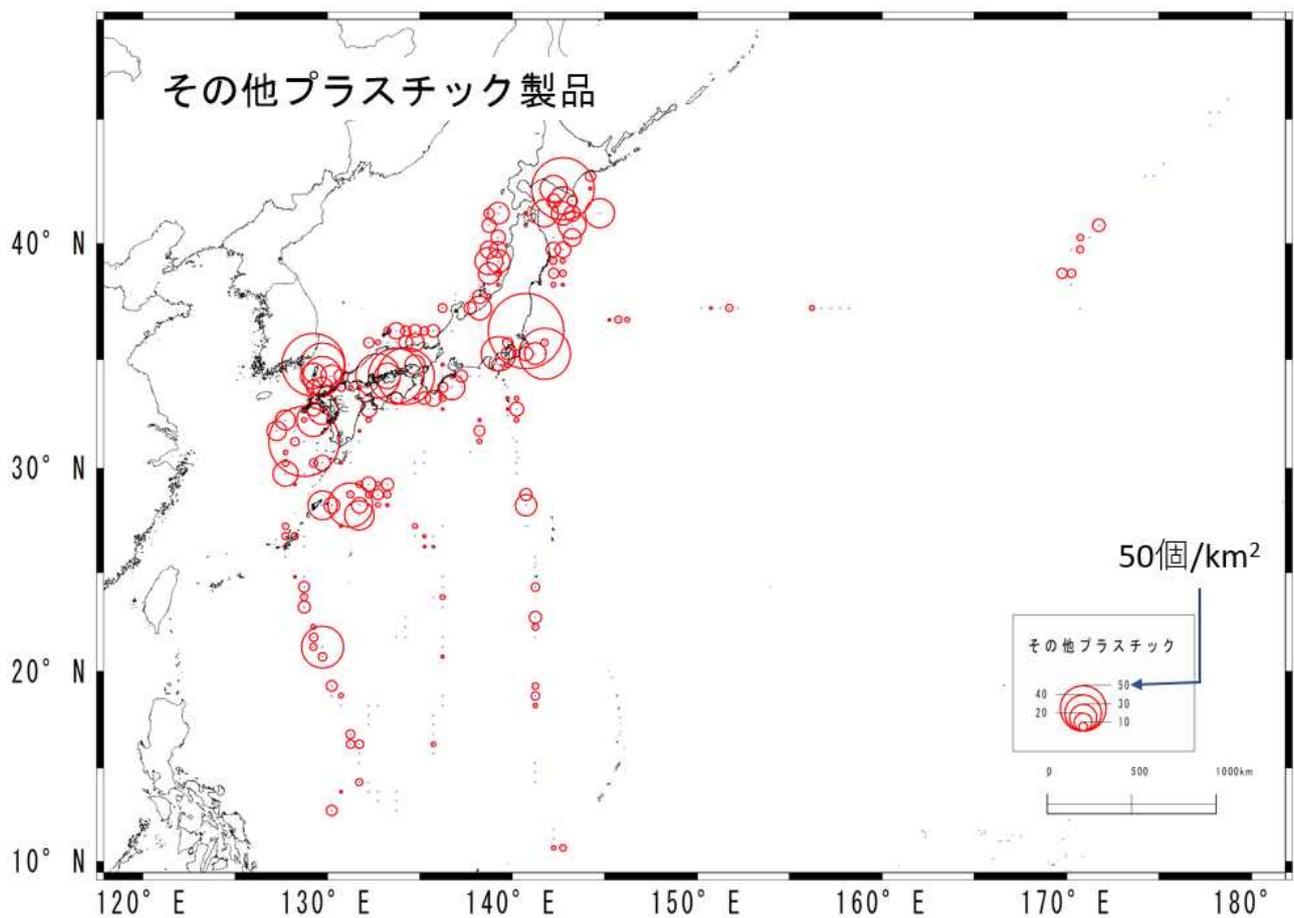


図 II-9 解析結果から得られたグリッド（緯度経度 30 分毎）の分布図

### 3-2. 日本周辺海域の漂流ごみ種類別の密度分布

#### 3-2-1. その他プラスチック製品 (図II-10)

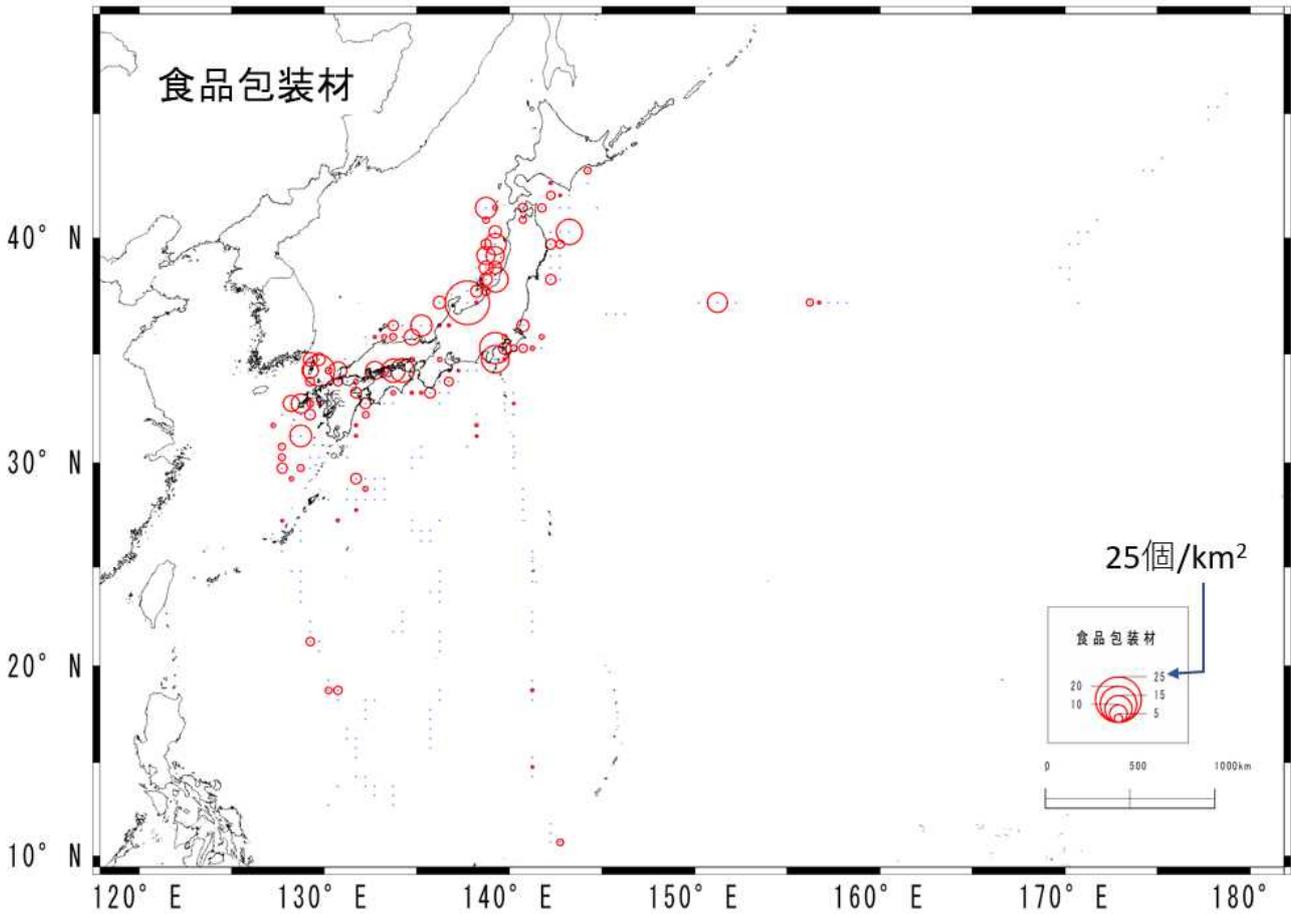
食品包装材やレジ袋、ペットボトル等に分類されないその他プラスチック製品は、荷造り紐やバケツ、シート状のものがこれに該当する。こうしたプラスチック製品は、西から見ていくと、50個/km<sup>2</sup>以上の高密度な点は、九州の西側と南側、瀬戸内海、関東周辺海域、津軽海峡東口の沖合に多く見られた。最も高密度だったのは関東の沖合で73個/km<sup>2</sup>であった。一方で、日本の南方海域や東方沖は、低密度なエリアが多く見られた。高密度な点は、人口密度が高い都市部に近いことから、これらの地域から海洋中に流入したものが、風や潮流で沖合域から外洋域に拡散していているものと考えられた。



図II-10 その他プラスチック製品の密度分布

### 3-2-2. 食品包装材 (図Ⅱ-11)

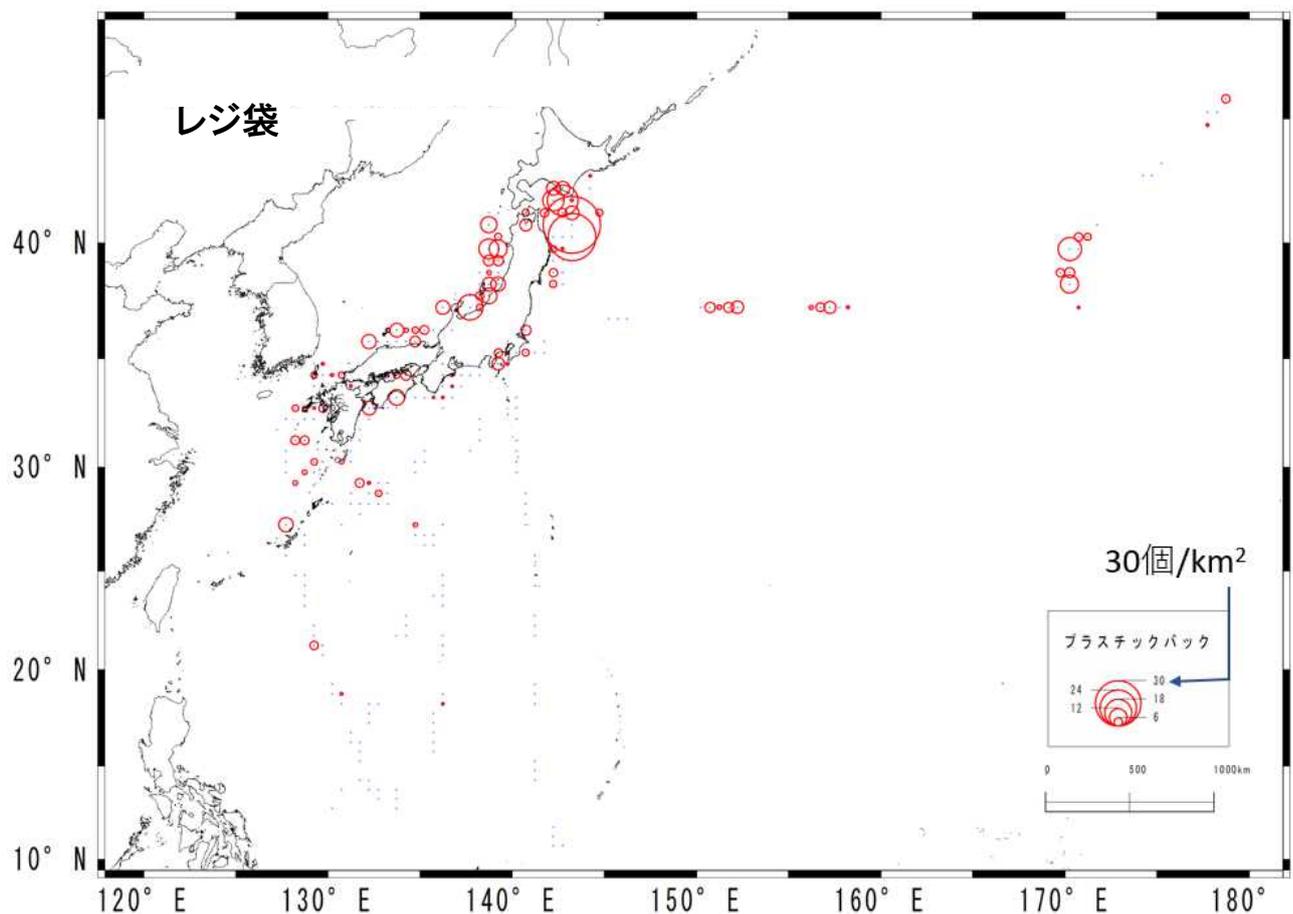
高密度な場所は、その他プラスチック製品と似て、九州西部と北部、瀬戸内海、関東沖、能登半島の東から東北沖日本海側にかけて見られた。最も密度が高かったのは能登半島の東側で、その密度は、37個/km<sup>2</sup>であった。食品包装材の多くはプラスチック製品であり、漂流の状態もその他プラスチック製品と同じように、水面下に張り付くように漂う。これらの事から、その他プラスチック製品と似た分布傾向を示したものと考えられた。



図Ⅱ-11 食品包装材の密度分布

### 3-2-3. レジ袋（プラスチックバック）（図Ⅱ-12）

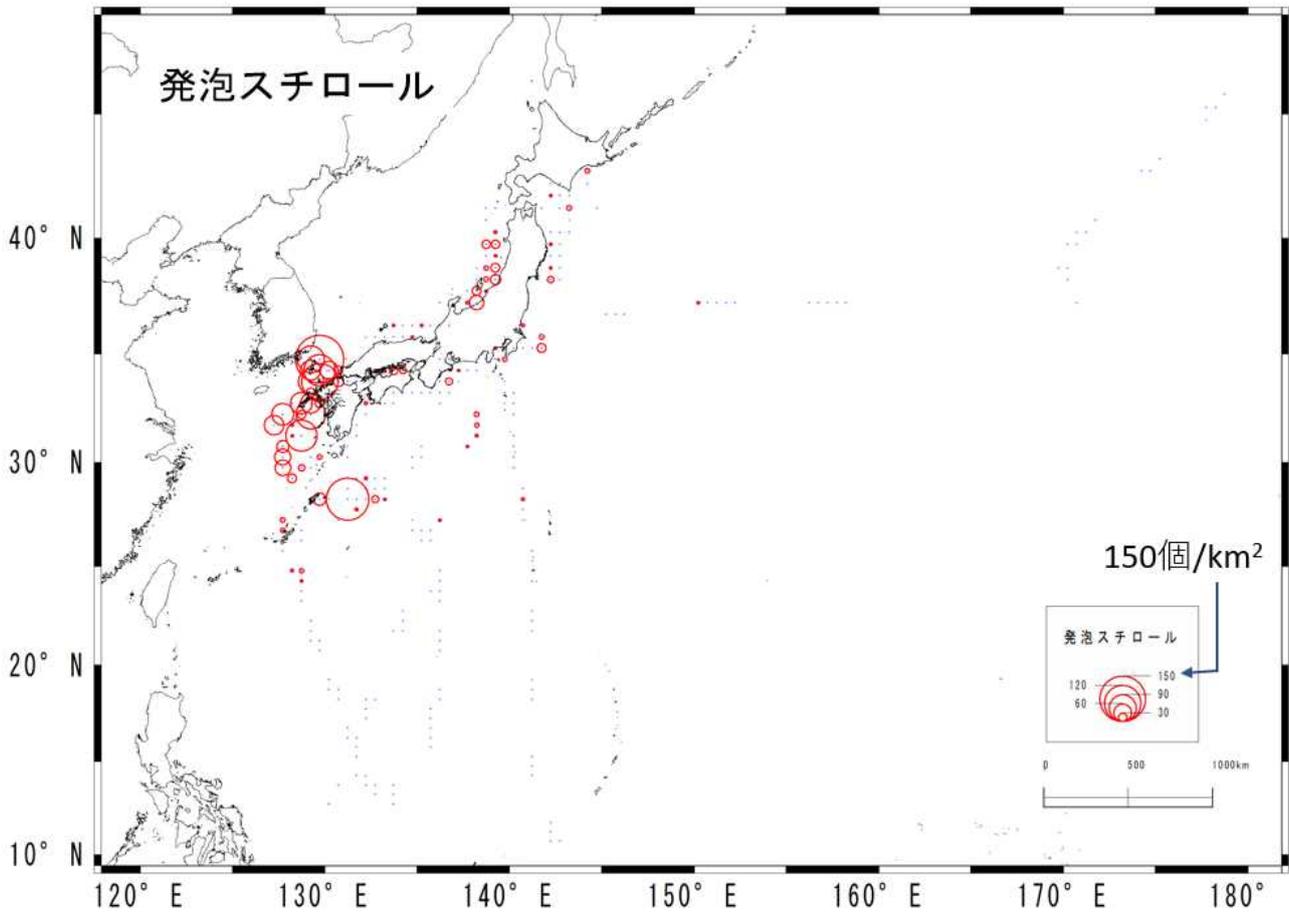
レジ袋は、現在世界的に使用量の見直しなどが行われていることから、本調査でもプラスチック製品から分けて記録し、沖合域におけるその実態の把握に努めている。分布傾向は、その他プラスチック製品や食品包装材と異なり、東高西低の傾向がみられた。特に、津軽海峡東口沖には、高密度なエリア（38個/km<sup>2</sup>）がみられた。レジ袋は、その他プラスチック製品と同じように、水面に張り付くか、もしくは水面下を漂っていることから海流の影響を受けやすいと考えられる。食品包装材は少なかったが、津軽海峡東口沖は、海流によって運ばれる漂流ごみが溜まりやすい場所である可能性がある。また、東経170度以東の測点でも、日本の沿岸と同程度の密度の場所があった。この場所は、黒潮の続流域であることから、黒潮によって運ばれたレジ袋が、日本のはるか東に2000km以上離れた海域にまで到達しているものと考えられた。



