

平成25年度  
環境研究総合推進費補助金研究事業  
総合研究報告書

東日本大震災による漂流ごみの移動経路把握による  
二次災害防止に関する研究  
(3K122110)

平成26年3月

代表研究者 松村 治夫 (鳥取環境大学環境学部環境学科教授)  
研究分担者 田中 勝 (鳥取環境大学サステナビリティ研究所所長・  
環境情報学部環境マネジメント学科特任教授)  
小林 朋道 (鳥取環境大学環境学部環境学科教授)  
荒田 鉄二 (鳥取環境大学環境学部環境学科准教授)  
佐藤 伸 (鳥取環境大学環境学部環境学科准教授)  
金 相烈 (鳥取環境大学環境学部環境学科講師)  
西澤 弘毅 (神奈川大学工学部情報システム創成学科准教授)

補助事業名 環境研究総合推進費補助金研究事業（平成 24 年度～平成 25 年度）  
所 管 環境省  
国庫補助額 47,304,000 円（2 年度の総計）  
研究課題名 東日本大震災による漂流ごみの移動経路把握による  
二次災害防止に関する研究  
研究期間 平成 24 年 7 月 2 日～平成 26 年 3 月 31 日  
代表研究者名 松村 治夫（鳥取環境大学環境学部環境学科教授）  
研究分担者名 田中 勝（鳥取環境大学サステナビリティ研究所所長・  
環境情報学部環境マネジメント学科特任教授）  
小林 朋道（鳥取環境大学環境学部環境学科教授）  
荒田 鉄二（鳥取環境大学環境学部環境学科准教授）  
佐藤 伸（鳥取環境大学環境学部環境学科准教授）  
金 相烈（鳥取環境大学環境学部環境学科講師）  
西澤 弘毅（神奈川大学工学部情報システム創成学科准教授）

## 目次

第1章 研究の概要	1
1-1. 研究目的	1
1-2. 研究方法	1
1-3. 結果と考察	2
1-4. 環境政策への貢献	8
1-5. 研究成果の実現可能性	9
1-6. 結論	9
第2章 移動経路調査	10
2-1. 調査の目的	10
2-2. 調査方法	10
2-3. 第1回放流調査結果	12
2-4. 第2回放流調査結果	14
2-5. 第3回放流調査結果	17
2-6. 第4回放流調査結果	19
2-7. 東日本大震災の漂流予測のまとめ	25
2-8. 南海トラフ巨大地震の漂流がれきの経路予測結果	26
第3章 震災起因漂着物の発生源調査	35
3-1. 研究背景	35
3-2. 東日本大震災に起因する海岸漂着物の国内の実態調査	35
3-3. 東日本大震災に起因する海岸漂着物の国外の実態調査	37
3-4. 震災起因プラスチックごみによる海洋環境に与える危険性	46
第4章 漂流ごみ情報の多面的活用策の提案	48
4-1. 災起因漂流物に関する情報の多面的活用策	48
4-2. 南海トラフ巨大地震起因の漂流物情報の多面的活用策	55
第5章 漂流ごみの発生予測手法の検討	63
5-1. 東日本大震災からの流出ごみ	63
5-2. 今後の震災に伴う津波からのがれき発生量推計手法の検討	64
5-3. 震災がれき発生量推計手法の検証	68
5-4. 南海トラフ巨大地震からのがれき発生量の推計	72
5-5. まとめ	90
研究発表等	92
研究の概要図	93
英文概要	94

# 環境研究総合推進費補助金 研究事業 総合研究報告書

## 第1章 研究の概要

研究課題名：東日本大震災による漂流ごみの移動経路把握による二次災害防止に関する研究

研究番号：3K122110

国庫補助金精算所要額：47,304,000円（複数年度の合計）

研究期間：平成24年7月2日～平成26年3月31日

研究代表者名：松村 治夫（鳥取環境大学）

研究分担者：田中 勝、小林 朋道、荒田 鉄二、佐藤 伸、金 相烈（以上、鳥取環境大学）、西澤 弘毅（神奈川大学）

### 1-1. 研究目的

東日本大震災とその津波で発生した震災ごみのうち、沿岸域に漂着したごみは、港湾を塞いで船舶の航行に支障を及ぼすとともに、沿岸地域の産業活動や生活環境に大きな影響を引き起こしている。鳥取環境大学では、平成21年度から「日本海に面した海岸における海ごみの発生抑制と回収処理の促進に関する研究」に取り組んできた。この研究成果を展開させて今回の津波に起因する漂流ごみに関する2年間の研究を実施する。

本研究では、東日本大震災の津波によって発生した漂流ごみの移動経路について発信機付き模擬ごみを用いて追跡するとともに、どのような被害が起こりうるかを過去の災害事例から調査してその被害を最小化するための方策も含めて取りまとめるとともに、これら情報を活用するために利害関係者や国内外の関係機関等への情報発信のあり方を提案して、将来起こりうる可能性のある二次災害の防止対策に貢献することを目的とする。

### 1-2. 研究方法

本研究の進め方としては、以下の4つの枠組みを設けて研究を実施した。

- 1) 「移動経路調査」においては、洋上漂流物の移動経路について①漂流物の移動の追跡、②漂着の時期や場所の予測を行うため、東北の岩手県宮古沖、宮城県気仙沼沖、福島県相馬沖の3か所から計4回にわたって発信機付き模擬ごみを放流して、その経路や漂着場所等を調査した。4回目の放流実験では、海面上漂流物、標準漂流物、海面下漂流物に相当する発信機付き模擬ごみを同時に放流することにより、がれきの種類による漂流経路の違いや海域の違いを調査した。さらに、南海トラフ巨大地震による津波で発生する漂流物の移動経路を調査するため、2013年9月末から10月初めに津波による大きな被害が予想される太平洋沿岸の計4か所（静岡県下田沖、

愛知県田原沖、高知県土佐清水沖、宮崎県宮崎沖) から、同一沈下率の 3 個の発信機付き模擬ごみを同時に放流してその移動経路を把握した。また沿岸流による日本沿岸への漂着状況を調べるため、2013 年 12 月に高知県高知市仁淀川河口にて計 60 個の発信機付き模擬ごみを同時に放流して、その移動状況を調査した。

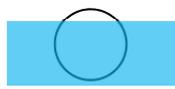
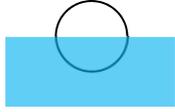
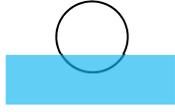
- 2) 「漂流ごみによる被害状況と発生源調査」においては、東日本大震災起因の洋上漂流物の移動経路と二次災害の情報に関する文献調査を実施して、国内での二次災害の発生場所を把握するとともに、震災起因漂流物の漂着現場に実際に出向いて自治体の担当者等と意見交換を行い、漂着当時の状況やごみの成分、現状の処理方法などについて情報収集を行いながら、現場での被害状況や通常の漂着ごみとは異なる震災起因漂流物の性状等について把握した結果を整理した。また、国外の海岸への漂着物についても、太平洋を跨いで日本の対岸に位置する米国・ハワイ州、アラスカ州、ワシントン州、オレゴン州、カルフォルニア州、並びにカナダ・ブリティッシュコロンビア州を対象として、それぞれの海岸への震災起因漂着物についての文献調査を行った。
- 3) 「漂流ごみ情報の多面的活用策の提案」においては、本研究によって得られた成果について、シンポジウムやワークショップの開催や国際会議への参加発表を通じて国内および海外の関係者との情報交換を行って情報の共有を図るとともに、漂流物に起因して今後生じうる問題点について把握した結果を取りまとめた。また本調査で収集した発信機の位置情報を本学のウェブサイト上で公表を実施しているが、その他の調査情報についても公表の方法について検討するとともに、わが国や米国の関係者間の情報ネットワークの存在について確認できたので、これらの情報ネットワークとの連携の可能性についての調査も進めた。
- 4) 「漂流ごみの発生予測手法の検討」においては、今後の震災に備えた震災起因漂流物の発生予測を行うため、南海トラフ巨大地震に伴う津波による県別の全壊棟数推計値を基に、家屋等からのがれき発生量について、被災床面積に基づく推計手法と被災棟数に基づく推計手法について検討した。

## 1-3. 結果と考察

### 1-3-1. 移動経路調査

本研究では、東日本大震災の津波によって発生した漂流ごみの移動経路について調べるため、東北の岩手県宮古沖、宮城県気仙沼沖、福島県相馬沖の 3 か所から計 4 回にわたってアルゴス発信機付き模擬ごみを放流して、その経路や漂着場所等を調査した。全 4 回の放流実験で用いた模擬ごみの概要を表 1-1 に示す。

表 1-1 放流した模擬ごみの種類

模擬ごみの種類	海面下漂流物	標準漂流物	海面上漂流物
模擬ごみの沈下率(海面下の体積の割合)	約 80%	約 50%	約 10%
模擬ごみの沈下のイメージ			
想定している実際の漂流物	流木や海水を含む木材など	冷蔵庫、タイヤ、コンテナなど	浮遊船舶やブイ
受ける影響	海流の影響が強い	海流と偏西風の両方	偏西風の影響が強い
放流時期	2013年1月	2011年6月 2011年10月 2012年1月 2013年1月	2013年1月
放流場所 (4回とも共通)	岩手県宮古沖、 宮城県気仙沼沖、 福島県相馬沖	左に同じ	左に同じ

その結果として、震災起因の洋上漂流物は、わが国の太平洋沿岸部に漂着したものの他に、岩手県宮古沖から放流した模擬ごみが1年9ヶ月後の3月18日の時点で米国オレゴン州 Arch Cape の海岸に漂着したことが判明（図 1-1 参照）しており、現地では通常の漂着ごみとの見分けがつかない小型の震災起因洋上漂流物が米国西海岸に漂着していることを裏付けることができた。しかもこの模擬ごみには、その表面に海洋生物の付着が全く見られなかったことから、米国側において懸念が広がっていた洋上漂流物の漂着による沿岸の海洋生態系への悪影響は、必ずしも全ての漂着物が及ぼすものではなく、限定的なものになる可能性があることが判明した。

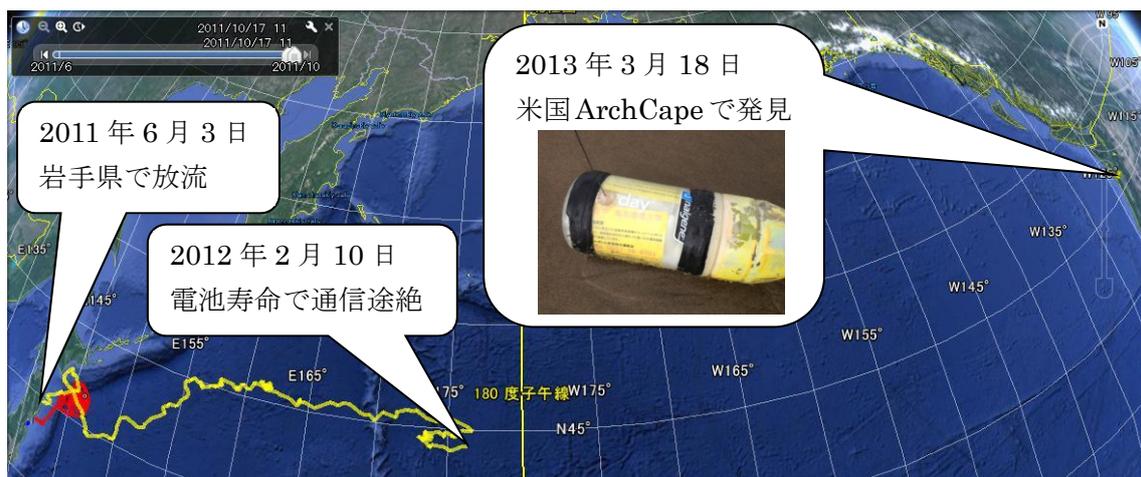


図 1-1 第 1 回放流模擬ごみの位置情報（2011 年 6 月～2012 年 2 月）

また、震災起因漂流物による二次災害として、米国西海岸や島嶼域などの沿岸への漂着に注目が集まるが、図 1-2、図 1-3 に示すように、太平洋上の小海流渦に巻き込まれて留まるものもあり、「太平洋ごみパッチ」(Great Pacific Garbage Patch) の東部と西部の両パッチに流れ着いたものがあることが判明した。

