

平成 25 年度東日本大震災に伴う洋上漂流物に係る
緊急海洋表層環境モニタリング調査業務

報告書

平成 26 年 3 月

独立行政法人 海洋研究開発機構

第1章 業務の目的

本業務は、国内外において関心が高まっている東日本大震災に起因して洋上に流出した漂流物（以下、「洋上漂流物」という。）について、ある時点における位置、推定量等について数値シミュレーションによる予測を実施し、シミュレーション結果から国内外への漂着の可能性や太平洋等外洋への流出状況を把握し、関係国等への適切な情報提供等を検討するものである。

本年度業務は、前年度調査により得られた精緻化された洋上漂流物のある時点、地点における量分布の把握を検討するとともに、その位置についても、長期にわたる予測を行うことで、洋上漂流物が今後どのような挙動を示すかを把握することを目的とする。

また、関係国の専門家等による会合を開催し、これまでの調査結果等について情報共有・意見交換を行う。

第2章 業務の内容

東日本大震災によって我が国から流出した洋上漂流物に関する状況（日時、位置、量、種類等）について、数値シミュレーションにより把握するために、以下の調査を実施する。

なお、本業務の実施に当たっては、「平成 24 年度東日本大震災に伴う洋上漂流物に係る緊急海洋表層環境モニタリング調査業務」（以下、「平成 24 年度業務」という。）の成果を活用するものとし、渦解像短期予測には気象研究所の渦解像海洋三次元変分法同化システム（MOVE）を、また、大気海洋結合長期予測には独立行政法人海洋研究開発機構の大気・海洋・陸域結合四次元変分法データ同化システム（K7）をそれぞれ使用するものとする。

本年度計画している業務の内容は以下の通りである。

1. 漂流予測シミュレーションの実施

平成 24 年度業務にて構築した手法を基本に、下記(1)～(5)の条件の下、平成 25 年 9 月までの同化データを用いて、平成 25 年 10 月から 3 年先までの漂流予測を実施する。

(1) 漂流物タイプ

「海中部分：海上部分＝1：0、1：1」で計算する。

(2) 粒子拡散計算に用いる風況

平成 24 年度業務同様、渦解像短期予測には 6 時間毎、大気海洋結合長期予測には 1 日毎の値を用いることとする。

(3) 予測手法の不確実性の程度の把握

予測の不確実性を考慮するため、2. 1 (1) のケースにおいて複数の予測計算を実施し、アンサンブル平均を求める。

(4) 初期流出分布

環境省により推計された県別排出量を反映させたものとする。

(5) 粒子拡散計算システム

粒子拡散計算について、米大陸沿岸に到着した粒子がすべて沿岸に停止する場合の計

算を行う。

2. 専門家会合及びシンポジウムの開催

震災起因洋上漂流物の漂流先として予測される米国等の関係機関及び専門家との間で、これまでの調査結果等について情報共有・意見交換を行うと同時に、広く一般向けに普及啓発・周知することを目的として、専門家会合及びシンポジウムを開催する。

3. 調査結果のとりまとめ

(1) 1の結果を踏まえ、洋上漂流物の漂流経路、量等についての経緯と今後の予測について、調査結果をとりまとめる。

(2) 2の結果についてとりまとめる。

(3) 3年間の調査結果を包括的にとりまとめる。

以下では、この計画に従って実施内容についての結果を報告する。

第3章 洋上漂流物の漂流シミュレーション

昨年度の受託研究「平成24年度東日本大震災に伴う洋上漂流物に係る緊急海洋表層環境モニタリング調査業務」では、東日本大震災で大量に発生した洋上漂流物に関して数値シミュレーションにより2012年6月までの洋上漂流物の分布を再現し、さらに2015年3月までの予報を行った。その結果、流出した洋上漂流物は、最初は黒潮続流と偏西風により北太平洋を東に流されながら、黒潮続流に伴う中規模渦と大気擾乱により南北方向にも拡散したことが示唆された。北アメリカ大陸へ接近した洋上漂流物は、その後は北赤道海流と貿易風により南西方向に流されることが予報された。また、洋上漂流物の種類によって、海上風の影響の大きさが異なるため、北アメリカ大陸への到達時期や到達地点等に相違が生じることが確認された。本業務では、最新の2013年9月までの再解析値を初期条件とした3年間の予報計算による海流場及び海上風場を用いて3年先までの洋上漂流物の分布を把握し、より信頼性の高い洋上漂流物に関する情報を提供することを目的としている。

本業務では昨年度と同様に、海洋研究開発機構（以下、「JAMSTEC」という）が開発した大気・海洋・陸域結合4次元変分法データ同化システム（K7）によって計算された海流・海上風データ、気象庁気象研究所（以下、「MRI」という）が開発した渦解像海洋3次元変分法データ同化システム（MOVE）により計算された海流データ、気象庁の気候データ同化システム（JCDAS）により計算された海上風データを使用した。

洋上漂流物の漂流シミュレーションの全体的な流れは、以下の通りである。最初に、宇宙航空研究開発機構（以下、「JAXA」という）が行った人工衛星の画像解析により特定された東日本大震災直後に洋上漂流物が大量に確認された沿岸域をシミュレーション上の洋上漂流物の初期位置とし、ここから環境省により推計された県別排出量（岩手県・宮城県・福島県）に相当する粒子数を放出した。洋上漂流物の挙動については、最初は黒潮続流により北太平洋を東向きに移動する可能性が高く、同時に黒潮続流に伴う中規模渦の影響を強く受けるため、2013年9月まではMOVEの海流データとJCDASの海上風データを使用して、洋上漂流物の漂流シミュレーションを実施した（以下、「再現計算」という）。さらに、黒潮続流域を

通過した後は中規模渦の影響が小さくなると考えられるため、上記の再現計算の最終場を初期条件にして、2016年9月まではK7の海流データと海上風データを使用した洋上漂流物の漂流シミュレーションを行った（以下、「予報計算」という）。また、洋上漂流物の予報精度を確証するため、K7によるアンサンブル予報で得られた海流・海上風データを使用した洋上漂流物のアンサンブル予報計算を実施した。

本章では、東日本大震災に伴う洋上漂流物の挙動に関して、その計算条件や計算結果等を記述する。洋上漂流物の漂流シミュレーションは、JAEAが開発した海洋中物質移行モデル（SEA-GEARN）を使用して行った。SEA-GEARNは多数の粒子を海洋中の物質に模擬してその移行を計算する粒子モデルであり、移流過程は海洋大循環モデルにより計算された海流データに基づいて考慮し、拡散過程はランダムウォークによって計算している（Kobayashi et al., 2007）。

3.1 海象・気象データ

東日本大震災後の2011年3月から2013年9月までの期間は、SEA-GEARNの入力データとして、MOVEにより計算された海流データとJCDASの海上風データを使用した。MOVEはMRIにより開発された海洋3次元変分法データ同化システムであり（Usui et al., 2006）、本業務では北西太平洋版（MOVE-WNP）と北太平洋版（MOVE-NP）で計算された再解析データを使用した。MOVE-WNPのモデル領域は、15°N以北、160°W以西の北西太平洋であり、水平解像度は日本周辺では東西・南北方向ともに1/10°となっているが、50°N以北及び160°E以东では1/6°となっている。MOVE-NPのモデル領域は、15°S以北の北太平洋であり、水平解像度は東西・南北方向ともに1/2°となっている。MOVE-WNPとMOVE-NPともに、鉛直方向には54レベルが設定され、層厚は第1層で1m、最深層で600mとなっており、特に海洋表層の鉛直分解能は非常に高く設定されている。本業務では、海上風データから独自に吹送流を計算するため、MOVEの海流データから吹送流の影響を取り除くために第1層から第5層の水平流速データを鉛直平均して、これをSEA-GEARNの入力データとした。JCDASの海上風はMOVEを駆動した外力データであり、本業務ではJCDASの海上風から吹送流と風圧流を計算した。また、洋上漂流物の再現計算では、MOVEの海流データを1日毎、JCDASの海上風データを6時間毎に入力した。

2013年10月から2016年9月までの期間は、K7により計算された海流データと海上風データをSEA-GEARNの入力データとした。K7はJAMSTECにより開発されたものであり、その中の大気海洋結合同化システム（Sugiura et al., 2008）は、大気モデルであるAtmospheric General Circulation Model for the Earth Simulator（AFES）と海洋モデルであるOcean-Sea Ice General Circulation Model for the Earth Simulator（OIFES）により構成されている。AFESの水平解像度は約3°であり、鉛直方向には24レベルが設定されている。一方、OIFESの水平解像度は1°で、鉛直方向には45レベルが設定されている。洋上漂流物の予報計算では、K7により計算された約10日平均の海流データを入力し、海上風データは1日毎のデータを入力した。

3.2 洋上漂流物の種類

東日本大震災により流出した洋上漂流物の大部分は、家屋等が壊れて生じた木材と考えられるが、その他にも養殖や定置網漁に使われていたフロートやさらにはプラスチック製品等の多くの種類の物が含まれていると考えられる。洋上漂流物の挙動は海流と海上風に大きく影響を受けるが、海上風の影響は洋上漂流物が海面上に浮き出た体積に依存するので、本業務では以下のように洋上漂流物の海面上と海面下の体積比に関する分類を行った。

(1) 海面下漂流物（海面上：海面下 = 0：1）：すべての部分が海中にある漂流物。海水を大量に含んだ木材等が相当する。風圧流の影響を受けない。

(2) 標準漂流物（海面上：海面下 = 1：1）：海上部分の体積と海中部分の体積が同程度の漂流物。家屋等が壊れて生じた木材や水船状態の船等が相当し、漂流物の大部分がこれに相当すると考えられる。

本業務で行った洋上漂流物の漂流シミュレーションでは、海流、吹送流及び風圧流による影響を考慮している。このうち、海流と吹送流に関しては上記の 2 種類の洋上漂流物に対して同様の影響を与えるが、風圧流に関しては洋上漂流物の種類によって与える影響が異なる。具体的には、洋上漂流物の漂流シミュレーションの中で風圧流 (\vec{v}_w) は以下の式で計算される。

$$\vec{v}_w = k \sqrt{\frac{A}{B}} \times \vec{W}_{10}$$

ここで、 k は風圧係数、 A と B は洋上漂流物の海面上体積と海面下体積、 \vec{W}_{10} は海上 10 m の高さにおける風速である。風圧係数の値については、海上保安庁から提供されたデータを基にして設定を行った。

3.3 計算条件

再現計算での SEA-GEARN の時間分解能は 360 秒で、空間分解能は東西・南北方向ともに $1/10^\circ$ となっている。一方、予報計算の時間分解能は 3600 秒で、空間分解能は東西・南北方向ともに 1° である。また、水平拡散係数は再現計算では $5.0 \times 10^5 \text{ cm}^2/\text{s}$ であり、予報計算では $5.0 \times 10^6 \text{ cm}^2/\text{s}$ に設定している。本業務では、洋上漂流物の鉛直移動は考慮していないため、鉛直方向の移流や拡散は無視しており、空間的には東西・南北方向の 2 次元場における洋上漂流物の挙動を計算した。

洋上漂流物の初期の放出条件は、以下のように設定した。放出する海域については、JAXA が行った陸域観測技術衛星「だいち」の画像解析の結果から、洋上漂流物が大量に発見された岩手県・宮城県・福島県沖の海域を特定し、表 1 に示した各県沖の 3 地点から洋上漂流物を放出した。また、洋上漂流物の放出量に関しては、10 トンを 1 個の粒子に相当させて、表 1 に示した環境省が見積もった岩手県・宮城県・福島県から洋上へ流出した漂流物の量に相当する粒子数を放出した。例えば、岩手県から洋上へ流出した漂流物は 699 千トンと見積もられており、漂流シミュレーションでは岩手県沖から 69,900 個の粒子を放出させた。

漂流シミュレーションで洋上漂流物が海岸に到達した場合は、海岸に停止してその後は移

動しないという設定を行った。沿岸域の海流場は、複雑な海岸線や急傾斜な海底地形の影響を受け、さらには潮汐や河川水等の影響も小さくないと考えられている。海上風についても、沿岸域では陸地の山等の影響を受けるので、非常に複雑になることが知られている。今回実施した洋上漂流物の漂流シミュレーションの時空間分解能では、沿岸域の海象・気象現象を十分に考慮できない可能性があり、沿岸域における計算結果については十分に考察する必要がある。

表1 洋上漂流物の漂流シミュレーションの初期放出条件。緯経度情報は各県沖の洋上漂流物の放出地点を示す。流出量は環境省によって見積もられた量である。

	1	2	3	合計
県	岩手県	宮城県	福島県	—
緯度	39°N	38°N	37°N	—
経度	143°E	142°E	142°E	—
流出量 (千トン)	699	443	394	1536

3.4 計算結果

3.4.1 再現計算と予報計算

再現計算における2012年7月の洋上漂流物の分布を2種類の洋上漂流物毎に示した(図1)。図の洋上漂流物の色は計算格子内(1/10°×1/10°)に存在する粒子数の総粒子数に対する割合(%)を示している。青系の色の海域は洋上漂流物が存在する確率が比較的低いのに対して、赤系の色の海域は洋上漂流物が存在する確率が比較的高いことを示している。この時点での洋上漂流物の分布は、黒潮続流と偏西風により北太平洋を東向きに移動しながら、黒潮続流に伴う中規模渦と大気擾乱により南北方向にも拡散されている。また、海上風の影響が比較的大きい標準漂流物は東向きの移動が海面下漂流物よりも速く、標準漂流物の一部が既に北アメリカ大陸西岸に漂着しているのに対して、海面下漂流物は140°W付近までしか東に移動していないことが分かる。図2から図5に示した2012年9月から2013年3月の期間の洋上漂流物の分布からは、海面下漂流物はさらに北太平洋を東向きに移動し130°W付近まで北アメリカ大陸西岸に接近している。標準漂流物は北アメリカ大陸西岸沖で時計回りに移動し、その一部がハワイ諸島に接近しながら南西方向に運ばれている。図6から図8に示した2013年5月から2013年9月の期間の洋上漂流物の分布からは、海面下漂流物に関しては再現計算ではまだ北アメリカ大陸西岸には到着しないことが確認された。標準漂流物については、北アメリカ大陸西岸沖の標準漂流物は南西方向に流されながら、ハワイ諸島周辺に集まる傾向があることが分かった。

予報計算における2013年11月から2014年5月の期間の洋上漂流物の分布を図9から図12に示した。洋上漂流物の色は再現計算と同様に総粒子数に対する割合を示しているが、予報