図Ⅱ-12 レジ袋の密度分布

### 3-2-4. 発泡スチロール (図II-13)

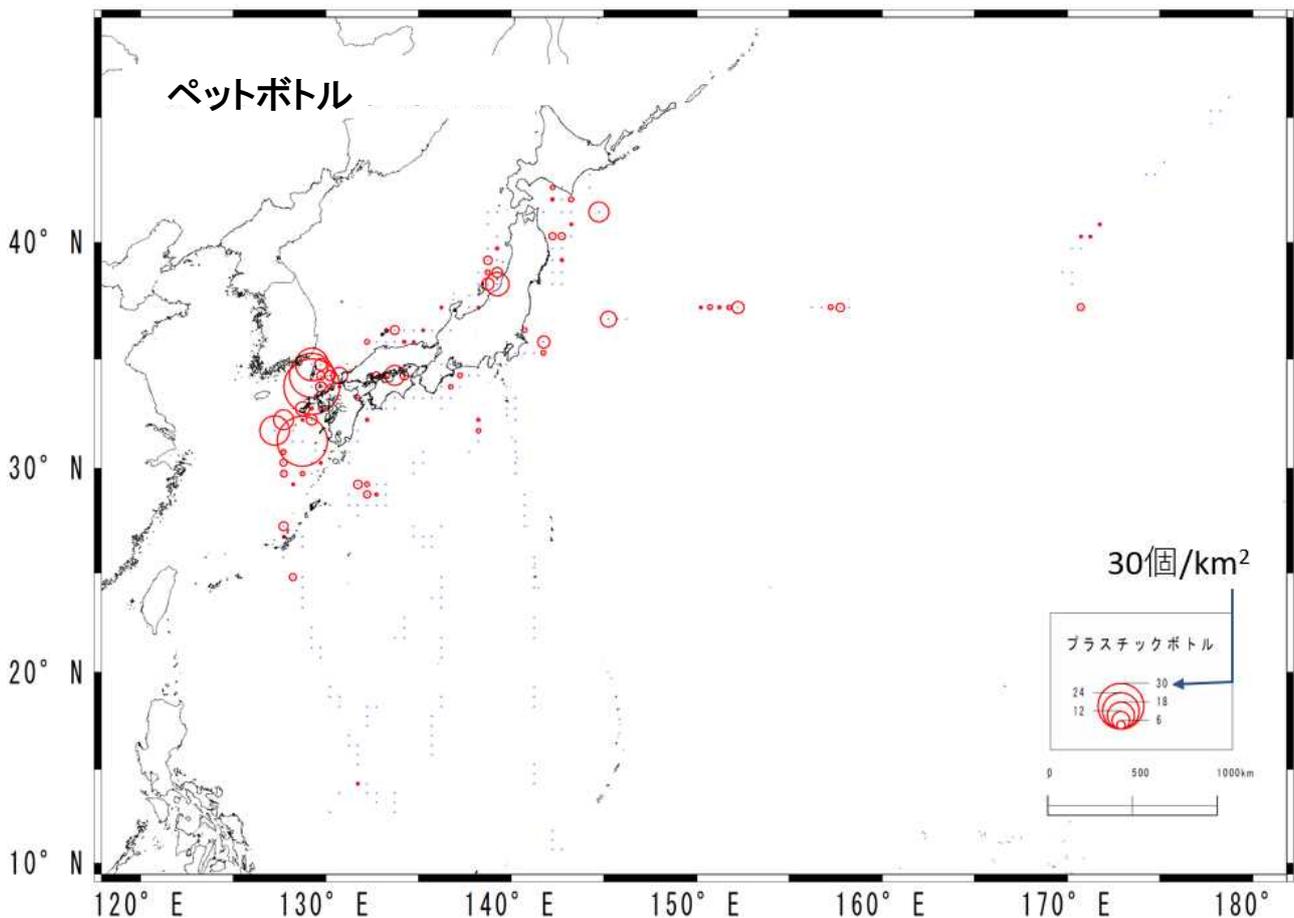
今年度の調査は、発泡スチロールは、九州の西側海域に高密度な場所が多く見られ（最高 161 個 /km<sup>2</sup>）、その他の海域では低い傾向となった。これは、2014 年の沖合域調査初年度の分布の傾向と似た結果となった。九州の南に高い密度のエリアが一か所あるが、それ以外の黒潮内側域となる南方海域の密度は低い結果となった。このことから、これらの発泡スチロールは、九州の西岸や韓国南岸や、今回調査の範囲外となっている黒潮の上流域などが発生源として考えられた。



図II-13 発泡スチロールの密度分布

### 3-2-5. ペットボトル (図Ⅱ-14)

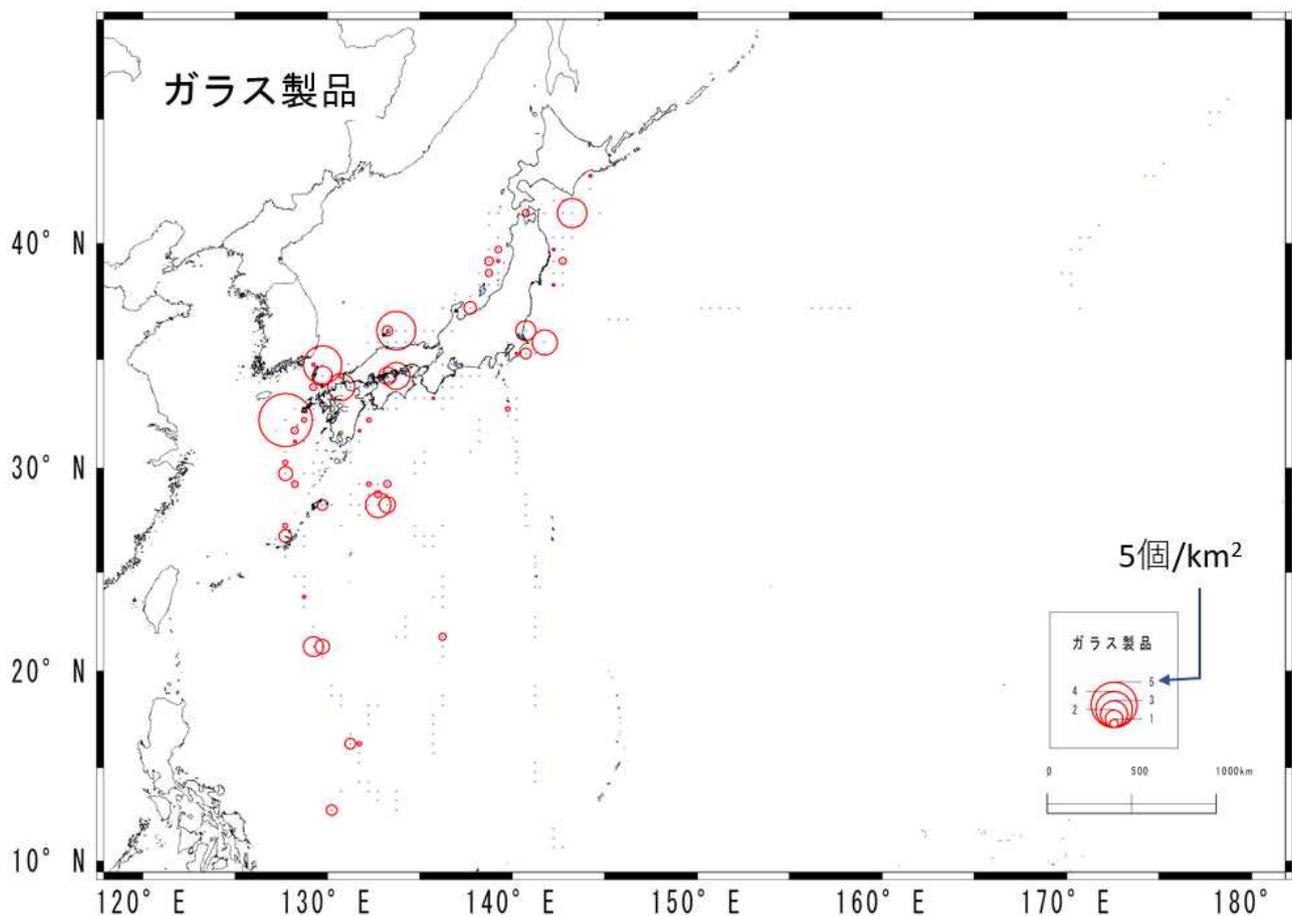
ペットボトルは、発泡スチロールと同様に、九州の西方に高密度なエリアが多く見られた (最高 37 個/km<sup>2</sup>)。ペットボトルは、完全に浮上していたものが多かったことから、その挙動は発泡スチロールと似ていると考えられる。今年度調査の結果は、発泡スチロールと似た分布傾向を示したことから、これら発生源は、発泡スチロールと同じか近い場所にあると推定された。環境省の平成 28 年度漂流ごみ対策総合検討業務による調査結果では、対馬、種子島、串本及び五島では漂着ペットボトルの約 4~6 割が外国製であったという報告がある。調査を行った時期は夏季で、日本周辺は南寄りの風が卓越していること、また調査海域は黒潮の下流域に当たることから、これらの多くは日本の南方で黒潮の上流域から流入している可能性が高いと考えられた。



図Ⅱ-14 ペットボトルの密度分布

### 3-2-6. ガラス製品 (図Ⅱ-15)

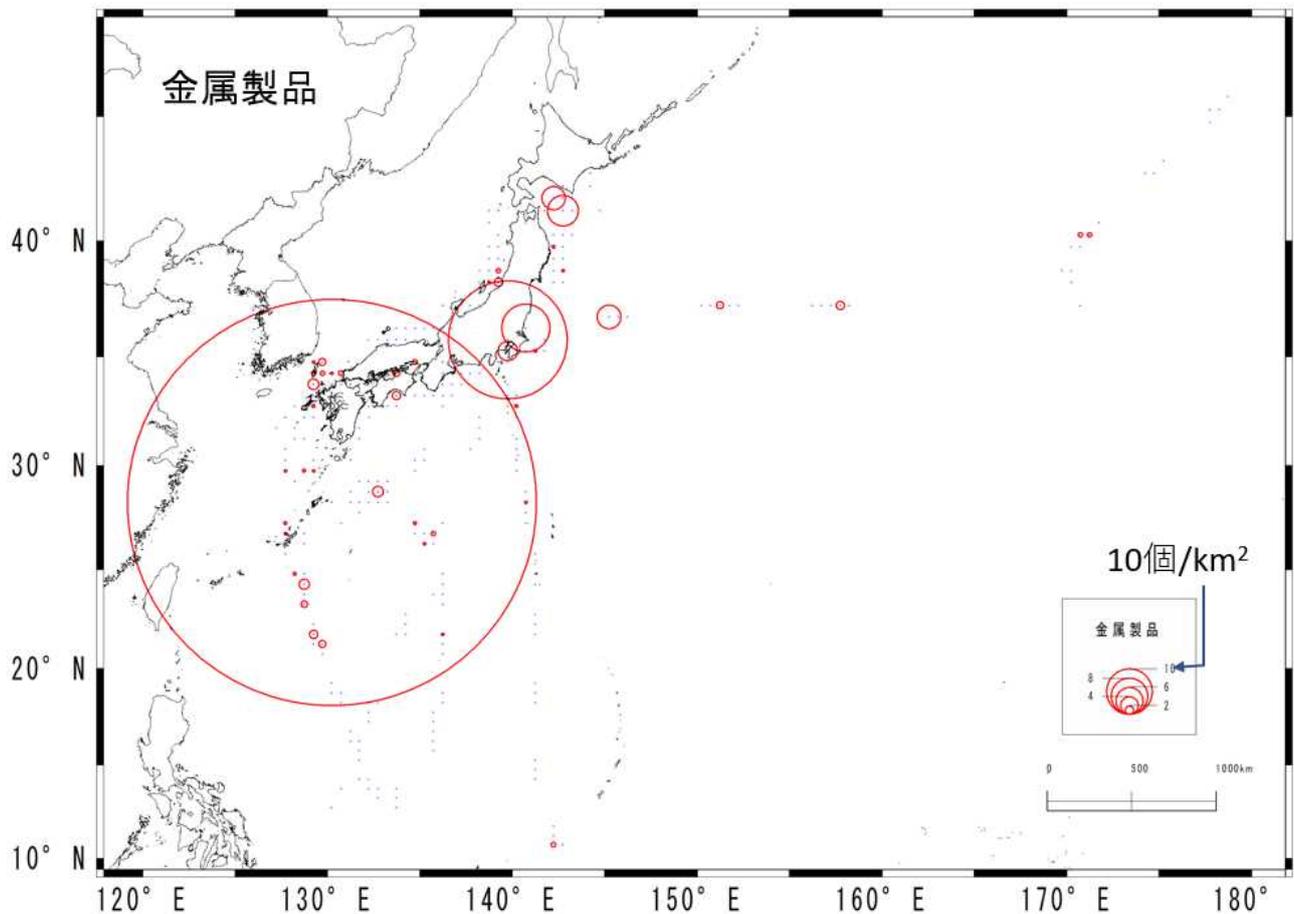
ガラス製品は、キャップが閉まった状態の空き瓶や電球、蛍光灯などである。東シナ海で最も高い密度のエリア (6 個/km<sup>2</sup>) がみられたが、そのほかにも日本海側、瀬戸内海、関東の沖合、津軽海峡の東方沖などで、高密度なエリアがみられた。これらは、その他プラスチック製品の高密度海域と同じような場所であることから、完全に浮き上がりながら漂流する発泡スチロールやペットボトルとは異なった移動をしているものと考えられた。また、プラスチック製品に比べて発見される個数が少ない理由は、ガラス製品が本来沈むものであることからその多くは海洋に投棄あるいは流入しても短時間で海中に沈んでしまうために沖合で発見されるものが少ないことや、元々のプラスチックと比較して使用される量が少ないことなどが考えられる。