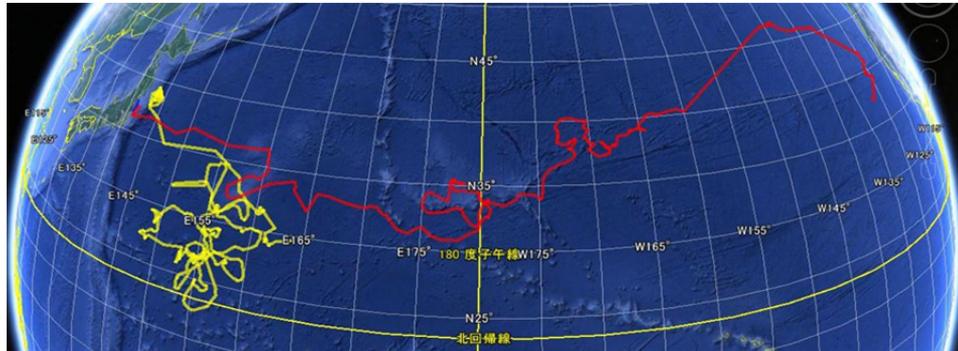


図 1-2 第 2 回放流模擬ごみの位置情報 (2011 年 10 月～2014 年 1 月)

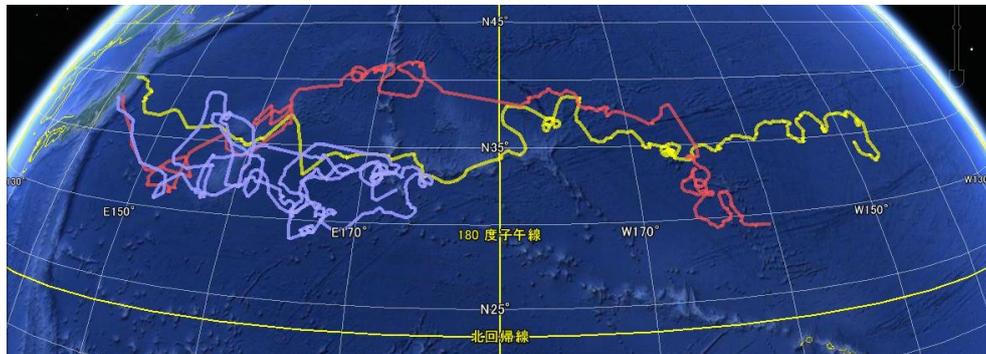


図 1-3 第 3 回放流模擬ごみの位置情報 (2012 年 1 月～2014 年 1 月)

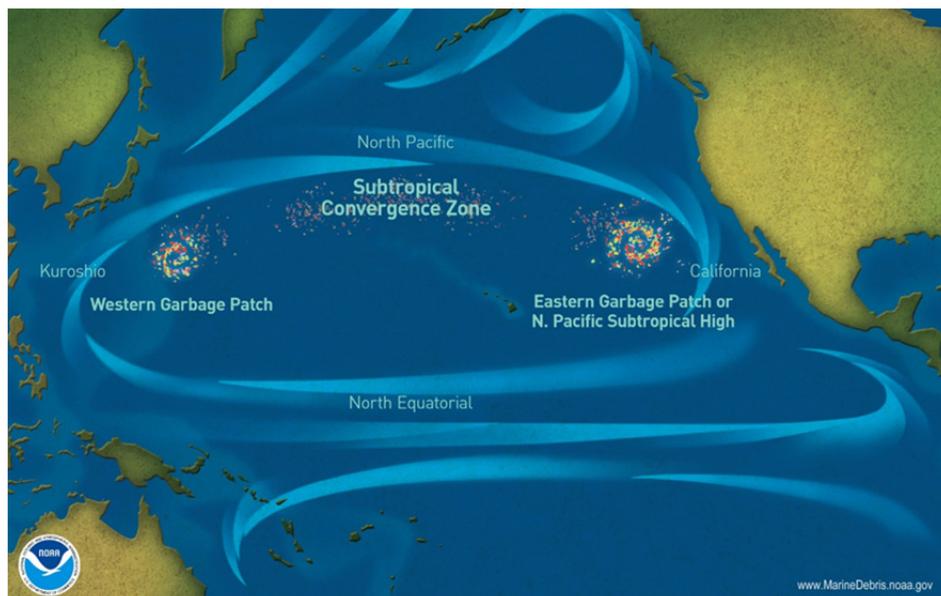


図 1-4 太平洋ごみパッチ (Great Pacific Garbage Patch)

また南海トラフ巨大地震による津波を想定した漂流物の移動経路把握のための放流実験を行った結果としては、図 1-5 に示すように洋上漂流物は日本沿岸部に一部が漂着するが、太平洋上に多量の漂流物が流出して、東日本大震災の時と同様に東に向かう可能性があることが判明した。

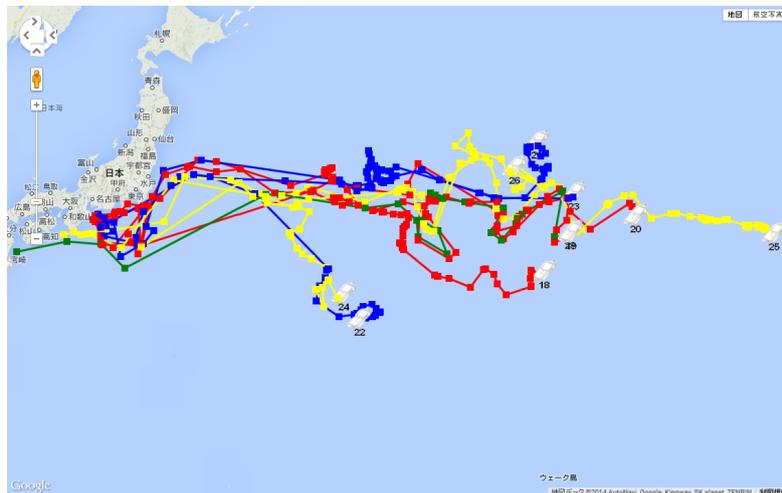


図 1-5 南海トラフ巨大地震を想定した模擬ごみの位置情報  
(第 1 回放流： 2013 年 9 月～2014 年 1 月)

これらの放流結果をまとめると次のようになる。第 1 回放流と第 2 回放流までの結果では、同じ時期に放流しても放流場所が異なると、漂流の様子が大きく変わっていることが観察できた。しかし、第 3 回放流と第 4 回放流の結果に注目すると、少なくとも 1 ヶ月から 3 ヶ月の間はほぼ同じ経路をたどっていることもわかった。この結果から、大量の漂流物が発生した場合でも、その一部の漂流経路を 3 ヶ月以内に追跡すれば、漂流物全体の漂流経路を追跡できるのではないかという予測が立つ。今後の研究の実施に際しては、洋上漂流物の総量や組成の推計方法の検討などが課題となる。

### 1-3-2. 漂流ごみによる被害状況と発生源の調査

今回の震災による津波で発生した洋上漂流物の移動経路と二次災害の情報に関する文献調査や現地調査を実施して、その被害状況や通常の漂着ごみとは異なる震災起因漂流物の性状等について把握した結果を整理した。

本研究では日本国内の漂着実態から、今後予想される北米での海岸漂着物による二次災害を最小化するための方策を検討するための基礎データとして、北海道太平洋沿岸における震災起因海岸漂着物による二次災害の実態調査を行った。

その結果として、図 1-6 に示すように震災起因漂着物の特徴が明らかになった。その概要は以下のとおりである。



図 1-6 北海道沿岸調査で判明した震災起因漂着物の特徴

- 1) 鋭利物（釘、木ねじ等）の付いた木材や、加工跡のある木材、ロープ等が巻かれた木材、外装の付着した建材など。
- 2) 破損した堅牢な物（例：厚手の FRP 製漁業用ブイ等）
- 3) 住宅内に収納されている物品の中で、数量の多いもの。衣類、靴、スニーカー、鞆、ハンドバッグなどの事例あり。とくに、新品の物や痛んでいない物、布団・座布団など、通常、廃棄物としては捨てられないものが散見。
- 4) 冷蔵庫などの電気製品で、製造年度が新しいもの。
- 5) 有価物の付着したもの（アルミホイール付きのタイヤなど）
- 6) 排出者が比較的容易に特定できるもの（船舶など）。

なお、これらの震災起因漂流物の中には、被災者にとって貴重な物品もあることに留意する必要がある。

また、これまでに北海道太平洋沿岸で回収し処理された震災廃棄物のうち、50%から 97% が自然河川から出る流木であったこと、さらに人工の漂着物の割合は地域によって偏りがあることが本調査から明らかとなった。北海道はもともと流木の漂着が特徴的であることを考えると、海岸で回収処理された人工物の多くは概ね被災地で発生したものが流れ着いた可能性が高い。洋上漂流物の発生源から距離的にも近く、海流の影響も受けて大量の漂流物が漂着し、二次災害の打撃を受ける条件にあった北海道太平洋沿岸域の漂着物全体の量を考慮した場合、人工物の絶対量が少ないことから、当初想定していたよりも漂着物による二次災害の影響はそれほど大きくはないものと考えられる。また 2011 年度に海岸から撤去した後の 2012 年度に震災起因漂流物の漂着は見られないことから、海岸への二次災害は一過性のものであり、洋上漂流物の漂着による二次災害が繰り返し発生する可能性は低いと考えられる。



図 1-7 シンポジウム・ワークショップ開催を通じての情報提供・意見交換

### 1-3-3. 漂流ごみ情報の多面的活用策の提案

本研究によって得られた成果について、シンポジウムやワークショップの開催（図 1-7 参照）や国際会議への参加発表を通じて国内および海外の関係者との情報交換を行って情報の共有を図るとともに、漂流物に起因して今後生じうる問題点について把握した結果を表 1-2 に示す。

表 1-2 震災起因漂流物によって生じる二次災害と関連情報

二次被害内容	ごみの状態	被害者	必要な情報
海岸漂着による景観劣化や観光施設等への影響	漂着ごみ	国内外の漂着先の関係者	漂着物の量や内容、処理方法、経費など
海洋生態系への影響	漂流ごみ 海底沈積物	海洋生物 水産食品の関係者	漂流物の種類、量による被害の情報など
漁場環境の破壊による水産資源の減少	漂流ごみ 海底沈積物	漁業者	具体的な被害状況
船舶航行への支障	漂流ごみ	船舶業者	漂流ごみの位置
港湾の閉鎖に伴う活動機能の損失	海底沈積物	港湾関係者	海底沈積物の情報

表 1-2 で取り上げた二次被害の中で、環境汚染と密接に関連する①海岸への漂着、②海洋生態系への影響、③漁場環境について示すと以下のようなになる。

現時点では、国内外の海岸への漂着被害の報告は少ないが、その大半が海洋上に集積して留まるという太平洋ごみベルト（Great Pacific Garbage Patch）に向かって集積する可能性が高い。震災起因のごみが長時間に渡り海洋中に漂流すると、特にプラスチック等の材質劣化に伴う微細化が起こり最終的に海洋生物や沿岸生物の誤食の問題につながると指

摘されている。例えば、Algalita 海洋研究財団等からの報告によると北太平洋中央海 (North Pacific Central Gyre) で採取されたプランクトン食性のハダカイワシなどの魚の胃から微細化したプラスチックが検出され、その比率は調査した魚の 35%に達するなどの「プラスチックプランクトン」の問題を取り上げている。また、オーシャン・コンサーバンシーの調査ではミッドウェー島で生息している雛コアホウドリの胃の内容物の中で 103 個のプラスチック破片が検出されたと報告され、海ごみ中のプラスチックごみが海洋生物だけではなく、陸上生物にも悪影響を与えていることを明らかにした。こういった問題は食物連鎖により海洋生物だけでなく陸上生物さらに人に影響を与える可能性も否定できない。上記の例のほか、海洋生態への影響に関する研究や調査は海外において多く実施されており、その結果も多数報告されているが、わが国ではまだ多くの成果が報告されてはいないという状況である。これらは、震災起因漂流物特有の問題とは言えないが、その処理対策においては、これらの問題への対応に関しても今後留意していく必要がある。

