

平成 19 年度
漂流・漂着ゴミに係る国際的削減方策調査業務
報告書

平成 20 年 3 月

いであ株式会社

目次

- 結果の概要 -

1. 調査目的	1
2. 調査内容及び結果	2
2.1 漂流・漂着ゴミの予測手法検討	2
2.2 プレゼンテーション資料の作成	3
2.3 検討会の運営	3
3. 実施期間	3
4. 3カ年のとりまとめ	4

. 本編

1. 3カ年の検討の流れ	1
1.1 これまでの検討内容	1
1.2 これまで検討結果の概要	1
1.3 平成19年度検討内容	4
1.4 検討範囲	5
2. 漂流・漂着ゴミの予測手法検討	6
2.1 モデルの概要	6
2.1.1 流動モデルと拡散モデル	7
2.1.2 拡散モデルにおける浮遊物の扱い	9
2.2 日本海における漂流・漂着予測の再検討	18
2.2.1 ライターを対象とした漂流・漂着予測	18
2.2.2 ライター以外のアイテムについての漂流・漂着予測	75
2.3 東シナ海における漂流・漂着予測の検討	100
2.3.1 ライターを対象とした漂流・漂着予測	100
2.3.2 ライター以外のアイテムについての漂流・漂着予測	121
2.4 日本海・東シナ海結合モデルの構築	148
2.4.1 モデル構築の考え方	148
2.4.2 漂流物の移動・集積特性の検討	149

2.5 予測手法検討のまとめ	164
2.5.1 日本海における漂流・漂着予測検討	164
2.5.2 東シナ海における漂流・漂着予測	164
2.5.3 日本海・東シナ海結合モデルの構築	164
2.6 今後の課題	165
3. プレゼンテーション資料の作成	166
4. 検討会の運営	181

資料編

1. 外力データ（モデル上の風速場と流速場）	資- 1
2. 沈下率の測定結果	資-15
3. ライターの腐食実験（海中浸漬実験）	資-39

- . 結果の概要 -

1. 調査目的

漂流・漂着ゴミは、海浜景観を損なうだけでなく、海洋環境の保全の面からも国際的に問題視されている。我が国の海岸にも日本海側を中心として外国から漂着したゴミが見られるが、この問題へ対応していくには、近隣諸国との協調や国連環境計画等の枠組みの中で取組みを行っていくことが必要不可欠である。

国際的な協力関係のもとで日本海沿岸の漂流・漂着ゴミの削減を進めるにあたっては、まず、日本海沿岸に漂着するゴミの、発生源から漂着海岸に至る漂流経路を客観的に推定してその結果を示すことが必要である。

次いで、推定結果の妥当性を検証するために、漂着物の現地実態調査の結果ならびに海上漂流物に関する文献を解析・整理することにより、ある地域を発生源と推定する十分な根拠となる資料を作成するとともに、計算条件とした境界要素と推定した漂流経路との間に必然の関係があることを定性的に確認する必要がある。

以上のような手順を経て、日本海沿岸の漂流・漂着ゴミの削減を、日本ならびに近隣各国で進めるにあたって効果的な対策を打ち出すための具体的なプレゼンテーション資料を作成することを目的とする。

また、本請負業務は、平成 17 年度からの継続業務であり、今年度は最終年度であるため、最終報告書をまとめる必要がある。

2. 調査内容及び結果

昨年度に引き続き、九州大学応用力学研究所(尹宗煥教授)のRIAMOMの計算出力結果を用いて、平成17、18年度に実施した漂流予測計算のテストランの結果を精査し、その上で、検討すべき環境条件を抽出し、モデルの改良を行った。

さらに、日本海に至る漂流ゴミの発生源を含むと推定される東シナ海を検討対象に加え、東シナ海における流動・気象の概況を把握するとともに、流動予測計算を行い、その結果を日本海側の検討結果に反映させた。

なお、本検討は、学識経験者等で構成される「漂流・漂着ゴミに係る国際的削減方策検討委員会」の監督・指導を受けつつ実施した。

2.1 漂流・漂着ゴミの予測手法検討

(1) 平均場での漂流ゴミ移動の検討

東シナ海から対馬海峡を通過して日本海を漂流し、日本沿岸に漂着するゴミを対象とした計算を行うために、東シナ海と日本海を同時に計算できる結合モデルを構築した。このモデルにおいて、東シナ海 - 日本海に一樣にゴミを分布させた初期状態から気候値の流動場を用いて3年間の漂流計算を実施した結果、空中:水中比 = 10:1 のケースでは計算開始2年後、沈下率 100:1 のケースでは計算開始1年後で全てのゴミが海岸に漂着あるいは計算領域外へ流出した。一方、空中:水中比 = 0:1、1:2、1:1 のケースでは、計算開始から3年間経過後にも日本海を漂流するものが認められた。

(2) 特定期間の漂流ゴミ移動経路の推定

特定の期間に発生した漂着ゴミの実態に対応する検討ケースを抽出し、このケースに沿って、日本海の海流ならびに特定の気象条件下(季節風、台風)で特定の場所から発生した浮遊ゴミがたどる漂流経路ならびに漂着域の状況を検討した。

平成18年度に実施した特定アイテム(ライター、ペットボトル、ポリ容器)の漂流・漂着特性の検討のうち、ライターを対象とした検討結果について、沈下率の違いによる日本海沿岸の国別漂着ゴミの分布、漂流経路、流出・漂着地の分布の差異について比較検討した。その結果、日本海沿岸の国別漂着ゴミの分布には大きな違いは認められなかったが、風の影響を受けるか受けないかによって漂流経路には違いがみられた。また、過去数年にわたって冬季に日本海沿岸に漂着するポリ容器の漂着状況について、計数結果と計算結果の比較検討を行い、漂流経路の推定を行った。

(3) 東シナ海における漂流ゴミ予測シミュレーションモデルの検討

東シナ海は、日本海に流入する漂流ゴミの発生源となりうる地域である。東シナ海における特定アイテムについて、沿岸各地域の流域人口を考慮したゴミの流出条件を整理して計算を行い、南西諸島への漂着及び日本海への入り口である対馬海峡へ到達するゴミについて、その量と流出地別割合を藤枝・小島(2006)^{*}の実測データに基づいて評価した。その結果、東シナ海周辺地域に起因するゴミの計算結果を、日本海を対象としたシミュレーションモデルに反映させることは可能であると確認した。

^{*} 藤枝繁・小島あずさ(2006):東アジア圏域における海岸漂着ごみの流出起源の推定,沿岸域学会誌, Vol.18, No.4, pp.15-22.

2.2 プレゼンテーション資料の作成

平成17～19年度の「漂着ゴミ実態調査」、「漂流・漂着ゴミの予測手法検討」の結果を基に、日本ならびに近隣各国で効果的な対策検討を行う際に用いるための、パワーポイントによる説明資料を作成した。

2.3 検討会の運営

(1) 検討委員会の設置

表-2.1 に示す有識者5名の委員からなる「漂流・漂着ゴミに係る国際的削減方策調査業務検討委員会」を設置し、漂着ゴミ実態調査、漂流・漂着ゴミの予測手法検討に関して指導を受けた。

表-2.1 委員名簿

(敬称略、五十音順)

氏名	役職
兼広 春之	東京海洋大学海洋科学部教授
小島 あずさ	JEAN / クリーンアップ全国事務局代表
藤枝 繁	鹿児島大学水産学部准教授
道田 豊	東京大学海洋研究所教授
尹 宗煥	九州大学応用力学研究所教授

(2) 検討委員会の運営

検討委員会は、下記の日程で1回開催した。

平成20年3月4日(火) 14:00～16:00 東京八重洲ホール 412 会議室

また、これに先立ち、平成19年11月から平成20年1月にかけて、東京在住の委員による合同ヒアリングおよびその他の地域の委員に対する個別のヒアリングをそれぞれ1回実施した。

3. 実施期間

着手:平成19年6月25日

完了:平成20年3月31日

4. 3 ヶ年のとりまとめ

平成 17 年度から 3 ヶ年にわたり、発生源から漂着域までの海洋ゴミの挙動をできるだけ客観的に推定することにより、漂流・漂着ゴミの効果的な削減手段の策定の一助とすることを目的として、漂流・漂着ゴミの予測手法の検討を行ってきた。

平成 17 年度は、漂流ゴミ予測シミュレーションモデルの選定、及び日本海を対象としたモデルの構築を行った。平成 18 年度は、構築したモデルを使って特定のアイテム、気象イベントを対象にして検討を行い、アイテム別の特徴(漂流経路・時間等)を見ることができた。また、日本海の漂着ライターについては、現地調査結果と比較して非常に良い再現性を得た。さらに、平成 19 年度には、前年度の検討をさらに進める形で計算を行い、特に近年大量漂着が問題となっているポリ容器を対象にした計算では、現地調査結果の傾向を良く表現できた。また、東シナ海と日本海を同時に計算できる結合モデルを構築して、中国や台湾など、東シナ海側から日本海に流入するゴミについても検討を行うことができる土台を整備した。

この 3 ヶ年の成果として、日本海においてはゴミの浮遊状態(沈下率)と発生域、発生量を把握できれば、高い精度で漂流・漂着予測を行うことができることが分かった。また、東シナ海においては、未だ開発段階ではあるが、漂流・漂着ゴミの概略を把握できるところまで開発が進んでいる。

これらの結果は、国際的な協力関係のもとで漂流・漂着ゴミの削減を進める上で、効果的な材料になり得ることは間違いないが、ゴミの種類や対象とする海域によってはいくつか課題が残されており、周辺各国を強く説得できる材料としては改善の余地がある。また、この予測シミュレーションモデルは、日本海の流動を高精度で予測する RIAMOM(九州大学応用力学研究所海洋モデル)の計算結果を利用しているが、流動計算結果及び気象庁の風データを取得・編集して漂流計算を行う手順をとっているため、迅速性にややかけている。

今後は、東シナ海沿岸域の人口の設定や台湾海峡からの流入量の設定をはじめとする入力データの見直し、また平均化された外力データの見直し等を行うことによって、シミュレーションモデルのさらなる精度向上を図る必要がある。

さらに、例えばある時に大量漂着が起こった場合にその発生域を推定するなど、社会的要請に対して迅速に予測計算ができるようなシステム作りが課題として挙げられる。

- . 本 編 -

1. 3 ヶ年の検討の流れ

1.1 これまでの検討内容

漂流・漂着ゴミの予測手法を検討するにあたって、これまで2 ヶ年にわたって表- 1.1.1 に示す項目について調査・検討を行ってきた。

表- 1.1.1 これまでの検討内容

年 度	検討項目
平成 17 年度	<ul style="list-style-type: none">・ 漂流ゴミの実態調査(石川県内灘海岸、京都府箱石海岸、島根県隠岐、鹿児島県吹上浜、長崎県対馬、沖縄県瀬長島海岸)・ 予測手法の選定(シミュレーションモデルの選定)・ 日本海における漂流・漂着予測モデルの構築と外力データの収集・整理・ テストラン
平成 18 年度	<ul style="list-style-type: none">・ 漂着ゴミの実態調査(山形県飛島、長崎県福江)・ 日本海における漂流・漂着ゴミの移動・集積特性の検討・ 特定アイテムの漂流・漂着特性の検討(ライター、ポリ容器、ペットボトル)・ 風圧係数の検討・ 冬季風浪時における漂流物の到達時間の推定・ 河口流出ゴミの漂流・漂着特性の検討・ 東シナ海における漂流・漂着予測モデルの構築と外力データの収集・整理

1.2 これまで検討結果の概要

(1) 平成 17 年度調査検討結果の概要

1) 漂流ゴミ実態調査

平成 17 年度の調査では、東シナ海、日本海に面した 6 地点で、製造地または使用地が記載されたアイテムを対象を絞って収集した。収集量は調査地点によってかなりの違いがみられた。また、ペットボトル、使い捨てライター、漁業用フロート、ポリ容器は地点によって分布に違いがみられた。この理由としては、海上浮遊時の形状・沈下率の違いなどが影響していることが第一の要因と考えられる。しかし、形状が類似し、多数のサンプルが収集されたアイテム間でも同様の事情がみられることから、発生地の違いも関係している可能性がある。

本調査で実施した実態調査は、時期、規模ともに制約の大きいものであり、この結果から直ちに日本海沿岸のゴミ漂着状況の全容を結論付けることはできない。本調査結果を有効に活用し、漂着ゴミの全体像を把握するためには、過去に各機関が実施した既存の調査結果を活用し、解析に取り込んで評価する必要がある。

2) 漂流・漂着ゴミの予測手法検討

平成 17 年度の検討では、日本海におけるゴミの漂流・漂着の平均的な季節変化を把握するための検討を行い、概ねゴミの漂流・漂着の傾向を知ることができた。

特に、水面上に露出して浮かんでいるようなゴミは 3 ヶ月間でかなりの確率で漂着し、逆にほとんど水中に沈んでいるゴミは日本海を漂い続ける可能性があることを示唆する計算結果が得られた。また

漂流経路は、概ね西から東へ移動する傾向が見られており、発生域は漂着地の西側である可能性が高いことが分かった。

次年度以降の課題として、実際の気象・流動を時系列的に適用して、漂着ゴミの漂流経路及び発生域を具体的に推定する必要がある。その際、ゴミの形状や容積など具体的にターゲットを絞って検討を行う必要がある。

さらに、海洋漂流ゴミの起源の大きな部分が河口から流出する陸域ゴミであるとされることから、ゴミ粒子の初期分布の与え方について、河口を発生源とした検討を加える必要がある。また、一度海岸に漂着したゴミが、風や波の具合によって再び海上に流れ出して漂流するいわゆる再浮遊の問題は、次年度以降において取り扱いの有無ならびに手法について検討する必要がある。

最後に、現地調査結果によると、対馬海峡より南の地域に起源を持つと考えられるゴミも多く見られたことから、調査対象範囲を東シナ海まで広げることを視野に入れる必要がある。

(2) 平成 18 年度検討結果の概要

1) 漂着ゴミ実態調査

回収したアイテムまたは撮影した写真による情報を整理し、調査結果及び関係資料の整理結果からモデル検討の材料となる資料を作成した。

福江島(長崎県五島列島)の大川の海岸、飛島(山形県)の青石海岸の2ヶ所で、漂着ゴミ実態調査を実施した。調査結果から、ペットボトルに関して国別割合の他、中身の残量、蓋の有無等のシミュレーションに必要となるデータを取得した。また、ライターについても、国別割合の他、回転ヤスリの有無などの情報を得た。また、収集したライターを用いて浮遊状態を調べることで、シミュレーションの条件設定に必要となるデータを取得した。

2) 漂流・漂着ゴミの予測手法検討

平均場での漂流ゴミ移動の検討

日本海のアベラジの条件下で数年間の海面浮遊物体の追跡を行い、漂流ゴミの分布および蓄積の状況を検討した。これにより、日本海での海上漂流物の移動・集積特性を確認した。また、現地実態調査結果から抽出した代表的なタイプ(重量、形状、沈下率等)のゴミが条件(発生時期、発生域等)によって経路や漂着域に違いがみられるかどうかを検討した。

日本海一様にゴミを分布させた初期状態から、4年平均の流動場を用いて3年間の漂流計算を実施した結果、ポリ容器(空中:水中比=10:1)、ペットボトル(空中:水中比=100:1)を想定したケースでは、1年間でほとんど全てのゴミが海岸に漂着した。一方、ライター(空中:水中比=0:1、1:2、1:1)を想定したケースでは、3年間経過後にも日本海を漂流するものが認められた。

特定期間の漂流ゴミ移動経路の推定

特定の期間に発生した漂着ゴミの実態に対応する検討ケースを抽出し、このケースに沿って、日本海の海流ならびに特定の気象条件下(季節風、台風)で特定の場所から発生した浮遊ゴミがたどる漂流経路ならびに漂着域の状況を検討した。

特定アイテム(ライター、ペットボトル、ポリ容器)の漂流・漂着特性の検討、冬季風浪時における漂流物の到達時間の検討、河口流出ゴミの漂流・漂着特性の検討を実施した。特定アイテムの漂流・漂着特性の検討では、沿岸各地域の流域人口を考慮したゴミの流出条件、藤枝・小島(2006)*の観測データに基づく対馬海峡からの流入条件により、日本海沿岸の国別漂着ゴミの分布を計算した結果、観測データ(藤枝・小島,2006)*とよい一致が得られた。

* 藤枝繁・小島あずさ(2006):東アジア圏域における海岸漂着ごみの流出起源の推定,沿岸域学会誌, Vol.18, No.4, pp.15-22.

東シナ海における漂流ゴミ予測シミュレーションモデルの検討

東シナ海における海流・気象の概況を把握するとともに、流動予測計算を行い、その結果を日本海側を対象としたシミュレーションモデルに反映できるよう検討した。

東シナ海の漂流計算を実施することで、東シナ海沿岸国から流出したゴミが対馬海峡に到達する割合が推定できた。

1.3 平成 19 年度検討内容

平成 19 年度は、これまでの検討結果及び委員会の指摘事項等を踏まえて、以下の 3 点について検討を進めている。検討項目(計算メニュー)は表- 1.3.1 に示すとおりである。

日本海における漂流・漂着予測の再検討

東シナ海における漂流・漂着予測の検討

日本海・東シナ海結合モデルの構築

なお、特定アイテムとしてライターを多く取り上げているが、調査結果が豊富にある、流出地を比較的特定しやすい、流出量が人口に比例すると考えられる、などの理由からライターを選定している。

表- 1.3.1 平成 19 年度検討項目(計算メニュー)

検 討 項 目	対象物の 沈下率 (空中:水中)	内 容
1.日本海における漂流・漂着予測の再検討		
ライターを対象とした漂流・漂着予測	1:1、1:2、0:1 各々計算	・ 全投入数同一形状の計算 ・ 国別漂着割合、漂着数、漂流経路を比較
	1:1、1:2、0:1 3種混合 1:1 ... 10% 1:2 ... 75% 0:1 ... 15%	・ 道府県別漂着割合を分析し、流出物の到達範囲等を検討
ライター以外を対象とした漂流・漂着予測	10:1、5:1、 2:1、1:1	・ 冬季季節風の影響を受けやすいアイテムを対象に計算 ・ 海上保安庁のポリ容器の調査結果と比較 ・ 到達時間の推定
2.東シナ海における漂流・漂着予測の検討		
ライターを対象とした漂流・漂着予測	0:1、1:1、1:2 3種混合	・ 日本海のライター検討の東シナ海版 ・ 現地調査結果との比較(国別漂着割合) ・ 漂着数、漂流経路の分析
ライター以外を対象とした漂流・漂着予測	100:1、10:1	・ 空中断面積割合の大きい漂流物(主にペットボトルを想定)を対象とした計算 ・ 国別漂着割合、漂着数の確認
東シナ海発生ゴミの漂流・漂着予測	1:1	・ 月に1回(1年間)、海域別に投入して追跡 ・ 日本海への流入しやすい海域の推定
太平洋沿岸域発生ゴミの漂流検討	100:1、10:1、 1:1、1:2、0:1	・ 太平洋沿岸の代表として、鹿児島、高知、千葉から発生した漂流ゴミを追跡 ・ 太平洋への流出割合の推定
韓国沿岸域発生ゴミの漂流検討	100:1、10:1、 1:1、1:2、0:1	・ 韓国西岸、南岸、東岸から発生した漂流ゴミを追跡 ・ 南西諸島へ到達する可能性
3.日本海・東シナ海結合モデルの構築		
日本海・東シナ海結合モデルの構築	100:1、10:1、 1:1、1:2、0:1	既往モデル計算結果との比較

1.4 検討範囲

検討範囲は図- 1.4.1 に示すとおりである。日本海における各種検討は「日本海モデル」、東シナ海及び太平洋における各種検討は「東シナ海モデル」を用いている。

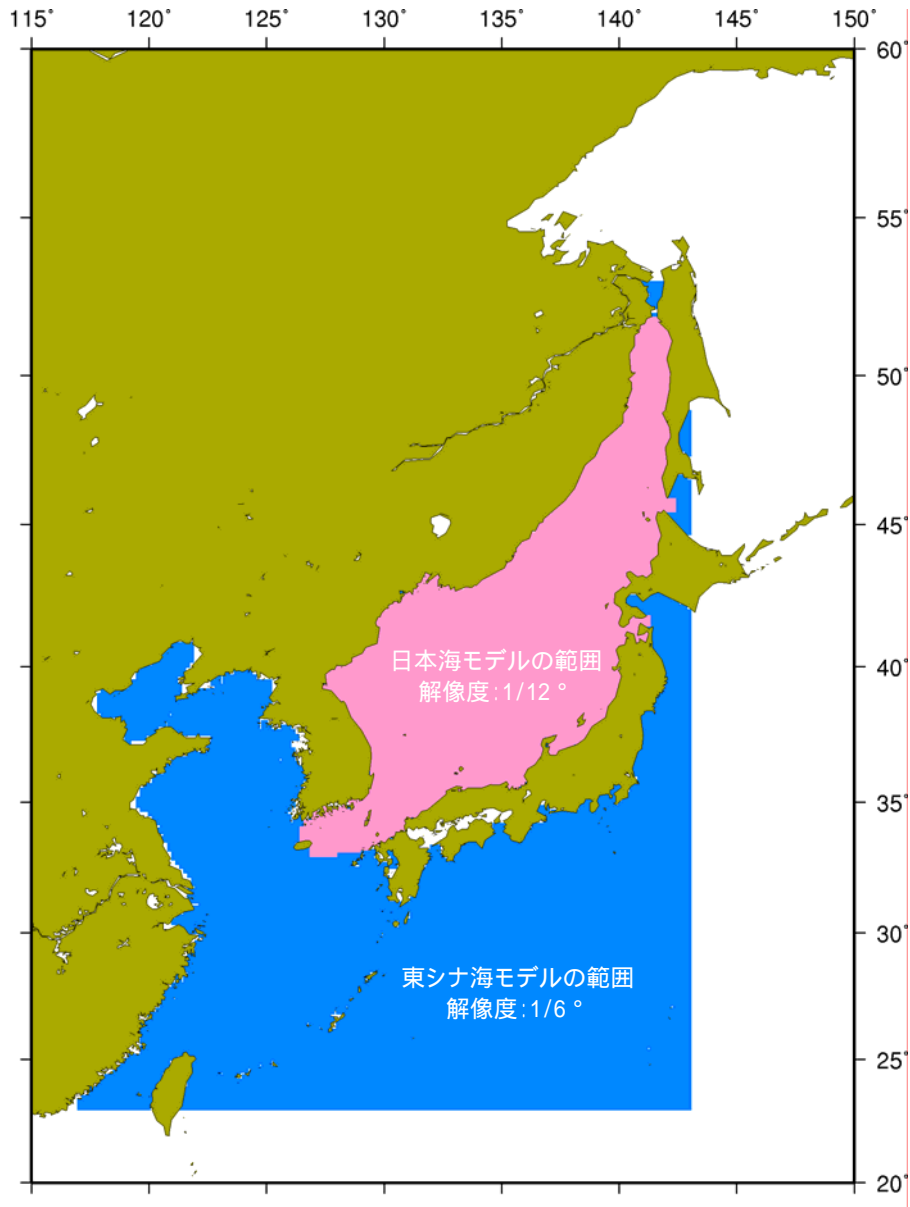


図- 1.4.1 検討範囲

2. 漂流・漂着ゴミの予測手法検討

2.1 モデルの概要

漂流ゴミ予測シミュレーションモデルは、「流動モデル」と「拡散モデル」の2つのモデルで構成される。流動モデルは、基本となる海水の流れの場を予測するモデルであり、本業務ではRIAMOM(九州大学応用力学研究所海洋モデル)の計算結果を用いている。拡散モデルは、風データと流動モデルで計算した海流データ、ならびに各種入力データからゴミの漂流経路及び漂着地を予測するモデルである。図- 2.1.1 に漂流ゴミ予測シミュレーションモデルのシステムを示す。

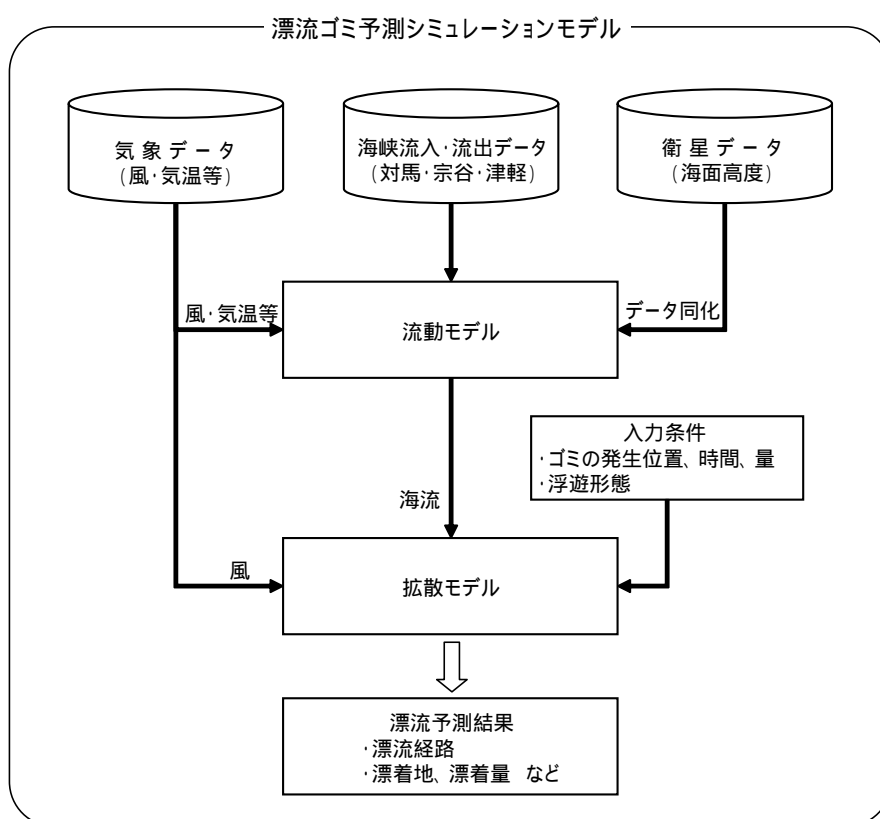


図- 2.1.1 漂流ゴミ予測シミュレーションモデルシステム

本請負は、平成 17 年度からの継続業務である。本業務では表- 2.1.1 に示すとおり、対象領域が異なる 3 つの漂流ゴミ予測シミュレーションモデルを 3 年かけて構築した。

表- 2.1.1 漂流ゴミ予測シミュレーションモデル

モデル名	対象範囲	流動モデルの解像度		備考
		日本海海域	東シナ海海域	
日本海モデル	日本海	1/12°	-	平成 17 年度構築
東シナ海モデル	日本海・東シナ海	1/6°	1/6°	平成 18 年度構築
日本海・東シナ海結合モデル	日本海・東シナ海	1/12°	1/6°	平成 19 年度構築

2.1.1 流動モデルと拡散モデル

(1) 流動モデル

対象海域の流れを再現するために、本調査では日本海の流動再現に実績のあるRIAMOM(九州大学応用力学研究所海洋モデル)を用いた。RIAMOMは、大きくは多層レベルモデルの範疇に属し、Arakawa B-grid と称される格子系の上で、運動量やエネルギーといった重要な物理量がより正確に取り扱われるための工夫を取り入れている。そのひとつとして、起伏の大きい海底地形上の格子でこれらの物理量を正確に表現する手法に、斜め移流とよばれる、モデル上の斜面に沿った流れの概念を採用している。計算格子上的計算点の設定方法と用いる差分スキームの特性から、海底地形が海洋の流れに与える効果を感度よく反映し、水平方向の距離に対して水深方向の地形変化が大きい日本海のような海域の流動も正確に再現できることが知られている(詳細は平成17年度報告書参照*)。

また、海洋の流れに影響を及ぼす気象条件(風、日射、気温など)や、海域で測定された実際の流動データの情報を計算中に刻々と取り込み、計算誤差を実測値で補正しながら予測計算結果を求めることができる(アシミレーション手法)。このようにして得られた流動場は、海流、潮流、吹送流などの、異なる要因によって生成される流れの成分を含んだものとなり、実際の海の流れを高い精度で表現することができる。

なお、流動計算に用いた気象条件は、実測値を入力することも可能であるが、気象データの実測値は時空間的に局所的にしかないため、時空間的にデータが揃っていない気象モデルの予測値を用いている。

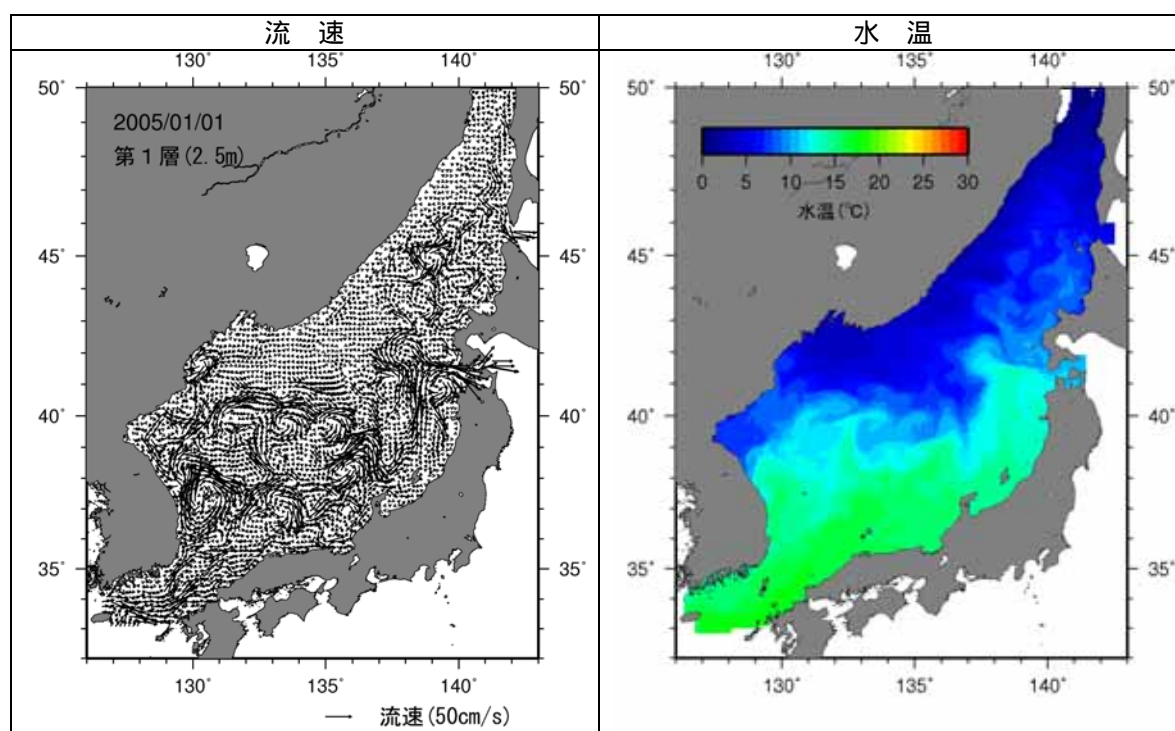


図- 2.1.2 流動予測計算結果の一例

* 平成17年度 漂流・漂着ゴミに係る国際的削減方策調査業務 報告書 平成18年3月 国土環境株式会社

(2) 拡散モデル

海面を浮遊する物体は、海水の流れ、風、波浪などの力によってその位置を変えていく。これら海面浮遊物の移動に影響する外力のうち最も重要なものが海水の流れと風であるといわれる。そこでまず、最も基本となる海水の流れの場を流動予測モデルによって得た後、海面浮遊物の移動を支配する外力の、流動に次いで重要な風の効果を取り込んで予測を行うものとした。

流動予測計算で得られる流動場には風によって引き起こされる吹送流が含まれているが、ここでは吹送流とは別に、風が海上の物体に吹きつけて、物体を直接押す効果(風圧の効果)も考慮した(図-2.1.3)。

海上風が物体を押すときには、物体の形状や水中への沈下割合によって、浮遊物の移動速度や移動方向が変わるといわれている。どのような状況でどのようなパラメータが海上浮遊物の挙動に影響するのかを考慮して浮遊物の移動経路を予測する必要がある。

九州大学応用力学研究所では海面を浮遊する流出油の移動を予測する手段として流出油拡散予測モデルを構築しており(図-2.1.4)、気象モデルと流動モデルの予測結果を瞬時に取り込んで漂流予測を行うシステムを導入し、その移動状況を非常に高い精度で予測している。本業務では、この流出油拡散予測モデルをベースにし、これらのパラメータ(沈下割合等)を組み込んで海上漂流物の移動予測モデルを構築した。

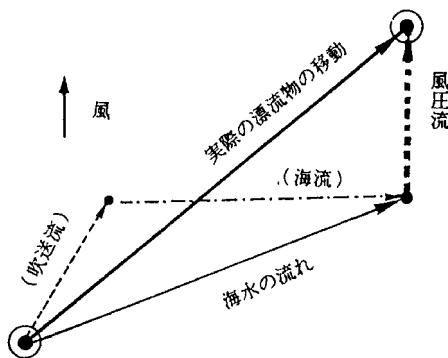


図- 2.1.3 風圧流の考え方

出典: 小田巻実(1986),沿岸域における漂流予測の試み, 沿岸海洋研究ノート,第23巻,第2号

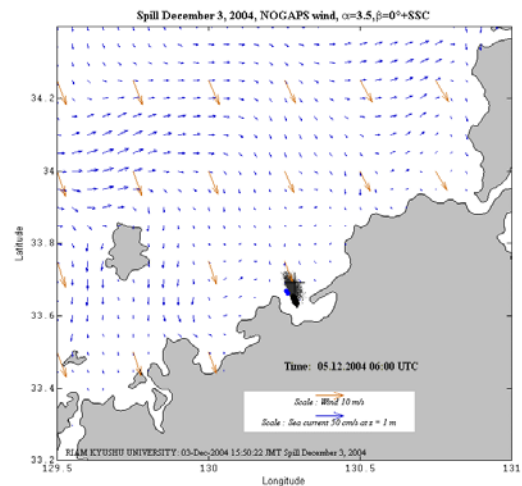


図- 2.1.4 流れと風と海上漂流物

出典:九州大学応用力学研究所 HP

2.1.2 拡散モデルにおける浮遊物の扱い

海面を浮遊する物体がどの程度の沈み方をしているかを適切に設定することが、漂流物の挙動を予測する上で重要である。海面を浮遊する物体は、海水の流れと風から主要な推進力を受けると考えられ、本調査で用いたモデルでも、これらの力の合力によって移動の速さや方向が決定される。風が海面の物体に直接力を及ぼすとき、物体が風から受ける力と流れから受ける力のバランスを支配する要因として、物体の沈下率 すなわち、断面積の空中部分と水中部分の比 が重要であることが経験的に知られている。

モデル上では、風圧流として知られる、風が海面の物体を直接押す力は、浮遊物の沈下率のみによって決まる。実際に海面上を漂流する物体は、ひとつひとつ異なる形状と沈下率を持っているが、モデル上では大まかな区分で扱わざるを得ない。個々の物体に対して厳密な沈下率を適用することはできないまでも、海上を漂う主なアイテムが、おおよそどのような範囲の沈下率を有するかを把握するために、測定を行った。

(1) 沈下率の簡易測定

漂着物の浮遊状態(沈下率)を設定するために、現地で取得した漂着物または同等の物を海水を満たした水槽に浮かべて簡易な実験を行った。なお沈下率は、漂着物を浮遊させた状態で写真を撮影し、画像処理ソフトを用いて浮遊物の水中と空中の断面積を計測することで算出した。対象アイテムはライター、ペットボトル、青フロート、オレンジフロート、球形のフロート、バイアル瓶とした。測定状況は資料編に示した。なお、ポリ容器については、漂流・漂着した現物がなかったため、参考として日本国内で使用されている灯油容器を用い、淡水水槽に浮かべて測定を行った。

浮遊状態(沈下率)の測定結果のまとめを表- 2.1.2 に示す。なお実験時に用いた海水の水温は約 25℃、塩分は約 36.5(psu)であった。

ライターは、躯体の材質や風防の有無で比重に微妙な差があり、浮き方に多少の違いがみられたが、使用済みになった直後で破損のないものは概ね、発火装置のある上部を下にして垂直姿勢で浮かんだ。水上部は少ない。ペットボトルやポリ容器などの密閉された容器は内容物がどの程度残っているかにより当然ながら沈下率は大きく異なった。ペットボトルは内容が空で蓋がついているものが多く、空中部分の割合が大きいため、風が強い日にはこれらが海面を流れるというより、転がって移動する様子がみられるという。素材の厚さや大きさによっても沈下率には違いがあるようである。ポリ容器は蓋がないものも多いが、容器の素材であるポリエチレンの比重が水よりも小さいために、中に海水が入っていても、容器の大部分が沈下した状態で、海面付近を漂っている可能性がある。

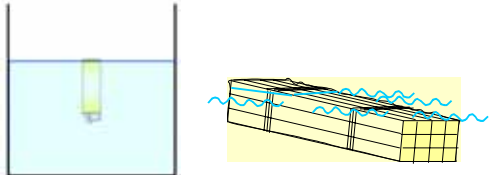
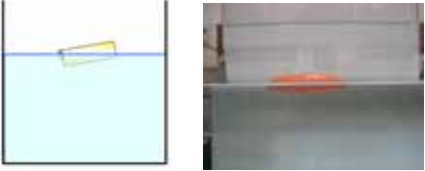



医療廃棄物は内容物の残り方や、容器の形状・厚さなどにより沈下の状況は千差万別であった。実際に現地の回収作業に携わった人の記述によれば、医療ゴミは、通常ばらばらな状態で漂着し、まとめて漂着していたのは輸送中に流出した新品の例だけであったという。

実際に海上を浮遊している個々の物体の沈下率を正確に知ることも困難であり、種々の浮遊物はある程度の範囲の沈下率で海面に浮いているとみなすのが現実的である。しかし、より正確な漂流予測計算を行うためには、実際にどのような沈下率で海上を漂っているかをある程度把握しておくことが必要である。本調査で扱う海上の漂流物の沈下率は浮遊状態ではおおまかに表- 2.1.3 のように区分できると考えられる。

表- 2.1.2 各アイテムの沈下率測定結果のまとめ

測定アイテム	測定沈下率 (空中:水中断面積比)	備考
ライター	0:1、1:2、1:1 など	個々のライターにより浮遊状態は異なる。 (劣化状態による違いがあることは昨年度確認済み)
ペットボトル	内容物の量によりさまざま 20:1(空)など	内容物がない場合、沈下率は非常に小さい (水面を容易に移動する)。 内容物の容量に比例して沈下する。
硬質フロート(漁業ゴミ)	1:1	沈下率(空中:水中)は1:1程度である。 刺し網で使用されるらしい。
ブイ(漁業ゴミ)	8:2~9:1(発泡スチロール) 6:4~7:3(プラスチック) など	沈下率は小さい(空中断面積が大きい)。 プラスチック製よりも発泡スチロール製は沈下率が小さい。
バイアル瓶(医療ゴミ)	さまざま	バイアル瓶は形状の違いや残存内容物により、沈下率が大きく変化する。
ポリ容器(参考までに 日本で使用される灯油 容器を淡水で測定)	13:1、7:1 など 内容物の量によりさまざま	日本の灯油容器を使用。ただし測定は海水ではなく淡水に浮かべて実施した。蓋がしまり、かつ空の場合は沈下率は非常に小さい(水面を容易に移動する)。

表- 2.1.3 海上漂流物の浮遊状態(沈下率)

おおおまかな 沈下率(空中:水中 断面積比)	アイテムの例	状態
0:1	<p>ほぼ全沈した物体</p> <p>ライター 海面すれすれに浮く木材 など</p>	<p>海水の流れだけで移動</p> 
1:1 前後	<p>半ば沈んでいる物体</p> <p>ライター、硬質フロート プラスチックブイ さまざまなバイアル瓶 など</p>	<p>海水の流れと風圧流で移動</p>  
10:1 前後	<p>大部分が水面上に出ている物体</p> <p>発泡スチロールブイ さまざまなポリ瓶(中身少) など (ポリ容器もこの範疇か)</p>	<p>風が吹くと風の効果が大い</p> 
20:1 程度以上	<p>水中部分がほとんどない物体</p> <p>空のペットボトル など</p>	<p>風が吹くと風の効果が大い</p> <p>風圧流の扱いの適用範囲外の可能性あり</p> 

(2) ライターの腐食実験(海水浸漬実験)

流出地を知りうる漂着物として、ライターについて豊富な資料が蓄積されていたことから、本調査ではモデル検討をはじめ、さまざまな局面でディスポーザブルライターを意識した整理を行った。平成 18 年度調査では、現地調査で回収した漂着ライターの浮遊姿勢を計測しその数を記録したところ、浮遊姿勢はライターの損傷状態によって大きく 3 通りに分けられた。平成 18 年度の漂流拡散シミュレーションではこの回収時ライターの沈下率の分布を考慮し、3 種類の形状のライターがそれぞれの比率で混ざった状態(沈下率=空中:水中比が 0:1、1:2、1:1 のものがそれぞれ 15%、75%、10%)で漂流開始したとする計算を行った。

これらのライターは、廃棄直後にはおそらく損傷した状態ではないと推定され、廃棄されてから回収されるまでの間のどこかの時点で腐食・破損が生じると考えるのが妥当である。しかし、ライターの海域への流出日(時期)を知りえないこと、形状の変化が起こる時点が不明であることなどから、形状とそれに伴う沈下率の変化を漂流拡散シミュレーションの中で扱うことは適切ではない。

ここでは、形状の変化に至る腐食が、投棄されたライターが海水中に到達した後、比較的早期に起こるのか、それともかなりの時間を要するのかを推定するために、使用済みのディスポーザブルライターを用いて実地の腐食実験を行った。

1) 材料と方法

実験に用いた材料と方法を表- 2.1.4 に示す。実験に用いたライターは、日本国内で使用されたものであり、ほとんどが国内で販売されたものと考えられる。ただし、筐体に刻印された記号から判断して、製造国は多岐にわたっていた。

表- 2.1.4 材料と方法

項目	内容	備考
材料	国内で収集した使用済みライター計 36 個	内訳は表- 2.1.5 参照
方法	<ul style="list-style-type: none"> ・ ライターが海水中で互いに接触しないようひとつずつ水きりネットに入れた上で全部を大きいネットで包み、ロープにつないで浮き桟橋から海中に設置した(常時海面に浮遊した状態) ・ 設置前と回収後に重量の変化を測定した ・ 燃料の残量を記録した ・ 写真撮影を行った 	図- 2.1.5 参照 設置時、回収時、途中引き揚げ時の計 3 回
設置場所	東京海洋大学の埠頭岸壁	図- 2.1.6 参照
期間	2008 年 1 月 8 ~ 21 日	13 日間

表- 2.1.5 収集ライターの製造国

製造国	個数
日本	4
中国	20
フィリピン	2
メキシコ	1
タイ	1
ベトナム	1
スペイン	1
不明	6



図- 2.1.5 水きりネットに入れたライターをさらに大きいネットに入れたところ(海洋大岸壁にて)



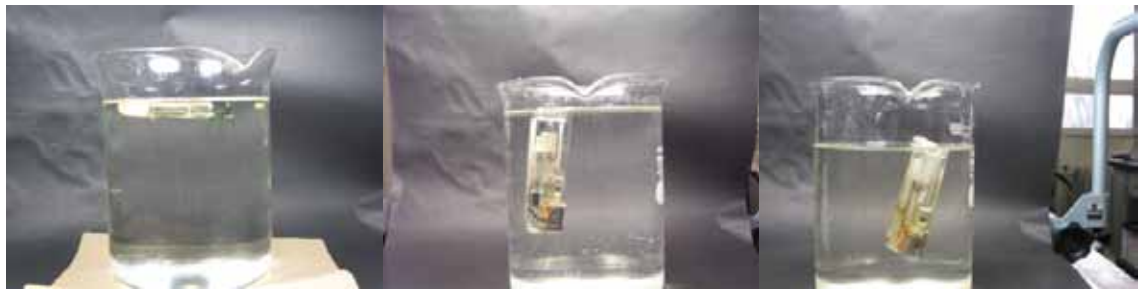
図- 2.1.6 ネットに入れたライターを浮き桟橋から海中に設置

2) 結果

海中に設置する前、途中引き揚げ時、回収後の3回、浮遊状況を記録した。ブーカーに岸壁から汲み上げた海水を入れ、ここにライターを投入して室内で撮影を行った。

表- 2.1.6 観察結果の記録

項目	観察結果			備考
	2008年1月8日	1月11日	1月21日	
浮遊姿勢	直ちに沈下したもの3個 水平姿勢5個 残り倒立姿勢	新たに沈下1個 浮いているものは全て倒立姿勢	浮いているものは全て倒立姿勢(図- 2.1.7)	
沈下率	燃料の残りと沈下率は無関係(図- 2.1.8)		沈下率が若干増大したと思われる例あり	沈下率はある程度の幅の中でさまざま
外観(サビ)	-	発生	増加(図- 2.1.9)	日数とともに有機物の付着が増大
外観(破損)	-	なし	なし	
外観(浸水)	-	なし	なし	



1月8日

1月11日

1月21日

図- 2.1.7 浮遊姿勢の変化



タンクの残り燃料は7割くらい

残り燃料 1/3 くらい

タンクはほぼ空

図- 2.1.8 設置前の海水中ライター浮遊姿勢



図- 2.1.9 サビが出たライター (海中設置後 13 日目)

3) まとめ

海水に投入直後のライターの浮遊姿勢は、底を上にして浮くものが多かった。当初水平に浮いたものも、時間がたつと底を上にして浮くようになった。沈下率は途中で若干変わるものもあったが、概ねは微妙な範囲であり、大きな変化ではなかった。水上(空中)に出る部分の大きさはばらつきがみられた。

海水に漬けて3日後には金属風防部分にサビが発生していた。13日後にはサビは増加したが、風防やヤスリが脱落するようなことはなかった。タンク内への海水の浸入はみられなかった。

海中設置前と回収後の重量は、一例を除いて回収後に0.1～0.6gの増加がみられた。タンクの中の液体は識別できるほどの増加は認められず、風防や回転ヤスリなどの構造の隙間に入った水が残っていたと考えられる。

ライターが海上に流出したときは、まずは回転ヤスリがついた側を下にして漂流し、2週間程度の短期間のうちには風防等が脱落するような変化は起こらないと推定される。

2.2 日本海における漂流・漂着予測の再検討

2.2.1 ライターを対象とした漂流・漂着予測

平成 18 年度で日本海のライターについてはある程度の結果が出ているが、ライターの形状の劣化は、海岸に打ち上げられてから進行するとも考えられるので、初めから形状別の比率で投入せず、全投入数同一形状の計算を行った。

計算条件は、基本的には平成 18 年度に国別漂着割合の再現性が高かった計算条件と同様とする。ただし、ライターの沈下率は空中:水中断面積比=1:2、0:1、1:1 の 3 ケースとし、それぞれ別ケースとして全投入数同一形状の計算を行った。

(1) 計算条件

1) 外力

漂流・漂着予測計算に用いた外力データは平成 18 年度と同様であり、RIAMOM計算結果及び気象庁GPVの全球モデル(GSM)を使用した。使用したデータ期間は、2003 年 1 月 1 日から 2006 年 12 月 31 日の 4 年間の日データである。

参考として、日本海流動場及び気象庁 GPV の月平均場(4 年平均)を資料編に示した。

2) 計算期間

計算期間は平成 18 年度と同様で、図- 2.2.1 に示すとおり 2001 年 1 月 1 日から 2006 年 12 月 31 日までの 6 年間とした。

なお、2001 年～2002 年の 2 年間は予備計算期間とし、外力データは 4 年間の平均値(気候値)を用いた。

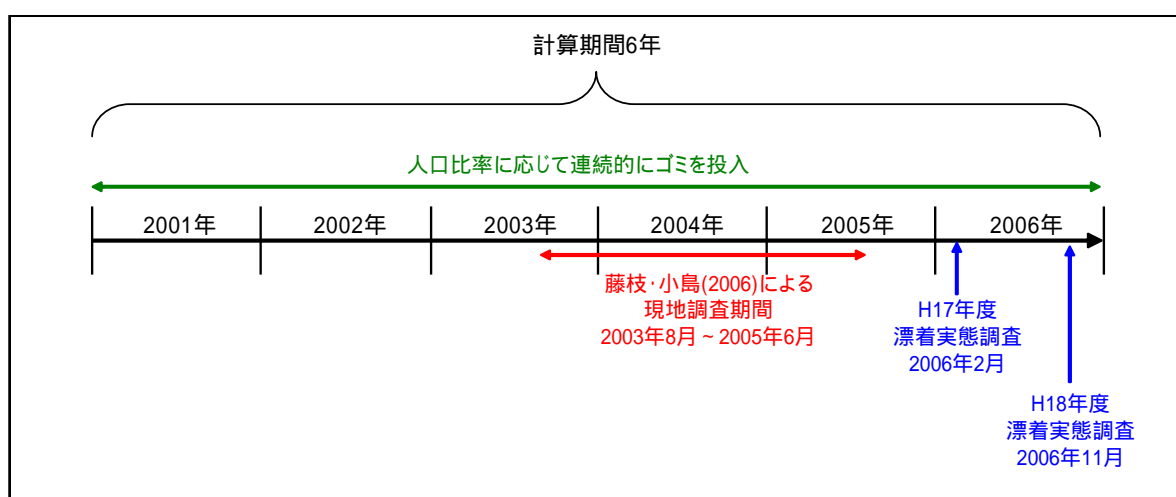


図- 2.2.1 計算期間

3) ゴミの投入条件

投入位置

海域に流入するゴミの発生源として、日本海沿岸の人口 10 万人以上の都市(日本、ロシア、北朝鮮、韓国、図- 2.2.2 参照)を仮定し、沿岸都市の最寄り海域格子点にゴミを投入した(都市投入)。

さらに、都市投入に加えて、海に面していない都市についても「河川を通じて日本海側にゴミを排出する」とみなしうる地域の人口を次のような手順で計上し、その地域のゴミが海岸線から均等に流出するものと仮定しゴミを投入した(流域投入)。

流域人口の推定手順

図- 2.2.3 に示すとおりサハリン流域、ロシア流域、北朝鮮流域、韓国東岸流域、韓国南岸流域、日本流域に分割する(太点線[黒])。

海外の流域について、地図上^{*1}に記載されている人口 10 万人以上の都市の人口を調べ計上する。人口 10 万人以下の都市については、平均 5 万人であると仮定して計上する。計上した流域人口のうち、都市投入で考慮している人口 10 万人以上の沿岸都市を除く流域人口を求め、その流域人口と海域に面する格子数から「格子点 1 点当たりの人口」を流域別に求める。

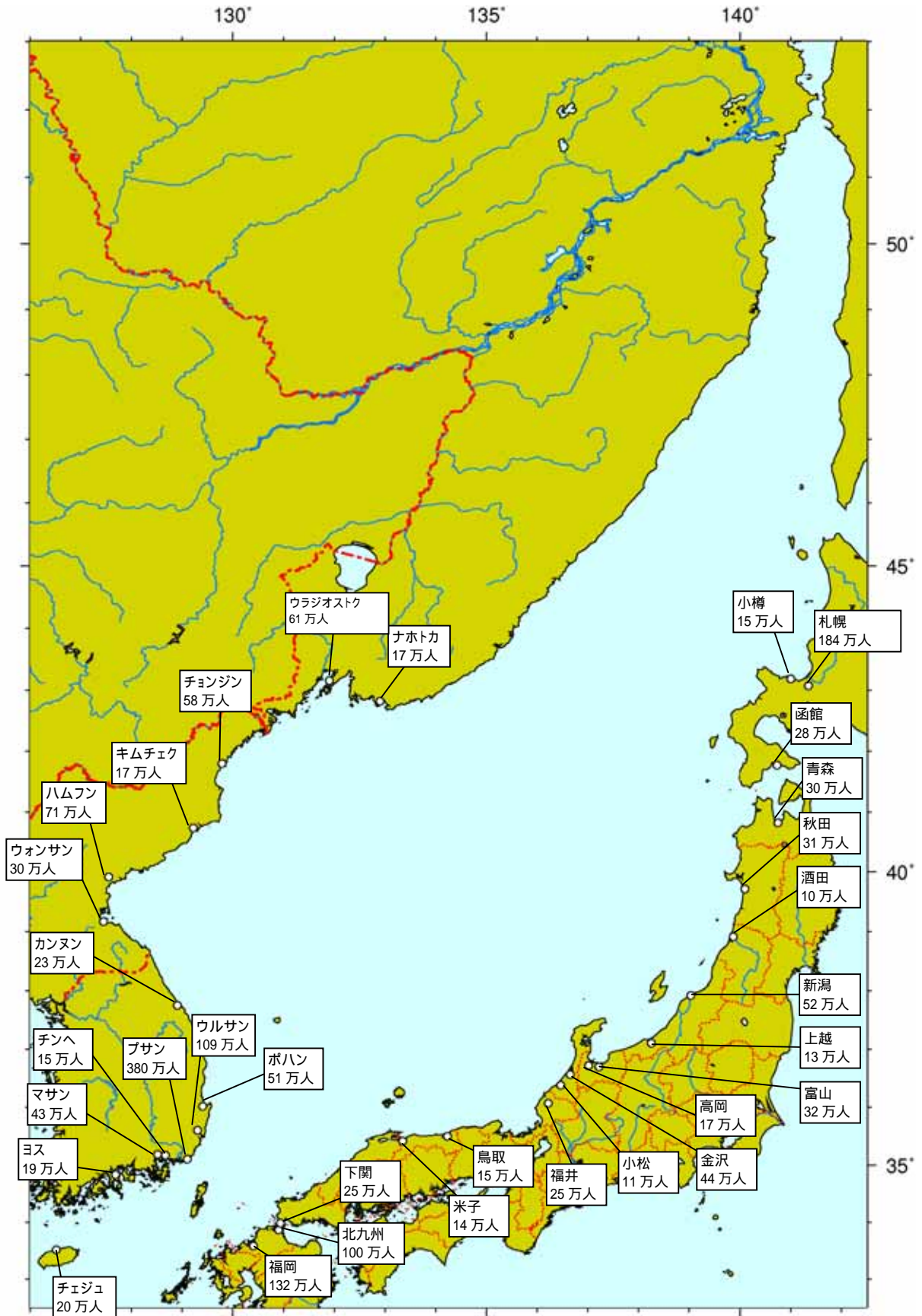
日本流域について、道府県別に流域の市町村人口を計上する。計上した流域人口のうち、都市投入で考慮している人口 10 万人以上の沿岸都市を除く流域人口を求め、その流域人口と各道府県が海域に面する格子数から「格子点 1 点当たりの人口」を道府県別に求める。

*1 「世界地図帳」、昭文社

流域人口の集計結果は表- 2.2.1 に示すとおりである。ゴミの投入位置は、都市投入については最寄りの海域格子点であり、流域投入については図- 2.2.3 に示した点である。の色は、サハリンは紺色、流域別に、ロシアは青色、北朝鮮はオレンジ色、韓国東岸は赤色、韓国南岸はピンク色、日本沿岸は黄色で示している。

投入量

投入量は、投入時間間隔を人口比率に応じて調整することにより人口の重み付けを表現した。具体的には、人口 20 万人の都市で 1 日 1 個のゴミが流出する頻度で投入し続けた(例: 480 万人 1 時間 1 個、4 万人 5 日 1 個の頻度)。



数字は人口(H15 統計)を表す

図- 2.2.2 ゴミの発生を仮定した都市

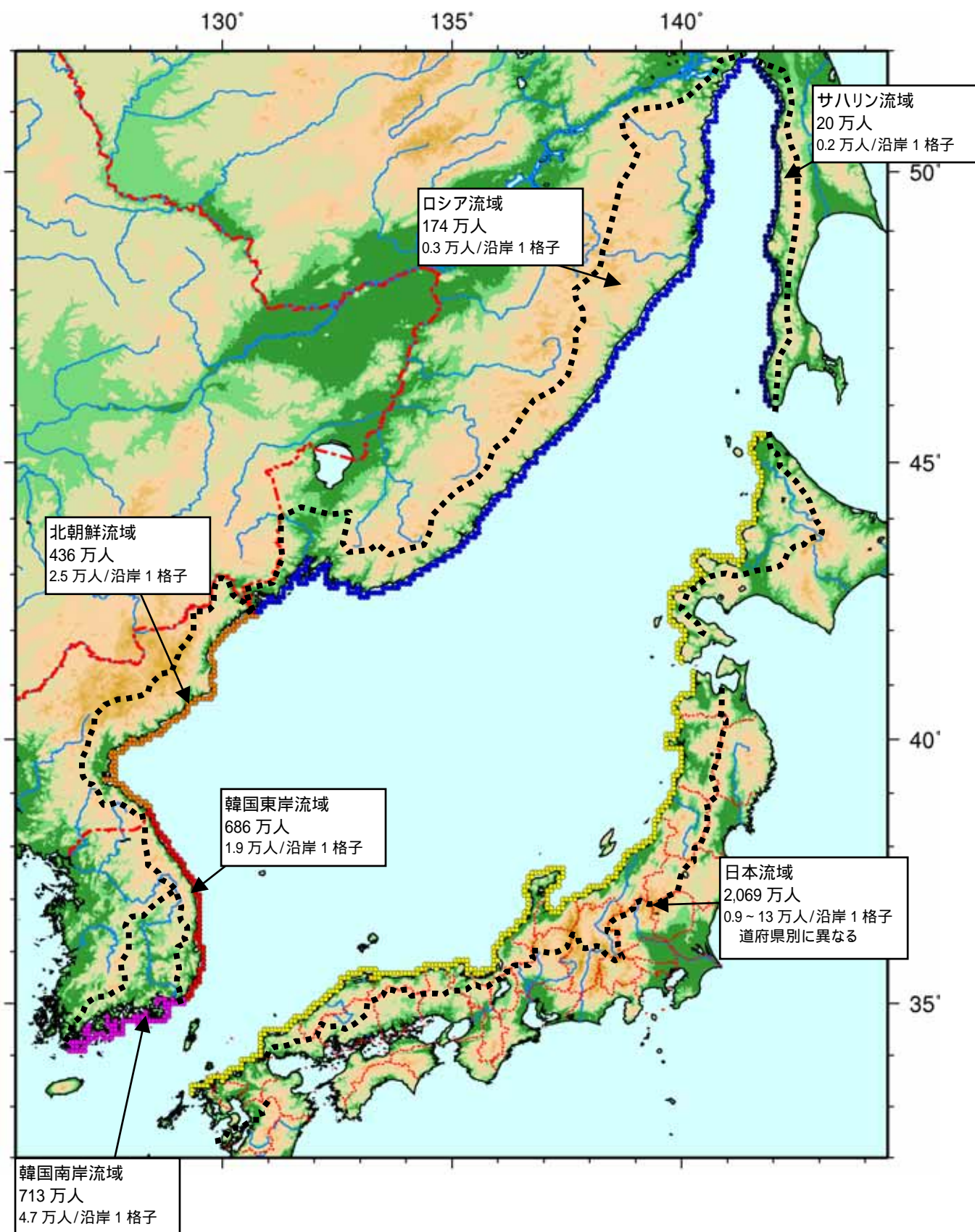


図- 2.2.3 流域区分と流域人口

表- 2.2.1(1) 流域人口の集計一覧(海外)

流域	内容	人口(万人)							
サハリン流域	10万人以上の沿岸都市	なし	0	韓国東岸流域	10万人以上の沿岸都市	カンヌン	23		
	10万人以上の内陸都市	なし	0			ポハン	51		
	10万人以下の都市	4都市×5万人想定	20			ウルサン広域市	109		
	アレクサンドロフスクサハリンスキー	ホルムスク				ブサン広域市	380		
	トマリ	ゴルノザボーツク			10万人以上の内陸都市	トンヘ	10		
	流域人口(計)		20			キョンジュ	28		
	流域人口(沿岸都市除く)		20			10万人以下の都市	17都市×5万人想定	85	
沿岸格子数		95		シンテ	テージン				
沿岸1格子当たりの人口		0.2		ソクチョウ	ヨントク				
ロシア流域	10万人以上の沿岸都市	ウラジオストク	61		ヤンヤン	ウィチャン			
		ナホトカ	17		チュムジン	クリョンボ			
		ウスリースク *1	16		キョンボテ	カムボ			
	10万人以上の内陸都市	なし	0		サムチョク	バンウォジン			
	10万人以下の都市	16都市×5万人想定	80		チュクピョン	ヤンサン			
	デカストリ	ダリネゴルスク			ウルチン	トンネ			
	シュルクム	ガバレロボ			ピョンヘ				
	ソビエトスカヤガバニ	オリガ			流域人口(計)	686			
	ネリマ	ラソ			流域人口(沿岸都市除く)	123			
	ナフタヘ	バレンティン			沿岸格子数	64			
	マクシモフカ	バルティザンスク			沿岸1格子当たりの人口	1.9			
	テルネイ	アルテム			韓国南岸流域	10万人以上の沿岸都市	テグ *1	248	
	ルードナヤ プリースタニ	クラスキ					チンヘ	15	
流域人口(計)		174				マサン	43		
流域人口(沿岸都市除く)		80				ヨス	19		
沿岸格子数		283				チェジュ	20		
沿岸1格子当たりの人口		0.3		10万人以上の内陸都市		アントン	19		
北朝鮮流域	10万人以上の沿岸都市	チョンジン	58				クミ	31	
		キムチェク	17				チャンウォン	49	
		ハムフン	71				チンジュ	34	
		ウォンサン	30				スンチョン	26	
	10万人以上の内陸都市	なし	0			10万人以下の都市	42都市×5万人想定	210	
	10万人以下の都市	52都市×5万人想定	260			テ	ベク	サムナンジン	
	ムサン	イーウォン				チュンヤン	キムヘ		
	ユスン	チャーホグ			ボンファ	ハムアン			
	ホエリョン	トクソン			ヨンジュ	コソソ			
	サムボン	ブクチョン			ヨンヤン	トンヨン			
	チョンソン	シンチャン			チョンソン	サーチョン			
	ナムヤン	シンボ			ムンギョン	インウォル			
	コソソ	ホンウォン			サンジュ	ハンヤン			
	ウンドク	バルジョング			ウィソソ	サンチョン			
	ホンウィ	クムヤ			ソソサン	ナムヘ			
	ソソボン	スジョング			クンウィ	ナムウォン			
	ナジン	フンナム			キムチョン	スンチャン			
	クワンヘ	チョンピョン			ヨンチョン	コクソソ			
	ユムサン	チャンドン			ハヤン	クリエ			
	マヤング	シンサン			ワェクワン	クワンヤン			
	ブルニョン	インフン			ソソジュ	ソピョン			
	ナナム	ヨンフン			キョンサン	コーフン			
	チュウル	コウォン			コーリョン	ポーソソ			
	キョンソソ	チャンドン			チャンニョン	ファソソ			
	サンボ	スドン			ヒョプチョン	チャンフン			
	オテージン	ゴサン			コーチャン	カンジン			
	ヨンアン	アンピョン			流域人口(計)	713			
ベクアム	ハース			流域人口(沿岸都市除く)	368				
ミョンチョン	トンチョン			沿岸格子数	78				
キルジュ	サンバン			沿岸1格子当たりの人口	4.7				
ホチョン	チャンジョン								
タンチョン	コーソソ								
流域人口(計)		436							
流域人口(沿岸都市除く)		260							
沿岸格子数		103							
沿岸1格子当たりの人口		2.5							

*1 ウスリースク(ロシア沿岸)、テグ(韓国南岸流域)は内陸都市であるが、流域の他の都市に比べ著しく人口が多いため、それぞれに流れる河川の河口から流出するものとした。

表- 2.2.1(2) 流域人口の集計一覧(日本)

流域	内容	人口(万人)						
北海道流域	10万人以上の沿岸都市	札幌	184	京都府流域	10万人以上の沿岸都市	なし	0	
		小樽	15			その他の都市	京都府	33
		函館	28			流域人口(計)		33
	その他の都市	北海道	99			流域人口(沿岸都市除く)		33
	流域人口(計)		326			沿岸格子数		12
	流域人口(沿岸都市除く)		99			沿岸1格子当たりの人口		2.7
	沿岸格子数		106					
	沿岸1格子当たりの人口		0.9					
青森県流域	10万人以上の沿岸都市	青森	30	兵庫県流域	10万人以上の沿岸都市	なし	0	
	その他の都市	青森県	55			その他の都市	兵庫県	17
	流域人口(計)		85			流域人口(計)		17
	流域人口(沿岸都市除く)		55			流域人口(沿岸都市除く)		17
	沿岸格子数		16			沿岸格子数		8
	沿岸1格子当たりの人口		3.5		沿岸1格子当たりの人口		2.1	
秋田県流域	10万人以上の沿岸都市	秋田	31	鳥取県流域	10万人以上の沿岸都市	鳥取	15	
	その他の都市	秋田県	87			その他の都市	鳥取県	47
	流域人口(計)		118			流域人口(計)		62
	流域人口(沿岸都市除く)		87			流域人口(沿岸都市除く)		47
	沿岸格子数		28			沿岸格子数		18
	沿岸1格子当たりの人口		3.1		沿岸1格子当たりの人口		2.6	
山形県流域	10万人以上の沿岸都市	酒田	10	島根県流域	10万人以上の沿岸都市	米子	14	
	その他の都市	山形県	113			その他の都市	島根県	62
		福島県	30				広島県	16
	流域人口(計)		153			流域人口(計)		91
	流域人口(沿岸都市除く)		143			流域人口(沿岸都市除く)		77
沿岸格子数		11		沿岸格子数		30		
	沿岸1格子当たりの人口		13.0		沿岸1格子当たりの人口		2.6	
新潟県流域	10万人以上の沿岸都市	新潟	52	山口県流域	10万人以上の沿岸都市	下関	25	
		上越	13			その他の都市	山口県	18
	その他の都市	新潟県	182			流域人口(計)		43
		長野県	142			流域人口(沿岸都市除く)		18
	流域人口(計)		389			沿岸格子数		19
	流域人口(沿岸都市除く)		324		沿岸1格子当たりの人口		0.9	
沿岸格子数		41						
	沿岸1格子当たりの人口		7.9					
富山県流域	10万人以上の沿岸都市	富山	32	福岡県流域	10万人以上の沿岸都市	北九州	100	
		高岡	17				福岡	132
	その他の都市	富山県	63			その他の都市	福岡県	133
		岐阜県	13			流域人口(計)		364
	流域人口(計)		125			流域人口(沿岸都市除く)		133
	流域人口(沿岸都市除く)		76		沿岸格子数		15	
沿岸格子数		13			沿岸1格子当たりの人口		8.9	
	沿岸1格子当たりの人口		5.8					
石川県流域	10万人以上の沿岸都市	金沢	44	佐賀県流域	10万人以上の沿岸都市	なし	0	
		小松	11			その他の都市	佐賀県	20
	その他の都市	石川県	63			流域人口(計)		20
	流域人口(計)		118			流域人口(沿岸都市除く)		20
	流域人口(沿岸都市除く)		63			沿岸格子数		4
沿岸格子数		42			沿岸1格子当たりの人口		5.1	
	沿岸1格子当たりの人口		1.5					
福井県流域	10万人以上の沿岸都市	福井	25	長崎県流域	10万人以上の沿岸都市	なし	0	
	その他の都市	福井県	58			その他の都市	長崎県	44
	流域人口(計)		83			流域人口(計)		44
	流域人口(沿岸都市除く)		58			流域人口(沿岸都市除く)		44
	沿岸格子数		20			沿岸格子数		10
	沿岸1格子当たりの人口		2.9		沿岸1格子当たりの人口		4.4	
日本全流域	10万人以上の沿岸都市	なし	777					
	その他の都市		1293					
	流域人口(計)		2069					
	流域人口(沿岸都市除く)		1293					
	沿岸格子数		393					
	沿岸1格子当たりの人口		3.3					

沈下率

ライターの沈下率は、平成 18 年度の簡易実験(図- 2.2.4)における浮遊形態に合わせて、3 ケースの計算を行った。

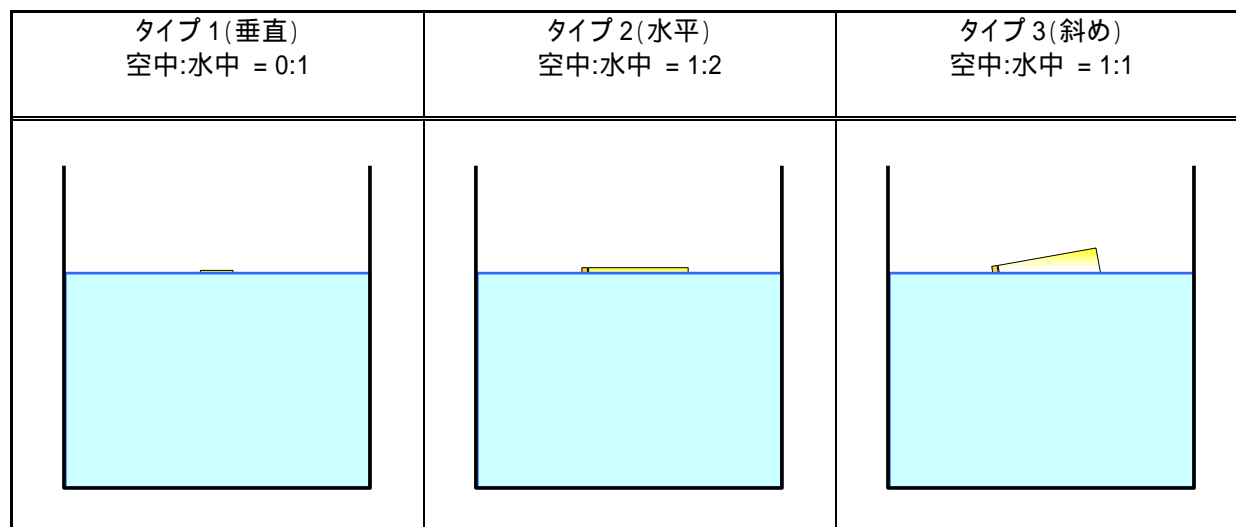


図- 2.2.4 ライターの浮遊状態

海峡からの流入量

日本海沿岸以外から発生するゴミとして、対馬海峡からの流入を考慮することとし、その国別の割合は対馬における調査結果(藤枝、小島, 2006)で示されている割合を適用(表- 2.2.2)、投入量は東シナ海側にある規模の都市(2,000 万人)が存在するものと仮定した。

表- 2.2.2 対馬における漂着ライターの国別割合

出 典	中国・台湾	韓 国	日 本
藤枝・小島(2006)	41 %	49 %	10 %
[参考値] 上記に最新データが追加されたもの	48 %	37 %	15 %
[参考値] 平成 17 年度漂着実態調査	46 %	46 %	8 %

4) 計算ケース

計算ケースは、平成 18 年度検討の中で最も再現性の良かったケース 4(ライターを対象)を基本とし、3 種類の沈下率を個別に計算した。計算ケースの一覧を表- 2.2.3 に示す。

表- 2.2.3 計算ケース

計算ケース (対象物)	対象物及び 沈下率 (空中:水中)	ゴミ粒子投入条件	計算期間	気象 流動条件
平成 18 年度検討ケース				
ケース 1	ライター 1:2 全体の 75% 0:1 全体の 15% 1:1 全体の 10%	・都市投入 *1 ・対馬海峡流入(1000 万人) *2 中国・台湾・韓国:日本 = 41:49:10 *3	2001 年 1 月 ~ 2006 年 12 月	気候値 + 日データ
ケース 2		・都市投入 *1 ・対馬海峡流入(500 万人) *2 中国・台湾・韓国:日本 = 41:49:10 *3		
ケース 3		・都市投入 *1 + 流域投入 *4 ・対馬海峡流入(1000 万人) *2 中国・台湾・韓国:日本 = 41:49:10 *3		
ケース 4		・都市投入 *1 + 流域投入 *4 ・対馬海峡流入(2000 万人) *2 中国・台湾・韓国:日本 = 41:49:10 *4		
ケース 5		・都市投入 *1 + 流域投入 *4 ・対馬海峡流入(2000 万人) *2 中国・台湾・韓国:日本 = 5:90:5 *5		
ケース 6		・都市投入 *1 + 流域投入 *4 ・対馬海峡流入(2000 万人) *2 中国・台湾・韓国:日本 = 38:41:21 *6		
平成 19 年度検討ケース				
ケース 7	ライター 0:1	・都市投入 *1 + 流域投入 *4 ・対馬海峡流入(2000 万人) *2 中国・台湾・韓国:日本 = 41:49:10 *4	2001 年 1 月 ~ 2006 年 12 月	気候値 + 日データ
ケース 8	ライター 1:2			
ケース 9	ライター 1:1			

*1 都市投入...日本海沿岸に面した人口 10 万人以上の都市から人口の重み付けをして投入

*2 対馬海峡流入(万人)...対馬海峡に流入する(たどり着く)ゴミの想定人口

*3 藤枝・小島(2006)による対馬の漂着割合

*4 流域投入...都市投入に加えて日本海に注ぐ流域人口を沿岸から流域区分別に均等に投入

*5 平成 17 年度漂着実態調査による対馬の漂着割合

*6 平成 17 年度漂着実態調査による隠岐の漂着割合

(2) 計算結果

1) 国別漂着割合の比較

再現性の検証として、漂着ライターの国別割合が整理されている現地調査結果(藤枝、小島, 2006)と比較した。モデルの計算期間は3年6ヶ月であるが、調査期間が2003年8月から2005年6月であることを勘案し、3年目の8月1日から5年目の6月30日の期間に漂着したライターについて国別漂着割合を求め、現地調査結果と比較した。

比較地点は表- 2.2.4、図- 2.2.5 に示すとおり11 地域である。漂着ライターの国別割合を図- 2.2.6 に示す。

漂着ライターの国別割合は各ケース間で多少の差異は見られるものの、全体的に見て国別割合の地域特性に大きな違いは見られなかった。

表- 2.2.4 現況再現比較地点

海岸地区名	海岸数
留萌(北海道)	6
石狩(北海道)	2
青森	6
山形	2
新潟	3
福井	2
京都	6
島根	5
山口	1
福岡	6
対馬	1

出典:藤枝・小島、「東アジア圏域における海岸漂着ごみの流出起源の推定」、沿岸域学会誌、2006 年

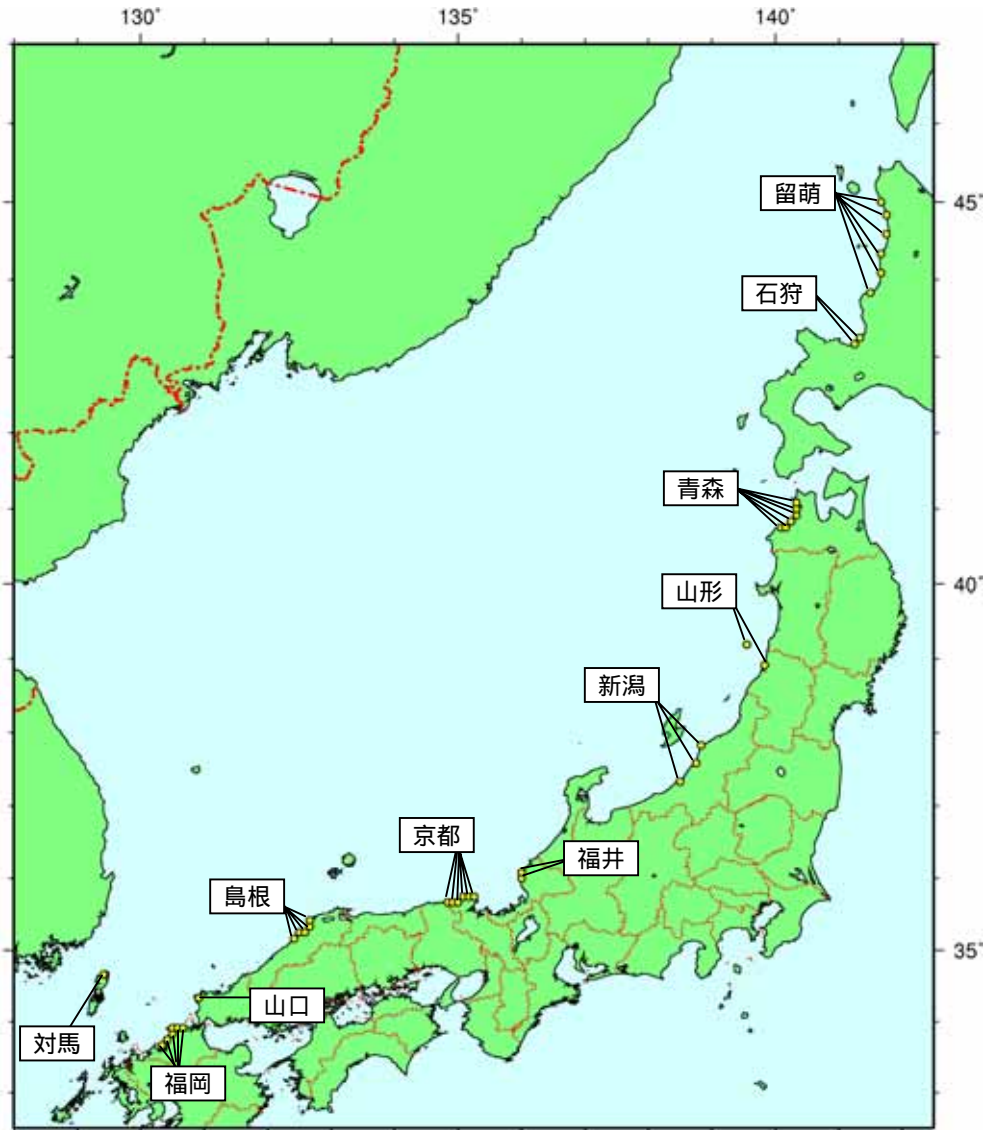


図- 2.2.5 現況再現比較地点

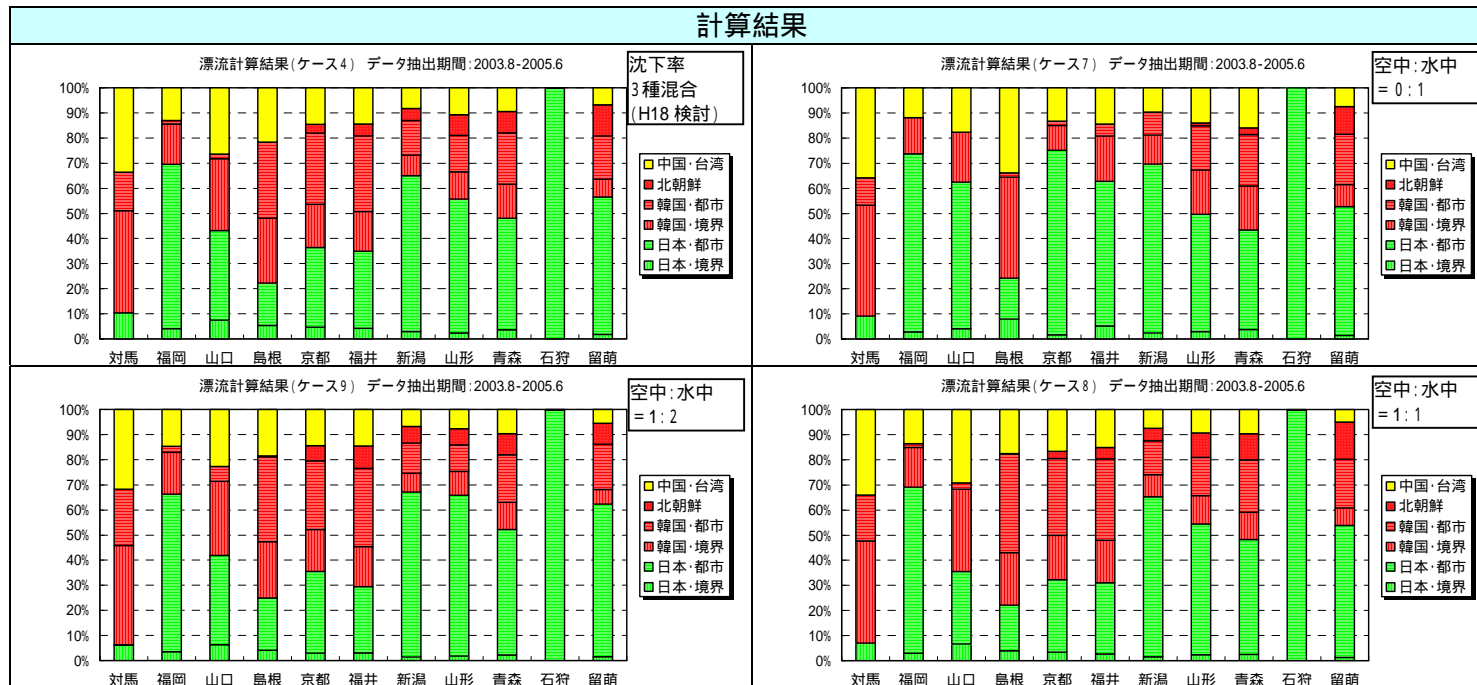
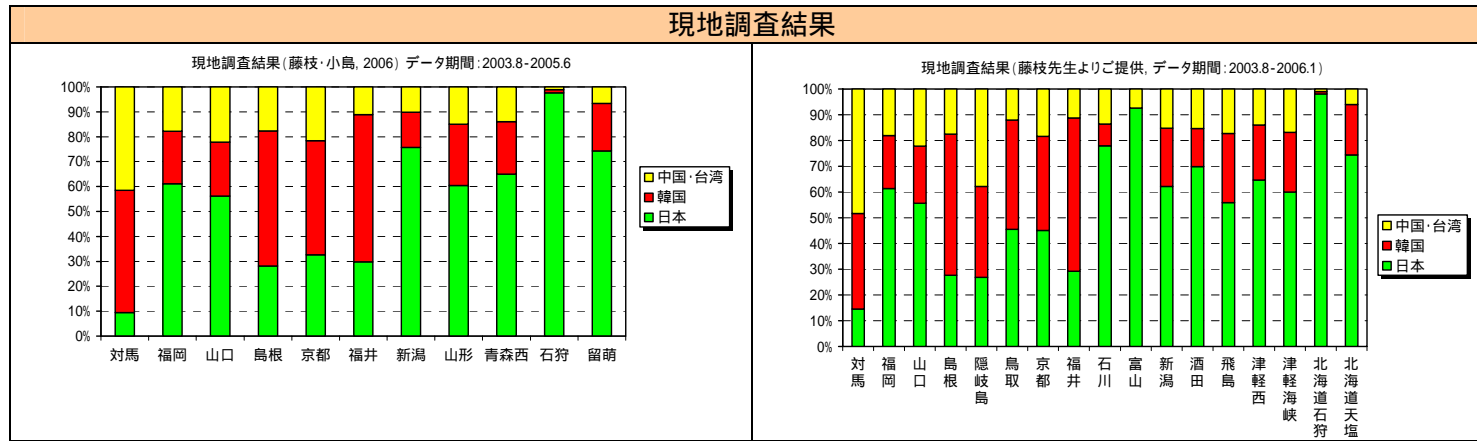


図- 2.2.6 漂着ライターの国別割合による再現性の比較

2) 漂着量の比較

漂着ライターの国別割合は各ケース間で大きな違いが見られなかったが、漂着量に差が出る可能性があるため、漂着量についても比較検討した。各ケースの国別漂着量の比較を図- 2.2.8 に示す。ここで、表- 2.2.4 に示したとおり現地調査地点によって調査海岸数が異なり、計算結果もそれに応じた格子数で抽出していることから、漂着量の比較は1格子(約6~9km)当たりで換算して行った。

沈下率 1:2 と 1:1 の漂着量には大きな差異は見られないが、沈下率 0:1 のケースは傾向が異なっている。沈下率 0:1 のケースは島根への漂着が多く、内訳のほとんどが境界から流入したもので占められている。これは、島根の現地調査地点沖合に対馬暖流の通り道があり、かつ島根半島が漂着物を捕捉しやすい地形形状を有しているためと考えられる。また、京都と石狩の漂着量が少ないのが特徴的であるが、これも地形的な特性と考えられる。

沈下率 1:2 と 1:1 のケースは、0:1 のケースに比べて島根と山口への漂着が減少する一方、対馬と福岡への漂着が多くなる。これは、対馬海峡を通過するゴミが北西の季節風によって南下し、対馬と福岡に漂着しやすくなることが考えられる。福岡は、それに加えて自県からの投入量が多いことも要因の一つであり(図- 2.2.7)、冬季に投入したゴミが速やかに漂着するためである。このように、対馬と福岡への漂着が多くなる分、対馬暖流の下流側に当たる山口と島根の漂着数が減少する。また、0:1 のケースでは漂着量が少なかった京都と石狩への漂着が増加している。

全体的に見て、0:1 のケースで漂着量が少なかった地域も浮遊物の空中断面積比が大きくなるほど漂着しやすくなる傾向にある。

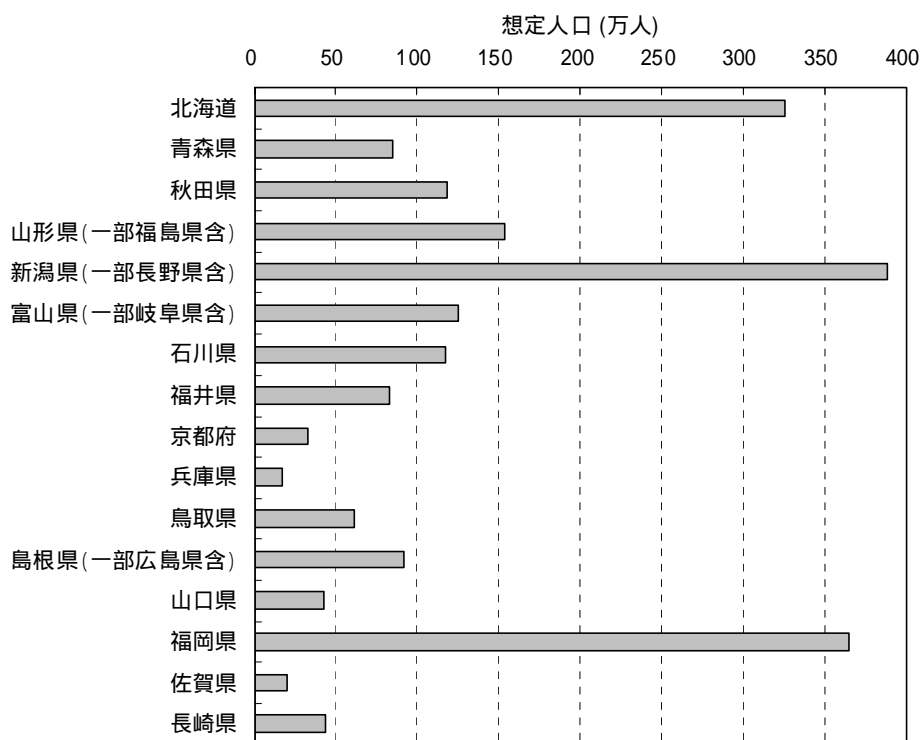


図- 2.2.7 道府県別の流域想定人口

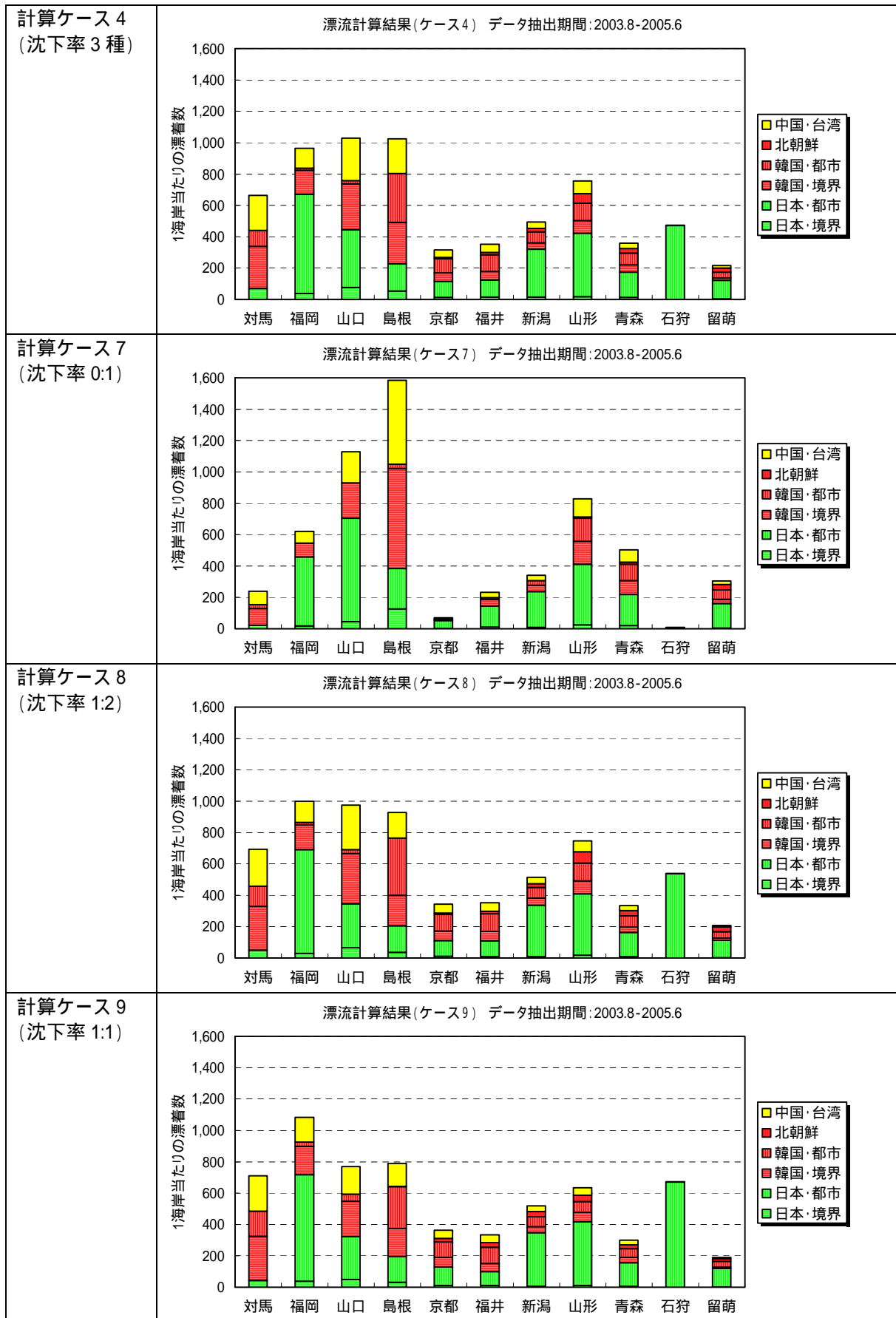


図- 2.2.8 各計算ケースの国別漂着量の比較

3) 漂流経路の比較

漂着ライターの国別割合は各ケース間で大きな違いが見られなかったが、沈下率の違いにより漂流経路に差が出るのが考えられるため、漂流経路についても比較検討した。ここでは、国別漂着割合、漂着量が各ケース間で比較的同一であった山形と山口に漂着したライターを対象に検討を行った。各ケースの漂着季節別の漂流経路を図-2.2.9に示す。図中には漂着ライターの漂流時間の頻度分布を示した。凡例の自県とは自県発のゴミを表し、その他とは他県発のゴミを表す。