図Ⅱ-15 ガラス製品の密度分布

### 3-2-7. 金属製品 (図Ⅱ-16)

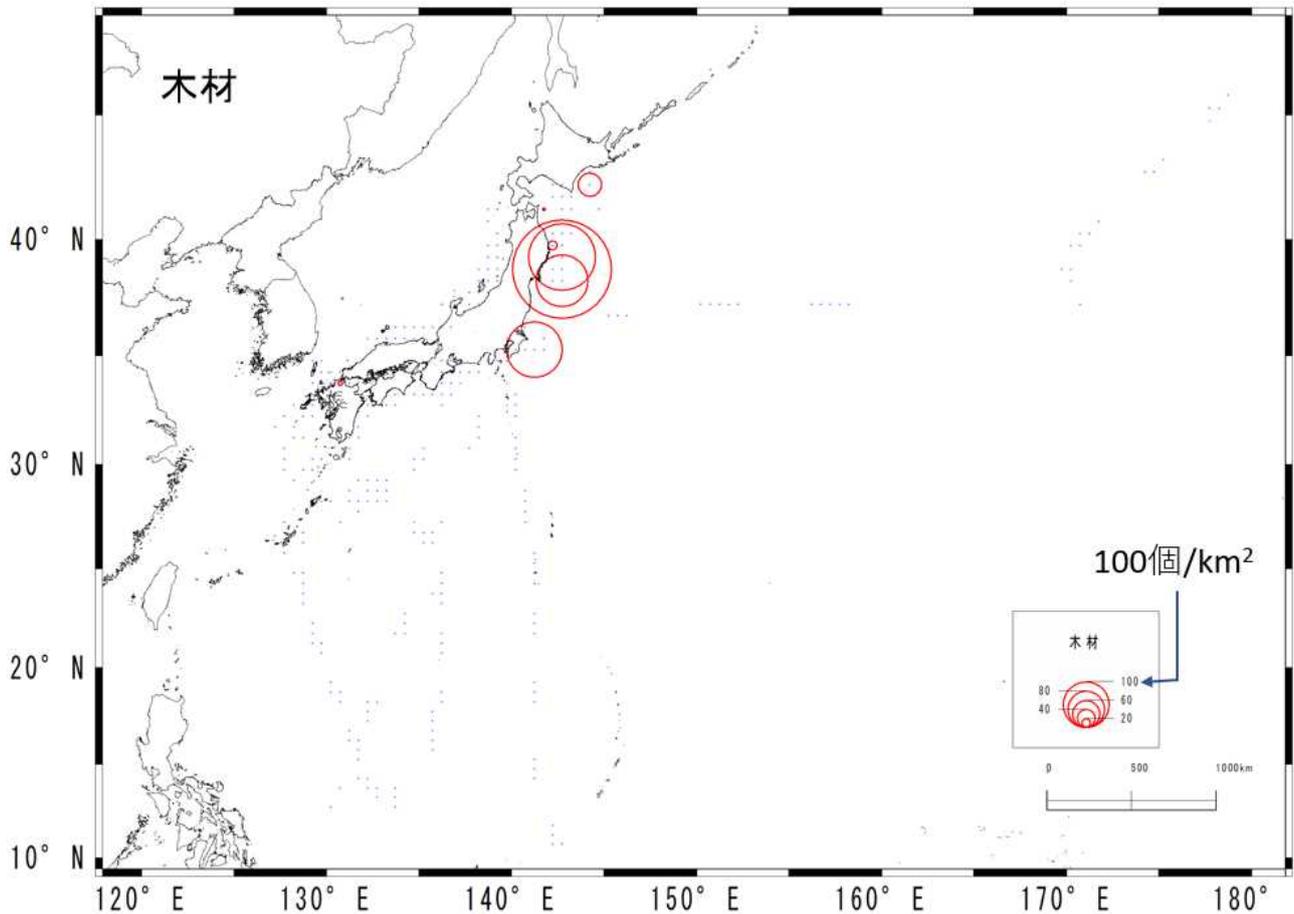
金属製品で観測されるのは、空き缶の天地が逆さまになりながら気室を保ち漂流しているものや、キャップの閉まった状態の金属製のボトル缶や、塗料缶、ドラム缶などが主である。沖縄付近に突出した密度のエリア (88 個/km<sup>2</sup>) があり、また関東の周辺海域にも高い密度のエリア (25 個/km<sup>2</sup>) がみられるが、全体的に密度は低い。これらの金属製品は、ガラス製品と同様に比較的短時間で海中に沈んでしまうために、沖合での発見個数が少ない可能性と、元々の絶対量が少ない可能性の両面が考えられる。



図Ⅱ-16 金属製品の密度分布

### 3-2-8. 木材（人工物）（図Ⅱ-17）

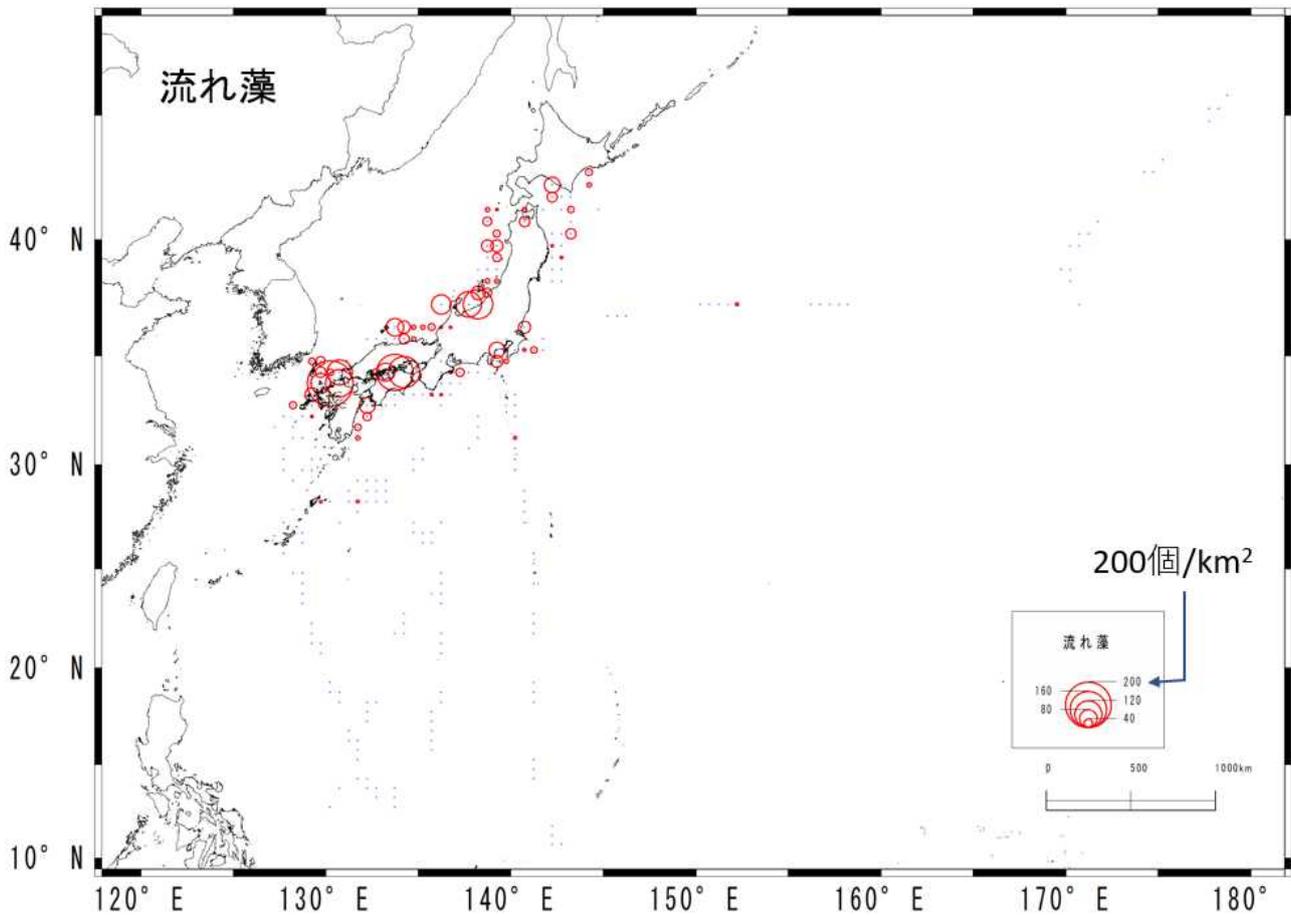
ここで木材とは、角材や板などの人工的に加工が施された木製品の事を示す。木材の発見件数は少なく、一けた台の密度のエリアが多かった。一方で、北関東から東北にかけての太平洋側では、100個/km<sup>2</sup>を超える高密度なエリア（最高217個/km<sup>2</sup>）が複数見られた。なぜ、この海域に、多量の木材が存在した理由については定かではない。



図Ⅱ-17 木材（人工物）の密度分布

### 3-2-9. 流れ藻 (図II-18)

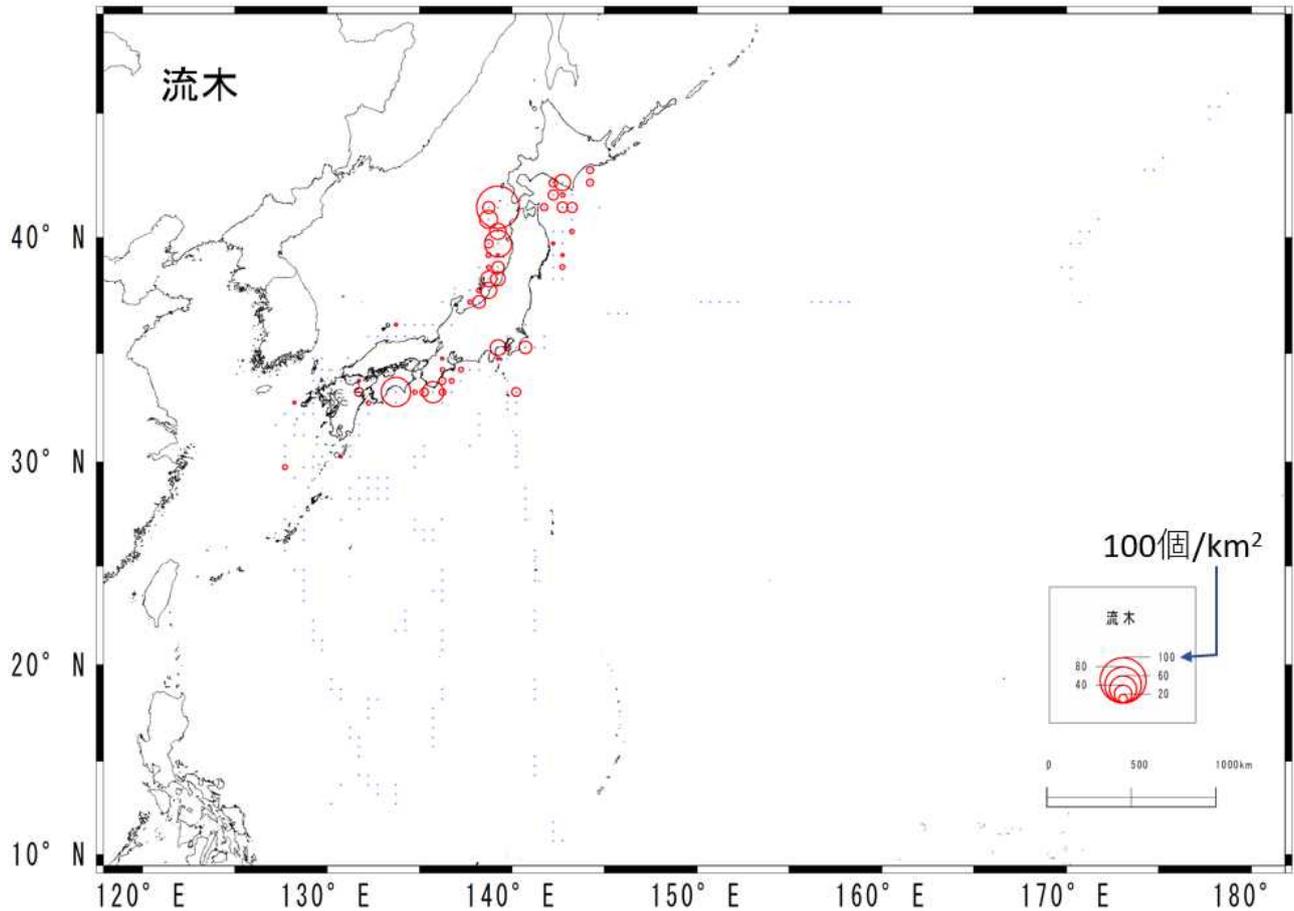
流れ藻は、細かく枝分かれがみられるホンダワラ類と、細長い葉のアマモ類が主に観測される。流れ藻は、沿岸に近いところでの記録が多く (最高 200 個/km<sup>2</sup>)、高密度なエリアは、九州北西部と瀬戸内海。能登半島の東に見られた。本調査では、記録の際にこれらの識別は行っていないため、種別の分布については言及できない。



図II-18 流れ藻の密度分布

### 3-2-10. 流木 (図Ⅱ-19)

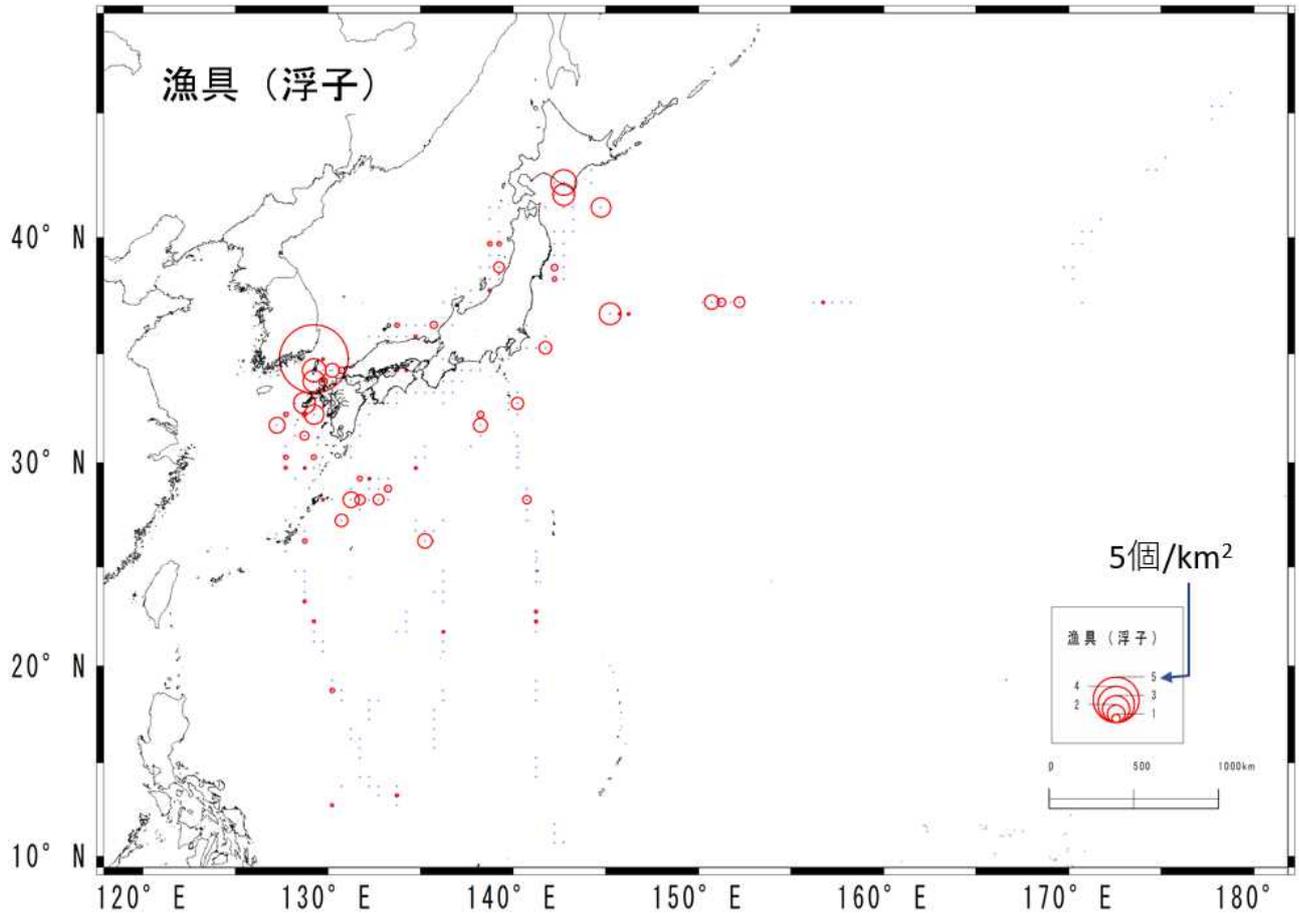
同じ自然物でも流れ藻とは異なり、東北の日本海側と四国沖、紀伊半島沖に高密度な分布エリアがみられた。最も高密度なエリアが存在したのは、津軽海峡西口西方沖で、94 個/km<sup>2</sup>であった。またその他プラスチック製品が多く見られた、津軽海峡東口の沖合にも 10 個/km<sup>2</sup>を超えるエリアが散在しており、この海域は漂流物が収束しやすい状況にあった可能性がある。



図Ⅱ-19 流木の密度分布

3-2-11. 漁具：浮子 (図II-20)