計算の空間分解能は 1° であるため、計算格子内 ($1^\circ \times 1^\circ$) に存在する粒子数の総粒子数に対する割合を 100 で割ることで、再現計算と同じ計算格子内 ($0.1^\circ \times 0.1^\circ$) での割合に換算した。この期間の洋上漂流物の分布からは、海面下漂流物は北東方向に移動して、北アメリカ大陸西岸に到着することが予報された。標準漂流物も北東方向に移動する傾向があり、北アメリカ大陸西岸に再到着することが示唆された。また、どちらの洋上漂流物も北アメリカ大陸西岸沖からフィリピン諸島にかけて北太平洋南部の 10°N から 20°N の海域に広く帯状に分布する結果となった。図 13 から図 15 に示した 2014 年 7 月から 2014 年 11 月の期間の洋上漂流物の分布からは、海面下漂流物が北アメリカ大陸西岸沿いに南下することが確認され、このことは夏季に発達する北太平洋高気圧の影響によるものと考えられる。図 16 から図 26 に示した 2015 年 1 月から 2016 年 9 月の期間の洋上漂流物の分布からは、海面下漂流物は北太平洋に帯状に分布し続け、2016 年 9 月の時点ではハワイ諸島より北部の 30°N 、 160°W 付近に集まることが予報された。標準漂流物も北太平洋南部に帯状に分布していたが、海上風の影響で海面下漂流物よりも広範囲に分布し、海面下漂流物のように収束する海域は確認できなかった。

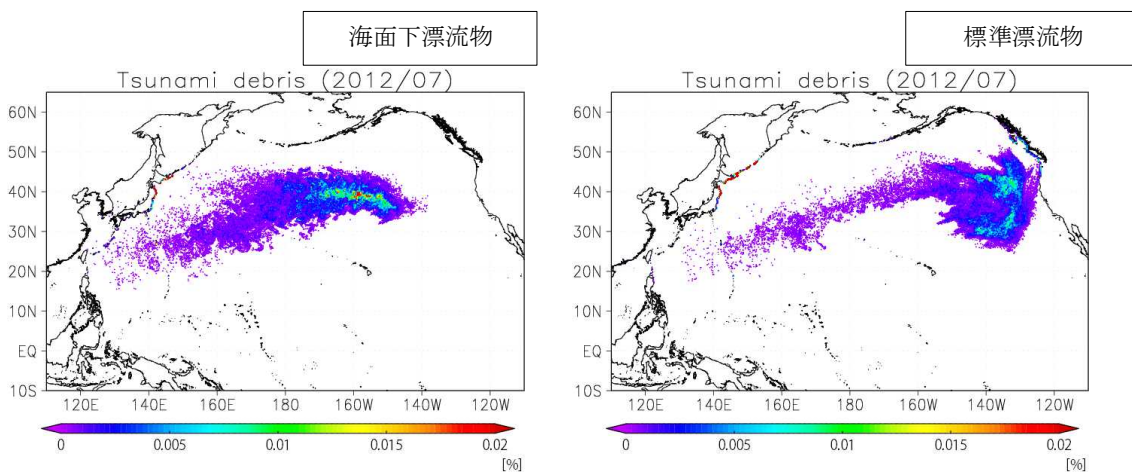


図 1 再現計算の 2012 年 7 月 15 日における洋上漂流物の分布。2 つの洋上漂流物の種類毎に分布を示している。図の色は、計算格子内の粒子数の総粒子数に対する割合 (%) を示す。