山形に漂着したライターの漂流経路

まず、春季に漂着したライターの漂流経路を見ると、各ケース間で漂流量に差が見られる。また、水中断面積が大きくなるほど日本の海岸沿いを漂流するものが少ない。

夏季に漂着したライターの漂流経路は各ケースで大きな差が見られない。

秋季に漂着したライターは、沈下率 0:1 の漂流経路が他の 2 ケースと異なっており、日本海の中央部まで北上するものが少ない。

冬季に漂着したライターも秋季と同様に沈下率 0:1 の漂流経路が他の 2 ケースと異なっており、風の影響を受けない沈下率 0:1 のライターは日本の海岸沿いを漂流して漂着するものが多く、風の影響を受ける 2 ケースの漂流経路は、一旦北朝鮮付近まで北上したライターが西向きに移動して漂着していることが分かる。

漂流時間に注目すると、自県発のゴミは他県発ゴミに比べて漂流時間が短い。特に冬季に漂着したものは自県発と他県発のゴミで大きく 2 つに分かれている。ケース別に見ると、沈下率 0:1 の漂流時間が他の 2 ケースと異なっており、漂流時間が長い。

山口に漂着したライターの漂流経路

夏季に漂着したライターの漂流経路は各ケースで大きな差が見られない。

その他の季節では、沈下率 0:1 の漂着ライターの漂流経路が異なる性質を持っており、韓国南岸から発生したものが漂着していない。

漂流時間に注目すると、沈下率 0:1 の漂流時間が他の 2 ケースと異なっており、漂流時間が長い。

各ケースで漂流経路は季節ごとに異なる特性を持っており、季節風の強い冬季で各ケース間に差が顕著に見られ、風の弱い夏季では大きな差は見られない。

これまでの計算結果の比較によって、各ケース間で国別漂着割合には大きな差が見られず、漂着量と漂流経路には沈下率 0:1 と他のケースで違いが見られた。

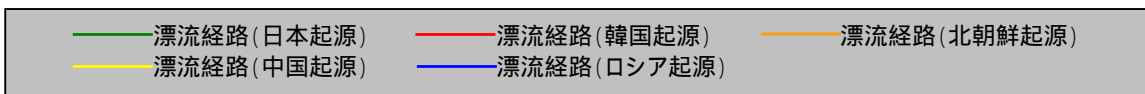
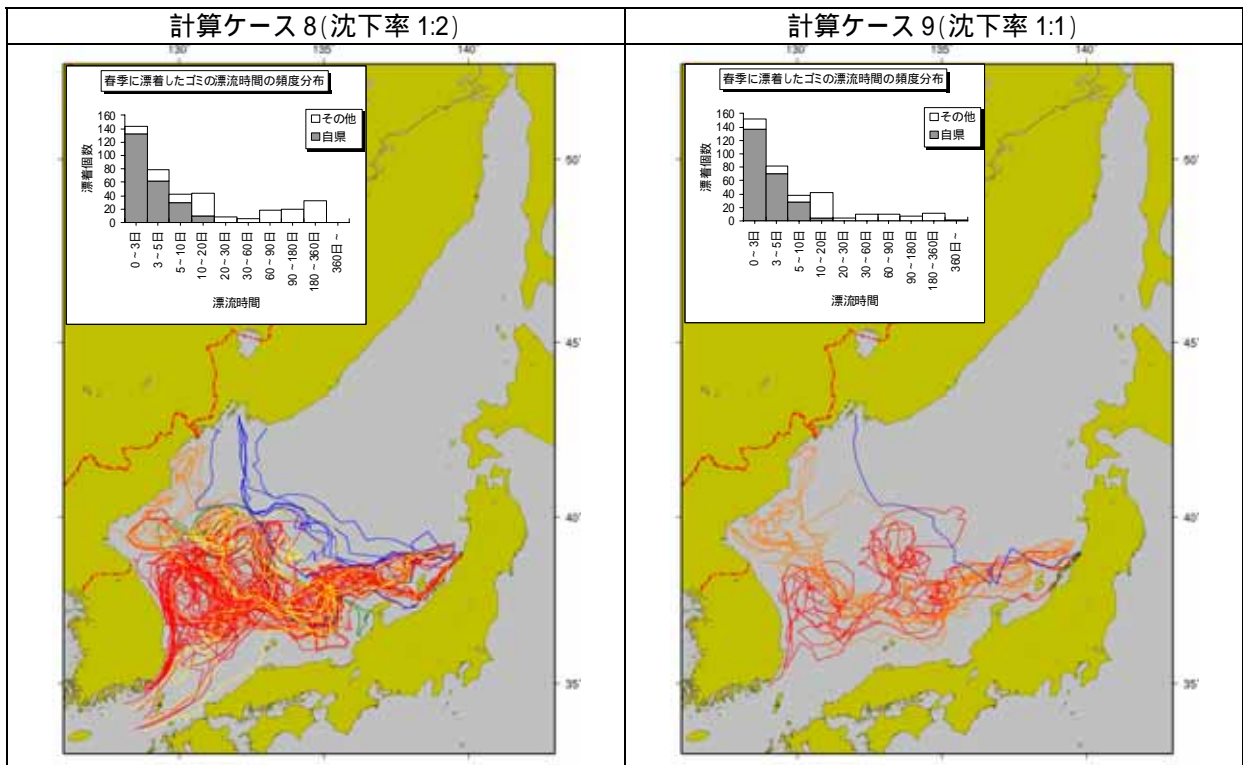
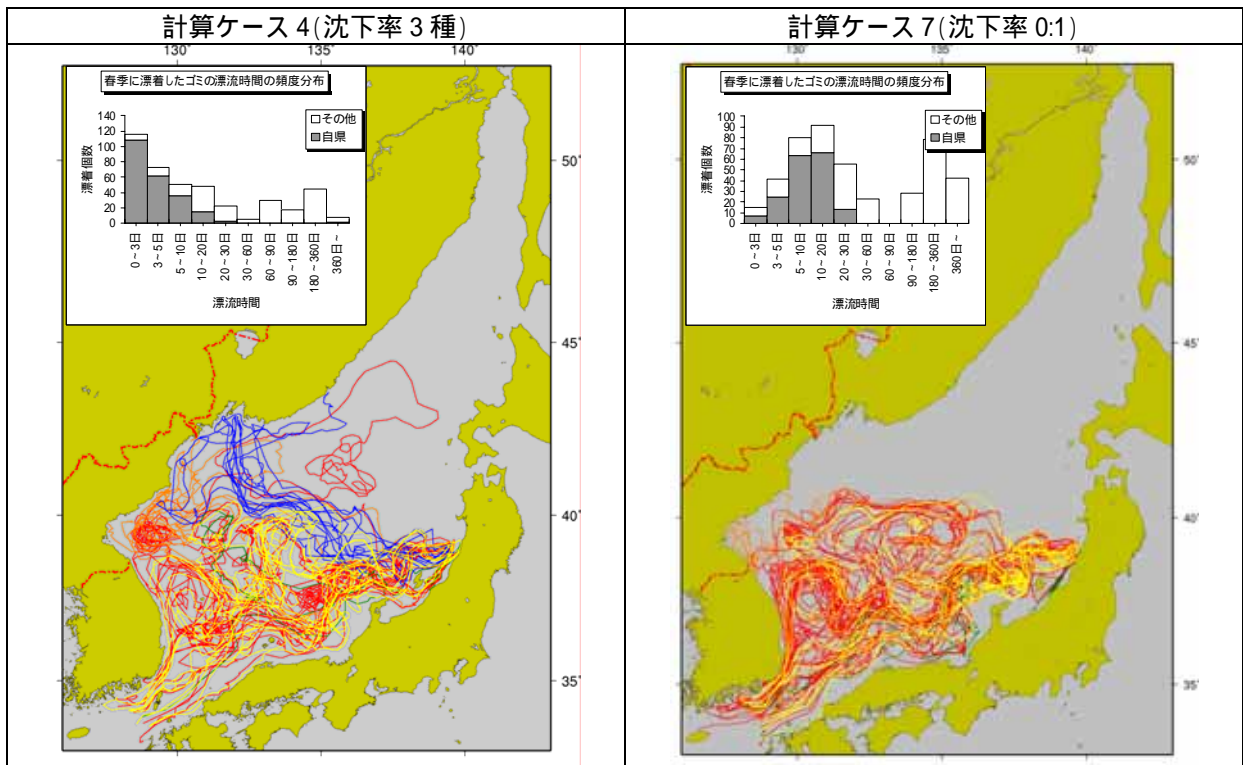


図- 2.2.9(1) 各計算ケースの漂流経路の比較 (春季に漂着、山形)

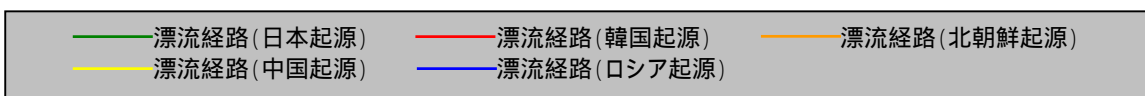
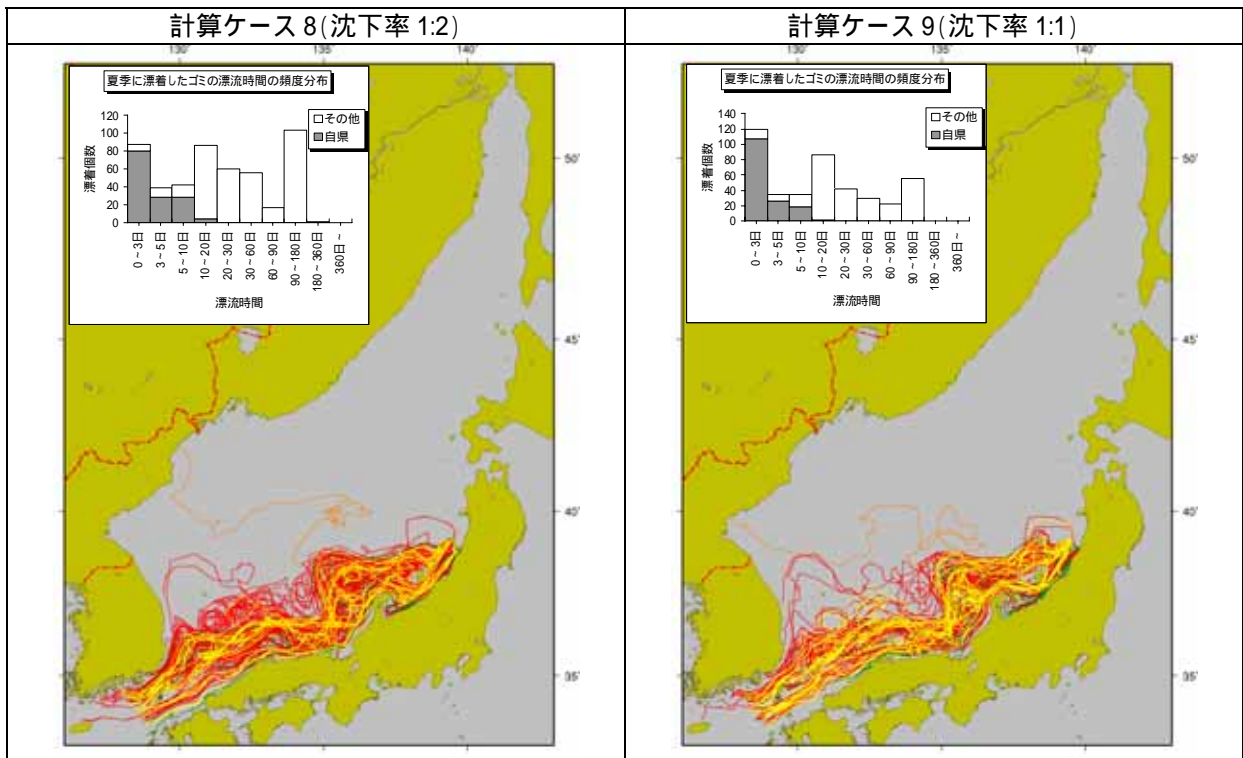
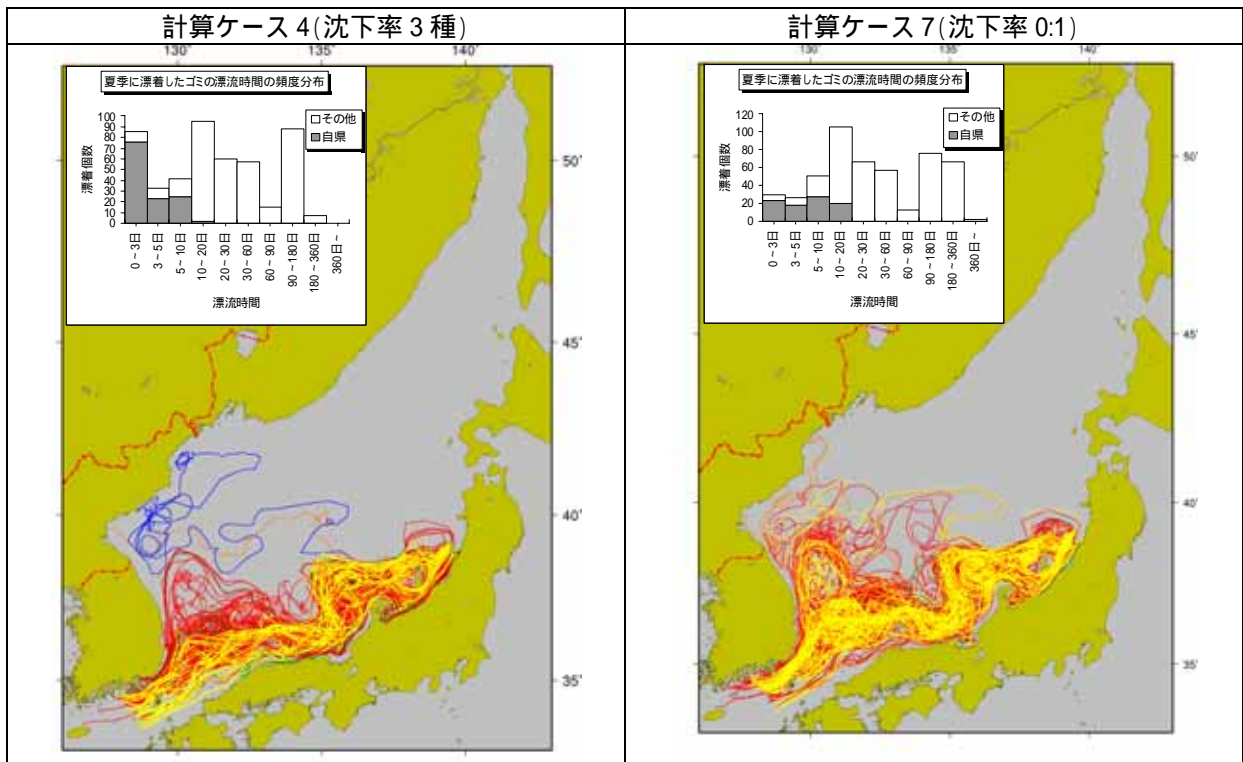


図- 2.2.9(2) 各計算ケースの漂流経路の比較 (夏季に漂着、山形)

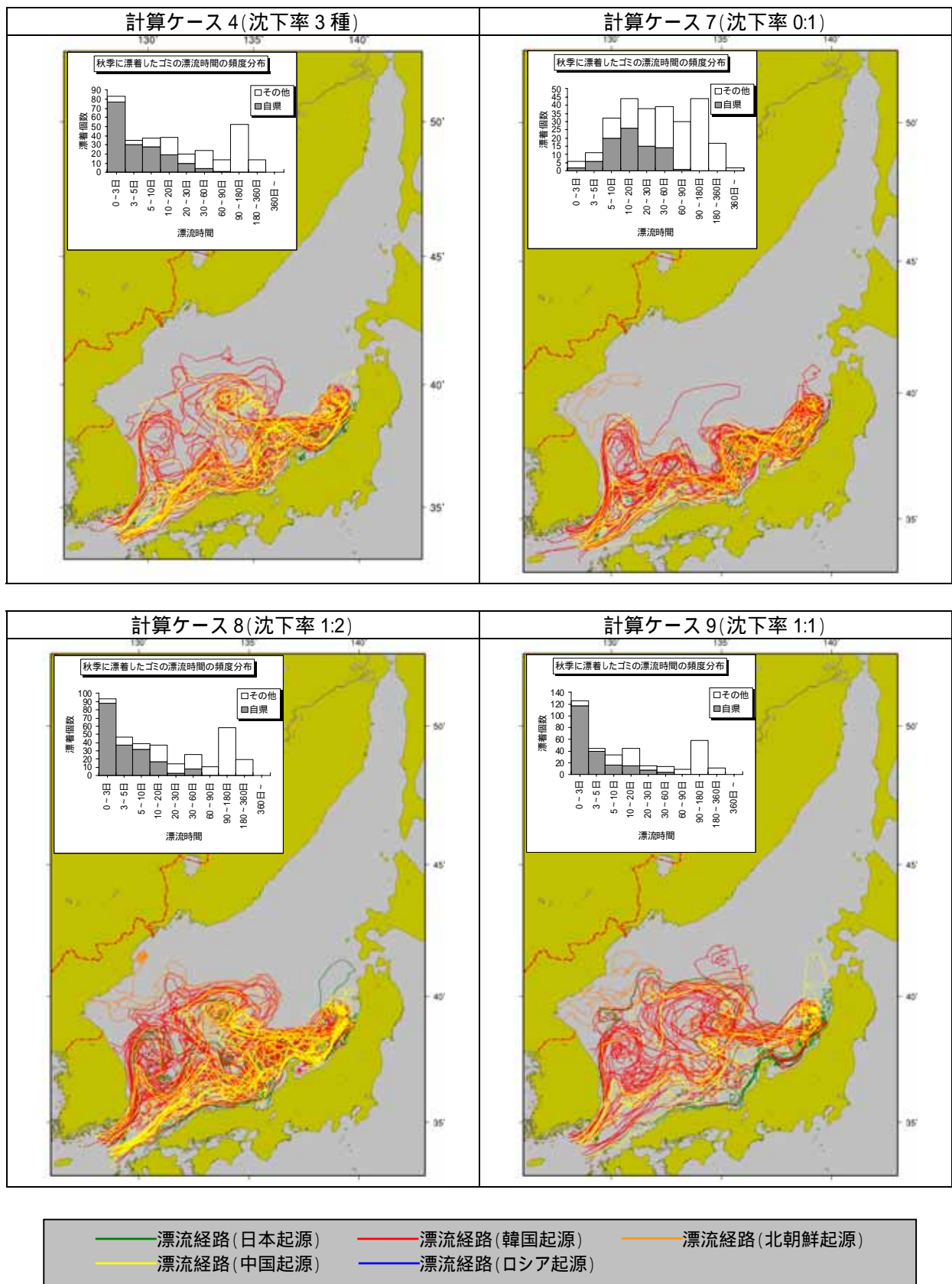


図- 2.2.9(3) 各計算ケースの漂流経路の比較 (秋季に漂着、山形)

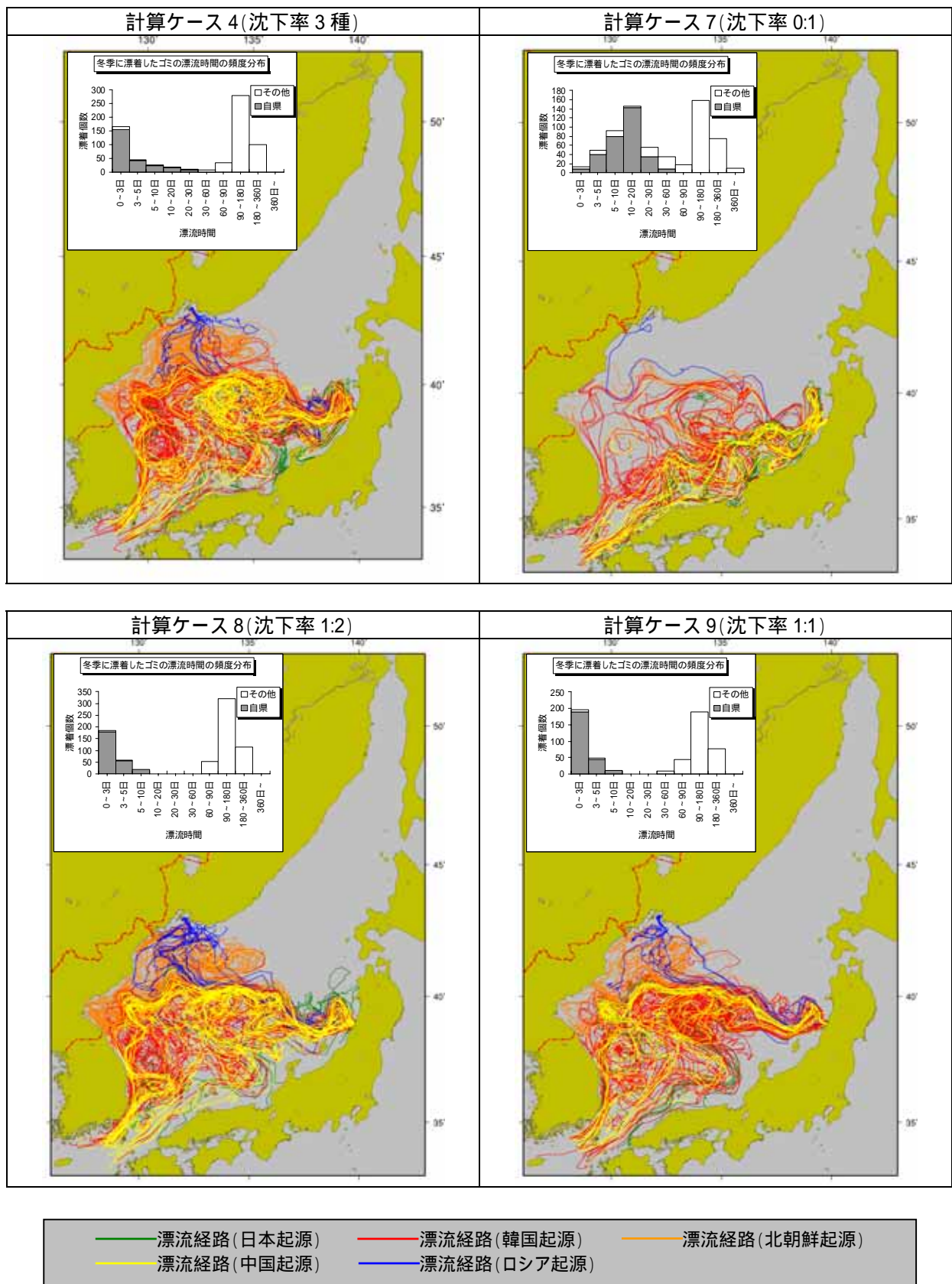


図- 2.2.9(4) 各計算ケースの漂流経路の比較 (冬季に漂着、山形)

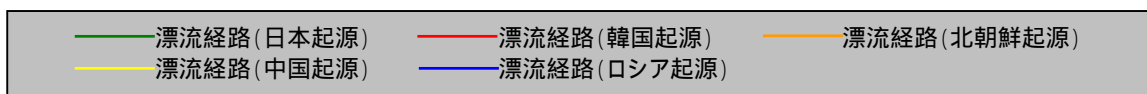
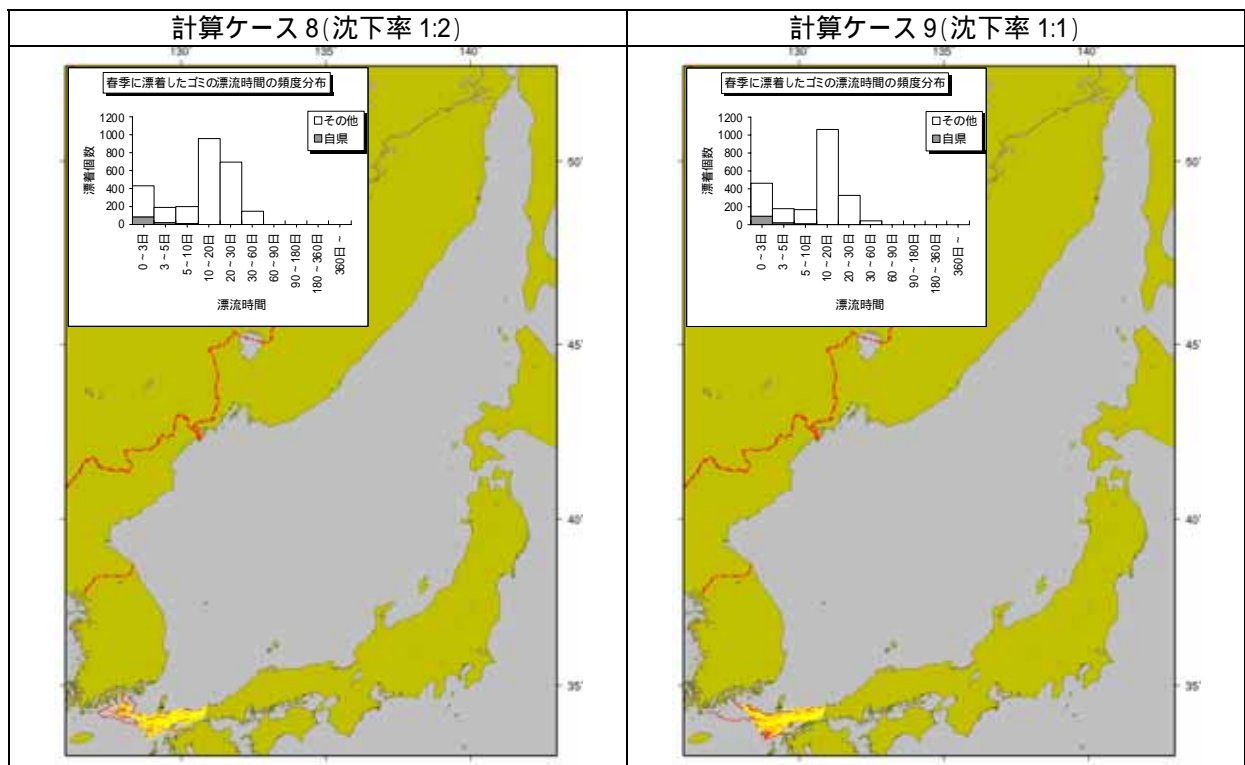
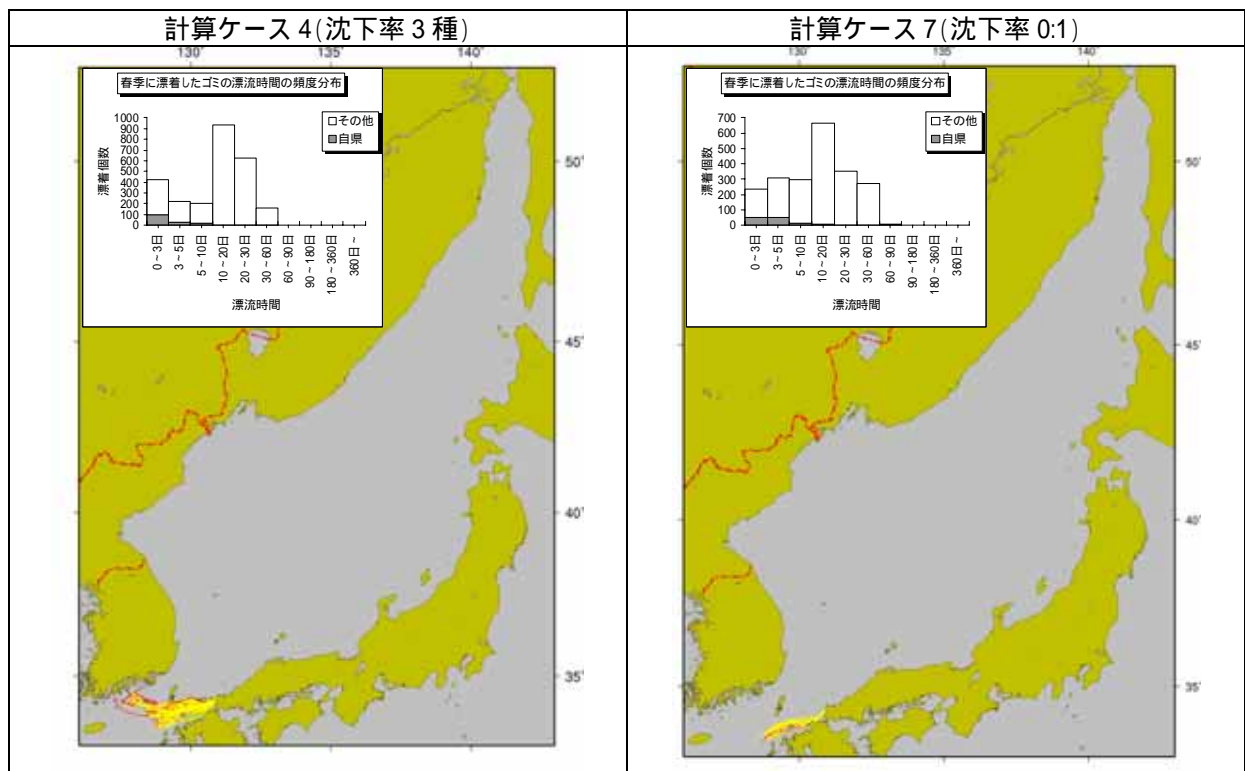


図- 2.2.10(1) 各計算ケースの漂流経路の比較 (春季に漂着、山口)

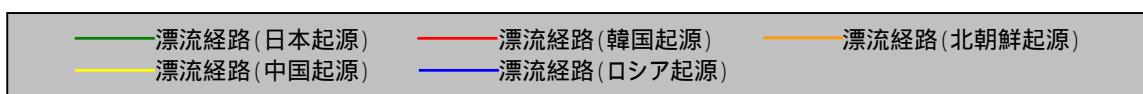
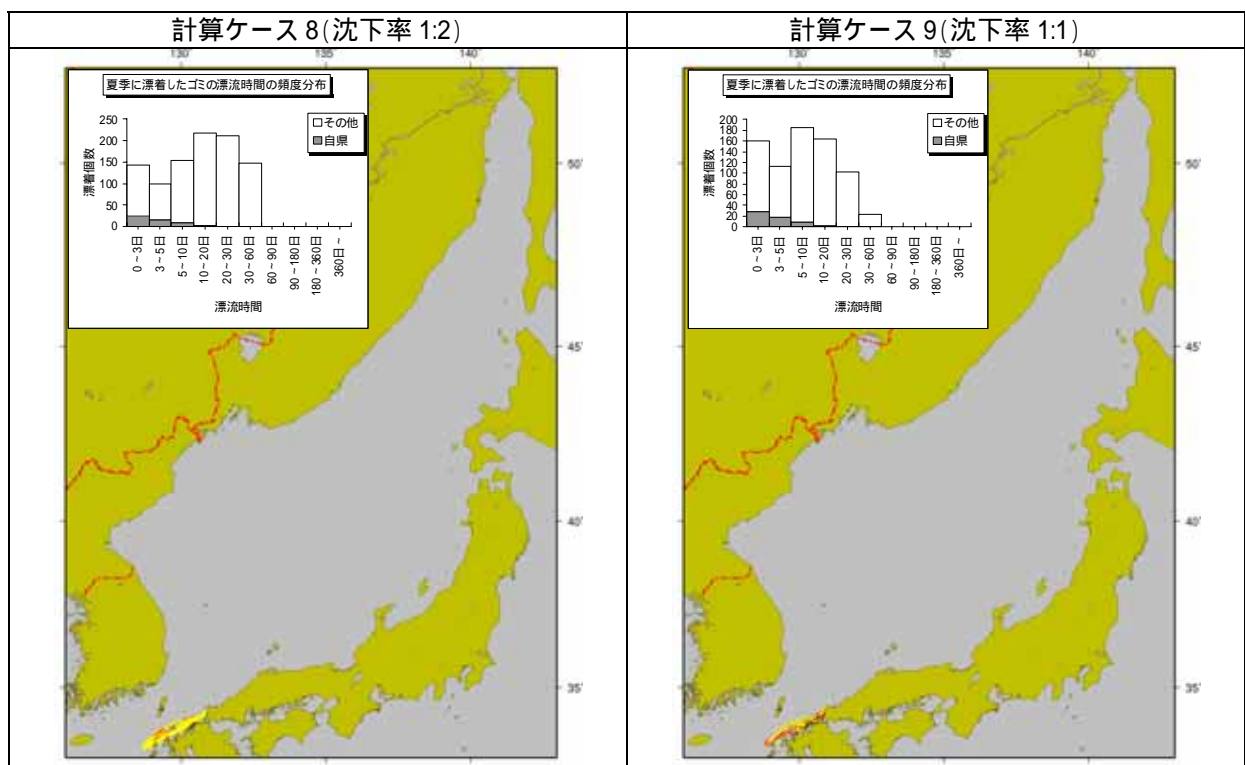
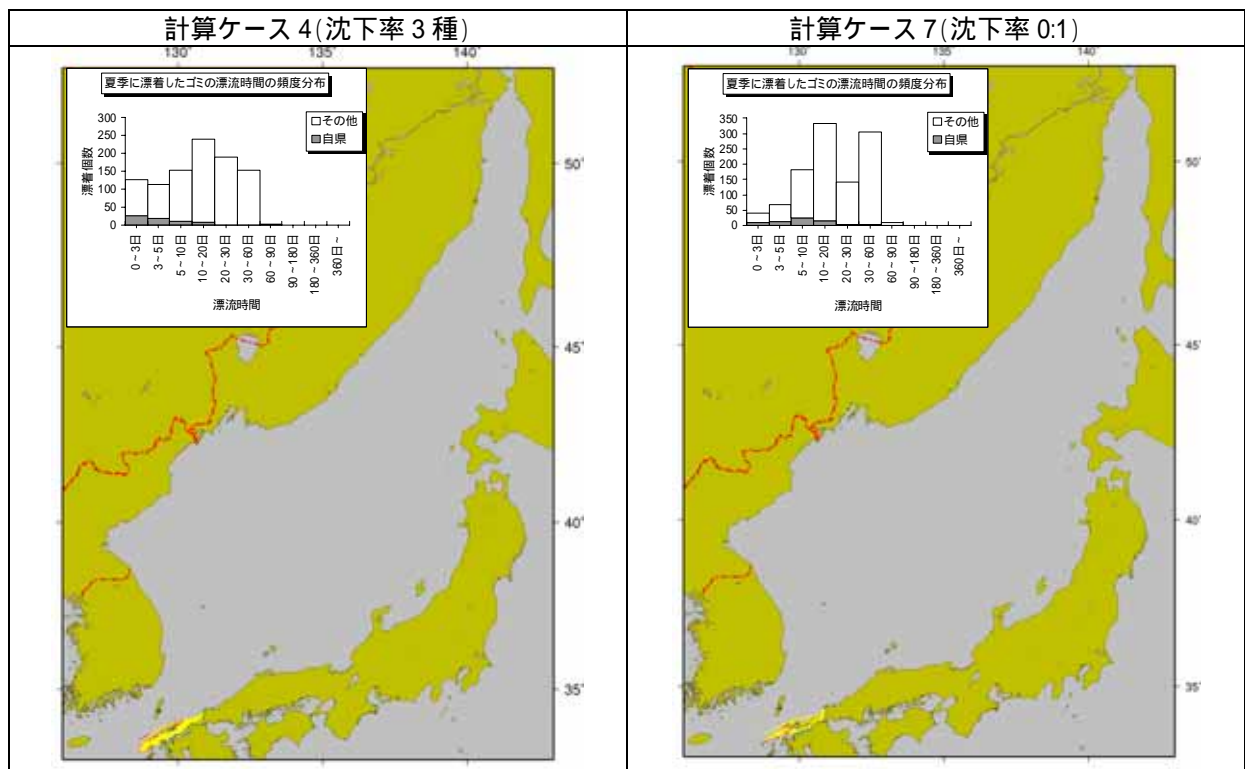


図- 2.2.10(2) 各計算ケースの漂流経路の比較(夏季に漂着、山口)

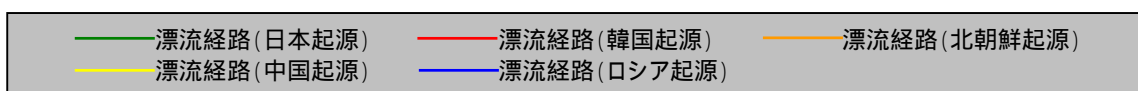
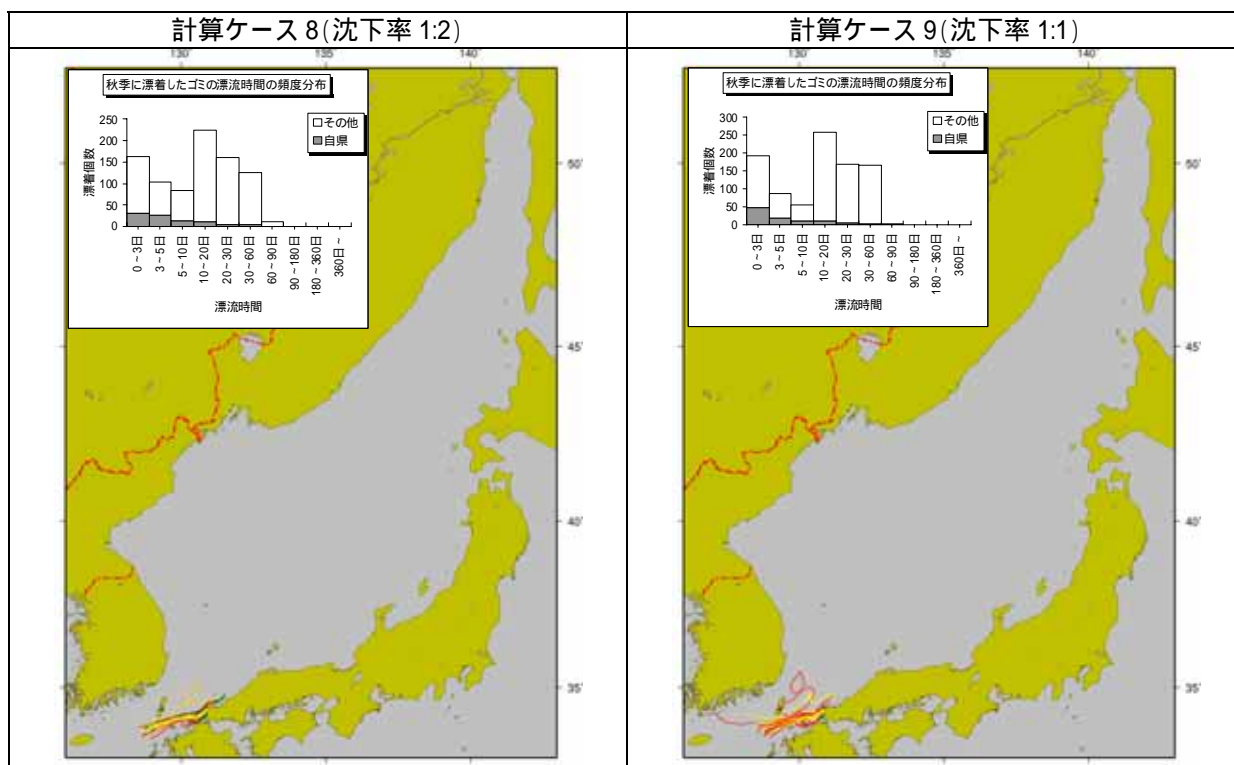
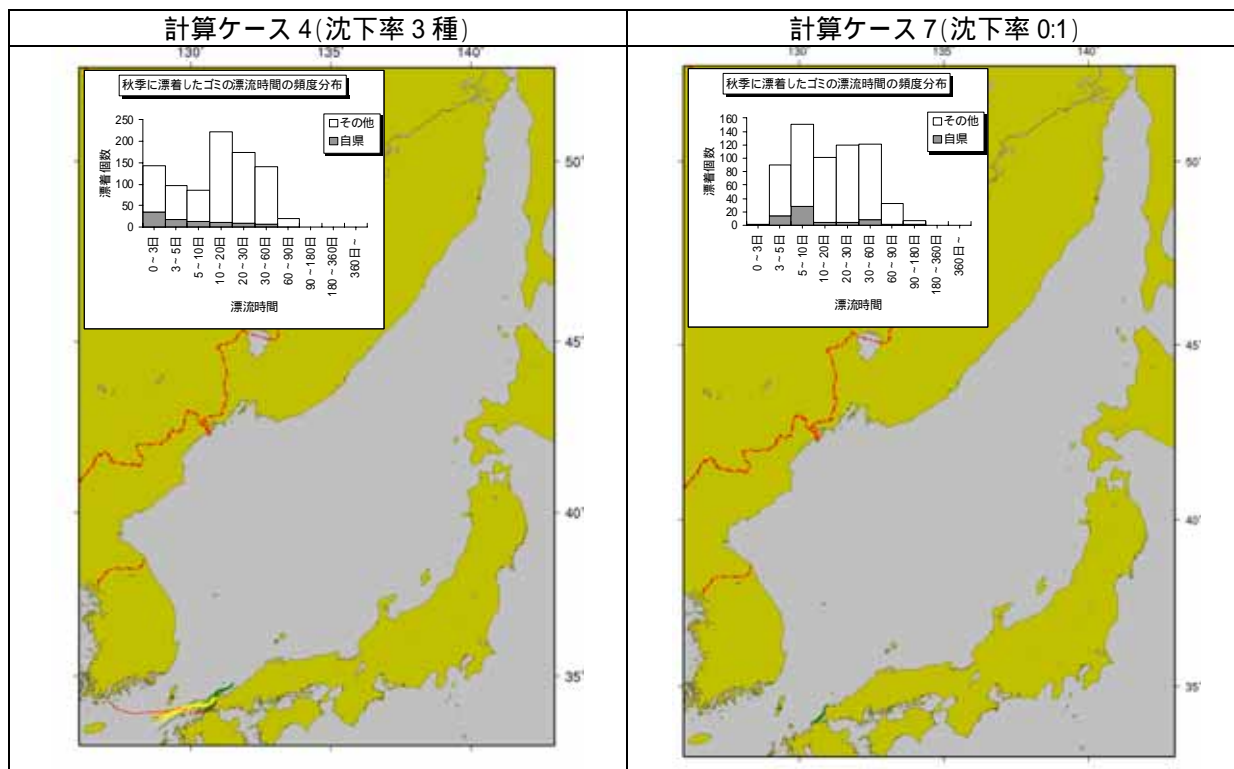


図- 2.2.10(3) 各計算ケースの漂流経路の比較(秋季に漂着、山口)

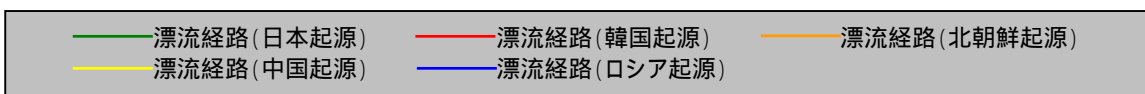
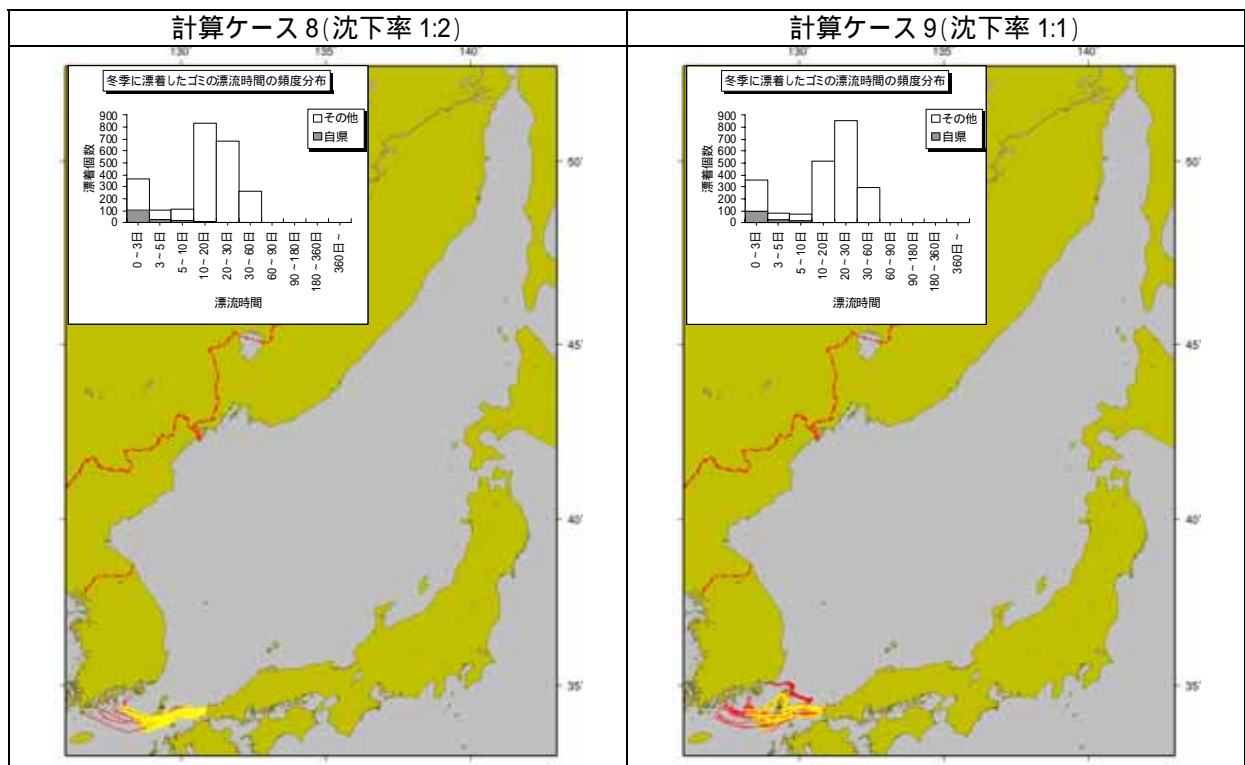
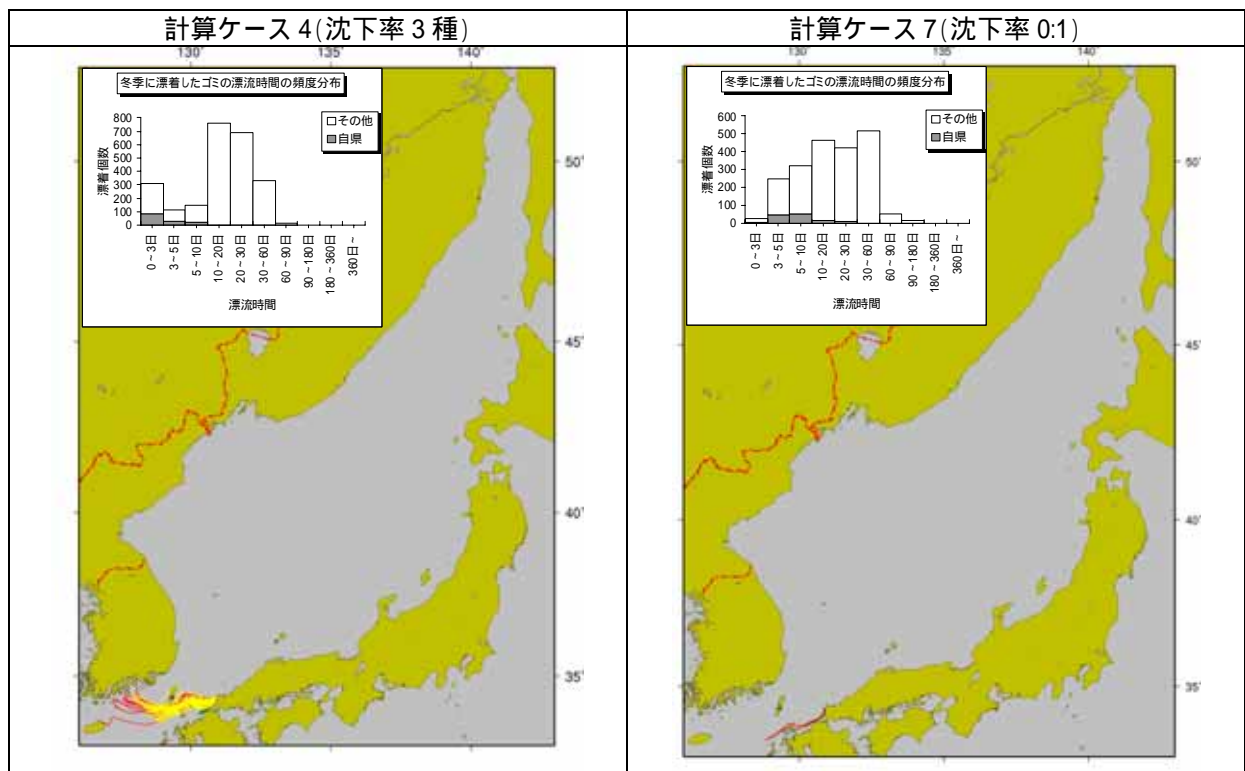


図- 2.2.10(4) 各計算ケースの漂流経路の比較 (冬季に漂着、山口)

(3) 到達範囲の検討

1) 道府県から発生、流出したゴミの到達範囲

日本海に面した日本の海岸の漂着ゴミの大半は、国内を起源とすると判断されている。そこで、海岸線を県単位程度の地域に分け、流出ゴミの到達範囲について検討した。

流出道府県別の漂着密度分布を図- 2.2.11 に示す。

各道府県からの発生を想定したゴミは、そのほとんどが自道府県沿岸に漂着する結果であった。また、発生源が西にあるほどより遠くの道府県へ漂着する傾向があり、これは、対馬海峡から流入し、宗谷・津軽海峡から流出するという日本海の流動特性によるものと考えられる。

沈下率別に見ると、各ケースで大きな差異は見られないが、沈下率 0:1 のケースだけは若干の差異が見られ、自道府県に漂着する数が少ない(到達範囲が広い)傾向が見られる。

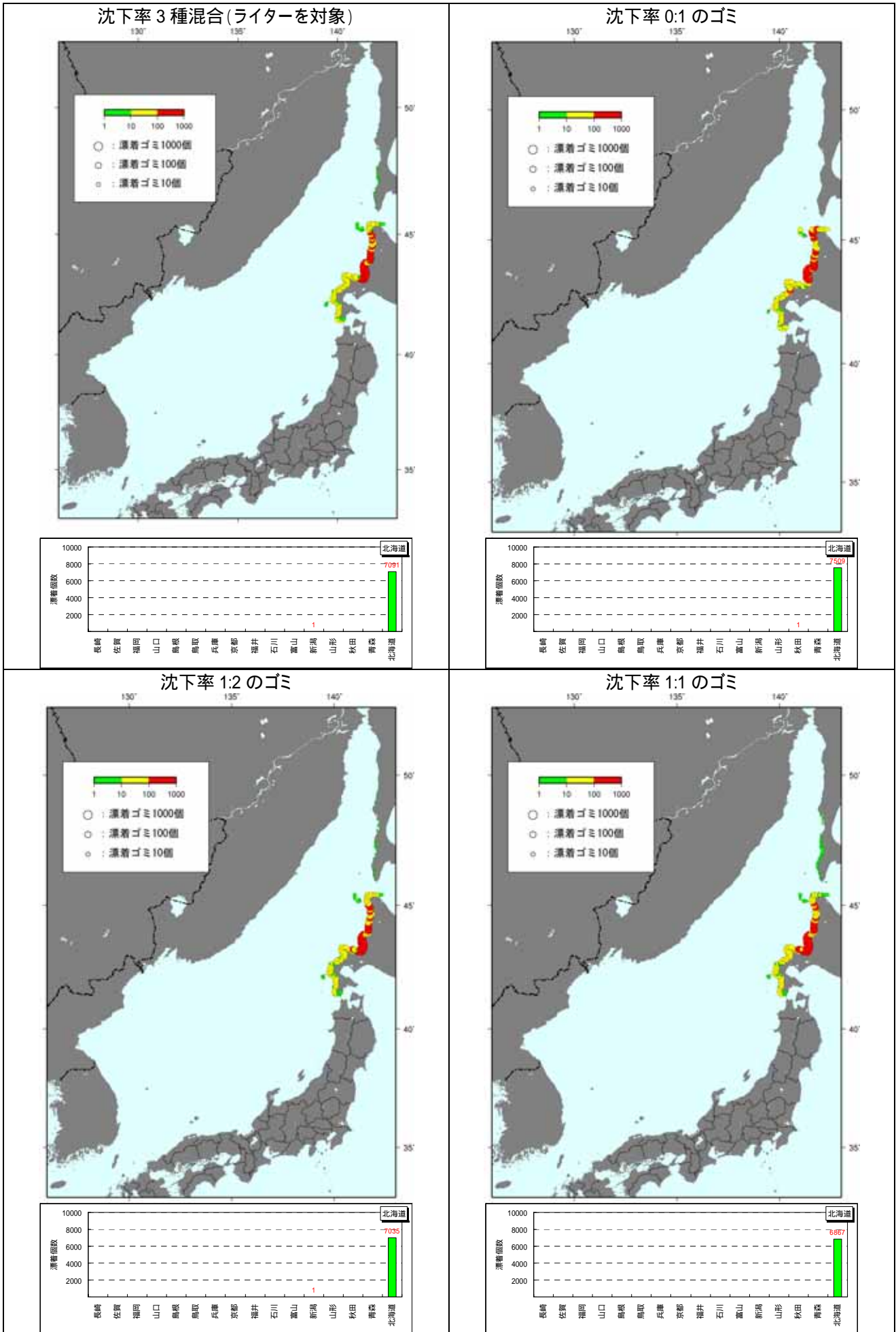


図- 2.2.11(1) 北海道沿岸からの発生を想定したゴミの漂着密度分布

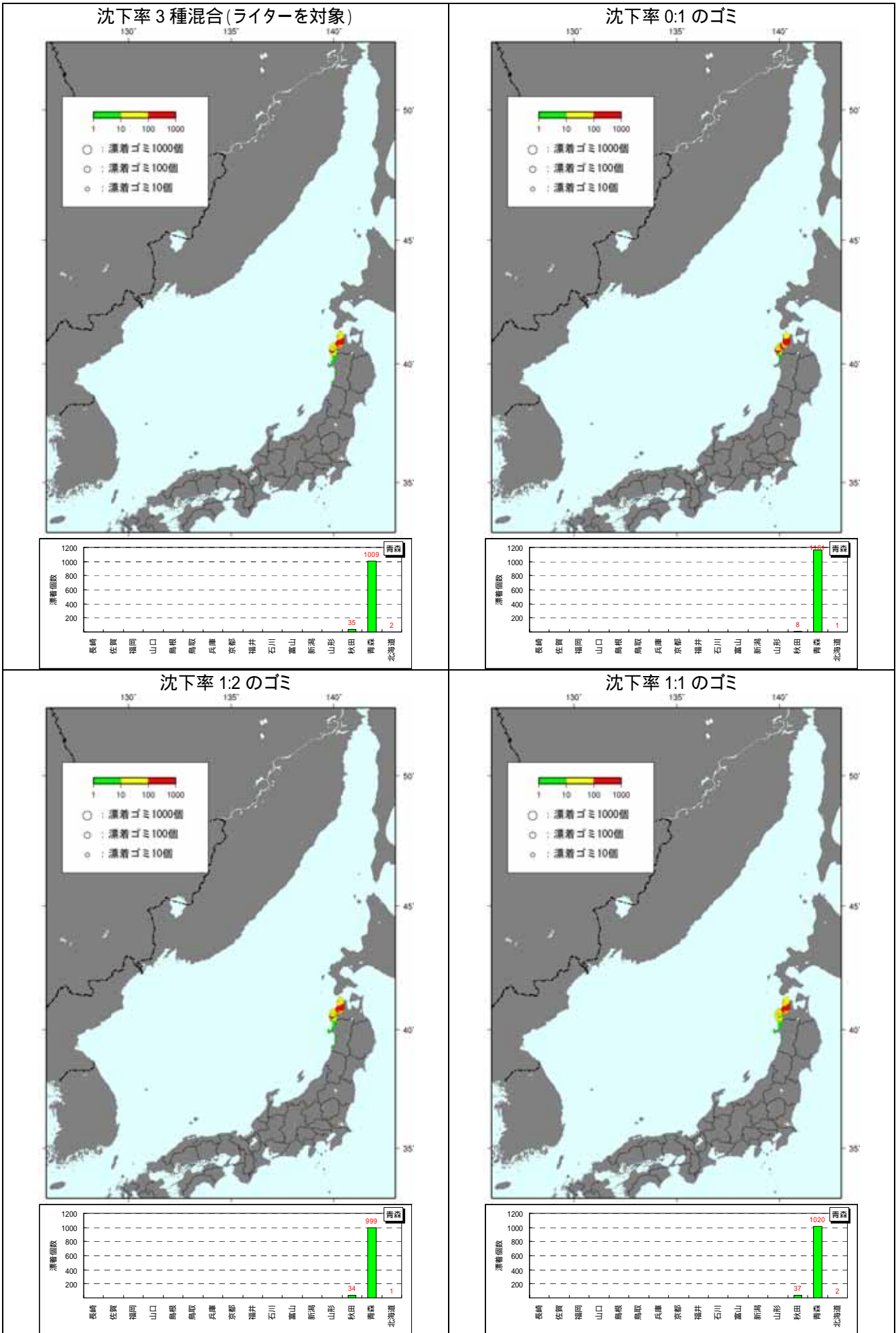


図- 2.2.11(2) 青森県沿岸からの発生を想定したゴミの漂着密度分布

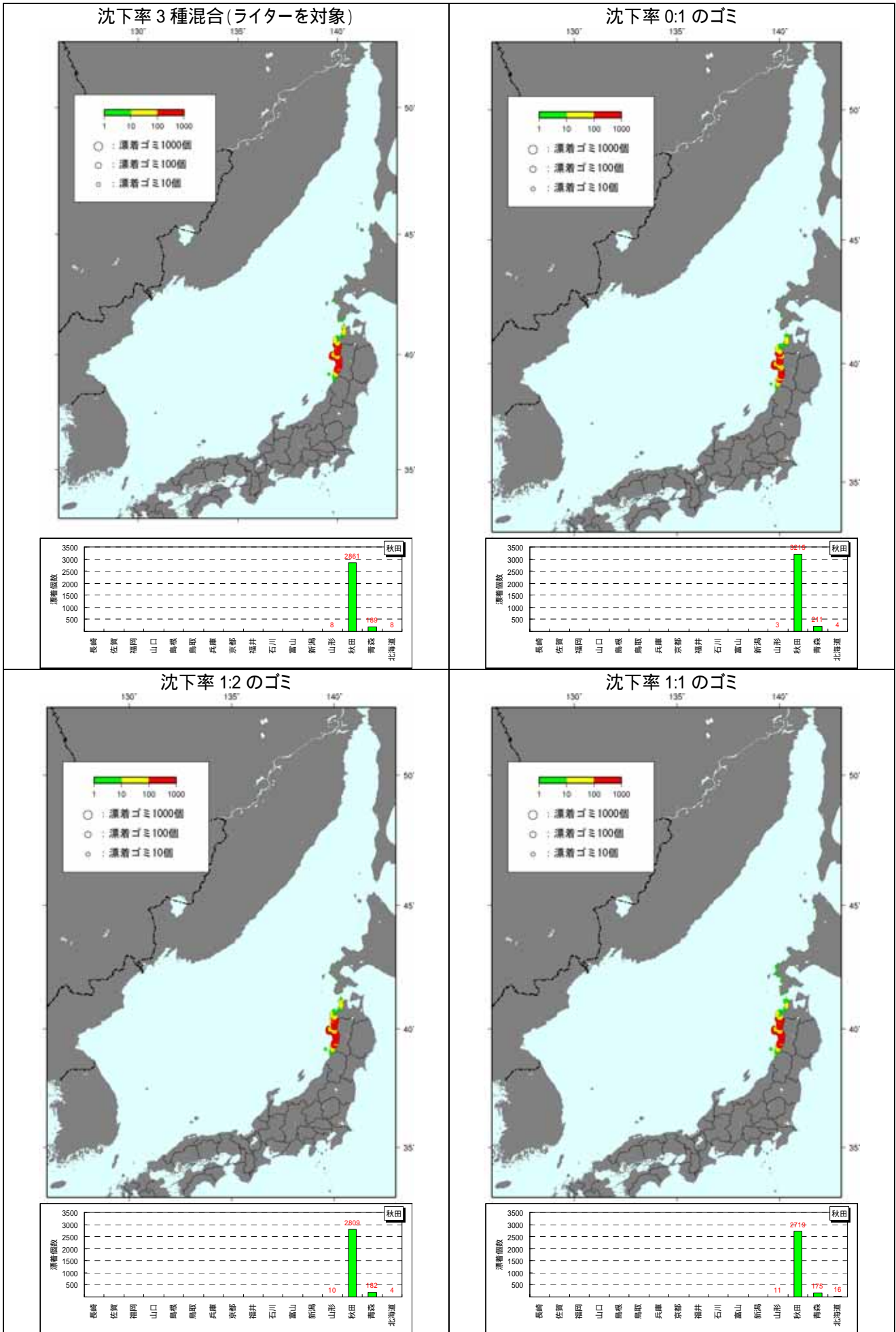


図- 2.2.11(3) 秋田県沿岸からの発生を想定したゴミの漂着密度分布

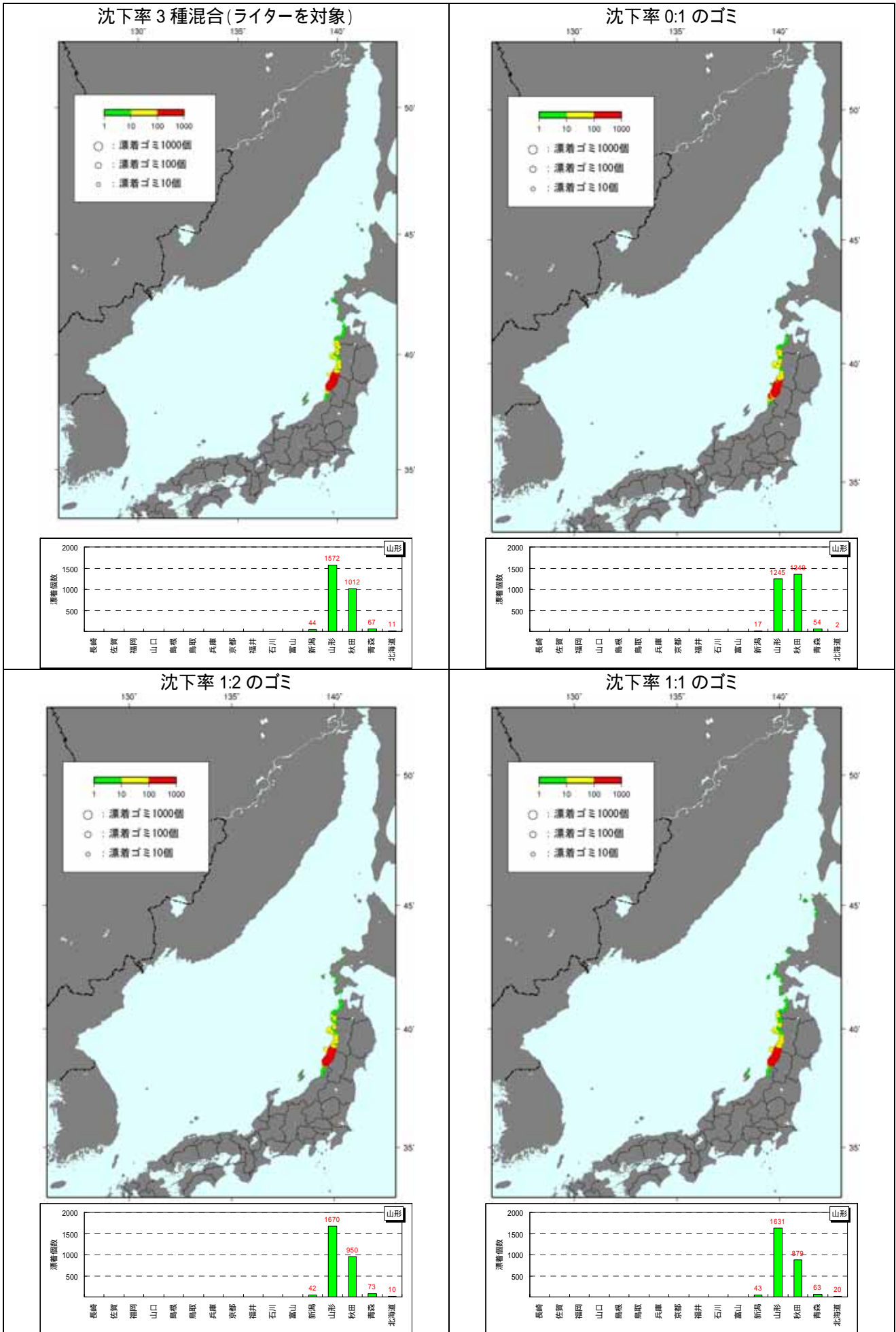
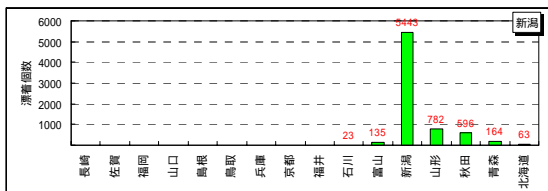
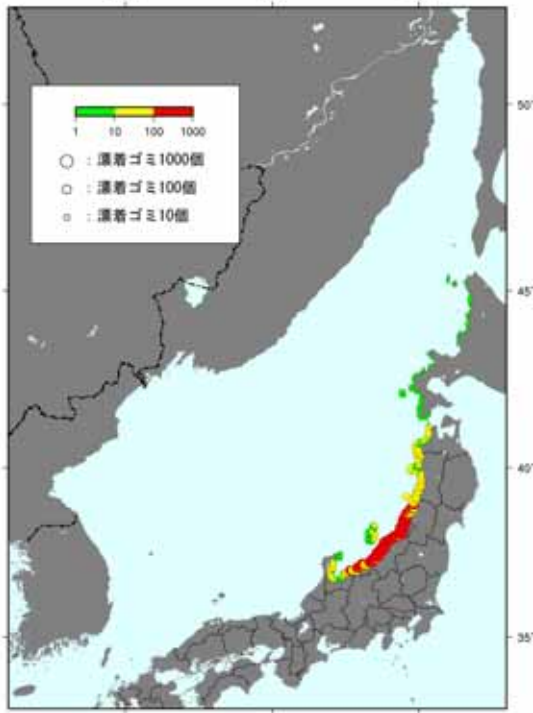
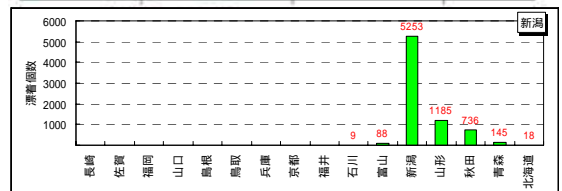
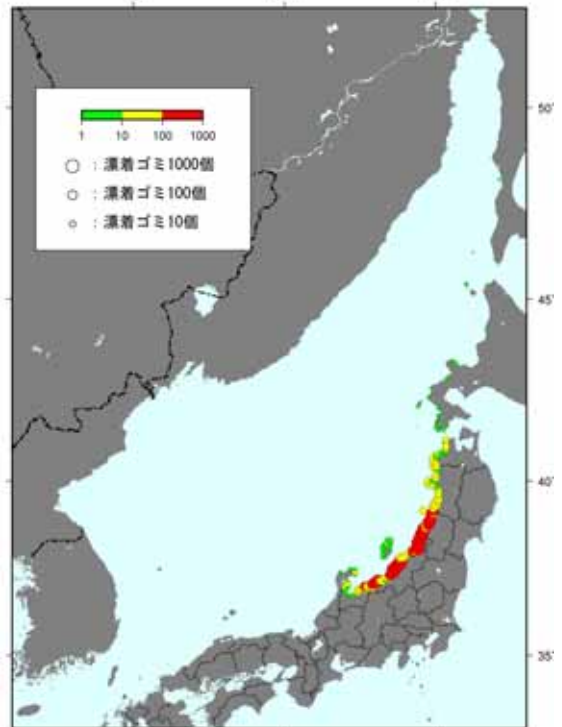


図- 2.2.11(4) 山形県沿岸からの発生を想定したゴミの漂着密度分布

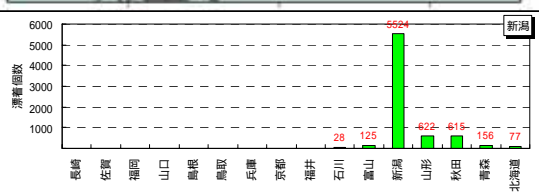
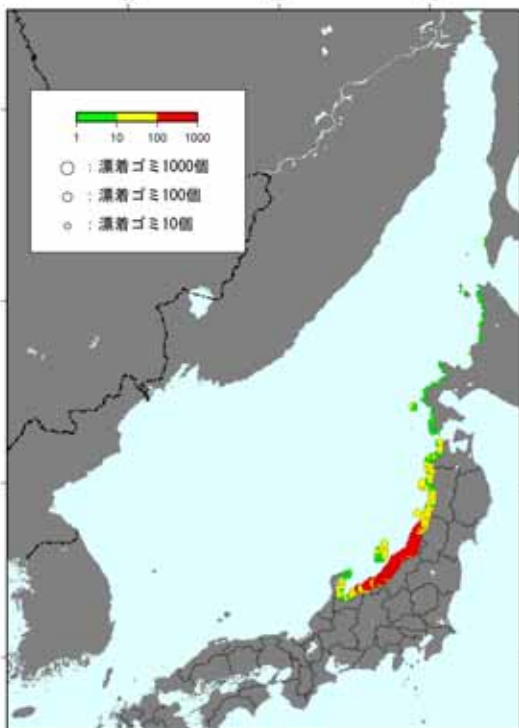
沈下率 3 種混合 (ライターを対象)



沈下率 0:1 のゴミ



沈下率 1:2 のゴミ



沈下率 1:1 のゴミ

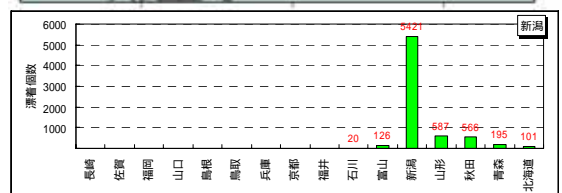
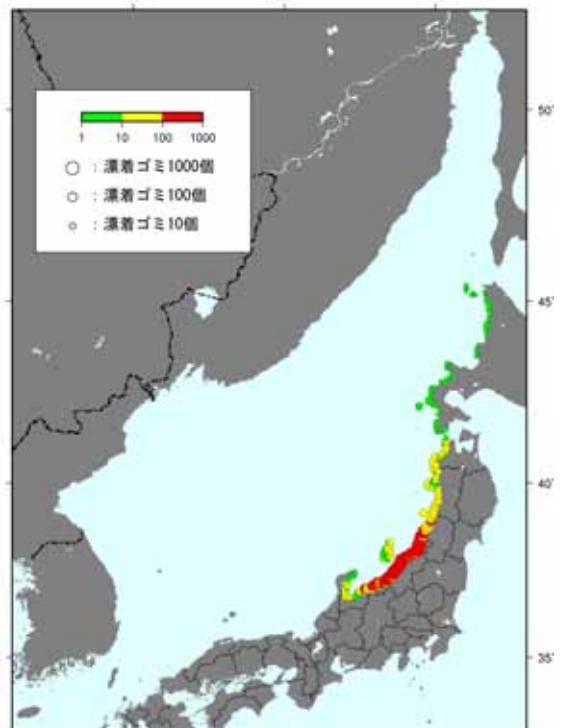


図- 2.2.11(5) 新潟県沿岸からの発生を想定したゴミの漂着密度分布

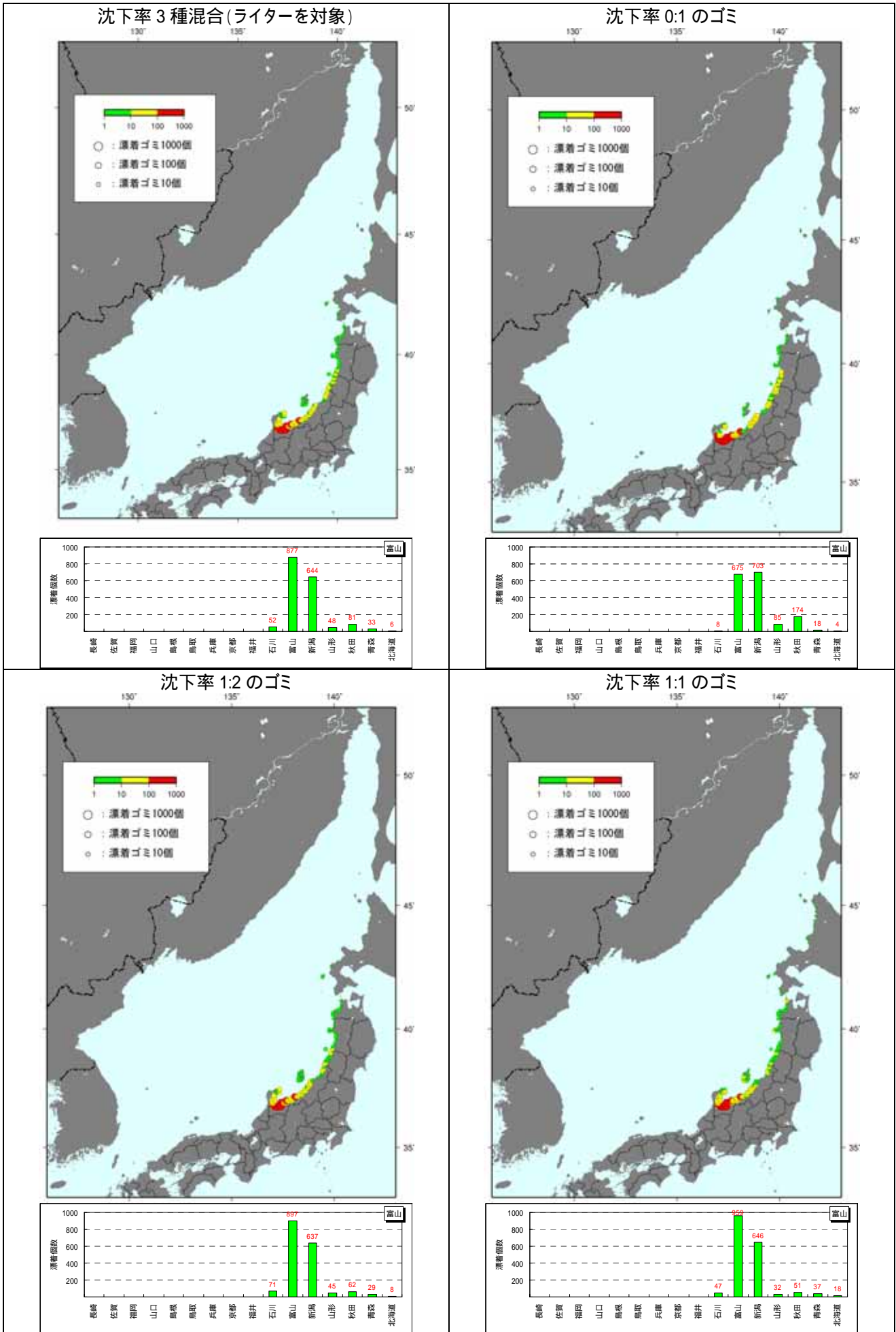


図- 2.2.11(6) 富山県沿岸からの発生を想定したゴミの漂着密度分布

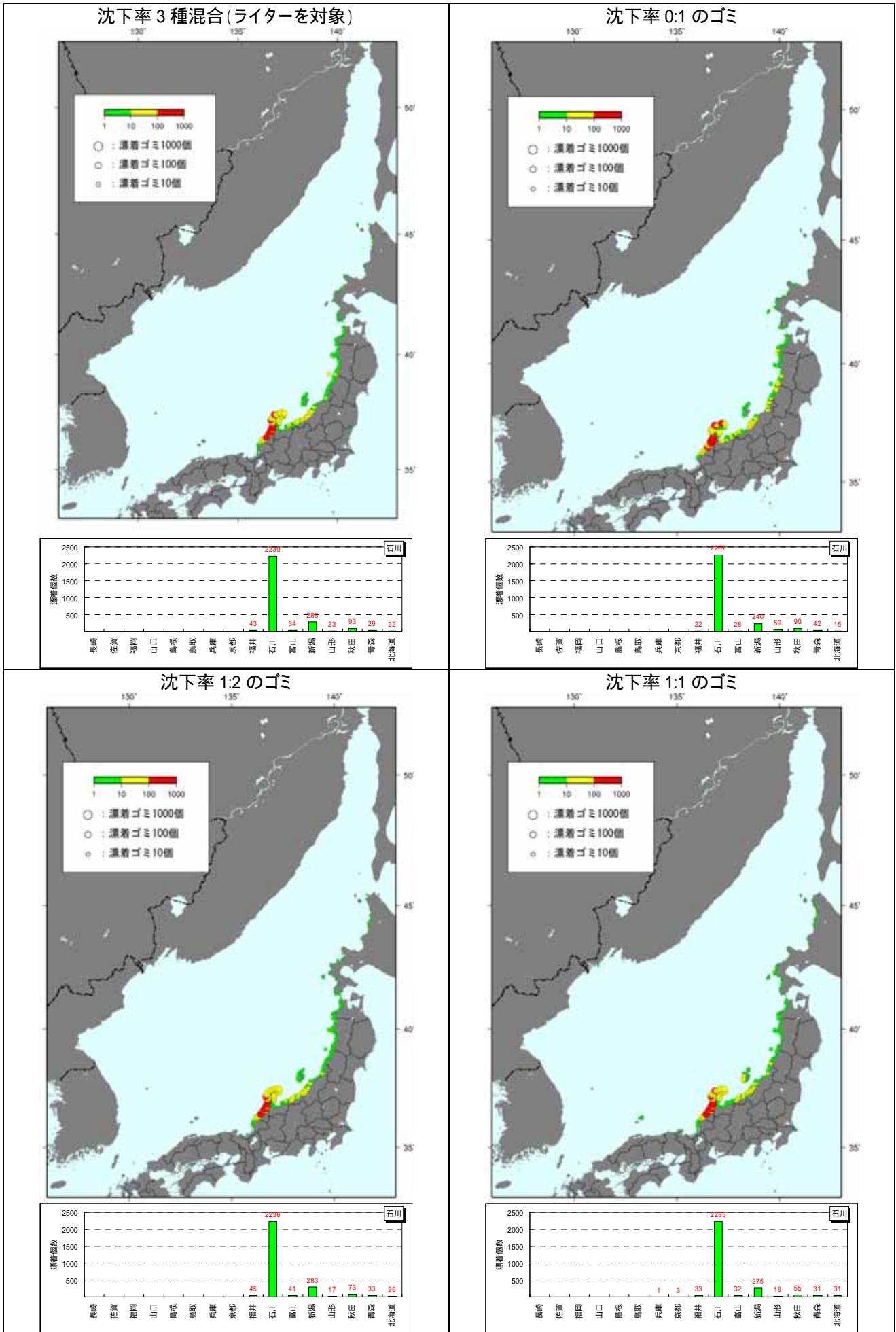
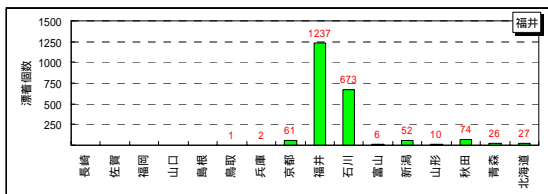
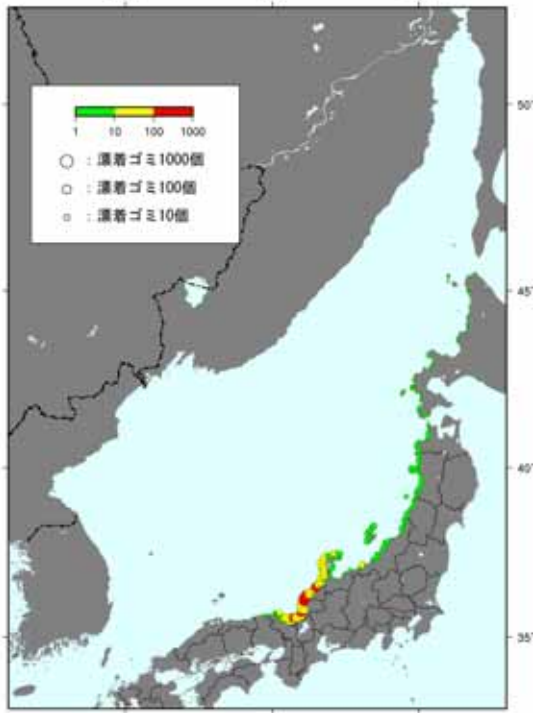
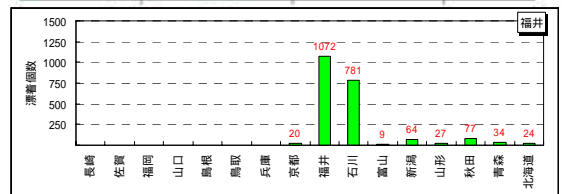
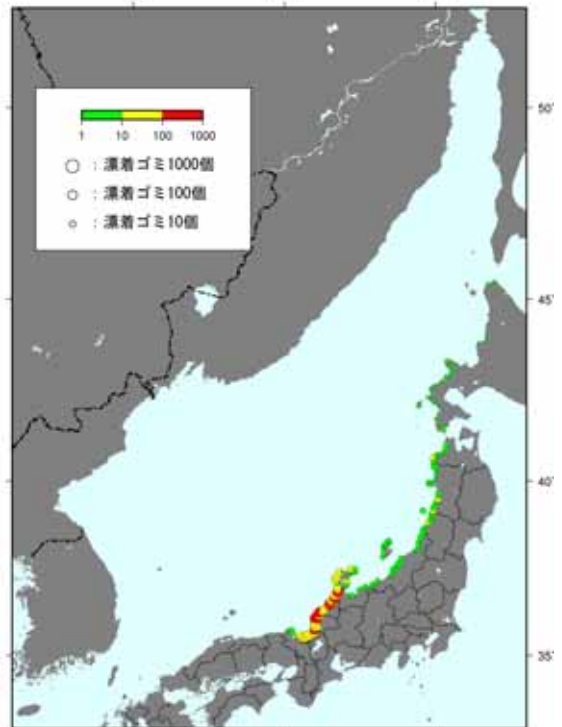


図- 2.2.11(7) 石川県沿岸からの発生を想定したゴミの漂着密度分布

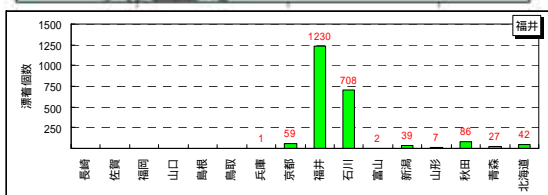
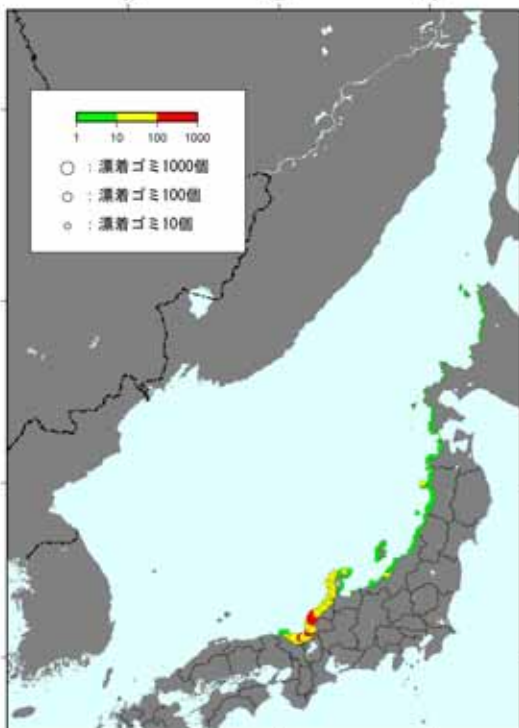
沈下率 3 種混合 (ライターを対象)



沈下率 0:1 のゴミ



沈下率 1:2 のゴミ



沈下率 1:1 のゴミ

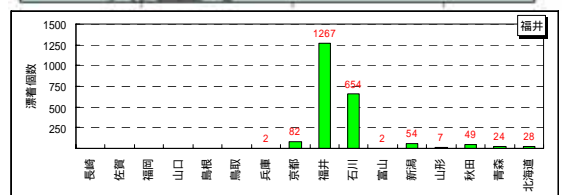
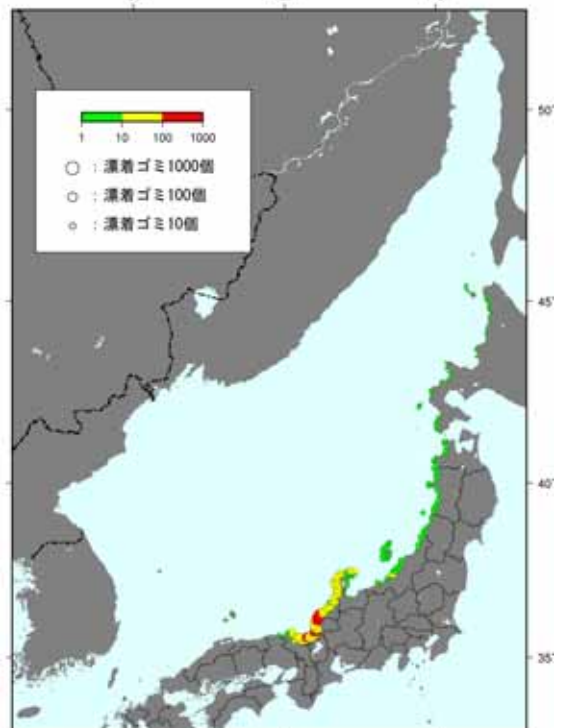


