

平成 28 年度 環境省請負業務

平成 28 年度 沖合海域における漂流・海底ごみ実態把握調査業務
報告書

平成 29 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	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	3
2. 調査方法	
2-1. 対象海域及び航走方法	4
2-2. 観測体制	4
2-3. 観測手順	6
2-4. 観測項目	6
2-5. ライントランセクト法におけるデータ解析方法	8
2-6. トラックライン上での発見率のモデリング	11
2-7. 層化について	13
3. 調査結果	
3-1. 有効探索幅	13
3-2. 日本周辺海域の漂流ごみ種類別の分布密度	15
3-3. 相模湾調査の結果	34
4. まとめと今後の課題について	
4-1. 漂流物の分布傾向	37
4-2. 漂流ごみの資源量推定について	37
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	38
2. 調査方法	
2-1. 対象海域と採集回数	38
2-2. マイクロプラスチックの採集方法	39
2-3. 標本の処理	40
2-4. 安全管理	41
3. 結果	
3-1. サイズ別組成分布	42
3-2. 2016年度の空間分布	43
3-3. 2014-2016年度の空間分布	47
3-4. 相模湾における周年調査の結果	49
4. 今後調査への提案	51

IV. 沖合海域における海底ごみの調査	
1. はじめに	53
2. 調査概要と方法	53
3. 調査結果	
3-1. 2016年度調査結果	54
3-2. 2016年度における東シナ海と常磐沖の海底ごみの組成について	58
3-3. 2014～2016年度の3ヵ年における東シナ海と常磐沖の海底ごみの組成について	59
3-4. 海底ごみの分布状況	61
4. まとめと今後の課題	65
V. その他の取り組み	
1. マイクロプラスチックの鉛直分布調査手法の構築	66
2. 東アジア各国の研究者の招へい	67
3. 調査を通じた海洋ごみ問題の普及啓発	68
VI. 沖合海域における今後の海ごみの調査の提案	70
謝辞	71
付録	
付録 1 沖合海域における漂流ごみの目視観測調査	73
付録 2 海表面を浮遊するマイクロプラスチックに係る調査	76
付録 3 沖合海域における海底ごみの調査	80
付録 4 海底ごみの分類リスト	100

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。これに対して、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ことが重要な事項として上がってきた。

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ことから、2014年度より目視観測やニュースト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が、環境省請負事業「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を開始した。そして、2014年度、2015年度の調査によって、日本周辺海域における漂流ごみの分布傾向（「漂流ごみは東シナ海から日本海にかけて人工的なものが多いこと」、「マイクロプラスチックが世界の海域と比較してその密度がひと桁高いこと」など）が明らかになりつつあるとともに、新たな課題（「海ごみ資源量を高精度で推定するため不足している箇所情報を補完する必要性」、「ごく小さなマイクロプラスチックの行方を明らかにする必要性」、「日本だけの問題ではなく国際的な協力の必要性」など）も見出されてきた。こうした、種々の問題に対応するため、2016年度は次の調査を行った。

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

広大な沖合域を密にカバーすることは難しいことから、2014年度、2015年度に引き続き、調査の空白域を中心に目視観測調査を実施した。そして、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

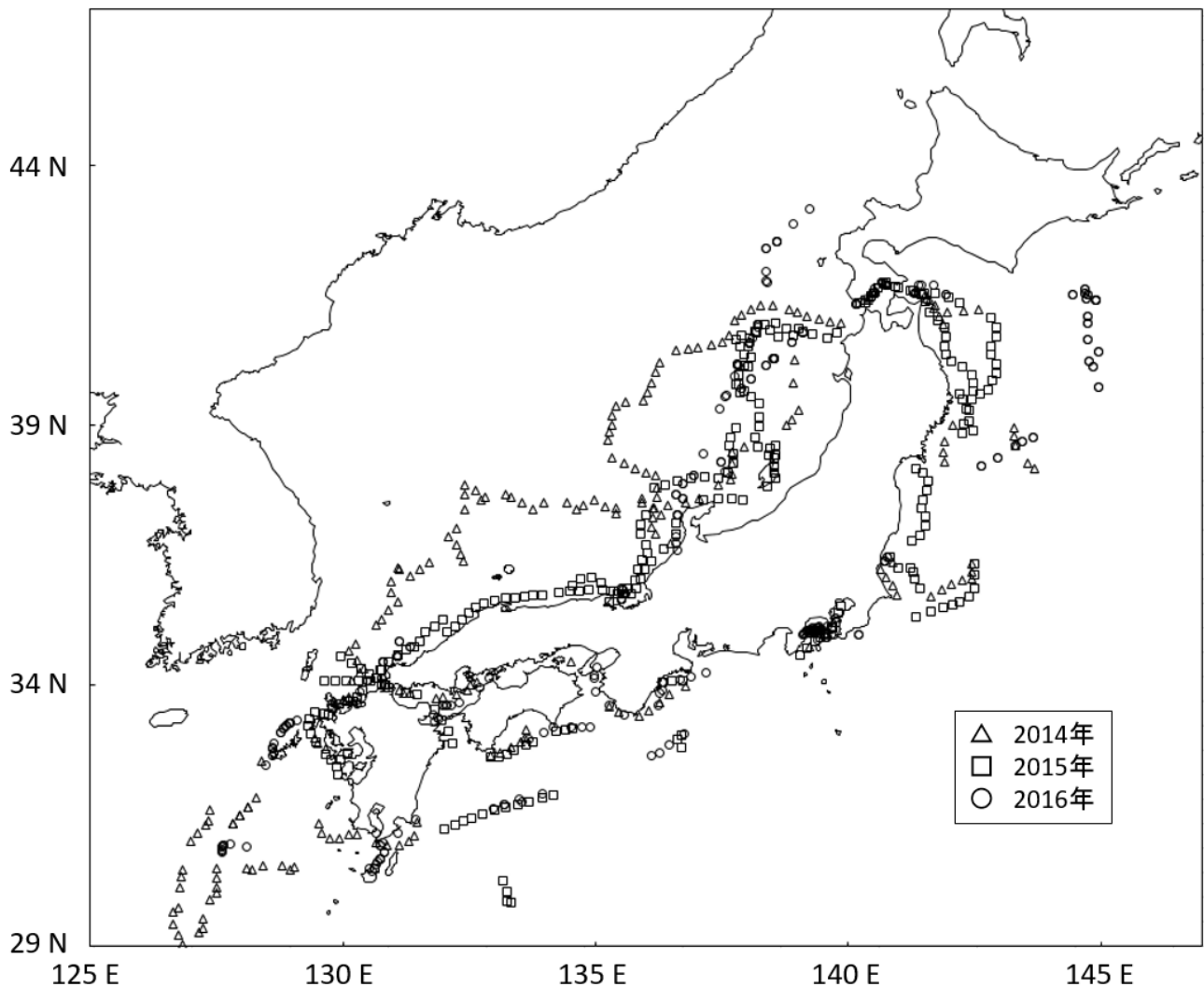
2014年度、2015年度で不足していた海域である、北海道の周辺海域に調査点を設定して、データの充実化を図った。また、マクロサイズの漂流ごみの調査と同様に、相模湾において季節変化についてもモニタリングを行った。採集したマイクロプラスチックの分析を行うことにより、我が国周辺海域においてマイクロプラスチックが海洋環境に与えている影響を整理した。なお、マイクロプラスチックについては、九州大学応用力学研究所の磯辺篤彦教授に再委託して、詳細な分析に取り組んだ。

(3) 沖合海域における海底ごみの調査

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。そこで、2014年度及び2015年度に引き続き、船舶を用いた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の把握に努めた。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、精度の向上を図る。2016年度は2014年度及び2015年度の空白域をカバーするように観測ラインを設定した（図II-1）。



図II-1 2014年度～2016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 2014 年度及び 2015 年度の調査海域と同じように日本周辺海域を広くカバーするように実施するとともに、特に北海道周辺海域（北海道西部海域、北海道南東沖）への調査範囲の拡大を行った（図 II-1）。また今年度は、2014 年度と 2015 年度の調査地点と重ならないようにするとともに、これまで空白となっていた観測域では、できる限り航走 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グ航走を行った。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実施した（表 II-1）。

表 II-1 「海鷹丸」第 48 次航海と「神鷹丸」第 1 次航海、第 2 次航海、「青鷹丸」調査の概要

	海鷹丸	神鷹丸	青鷹丸
全長	93 m	64.5 m	35.5 m
観測者眼高	14 m	9 m	4 m
総トン数	1886 t	986 t	170 t
乗組員数	25 名	22 名	14 名

	第 48 次航海	第 49 次航海	第 1 次航海	第 2 次航海	定期航海
学生数	40 名	50 名	37 名	25 名	3~4 名
出港日	2016/7/12	2016/10/5	2016/7/12	2016/8/18	実施月 4,6,9,
帰港日	2016/8/10	2016/10/19	2016/8/9	2016/9/14	10,11,12,1,2 月*1
寄港地 (いずれの航海も 東京至る東京)	屋久島 博多 金沢 函館	長崎	下関 金沢 函館 大洗	鹿児島 長崎 下関	三崎 伊東 網代
目視観測距離	1447 km	497 km	1086 km	333 km	556 km
目視観測回数	85	24	79	26	65
ニューストン					1 連 : 24
ネット曳網回数	31	10	24	12	5 連 : 6

*1 青鷹丸出入港日：4 月（19 日~25 日）、6 月（14 日~23 日）、9 月（8 日~16 日）、10 月（11 日~18 日）、11 月（24 日~12 月 1 日）、12 月（13 日~19 日）、1 月（13 日~19 日）、2 月（1 月 31 日~6 日）

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 3 人~6 人を 1 グループとして実施した。学生は、人数に応じて表 II-2 に示す役割分担：観測者（発見、識別担当）、観測者（距離計測担当）、観測者（記録担当）に分かれ、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。前年度までは、エクセルのマクロシートをインストールしたタブレット PC を使用していたが、今年度は、目視観測データ入力アプリ（図 II-2）をインストールして 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。

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
観測・発見・識別	双眼鏡・カメラ	漂流物の種判定・カメラ撮影	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	タブレット PC	記録	船橋ウイング

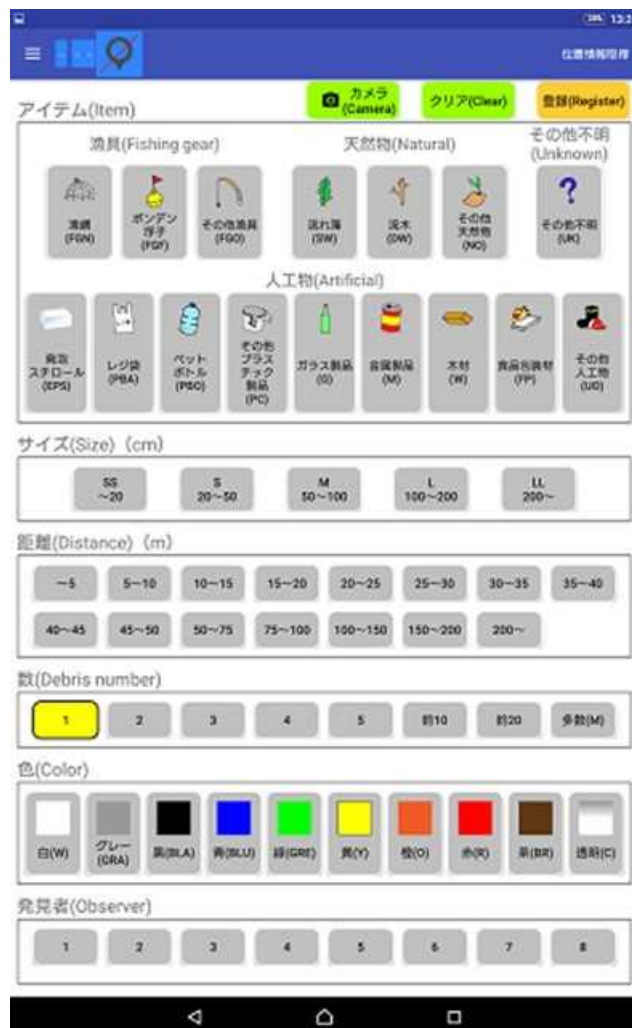


図 II-2 目視観測データ入力アプリの入力画面

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、概ね以下の通りで行った。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、タブレットのGPS機能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
	食品包装材トレー、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。

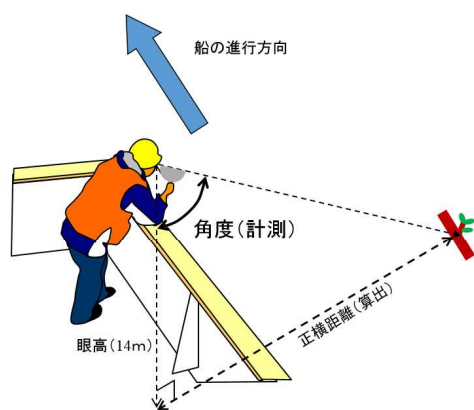
(LL>200cm, 200cm>L>100cm, 100cm>M>50cm, 50cm>S>20cm, 20cm>SS)

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。

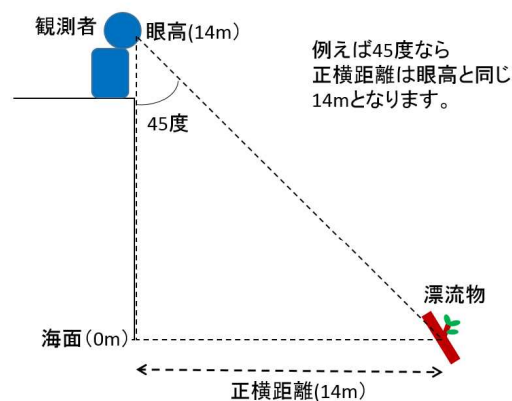
同時に複数の漂流物が発見された場合は、出来る限り別々に記録することとし、複数個が一群となって発見された場合、それを一群として記録し、その群を構成する漂流物の個数を記録した。最接近距離（正横距離）は精度向上と個人誤差を抑えるために、傾角度板を用いて角度から距離を推定した（図Ⅱ-3、資料Ⅱ-2）。そして得られた最接近距離は、統計処理をする際に5m毎のカテゴリに分けて整理することから5m単位で入力した。

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。



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

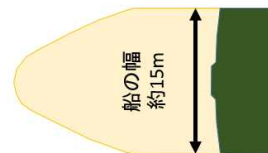
15m 10mより15m以下

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

〈記録用早見表Ⅰ〉

サイズの記入例

サイズの記入はSLMで

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

実例

種類	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	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
	その他プラスチック製品	PC
	ガラス製品	G
人工物	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
その他不明	その他不明	UK



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)。

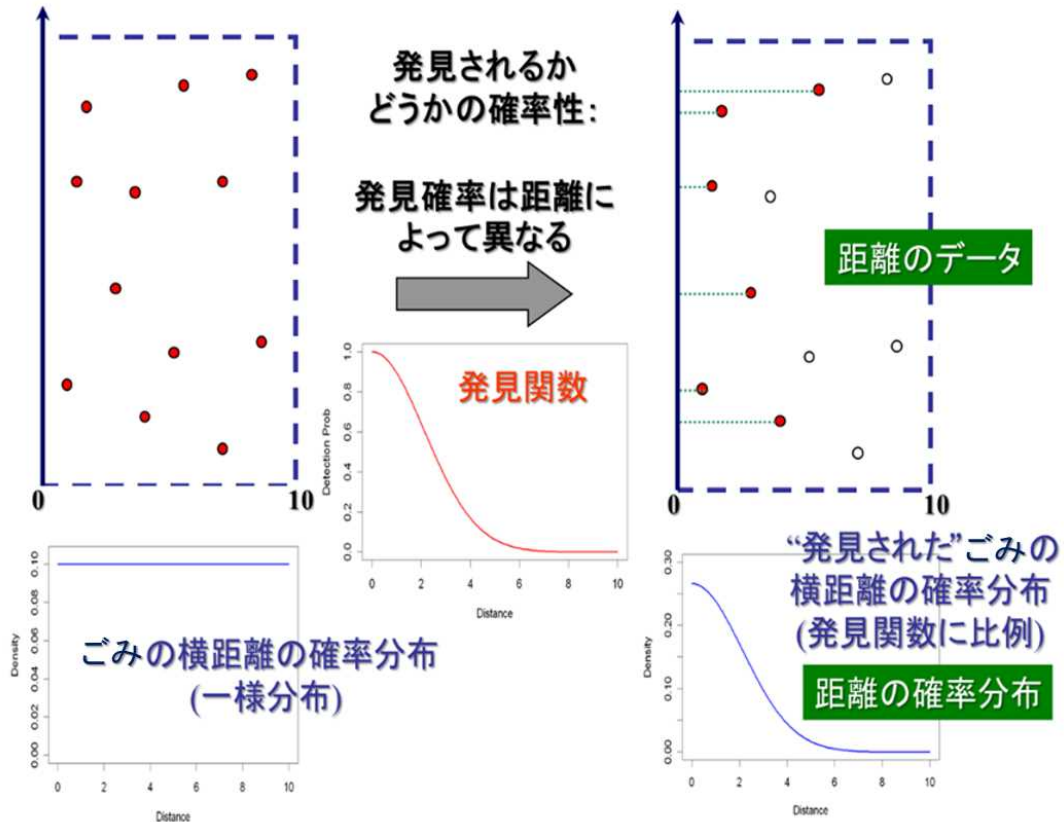


図 II-4 ライントランセクト法による横距離データの性質

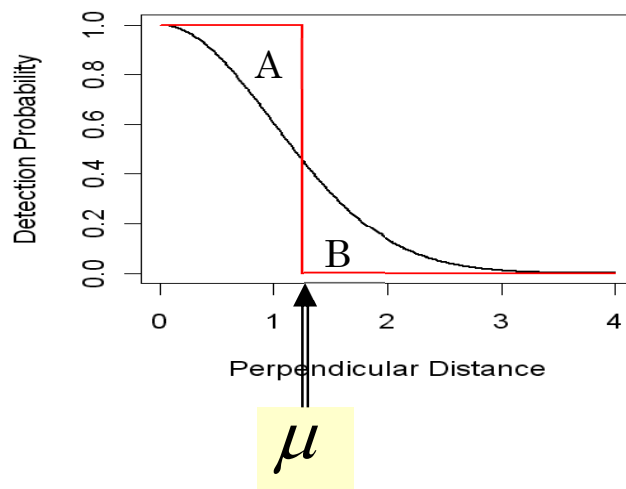
この横距離分布を表す単調減少の関数を発見関数と呼ぶ。一般的には、こうした横距離分布に対する発見関数には、ハーフノーマル(Half-Normal)型、指数型、ハザートレイト (Hazard-rate) 型の関数が用いられる。本事業では、ハーフノーマル型とハザートレイト型についてモデルの比較を行った結果、ハザートレイト型を用いて解析を行うこととした。また船体近くは観測者から死角になりやすいことや、航走によって船首から出る航走波 (白波) の影響により発見率が低下する傾向が見られた。そのため本事業ではトラックライン付近での発見率の低さを以下の式で定義するような発見関数を用いて考慮した。

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

ただし、ここで x は横距離であり、 σ 、 b 、 δ は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ごみが発見 (探索) できているとする理論上の横距離 (有効探索幅) を次のような考えから求める。

すなわち、図 II-5 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有効探索幅 (μ) とする。



図Ⅱ-5 発見関数と有効探索幅の考え方

有効探索幅 μ は、一般に発見関数 $g(x)$ を用いて $\mu = \int_0^w g(x)$ で求めることができる。ここで w は最大目視距離である。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。

$$d = n / \mu L$$

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、原則として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、本事業では昨年度に引き続き、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、漂流物の個数については、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。

$$N = nA / \mu L$$

ライントランセクト法デザインベースによって、航海ごとに発見関数を推定し、レグごとの密度推定を行った。さらにレグごとに求めた結果から、緯度経度1度のグリッド毎の密度を算出し、海域ごとの分布密度の比較を行った。

2-6. トラックライン上での発見率のモデリング

ライントランセクト法ではトラックライン上での発見率を 100%と仮定している。しかし図 II-6 に示してある今回のヒストグラムを見てみるとトラックライン付近での発見数が少なく、これはトラックライン上での発見率が 100%でないことを示唆している。このようになった理由としては、調査において観測者は図 II-6 に示すように船のブリッジの上から観測をしているため手前 10m ほどが死角となっており見えづらくなっていることと、仮に覗き込んだとしても航走波によって観測し難くなっていることが考えられる。

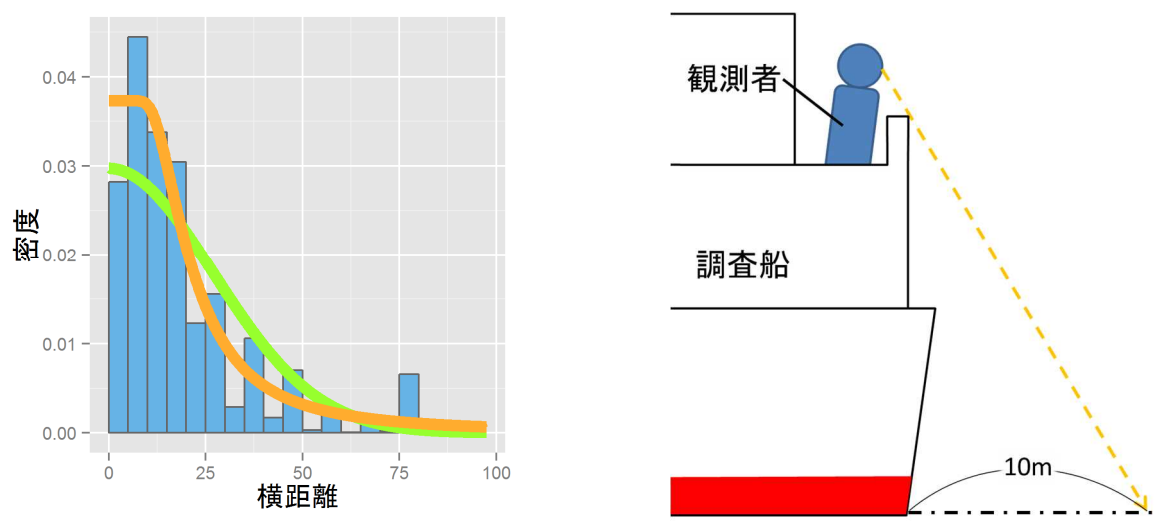
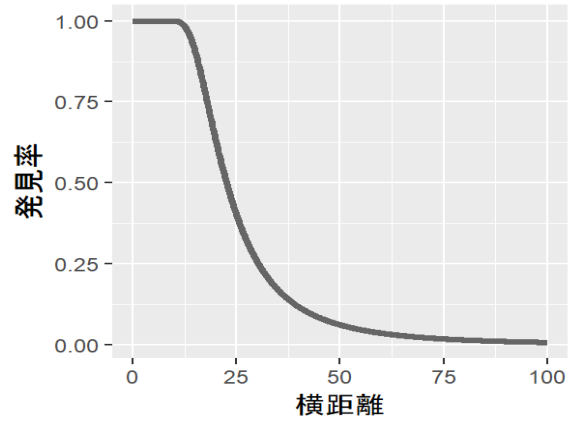


図 II-6 距離カテゴリー別の発見個数頻度分布図例と距離観測者からの死角のイメージ図

そこで、2016 年度の解析では、発見関数として一般的に用いられるハーフノーマル、ハザートレイトに加えて、トラックライン上から一定距離 c (本解析では 10m) までの発見のしづらさを考慮したハーフ・ハーフノーマル (Half-Half-Normal)、ハーフ・ハザートレイト (Half-Hazard-Rate) の計 4 つを使用した。各モデルの定義は以下のとおりである。

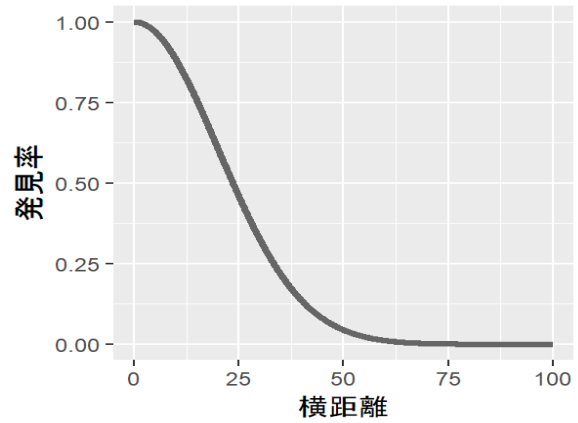
Half-Normal

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



Hazard-Rate

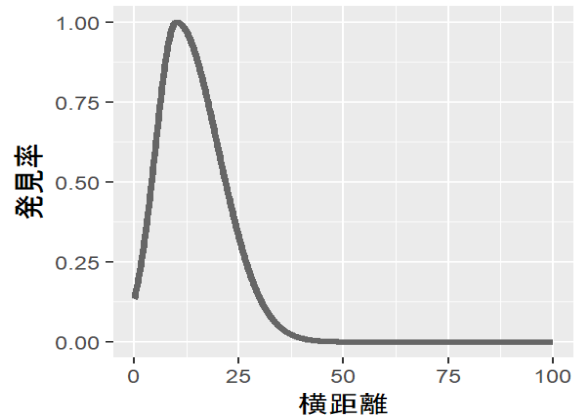
$$g(x) = 1 - \exp\left(-\left(\frac{x}{\sigma}\right)^{-b}\right)$$



Half-Half-Normal

一般的な Half-Normal 型発見関数を右にずらし、その左側に半正規分布を加えたもの。

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



Half-Hazard-Rate

一般的な Hazard-Rate 型発見関数を右にずらし、その左側に半正規分布を加えたもの。

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

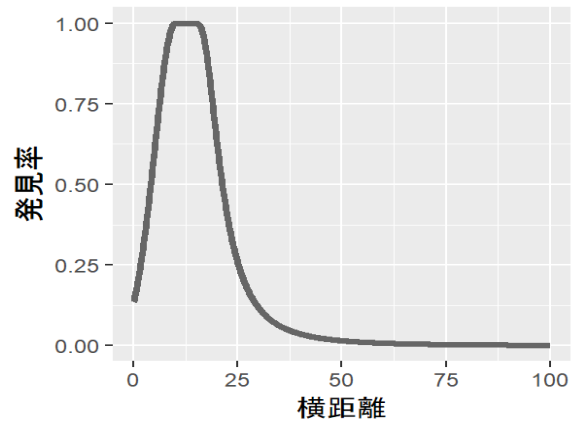


図 II-7 発見率の低さを考慮した発見関数のモデル

2-7. 層化について

1つの航海の中で、種類ごとに、漂流物のサイズ・天候・海況の3つの要因によって層化をした。なお、層化においては1つの種類について層数は3つまでとし、層の要素数は20以上とした。上記の要領で複数のモデルを作成したのちパラメータ推定を行い、AICによってモデル選択をし、選択されたモデルによる結果を最終結果としている。そのため、航海によって用いられる要因や発見関数が異なっている場合がある。

3. 調査結果

この3年間で実施された目視観測の総数は823レグ（密度を計算する際の最小単位でここでは1時間当たりの観測距離を1レグとする）で14,375km、発見個数は41,633個であった。各年度の内訳の詳細は表Ⅱ-3のとおりである。

表Ⅱ-3 目視観測実施表

		レグ数	総調査距離(km)	観測数
2014年度	海鷹丸	97	1,907	6,338
	神鷹丸	117	2,216	6,723
2015年度	海鷹丸	183	3,407	7,609
	神鷹丸	142	2,822	5,808
2016年度	海鷹丸	109	1,942	8,269
	神鷹丸	105	1,420	5,473
	青鷹丸	70	556	4,391

3-1. 有効探索幅

各航海で得られた有効探索幅 μ の詳細は、付録に示す。ここでは、2016年度の発泡スチロール例にその傾向を示す（表Ⅱ-4）。海鷹丸48次航海（U48）は、海況が要因として選択され、海況のコンディションが悪くなるほど有効探索幅が大きくなる傾向が見られた。本来であれば、海況のコンディションが悪くなるほど、有効探索幅は短くなるはずであるが、ここではその逆の結果となっている。この原因としては、海況のコンディションの悪かった海域で、発泡スチロールの発見個数が多かった可能性が一つの要因と考えられる。海鷹丸49次航海（U49）では、サイズが有効探索幅の決定要因と選択されたが、サイズによる有効探索幅の差は見られなかった結果の例になる。神鷹丸第2次航海（S16y2）では、天気が有効探索幅の決定要因となり、快晴、晴れ、薄曇りの時の有効探索幅は26.6mとなり、曇りで13.8m、雨や霧の 때가23.3mとなった。曇りのときの探索幅が最も短くなったのは、雲が海面に映り込み、海面が白く反射したことにより白色との発泡スチロールが発見し難くなった可能性がある。神鷹丸第3次航海（S16y3）では、サイズが有効探索幅の決定要因となり、SSサイズのときの有効探索幅は43.6mとなり、それよりも大きいサイズの 때가91.7mとなった。サイズが大きいグループの有効探索幅が大きくな