#### 1-3-4. 漂流ごみの発生予測手法の検討

これまで発表された報告書等の資料を元に、被災床面積に基づく推計手法と被災棟数に基づく推計手法について検討した。東日本大震災の建物被害については、消防庁災害対策本部より住家の被害棟数が全壊、半壊、一部破損、床上浸水、床下浸水に分けて示されている。この全壊棟数の数値を当てはめることにより、上記の二つの手法を用いて岩手、宮城、福島の 3 県からの東日本大震災によるがれき発生量を推計し、その結果を環境省のがれき発生量推計値と比較することにより、震災廃棄物発生量の推計方法として上記手法の有効性を検証した。今後の震災に備えた震災起因漂流物の発生予測を行うため、南海トラフ巨大地震に伴う津波による県別の全壊棟数推計値を基に、家屋等からのがれき発生量について、被災床面積に基づく推計手法と被災棟数に基づく推計手法について検討した。その検討結果を元に、半壊建物補正係数を導入して推計する方法を考案し、岩手、宮城、福島の 3 県の津波による全壊戸数や半壊戸数の実績値を元に、南海沖トラフ巨大地震からのがれき発生量の総量を推定した結果は、東日本大震災の 6.3 倍から 7.9 倍と、1 億 t 以上の莫大な量に上った。

また、津波に起因するがれき発生量は 1600 万 t~2000 万 t、海域への流出がれき量は 97 万 t~114 万 t、洋上漂流物の発生量は 21 万 t~25 万 t となった。

#### 1-4. 環境政策への貢献

本研究は、これまでのコンピュータシミュレーションを行って移動経路の予測を行うという既存技術に対して、発信機付き模擬ごみを被災地周辺から放流して追跡することにより、洋上漂流物の実際の移動経路を把握して、今後の漂流予測に寄与するための研究を進めるものである。震災起因の洋上漂流物はわが国の太平洋沿岸部に漂着したものの他に、米大陸太平洋沿岸部の海岸や島嶼域に漂着したものもあるが、太平洋上の小海流渦に巻き込まれて留まるものもあって、「太平洋ごみパッチ」(Great Pacific Garbage Patch) の東部と西部の両パッチに流れついたものがあることが、今回の調査で判明している。長期間の漂流ごみの移動経路調査による実データの把握はこれまで実施されていないため、本研

究で得られる実データは、シミュレーションによる予測手法の精度向上や流出先の評価にも貢献するものと考えられる。また、災害に起因する漂流ごみによる被害状況とその発生源に関する関連情報や知見を整理して系統的に整理活用していくという試みは、この分野では初めての取り組みであり、本研究を通じて得られた各種の情報や知見については、現在改定作業が進められている災害廃棄物処理対策指針にも掲載されることになった。

#### 1-5. 研究成果の実現可能性

本研究において想定している二次災害は、震災起因漂流物によって引き起こされるものを対象としている。しかし、現地調査やシンポジウム開催等を通じて情報収集を行った結果として、漂流ごみの漂着する可能性のある場所は、国内、国外を問わず各地から日常的に流れ着く漂着ごみによる影響を受けており、それによる様々な被害がいろいろな形で生じていることが判明している。本研究では、このような状況も考慮して、震災起因漂流物に見られる特有の性状や量とその処理方法等の、被災が予想される地域の関係者が求める情報を提供して、漂流または漂着によって起こりうる二次災害の内容や状況をより具体的に知ってもらうことにより、その地域の二次災害防止に向けての的確な対応を支援していくこととしている。

#### 1-6. 結 論

本研究を実施した結果として以下の研究成果が得られた。

- 1) 東日本大震災起因の洋上漂流物の移動経路を把握するため、計 18 個の発信機付き模擬ごみを 4 回にわたって放流して調査を行った結果、そのうちの 1 個が米国西海岸に漂着した。また、太平洋上の小海流渦に巻き込まれて留まるものもあり、「太平洋ごみパッチ」(Great Pacific Garbage Patch) の東部と西部の両パッチに流れ着いたものがあることも判明するなど、シミュレーション予測では得られない漂流物の移動経路に関する特徴的な実データが得られた。また南海トラフ巨大地震を想定した放流調査を実施したところ、太平洋上に多量の漂流物が流出して、東日本大震災の時と同様に東に向かう可能性があることが判明した。
- 2) 漂流ごみによる被害状況を把握するため、北海道における漂着現地調査とヒアリング調査を行って、海岸廃棄物の種類や性状、処理量に関するデータを取りまとめた。
- 3) 今後漂着が見込まれる現地において提供すべき情報として、震災起因漂流物の漂流予測結果や漂流物によって起こりうる二次災害等について取りまとめ、今後の検討課題を明らかにした。
- 4) 被災床面積や被災棟数に基づく推計方法を取りまとめて、震災廃棄物の発生量推計手法の検証を進めるとともに、南海沖トラフ巨大地震からのがれき発生量の総量を推定した結果は、東日本大震災の 6.3 倍から 7.9 倍と、1 億 t 以上の莫大な量に上った。また、津波に起因するがれき発生量は 1600 万 t~2000 万 t、海域への流出がれき量は 97 万 t~114 万 t、洋上漂流物の発生量は 21 万 t~25 万 t と推定された。

## 第2章 移動経路調査

### 2-1. 調査の目的

東日本大震災によって発生した災害廃棄物のうち、約 150 万 t が洋上を漂流していると推計されている [1]。漂流ごみは海外の様々な国に被害をもたらすため、日本としてその被害を少なくするための対策が求められる。

漂流ごみの漂着時期を予測したり、効率的に回収したりするために必要な情報が、漂流経路の予測情報である。2011 年にハワイ大学の N. Maximenco 氏が行ったコンピュータシミュレーションでは、2011 年冬から 2012 年春にかけてミッドウェー諸島、2012 年から 2013 年にかけてハワイ本島、2013 年から 2014 年にかけて北アメリカ西海岸へ、大量の津波がれきが漂着すると予測されている [2]。しかし、このシミュレーションが基にしているデータは大部分が海中にあるブイであり、風の影響を受ける実際の漂流物とは動きが異なる可能性がある。

そこで日本の環境省は、漂流物の沈下率ごとに異なる計算法を用いてシミュレーション結果を 2012 年 4 月に公表した [3]。この結果においては、海上部分と海中部分が同程度の漂流物が標準漂流物と定義され、それらは 2012 年 10 月頃に北米大陸西海岸の沿岸域に到達するという予測結果が得られていた。しかし実際の 2012 年 10 月頃になっても、大量の震災廃棄物が北米大陸に到達したという現象は観察されなかった。環境省は、2012 年 11 月にシミュレーション方法をより信頼度の高いものに変え、標準漂流物が北米大陸に本格的に到達するのは 2012 年 12 月であるという二度目の予測結果を公表した [4] が、2013 年 1 月になっても本格的な漂着現象は観察されていない。

このように、シミュレーションという予測手法では、その基データやパラメータによって結果が異なってしまうため、基データやパラメータの妥当性の検証が不可欠となる。その妥当性を検証するためには、実際の漂流物の位置データとの比較が重要となる。そこで本研究では、人工衛星を通して位置情報を送信する機能を備えた模擬ごみを実際に被災地周辺から放流し、位置情報の集計を行った。

### 2-2. 調査方法

本研究で放流した模擬ごみは、株式会社ノマドサイエンスによって開発された「アルゴスシステム発信機」を、放流容器に入れたものである。

アルゴスシステムは、発信機から専用の人工衛星へ届いた電波のドップラー効果を解析することにより、発信機の位置を計算してサーバに情報を蓄積する仕組みである。利用者はインターネットを経由してそのサーバにアクセスし、位置情報を得ることができる。発信機がどの海上にいたとしても、人工衛星が発信機の上空を通過しさえすれば、発信機の位置情報を知ることができる。この通過の回数は 1 日に数回程度と予測されている。

本研究の実施機関である鳥取環境大学では、2011 年度までにアルゴス発信機を備えた模擬ごみを 3 回放流している [5]。2012 年度は、それらの位置情報を引き続き計測すると

もに、2013年1月に4回目の放流を行った。全4回の放流実験で用いた模擬ごみの概要を表2-1に示す。

表 2-1 放流した模擬ごみの種類

模擬ごみの種類	海面下漂流物	標準漂流物	海面上漂流物
模擬ごみの沈下率 (海面下の体積の割合)	約 80%	約 50%	約 10%
模擬ごみの沈下のイメージ			
想定している 実際の漂流物	流木や海水を 含んだ木材など	冷蔵庫、タイヤ、 コンテナなど	浮遊船舶やブイ
受ける影響	海流の影響が強い	海流と偏西風の 両方	偏西風の影響が 強い
放流時期	2013年1月	2011年6月 2011年10月 2012年1月 2013年1月	2013年1月
放流場所 (4回とも共通)	岩手県宮古沖、 宮城県気仙沼沖、 福島県相馬沖	左に同じ	左に同じ

本研究では、模擬ごみの全体積に対する海面下部分の体積の割合を、沈下率と定義した。そして沈下率が約 80%の模擬ごみを海面下漂流物、約 50%の模擬ごみを標準漂流物、約 10%の模擬ごみを海面上漂流物、と定義した。沈下率が大きいほど風の影響を受けにくいと考えられる。

放流は 2011 年度を含めて 4 回行った。そのそれぞれで、同じ仕様の模擬ごみを被災地の 3 箇所で 1 台ずつ放流した。したがって、放流場所による漂流経路の違いを分析することができる。

標準漂流物については、2011年6月、2011年10月、2012年1月の放流結果を比較することで、放流時期による漂流経路の違いも分析することができる。また、2012年1月の結果と2013年1月の結果を比較することで、放流年による違いも分析することができる。

2013年1月に行われた第4回放流では、同じ時期に同じ場所で、三種類の異なる模擬ごみを放流した。この結果を比較することで、沈下率の違いによる漂流経路の違いも分析することができる。

ただし、全4回の放流で共通して用いられた標準漂流物について、データを比較する際には注意が必要である。本研究では、発信機の電池寿命を長くする方法を模索してきた。そのため、全4回の放流において発信機の仕様は同一ではない。全4回の発信機の違いをまとめたものが表2-2である。

表 2-2 発信機の仕様の違い

	放流時期	位置情報の送信可能時間	海面下漂流物の沈下率	標準漂流物の沈下率	海面上漂流物の沈下率	電池寿命
第1回放流調査	2011年 6月3日～ 6月19日	1日のうち 12時間		約35%		6ヶ月以内
第2回放流調査	2011年 10月21日～ 10月22日	1日のうち 6時間		約50%		30ヶ月以内
第3回放流調査	2012年 1月29日～ 2月6日	1日のうち 6時間		約50%		30ヶ月以内
第4回放流調査	2013年 1月12日～ 1月17日	1日のうち 6時間	約82%	約50%	約13%	60ヶ月以内

次節以降では、全4回の放流調査の結果を順に記す。

### 2-3. 第1回放流調査結果

第1回放流調査は2011年6月に行われた。2013年2月までの時点の漂流結果を表2-3に示す。この調査で用いられた3台の発信機の電池寿命はいずれも6ヶ月以内であったため、いずれも2011年度中に通信途絶となった。データの詳細は[5]にも記載されている。

表 2-3 第1回放流の模擬ごみの様子

番号	軌跡	放流場所	放流日	漂流の様子
75883	黄	岩手県 宮古沖 20km	2011年 6月3日	東に向かって漂流し、放流場所から約2500kmの地点で2012年2月10日から通信途絶。2013年3月18日米国オレゴン州アーチケープの海岸で一般の人により発見（番号は未確認だが75883の可能性大）。
76305	赤	宮城県 気仙沼沖 20km	2011年 6月11日	放流場所から約500km以内の範囲で周回運動し、2011年10月17日から通信途絶
76306	青	福島県 相馬沖 20km	2011年 6月19日	北西に向かって漂流し、2011年6月26日に、放流場所から約40kmの宮城県名取市に漂着