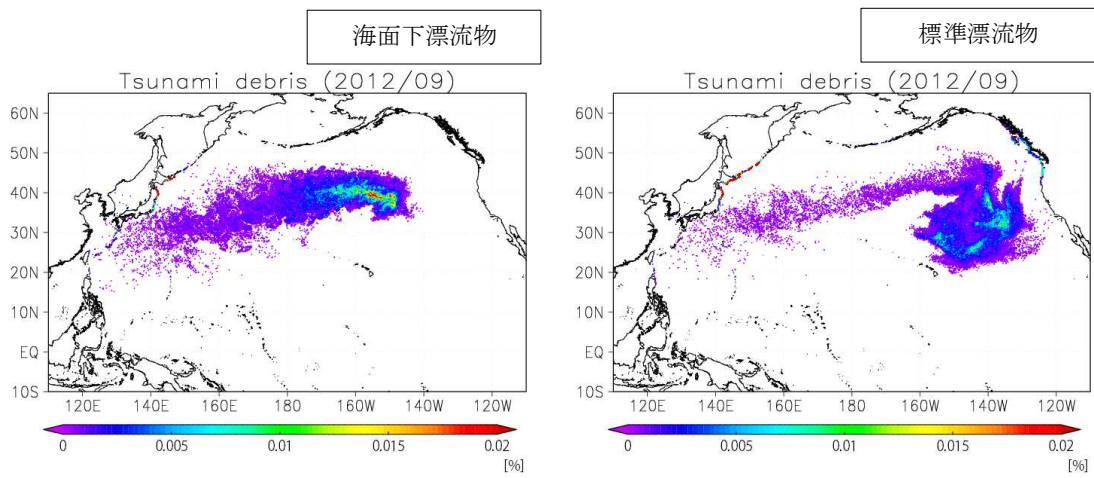


図2 図1と同じ。但し、2012年9月15日における洋上漂流物の分布である。

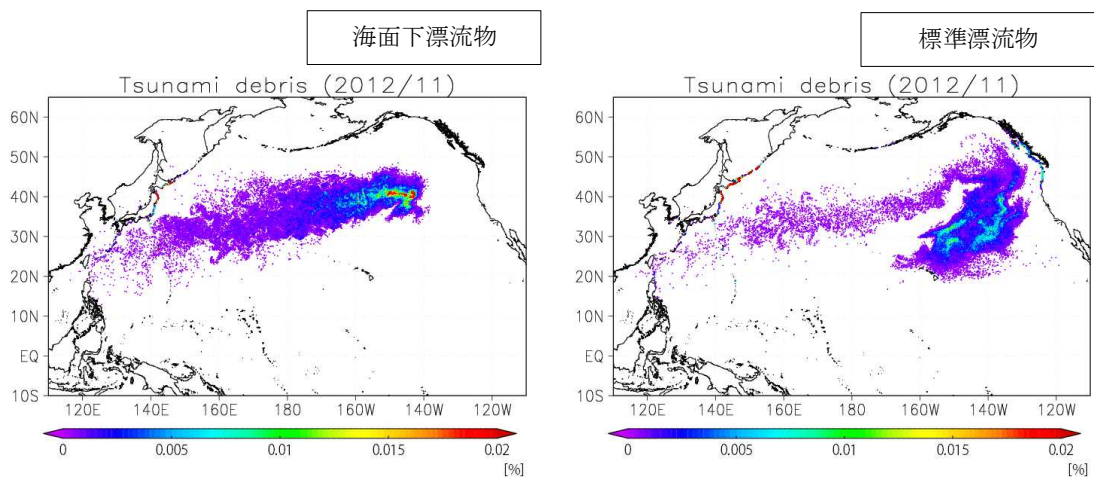


図3 図1と同じ。但し、2012年11月15日における洋上漂流物の分布である。

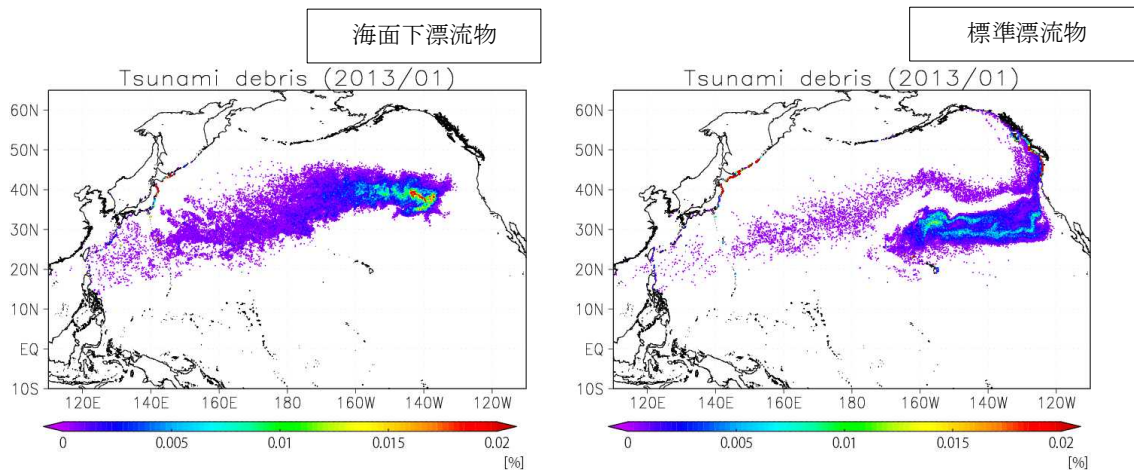


図4 図1と同じ。但し、2013年1月15日における洋上漂流物の分布である。

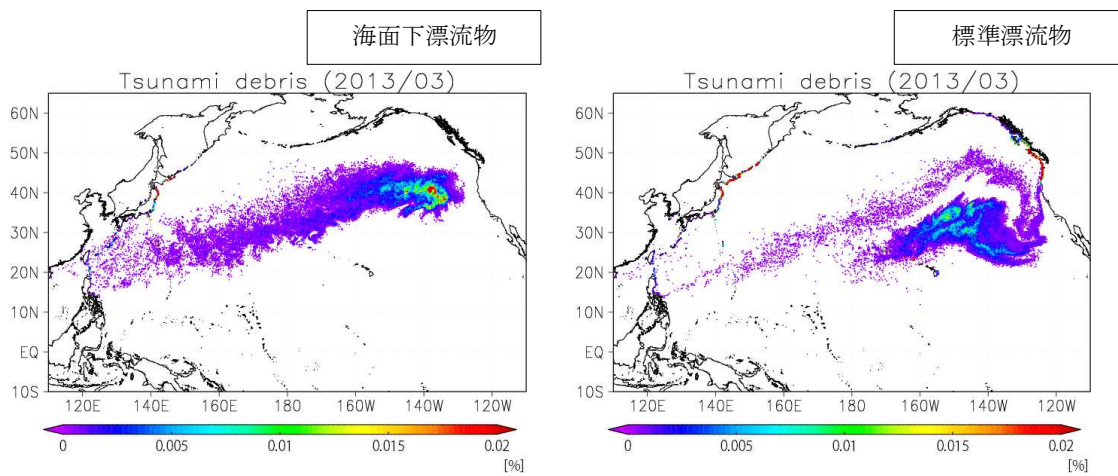


図5 図1と同じ。但し、2013年3月15日における洋上漂流物の分布である。

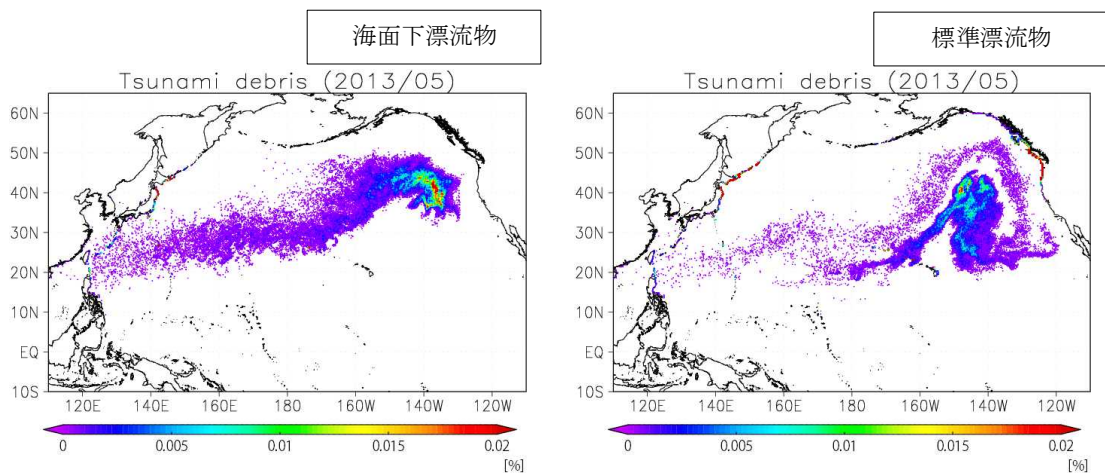


図6 図1と同じ。但し、2013年5月15日における洋上漂流物の分布である。

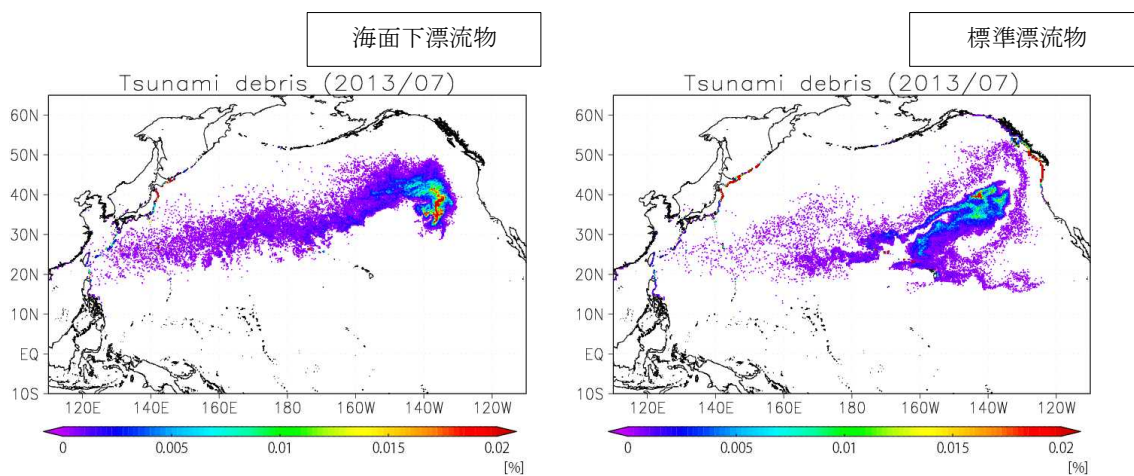


図7 図1と同じ。但し、2013年7月15日における洋上漂流物の分布である。

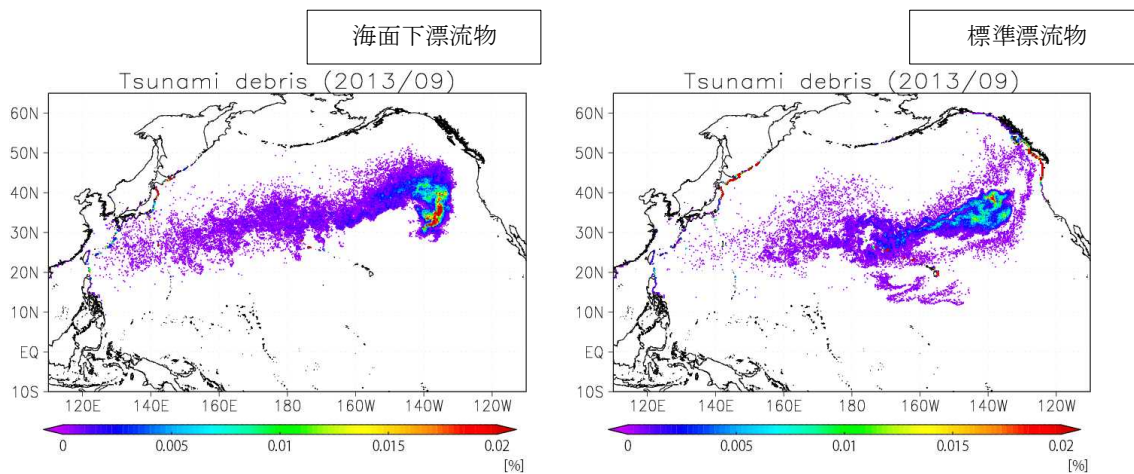


図8 図1と同じ。但し、2013年9月15日における洋上漂流物の分布である。

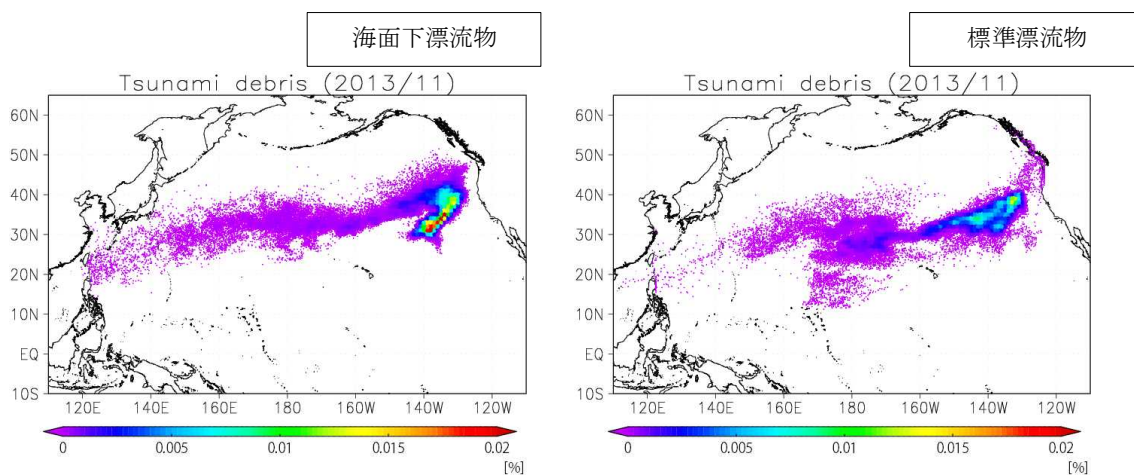


図9 予報計算の2013年11月15日における洋上漂流物の分布。2つの洋上漂流物の種類毎に分布を示している。図の色は、総粒子数に対する割合(%)を示す。

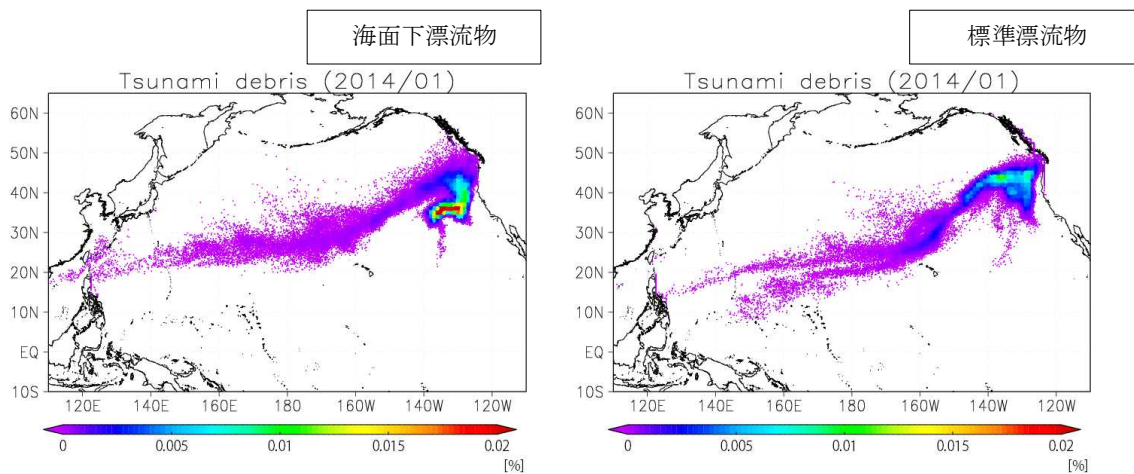


図 10 図 9 と同じ。但し、2014 年 1 月 15 日における洋上漂流物の分布である。

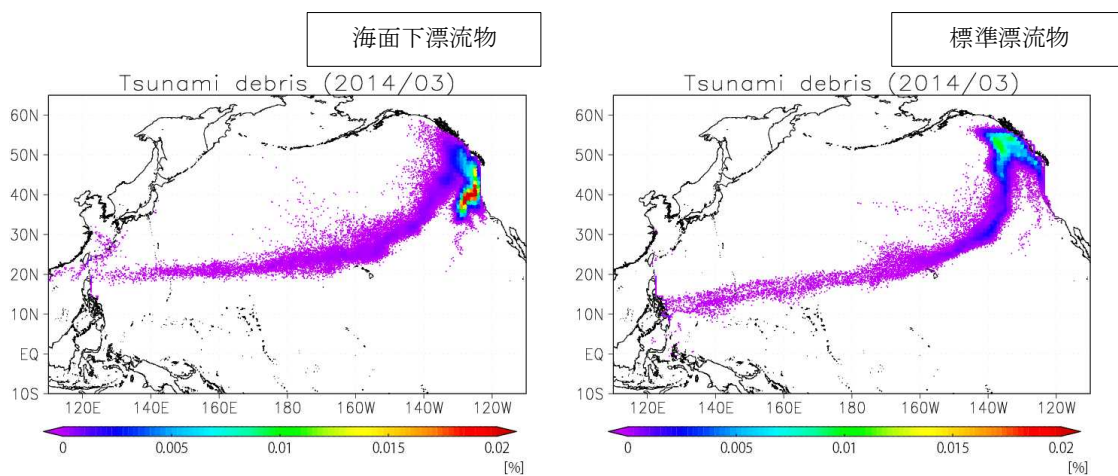


図 11 図 9 と同じ。但し、2014 年 3 月 15 日における洋上漂流物の分布である。

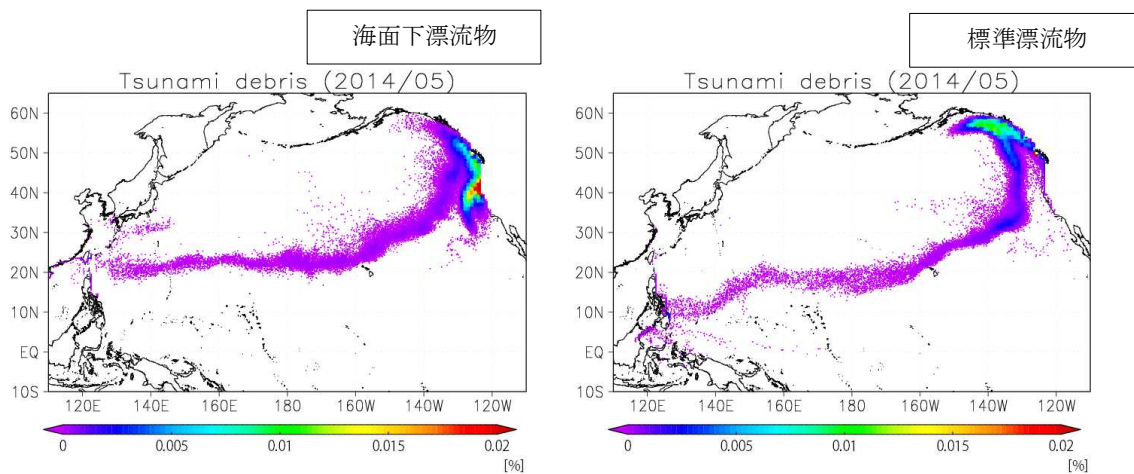


図 12 図 9 と同じ。但し、2014 年 5 月 15 日における洋上漂流物の分布である。

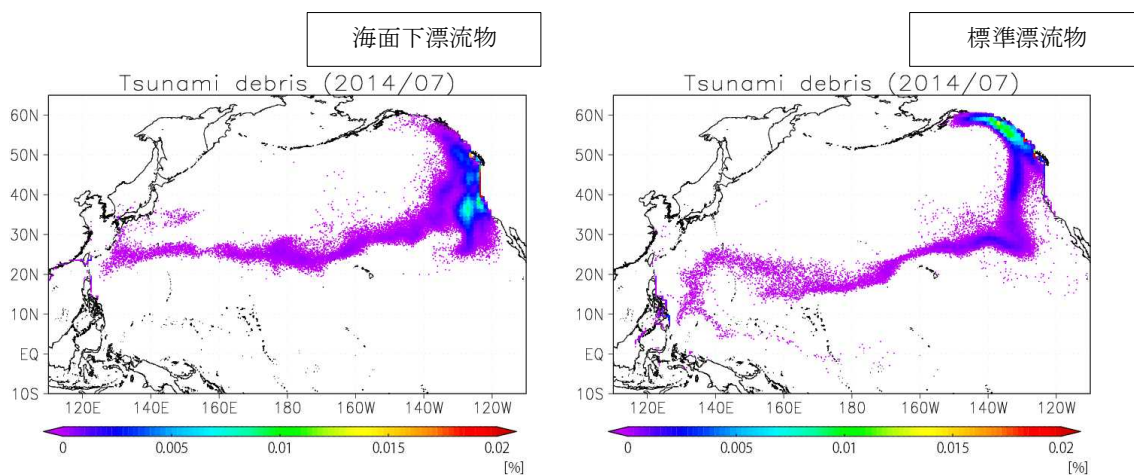


図 13 図 9 と同じ。但し、2014 年 7 月 15 日における洋上漂流物の分布である。

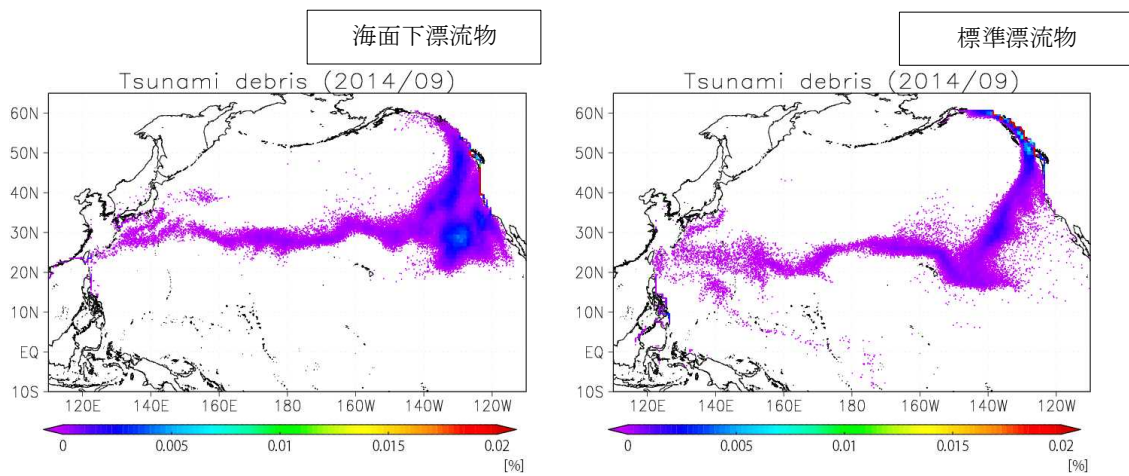