るのは、妥当な結果と言える。青鷹丸 (SE16y) の結果は、海鷹丸 49 次航海の結果と同じ傾向となった。また、この 2 航海の結果を比較すると、海鷹丸の有効探索幅が 31.9m であったのに対して、青鷹丸は 13.1m となっている。これは青鷹丸の眼高が 4m であったのに対して、海鷹丸はそれよりも 10m 高い 14m であったため、より遠くまで探査しやすかった可能性が考えられた。このように同じ発泡スチロールでも、船や航海によって有効探索幅が異なる結果となった。本報告で密度計算に使用したこの他の有効探索幅は、巻末資料に一覧として掲載している。

表 II-4 各航海の発泡スチロールの有効探索幅 (単位 : m)

航海名	U48			U49	S16y2			S16y3		SE16y
要因	海況			サイズ	天候			サイズ		サイズ
グループ	0	1,2	3,4,5	SS,S,M,L,LL	b,bc,c	o	r,f	SS	S,M,L,LL	SS,S,M,L,LL
有効探索幅	19.6	22.0	32.7	31.9	26.6	13.8	23.3	43.9	91.7	13.1

なお、それぞれのグループ分け記号の詳細は以下の通りである。

海況 : 海況	波高 (m)	階級の説明
0	no wave	鏡のようになめらかである
1	0 - 0.10	さざ波がある Calm (Rippled)
2	0.10 - 0.50	なめらか、小波がある
3	0.50 - 1.25	やや波がある
4	1.25 - 2.50	かなり波がある
5	2.50 - 4.00	波がやや高い

サイズ : SS ≤ 20、 20 < S ≤ 50 50 < M ≤ 100、 100 < L ≤ 200、 200 < LL (単位 : cm)

天候 : 記号	天気
B	快晴
BC	晴
C	薄曇
O	曇
Z	煙霧
F	霧
D	霧雨
R	雨

3-2. 日本周辺海域の漂流ごみ種類別の分布密度

本年度は、東経 130 度より西を東シナ海区、東経 130 度から 140 度の日本海側を日本海区、それ以外を太平洋区とする 3 海域に分けて平均分布密度を比較した（図 II-8）。種類別に算出した海域ごとの分布密度は、表 II-5a の通りとなった。

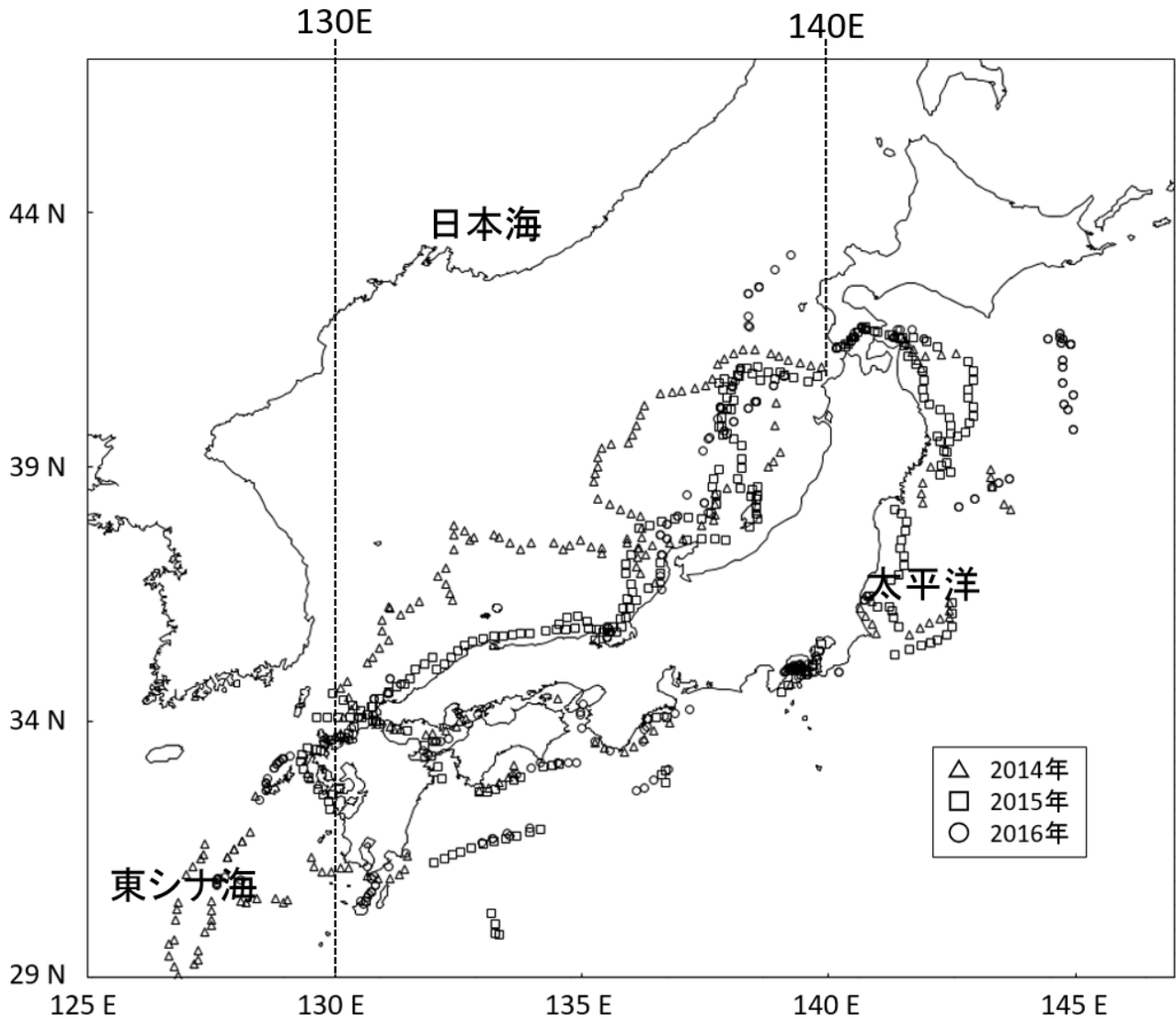


図 II-8 目視観測実施地点と海区の区切り

はじめに人工物の平均分布密度についてみると、日本海の215.6個/km²が最も高く、次いで東シナ海の165.1個/km²、太平洋の158.8個/km²となった。最大値に注目するといずれも500個/km²以上と高い値となった。人工物のなかでも平均分布密度が高かったのはその他プラスチック製品で、太平洋、日本海、東シナ海のいずれの海域でも高い傾向が見られた。その他プラスチック製品に次いで多く記録された発泡スチロールは、日本海が56.6個/km²、東シナ海が54.8個/km²と太平洋(24.3個/km²)側よりも高い傾向が見られた。2014年度の調査では、対馬海峡周辺に多くの発泡スチロールが確認されている。これらは、九州西岸や韓国南岸の海面養殖や、東シナ海で行われている漁業生産活動が発生源として懸念されている。これらが日本海や太平洋に流入し、特に日本海側は半閉鎖的の海域であるため、太平洋側よりもこれらがたまりやすくなっている可能性がある。また、発泡スチロールと同様に海面上に浮き上がった状態で漂流するペットボトルに注目すると、平均密度はいずれの海域でも6から7個/km²であった。これまでの調査では、東シナ海が高くなる傾向にあったが、今年度の結果はそれとは異なる傾向を示した。この点については、今後引き続き調査を行いデータの蓄積を行っていくことが望ましい。

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注目し、食品包装材と同様に、2015年度の調査から、確実にレジ袋と識別できたものについては個別に項目を設けて記録を開始した。平均密度を海域別に比較すると、日本海側が最も高く13.5個/km²となり、次いで太平洋側の10.4個/km²、東シナ海の3.7個/km²となった。最高密度に注目しても、東シナ海は最高で16.9個/km²と日本海に60個/km²を超える場所があったのと比較すると低い結果となった。高密度な場所は、能登半島周辺、丹後半島周辺、四国周辺、瀬戸内海などの岸に近いところの他に、沖合では津軽海峡の西方に高密度な場所が見られた。岸近くでの密度が高いことから、これらは陸域からの流入が発生要因となっていると考えられた。レジ袋の分布は、食品包装材に似た傾向を示した。

表Ⅱ-5a 海区毎に算出した種類別の平均分布密度と最大値(単位:個/km²):2016年度

種別 \ 海域	太平洋		日本海		東シナ海	
	平均	最大	平均	最大	平均	最大
人工物	158.8	538.3	215.6	576.2	165.1	595.1
自然物	314.6	2,648.5	352.8	1,217.7	141.8	675.2
その他プラスチック製品	73.0	382.2	75.5	256.7	64.3	239.5
食品包装材	18.4	82.1	16.9	82.6	8.5	30.4
レジ袋	10.4	47.1	13.5	69.7	3.7	16.9
発泡スチロール	24.3	89.6	56.6	389.0	54.8	218.4
ペットボトル	6.3	56.2	5.8	23.9	7.0	34.9
ガラス製品	0.6	3.9	0.7	9.0	0.7	5.6
金属製品	1.9	17.0	1.1	9.1	0.4	2.2
木材	2.5	62.6	1.0	6.3	0.8	3.3
その他人工物	16.4	116.6	24.8	180.2	19.2	66.2
流れ藻	123.5	2,114.3	277.1	1,060.0	85.9	602.1
流木	21.2	154.8	14.1	71.9	13.4	65.6
その他自然物	169.9	1,272.7	61.6	345.6	42.5	265.2
浮子	1.2	10.7	0.7	3.4	0.4	2.0
漁網	0.7	10.1	2.5	45.0	0.4	3.8
その他漁具	3.0	24.4	16.5	89.4	5.1	21.3
その他不明	14.9	74.7	4.9	27.1	16.7	118.1

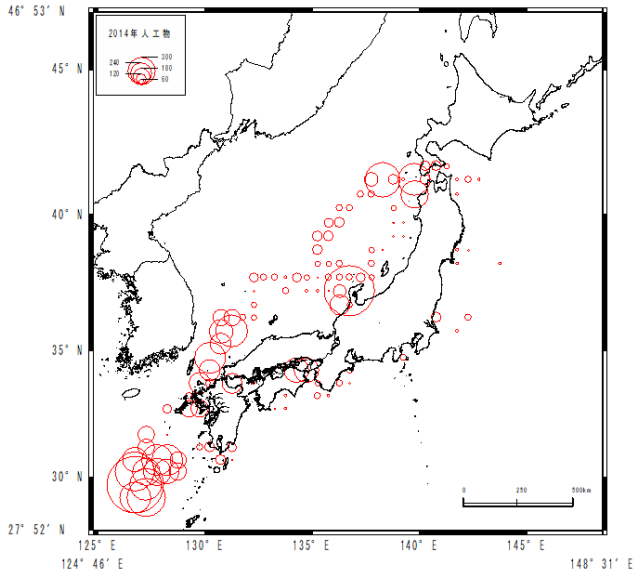
表 II-5b 海区毎に算出した種類別の平均分布密度と最大値（単位：個/km²）：

種別 \ 海域	2014 年度-2016 年度					
	太平洋		日本海		東シナ海	
	平均	最大	平均	最大	平均	最大
人工物	102.5	614.7	123.1	576.8	179.8	595.1
自然物	159.6	2,648.5	129.2	1,217.7	80.8	675.2
その他プラスチック製品	36.5	382.2	32.4	256.7	53.8	239.5
ビニール(2014)	18.4	123.9	51.3	389.6	67.4	162.9
食品包装材 (2015-	11.1	82.1	10.3	82.6	5.9	30.4
レジ袋 (2015-2016)	7.8	61.1	10.2	69.7	4.3	16.9
発泡スチロール	14.1	169.2	30.1	389.0	48.9	218.4
ペットボトル	3.3	56.2	3.0	23.9	13.8	77.4
ガラス製品	0.4	4.1	0.4	9.0	1.3	20.8
金属製品	0.9	17.0	0.6	9.8	1.2	9.5
木材	1.2	62.6	0.6	9.9	1.2	6.9
その他人工物	9.5	116.6	14.1	180.2	14.8	66.2
流れ藻	70.0	2,114.3	96.9	1,060.0	44.8	602.1
流木	23.6	459.6	13.6	372.5	17.1	109.6
その他自然物	66.0	1,272.7	18.7	372.8	18.9	265.2
浮子	1.6	126.5	0.8	4.0	1.7	20.4
漁網	0.7	24.6	1.6	45.0	0.4	3.8
その他漁具	1.7	30.5	5.9	89.4	4.5	27.0
その他不明	6.4	74.7	2.1	27.7	8.1	118.1

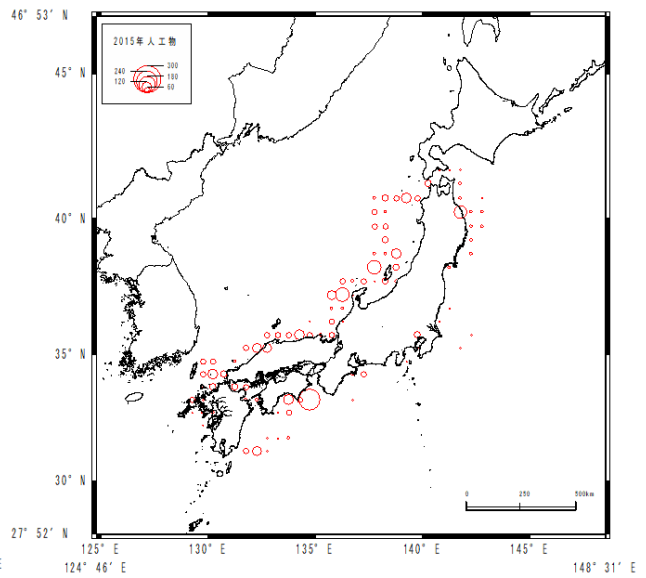
次に、2014 年度から 2016 年度の調査結果を基に人工物と自然物の海域ごと密度の比較を行う（表 II-5b）。人工物の平均密度が最も高かったのは、東シナ海区で 179.8 個/km²、ついで日本海区の 123.1 個/km²、太平洋区の 102.5 個/km²となった。一方で、それぞれの海域で記録された最大密度は大きく変わらなかった。東シナ海区は全体的に分布密度が高く、日本海区と太平洋区は、局所的に東シナ海と変わらない程度の高密度な区画があることが確認された。東シナ海区のごみの一部は、黒潮に乗って西日本の沿岸に漂着したり、日本海や太平洋側に運ばれたりしているものと考えられる。すなわち、太平洋区や日本海区の海洋ごみの一部は東シナ海が供給源になっている可能性がある。太平洋区と日本海区を比較すると、太平洋区の平均密度が日本海区より低くなっている。これは、太平洋区が開放性であるため、東シナ海や日本の陸岸から流入したものが、そのまま広く拡散しやすいのに対して、日本海区は半閉鎖的な海域であるため、太平洋側と比較すると一度流入したごみは、蓄積しやすい環境であることから、このような違いが見られたものと考えられた。

各年度の人工物の分布傾向（図 II-9）を比較すると、2015 年度の密度が低くなっている。このようになった原因として、ごみの分布の少ない場所での調査となっていた可能性や、この年度の夏季における日本周辺の海洋ごみの量が少なかった可能性などが考えられるが、いずれも定かとは言えない。一方で、相対的な分布の傾向を見ると、各年度とも東シナ海から対馬周辺海域、能登半島周辺海域、津軽海峡の西方海域に周囲よりも密度の高い海域が存在していることが確認できる。このことから、これら 3カ所には漂流ごみが集積しやすいものと考えられる。

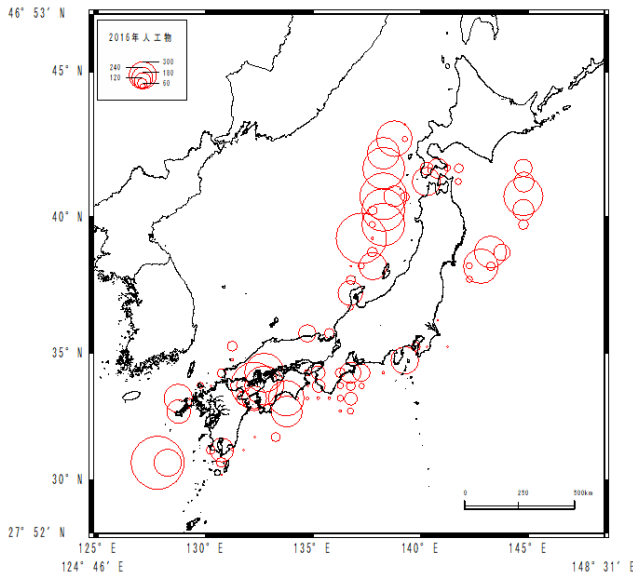
2014年度



2015年度



2016年度



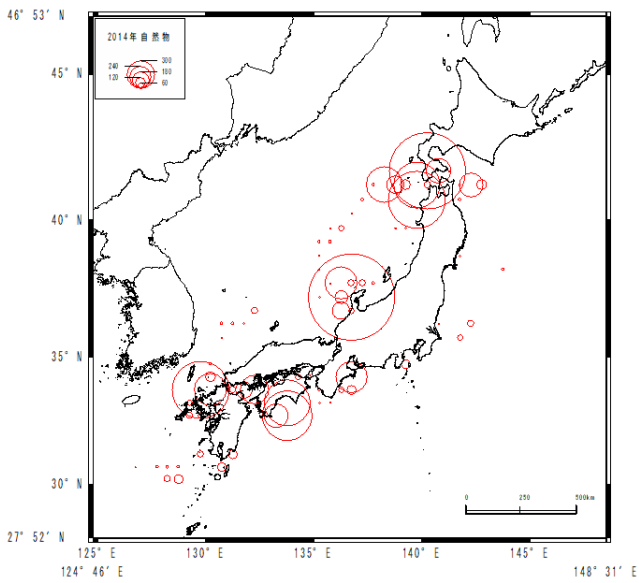
図Ⅱ-9 人工物の分布密度

表Ⅱ-6 海区毎に算出した人工物の平均分布密度と最大値（単位：個／km²）

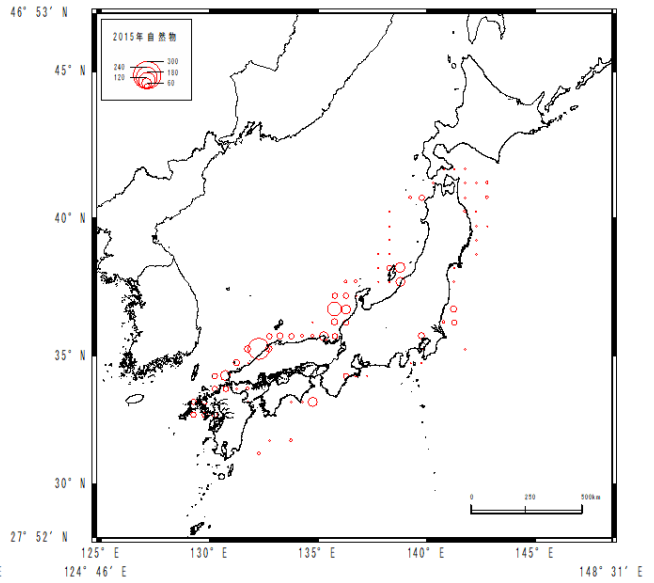
人工物（3年平均）					
太平洋		日本海		東シナ海	
平均	最高	平均	最高	平均	最高
102.5	614.7	123.1	576.8	179.8	595.1

次に、自然物（図Ⅱ-10、表Ⅱ-7）についてみると、人工物とは逆に、東シナ海区が最も低くなり、太平洋区と日本海区が高くなる傾向が見られた。人工物と自然物の割合を見ていくと、東シナ海が自然物よりも人工物が多かったのに対して、太平洋区と日本海区は自然物の方が多い結果となった。ここでいう自然物は、流れ藻や陸域起源の植物などであることから、太平洋区や日本海区で記録された自然物の多くは、日本の陸岸を起源とするものと考えられた。また、これらが高密度に分布していた海域は、能登半島周辺、四国周辺海域、2014年度は、津軽海峡西部でも高密度な海域が見られた。

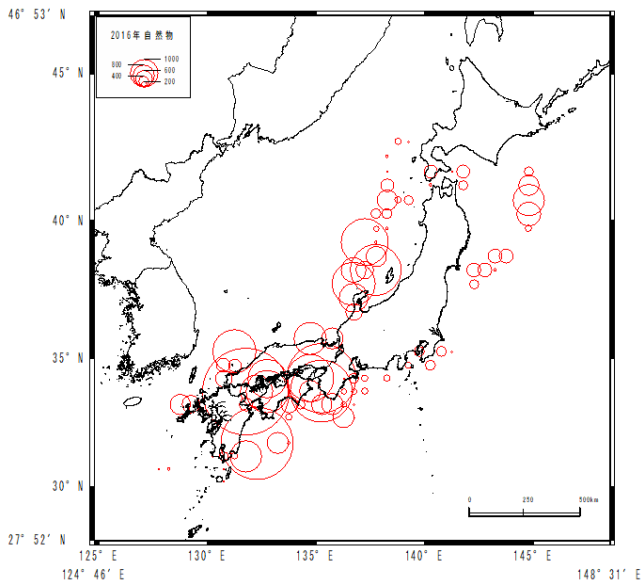
2014年度



2015年度



2016年度



図Ⅱ-10 自然物の分布密度

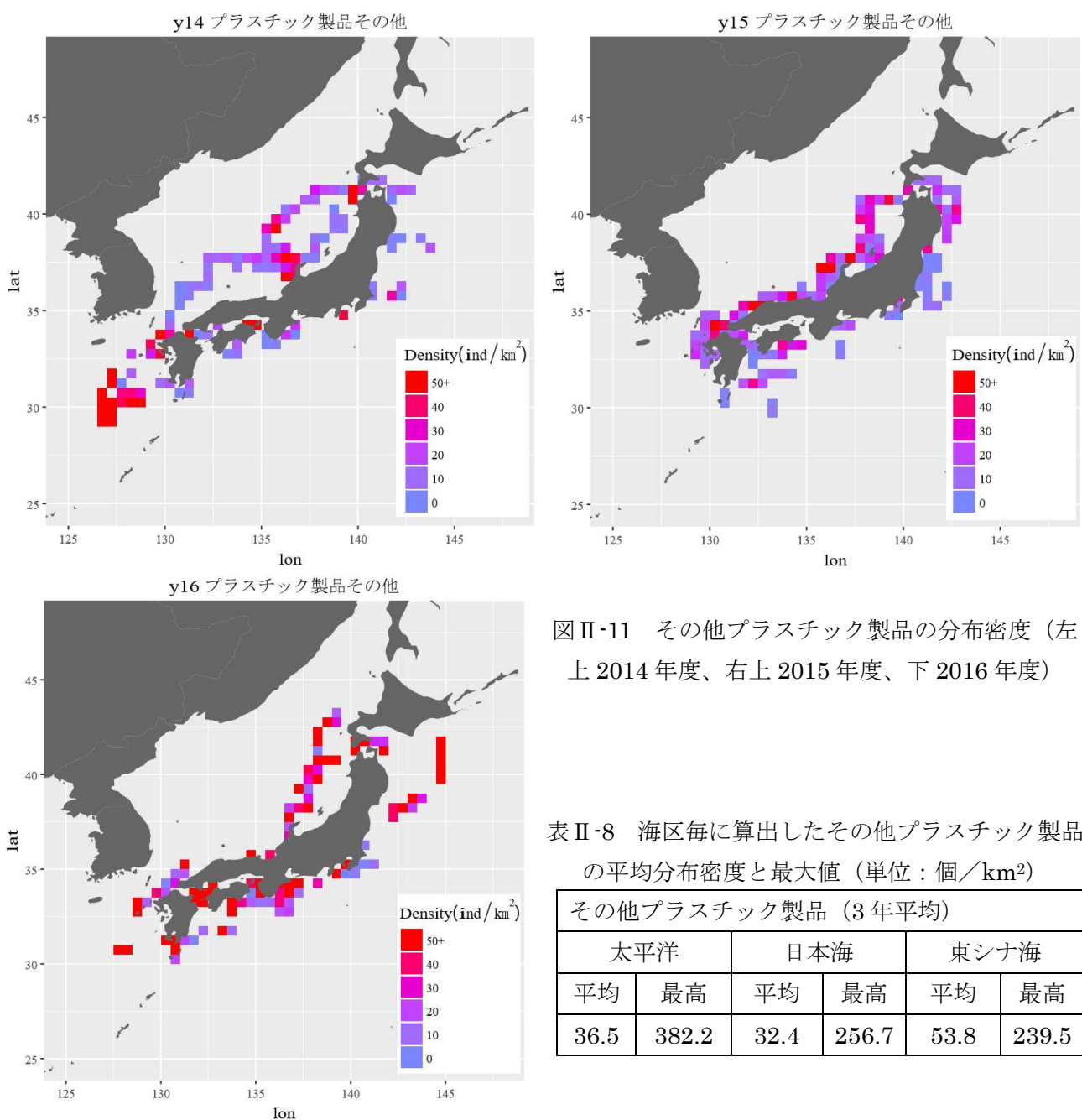
表Ⅱ-7 海区毎に算出した自然物の平均分布密度と最大値 (単位: 個/km²)

自然物 (3年平均)					
太平洋		日本海		東シナ海	
平均	最高	平均	最高	平均	最高
159.6	2648.5	129.2	1217.7	80.8	675.2

以上のように、対馬周辺海域や能登半島周辺、津軽海峡西方では人工物、自然物の密度の高い測点が多く見られた。対馬周辺は、日本海の入り口で狭くなっていることから、この海域で東シナ海方面から漂流してくるものが集まり密度が高くなっているものと考えられる。能登半島周辺は、この周辺にしばしば形成される暖水渦の中に漂流物が集積しているものと考えられる。そして、津軽海峡の西方は、対馬海峡を抜けて日本海を複数の分枝に分かれて北上した対馬暖流が、再び津軽海峡西方で本州側に収束するため、この海域にも漂流物が集積しやすくなっているものと考えられた。以下 3-2-1.節から 3-2-14.節に、種別の分布傾向の詳細を示す。

3-2-1. その他プラスチック製品（図Ⅱ-11、表Ⅱ-8）

プラスチック製品は、いずれの海域でも高密度なグリッドが見られた。2014年度の調査では東シナ海と能登半島北部、津軽海峡西部に、2015年度は九州北部と日本海中部に、2016年度については概ね全海域で高い密度を記録していることが分かる。特に、2016年度の結果で注目すべき点として、北海道南東沖に高い密度の海域がみられたことが挙げられる。また、2016年度の結果に注目すると、太平洋側では、沖側と岸側を比較すると比較的岸側の方に高密度なグリッドが存在する傾向が見られた。このことから、多くのプラスチックが陸から海洋に流出し、拡散している可能性が示唆された。さらに、3年間の結果を基に算出した海域ごとの平均分布密度を比較すると、東シナ海が53.8個/km²と他の2海域よりも高くなった。東シナ海は黒潮の通り道でもあることから、黒潮上流域にあたる東南アジアの国々から流出したごみが日本の周辺に漂流してきているものと推定された。