3つの漂流経路の違いを比較するため、3つの模擬ごみの軌跡を図2-1に示す。この軌跡は、1日に数回の割合で自動送信されたデータが、直線で結ばれてきたものである。

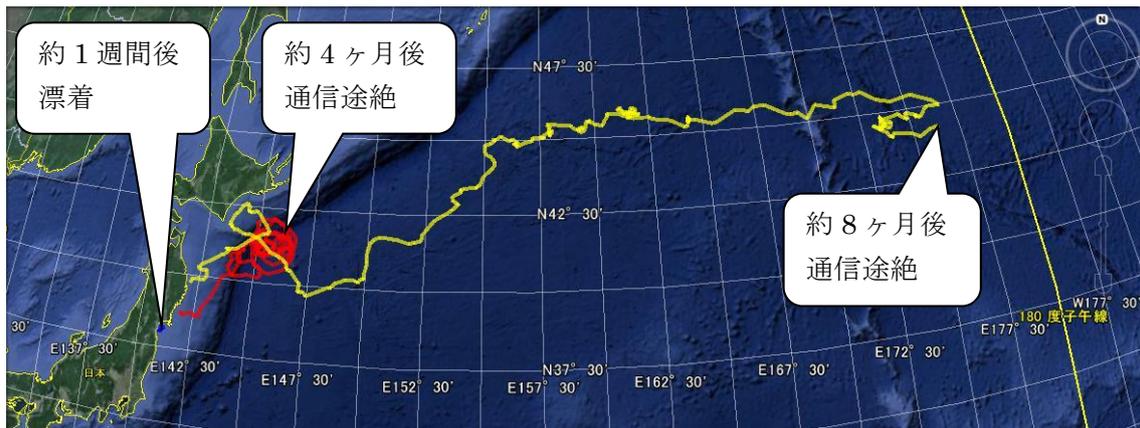


図 2-1 第 1 回放流の模擬ごみの位置情報（2011 年 6 月 3 日～2012 年 2 月 10 日）

岩手県から放流した模擬ごみは、6 月から 7 月にかけて北海道に近づいた。実際、この地域には津波ごみと思われる冷蔵庫などが漂着したという報道が多数なされている [6]。また、福島県から放流した模擬ごみは、放流地点から湾の中を北西に進み、名取市に漂着した。この 2 つの例のように、太平洋に流出した漂流ごみは日本国内に漂着して、二次被害をもたらす可能性もあることが確かめられた。

宮城県から放流した模擬ごみは、放流地点から約 500km の範囲で、時計回りの軌跡を描きながら周回運動を続け、10 月 17 日に通信途絶した。このように周回運動を続けたのは、小海流渦（エディ）に巻き込まれたためと考えられる。このように小海流渦に巻き込まれた場合、漂流ごみは長い間にわたって近海にとどまることも確かめられた。

この放流から約 1 年 9 ヶ月後の 2013 年 3 月 18 日に、米国オレゴン州 Arch Cape に本研究の模擬ごみが漂着しているという報告が、現地の人から入った（図 2-2）。

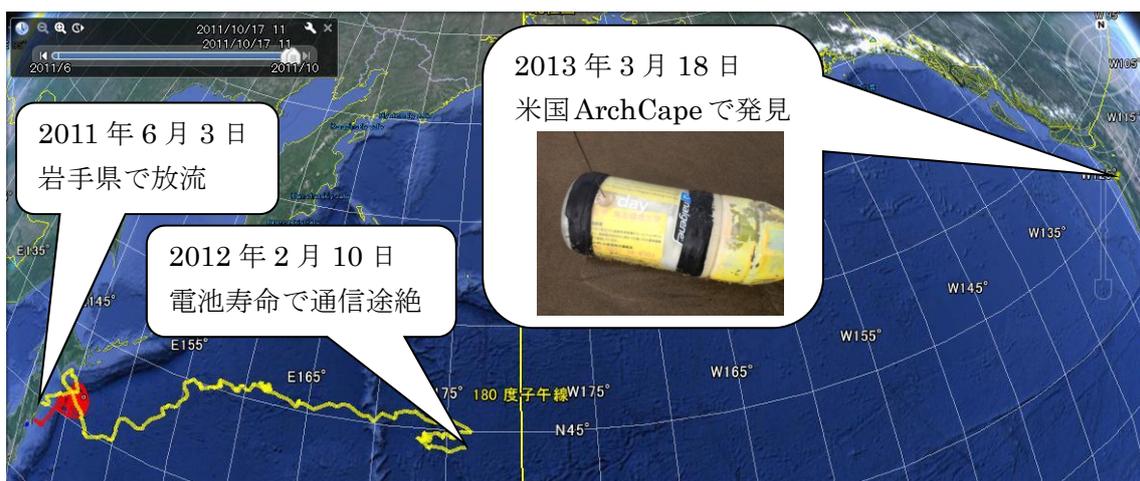


図 2-2 オレゴン州での模擬ごみ発見情報

番号の確認まではできなかったが、状況から考えると第 1 回放流で岩手県から放流した 75883 であると考えられる。

## 2-4. 第2回放流調査結果

### 2-4-1. 第2回放流調査の概要

2011年10月の第2回放流調査では、第1回とほぼ同じ位置から1台ずつ模擬ごみを放流した。2014年1月27日までの時点の漂流結果を表2-4に示す。

表2-4 第2回放流の発信機の様子 (2014年1月27日時点まで)

番号	軌跡	放流場所	放流日	漂流の様子
110353	黄	岩手県 宮古沖 50km	2011年 10月22日	日本の南東の海域で蛇行しながら大きく周回運動し、2014年1月24日の時点での位置は放流場所から約2200km
110352	赤	宮城県 気仙沼沖 20km	2011年 10月22日	東に向かって漂流し、2014年1月27日の時点での位置は放流場所から約7300km
110351	青	福島県 相馬沖 20km	2011年 10月21日	南に向かって漂流し、2011年11月2日に放流場所から約200kmの茨城県神栖市に漂着

3つの漂流経路の違いを比較するため、3つの模擬ごみの軌跡を図2-3に示す。第1回放流調査の結果と同様に、岩手県で放流した模擬ごみを黄色で、宮城県で放流した模擬ごみを赤で、福島県で放流した模擬ごみを青で示している。ただし青の軌跡は2週間程度の期間しかないので短すぎてほとんど見えない。



図2-3 第2回放流の模擬ごみの位置情報 (2011年10月21日～2014年1月27日)

第1回放流調査と同様に、3つの発信機は全く異なる漂流経路をたどったことがわかる。ただし今回は、周回運動を一定期間続けたのは岩手県から放流した発信機であった。

岩手県から放流した発信機と宮城県から放流した発信機は、ほぼ同じ緯度まで南下した後、急に東へ漂流を始めている。これはまず親潮に乗って南下し、黒潮とぶつかり北太平洋海流に乗って東へ漂流したものと思われる。その後、岩手県から放流した発信機は日本の南東の海域で蛇行しながら大きく周回運動を続けた。宮城県から放流した発信機は、途中で蛇行しながらも東へ放流を続け、子午線を越えて2014年1月現在でも漂流中である。

#### 2-4-2. 岩手から放流した模擬ごみの漂流結果

次に、それぞれの発信機について、軌跡を詳細に分析する。岩手県から放流した発信機の軌跡に対して、放流日から2ヶ月おきに印をつけたものが図2-4である。放流してからしばらくの間は放流地点から約200kmの範囲で周回運動をしていたが、2ヶ月後に渦から脱出した。その後、蛇行しながら南東へ漂流し、そこで1年以上かけて大きな反時計回りの周回運動を続けた。27ヶ月後の時点では放流地点から2200kmほど南南東に進んだ位置で漂流している。

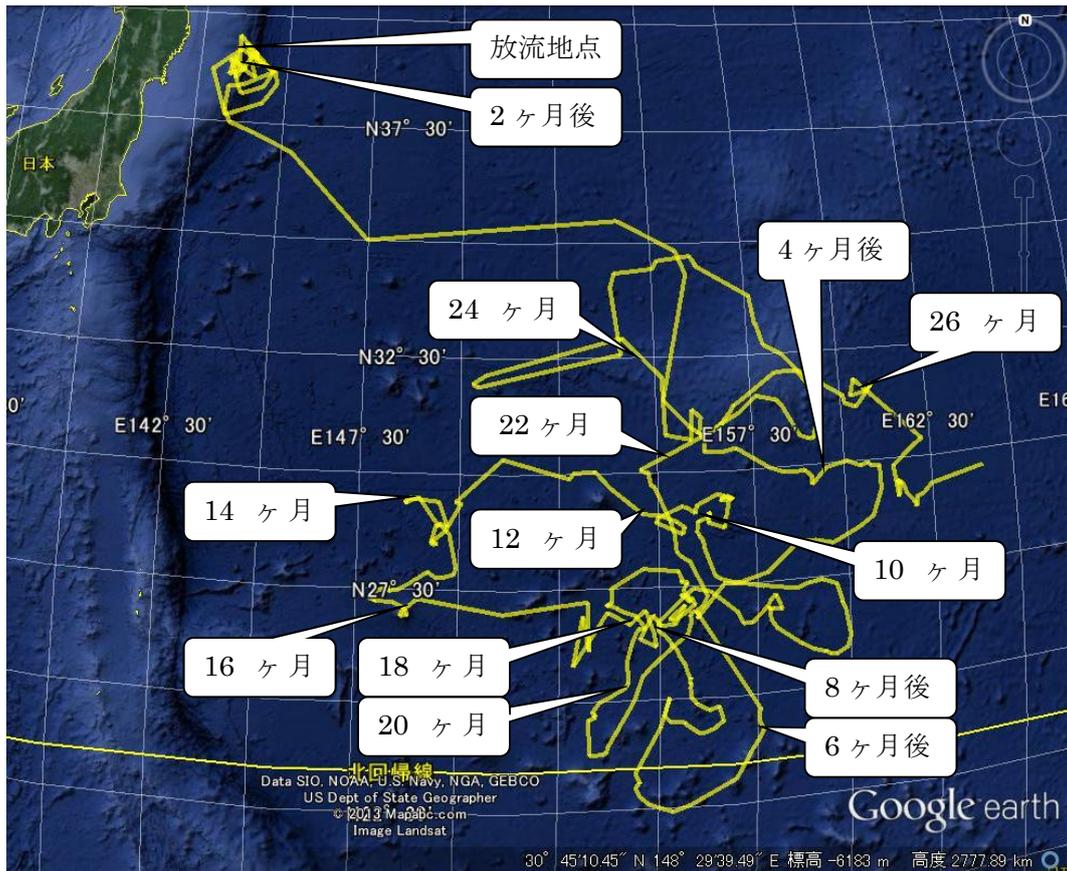


図2-4 第2回放流で岩手から放流した模擬ごみの位置情報

#### 2-4-3. 宮城から放流した模擬ごみの漂流結果

宮城県から放流した発信機の軌跡に対して、放流日である10月22日から2ヶ月おきに印をつけたものが図2-5である。蛇行しながらも、子午線までは5ヶ月ほどで到達した。その後は速度が遅くなり、蛇行も複雑になっている。ただし18ヶ月後の前後と24ヶ月後の前後は一時的に通信が途絶えたため、軌跡は直線で近似されている。27ヶ月後の時点では米国の西海岸沖約800kmの海上を漂流している。

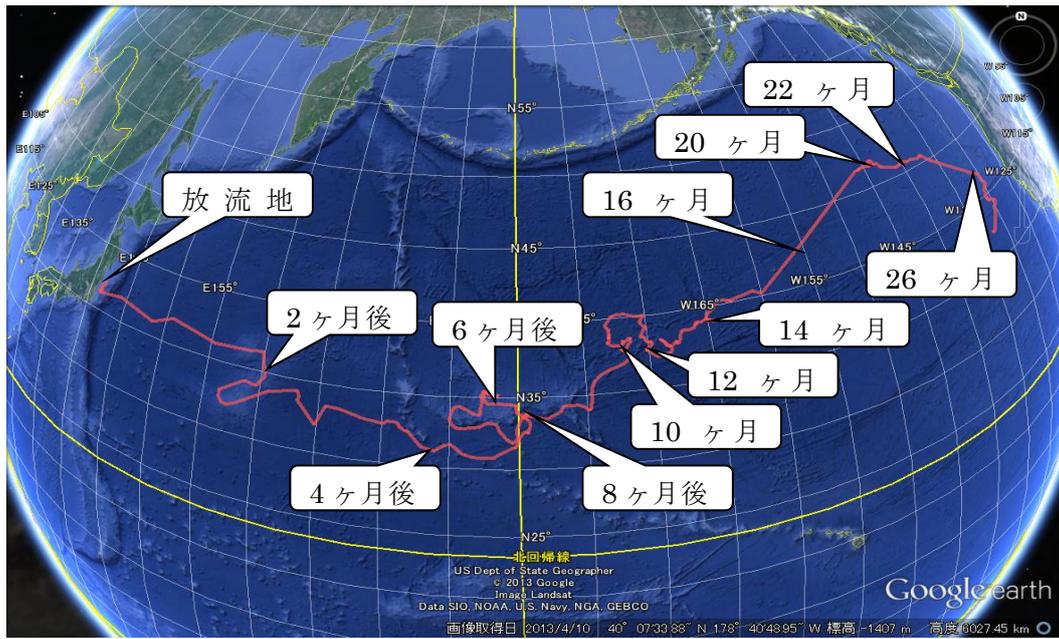


図 2-5 第 2 回放流で宮城から放流した模擬ごみの位置情報

2-4-4. 福島から放流した模擬ごみの漂流結果

福島県から放流した発信機の位置情報のうち、放流日である 10 月 21 日から漂着日である 11 月 2 日までの位置情報が図 2-6 である。放流地点から日本列島に沿って南下し、神栖市に漂着する様子がわかる。