図 14 図 9 と同じ。但し、2014 年 9 月 15 日における洋上漂流物の分布である。

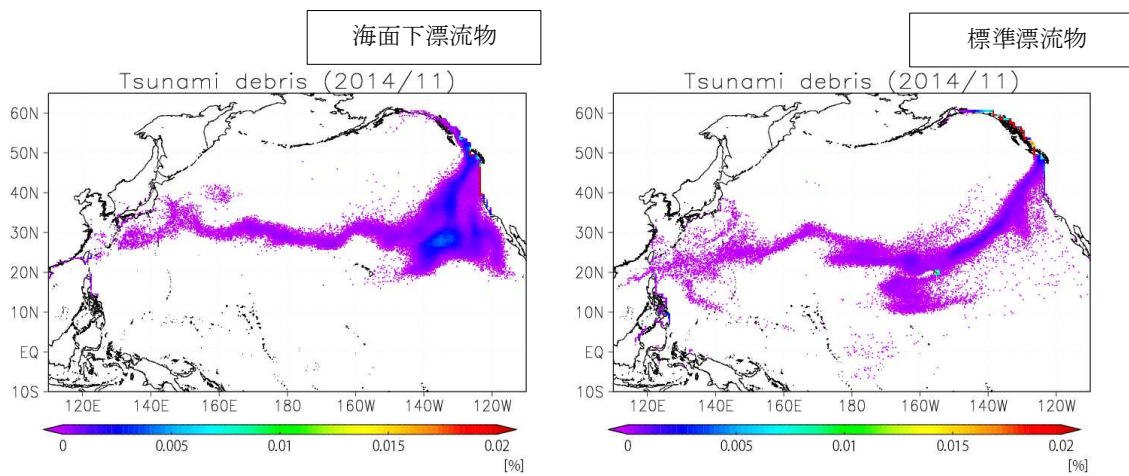


図 15 図 9 と同じ。但し、2014 年 11 月 15 日における洋上漂流物の分布である。

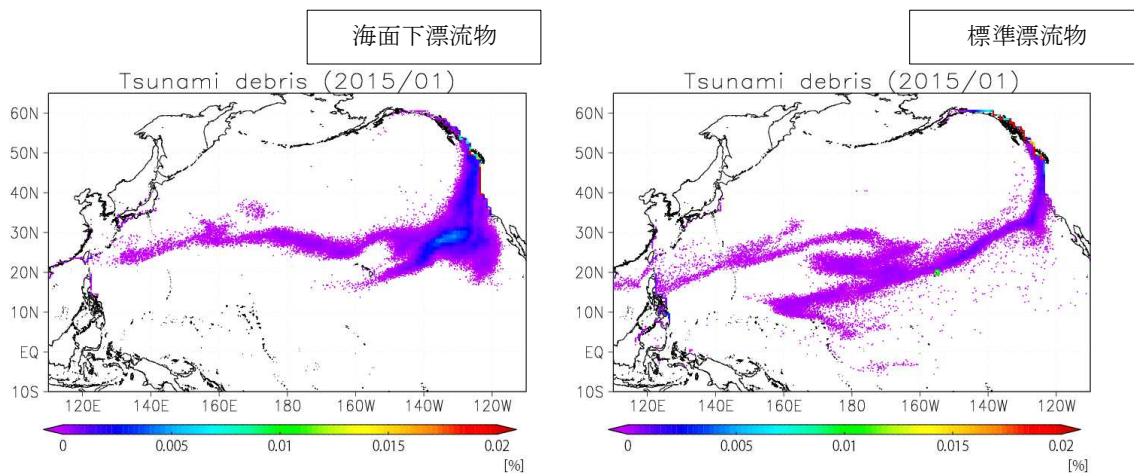


図 16 図 9 と同じ。但し、2015 年 1 月 15 日における洋上漂流物の分布である。

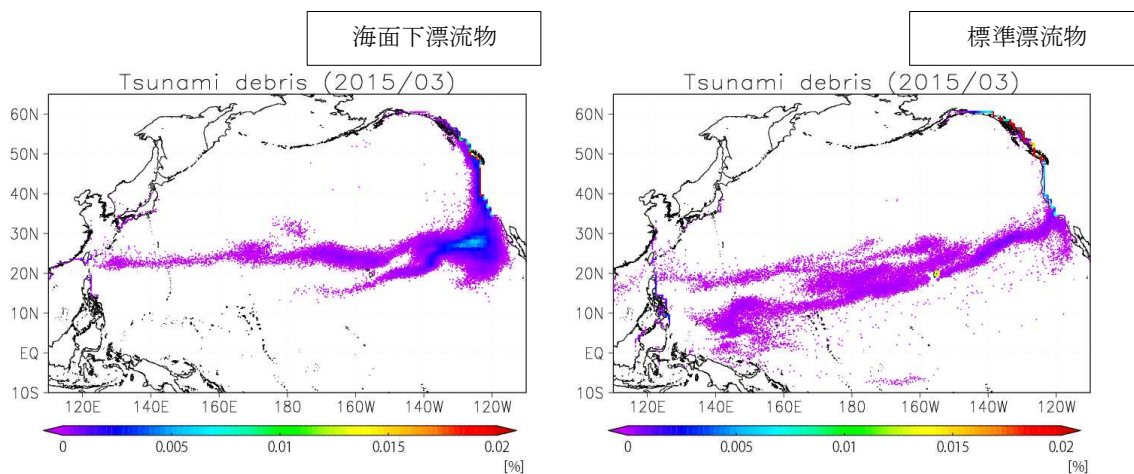


図 17 図 9 と同じ。但し、2015 年 3 月 15 日における洋上漂流物の分布である。

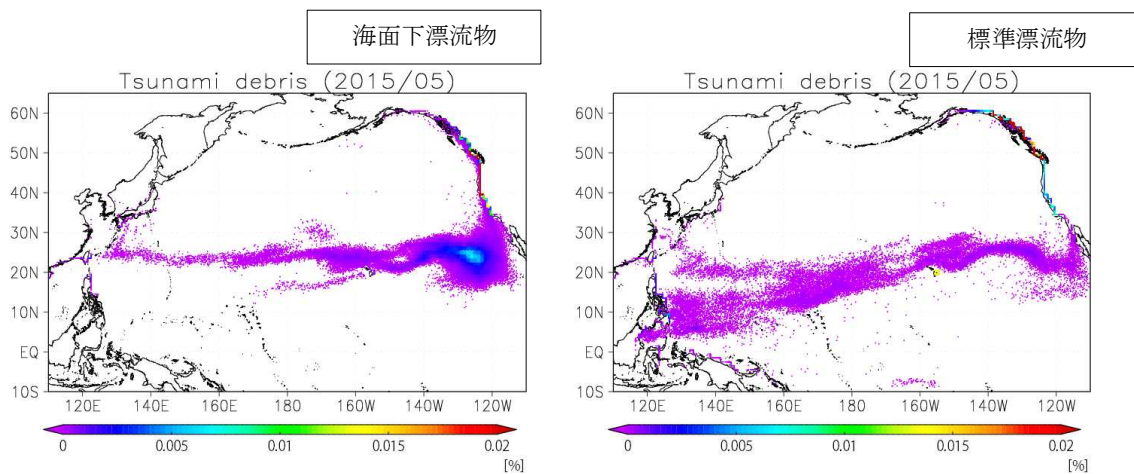


図 18 図 9 と同じ。但し、2015 年 5 月 15 日における洋上漂流物の分布である。

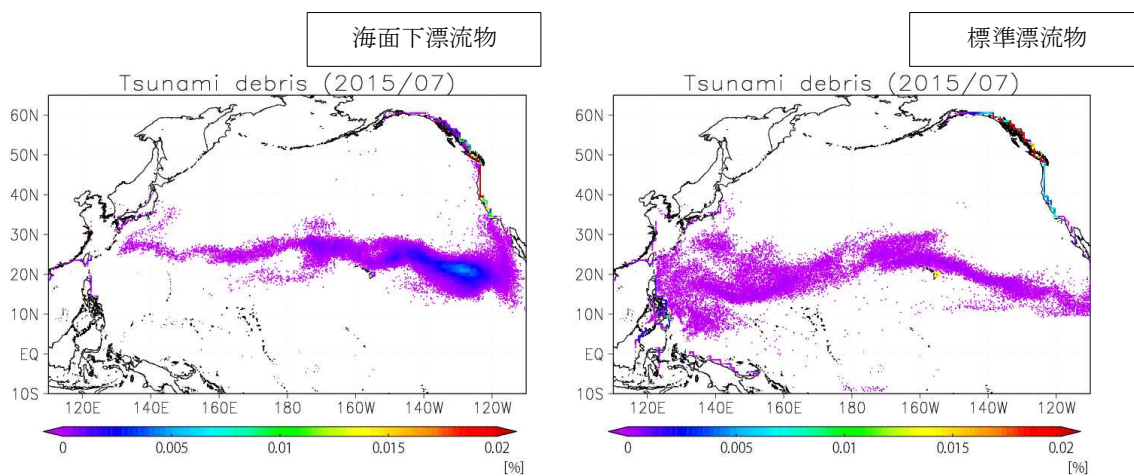


図 19 図 9 と同じ。但し、2015 年 7 月 15 日における洋上漂流物の分布である。

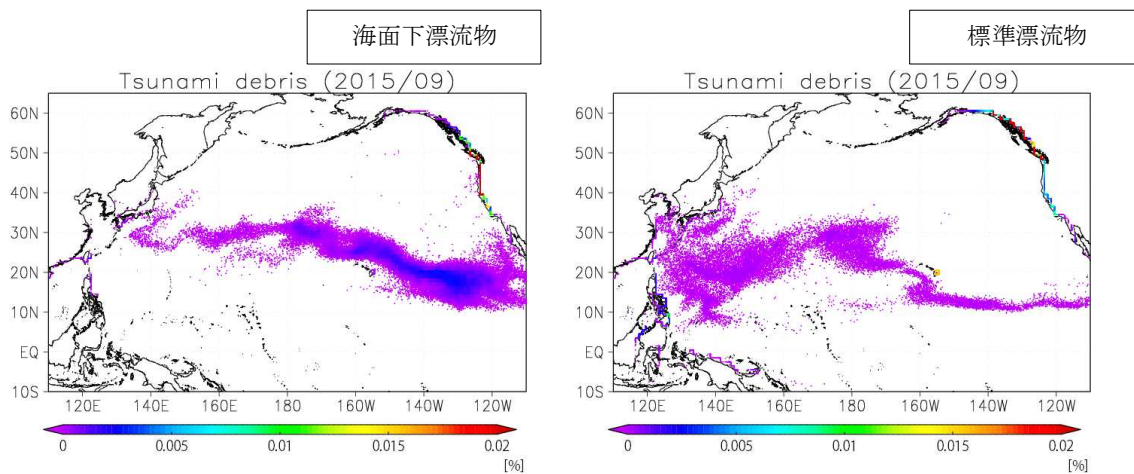


図 20 図 9 と同じ。但し、2015 年 9 月 15 日における洋上漂流物の分布である。

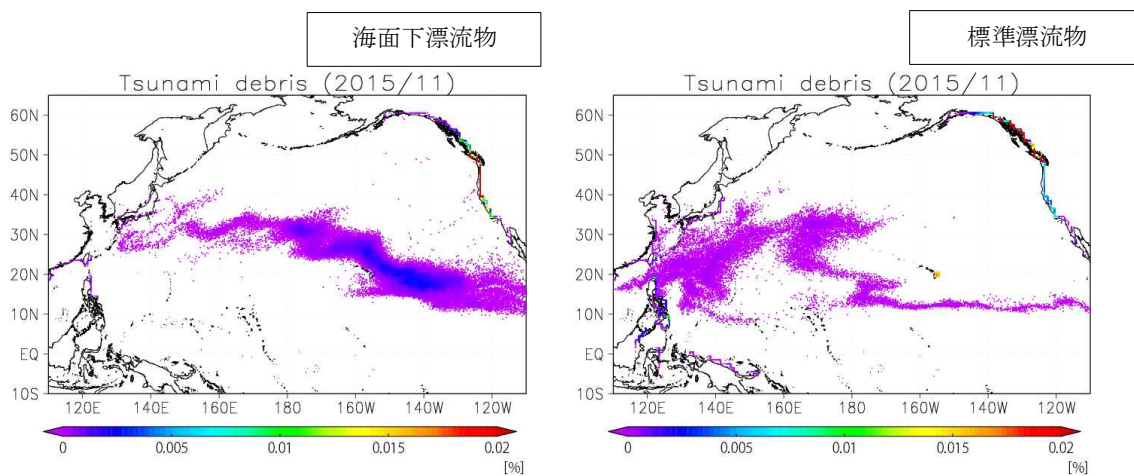


図 21 図 9 と同じ。但し、2015 年 11 月 15 日における洋上漂流物の分布である。

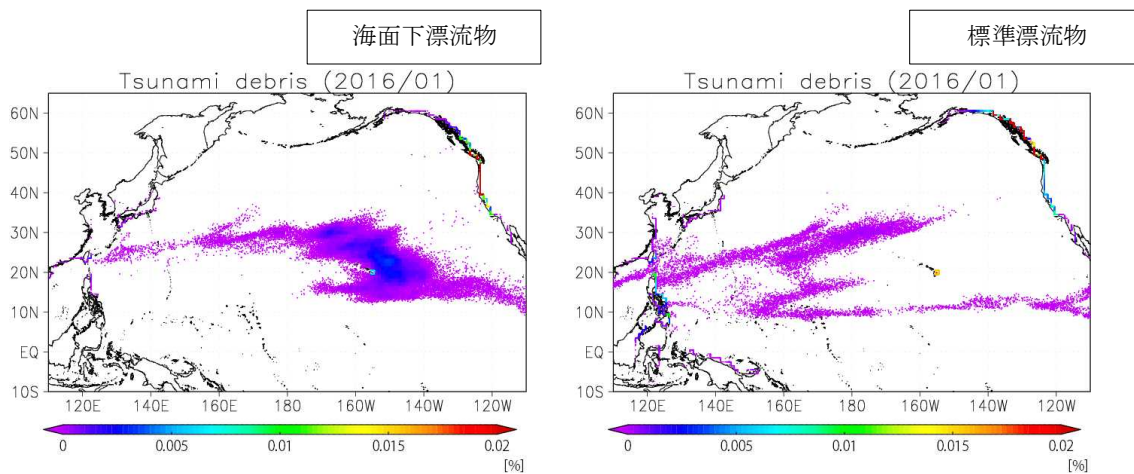


図 22 図 9 と同じ。但し、2016 年 1 月 15 日における洋上漂流物の分布である。

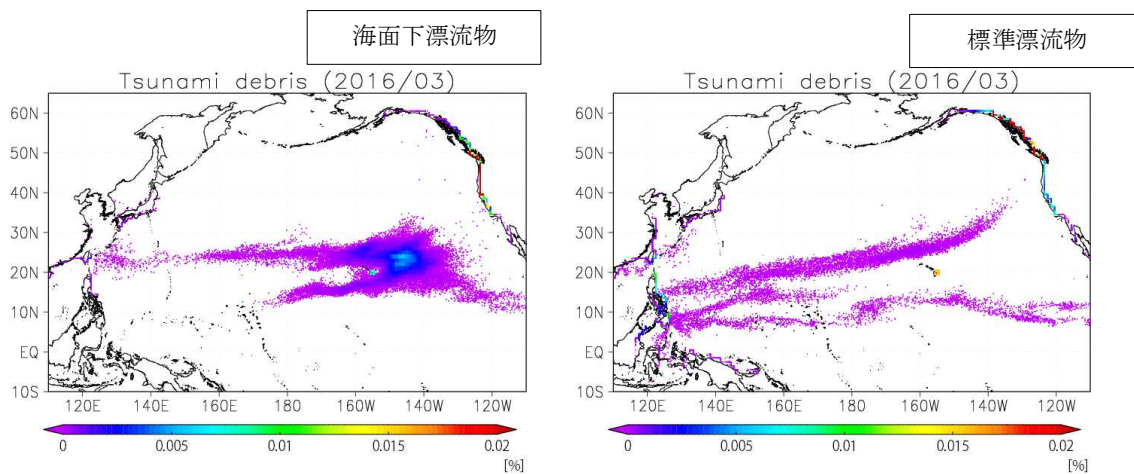


図 23 図 9 と同じ。但し、2016 年 3 月 15 日における洋上漂流物の分布である。

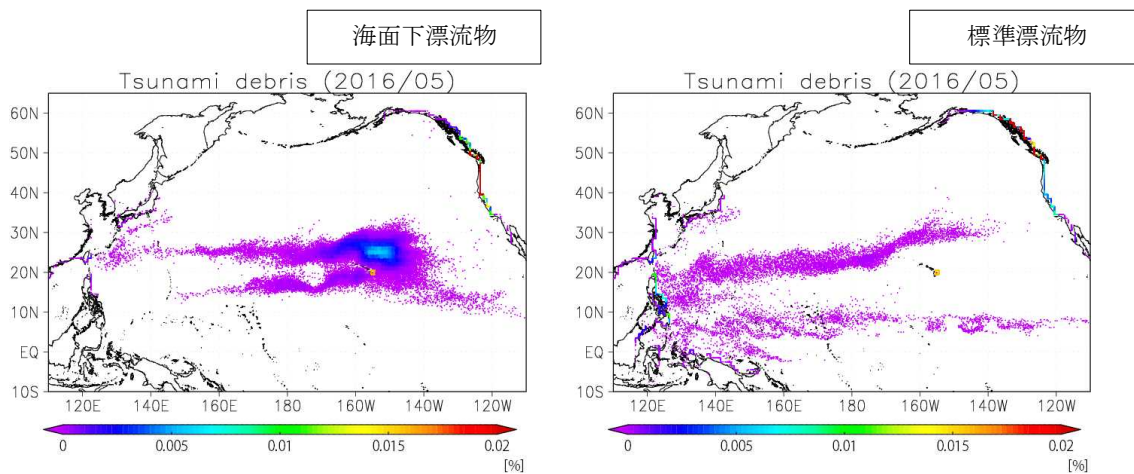


図 24 図 9 と同じ。但し、2016 年 5 月 15 日における洋上漂流物の分布である。

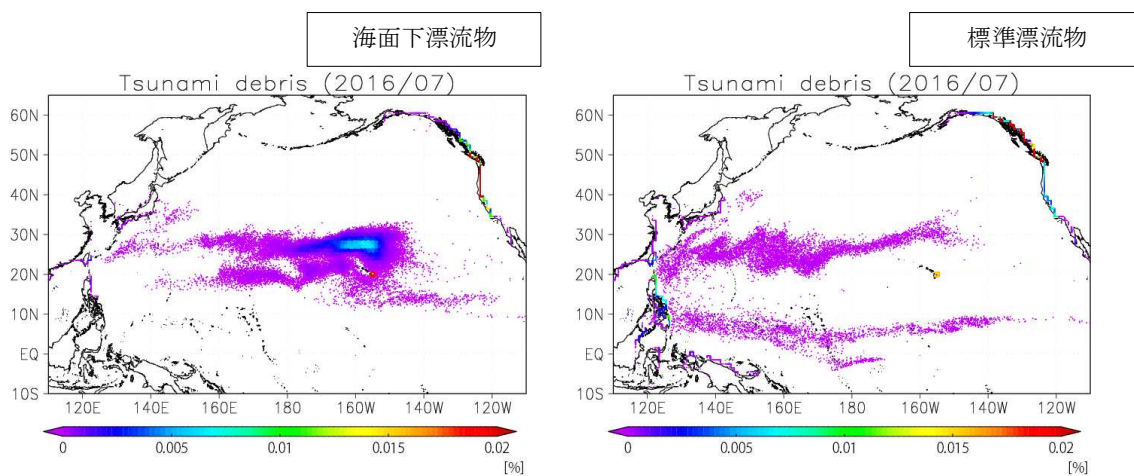


図 25 図 9 と同じ。但し、2016 年 7 月 15 日における洋上漂流物の分布である。

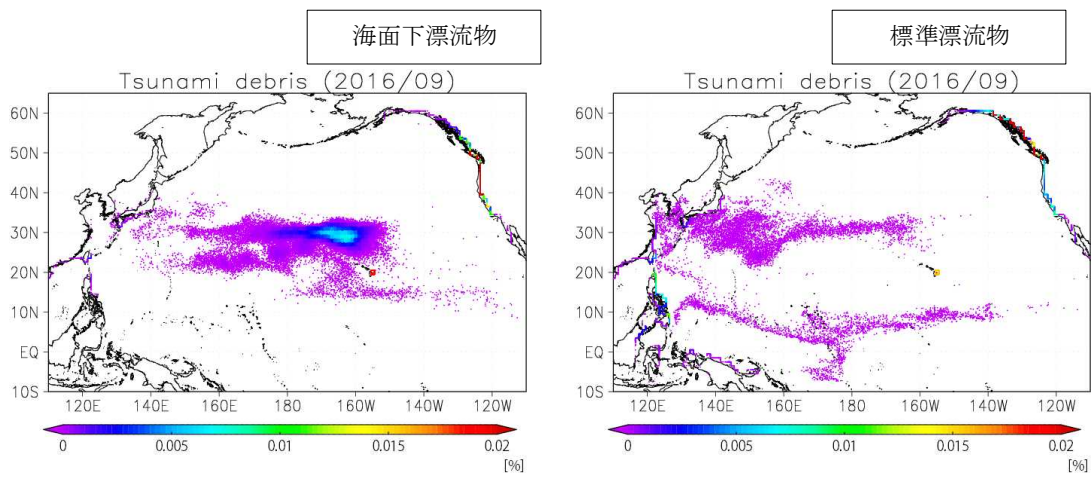


図 26 図 9 と同じ。但し、2016 年 9 月 15 日における洋上漂流物の分布である。