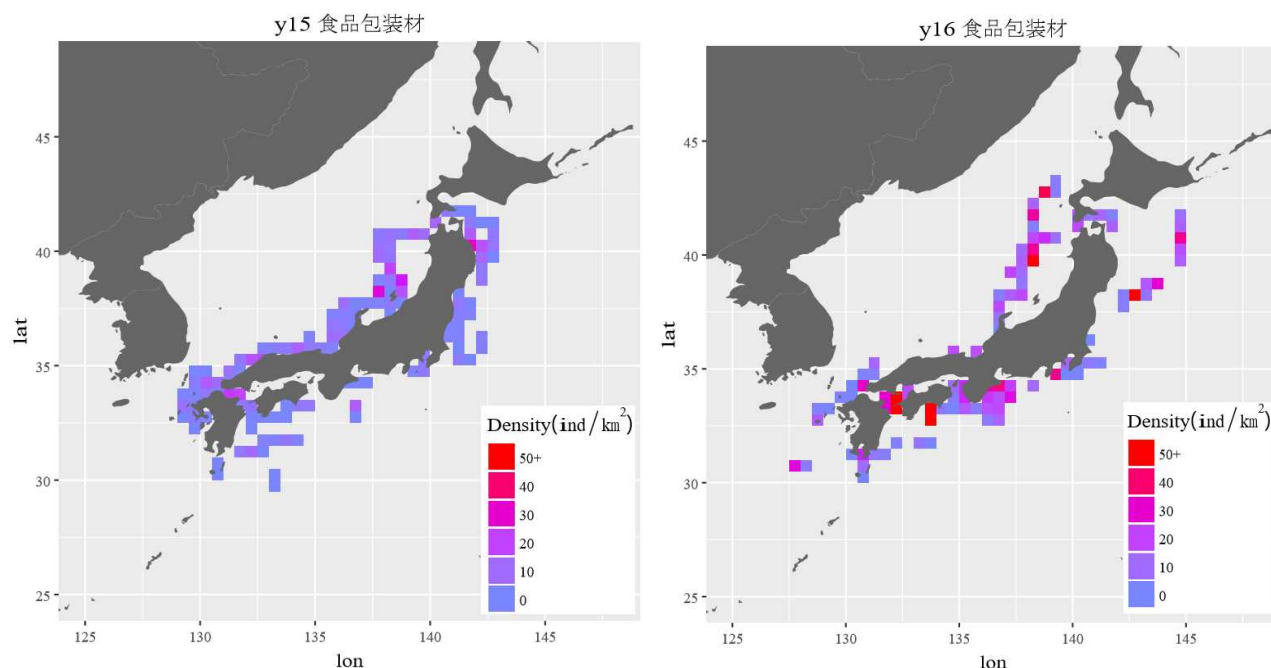
図Ⅱ-11 その他プラスチック製品の分布密度（左上2014年度、右上2015年度、下2016年度）

表Ⅱ-8 海区毎に算出したその他プラスチック製品の平均分布密度と最大値（単位：個/km²）

その他プラスチック製品（3年平均）					
太平洋		日本海		東シナ海	
平均	最高	平均	最高	平均	最高
36.5	382.2	32.4	256.7	53.8	239.5

3-2-2. 食品包装材（図Ⅱ-12、表Ⅱ-9）

食品包装材の多くはプラスチック製品に該当するが、2015年度の調査から、確実に食品包装に関するもの（スナック菓子の袋、食品の容器、カップなど）と識別できたものについては、その他のプラスチック製品と区別して記録した。そのため、ここに示すのは2015年度と2016年度の結果になる。高密度海域の場所は、2015年度は北九州周辺と佐渡島周辺、三陸沖に、2016年度は全海域で記録された。海区別にみると、太平洋と日本海の平均が10~11個/km²と東シナ海の約2倍となっている。3-2-1節の「その他プラスチック製品」の平均密度は、東シナ海がその他の海域よりも高かったが、食品包装材ではその逆となった。東シナ海域で密度が低くなった原因として、①食品包装材の材質は、気密性を保つために比重の高い材質を使っているものが多いことから、早い段階で浮力を失い、沈んでいるため東南アジア諸国から調査海域まで流れ着かない。②漂流しているうちに劣化して、食品包装材として判別されず、その他のプラスチック製品として記録されていることなどが考えられた。



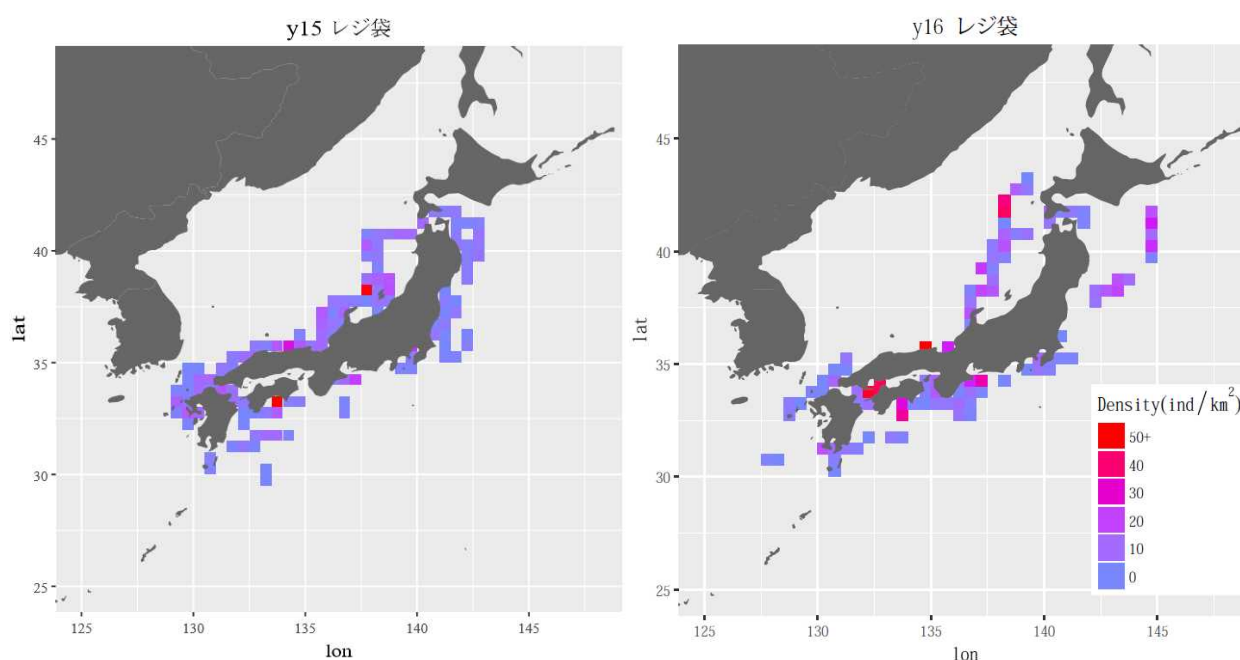
図Ⅱ-12 食品包装材の分布密度（左 2015 年度、右 2016 年度）

表Ⅱ-9 海区毎に算出した食品包装材の平均分布密度と最大値（単位：個/km²）

食品包装材（2年平均）					
太平洋		日本海		東シナ海	
平均	最高	平均	最高	平均	最高
11.1	82.1	10.3	82.6	5.9	30.4

3-2-3. レジ袋 (図Ⅱ-13、表Ⅱ-10)

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注目し、食品包装材と同様に、2015年度の調査から、確実にレジ袋と識別できたものについては個別に項目を設けて記録を開始した。3年間の平均密度を海域別に比較すると、日本海側が最も高く、10.2個/km²、次いで太平洋側の7.5個/km²、東シナ海の4.3個/km²となった。最高密度に注目しても、東シナ海は最高で16.9個/km²と太平洋・日本海に60個/km²を超える場所があったのと比較すると低い結果となった。高密度を示す場所は、能登半島周辺、丹後半島周辺、四国周辺、瀬戸内海などの岸に近いところの他に、沖合では津軽海峡の西方に高密度な場所が見られた。岸近くでの密度が高いことから、これらは陸域からの流入が発生要因となっていると考えられた。分布の傾向は、先の食品包装材と似ている。



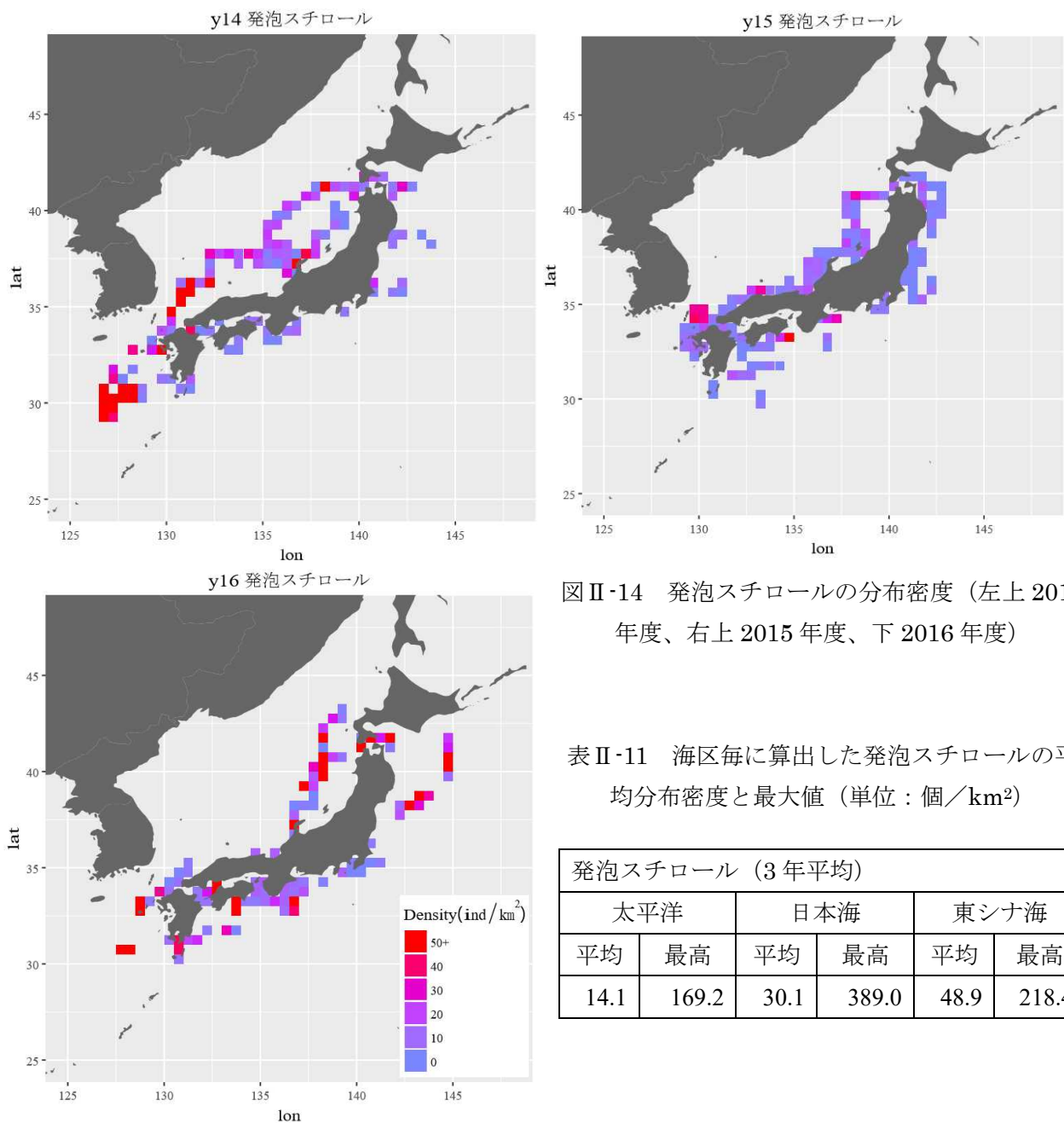
図Ⅱ-13 レジ袋の分布密度 (左 2015年度、右 2016年度)

表Ⅱ-10 海区毎に算出したレジ袋の平均分布密度と最大値 (単位：個/km²)

レジ袋 (2年平均)					
太平洋		日本海		東シナ海	
平均	最高	平均	最高	平均	最高
7.8	61.1	10.2	69.7	4.3	16.9

3-2-4. 発泡スチロール (図II-14、表II-11)

発泡スチロール分布密度は、いずれの海域でも高密度なグリッドが見られた。2014年度の調査では東シナ海と対馬の北部、能登半島周辺、津軽海峡西部に、2015年度は対馬海峡と津軽海峡西部に、2016年度については概ね全海域で高い密度を記録していた。この傾向は、その他プラスチック製品とよく似ている。一方で、沖側と岸側を比較すると比較的沖側の方に高密度なグリッドが存在する傾向が見られ、この点はプラスチック製品その他とは逆の傾向となった。3年間の平均分布密度を海域ごとに比較すると、東シナ海が48.9個/km²と太平洋の約3.5倍、日本海の約1.5倍となり、他の2海域よりも高い結果となった。これら発泡スチロールは九州の西岸や韓国南岸の海面養殖や、東シナ海で行われている漁業生産活動が発生源として懸念される。これらが、日本海や太平洋に流入し、特に日本海側は半閉鎖的領域であるため、太平洋側よりもこれらがたまりやすくなっている可能性がある。



図II-14 発泡スチロールの分布密度 (左上 2014年度、右上 2015年度、下 2016年度)

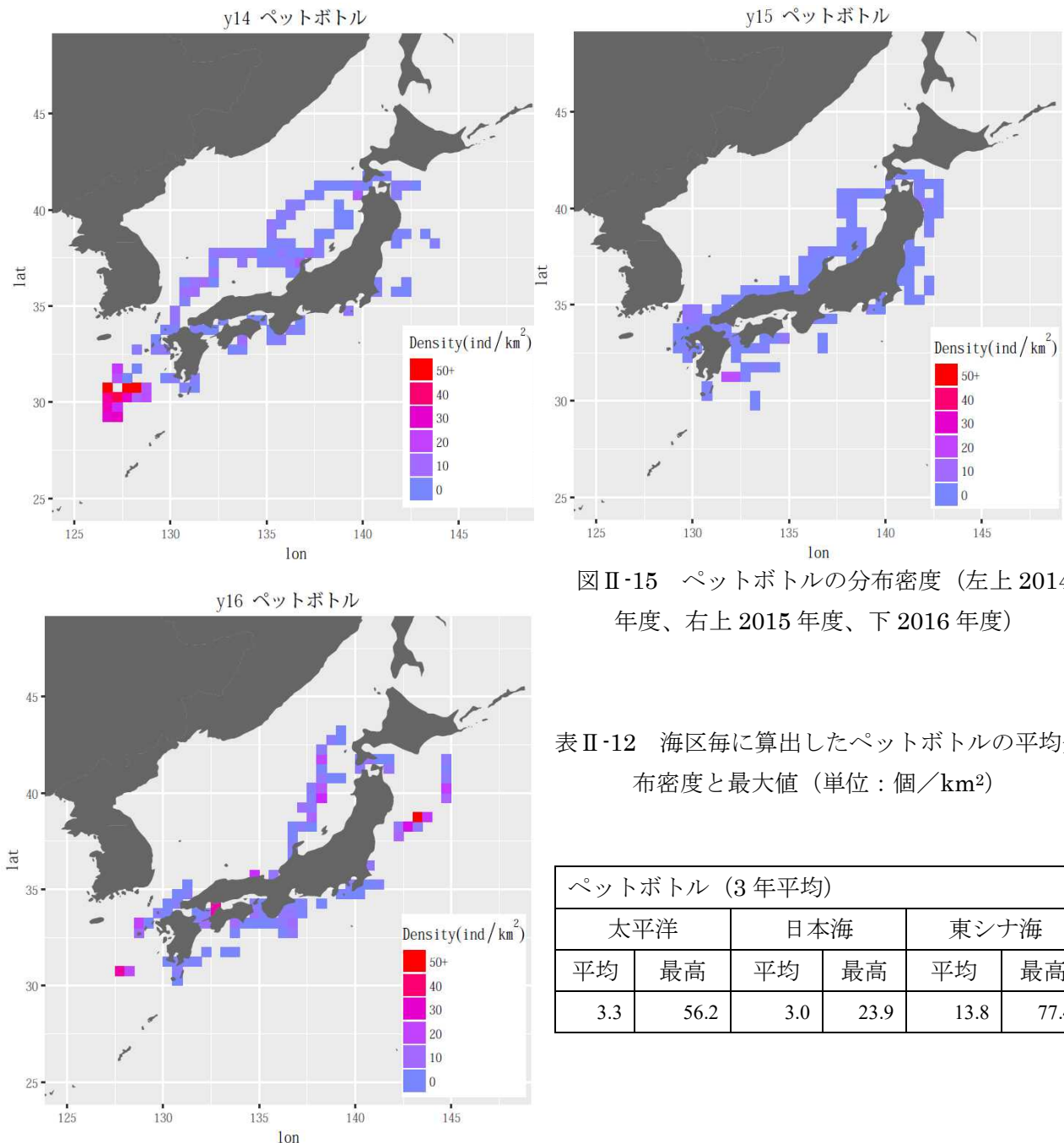
表II-11 海区毎に算出した発泡スチロールの平均分布密度と最大値 (単位: 個/km²)

発泡スチロール (3年平均)					
太平洋		日本海		東シナ海	
平均	最高	平均	最高	平均	最高
14.1	169.2	30.1	389.0	48.9	218.4

3-2-5. ペットボトル (図II-15、表II-12)

ペットボトルは、2014年度及び2016年度の調査で、東シナ海に高密度な区画が見られた。ペットボトルは発泡スチロールと同じで、完全に浮いた状態で漂流している。しかし、分布傾向を比較すると、発泡スチロールが広く分布していたのに対して、ペットボトルは東シナ海に高密度な区画が集中し、その他の海域に高密度な区画は見られなかった。これは、発泡スチロールとペットボトルの発生源が異なることが要因と考えられる。発泡スチロールが九州西岸や朝鮮半島などの漁業生産活動からの流出が疑われるのに対して、先行研究*1からもペットボトルは黒潮上流域が発生源となっている可能性が高い。また、2016年度の調査では、三陸沖と瀬戸内海にも一部高密度な海域がみられた。これらが一時的なものなのかは、引き続き調査を続けて行く必要がある。

*1：岡野多門，安東重樹，池田 圭吾．日本海に流入する海外からの飲料用ペットボトルの漂流経路．廃棄物資源循環学会論文誌，2011：22：285-292.



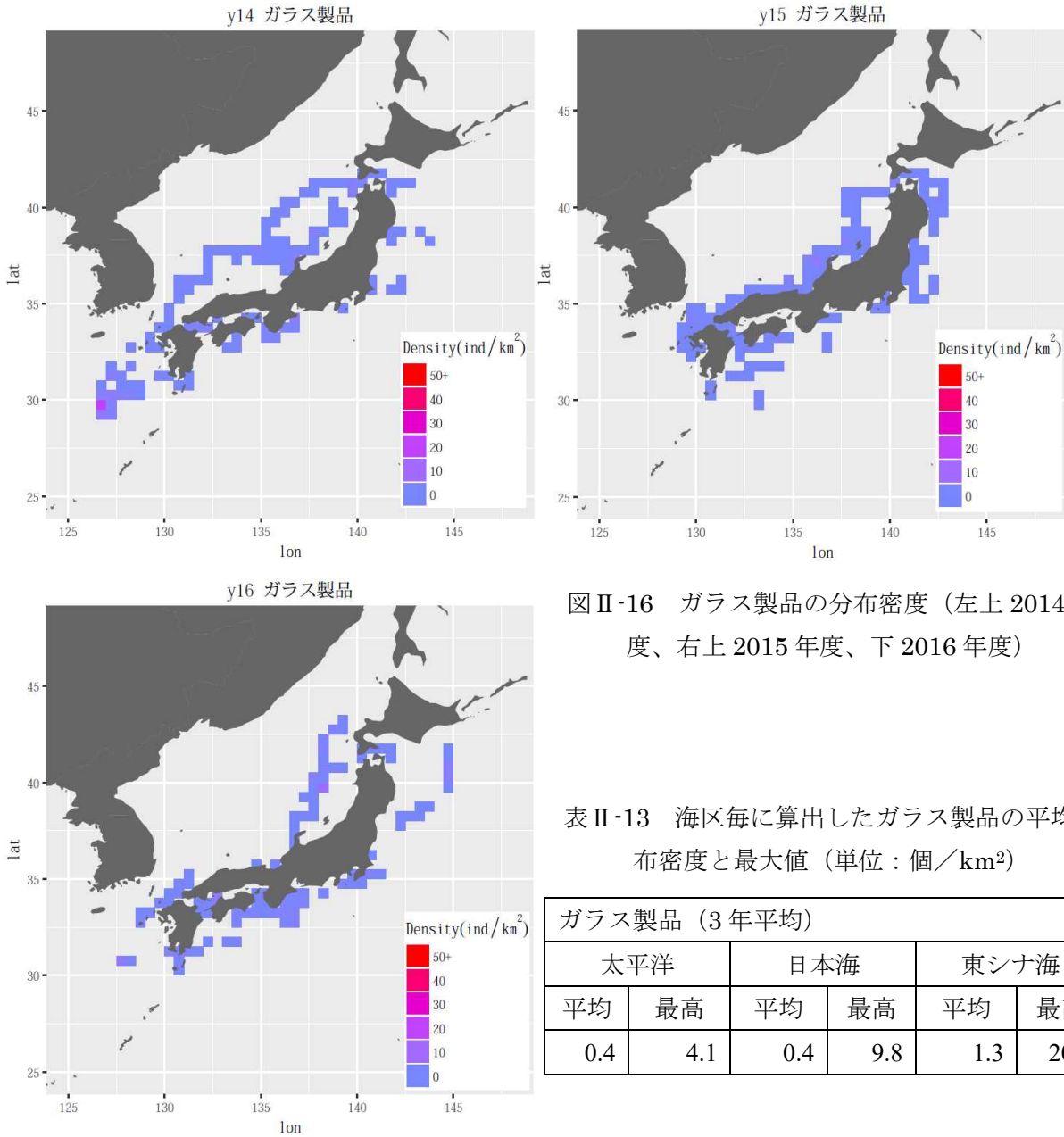
図II-15 ペットボトルの分布密度 (左上 2014年度、右上 2015年度、下 2016年度)

表II-12 海区毎に算出したペットボトルの平均分布密度と最大値 (単位：個/km²)

ペットボトル (3年平均)					
太平洋		日本海		東シナ海	
平均	最高	平均	最高	平均	最高
3.3	56.2	3.0	23.9	13.8	77.4

3-2-6. ガラス製品 (図Ⅱ-16、表Ⅱ-13)

平均の密度は、東シナ海が最も高くなったが、いずれの海域も石油由来の製品と比べると約1個/km²から1個/km²未満と低い分布密度となった。ガラス製品の多くはビン類で、本来は沈むものである。そのため、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くなっている可能性と、元々の絶対量が少ない可能性の両面が考えられる。



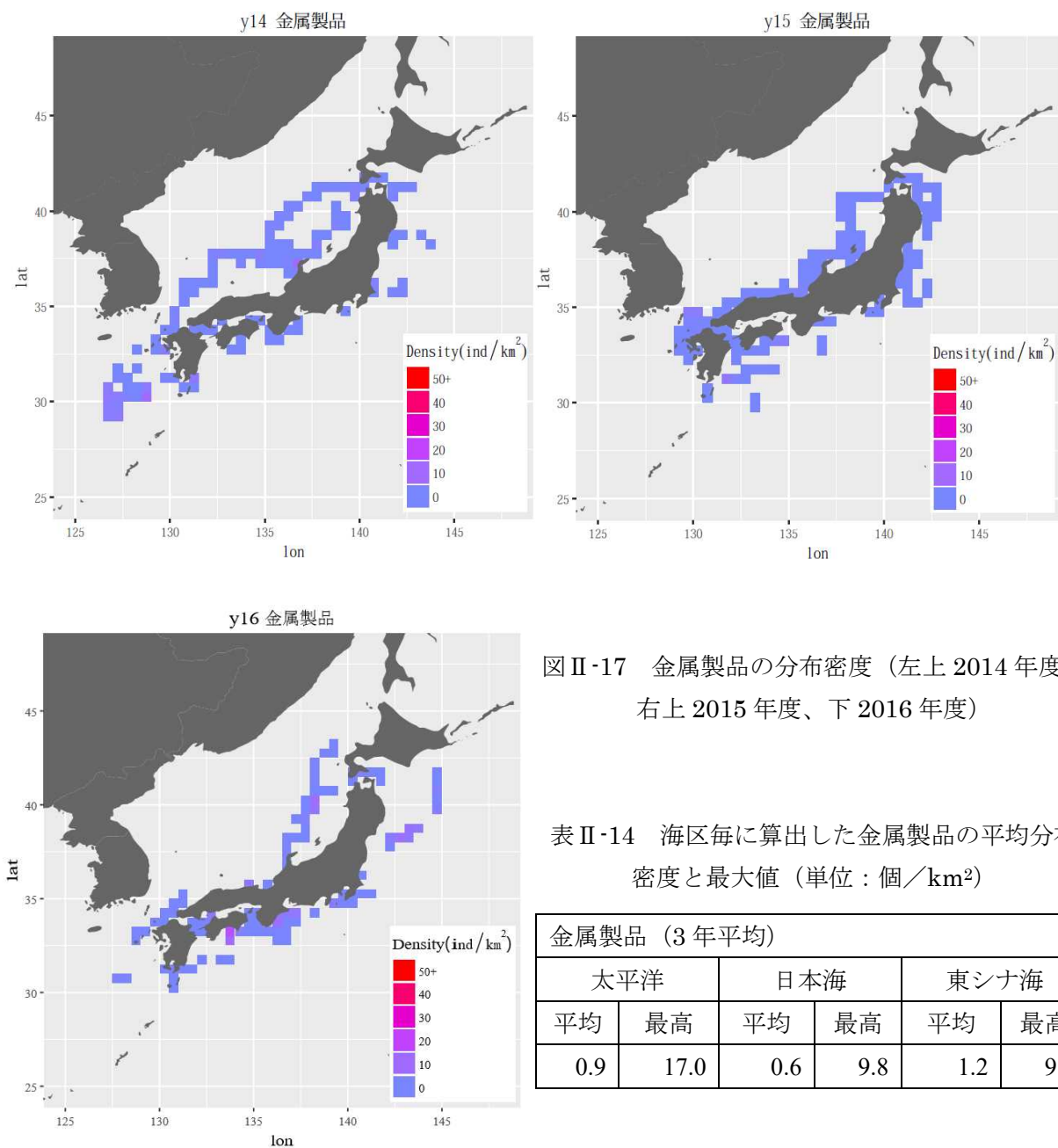
図Ⅱ-16 ガラス製品の分布密度 (左上 2014 年度、右上 2015 年度、下 2016 年度)

表Ⅱ-13 海区毎に算出したガラス製品の平均分布密度と最大値 (単位: 個/km²)

ガラス製品 (3年平均)					
太平洋		日本海		東シナ海	
平均	最高	平均	最高	平均	最高
0.4	4.1	0.4	9.8	1.3	20.8

3-2-7. 金属製品 (図Ⅱ-17、表Ⅱ-14)

金属製品もガラス製品同様、東シナ海が相対的に高い傾向となったが、平均分布密度は全体的に約1.0個/km²程度であった。これらの金属製品は飲料缶や塗料缶などであり、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。



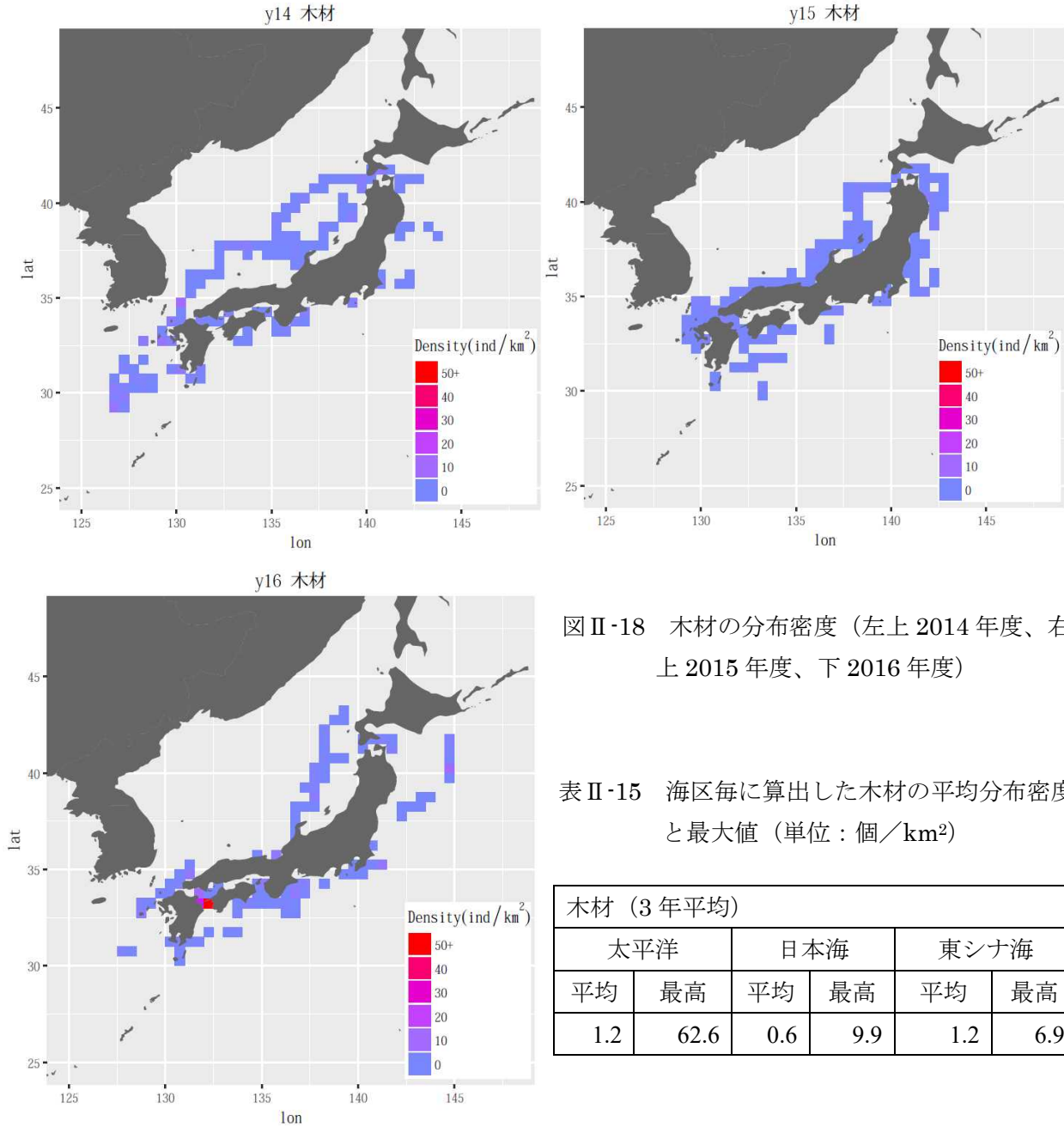
図Ⅱ-17 金属製品の分布密度 (左上 2014 年度、右上 2015 年度、下 2016 年度)