図 2-6 第 2 回放流で福島から放流した模擬ごみの位置情報

## 2-5. 第3回放流調査結果

### 2-5-1. 第3回放流調査の概要

2012年1月の第3回放流調査でも、第2回とほぼ同じ位置から1台ずつ発信機を放流した。2014年1月27日までの時点の漂流結果を表2-5に示す。

表2-5 第3回放流の発信機の様子 (2014年1月27日時点まで)

番号	軌跡	放流場所	放流日	漂流の様子
110354	黄	岩手県 宮古沖 50km	2012年 2月6日	東へ向かって漂流していたが、2013年10月26日の放流場所から約6000kmの地点を最後に通信途絶
110355	赤	宮城県 気仙沼沖 20km	2012年 1月29日	蛇行しながら東に向かって漂流し、2014年1月27日の時点での位置は放流場所から約5300km
110356	青	福島県 相馬沖 20km	2012年 1月31日	東に向かって漂流し、放流地点から1000～3000kmの範囲を行ったり来たりしている。2014年1月27日の時点での位置は、放流場所から約2900km

3つの漂流経路の違いを比較するため、2014年1月までの3つの模擬ごみの軌跡を図2-7に示す。この調査で初めて、福島で放流した模擬ごみが東へと漂流していることがわかる。

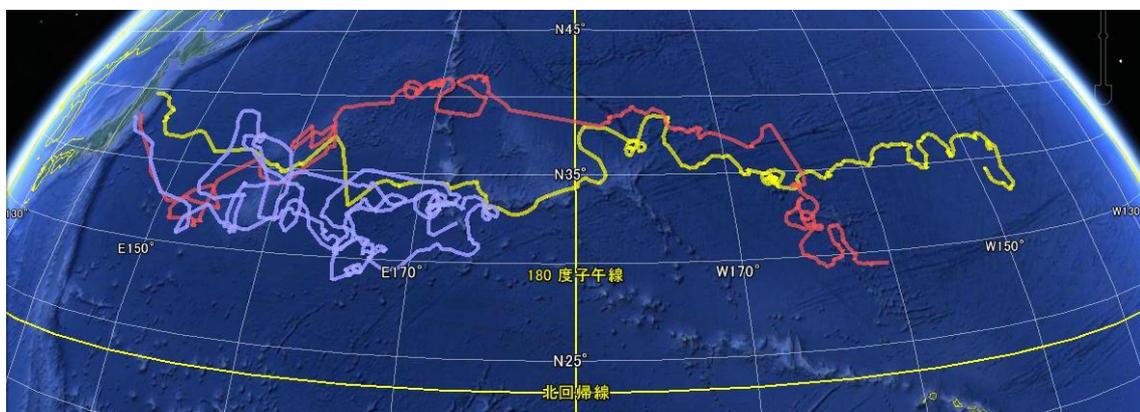


図2-7 第3回放流の模擬ごみの位置情報 (2012年1月29日～2014年1月27日)

宮城県から放流した発信機と福島県から放流した発信機が、1000kmほど同じ経路を漂流するという珍しい結果が得られた。

### 2-5-2. 岩手から放流した模擬ごみの漂流結果

岩手県から放流した発信機の軌跡に対して、放流日から 2 ヶ月おきに印をつけたものが図 2-8 である。蛇行しながらも、子午線の付近までは 5 ヶ月ほどで到達した。その後は速度が遅くなり、14 ヶ月後の時点ではハワイの真北の海上を漂流していた。放流後約 22 ヶ月後の約 6000km の地点を最後に、通信途絶の状態となっている。電池はまだ残っているはずの時期なので、何らかの原因で破損し通信不能となった可能性がある。

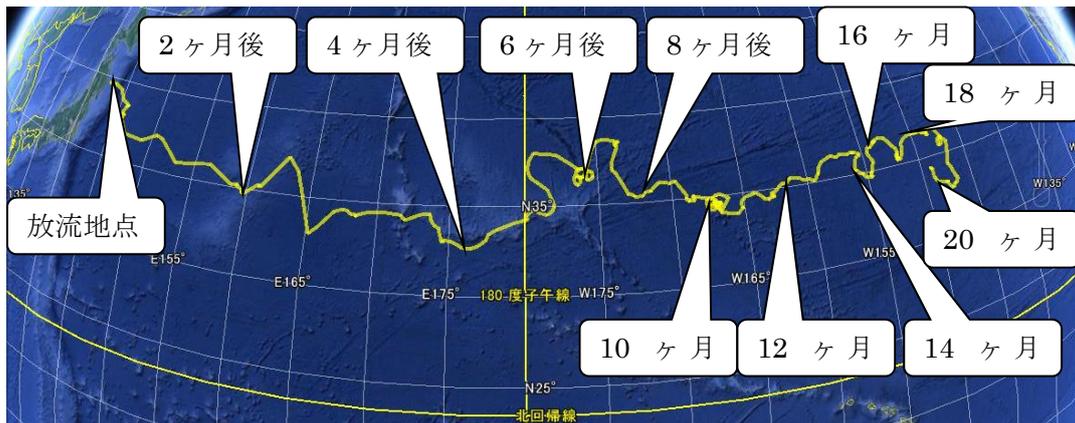


図 2-8 第 3 回放流で岩手から放流した模擬ごみの位置情報

### 2-5-3. 宮城から放流した模擬ごみの漂流結果

宮城県から放流した発信機の軌跡に対して、放流日から 2 ヶ月おきに印をつけたものが図 2-9 である。蛇行を繰り返しながら、子午線の付近に到達するまでに 9 ヶ月ほどかかっている。ただし 10 ヶ月後の前後と 16 ヶ月後の前後は一時的に通信が途絶えたため、軌跡は直線で近似されている。

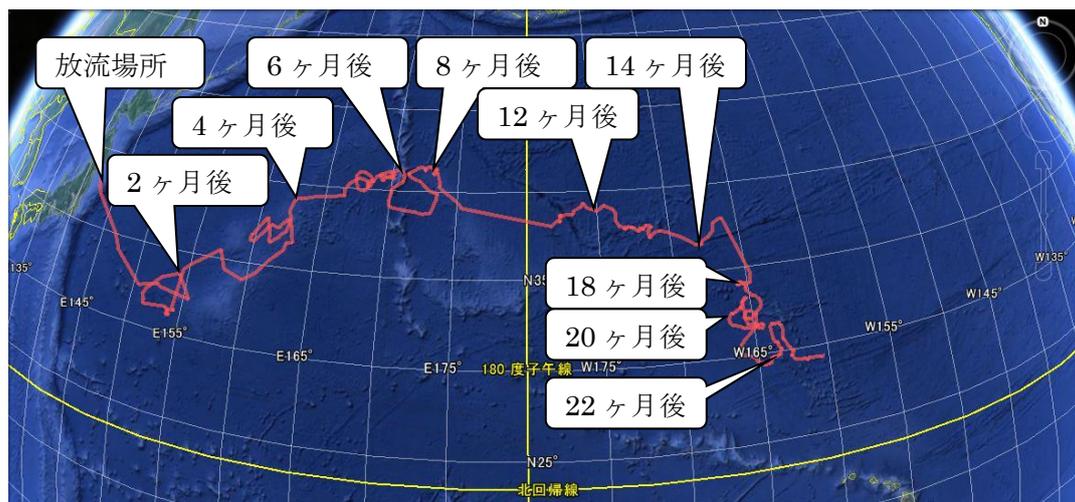


図 2-9 第 3 回放流で宮城から放流した模擬ごみの位置情報

#### 2-5-4. 福島から放流した模擬ごみの漂流結果

福島県から放流した発信機の軌跡に対して、放流日から 2 ヶ月おきに印をつけたものが図 2-10 である。東に向かって漂流し、放流地点からの距離が 1000km から 3000km までの範囲を行ったり来たりしている。

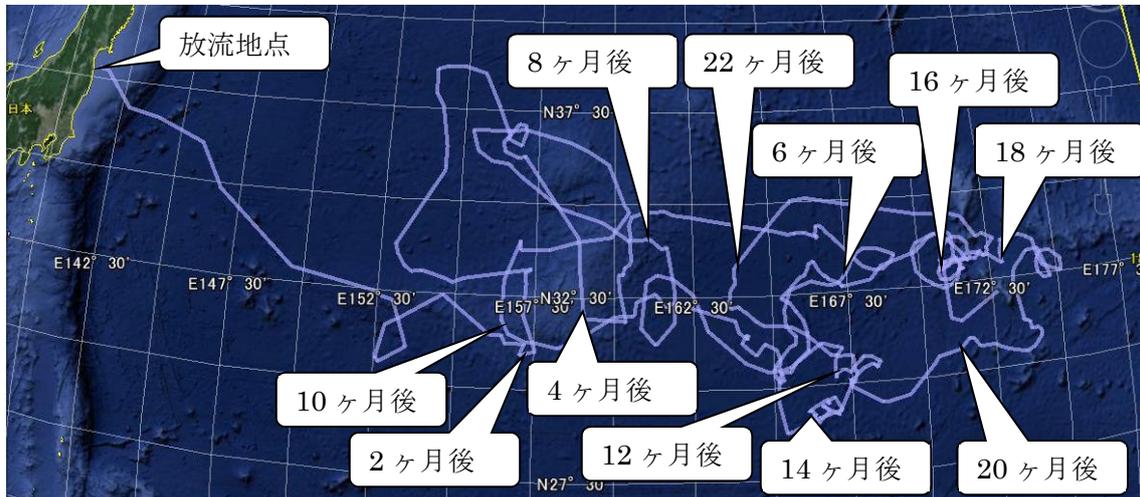


図 2-10 第 3 回放流で福島から放流した模擬ごみの位置情報

#### 2-6. 第 4 回放流調査結果

##### 2-6-1. 第 4 回放流調査の概要

第 4 回放流調査は 2013 年 1 月に行われた。この調査では、同じ場所で、三種類の異なる模擬ごみを放流した。その目的は、沈下率の違いによる漂流経路の違いを分析することである。放流した模擬ごみが浮遊するときの様子を表 2-6 に記す。

表 2-6 放流した模擬ごみの浮遊の様子

模擬ごみの種類	海面下漂流物	標準漂流物	海面上漂流物
沈下率	約 82%	約 50%	約 13%
形状	円盤と筒型	ペットボトル型	樽型
全容積	約 3.4 l	約 2.0 l	約 27.1 l
浮遊の様子			

##### 2-6-2. 海面下漂流物の漂流結果

3 箇所放流した海面下漂流物に対して、2014 年 1 月 27 日までの時点の漂流結果を表 2-7 に示す。

表 2-7 第 4 回放流の海面下漂流物の様子

番号	軌跡	放流場所	放流日	漂流の様子
120928	黄	岩手県 宮古沖 50km	2013 年 1 月 12 日	南東へ向かって漂流し、2014 年 1 月 27 日の時点での位置は放流場所から約 3500km
120929	赤	宮城県 気仙沼沖 20km	2013 年 1 月 12 日	南東へ向かって漂流し、2014 年 1 月 27 日の時点での位置は放流場所から約 3000km
120930	青	福島県 相馬沖 20km	2013 年 1 月 17 日	南東へ向かって漂流し、2014 年 1 月 27 日の時点での位置は放流場所から約 1200km

2014 年 1 月 27 日までの 3 つの海面下漂流物の軌跡を図 2-11 に示す。放流後 2 ヶ月ほどは、3 つとも蛇行しながらも南東に向かって漂流しており、同じような蛇行経路をたどったことが特徴である。その後、福島で放流した漂流物は西へ逆戻りし、岩手で放流した漂流物は北東へ、宮城で放流した漂流物は南東へ、漂流していった。