3.4.2 アンサンブル予報計算

2.4.1 で記述した予報計算では、2013年9月までデータ同化を行った結果を初期値として予報されたK7の海流データと海上風データを使用した。しかしながら、予報の確度はまだまだ不確実であり、特に1種類の予報データだけではその信頼性は確認できない。そのため、2013年9月までデータ同化を行い、初期値にわずかなばらつきを与える11種類のアンサンブル予報計算を行い、これらの11種類のK7の海流・海上風データを使用することで、より信頼性の高い洋上漂流物の予報計算を実施した。計算は2.4.1で述べた予報計算と同様に、再現計算の最終場を洋上漂流物の初期条件として、11種類の海流・海上風データを使用して、2016年9月まで行った。

図27は、2015年3月におけるアンサンブル予報計算の結果とそれらを平均した結果である。計算結果は、海面下漂流物のものである。11種類の計算結果は全体的な分布に大きな相違はないが、海面下漂流物が収束する海域等に相違が確認された。このことから、1種類の予報結果より信頼性の高い予報結果を示す一つの手段として、11種類の予報結果の平均場を解析することが有効であると考えられる。

図28から図45は、2013年11月から2016年9月までのアンサンブル予報計算の平均結果である。海面下漂流物は、2014年から本格的に北アメリカ大陸西岸に到着し始めることが予報され、標準漂流物に関しても、再到着する可能性があることが示唆された。北アメリカ大陸西岸沖の洋上漂流物は、冬季には沿岸沖を北上し（図30）、夏季には沿岸沖を南下する傾向があると考えられる（図33）。このことは、北太平洋で冬季に発達するアリューシャン低気圧と夏季に発達する北太平洋高気圧に深く関係があると思われる。北アメリカ大陸西岸沖を離れた洋上漂流物は南西方向に移動し、北赤道海流と貿易風によって、フィリピン諸島付近まで帯状に分布することが予報された。海上風の影響を比較的強く受ける標準漂流物は、海面下漂流物よりも北太平洋の広範囲に分布することが確認できる。また、2.4.1の予報計算と同様にアンサンブル予報計算においても、ハワイ諸島北部の海域に海面下漂流物が収束することが予報された（図45）。

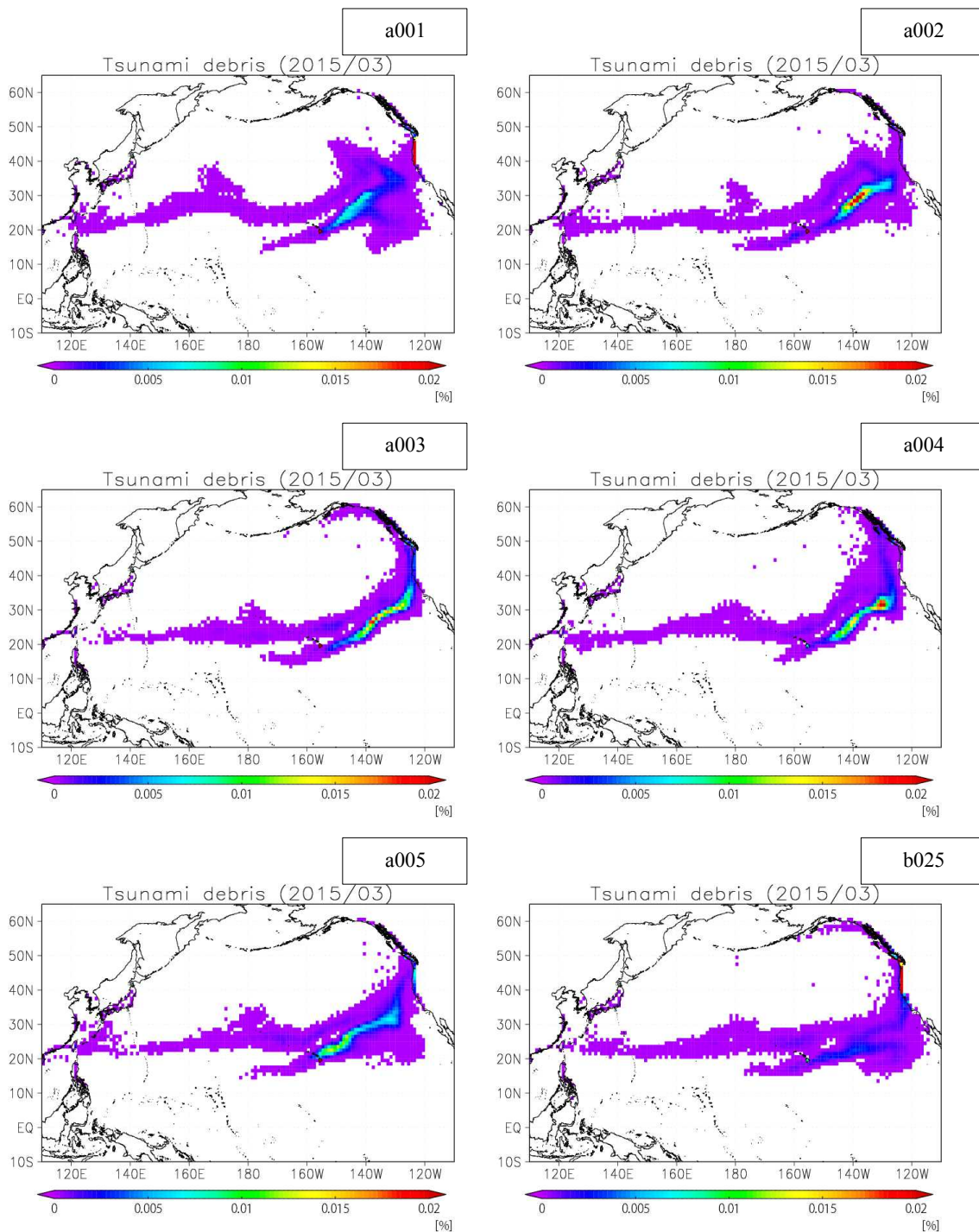


図 27a 2015 年 3 月 15 日におけるアンサンブル予報データを使用した海面下漂流物の計算結果 (a001~b025)。a001~b025 はアンサンブルメンバーを表している。海面下漂流物の分布は、海面下漂流物が存在する計算格子に対して色付けして示している。