表Ⅱ-14 海区毎に算出した金属製品の平均分布密度と最大値 (単位：個/km²)

金属製品 (3年平均)					
太平洋		日本海		東シナ海	
平均	最高	平均	最高	平均	最高
0.9	17.0	0.6	9.8	1.2	9.5

3-2-8. 木材（人工系）（図Ⅱ-18、表Ⅱ-15）

平均密度は全体的にガラス製品や金属製品と大差はないが、今年度の調査で、豊後水道付近に $62.6/\text{km}^2$ という高密度な区画が記録された。陸域に近いことから、何らかの原因で陸域からまとまった流入があったものと考えられた。



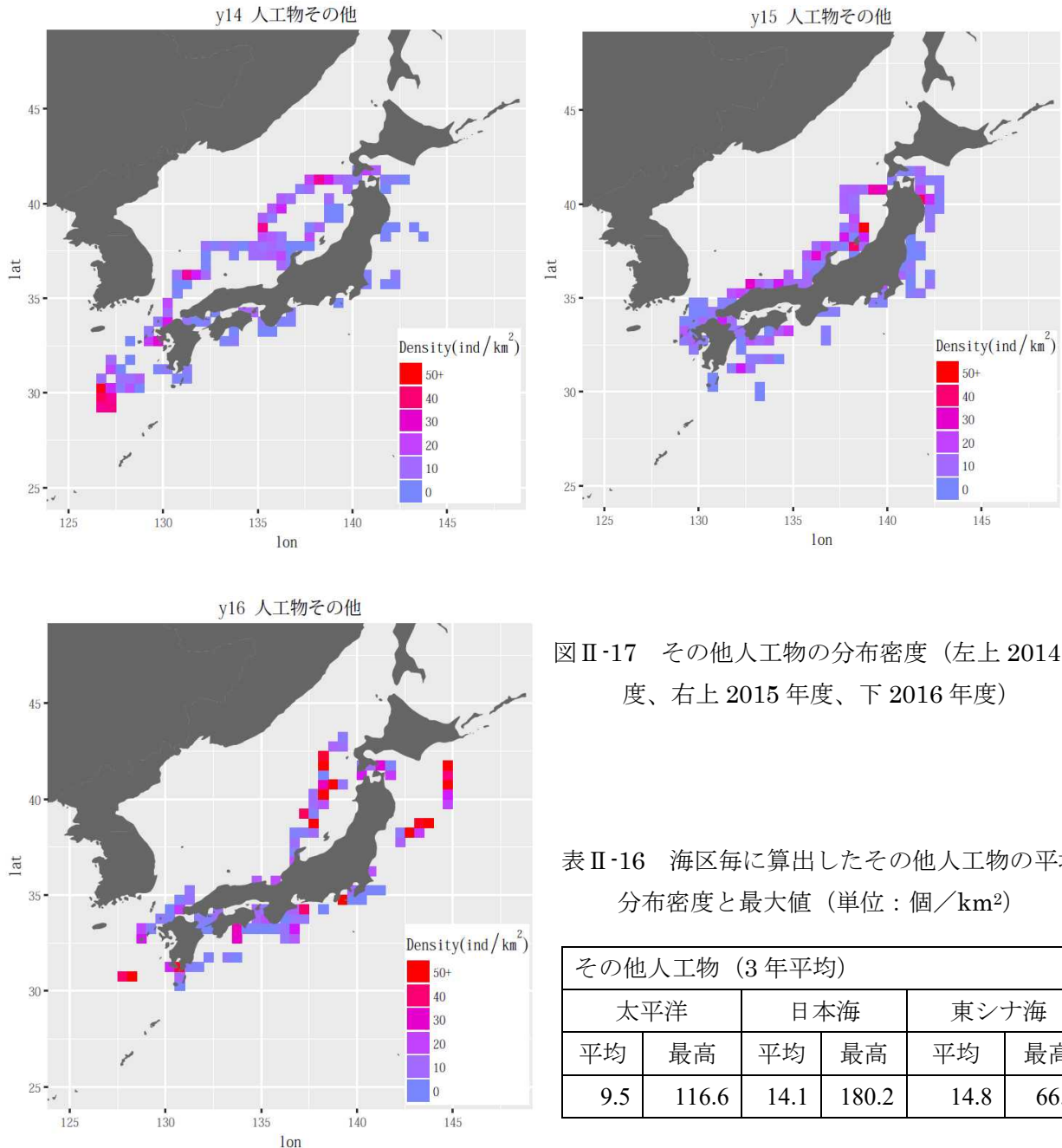
図Ⅱ-18 木材の分布密度（左上 2014 年度、右上 2015 年度、下 2016 年度）

表Ⅱ-15 海区毎に算出した木材の平均分布密度と最大値（単位：個/ km^2 ）

木材（3年平均）					
太平洋		日本海		東シナ海	
平均	最高	平均	最高	平均	最高
1.2	62.6	0.6	9.9	1.2	6.9

3-2-9. その他人工物 (図II-19、表II-16)

高密度な区画は、東シナ海、日本海北部、太平洋北部に見られた。分布の傾向としては、発泡スチロールやその他プラスチック製品に近い。その他の人工物は、帽子やサンダルなどその他プラスチック製品に近いものが多いため、その他プラスチック製品に近い分布になったものと考えられる。



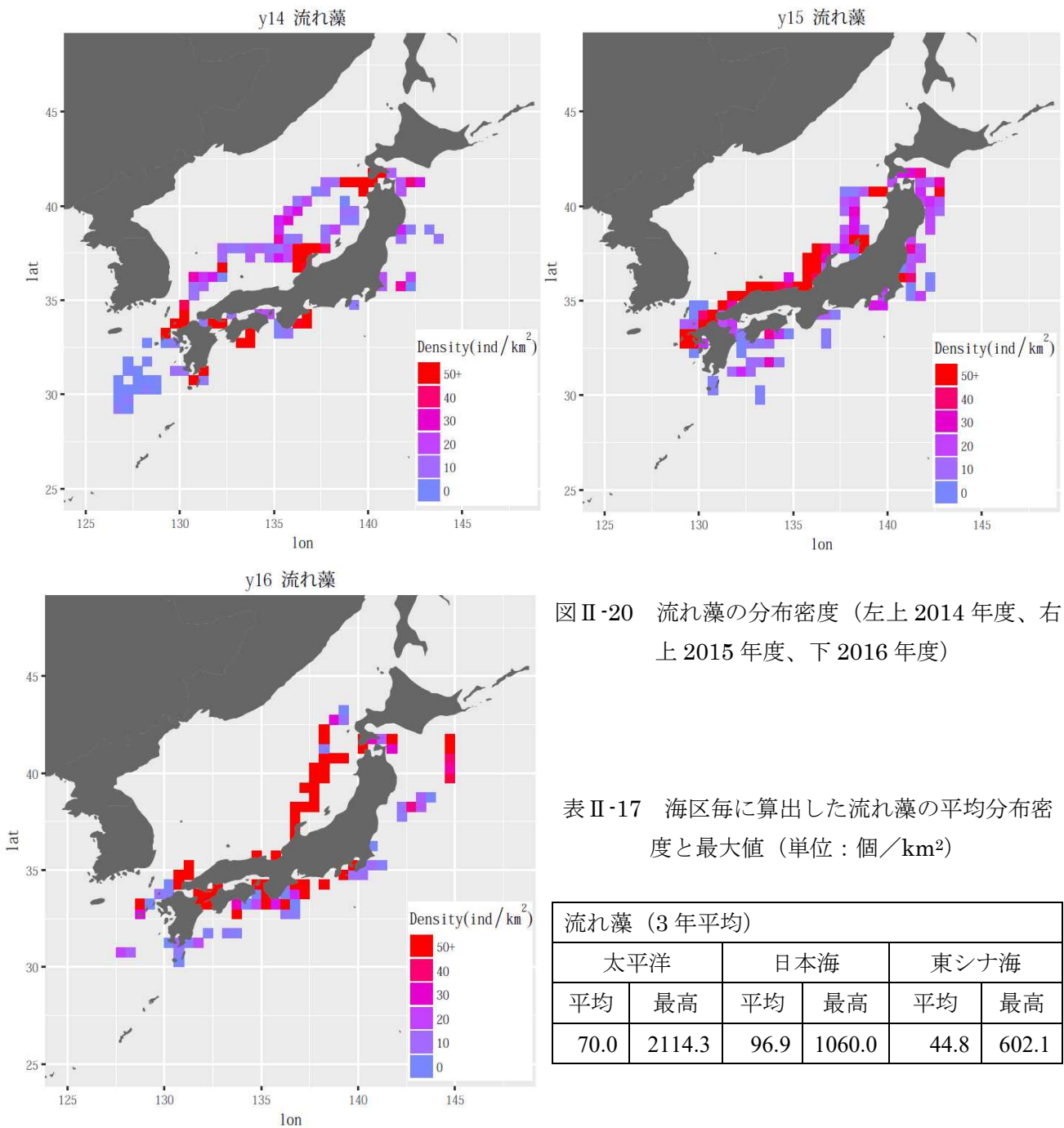
図II-17 その他人工物の分布密度 (左上 2014 年度、右上 2015 年度、下 2016 年度)

表II-16 海区毎に算出したその他人工物の平均分布密度と最大値 (単位: 個/km²)

その他人工物 (3年平均)					
太平洋		日本海		東シナ海	
平均	最高	平均	最高	平均	最高
9.5	116.6	14.1	180.2	14.8	66.2

3-2-10. 流れ藻 (図Ⅱ-20、表Ⅱ-17)

流れ藻の分布は、調査年度によって異なるが、比較的岸に近いところに高密度な区画が見られた。一方で、2016年度調査では、能登半島から津軽海峡の入り口からさらに津軽海峡の東方まで広く高密度な海域が見られた。流れ藻は、岸近くの有光層を起源とすることから、沿岸から流出したものが潮流に乗って沖合まで運ばれているものと考えられる。人工物の平均分布密度と比較すると、東シナ海ではその他プラスチック製品や発泡スチロールの方が流れ藻より高くなっているが、太平洋や日本海では、これらの人工物よりも流れ藻の密度の方が高くなる結果となった。このことから、今回観測された多くの流れ藻は、日本の沿岸が起源となっているものと推測された。



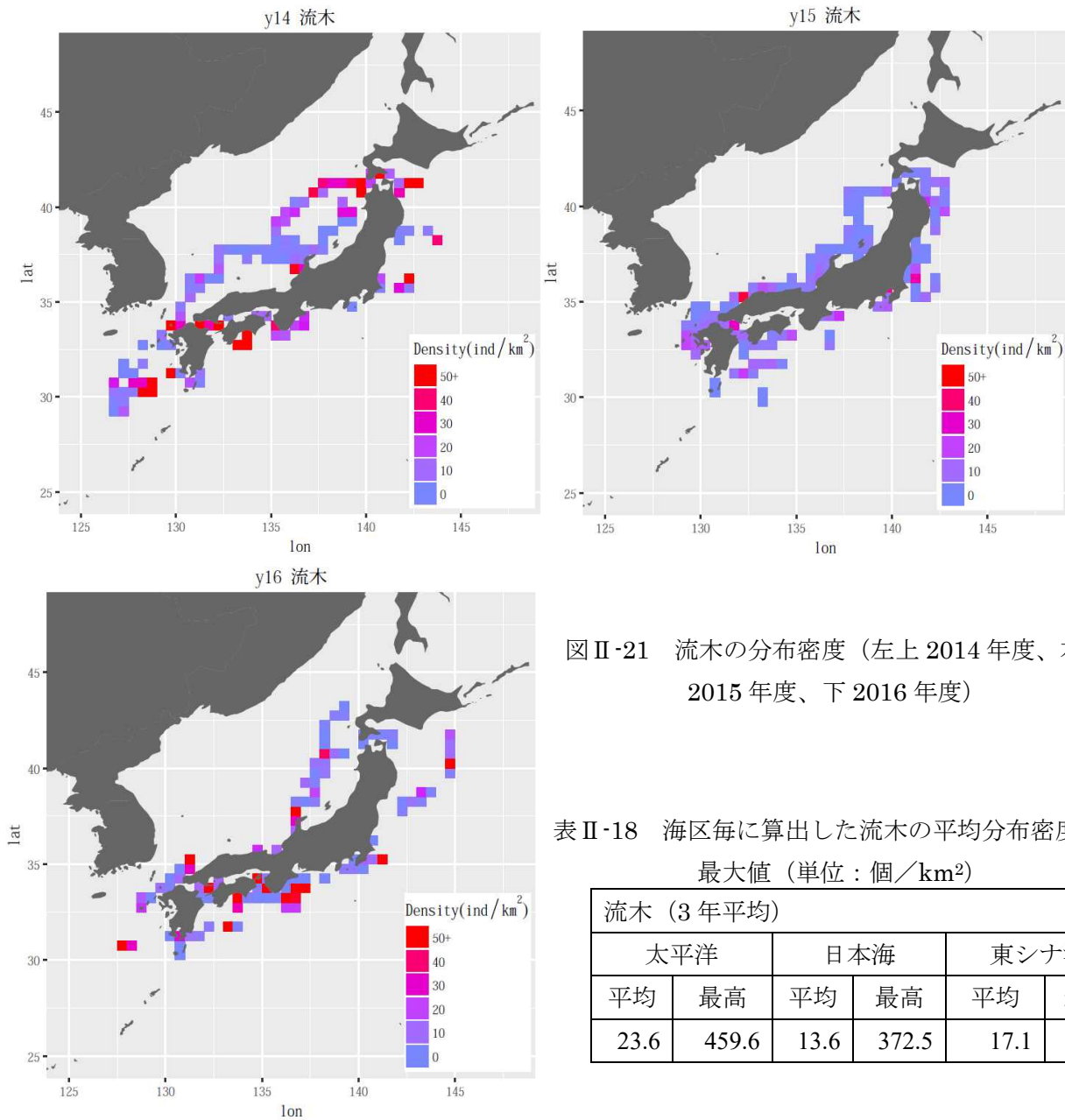
図Ⅱ-20 流れ藻の分布密度 (左上 2014 年度、右上 2015 年度、下 2016 年度)

表Ⅱ-17 海区毎に算出した流れ藻の平均分布密度と最大値 (単位：個/km²)

流れ藻 (3年平均)					
太平洋		日本海		東シナ海	
平均	最高	平均	最高	平均	最高
70.0	2114.3	96.9	1060.0	44.8	602.1

3-2-11. 流木 (図Ⅱ-21、表Ⅱ-18)

同じ自然物でも流れ藻と比較するとその数は、半数以下となった。平均密度は、太平洋が 23.6 個/km²と最も高くなった。太平洋側で密度の高かった場所は、紀伊半島周辺や四国沖など比較的の山林が多い地域の沖合であったことから、観測された流木は、これらの陸域から海洋中に流出したものと考えられた。



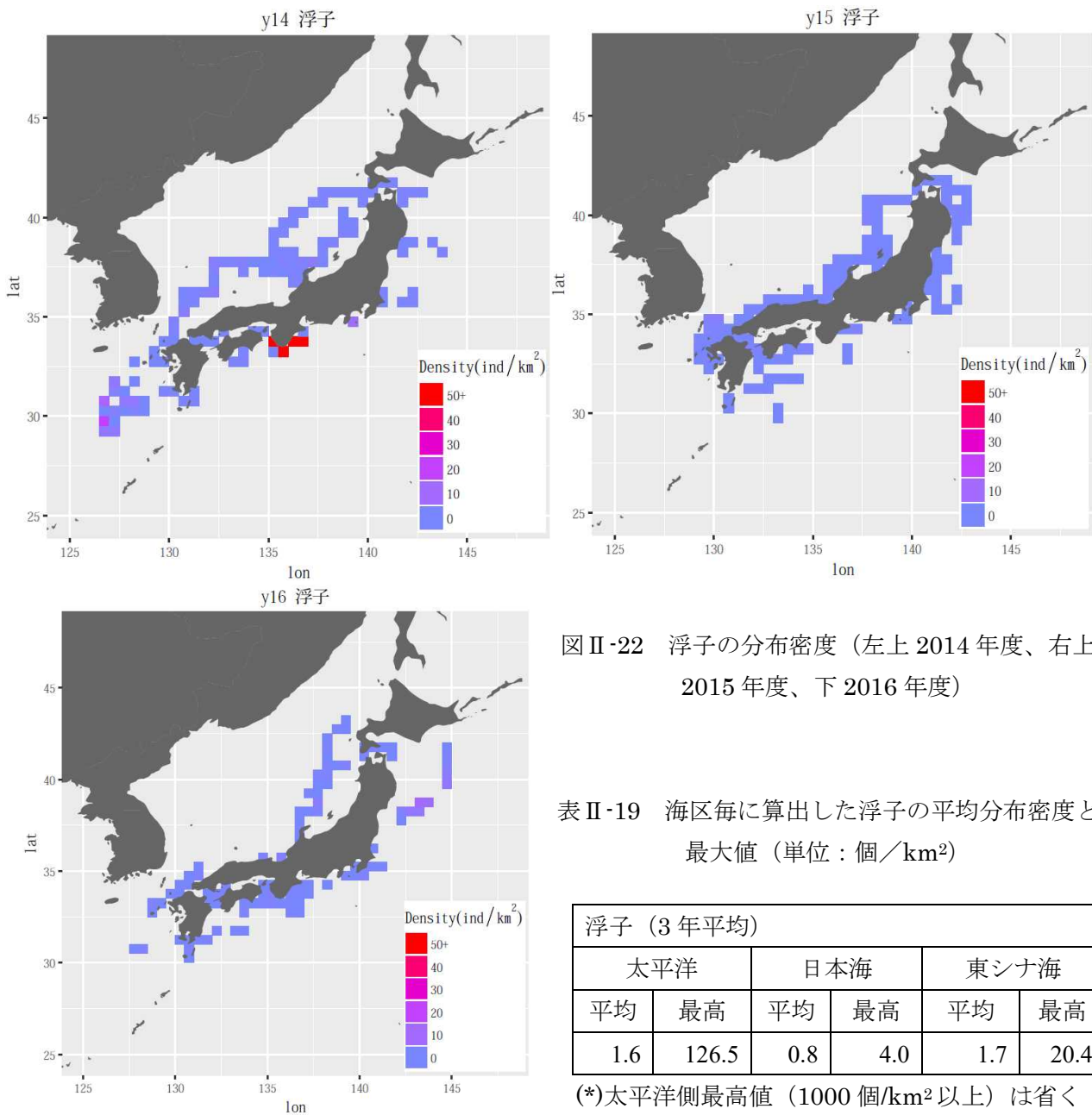
図Ⅱ-21 流木の分布密度 (左上 2014 年度、右上 2015 年度、下 2016 年度)

表Ⅱ-18 海区毎に算出した流木の平均分布密度と最大値 (単位: 個/km²)

流木 (3年平均)					
太平洋		日本海		東シナ海	
平均	最高	平均	最高	平均	最高
23.6	459.6	13.6	372.5	17.1	109.6

3-2-12. 浮子（図Ⅱ-22、表Ⅱ-19）

海域別の平均密度は、2個以下と少なかった一方で、最高密度は太平洋側の紀伊半島周辺で126.5個と高い値を記録した。東シナ海でも20.4個/km²という比較的高い値を記録していた。東シナ海では多数の漁船が観測されたことから、これらの漁船が、また位置関係から黒潮上流域の国々が、これらの漂流浮子の発生源となっている可能性が考えられた。一方で、東北沖でも2016年度にはやや高い密度が記録された。これらが黒潮によって運ばれている可能性と日本の沿岸が起源となっている可能性の両面が考えられた。今後は、これらを洋上で回収してその起源を検証する必要もある。2014年度の分布密度を見ると、紀伊半島の周辺に特異的に高密度海域が存在するが、これは、実際に操業に使用している漁具を漂流物と誤認識した可能性が考えられる。そのため、海域の平均値を算出する際には、1000個/km²以上の値は省いていた。



図Ⅱ-22 浮子の分布密度（左上2014年度、右上2015年度、下2016年度）

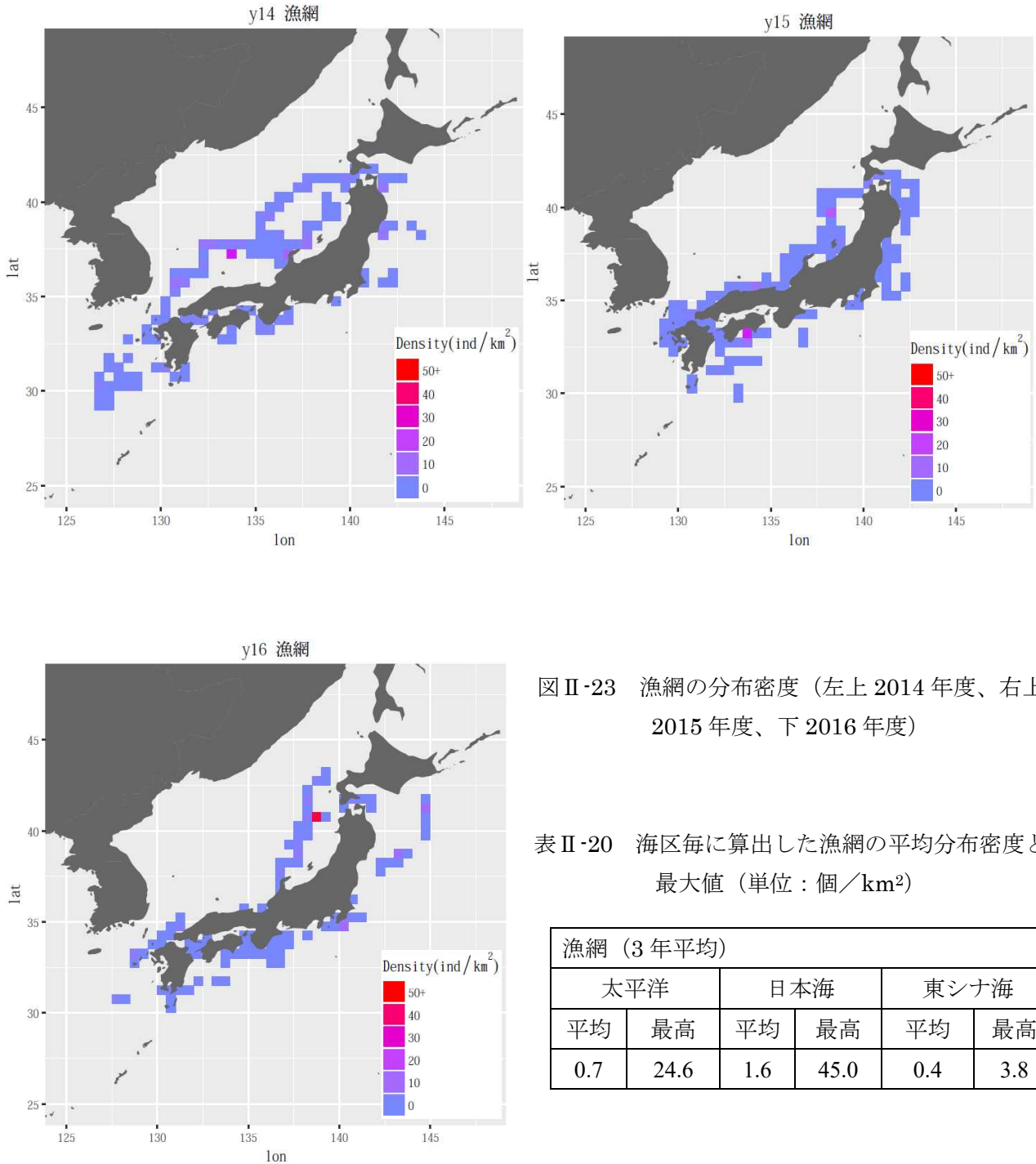
表Ⅱ-19 海区毎に算出した浮子の平均分布密度と最大値（単位：個/km²）

浮子（3年平均）					
太平洋		日本海		東シナ海	
平均	最高	平均	最高	平均	最高
1.6	126.5	0.8	4.0	1.7	20.4

(*)太平洋側最高値（1000個/km²以上）は省く

3-2-13. 漁網（図Ⅱ-23、表Ⅱ-20）

浮子と同様に全体的に分布密度は低い。3年間の海域別の平均分布密度を比較すると、日本海が他の海域より高くなっている。特に、日本海津軽海峡の西方に45個/km²という高い区画が見られた。同じ漁具類でも浮子とは異なる傾向となった。一方で、全体の量が少ないことを考えると、一部の高密度な区画が海域間の特性の代表になっている可能性があるため、今後もデータを蓄積し解析を進めるとともに発生源の推定を進めたい。



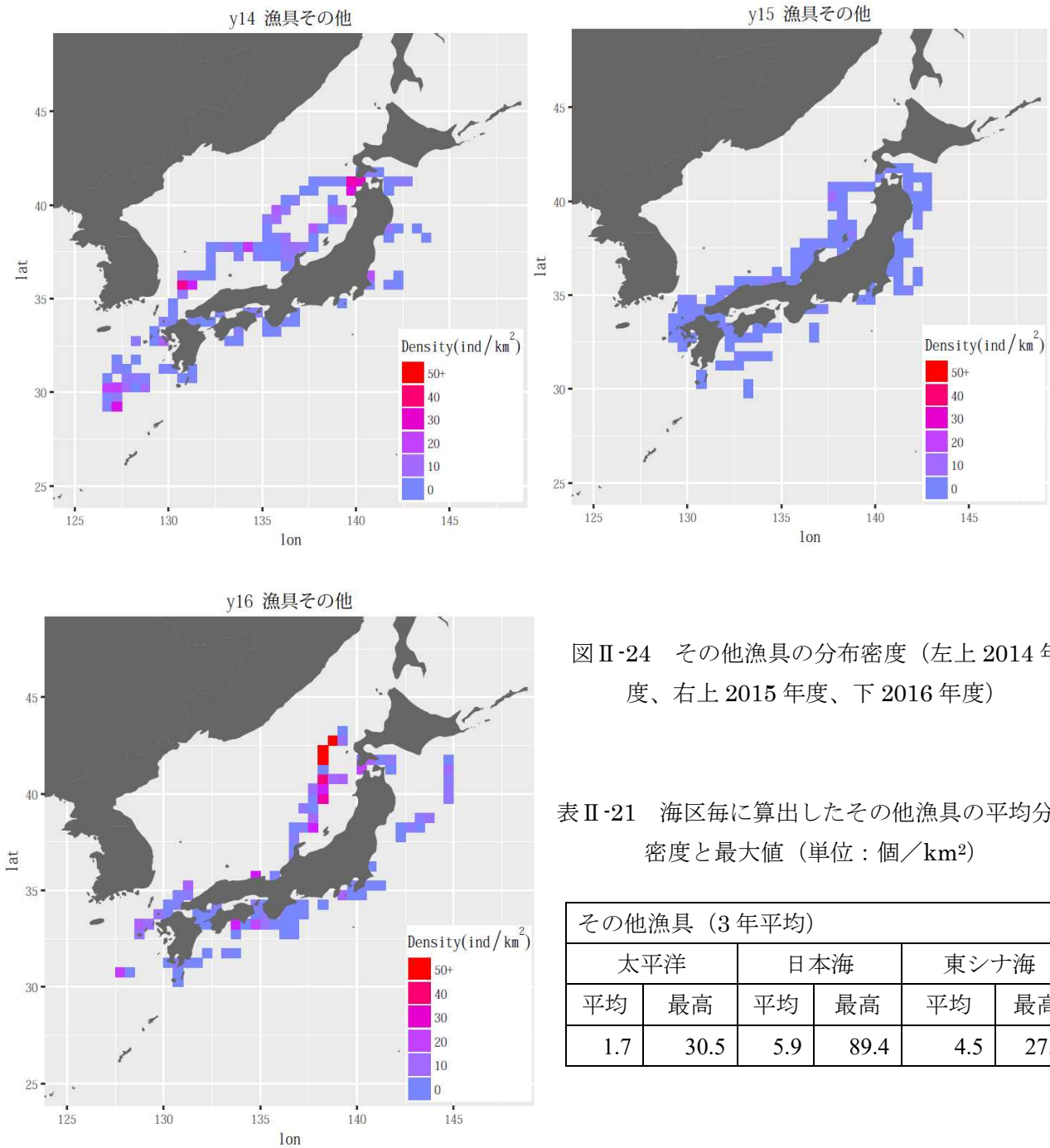
図Ⅱ-23 漁網の分布密度（左上 2014 年度、右上 2015 年度、下 2016 年度）