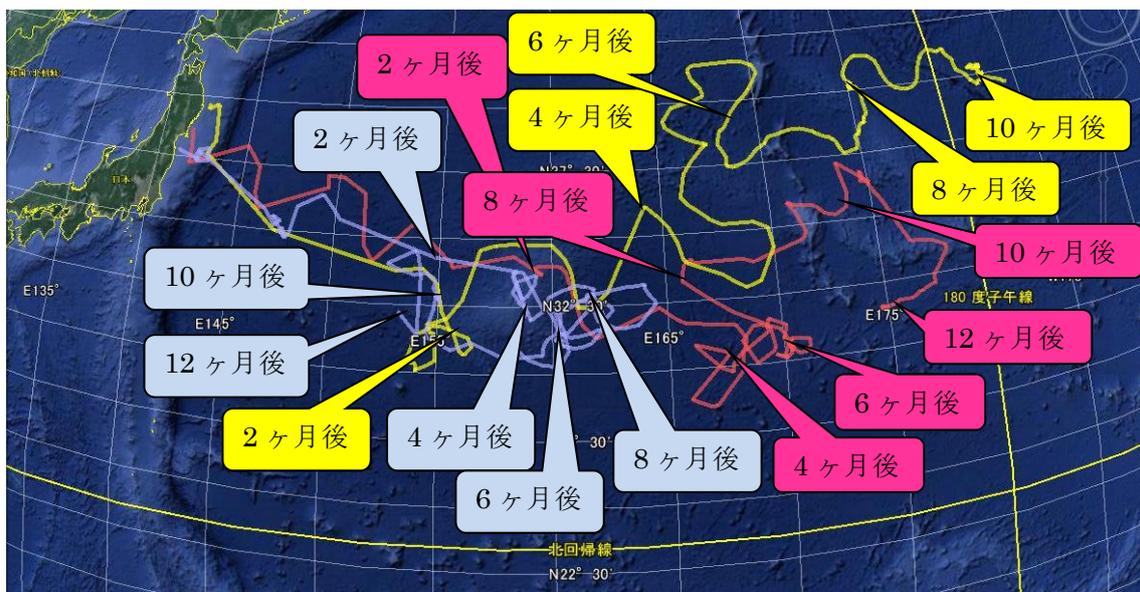


図 2-11 第 4 回放流の海面下漂流物の位置情報 (2013 年 1 月 12 日～2014 年 1 月 27 日)

### 2-6-3. 標準漂流物の漂流結果

次に標準漂流物に対して、2014 年 1 月 27 日までの時点の漂流結果を表 2-8 に示す。

表 2-8 第 4 回放流の標準漂流物の様子

番号	軌跡	放流場所	放流日	漂流の様子
12093 1	黄	岩手県 宮古沖 50km	2013 年 1 月 12 日	蛇行しながら南へ向かって漂流し、2014 年 1 月 27 日の時点での位置は放流場所から約 4900km
12093 2	赤	宮城県 気仙沼沖 20km	2013 年 1 月 12 日	南東へ向かって漂流し、2014 年 1 月 27 日の時点での位置は放流場所から約 4900km
11035 1	青	福島県 相馬沖 20km	2013 年 1 月 17 日	南東へ向かって漂流し、2014 年 1 月 27 日の時点での位置は放流場所から約 2900km

2014 年 1 月 27 日までの 3 つの標準漂流物の軌跡を図 2-12 に示す。岩手で放流した漂流物と宮城で放流した漂流物は、途中で蛇行し別の経路をたどりながらも東に向かって漂流し、12 ヶ月後の時点ではほぼ同じ経度を漂流している。一方、福島で放流した漂流物だけは、放流地点から約 2000km までの海上で周回運動を続けていたが、約 12 ヶ月後から南東への漂流を再開している。

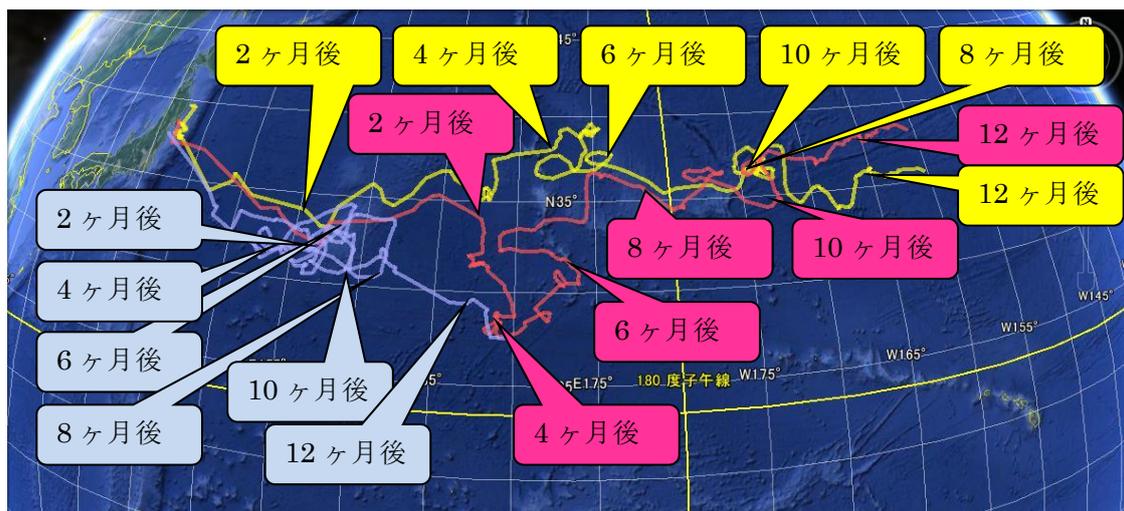


図 2-12 第 4 回放流の標準漂流物の位置情報 (2013 年 1 月 12 日～2014 年 1 月 27 日)

#### 2-6-4. 海面上漂流物の漂流結果

次に海面上漂流物に対して、2014 年 1 月 27 日までの時点の漂流結果を表 2-9 に示す。

表 2-9 第 4 回放流の海面上漂流物の様子

番号	軌跡	放流場所	放流日	漂流の様子
120925	黄	岩手県 宮古沖 50km	2013 年 1 月 12 日	東へ向かって漂流し、2014 年 1 月 27 日の時点での位置は放流場所から約 4800km
120926	赤	宮城県 気仙沼沖 20km	2013 年 1 月 12 日	東へ向かって漂流し、2014 年 1 月 27 日の時点での位置は放流場所から約 4300km
120927	青	福島県 相馬沖 20km	2013 年 1 月 17 日	日本の南南東で周回運動を続けていたが、2013 年 10 月 10 日から通信途絶

3つの海面上漂流物の軌跡を図2-13に示す。岩手と宮城から放流した漂流物は順調に東に漂流していることが分かる。

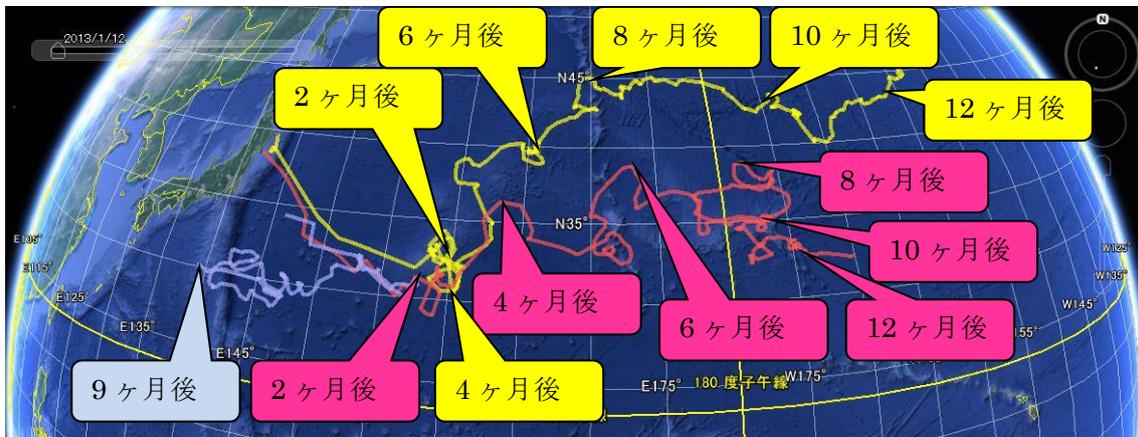


図 2-13 第4回放流の海面上漂流物の位置情報（2013年1月12日～2014年1月27日）

#### 2-6-5. 岩手から放流した3種類の模擬ごみの比較

6-2.節から6-4.節までは、第4回放流調査で放流した全9台の模擬ごみについて、模擬ごみの種類別にデータを分類し、同じ種類の模擬ごみが放流場所の違いによってどのように異なる経路をとるか、という観点で比較してきた。一方、この節からは、同じ場所から放流した3種類の模擬ごみの漂流経路がどのように異なるかを比較する。

まず、岩手沖から放流した3台の模擬ごみの番号と新たな色の対応表を表2-10に示す。

表 2-10 第4回放流の岩手からの放流分の色

番号	軌跡	漂流物の種類	漂流の様子
120925	黄	海面上漂流物	表 2-9 を参照
120931	紫	標準漂流物	表 2-8 を参照
120928	緑	海面下漂流物	表 2-7 を参照

上記の色で着色し直した漂流経路データを図2-14に示す。海面上漂流物、標準漂流物、海面下漂流物のいずれもが東へ漂流を続け、子午線を越えている。互いに異なる蛇行経路をたどっており速度も異なるが、漂流の方向は大まかに同じであることがわかる。

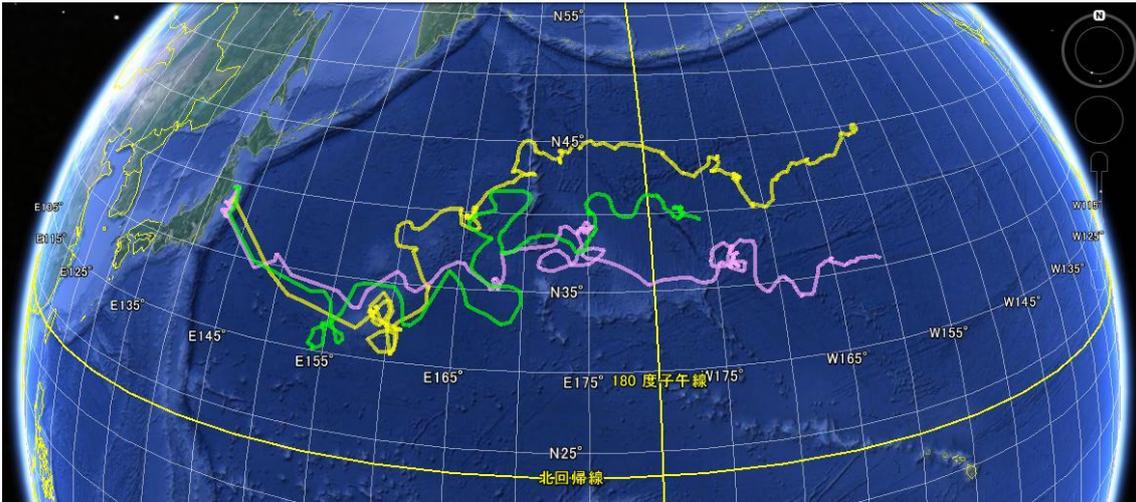


図 2-14 第 4 回放流の岩手からの放流分 (2013 年 1 月 12 日～2014 年 1 月 27 日)

2-6-6. 宮城から放流した 3 種類の模擬ごみの比較

宮城沖から放流した 3 台の模擬ごみの番号と新たな色の対応表を表 2-11 に示し、その色で着色し直した漂流経路データを図 2-15 に示す。

表 2-11 第 4 回放流の宮城からの放流分の色

番号	軌跡	漂流物の種類	漂流の様子
120926	黄	海面上漂流物	表 2-9 を参照
120932	紫	標準漂流物	表 2-8 を参照
120929	緑	海面下漂流物	表 2-7 を参照