図- 2.2.11(8) 福井県沿岸からの発生を想定したゴミの漂着密度分布

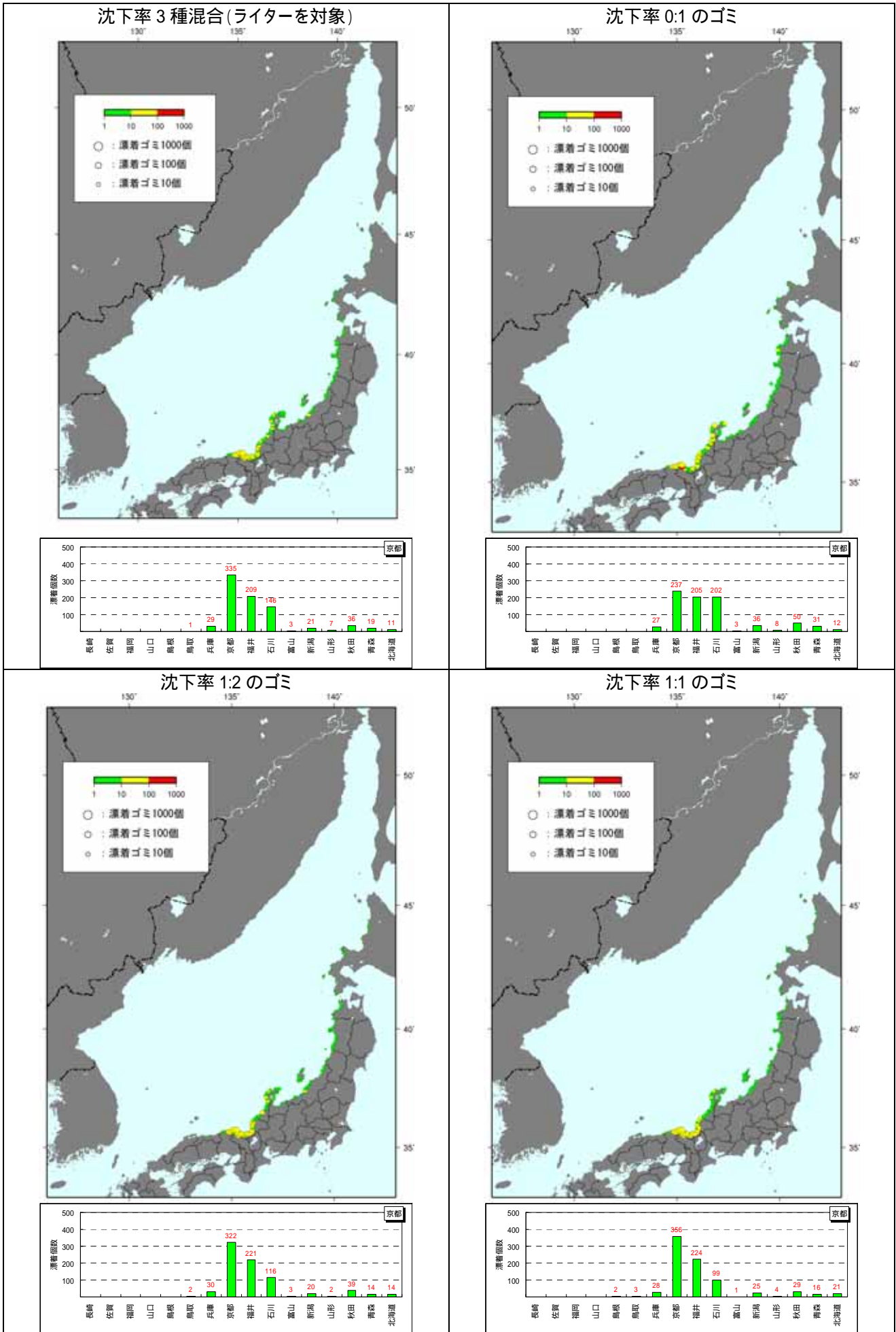


図- 2.2.11(8) 京都府沿岸からの発生を想定したゴミの漂着密度分布

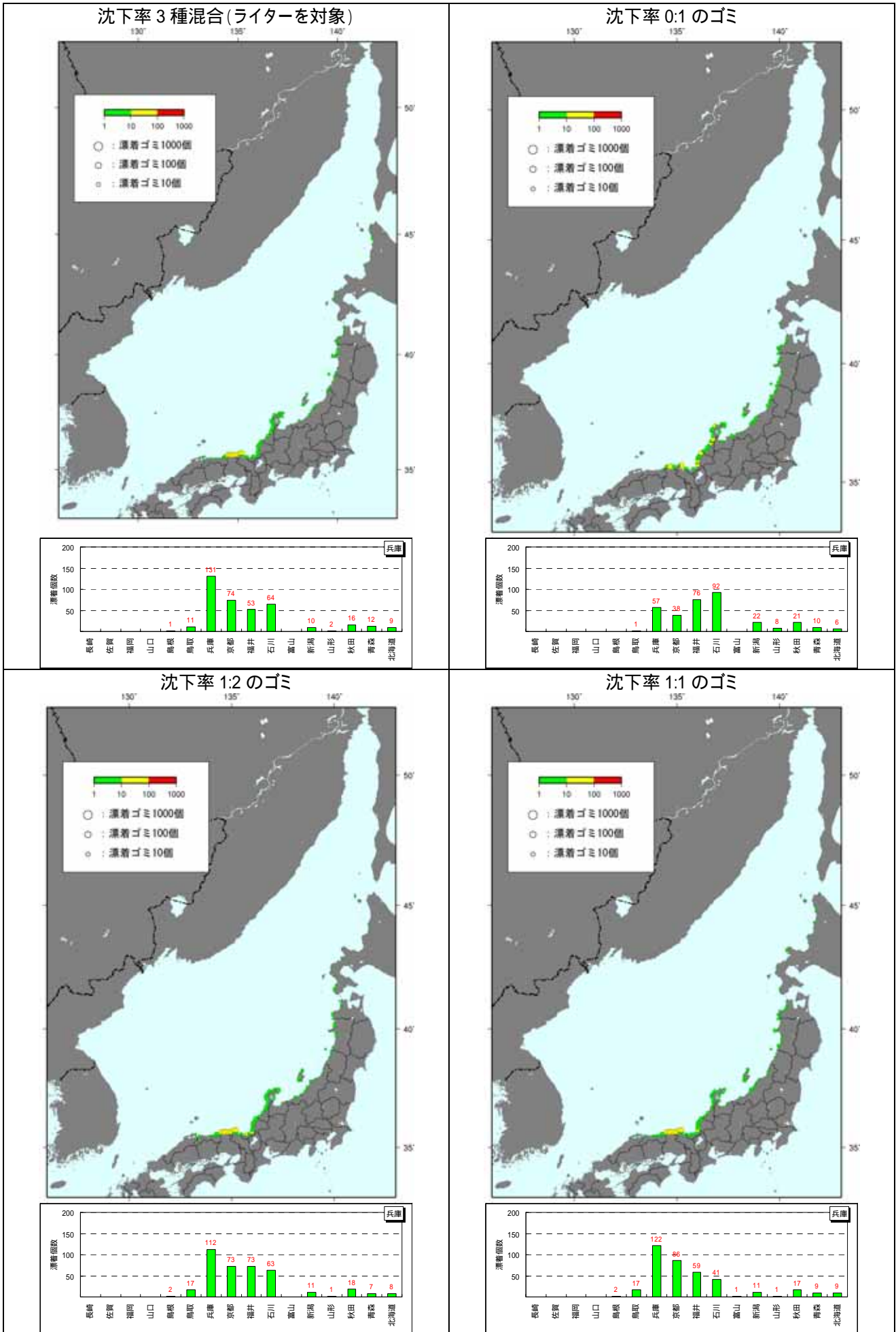


図- 2.2.11(10) 兵庫県沿岸からの発生を想定したゴミの漂着密度分布

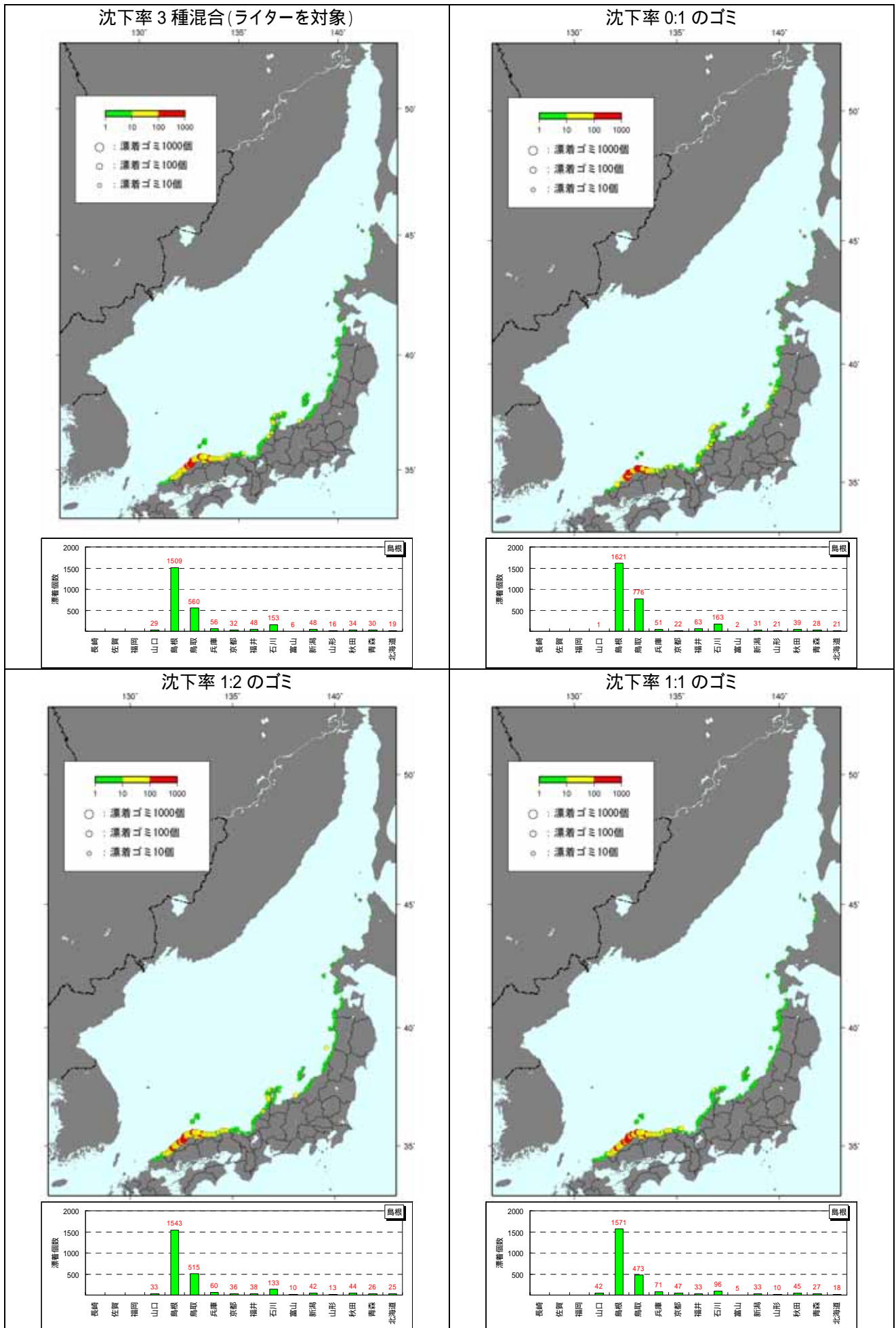
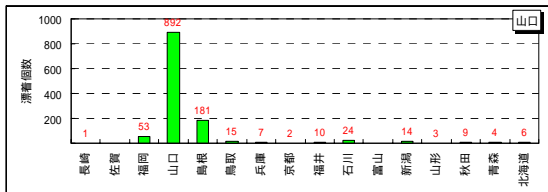
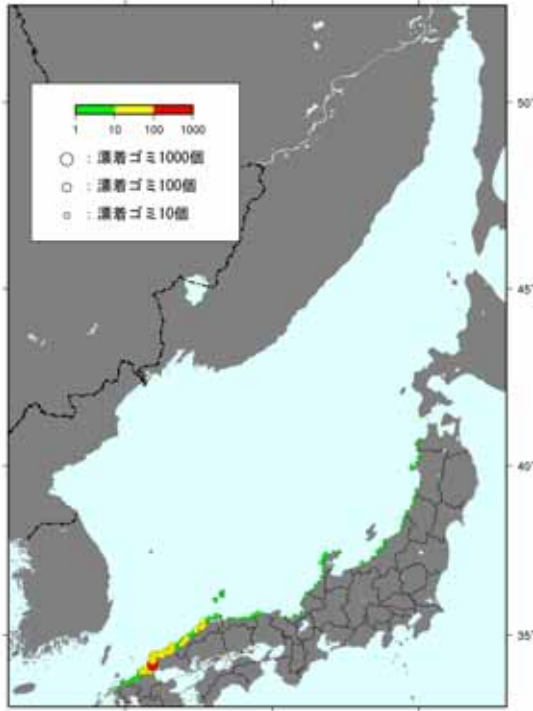
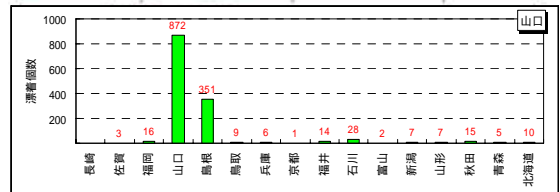
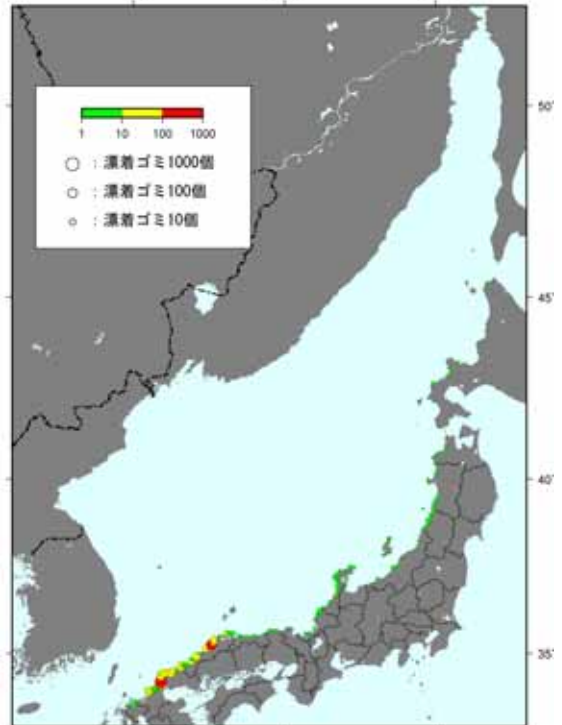


図- 2.2.11(12) 島根県沿岸からの発生を想定したゴミの漂着密度分布

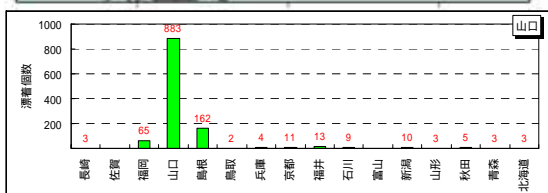
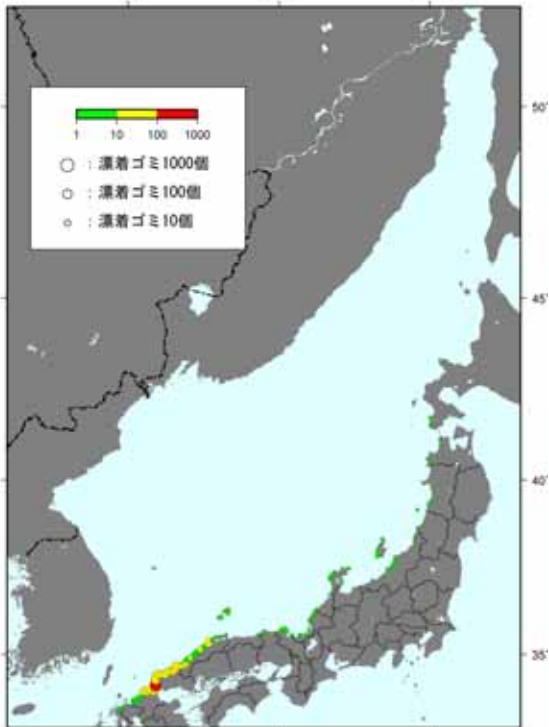
沈下率 3 種混合 (ライターを対象)



沈下率 0:1 のゴミ



沈下率 1:2 のゴミ



沈下率 1:1 のゴミ

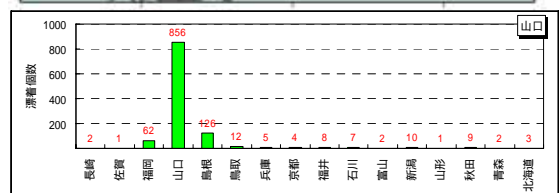
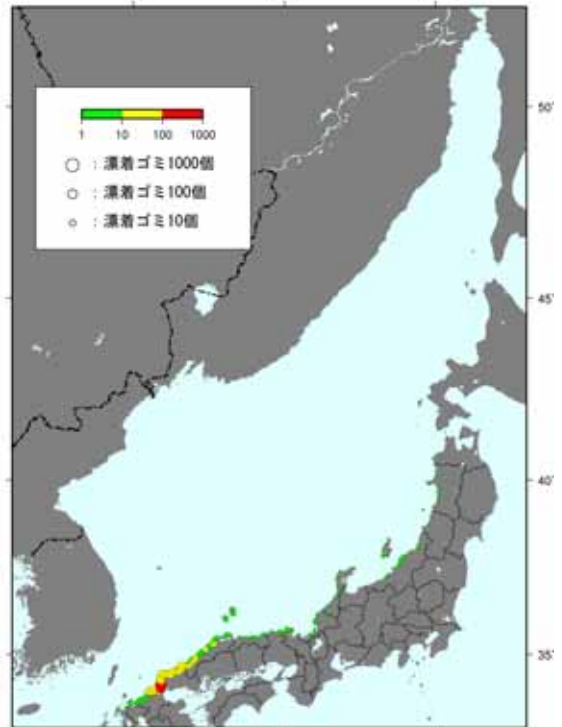


図- 2.2.11(13) 山口県沿岸からの発生を想定したゴミの漂着密度分布

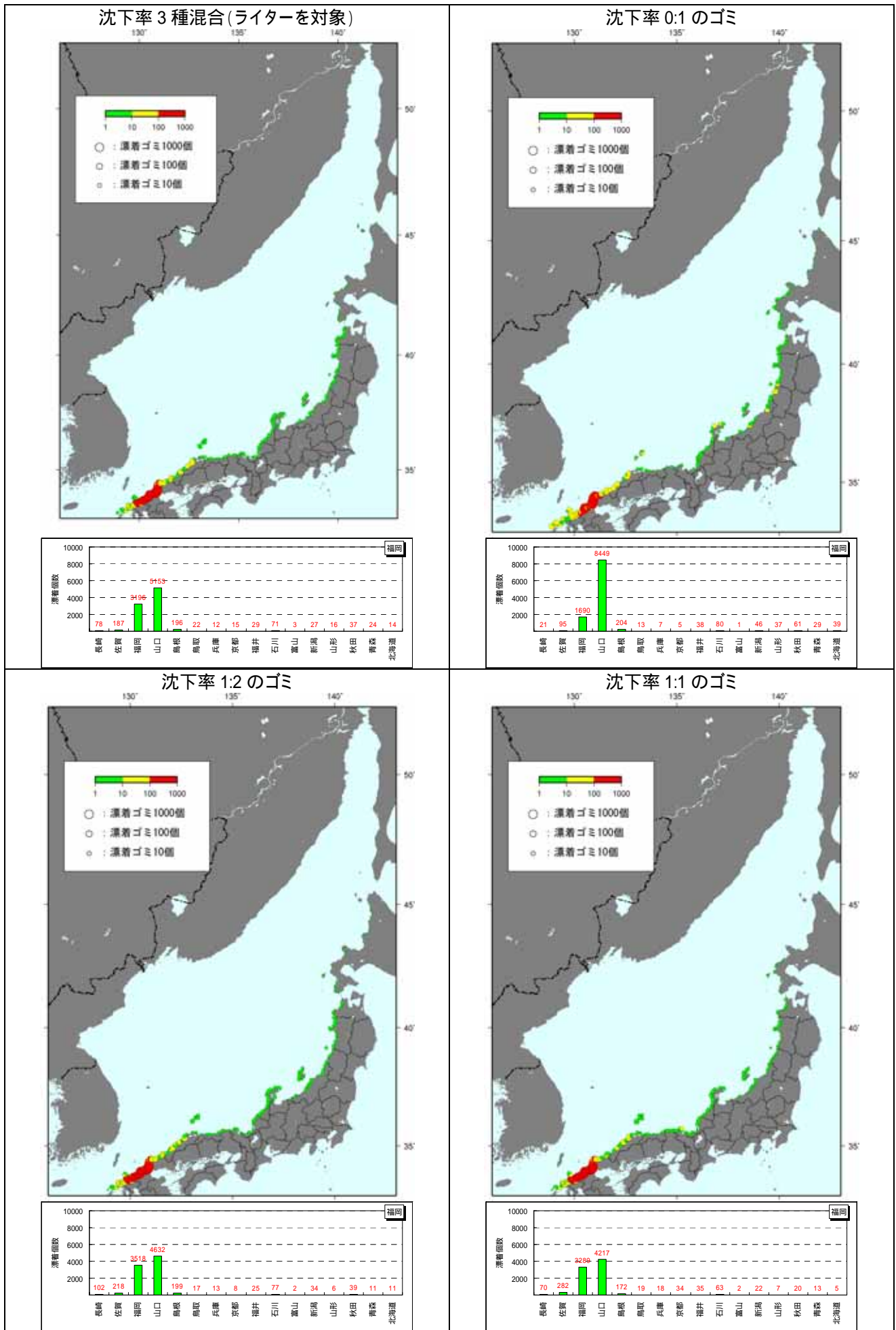


図- 2.2.11(14) 福岡県沿岸からの発生を想定したゴミの漂着密度分布

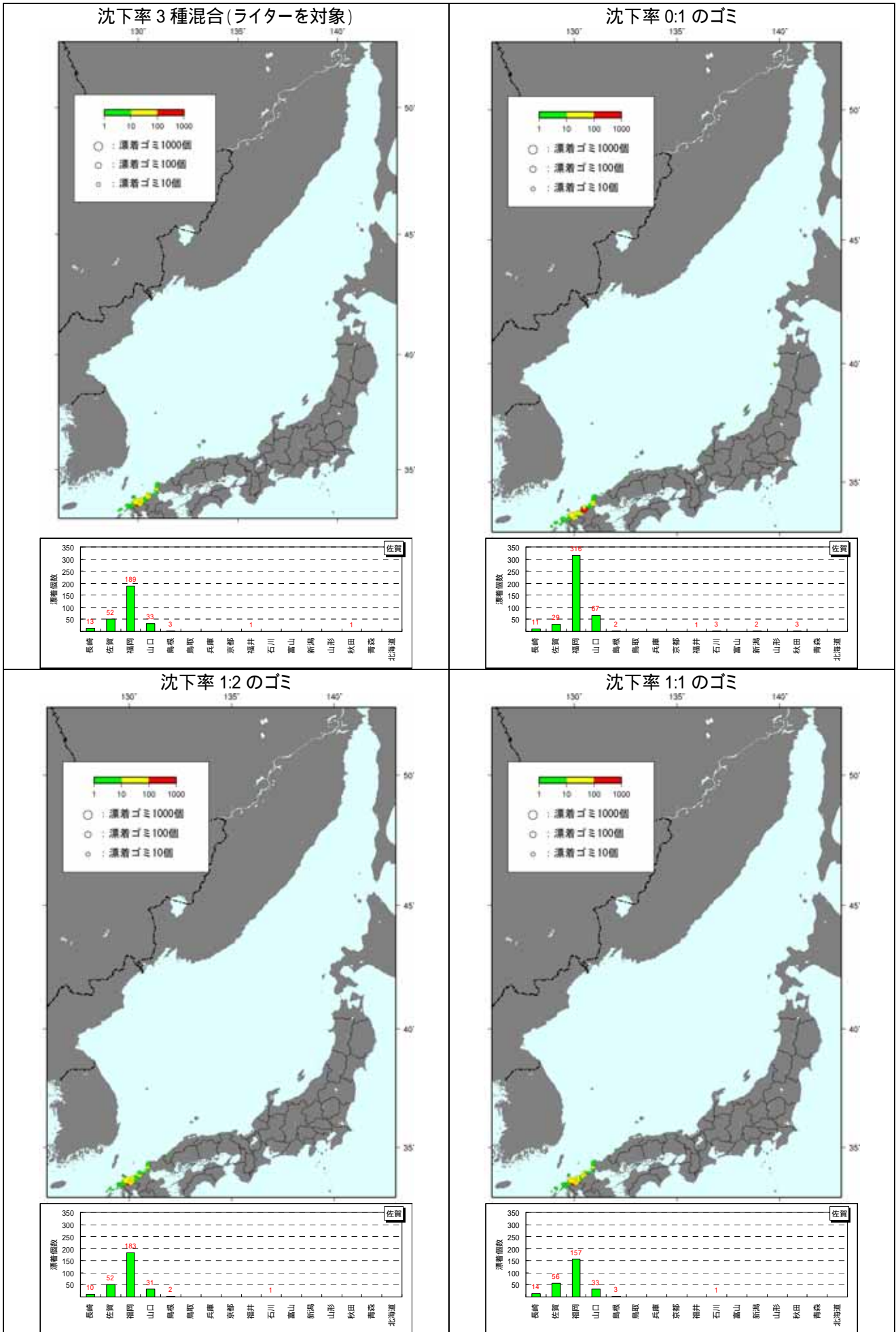


図- 2.2.11(15) 佐賀県沿岸からの発生を想定したゴミの漂着密度分布

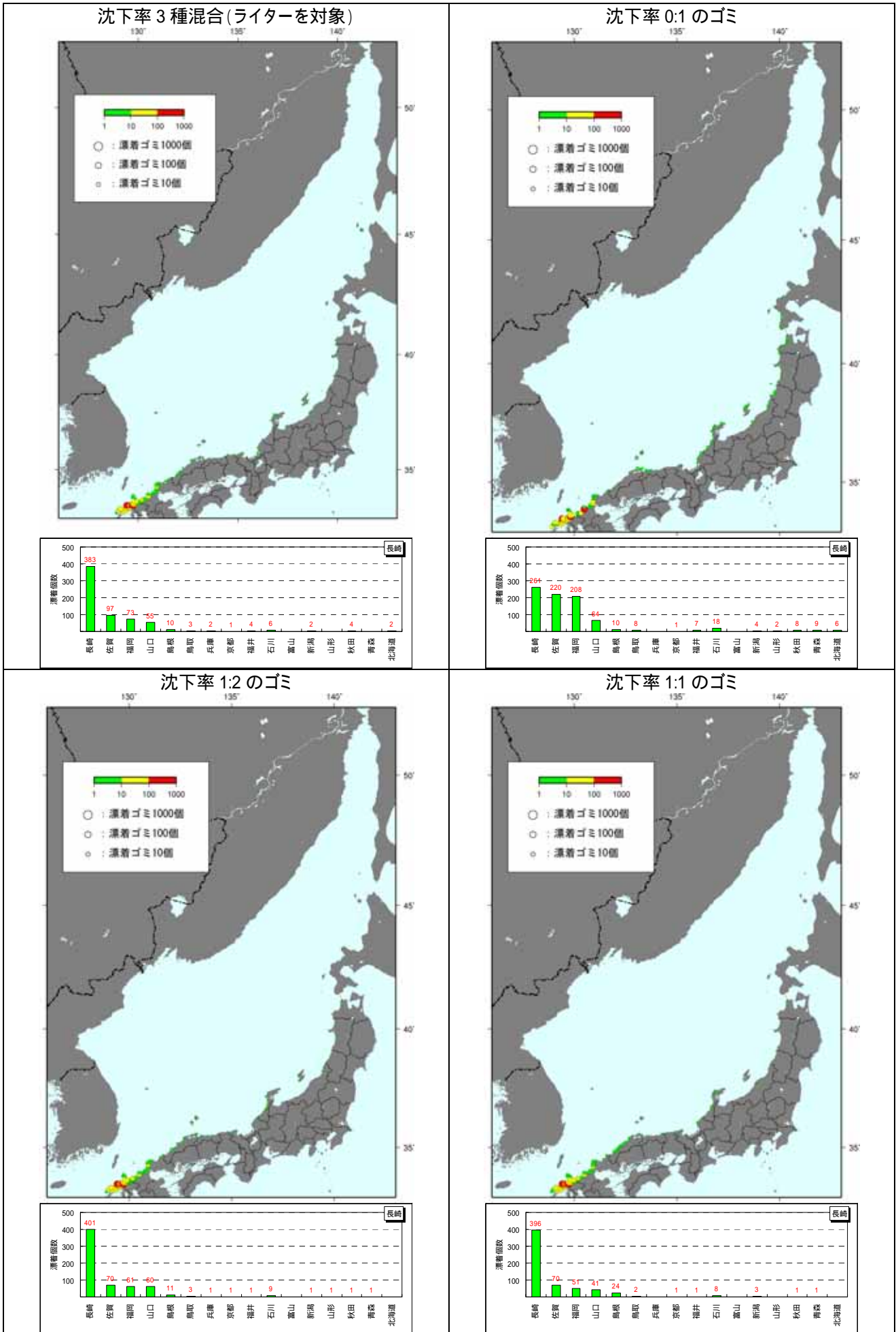


図- 2.2.11(16) 長崎県沿岸からの発生を想定したゴミの漂着密度分布

2) 漂着ゴミの道府県別割合

各道府県に漂着したライターの出産地の割合について解析を行った。各道府県に漂着したライターのうち国外産(起源)ゴミが占める割合、また国内ゴミのうち自道府県内のゴミが占める割合を図- 2.2.12 に示す。各道府県の詳細な内訳グラフは図- 2.2.13 に示すとおりである。

まず、漂着ゴミに占める国外産(起源)ゴミの割合を沈下率別に見ると、沈下率 0:1 のケースが他のケースとことなり、ほとんどの地域で割合が小さくなっている。また、自道府県内のゴミの割合も同様の傾向である。

沈下率 3 種混合のケースで見ると、国外産(起源)ゴミの占める割合は、島根県、長崎県、兵庫県、石川県の順に多く、6 割を超えている。逆に、富山県は 5%と低かった。国外産(起源)ゴミが多い地域の沖合は、対馬暖流の通り道となっているところが多い。

自道府県内のゴミの割合は、兵庫県、山口県、佐賀県を除いて 5 割を超えており、ほとんどの道府県で「半分以上が地域内で流出したゴミ」という結果であった。

これらの計算結果は、各地域における漂流・漂着ゴミ削減方策を検討する上での重点ポイント(自・他道府県、国外のどこに重点を置くか)を決めるための 1 つの目安となる。

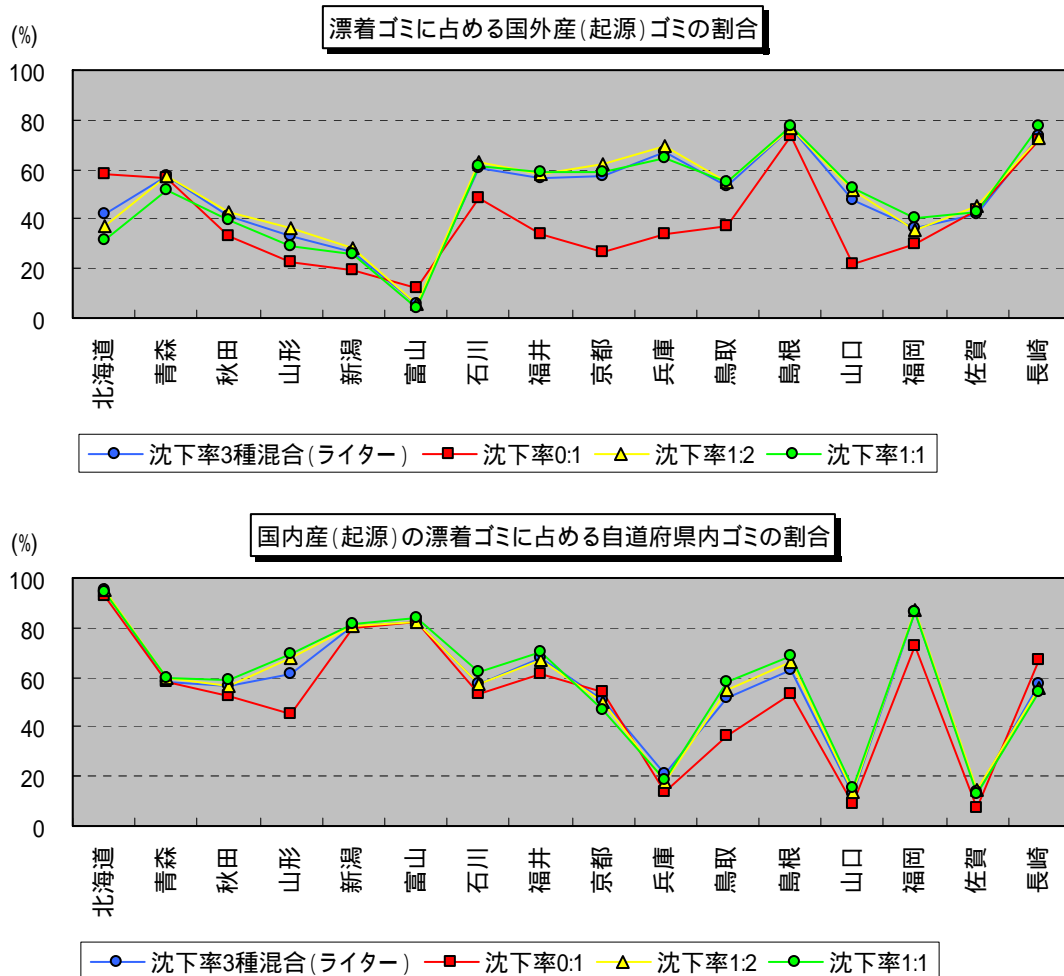
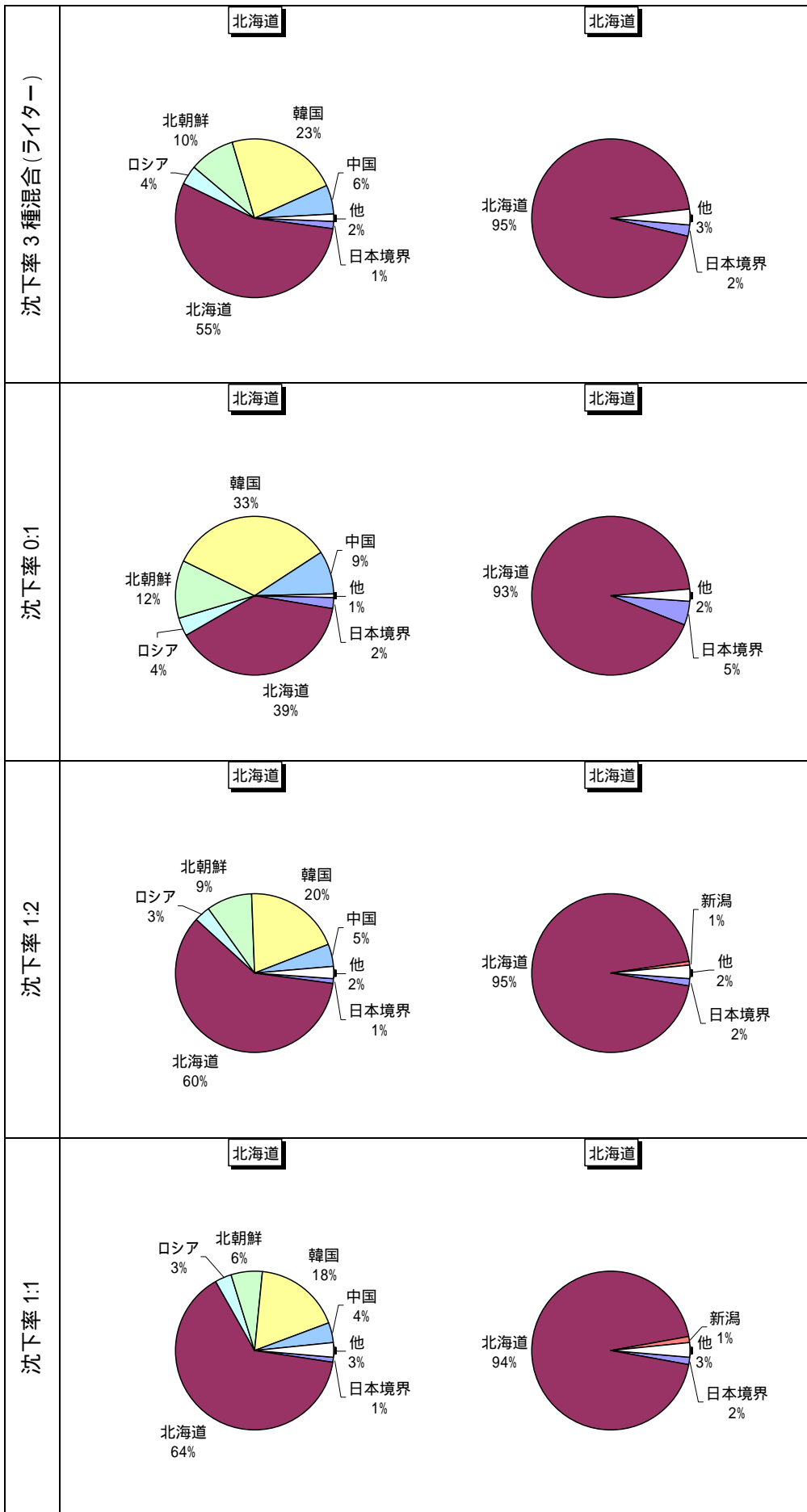
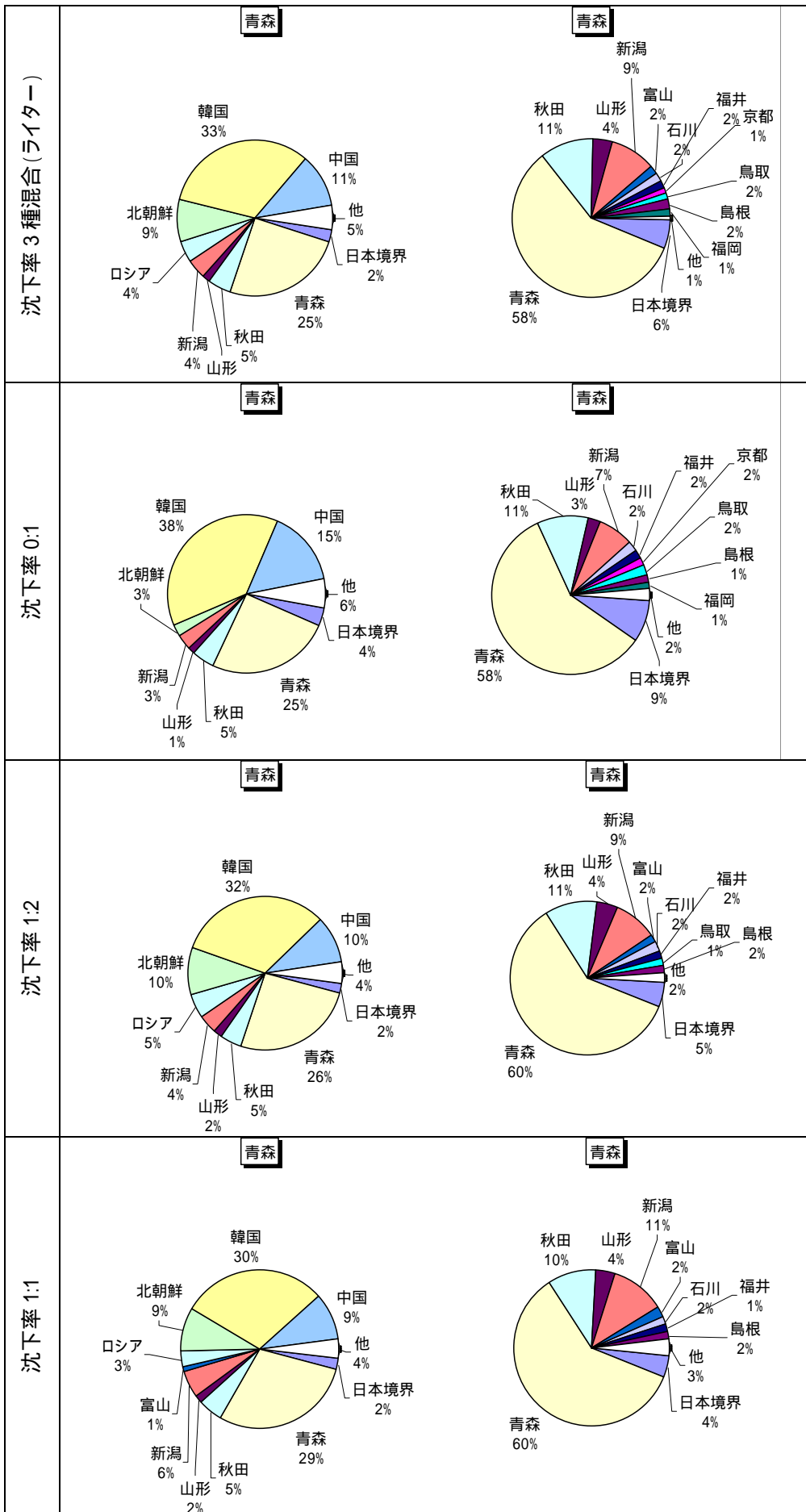


図- 2.2.12 国外ゴミ及び自道府県内ゴミの割合



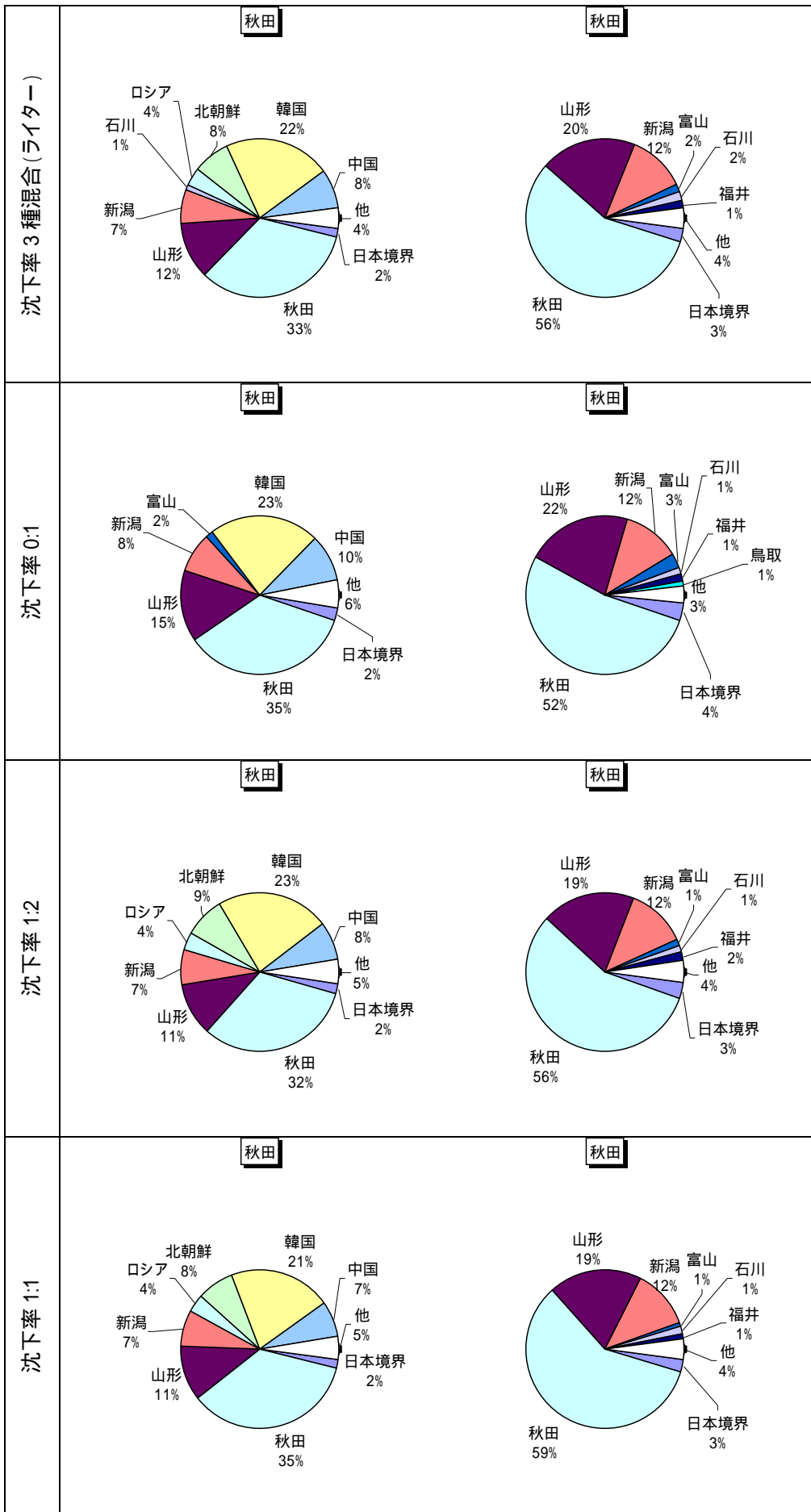
左図: 国外を含む割合、右図: 国内のみの割合

図- 2.2.13(1) 漂着物の流出地別割合 (北海道)



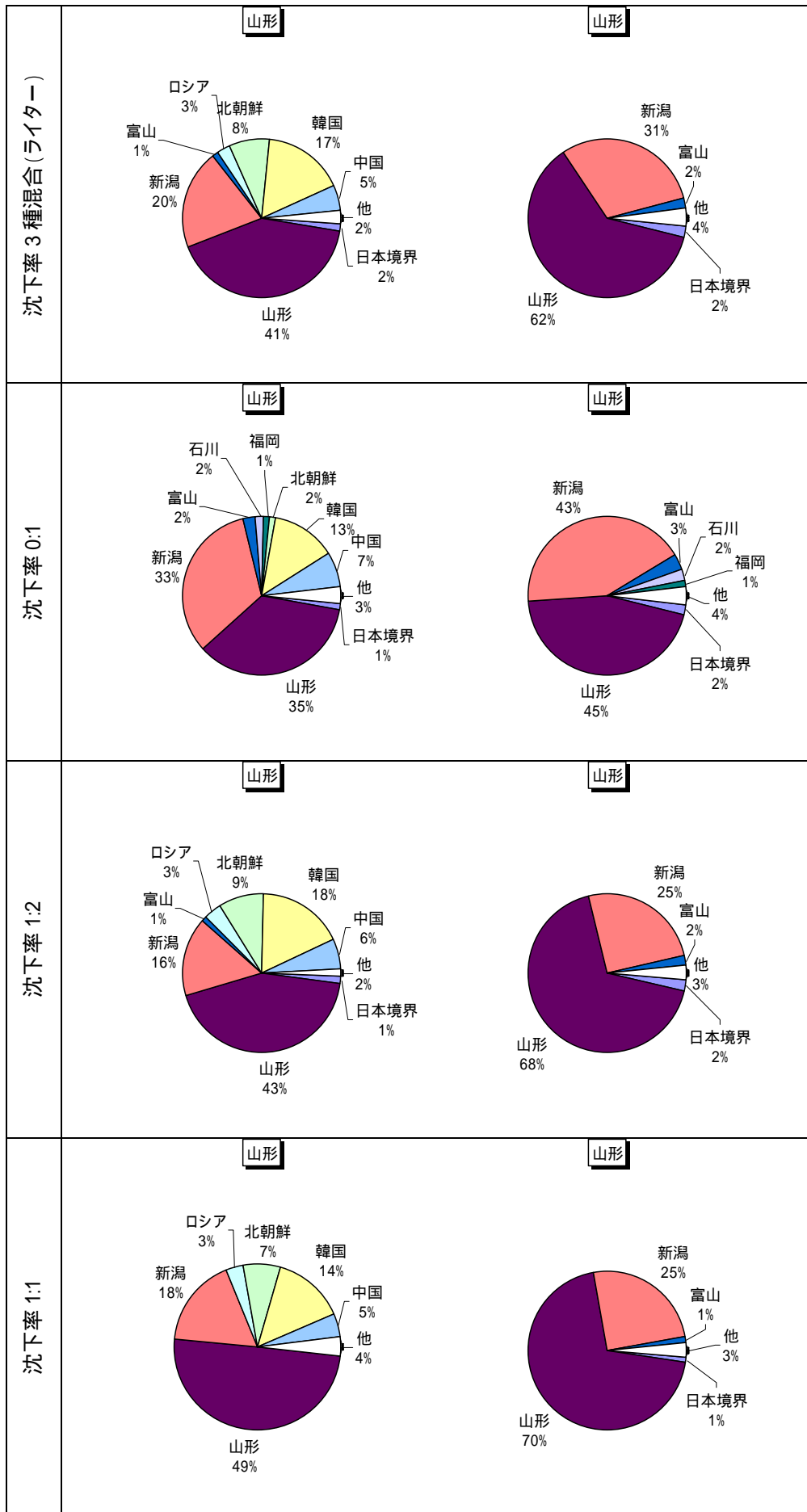
左図: 国外を含む割合、右図: 国内のみの割合

図- 2.2.13(2) 漂着物の流出地別割合 (青森県)



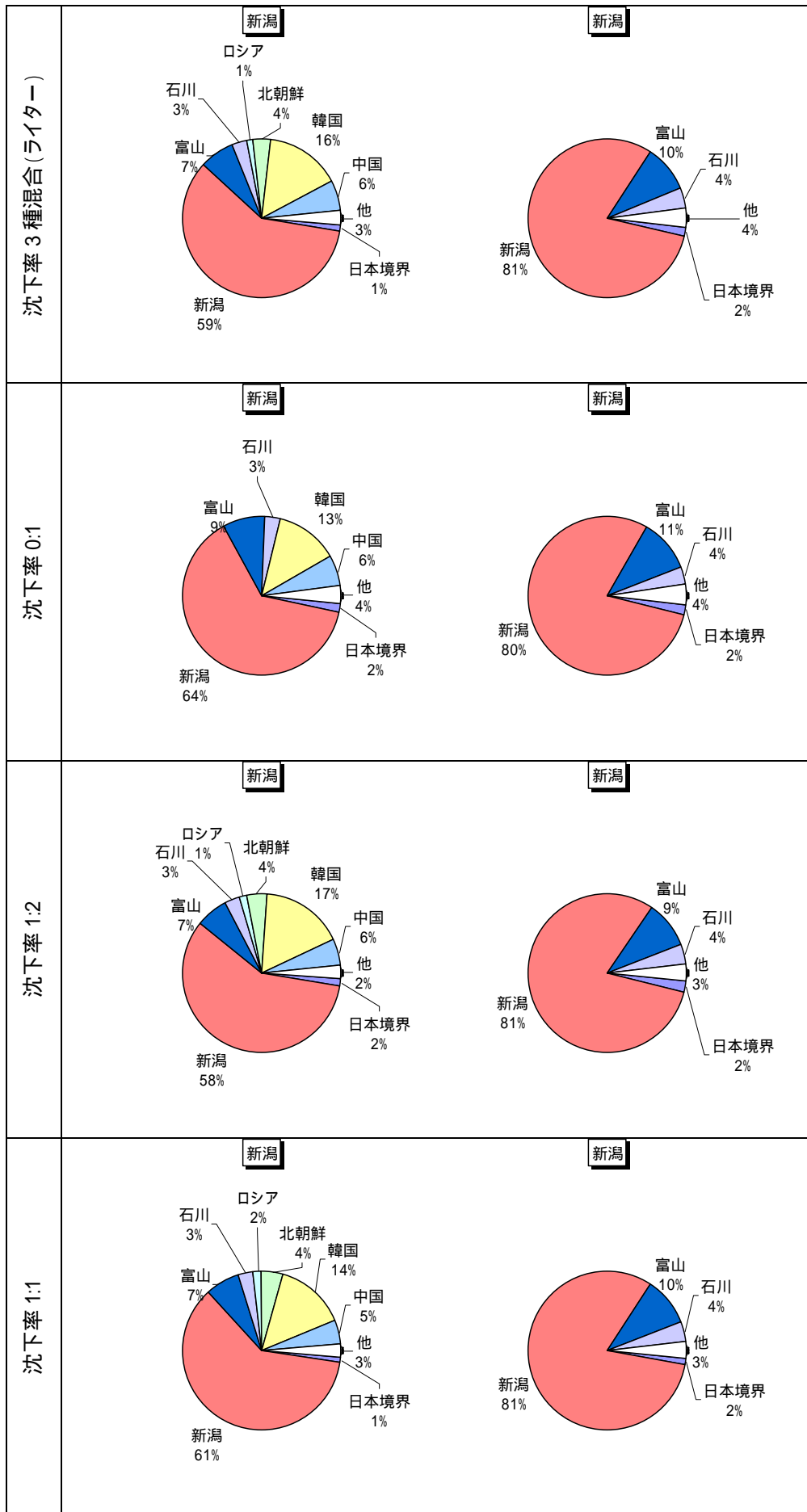
左図: 国外を含む割合、右図: 国内のみの割合

図- 2.2.13(3) 漂着物の流出地別割合 (秋田県)



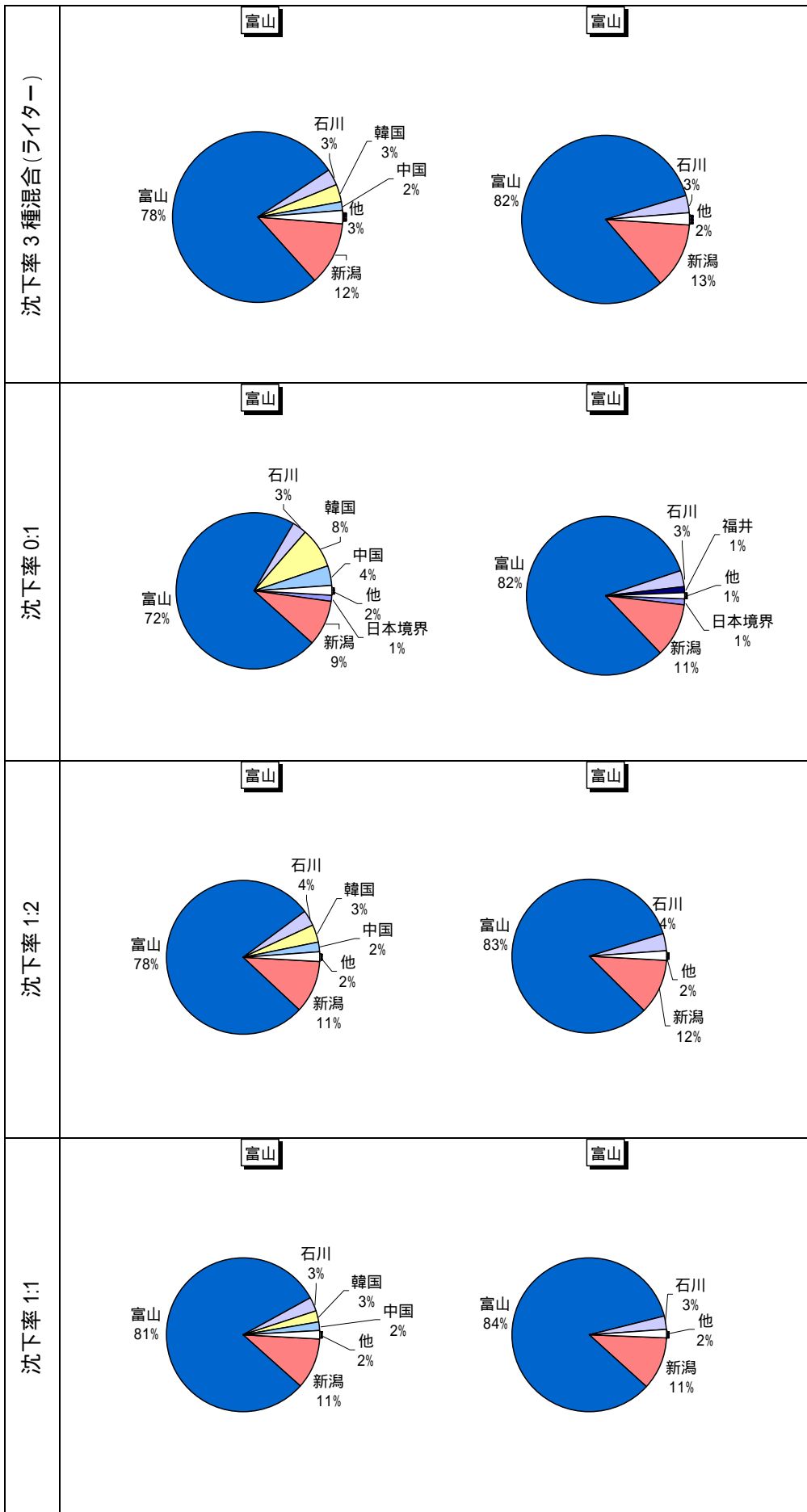
左図: 国外を含む割合、右図: 国内のみの割合

図- 2.2.13(4) 漂着物の流出地別割合 (山形県)



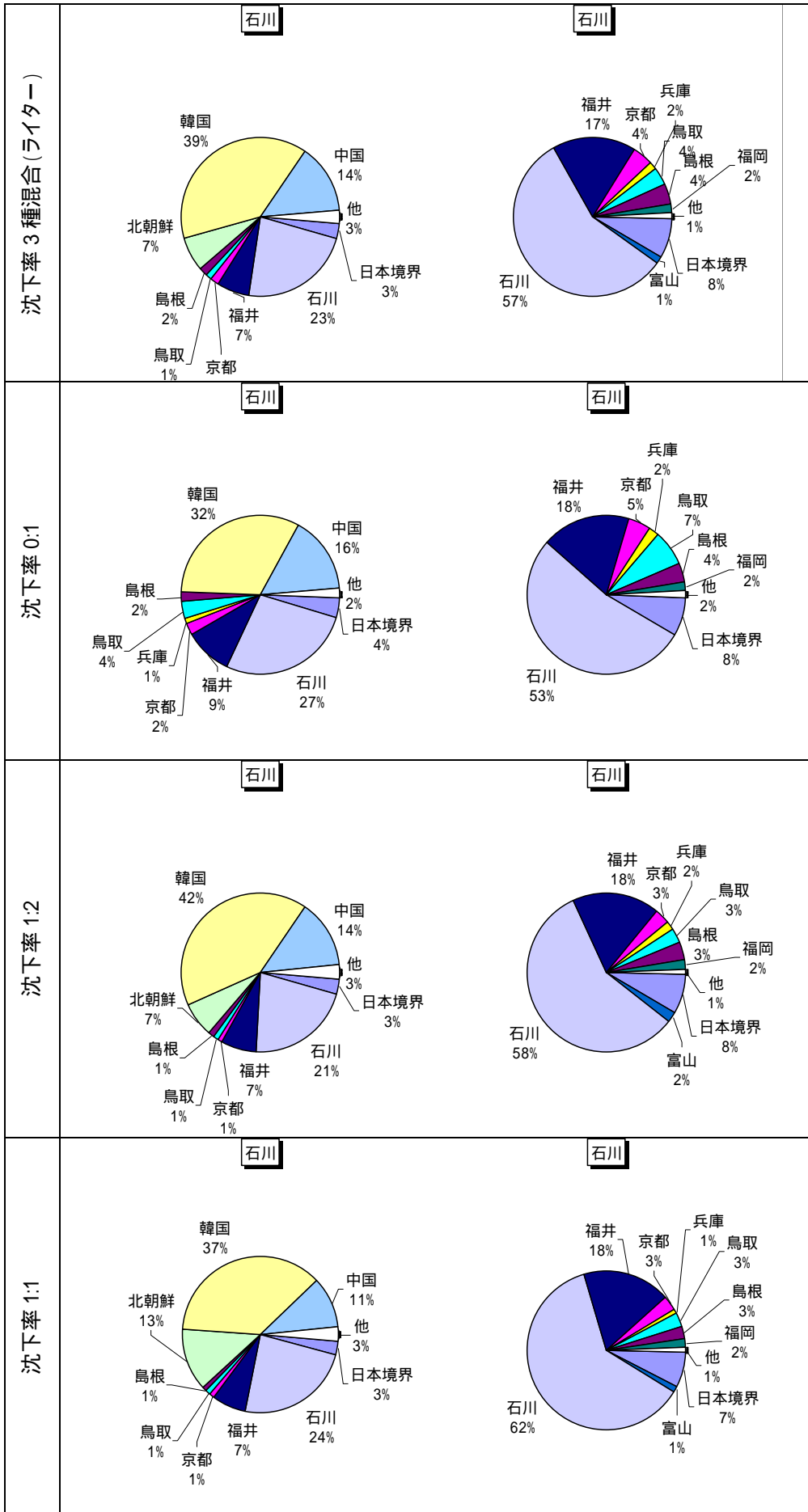
左図: 国外を含む割合、右図: 国内のみの割合

図- 2.2.13(5) 漂着物の流出地別割合 (新潟県)



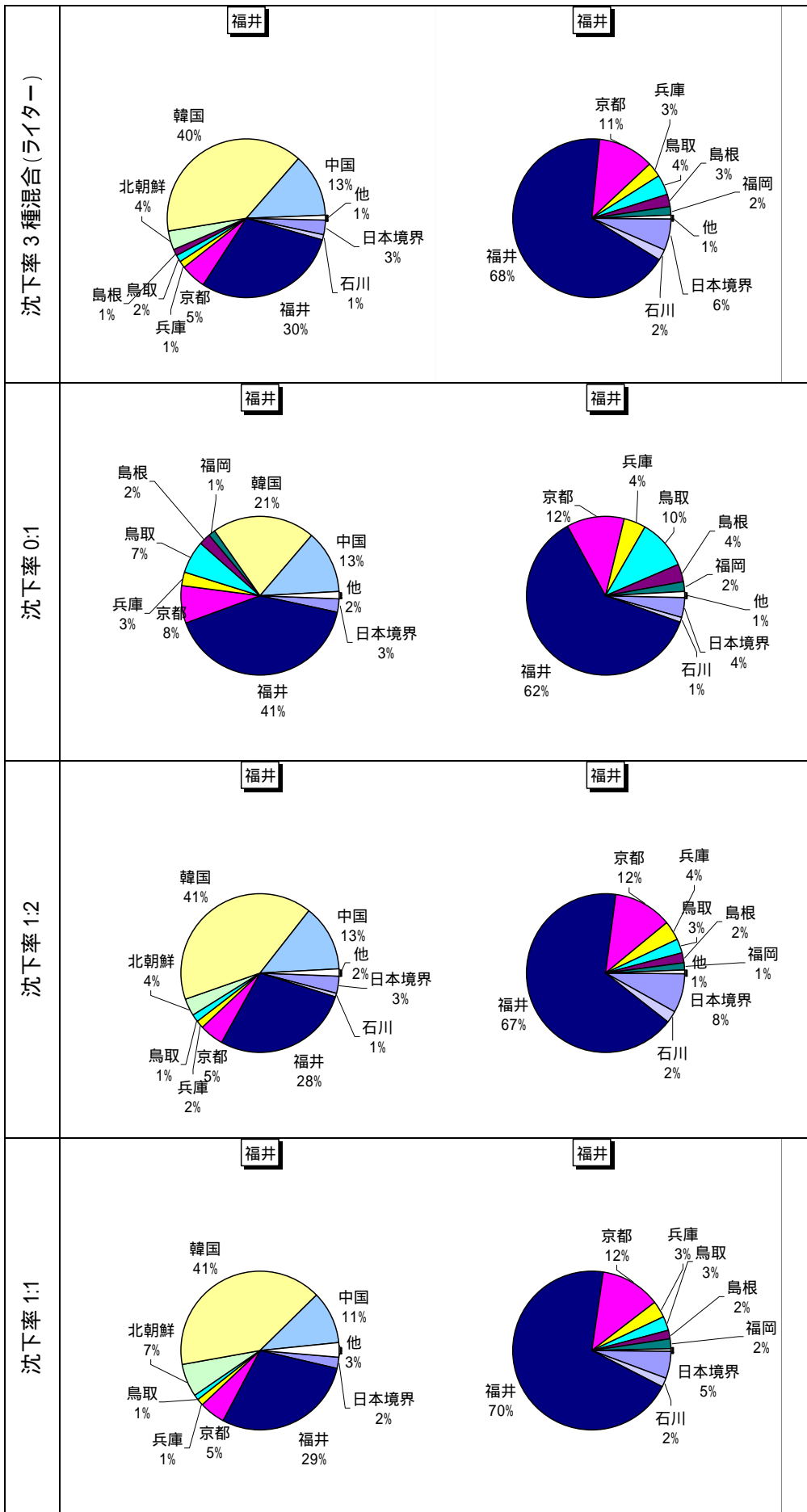
左図: 国外を含む割合、右図: 国内のみの割合

図- 2.2.13(6) 漂着物の流出地別割合 (富山県)



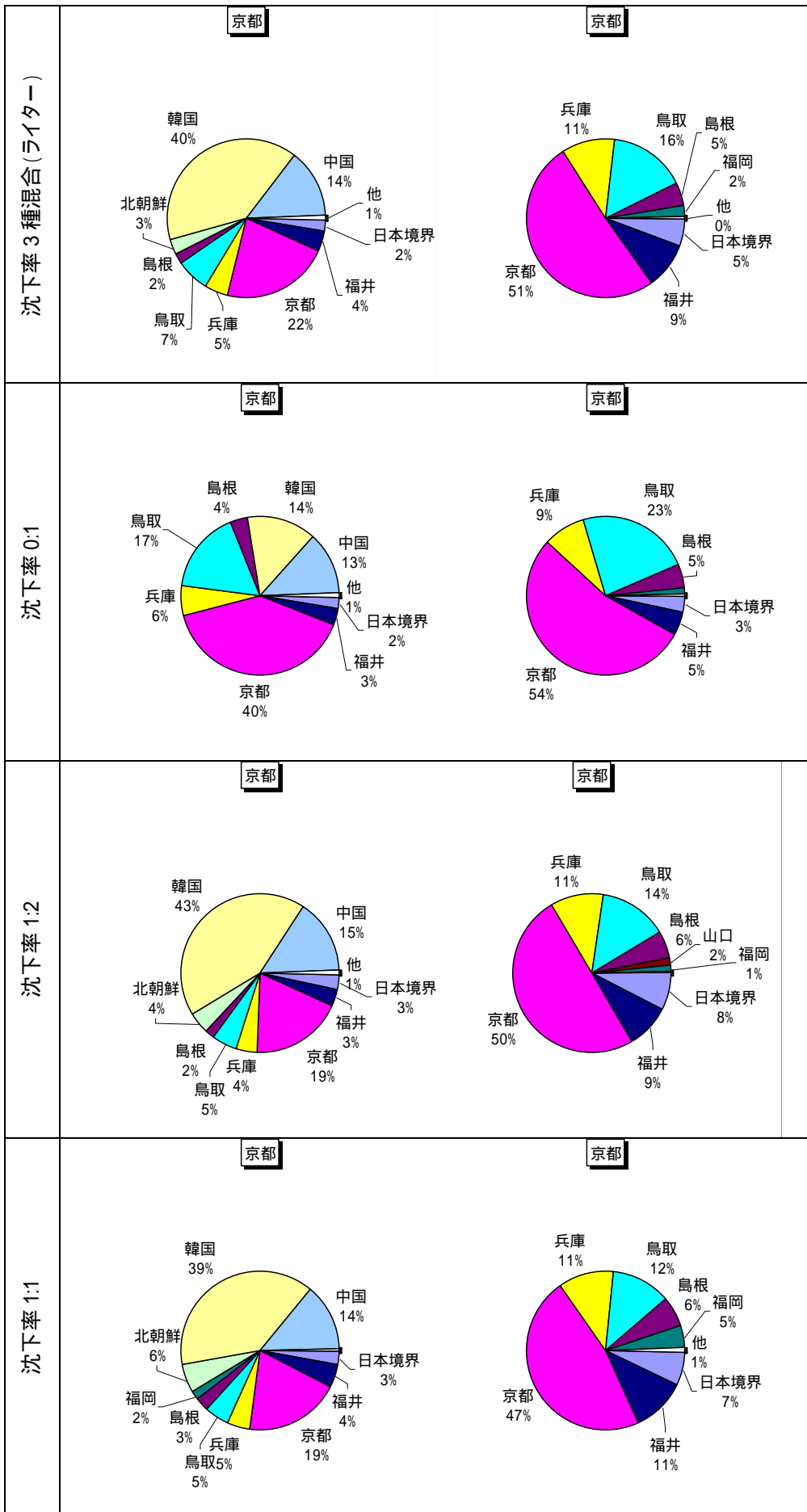
左図: 国外を含む割合、右図: 国内のみの割合

図- 2.2.13(7) 漂着物の流出地別割合 (石川県)



左図: 国外を含む割合、右図: 国内のみの割合

図- 2.2.13(8) 漂着物の流出地別割合 (福井県)



左図: 国外を含む割合、右図: 国内のみの割合

図- 2.2.13(9) 漂着物の流出地別割合 (京都府)

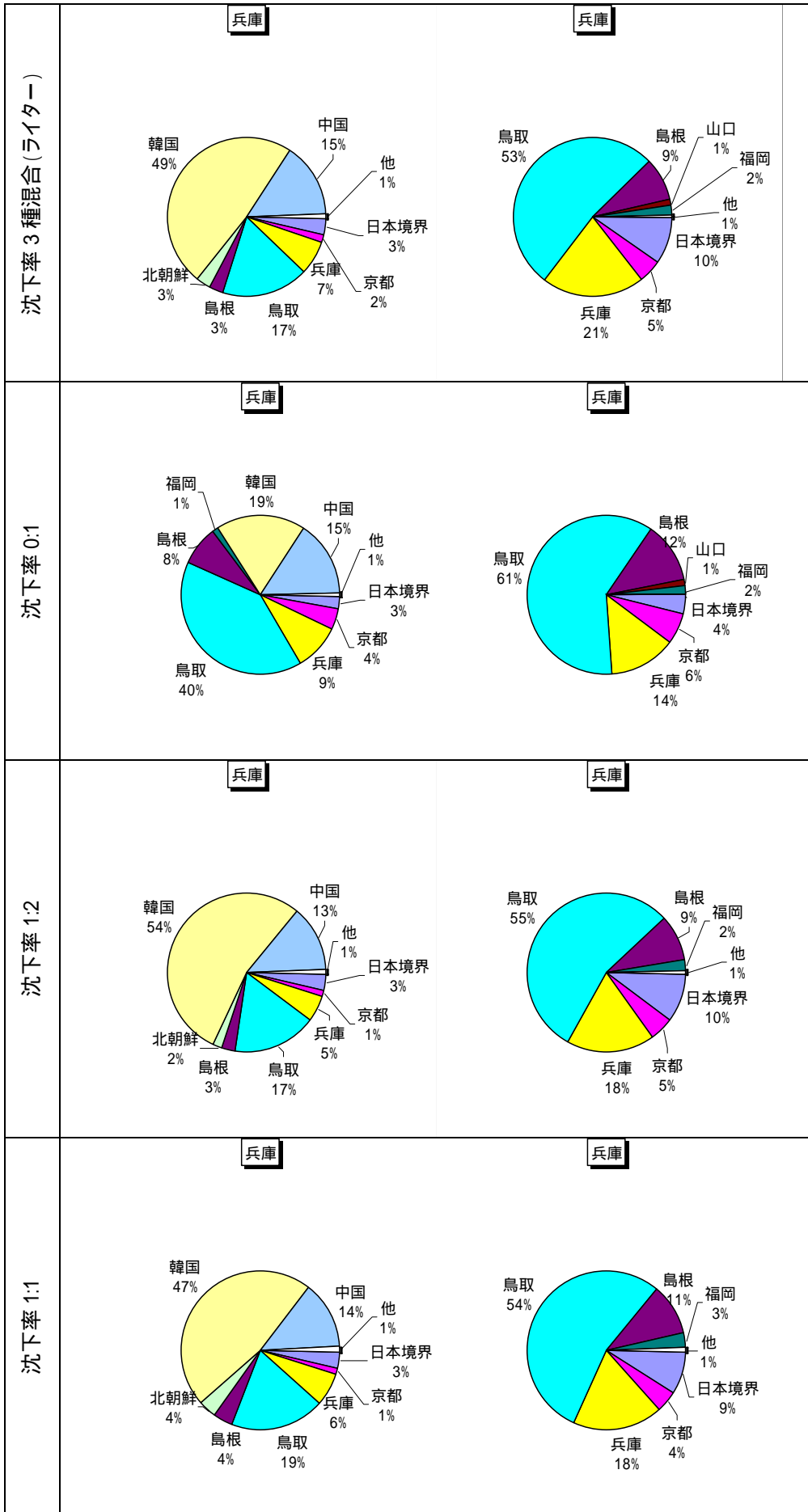
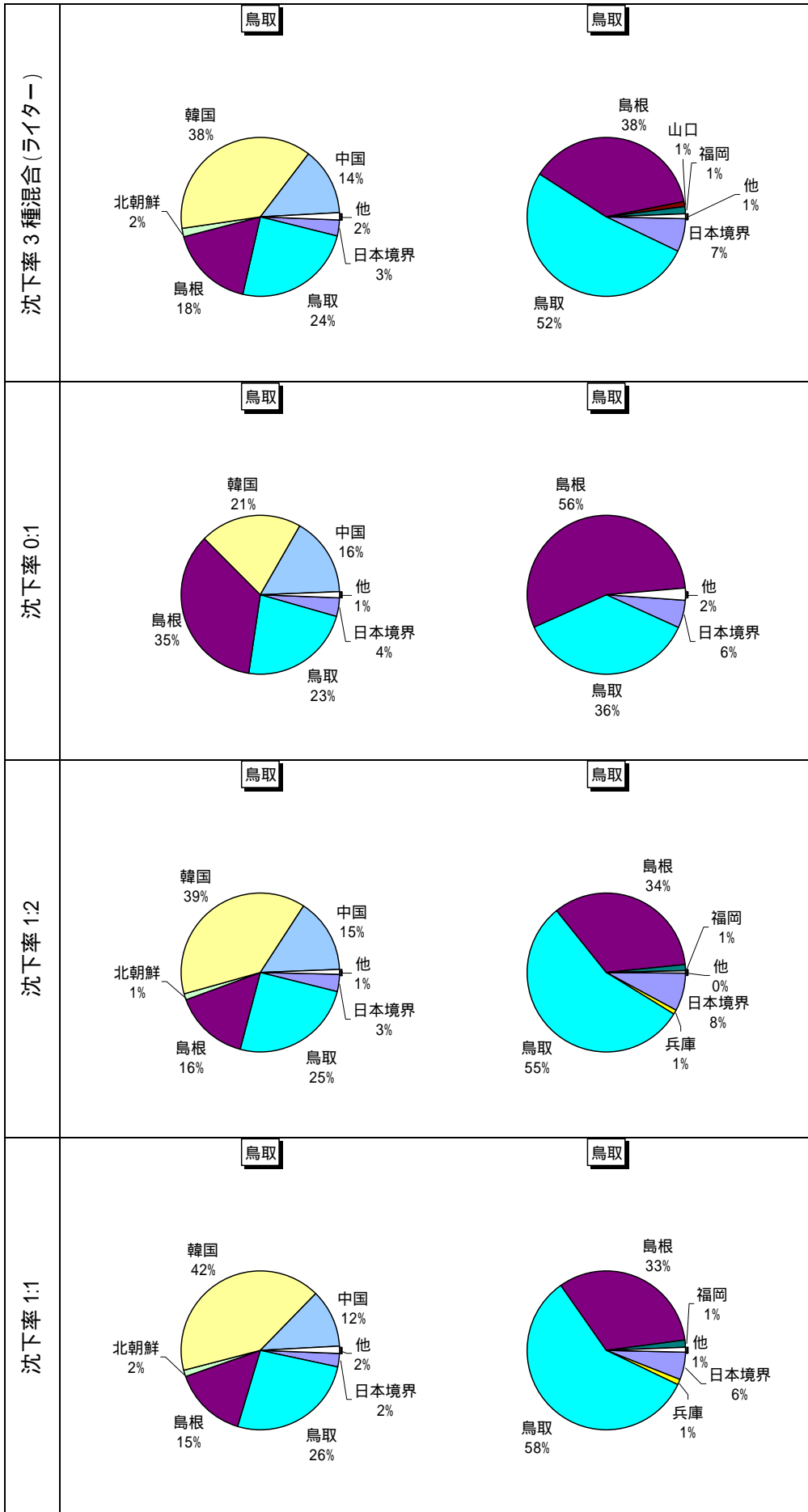
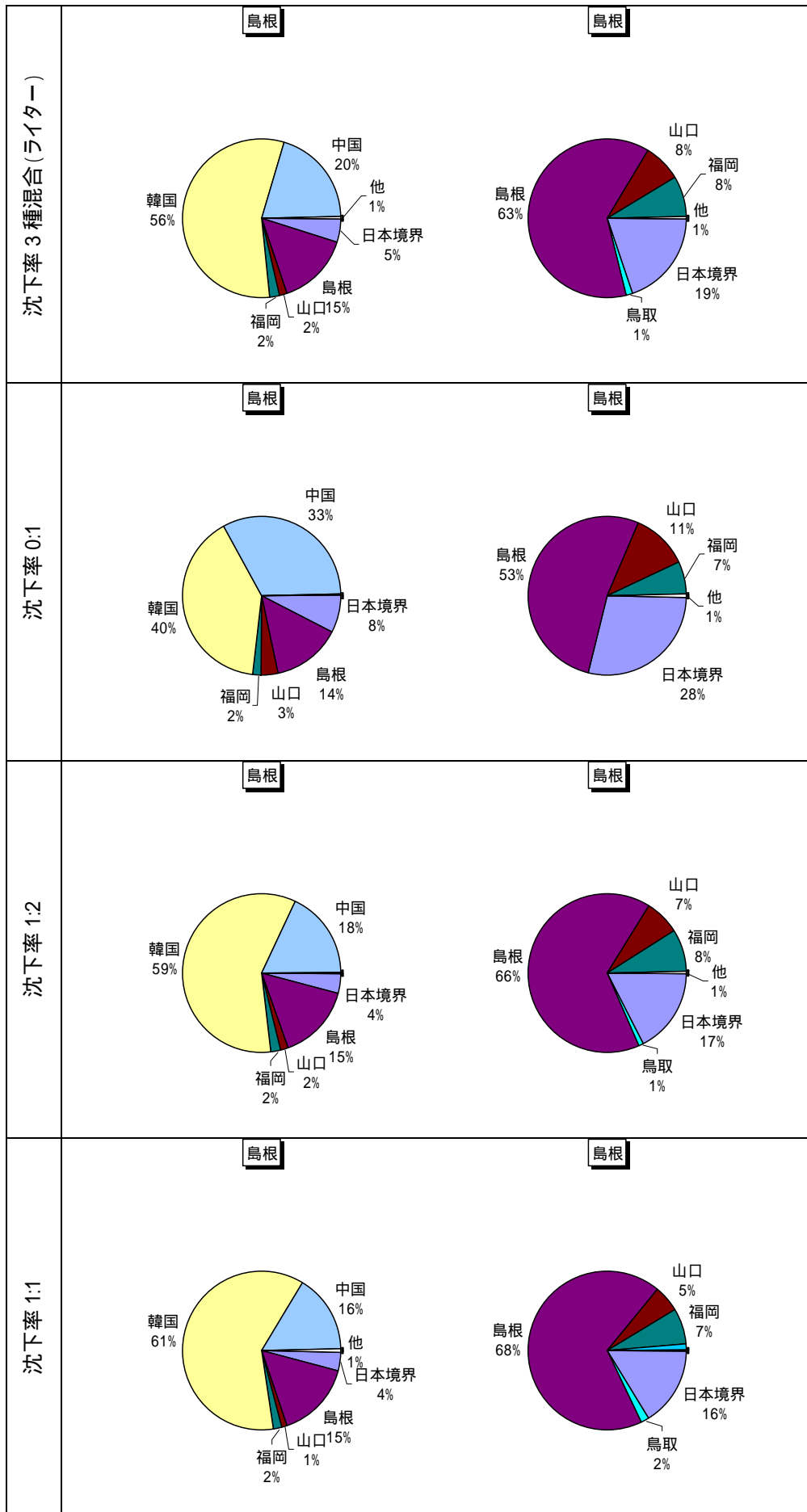


図- 2.2.13(10) 漂着物の流出地別割合(兵庫県)



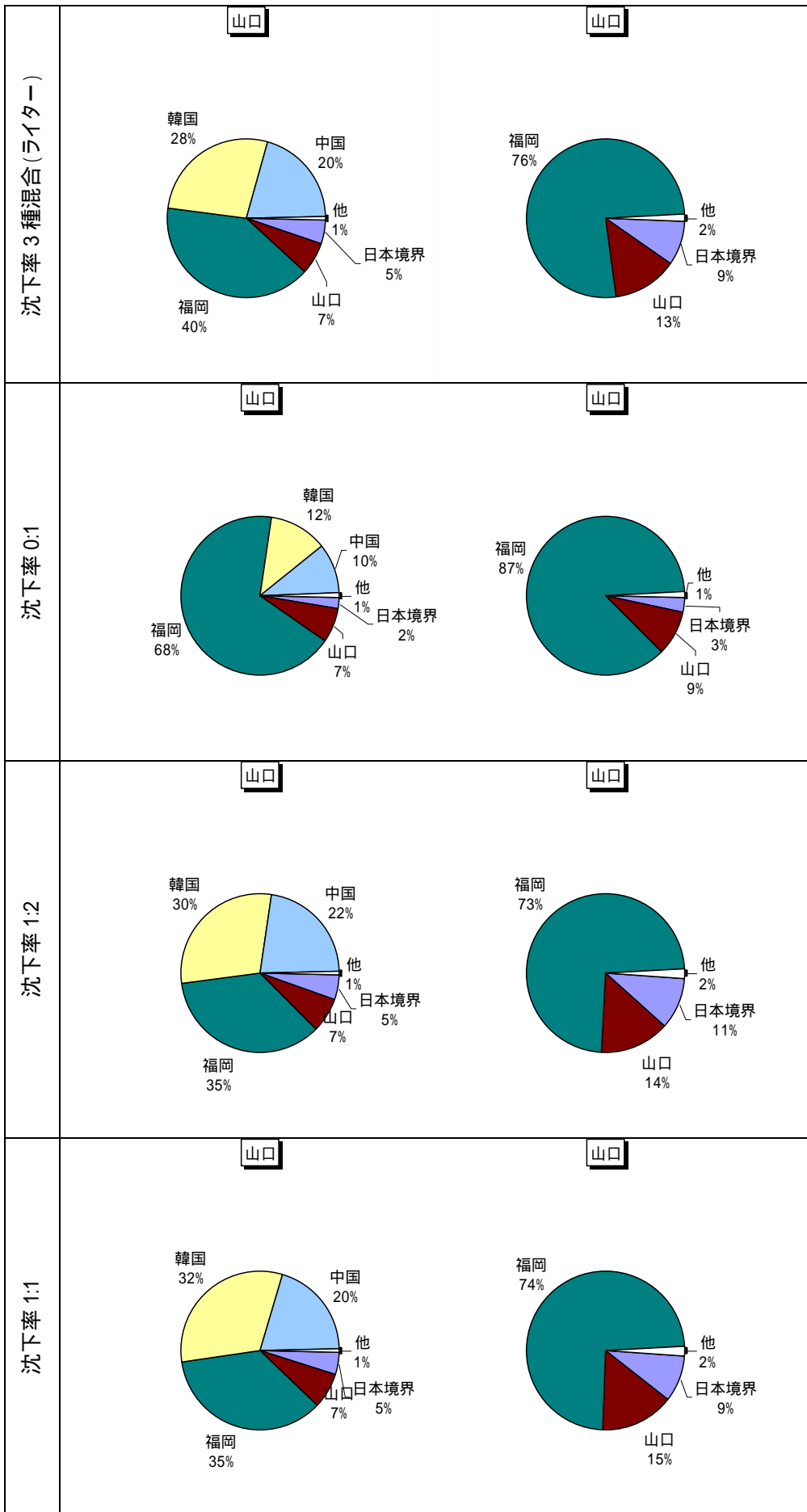
左図: 国外を含む割合、右図: 国内のみの割合

図- 2.2.13(11) 漂着物の流出地別割合(鳥取県)



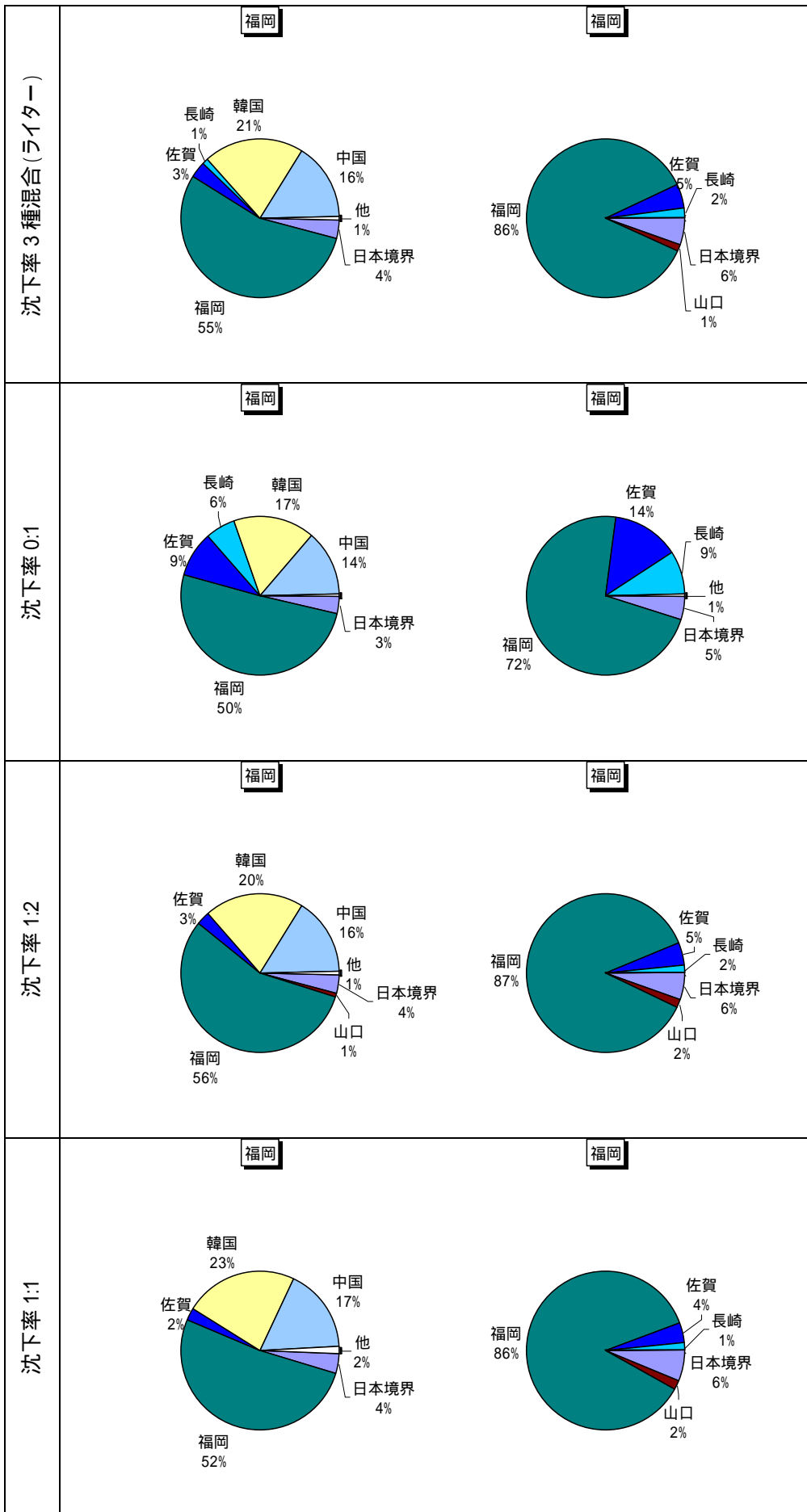
左図:国外を含む割合、右図:国内のみの割合

図- 2.2.13(12) 漂着物の流出地別割合(島根県)



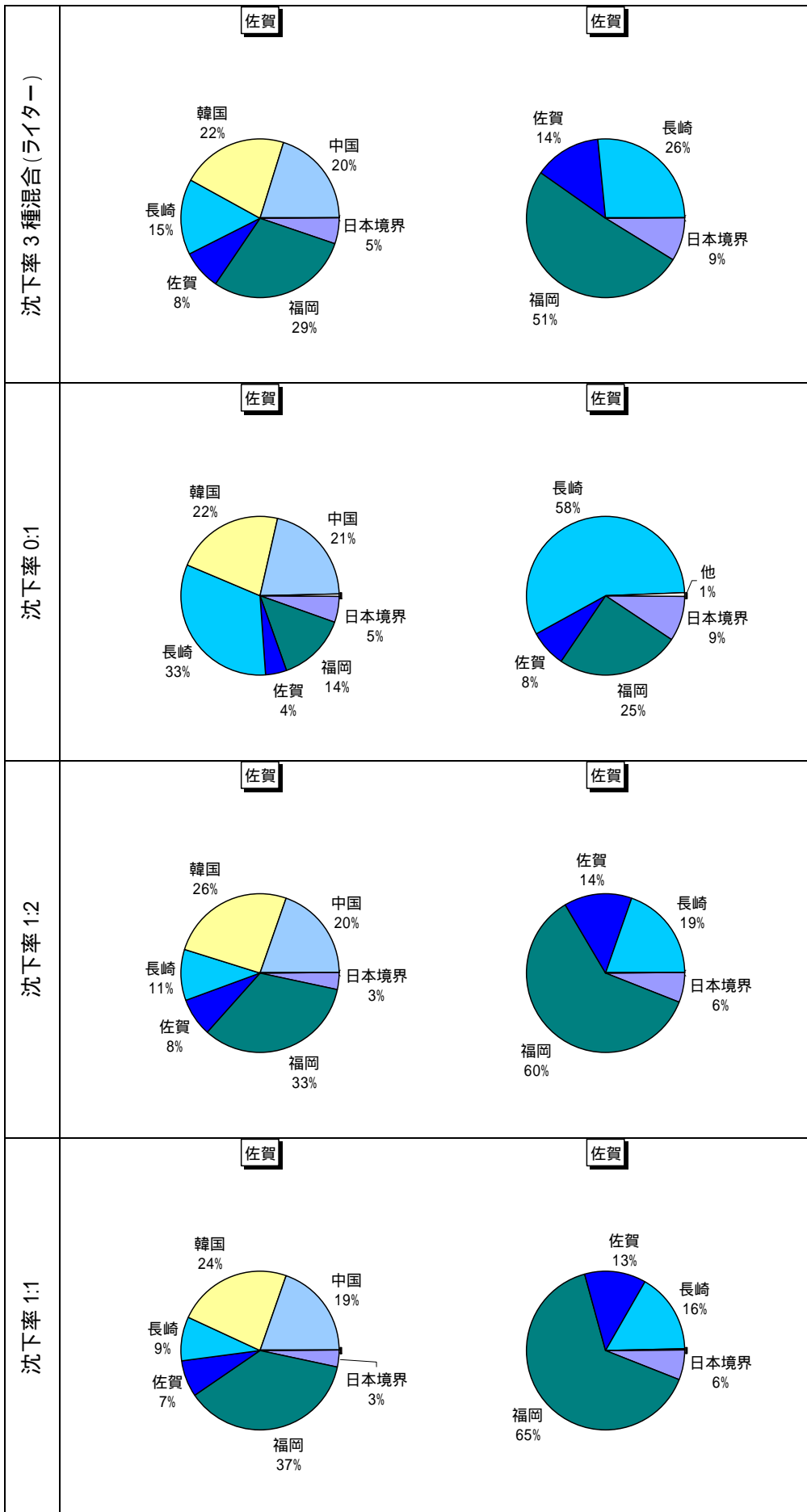
左図: 国外を含む割合、右図: 国内のみの割合

図- 2.2.13(13) 漂着物の流出地別割合(山口県)