表Ⅱ-20 海区毎に算出した漁網の平均分布密度と最大値（単位：個/km²）

漁網（3年平均）					
太平洋		日本海		東シナ海	
平均	最高	平均	最高	平均	最高
0.7	24.6	1.6	45.0	0.4	3.8

3-2-14. その他漁具 (図Ⅱ-24、表Ⅱ-21)

その他漁具は、主にロープ類や漁業資材になる。分布の傾向は、漁網と似た傾向を示した。



図Ⅱ-24 その他漁具の分布密度 (左上 2014 年度、右上 2015 年度、下 2016 年度)

表Ⅱ-21 海区毎に算出したその他漁具の平均分布密度と最大値 (単位: 個/km²)

その他漁具 (3年平均)					
太平洋		日本海		東シナ海	
平均	最高	平均	最高	平均	最高
1.7	30.5	5.9	89.4	4.5	27.0

3-3. 相模湾調査の結果

これまで沖合域の調査の時期が夏季に偏っていたことから、本年度は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。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、月別の観測距離 1km 当たりの漂流物の発見個数を求め（表 II-6）、3-3-1 以降はすべての月を合算して、種別の分布密度を算出し相模湾における漂流物の特徴を検討した。調査の実施状況と観測距離 1km 当たりの漂流物の発見個数は表 II-22 のとおりである。

観測距離 1km 当たりの発見個数は、9 月の 29.3 個が最大で、1 月の 0.7 個が最小となった。相模湾では、夏季に南より、冬季に北よりの風が卓越する。本年度調査の結果のみでは明らかなことは言えないが、北よりの風が卓越する冬季の漂流物は沖合に押し出され、南よりの風が卓越する夏季の漂流物は湾内に留まりやすくなっていた可能性が考えられる。また、III 章のマイクロプラスチックの調査結果でも、9 月の調査が最も密度が高くなったことから、目視で観測された漂流ごみの集積機構は、マイクロプラスチックのそれと同じ可能性がある。次年度以降も引き続き同様の調査を継続していく必要があると考える。

表 II-22 調査実施月と各月における調査距離 1km 当たりの漂流物発見個数

月	4	6	9	10	11	12	1	2
発見個数	1.6	9.5	29.3	6.6	2.6	4.9	0.7	5.5

発見個数：1km 当たりの漂流物の発見個数

3-3-1. その他プラスチック製品・発泡スチロール・食品包装材料（図 II-25）

種別の分布密度を調査レグごとに見ていく。種別の最高（平均）密度は、その他プラスチック製品が 626（57）個/km²、発泡スチロールが 200（17）個/km²、食品包装 1,262（40）個/km²となった。密度の高い観測点は、湾の西方に見られた。

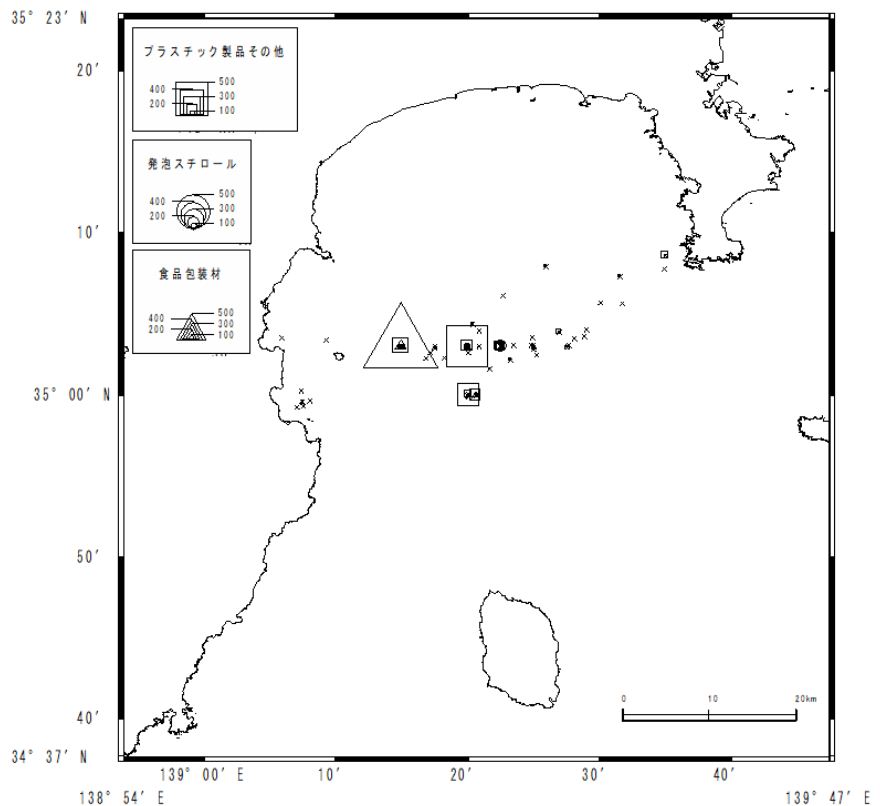
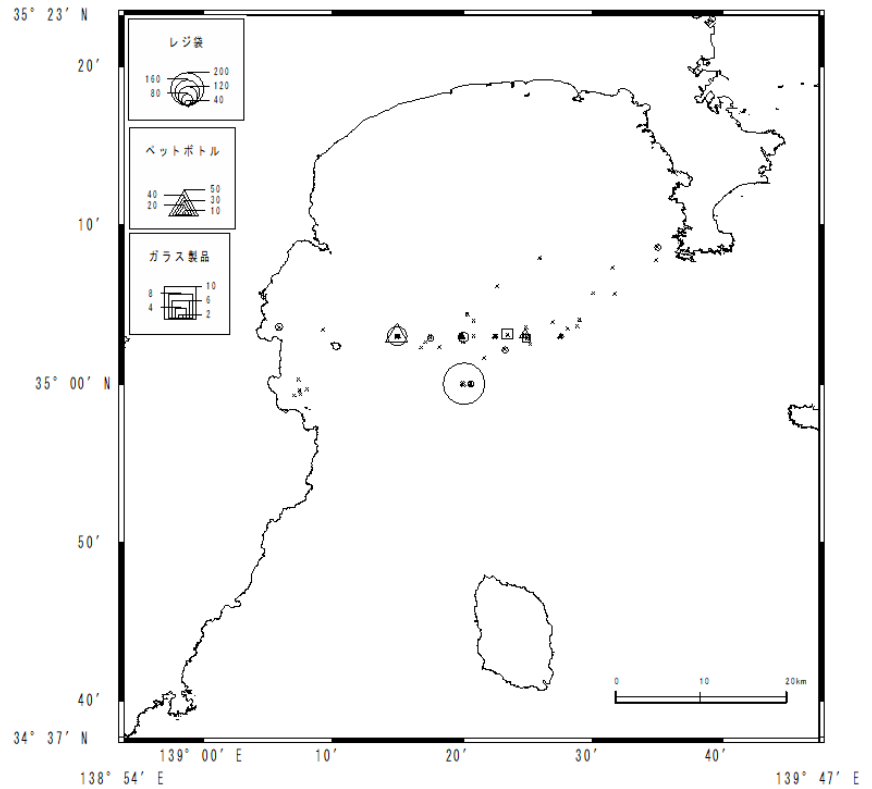


図 II-25 その他プラスチック製品・発泡スチロール・食品包装材料の最高密度の分布図

3-3-2. レジ袋・ペットボトル・ガラス製品 (図Ⅱ-26)

種別の分布密度を調査レグごとに見ていく。種別の最高(平均)密度は、レジ袋が253

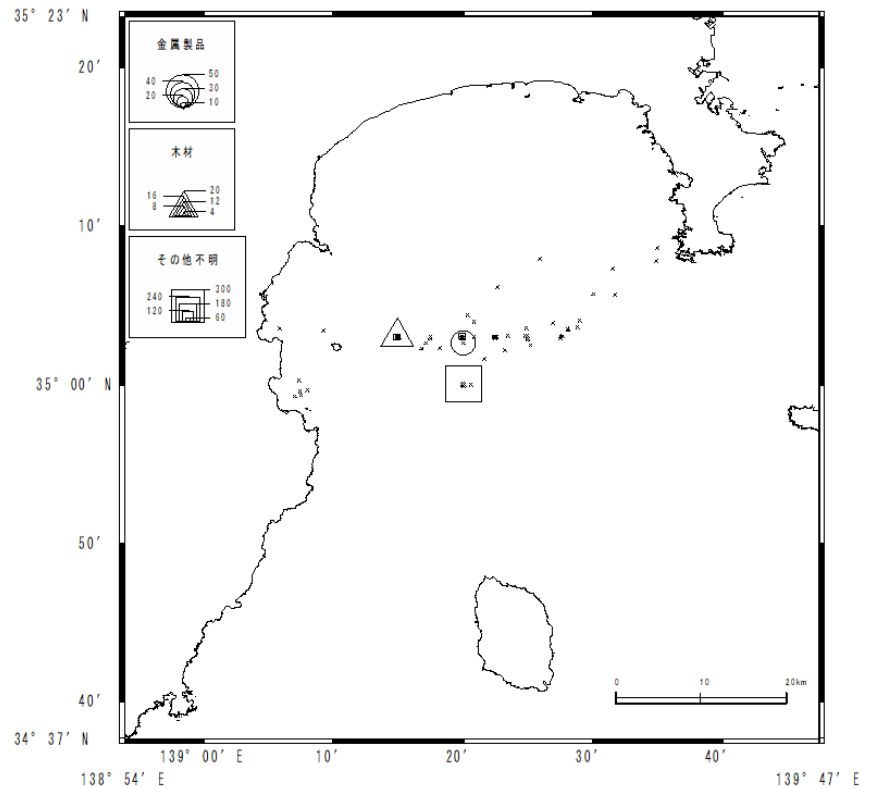
(13) 個/km²、ペットボトルが40 (2) 個/km²、ガラス製品が4 (<1) 個/km²となった。レジ袋の最高値は、沖合の最高値よりも8倍程度高かった。ペットボトルは太平洋、東シナ海の高密度区画よりも低くなった。



図Ⅱ-26 レジ袋・ペットボトル・ガラス製品の最高密度の分布図

3-3-3. 金属製品・木材・その他不明 (図Ⅱ-27)

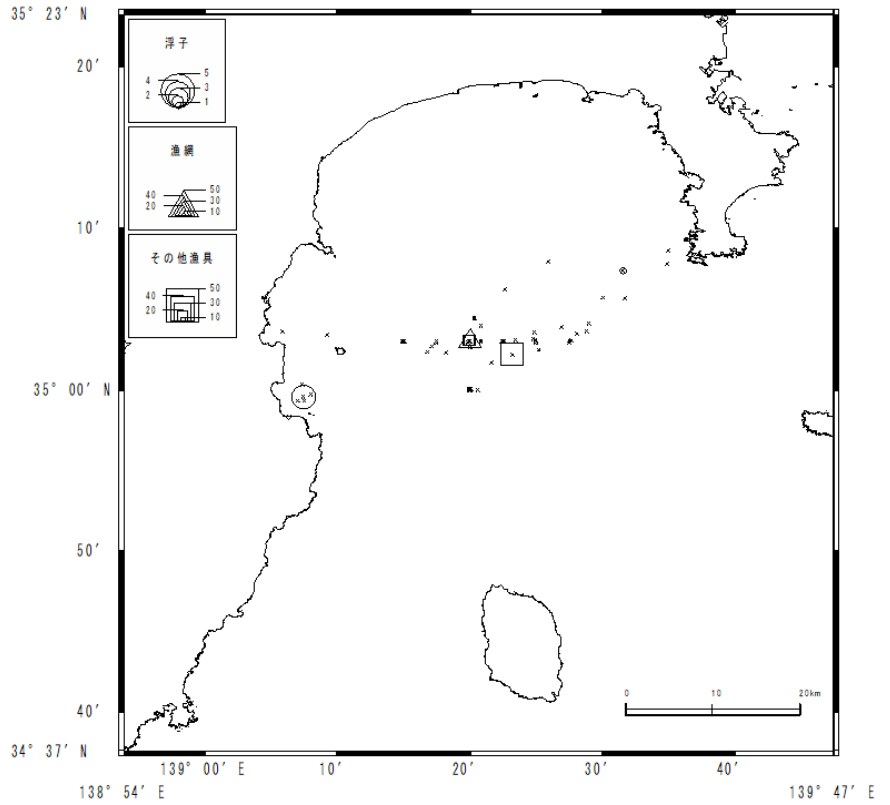
種別の分布密度を調査レグごとに見ていく。種別の最高(平均)密度は、金属が38 (<1) 個/km²、木材が22 (<1) 個/km²、その他不明が341 (15) 個/km²となった。その他プラスチック製品や食品包装材と同様に、これらの高密度が記録されたレグは、湾の中央から西側に見られた。



図Ⅱ-27 金属製品・木材・その他不明の最高密度の分布図

3-3-4. 浮子・漁網・その他漁具 (図II-28)

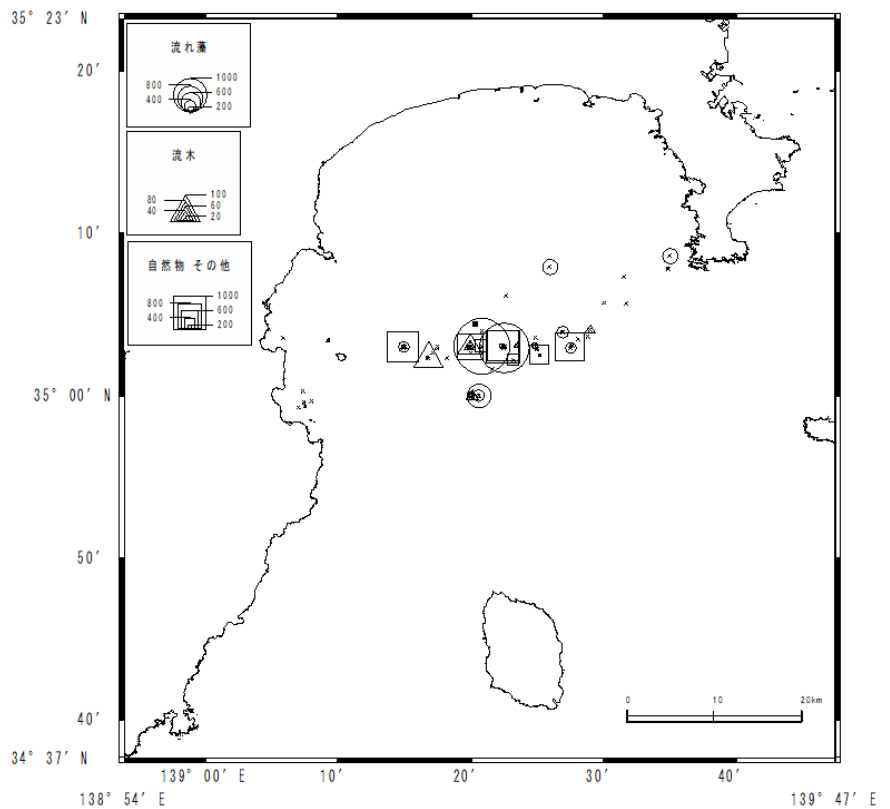
種別の分布密度を調査レグごとに見ていく。種別の最高(平均)密度は、浮子が4(<1)個/km²、漁網が39個(<1)個/km²、その他漁具が34(1)個/km²となった。



図II-28 浮子・漁網・その他漁具の最高密度の分布図

3-3-5. 流れ藻・流木・自然物その他 (図II-29)

種別の分布密度を調査レグごとに見ていく。種別の最高(平均)密度は、流れ藻が1647(122)個/km²、流木が104(8)個/km²、その他自然物が1,020(131)個/km²となった。これらは比較的湾の中央に広く分布し、岸近くでの分布は少なくなる傾向となった。



図II-29 流れ藻・流木・自然物その他の最高密度の分布図

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。発泡スチロールは、東シナ海に多く、次いで日本海、太平洋という順に平均密度が下がる西高東低の傾向が見られた。このことから、発生源は九州から日本の西方と考えられた。特に、これらの海域は発泡スチロールを浮きとして使用する養殖漁業が盛んなことから、これらが発生源になっていることが疑われる。発泡スチロールと同じように水面上に露出した状態で漂流するペットボトルは、東シナ海の平均密度が 13.8 個/km²で、太平洋 (3.3 個/km²)、日本海 (3.0 個/km²)、相模湾 (2.1 個/km²) と比較すると 4 から 6 倍ほど高い密度となっている。陸域に近い相模湾よりも東シナ海の方が多いうことは、これらの多くは、東シナ海に接続する黒潮上流域の国からの流入が疑われる。一方で、水面下を漂流する食品包装材やレジ袋はこれらと異なり、東シナ海での平均密度が最も低く、相模湾での平均密度が最も高くなった。これらは、元々浮力が乏しいため、生物の付着などにより浮力を失い沈降しやすいと考えられる。したがって、漂流するうちに浮力を失い沈降するため、沖合域での発見個数よりも陸岸に近い相模湾での密度が高くなったものと考えられる。

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

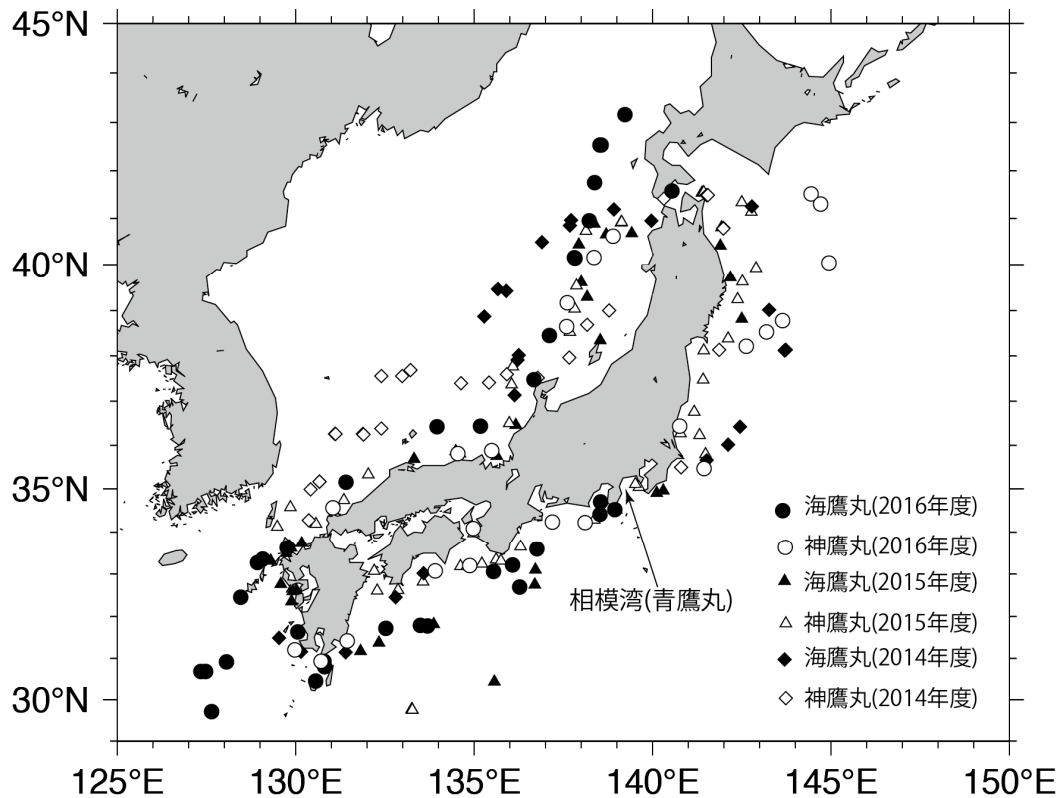
人為的な海ごみの七割を占める廃プラスチックは、その大きさ(δ)よりマクロプラスチック(元の形状を残すもの)、メソプラスチック($\delta > 5\text{mm}$ の微細片)、マイクロプラスチック($5\text{mm} > \delta > \text{数}\mu\text{m}$)、そしてナノプラスチック($\delta < \text{数}\mu\text{m}$)に分類される(Andrady, 2011; Cole et al., 2011)。そのうち、マイクロプラスチックやナノプラスチックには、製造過程で洗顔剤や歯磨き粉等に混入され、使用後に環境流出した一次 microbeads (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(secondary microplastics)である。本調査では、一昨年度・昨年度に引き続いて、東京海洋大の練習船2隻運用体制での日本周回航路で曳網採取を行い、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、本年度は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)の周年変化を調べた。なお、本報告書の調査結果は2017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

一昨年度や昨年度同様に日中で数回の採集を実施した(図Ⅲ-1)。海鷹丸は7月から8月にかけて日本周回航路の35測点で観測を実施した(3月帰港時に11測点のサンプルが送付されたため、この報告書には反映されていない)。神鷹丸は7月から9月にかけて23測点で観測を実施した。すなわち本年度は合計58測点(3月送付のサンプルを追加すれば69測点になる予定)で観測を実施した。調査日時と位置のリストは、本報告書に添付した電子ファイル(list.txt)に記載されている。

以上の沖合調査に加えて、本年度は4、9、10、2月に相模湾(図Ⅲ-1)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

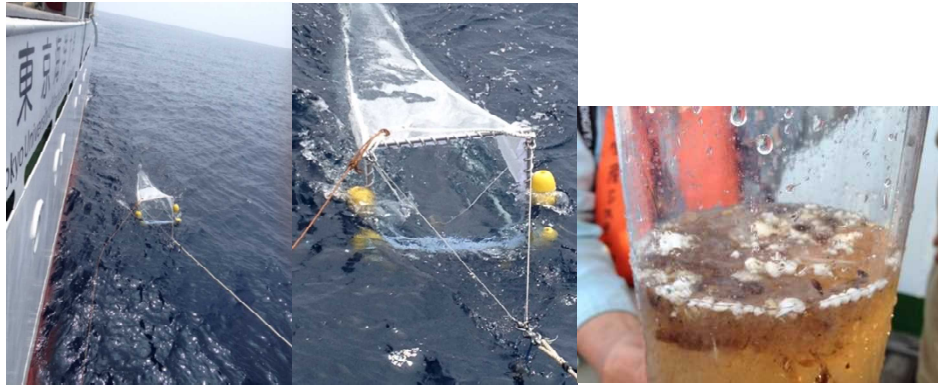
2-2. マイクロプラスチックの採集方法

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 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Ⅲ-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。

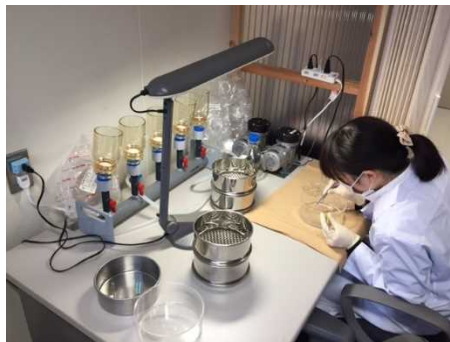


写真Ⅲ-1 ニューストンネットの曳網風景と、ポリエチレン容器に採取した試料

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 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 $0.3 \text{ mm} < \sigma < 30 \text{ mm}$ 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(神鷹丸;2017年7月19日採集)、発泡スチロール片(海鷹丸;同年7月31日採集)、糸片(神鷹丸;同年8月7日採集)枠は5mm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。

Ⅲ- 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(以下、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0.8 mmを下回るあ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。ただし、プラスチック片と違って2 mmを下回るあたりで浮遊密度の増加は止まっている。5 mmを下回る発砲スチロール片や糸くずは、プラスチック片と違って、あまり検出されていない。

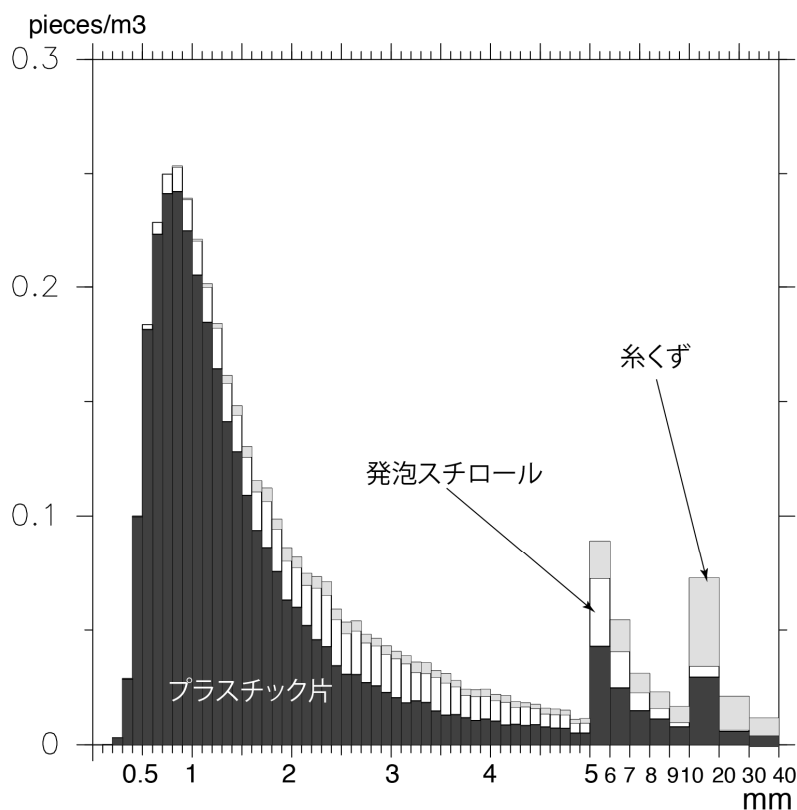
5 mmを下回る大きさを平均した、マイクロプラスチックと発泡スチロール、そして糸くずの浮遊密度を表Ⅲ-1に示す。一昨年度と昨年度の調査結果も合わせ表には示している。マイクロプラスチックの浮遊密度は、2014年度調査を基にしたIsobe et al (2015)の3.7 piece/m³と比較すれば若干少ない。また、発泡スチロールは2014年度調査の1.2 piece/m³と比較すれば、かなり少なくなっている。マイクロプラスチックと発泡スチロール、そして糸くずは、総じて2015年度調査の結果と似た値となった。マイクロプラスチックの浮遊密度について、3年平均値である2.7 piece/m³は、やは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)と比べ一桁大きな数値である。

表Ⅲ-1 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/m³)

*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(list.txt には記録)。

	2014	2015	2016	平均
マイクロプラスチック	3.7 注)	2.4	2.1	2.7
発泡スチロール片	1.2	0.20	0.32	0.57
糸くず	0.13	0.06	0.09	0.09

注) 平成 26 年度報告書では 2.4 個/m³ 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 個/m³ に更新した。