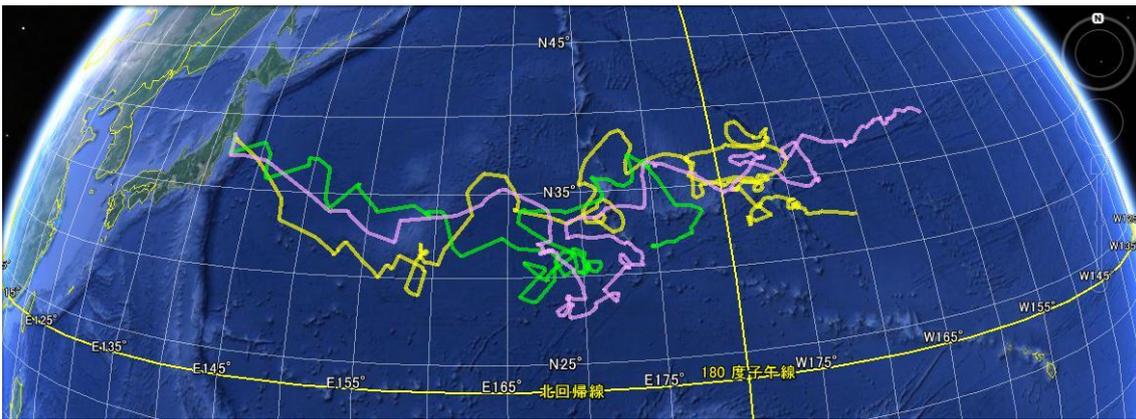


図 2-15 第 4 回放流の宮城からの放流分 (2013 年 1 月 12 日～2014 年 1 月 27 日)

海面上漂流物、標準漂流物、海面下漂流物のいずれもが東へ漂流を続け、子午線の付近まではたどり着いている。その後、海面上漂流物と標準漂流物は子午線を越えているが、海面下漂流物だけは子午線を越えずに南西に引き返そうとしている。

#### 2-6-7. 福島から放流した3種類の模擬ごみの比較

福島沖から放流した3台の模擬ごみの番号と新たな色の対応表を表2-12に示し、その色で着色し直した漂流経路データを図2-16に示す。

表 2-12 第4回放流の福島からの放流分の色

番号	軌跡	漂流物の種類	漂流の様子
120927	黄	海面上漂流物	表 2-9 を参照
110351	紫	標準漂流物	表 2-8 を参照
120930	緑	海面下漂流物	表 2-7 を参照

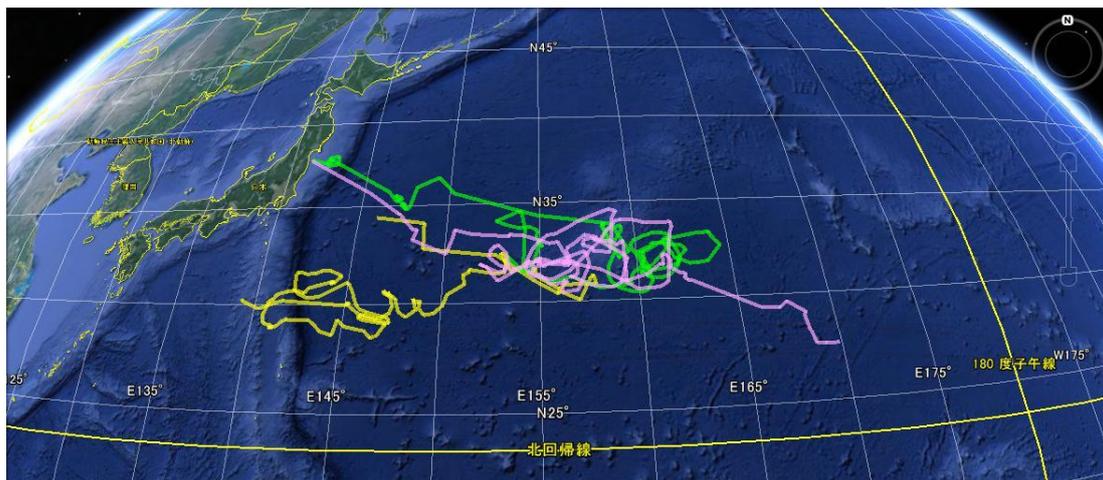


図 2-16 第4回放流の福島からの放流分 (2013年1月12日～2014年1月27日)

この3台は、日本近海で蛇行を繰り返し、いずれも放流から12ヶ月たった時点でも子午線を越えていないことがわかる。

## 2-7. 東日本大震災の漂流予測のまとめ

第1回放流と第2回放流までの結果では、同じ時期に放流しても放流場所が異なると、漂流の様子が大きく変わっていることが観察できる。しかし、1月に放流した第3回放流と第4回放流の結果に注目すると、少なくとも1ヶ月から3ヶ月程度の間はほぼ同じ経路をたどっていることもわかる。この結果から、大量の漂流物が発生した場合でも、その一部の漂流経路でも3ヶ月以内に追跡できれば、漂流物全体の漂流経路を追跡できる可能性が高いと考えられる。

第4回放流の結果から、放流場所の違いと沈下率の違いのうち、どちらが漂流経路により大きく影響するか、ということも比較できた。結論としては、放流場所による違いの方が大きくなる可能性が高いことが分かった。

また、日本から発生した漂流ごみによる二次被害としては、米国西海岸などの海外への漂着に注目が行きがちであるが、国内への二次被害も発生することが分かった。例えば、第1回放流で岩手沖から放流した模擬ごみは北海道に接近し、そのまま漂着する可能性の非常に高い経路をたどっている。福島から第1回放流と第2回放流で放流された模擬ごみは、宮城県や茨城県に漂着している。このように、津波ごみによる国内への二次被害が発生することがわかったため、今後はその総量や組成の推計などが課題となる。

また、第1回放流では、小海流渦に巻き込まれて長い間日本近海にとどまる漂流物が存在することも確かめることができた。この小海流渦は崩れたり移動したりする可能性はあるが、一時的に漂流がれきが蓄積される可能性があることがわかった。

本研究で放流した模擬ごみの数は少ないため、これらを代表的な値とみなして一般的な結論を導くことは難しい。そこで本研究の漂流経路を気象庁の海流図と比較した。模擬ごみの移動の方向と、その経路に重なる海流の向き（水深50m）の違いを角度で分類した結果が表2-13である。

表2-13 第4回放流分と海流の向きの違い（1月11日～2月10日）

海流方向との差	海面下漂流物	標準漂流物	海面上漂流物
0度～45度	54%	48%	43%
45度～90度	23%	22%	28%
90度～135度	17%	11%	12%
135度～180度	7%	20%	16%

この結果から、模擬ごみの移動の方向は、約50%の確率で水深50mの海流の流れと同じであることがわかった。また、漂流物が沈んでいればいるほど海流の流れに近い方向に流れることが分かった。風のデータとの比較は今後の課題である。人工衛星データの活用も当初は検討したが、陸域観測技術衛星だいち（ALOS）が2011年4月に機能を停止したため、活用を諦めた。

本研究結果の放流時期の違いによる比較、放流場所の違いによる比較、沈下率の違いによる比較、などを分析することによって、シミュレーションモデルへのフィードバックを効率的に行えるものとする。

## 2-8. 南海トラフ巨大地震の漂流がれきの経路予測結果

前節までに記したように、本研究では東日本大震災の被災がれきの漂流経路を予測するために模擬ごみを放流し追跡してきたが、平成 25 年度にはその研究を発展させ、将来起こる可能性のある南海トラフ巨大地震の漂流がれきの経路予測を行うこととした。具体的には、南海トラフ巨大地震の漂流がれきのうち国内に漂着する割合をおおまかに把握するための広域的な第 1 回放流調査をまず行った。次に、地域を限定して詳細に漂着状況を把握する調査を第 2 回放流調査として行った。

### 2-8-1. 第 1 回放流調査の結果

第 1 回放流調査の概要は表 2-14 の通りである。4 箇所から、ほぼ同じ日に 3 台ずつ海面下漂流物を放流した。放流した模擬ごみの概要を表 2-15 に示す。

表 2-14 南海トラフ巨大地震の第 1 回がれき漂流予測実験の概要

	放流時期	放流場所	沈下率	台数
第 1 回 放流調査	2013 年 9 月 30 日～ 10 月 3 日	静岡県 下田市沖 20km 地点 愛知県 田原市沖 20km 地点 高知県 土佐清水市沖 20km 地点 宮崎県 宮崎市沖 20km 地点	85% 85% 85% 85%	3 台 3 台 3 台 3 台

表 2-15. 南海トラフ巨大地震の第 1 回漂流予測での模擬ごみの概要

開発元	株式会社コア 関西カンパニー		
型式	CTX641-110A		
外観	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">上面</div>  </div> <div style="text-align: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">側面</div>  </div> </div>		
寸法	直径 約 11cm 高さ 約 40cm (アンテナ除く)		
重量	約 3.5 kg		
浮遊状態	直立し、海面上に上部の約 15%が出た状態で浮遊する。 		
位置情報 送信方式	専用人工衛星を用いた位置情報取得システム「アルゴスシステム」を利用し、毎日数回程度、位置情報を人工衛星に送信する。		
電池寿命	約 2 年 6 ヶ月		

4箇所で3台ずつ放流した計12個の模擬ごみに対して、2014年1月27日までの時点の漂流結果を表2-16に示す。また、漂流経路データを図2-17に示す。宮崎で放流した3台のうち2台は近隣で漂着したが、それ以外の10台は東へ漂流し、太平洋を順調に漂流していることがわかる。したがって少なくともこの調査では、南海トラフ巨大地震で発生する漂流がれきのほとんどは国内に漂着しないという予測結果が得られた。この漂流経路は、気象庁のホームページで公開されている水深50mの流れが速い海流（黒潮）とほぼ一致していることが判明した。

表 2-16 南海トラフ巨大地震用模擬ごみの第1回漂流結果の様子(2014年1月27日現在)

番号	軌跡	放流場所	放流日	漂流の様子
130752	赤	静岡県 下田市沖 20km	2013年10月3日	東へ漂流中
130753	赤	静岡県 下田市沖 20km	2013年10月3日	東へ漂流中
130754	赤	静岡県 下田市沖 20km	2013年10月3日	東へ漂流中
130755	青	愛知県 田原市沖 20km	2013年9月30日	東へ漂流中
130756	青	愛知県 田原市沖 20km	2013年9月30日	東へ漂流中
130757	青	愛知県 田原市沖 20km	2013年9月30日	東へ漂流中
130758	黄	高知県 土佐清水市沖 20km	2013年9月30日	東へ漂流中
130759	黄	高知県 土佐清水市沖 20km	2013年9月30日	東へ漂流中
130760	黄	高知県 土佐清水市沖 20km	2013年9月30日	東へ漂流中
130761	緑	宮崎県 宮崎市沖 20km	2013年10月3日	宮崎に漂着
130762	緑	宮崎県 宮崎市沖 20km	2013年10月3日	東へ漂流中
130763	緑	宮崎県 宮崎市沖 20km	2013年10月3日	鹿児島に漂着

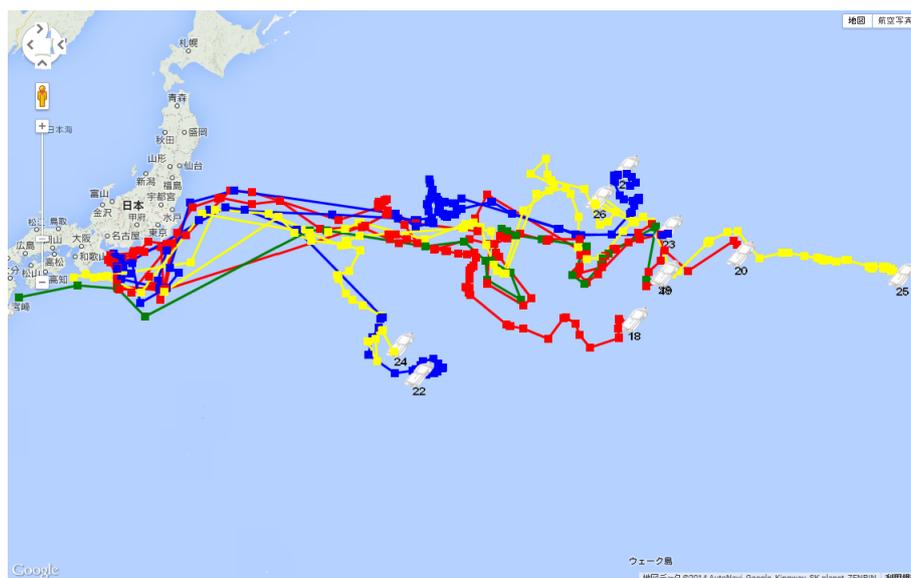


図 2-17 南海トラフ巨大地震用模擬ごみの第1回漂流経路 (2014年1月27日現在)