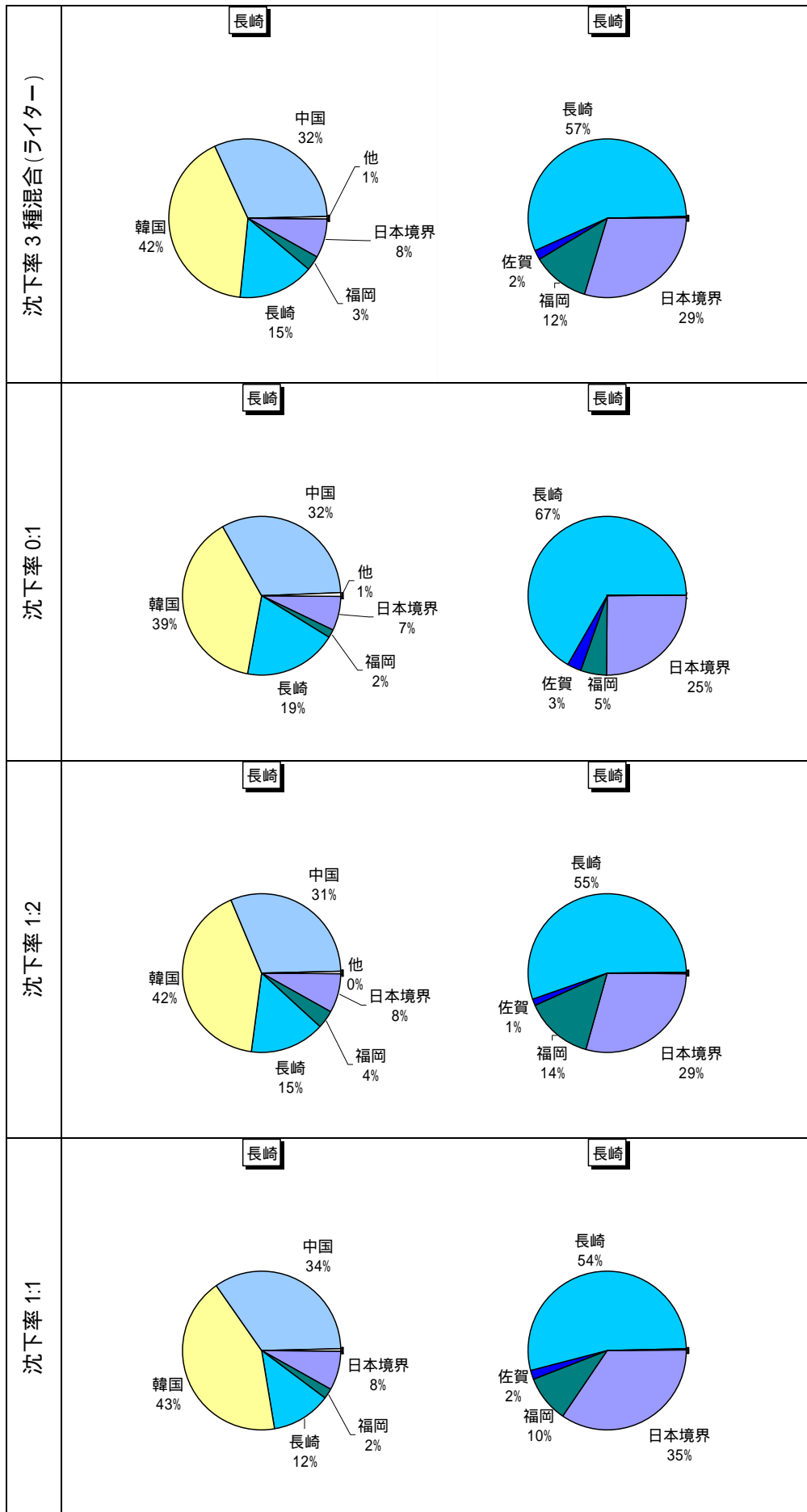
左図: 国外を含む割合、右図: 国内のみの割合

図- 2.2.13(14) 漂着物の流出地別割合(福岡県)



左図: 国外を含む割合、右図: 国内のみの割合

図- 2.2.13(15) 漂着物の流出地別割合(佐賀県)



左図: 国外を含む割合、右図: 国内のみの割合

図- 2.2.13(16) 漂着物の流出地別割合(長崎県)

(4) ライターの沈下率の設定について

平成 18 年度のライターの沈下率の設定は、現地調査時(回収時)における破損状態での浮遊姿勢で漂流するという仮定の下、空中:水中比 = 0:1、1:2、1:1(個数比はそれぞれ 15%、75%、10%)の 3 種が混合した状態とし、漂流計算を実施した。

本年度は、ライターの形状の劣化が、海岸に打ち上げられてから進行するとも考えられるので、初めから形状別の比率で投入せず、全投入数同一形状の計算を行った。

それぞれの沈下率別の計算結果によると、国別の漂着割合には大きな差は見られず、漂流経路、漂着量、到達範囲の解析結果では、空中:水中比 = 0:1 のケースだけ違いが見られた。

一方、ライターの腐食実験によると、劣化していないライターの沈下率は、概ね空中:水中比 = 0:1 であり、2 週間程度の期間では、多少サビが発生するものの、沈下率が大幅に変わるほどの劣化は見られなかった。

この検討結果の流れで行くと、ライターの沈下率の設定値を、空中:水中比 = 0:1 とすることが妥当であるように思えるが、以下の理由から、沈下率を 1 種に特定しないものとした。

- ・ どの劣化状態で漂流を開始するかが不明である
- ・ 出水時に河川から発生する場合、既に劣化している状態で発生する可能性がある
- ・ ライターの形状の種類は様々であり、沈下率を 1 種に特定するよりも、ある程度の幅を持たせて設定することが望ましい
- ・ ライターが浮遊している海表面にごく近い部分の海水は、海水自体に同様の風圧流が効いていることが考えられ、風圧効果を全く受けない空中:水中比 = 0:1 ケースのみで検討することは妥当ではない

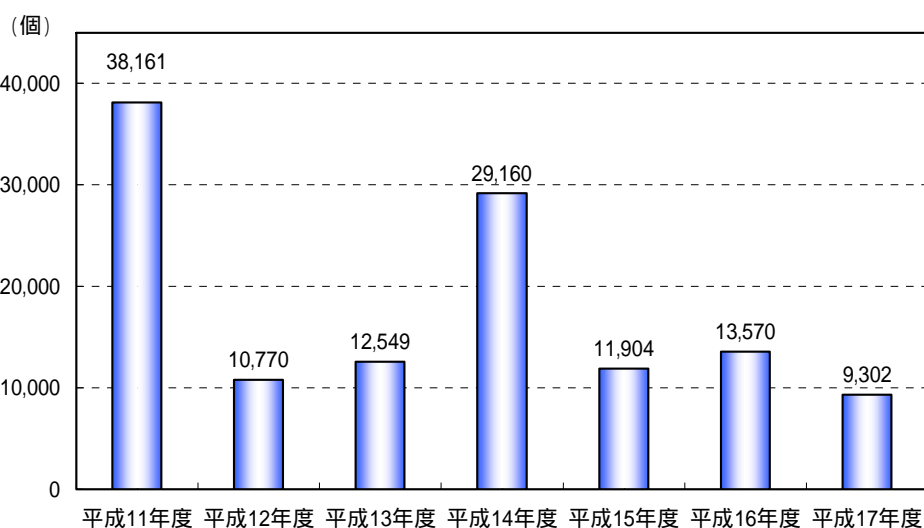
沈下率の設定は、ある程度の幅を持たせて行うことが望ましい

2.2.2 ライター以外のアイテムについての漂流・漂着予測

(1) 冬季季節風の影響を受けやすいゴミの漂流・漂着予測

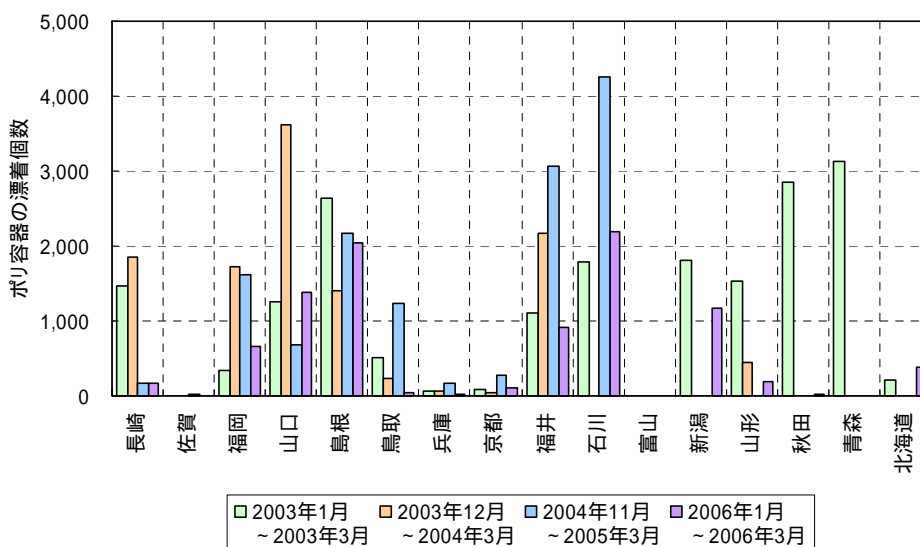
日本海に面する日本の海岸には、冬季を中心に様々かつ大量のゴミが漂着する。これらのゴミは冬季の北西の季節風によって運ばれ、水に良く浮くものが多いと考えられる。

海上保安庁がこれまでにまとめている日本海沿岸へのポリ容器の漂着調査資料によると、平成12年頃から毎年冬場を中心に、日本海沿岸に大量のポリ容器が漂着しており、その量は年間数万個に及んでいる(図- 2.2.14、図- 2.2.15)。その多くにハングル文字の記載があり、韓国から流出したものと考えられ、主に冬季の強い季節風に運ばれてきたものと考えられる。平成17年度における漂着実態調査でも幾つかのポリ容器の漂着が見られ、中には薬品名の記載がある危険なものも見られた(写真- エラー! 指定したスタイルは使われていません。 .1)。本業務では、ポリ容器に代表される冬季季節風の影響を受けやすいゴミを対象に漂流・漂着予測を行った。



海上保安庁調査資料の数値を用いて図化

図- 2.2.14 ポリ容器の年度別漂着数



海上保安庁調査資料の数値を用いて図化

図- 2.2.15 県別のポリ容器の漂着状況

1) 計算条件

計算期間及び外力

計算期間は、海上保安庁の調査結果と比較できるように設定した。

平成 18 年度の検討結果によると、日本海全域一様に投入した沈下率 10:1、1:1 のゴミは、2 年間経過すると大多数のゴミが漂着あるいは海峡から流出するという計算結果を得た。今回、沈下率の設定は 10:1、5:1、2:1、1:1 の 4 種類を想定しており、前述の理由から 2 年間の助走期間が必要と考えられる。2006 年 1 月～3 月の調査結果と比較するために、計算期間は図- 2.2.16 に示すとおり 2004 年 1 月 1 日から 2006 年 12 月 31 日までの 3 年間とした。

なお、計算に用いた外力データは、流動場、気象場ともに日データ(気候値でない)を用いた。

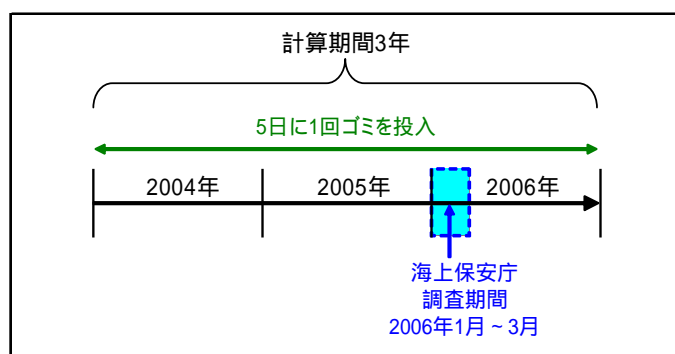


図- 2.2.16 計算期間

ゴミの投入条件

(i) 投入位置

海上保安庁の調査結果によると、大量漂着したポリ容器の多くにハングル文字の記載があり、韓国におけるリサイクルで使用されるものと推定されたため、ポリ容器を想定したゴミの投入位置は韓国沿岸に設定した。また、同じハングル文字を使う北朝鮮沿岸でも参考のため投入して計算を行った。

ゴミの投入位置を図- 2.2.17 に示す。

(ii) 投入量

ゴミの流出量が全く不明であるために、投入量の設定は沿岸 1 格子に対して 5 日で 1 個のポリ容器が流出するものと仮定した(年間で 10,366 個に相当)。

(iii) 沈下率

平成 18 年度において、ポリ容器の沈下率は 10:1 と設定をしたが、今年度は 10:1、5:1、2:1、1:1 の 4 パターンで計算を行い、沈下率設定の妥当性について検証を行った。

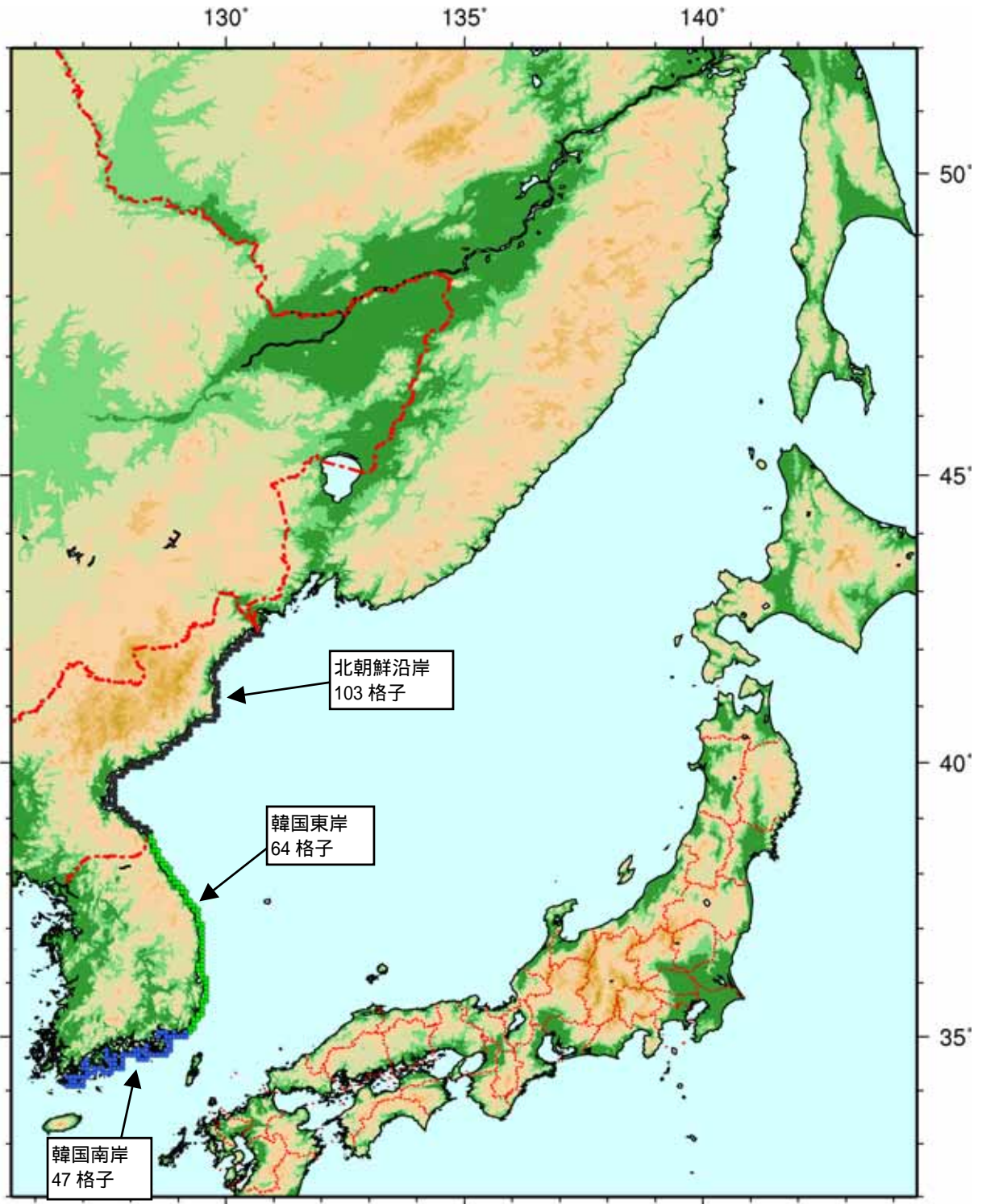


図- 2.2.17 冬季季節風の影響を受けやすいゴミを対象とした計算のゴミ投入位置

計算ケース

計算ケースは表- 2.2.5 に示すとおりである。

表- 2.2.5 計算ケース

計算ケース (対象物)	対象物及び 沈下率 (空中:水中)	ゴミ粒子投入条件	計算期間	気象 流動条件
ケース 1	10:1	・韓国沿岸(南岸・東岸)から投入 ・1 格子当たり 5 日で 1 個の割合 ・北朝鮮沿岸は参考計算	2004 年 1 月 ~ 2006 年 12 月	日データ
ケース 2	5:1			
ケース 3	2:1			
ケース 4	1:1			

2) 計算結果

冬季季節風の影響を受けやすいゴミの漂流・漂着計算結果として、沈下率を変えた各ケースの道府県別漂着数を図- 2.2.18 に示す。計算結果の抽出期間は海上保安庁の調査と比較できるよう2006年1月1日～3月31日とした。

なお、北朝鮮沿岸からの流出を想定した計算結果は参考として図中に記載した。

計算結果を西側から見ていくと、各ケース共通で佐賀県の漂着量が少なく、福岡、山口、島根県と東に行くにつれて漂着量が多くなる。鳥取県への漂着量は島根県に比べて極端に少なくなっている。鳥取県以东ではケース間の違いが顕著である。これは水中断面積が大きいほど、より遠くへ運ばれるためである。

海上保安庁の調査結果と比較すると、西側では計算結果と非常によく一致している。特に沈下率1:1のケースが調査結果の漂着分布傾向を再現しているが、新潟県の漂着量は再現できていない。

沈下率1:1のケースを流出海岸別に見ると、韓国南岸からの流出を想定したゴミは、概ね長崎県～島根県まで、韓国東岸と北朝鮮沿岸からの流出を想定したゴミは、島根県以东に漂着している。

これまで、ポリ容器は空中断面積比が大きい対象物(10:1程度)として扱ってきたが、今回の計算結果からは次のような可能性が考えられる。

～計算結果から推定されること～

蓋がついていない、あるいは破損しているポリ容器内には水が侵入して、漂流中のポリ容器の水中断面積比は大きく(1:1程度か?)、漂着後に水が抜けている可能性

空中断面積比が非常に大きいと風圧流の式*の適用外である可能性

$$*風圧流: u = k \sqrt{\frac{B}{A}} w$$

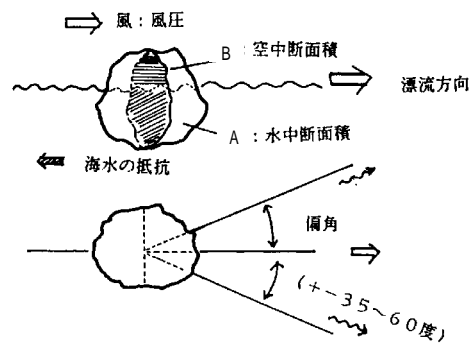
u : 風圧流の強さ

w : 風速

A : 浮遊物の水中部の受圧断面積

B : 浮遊物の水上部の風圧断面積

k : 風圧係数(経験的に0.02～0.04程度)



小田巻実(1986), 沿岸域における漂流予測の試み, 沿岸海洋研究ノート, 第23巻, 第2号

今後、現地調査の中で、ポリ容器の蓋の有無と破損状況を調べることや、ハンゲル文字から流出地の情報を得ることで、更なるモデルの精度向上につながると考えられる。

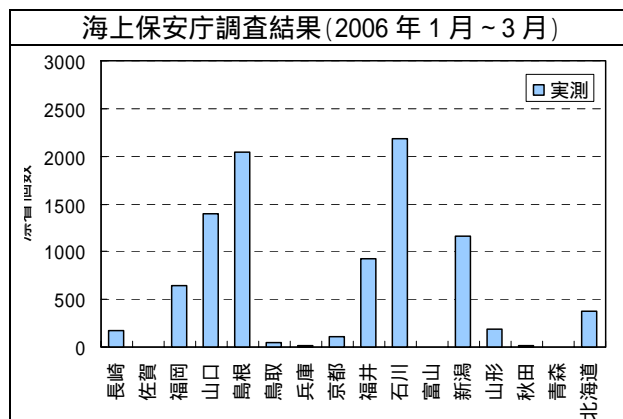
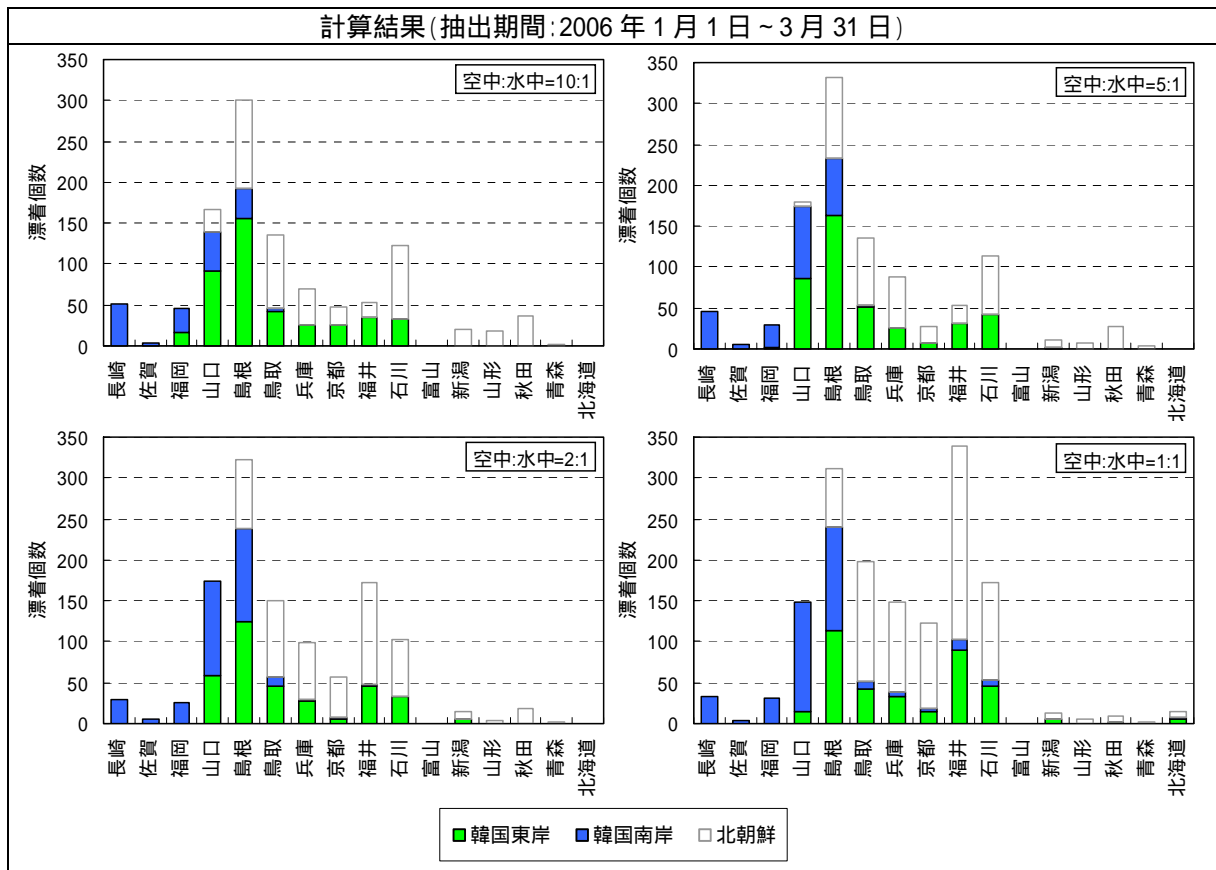


図- 2.2.18 ポリ容器の道府県別漂着結果の比較

3) 漂流経路

各道府県別の漂流経路を図- 2.2.19 に示す。

各道府県の漂流経路の概要は以下のとおりである。

道府県	漂流経路の概要
北海道	<ul style="list-style-type: none"> ・沈下率 1:1 のゴミしか漂着しない ・流出地は韓国南岸の西部、韓国東岸、北朝鮮沿岸 ・対馬暖流にのって、日本沿岸に沿って通ってくるものと日本海中央部を横断してくるものがある
青森県	<ul style="list-style-type: none"> ・流出地は北朝鮮沿岸 ・ほとんど漂着なし
秋田県	<ul style="list-style-type: none"> ・流出地のほとんどが北朝鮮沿岸 ・日本海中央部を横断してくる
山形県	<ul style="list-style-type: none"> ・流出地は北朝鮮沿岸 ・日本海中央部を横断してくる
新潟県	<ul style="list-style-type: none"> ・沈下率 10:1 のゴミの流出地は北朝鮮沿岸 ・沈下率 10:1 以外のゴミの流出地は韓国東岸と北朝鮮沿岸 ・沈下率 10:1、5:1、2:1 のゴミは、日本海中央部を横断してくる ・沈下率 1:1 のゴミは、対馬暖流にのるものと日本海中央部を縦断してくるものがある ・沈下率 1:1 のゴミは、韓国東岸起源のものに一旦北上して南下してくるものがある
富山県	<ul style="list-style-type: none"> ・漂着しない
石川県	<ul style="list-style-type: none"> ・沈下率 1:1 のゴミの流出地は韓国南岸、韓国東岸、北朝鮮沿岸 ・沈下率 1:1 以外のゴミの流出地は韓国東岸、北朝鮮沿岸 ・沈下率 10:1、5:1、2:1 のゴミは日本海中央部を横断してくる ・沈下率 1:1 のゴミは、韓国東岸起源のものに一旦北上して南下してくるものがある
福井県 京都府 兵庫県	<ul style="list-style-type: none"> ・沈下率 10:1 と 5:1 のゴミの流出地は韓国東岸、北朝鮮沿岸 ・沈下率 2:1 と 1:1 のゴミの流出地は韓国南岸、韓国東岸、北朝鮮沿岸 ・沈下率 10:1、5:1、2:1 のゴミは日本海中央部を横断してくる ・沈下率 1:1 のゴミは、韓国東岸起源のものに一旦北上して南下してくるものがある
鳥取県 島根県	<ul style="list-style-type: none"> ・流出地は韓国南岸の東部、韓国東岸、北朝鮮沿岸 ・沈下率 10:1、5:1、2:1 のゴミは、日本海中央部を横断してくる ・沈下率 1:1 のゴミは、韓国東岸起源のものが一旦北上して南下してくるものがある
山口県	<ul style="list-style-type: none"> ・沈下率 10:1 と 5:1 のゴミの流出地は韓国南岸、韓国東岸、北朝鮮沿岸 ・沈下率 2:1 と 1:1 のゴミの流出地は韓国南岸、韓国東岸
福岡県	<ul style="list-style-type: none"> ・沈下率 10:1 と 5:1 のゴミの流出地は韓国南岸、韓国東岸 ・沈下率 2:1 と 1:1 のゴミの流出地は韓国南岸 ・漂流範囲は狭く、対馬海峡を横断してくる
佐賀県 長崎県	<ul style="list-style-type: none"> ・ゴミの流出地は韓国南岸 ・漂流範囲は狭く、対馬海峡を横断してくる

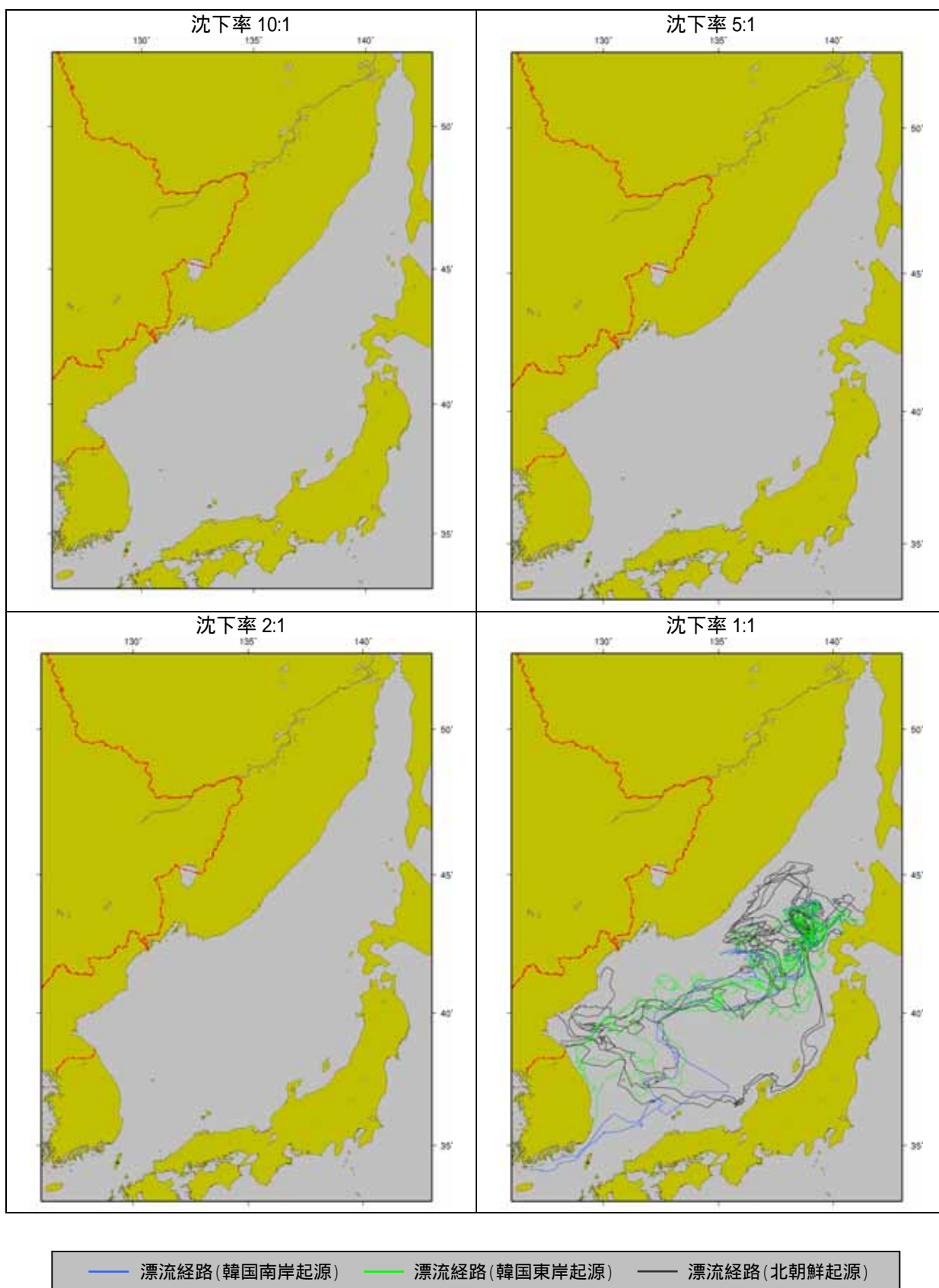


図- 2.2.19(1) ポリ容器の漂流経路(北海道に漂着)

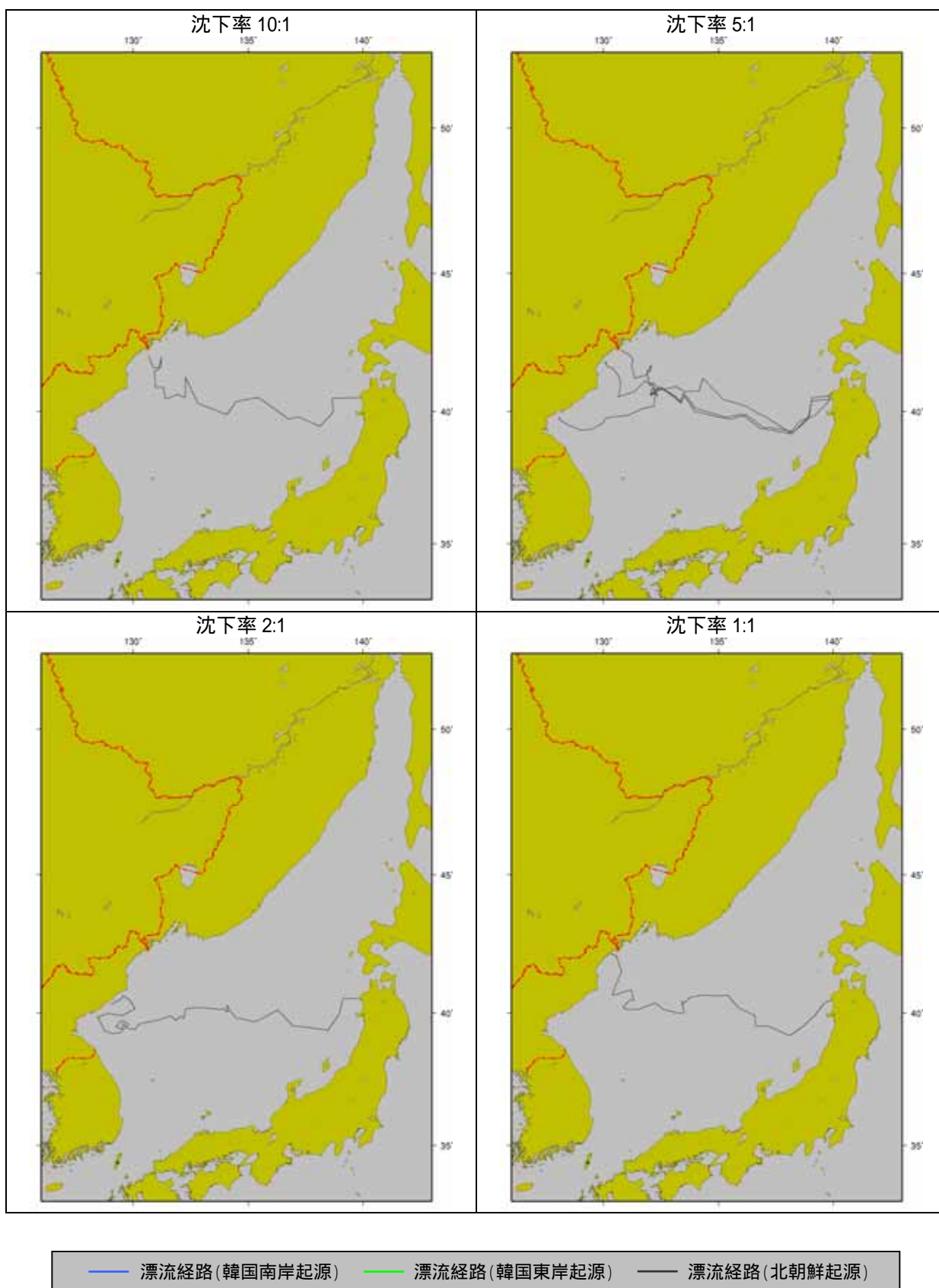


図- 2.2.19(2) ポリ容器の漂流経路(青森県に漂着)

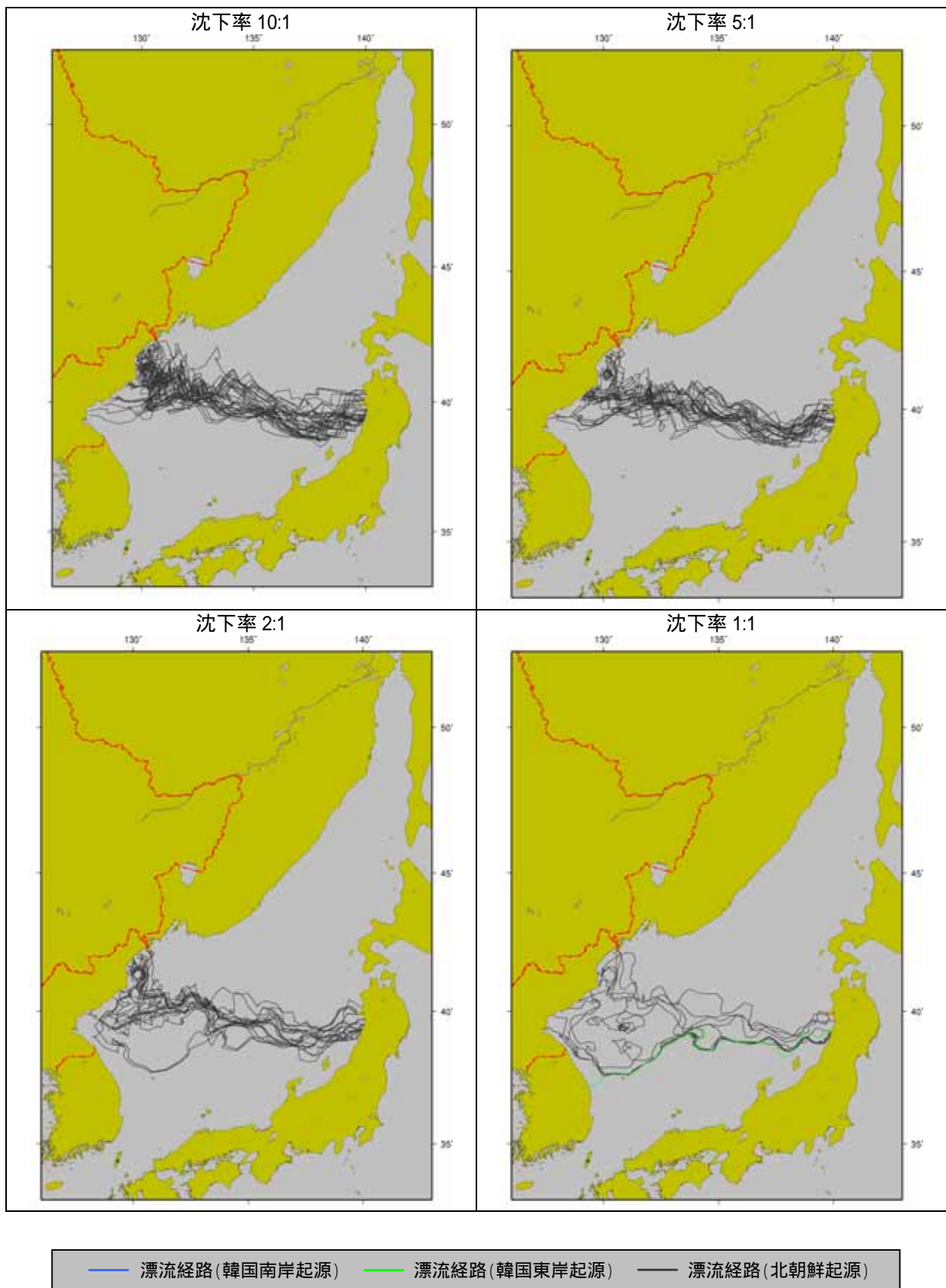


図- 2.2.19(3) ポリ容器の漂流経路(秋田県に漂着)

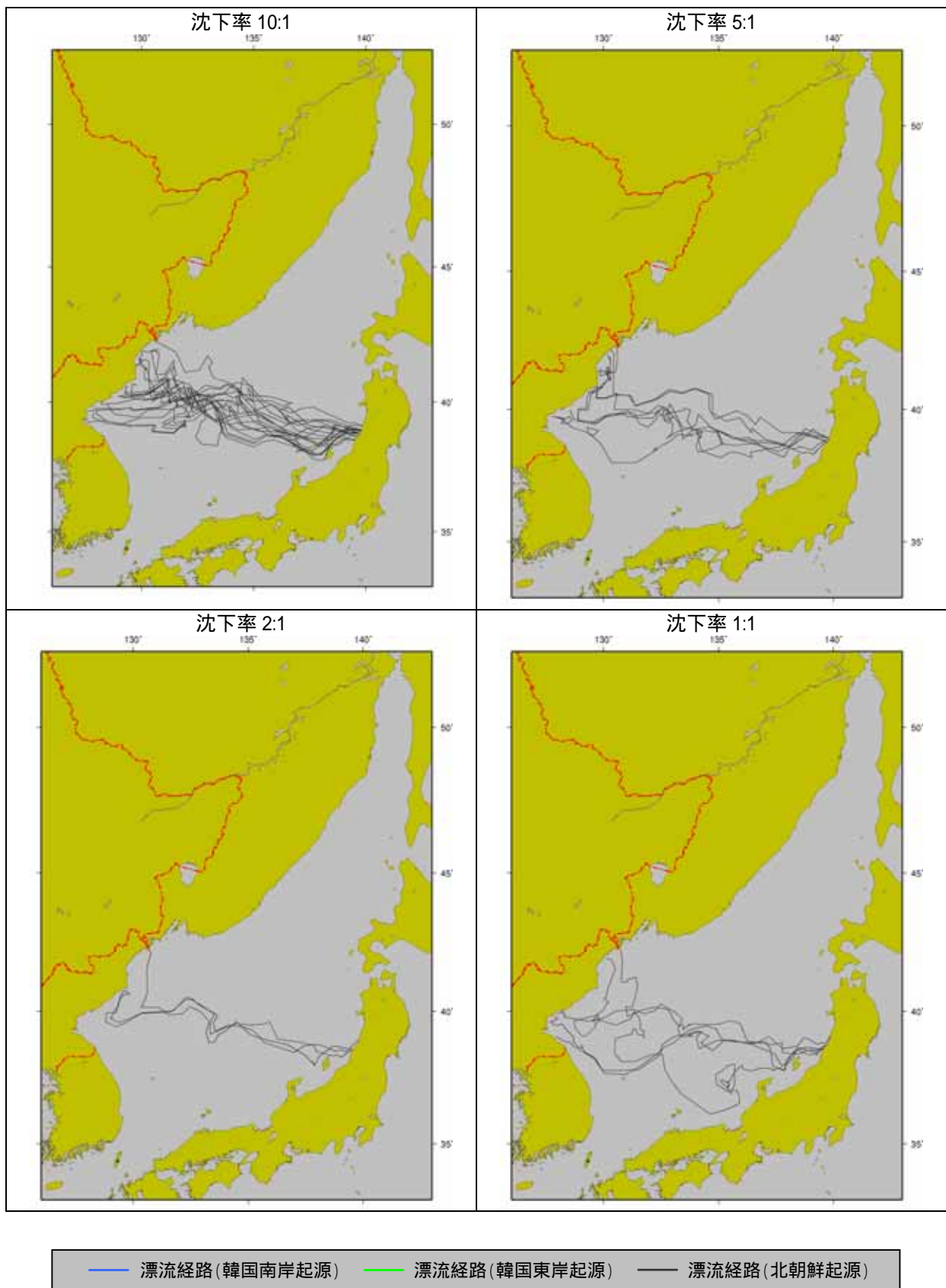
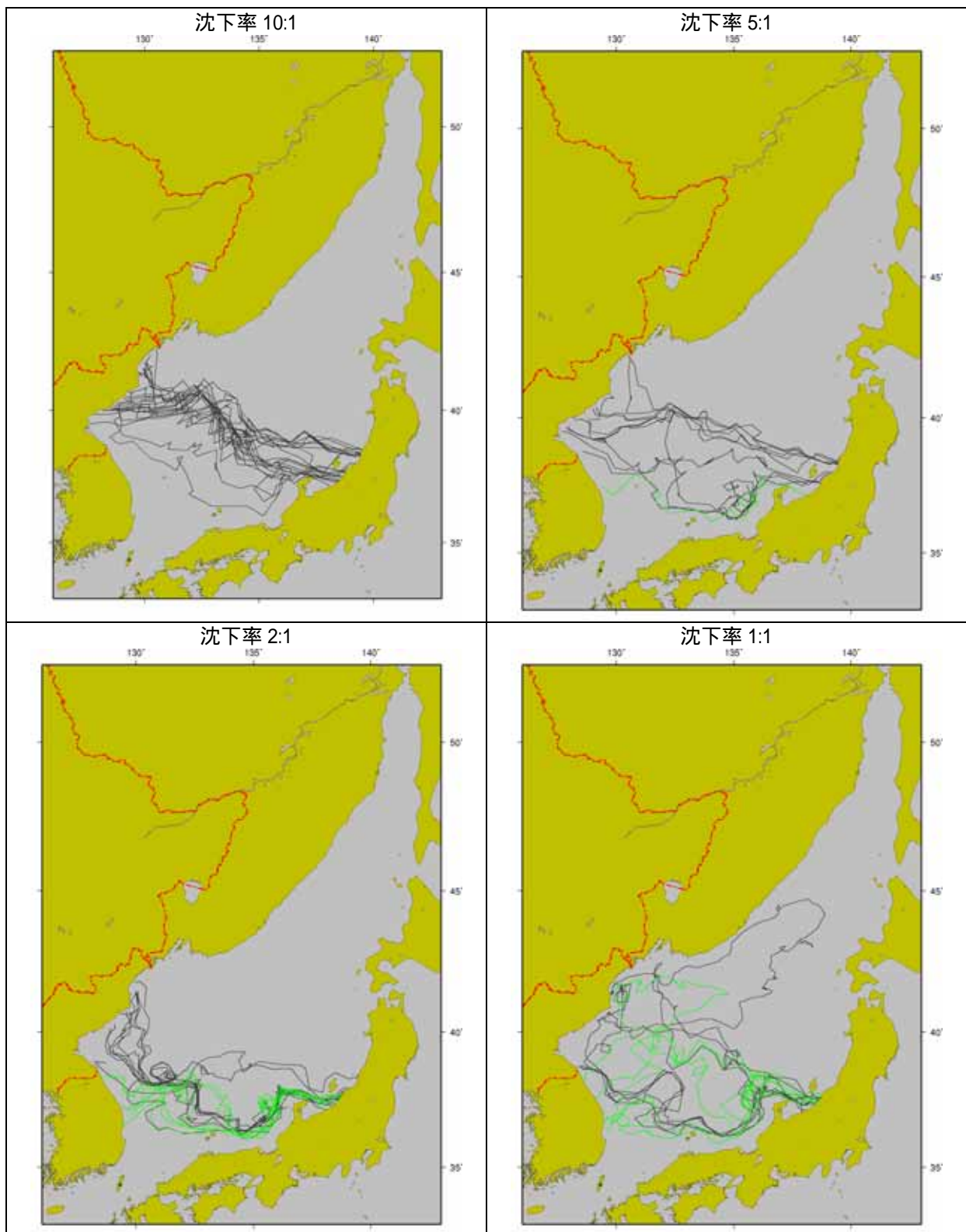
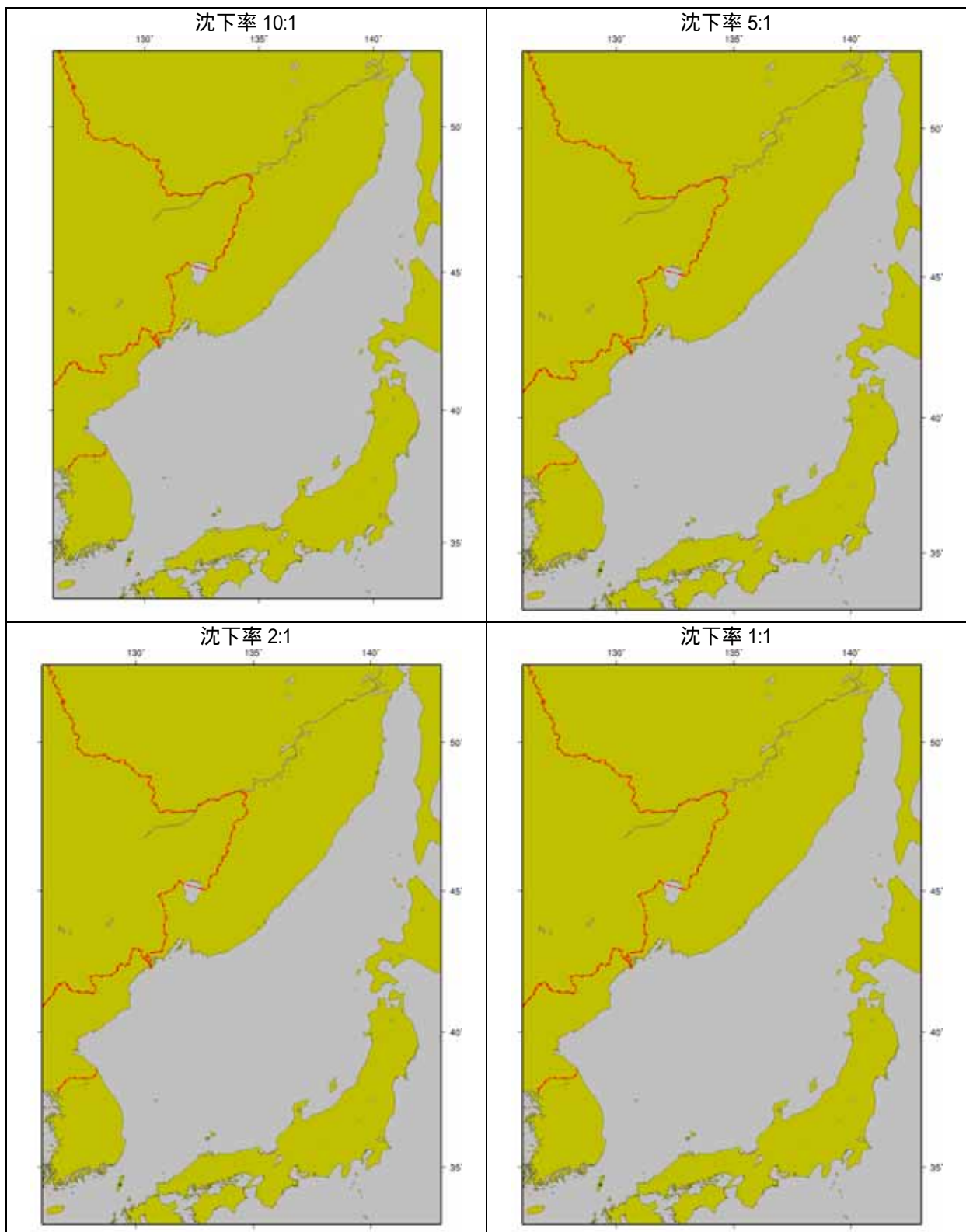


図- 2.2.19(4) ポリ容器の漂流経路(山形県に漂着)



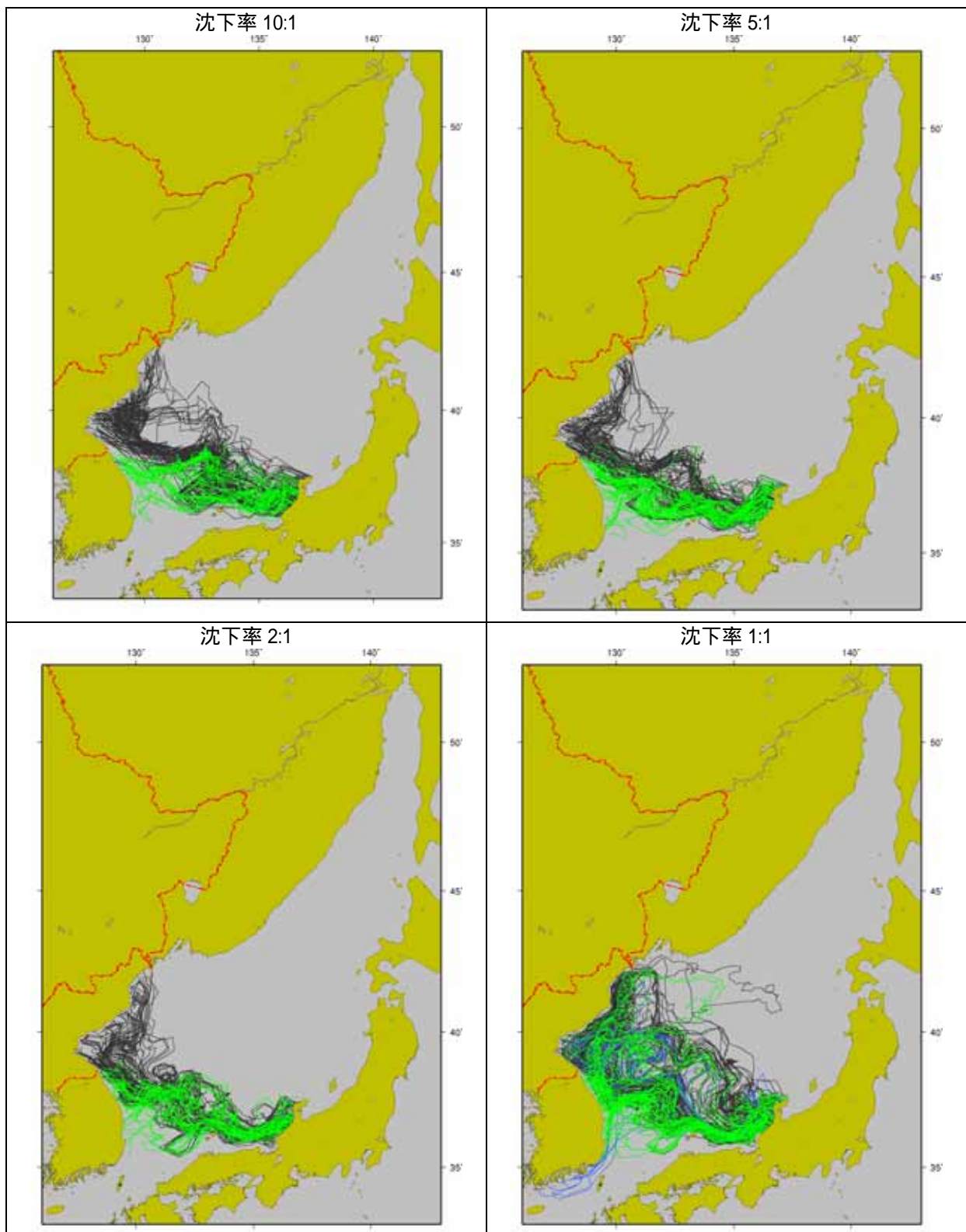
— 漂流経路(韓国南岸起源) — 漂流経路(韓国東岸起源) — 漂流経路(北朝鮮起源)

図- 2.2.19(5) ポリ容器の漂流経路(新潟県に漂着)



— 漂流経路(韓国南岸起源) — 漂流経路(韓国東岸起源) — 漂流経路(北朝鮮起源)

図- 2.2.19(6) ポリ容器の漂流経路(富山県に漂着)



— 漂流経路(韓国南岸起源) — 漂流経路(韓国東岸起源) — 漂流経路(北朝鮮起源)

図- 2.2.19(7) ポリ容器の漂流経路(石川県に漂着)

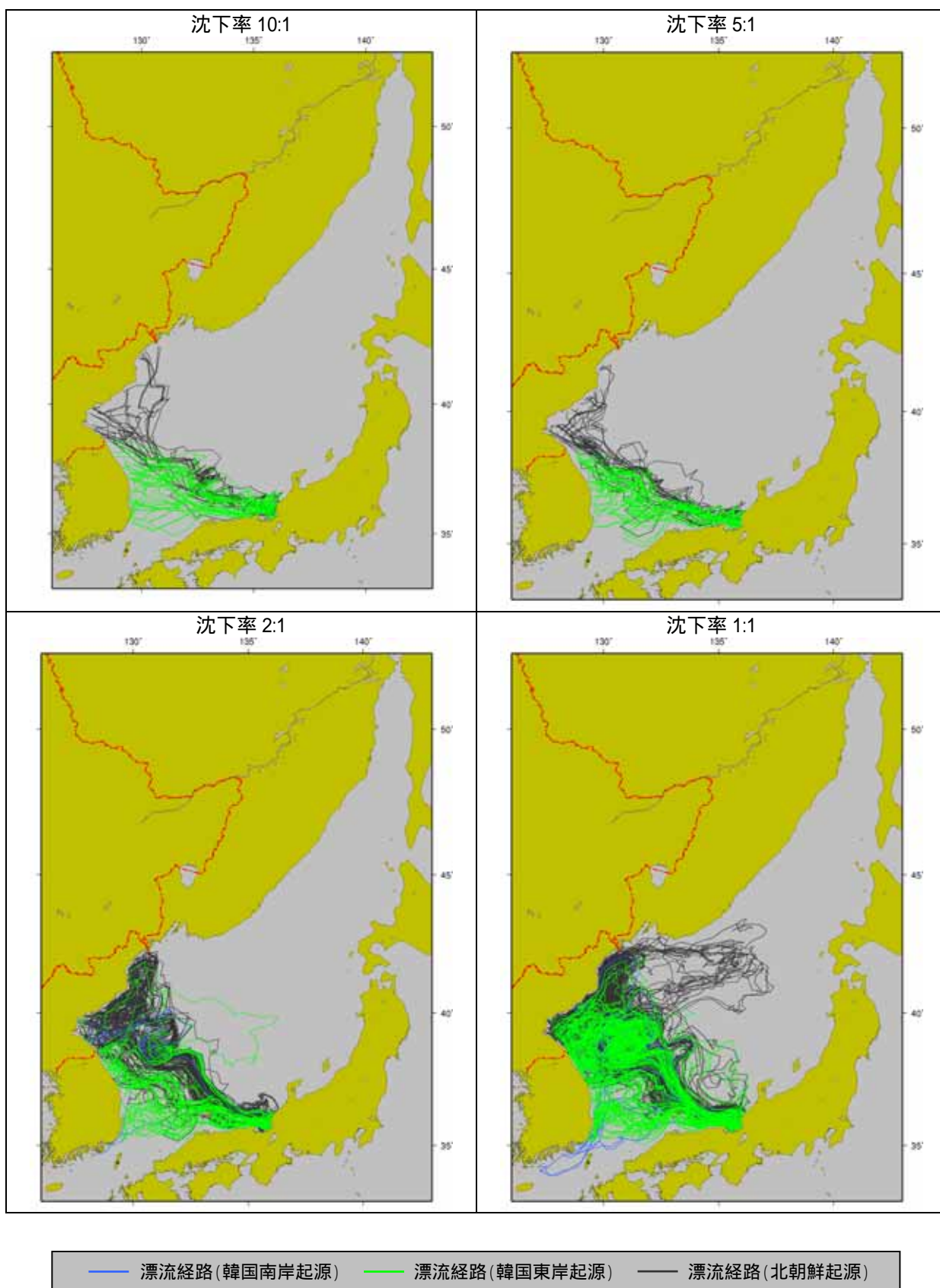


図- 2.2.19(8) ポリ容器の漂流経路(福井県に漂着)

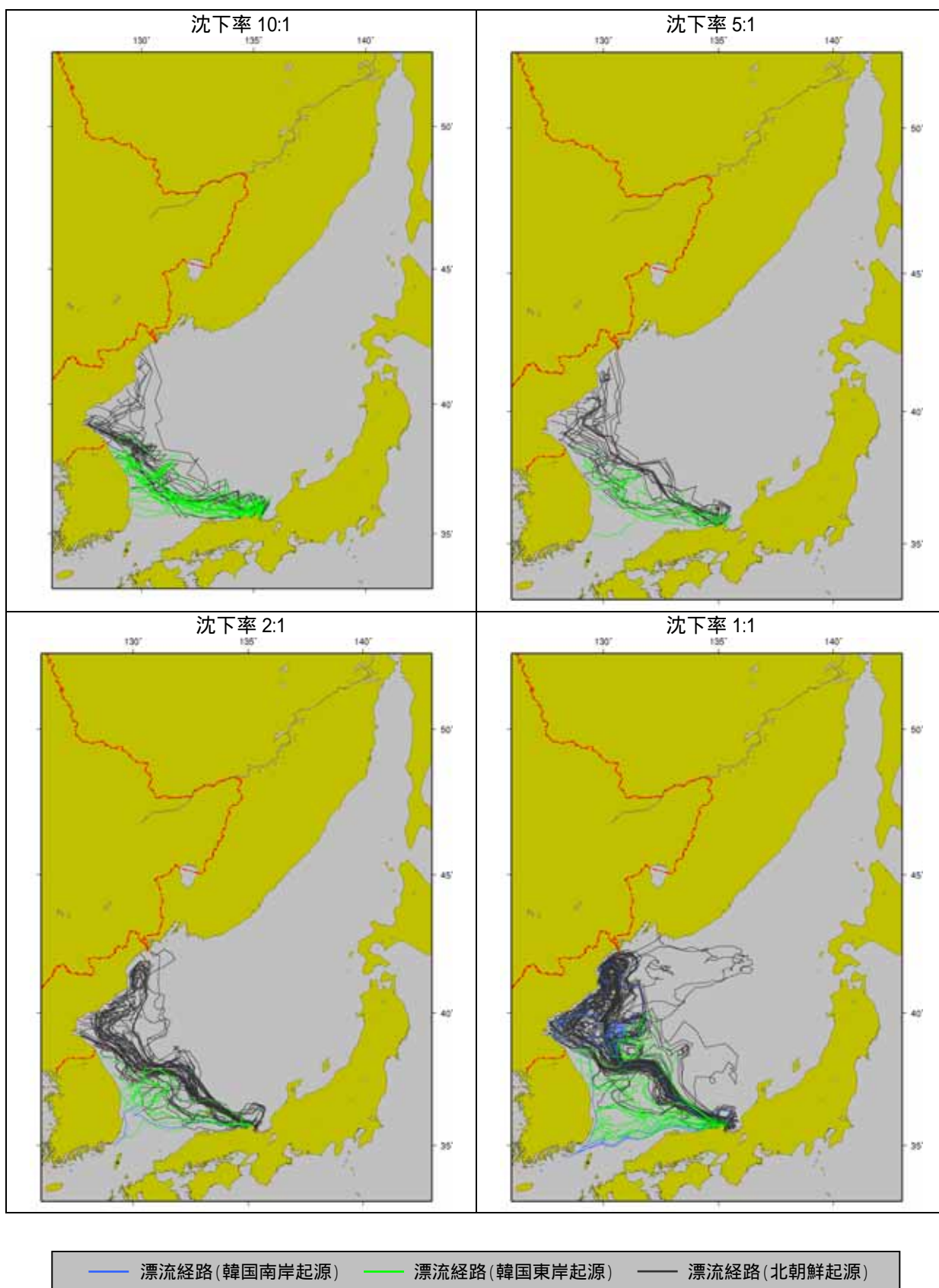
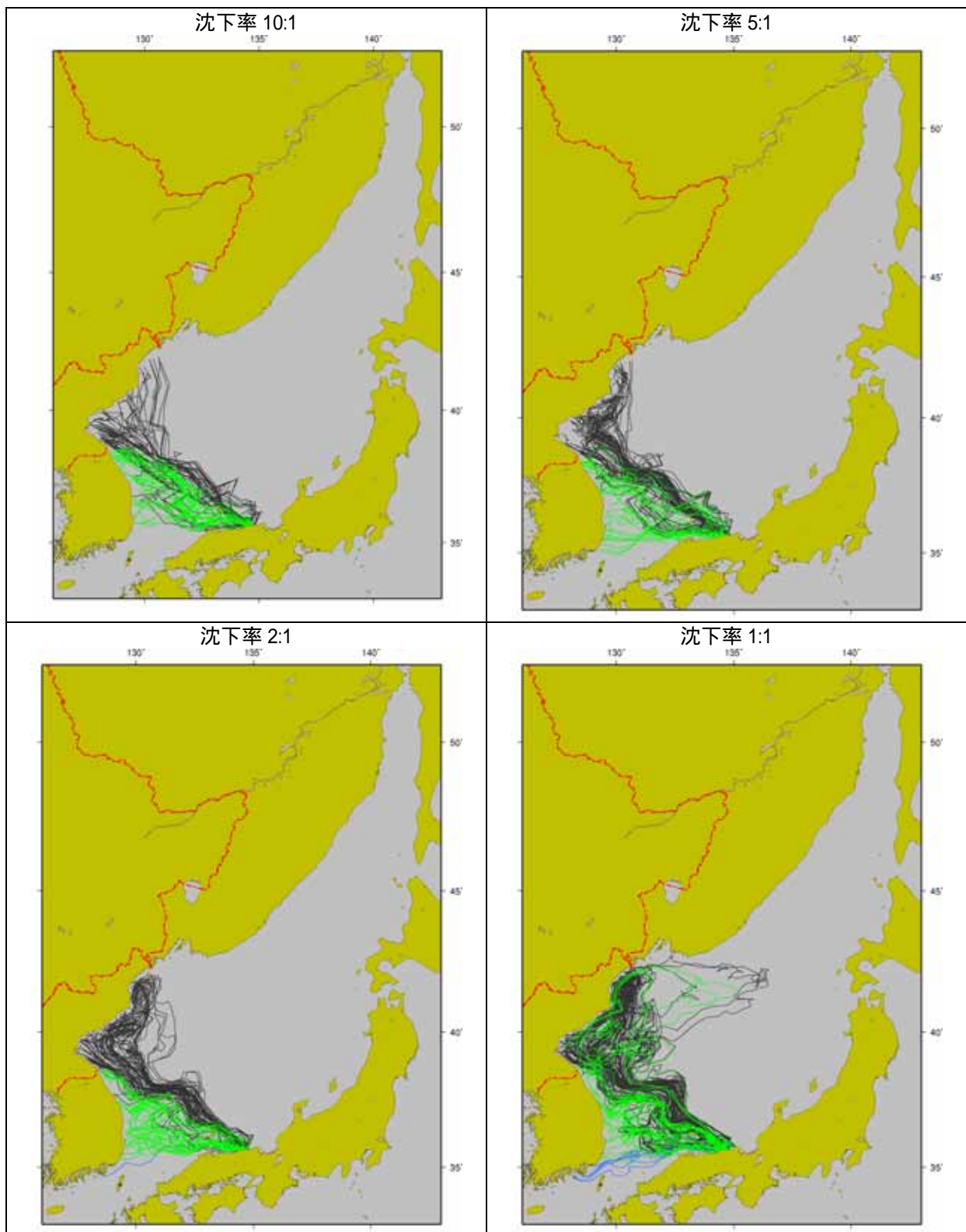


図- 2.2.19(9) ポリ容器の漂流経路(京都府に漂着)



— 漂流経路(韓国南岸起源) — 漂流経路(韓国東岸起源) — 漂流経路(北朝鮮起源)

図- 2.2.19(10) ポリ容器の漂流経路(兵庫県に漂着)

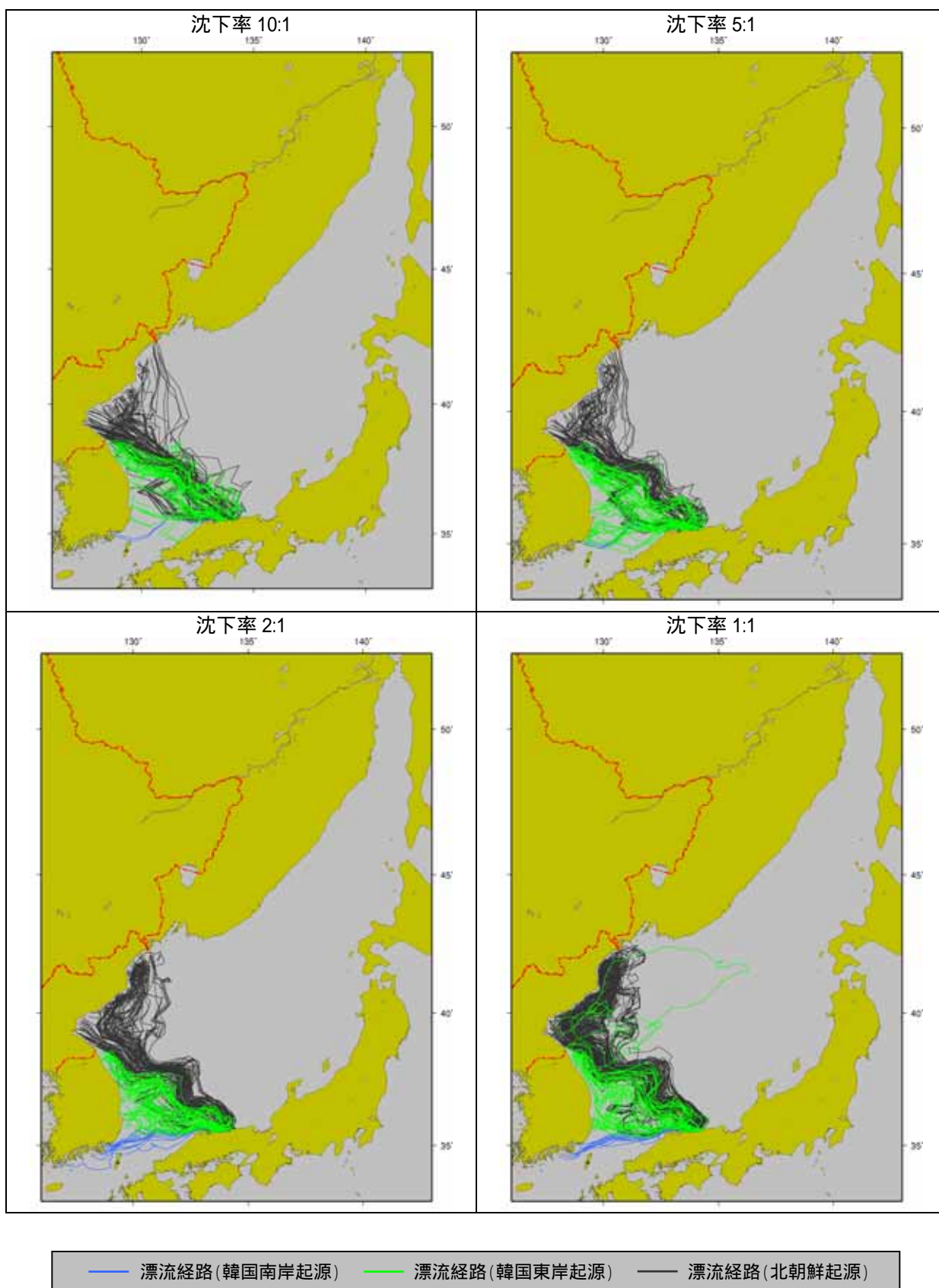


図- 2.2.19(11) ポリ容器の漂流経路(鳥取県に漂着)

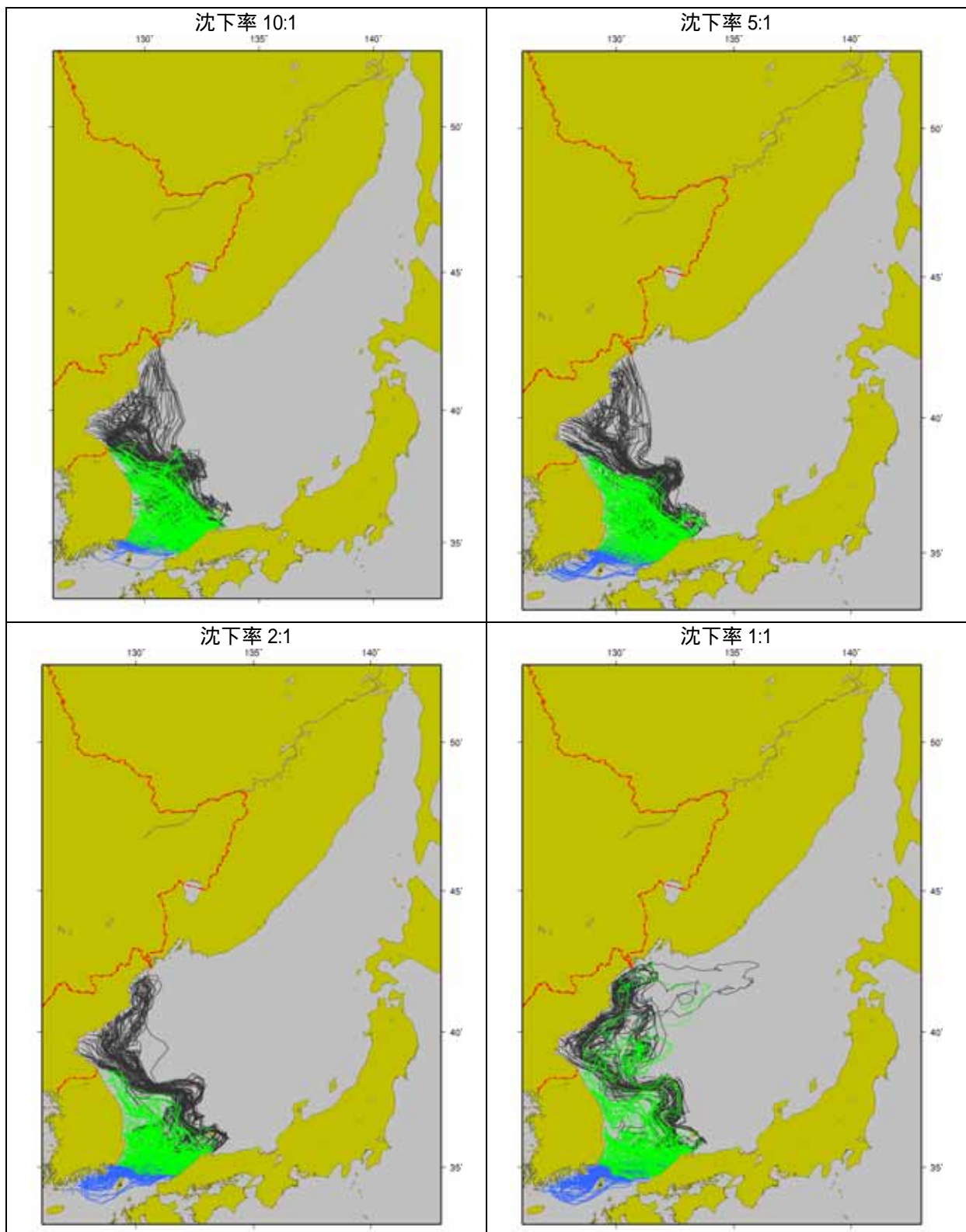


図- 2.2.19(12) ポリ容器の漂流経路(島根県に漂着)

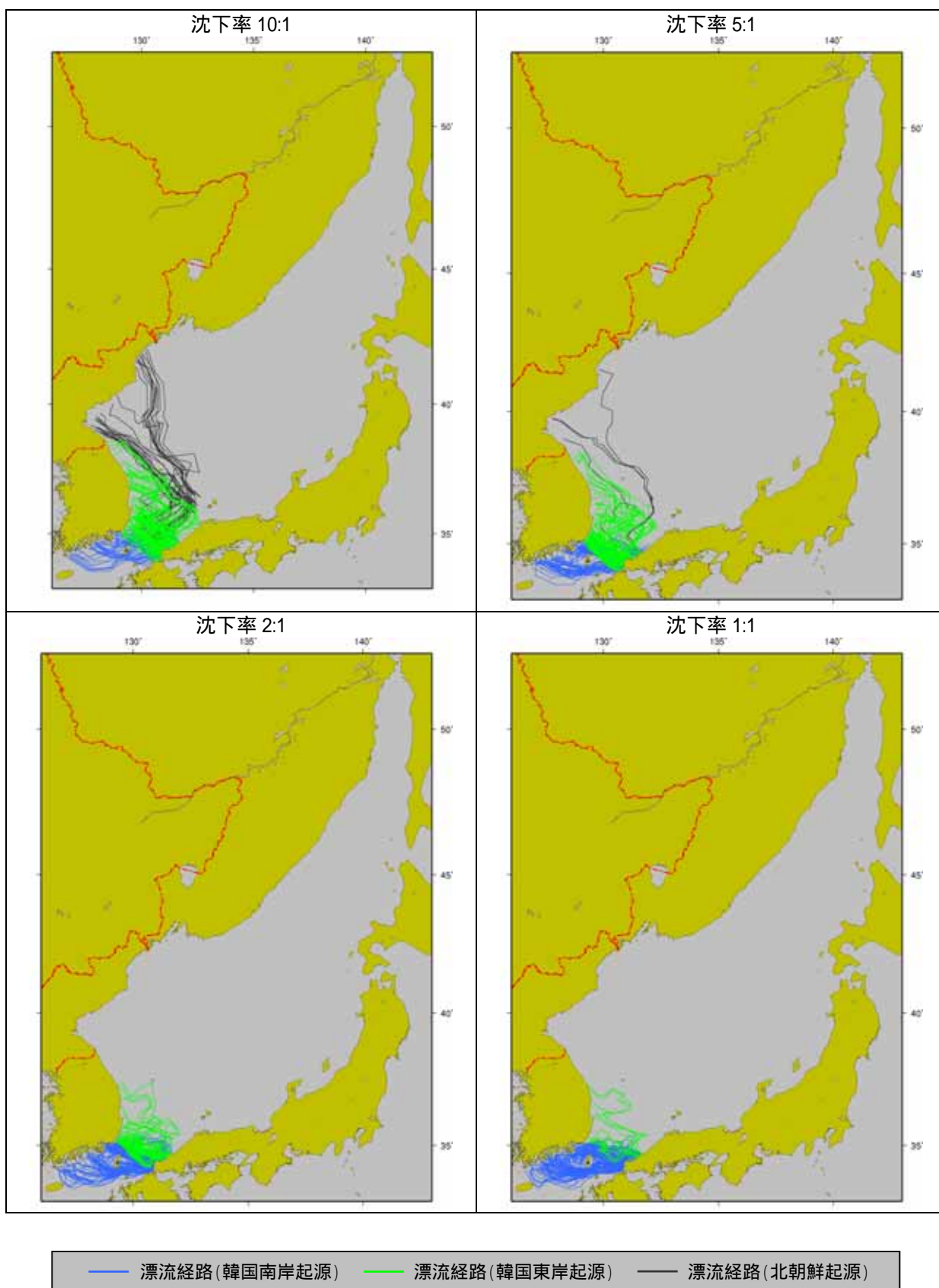
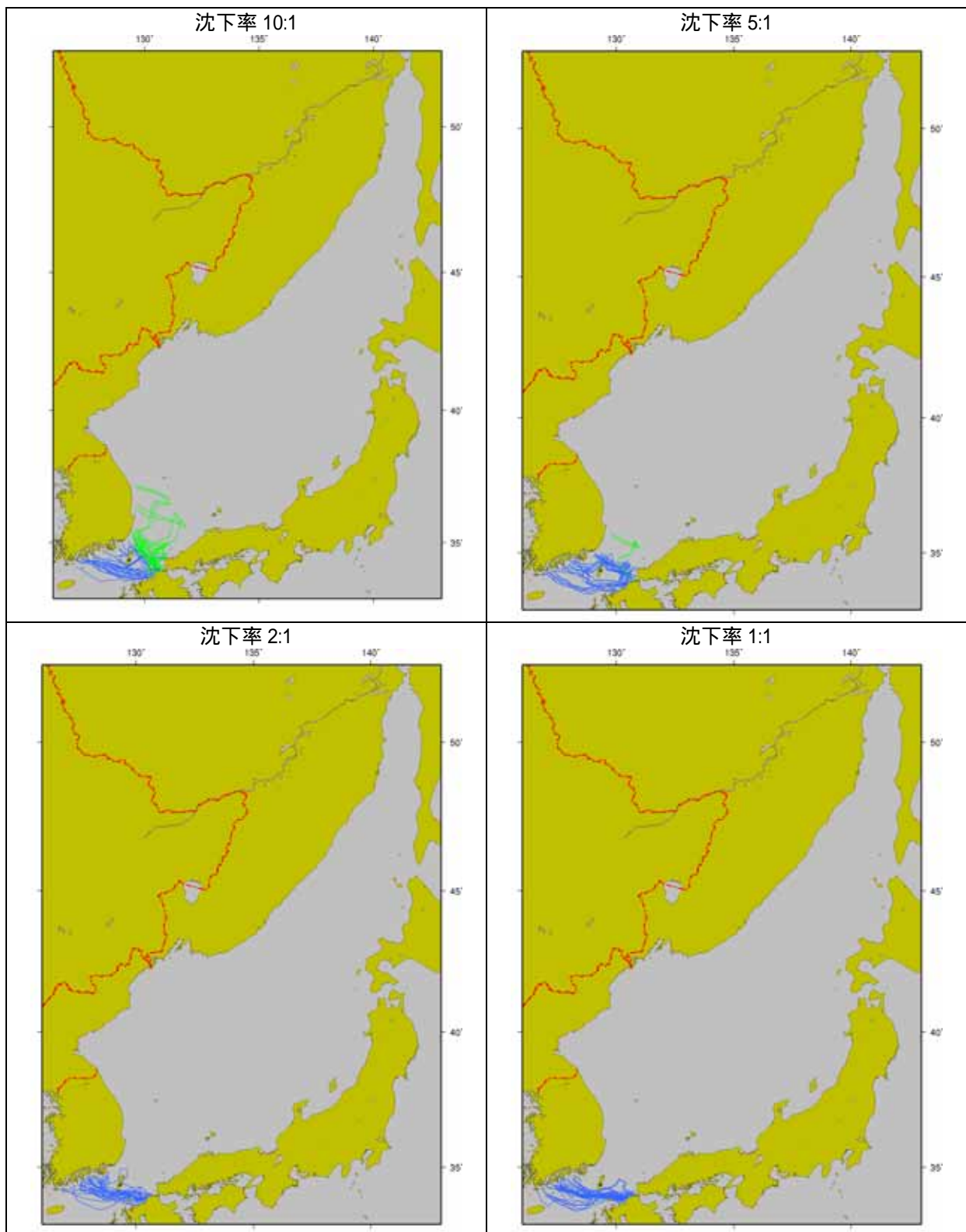
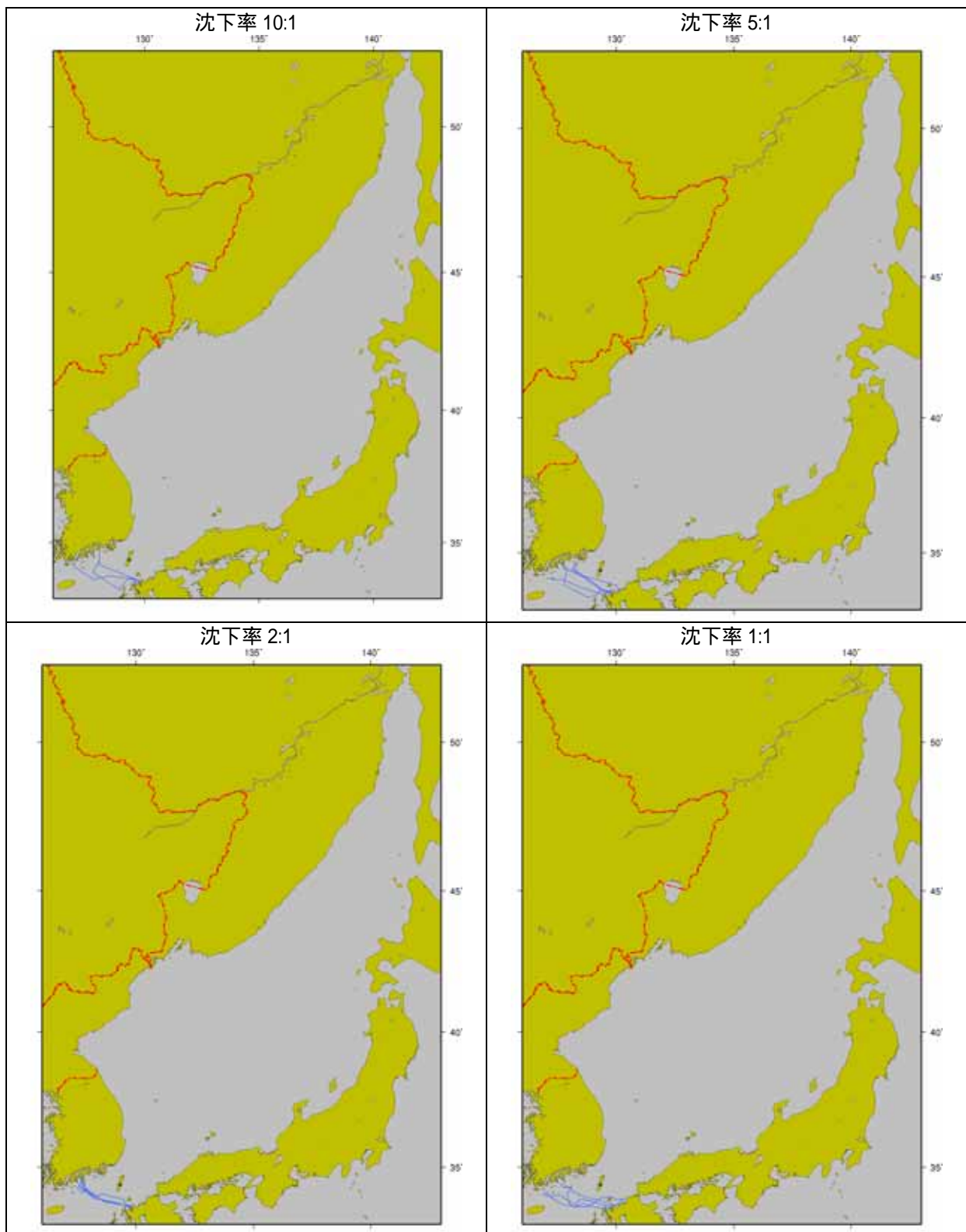


図- 2.2.19(13) ポリ容器の漂流経路(山口県に漂着)



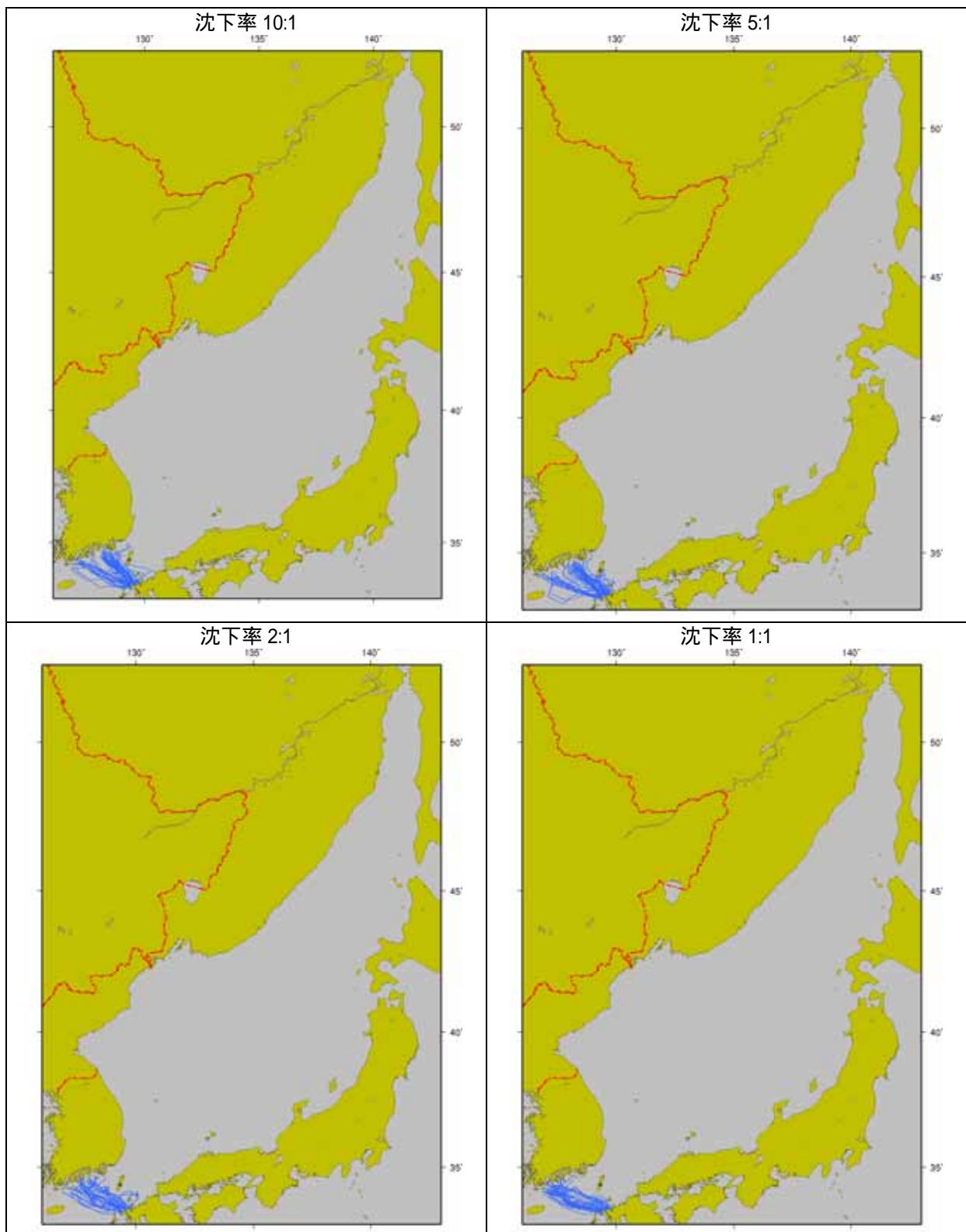
— 漂流経路(韓国南岸起源) — 漂流経路(韓国東岸起源) — 漂流経路(北朝鮮起源)

図- 2.2.19(14) ポリ容器の漂流経路(福岡県に漂着)



— 漂流経路(韓国南岸起源) — 漂流経路(韓国東岸起源) — 漂流経路(北朝鮮起源)

図- 2.2.19(15) ポリ容器の漂流経路(佐賀県に漂着)



— 漂流経路(韓国南岸起源) — 漂流経路(韓国東岸起源) — 漂流経路(北朝鮮起源)

図- 2.2.19(16) ポリ容器の漂流経路(長崎県に漂着)

4) 漂流時間

沈下率別、漂着地別に漂流時間(平均・最大・最小)と最大発生月の一覧を表- 2.2.6 に示す。なお、この統計には北朝鮮からの流出を想定したポリ容器の個数は入っていない。

空中断面積比が大きいほど漂流時間が短く、漂着地に近いほど(西の方が)漂流時間が短くなっていく。また、漂着ゴミの発生月は1月と2月が多かった。

表- 2.2.6 ポリ容器の漂流時間と最大発生月

空中:水中 = 10:1

	漂着 個数	漂流時間(日)			最大 発生月
		平均	最大	最小	
北海道	0	0	0	0	-
青森	0	0	0	0	-
秋田	0	0	0	0	-
山形	0	0	0	0	-
新潟	0	0	0	0	-
富山	0	0	0	0	-
石川	33	40	54	25	2月
福井	34	31	51	19	2月
京都	25	29	42	19	1月
兵庫	26	28	38	15	2月
鳥取	45	22	38	14	2月
島根	193	16	36	7	3月
山口	139	14	31	6	1月
福岡	46	13	24	6	2月
佐賀	3	11	17	7	2月
長崎	51	9	14	6	1月

空中:水中 = 5:1

	漂着 個数	漂流時間(日)			最大 発生月
		平均	最大	最小	
北海道	0	0	0	0	-
青森	0	0	0	0	-
秋田	0	0	0	0	-
山形	0	0	0	0	-
新潟	1	55	55	55	1月
富山	0	0	0	0	-
石川	42	47	66	36	2月
福井	31	40	55	29	2月
京都	8	33	41	20	1月
兵庫	25	30	47	19	1月
鳥取	54	29	46	15	2月
島根	233	21	52	9	12月
山口	175	17	35	8	1月
福岡	30	17	24	10	2月
佐賀	5	11	16	9	1月
長崎	45	12	23	8	1月

空中:水中 = 2:1

	漂着 個数	漂流時間(日)			最大 発生月
		平均	最大	最小	
北海道	0	0	0	0	-
青森	0	0	0	0	-
秋田	0	0	0	0	-
山形	0	0	0	0	-
新潟	6	76	86	65	1月
富山	0	0	0	0	-
石川	33	60	86	39	1月
福井	48	60	229	37	2月
京都	7	48	81	31	2月
兵庫	29	39	67	23	1,2月
鳥取	57	34	61	20	12月
島根	239	26	55	12	2月
山口	175	21	46	12	1月
福岡	26	20	31	14	1月
佐賀	5	16	19	14	1月
長崎	30	18	26	11	1月

空中:水中 = 1:1

	漂着 個数	漂流時間(日)			最大 発生月
		平均	最大	最小	
北海道	7	252	280	219	4月
青森	0	0	0	0	-
秋田	1	49	49	49	2月
山形	0	0	0	0	-
新潟	5	145	268	88	12月
富山	0	0	0	0	-
石川	53	105	348	40	1月
福井	102	93	283	29	1月
京都	19	63	273	28	2月
兵庫	39	60	284	29	12月
鳥取	52	45	302	15	12月
島根	240	34	305	14	2月
山口	148	27	46	15	1月
福岡	31	25	33	18	12月
佐賀	4	25	35	18	1月
長崎	33	21	35	13	1月