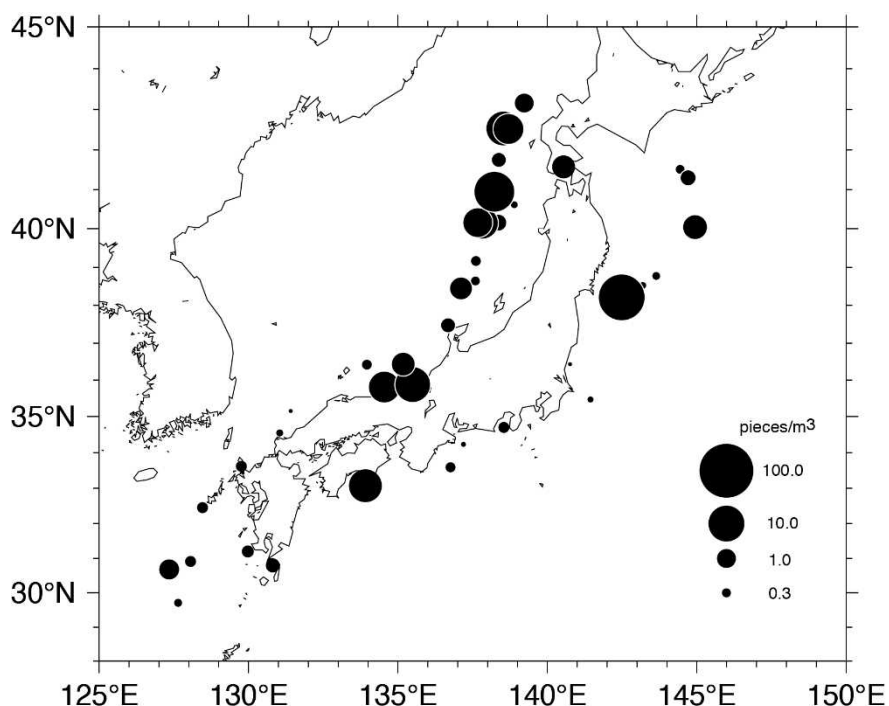
図Ⅲ-2 単位海水体積中のサイズ別個数分布。黒いバーがプラスチック片(大半がポリエチレンとポリプロピレン)で、それ以外は図中の矢印で示した通り。

3-2. 2016 年度の空間分布

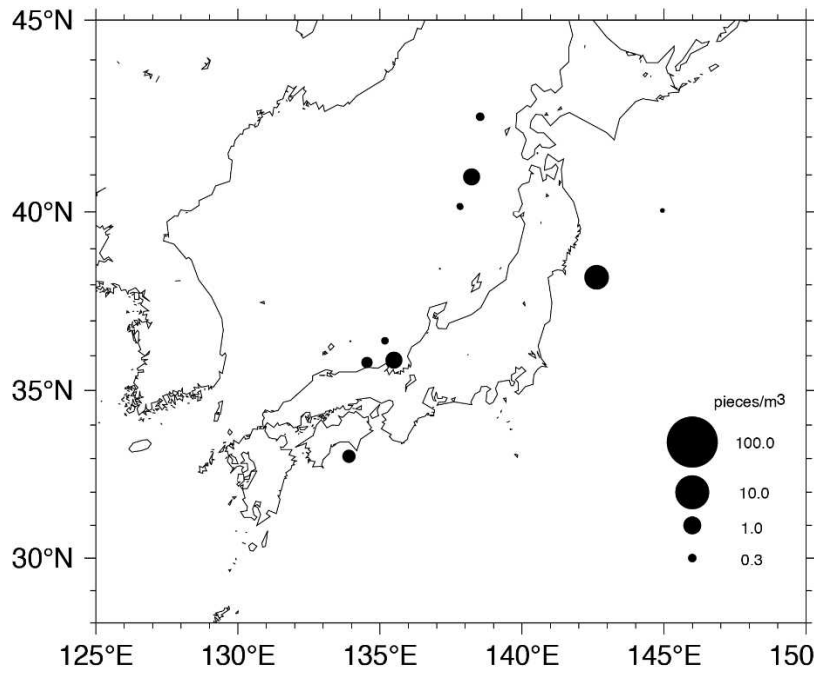
プラスチック片と発泡スチロール片、糸くずについて、浮遊密度分布を描いた。ただし、プラスチック片は 5 mm を境にメソとマイクロに分けるが、もとより浮遊密度の少ない発泡スチロールと糸くずは、0.3 mm から 30 mm までの全てを合算して浮遊密度を見る。全ての値は、付録 2 に記載されている。

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

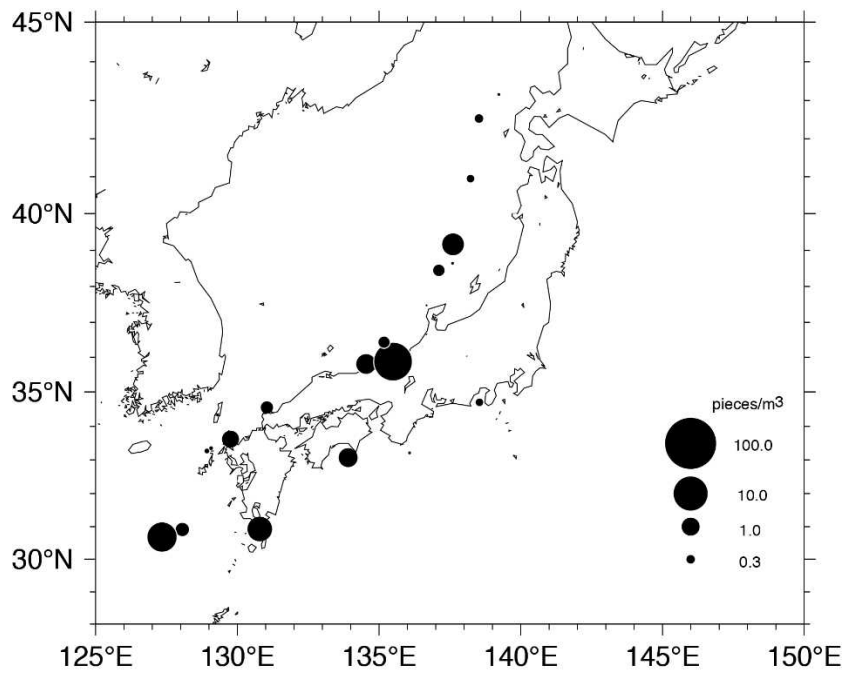
分布ではなく、海域によって密度に大きな差異が生じている。昨年度と同様に日本海北部で高い密度を示す傾向にある。また四国沖や三陸沖でも高くなるが、総じて日本海よりも太平洋側の密度が低い。2014年度のマイクロプラスチック浮遊密度が、それ以降の2年間よりも少なかった理由の一つは、同年度の測点が日本海側に多く配置されていたためかもしれない。メソプラスチックは低い値であるが、やはり昨年度と同様に日本海の南部で高めとなっていて、分布パターンはマイクロプラスチックのそれと類似したものとなった。発泡スチロール片(図III-5)は、明らかに太平洋よりも日本海で高めの数値となった。この傾向は糸くず(図III-6)でも同様である。発泡スチロールの浮遊密度が昨年度調査よりも少なくなった原因は、太平洋側に調査点を増やしたことによるものと考えられる。



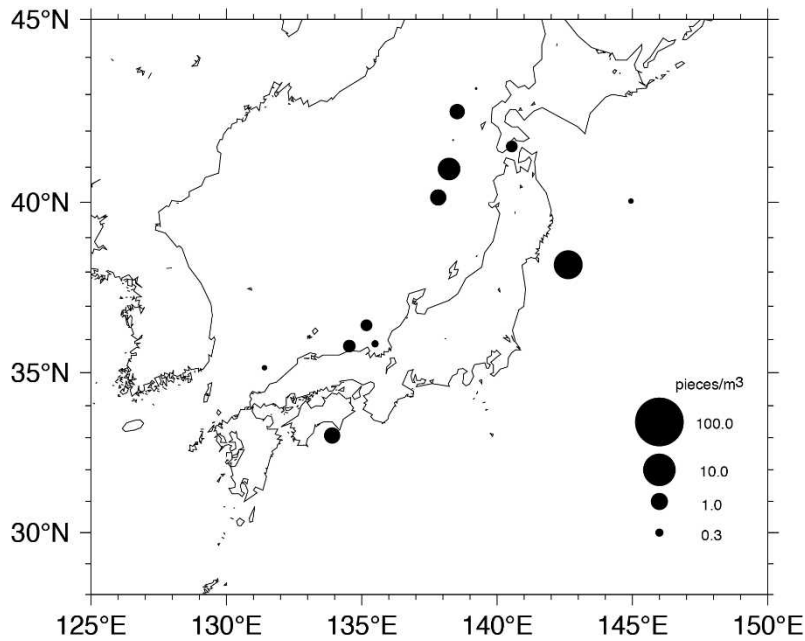
図III-3 2016年度調査で採集されたマイクロプラスチック浮遊密度の空間分布。
スケールは図中右下に示す。浮遊密度は円の直径に比例している。



図Ⅲ-4 2016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。

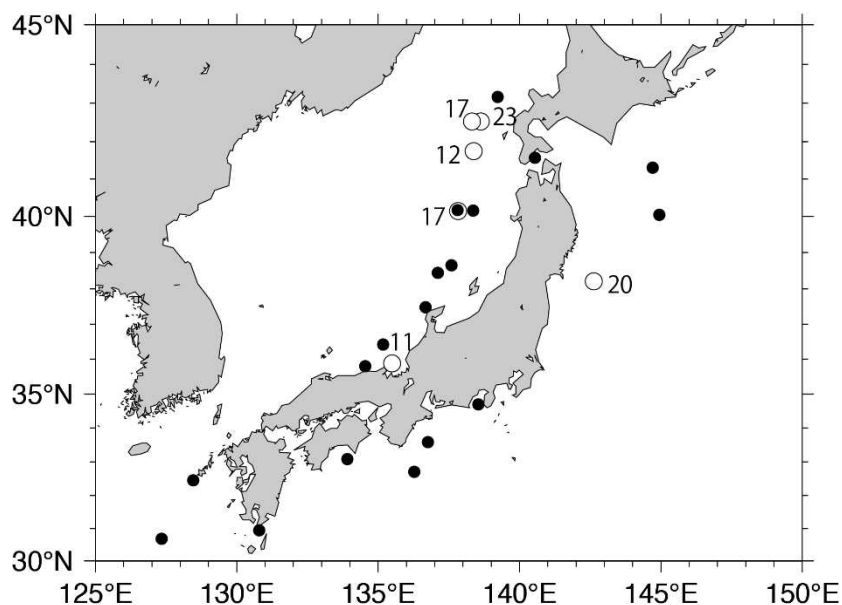


図Ⅲ-5 2016年度調査で採集された発泡スチロール片(<5 mm)浮遊密度の空間分布。
スケールは図中右下に示す。浮遊密度は円の直径に比例している。



図Ⅲ-6 2016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。

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。昨年度調査と同様に、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。昨年度調査よりも総じて検出数は多かった。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)、輸送過程はマイクロプラスチックと同様であることがわかる。

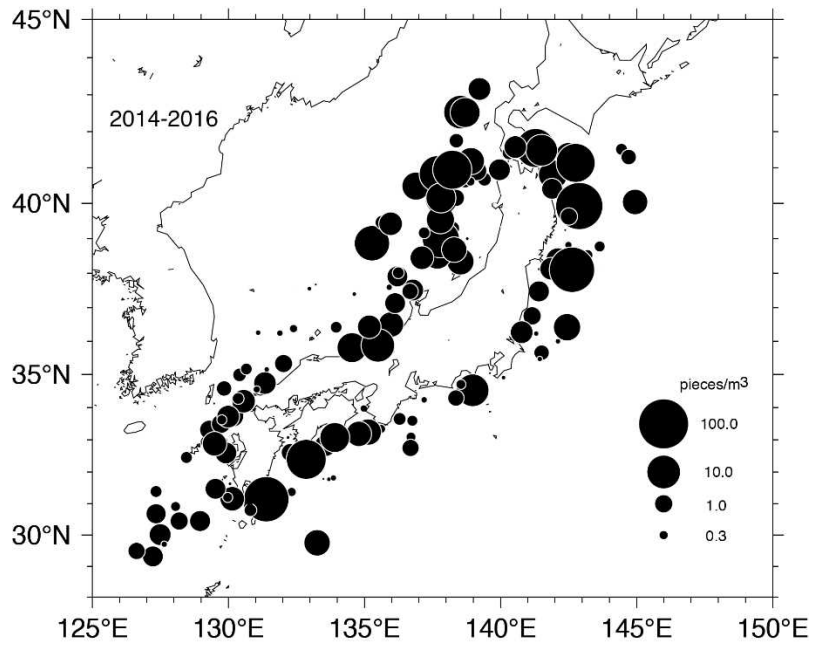


図Ⅲ-7 マイクロビーズの検出場所。白丸は特に検出数の多かった場所で数値は発見個数。
黒丸は発見数が10個以下。

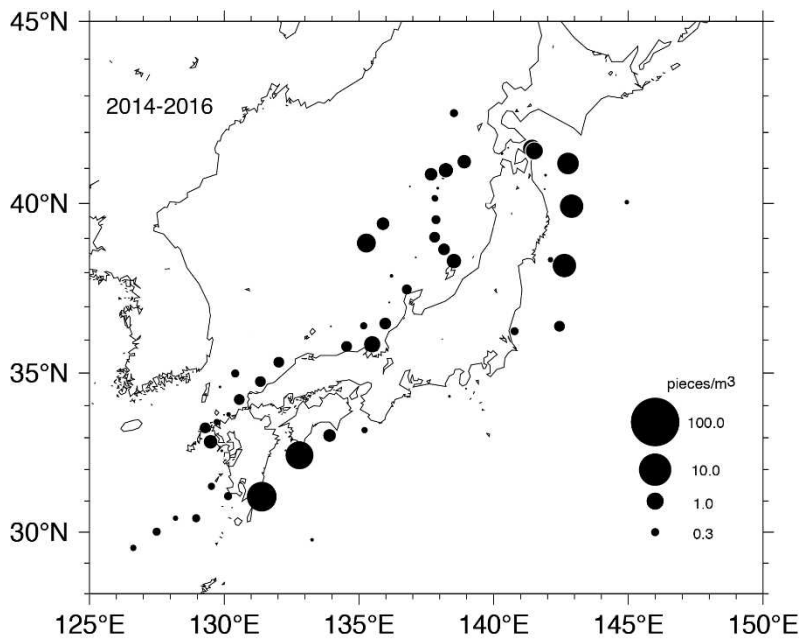
3-3. 2014-2016年度の空間分布

本節では、これまでの3年間で得られたマイクロプラスチック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。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。

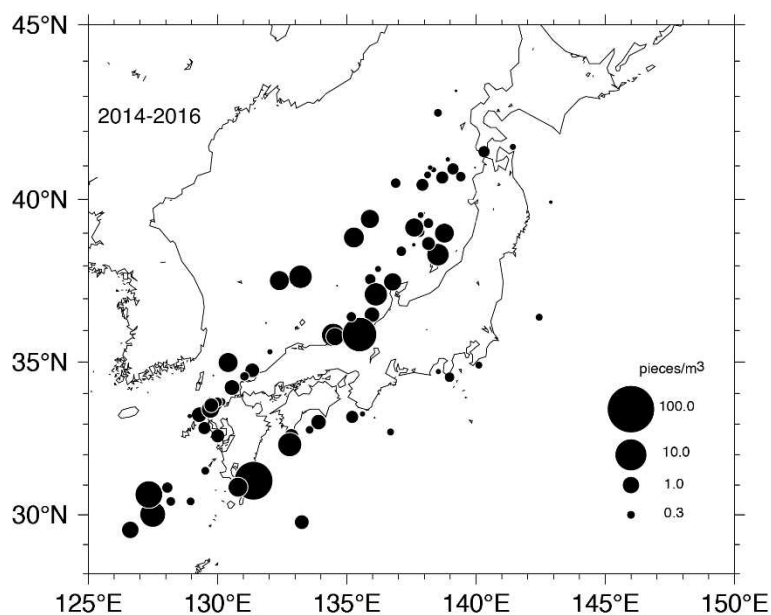
特筆すべきは、発泡スチロール片の特異な分布である(図Ⅲ-10)。ほぼ日本列島を覆うプラスチック片と異なって、発泡スチロール片は、九州南部の一測点を除けば日本海以外にはほとんど検出されていない。日本海に流入する対馬暖流の流域、あるいは日本海で集中的に使用される発泡スチロール製品が、この細片の発生源であることは明白である。今後は浮遊漂流物の目視観測結果と合わせ、発生源の特定を行うことが望ましい。糸くずの分布は、マイクロプラスチックの分布と類似したものとなった(図Ⅲ-11)。



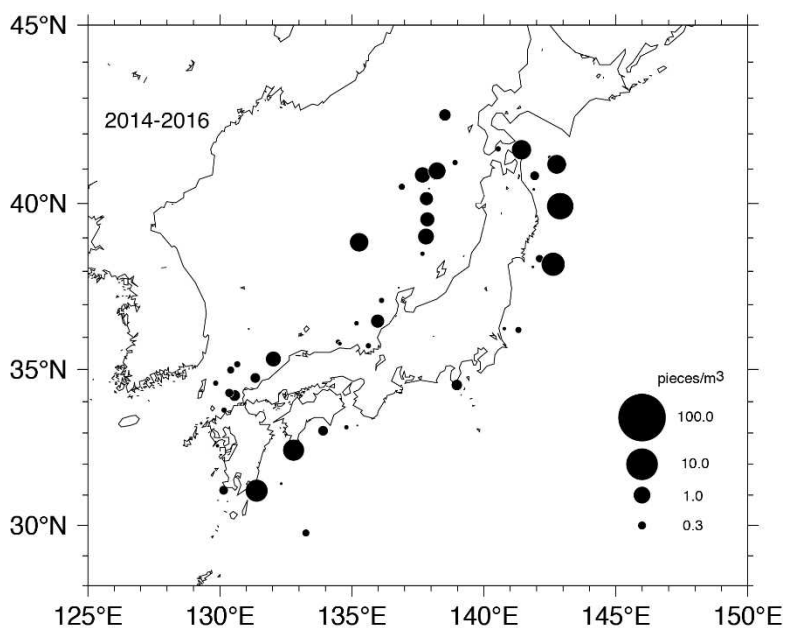
図Ⅲ-8 2014-2016年度調査で採集されたマイクロプラスチック浮遊密度の空間分布。
 スケールは図中右下に示す。浮遊密度は円の直径に比例している。



図Ⅲ-9 2014-2016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 2014-2016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。



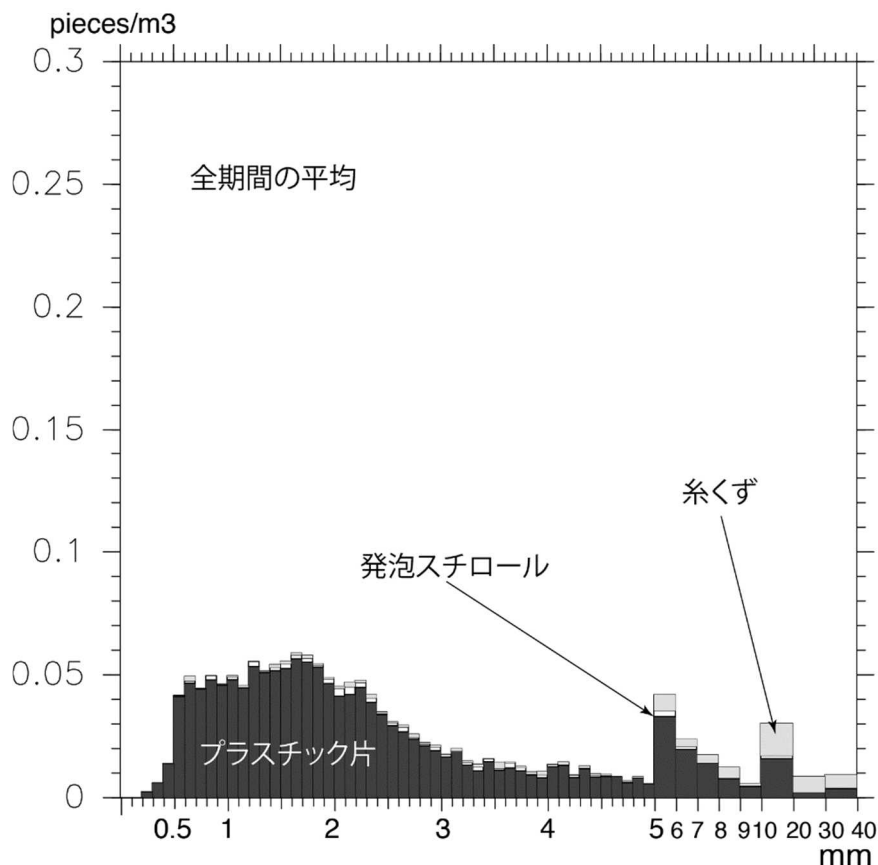
図Ⅲ-11 2014-2016年度調査で採集された糸くず(<5 mm)浮遊密度の空間分布。
 スケールは図中右下に示す。浮遊密度は円の直径に比例している。

3-4. 相模湾における周年調査の結果

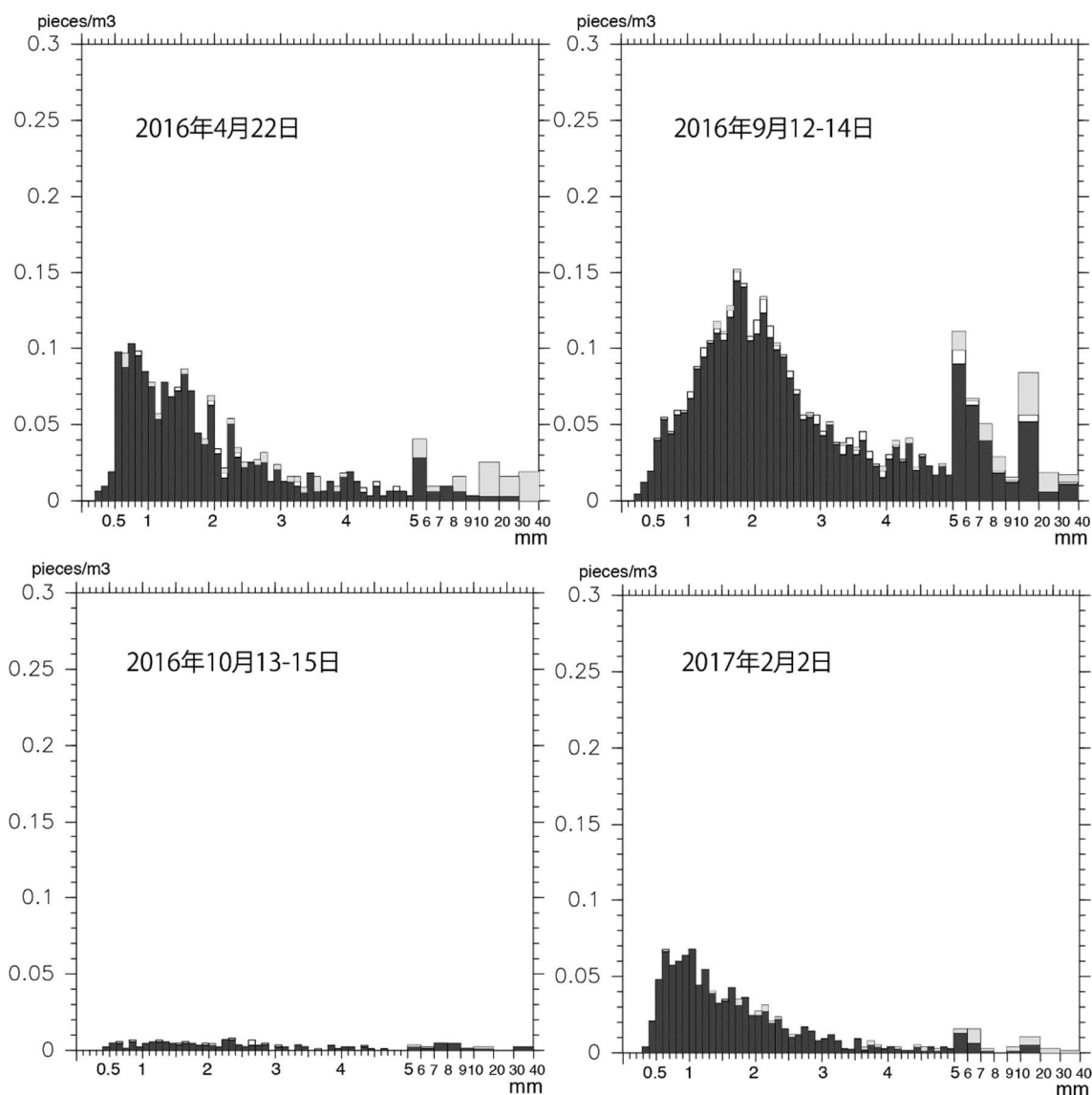
季節変化を見る前に、すべての季節で採集した微細片のサイズ別浮遊密度分布を図Ⅲ-12に示す。沖合調査の結果(図Ⅲ-2)と比較すれば、一見して密度の低さがわかる。瀬戸内海の浮遊密度と沖合調査を比較した Isobe et al. (2015)でも指摘されていた通り、我が国の場合には、内湾よりもむしろ外洋でマイクロプラスチックの浮遊濃度が高い場合が多い。それでも、相模湾のマイクロプラスチック浮遊密度(1.3 pieces/m³; 表 2)は、瀬戸内海よりも濃度が高めに出現しているようである(0.4 pieces/m³; Isobe et

al., 2015)。これは、相模湾が比較的に開放的な内湾で、多くのマイクロプラスチックを含む黒潮系水(例えば、図Ⅲ-8の相模湾沖の高濃度に注目)の影響を受けやすいためとも考えられるが、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。結論づけるにはさらなる観測の継続が必要である。加えて興味深いことは、沖合調査で得たサイズ別浮遊密度(図Ⅲ-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ることである。

季節変化に着目すると、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、4月と2月は比較的に似た分布を示しているが、9月は2mm以下のマイクロプラスチックの濃度低下が著しい。10月には、すべてのサイズで濃度は低く、表Ⅲ-2に示す浮遊密度も他の月に比べ圧倒的に少ない。10月の浮遊密度は、マイクロプラスチックだけではなく、糸くずも他の月に比べて小さなものとなった。全期間を通して風速は1-2 m/s程度であり、総じて穏やかな海象条件のもと曳網は行われている。微細片のソースとなる河川流量には10月の特異な減少もなく(国土交通省・水文水質データベース(<http://www1.river.go.jp>)による)、あるいは黒潮の流入(急潮; 神奈川県水産技術センターの急潮情報による)が10月に著しく欠けていた痕跡も見当たらない。今のところ、10月に検出されたマイクロプラスチックの少ない”清澄な”海水の起源の特定は難しい。



図Ⅲ-12 2016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、それ以外は図中の矢印で示したとおり。



図Ⅲ-13 2016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。
採集日は図中に示すとおり。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/m³)

	4月	9月	10月	2月	全期間平均
マイクロプラスチック	1.6	2.8	0.13	0.98	1.3
発泡スチロール片	0.03	0.14	0.02	<0.01	0.05
糸くず	0.07	0.03	<0.01	0.03	0.03

4. 今後調査への提案

最後に、3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い。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が必要であろう。

参考文献

- Andrady, A. L., 2011: Microplastics in the marine environment. *Mar. Pollut. Bull.*, **62**: 1596-1605.
- 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年度および2015年度に沖合域（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。今年度においてもこれら海域の実態を明らかにするため、継続的な調査を実施した。ここでは、今年度実施した調査結果の概要を報告するとともに、過去2年間のデータとあわせて計3年間に実施した東シナ海と常磐沖の調査結果を比較することで、海域の違いによる海底ごみの特徴について検討した。