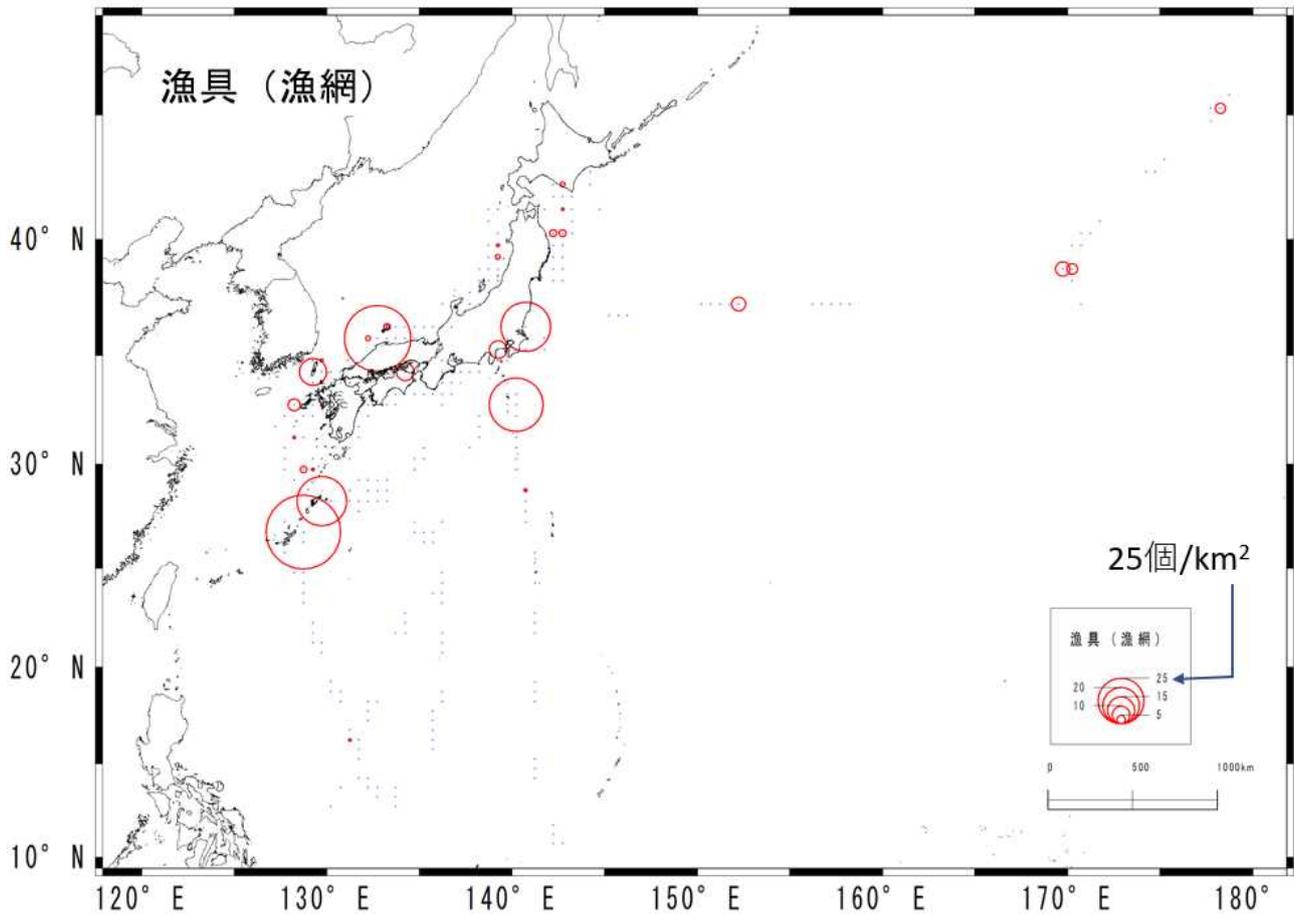
浮子は、最高密度 8 個/km<sup>2</sup> のエリアがみられた九州北西沖に多く分布するとともに、記録されたエリアは少ないもの太平洋側でひろく観測されている。そして、その他プラスチック製品やレジ袋などと比較すると、観測されたエリアは、陸から離れた場所が多いのが特徴である。



図II-20 浮子 (漁具類) の密度分布

3-2-12. 漁具：漁網（図Ⅱ-21）

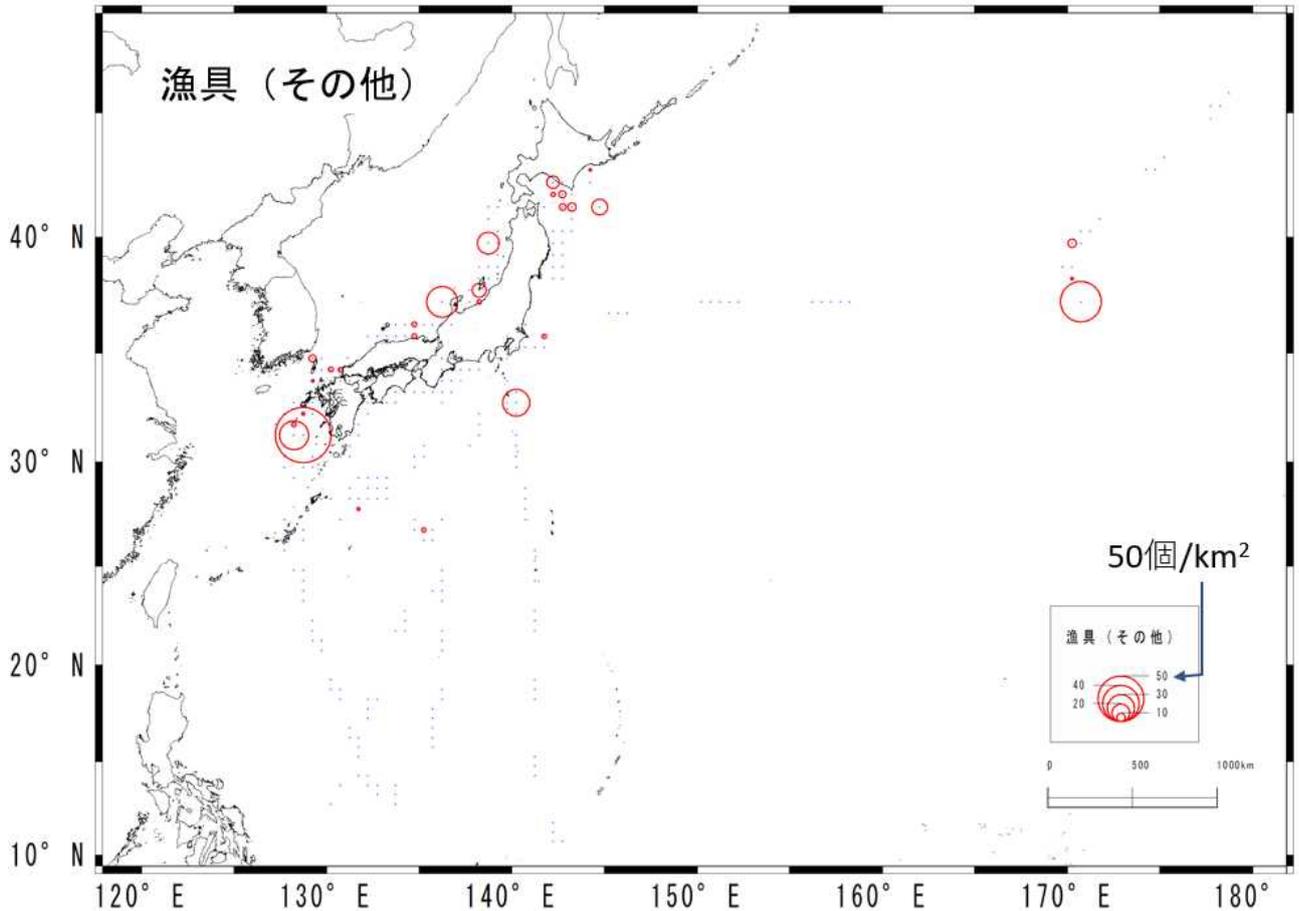
関東よりも南側のスポット的に高密度なエリア（最高 41 個/km<sup>2</sup>）がみられた。漁網の多くは使用目的を考えると本来は沈む材質のものが多くははずである。ここで漂流ごみとして観測された漁網は、直接手に取って確認することはできなかったが、何らかの浮力のあるものと絡まりながら漂流しているものと考えられた。



図Ⅱ-21 漁網（漁具類）の密度分布

### 3-2-13. その他漁具（図Ⅱ-22）

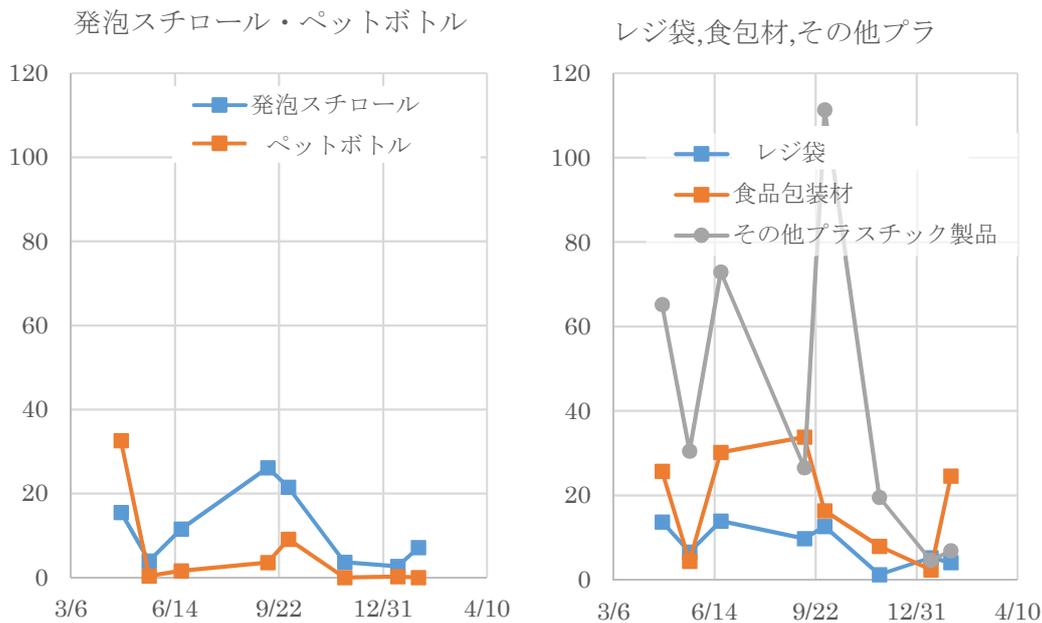
その他漁具は、主に魚を入れるためのかごや、旗竿、ロープなどの漁業資材になる。分布の傾向は、浮子と同じように九州の西方の東シナ海に高密度なエリア（61個/km<sup>2</sup>）があった他は、日本の周辺にスポット的に密度の高い場所がみられた。一方で、東経170度超えた場所でも45個/km<sup>2</sup>というエリアがみられた。



図Ⅱ-22 その他漁具類の密度分布

### 3-3. 相模湾調査の結果

2014、2015 年度の沖合域の調査の時期が夏季に偏っていたことから、2016 年度から試験的に沖合域と接続している相模湾にて年間を通じた漂流ごみの調査を実施した。今年度も 2016 年度に引き続き、相模湾での定期調査を実施した。調査は、東京海洋大学の練習船青鷹丸を用いて実施した。ここでは、はじめに季節ごとの漂流ごみの出現状況を比較するため、種別の平均密度を調査月ごとに算出した（図Ⅱ-23）。特にここでは、風の影響を受けやすい全体を水面上に露出させた状態のペットボトルと発泡スチロールと、海面下または海面に張り付いた状態で漂流しているレジ袋、食品包装材、その他プラスチック製品でその季節変化について考察した。



図Ⅱ-23 相模湾における漂流ごみの種類別分布密度の季節変化  
(横軸が調査日、縦軸が密度 (個/km<sup>2</sup>))

調査の結果、完全に浮上して漂流している発泡スチロールとペットボトルは、夏季に密度が高くなる傾向が見られた。これは南風の影響で、外洋から湾内に向けてごみが集積しやすい環境にあったものと考えられた。一方で、沈んだ状態、または海面に張り付いた状態で漂流していたものについては、6月から増え始め9月前半の調査をピークにその後減少する傾向が見られた。発泡スチロールが顕著に夏に増加したのと比較すると食品包装材はそれに似た傾向を示したが、レジ袋は、やや夏季に多く、冬は減少する傾向が見られた。

いずれのタイプの漂流ごみも、夏に多く、冬に少なくなる傾向がみられたが、これはそれぞれの季節の季節風が関係している可能性が高い。次年度以降も引き続き同様の調査を継続し、風や潮流とごみの関係について検討し、その発生源を推定し明らかにしていく必要がある。

#### 4. まとめと今後の課題について

##### 4-1. 漂流物の分布傾向

漂流ごみの種類によって、特徴的な分布の傾向が見られた。その他プラスチックの分布は、西から見ていくと、50個/km<sup>2</sup>以上の高密度な点は、九州の西側と南側、瀬戸内海、関東周辺海域、津軽海峡東口の沖合に多く見られた。今年度は、この4か所でその他の漂流物が溜まる傾向がみられた。食品包装材やレジ袋は、岸近くに高密度なエリアが分布し、特にレジ袋は、津軽海峡の東方に高密度な場所がみられた。一方で、ポップアップタイプの漂流ごみである発泡スチロールとペットボトルは、九州の東側から対馬海峡付近に多く見られ、東に行くほどその数が減少する傾向にあった。両種は、海上では多くが完全に海面上に浮き上がり、海流の流れだけでなく、風の影響も受けやすい状態にある。このことから、この2種類は同じような場所が発生源である可能性が考えられた。このように、今年度は水面下を漂う、その他プラスチック、食品包装材、レジ袋とポップアップタイプのペットボトル、発泡スチロールでその分布の傾向に違いがみられた。

昨年度より始めた、相模湾での定期調査では、昨年引き続き、南風が卓越する夏季に密度が高くなり、北風が卓越する冬季に密度が低くなる傾向が見られた。このことから、調査海域の地形や季節風によって、その場所に集積するごみの量というのが変化する可能性が示唆された。海洋ごみの調査は、潮目のような高密度な海域に遭遇すると、極端に発見個数が上がってしまい、それによって推定される密度が高くなることもある。そのため、1回の調査では、その海域の特徴を代表しているとはいえない面もある。このような調査は、できる限り継続しデータを蓄積することで、その海域に分布する海洋ごみの特徴を明らかにすることができるものとする。

##### 4-2. 漂流ごみの資源量推定について

昨年度は、海鷹丸と神鷹丸、青鷹丸による漂流ごみの種類別の発見関数を求めて、調査を行ったレグ（原則1時間の観測）ごとに、種類別の密度を推定した。これに対して昨年度から、さらに種別ごとに発見に影響を与える要因（風浪階級やサイズ、天候）を考慮したモデルを取り入れ、より高度な解析を試みた。一方で、観測の条件が厳しくなるほど有効探索幅が大きくなったり、発見個数が少ないと特異な値が出現したりするなど、実際と矛盾した現象もみられたことから、今後はこのような原因も考慮しながら、データの蓄積を行っていく必要がある。

また、ここで推定している分布密度を基に、海域ごとの漂流ごみの量を推計するとともに、その推計量と海岸に打ち上げられているごみの量の関係などを比較し、沖合と沿岸の関係を検討する必要もあろう。海ごみは様々な種類があり、比較をすることは容易ではない。そこで、沖合でも種判定がしやすく海岸の調査でも計数しやすいペットボトルなどから、このような取り組みを始めるのが容易かと考える。