2.3 東シナ海における漂流・漂着予測の検討

平成 18 年度では、ゴミを全域一様(1/6°ごと)に配置し、東シナ海におけるゴミの移動・集積特性の把握を実施したが、本年度は特定のイベントによって発生した漂流ゴミの移動経路の推定を行なうこととした。

2.3.1 ライターを対象とした漂流・漂着予測

平成 18 年度で、対馬海峡から流入する漂着ライターの国別割合は、現地調査結果の対馬における漂着割合を与え、ゴミの流入量は現地調査結果に合うように 2,000 万人の人口を想定して与えた。

本年度は、実際に東シナ海沿岸国の都市及び流域人口を考慮して、対馬への漂着割合を計算し、平成 18 年度の入力条件の妥当性を検証した。

(1) 計算条件

1) 外力

東シナ海の漂流・漂着予測計算に用いた外力データは平成 18 年度と同様であり、東シナ海を対象にした RIAMOM(以下、東シナ海流動モデル)の計算結果及び気象庁 GPV の全球モデル(GSM)を使用した。東シナ海流動モデルが気候値の計算結果であることから、風データも気候値とした(4 年間の平均値)。

参考として、東シナ海流動場と気象庁 GPV の全球モデルの月平均場を資料編に示す。

2) 計算期間

計算期間は図- 2.3.1 に示すとおり 6 年間とした。

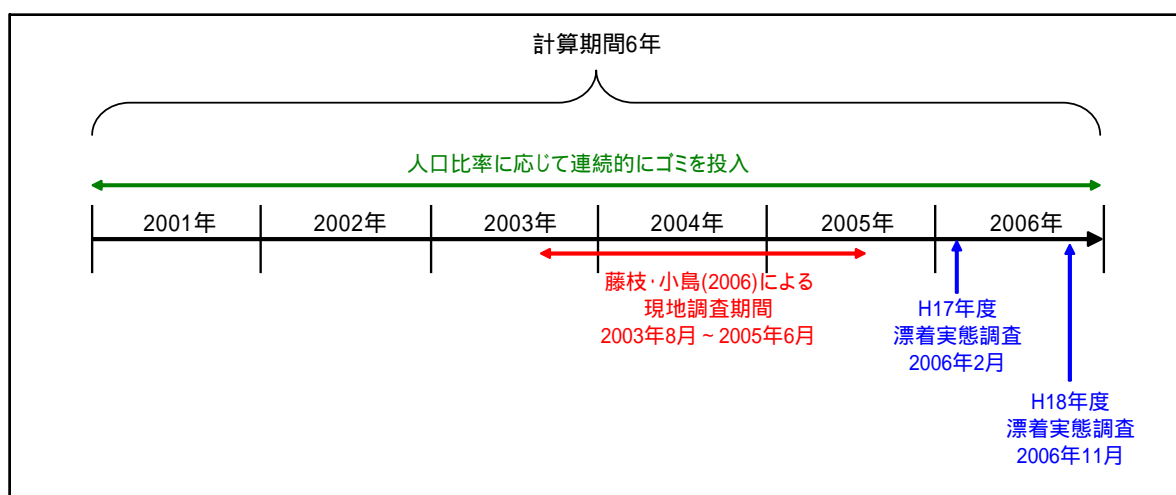


図- 2.3.1 計算期間

3) ゴみの投入条件

投入位置

(i) 人口 10 万人以上の都市

東シナ海に流入するゴミの発生源として、図- 2.3.2、表- 2.3.1 に示す人口 10 万人以上の都市を仮定した。ゴミの投入位置は、その都市が海岸に面する都市であれば最寄りの海域格子点とし、内陸都市の場合は、その都市を通る河川の河口位置とした(都市投入)。

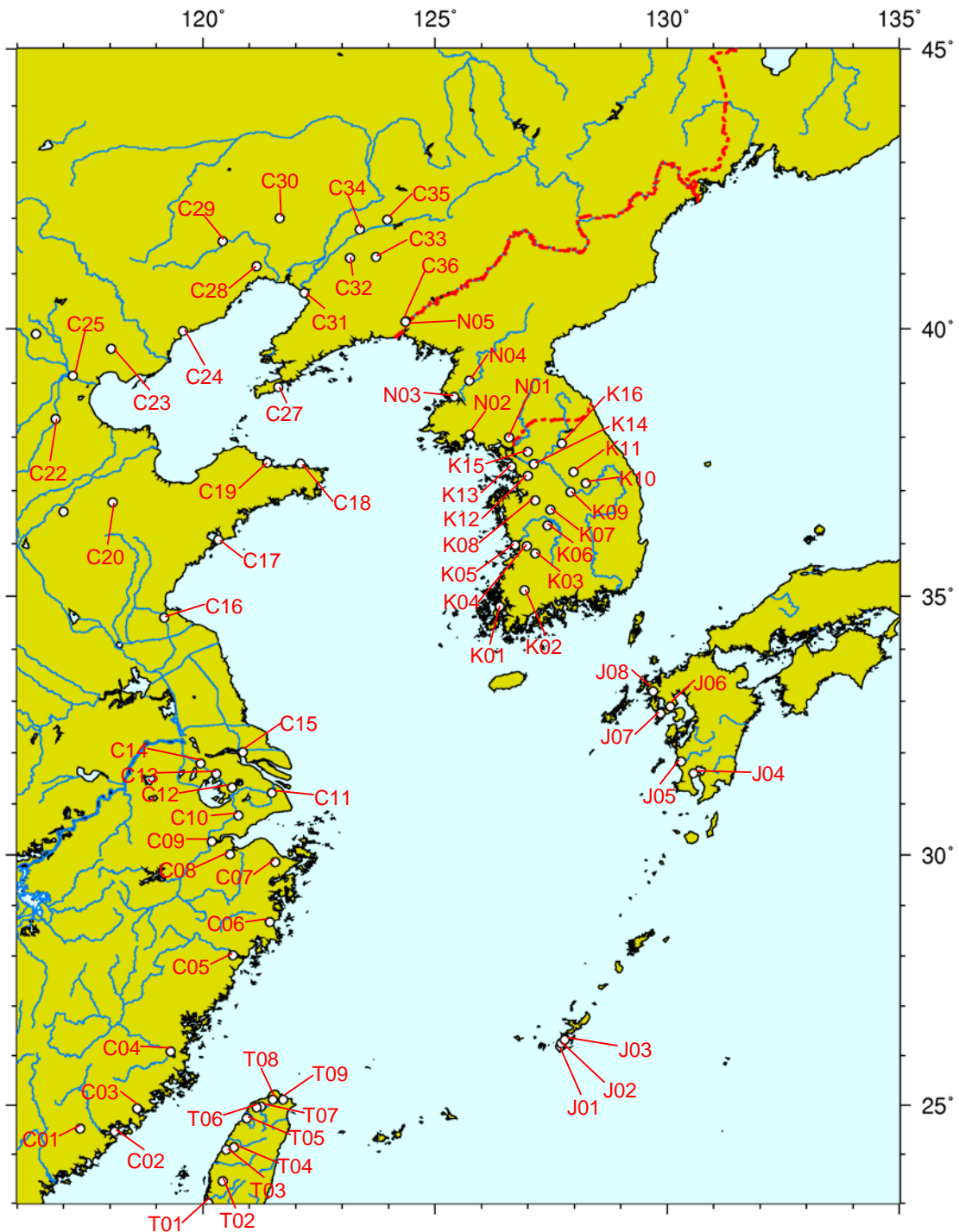


図- 2.3.2 ゴミの発生を仮定した都市

都市名記号は表- 2.3.1 参照

表- 2.3.1 東シナ海沿岸の人口 10 万人以上の都市

記号	国(省)	都市名	人口 (万人)	記号	国(省)	都市名	人口 (万人)
T01	台湾	タイナン	75	C30	中国遼寧省	フーシン	50
T02	台湾	チアイ	27	C31	中国遼寧省	インコウ	85
T03	台湾	チャンボウ	23	C32	中国遼寧省	リャオヤン	71
T04	台湾	タイチュン	105	C33	中国遼寧省	ペンシー	95
T05	台湾	シンチュー	39	C34	中国遼寧省	シェンヤン	491
T06	台湾	チョンリー	115	C35	中国遼寧省	フーシュン	141
T07	台湾	タオユワン	188	C36	中国遼寧省	タントン	75
T08	台湾	タイペイ	262	N01	北朝鮮	ケーソン	36
T09	台湾	キールン	39	N02	北朝鮮	ヘジュ	183
C01	中国福建省	チャンチョウ	53	N03	北朝鮮	ナムポ	78
C02	中国福建省	アモイ	147	N04	北朝鮮	ピョンヤン	302
C03	中国福建省	チュワンチョウ	99	N05	北朝鮮	シンウィジュ	256
C04	中国福建省	フーチョウ	171	K01	韓国	モクポ	27
C05	中国浙江省	ウエンチョウ	135	K02	韓国	クワンジュ	141
C06	中国浙江省	チャオチアン	48	K03	韓国	チョンジュ	62
C07	中国浙江省	ニンポー	202	K04	韓国	イクサン	32
C08	中国浙江省	シャオシン	60	K05	韓国	クンサン	27
C09	中国浙江省	ハンチョウ	431	K06	韓国	テージョン	144
C10	中国浙江省	チアシン	84	K07	韓国	チョンジュ	64
C11	中国上海	シャンハイ	1352	K08	韓国	チョンアン	53
C12	中国江蘇省	スーチョウ	221	K09	韓国	チュンジュ	22
C13	中国江蘇省	ウーシー	213	K10	韓国	チェッチョン	15
C14	中国江蘇省	チャンチョウ	121	K11	韓国	ウォンジュ	27
C15	中国江蘇省	ナントン	85	K12	韓国	スーウォン	104
C16	中国江蘇省	リエンユンカン	67	K13	韓国	インチョン	253
C17	中国山東省	チンタオ	258	K14	韓国	ソウル	982
C18	中国山東省	ウエイハイ	59	K15	韓国	イチョンブ	36
C19	中国山東省	イエンタイ	170	K16	韓国	チュンチョン	25
C20	中国山東省	ツーパー	137	J01	日本	那覇市	31
C22	中国河北省	ツアンチョウ	49	J02	日本	浦添市	10
C23	中国河北省	タンシャン	296	J03	日本	沖縄市	11
C24	中国河北省	チンホワンタオ	76	J04	日本	鹿児島市	60
C25	中国天津	テンチン	985	J05	日本	薩摩川内市	10
C27	中国遼寧省	ターリエン	279	J06	日本	諫早市	14
C28	中国遼寧省	チンチョウ	97	J07	日本	長崎市	44
C29	中国遼寧省	チャオヤン	48	J08	日本	佐世保市	25

(ii) その他の都市

人口 10 万人以下の都市については、流域人口を次のような手順で計上し、その地域のゴミが海岸線から均等に流出するものと仮定しゴミを投入した(流域投入)。

流域の分割は図- 2.3.5 に示すとおりである。

流域人口の推定手順 1(台湾、北朝鮮西岸、韓国西岸流域)

地図上*1に記載されている流域内の人口 10 万人以下の都市について、平均 5 万人であると仮定して計上する。計上した流域人口のうち人口 10 万人以上の都市を除く流域人口を求め、海域に面する格子数から格子点 1 点当たりの人口を流域別に求める。

*1 「世界地図帳」、昭文社

流域人口の推定手順 2(日本流域)

(長崎県)流域を九州本土と五島列島の 2 つに分割する。五島列島は、島内人口を海岸格子数で割って格子点 1 点当たりの人口を求める。九州本土は、長崎県全県人口から人口 10 万人以上の都市人口、壱岐、対馬及び五島列島の島内人口を差し引いたものを海岸格子数で割って格子点 1 点当たりの人口を求める。

(熊本県)天草諸島からの投入のみとする。天草諸島の島内人口を海岸格子数で割って格子点 1 点当たりの人口を求める。

(鹿児島県)流域を九州本土、屋久島・種子島、奄美大島の 3 つに分割する。屋久島・種子島と奄美大島は、島内人口を海岸格子数で割って格子点 1 点当たりの人口を求める。九州本土は、鹿児島県全県人口から人口 10 万人以上の都市人口、屋久島・種子島と奄美大島の島内人口を差し引いたものを海岸格子数で割って格子点 1 点当たりの人口を求める。

(沖縄県)流域を沖縄本島、宮古島、石垣島の 3 つに分割する。沖縄本島は島内人口から人口 10 万人以上の都市人口を差し引いたものを海岸格子数で割って格子点 1 点当たりの人口を求める。宮古島及び石垣島は島内人口を海岸格子数で割って格子点 1 点当たりの人口を求める。

流域人口の推定手順 3(中国流域)

中国は大陸にあり、大河も存在するため、(海域までゴミが到達する)流域人口を算定することが難しい。そこで、海岸線から内陸へ約 100km のライン(図- 2.3.3)を引き、そのライン内(海域側)に含まれる人口 10 万人以下の都市(「世界地図帳」、昭文社)について、平均 5 万人であると仮定して省別に計上する。計上した流域人口のうち、都市投入で考慮している都市を除く流域人口を求め、海域に面する格子数から「格子点 1 点当たりの人口」を省別に求める。

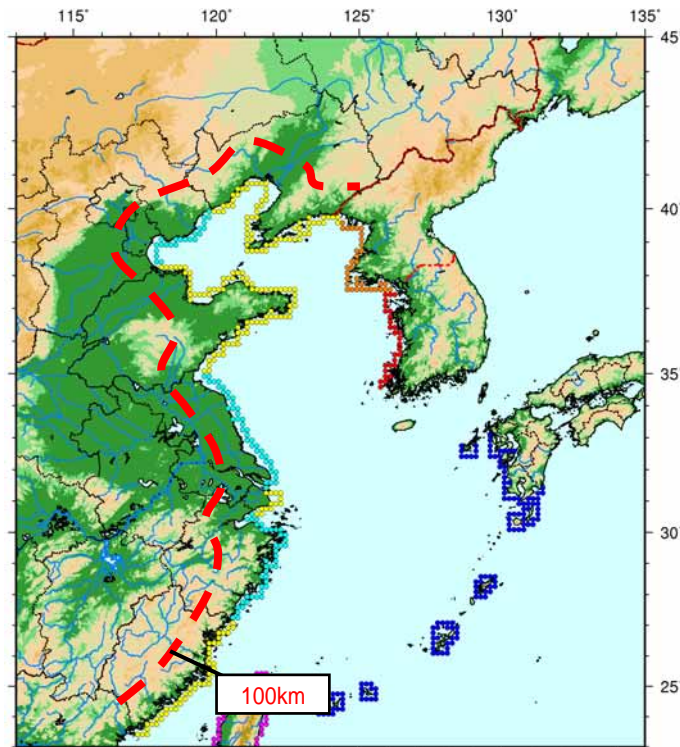


図- 2.3.3 中国の流域人口設定のための流域ライン

流域人口の集計結果は表- 2.3.3 に示すとおりである。ゴミの投入位置は、都市投入については最寄りの海域格子点または河口位置であり、流域投入については図- 2.3.5 に示した点である。流域別に、日本沿岸は青色、韓国西岸は赤色、北朝鮮はオレンジ色、中国は水色と黄色、台湾はピンク色で示している。

投入量

投入量は、投入時間間隔を人口比率に応じて調整することにより人口の重み付けを表現した。具体的には、人口 50 万人の都市で 1 日 1 個のゴミが流出する頻度で投入し続けた(例:1,200 万人 1 時間 1 個、10 万人 5 日 1 個の頻度)。また、この頻度が妥当であるか判断するために、人口 20 万人に 1 日 1 個のゴミが流出する頻度で投入する計算も行った。

沈下率

ライターの沈下率は、本年度の日本海における計算と同様に3種類の沈下率(1:2、0:1、1:1)の混合とした。

計算境界からの流入量

東シナ海モデルは、境界ラインが非常に長いいため境界流入量の評価が困難である。本計算では、次のような仮定を置いてモデル領域の南側から流入を与えた。境界流入の設定の考え方は図-2.3.4に示すとおりである。

(i) 中国の南シナ海側の人口設定

中国の南シナ海側には広東省があり、内陸100kmまでの人口は香港とマカオをあわせておよそ5,000万人と想定される(海南省は除く)。その内、漂着するものや南シナ海の西側と南側へ流出するものもあると考えて、南シナ海の東側すなわち計算領域へ15~30%程度の流入を仮定した。つまり、人口5,000万人の内、750~1,500万人程度の人口を想定することとした。

なお、台湾の西側(台湾海峡)と東側の配分は2:1とした。

(ii) 台湾南部の人口設定

計算領域外の台湾南部の人口は、およそ300万人である。その内、漂着するものや南側へ流出するものもあると考えて、計算領域へは50~100%程度の流入を仮定し、人口150~300万人程度の人口を想定することとした。

なお、台湾の西側(台湾海峡)と東側の配分は1:1とした。

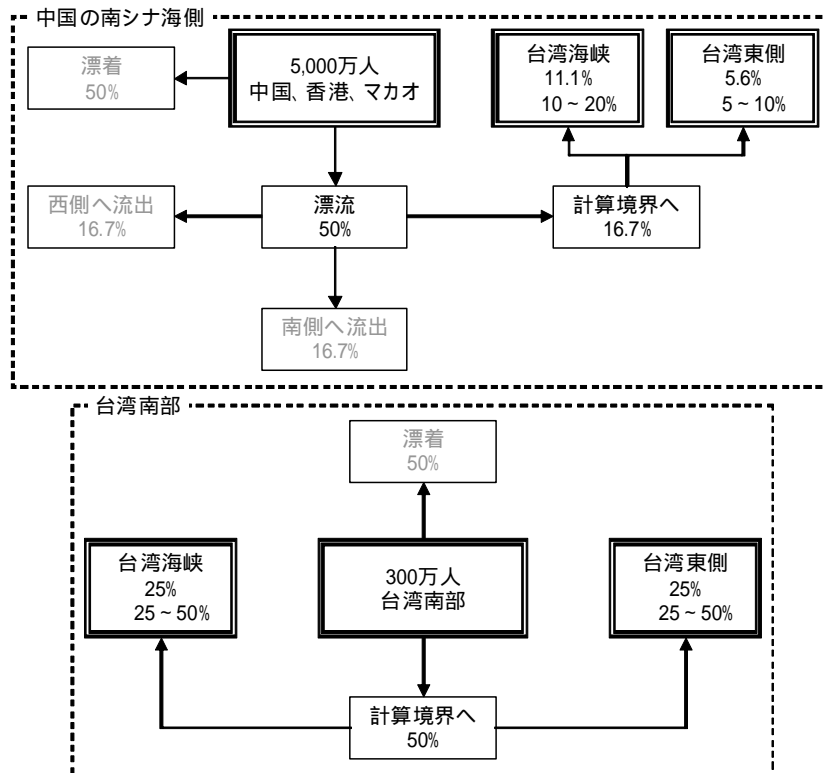


図-2.3.4 境界流入の想定人口

4) 計算ケース

計算ケースは表- 2.3.2 に示すとおり 6 ケースとした。

表- 2.3.2 計算ケース

計算ケース	対象物 及び 沈下率 (空中:水中)	ゴミ粒子投入条件	ゴミ粒子 投入頻度	計算期間	気象 流動条件
ケース 1	ライター 沈下率 混合 3 種 1:2 75% 0:1 15% 1:1 10%	・都市投入 *1 + 流域投入 *2 ・中国流域設定(海岸線から 100km まで) ・境界流入無し	人口 50 万人 で 1 日 1 個	2001 年 1 月 ~ 2006 年 12 月	気候値
ケース 2		・都市投入 *1 + 流域投入 *2 ・中国流域設定(海岸線から 100km まで) ・台湾海峡(中国 500 万人、台湾 75 万人) ・台湾東側(中国 250 万人、台湾 75 万人)			
ケース 3		・都市投入 *1 + 流域投入 *2 ・中国流域設定(海岸線から 100km まで) ・台湾海峡(中国 1000 万人、台湾 150 万人) ・台湾東側(中国 1000 万人、台湾 150 万人)			
ケース 4		・都市投入 *1 + 流域投入 *2 ・中国流域設定(海岸線から 100km まで) ・境界流入無し	人口 20 万人 で 1 日 1 個		
ケース 5		・都市投入 *1 + 流域投入 *2 ・中国流域設定(海岸線から 100km まで) ・台湾海峡(中国 500 万人、台湾 75 万人) ・台湾東側(中国 250 万人、台湾 75 万人)			
ケース 6		・都市投入 *1 + 流域投入 *2 ・中国流域設定(海岸線から 100km まで) ・台湾海峡(中国 1000 万人、台湾 150 万人) ・台湾東側(中国 1000 万人、台湾 150 万人)			

*1 都市投入...東シナ海沿岸に面した人口 10 万人以上の都市から人口の重み付けをして投入

*2 流域投入...都市投入に加えて東シナ海に注ぐ流域人口を沿岸から流域区分別に均等に投入

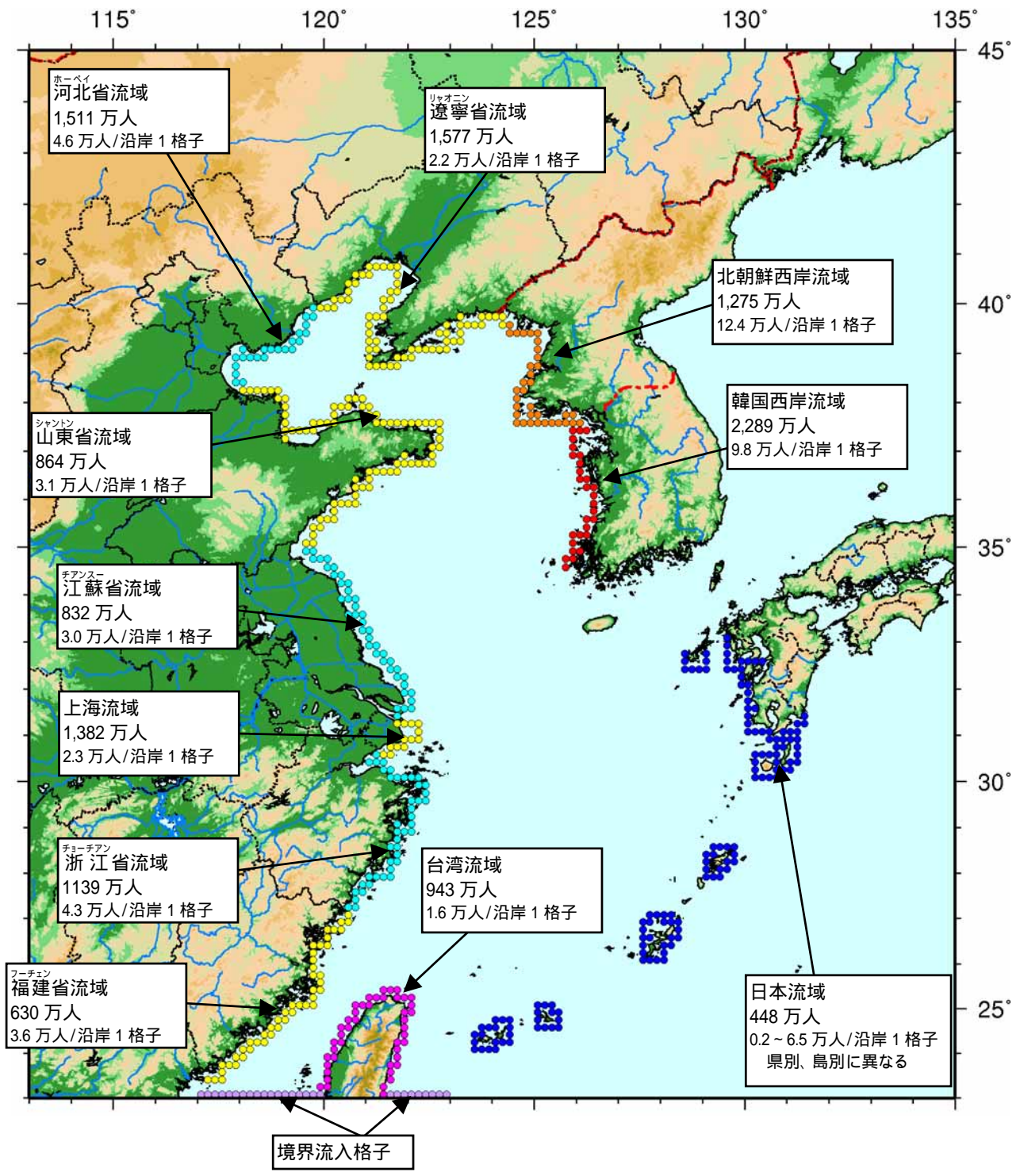


図- 2.3.5 流域区分と流域人口

表- 2.3.3(1) 流域人口の集計一覧(中国以外)

流域	内容	人口(万人)	流域	内容	人口(万人)		
台湾流域	10万人以上の沿岸都市	タイナン	75	長崎県流域 (五島列島)	島人口	5	
		チアイ	27		沿岸格子数	8	
		チャンボワ	23		沿岸1格子当たりの人口	0.6	
		タイチュン	105				
		シンチュー	39	熊本県流域 (天草諸島)	島人口	14	
		チョンリー	115		沿岸格子数	7	
		タオユワン	188		沿岸1格子当たりの人口	2.0	
		タイペイ	262				
		キールン	39				
		10万人以下の都市	14都市×5万人想定	70	鹿児島県流域 (九州本土)	10万人以上の沿岸都市	鹿児島市
流域人口(10万人都市を除く)		70		薩摩川内市		10	
沿岸格子数		45	鹿児島県人口			175	
沿岸1格子当たりの人口		1.6	島人口	種子島		4	
				屋久島		1	
				奄美大島		9	
北朝鮮西岸流域	10万人以上の沿岸都市	シンウイジュ	256	鹿児島県流域 (種子島・屋久島)	島人口	4	
		ピョンヤン	302			種子島	1
		ナムボ	78		沿岸格子数	22	
		ヘジュ	183		沿岸1格子当たりの人口	0.2	
		ケーソン	36				
		10万人以下の都市	84都市×5万人想定		420	鹿児島県流域 (奄美大島)	島人口
		流域人口(10万人都市を除く)		420	沿岸格子数		16
沿岸格子数		34	沿岸1格子当たりの人口	0.5			
沿岸1格子当たりの人口		12.4					
韓国西岸流域	10万人以上の沿岸都市	ソウル	982	沖縄県流域 (沖縄本島)	10万人以上の沿岸都市	那覇市	31
		イチョンブ	36			沖縄市	11
		チュンチョン	25			浦添市	10
		ウォンジュ	27		沖縄本島人口	123	
		チェツチョン	15		流域人口(10万人都市を除く)	71	
		チュンジュ	22		沿岸格子数	24	
		インチョン	253	沿岸1格子当たりの人口	3.0		
		スーウォン	104	沖縄県流域 (宮古島)	島人口	6	
		チョンアン	53		沿岸格子数	12	
		チョンジュ	64		沿岸1格子当たりの人口	0.5	
		テージョン	144		沖縄県流域 (石垣島・八重山等)	島人口	5
		クンサン	27			石垣島	1
		イクサン	32			その他八重山諸島	1
		チョンジュ	62	沿岸格子数		18	
		クワンジュ	141		沿岸1格子当たりの人口	0.3	
		モクボ	27				
		10万人以下の都市	55都市×5万人想定	275			
		流域人口(10万人都市を除く)		275			
		沿岸格子数		28			
		沿岸1格子当たりの人口		9.8			
長崎県流域 (九州本土)	10万人以上の沿岸都市	長崎市	44				
		佐世保市	25				
		諫早市	14				
		長崎県人口	147				
		島人口	宮崎	3			
			対馬	4			
			五島列島	5			
		流域人口(10万人都市、島人口を除く)		52			
		沿岸格子数		8			
		沿岸1格子当たりの人口		6.5			

表- 2.3.3(2) 流域人口の集計一覧(中国)

流域	内容	人口(万人)	
福建省流域	10万人以上の沿岸都市 (都市投入)	アモイ 147 チャンチョウ 53 チュワンチョウ 99 フーチョウ 171	
	都市投入計	470	
	10万人以下の都市(流域投入)	海岸線から100km以内 32都市×5万人想定 160	
	沿岸格子数	45	
	沿岸1格子当たりの人口	3.6	
	福建省流域計	630	
	浙江省流域	10万人以上の沿岸都市 (都市投入)	ウェンチョウ 135 チャオチアン 48 ニンポー 202 シャオシン 60 ハンチョウ 431 チアシン 84
		都市投入計	959
		10万人以下の都市(流域投入)	海岸線から100km以内 36都市×5万人想定 180
		沿岸格子数	42
沿岸1格子当たりの人口		4.3	
浙江省流域計		1139	
上海流域		10万人以上の沿岸都市 (都市投入)	シャンハイ 1352
		都市投入計	1352
		10万人以下の都市(流域投入)	海岸線から100km以内 6都市×5万人想定 30
		沿岸格子数	13
	沿岸1格子当たりの人口	2.3	
	上海流域計	1382	
江蘇省流域	10万人以上の沿岸都市 (都市投入)	ナントン 85 スーチョウ 221 ウーシー 213 チャンチョウ 121 リエンユンカン 67	
	都市投入計	707	
	10万人以下の都市(流域投入)	海岸線から100km以内 25都市×5万人想定 125	
	沿岸格子数	41	
	沿岸1格子当たりの人口	3.0	
	江蘇省流域計	832	
	山東省流域	10万人以上の沿岸都市	チンタオ 258 ツーパー 137 イエンタイ 170 ウエイハイ 59
		都市投入計	624
10万人以下の都市(流域投入)		海岸線から100km以内 48都市×5万人想定 240	
沿岸格子数		78	
沿岸1格子当たりの人口		3.1	
山東省流域計		864	
河北省流域		10万人以上の沿岸都市	ツアンチョウ 49 タンシャン 296 チンホワンタオ 76 テンチン 985
		都市投入計	1406
	10万人以下の都市(流域投入)	海岸線から100km以内 21都市×5万人想定 105	
	沿岸格子数	23	
	沿岸1格子当たりの人口	4.6	
	河北省流域計	1511	
遼寧省流域	10万人以上の沿岸都市	チンチョウ 97 フーシン 50 チャオヤン 48 リャオヤン 71 ペンシー 95 シェンヤン 491 フーシュン 141 インコウ 85 ターリエン 279 タントン 75	
	都市投入計	1432	
	10万人以下の都市(流域投入)	海岸線から100km以内 29都市×5万人想定 145	
	沿岸格子数	65	
	沿岸1格子当たりの人口	2.2	
	河北省流域計	1577	

(2) 計算結果

1) 国別漂着割合

再現性の検証として、漂着ライターの国別割合を現地調査結果(藤枝、小島, 2006)と比較した。比較地点は表- 2.3.4、図- 2.3.7 に示すとおり 8 地域である。計算結果の抽出期間は、現地調査期間にあわせて 2003 年 8 月 1 日から 2005 年 6 月 30 日とした。漂着ライターの国別割合の比較を図- 2.3.8 に示す。図中には計算結果の確認のため、1 格子 (15 ~ 18km) 当たりの国別漂着量のグラフも示した。

計算ケース 1 は人口 50 万人に 1 日 1 個のライターを投入し、境界流入を与えていないケースである。このケースは、現地調査結果で見られる中国ライターの南西諸島への漂着が再現できていない。また、漂着量は島で少なく、与那国島、石垣島は 1 格子当たりの漂着数は 5 個以下であった。

計算ケース 2、3 は境界流入を与えたケースであり、計算ケース 1 にくらべると島への漂着量が多く、中国・台湾の割合が増えてくる。しかしながら石垣島への漂着は少ない(10 個以下)。

計算ケース 4 は人口 20 万人に 1 日 1 個のライターを投入し、境界流入を与えていないケースである。計算ケース 1 にくらべて漂着量は増えているが、現地調査結果で見られた南西諸島への中国ライターの漂着が再現できていない。

計算ケース 5、6 は境界流入を与えたケースである。島嶼部への漂着は計算ケース 6 を見ると、他のケースよりは多いが石垣島では 20 個程度であった。

漂着個数の算定で抽出した計算期間は約 2 年間である。2 年間で 1 格子 (15 ~ 18km) 当たりの漂着個数が 20 個というのはあまりにも少ない。日本海における検討では、同期間で最大 1000 個を超える漂着が見られた。

しかしながら、一概に比較できないが、平成 17 年度の漂着実態調査結果においても、日本海沿岸の漂着数と島嶼部の漂着個数では明らかに差が有り、日本海沿岸の方が圧倒的に多かった(図- 2.3.6)。このことは見方を変えると、計算結果は地域及び地形的特性による漂着のしやすさを再現をしていると考えることができる。

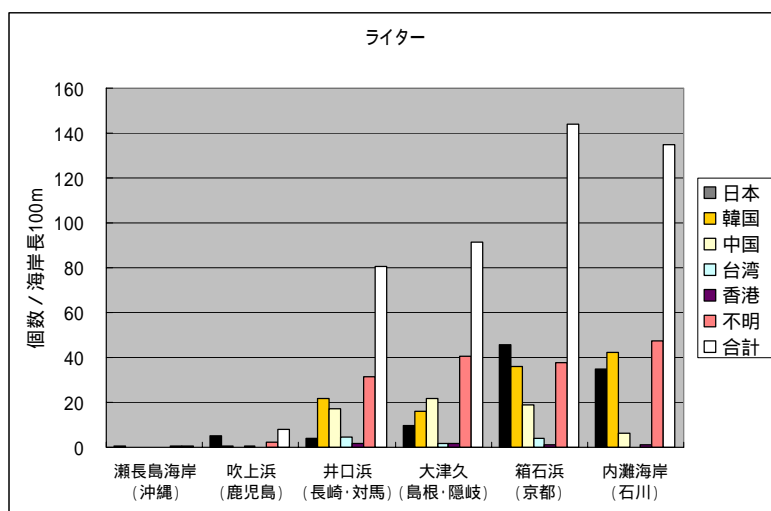


図- 2.3.6 平成 17 年度漂着実態調査結果

表- 2.3.4 現況再現比較地点

海岸地区名	海岸数
長崎	4
天草	4
鹿児島西岸	28
種子島・屋久島	2
沖縄	6
石垣島	9
波照間島	1
与那国島	11

出典：藤枝・小島、「東アジア圏域における海岸漂着ごみの流出起源の推定」、沿岸域学会誌、2006年

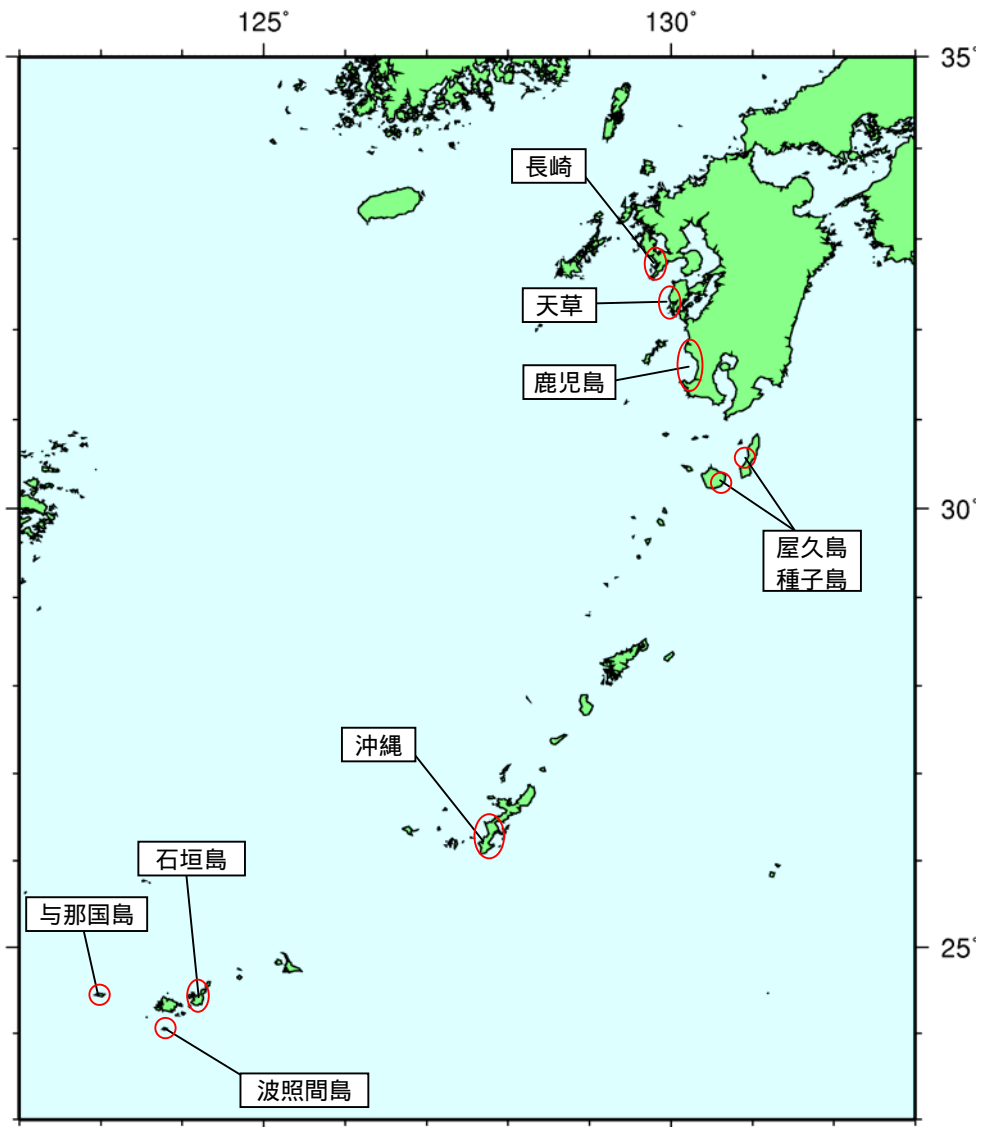
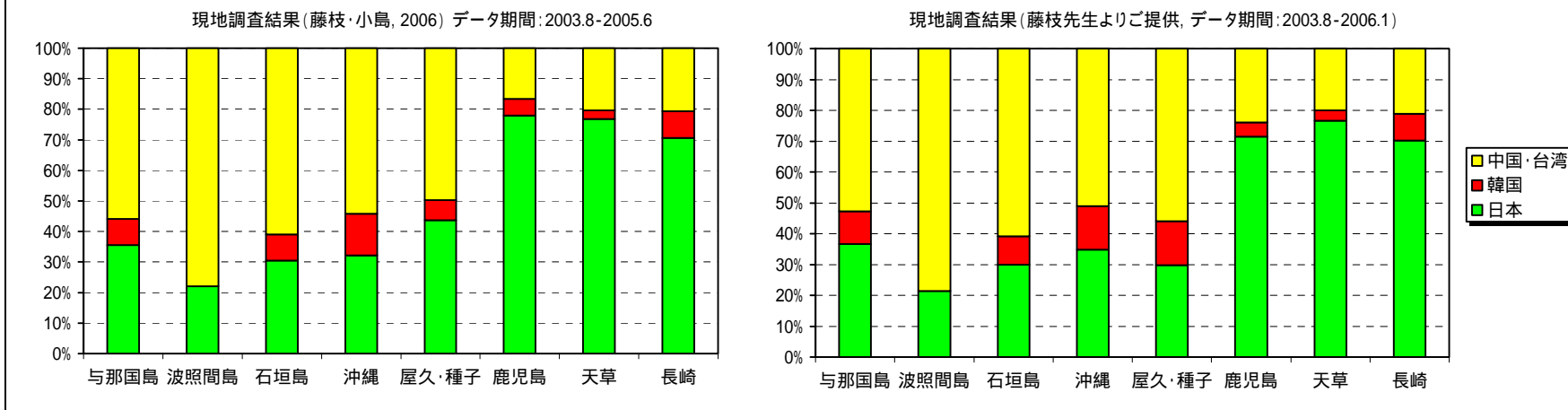


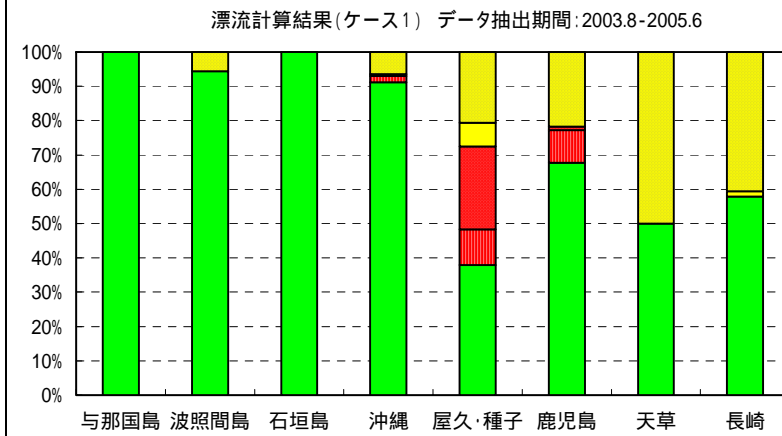
図- 2.3.7 現況再現比較地点

現地調査結果

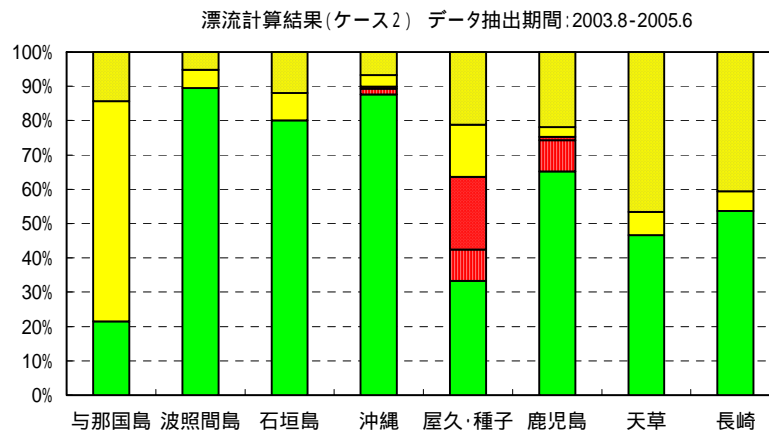


計算結果

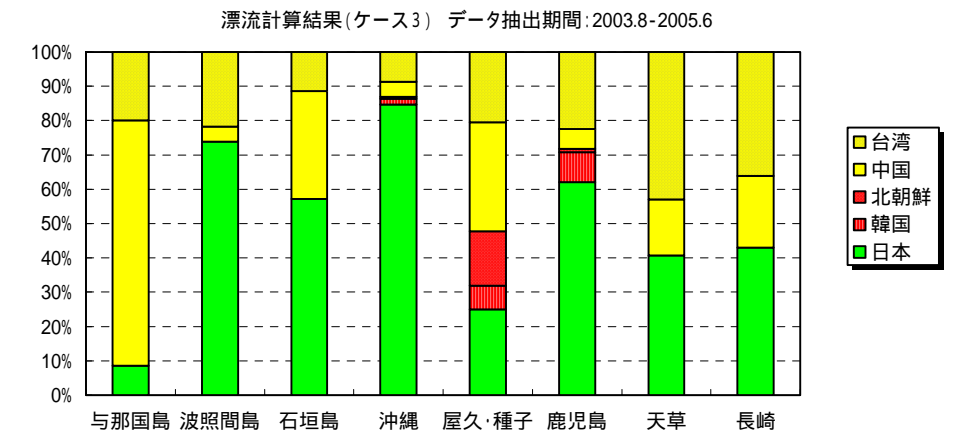
ケース1 : 50万人に1日1個の頻度、境界流入なし



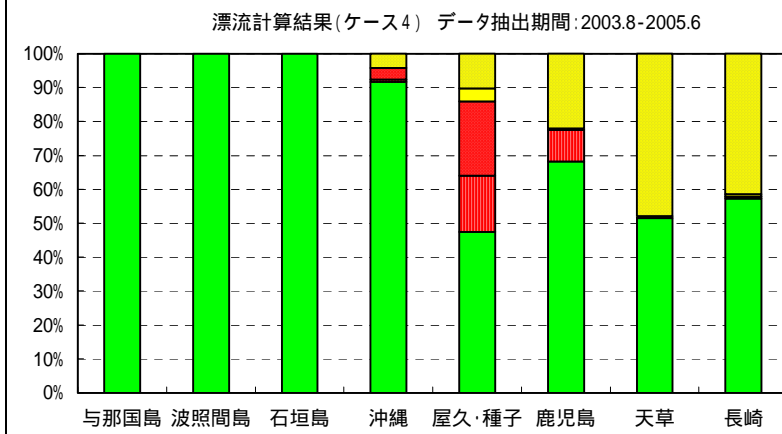
ケース2 : 50万人に1日1個の頻度、境界流入あり



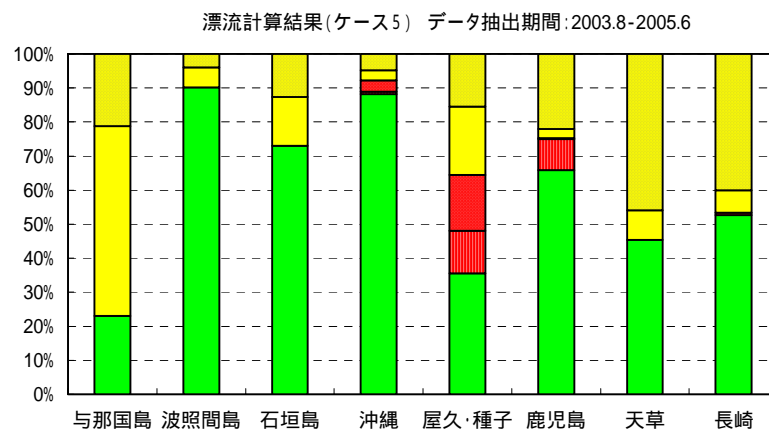
ケース3 : 50万人に1日1個の頻度、境界流入あり(2倍)



ケース4 : 20万人に1日1個の頻度、境界流入なし



ケース5 : 20万人に1日1個の頻度、境界流入あり



ケース6 : 20万人に1日1個の頻度、境界流入あり(2倍)

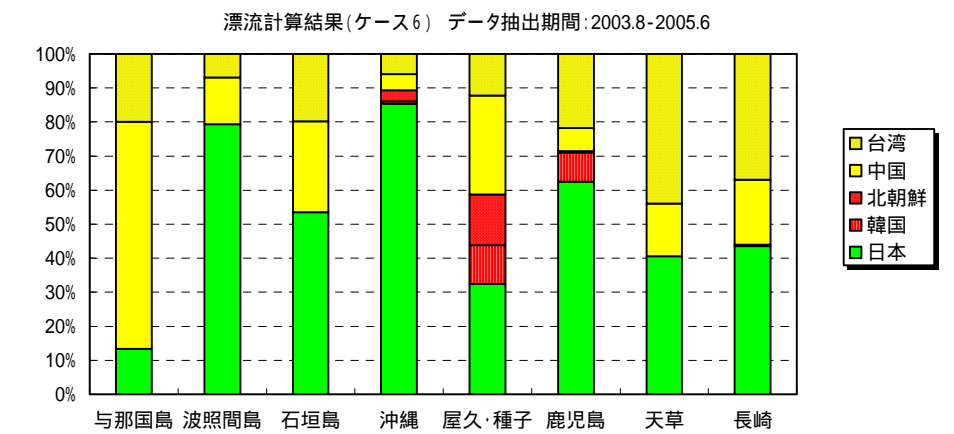
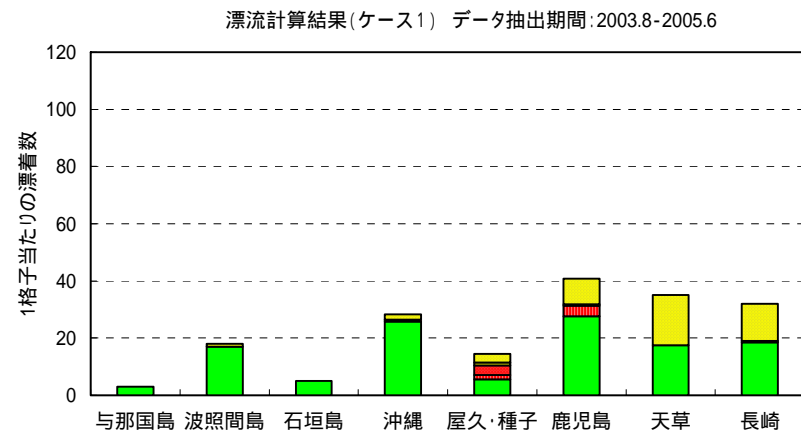


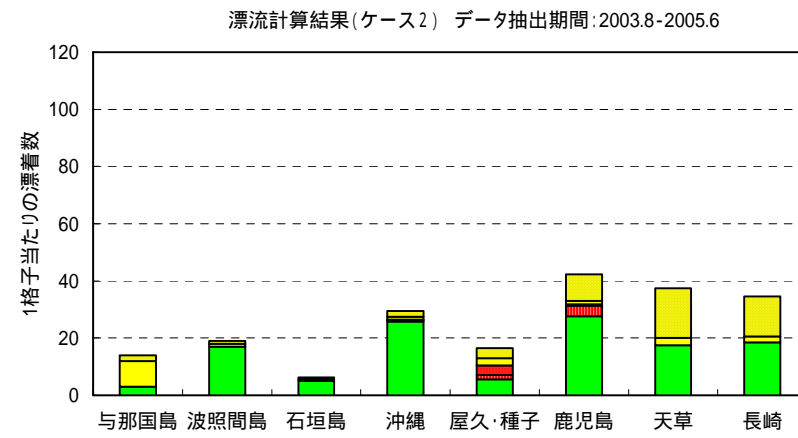
図- 2.3.8(1) 漂着ライターの国別割合による再現性の比較(計算ケース1)

計算結果

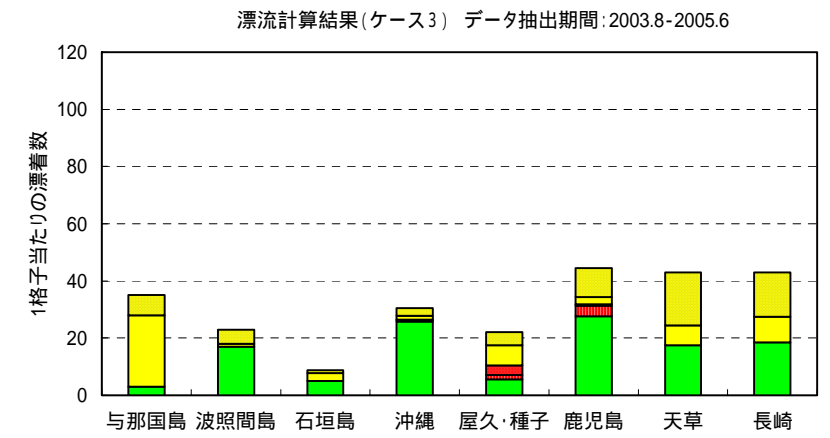
ケース1 : 50万人に1日1個の頻度、境界流入なし



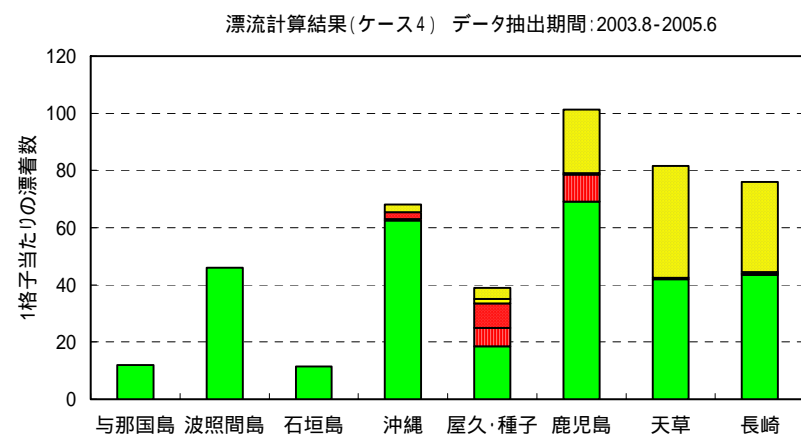
ケース2 : 50万人に1日1個の頻度、境界流入あり



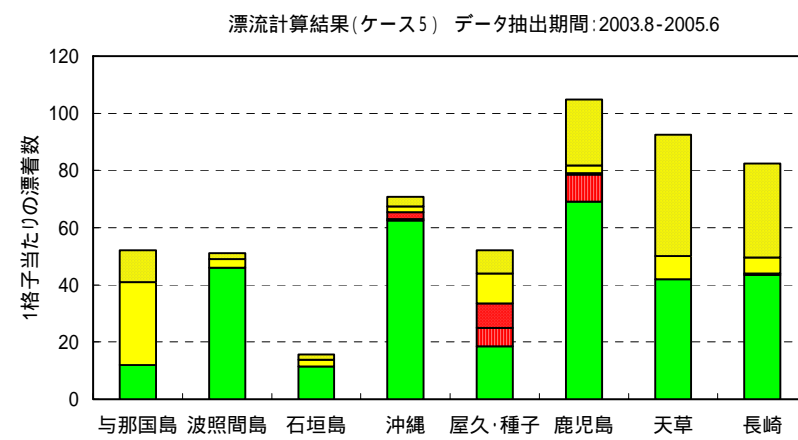
ケース3 : 50万人に1日1個の頻度、境界流入あり(2倍)



ケース4 : 20万人に1日1個の頻度、境界流入なし



ケース5 : 20万人に1日1個の頻度、境界流入あり



ケース6 : 20万人に1日1個の頻度、境界流入あり(2倍)

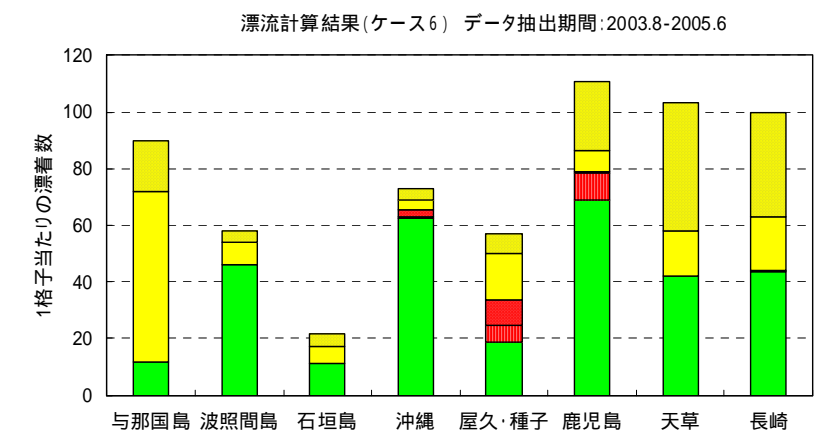


図- 2.3.8(2) 漂着ライターの国別漂着量の比較

2) 漂流経路

各ケースの計算結果の内、比較的再現性の良かった計算ケース5の鹿児島について漂流経路の解析を行った。また、島嶼部の代表として沖縄に漂着したライターについても漂流経路図を作成した。漂着季節別の漂着経路を図- 2.3.9 に示す。

海外から鹿児島西岸に漂着するライターは夏季に多く、その多くが南から対馬暖流によって北上し、五島列島の南方で分岐して鹿児島に漂着する計算結果であった。

海外から沖縄に漂着するライターは秋季に多く、その起源及び漂流経路は様々であった。中には、遠く太平洋を漂って漂着しているものも見られた。また、沖縄本島の北側からの漂着は少なく、南側から漂着するものが大多数を占めた。

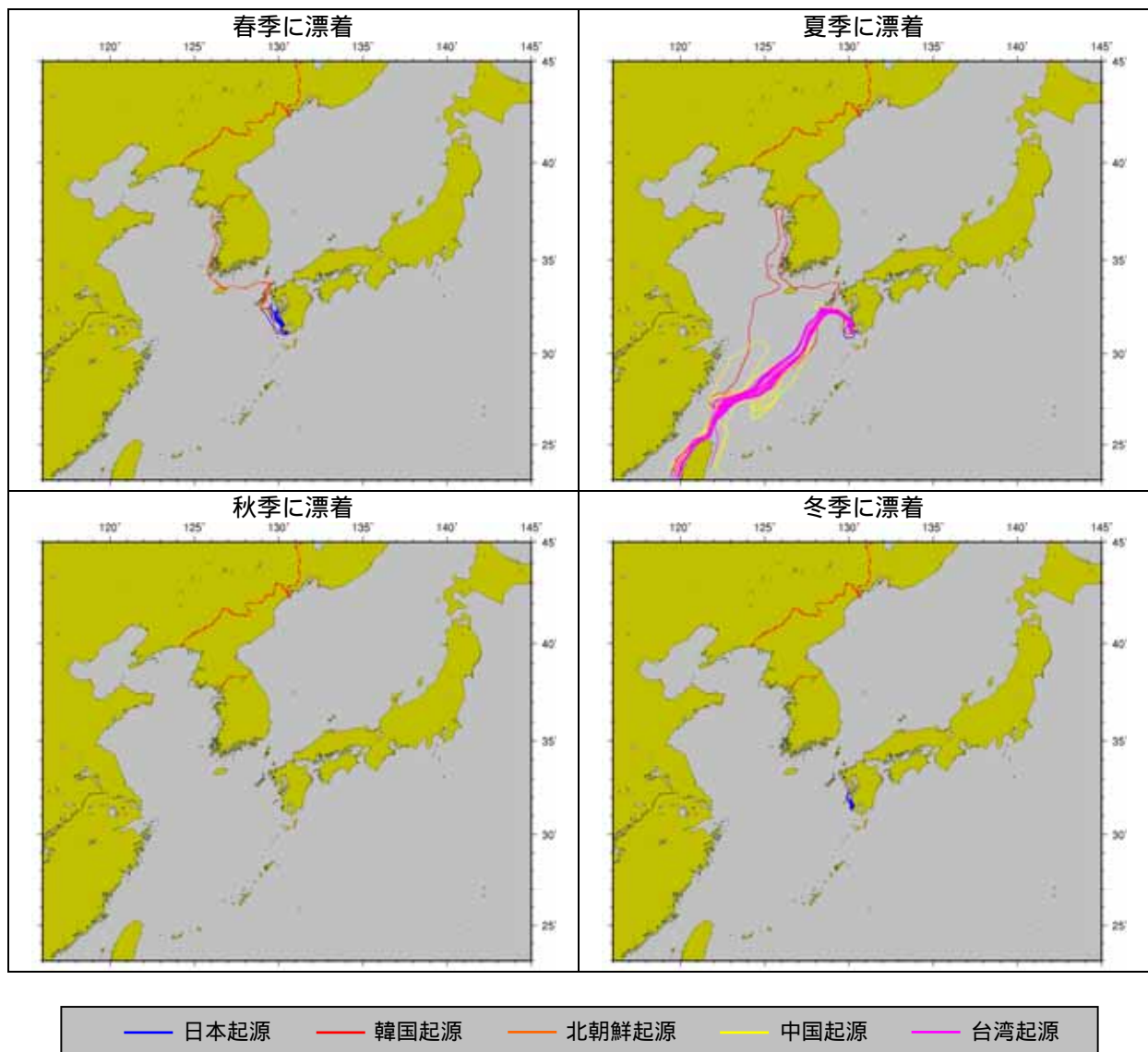


図- 2.3.9(1) 鹿児島西岸に漂着したゴミの漂流経路

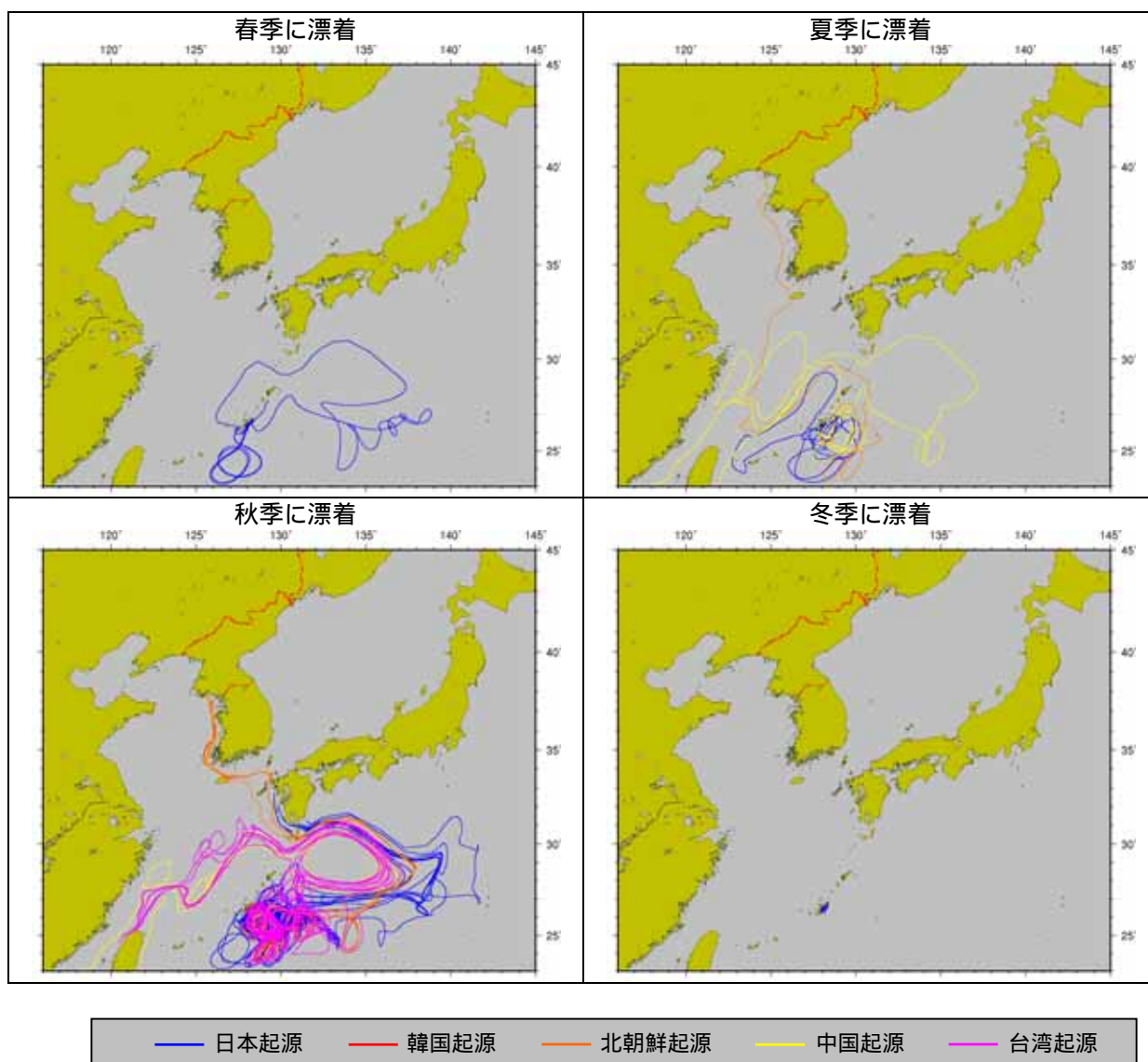


図- 2.3.9(2) 沖縄に漂着したゴミの漂流経路

3) 対馬海峡に流入するゴミの国別割合

東シナ海のライターの計算結果から、対馬における漂着ライターの国別割合、対馬海峡に到達したライターの国別割合及び到達個数を求めて、平成 18 年度に日本海を対象に行った検討計算(流入条件)の妥当性を検証した。平成 18 年度の検討計算の中で、最も再現性の良かったケースの対馬海峡流入条件は以下のとおりである。

- ・国別割合は対馬における漂着ライター現地調査結果(藤枝、小島, 2006)で示されている割合を適用
- ・対馬海峡に流入するゴミの想定人口は 2000 万人

まず、東シナ海の計算で得られた対馬における国別漂着割合と現地調査結果を比較した(図-2.3.10)。韓国(北朝鮮含む)と中国(台湾含む)の割合は概ね現地調査結果と一致しているが、計算では日本のゴミの漂着が見られなかった。東シナ海モデルは、格子間隔が日本海モデルの2倍と粗く、島への漂着の精度が良くないためと考えられる。

次に、対馬海峡に到達したゴミの国別割合と対馬における現地調査結果の比較すると(図- 2.3.11)、計算ケース5と6で非常に良く一致していた。このことは、平成18年度に設定した国別割合の流入条件が妥当であった(大きく間違っていない)ことを示している。

次に、対馬海峡に到達したゴミの個数に着目した(図- 2.3.12)。ケース4、5、6の到達個数はそれぞれ、25,537、31,682、37,976個であった。これは20万人都市で1日1個の投入頻度に換算すると、それぞれ、730万人、910万人、1,090万人の人口に相当し、平成18年度検討の想定人口2,000万人より少ないが、オーダー的には一致している。

平成18年度の日本海における検討では、想定人口1,000万人のケースよりも2,000万人のケースの方が再現性が良かった。このことは、逆に東シナ海モデルの到達量がやや不足している可能性がある。不足の要因としては、東シナ海モデルの外力が気候値を用いていること、中国の人口設定が不明確、境界流入設定が不明確であることなどが挙げられる。

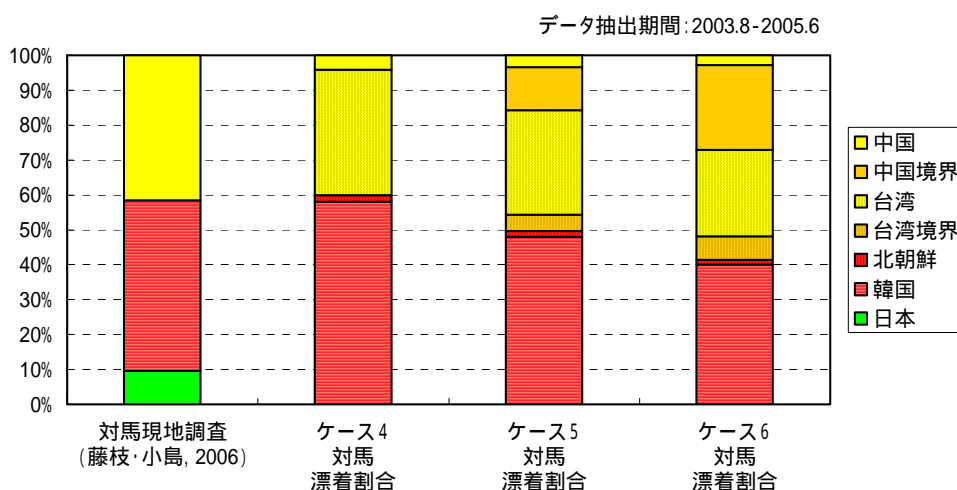


図- 2.3.10 対馬における国別漂着割合の比較

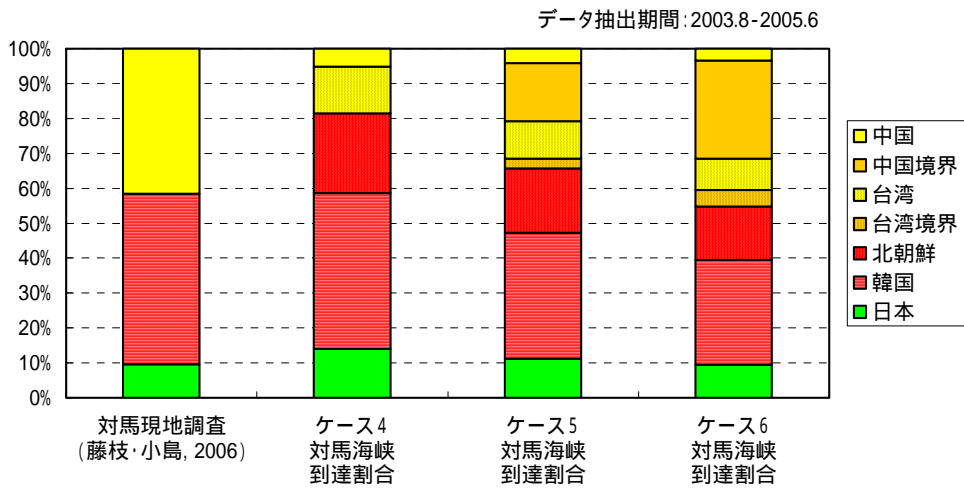


図- 2.3.11 対馬海峡へ到達したゴミの国別割合と対馬における現地調査結果の比較

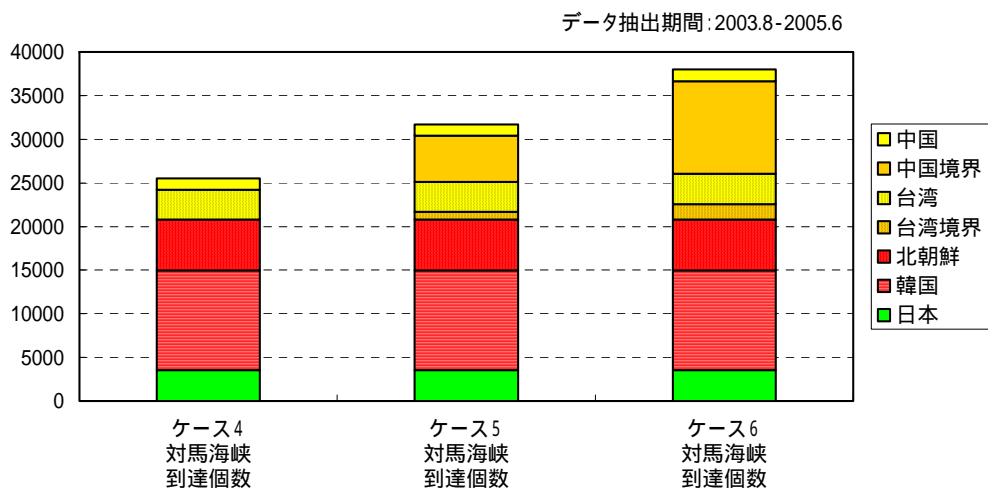


図- 2.3.12 対馬海峡到達ゴミの個数

2.3.2 ライター以外のアイテムについての漂流・漂着予測

(1) ペットボトルを対象とした漂流・漂着予測

1) 計算条件

ペットボトルを対象とした漂流・漂着予測計算の条件は、基本的にライターの計算条件に準ずる。

なお、ここでアイテムとしてペットボトルを指定しているが、空中断面積比が大きい一般生活ゴミが対象であり、ペットボトルはその一部として位置づけられる。

ライターの計算条件と異なるところは、沈下率の設定とゴミの投入量(頻度)である。沈下率は 100:1 と 10:1 の 2 ケースとした。また、投入頻度は人口 20 万人で 1 日 1 個のゴミが流出する頻度とした。

その他(外力、計算期間など)の条件はライターの計算条件と同様であり、境界流入条件はライターの計算ケース 5 と同様である。計算ケースを表- 2.3.5 に示す。

表- 2.3.5 計算ケース

計算ケース	対象物 及び 沈下率 (空中:水中)	ゴミ粒子投入条件	ゴミ粒子 投入頻度	計算期間	気象 流動条件
ケース 1	100:1	・都市投入 *1 + 流域投入 *2 ・中国流域設定(海岸線から 100km まで) ・台湾海峡(中国 500 万人、台湾 75 万人) ・台湾東側(中国 250 万人、台湾 75 万人)	人口 20 万人 で 1 日 1 個	2001 年 1 月 ~ 2006 年 12 月	気候値
ケース 2	10:1	・都市投入 *1 + 流域投入 *2 ・中国流域設定(海岸線から 100km まで) ・台湾海峡(中国 500 万人、台湾 75 万人) ・台湾東側(中国 250 万人、台湾 75 万人)			

*1 都市投入...東シナ海沿岸に面した人口 10 万人以上の都市から人口の重み付けをして投入

*2 流域投入...都市投入に加えて東シナ海に注ぐ流域人口を沿岸から流域区分別に均等に投入

2) 計算結果

計算結果として、ライターの現地調査地点(藤枝、小島, 2006)における国別漂着割合と漂着量をそれぞれ図- 2.3.13、図- 2.3.14 に示す。

計算ケース 1 の国別漂着割合を見ると、波照間島と石垣島を除く地域のほとんどは日本起源のゴミが漂着している。計算ケース 2 は、台湾・中国起源のゴミが距離的に近い与那国島と波照間島に漂着しており、その他の地点では台湾・中国起源のゴミの割合は少ない。これらの結果は、ライターの計算結果とは明らかに異なるもので、沈下率の違いにより漂着割合及び漂着量の分布がかなり異なるため、沈下率の設定には十分な注意が必要である。

ここで、一つ注目すべきところは、ケース 2(沈下率 10:1)の国別漂着割合の分布が、ライターの現地調査結果に近いということである。このことは、中国・台湾製のライターの漂流形態が、比較的空中断面積の割合が大きいという可能性と、流出初期と漂着後のライターでは沈下率が異なるという可能性も含まれると考えられ、その検討については今後の課題である。

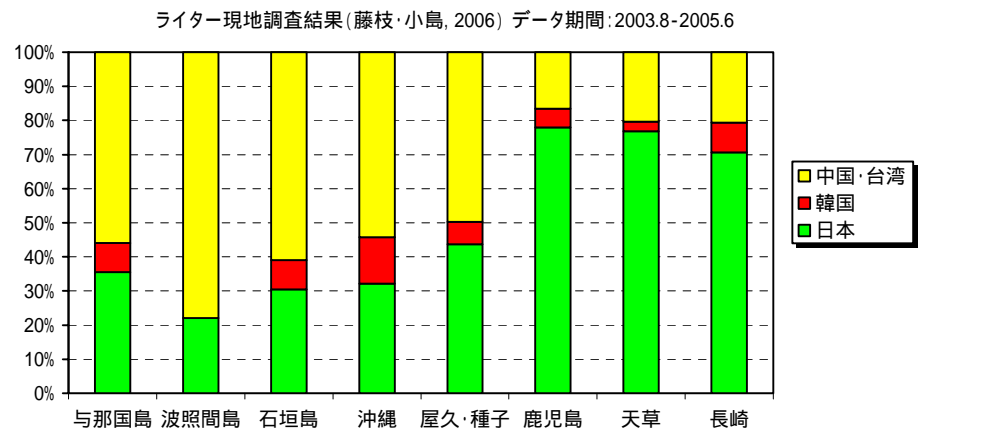
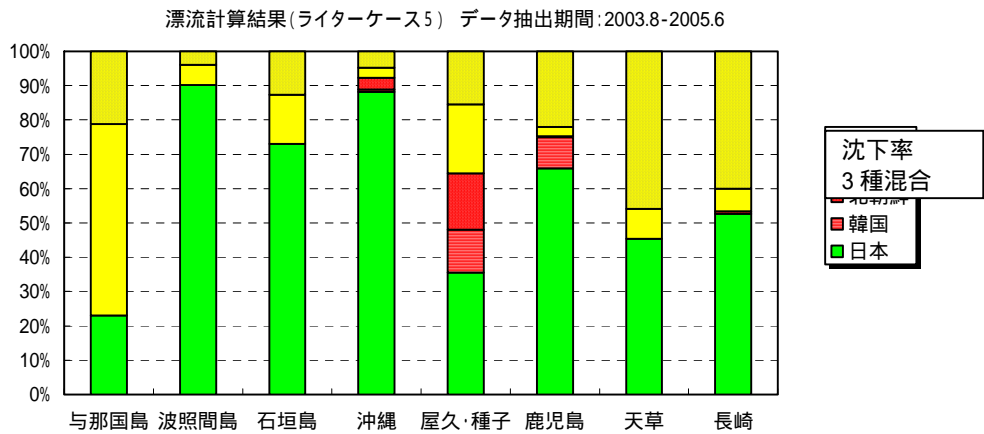
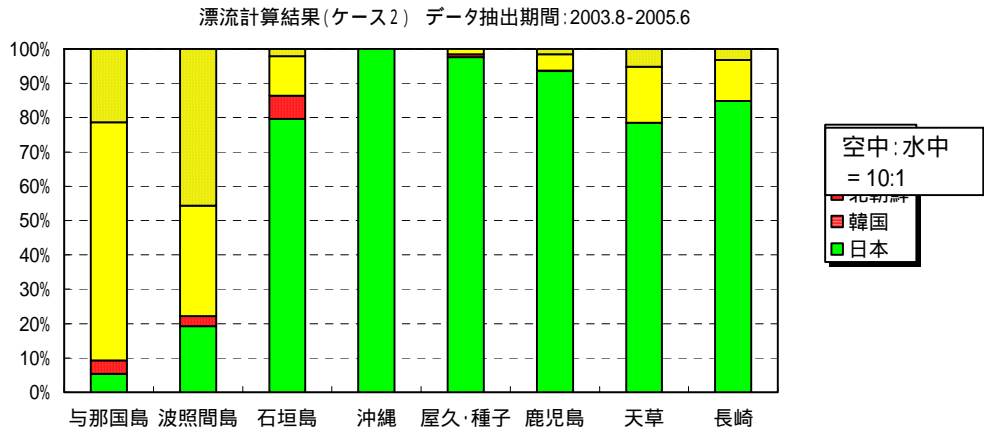
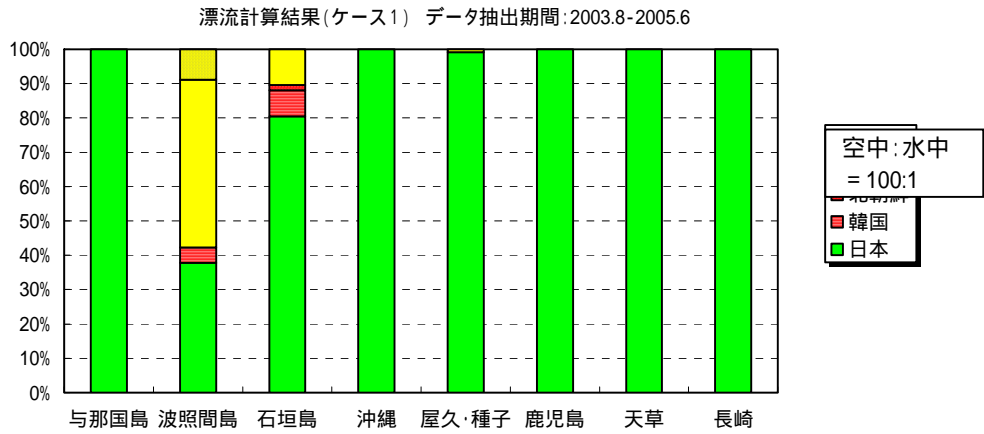


図- 2.3.13 沈下率別の国別漂着割合の比較

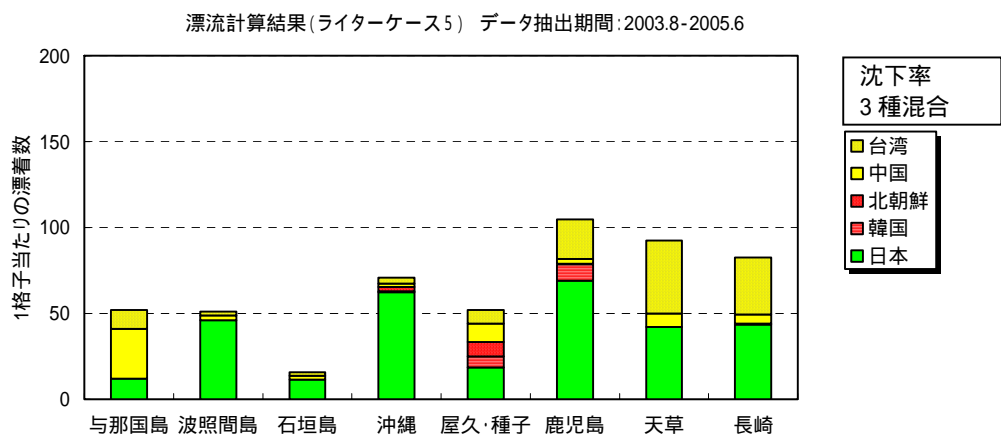
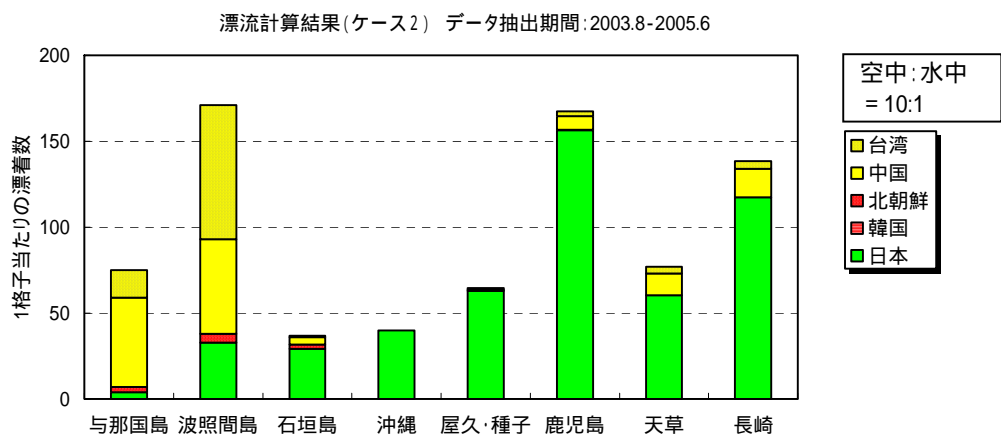
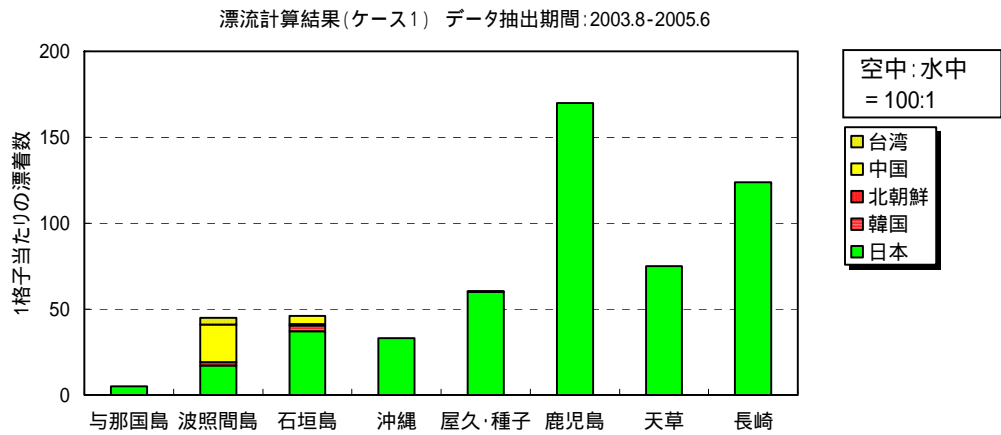


図- 2.3.14 沈下率別の国別漂着量の比較

(2) 東シナ海発生ゴミの漂流・漂着予測

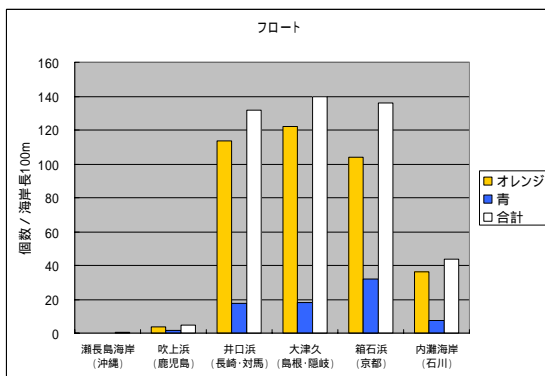
日本海・東シナ海に面する日本の海岸には、大小様々なゴミが漂着する、よく目にする漂着物として、大きさ 10cm 程度の漁業用のフロートが挙げられる(写真- エラー! 指定したスタイルは使われていません。 .1)。特に井口浜(長崎県対馬)、大津久(島根県隠岐)、箱石浜(京都府)及び大川の海岸(長崎県福江)で漂着量が多く、海岸長 100m 当たり 100 個を超える漂着量であった(平成 17 年度,18 年度漂着実態調査結果、図- 2.3.15)。収集したフロートは漢字(中国語)標記のものが多く、遠く中国大陸から流れ着いたものと考えられる。

本業務ではフロートに代表される沈下率 1:1 のゴミを対象に漂流・漂着特性の把握検討を行った。

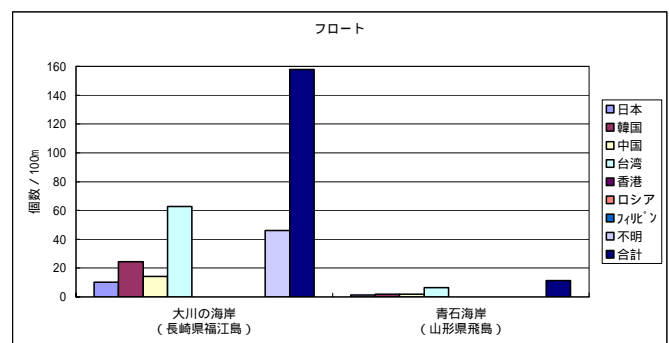
なお、沈下率 1:1 のゴミには、ライターや医療用のバイアル瓶、内容物の入ったペットボトルなどが挙げられる。



写真- エラー! 指定したスタイルは使われていません。 .1 漁業用フロート



(平成 17 年度漂着実態調査結果)



(平成 18 年度漂着実態調査結果)

図- 2.3.15 フロートの地点別漂着個数

1) 計算条件

外力

漂流・漂着予測計算に用いた外力データ(流動場、風速場)は前項と同様であり、ともに気候値を用いた。

計算期間

計算期間は、図- 2.3.16 に示すとおり3年間とした。

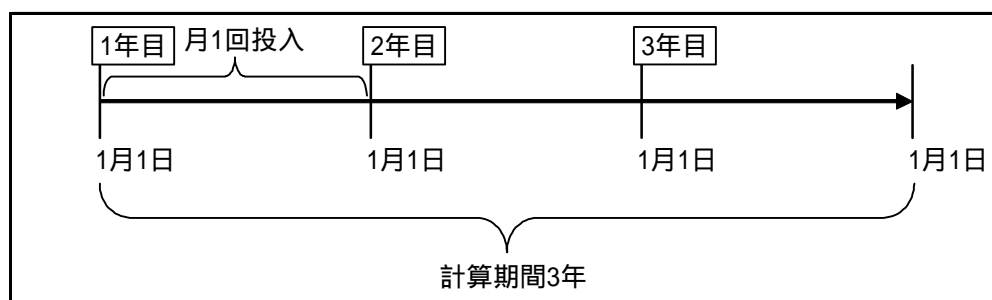


図- 2.3.16 計算期間

ゴミの投入条件

(i) 投入位置

本業務では、いくつかのエリアに均等にゴミを投入し、どのエリアからのゴミが対馬海峡に到達しやすいか検討を行うこととした。

ゴミの投入エリアを図- 2.3.17 に示す。1つのエリアは $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ の範囲である。また、対馬海峡への到達は図中のカウントエリアに漂流してきたものを計上した。

(ii) 投入量

投入量は、全季節の傾向を把握するために、投入頻度は月に1回(各月1日)投入することとし、投入密度は $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ の中に均一に16個(4×4)のゴミを投入した。

(iii) 沈下率

沈下率は、空中:水中断面積 = 1:1とした。

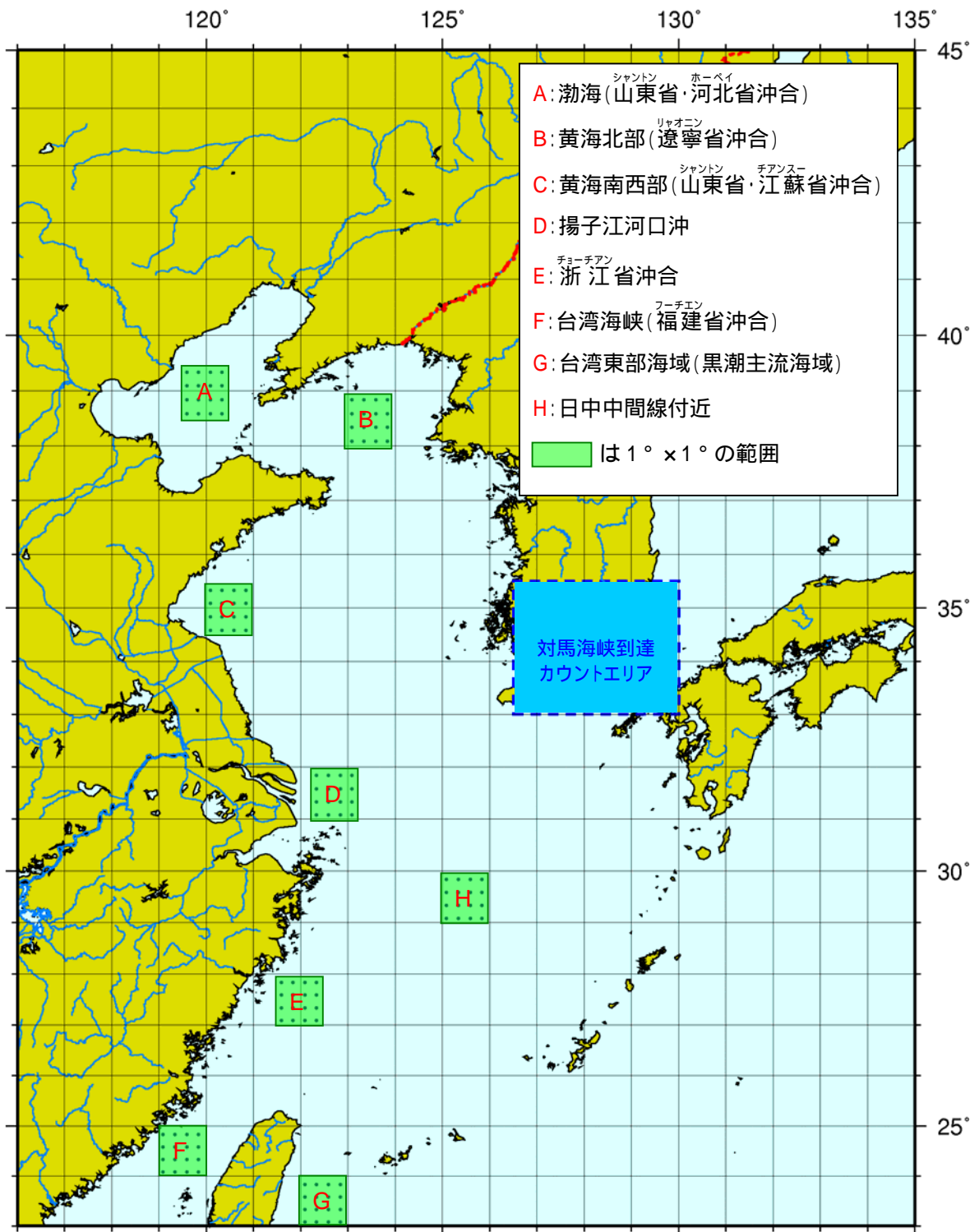


図- 2.3.17 ゴミの投入エリア

2) 計算結果

計算結果として、沈下率 1:1 のゴミの漂流・漂着分布を図- 2.3.18 に示す。計算開始 1 年目は毎月、2 年目は 3 ヶ月毎、以降 3 年目の 1 月 1 日、4 年目の 1 月 1 日の分布図を示した。