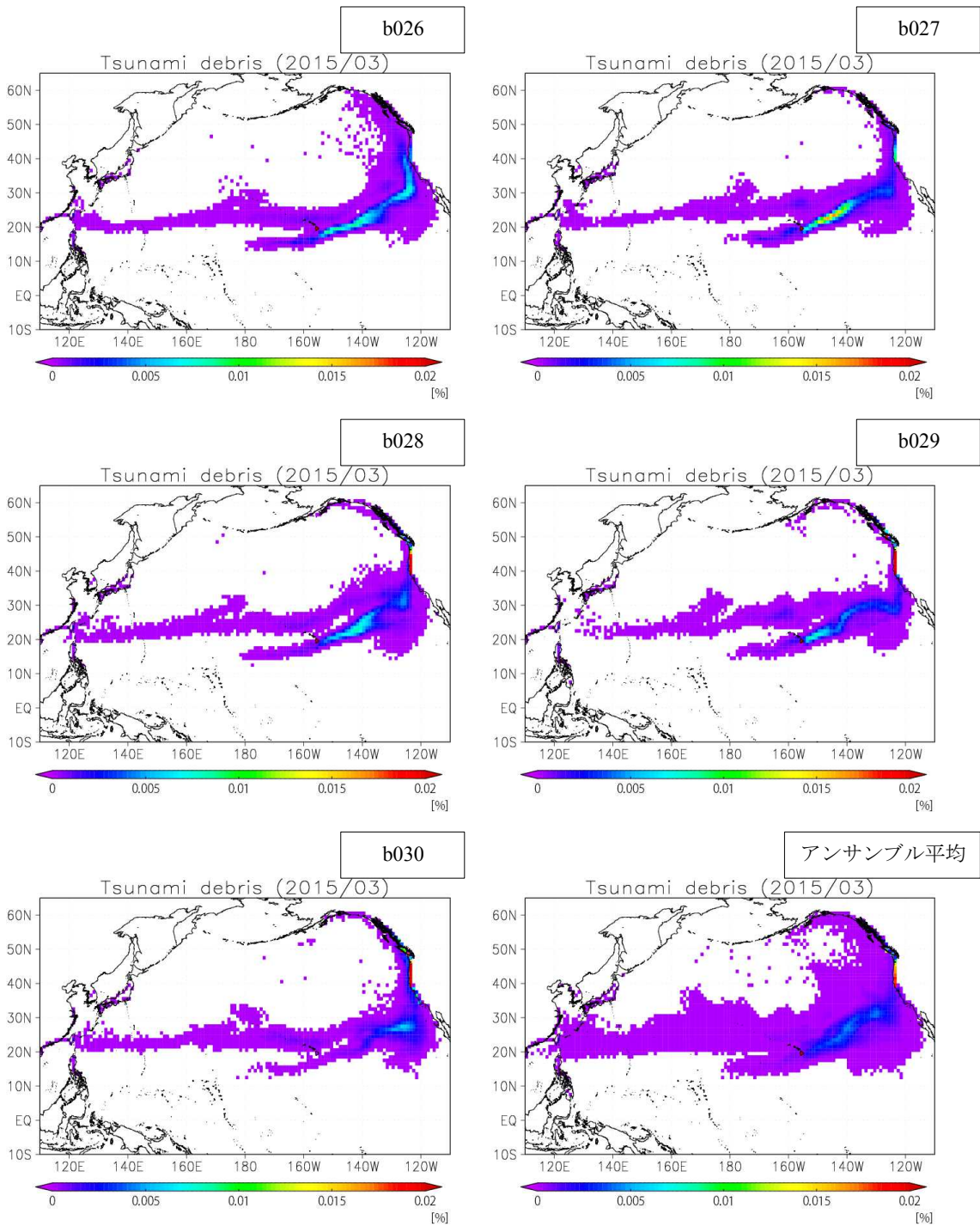


図 27b 2015 年 3 月 15 日におけるアンサンブル予報データを使用した海面下漂流物の計算結果 (b026~b030) とアンサンブル平均結果。

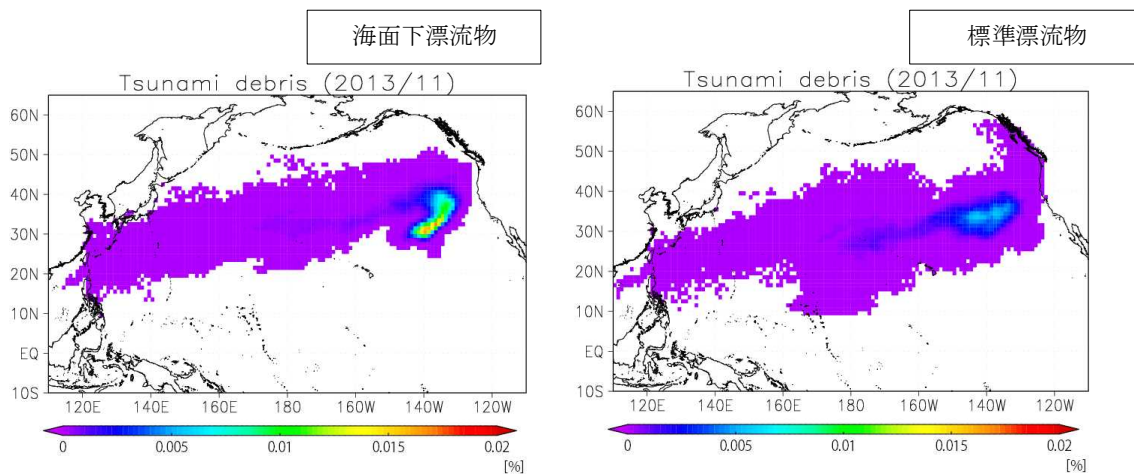


図 28 2013 年 11 月 15 日におけるアンサンブル予報計算の平均結果。洋上漂流物の分布は、洋上漂流物が存在する計算格子に対して色付けして示している。

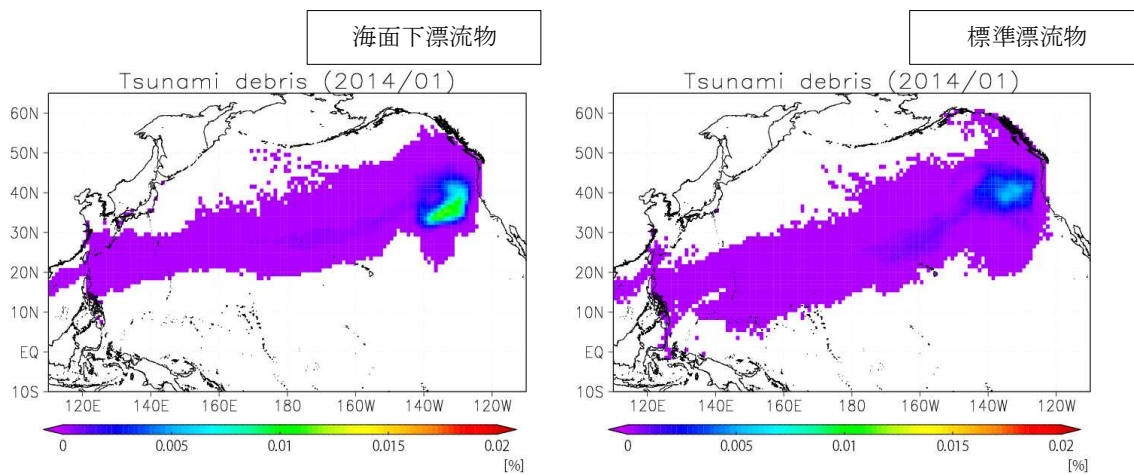


図 29 図 28 と同じ。但し、2014 年 1 月 15 日における洋上漂流物の分布である。

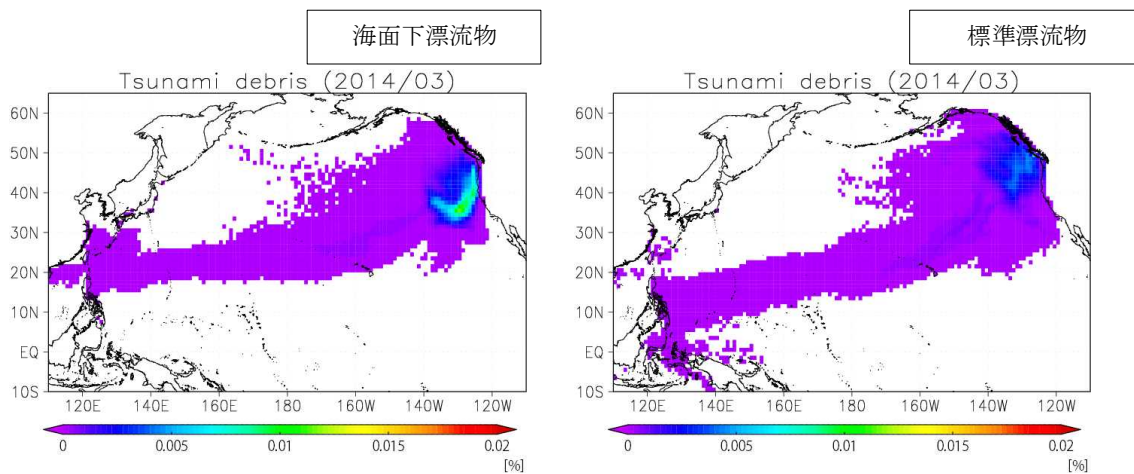


図 30 図 28 と同じ。但し、2014 年 3 月 15 日における洋上漂流物の分布である。

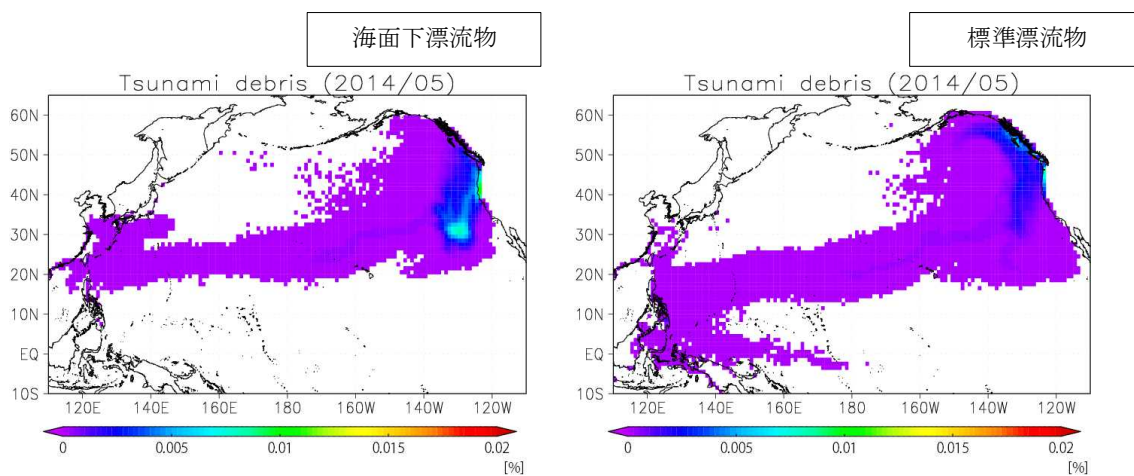


図 31 図 28 と同じ。但し、2014 年 5 月 15 日における洋上漂流物の分布である。

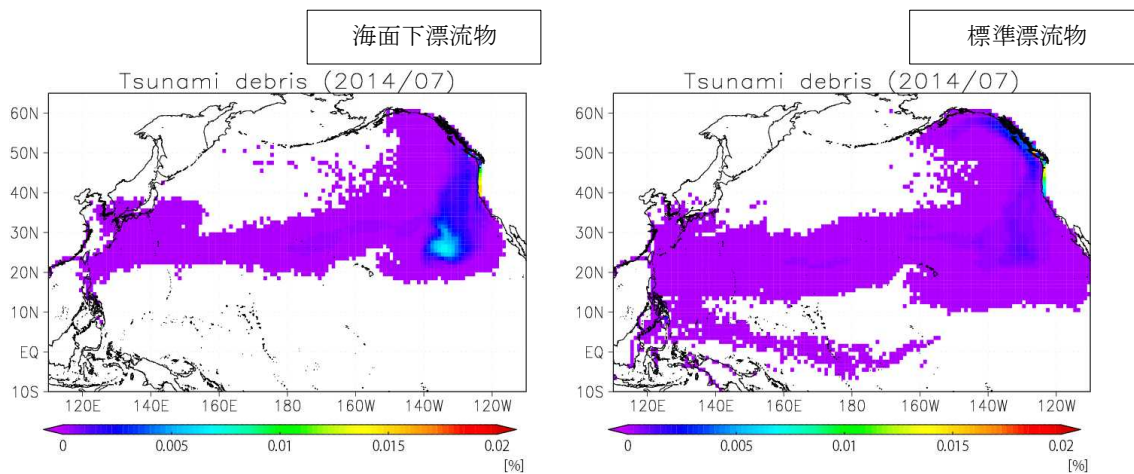


図 32 図 28 と同じ。但し、2014 年 7 月 15 日における洋上漂流物の分布である。

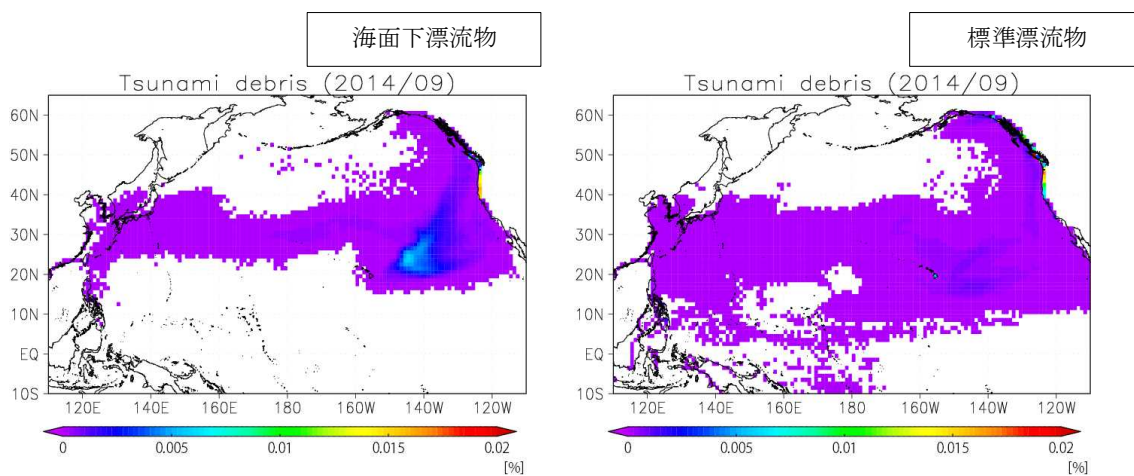


図 33 図 28 と同じ。但し、2014 年 9 月 15 日における洋上漂流物の分布である。

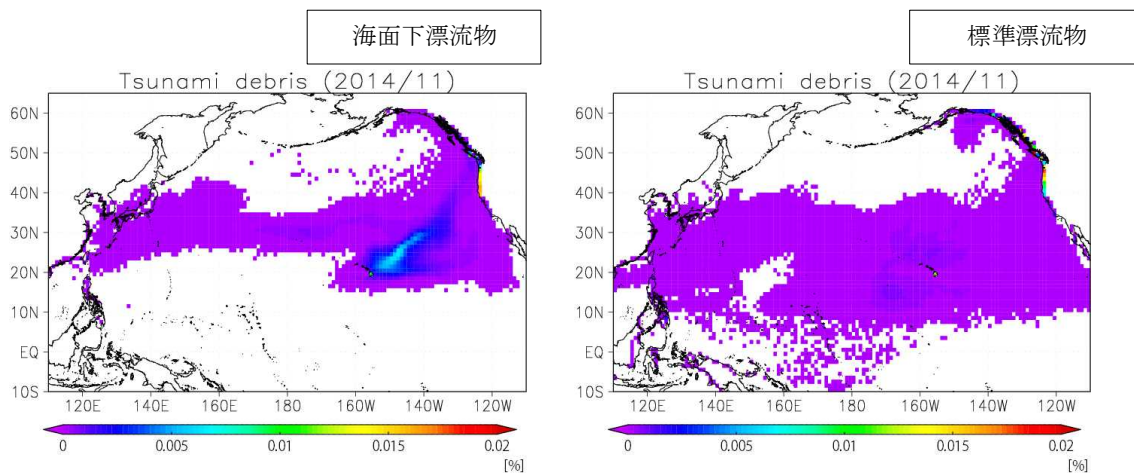


図 34 図 28 と同じ。但し、2014 年 11 月 15 日における洋上漂流物の分布である。

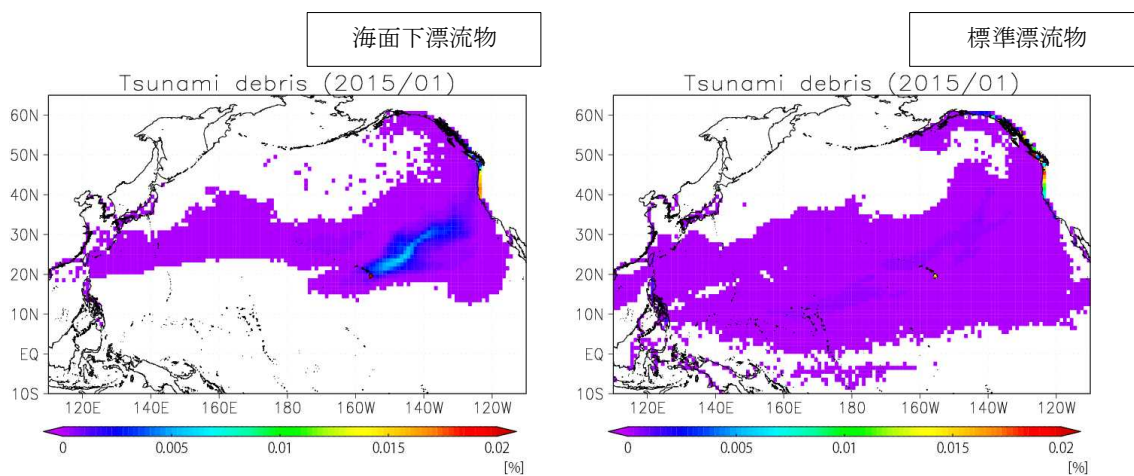


図 35 図 28 と同じ。但し、2015 年 1 月 15 日における洋上漂流物の分布である。

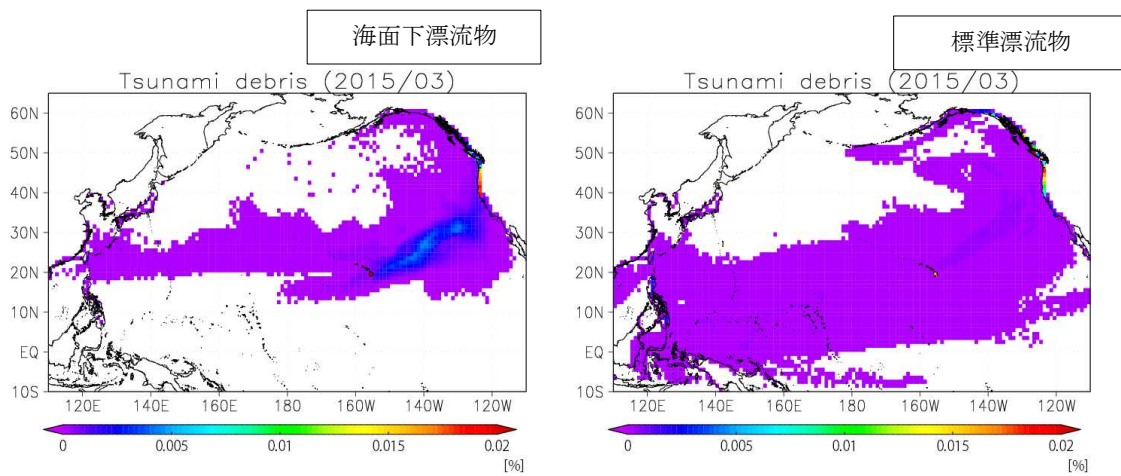


図 36 図 28 と同じ。但し、2015 年 3 月 15 日における洋上漂流物の分布である。