### 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

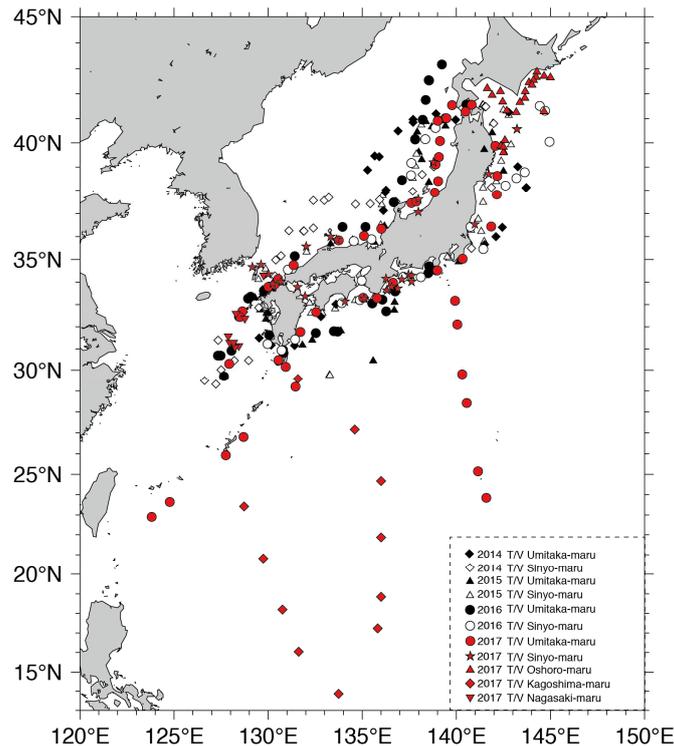
人為的な海ごみの七割を占める廃プラスチックは、その大きさ( $\delta$ )よりマクロプラスチック(元の形状を残すもの)、メソプラスチック( $\delta \geq 5\text{mm}$  の微細片)、マイクロプラスチック( $5\text{mm} > \delta > \text{数}\mu\text{m}$ )、そしてナノプラスチック( $\delta < \text{数}\mu\text{m}$ )に分類される(Andrady, 2011; Cole et al., 2011)。そのうち、マイクロプラスチックやナノプラスチックには、製造過程で洗顔剤や歯磨き粉等に混入され、使用後に環境流出した一次(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砕して生じた二次(secondary microplastics)である。本調査では、過去3年間の先行調査に引き続いて、今年度より東京海洋大の練習船2隻に加え、北海道大学おしよろ丸、長崎大学長崎丸、そして鹿児島大学かごしま丸の5隻運用体制で日本周辺を中心としつつも、北西太平洋に範囲を広げて曳網採取を行い、プラスチック微細片、発泡スチロール片、糸くずの漂流状況を精査した。また、昨年度に引き続いて相模湾において各季節に数回の曳網採取を行うことで、浮遊密度(定義は後述)の時間変化を調べた。なお、本報告書の調査結果は2018年3月現在の数値であり、あくまでも速報値であることに留意されたい。

#### 2. 調査方法

##### 2-1. 対象海域と採集回数

これまで同様に日中で数回の採集を実施した(図Ⅲ-1)。海鷹丸は2017年7月から8月にかけて日本周回航路の38測点で観測を実施した。神鷹丸は7月から9月にかけて27測点で観測を実施した。おしよろ丸は25点、長崎丸は8測点、かごしま丸は11測点での調査を実施しており、本年度報告書には合計109測点での調査結果が反映されている。調査位置のリストは、本報告書に添付した電子ファイル(list2017.txt)に記載されている。

以上の沖合調査に加えて、本年度は6, 5, 9月および、2018年1月に相模湾において青鷹丸による曳網採集を実施した。これはプラスチック微細片、発泡スチロール片、糸くずについて、浮遊密度の季節変動を調査することが目的である。各月の調査では海象条件に応じて1-3日をかけ、3-4回の曳網を実施した。



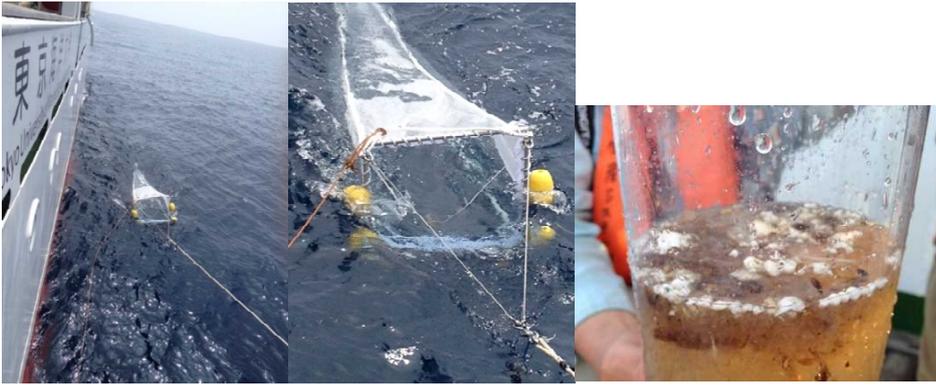
図Ⅲ-1 調査位置(本年度調査は赤いマーク)

## 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（0.56m<sup>2</sup>）；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，推算式を

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

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Ⅲ-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Ⅲ-1 ニュースト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  $\mu\text{m}$ 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Ⅲ-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Ⅲ-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

1mm を下回る微細片は、材質の判定が困難であり、FT-IR(写真Ⅲ-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(一部に<0.3 mm を含む)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た。



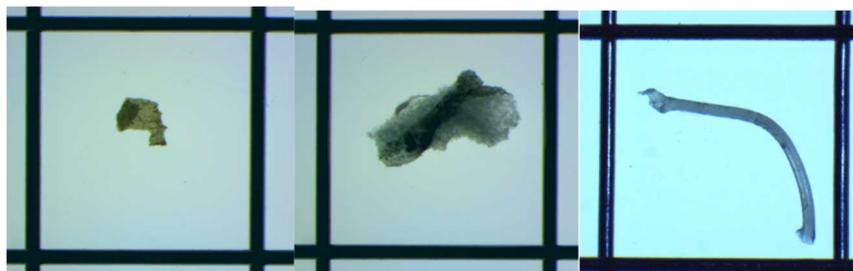
写真Ⅲ-3 材質判定に用いた FT-IR

### 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Ⅲ-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  $0.3 \text{ mm} < \delta < 30 \text{ mm}$  とした(一部に  $< 0.2 \text{ mm}$  を含むが網の目合い以下であるため浮遊密度の信頼性は低い)。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Ⅲ-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Ⅲ-4 画像処理ソフトを用いたサイズ測定



写真Ⅲ-5 採取した微細片の例。左からポリエチレン片、発泡スチロール片、糸片の例。枠は 5 mm で、ラインの太さは 0.3mm。

### 2-4. 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Ⅲ-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Ⅲ-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で行った。

### 3. 結果

#### 3-1. 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)、発泡スチロール片、そして糸くずについて、図III-2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密度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、細片化を繰り返すことで数多くの微細片が形成されると考えれば自然であろう。ただし、サイズが1mmを下回る当たりで浮遊密度は再び下降に転じる。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。

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III-1に示す。これまでの全調査結果も合わせ、表には示している。マイクロプラスチックの浮遊密度は、前年度までの調査に比べて1/4程度に減少した。また、発泡スチロールと糸くずも、前年度調査と比較して、かなり小さな浮遊密度となった。これは、本年度調査が日本南岸を遠く離れた北西太平洋まで展開されたことにもよるが、それだけではなく、結果に測点ごとのばらつきが少なかったことが要因の一つであった。例えば、マイクロプラスチックの浮遊密度は、2016年度調査では2.1 pieces/m<sup>3</sup>の平均に対して、標準偏差は4.3 pieces/m<sup>3</sup>であった(昨年度報告書添付データセット list.txt を参照)。これに対して本年度調査では、0.53 pieces/m<sup>3</sup>の平均に対して、標準偏差は0.64 pieces/m<sup>3</sup>と平均値に近い値となった(本年度添付データセット list2017.txt を参照)。添付データセットにある通り、発泡スチロールと糸くずに関しても、標準偏差の減少がみられる(本年度添付データセット list2017.txt を参照)。平均値の算出に際しては、異常値の除去のため、いわゆる3σカットを施しているが、それでもなお、突出して値の高い測点が前年度までには散見され、これが平均値を押し上げた要因となった。本年度調査には、このような浮遊密度の突出して高い測点(収東域)がみられず、平均値が小さくなった。このように、測点ごとに密度の揺らぎが大きな浮遊物調査(概してプランクトンなどにおいても同様の傾向は見られる)であれば、今後とも長期に監視を続けることで、より確からしい値が算出できるだろう。それでも4年平均値である2.2 pieces/m<sup>3</sup>は、やはり北部太平洋などの他海域で得られた浮遊密度(Isobe et al., 2015)と比べ桁大きな数値である。

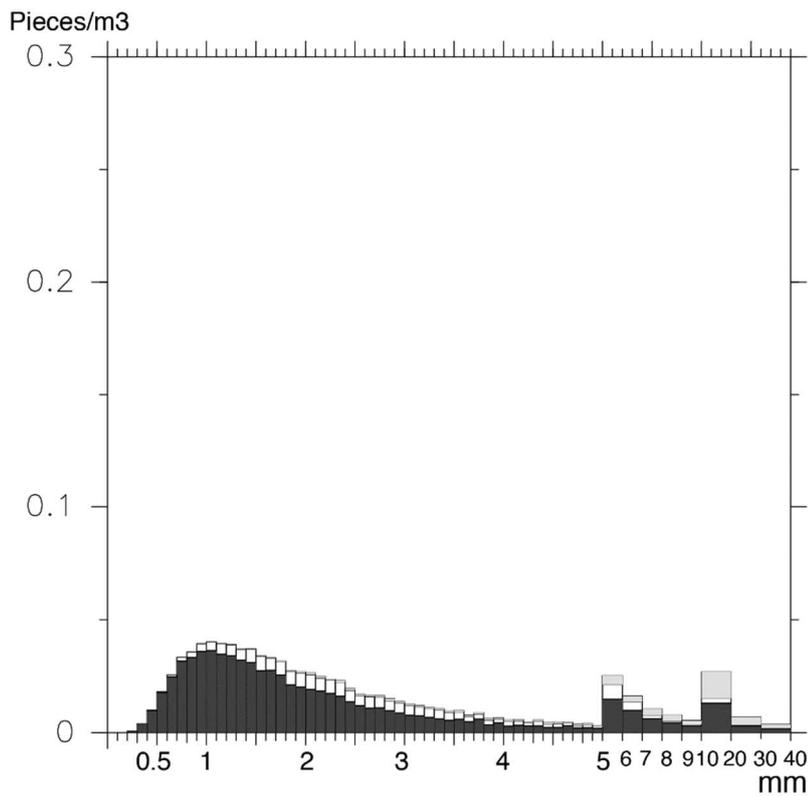
表III-1 サイズが5mm以下のマイクロプラスチック、発泡スチロール、糸くずの浮遊密度

\*浮遊濃度が全体平均から著しく離れた場合(平均値からの偏差が標準偏差の三倍を超えた場合)、流れ藻等に絡まった大量採集とみなして平均操作から除外した(list2017.txtには記録)。

個/m <sup>3</sup>	2014	2015	2016	2017	平均
マイクロプラスチック	3.7 <sup>注)</sup>	2.4	2.1	<b>0.53</b>	2.2
発泡スチロール片	1.2	0.20	0.32	<b>0.09</b>	0.45
糸くず	0.13	0.06	0.09	<b>0.01</b>	0.07

注) 平成26年度報告書では2.4 pieces/m<sup>3</sup>と記載している。その後、一部のデータを修正した再計算をすることで、Isobe et al. (Marine Pollution Bulletin, 101, 618-623, 2015)にも掲載した3.7 pieces/m<sup>3</sup>に更新し

た。

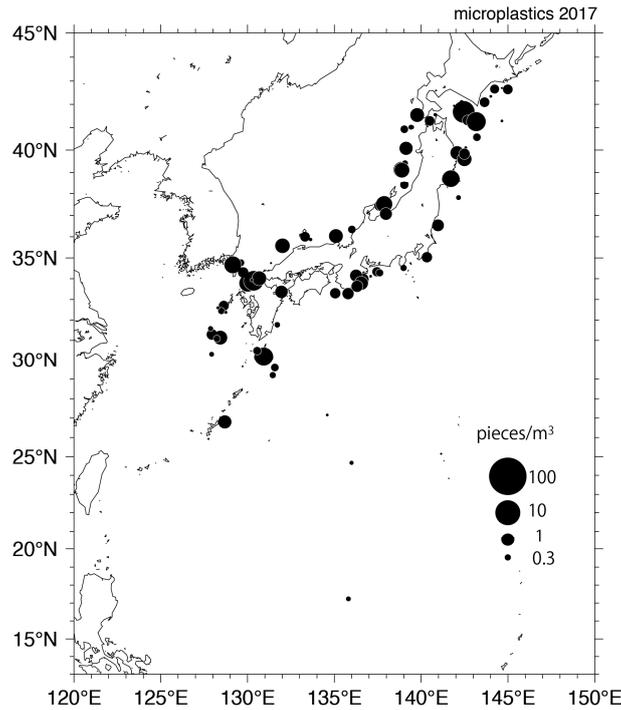


図Ⅲ-2 単位海水体積中のサイズ別個数分布。黒いバーがプラスチック片(大半がポリエチレンとポリプロピレン)で、白は発泡スチロール、グレーは糸くず。

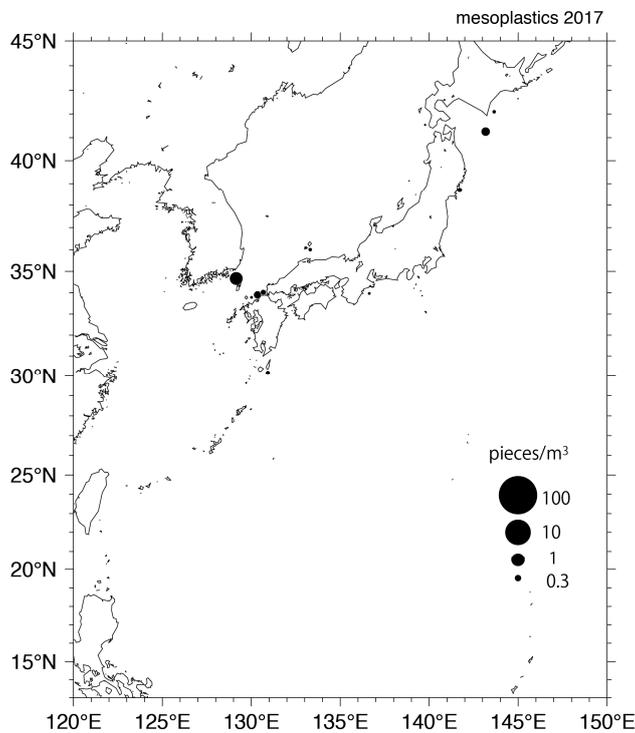
### 3-2. 2017 年度の空間分布

プラスチック片と発泡スチロール片、糸くずについて、浮遊密度分布を描いた。ただし、プラスチック片は 5 mm を境にメソとマイクロに分けるが、もとより浮遊密度の少ない発泡スチロールと糸くずは、0.3 mm から 30 mm までの全てを合算して浮遊密度を見る。全ての値は、本報告書に添付した電子ファイル(list2017.txt)に記載されている。

マイクロプラスチック(図Ⅲ-3)はメソプラスチック(図Ⅲ-4)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。昨年と同様に津軽海峡東部を除けば、太平洋側よりも日本海で高い密度を示す傾向にある。メソプラスチックは、総じて昨年度までの調査よりも低い値となった。発泡スチロール片(図Ⅲ-5)は、明らかに太平洋よりも日本海で高めの数値となった。本年度調査では糸くずの浮遊濃度は昨年度よりも少ないものであった(図Ⅲ-6)。

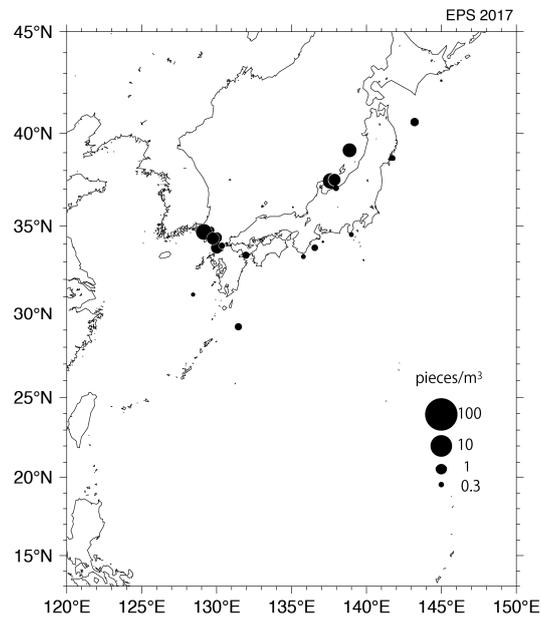


図Ⅲ-3 2017年度調査で採集されたマイクロプラスチック浮遊密度の空間分布。スケールは右下に示す。浮遊密度は円の直径に比例している。170E 以東のおしよろ丸調査結果(図Ⅲ-1 参照)は、離れた測点であることと、最大で 0.14 pieces/ m<sup>3</sup>であったため図には示さない。実際の数値については付録参照のこと。