計算開始から 4 月までは対馬海峡にゴミは流入しておらず、1 年目の 5 月 1 日に初めて流入している。これは、東シナ海では 3 月まで季節風の影響で東シナ海海域が北風となっているためと思われる（資料編の風データ参照）。その後、毎月のようにゴミは流入しており、2 年目の 7 月にはほとんど全てのゴミが漂着あるいは計算領域外へ流出していた。

投入エリア別の対馬海峡への到達割合を表- 2.3.6 に示す。また、投入エリア別の漂流経路を図- 2.3.19 に示す。

エリアA渤海（^{シャントン}山東省・^{ホーベイ}河北省沖合）に投入したゴミは対馬海峡へは到達しなかった。経路図によると、ほとんど渤海から流出することなく周辺沿岸に漂着していることが分かる。

エリアB黄海北部（^{リャオニン}遼寧省沖合）に投入したゴミの対馬海峡到達率は 2.6%であった。経路図によると、黄海から東シナ海全域を漂流しており、一部は^{フーチエン}福建省まで到達している。対馬海峡に到達したゴミの漂流時間は 6～8 ヶ月であった。

エリアC黄海南西部（^{シャントン}山東省・^{チアンスー}江蘇省沖合）に投入したゴミは対馬海峡へは到達しなかった。経路図によると、ほとんどその周辺海域か黄海北部で漂着・漂着している。

エリアD揚子江河口沖に投入したゴミは対馬海峡へは到達しなかった。経路図によると、ほとんどのゴミが東シナ海の中国側沿岸を漂流あるいは漂着している。

エリアE^{チョーチン}浙江省沖合に投入したゴミの対馬海峡到達率は 16.1%であった。経路図によると、漂流範囲は広く、東シナ海、太平洋そして対馬海峡へ漂流している。対馬海峡に到達したゴミの漂流時間は 1～8 ヶ月であった。

エリアF台湾海峡（^{フーチエン}福建省沖合）に投入したゴミの対馬海峡到達率は 13.0%であった。経路図によると、ほとんどのゴミが東シナ海を漂流して中国沿岸に漂着するが、一部対馬海峡へ流入していることが分かる。対馬海峡に到達したゴミの漂流時間は 2～4 ヶ月であった。

エリアG台湾東部海域（黒潮主流海域）に投入したゴミは対馬海峡へは到達しなかった。ほとんどのゴミが黒潮の強い流れに乗って太平洋へと漂流した。

エリアH日中中間線付近に投入したゴミの対馬海峡到達率は 45.8%であった。対馬暖流の通り道でもあるエリアHではかなりの数のゴミが対馬海峡へ流入する結果となった。対馬海峡に到達したゴミの漂流時間は 1～7 ヶ月であり、平均 2 ヶ月で到達していた。

表- 2.3.6 エリア別の対馬海峡到達割合

投入エリア	投入個数	到達数	到達割合 (%)	漂流時間 (日)		
				最小	最大	平均
A	192	0	0.0	-	-	-
B	192	5	2.6	124	251	180
C	192	0	0.0	-	-	-
D	192	0	0.0	-	-	-
E	192	31	16.1	39	252	72
F	192	25	13.0	49	112	78
G	192	0	0.0	-	-	-
H	192	88	45.8	21	203	57

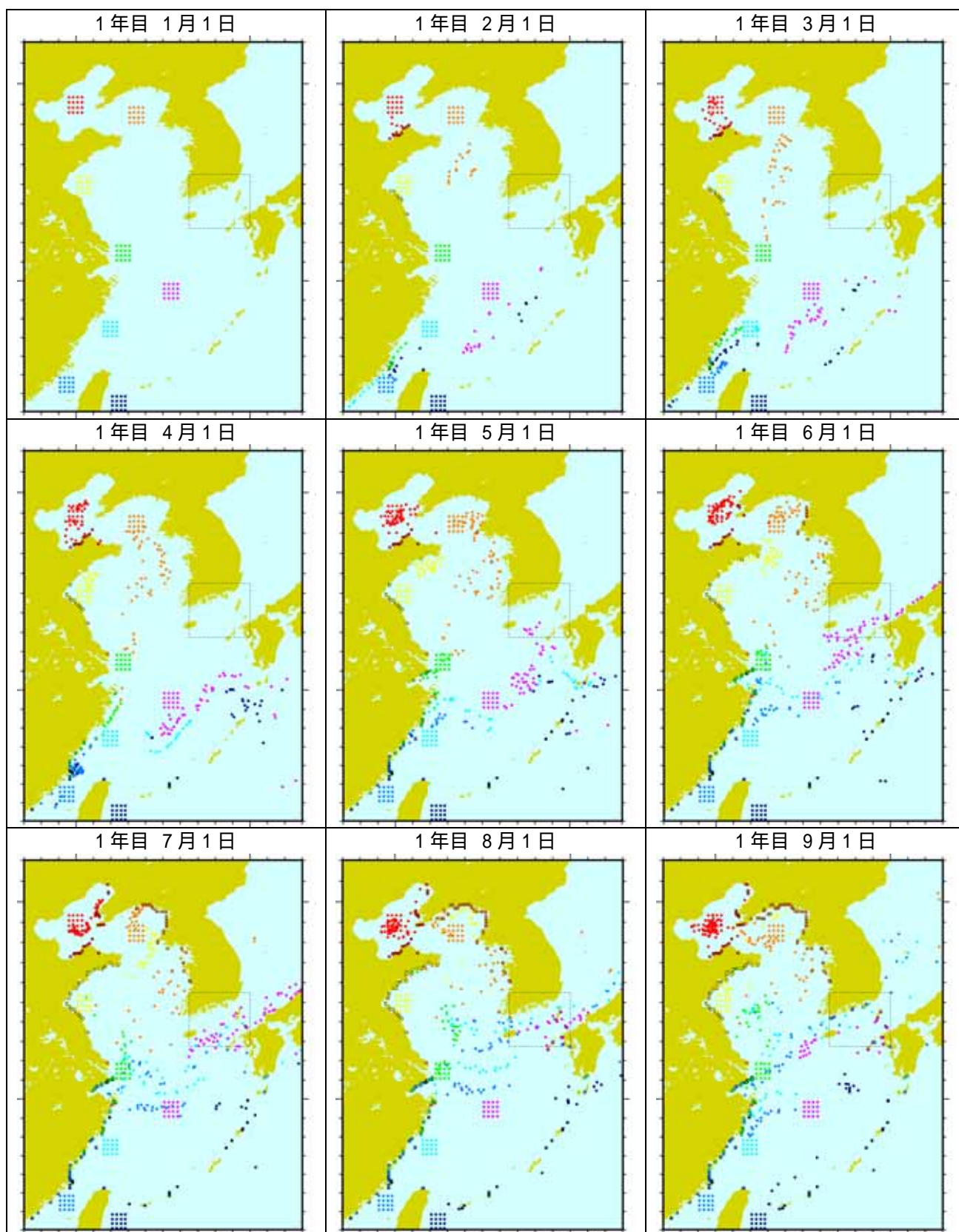


図- 2.3.18(1) 沈下率 1:1 のゴミの漂流・漂着分布

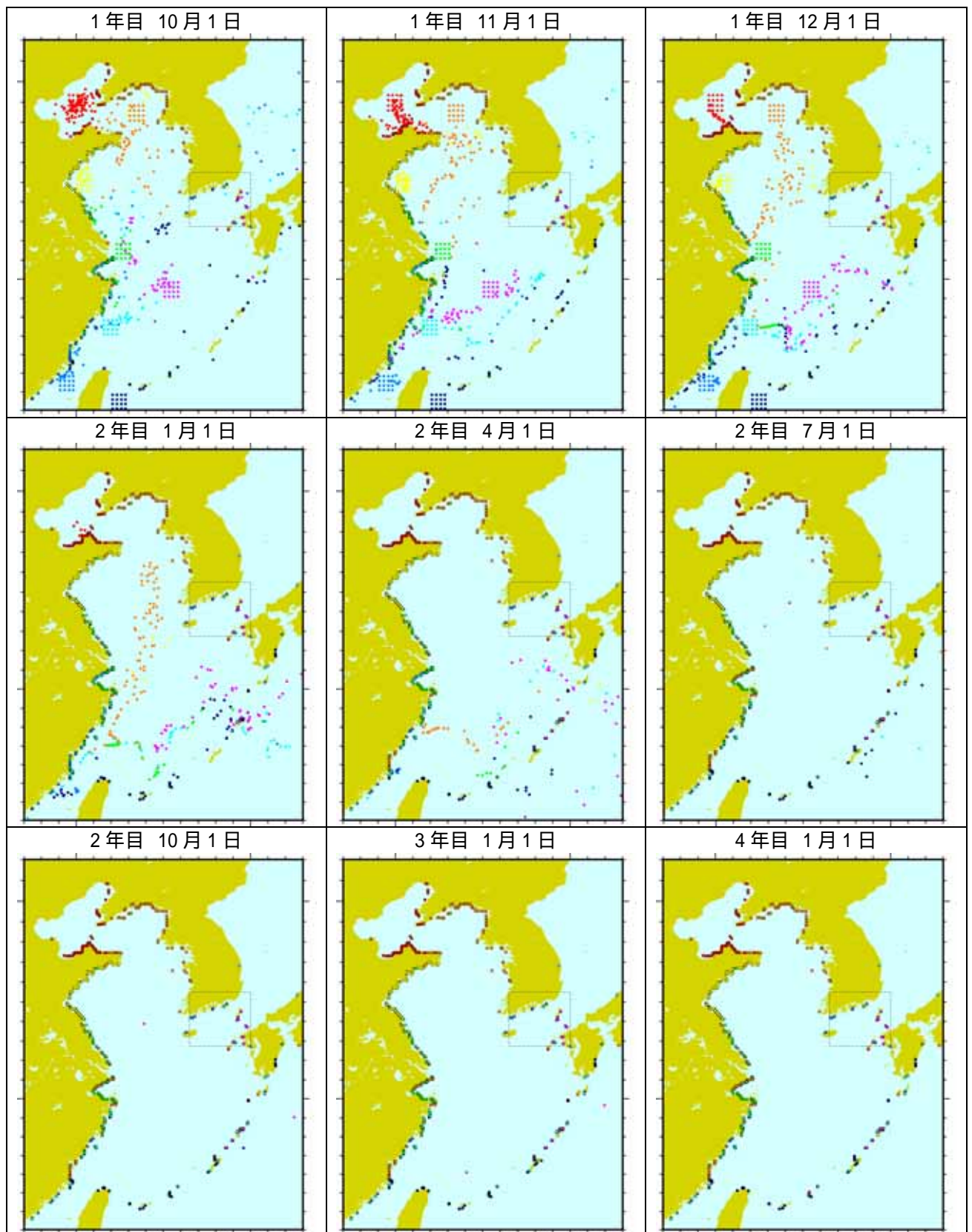


図- 2.3.18(2) 沈下率 1:1 のゴミの漂流・漂着分布

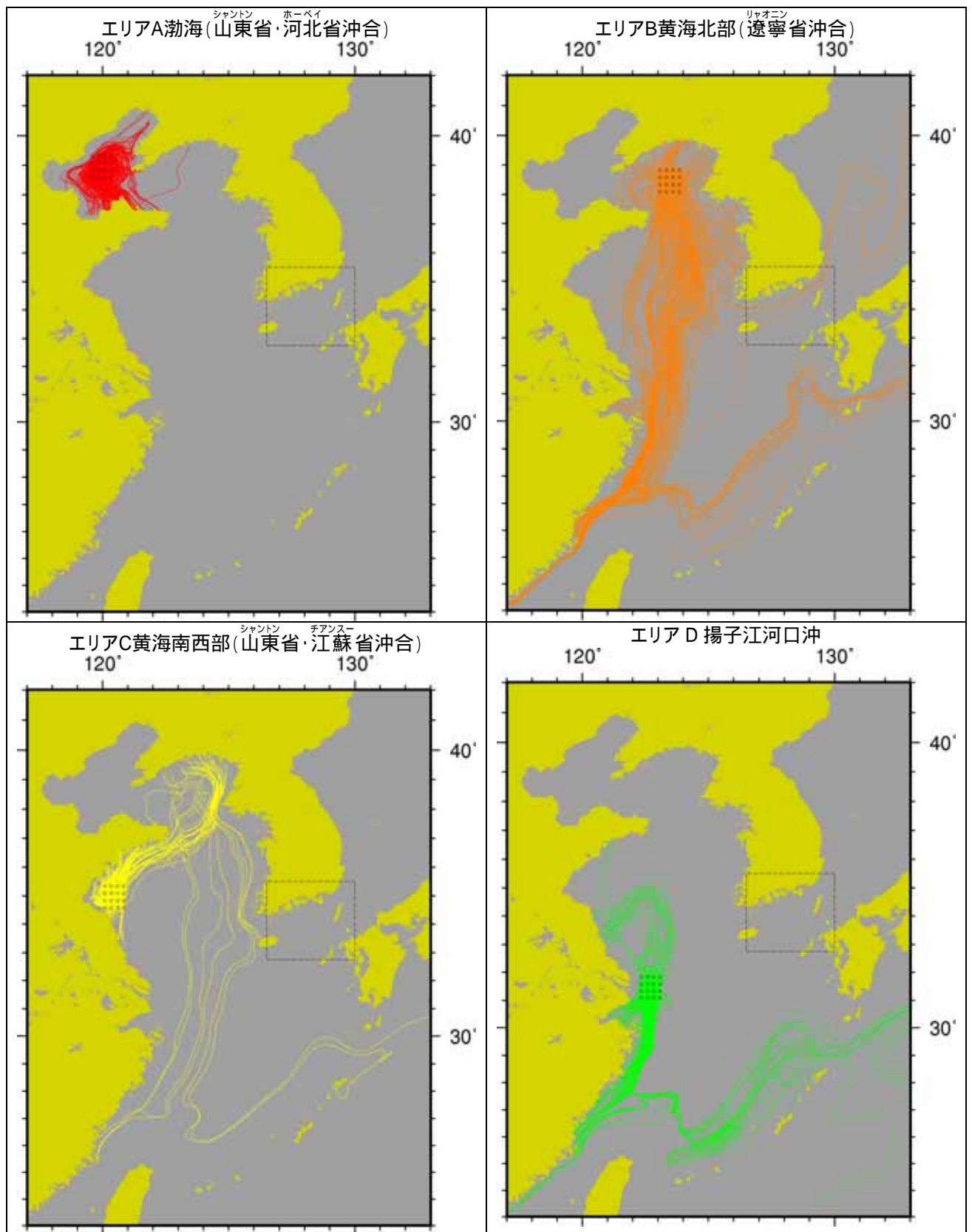


図- 2.3.19(1) 沈下率 1:1 のゴミの投入エリア別漂流経路

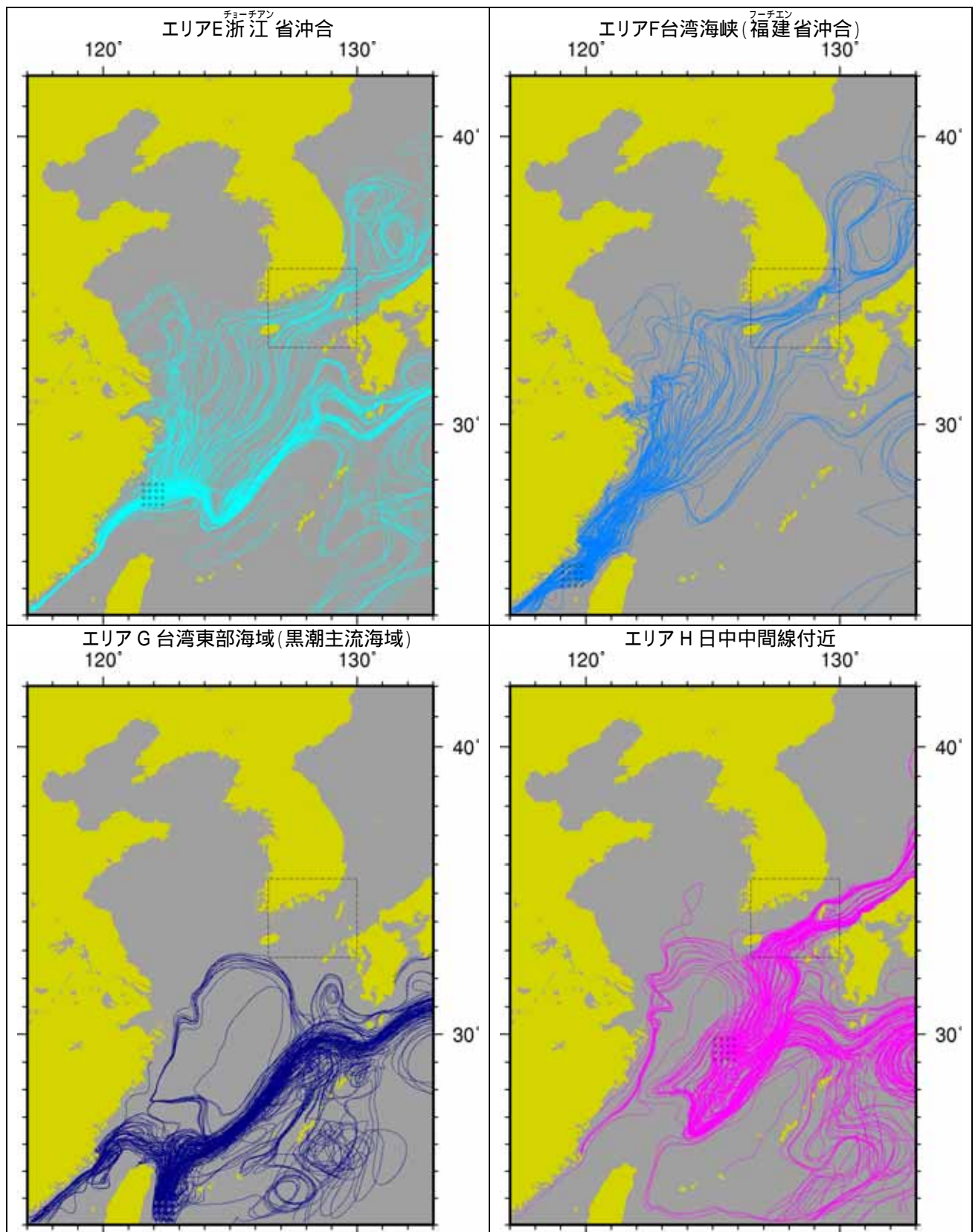


図- 2.3.19(2) 沈下率 1:1 ゴミの投入エリア別漂流経路

(3) 太平洋沿岸域発生ゴミの漂流検討

漂流・漂着ゴミの問題は、日本近海に限った問題ではなく、地球規模の問題とされている。日本起源のゴミも日本沿岸及び周辺諸国だけでなく、地球規模の海流や風に運ばれると考えられ、実際に北太平洋に点在する諸島において、日本起源とされるゴミが漂着している事実が明らかになってきた。また、数値シミュレーションによって特定の海域に漂流ゴミが集中するという北太平洋ゴミベルト地帯の存在も言われている。

ここでは、日本の太平洋沿岸域で発生したゴミが、どのくらい割合で太平洋(計算領域外)へ流出するかを東シナ海モデルを用いて検討した。

1) 計算条件

外力

漂流・漂着予測計算に用いた外力データ(流動、風)は前項と同様である。

計算期間

計算期間は、図- 2.3.20 に示すとおり3年間とする。

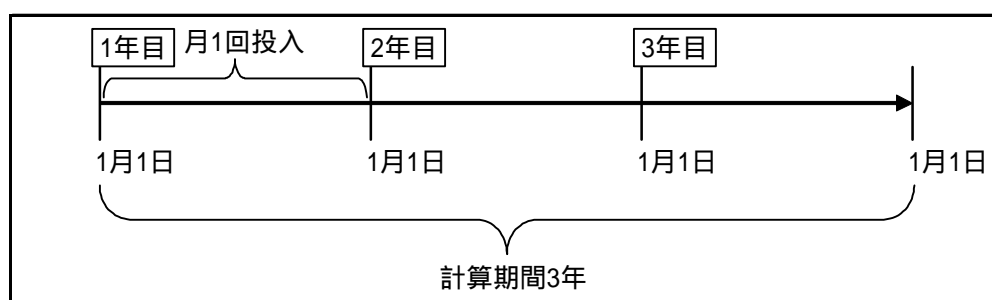


図- 2.3.20 計算期間

ゴミの投入条件

(i) 投入位置

太平洋沿岸の都道府県の代表として、鹿児島県、高知県、千葉県沿岸から発生したゴミを想定し、図- 2.3.21 に示す位置(各県 20 格子分)においてゴミを投入した。

(ii) 投入量

投入頻度は、計算1年目に月1回(各月1日)投入した。

(iii) 沈下率

沈下率は、様々な形態のゴミを想定して、空中:水中断面積比が 100:1、10:1、1:1、1:2、0:1 の5ケースとした。

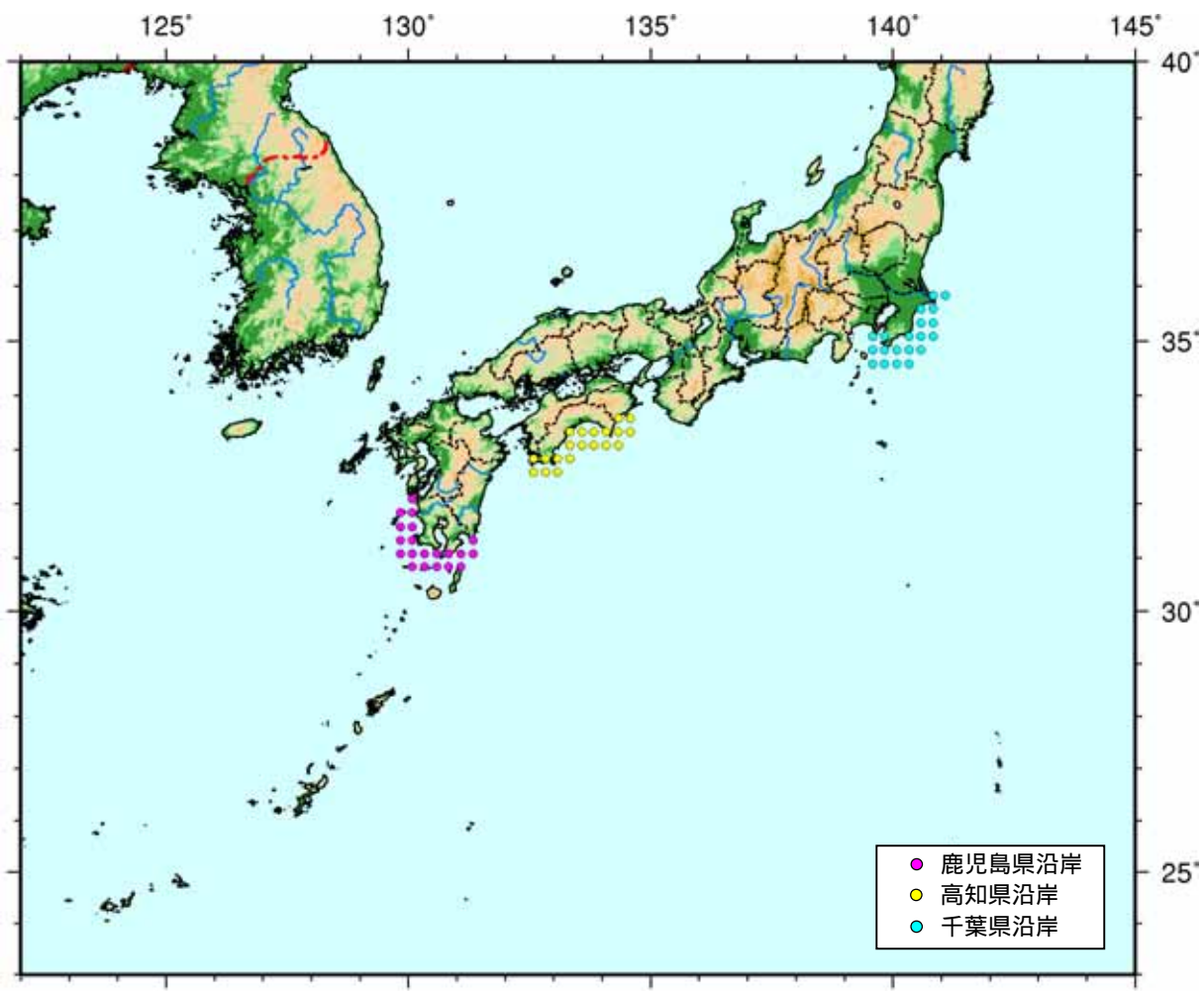


図- 2.3.21 ゴミの投入位置

2) 計算結果

計算結果として、沈下率別、投入県別の流出割合(計算領域外への流出)を図- 2.3.22 に、投入月別の流出割合を図- 2.3.23 に示す。また、各ケースの漂流経路を図- 2.3.24 に示す。

空中断面積比が大きいほど流出割合が低くなる傾向が見られるが、高知県は沈下率に関わらず50%程度の流出割合であった。千葉県は境界に近いために、他の県に比べて流出割合が高かった。

投入月別の流出割合を見ると、冬季に投入したものが流出する割合が大きく、夏季に投入したものは流出割合が小さい傾向が見られ、空中断面積比の大きいものほどその傾向は顕著であった。これは季節風の影響と考えられ、夏季に投入したものは、南風で沿岸に漂着しやすく、逆に冬季には南側へ流出しやすいためである。

次に、漂流経路に着目する。鹿児島県沿岸に投入したゴミは、南側と東側の両境界から流出している。空中断面積比が小さくなるにつれて、東側から流出するものが多くなっている。高知県沿岸に投入したゴミも同様の傾向であるが、鹿児島県に比べて東側から流出するものが多い。千葉県沿岸に投入したゴミは、沈下率 100:1 のものを除いて全て東側の境界から流出している。

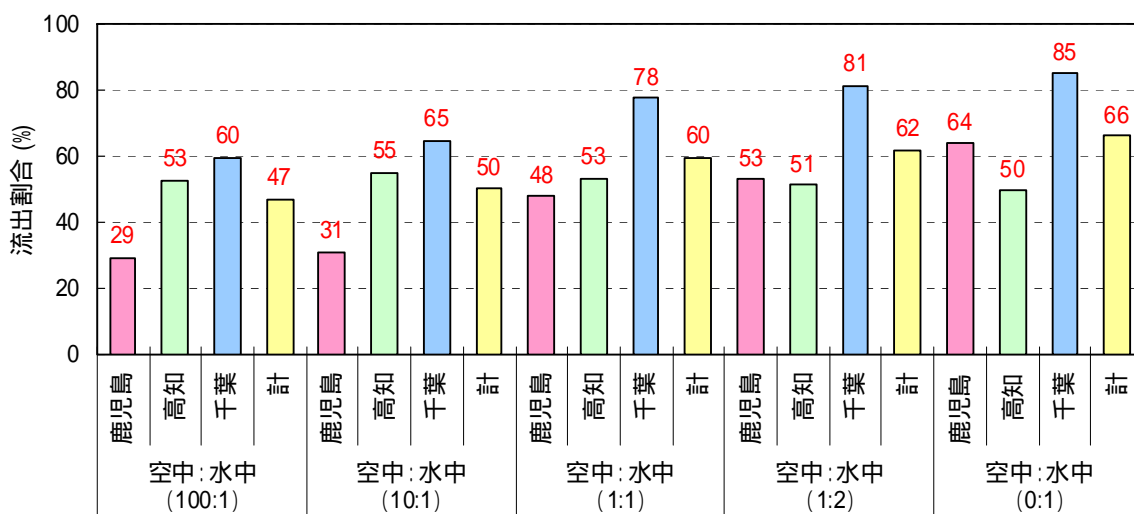


図- 2.3.22 流出割合

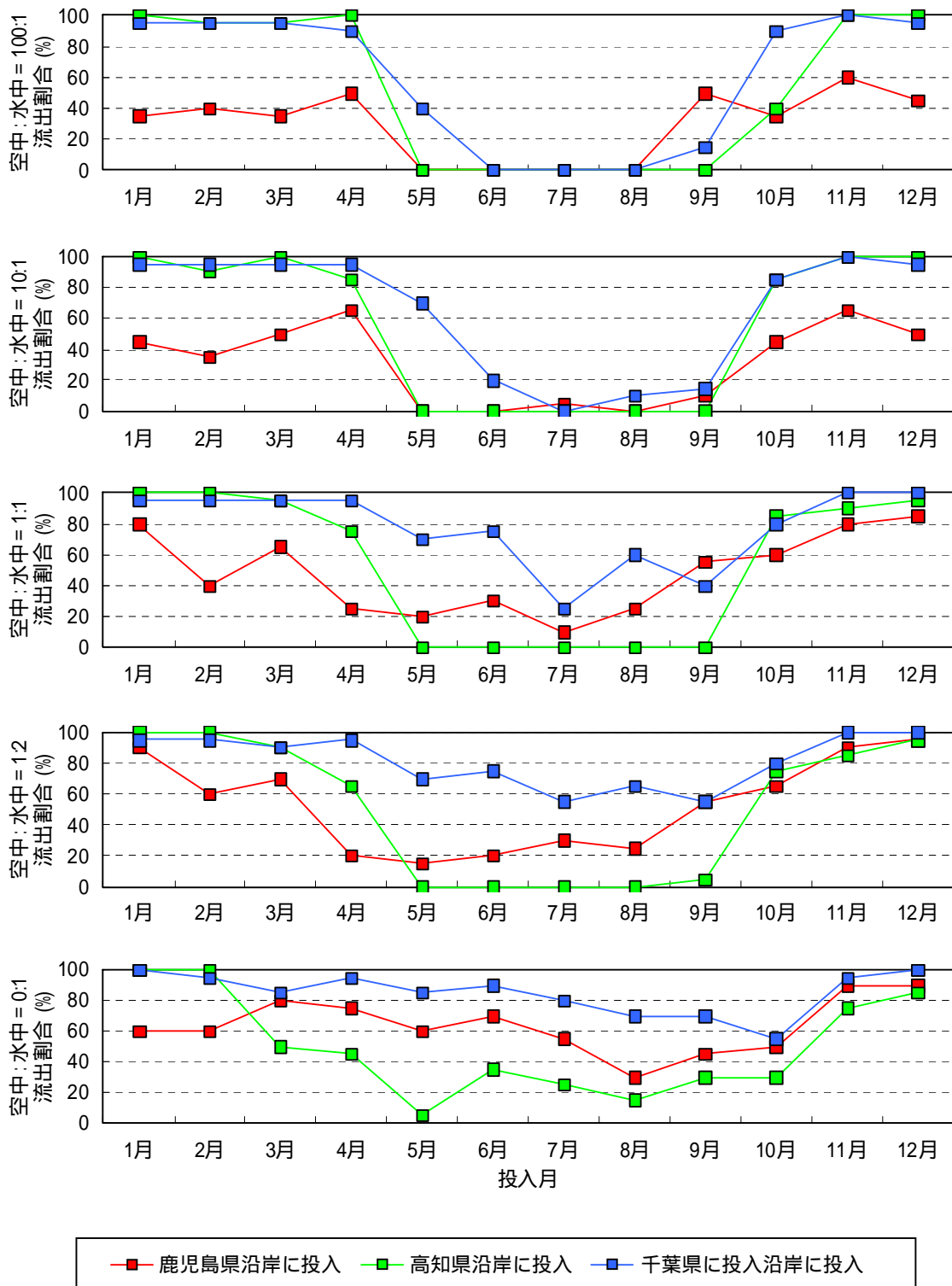


図- 2.3.23 投入月別流出割合

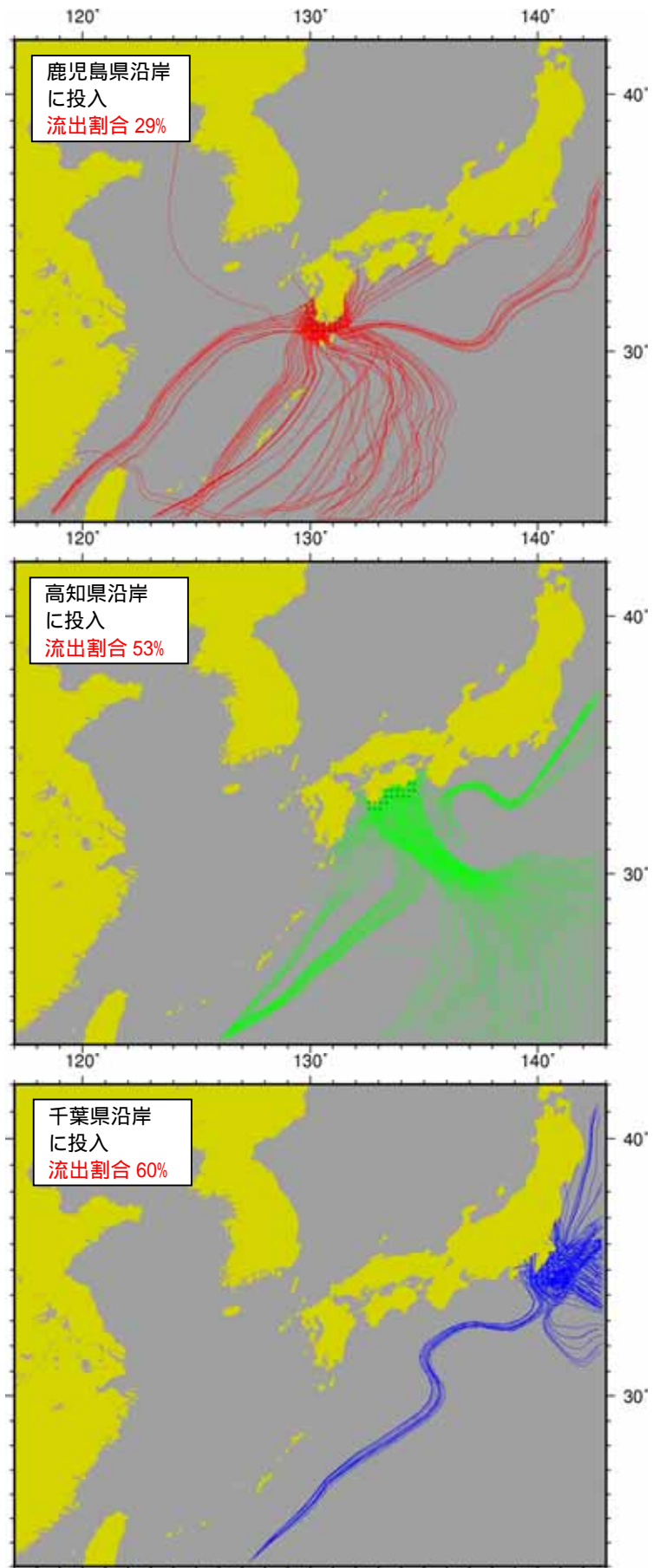


図- 2.3.24(1) 漂流経路(空中:水中 = 100:1)

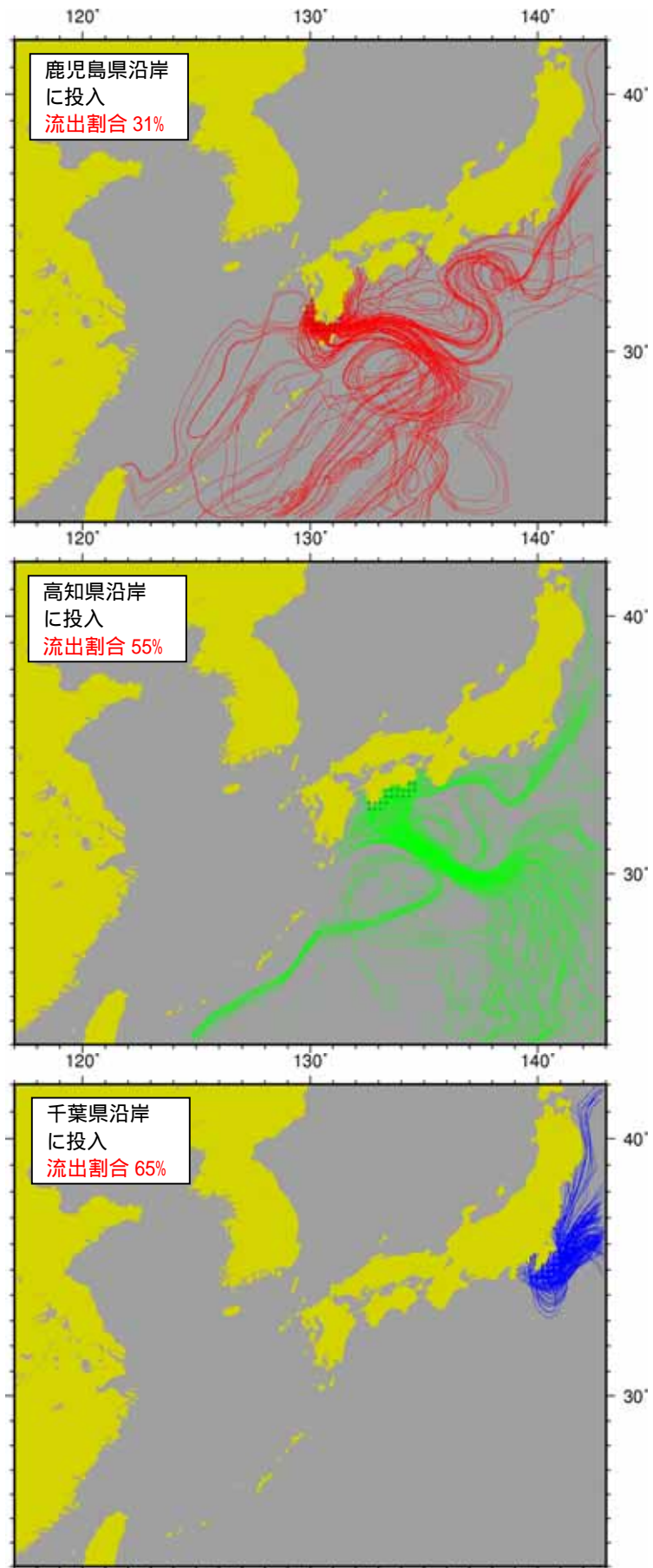


図- 2.3.24(2) 漂流経路(空中:水中 = 10:1)

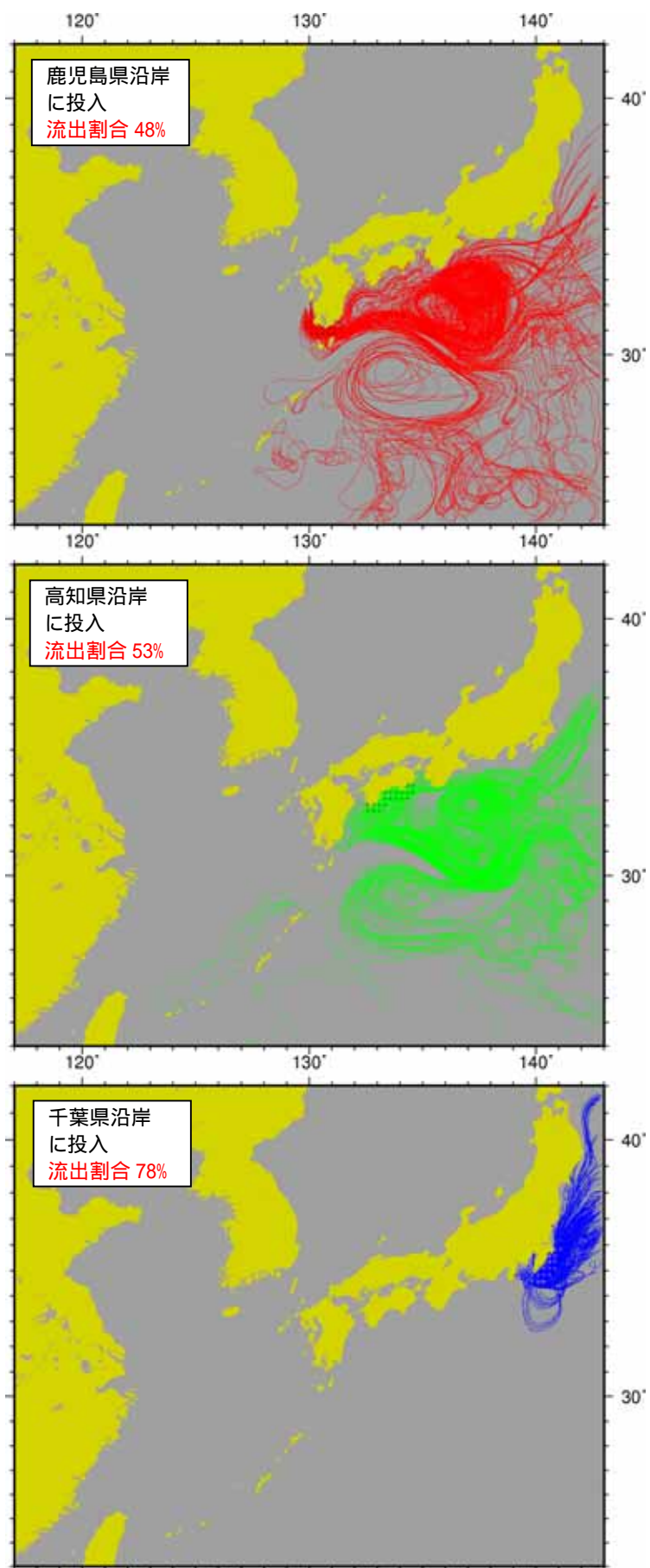


図- 2.3.24(3) 漂流経路(空中:水中 = 1:1)

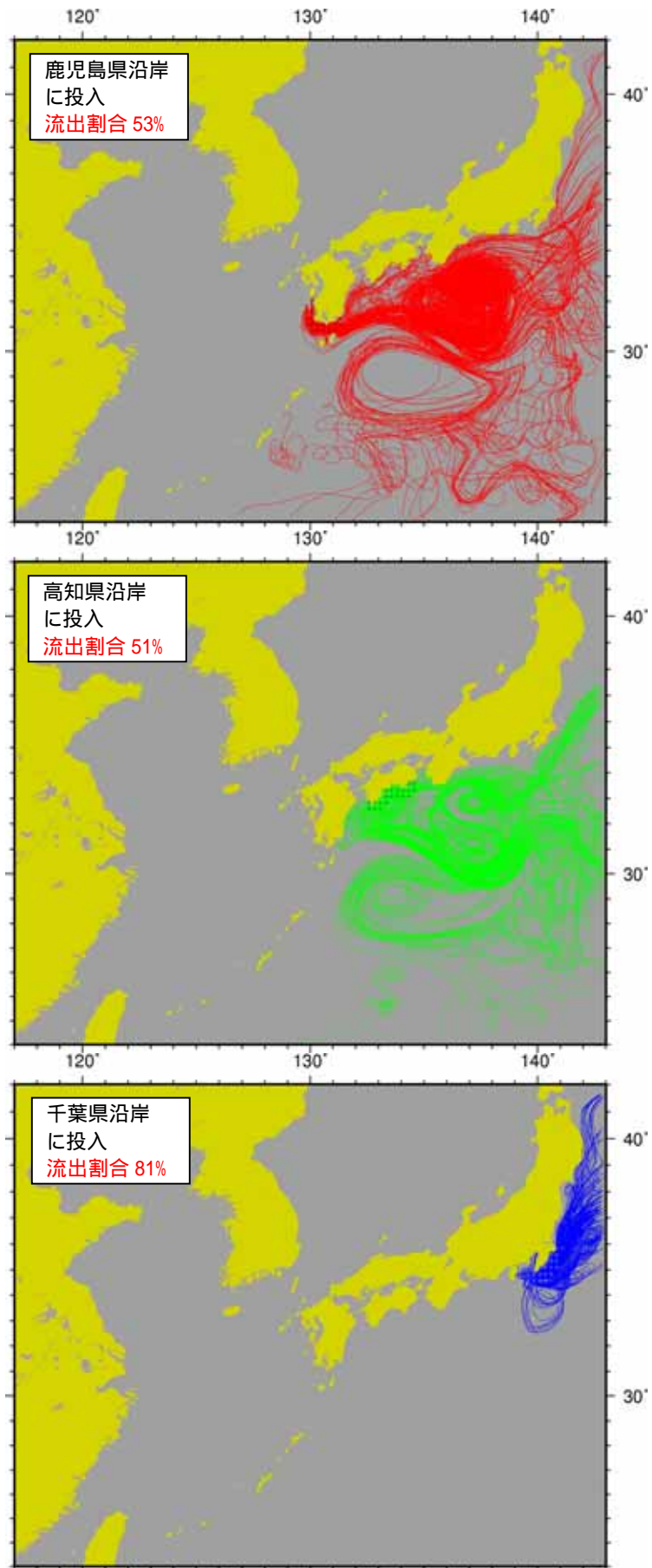


図- 2.3.24(4) 漂流経路(空中:水中 = 1:2)

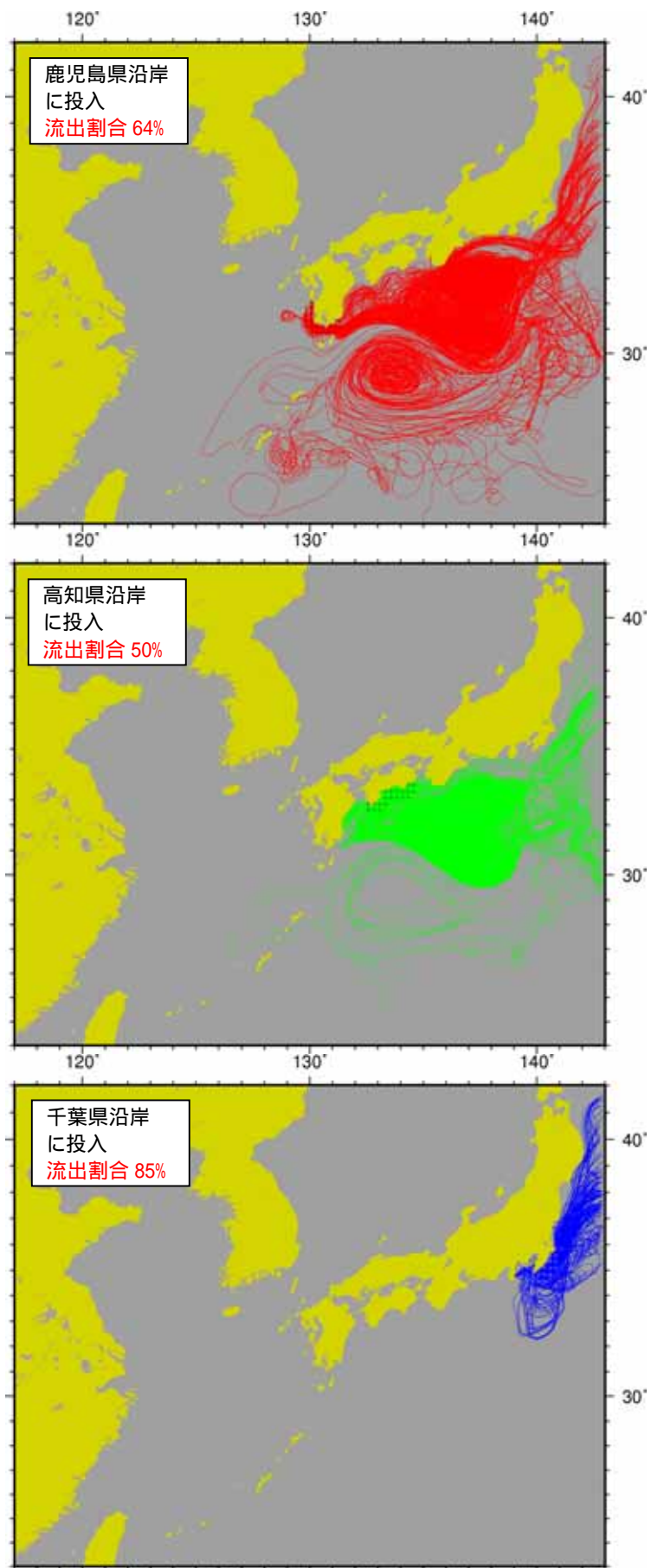


図- 2.3.24(5) 漂流経路(空中:水中 = 0:1)

(4) 韓国沿岸域発生ゴミの漂流検討

近年、韓国沿岸から発生したと推定されるハングル表記のゴミが、南西諸島に漂着していることが分かってきた。平成 20 年 2 月には奄美の喜界島でハングル表記のポリ容器が数百個回収されている。

東シナ海の流動の概況は、季節によって多少の変動はあるものの、台湾近海から対馬海峡へ向かって北上する対馬暖流があるために、基本的には南から北への流動場となっており、韓国から南西諸島への向きとは逆向きである。しかし、風速場には季節変動があり、夏季と冬季で全く風向が異なる(参考資料-1 参照)。

このような流動・気象条件下で、韓国沿岸から発生したゴミが、どの季節に、どのような経路で南西諸島に漂流してくるか、その漂流特性を把握するために東シナ海モデルを用いて検討した。

1) 計算条件

外力

漂流・漂着予測計算に用いた外力データ(流動、風)は前項と同様である。

計算期間

計算期間は、図- 2.3.25 に示すとおり 3 年間とする。

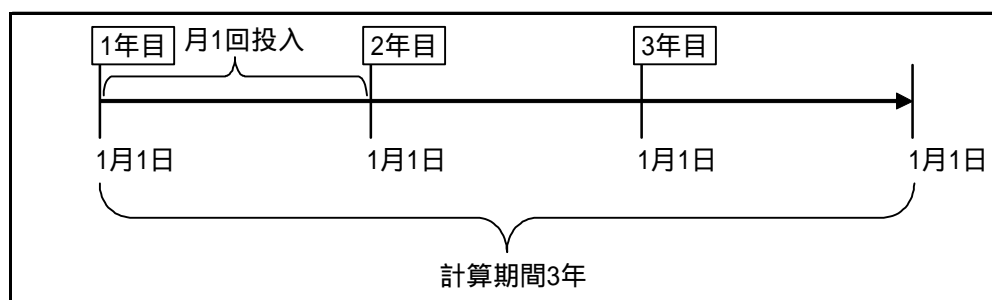


図- 2.3.25 計算期間

ゴミの投入条件

(i) 投入位置

投入位置は、図- 2.3.26 に示すとおりである。韓国沿岸を 3 つに区分して色分けした。

(ii) 投入量

投入頻度は、計算 1 年目に月 1 回(各月 1 日)投入した。

(iii) 沈下率

沈下率は、様々な形態のゴミを想定して、空中:水中断面積比が 100:1、10:1、1:1、1:2、0:1 の 5 ケースとした。

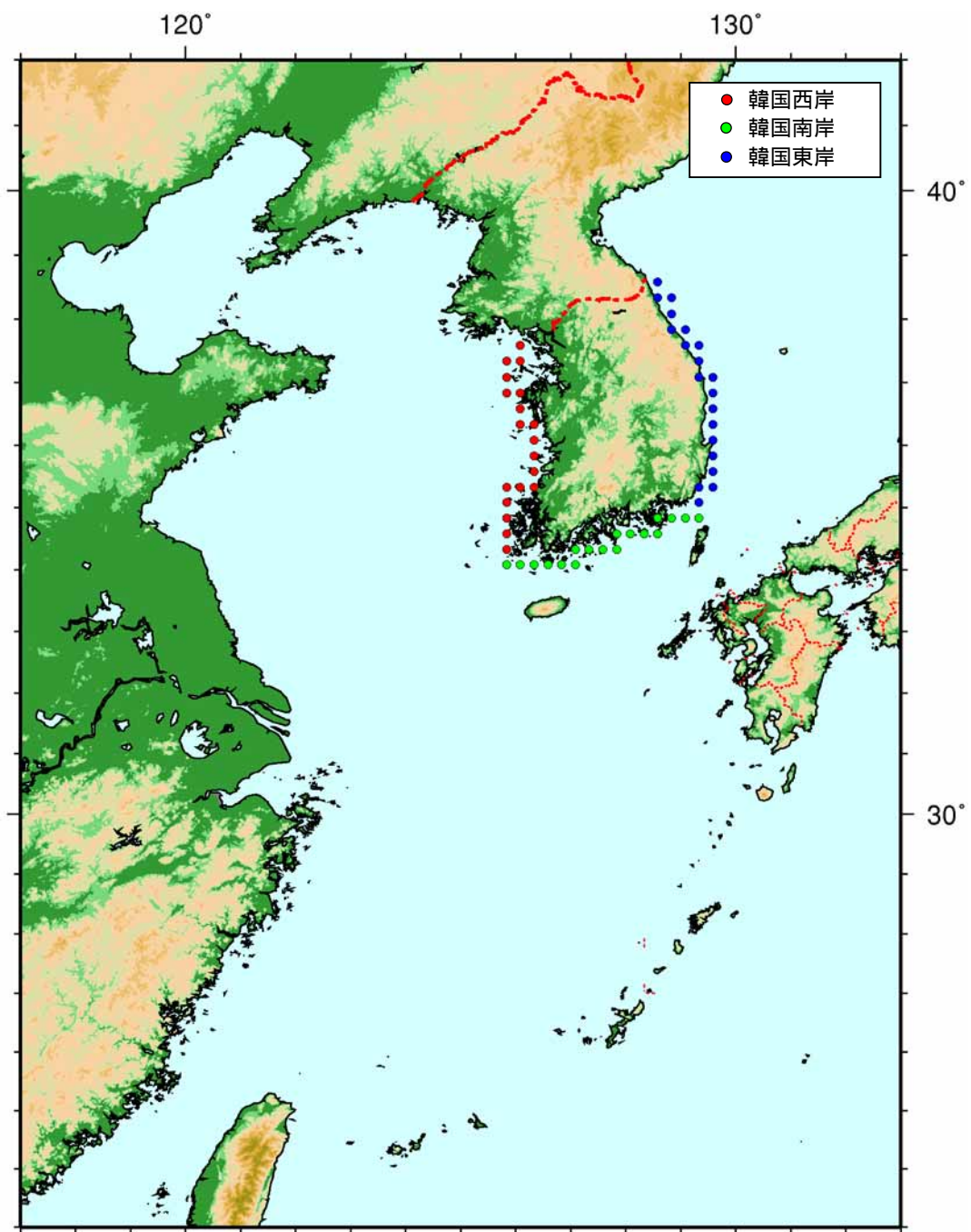


図- 2.3.26 ゴミの投入位置

2) 計算結果

計算結果として、各ケース、投入季節別に色分けした漂流経路を図- 2.3.27 に示す。

韓国西岸からの発生を想定したゴミの漂流経路

南西諸島(屋久島・種子島～与那国島まで)にたどり着く可能性のあるものは以下のとおりである。

沈下率 100:1	春季と冬季に投入したもの
沈下率 10:1	南西諸島に到達する可能性は低い
沈下率 1:1	夏季と秋季に投入したもの
沈下率 1:2	夏季と秋季に投入したもの
沈下率 0:1	冬季に投入したもの

韓国南岸からの発生を想定したゴミの漂流経路

南西諸島にたどり着く可能性のあるものは以下のとおりである。沈下率 100:1 と 10:1 の漂流経路を見ると、特に冬季に投入したものが、冬季季節風の影響で直接到達していることがわかる。

沈下率 100:1	春季、秋季、冬季に投入したもの
沈下率 10:1	春季、秋季、冬季に投入したもの
沈下率 1:1	春季、秋季、冬季に投入したもの
沈下率 1:2	冬季に投入したもの
沈下率 0:1	冬季に投入したもの

韓国東岸からの発生を想定したゴミの漂流経路

ほとんどのゴミが日本海を漂流しており、南西諸島にたどり着く可能性はあるものはなかった。

これらの結果から、韓国沿岸域で発生したゴミが南西諸島にたどり着く可能性は十分あり、特に冬季に発生したものが多くたどり着く可能性が高いことが分かる。ただし、この計算は漂流の概略傾向を把握するために、外力として気候値を用いているため、漂流経路や漂流時間などは実際とは異なる場合がある。

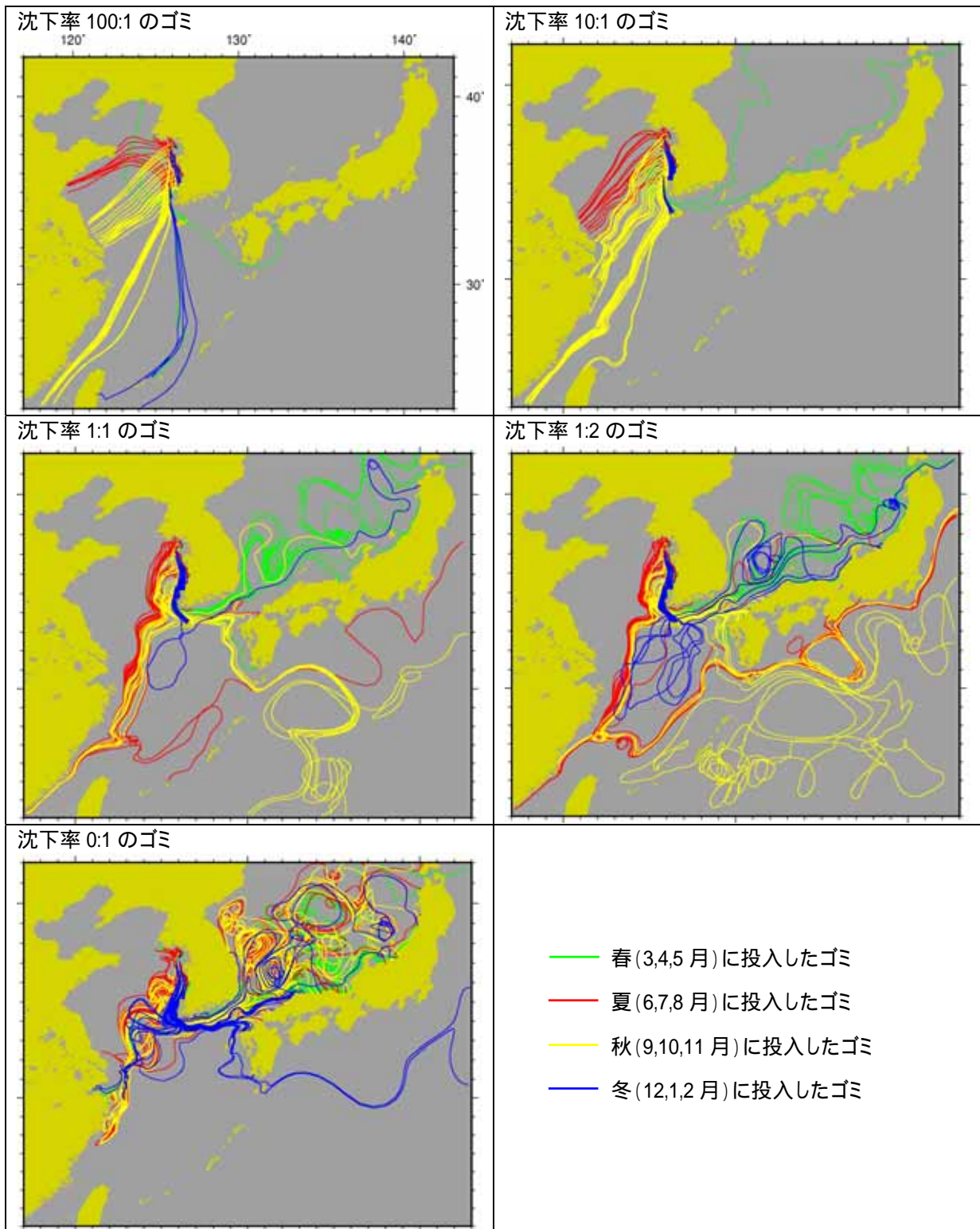


図- 2.3.27(1) 韓国西岸からの発生を想定したゴミの漂流経路

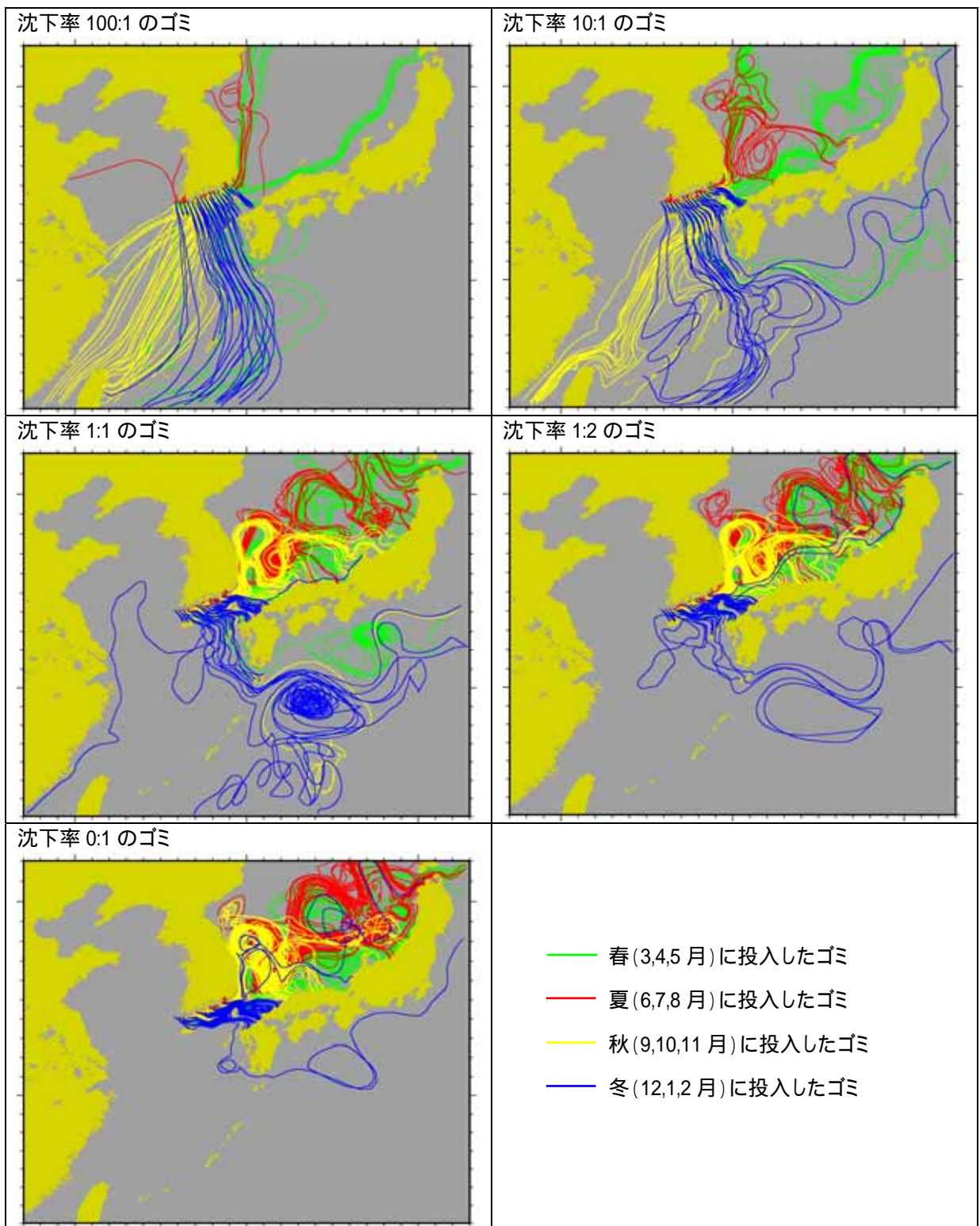


図- 2.3.27(2) 韓国南岸からの発生を想定したゴミの漂流経路

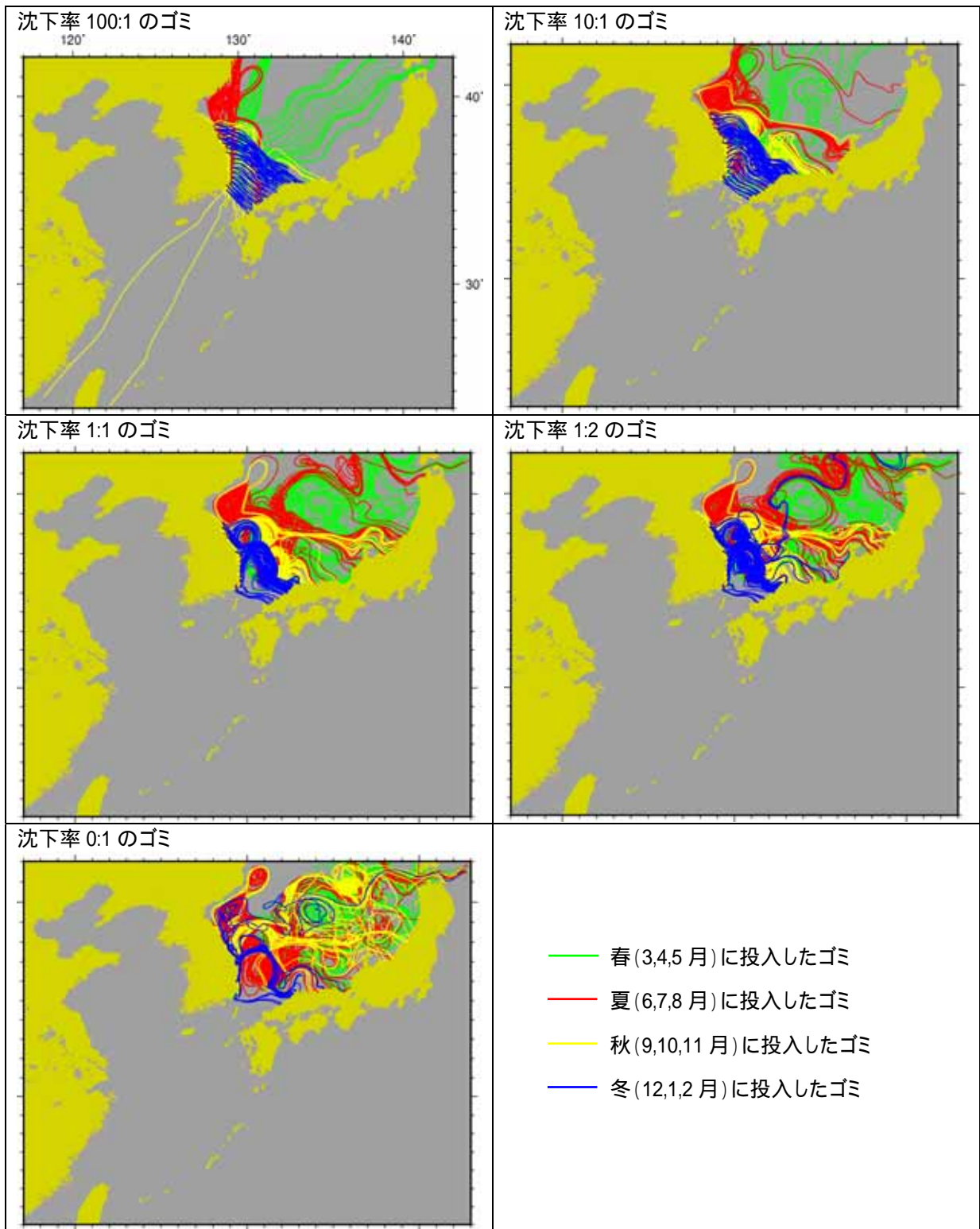


図- 2.3.27(3) 韓国東岸からの発生を想定したゴミの漂流経路

2.4 日本海・東シナ海結合モデルの構築

これまで、日本海と東シナ海は別の移動拡散モデルで検討してきたが、東シナ海から対馬海峡を通過して日本海を漂流し、日本沿岸に漂着するゴミを対象とした計算を行なうために、東シナ海と日本海を同時に計算できる結合モデルを構築した。

2.4.1 モデル構築の考え方

日本海流動モデルと東シナ海流動モデルの計算範囲は図- 2.4.1 に示すとおりである。

現在の漂流予測モデルでは、流動データとして一つのモデルの計算結果を内挿して各々のゴミの位置における流速を求めている。本年度のモデルの改良点は、流動データとして二つのモデルの計算結果を入力して、各々のゴミの位置によって使用するモデルを変更できるようにした点である。具体的には、日本海流動モデルの範囲にゴミがあるときはその計算結果を使用し、その他の範囲の場合は東シナ海流動モデルの計算結果を使用できるようにした。

なお、風データについては、ゴミの位置に関わらず、従来どおり気象庁 GPV データ(GSM)を用いた。

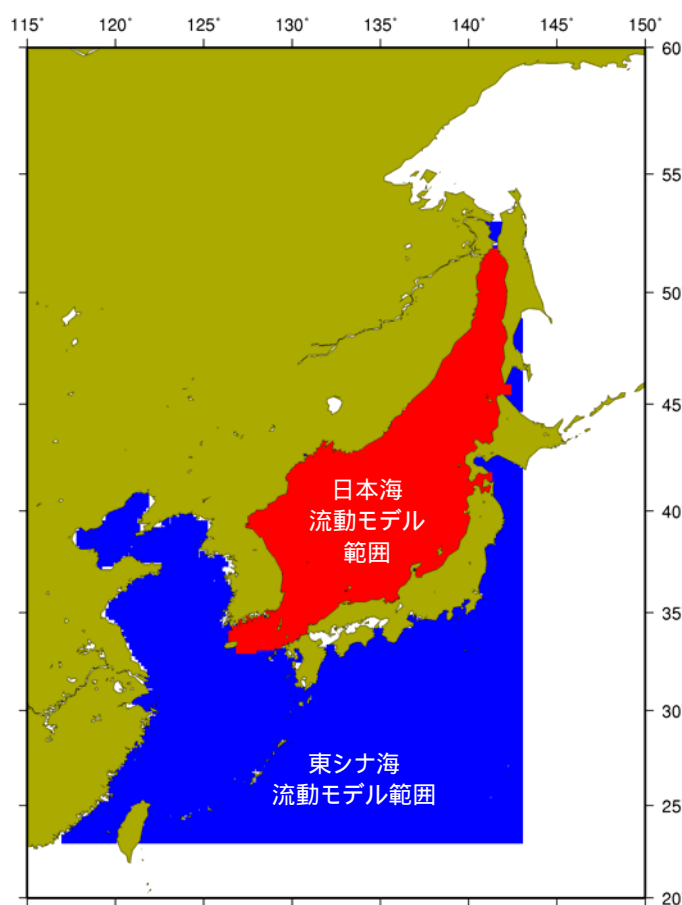


図- 2.4.1 各モデルの計算範囲

2.4.2 漂流物の移動・集積特性の検討

(1) 計算条件

1) 外力

漂流計算に使用した流動場は、日本海流動モデル(1/12°)及び東シナ海流動モデル(1/6°)の計算結果である。また、風速場は、気象庁のGPVデータ(GSM)を用いた。

なお、流動場、風速場ともに気候値を用いた。

2) 計算期間

計算期間は図-2.4.2に示すとおり3年とする。

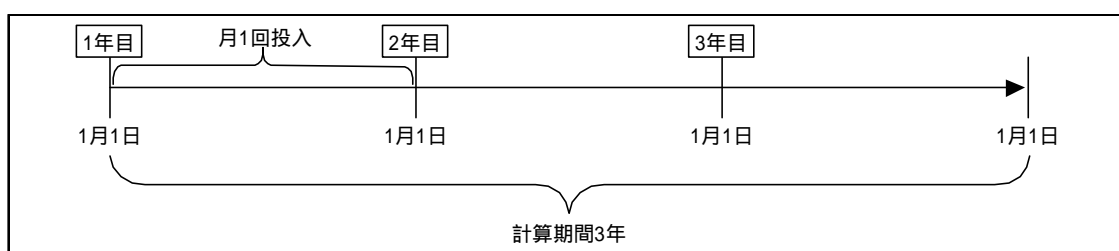


図- 2.4.2 計算期間

3) ゴミの投入条件と計算ケース

ゴミの投入日は毎月1回1日とし、計算開始から1年間(全12回)投入した。投入方法は対象海域全域一様とし1/4°に1個とする(6,433×12月=全77,556個投入)。ゴミの投入分布図を図-2.4.3に示す。

沈下率は表-2.4.1に示すとおり5ケースとした。

表- 2.4.1 海面浮遊物体の沈下率

計算ケース	沈下率	対象とするアイテム	備考
ケース1	空中:水中比 = 0:1	ライター(タイプ1)	全く風の影響を受けない
ケース2	空中:水中比 = 1:2	ライター(タイプ2)	
ケース3	空中:水中比 = 1:1	ライター(タイプ3)	
ケース4	空中:水中比 = 10:1	ポリ容器	蓋付き、中身空
ケース5	空中:水中比 = 100:1	ペットボトル	蓋付き、中身空

10:1は風圧係数0.03、風速10m/sの時、粒子に約1m/sの移動速度を与えるに等しい。
100:1は風圧係数0.03、風速10m/sの時、粒子に3m/sの移動速度を与えるに等しい。

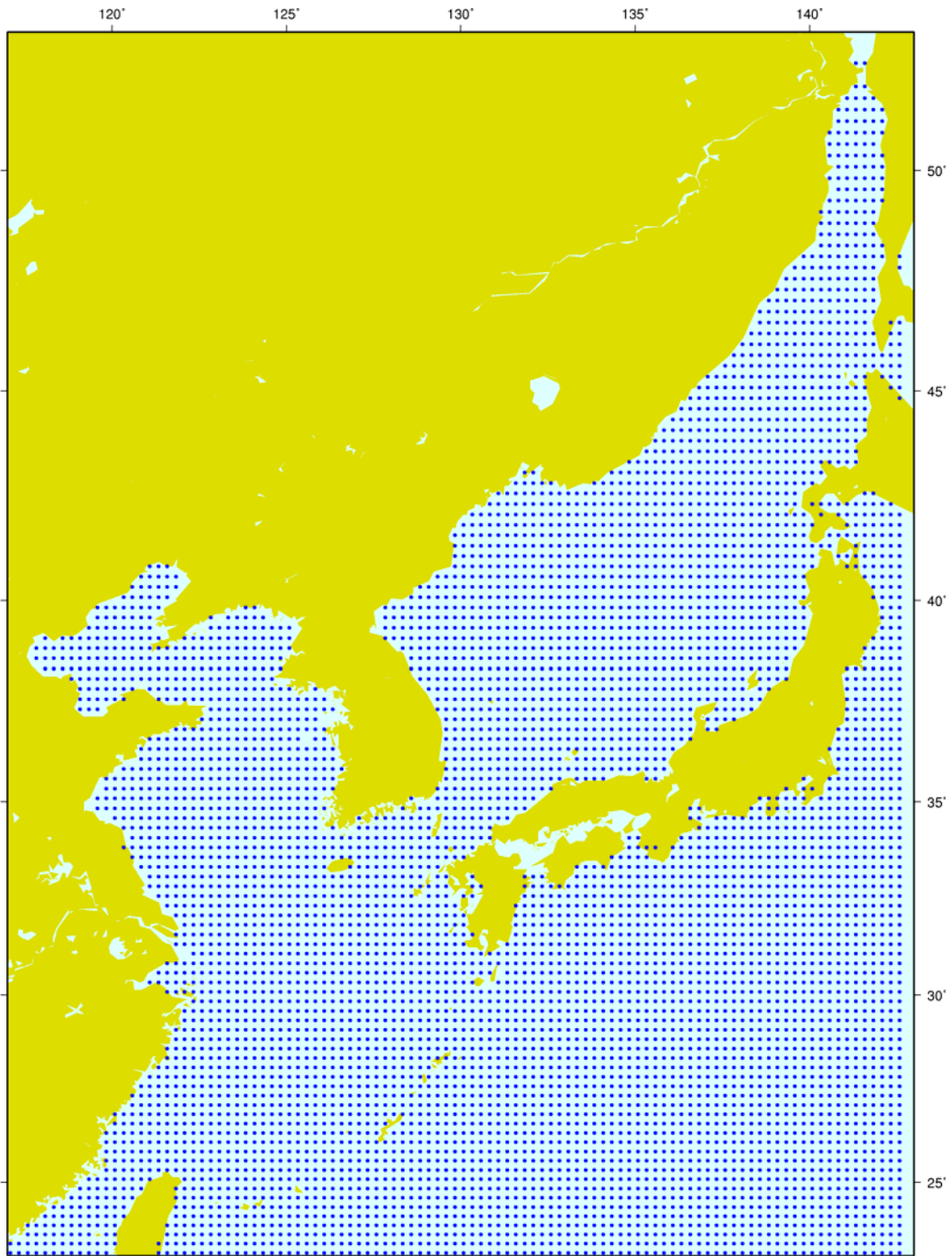


図- 2.4.3 ゴミの投入分布

1/4°に1個の割合で投入。図は1ヶ月分で6,407個投入した状況を表す

(2) 計算結果

1) 既存モデルとの比較

日本海・東シナ海結合モデルの動作確認のため、既存モデル(表- 2.4.2)の計算結果と比較した。比較項目は、計算開始から1年後、2年後、3年後の漂流分布である。

表- 2.4.2 既存モデルとの計算条件の比較

計算条件		日本海モデル	東シナ海モデル	結合モデル
計算領域		日本海	日本海・東シナ海	日本海・東シナ海
流動モデル の解像度	日本海	1/12°	1/6°	1/12°
	東シナ海	-	1/6°	1/6°
ゴミの投入分布		1/6°に1個の割合で 海域一様に投入 (投入個数: 3,973×12ヶ月=47,676)	1/4°に1個の割合で 海域一様に投入 (投入個数: 6,463×12ヶ月=77,556)	1/4°に1個の割合で 海域一様に投入 (投入個数: 6,407×12ヶ月=76,884)
その他		気象条件、ゴミの投入頻度、計算期間などその他の条件は共通		

漂流分布の比較を沈下率別に図- 2.4.4～図- 2.4.8に示す。

空中:水中比=0:1の漂流分布を見ると、結合モデルの日本海海域は日本海モデルの漂流パターンに良く似ており、東シナ海、太平洋の海域は東シナ海モデルの漂流パターンとほぼ一致している。他の沈下率の計算結果を見てもその傾向は同様である。

空中:水中比=10:1のケースでは計算開始2年後、沈下率100:1のケースでは計算開始1年後で全てのゴミが海岸に漂着あるいは計算領域外へ流出している。一方、空中:水中比=0:1、1:2、1:1のケースでは、計算開始から3年間経過後にも日本海を漂流するものが認められた。

計算結果は、日本海モデルと東シナ海モデルの結果の特徴を踏襲しており、妥当な計算結果と言える。今後は、この結合モデルを使用して日本海と東シナ海の両海を同時に検討することが可能となった。

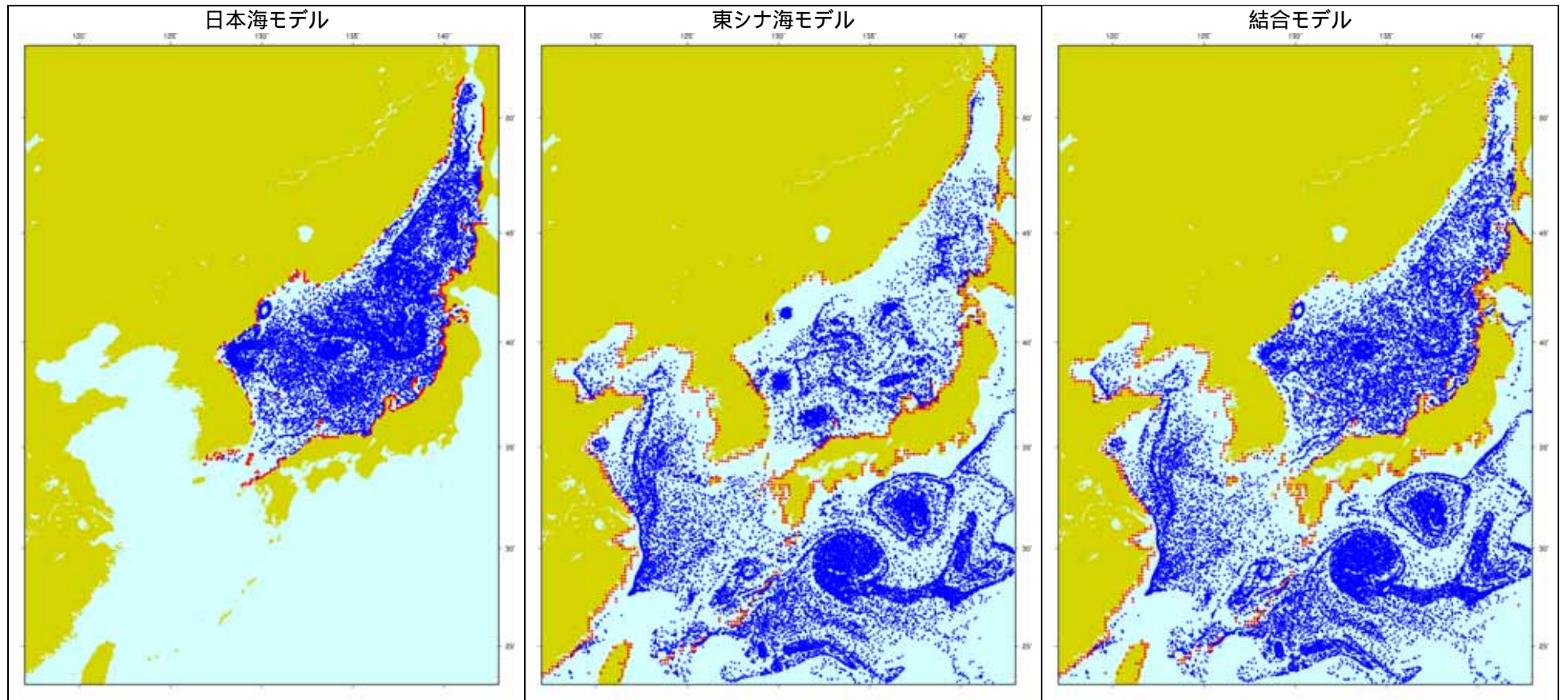


図- 2.4.4(1) 計算開始 1 年後の漂流分布の比較 (空中:水中=0:1)

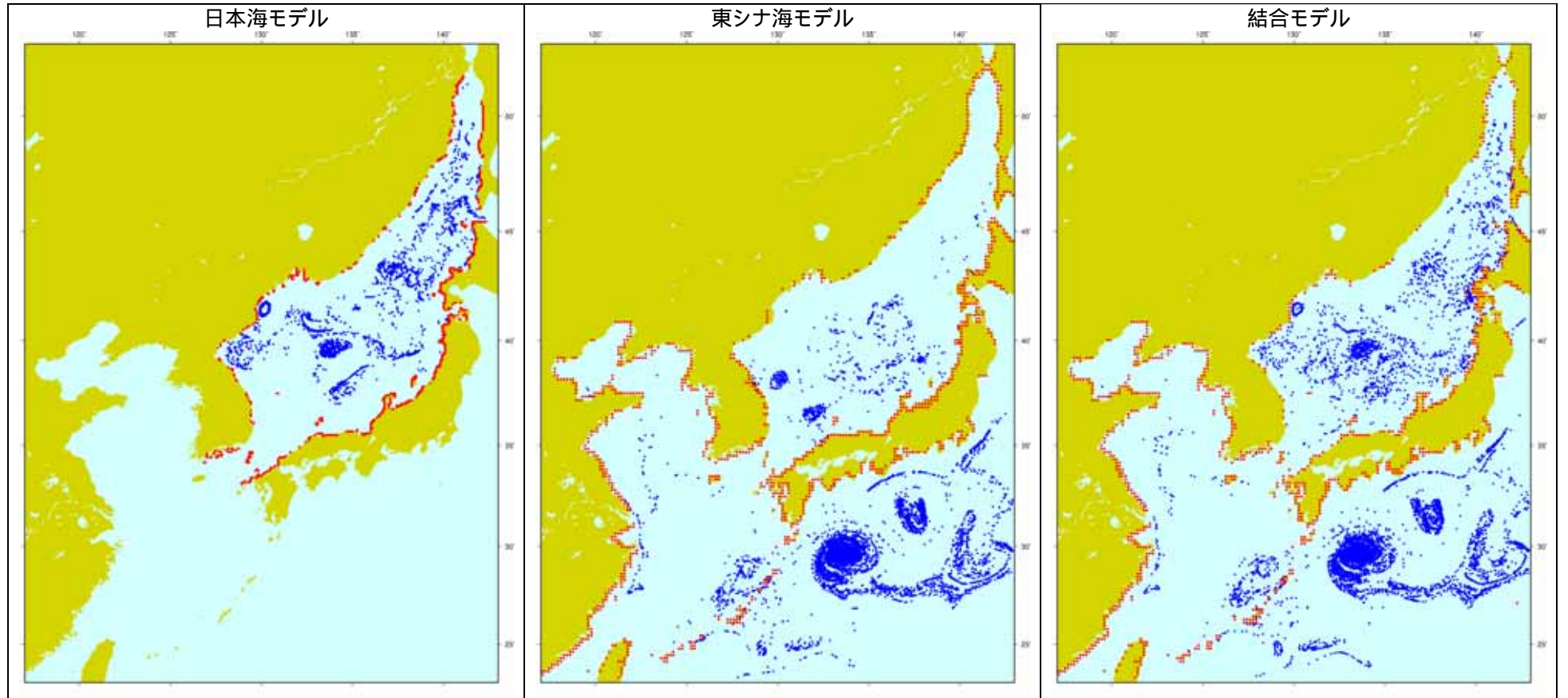


図- 2.4.4(2) 計算開始 2 年後の漂流分布の比較 (空中:水中=0:1)

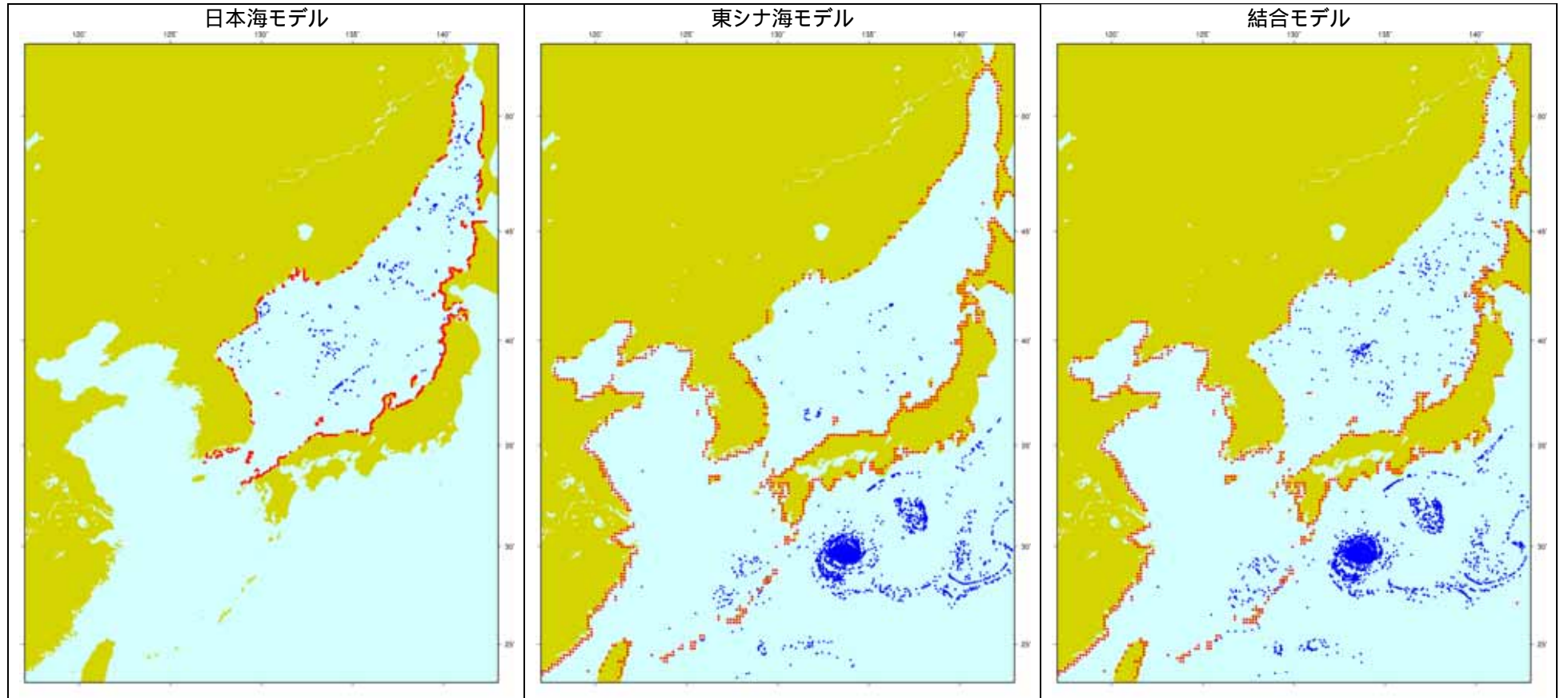


図- 2.4.4(3) 計算開始 3 年後の漂流分布の比較 (空中:水中=0:1)