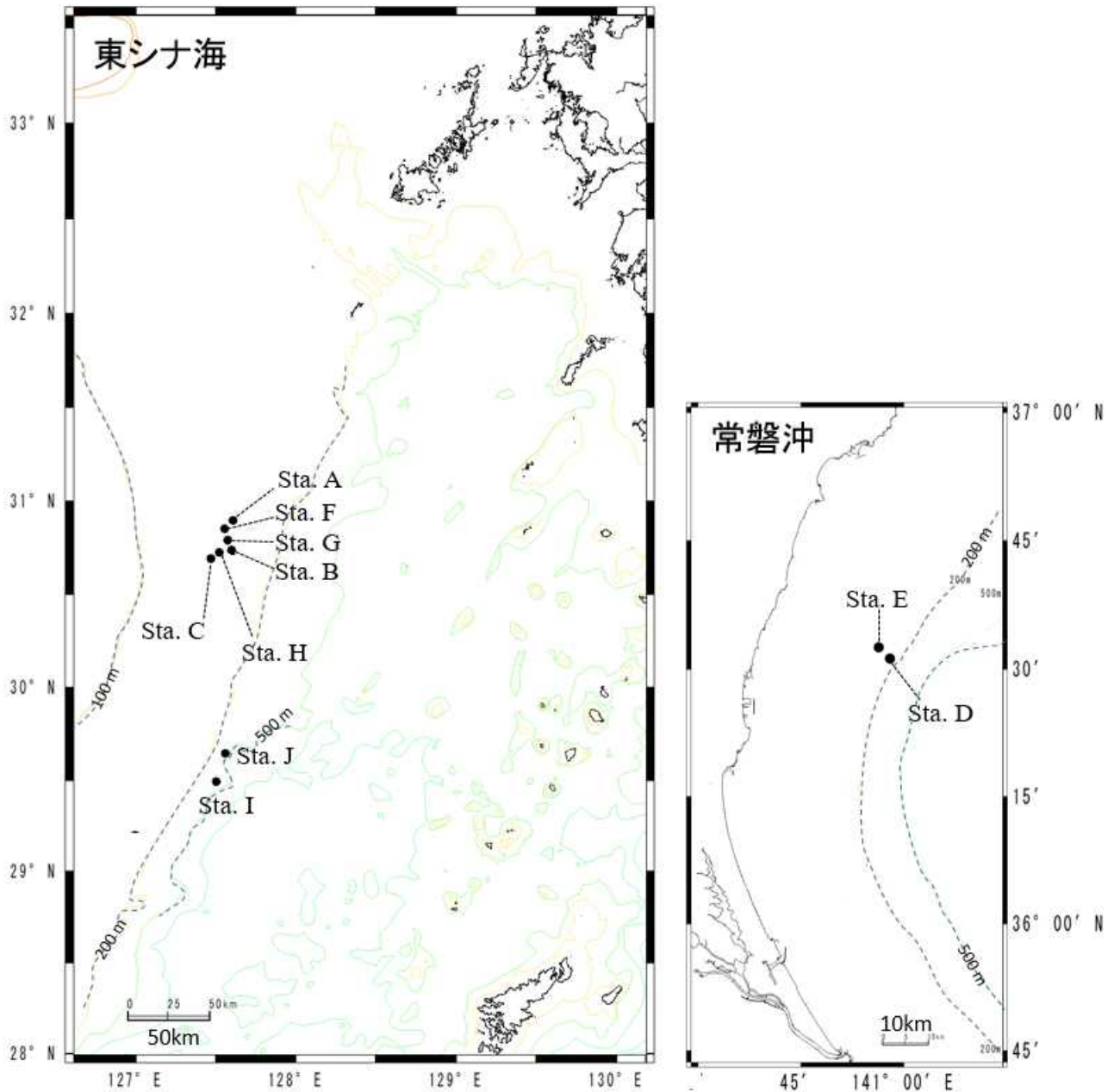
2. 調査概要と方法

調査は、東京海洋大学練習船海鷹丸と神鷹丸の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、東シナ海で8回、常磐沖で2回の計10回行った（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524mの範囲内で行われ、合計曳網距離は27.4km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（重さと長さ）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。

表 IV-1 2016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	曳網距離
A	海鷹丸	7/18	10:22	12:25	30-53.858 N	127-36.641 E	30-47.499 N	127-36.723 E	126 m	11.75 km
B	海鷹丸	7/18	14:10	15:10	30-44.317 N	127-35.989 E	30-42.944 N	127-32.689 E	126 m	5.85 km
C	海鷹丸	7/18	16:25	17:20	30-41.661 N	127-28.371 E	30-39.972 N	127-25.965 E	123 m	4.95 km
D	神鷹丸	8/6	10:16	10:41	36-31.237 N	140-57.959 E	36-32.111 N	140-58.579 E	162 m	1.86 km
E	神鷹丸	8/6	12:06	12:30	36-32.570 N	140-56.358 E	36-31.834 N	140-55.091 E	129 m	2.33 km
F	海鷹丸	10/8	10:25	10:55	30-51.233 N	127-33.382 E	30-49.874 N	127-34.160 E	124 m	2.80 km
G	海鷹丸	10/8	13:38	14:09	30-47.624 N	127-34.538 E	30-46.310 N	127-33.657 E	124 m	2.81 km
H	海鷹丸	10/8	15:34	16:04	30-43.613 N	127-31.420 E	30-42.401 N	127-30.589 E	124 m	2.60 km
I	海鷹丸	10/10	10:11	10:41	29-29.273 N	127-30.292 E	29-30.669 N	127-30.738 E	524 m	2.68 km
J	海鷹丸	10/10	14:02	14:32	29-38.491 N	127-33.822 E	29-39.700 N	127-34.791 E	501 m	2.73 km



図IV-1 底引き網による海底ごみ調査地点

3. 調査結果

3-1. 2016年度調査結果

2016年度における東シナ海と常磐沖の調査で得られた結果は表IV-2と図IV-2～5に示す。人工物の単位面積当たりの個数を見ると東シナ海の水深500m以深のSta.Iで1000個/km²以上を、次いで常磐沖のSta.Eで約400個/km²を記録している。水深500m以深のSta.Jでも244.5個/km²と常磐沖のSta.Dでも153.4個/km²となっている。これらの両地点を比較すると、東シナ海のSta.I, Jは、単位面積当たりの重量も他の地点と比べて高くなっているが、常磐沖のSta.D, Eは、単位面積当たりの重量は他の地点よりも小さくなっている。これは常磐沖の人工物の個々の重量が小さい、食品包装材のよう

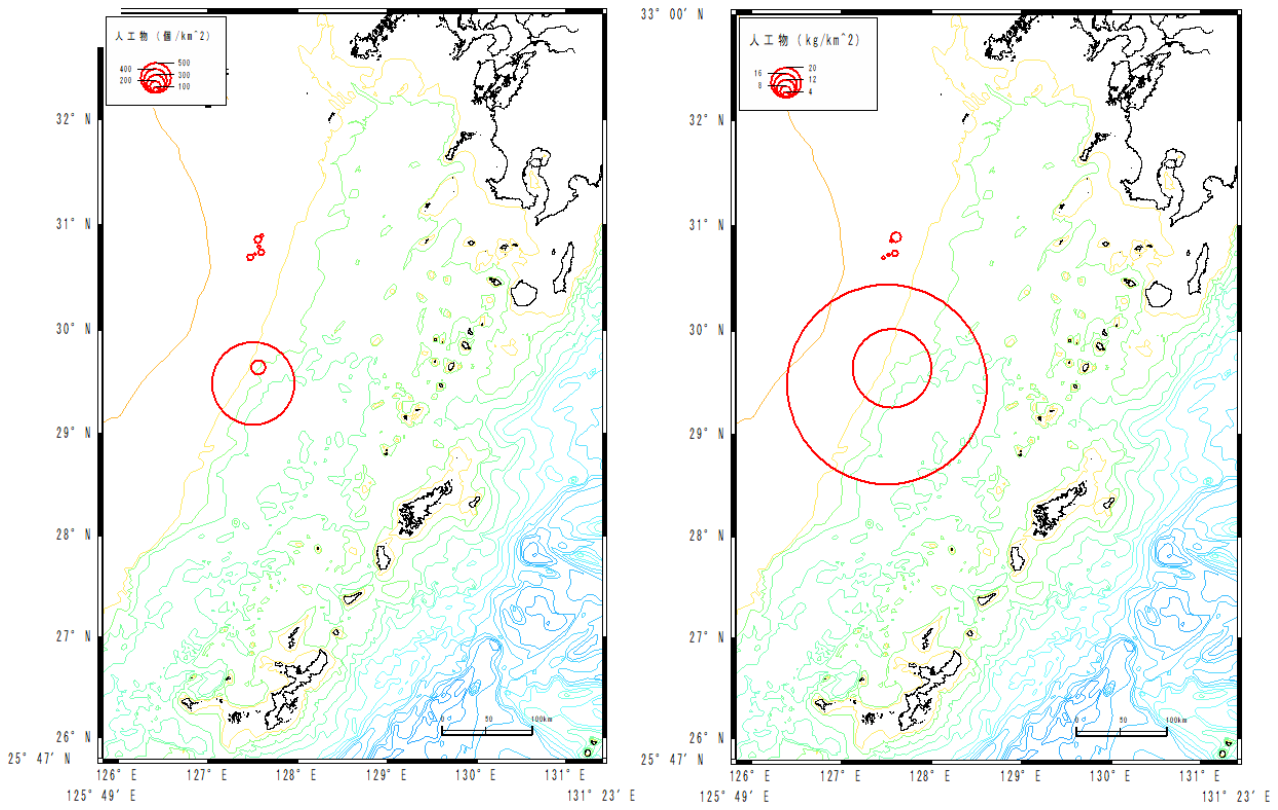
表IV-2 各調査点における海底ごみの密度

No	船名	日付	海域	緯度(北緯)	経度(東経)	自然物	人工物の内訳*																	
							1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15			
A	海鷹丸	7/18	東シナ海	30-53.858	127-36.641	73.8	28.4	45.4	0.0	0.0	2.8	5.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.8	0.0	5.7	0.0	11.3	0.0
B	海鷹丸	7/18	東シナ海	30-44.317	127-35.989	108.3	17.1	34.2	0.0	0.0	0.0	39.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.7	0.0	0.0	17.1	11.4
C	海鷹丸	7/18	東シナ海	30-41.661	127-28.371	107.7	33.7	67.3	0.0	0.0	6.7	6.7	13.5	6.7	0.0	0.0	0.0	6.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
D	神鷹丸	8/6	常盤沖	36-31.237	140-57.959	153.4	153.4	0.0	0.0	0.0	0.0	115.0	38.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
E	神鷹丸	8/6	常盤沖	36-32.570	140-56.358	398.5	0.0	30.7	0.0	275.9	0.0	30.7	61.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
F	海鷹丸	10/8	東シナ海	30-51.233	127-33.382	166.6	23.8	47.6	0.0	0.0	0.0	71.4	0.0	11.9	11.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	23.8	0.0	0.0	0.0
G	海鷹丸	10/8	東シナ海	30-47.624	127-34.538	71.3	11.9	11.9	0.0	0.0	0.0	35.6	0.0	11.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.9	0.0
H	海鷹丸	10/8	東シナ海	30-43.613	127-31.420	64.0	25.6	25.6	0.0	12.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	25.6
I	海鷹丸	10/10	東シナ海	29-29.273	127-30.292	1381.7	211.6	0.0	12.4	124.5	37.3	149.4	211.6	12.4	24.9	12.4	0.0	12.4	0.0	12.4	273.9	0.0	199.2	311.2
J	海鷹丸	10/10	東シナ海	29-38.491	127-33.822	244.5	281.2	12.2	0.0	0.0	12.2	48.9	73.4	12.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.2	48.9	0.0	12.2	12.2

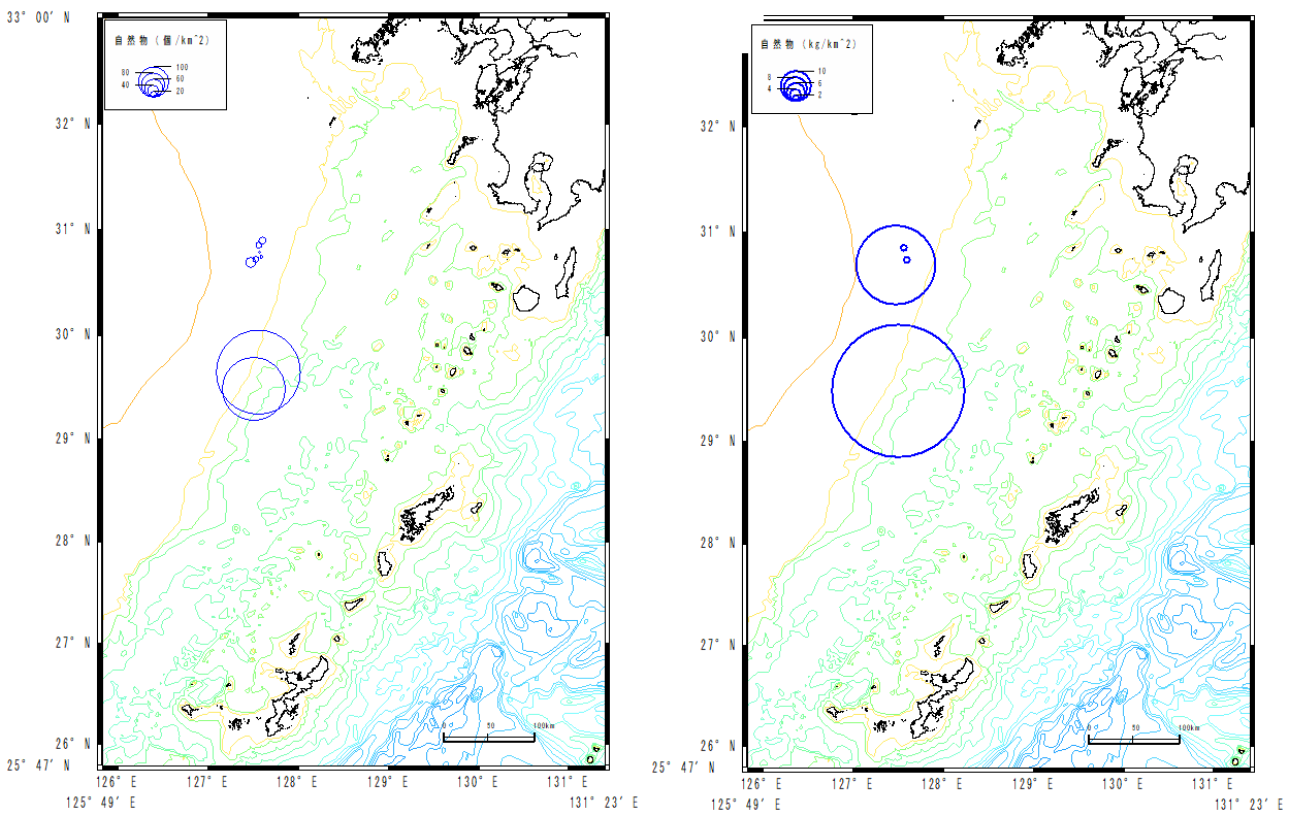
No	船名	日付	海域	緯度(北緯)	経度(東経)	自然物	人工物の内訳*																	
							1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15			
A	海鷹丸	7/18	東シナ海	30-53.858	127-36.641	7.59	0.57	1.52	0.00	0.00	0.01	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	6.00	0.00
B	海鷹丸	7/18	東シナ海	30-44.317	127-35.989	5.24	2.56	0.94	0.00	0.00	0.00	1.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.51	0.00	0.00	0.43	1.93
C	海鷹丸	7/18	東シナ海	30-41.661	127-28.371	2.84	26.03	0.88	0.00	0.00	0.03	0.17	0.07	0.50	0.00	0.00	0.00	1.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
D	神鷹丸	8/6	常盤沖	36-31.237	140-57.959	1.09	2.57	0.00	0.00	0.00	0.00	1.03	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
E	神鷹丸	8/6	常盤沖	36-32.570	140-56.358	2.14	0.00	0.31	0.00	0.83	0.00	0.09	0.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
F	海鷹丸	10/8	東シナ海	30-51.233	127-33.382	3.37	2.02	2.05	0.00	0.00	0.00	0.49	0.00	0.02	0.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.36	0.00	0.00	0.00
G	海鷹丸	10/8	東シナ海	30-47.624	127-34.538	0.58	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.48	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00
H	海鷹丸	10/8	東シナ海	30-43.613	127-31.420	3.23	0.38	0.08	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.12
I	海鷹丸	10/10	東シナ海	29-29.273	127-30.292	132.68	44.02	0.00	12.32	2.72	0.21	14.75	32.29	0.17	0.62	0.05	0.00	0.00	0.00	0.25	12.80	0.00	19.26	37.23
J	海鷹丸	10/10	東シナ海	29-38.491	127-33.822	53.05	0.28	0.02	0.00	0.00	0.07	12.01	6.19	0.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.26	7.29	0.00	0.05	26.90

*人工物の内訳

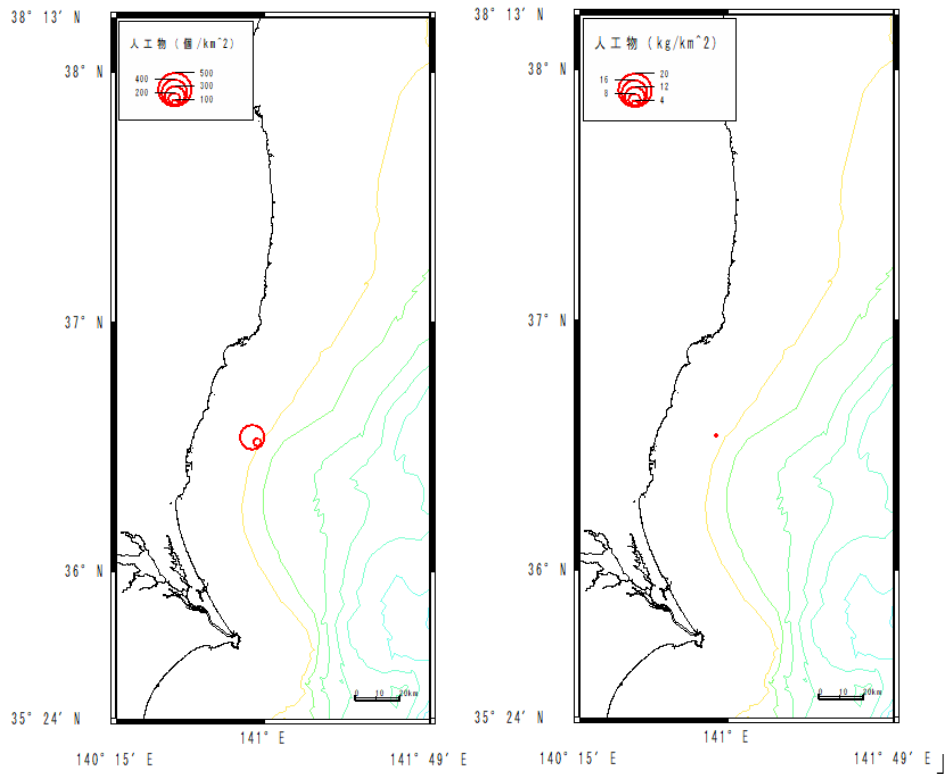
- 1 漁具類
- 2 シート
- 3 破片類
- 4 容器
- 5 ひも類
- 6 袋類
- 7 その他
- 8 ペットボトル
- 9 発泡スチロール
- 10 ゴム類
- 11 紙類
- 12 布類 (衣類含む)
- 13 ガラス・陶器
- 14 金属類
- 15 その他人工物



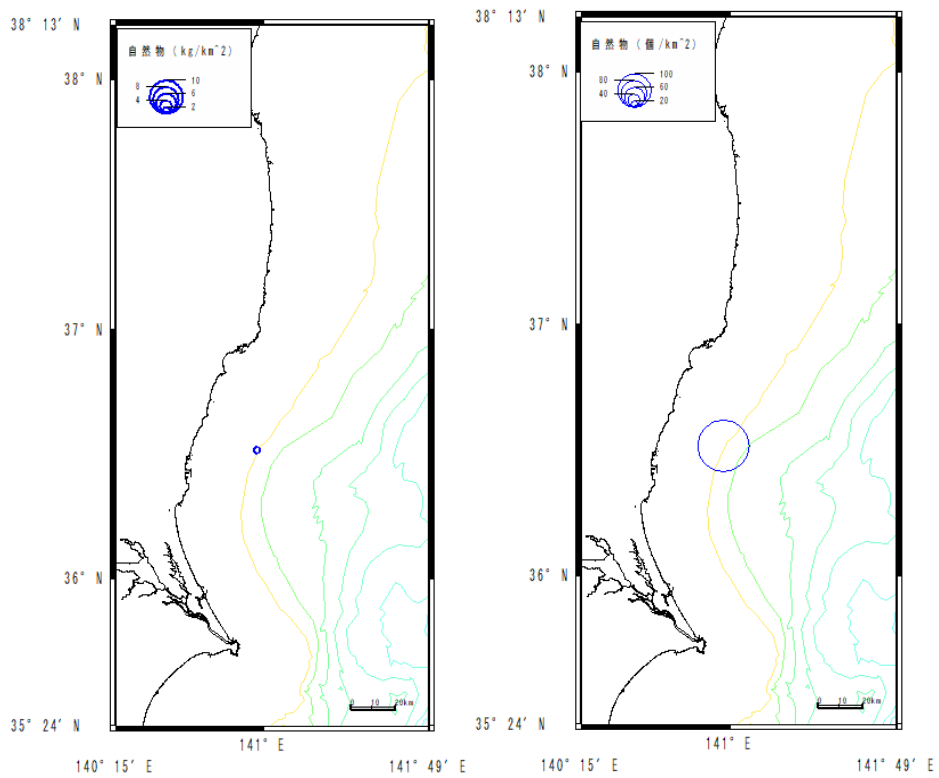
図IV-2 東シナ海における人工物の分布密度 (左：個数/km²、右：kg/km²)



図IV-3 東シナ海における自然物の分布密度 (左：個数/km²、右：kg/km²)



図IV-4 常磐沖における人工物の分布密度（左：個数/km²、右：kg/km²）



図IV-5 常磐沖における自然物の分布密度（左：個数/km²、右：kg/km²）

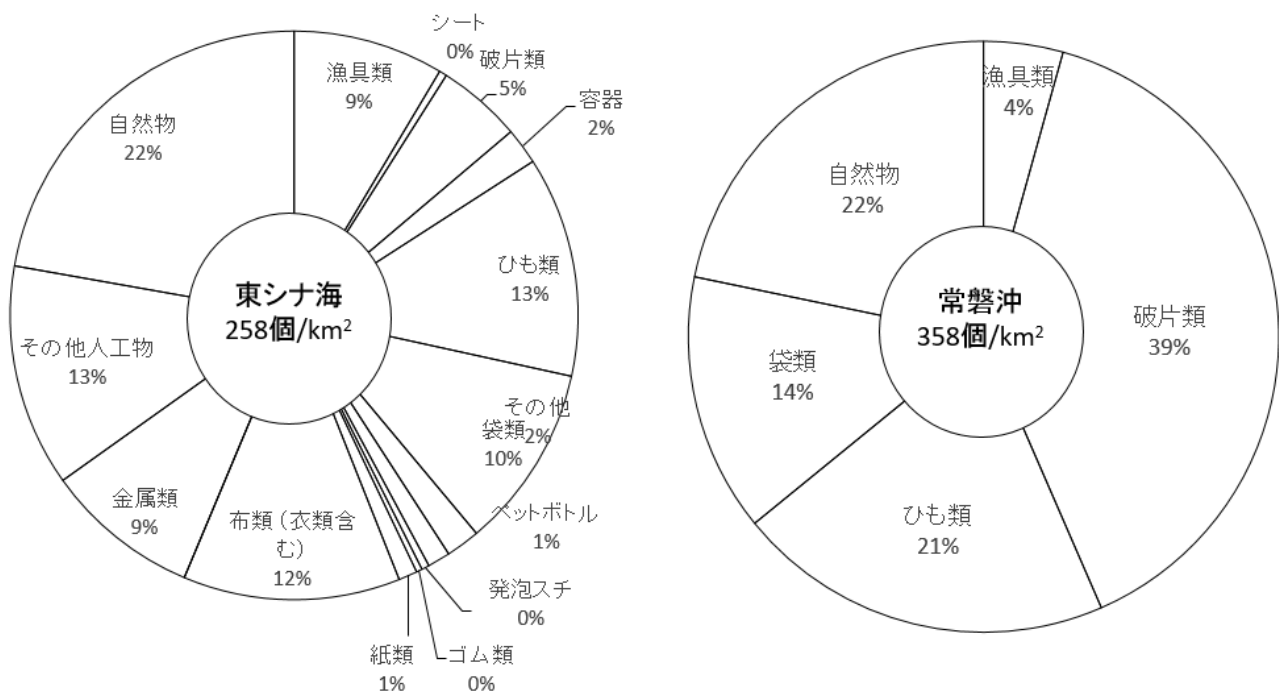
なシート状のものが多かったことによると考えられる。これらの中には、日本語が印刷されたものが多かったことから、日本の陸域から流入して海底に集積したものと考えられた。一方で、東シナ海の水深500mを超える Sta.LJ では、金属製品やゴム製品など、密度の高い人工物が多かったため、個数に比例して重量も高くなったものと考えられる。

また、東シナ海の大陸棚上は、単位面積当たりの個数は100個/km²を超える測点も見られたが、重量はいずれも10kg未満であった。これはこれら大陸棚上の人工物の多くが漁具由来のテグスや網の切れ端など、密度が小さくまた細かいものが多かったためである。

人工物の個数、重量ともに高い値を記録した東シナ海の水深500m以深で採集された海底ごみは、その材質から海流などでその場所まで運ばれてきたとは考えにくいものが多く含まれていた。このことから、これらのごみの多くは、海上から投棄された可能性が高い。

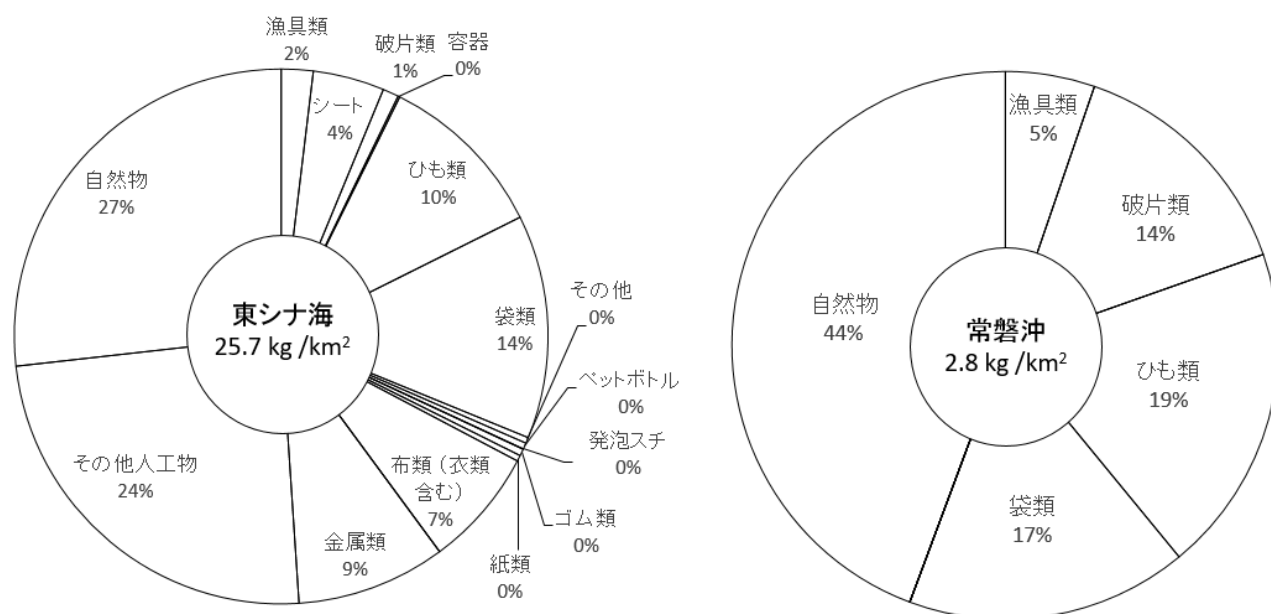
3-2. 2016年度における東シナ海と常磐沖の海底ごみの組成について

2016年度における東シナ海と常磐沖での両海域の海底ごみの特徴について見ていく。(図IV-6, 図IV-7)。ここでは、それぞれの海域で採集された海底ごみの数を1km²の個数と重量に換算した結果を示す。個数の比率をみると、東シナ海は約8割が人工系の物で、最も多かったのはその他人工物及びひも類の13%であった。常磐沖も、東シナ海の結果と同じく約8割が人工物であったが、最も多く見られたのは、破片類の39%であった。種別に注目すると東シナ海の方が多く、金属製品も見られたが、常磐沖では4種類のみであった。一方で、1km²当たりの個数で比較すると、常磐沖の方が東シナ海より多くなった。



図IV-6 海域別海底ごみの種別割合 (1km²の個数) : 2016年度

次に重量ベースでみていく。東シナ海は個数ベースと概ね同様に7割強が人工物で占めた。一方で常磐沖は、自然物の割合が高くなり人工物と自然物の割合が3対2程度になった。このことから常磐沖の海底ごみは、自然物の方が個々の重量が人工物に比べて大きいと言える。単位面積当たりの重量を比較すると東シナ海が25.7kgで常磐沖2.8kgとなり、約9倍東シナ海のほうが高い結果を示した。これは、東シナ海で採集された人工物の方が、個々の重量が常磐沖の物よりも大きいことを示している。内訳をみると、最も多かったのが24%のその他人工物で、次いで14%が袋類、10%がひも類となった。これに対して常磐沖で最も多かった人工物は、ひも類の19%で、次いで袋類の17%、破片類の14%となった。