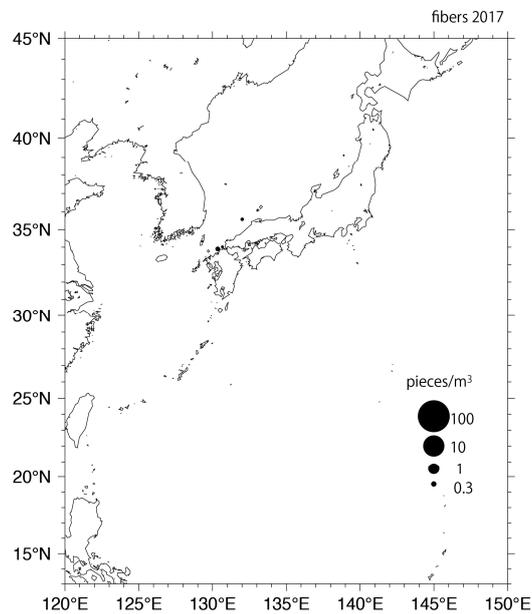


図Ⅲ-4 2017年度調査で採集されたメソプラスチック浮遊密度の空間分布。スケールは右下に示す。浮遊密度は円の直径に比例している。170E 以東のおしよろ丸調査結果(図Ⅲ-1 参照)は、離れた測点であることと、最大で 0.03 pieces/ m<sup>3</sup>であったため図には示さない。実際の数値については付録参照の

こと。



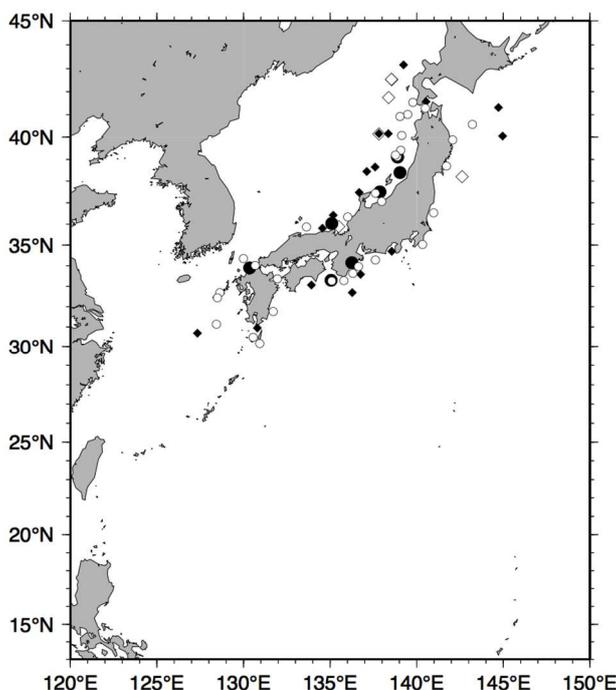
図Ⅲ-5 2017年度調査で採集された発泡スチロール片(<5 mm)浮遊密度の空間分布。スケールは図中右下に示す。浮遊密度は円の直径に比例している。170E 以東のおしよろ丸調査結果(図Ⅲ-1 参照)は、離れた測点であることと、検出されなかったため図には示さない。実際の数値については付録参照のこと。



図Ⅲ-6 2017年度調査で採集された糸くず(<5 mm)浮遊密度の空間分布。スケールは図中右下に示す。浮遊密度は円の直径に比例している。170E 以東のおしよろ丸調査結果(図Ⅲ-1 参照)は、離れた測点であることと、検出されなかったため図には示さない。実際の数値については付録参照のこと。

図Ⅲ-7 にはマイクロビーズ(球形マイクロプラスチック)の検出場所を示す。浮遊数が二桁以上であっ

た測点は個数とともに白丸で示した。それ以外の測点は全て 10 個以下の浮遊数であった。昨年度の調査結果はひし形である。日本周回航路のどの位置においてもマイクロビーズが検出された。本来は下水処理されるはずの、この人為的なマイクロプラスチック片(primary microplastics)であるが、もはや分布域は外洋に広がっている。図Ⅲ-3 のマイクロプラスチックと分布は似ており(日本海北部の高密度、三陸沖の高密度)、輸送形態はマイクロプラスチックと同様であることがわかる。

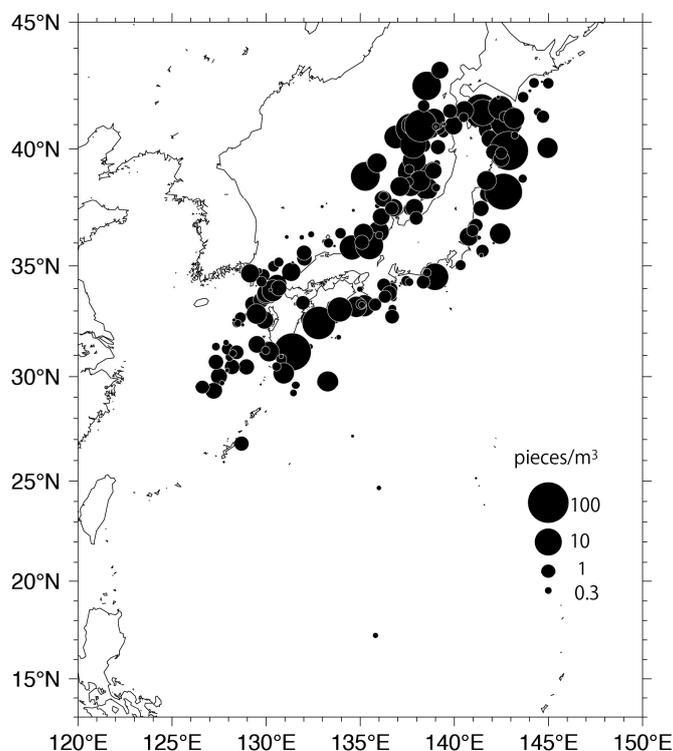


図Ⅲ-7 マイクロビーズの検出場所。菱形は 2016 年調査で 2017 年調査は丸。白は特に検出数が 10 以上であった測点で黒は 10 個以下。2017 年は最大で 20 個の検出数であった。170E 以東のおしよろ丸調査結果(図Ⅲ-1 参照)は、離れた測点であることと、検出されなかったため図には示さない。

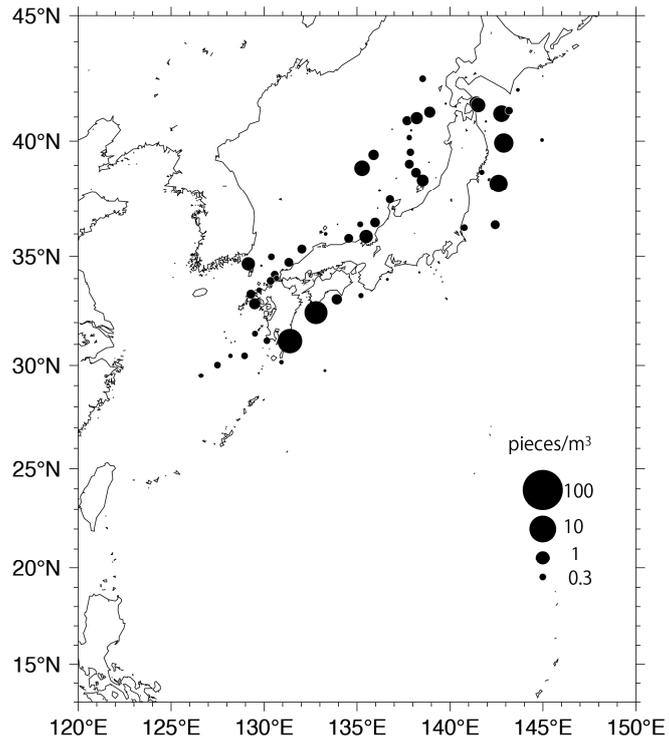
### 3-3. 2014-2017 年度の空間分布

本節では、これまでの 4 年間で得られた微細片の空間分布を統合することで、我が国周辺における分布形態を検討する。マイクロプラスチックの浮遊密度は、やはり北陸から東北沖の日本海北部に多い(図Ⅲ-8)。さらに山陰西部沖と九州・四国の太平洋岸に比較的に高濃度の海域が見て取れる。また津軽海峡から三陸沖にも高濃度の海域が見られる。ほとんどの調査が夏季に実施されたことを勘案すれば、夏季の海流系(日本海を北上し津軽海峡から太平洋に抜ける対馬暖流や、日本南岸を東進する黒潮)に輸送されていることをうかがわせる。日本海北部に多い原因を本調査結果だけで結論づけることはできないが、日本海北部に廃プラスチックの選択的・集中的な投棄があるとは考えにくく、冬季から夏季に至る遷移的な状況を表している可能性がある。季節を変えた今後の継続的な調査が望まれる。本年は北西太平洋の回帰線近くまで測点を設けている(図Ⅲ-1)。にもかかわらず、マイクロプラスチックの高密度海域が日本周辺に集中する事実が明白である。まさに我が国周辺を含む東アジア海域は、海洋プラスチック汚染のホットスポット(Isobe et al., 2015)というべきであろう。メソプラスチックの分布(図Ⅲ-9)は、概ねマイクロプラスチックの分布と類似したものとなっている。

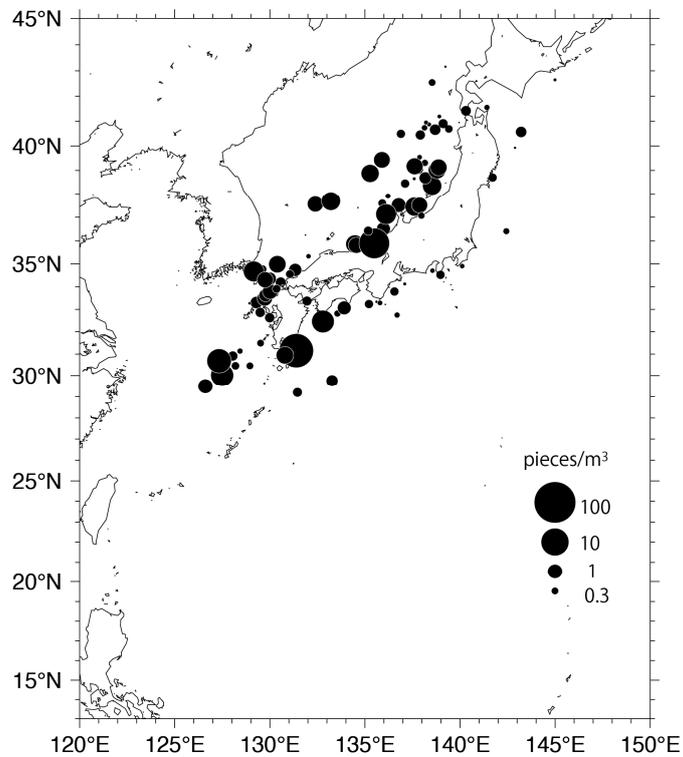
ほぼ日本列島を覆うプラスチック片と異なって、昨年同様に発泡スチロール片(図Ⅲ-10)は、九州南部を除けば日本海以外にはあまり検出されない。日本海に流入する対馬暖流の流域、あるいは日本海で集中的に使用される発泡スチロール製品が、この細片の発生源であることは明白である。今後は浮遊漂流物の目視観測結果と合わせ、発生源の特定を行うことが望ましい。糸くずの分布は、プラスチック片と類似したものとなった(図Ⅲ-11)。



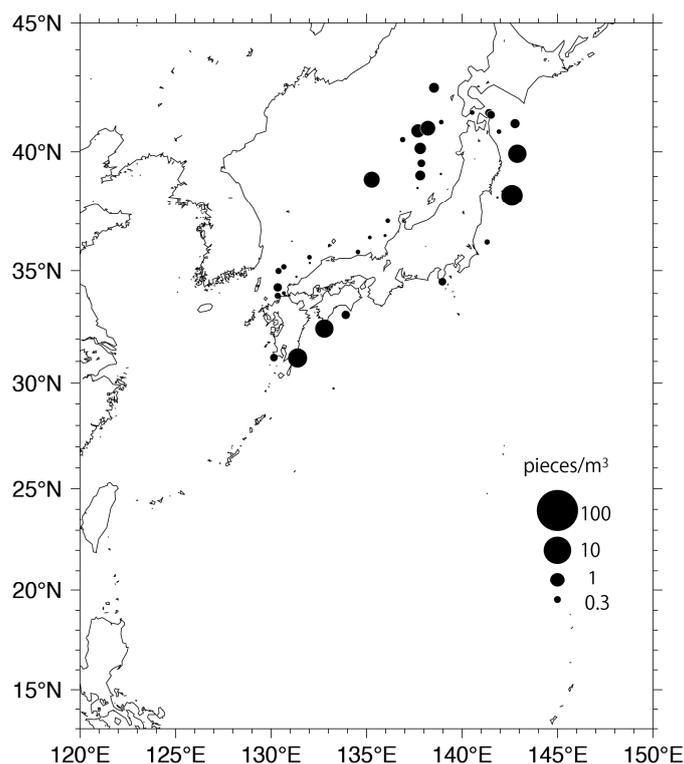
図Ⅲ-8 2014-2017年度調査で採集されたマイクロプラスチック浮遊密度の空間分布。  
スケールは図中右下に示す。浮遊密度は円の直径に比例している。



図Ⅲ-9 2014-2017年度調査で採集されたメソプラスチック浮遊密度の空間分布。  
 スケールは図中右下に示す。浮遊密度は円の直径に比例している。



図Ⅲ-10 2014-2017年度調査で採集された発泡スチロール片(<5 mm)浮遊密度の空間分布。  
 スケールは図中右下に示す。浮遊密度は円の直径に比例している。



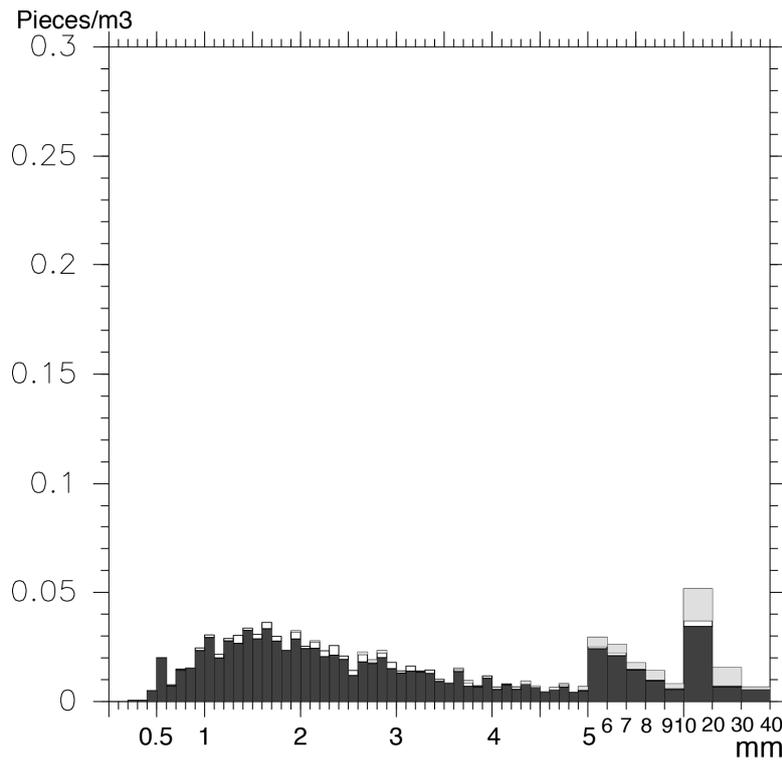
図Ⅲ-11 2014-2017年度調査で採集された糸くず(<5 mm)浮遊密度の空間分布。