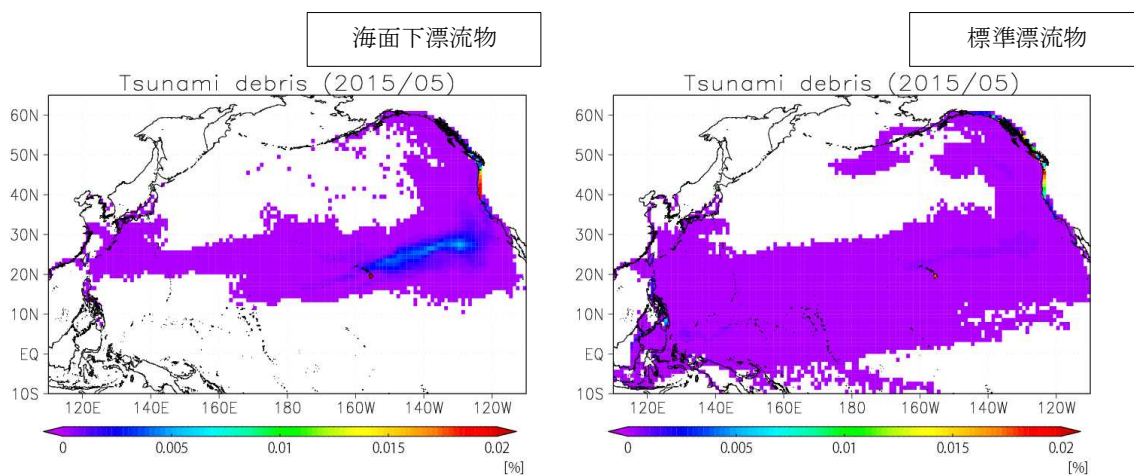


図 37 図 28 と同じ。但し、2015 年 5 月 15 日における洋上漂流物の分布である。

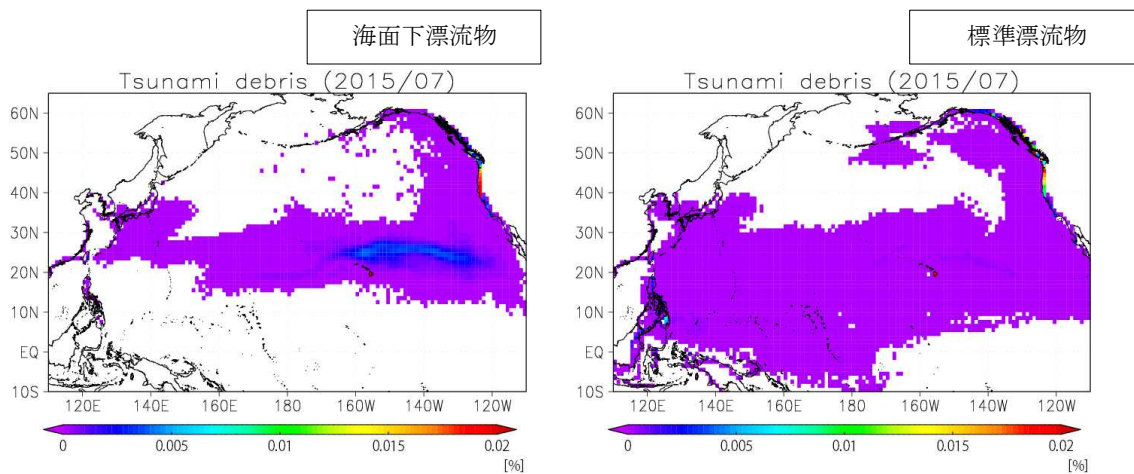


図 38 図 28 と同じ。但し、2015 年 7 月 15 日における洋上漂流物の分布である。

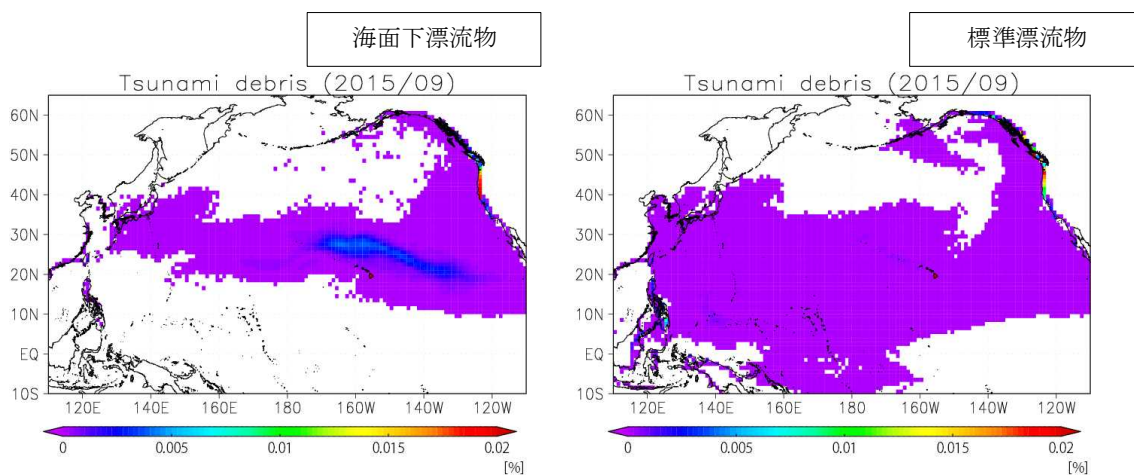


図 39 図 28 と同じ。但し、2015 年 9 月 15 日における洋上漂流物の分布である。

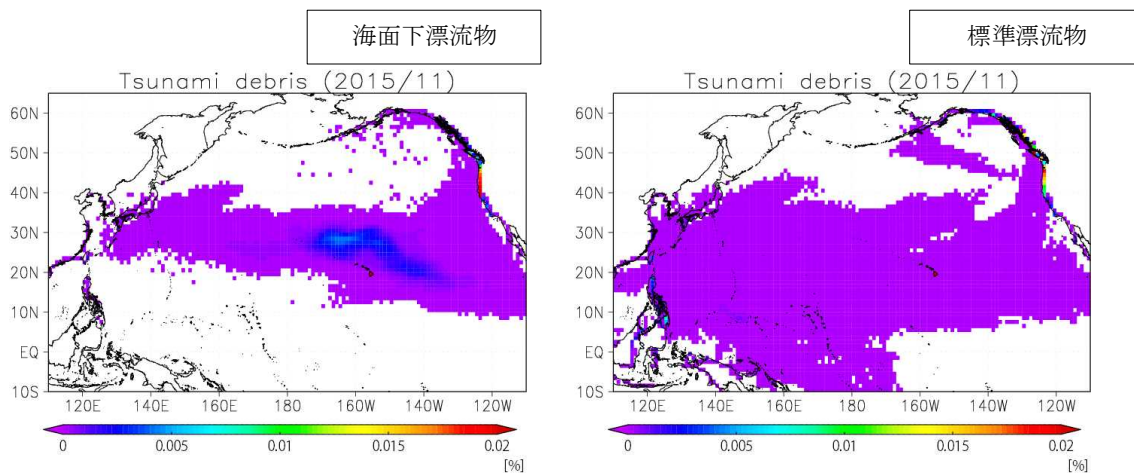


図 40 図 28 と同じ。但し、2015 年 11 月 15 日における洋上漂流物の分布である。

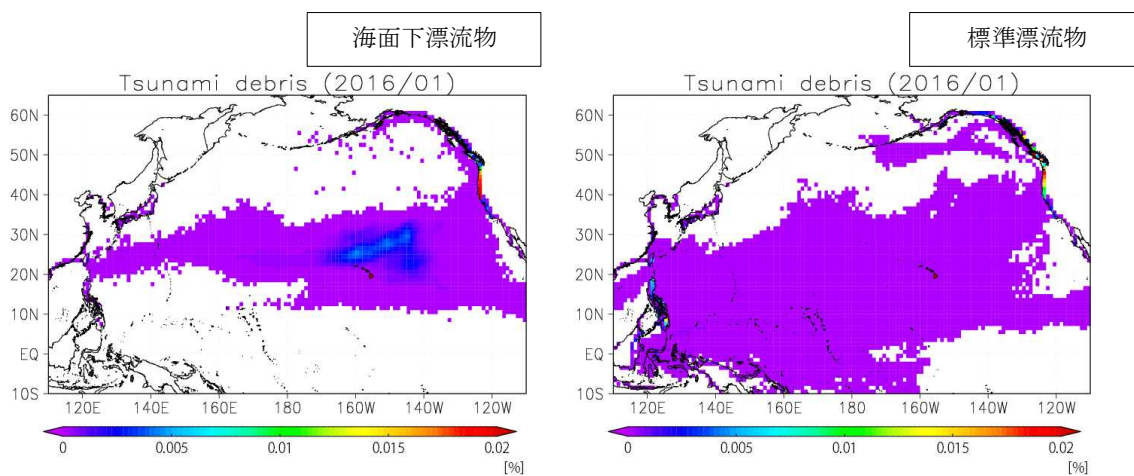


図 41 図 28 と同じ。但し、2016 年 1 月 15 日における洋上漂流物の分布である。

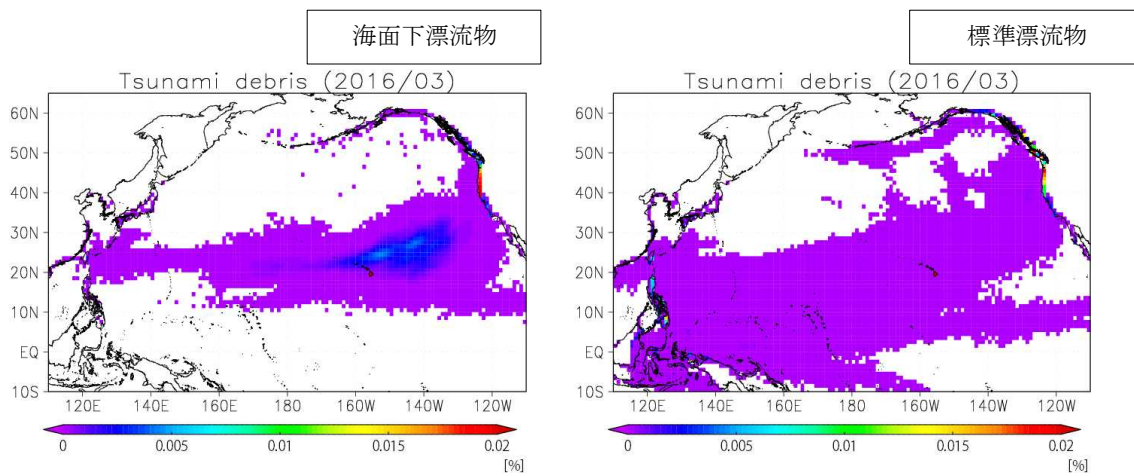


図 42 図 28 と同じ。但し、2016 年 3 月 15 日における洋上漂流物の分布である。

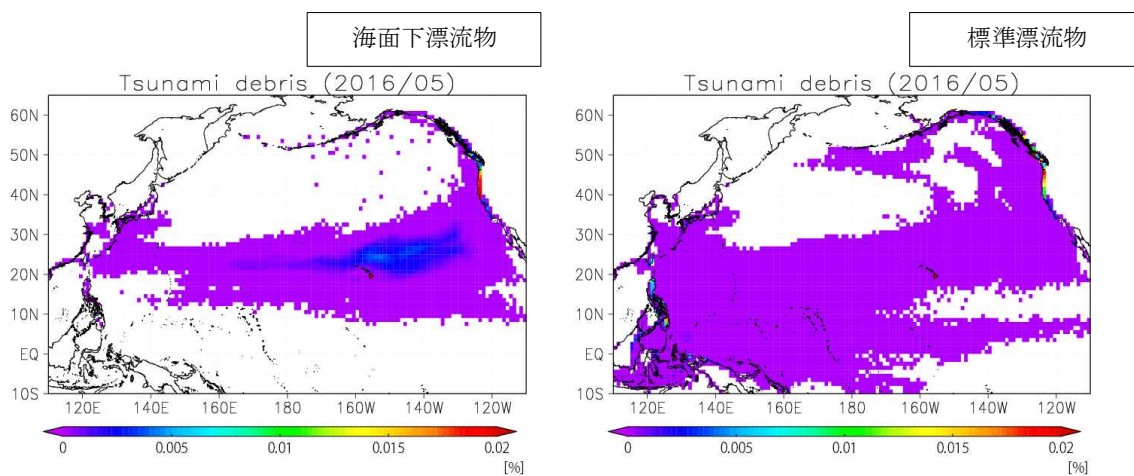


図 43 図 28 と同じ。但し、2016 年 5 月 15 日における洋上漂流物の分布である。

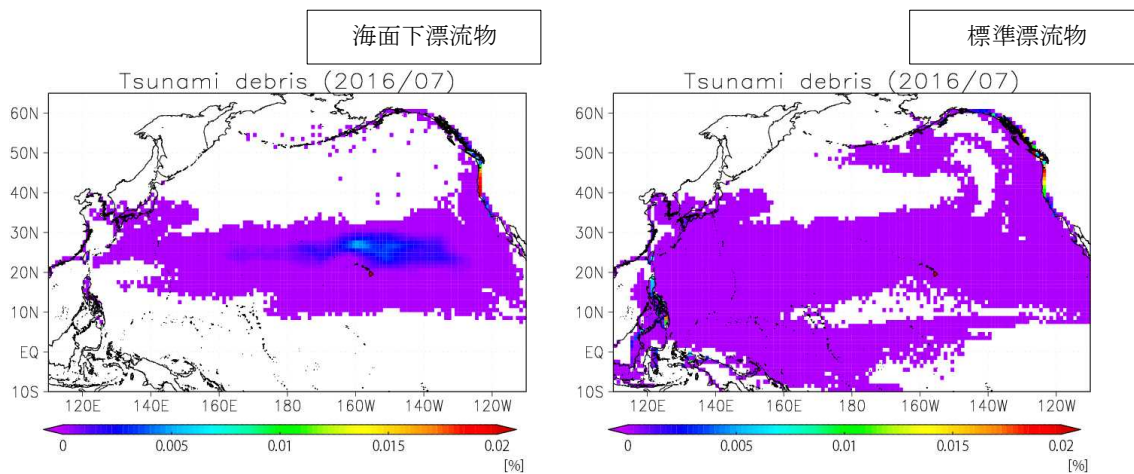


図 44 図 28 と同じ。但し、2016 年 7 月 15 日における洋上漂流物の分布である。

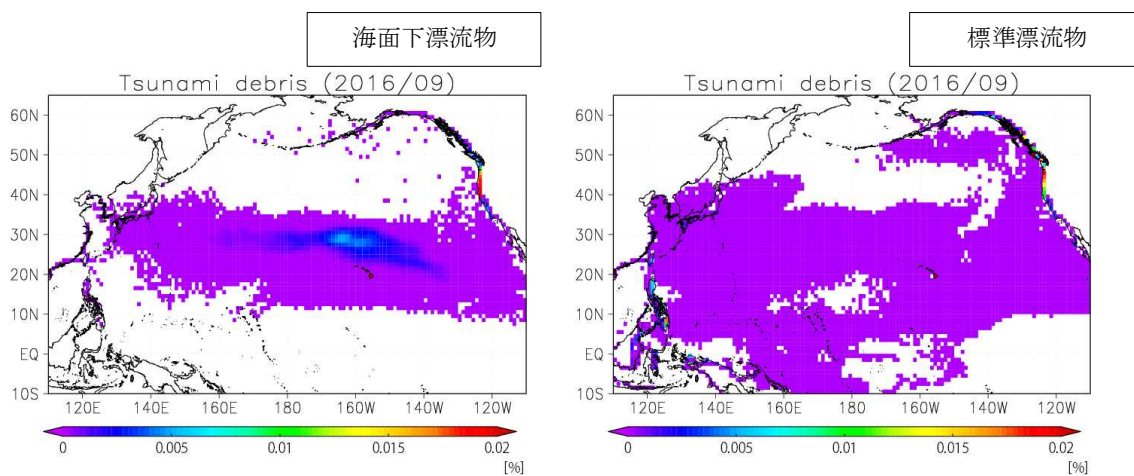


図 45 図 28 と同じ。但し、2016 年 9 月 15 日における洋上漂流物の分布である。

3.5 シミュレーションのまとめ

本業務では、東日本大震災で大量に発生した洋上漂流物に関して、2011年3月から2013年9月までの海流・海上風の再解析データと2013年10月から2016年9月までの海流・海上風の予報データを使用して、洋上漂流物の漂流シミュレーションを実施した。さらに、洋上漂流物の将来の分布について高確度な予報をするため、アンサンブル予報計算を行った。