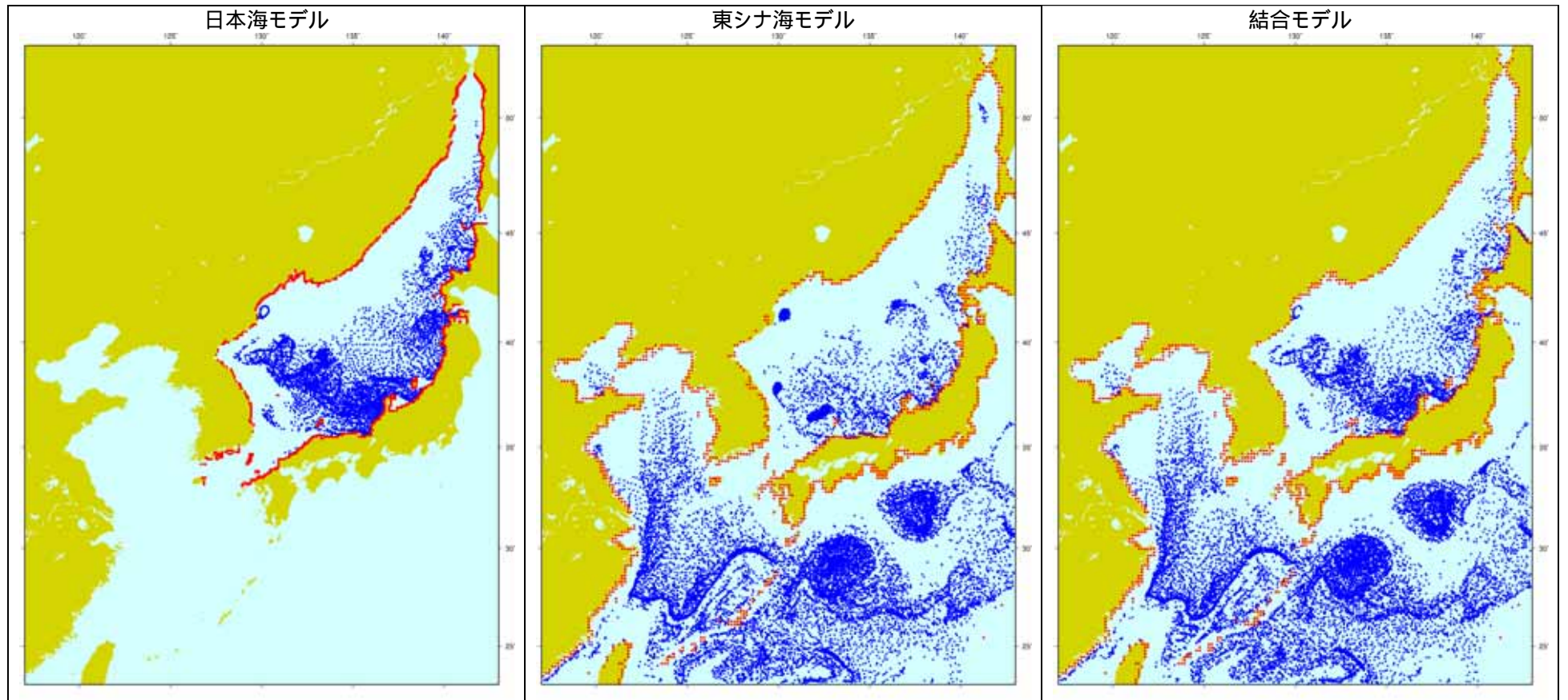


図- 2.4.5(1) 計算開始 1 年後の漂流分布の比較 (空中:水中=1:2)

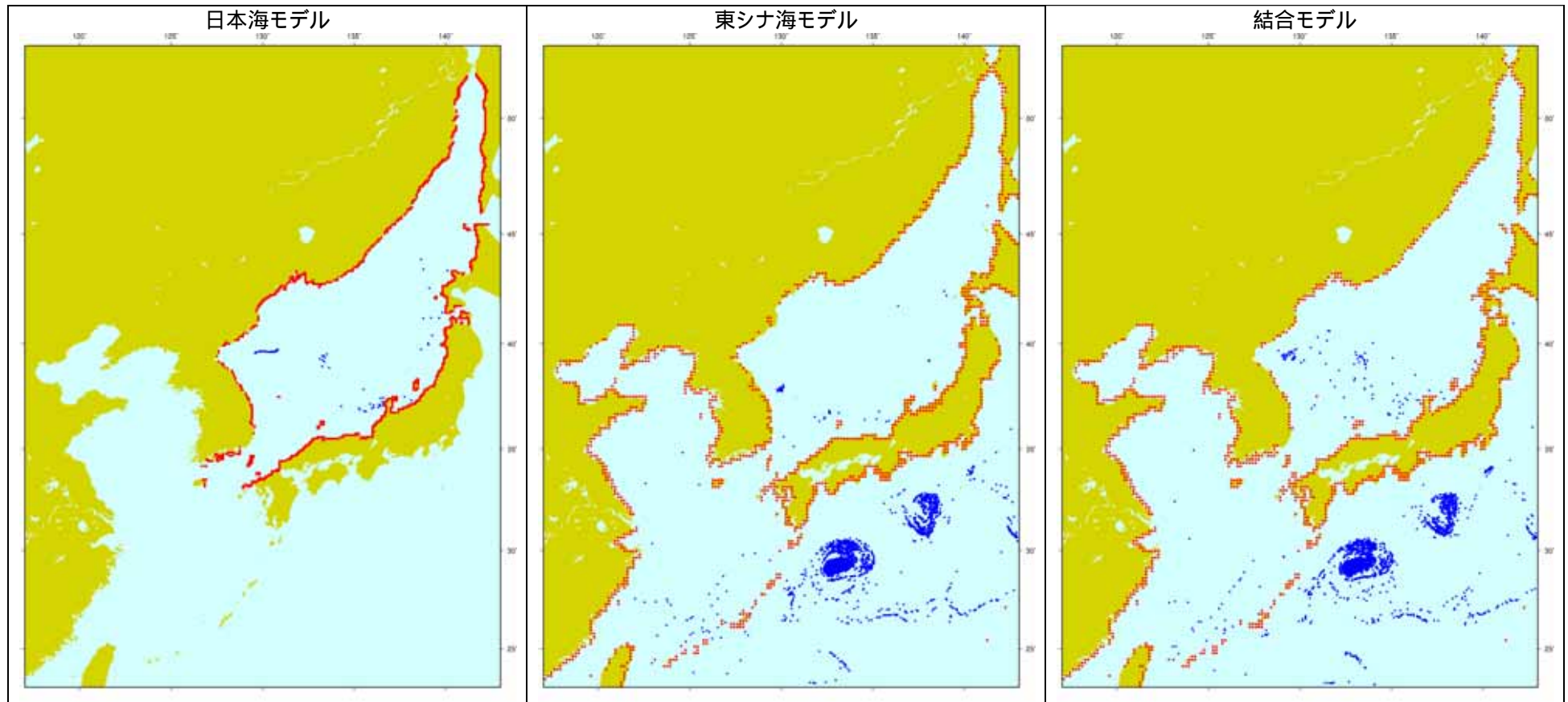


図- 2.4.5(2) 計算開始 2 年後の漂流分布の比較 (空中:水中=1:2)

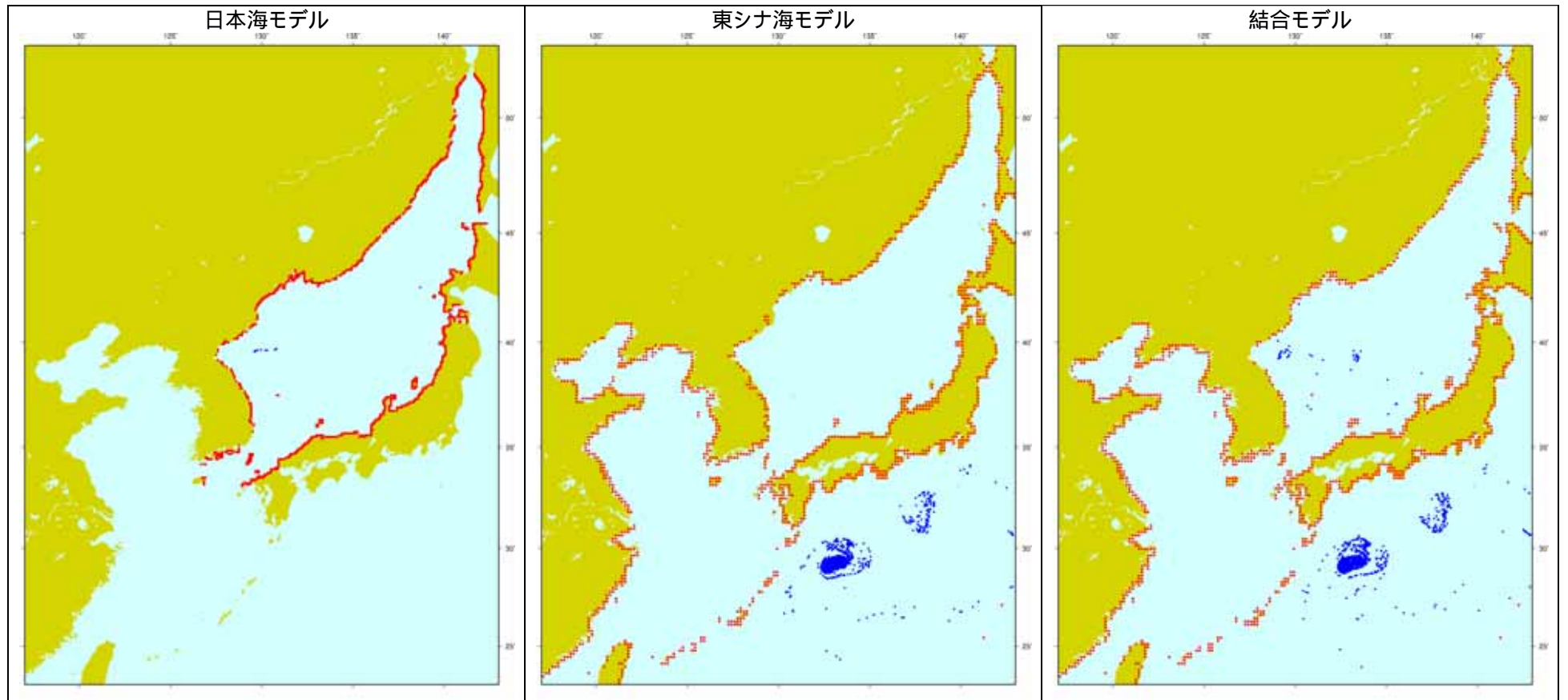


図- 2.4.5(3) 計算開始 3 年後の漂流分布の比較 (空中:水中=1:2)

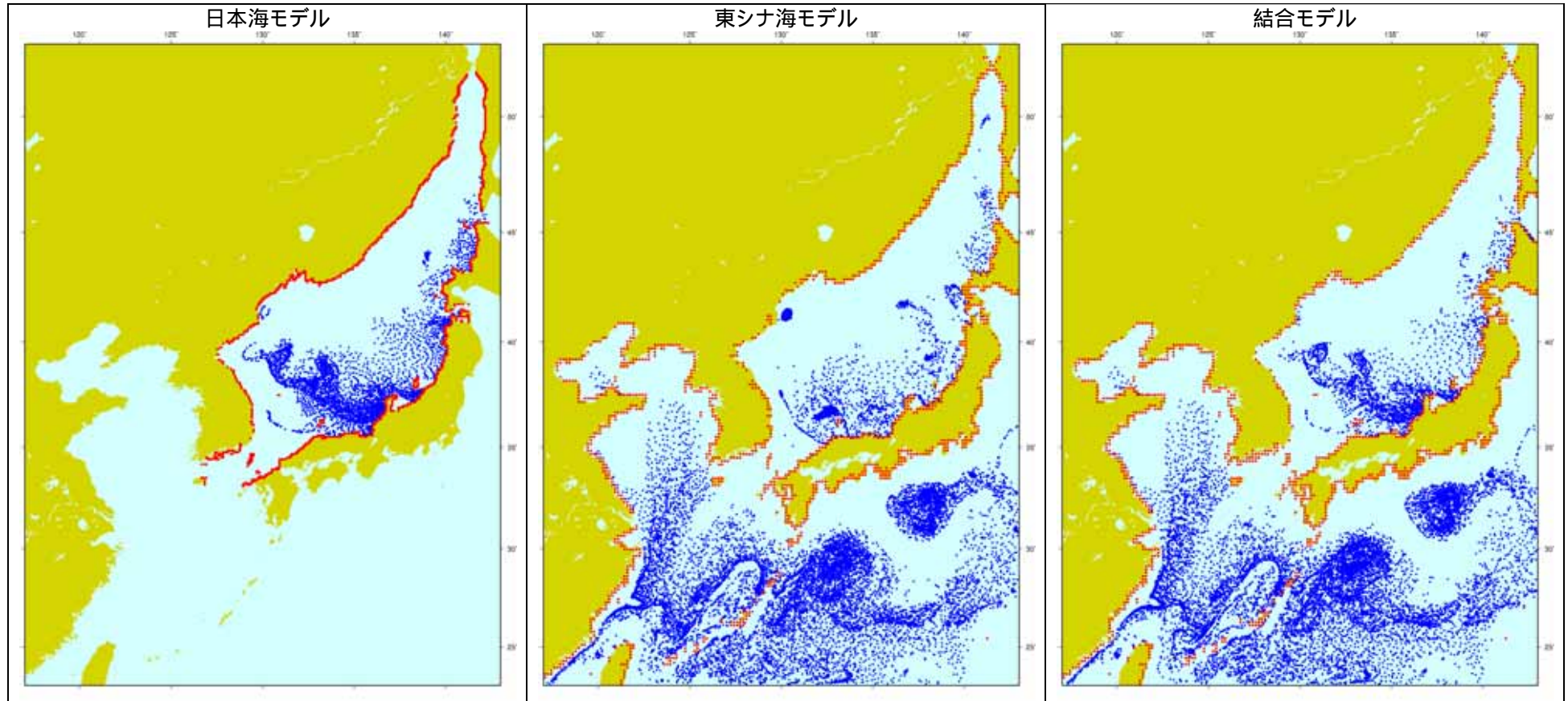


図- 2.4.6(1) 計算開始1年後の漂流分布の比較(空中:水中=1:1)

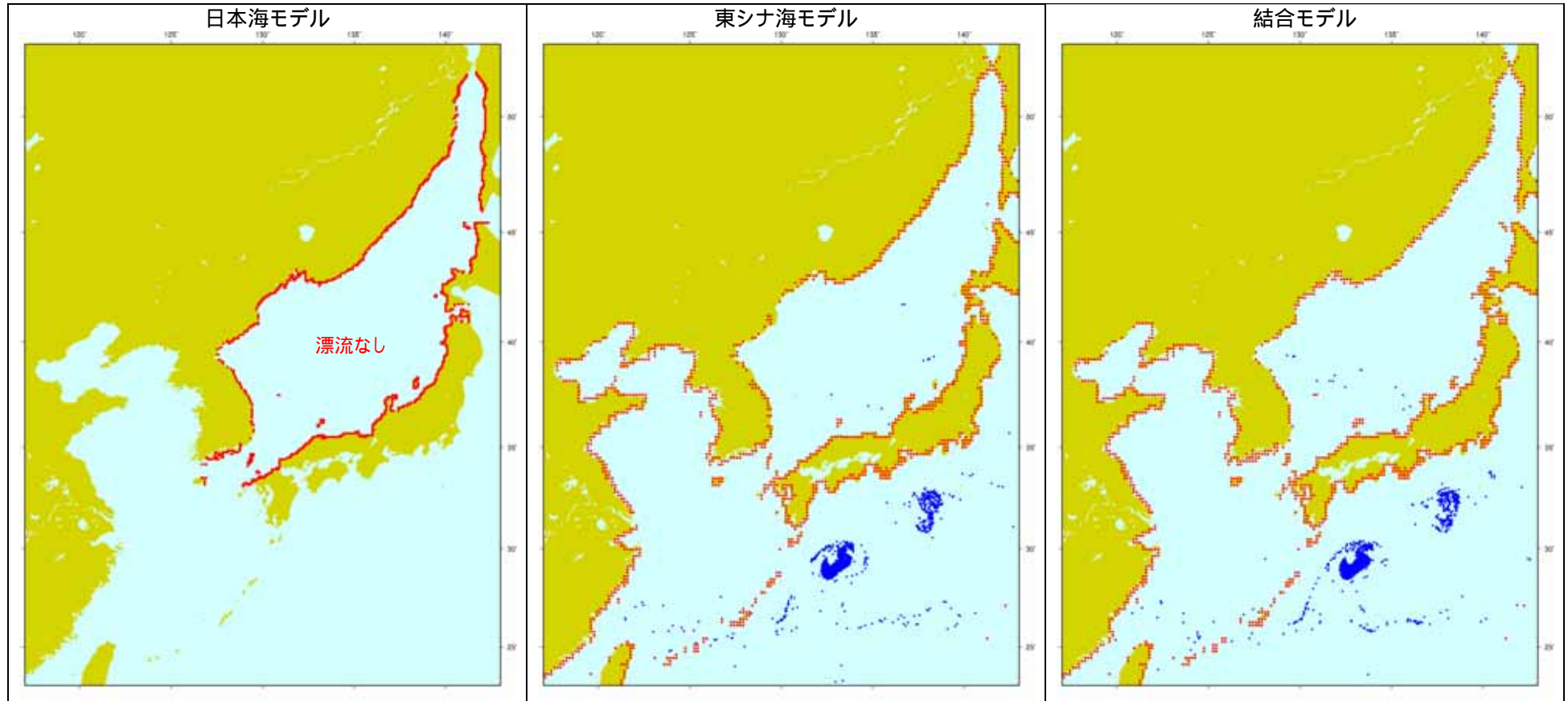


図- 2.4.6(2) 計算開始 2 年後の漂流分布の比較 (空中:水中=1:1)

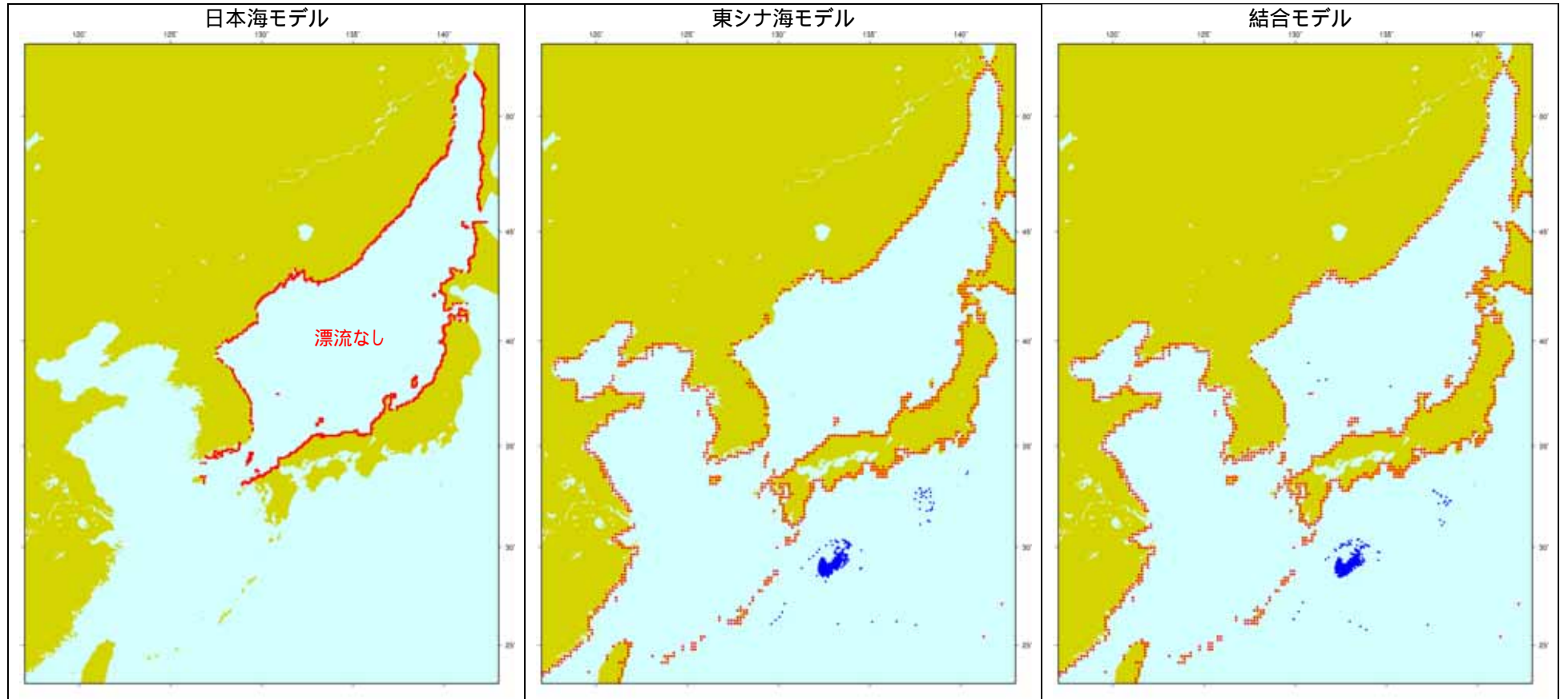


図- 2.4.6(3) 計算開始 3 年後の漂流分布の比較 (空中:水中=1:1)

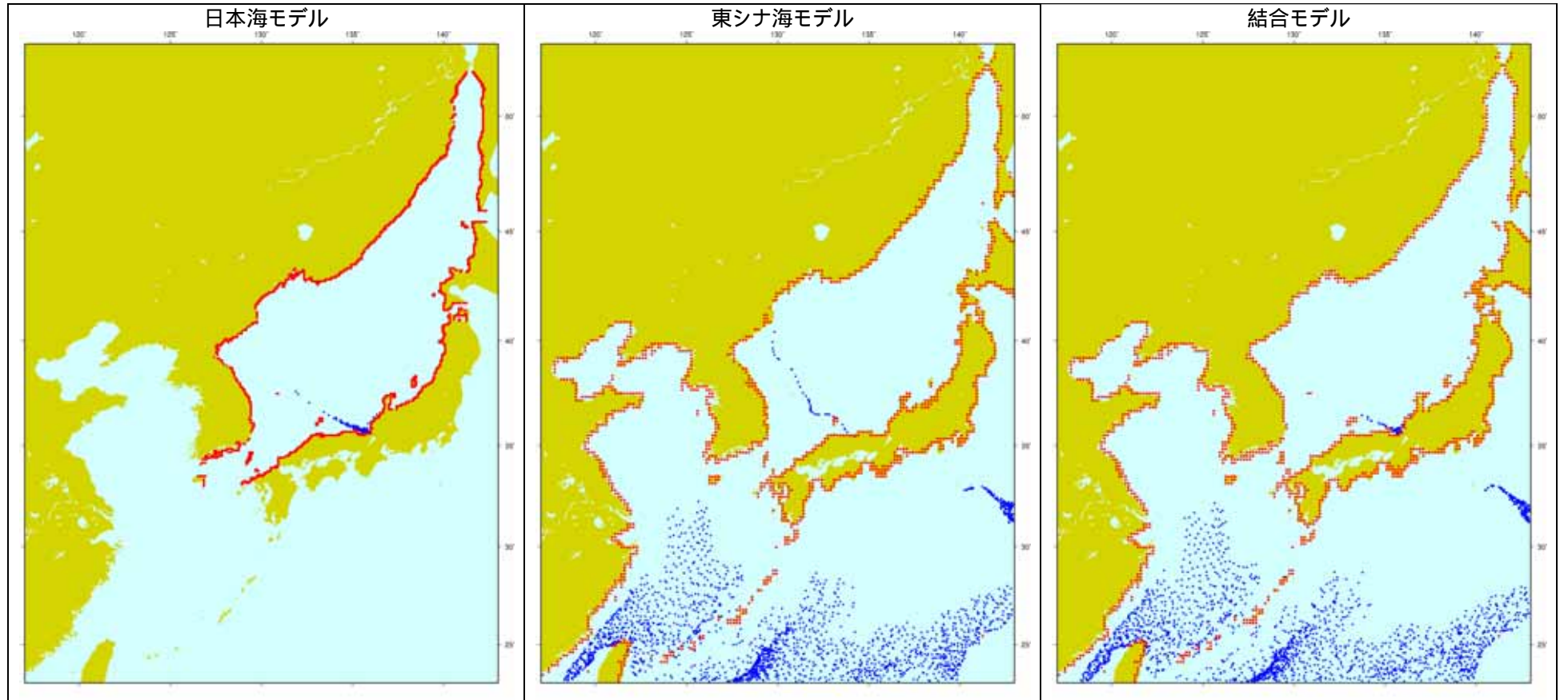


図- 2.4.7(1) 計算開始 1 年後の漂流分布の比較(空中:水中=10:1)

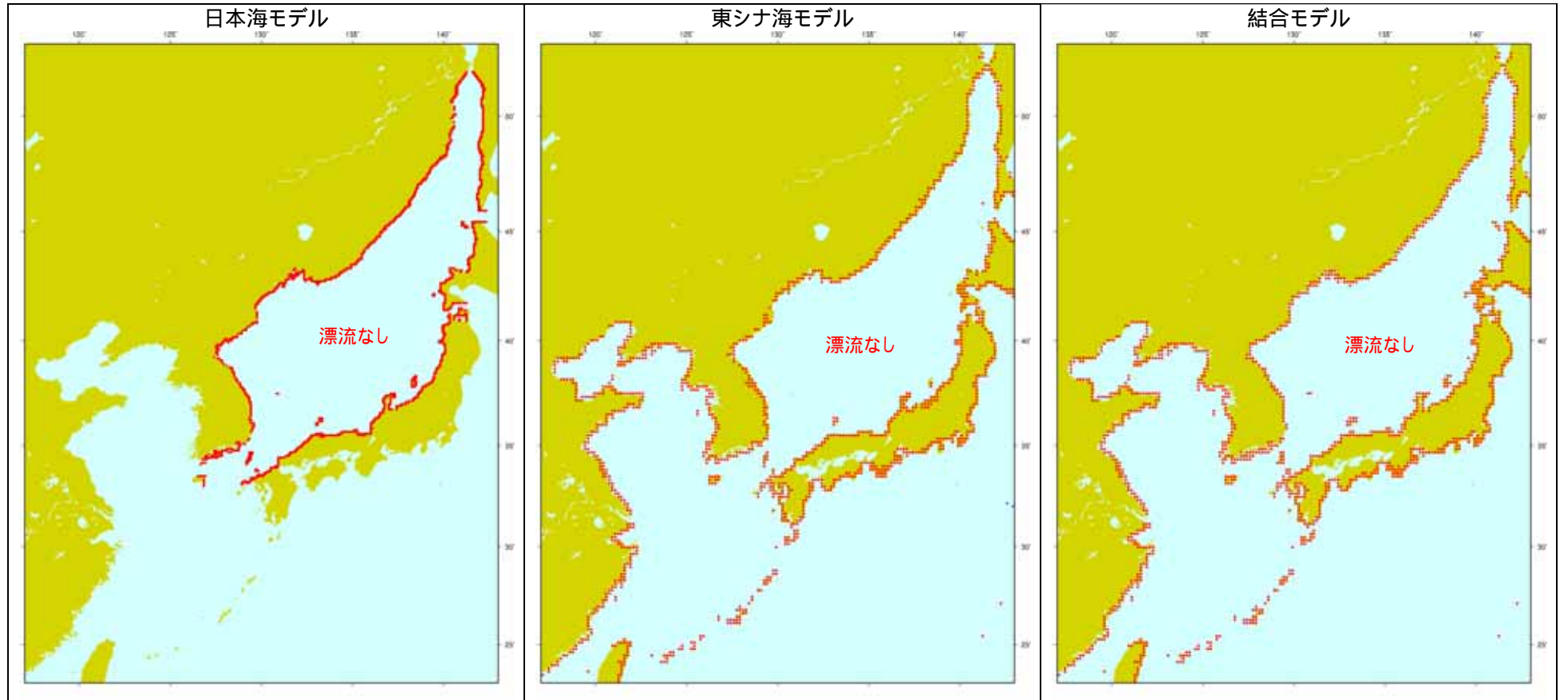


図- 2.4.7(2) 計算開始 2 年後の漂流分布の比較(空中:水中=10:1)

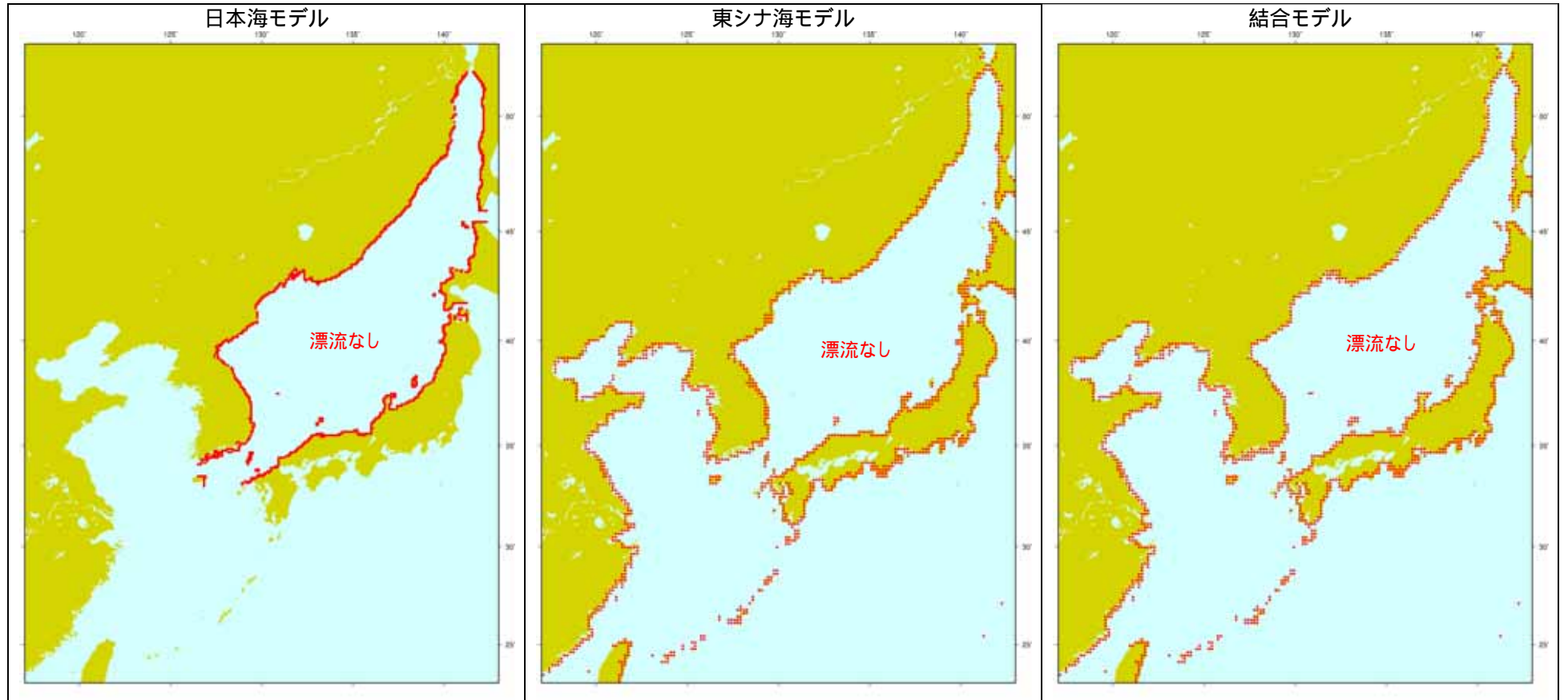


図- 2.4.8 計算開始 1 年後の漂流分布の比較(空中:水中=100:1)

2.5 予測手法検討のまとめ

2.5.1 日本海における漂流・漂着予測検討

ライターの漂流・漂着予測検討では、現地調査結果と非常によく一致した。

ライターの沈下率の設定は、ある程度の幅を持たせて設定することが望ましい。

ポリ容器の漂流・漂着予測検討では、空中:水中比 = 1:1 のケースの再現性が最も良く、ポリ容器の漂流形態については調査が必要である(蓋の有無・破損状況など)。

日本海においてはゴミの浮遊状態と発生域、発生量を把握できれば、高い精度で漂流・漂着予測を行うことができる

2.5.2 東シナ海における漂流・漂着予測

ライターの漂流・漂着予測検討において、日本海の検討に比べて再現性が良くない。

入力データ、外力データの見直しが必要である(気候値を日データに変更するなど)。

東シナ海海域で発生する空中:水中比 = 1:1 のゴミの内、対馬海峡に流入しやすいエリアを特定した。最も多く流入するのは対馬暖流の通り道である日中中間線付近で発生するゴミであった。

太平洋沿岸域で発生するゴミは、冬季に発生し、空中比が大きいゴミが太平洋へ流出しやすい結果を得た。

韓国沿岸域で発生するゴミが、南西諸島へたどり着く可能性について検討を行い、韓国南岸及び西岸から冬季に発生するゴミが南西諸島へ漂着する可能性が示唆された。

東シナ海の漂流・漂着予測はいくつか課題が残るが、漂流・漂着の概略検討は可能である

2.5.3 日本海・東シナ海結合モデルの構築

東シナ海と日本海を同時に計算できる結合モデルを構築して、中国や台湾など、東シナ海側から日本海に流入するゴミについても検討を行うことができる土台を整備した。

2.6 今後の課題

日本海においてはゴミの浮遊状態(沈下率)と発生域、発生量を把握できれば、高い精度で漂流・漂着予測を行うことができることが分かった。また、東シナ海においては、未だ開発段階ではあるが、漂流・漂着ゴミの概略を把握できるところまで開発が進んでいる。

日本海モデルと東シナ海モデルの相違点は表 2.6.1 に示すとおりであり、東シナ海を計算するに当たっての懸案事項は次に示すとおりである。

- ・ 国別漂着割合を比較・評価するには漂着量が少ない(=投入量が少ない)
- ・ 漂着を評価するのに島が小さすぎる可能性がある
- ・ 境界(台湾の東西)からの流入は考慮すべきであることは分かったが、想定人口の設定は今のところ確定できない
- ・ 黒潮を横切って漂着する状況が再現できていない可能性がある

これらの懸案事項を解決するためには、東シナ海沿岸域の人口設定の見直し、台湾東西に設定している境界流入量の見直し、平均化された外力データの見直し等が必要であると考えられる。

また、この予測シミュレーションモデルは、日本海の流動を高精度で予測する RIAMOM(九州大学応用力学研究所海洋モデル)の計算結果を利用しているが、流動計算結果及び気象庁の風データを取得・編集して漂流計算を行う手順をとっているため、迅速性にややかけている。

例えばある時に大量漂着が起こった場合にその発生域を推定するなど、社会的要請に対して迅速に予測計算ができるようなシステム作りが課題として挙げられる。

表 2.6.1 日本海モデルと東シナ海モデルの相違点

	日本海漂流モデル	東シナ海漂流モデル
流動場	日計算結果 (RIAMOM[解像度 1/12°])	気候値 (RIAMOM[解像度 1/6°])
気象場	GPV の日データ(GSM)	GPV の 4 年平均データ(GSM)
人口データ	日本:平成 15 年統計データ 海外:地図帳、インターネット	同左 中国の人口が巨大かつ流動的である
境界流入	対馬海峡から対馬の漂着割合を設定	台湾海峡、台湾東側から流入 (いくつかの仮定)

3. プレゼンテーション資料の作成

平成17～19年度の「漂着ゴミ実態調査」、「漂流・漂着ゴミの予測手法検討」の結果を基に、日本ならびに近隣各国で効果的な対策検討を行なう際に用いるための、パワーポイントによる説明資料(日本語版・英語版)を作成した。

パワーポイント資料は、「日本海・東シナ海における漂流ゴミの経路予測」を主眼におき、下記のプレゼンテーションが行なえる内容とした。

- (1) 漂流・漂着予測モデルの説明
- (2) このモデルによる日本海の浮遊物の漂流・漂着
- (3) このモデルによる東シナ海の浮遊物の漂流・漂着
- (4) このモデルによる種々の浮遊物の漂流・漂着検討結果

パワーポイント資料(日本語版)を次ページ以降に示す。

日本海・東シナ海における 漂流ゴミの経路予測

漂流・漂着ゴミに係る
国際的削減方策調査業務
環境省地球環境局

目的：越境する漂流・漂着ゴミ削減のための 基盤情報の提供

- 国際的な枠組みの中で、情報を交換し、協力しながら、その方策を探ることが必要。
- 日本海・東シナ海における漂流・漂着ゴミの予測モデルを開発することにより、漂着するゴミの漂流経路も含めた漂流・漂着の実態把握のための基盤情報を提供する。

漂流・漂着予測モデル
= 流動予測モデル + 移流・拡散モデル

流動予測モデル
九州大学応用力学研究所の海洋循環モデル(RIAMOM)

移流・拡散モデル (粒子追跡法)
移流・拡散(ランダム拡散)モデル

近年、世界中の海域の至るところで海洋ゴミが見つかるようになってきました。海上を漂流し、海岸に漂着した大量のゴミは、海浜景観を損なうだけでなく、海洋環境の保全の面からも国際的に問題視されています。

ここでは、日本海および東シナ海沿岸に漂着する大量の漂流・漂着ゴミの挙動から、問題解決への道をさぐるうとしました

海上に流出した物体は、世界中につながる海を人間の定めた境界にはとられず、どこへでも漂っていきます。従って、漂流ゴミを削減する実効ある対策を実施するためには、国際的な枠組みの中で情報を交換し、協力しながらその方策を探ることが必要となります。ここでは、日本海・東シナ海における漂流・漂着ゴミの予測モデルを開発することにより、沿岸に漂着するゴミの漂流経路も含めた漂流・漂着の実態把握のための基盤情報を提供することを目的とします。

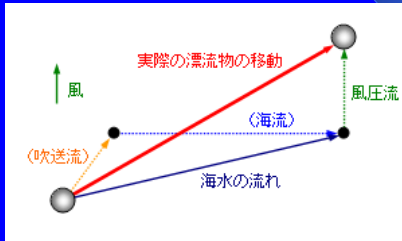
モデルの特徴についてざっと説明します。

ここで用いた漂流・漂着モデルは、海域の流れを予測・再現する流動予測モデルと、海上の物体の移動経路を予測する移流・拡散モデルとの2つの部分から成っています。流動予測モデルには、九州大学応用力学研究所の海洋循環モデル(RIAMOM)を用い、対象海域の詳細な流れを再現しました。移流・拡散モデルは、流動予測モデルによって計算された流れの中で、浮遊ゴミに見立てた粒子(仮想漂流物)が、流れのほかに風の影響も受けながらどのように動くかを再現・予測するモデルとしました。

移流・拡散モデル上の「漂流物」の移動

漂流物を移動させる力

- 海の水の流れ … 流動予測モデルの結果を使用
- 風が直接物体を押す力 … 風データから風圧流として算出



移流・拡散モデル上で、仮想漂流物を動かす力は海の流れと風です。海上の漂流物は海の水の流れに乗って移動しますが、漂流物の海面上に出ている部分に風が当たると、風からも力を受けて移動の向きや速さが変わります。風が漂流物を押すことによって生ずる物体の移動を風圧流と呼び、漂流物は海水の流速と風圧流の速さで移動していきます。風圧流の大きさは、物体の断面積の海中部分と空中部分の比の平方根に比例することが経験的にわかっていますので、モデルにもこの関係を取り入れました

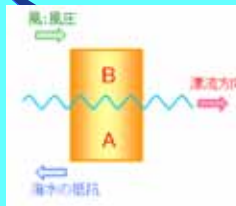
風圧流

風が直接物体を移動させる効果 ~ 風圧流として計算

風圧流の実験・経験的近似式
$$u = k \sqrt{\frac{B}{A}} w$$

- u: 風圧流の強さ
- w: 風速
- A: 浮遊物の水中部の受圧断面積
- B: 浮遊物の水上部の風圧断面積
- k: 風圧係数

風圧係数は経験的に0.02~0.04程度、ここでは0.03を使用



漂流物断面積の空中:水中比

B:Aが10:1だと風圧係数0.03、風速10m/sの時、物体に約1m/sの移動速度を与えるに等しい、
B:Aが100:1だと風圧係数0.03、風速10m/sの時、物体に3m/sの移動速度を与えるに等しい、

風圧流の式を示します。風圧流の大きさは、海上10mにおける風速と、物体断面積の空中:水中比の平方根の積で表されます。個々の漂流物に対する風圧流の効果の大きさはこの断面積の空中:水中比によって概ね決まります。式の中のkは風圧係数と呼ばれる値で、漂流物の立体的な形状などにもよりますが、海上実験の結果から、一般には0.02~0.04程度の大きさといわれています。このモデルでは、中間を取って0.03を使用しました。風圧係数が0.03とすると、風速が10m/sあるとき、風による物体の移動速度はB:Aが10:1では約1m/s、100:1では3m/sに相当します。

このモデルによる検討の流れ

- 日本海における浮遊物の漂流・漂着 (モデルの妥当性の確認)
- 種々の検討ケース
 - 1) 冬季季節風による日本海の漂流物の移動
 - 2) 冬季に漂着するポリ容器の挙動
 - 3) 東シナ海からの漂流物の軌跡

ここでは、このモデルを用いて行なった検討の流れを、ご紹介します。まず、日本海内部を対象に、モデルの妥当性を確認しました。その後、いくつかの漂流物の移動を推定する計算を行ないました。

- 日本海における浮遊物の漂流・漂着
- 種々の検討ケース
 - 冬季季節風による日本海の漂流物の移動
 - 冬季に漂着するポリ容器の挙動
 - 東シナ海からの漂流物の軌跡

対象海域の区分

日本海モデル

流動データ:

緯度経度方向に1/12° (5分) 毎の格子
日本海海況予報モデルの再解析データ
2003年1月1日 ~ 2006年12月31日の4年間の流動場(1日毎)

風データ:

気象庁全球モデル(GSM)の結果を使用

東シナ海モデル

流動データ:

緯度経度方向に1/6° (10分) 間隔の格子
太平洋循環モデルの計算結果
(外力は気候値で駆動)

風データ:

気象庁全球モデル(GSM)の結果(4ヵ年平均=気候値)を使用(1日毎)



モデル計算を行なった範囲は東シナ海から日本海にかけての海域です。日本海モデルと東シナ海モデルの適用範囲は図に色分けして示したとおりです。東シナ海のモデルは、日本海のモデルより粗い格子で計算をしています。日本海のモデルと東シナ海のモデルの違いは、第一が、流動計算をするときの格子の大きさの違いです。東シナ海モデルは緯度経度方向に1/6° (10分)の大きさなのに対し、日本海はより細かく1/12° (5分)で計算しています。第二に、日本海モデルでは2003年から2006年まで毎日の計算値を使っているのに対して、東シナ海モデルでは長期間のデータを平均した気候値(1日毎の平均値365日分)を使っています。このため、東シナ海の予測計算は日本海の予測計算に比べ、精度は少し低くなりますが、漂流物の平均的な特性を把握することができます。

このような流れの場の上で、さまざまな浮遊物を流す計算を行ないました。

浮遊物の沈下率

空中:水中 (B:A)	対応アイテム	備考
0:1	水面下の流木、シート類	完全水没(海水と一緒に移動)
0:1 ~ 10:1	さまざまな浮遊物	一部水面上に露出(露出度に応じた風の効果を受ける)
100:1	ペットボトル(中身空・蓋付)、発泡スチロール	ほぼ全体が水面上に露出(強風時は風に飛ばされるような移動をされると考えられる)



浮遊物の移動(漂流)を考えると、注意しなければならないのは、浮遊物の浮かび方 - つまり沈下率あるいは空中:水中比といった要素 - です。浮遊物の全体が完全に水没していれば、風の影響をほとんど受けることなく海水と一緒に移動します。逆に水中にある部分がほとんどなく、ほぼ全体が水面上にある場合は、風が強くなると水面上を転がったり飛んだりするような動きになると考えられます。けれども多くの浮遊物は空中に出ている部分と水中に沈んでいる部分があり、その割合は様々です。

モデル上で扱う代表的な漂流物の選択

対象アイテム(item)の設定(沈下率の設定)

一般的な漂流物を代表する空中:水中比

ライター(調査データが豊富) 空中:水中 = 0:1, 1:2, 1:1
ペットボトル(最も一般的家庭ゴミの一つ) 空中:水中 = 100:1(蓋付き、中身空)
ポリ容器(大量漂着が問題になった) 空中:水中 = 10:1(中身空)

沈下率は、海上を浮遊する物体によってさまざまであり、それによって漂流経路や漂流時間が異なります。漂流・漂着ゴミの実態から、注目すべきアイテムはいろいろありますが、検討対象には、原則として漂流開始場所や漂流開始時期が推定できるような文字情報を持ったものを取り上げました。日常ゴミを代表するペットボトル、冬季に大量に漂着する薬品ポリ容器、そして配布された店や地域がわかる使い捨てライターなどです。このうち、ライターは小さくて回収しやすく情報の記載も多いため、全国的な調査データが豊富に蓄積されて整理・解析も進んでいることから、モデルによる検討対象として最初に取り上げることにしました。

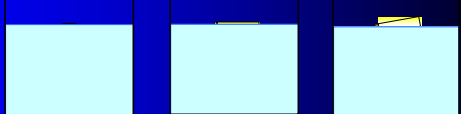
日本海におけるライターの漂流・漂着

流動データ:
緯度経度方向に $1/12^\circ$ (5分) 毎の格子
日本海海況予報モデルの再解析データ
2003年1月1日 ~ 2006年12月31日の4年間の流動場(1日毎)

風データ:
気象庁全球モデル(GSM)の結果を使用
仮想漂流物(アイテム)の選択:
ライター(調査データが豊富)

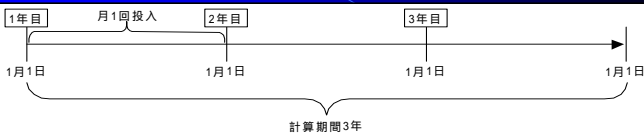
タイプ1 (垂直)	タイプ2 (水平)	タイプ3 (斜め)
空中:水中 = 0:1 約15% (個数比)	空中:水中 = 1:2 約75% (個数比)	空中:水中 = 1:1 約10% (個数比)

ライターの浮遊
状態のタイプ



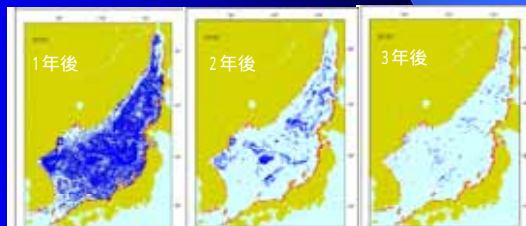
1) 漂流予測計算 1

日本海の海上漂流物の平均的な移動・集積特性を調べる、
2003年 ~ 2006年の4年間の流動場、風の月平均値を使用



計算開始から1年間(全12回)、毎月1回1日に $1/6^\circ \times 1/6^\circ$ に1個、
日本海全域一様に投入。(3,973 × 12月 = 全47,676個投入)

ケース1(ライター)
空中:水中 = 0:1



まず、日本海で漂流・漂着予測モデルの妥当性を確認しました。流動モデルの結果として RIAMOM による 2003 年 1 月 1 日から 2006 年 12 月 31 日の 4 年間の流れの計算結果を用いました。(この計算には風が流れに及ぼす効果を含んでいます。)風は気象庁の全球モデルの初期値(観測値)を用いました。仮想漂流物(対象アイテム)には調査データが豊富なライターを選択しました。回収ライターを計測したところ、空中:水中の断面積比はさまざまでしたが大きく区分して、1:1、1:2、1:1 のものがあるとみなすことにしました。それぞれのおおよその割合は 15%、75%、10% としました。

まず、日本海では、漂流物はどのように移動したり集積したりするのか、その特徴を調べました。日本海に一樣に粒子を分布させ、それが長い時間の中にどこかに集まりやすかったり、顕著な移動経路があったりするのかどうかを確認しました。

計算の全期間は 2003 年から 2006 年の 4 年間とし、計算開始から 1 年間、毎月の初めに 1 つの格子に 1 個の割合で仮想漂流物を日本海の全域に一樣に投入しました。これは全部で 47,626 個の仮想漂流物を投入・追跡したことになります。その結果、ほとんど水面上に出ないような、空中:水中 = 0:1 の漂流物は、2 年後ではまだ多くが日本海の中央部に分布し、3 年経って大方漂着が完了する結果になりました。空中:水中 = 1:2 や 1:1 の物体は、1 年後にはまだ相当数が漂流していましたが、2 年後にはほぼ全数が漂着しました。空中:水中 = 10:1 や 100:1 の、風の影響を強く受ける物体では、もっと早く、1 年後にはほぼ全てが漂着してしまいました。以上のように、3 年という長い期間を見れば、漂流物が滞留するような海域は日本海には見当たりませんが、計算開始から 1 年あるいは 2 年くらいまでは、空中:水中断面積比が小さい物体は、日本海にたくさんある渦に捉えられて海上を漂っている可能性があります。

計算ケース

計算ケース (対象物)	対象物及び 沈下率 (空中:水中)	ゴミ粒子投入条件	計算期間	気象 流動条件
ケース1		・都市投入 ・対馬海峡流入(1000万人) 中国・台湾・韓国:日本=11:49:10 ^{*1}	助走2年間 + 2003年1月 ~ 2006年12月	平均値+ 日データ
ケース2	ライター 1:2→全体の75%	・都市投入 ・対馬海峡流入(500万人) 中国・台湾・韓国:日本=11:49:10 ^{*1}		
ケース3	0:1→全体の15%	・都市投入+流域投入 ・対馬海峡流入(1000万人) 中国・台湾・韓国:日本=11:49:10 ^{*1}		
ケース4	1:1→全体の10%	・都市投入+流域投入 ・対馬海峡流入(2000万人) 中国・台湾・韓国:日本=11:49:10 ^{*1}		
ケース5	ポリ容器 10:1	・都市投入+流域投入 ・対馬海峡流入(2000万人) 中国・台湾・韓国:日本=11:49:10 ^{*1}		
ケース6	ペットボトル 100:1	・都市投入+流域投入 ・対馬海峡流入(2000万人) 中国・台湾・韓国:日本=11:49:10 ^{*1}		

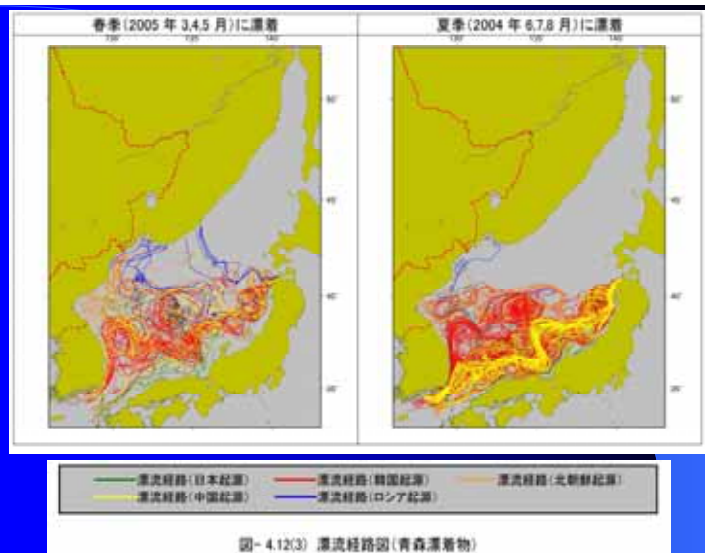
*1 藤枝繁・小島あす子(2006):東アジア圏域における海岸漂着ゴミの流出起源の推定. 沿岸域学会誌, Vol.18, No.4, pp.15-22. による対馬の漂着割合

*2 平成17年度漂着実態調査による対馬の漂着割合

*3 平成17年度漂着実態調査による隠岐の漂着割合

計算は、漂流物としてライターを想定したケース1からケース4、ポリ容器を想定したケース5、ペットボトルを想定したケース6を実施しました。

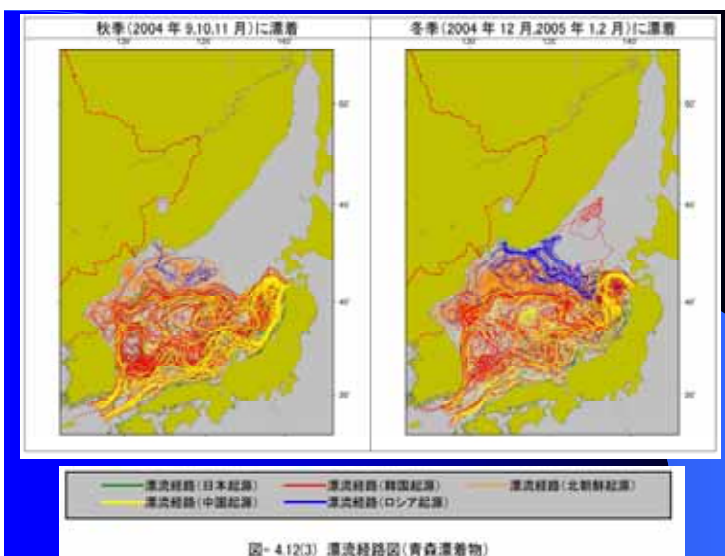
ライターの沈下率は、回収したライターの比率に従って設定しましたが、ライターが海に流れ出した時点での沈下率は正確にはわかりません。



ある海岸に漂着したゴミがどこから来ているかを見たのがこの図です。

ここでは、例として青森県のある海岸(格子)に漂着した粒子の、漂流開始から漂着までの経路を示しています。漂着粒子の数が多いので、四季に分け、経路はゴミの起源国別に色を変えて示してあります。

夏に漂着するゴミは、対馬海峡から流入するものや韓国の南東部の海岸から出て対馬暖流に乗って青森まで到着するものが多く見られます。



一方、北西の季節風が強い冬季に漂着するものは、対岸の北朝鮮、ロシアから流れ出したゴミが多くなります。

発生国別の漂着特性 (ケース4の計算結果から)

- ・日本からの発生を想定した漂着状況
季節に関わらず主に日本の海岸に漂着
韓国を除いてその他の国にはほとんど漂着せず
- ・韓国からの発生を想定した漂着状況
韓国と日本の海岸に漂着が、大多数
日本の海岸には冬季に漂着するものが多く、日本の海岸全域に漂着
春季は九州～中国地方沿岸に多く、秋季は東北地方～北海道沿岸への漂着が多い
- ・北朝鮮からの発生を想定した漂着状況
北朝鮮と日本の海岸に漂着するものが大多数
鳥取県～北海道に漂着
夏季は北朝鮮の海岸に、冬季は日本の東北地方に漂着するものが多い
- ・ロシアからの発生を想定した漂着状況
ロシアと日本の海岸に漂着するものが大多数
石川県～北海道に漂着
春季、夏季、秋季はウラジオストック付近に漂着するものが多く、
冬季は新潟～北海道にかけて漂着
- ・中国からの発生を想定した漂着状況
日本の海岸に漂着するものが大多数
日本の海岸では全域に漂着、対馬海峡から遠ざかるほど漂着密度が減少

日本海に流入したゴミが、沿岸のどこに漂着する可能性が高いかを計算結果から見てみました。

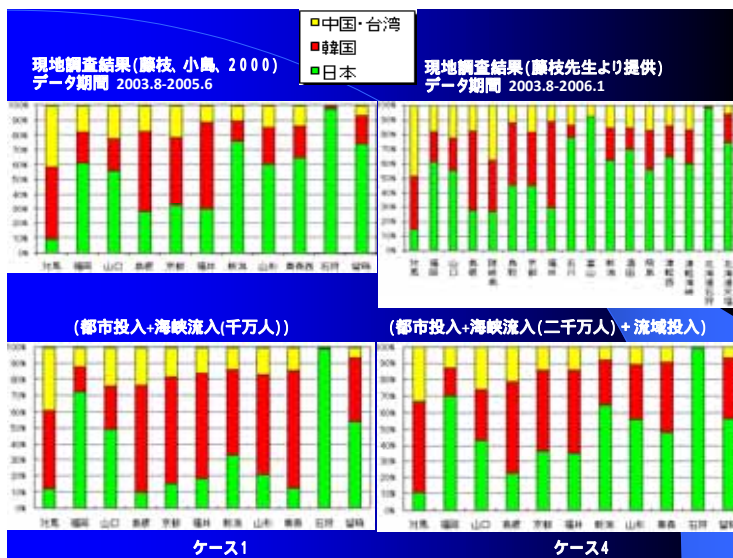
日本の海岸から発生したゴミは、季節にかかわらず、日本に漂着するものが大部分でしたが、一部は韓国の海岸にも漂着します。

韓国の海岸から発生したゴミは、韓国と日本の海岸に漂着するものが大多数でした。日本に漂着するものは、冬季に漂着するものが多く、場所は日本の海岸全域になります。春季には九州から中国地方沿岸に多く、秋季は東北地方から北海道沿岸への漂着が多く、季節風の影響が推定されます。

北朝鮮の海岸を発生場所と想定したゴミは、北朝鮮と日本の海岸に漂着するものが大多数です。夏季は北朝鮮の海岸に、冬季は日本の東北地方に漂着するものが多くなりますが、日本の海岸には鳥取県から北海道まで漂着が認められます。

ロシアの海岸から発生したゴミは、ロシアと日本の海岸に漂着するものが大多数ですが、春から秋にかけてはウラジオストック付近に漂着するものが多く、冬季は新潟から北海道にかけて漂着します。

中国から発生したゴミは、対馬海峡を通過して来ますが、日本の海岸に漂着するものが大多数です。日本の海岸全域に漂着しますが、対馬海峡から遠ざかるほど漂着密度が減少します。



発生地別のゴミの漂着状況を、現地調査結果と計算結果で比べてみたのがこのグラフです。横軸に漂着個数を数えた地点、縦軸に回収されたライターの流出国別の割合を示しています。

現地調査結果のうち左上のグラフは2003年8月から2005年6月のデータの整理結果で、右上のグラフはそれに2006年1月までのデータを加えたものです。

計算結果は下の2つのグラフです。左は、沿岸の人口10万人以上の都市と、対馬海峡に1千万人相当のゴミ負荷源があると想定したケース1の結果です。右は、都市のほかに海岸からも流域人口に応じた負荷があるとし、対馬海峡には2千万人相当の負荷を設定したケース4の結果です。これによれば、人が住むところからまんべんなくゴミが流出し、対馬海峡から2000万人分のゴミが流入するとしたケース4で、実際により近い結果が得られています。

様々な検討ケース

- 冬季季節風による日本海の漂流物の移動
～ 沈下率による振る舞いの違い～
- 冬季に漂着するポリ容器の挙動
～ 発生場所別の経路～
- 東シナ海からの漂流物の軌跡
～ 漁業用フロートを手掛かりとして～

ご覧頂いたように、モデルの妥当性を確認した上で、これらのモデルを用い、さまざまな検討を行いました。

ここでは、冬季季節風による日本海の漂流物の移動、冬季に日本沿岸に多数漂着するポリ容器の挙動、どこにでも見つかる漁業フロートの発生域について検討を行いました。

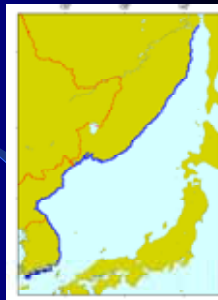
冬季季節風による日本海の漂流物の移動

- 日本海の漂流ゴミの移動は風の影響が大きい
- 冬季季節風が卓越する時期を対象
- 異なる沈下率のアイテムを比較
- 大陸海岸線格子点から漂流開始
- 条件による到達時間を比較

漂流ゴミの移動には風の効果が大きいことがわかっています。日本海では、冬季は強い北西の季節風が吹くので、この時期を選んで海上の漂流物の移動を検討しました。海上の漂流物は、海面上に露出した部分の割合によって風による影響の受け方が違います。そこで沈下率の異なるアイテムを選び、大陸の海岸に沿った格子点から漂流を開始させました。条件による移動状況の違いを比べてみました。

1) 計算条件

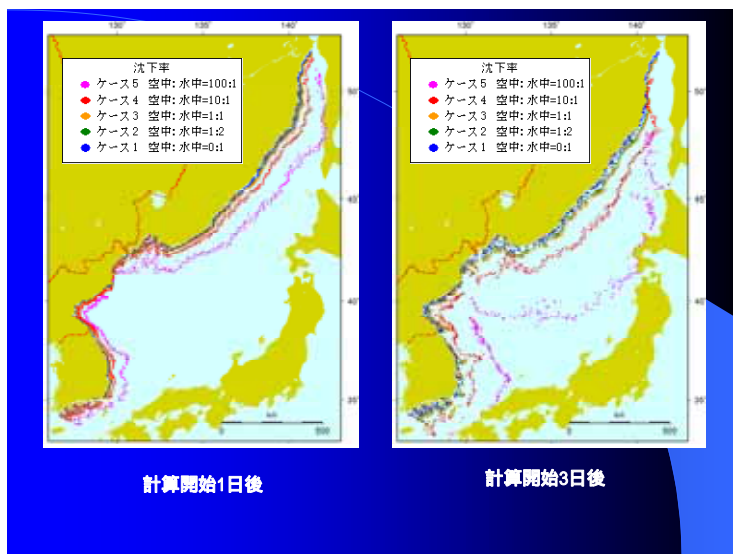
計算対象時期: 冬季
2005年12月～2006年2月
投入位置:
大陸沿岸格子
沈下率: 5 ケース
空中: 水中 = 0:1 ~ 100:1



海面浮遊物体の沈下率

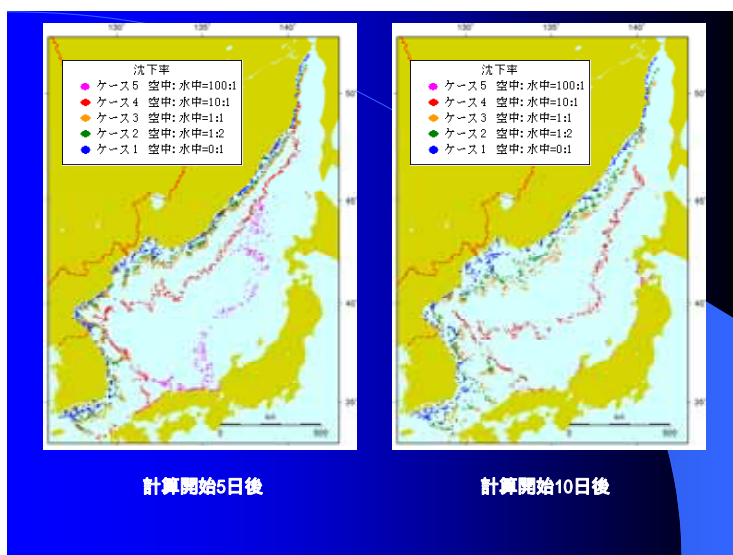
計算ケース	対象とするアイテム	沈下率	備考
ケース1	ライター(タイプ1)	空中:水中 = 0:1	全く風の影響を受けない
ケース2	ライター(タイプ2)	空中:水中 = 1:2	
ケース3	ライター(タイプ3)	空中:水中 = 1:1	
ケース4	ポリ容器	空中:水中 = 10:1	中身空
ケース5	ペットボトル	空中:水中 = 100:1	蓋付き、中身空

計算の対象時期は、2005年12月から2006年2月の冬季としました。右上の図の大陸に沿った青い点が投入位置です。沈下率は5種類とし、それぞれの沈下率が代表するアイテムを示しました。

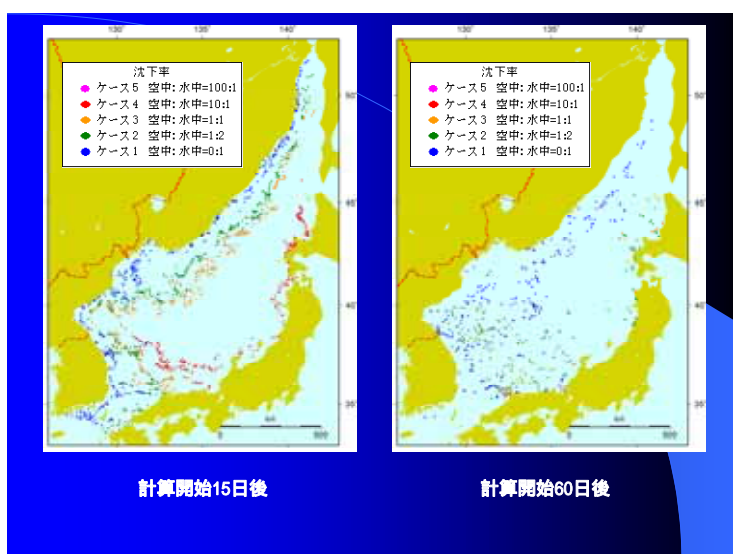


5種類の沈下率の物体を一斉に漂流開始させました。漂流物の位置は、沈下率別に色分けして示してあります。

計算開始後3日経つと、風の影響を最も受けやすい空中:水中=100:1のものは、すでに九州や北海道の一部に到達しています。北朝鮮海岸から出たものは少し移動が遅いようです。



計算開始後10日経つと、100:1の物体はほとんどが漂着済みになります。それに続いて10:1、1:1以下のものが日本海を移動してきます。



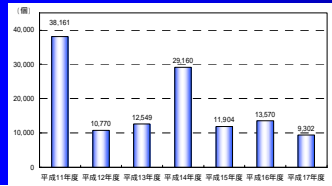
計算を開始して15日も経つと、空中:水中=10:1の物体も、かなりの数が漂着済みになります。

計算開始後60日経っても日本海の海面を漂流しているのは、ほとんどが空中:水中=1:1以下のものだけになります。

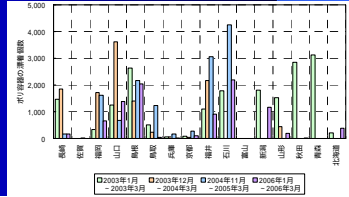
冬季に漂着するポリ容器の挙動

- 大量のポリ容器が冬季に日本の海岸に漂着する
- 蓋のあるものもないものもあるが、蓋がついた容器の中には危険な薬品が入っている場合がある
- 家庭から出る日常ゴミではないのでおそらく特定の場所からまとめて流出していると推定される

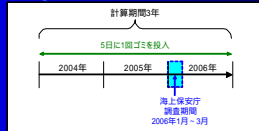
日本への漂着数



県別のポリ容器漂着数



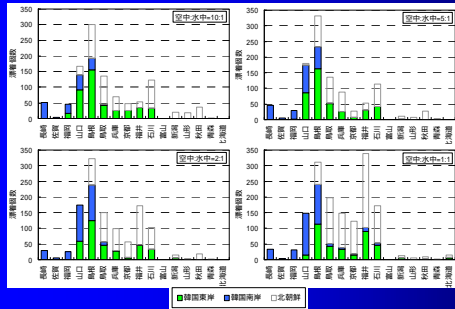
日本海モデルによる検討



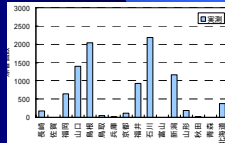
計算ケースと沈下率

- ケース1: 10:1
- ケース2: 5:1
- ケース3: 2:1
- ケース4: 1:1

計算結果 (抽出期間: 2006年1月～3月31日)



海上保安庁調査結果 (2006年1～3月)

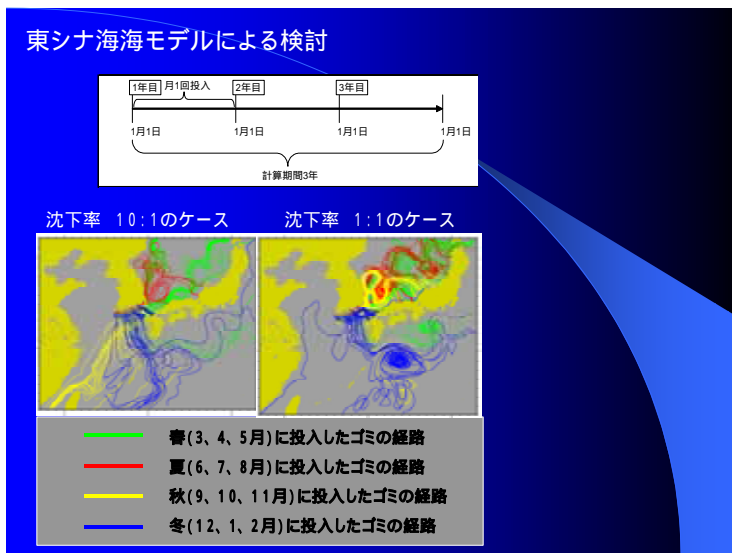


1999 年以来、冬季になると日本海沿岸の各地に大量のポリ容器が漂着するようになりました。漂着は九州から北海道まで広い範囲にわたっています。年によって漂着数や漂着場所には変動がありますが、なかには危険な薬品が入っているものがあり、社会的に問題になっています。家庭から出る日常ゴミではないので、おそらく特定の場所から大量に流出しているものと推定されます。

冬季に一斉に漂着するポリ容器にはハンゲルの記載があるものが多いため、流出場所として韓国の沿岸を想定した計算を日本海のモデルを用いて実施しました。海岸に漂着するポリ容器には蓋があるものもないものもあります。素材のポリエチレンの比重は 1 より小さいため、海水が入っても容器は海底に沈まず、流れに乗って運ばれると考えられます。そこで、沈下率としては、中身が空で蓋があることを想定した空中:水中=10:1 から中身が少し入って半分沈んだ空中:水中=1:1 までの 4 ケースを設定しました。ポリ容器が海に流れ出した日はわからないため、2004 年 1 月 1 日以降 5 日毎に 1 個が流れ出す設定としました。この条件で 2006 年 1 月から 3 月まで各地に漂着したポリ容器と、実際に回収されたポリ容器の分布を比較すると、計算では石川県以北への漂着が少し少ないのですが、傾向はよく似たパターンになります。なお、計算結果のグラフのうち、緑色は韓国東岸、青色は韓国南岸から流出したのものになります。白抜きは北朝鮮の海岸を出発点としたもので、参考資料です。

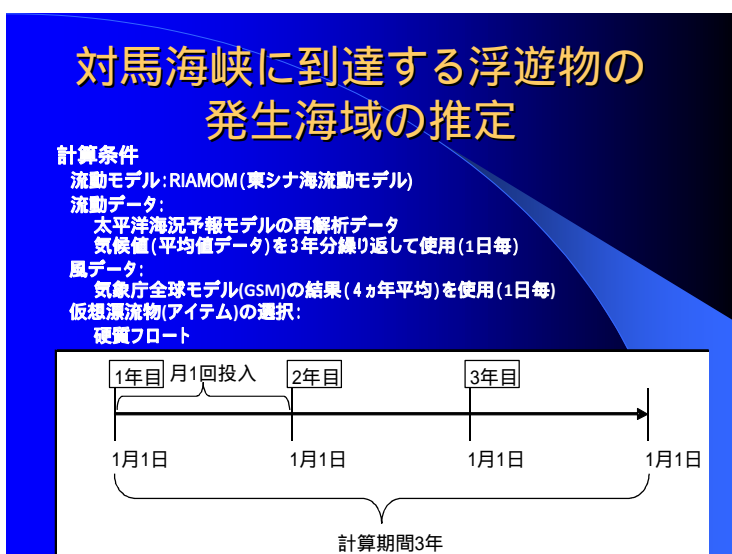
空中:水中 = 10:1					空中:水中 = 1:1						
	漂着 個数	漂流時間(日)			最大 発生月		漂着 個数	漂流時間(日)			最大 発生月
		平均	最大	最小				平均	最大	最小	
北海道	0	0	0	0	-	7	252	280	219	4月	
青森	0	0	0	0	-	0	0	0	0	-	
秋田	0	0	0	0	-	1	49	49	49	2月	
山形	0	0	0	0	-	0	0	0	0	-	
新潟	0	0	0	0	-	5	145	268	88	12月	
富山	0	0	0	0	-	0	0	0	0	-	
石川	33	40	54	25	2月	53	105	348	40	1月	
福井	34	31	51	19	2月	102	93	283	29	1月	
京都	25	29	42	19	1月	19	63	273	28	2月	
兵庫	26	28	38	15	2月	39	60	284	29	12月	
鳥取	45	22	38	14	2月	52	45	302	15	12月	
島根	193	16	36	7	3月	240	34	305	14	2月	
山口	139	14	31	6	1月	148	27	46	15	1月	
福岡	46	13	24	6	2月	31	25	33	18	12月	
佐賀	3	11	17	7	2月	4	25	35	18	1月	
長崎	51	9	14	6	1月	33	21	35	13	1月	

韓半島を出発した漂流物が日本の海岸にたどり着くのに要する時間は、風の影響を受けやすいものと受けにくいものではかなり違いがあります。空中:水中=10:1のものでは、早ければ1週間くらいで九州沿岸に漂着し、1:1のものでは2週間から3週間で漂着しています。



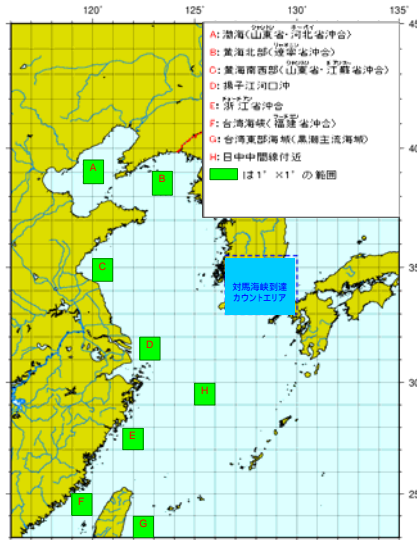
対馬海峡の南側にポリ容器が流れ出る可能性があるのかどうか、東シナ海モデルを使って計算を行ってみました。青色で示された経路が冬季の漂流経路です。2007年度に日本に漂着したポリ容器は、日本海沿岸だけでなく、奄美諸島でも多数発見されましたが、沈下率や風の状況によっては奄美諸島方面に到達する可能性は十分にあると考えられます。

現在のモデル計算ではポリ容器の出発点を韓半島の海岸としていますが、海上のどこから流れ出した可能性も否定できません。より正確な可能性を追求するためには、実際に流れてきたポリ容器が、どのような状態であったかのデータをきちんと整理する必要があります。



広く東シナ海近辺から対馬海峡に到達する浮遊物はどこに起源があるのかを推定する計算を実施しました。計算には東シナ海モデルを用い、仮想漂流物として漁業用の硬質フロート(空中:水中 = 1:1)を想定しました。硬質フロートはオレンジ色や青色のものが多く見られます。こういったフロートは日本の海岸いたるところで発見されています。

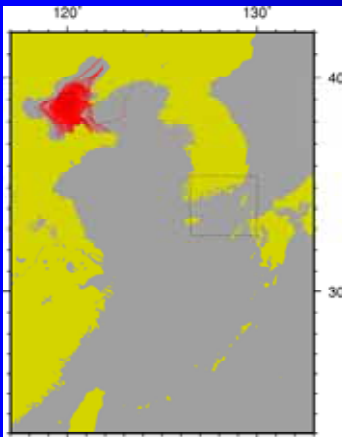
東シナ海、黄海、渤海から漂流を始めた物体がどのように対馬海峡へたどり着くか



このような小さなフロートがどこから来る可能性があるのか、東シナ海から黄海、渤海にかけていくつかの領域を選び、漂流経路を描いてみました。

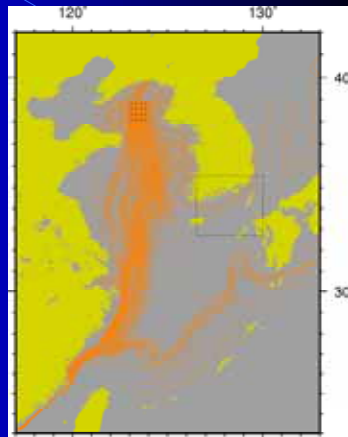
エリアA 渤海

(山東省・河北省沖合)



エリアB 黄海北部

(遼寧省沖合)

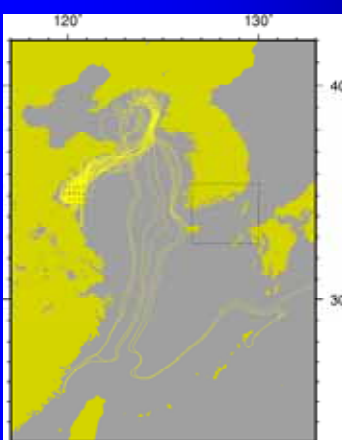


左の図は渤海に流出海域を設定したものです。ほとんど全て周辺の海岸に漂着して黄海や東シナ海まで流出するものではありません。

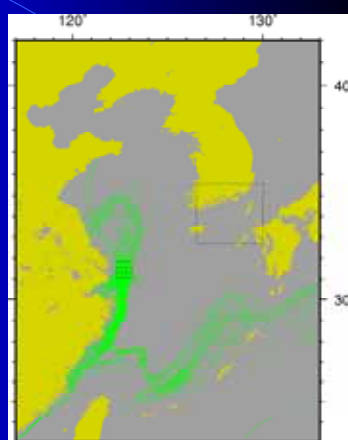
右の図は黄海北部の西朝鮮湾を流出海域としたものです。流出した季節により、沿岸の中国、北朝鮮、韓国の海岸に漂着するもの、南下して中国の江蘇省、浙江省、福建省に至り、さらに台湾海峡を南下するものもあります。一部は黒潮に乗って日本の太平洋側へ出て行くものもありますが、対馬海峡から日本海へ入るものは多くありませんでした。

エリアC 黄海西南部

(山東省・江蘇省沖合)



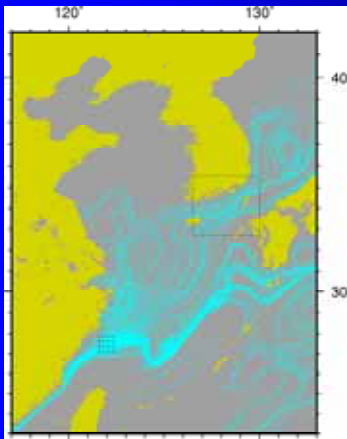
エリアD 揚子江河口沖



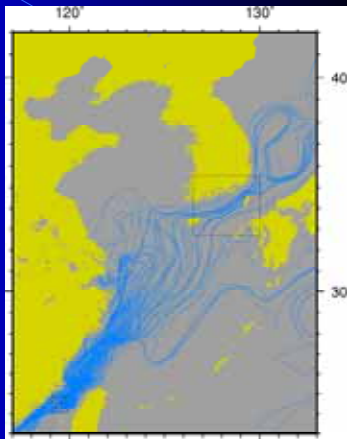
左図のように山東半島の付け根の海上を流出海域とした場合は、大方は山東半島の南岸に漂着し一部は西朝鮮湾の中国、北朝鮮海岸に向かいます。

右図のように、上海の沖合いを流出海域とした場合は、季節により、大陸沿いに南下して台湾海峡をさらに南下したり、黒潮本流に乗って日本の南側に流れ出すものもあります。一部は北側の江蘇省の海岸に漂着しています。

エリアE 浙江省沖合



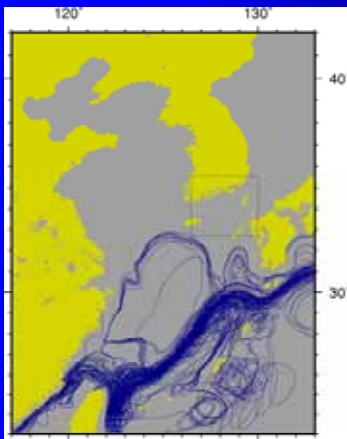
エリアF 台湾海峡
(福建省沖合)



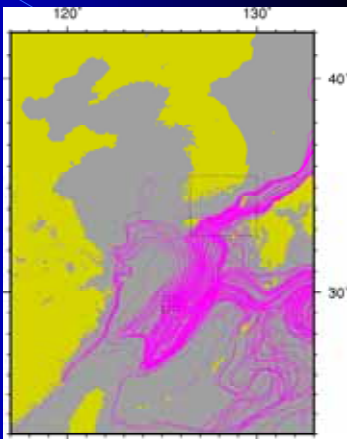
左図は浙江省沖合いを流出海域としたものです。季節により、台湾海峡を南下するものもありますが、多くは北上し、黒潮に乗るもの、浙江省、江蘇省の海岸に漂着するものもあり、さらに、かなりの数が対馬海峡を通過して日本海に入っています。

右図は台湾海峡の中を流出海域としたものです。南下するものと北上して中国沿岸に漂着するものと対馬海峡を通過するものがあります。

エリアG 台湾東部海域
(黒潮主流海域)



エリアH 日中中間線付近



左図は台湾の東側を流出海域とするものですが、黒潮本流に乗って北上した後、季節により、一部は台湾海峡へ流入しますが、大部分は太平洋へ流出します。

右図は日中中間線付近からの流出です。太平洋側へも流出するものも、対馬海峡経由で日本海に流入するものも多数あります。

フロートがどこから来るのか、正確なことはわかりませんが、東シナ海の適当な場所で放棄されれば日本海へ流入する可能性は十分高いということがいえます。

今後の課題と方向性

- 東シナ海沿岸域の人口設定、台湾海峡からの流入量設定等の不確実性の改善
- 海洋表層流計算結果取り込み手順の迅速化
- 東シナ海の流動予測計算の高精度化
- 風圧流の高精度評価（形状依存性）
- 海上一般漂流物（船、人間等を含む）のリアルタイム漂流予測システムの開発への応用
- 社会的要請に応えられるシステムの開発

最後に今後の課題と方向性を示してみました。

ひとつめの課題としてモデルの高精度化が挙げられます。

現在のモデルは、海流の計算結果と漂流物が直接受ける風（風圧流）を組み合わせる移動予測をしています。漂流物を取り囲むごく表層の海水自体にも吹送効果が働くため、その効果をモデルに組み込むことで、モデルの一層の高精度化を図ることができます。

また、東シナ海の流動モデルの計算格子間隔を現在の $1/6^\circ$ から日本海モデルと同じ $1/12^\circ$ にすることでモデルの高精度化を図ります。

また、東シナ海沿岸域の人口設定や台湾海峡からの流入量は不確実性を伴うため、逆にこのモデルを使って最適な入力条件を導きます。

また、現在使用している風データは全球モデル(GSM)の再解析値ですが、計算する領域によってより高精度なメソ数値予測モデル(MSM)を使用できるようにして、モデルの高精度化を図ります。

ふたつめの課題は、予測システム開発の可能性です。

現在は、外洋における予測モデルに主眼を置いています。外洋から内湾まで様々な海域でこのモデルが適用できるよう、モデルに汎用性を持たせます。

また、海上一般漂流物（船、人間等を含む）のリアルタイム漂流予測システムの開発への応用が可能です。

最後に、これらの課題をクリアすることによって、より高精度な漂流・漂着予測システムを構築し、どこの何に対応すれば、漂流・漂着ゴミを減らせるのか、沿岸各国との確かな情報交換をして効果的な対策を施すことが重要であると考えています。

4. 検討会の運営

平成19年度は、検討委員会を下記のとおり1回開催し、漂流・漂着ゴミ予測手法の検討結果について検討いただいた。

平成19年度 漂流・漂着ゴミに係る国際的削減方策調査業務検討委員会

日時:平成20年3月4日(火)14:00~16:00

場所:東京八重洲ホール412号会議室

議事:

- (1) 漂流・漂着ゴミ予測手法検討結果報告
- (2) 浮遊物の沈下率測定結果報告

出席者:

(敬称略)

区分	氏名	役職
委員 (50音順)	兼広 春之(座長)	東京海洋大学海洋科学部 教授
	小島 あずさ	JEAN/クリーンアップ全国事務局 代表
	藤枝 繁	鹿児島大学水産学部 准教授
	道田 豊	東京大学海洋研究所 教授
	尹 宗煥	九州大学応用力学研究所 教授
環境省 地球環境局	深見 正仁	環境保全対策課 課長代行
	竹本 明生	環境保全対策課 課長補佐
	安達 裕司	環境保全対策課 審査係長
	柴 里実	環境保全対策課 審査係
事務局	水谷 眞智子	いであ株式会社 環境技術本部 水環境解析G 主任研究員
	河野 史郎	いであ株式会社 環境技術本部 環境技術G 研究員
	諸町 爽子	いであ株式会社 技術営業部 主任

資料編

- 1 . 外力データ（モデル上の風速場と流速場）----- 資-1
- 2 . 沈下率の測定結果----- 資-15
- 3 . ライターの腐食実験（海中浸漬実験）----- 資-39

1. 外力データ（モデル上の風速場と流速場）

1.1 日本海

日本海における漂流・漂着予測計算は、平成 18 年度と同様に RIAMOM(以下、東シナ海流動モデル)の計算結果及び気象庁 GPV の全球モデル(GSM)を使用した。日本海流動モデルの諸元を表- 1.1 に示す。また、日本海流動場と気象庁 GPV の全球モデルの 4 年間月平均場を図- 1.1 に示す。

表- 1.1 日本海流動モデルの諸元

項目	内容
計算範囲	日本海全域
計算グリッド	1/12°
計算期間	2003 年 1 月 1 日 ～ 2006 年 12 月 31 日
計算出力間隔	1 日データで出力
潮汐	なし
データ同化	海面高度(TOPEX/POSEIDON) 水温(NGSST)
気象データ	気象庁 GPV(MSM)

1.2 東シナ海

東シナ海における漂流・漂着予測計算は、平成 18 年度と同様に九州大学応用力学研究所が別途計算した RIAMOM(以下、東シナ海流動モデル)の計算結果及び及び気象庁 GPV の全球モデル(GSM)を使用した。東シナ海流動モデルの諸元を表- 1.2 に示す。また、日本海流動場と気象庁 GPV の全球モデルの 4 年間月平均場を図- 1.1 に示す。

表- 1.2 東シナ海流動モデルの諸元

項目	内容
計算範囲	117°E - 143°E 23°N - 53°N
計算グリッド	1/6°
計算期間	33 年間の内最終 1 年間を出力
計算出力間隔	1 日データで出力
潮汐	なし
データ同化	水温・塩分
気象データ	NCEP/NCAR 1979-2000 年の気候値