スケールは図中右下に示す。浮遊密度は円の直径に比例している。

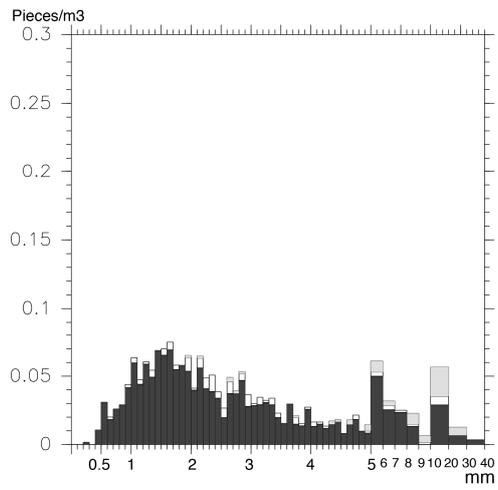
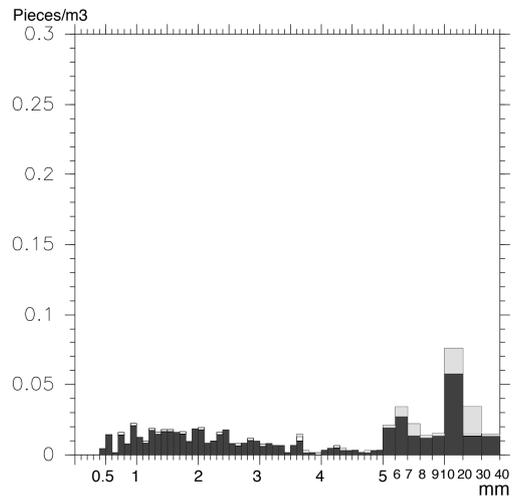
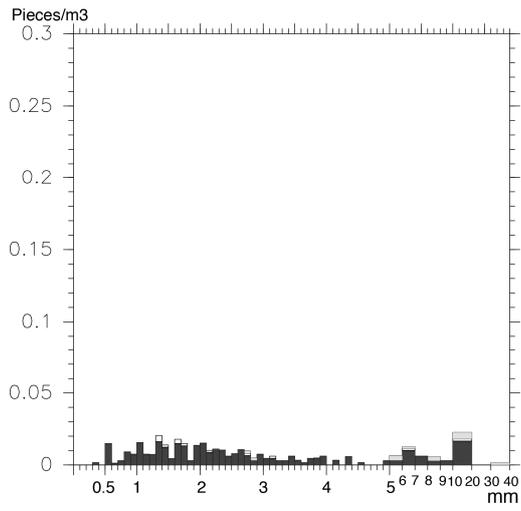
### 3-4. 相模湾における周年調査の結果

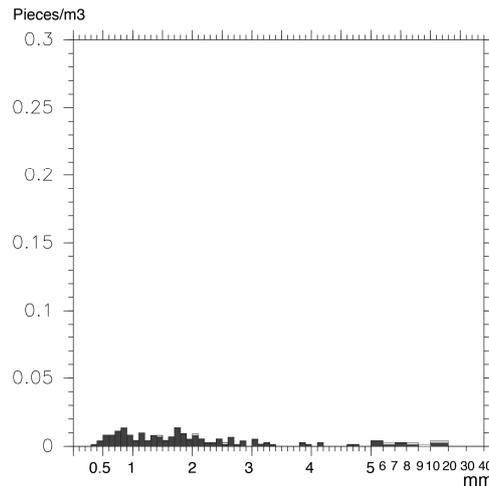
月々の変化を見る前に、すべての月で採集した微細片のサイズ別浮遊密度分布を図Ⅲ-12に示す。昨年度までと異なって沖合調査の結果(図Ⅲ-2)と比較して、同程度の浮遊密度が観測された。瀬戸内海の浮遊密度と沖合調査を比較した Isobe et al. (2015)でも指摘されていた通り、我が国の場合には、内湾よりもむしろ外洋でマイクロプラスチックの浮遊濃度が高い場合が多いが、本年度調査結果においては、相模湾はその状況に当てはまらなかった。しかし、河川水の影響など他の要因を排除するには議論の材料に欠けるため、浮遊密度の決定要因を結論づけるにはさらなる観測の継続が必要である。昨年度調査においては、沖合調査で得たサイズ別浮遊密度(図2)では0.8mm程度から小さなサイズで浮遊密度の減少がみられたが、相模湾の調査では、より小さなサイズ(<~0.5 mm)から急激に浮遊密度の低下が見られた。このような密度が低下するサイズの違いは、本年度調査結果から読み取ることはできなかった。

各月ごとの観測結果にはばらつきが大きい。サイズ別浮遊密度分布(図Ⅲ-13)を見れば、5月と6月、そして2018年1月は比較的似た分布を示しているが、9月は2 mm以下のマイクロプラスチックの濃度増加が著しい。



図Ⅲ-12 2017年度相模湾調査で採集された単位海水体積中のサイズ別個数分布。黒いバーがプラスチック片(大半がポリエチレンとポリプロピレン)で、白は発泡スチロール、グレーは糸くず。





図III-13 2017年度相模湾調査で採集された単位海水体積中のサイズ別個数分布の季節変化。上から5月20日、6月19日、9月11日、2018年1月14日調査。黒いバーがプラスチック片(大半がポリエチレンとポリプロピレン)で、それ以外は図III-12の通り。

表III-2 相模湾で採集されたサイズが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

個/m <sup>3</sup>	5月	6月	9月	2018年1月	全期間平均
マイクロプラスチック	0.29	0.40	1.5	0.18	0.59
発泡スチロール片	0.015	0.027	0.14	0.003	0.046
糸くず	0.003	0.007	0.023	0.001	0.009

#### 4. 今後調査への提案

最後に、4年間の調査ではカバーしきれなかった点を挙げておきたい。これまでの調査では、北海道や東シナ海、あるいは日本の南方海域が十分にカバーできなかった。従って、日本周回の観測網を完成させるためには、これら周辺海域での調査が望ましく、そのため本年度調査において、特に海鷹丸とかごしま丸による日本南岸から遠く南下した調査が行われた(図II-1)。ただ、日本周辺の測点密度に比べると、まだ粗い測点配置であって、マイクロプラスチック浮遊密度分布と黒潮流軸との関連など、注目すべき論点が残されている。また、ほとんどの調査が夏季に集中していた。相模湾の調査結果から示唆されるように、マイクロプラスチックの浮遊密度には、明確な季節変動が存在するのかもしれない(今回の相模湾調査で季節変動が結論づけられるわけではない)。マイクロプラスチックのような海象条件の影響を受けやすい微細片の分布や動態を明らかにするために、今後は季節を変えた調査も必要であろう。

## 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
- Isobe, A., Uchida, K., Tokai, T., and Iwasaki, S., 2015. East Asian seas: a hot spot of pelagic microplastics. *Mar. Pollut. Bull.* 101, 618-623.

## IV. 沖合海域における海底ごみの調査

### 1. はじめに

海洋中のごみ問題が注目される中、2014年度、2015年度、2016年度と沖合域（東シナ海の大陸棚上と常磐沖）にて底引き網による海底ごみの調査を実施してきた。2017年度は、これまでの東シナ海と常磐沖の調査に加えて、北海道周辺海域として新たに苫小牧沖での調査を実施した。ここでは、今年度実施した調査結果の概要を報告する。

### 2. 調査概要と方法

調査は、東京海洋大学練習船海鷹丸と神鷹丸、北海道大学練習船おしよ丸、長崎大学練習船長崎丸、鹿児島大学練習船鹿児島丸による底引き網を用いた調査の中から海底ごみのサンプリングを行った。今年度の底引き網による海底ごみ調査は、5隻合わせて東シナ海で20回、常磐沖で2回、苫小牧沖で1回の計23回を行った（表IV-1、図IV-1）。調査日時、緯度経度、水深、曳網距離は表IV-1のとおりである。調査は、水深123mから707mの範囲内で行われ、合計曳網距離は79kmとなった。

調査では、トロール網を投入し曳網を開始（着底）してから、網を巻き上げるまでの間（離底まで）を曳網距離とし、GPSで測位した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（付録4の「海底ごみの分類リスト」に準じる）したのち、デジタルカメラで撮影するとともに、種類と大きさ（長さと重さ）を記録し、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。各船で使用した底引き網の網口幅は、海鷹丸が30m、神鷹丸が25m、おしよ丸が25m、長崎丸が17m、鹿児島丸が23mとして、この値を基に掃過面積を算出し海底ごみの密度を算出した。

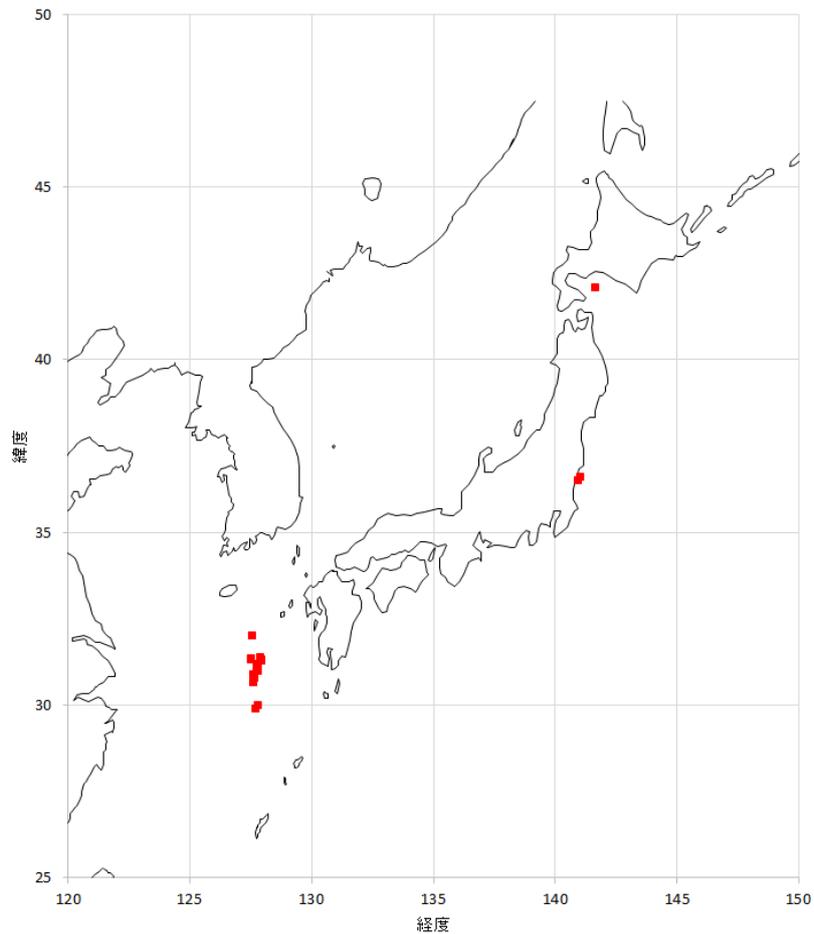
表IV-1 2017年度海底ごみ調査実施表

No.	船名	月日	開始	終了	開始緯度	開始経度	終了緯度	終了経度	水深*1	曳網距離*2
1	海鷹丸	7/18	9:26	10:27	30-53.031 N	127-36.682 E	30-50.180 N	127-37.567 E	125 m	2.95
2	海鷹丸	7/18	11:32	13:02	30-47.338 N	127-38.098 E	30-43.141 N	127-36.825 E	128 m	4.34
3	海鷹丸	7/18	14:20	15:20	30-39.752 N	127-35.345 E	30-37.315 N	127-33.484 E	130 m	2.92
4	海鷹丸	7/19	9:05	10:05	29-59.454 N	127-48.170 E	29-57.579 N	127-45.633 E	372 m	2.89
5	海鷹丸	7/19	11:43	13:16	29-54.911 N	127-41.406 E	29-53.328 N	127-36.159 E	257 m	4.82
6	長崎丸	8/2	8:32	9:02	31-01.612 N	127-44.658 E	31-03.109 N	127-45.638 E	136 m	1.72
7	長崎丸	8/2	9:59	10:29	31-05.812 N	127-47.164 E	31-07.344 N	127-48.007 E	142 m	1.69
8	神鷹丸	8/6	10:30	10:55	36-35.775 N	141-02.186 E	36-34.307 N	141-01.036 E	163 m	1.73
9	神鷹丸	8/6	12:38	12:59	36-29.770 N	140-56.561 E	36-28.531 N	140-55.525 E	190 m	1.49
10	長崎丸	8/20	8:11	8:41	31-02.403 N	127-47.816 E	31-03.951 N	127-48.072 E	147 m	1.56
11	長崎丸	8/20	9:55	10:25	31-04.278 N	127-47.329 E	31-05.446 N	127-48.477 E	144 m	1.53
12	長崎丸	8/26	8:35	9:06	31-00.400 N	127-46.211 E	31-01.294 N	127-47.725 E	141 m	3.00
13	長崎丸	8/30	8:12	8:42	31-11.386 N	127-44.841 E	31-09.967 N	127-45.103 E	135 m	1.44

14	長崎丸	8/30	9:49	10:19	31-12.383 N	127-45.667 E	31-14.046 N	127-46.256 E	138 m	1.74
15	神鷹丸	9/1	10:25	11:25	32-01.133 N	127-31.702 E	31-58.706 N	127-28.493 E	131 m	3.65
16	長崎丸	9/25	8:07	8:37	31-00.853 N	127-44.555 E	31-02.268 N	127-45.150 E	133 m	1.50
17	長崎丸	9/25	9:45	10:15	31-03.818 N	127-45.314 E	31-03.305 N	127-46.853 E	140 m	1.41
18	鹿児島丸	10/12	13:05	13:42	31-22.08 N	127-28.75 E	31-21.31 N	127-29.18 E	123 m	0.85
19	鹿児島丸	10/12	14:22	15:01	31-19.95 N	127-30.13 E	31-19.25 N	127-30.55 E	127 m	0.79
20	鹿児島丸	10/13	9:02	9:41	31-23.68 N	127-53.29 E	31-22.18 N	127-52.90 E	140 m	1.54
21	おしよろ丸	10/18	9:10	10:10	42-05.2 N	141-36.7 E	42-08.3 N	141-36.8 E	707 m	3.10
22	鹿児島丸	11/26	9:31	10:06	31-17.82 N	127-55.31 E	31-19.32 N	127-54.63 E	142 m	1.61
23	鹿児島丸	11/26	13:12	13:48	31-19.99 N	127-54.89 E	31-19.37 N	127-55.68 E	142 m	0.92

\*1 水深は魚探・海図両方ある場合は魚探を使用

\*2 曳網距離は mile

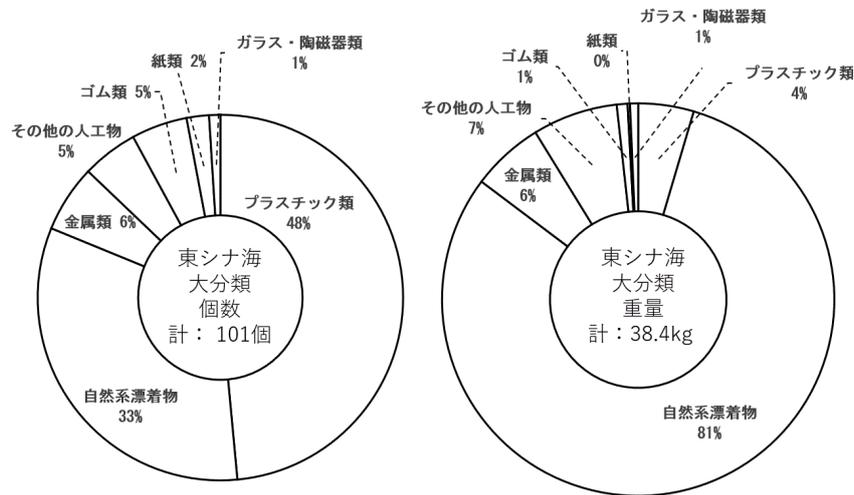


図IV-1 2017年度海底ごみ調査地点図

### 3. 調査結果

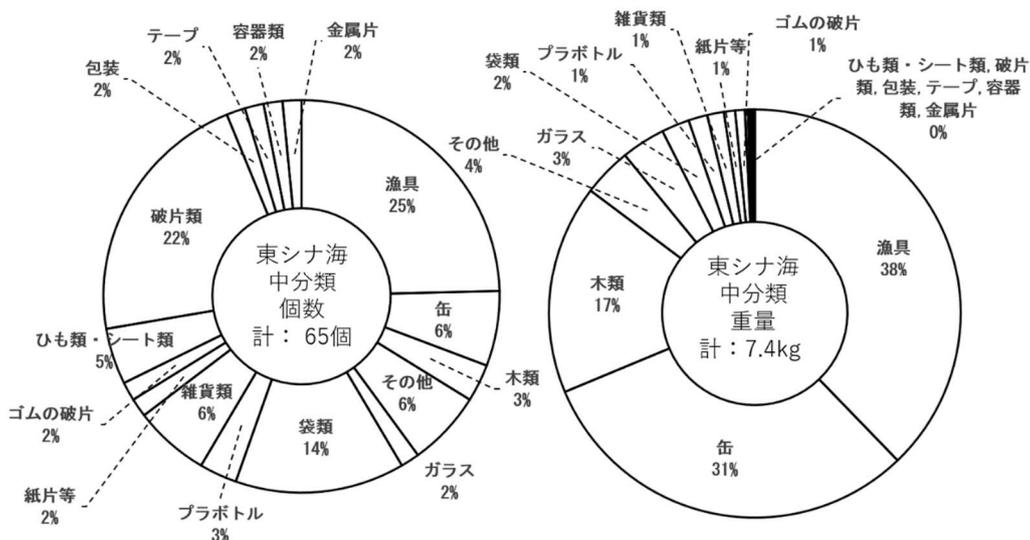
#### 3-1, 海域毎の種別の割合

はじめに、海域別に採集された海底ごみの割合について見ていく。東シナ海で採集された海底ごみを大分類でみると個数の約半数はプラスチック類が占め、次いで自然物が多くなっており、この2種類で約8割を占めている（図IV-2）。これに対して重量の割合を見ると、約8割が自然物のもので、プラスチック類の割合は小さくなった（図IV-2）。