その結果、海面下漂流物は2014年から本格的に北アメリカ大陸西岸に到達し始め、洋上漂流物の大部分を占めると考えられる標準漂流物に関しても再到達する可能性があることが示唆された。北アメリカ大陸西岸沖の洋上漂流物は、北太平洋の冬季に発達するアリューシャン低気圧と夏季に発達する北太平洋高気圧の影響を受けて、南北方向に移動すると考えられる。その後、北アメリカ大陸西岸沖の洋上漂流物は主に南西方向に流され、北赤道海流と貿易風によりフィリピン諸島周辺まで帯状に分布することが予報された。また、海面下漂流物については、ハワイ諸島北部の海域に収束する傾向があることが示唆された。

第4章 専門家会合およびシンポジウム開催

2013年10月24日、25日に沖縄県において洋上漂流物に関する専門家を招き、本業務で行っているシミュレーションを始め、漂流物シミュレーションに関する国際的な取り組みに関する情報交換を行うための専門家会合、および一般向けのシンポジウムを開催した。

10月24日は、名護市の海洋研究開発機構・国際海洋環境情報センター(GODAC)において専門家会合を開催した。まず、本業務で行っているシミュレーションの結果のまとめに関して発表するとともに、その内容をもとに議論を行った。その後、招聘した専門家からそれぞれの研究、業務の紹介をしていただいた。招聘者とそれぞれの発表内容は以下の通りである。

- Dr. Jon Rees (Chief, Centre for Environment, Fisheries and Aquaculture Science)
英国における洋上漂流物のモニタリングおよび研究紹介
海洋事故などによる漂流物流出時の緊急時対応、および沿岸域の漂流ゴミモニタリング
- Prof. Nikolai Maximenko (International Pacific Research Center, Univ. Hawaii)
ハワイ大における洋上漂流物のシミュレーション研究について
- Prof. John P. Matthews (京都大学)
人工衛星リモートセンシング画像を用いた洋上漂流物のモニタリング



図 46: GODAC における専門家会合の様子

10 月 25 日は恩納村の沖縄科学技術大学院大学(OIST)において、一般向けのシンポジウムを開催した。

シンポジウムのプログラムは以下の通りである。

環境省代表挨拶 小林正明（環境省 水・大気環境局長）

米国海洋大気庁挨拶 Nancy Wallace (Marine Debris Division, Chief) (キャンセル)

趣旨説明及び日米合同漂流シミュレーションの成果紹介

淡路敏之（京都大学理事・副学長）

日本国における漂流予測シミュレーションの紹介

1) 大気海洋変動アンサンブル予測実験

- 碓氷典久（気象庁気象研究所主任研究員）、
- 石川洋一（海洋研究開発機構グループリーダー）

2) 漂流ガレキ挙動予測

- 川村英之（日本原子力研究開発機構研究副主幹）
- 小林卓也（日本原子力研究開発機構研究副主幹）

（休憩）

米国 NOAA における漂流ガレキ予測シミュレーション【ビデオ発表予定】（キャンセル）

Amy MacFadyen, Glen Watabayashi (NOAA , Seattle)

人工衛星からの漂流ガレキモニタリング

John Phillip Matthews (京都大学教授)

英国における緊急時対応及び沿岸モニタリング

Jon Rees (Chief, Centre for Environment, Fisheries and Aquaculture Science)

船舶からの目視情報について

藤枝 繁（鹿児島大学教授）

ハワイ大における洋上漂流物のシミュレーション研究について

Nikolai Maximenko (Univ. Hawaii)

フロアーからの意見

閉会挨拶 今脇資郎（海洋研究開発機構地球情報センター長）

本シンポジウムの出席者は 100 人弱をかぞえ、本業務で行ったシミュレーション結果を始め、人工衛星リモートセンシング、船舶観測など洋上漂流物のモニタリングについての報告、諸外国における取り組みなどの紹介が行われた。

なお、アメリカ合衆国大気海洋庁(NOAA)で洋上漂流物についてのモニタリングを行っている研究者を招聘する予定であったが、アメリカにおける政府機関閉鎖の影響により、来日することが出来なかったため、以前よりメールで行っていた情報交換についての紹介を行うこととなった。



図 47: 一般向けシンポジウムの様子

第5章 まとめ

平成 23 年度より 3 年間にわたって東日本大震災で発生した洋上漂流物の分布推定および予測のための数値シミュレーションを行ってきた。初年度は震災後まもなく本業務を開始したため、シミュレーション手法の開発および設定を行うとともに、なるべく早く推定結果を求めることを目的として行った。漂流シミュレーションのために必要な海上風、海洋表層流速場について、観測データが得られる期間までは、気象庁気象研究所が開発を行っている MOVE-WNP の海洋データ同化システムおよび海上風の解析場 JCDAS を用いることとし、長期予測については、海洋研究開発機構が開発を行っている K7 大気海洋結合データ同化システムを用いた。これらのデータをもとに、原子力研究開発機構が開発を行っている海洋中物質移行モデル (SEA-GEARN) を洋上漂流物シミュレーションのために改良した。このとき漂流物の種類を海面上と、海面下の体積比に関して分類し、海面上と海面下の比が 4:1, 2:1, 1:1 および 0:1 となる 4 種類についてのシミュレーションを行うこととした。漂流パラメータに関しては海上保安庁より提供された値を用いており、この値を用いると漂流物の大部分を占めると

考えられる木材は 1:1 のケースに相当する。

平成 24 年度では、シミュレーションの信頼性を評価するために目視観測や漂着報告との比較を行うとともに、いくつかのケーススタディを行いシミュレーションの確度向上を図った。

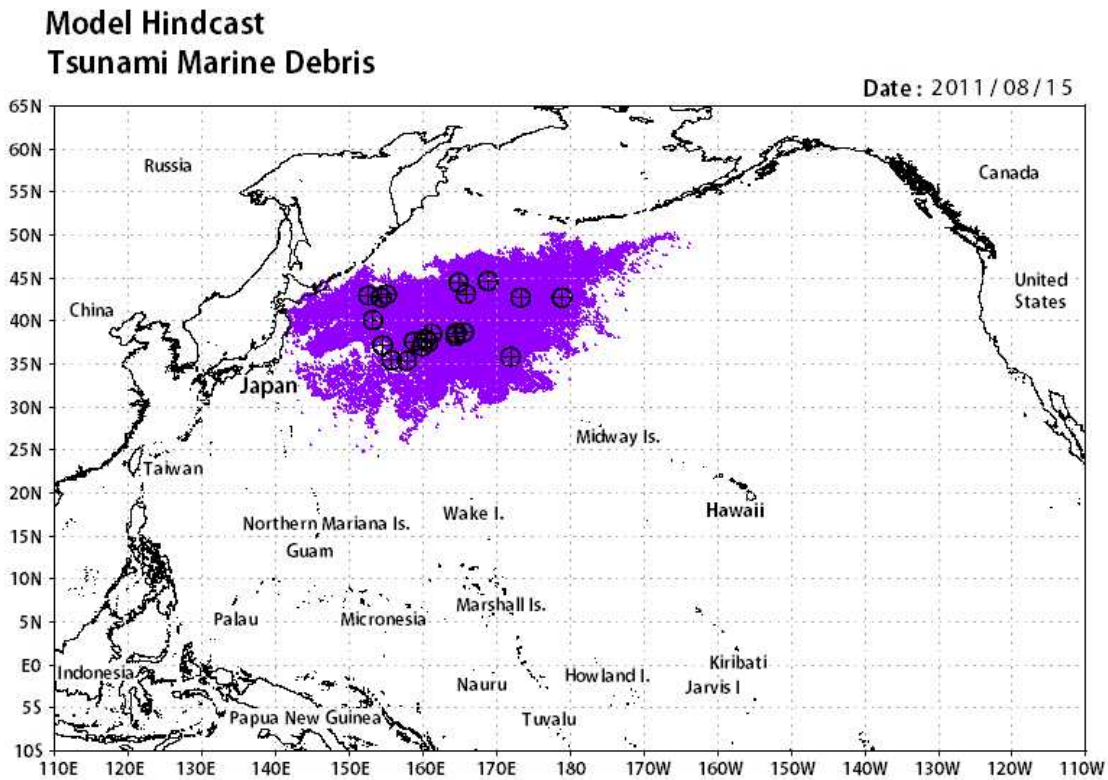


図 48: 2011 年 8 月におけるシミュレーション結果と目視情報の比較

Model Hindcast Tsunami Marine Debris

Date: 2012/06/05

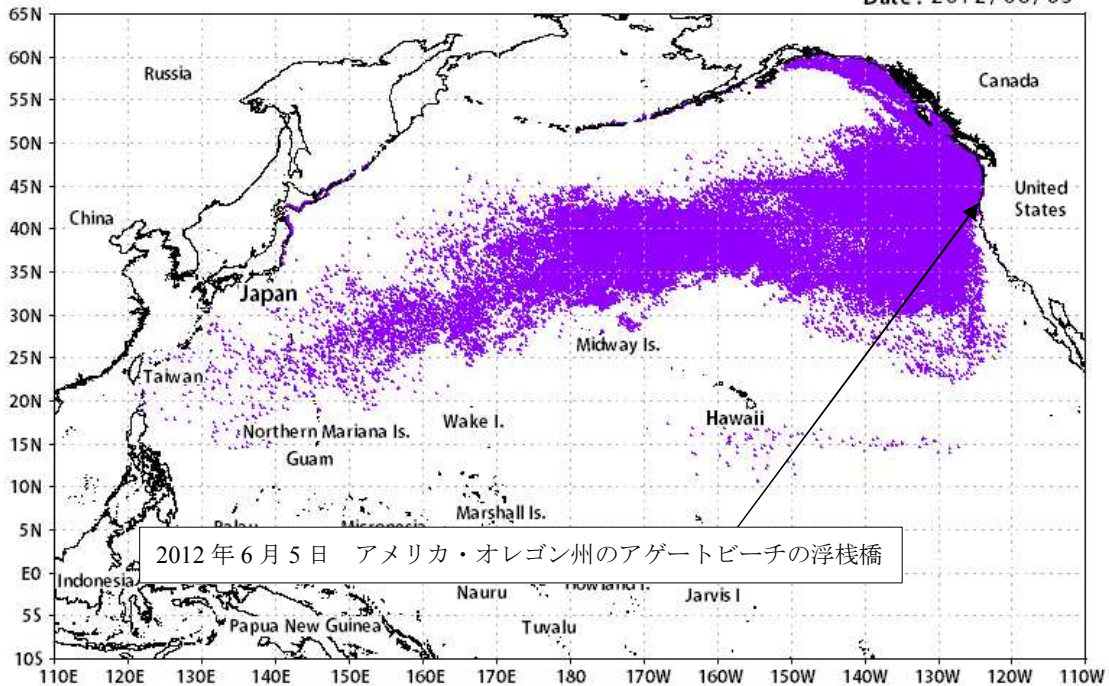


図 49: 2012 年 6 月におけるシミュレーション結果と漂着報告の比較。

特に、2012 年に入ってから、震災起源の漂流物のアメリカ西海岸への漂着がいくつも報告されており、漂着の場所、時期などについて本業務で行ったシミュレーションは概ね矛盾しない結果を示した。一方で、これらの漂着物はその大部分が海上に出ているタイプの漂流物であるが、環境省が行った推定ではより海中部分の多い漂流物が大半を占めていると報告されており、そのようなタイプの漂流物についてはシミュレーションの条件についてより詳細な検討が必要であると思われた。そこで、初期流出分布、漂着時の取り扱い、木材の長期劣化、海上風／海流予測の不確実性についての検討やケーススタディを行った。この中で特に影響が大きかった海上風／海流予測の不確実性について評価するために、アンサンブル計算によって得られた海上風／海流を用いたシミュレーションを行った(図 27 参照)。その結果と再解析データを用いたシミュレーションとの比較を行うことにより、海上風／海流の不確実性の影響評価を行った。海上風／海流がことなることによりアンサンブルのメンバー間には大きなばらつきがみられるが、そのうちのいくつかは再解析データを用いたシミュレーションと類似した結果が得られていることがわかった。さらに、アンサンブル平均をとることにより、再解析データを用いたシミュレーションと良く似た分布が得られることが示され、個々のシミュレーションと比べ信頼性の向上が見られた。

今年度は以上の結果をふまえ、未だにかなりの部分が太平洋上で漂流していると推測される木材などを対象とし、海面上と海洋中の比が 1:1 および 0:1 の漂流物を対象としたシミュ

レーションを行った。このとき海流、海上風については最新の観測データを用いた解析／予測結果を用いて計算されたものを用いた。その結果については本報告書の第3章にまとめられている。また、第4章で報告した通り、3年間の業務のまとめとして、海外からの専門家を招いて専門家会合および一般向けのシンポジウムを開催した。

本業務で得られた研究成果は国内外の関連機関に伝えられ、洋上漂流物の問題解決に大きく貢献してきたと考えられる。今後も関連機関で情報を共有して、東日本大震災に起因する洋上漂流物の問題に対処していく必要がある。また、本業務で実施した洋上漂流物の漂流シミュレーションは、比較的長い時間スケール及び広い空間スケールを対象としたものである。そのため、沿岸域での洋上漂流物の漂着等の詳細な挙動を解明するには、時空間的により分解能が高い漂流シミュレーションを行う必要がある。今後は、より高度なシミュレーション技術を活用して、洋上漂流物の問題に対処していくことが望まれる。

参考文献

- Kobayashi, T., S. Otsuka, O. Togawa and K. Hayashi (2007) : Development of a non-conservative radionuclides dispersion model in the ocean and its application to surface cesium-137 dispersion in the Irish Sea, *J. Nucl. Sci. Technol.*, 44, 238-247.
- Sugiura, N., T. Awaji, S. Masuda, T. Mochizuki, T. Toyoda, T. Miyama, H. Igarashi and Y. Ishikawa (2008) : Development of a four-dimensional variational coupled data assimilation system for enhanced analysis and prediction of seasonal to interannual climate variations, *J. Geophys. Res.*, 113, C10017, doi:10.1029/2008JC004741.
- Usui, N., S. Ishizaki, Y. Fujii, H. Tsujino, T. Yasuda and M. Kamachi (2006) : Meteorological Research Institute multivariate ocean variational estimation (MOVE) system: Some early results, *Adv. Space Res.*, 37, 806-822, doi:10.1016/j.asr.2005.09.022.

リサイクル適正の表示：印刷用の紙にリサイクルできます。

この印刷物はグリーン購入法に基づく基本方針における「印刷」に係る判断の基準にしたがい、印刷用の紙へのリサイクルに適した材料[A ランク]のみを用いて作成しています。