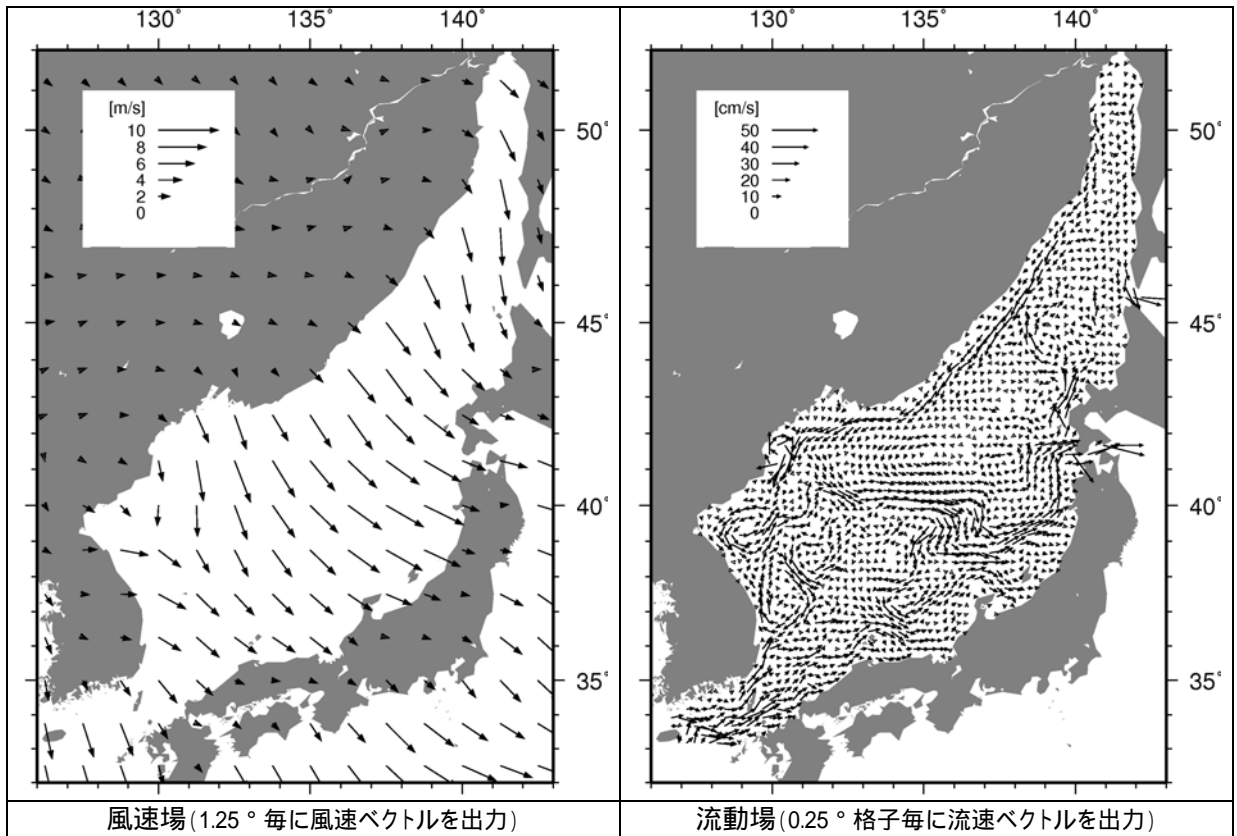


図- 1.1(1) 1月の風速場と流動場

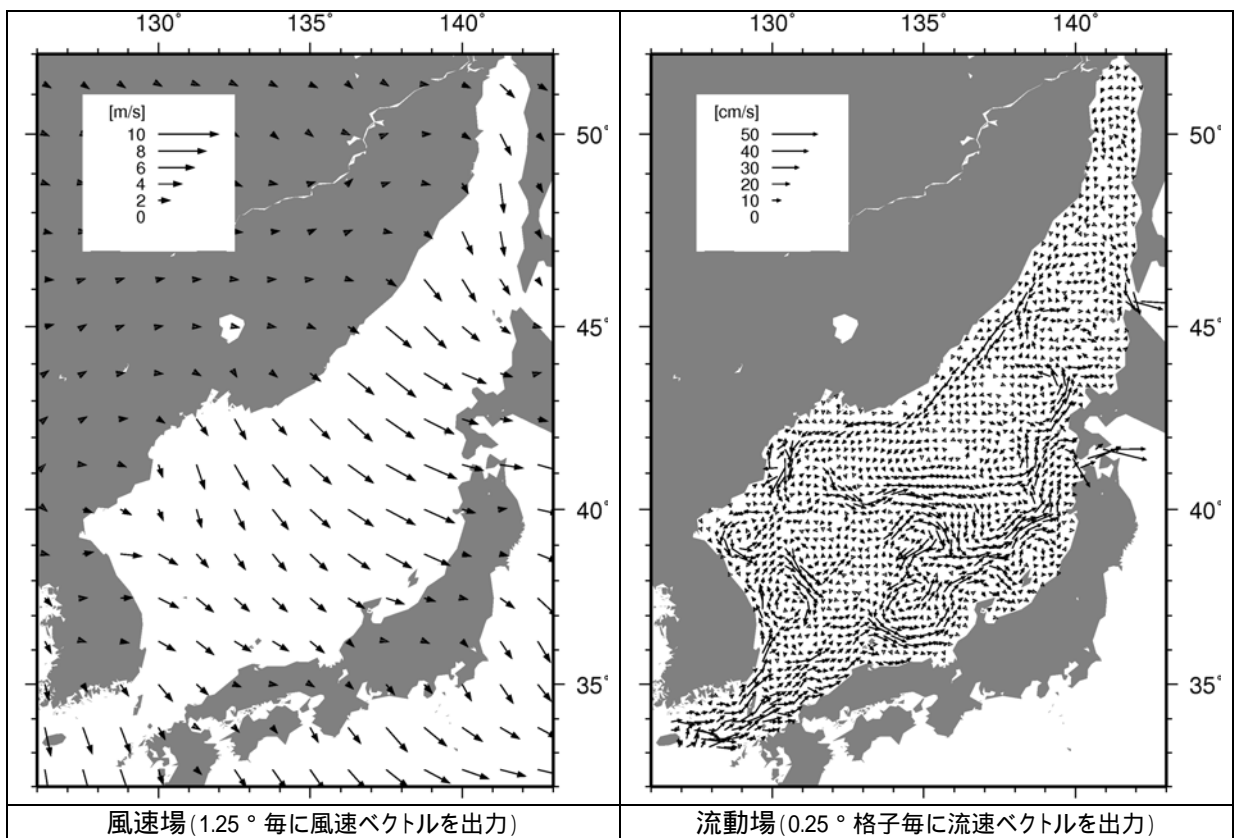


図- 1.1(2) 2月の風速場と流動場

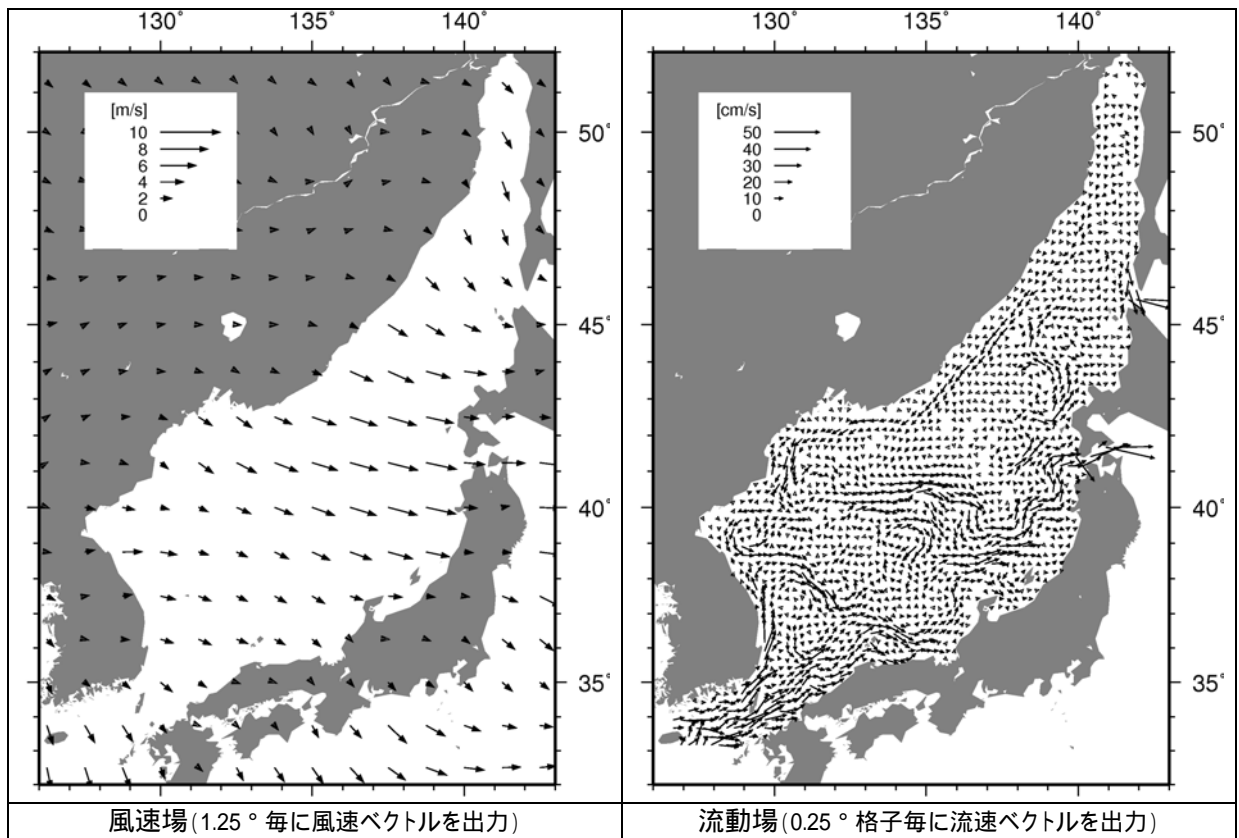


図- 1.1(3) 3月の風速場と流動場

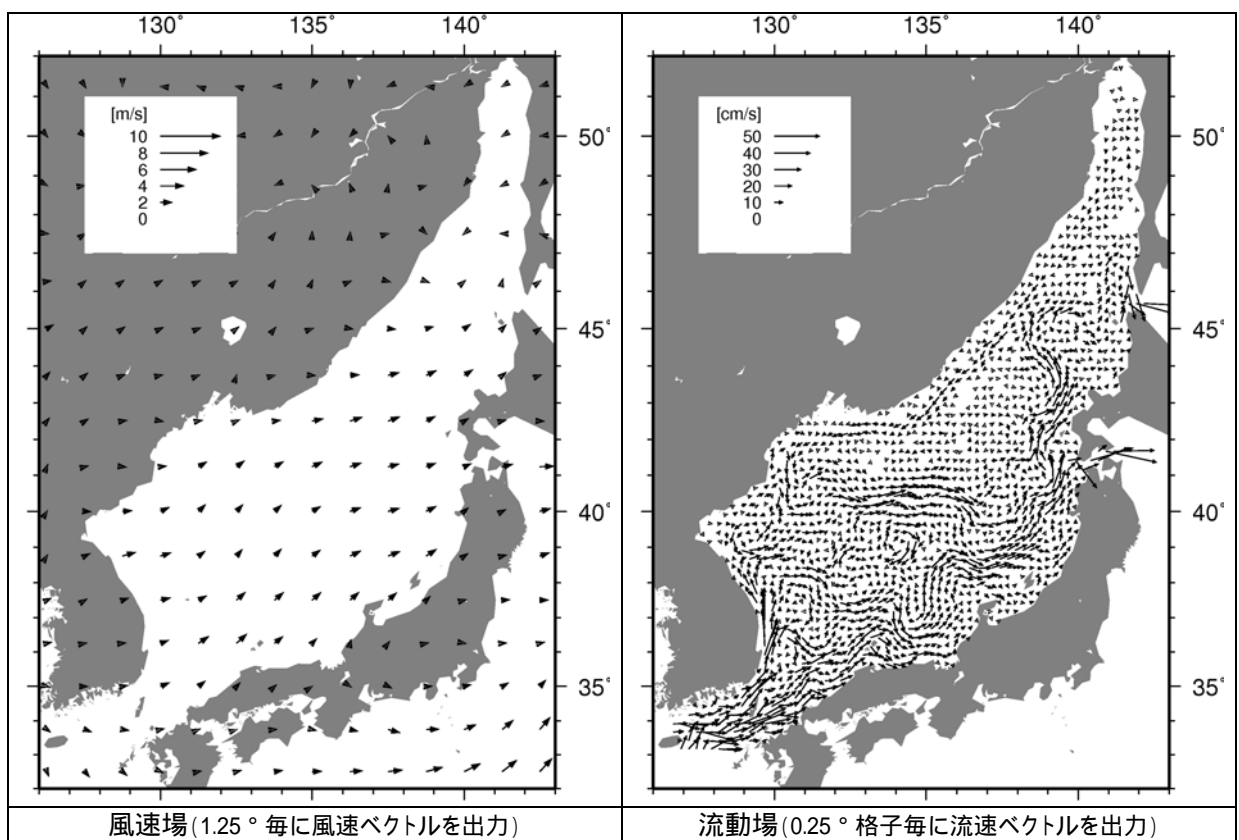


図- 1.1(4) 4月の風速場と流動場

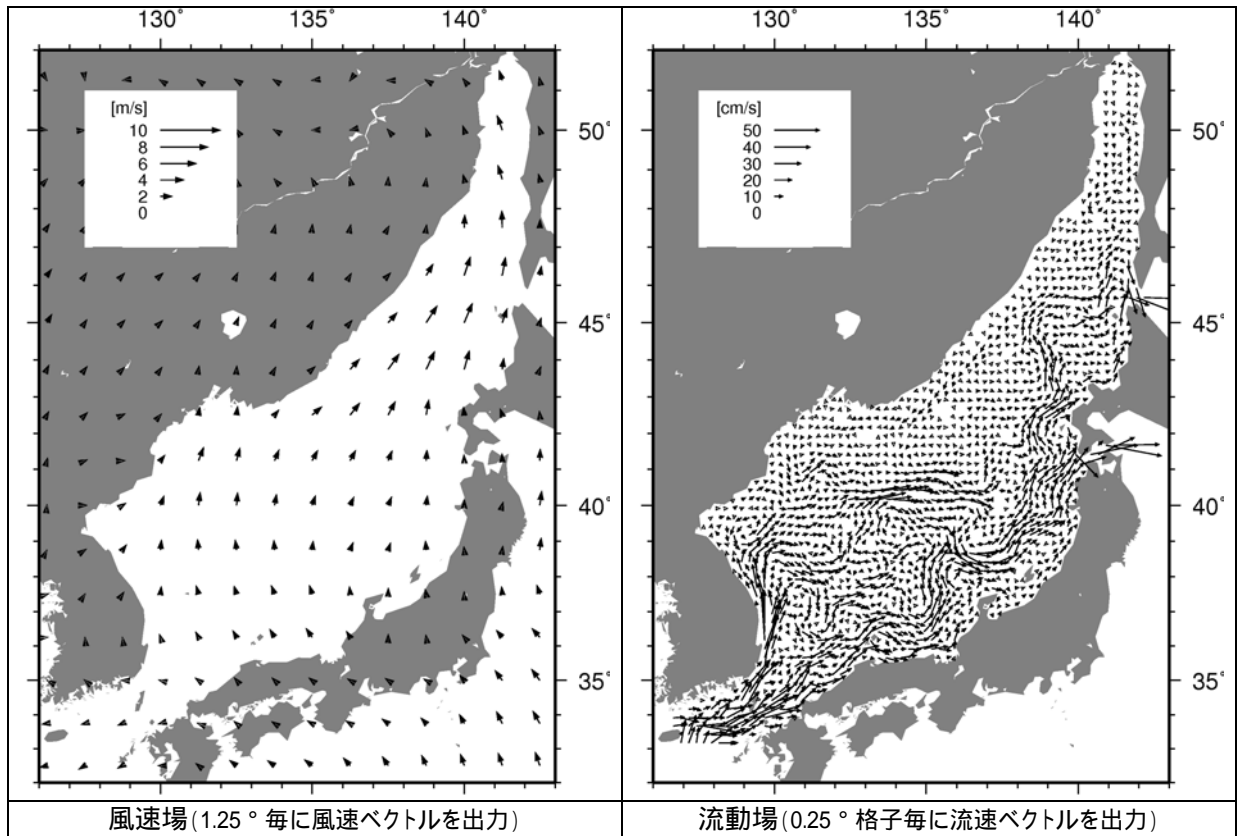


図- 1.1(5) 5月の風速場と流動場

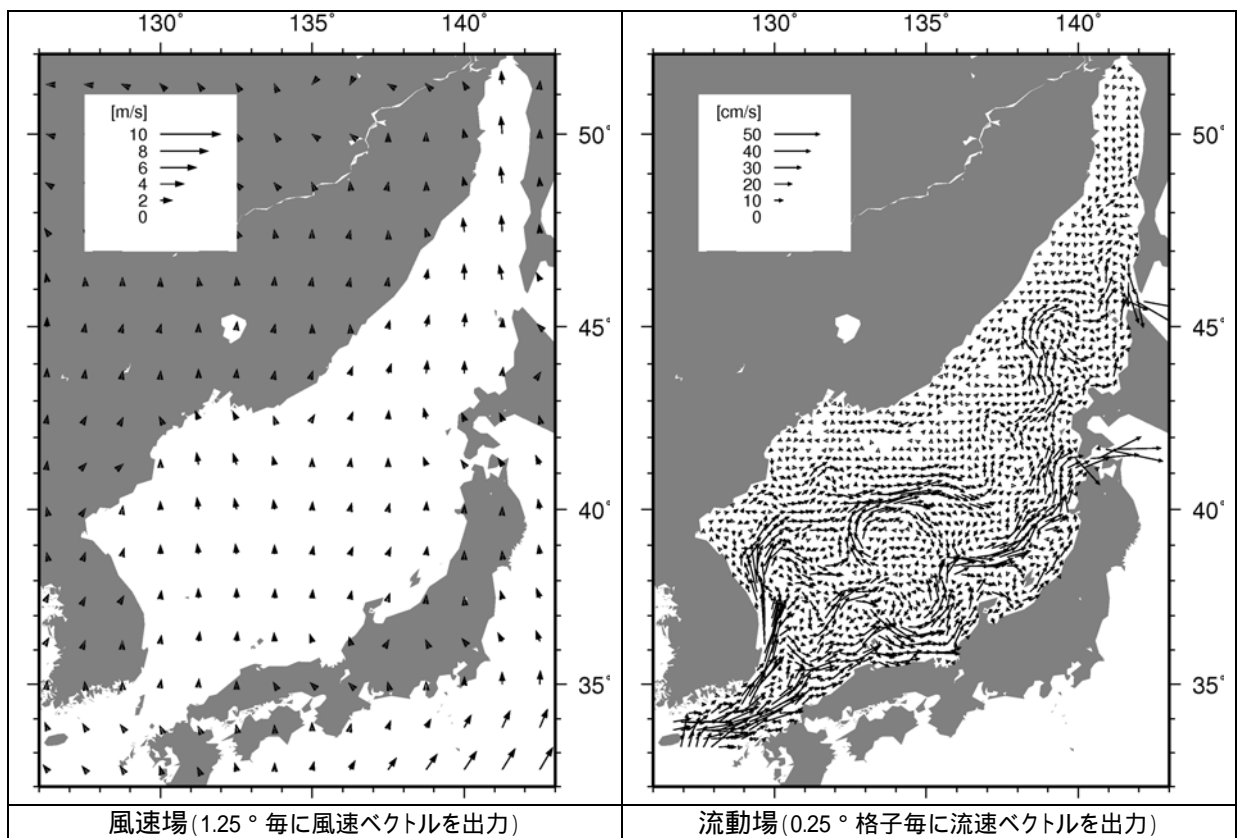


図- 1.1(6) 6月の風速場と流動場

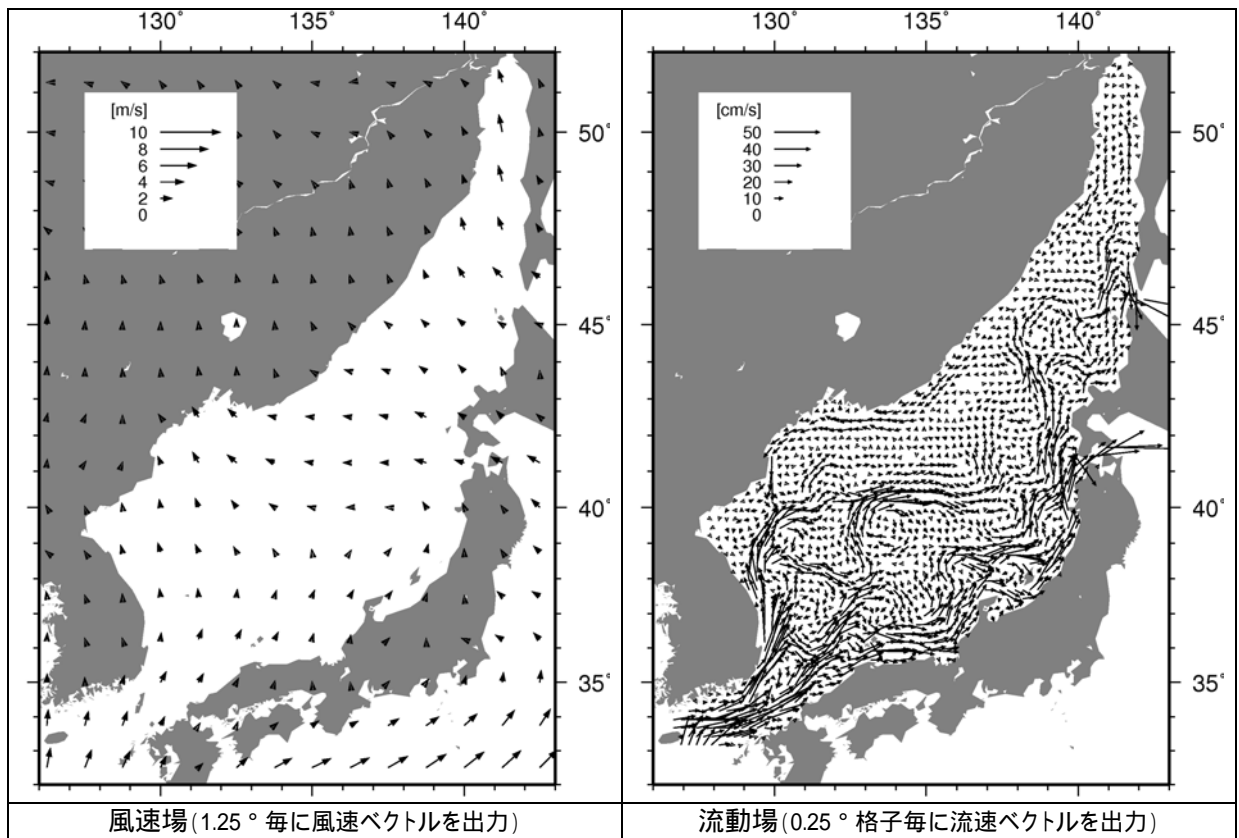


図- 1.1(7) 7月の風速場と流動場

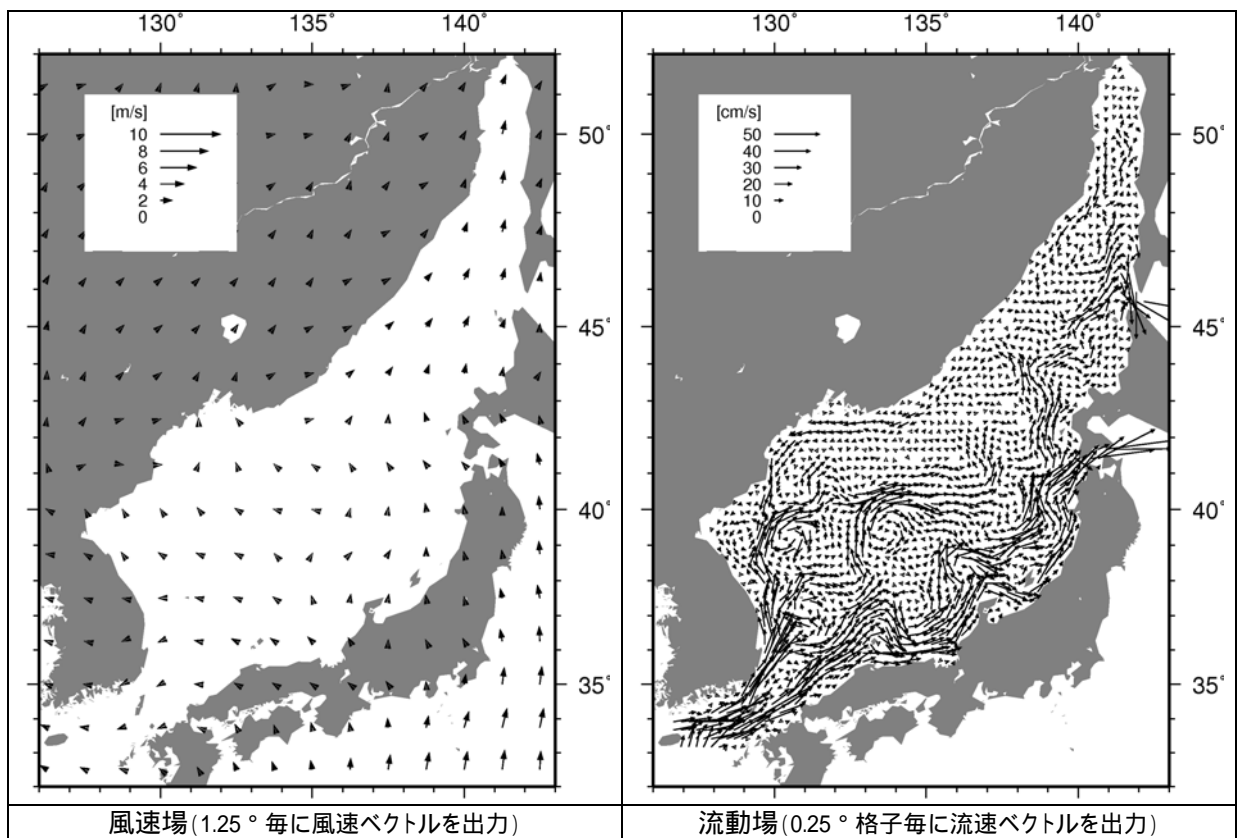


図- 1.1(8) 8月の風速場と流動場

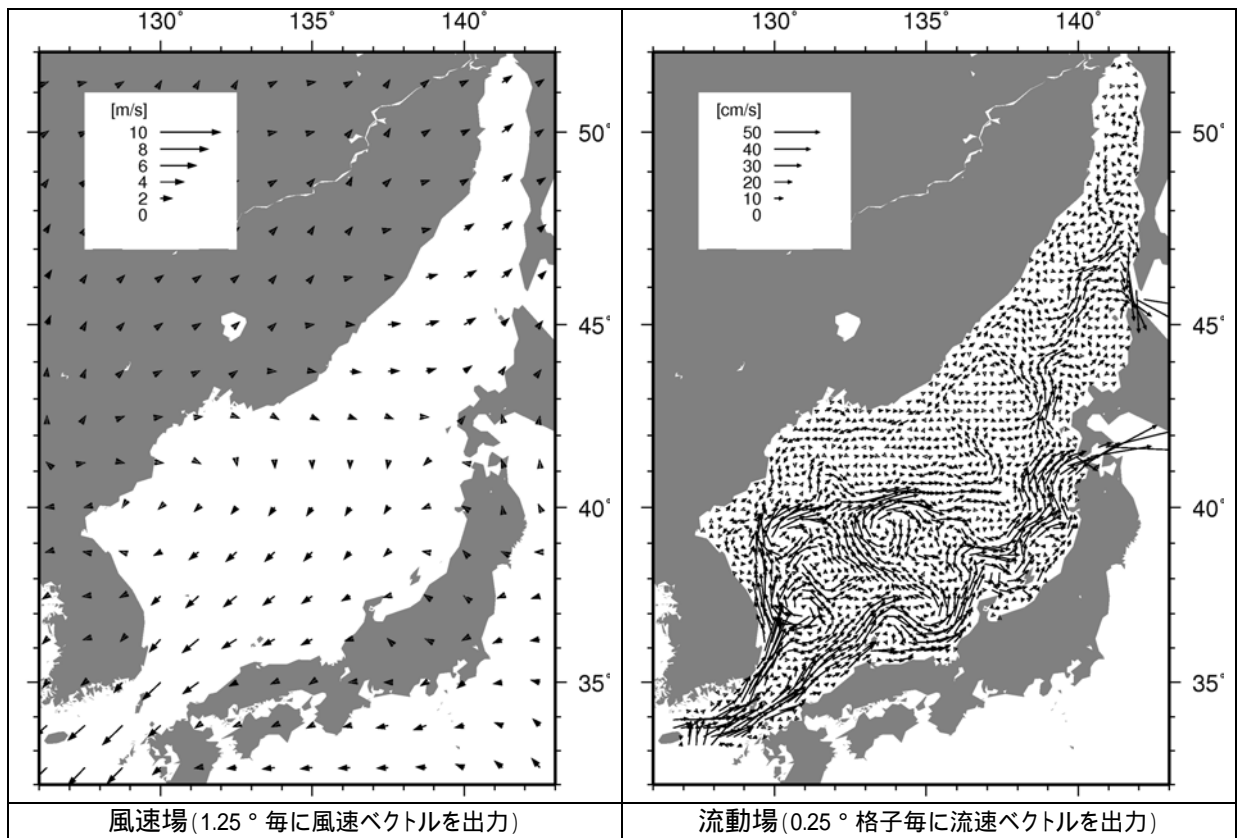


図- 1.1(9) 9月の風速場と流動場

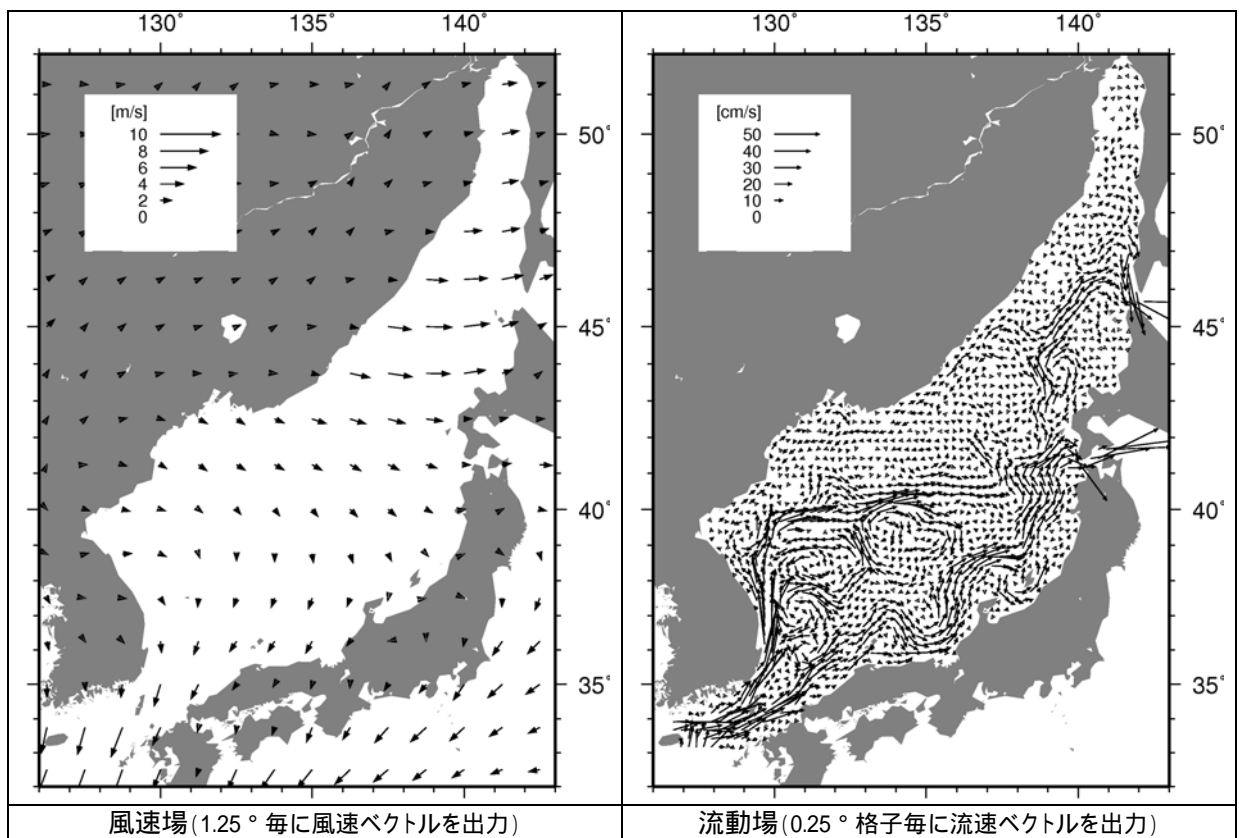


図- 1.1(10) 10月の風速場と流動場

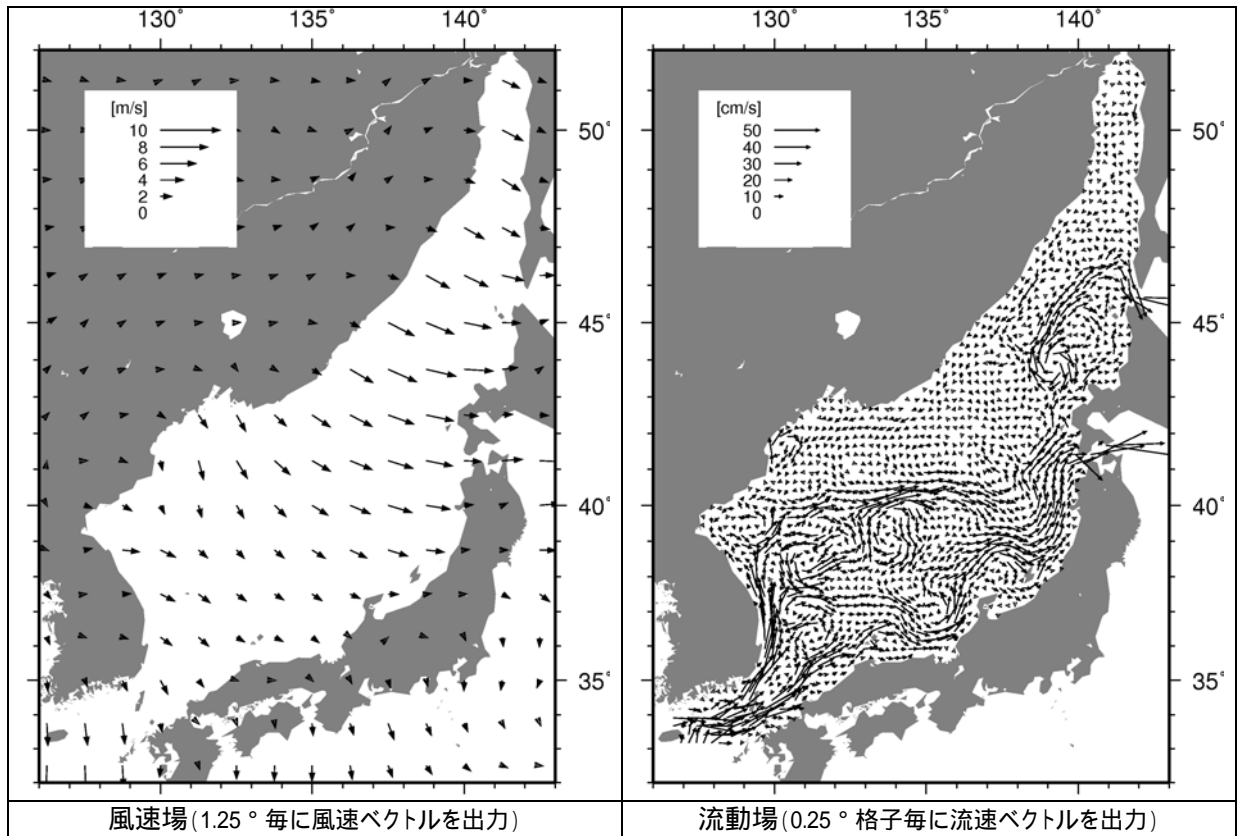


図- 1.1(11) 11月の風速場と流動場

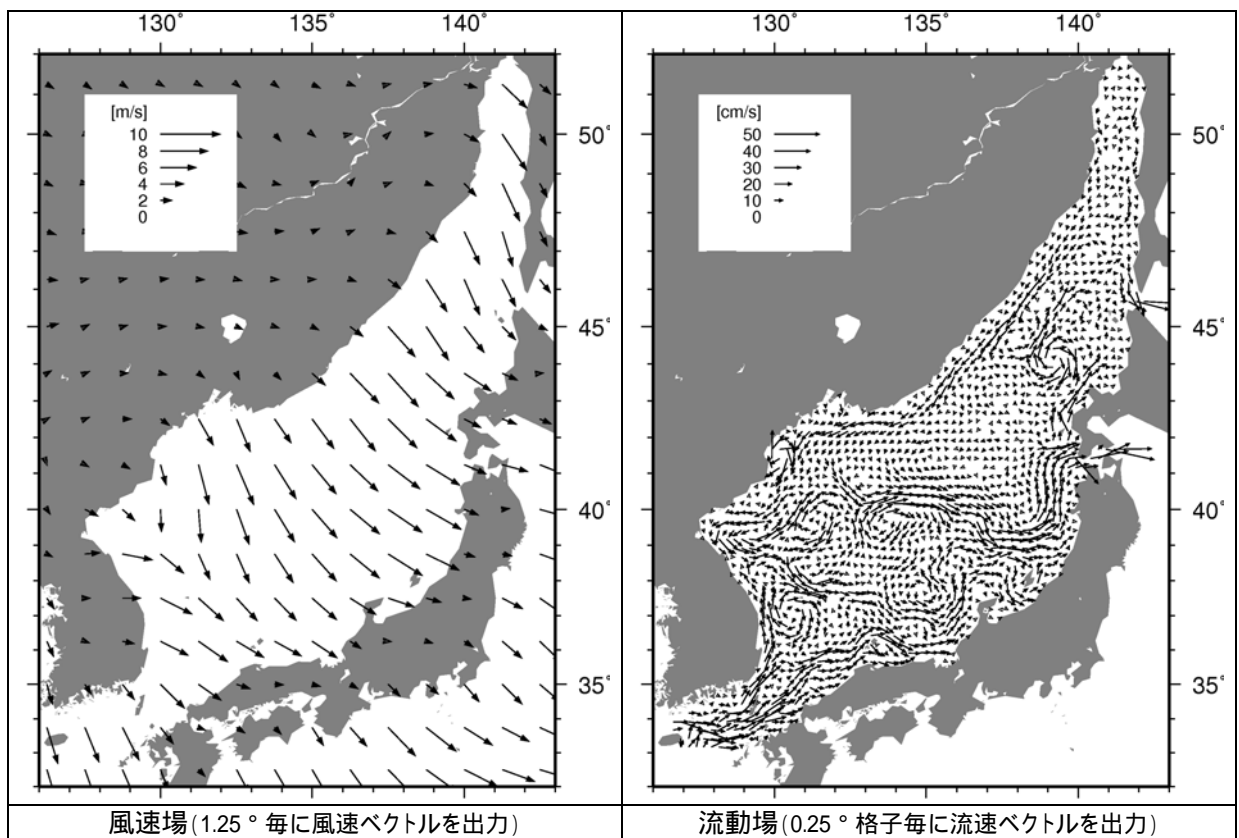


図- 1.1(12) 12月の風速場と流動場

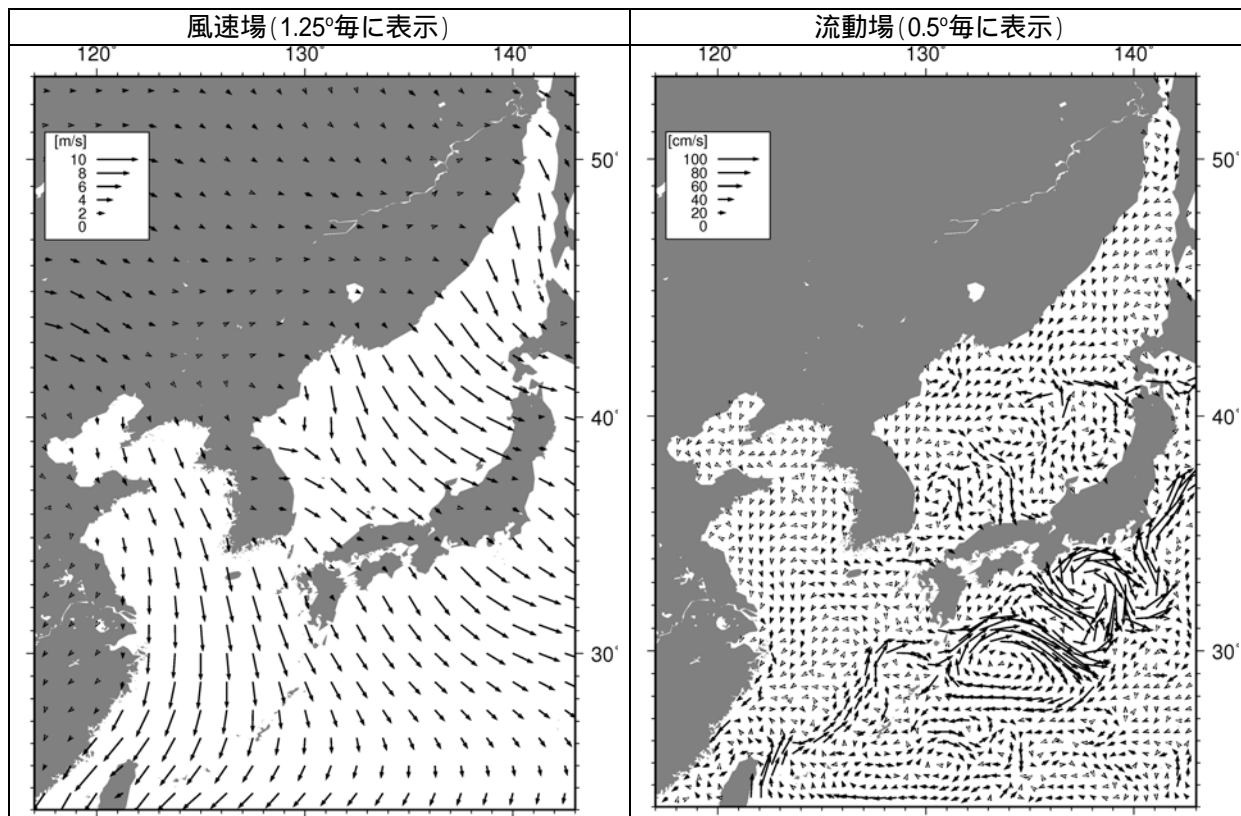


図- 1.2(1) 1月の風速場と流動場

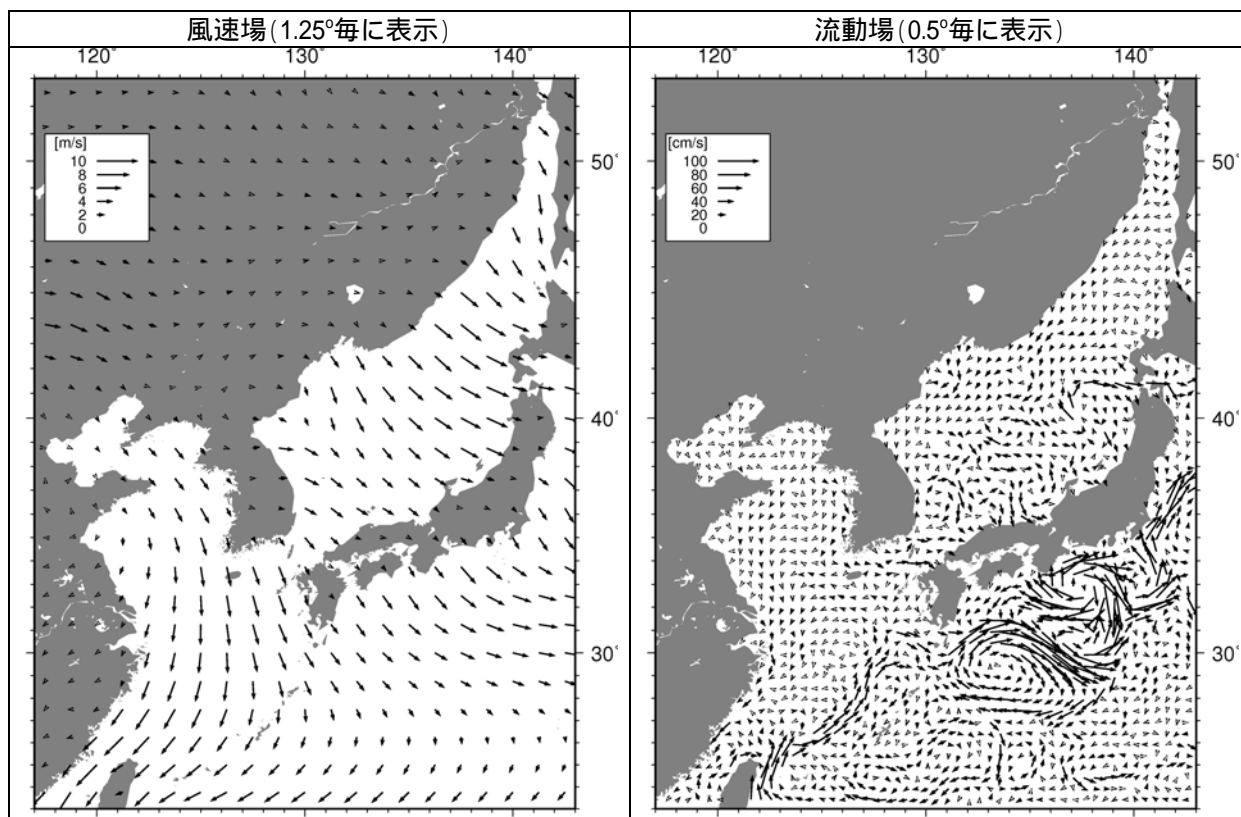


図- 1.2(2) 2月の風速場と流動場

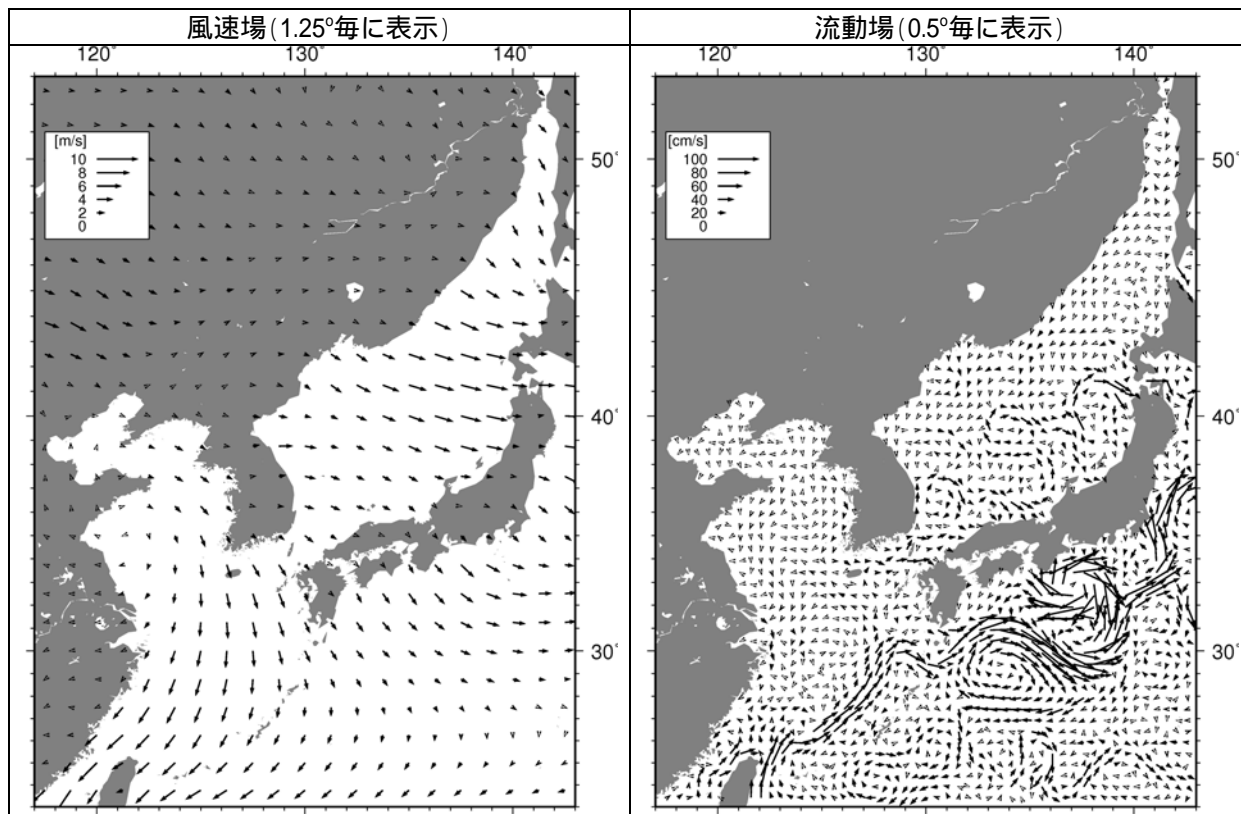


図- 1.2(3) 3月の風速場と流動場

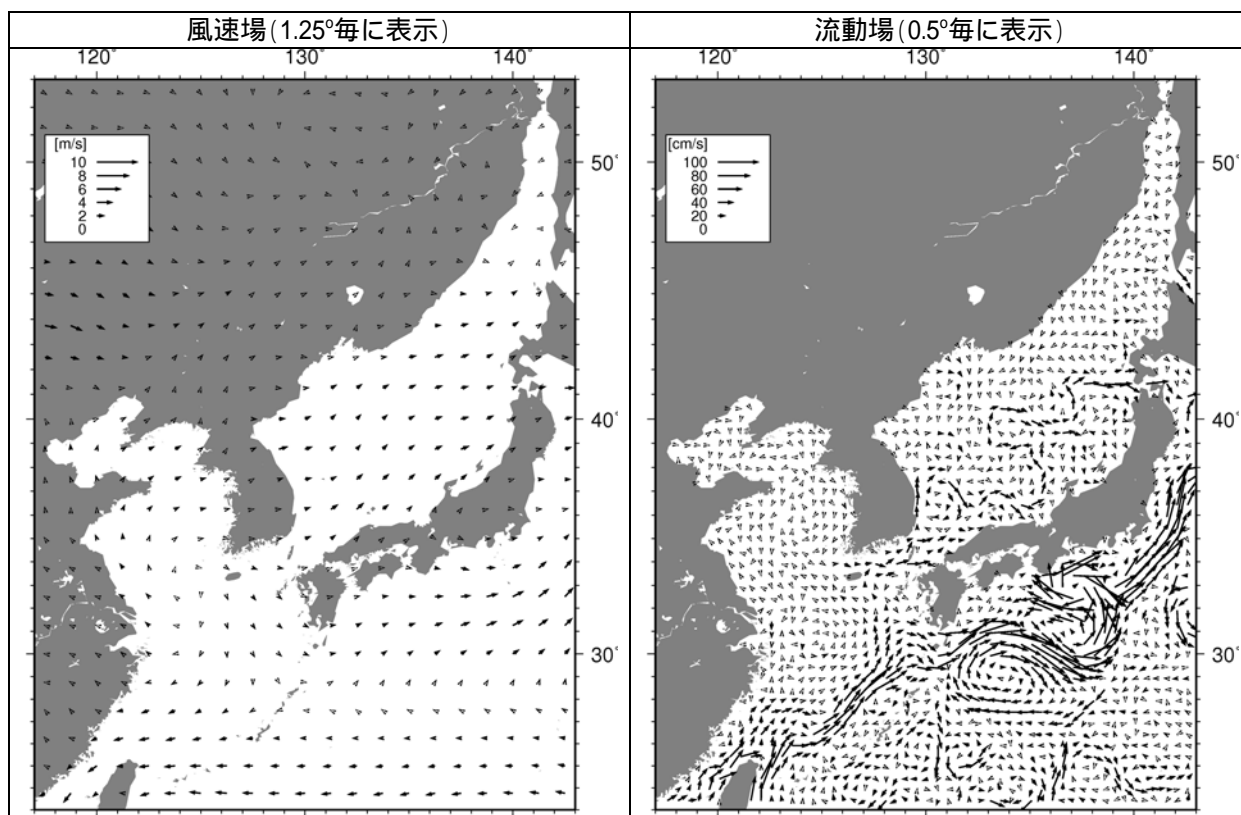


図- 1.2(4) 4月の風速場と流動場

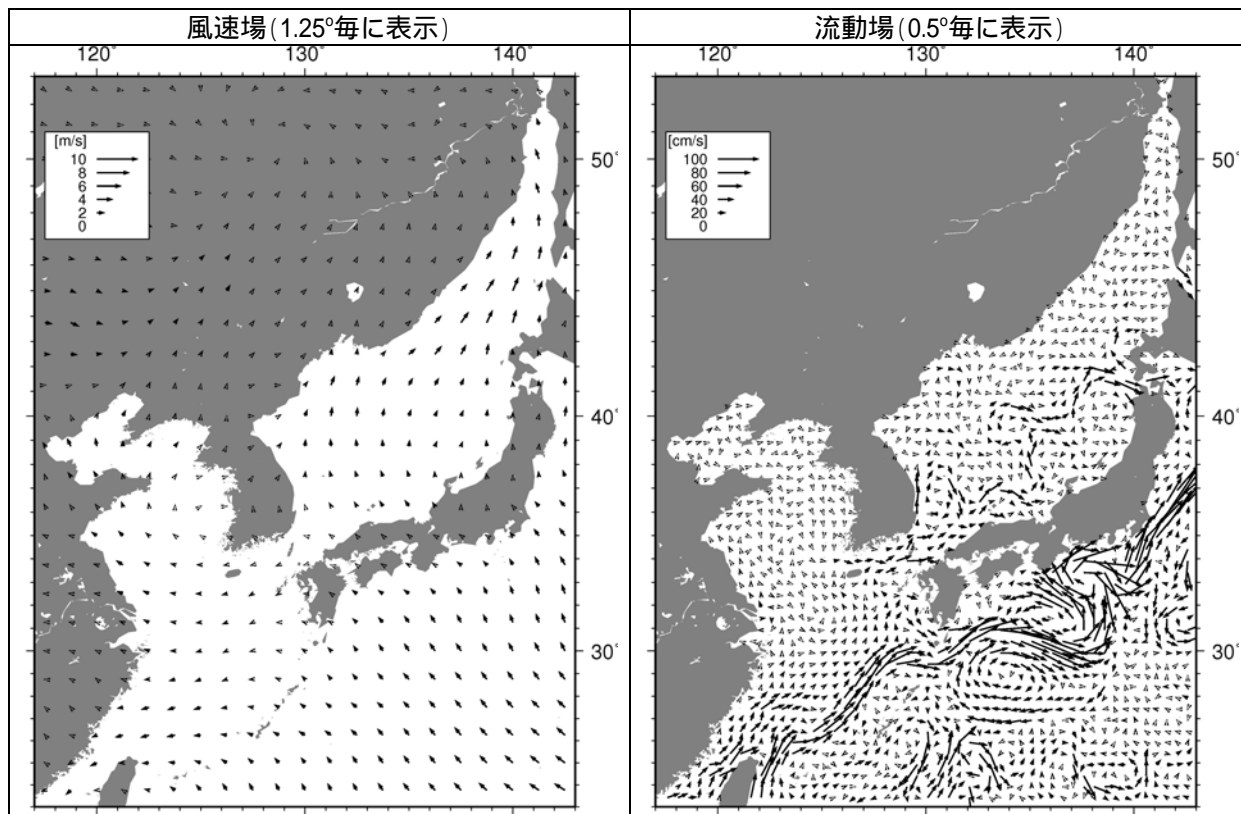


図- 1.2(5) 5月の風速場と流動場

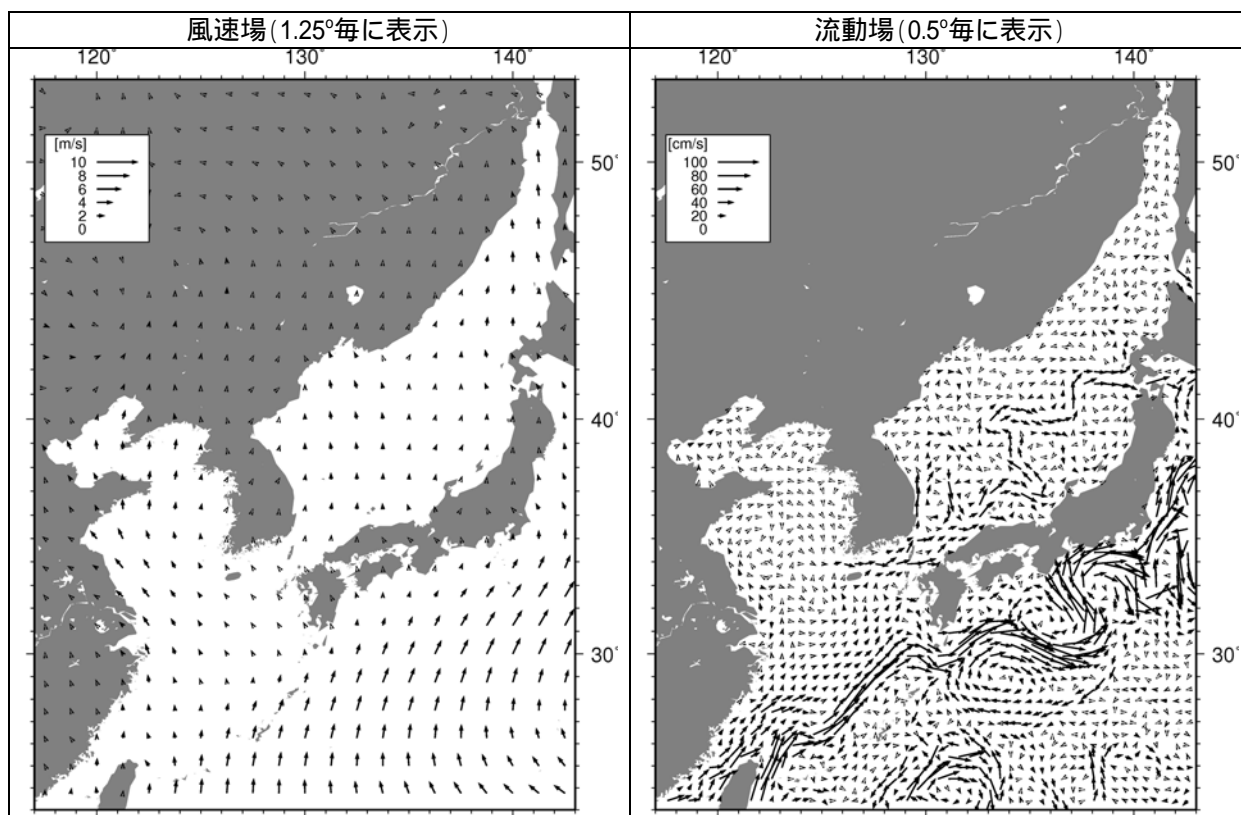


図- 1.2(6) 6月の風速場と流動場

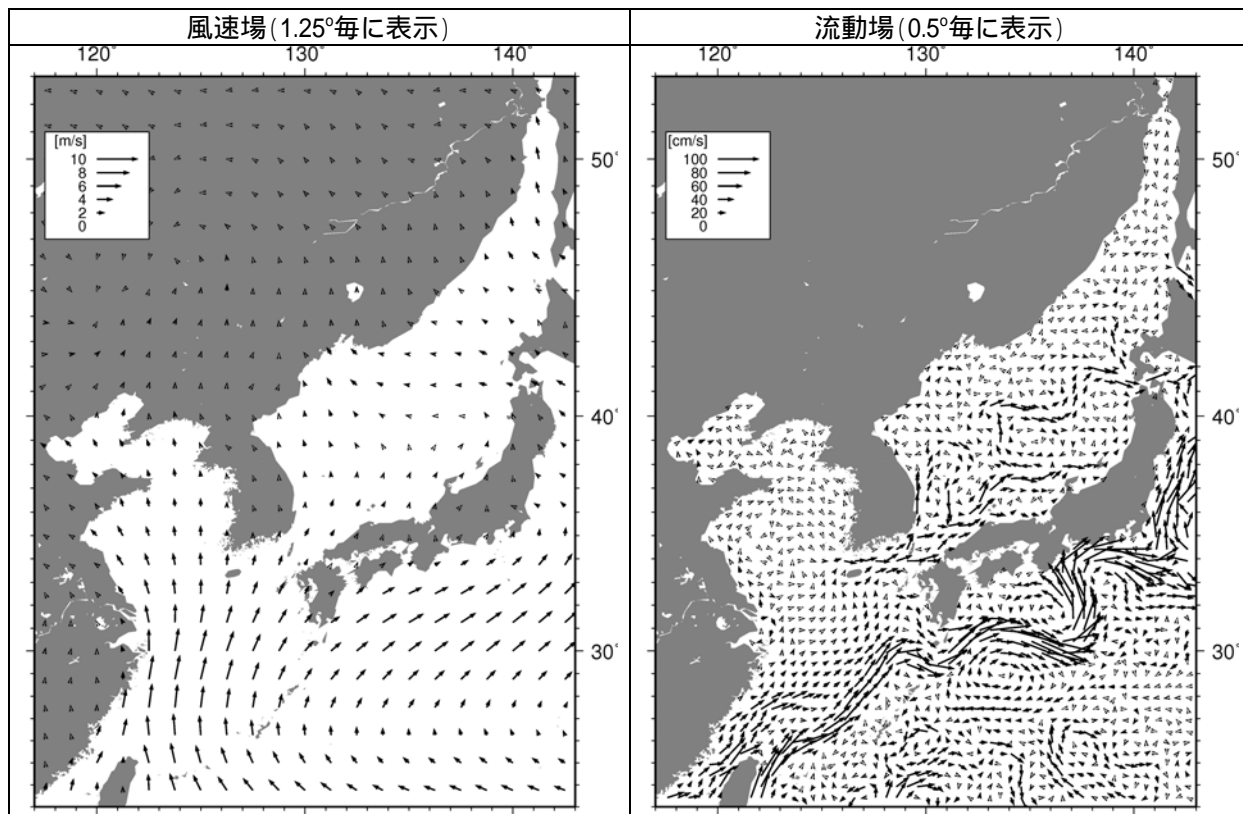


図- 1.2(7) 7月の風速場と流動場

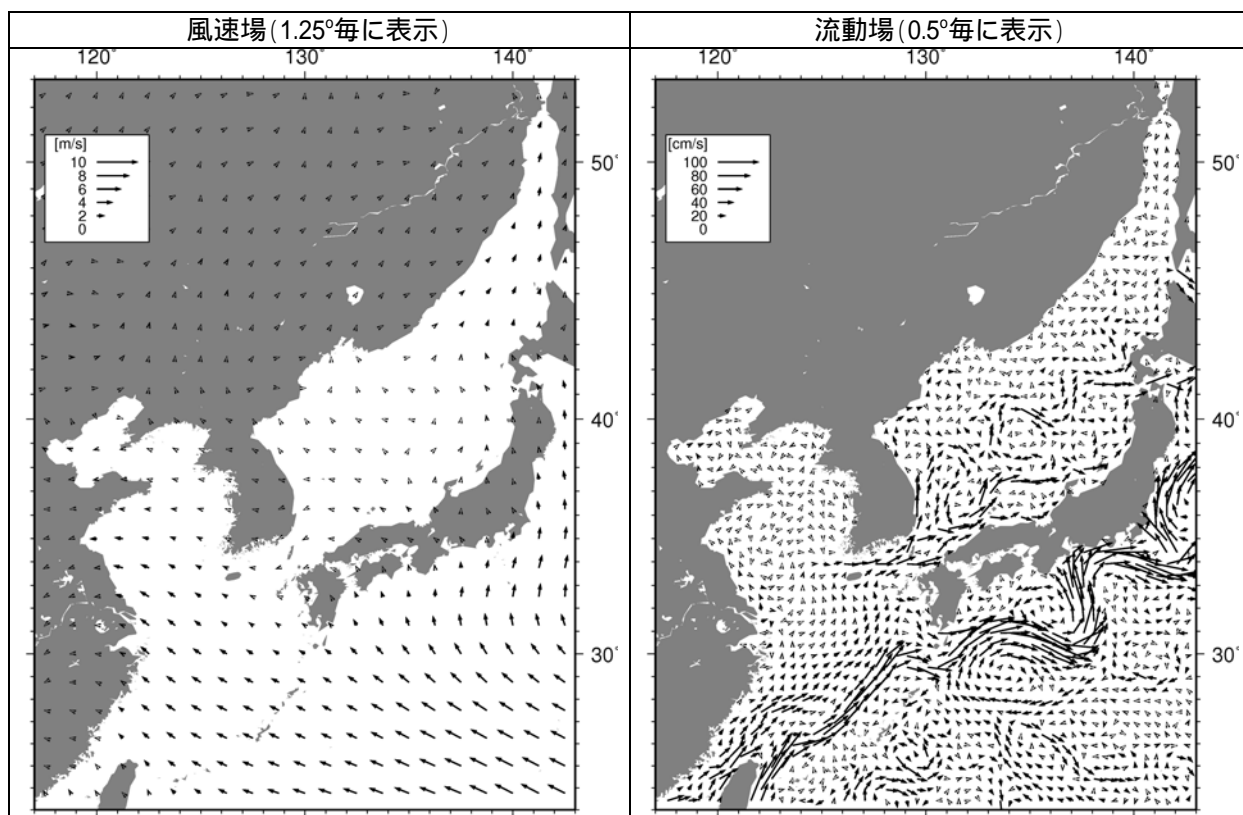


図- 1.2(8) 8月の風速場と流動場

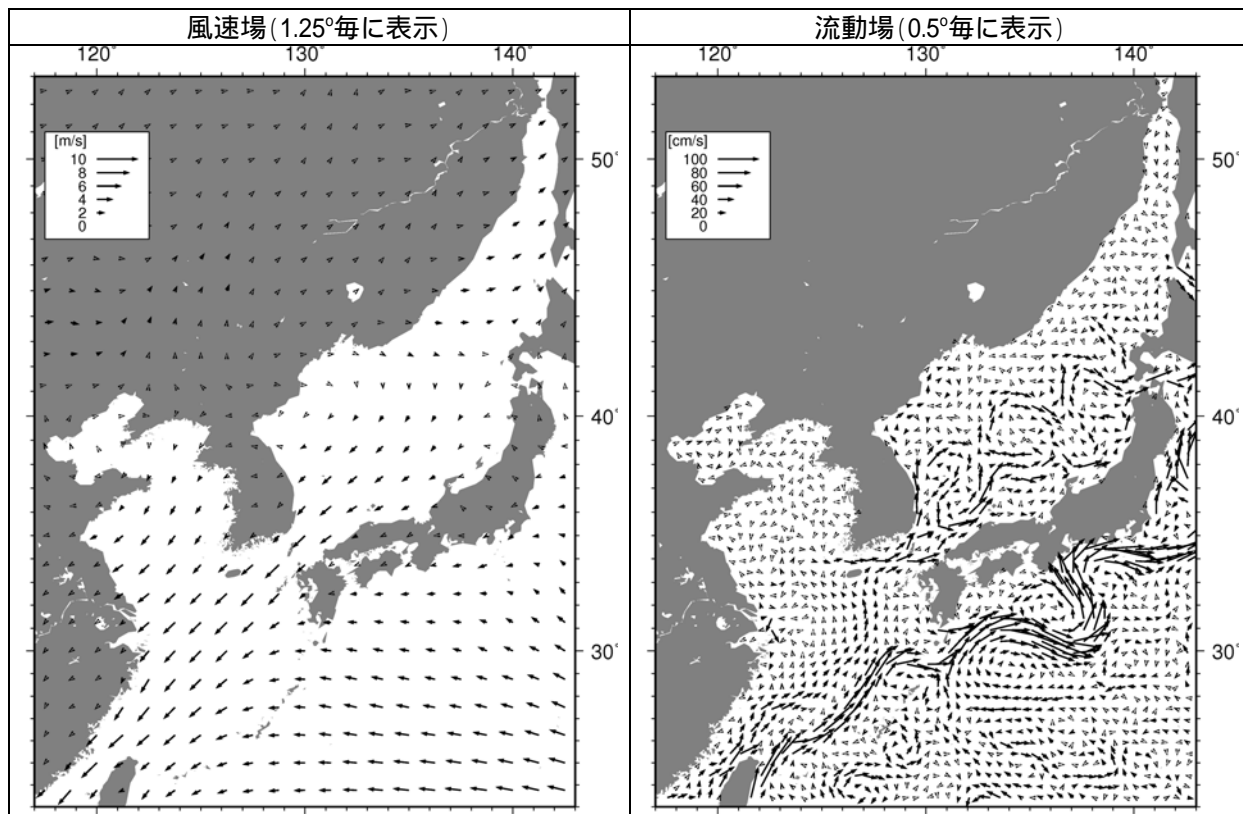


図- 1.2(9) 9月の風速場と流動場

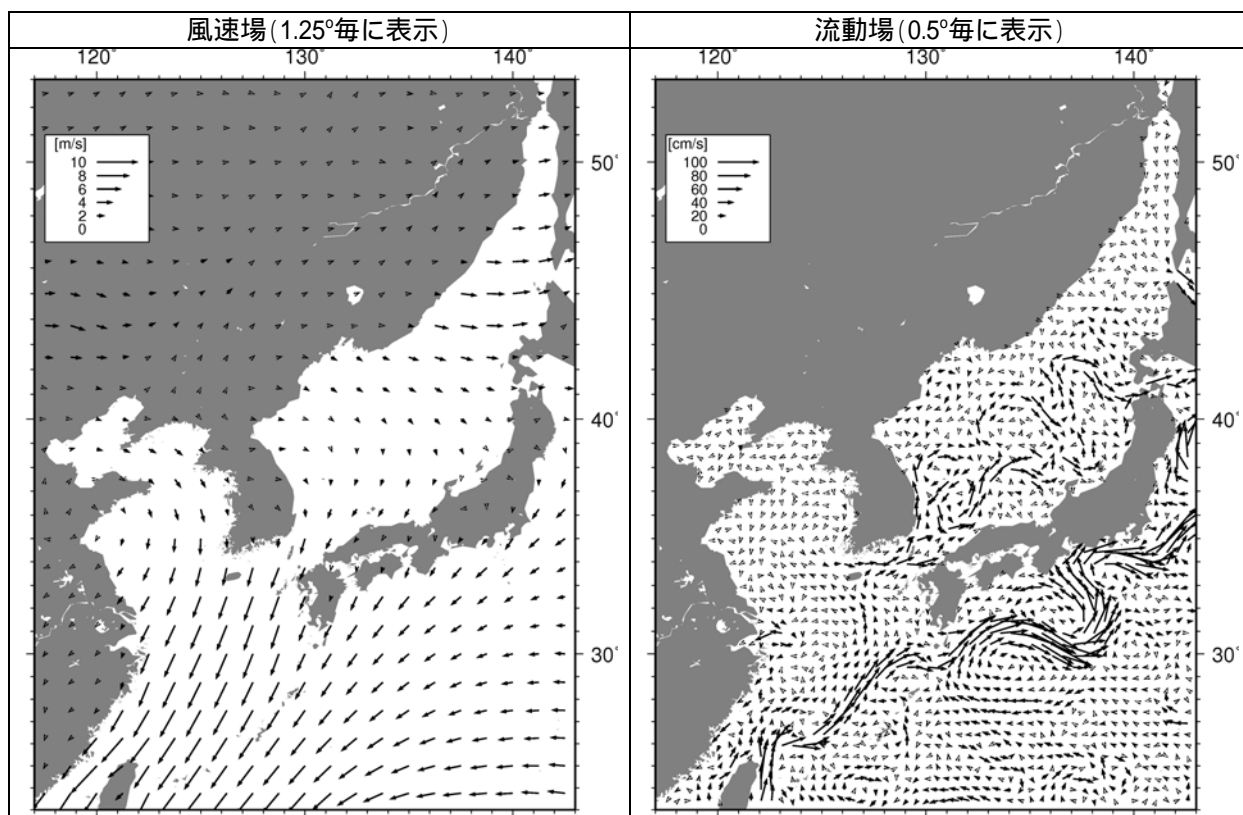


図- 1.2(10) 10月の風速場と流動場

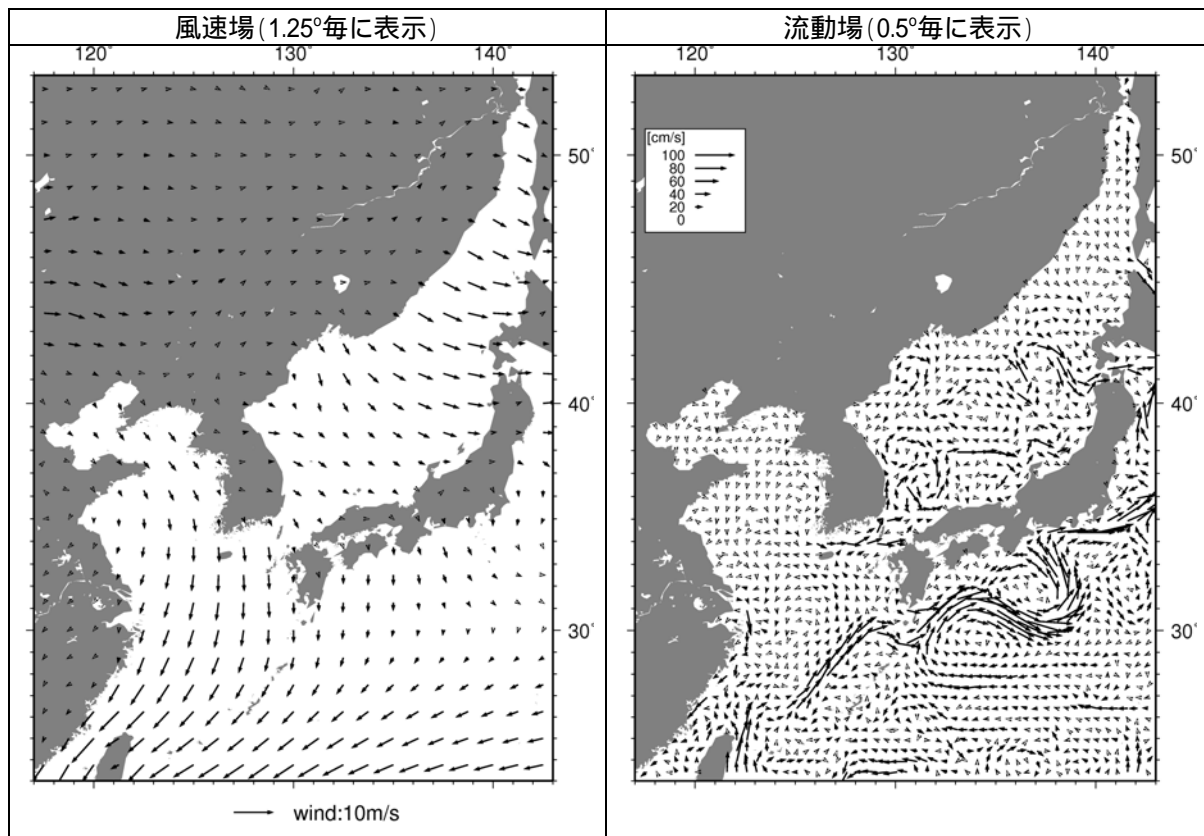


図- 1.2(11) 11月の風速場と流動場

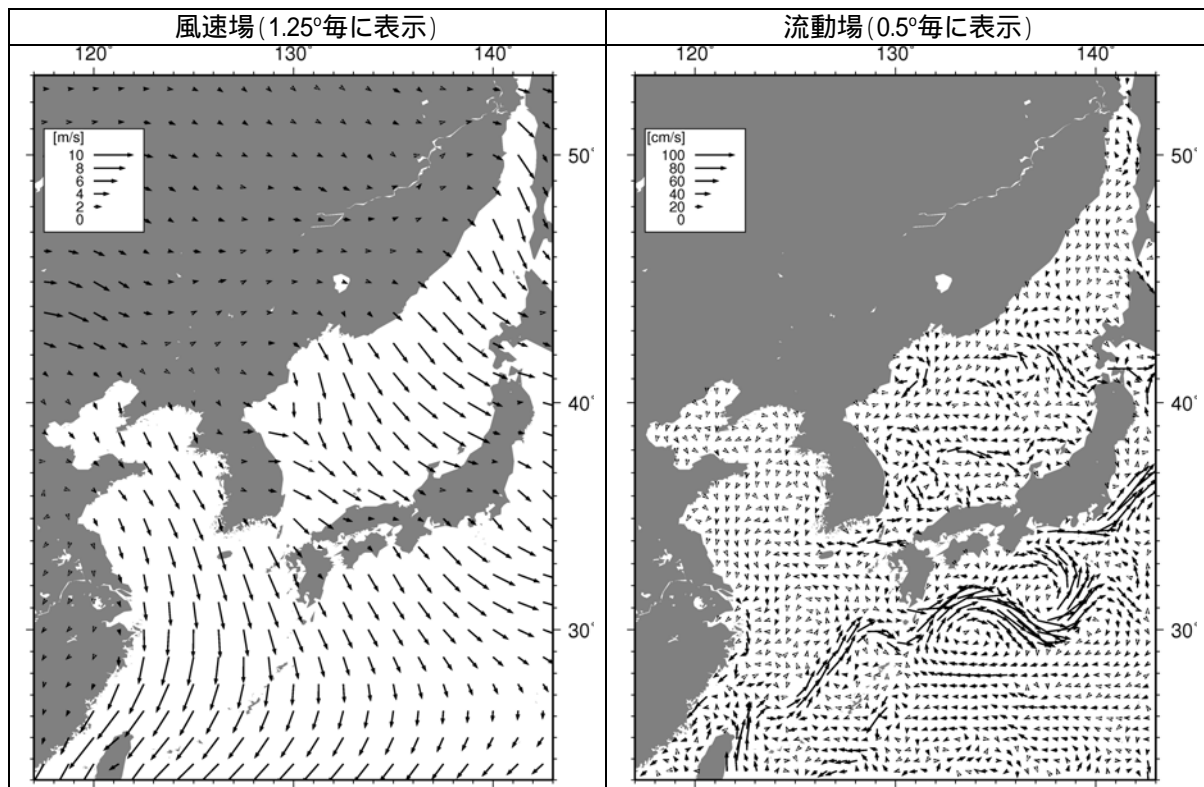


図- 1.2(12) 12月の風速場と流動場

2. 沈下率測定結果

検討対象としたアイテムのいくつかを水槽の海水に浮かべておおよその沈下率を測定した。使用した海水の水温は約 25 、塩分は約 36.5(psu)であった。沈下率を測定した状況を以下に示す。

1. 発砲スチロールブイ		
概観		備考
浮遊状況		備考
空中断面積 / 水中断面積=11.9		空中断面積 : 水中断面積 = 0.9 : 0.1

2. 発砲スチロールブイ		
概観		備考
浮遊状況		備考
空中断面積 / 水中断面積=3.9		空中断面積 : 水中断面積 = 0.8 : 0.2

3. 発砲スチロールブイ

<p>概観</p>		<p>備考</p>
<p>浮遊状況</p>		<p>備考</p>
<p>空中断面積 / 水中断面積=2.3</p>		<p>空中断面積 : 水中断面積 = 0.7 : 0.3</p>

4. プラスチックブイ		
概観		備考
浮遊状況		備考
空中断面積 / 水中断面積=1.6		空中断面積 : 水中断面積 = 0.6 : 0.4

5. ペットボトル		
概観		備考
浮遊状況		備考 内容物： なし
空中断面積 / 水中断面積=22.5		空中断面積 : 水中断面積 = 0.9 : 0.1

5. ペットボトル (続き)		
浮遊状況		備考
		内容物 :
		5 分の 1
		程度残留
空中断面積 / 水中断面積=2.9 空中断面積 : 水中断面積 = 0.7 : 0.3		
浮遊状況		備考
		内容物 :
		2 分の 1
		程度残留
空中断面積 / 水中断面積=0.5 空中断面積 : 水中断面積 = 0.4 : 0.6		

6. ペットボトル		
概観		備考
浮遊状況		備考
		内容物： なし
空中断面積 / 水中断面積=6.4		空中断面積：水中断面積 = 0.9 : 0.1

6. ペットボトル (続き)		
浮遊状況		備考
		内容物 :
		5 分の 1
		程度残留
空中断面積 / 水中断面積=2.1 水中断面積 : 空中断面積 = 0.7 : 0.3		
浮遊状況		備考
		内容物 :
		2 分の 1
		程度残留
空中断面積 / 水中断面積=0.7 空中断面積 : 水中断面積 = 0.4 : 0.6		

7. ペットボトル		
概観		備考
浮遊状況		備考 内容物： なし
空中断面積 / 水中断面積=6.9		空中断面積 : 水中断面積 = 0.9 : 0.1

7. ペットボトル (続き)		
浮遊状況		備考
		内容物： 5分の1 程度残留
空中断面積 / 水中断面積=1.6		空中断面積 : 水中断面積 = 0.6 : 0.4
浮遊状況		備考
		内容物： 2分の1 程度残留
空中断面積 / 水中断面積=0.7		空中断面積 : 水中断面積 = 0.4 : 0.6

8. バイアル瓶(医療ゴミ)		
概観		備考
浮遊状況		備考 サンプル:
空中断面積 / 水中断面積=0.7		空中断面積 : 水中断面積 = 0.4 : 0.6

7. バイアル瓶(医療ゴミ) (続き)		
浮遊状況		備考
		サンプル:
空中断面積 / 水中断面積=0.8		空中断面積 : 水中断面積 = 0.4 : 0.6
浮遊状況		備考
		サンプル:
空中断面積 / 水中断面積=0.4		空中断面積 : 水中断面積 = 0.3 : 0.7

7. バイアル瓶(医療ゴミ) (続き)		
浮遊状況		備考
		サンプル:
空中断面積 / 水中断面積=0.3		空中断面積 : 水中断面積 = 0.3 : 0.7

8. バイアル瓶(医療ゴミ)

<p>概観</p>		<p>備考</p>
<p>浮遊状況</p>		<p>備考</p> <p>サンプル:</p>
<p>空中断面積 / 水中断面積=0.6</p>		<p>空中断面積 : 水中断面積 = 0.4 : 0.6</p>

8. バイアル瓶(医療ゴミ) (続き)		
浮遊状況		備考
		サンプル:
空中断面積 / 水中断面積=0.9		空中断面積 : 水中断面積 = 0.5 : 0.5
浮遊状況		備考
		サンプル:
空中断面積 / 水中断面積=0.2		空中断面積 : 水中断面積 = 0.1 : 0.9

9. バイアル瓶(医療ゴミ)		
概観		備考
浮遊状況		備考 サンプル:
空中断面積 / 水中断面積=0.4		空中断面積 : 水中断面積 = 0.3 : 0.7

9. バイアル瓶(医療ゴミ) (続き)		
浮遊状況		備考
		サンプル:
空中断面積 / 水中断面積=0.4		空中断面積 : 水中断面積 = 0.3 : 0.7
浮遊状況		備考
		サンプル:
空中断面積 / 水中断面積=0.0		空中断面積 : 水中断面積 = 0.0 : 1.0

9. バイアル瓶(医療ゴミ) (続き)		
浮遊状況		備考
		サンプル:
空中断面積 / 水中断面積=0.7		空中断面積 : 水中断面積 = 0.4 : 0.6

10. 医療ゴミ（その他）

概観



備考

浮遊状況



備考

空中断面積 / 水中断面積 = -

空中断面積 : 水中断面積 = -

11. オレンジフロート		
概観		備考
浮遊状況		備考
空中断面積 / 水中断面積=1.0		空中断面積 : 水中断面積 = 0.5 : 0.5

12. 青フロート		
概観		備考
浮遊状況		備考
空中断面積 / 水中断面積=0.9		空中断面積 : 水中断面積 = 0.5 : 0.5

13.ライター（破損なし）

<p>概観</p>		<p>備考</p>
<p>浮遊状況</p>		<p>備考</p>
<p>空中断面積 / 水中断面積=0.0</p>		<p>空中断面積 : 水中断面積 = 0.0 : 1.0</p>

14. 強化スチロールブイ

<p>概観</p>		<p>備考</p>
<p>浮遊状況</p>		<p>備考</p>
<p>空中断面積 / 水中断面積=4.2</p>		<p>空中断面積 : 水中断面積 = 0.8 : 0.2</p>

14. 強化スチロールブイ

浮遊状況



備考

水面をテ
ープにて
ラベリン
ゲ

3. ライターの腐食実験（海水浸漬実験）

3.1 実験条件

使用済みのディスポーザブルライターを日本国内で収集した。添付されたラベルから判断して大部分の販売は日本国内と判断できるが、製造はボディに刻印された国名からさまざまであると推定された。計 36 個のライターの推定される製造国は、表 3.1 のとおりであった。

表 3.1 収集ライターの製造国

製造国	個数
日本	4
中国	20
フィリピン	2
メキシコ	1
タイ	1
ベトナム	1
スペイン	1
不明	6

3.1.1 方法

収集した使用済みライターを海水に漬け、腐食の進行具合を見た。海水に漬けたライターが互いに接触しないようひとつずつ水きりネットに入れた上で全部を大きいネットで包み、ロープにつないで海中に設置した。

設置前と回収後に重量の変化を測定した。また、燃料の残量を記録した。

設置時と回収時および途中で一回引き揚げた際に、外観の変化を見るため写真撮影を行なった。



図 3.1 水きりネットに入れたライターをさらに大きいネットに入れたところ（海洋大岸壁にて）

3.1.2 設置場所

東京海洋大学の埠頭岸壁の浮き桟橋から、ネットに入れたライターをロープにつないで海中に設置した。従ってライターは、チェックのために引き揚げているときを除き、潮汐に関わらず常時海水中にあった。

3.1.3 時期

2008 年 1 月 8 日から 21 日まで 13 日間。

この間、1 月 11 日に途中経過観察のため、一時引き揚げた。

3.2 実験結果

3.2.1 浮遊状況

海中に設置する前、途中引き揚げ時、回収後の3回、浮遊状況を記録した。ピーカーに岸壁から汲み上げた海水を入れ、ここにライターを投入して室内で撮影を行なった。

(1) 設置前(2008年1月8日)

2008年1月8日の設置前に浮遊姿勢をみたところ、設置前に海水中に入れた段階で、直ちに沈下したものが3個あった(いずれも中国製、小型、特殊形状)。また、ほぼ水平に浮かんだものが5個あり(中国製2個、不明3個)、いずれも水面に接してほぼ全沈していた。その他は風防金具、回転ヤスリがある上部を下にして概ね垂直に浮かんだ。このとき、ライターの底部が水面上に若干出たものが多くみられた。

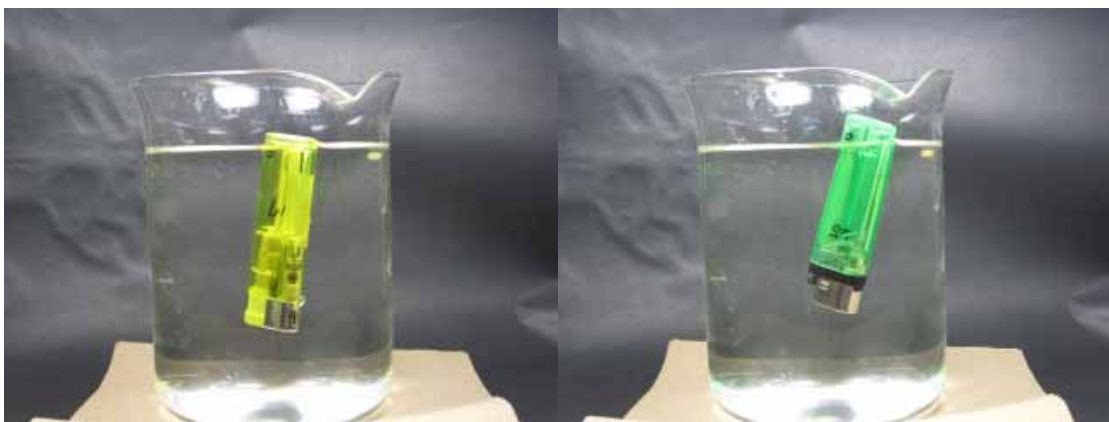
燃料の残量は、7割のライターが空であった。タンクが不透明なため残量が判別できなかったものが4個あり、このうち3個は前記の小型特殊形状の中国製で、直ちに沈下した。残燃料と底部が水面上に出る割合との関係はさまざまなものがあり、明確ではなかった。



タンクに燃料が7割くらい残ったもの

タンクに燃料が1/3くらい残ったもの

図 3.2(1) 設置前の海水中ライター浮遊姿勢



タンクはほぼ空

タンクはほぼ空

図 3.2(2) 設置前の海水中ライター浮遊姿勢

(2) 途中引き揚げ時(2008年1月11日)

2008年1月11日に途中経過観察を行なったところ、ほとんどのライターの金属部分にサビが出始めていた。1月8日に水平の浮遊姿勢をとったものは全てさかさまに直立する姿勢をとっていた。また、設置時には直立して浮いていたものが沈下しているのが1例見られた。

(3) 終了時(2008年1月21日)

ほとんどのライターの沈下率は、設置時から大きく変わることはなかった。ただし、沈下率が若干増大したと思われる例がいくつかみられた(図 3.3)。浮遊姿勢は、当初水平だったものは全て倒立姿勢になった(図 3.4)。いずれの変化も微妙なバランスの違いによって生じているように思われた。タンク中の液体の量が変化したとわかるものはなかった。

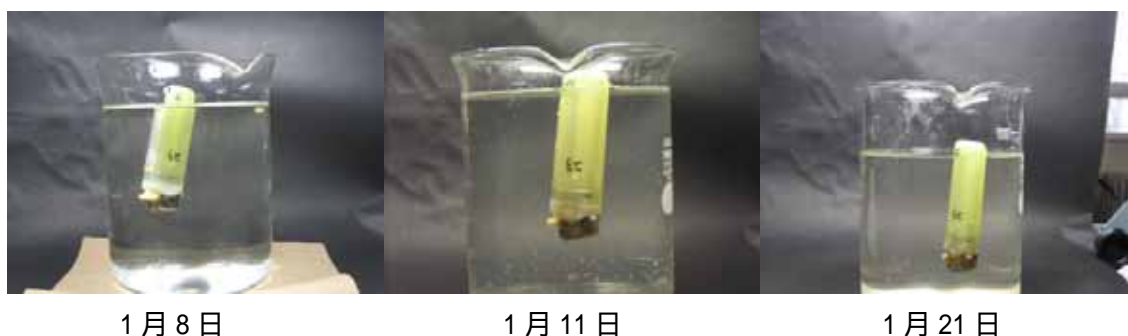


図 3.3 沈下率の変化

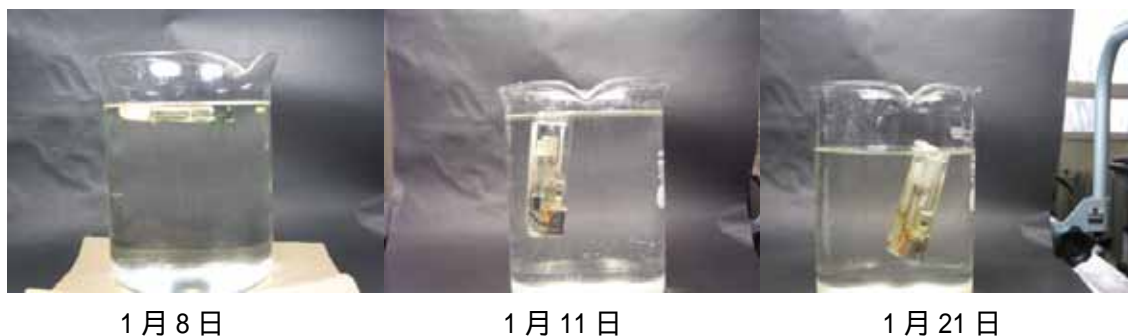


図 3.4 浮遊姿勢の変化

3.2.2 外観

金属部分のサビは、海中設置3日後の1月11日には既に発生しており(図 3.5)、21日には増加していた(図 3.6)。有機物の付着は次第に増え、21日には直接ライター本体にはないが図 3.7のよう なかなり大きい生物の付着もみられた。



図 3.5 金属部分にサビが出始めているライター(海中設置後 3 日)



図 3.6 サビが増加したライター(海中設置後 13 日)



図 3.7 付着した生物

3.2.3 重量

ライターを海中に設置する前と、回収後十分な乾燥を経た後の2回、電子秤を用いて重量を測定した。その結果を表 3.2 に示す。回収後の測定重量は、ものによっては±0.1gの差がみられたが、設置前とほぼ同じであると判断される。タンク内部の液体量の変化は目視によっては認められず、重量測定による変化も認められないことから、海中に設置した間に海水がタンクに侵入することはなかったと判断される。ライターの底部が水面から突出する長さは、個々のライターによりばらつきがみられた。

表 3.2 海中設置前後のライターの重量の変化

番号	識別記号	製造国	設置前重量(g)	回収後重量(g)	備 考	
					水上部比率(測定長)	燃料残量
1	1	日本	15.6	15.6	1/16(5mm)	0
2	2	日本	17.8	17.8	1/16(5mm)	0
3	3	日本	12.6	12.7	0	0
4	4	日本	13.0	13.1	0	0
5	11	中国	14.9	14.9	0	不明(不透明)
6	12	中国	14.1	14.1	1/16(5mm)	0
7	13	中国	14.6	14.6	1/10(8mm)	0
8	14	中国	14.6	14.6	1/(9mm)	0
9	15	中国	15.8	15.8	1/27(3mm)	1/2前後
10	16	中国	16.5	16.4	0	7割以上
11	17	中国	13.5	13.5	0	0
12	18	中国	16.1	16.2	1/20(4mm)	0
13	19	中国	17.4	17.5	0	1/10以下
14	20	中国	14.5	14.5	1/8(10mm)	0
15	21	中国	15.5	15.6	0	1/3前後
16	22	中国	13.1	13.2	1/32(2.5mm)	0
17	23	中国	14.5	14.5	1/9(9mm)	0
18	24	中国	13.9	14.0	1/41(2mm)	0
19	25	中国	14.7	14.8	1/8(10mm)	0
20	26	中国	12.7	12.8	1/27(3mm)	0
21	27	中国	10.7	10.8	着底	0
22	28	中国	10.0	10.1	着底	不明(不透明)
23	29	中国	9.8	9.8	着底	不明(不透明)
24	30	中国	12.5	12.6	着底	不明(不透明)
25	41	フィリピン	16.8	16.8	着底	不明(不透明)
26	42	フィリピン	10.6	10.6	1/7.5(11mm)	1/3前後
27	51	メキシコ	15.4	15.3	1/16(5mm)	0
28	61	タイ	13.9	14.0	1/4.4(18mm)	0
29	71	ベトナム	14.0	13.9	1/8(10mm)	0
30	81	スペイン	15.8	15.7	1/11.4(7mm)	0
31	91	不明	13.4	13.3	1/6.2(13mm)	0
32	92	不明	13.1	13.2	1/27(3mm)	0
33	93	不明	14.6	14.7	0	1/10以下
34	94	不明	14.2	14.3	1/53(1.5mm)	0
35	95	不明	14.2	14.2	0	0
36	96	不明	14.2	14.2	0	0