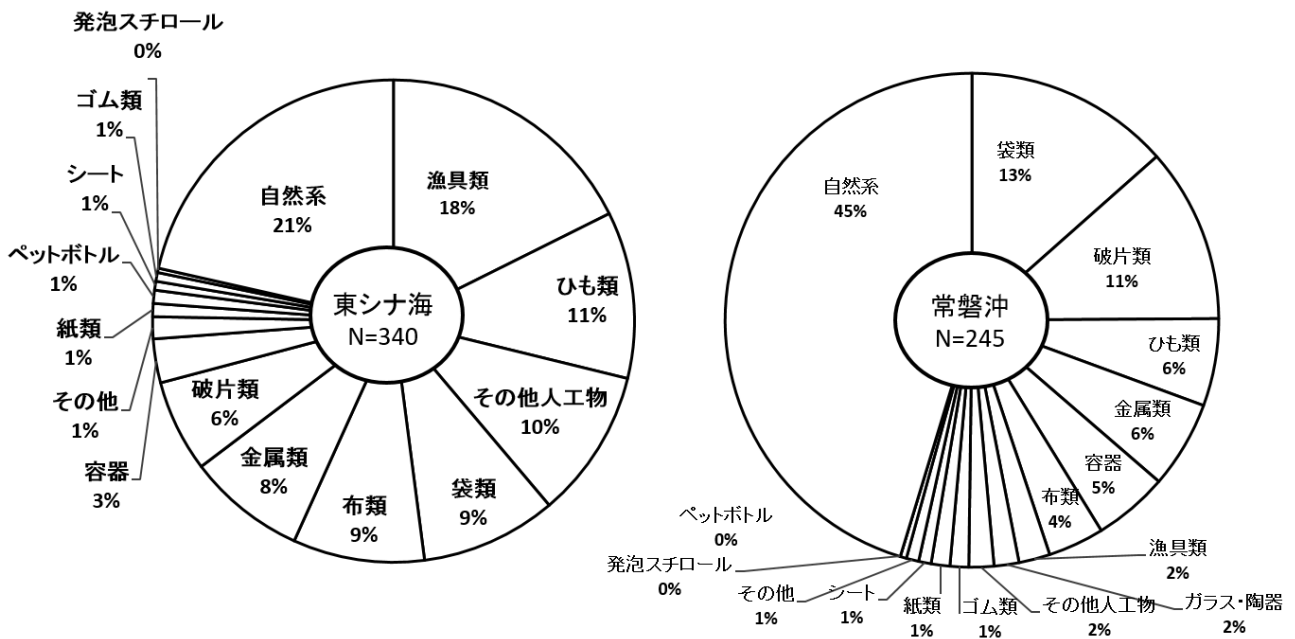


図IV-7 海域別海底ごみの種別割合 (1km²の重量) : 2016年度

3-3. 2014～2016年度の3ヵ年における東シナ海と常磐沖の海底ごみの組成について

2014年度から2016年度における東シナ海と常磐沖での調査実績は、東シナ海が2014年度に9回、2016年度に8回、常磐沖が2015年度に8回、2016年度に2回となった。ここでは、これら3年間の沖合域の調査結果について示し、両海域の海底ごみの特徴について見ていく。なお、2014年度及び2015年度調査の詳細は各年度の報告書を参照とする。

東シナ海での調査は、薩南諸島の西方約200km沖合で大陸棚縁辺部の水深約500mから大陸棚上の水深約100mの海域で、常磐沖の調査は、茨城県の東方約10kmから40km沖合の水深約70mから250mの海域で実施した。両地点で得られた海底ごみの比率について海域別に示す(図IV-8、図IV-9)。



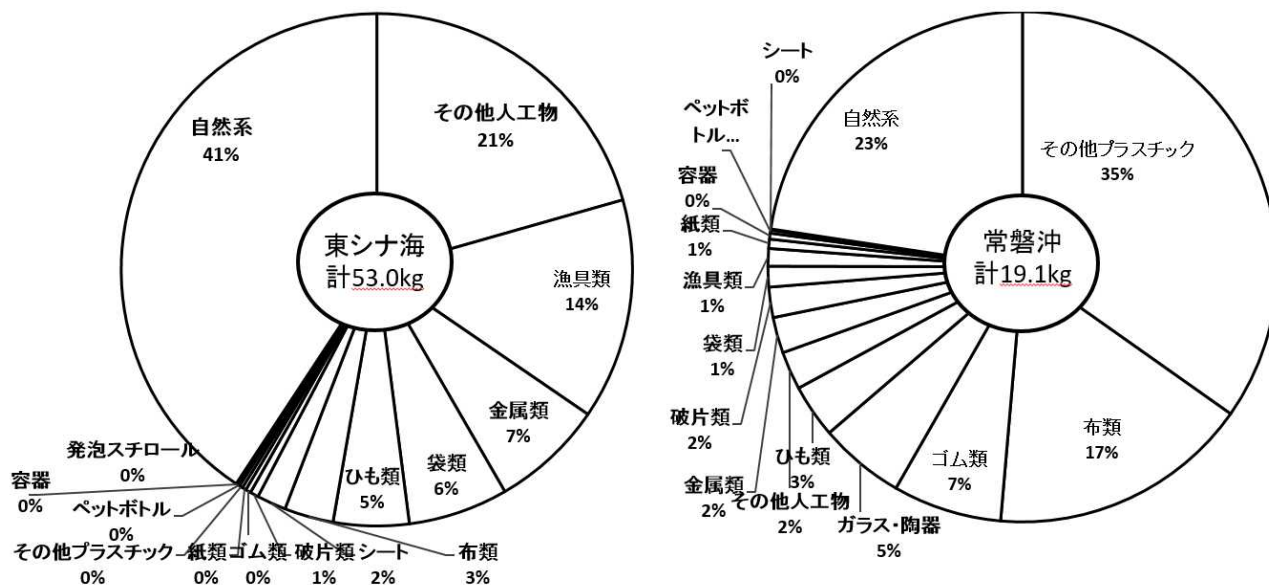
図IV-8 海域別海底ごみの種別割合（個数ベース）：2014年度から2016年度

それぞれの海域で採集された海底ごみの数は、東シナ海で340個、常磐沖で245個となった。個数の比率をみると、東シナ海は約8割が人工系の物で、最も多かったのは漁具の18%であった。常磐沖は、人工系と自然系のものが55%と45%で概ね半々の出現個数であった。人工系の物で多かったのは食品の包装材などの袋類で、次いで破片類の11%、ひも類の6%となった。

重量では、東シナ海が53.0kgで常磐沖が19.1kgとなった。重量の比率をみると、東シナ海では約6割が人工系で、21%がその他人工物、14%が漁具類、7%が金属類となった。これに対して常磐沖は、約8割近くが人工系で、最も多かったのはその他プラスチックの35%、次いで衣類の17%、ゴム類の7%となった。

両海域の結果を比較すると、東シナ海では漁具類の占める割合が多いのに対して、常磐沖では漁具の割合は極めて低くなった。漁具の占める割合が多かった東シナ海では、調査予定地点に多数の漁船が存在したため（2014年8月調査時：半径24マイル以内に70隻以上）、操業を行うことができなくなることがしばしばあった。一方で、常磐沖の調査では、他の漁船に遭遇することはなかった。このようにその海域を利用する船舶の組成の違いが海底ごみの種別の割合に影響を与えているものと考えられた。

人工系と自然系の関係を比較すると、自然系の占める割合は、個数で比較すると常磐沖の方が高く、東シナ海の方が低い、重量で比較するとこの関係が逆転する。これは、東シナ海の自然系の物の方が、常磐沖よりも大きなものが多いことを示唆している。



図IV-9 海域別海底ごみの種別割合（重量ベース）：2014年度から2016年度

これらの海底ごみは、大きいものは1mを超えるようなマットレスや衣類、重さでは2kgを超えるような金属製品などが採集された一方で、小さいものは、テグスの切れ端やシート片など、船上では計量することが困難なものまで様々であった（付録3 写真参照）。常磐沖のその他プラスチックにみられるように、個数は極めて少なかったにもかかわらず、一つ一つが大きかったため、重量に占める割合が極端に大きくなるようなものや、逆に同じく常磐沖の袋類のように、個数は多いにも関わらず、重量比率は1%程度になるようなものも見られた。このように、採集された海底ごみには、個数は多いが軽量である袋類やシートのようなものから、ゴム製品、金属製品のように質量の大きなもの、さらには、その他プラスチック製品（例えば強化プラスチック製品）のように一つが大きく重量のあるものなど、様々な特性のものが存在した。

3-4. 海底ごみの分布状況

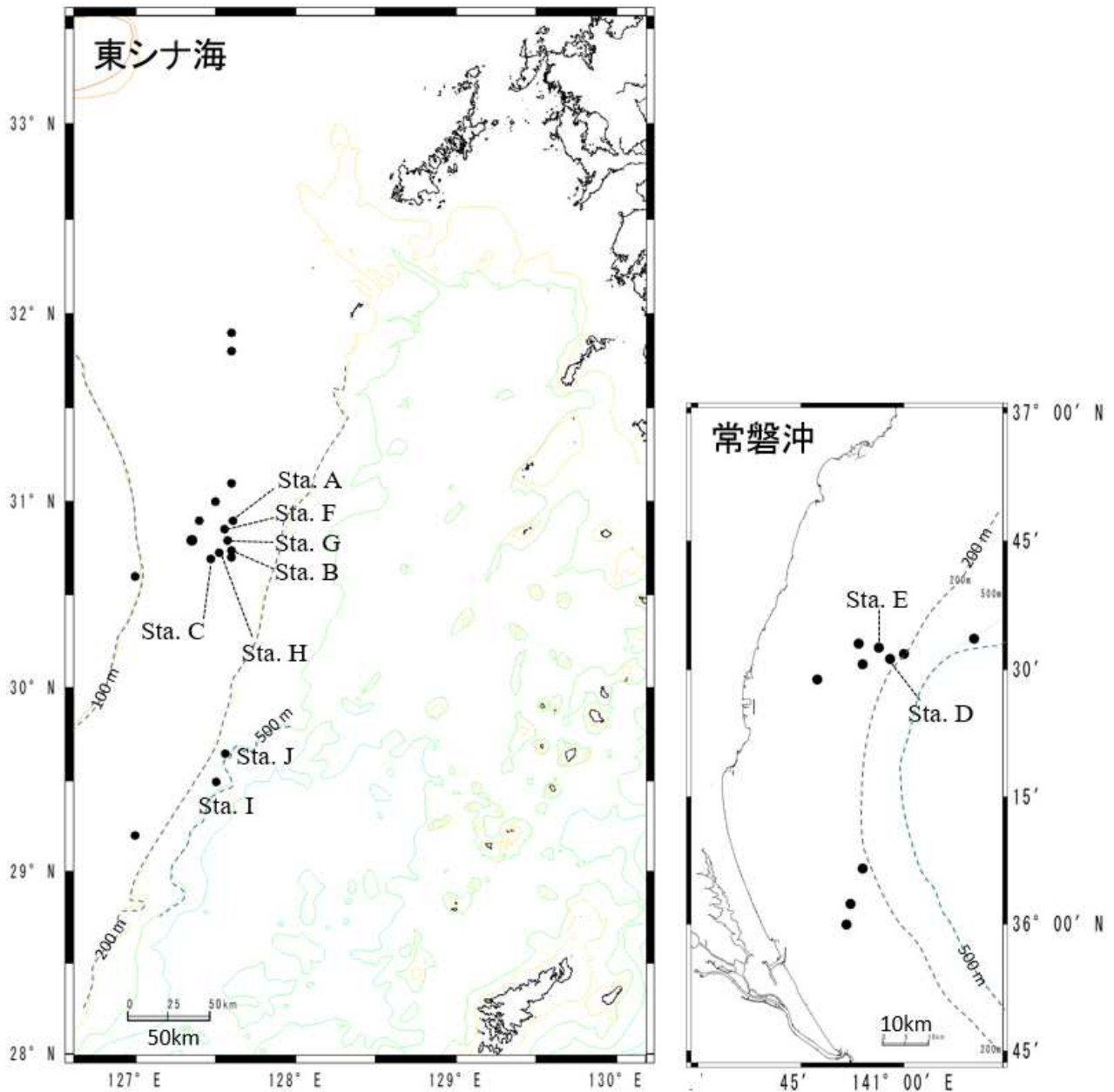
各調査地点における密度について、常磐沖から見ていく。常磐沖での2015年度の調査では、練習船（神鷹丸：649t）、調査船（いばらき丸：179t）、漁船（忠宝丸：14.9t）と異なったタイプの船とそれぞれの船に搭載されている漁具を使用した。そのため、それぞれの船で漁獲能力が異なると考えられる。そこで常磐沖の結果については、船ごとに調査地点の結果を比較する（図IV-10、図IV-11、図IV-12）。

はじめに、調査結果から漁獲能力が高かったと考えられる忠法丸（2015年度調査）についてみていく。人工物の単位面積当たりの個数について注目すると、岸から離れた調査点ほど密度が低くなる傾向が見られた。単位面積当たりの重量も、最も岸よりが約99kg/km²で沖に向かうにつれて101kg/km²、86kg/km²、31kg/km²と小さくなる傾向が見られた。

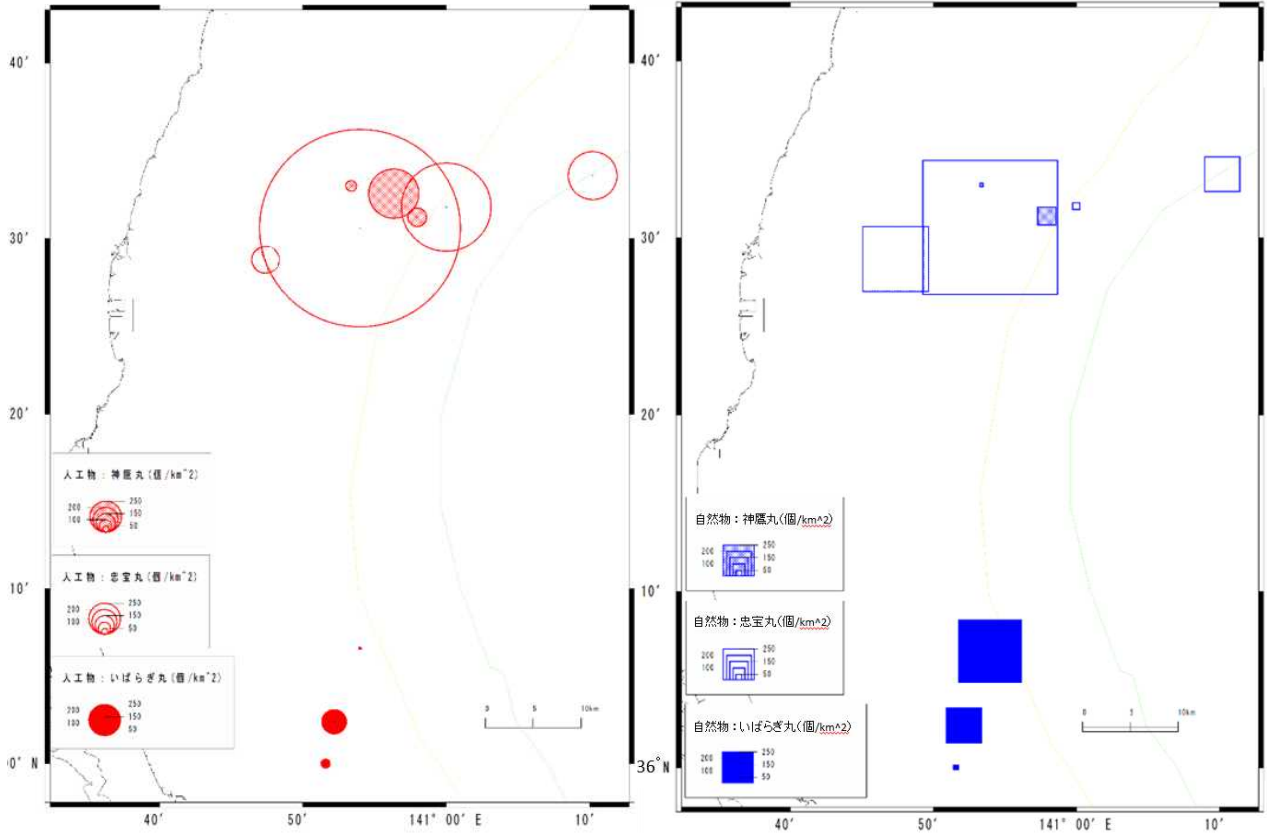
いばらき丸の結果については、調査地点が等深線に沿った南北に近い配置であったことから、人工物の分布に顕著な傾向はみられなかったが、重量密度で忠宝丸と同じように沖（水深の深い方）に行くに

つれて単位面積当たりの重量が小さくなる傾向が見られた。一方で、自然物の個数については、深い方が高くなる傾向が見られた。

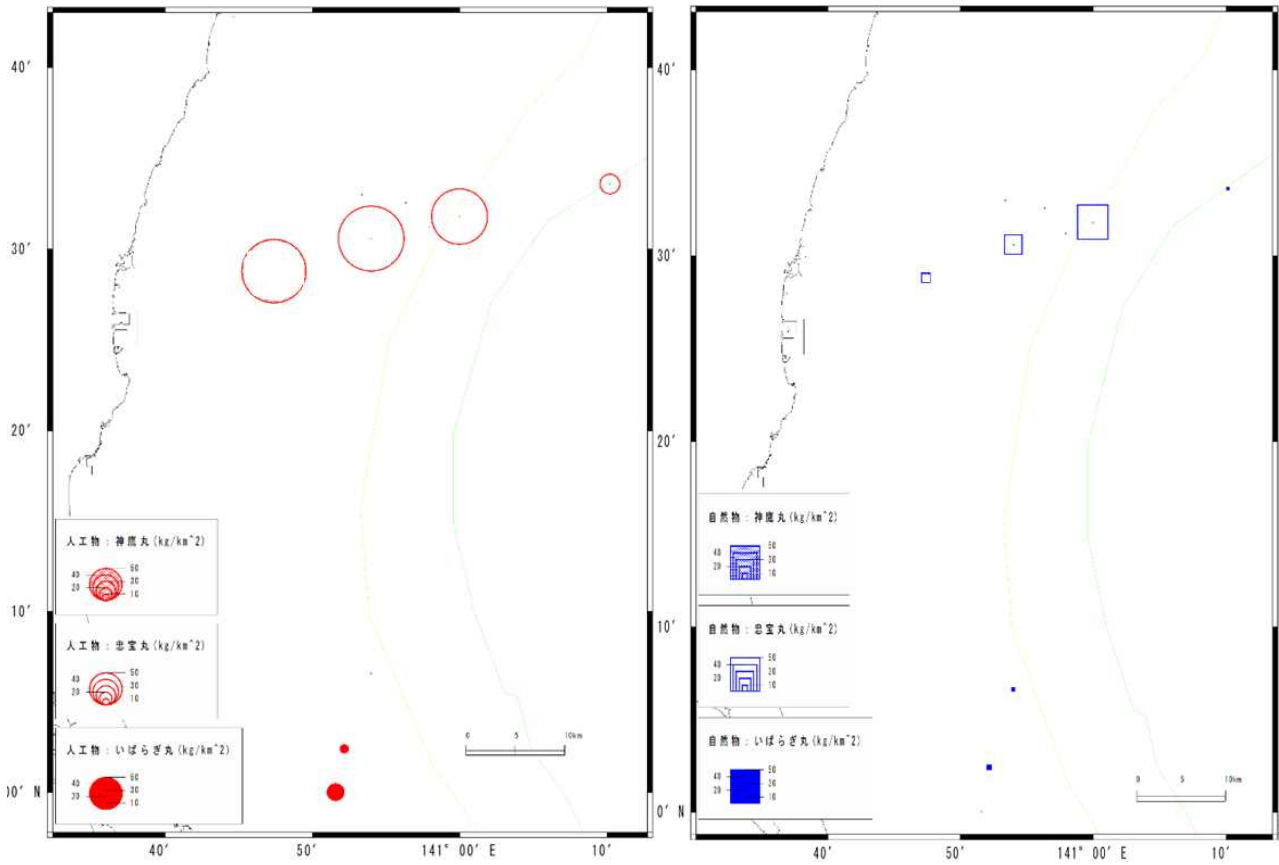
神鷹丸の結果では、人工物及び自然物ともに沖側と岸側での顕著な傾向は見られなかった。これは調査地点が少ないことや、忠法丸での調査と異なり調査地点が近くに集まっていたため、海域による違いが表れにくかったと考える。



図IV-10 2014年度から2016年度までの調査地点。(Sta. No.)の無い点が2014年度と2015年度調査の測点

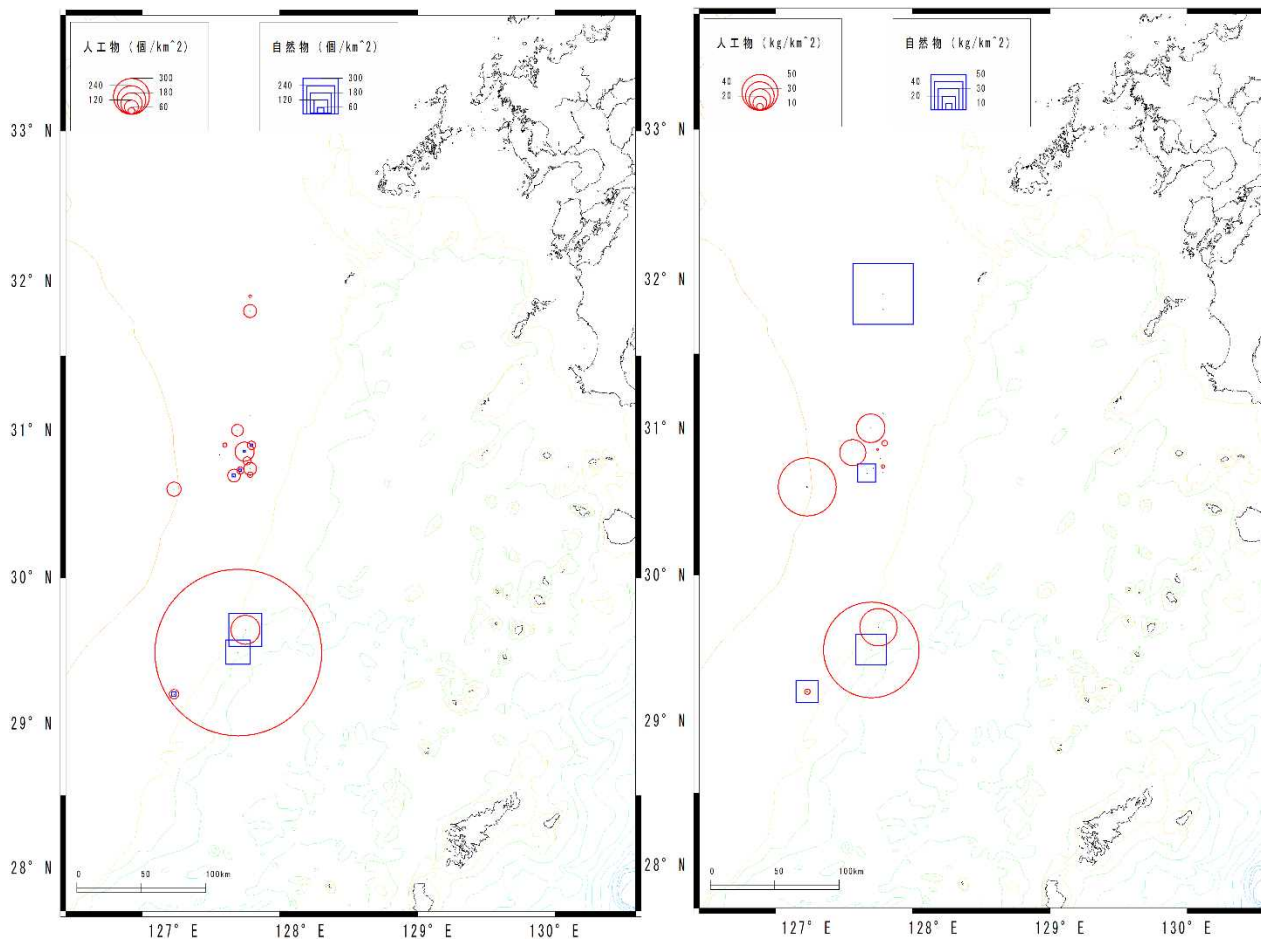


図IV-11 常磐沖における人工物と自然物の測点ごとの密度（個数ベース）



図IV-12 常磐沖における人工物と自然物の測点ごとの密度（重量ベース）

次に、東シナ海での結果について見ていく（図IV-13）。東シナ海では、人工物は大陸棚縁辺部での分布密度が高くなった。特に今年度調査を行った Sta. I では、1,382 個/ km²、132kg/ km² と高い密度を記録した。また、大陸に最も近いところでも人工物が 81kg/ km² を記録した。一方で、調査地点が比較的集まっている、北緯 30 度 45 分、東経 127 度 45 分付近では、人工物が個数では、12 個から 166 個とある程度の個数が存在しているにもかかわらず、重量では 0.2kg から 5.2kg と目立たない値となっている。これは、この海域の人工物が釣り糸（テグス）のような細かなごみが多かったことによる。この付近の海域では、2004 年度から 2006 年度に長崎大学の練習船が調査を行っている。この調査では、個数密度は 7 個/ km² から 207 個/ km² で、重量密度は 0.7kg/ km² から 33kg/ km² という結果を得ている。本調査の結果と比較すると最大の重量密度が約 5 倍となっているが、概ね似たような傾向を示している。この報告では、年度や調査地点によってばらつきが生じた理由に、少数の重量物が採集されると、その影響で面積当たりの重量が上がる傾向にあったとしている。この点については、本調査でも同じような傾向が見られた。また、約 10 年前の調査結果と比較したところ、東シナ海の大陸棚上のごみの密度については、現在のところ顕著な増減はないものと考えられた。一方で、大陸に近い調査点で重量密度が大きくなる傾向や、調査点数は少なかったものの、大陸棚の縁辺部での採集数量が、大陸棚上と比較して顕著に高くなる傾向が見られた。常磐沖では、陸域に近づくと海底ごみ密度が高くなる傾向が見られたが、東シナ海でも大陸に近い方がごみの量が多い可能性がある。また、大陸棚縁辺部の Sta. I では台語標記のものが複数含まれていたことから、これらは台湾漁船からの投棄物か、黒潮の上流域にあたる台湾由来のものが、黒潮によって運ばれる過程で浮力を失い、大陸棚の縁辺部に溜まったからのいずれかの可能性が考えられた。トロール調査では、同じ海域でも曳網回毎に海底ごみの採集量が大きく変わることがある。プラスチックの流出量が多いとされる東アジア諸国が接続している東シナ海の海底ごみの実態を明らかにするためには、これらの海域での調査を引き続き行っていくことが重要になる。



図IV-13 東シナ海における人工物と自然物の測点ごとの密度（左：個数・右：重量）

4. まとめと今後の課題

東シナ海では、人工物の割合が高く、その中でも漁業生産活動由来が多く見られた。これに対して、常磐沖では陸上由来とみられる袋類や破片類などの人工物が多く見られた。これは、東シナ海の調査場所が陸域から離れていたことと、その海域では漁業が盛んに行われており、その活動から逸出したものが多く存在しているものと考えられた。一方で、常磐沖は東シナ海ほど漁船が多く見られなかったことと、東シナ海の調査地点と比較して陸域に近かったことから、陸域由来の海底ごみが多く存在したものと考えられる。

海域によって分布する海底ごみの組成が異なったが、いずれの海域でも $100\text{kg}/\text{km}^2$ を超える測点が見られた。これは東京湾での調査結果（栗山ら 2003）と比較しても、高い値である。採集されたごみに記載されている製造年月日などから 10 年以上前の人工物もみられたことから、一度沖合の海底に流入したごみは、回収されることなく蓄積する一方であるため、このような高い密度の場所が存在するものと考えられる。また、海岸に打ち上げられたごみと異なり、紫外線や風雨にさらされることも無いことや、海底は低温で温度変化も少ないことから、着底時の形状を保っているものも多い可能性がある。

沖合域での測点数は少ないことから、今後調査点を増やすとともに、継続的な調査により海底のごみの変動についても把握していく必要があると考える。