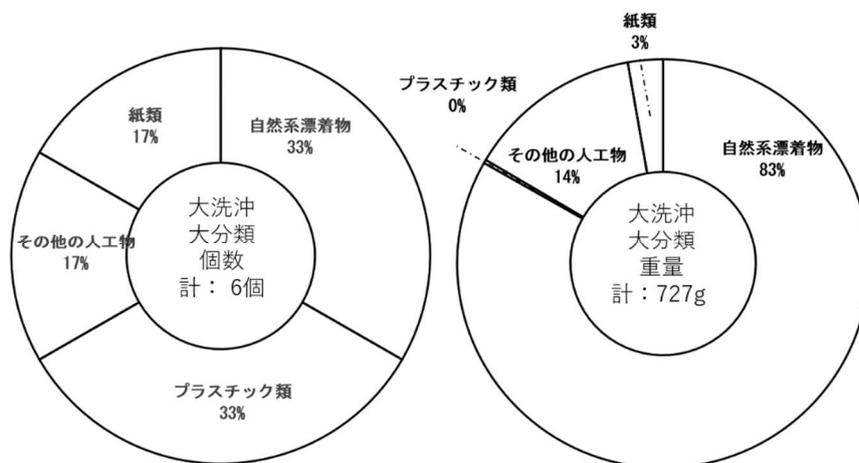
図IV-2 東シナ海における海底ごみの個数割合と重量割合（大分類）

次に、採集された海底ごみのうち人工物に注目し、これらの中分類で比較し、その組成の詳細を確認した（図IV-3）。その結果、東シナ海で採集された人工物は個数・重量共に漁具が最も多い結果となった。次いで多かったのは、プラスチック製のシートや袋などが細かくなった破片類であった。個数が少なかったにも関わらず、重量の割合が多くなった缶は、一斗缶（1950g）が含まれていたことが影響している。漁具が占める割合が多いのは、過去の東シナ海の調査結果と同じ傾向である。



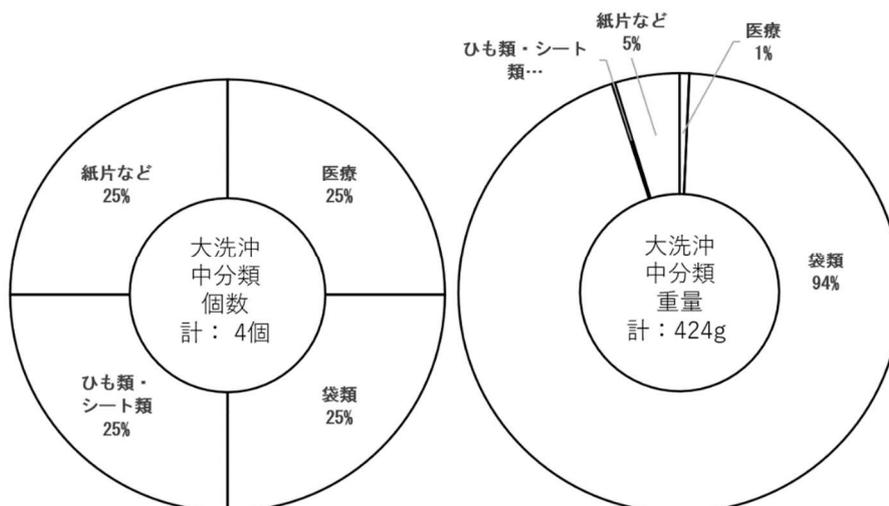
図IV-3 東シナ海における人工物の個数割合と重量割合（中分類）

大洗沖では、2回の操業のうち、1回目は海底ごみが採集されなかった。そのため、全体のごみの個数は6個と少ない結果となった。大分類でみると自然物よりも人工物の方が多くなった。一方で重量については、約8割を自然物が占めた(図IV-4)。これに対して重量の割合を見ると、約8割が自然物で、プラスチック類の割合は小さくなっている(図IV-4)。



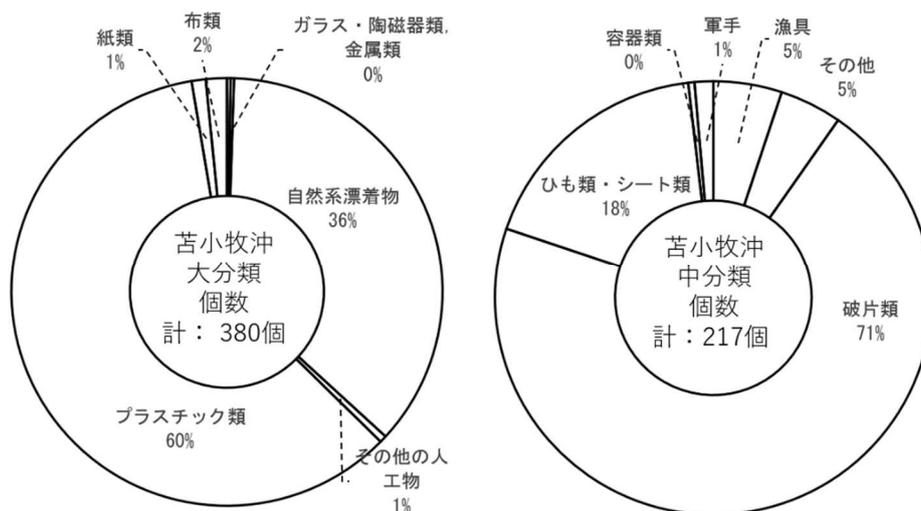
図IV-4 大洗沖における海底ごみの個数割合と重量割合(大分類)

次に、人工物を中分類で、その組成の詳細を確認した(図IV-5)。数が少なかったこともあり、4個すべてが異なった種別に分類された。これらは、いずれも日常生活由来のものであり、東シナ海で多く見られた漁具はなかった。重量割合でみると袋類で9割以上を占めたが、これは中国語の印刷された土囊袋(400g)によるものであった。



図IV-5 大洗沖における海底ごみの個数割合と重量割合(中分類)

今年度の苫小牧沖での調査は、初回の曳網で破網したため、ここでは参考データとして個数の割合についてのみ示す(図IV-6)。大分類でみるとプラスチック製品が6割を占め、次いで自然系のものが約4割を占めた。また、採集されたごみの個数は、破網したにも関わらず、1回で380個と他の海域での調査と比較しても群を抜いて高い値となっている。自然物を除き、中分類で人工物の組成を見ていくと、破片類がもっとも多く7割を占めた。この海域は、調査前から多くのごみが存在するという情報があったが、その通りの結果となった。



図IV-6 苫小牧沖における海底ごみの個数割合(大分類・中分類)

### 3.2. 曳網毎の海底ごみの密度

各曳網で採集された海底ごみの単位面積当たりの個数および重量を表IV-2に示す。東シナ海では20回中4回の曳網で人工物・自然物ともに0個を記録した。東シナ海での最も個数密度が高かったのは、人工物と自然物を合わせた218個/km<sup>2</sup>となり、同地点の重量密度は77kg/km<sup>2</sup>となった。同じく東シナ海で最高重量密度は353kg/km<sup>2</sup>となった。これは自然物に重量のあるものが多かったためこのような高い値になっている。一方で、人工物に注目すると東シナ海での最高個数密度は水深300mを超える大陸棚の縁辺部で137個/km<sup>2</sup>となり、最高重量密度は大陸棚上の測点で35.8kg/km<sup>2</sup>となった(図IV-7,8)。過去の調査では、100kg/km<sup>2</sup>を超えるような点も見られたが、今年度はそのような点は見られなかった。さらに、昨今一部で使用の制限が求められるプラスチック製品に注目すると、東シナ海における最高個数密度は水深300mを超える大陸棚の縁辺部で106個/km<sup>2</sup>で、最高重量密度は5.4kg/km<sup>2</sup>となった(図IV-9,10)。過去の東シナ海の調査では、大陸に近づくにつれて人工物の密度が高くなる傾向がみられたが、今回は、プラスチック製品の個数にのみその傾向がみられた。一方で、大陸棚の縁辺部は、過去の調査調査結果と同様に、高密度な測点がみられた。

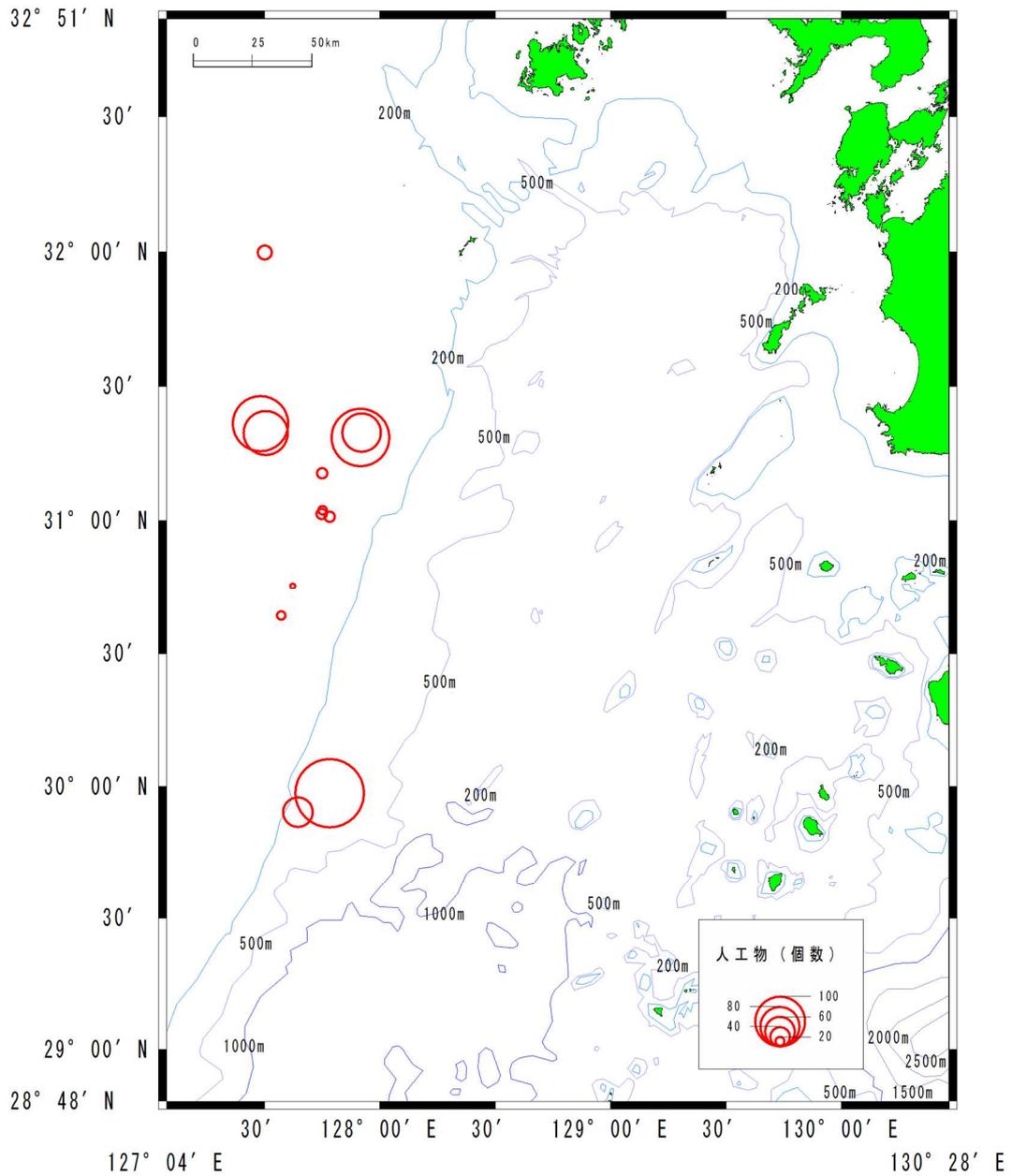
次に、大洗沖に注目すると、2回の曳網中1回で0個となった。そして、2回目の曳網では海底ごみが採集され、その密度は人工物・自然物をあわせて、87個/km<sup>2</sup>、11kg/km<sup>2</sup>となった。

最後に苫小牧沖は、網が破網したにもかかわらず、他の海域の合計量をしのぐ量のごみが採集された。その密度は、人工物だけでも1721個/km<sup>2</sup>となり、密度も他の海域に比べて79.2kg/km<sup>2</sup>と突出して高

い結果となった。さらに、プラスチック類に注目すると、個数密度は 1637 個/ km<sup>2</sup>、重量密度は 72kg/ km<sup>2</sup> となり、これについても他の海域とは大きく異なる結果となった。

表IV-2 曳網毎の海底ごみの単位面積当たりの個数(個/km<sup>2</sup>)・重量(kg or g/km<sup>2</sup>)および漁獲量(kg/km<sup>2</sup>)

No.	船名	海域	人工物+自然物		人工物		自然物		プラスチック類		漁獲量 重量 kg
			個数	重量 kg	個数	重量 kg	個数	重量 kg	個数	重量 g	
1	海鷹丸	東シナ海	12	0	6	0.4	6	0.0	0	0	195
2	海鷹丸	東シナ海	21	1	12	0.1	8	0.8	4	4	528
3	海鷹丸	東シナ海	18	0	18	0.2	0	0.0	12	117	285
4	海鷹丸	東シナ海	218	77	137	9.8	81	67.4	106	685	456
5	海鷹丸	東シナ海	82	38	60	5.4	22	32.2	60	5355	316
6	長崎丸	東シナ海	92	0	18	0.0	74	0.2	18	18	648
7	長崎丸	東シナ海	0	0	0	0.0	0	0.0	0	0	532
8	神鷹丸	大洗沖	0	0	0	0.0	0	0.0	0	0	68
9	神鷹丸	大洗沖	87	11	58	1.8	29	8.8	29	29	52
10	長崎丸	東シナ海	0	0	0	0.0	0	0.0	0	0	833
11	長崎丸	東シナ海	42	353	0	0.0	42	352.9	0	0	733
12	長崎丸	東シナ海	85	128	21	0.0	64	127.5	21	42	206
13	長崎丸	東シナ海	132	11	22	2.6	110	8.8	22	2647	534
14	長崎丸	東シナ海	0	0	0	0.0	0	0.0	0	0	730
15	神鷹丸	東シナ海	36	7	30	0.0	6	7.4	30	14	461
16	長崎丸	東シナ海	21	0	21	0.4	0	0.0	21	423	1482
17	長崎丸	東シナ海	0	0	0	0.0	0	0.0	0	0	897
18	かごしま丸	東シナ海	166	10	110	7.7	55	2.3	83	144	2159
19	かごしま丸	東シナ海	119	21	89	0.3	30	21.1	89	327	1022
20	かごしま丸	東シナ海	91	3	0	0.0	91	3.1	0	0	796
21	おしよろ丸	苫小牧沖	2682	111	1721	79.2	961	32.0	1637	72250	-
22	かごしま丸	東シナ海	131	36	117	35.8	15	0.0	15	15	1088
23	かごしま丸	東シナ海	179	36	77	35.4	102	0.2	26	766	1053



図IV-7 東シナ海における各測点の海底ごみ：人工物の密度（個／km<sup>2</sup>）分布図