2-8-2. 第2回放流調査の結果

第1回放流調査では、南海トラフ巨大地震の津波で発生する漂流がれきは黒潮に乗った場合に国内にはほぼ漂着しないという結果となった。そこで第2回放流は、河口から黒潮までの沿岸の流れを調べることを目的とした。第1回放流で、海上で最も代表的な経路を漂流したのは、高知県での漂流分であった。そこで、高知県の中で比較的大きな仁淀川での放流を実施する。沿岸流に乗せるため、河口に最も近い仁淀川河口大橋から放流した。第2回放流調査で放流した模擬ごみの概要を表2-17に示す。今回は沿岸での漂流経路さえ追跡できればよいため、データ送信に人工衛星ではなく携帯電話の基地局を利用する、安価な発信機を模擬ごみとして採用した。

表 2-17 南海トラフ巨大地震の第2回漂流予測での模擬ごみの概要

<p>外観</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">側面</div>  </div> <div style="text-align: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">上面</div>  </div> </div>
<p>材料</p>	<p>塩化ビニル樹脂等の合成樹脂（プラスチック）</p>
<p>寸法</p>	<p>直径 約 12cm 高さ 約 13cm</p>
<p>重量</p>	<p>約 0.4kg</p>
<p>浮遊状態</p>	<p>水面上に上部の約 70%が出た状態で浮遊する。</p> 
<p>位置情報 送信方式</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・機器：GPS 付き「なんつい」</li> <li>・通信網等：FOMA 網（株式会社エヌ・ティ・ティ・ドコモ）</li> </ul>
<p>電池寿命</p>	<p>約 2 ヶ月（1日2回位置検索した場合）</p>

今回の放流調査では、予備放流と本放流を行った。それぞれの台数の比較を表2-18に示す。また、放流の様子を写真2-1から写真2-12に示す。

表 2-18 南海トラフ巨大地震の第 2 回がれき漂流予測実験の概要

	放流時期	放流場所	沈下率	位置情報取得時刻	台数
予備放流	2013 年 12 月 26 日	高知県 仁淀川河口	30%	26 日 14～16 時は 5 分置き。以降は 10 時 と 22 時のみ。	ug049 と ug050 の計 2 台
本放流	2013 年 12 月 26 日	高知県 仁淀川河口	30%	26 日 15～17 時は 30 分置き。以降は 10 時 と 22 時のみ。	ug001 から ug048 の計 48 台



写真 2-1 放流地点（海側、東方向）



写真 2-2 放流地点（海側、西方向）



写真 2-3 放流地点の反対側（陸側、東方向）



写真 2-4 放流地点の反対側（陸側、西方向）



写真 2-5 河口の様子



写真 2-6 予備放流模擬ごみ



写真 2-7 放流作業の様子①



写真 2-8 放流作業の様子



写真 2-9 模擬ごみ放流直後



写真 2-10 模擬ごみ移動の様子①



写真 2-11 模擬ごみ移動の様子②



写真 2-12 模擬ごみ移動の様子③

番号 ug001 から ug050 までの計 50 個の模擬ごみに対して、2014 年 1 月 27 日までの時点の漂流結果を表 2-19 に示す。

表 2-19 南海トラフ巨大地震用模擬ごみの第 2 回漂流結果の様子（2014 年 2 月 16 日現在）

番号	放流日	漂流の様子
ug003	2013 年 12 月 26 日	12 月 26 日 16 時 30 分ごろまでは沖で漂流していたが、12 月 26 日 22 時に 8km ほど内陸での位置情報の送信を確認
ug008	2013 年 12 月 26 日	12 月 26 日 16 時 30 分ごろまでは沖で漂流していたが、12 月 26 日 22 時に 2km ほど内陸での位置情報の送信を確認
ug017	2013 年 12 月 26 日	12 月 26 日 16 時 30 分ごろまでは沖で漂流していたが、12 月 26 日 22 時に 2km ほど内陸での位置情報の送信を確認
ug049	2013 年 12 月 26 日	12 月 27 日 10 時ごろには安芸郡の海岸近くで漂流していたが、12 月 27 日 13 時ごろに 2km ほど内陸での位置情報の送信を確認
それ以外の 46 台	2013 年 12 月 26 日	12 月 27 日までは沖で漂流していたが、12 月 28 日以降は通信途絶

上記の 50 個の模擬ごみについて、漂流ごみ放流から 2 時間における漂流結果を図 2-18 に示す。模擬ごみは全て土佐湾を南方に漂流しており、少なくともこの時点で海岸に漂着したものは無かった。



図 2-18 南海トラフ巨大地震用第 2 回漂流経路（2014 年 2 月 16 日 14:00~16:30）

26日 22:00 時点の模擬ごみの位置履歴は図 2-19 のとおりであり、模擬ごみ全 50 個のうち、自動検索により位置情報が確認されたものが 31 個、自動検索では『電源 OFF または圏外』となったが手動検索により位置情報が確認されたものが 9 個、手動検索 (0~3 回) の結果でも『電源 OFF または圏外』となったものが 10 個であった。大部分の模擬ごみが 26 日 22:00 時点で陸地から 5 km 程度離れており、『電源 OFF または圏外』となったものは携帯電波の圏外になったものと推察される。より沖合にある方が、自動検索では『電源 OFF または圏外』となる割合が高い傾向が確認された。

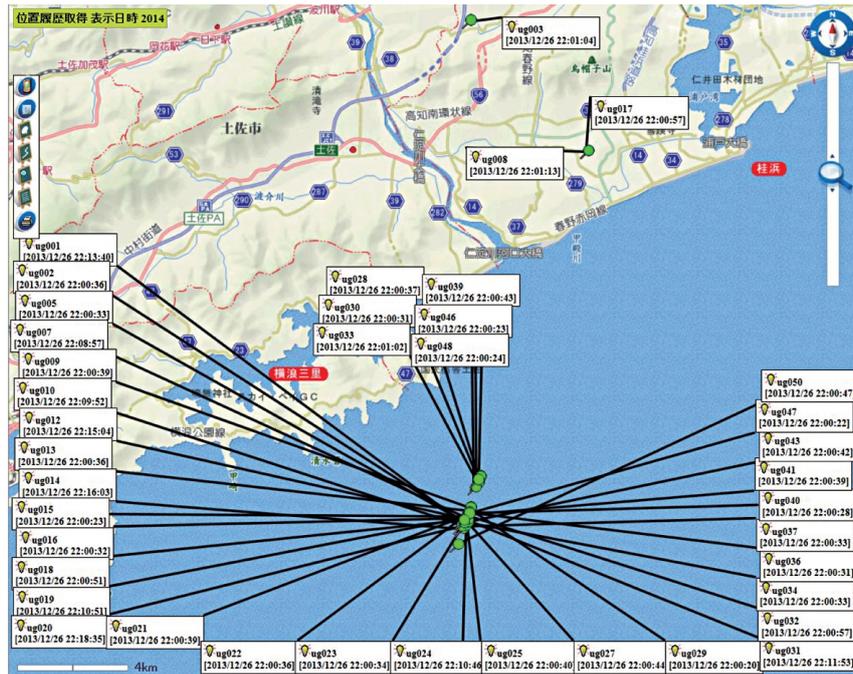


図 2-19 南海トラフ巨大地震用第 2 回漂流経路 (2014 年 2 月 16 日 22:00)

表 2-19 で特にピックアップされている 4 台の模擬ごみは、内陸部で位置情報が観測されているものの、海岸に漂着している時点での位置情報は観測されていない。したがって、海岸に漂着したのちに人間によって運ばれたのか、海上で漂流中に漁船等によって回収され運ばれたのか、あるいはそれ以外の可能性か、区別がつかない。残りの 46 台は、携帯電話の圏外まで漂流しているものと思われるが、2 月 16 日の時点で漂着が観測されていない。このように、第 2 回放流の 50 台において、明確に漂着まで観測できた模擬ごみは無かった。

### 2-8-3. 南海トラフ巨大地震の漂流がれき予測のまとめ

第 1 回放流調査と第 2 回放流調査の結果から、南海トラフ巨大地震の発生予測地域から流出する漂流がれきは、国内に漂着するものは少なく、ほとんどが太平洋を東へ漂流することになると思われる。今回の調査では詳細な漂流経路を明らかにするには至っていないが、その漂流経路を明らかにし、実際に南海トラフ巨大地震が発生した際に漂流がれきを発見するための対策を事前にとっておくことが今後の課題として重要である。

(第2章参考文献)

- [1] 環境省 水・大気環境局水環境課海洋環境室：“東日本大震災により流出した災害廃棄物の総量推計結果の公表について” (2012)
- [2] ニコライ・マキシメンコ：“過去の漂流ブイの追跡データを用いた漂流ごみの移動予測モデル”，鳥取環境大学 国際シンポジウム “美しい海を取り戻そう～3.11 震災漂流物の追跡予測とその対応～” 講演資料集 (2011)
- [3] 環境省 水・大気環境局水環境課海洋環境室：“東日本大震災による洋上漂流物の漂流予測結果の公表について” (2012)
- [4] 環境省 水・大気環境局水環境課海洋環境室：“東日本大震災による洋上漂流物の漂流予測中間結果の公表について” (2012)
- [5] 田中勝，岡崎誠，小林朋道，松村治夫，荒田鉄二，佐藤伸，西澤弘毅，加々美康彦：“日本海に面した海岸における海ごみの発生抑制と回収処理の促進に関する研究”，平成23年度 環境総合推進費補助金研究事業 研究報告書 (2012)
- [6] 佐藤伸，片山修治，松村治夫，田中勝：“大津波により発生した海洋廃棄物がもたらす二次被害について”，第34回 全国都市清掃研究・事例発表会 講演論文集 (2013)

## 第3章 震災起因漂着物の発生源調査

### 3-1. 研究背景

2011年3月11日、東日本を襲った大津波は、沿岸に住む多くの人命を奪い、人々の生活に甚大な被害を与えた。未曾有の災害によって500万tの震災起因がれきが一度に海にさらされ、350万tが海岸近くに堆積、残りのおよそ150万tが海洋に流出し漂流したとされる。この150万tについても、海底に沈んだものや、すぐに海岸に漂着して回収されているものもあり、漂流物の総量は不明である。

震災起因漂流物の特徴は、通常のごみとして投棄されることのない日用品や、家屋の柱や梁、船、固定された漁網、コンテナなど大型のものが大量にある点である。これらは事前の流出防止が非常に困難なものであり、被災者の救援活動等が優先され、洋上流出の阻止や処理回収の対応が遅れることとなった。一度太平洋に出た震災起因漂流物は、他の海ごみと同様に漂流中のものを発見することは難しく、洋上回収も困難である。震災起因漂流物は一般的な海ごみと同様に海岸に漂着しない場合は数年間にわたり太平洋を漂い、陸地に接近し漂着するか、もしくは太平洋に存在する2つの太平洋ごみパッチに吸い込まれることが予想される。洋上漂流物の移動経路は、海面海流や波、風の影響を受けるため、いつ、どこの海岸に、どのようなものが漂着するかを推定することは極めて困難である。

震災発生後、被災地が発生源と考えられる家屋の梁柱、漁船、大型コンテナなどの海岸への漂着が伝えられた。地震や津波による災害が軽微、若しくは受けなかった地域に漂着していることから、津波起因の海岸漂着物による二次災害が認められている。本研究では、津波ごみによる二次災害を最小化する対策の検討に資する情報を得るため、震災起因漂着物の発生実態調査を行った。

### 3-2. 東日本大震災に起因する国内における海岸漂着物の実態調査

平成24年度、被災地から津波によって流出したものが多数海岸に打ち上げられた北海道について、国内の震災起因漂着物の二次災害発生実態調査を行った。表3-1は津波発生後に処理された廃棄物処理推計量を示しており、この量には普段毎年発生する量に加えて津波の影響で発生した量を含んでいると考えられる。鹿部町から浜中町までの太平洋沿岸一帯について、廃棄物の処理推計総量は8,708tであり、それらは津波による一次災害か、漂着物による二次災害、また通常発生のものかは区別されていない。震災漂着物は一般廃棄物として埋立て処分か、再利用されたようである。

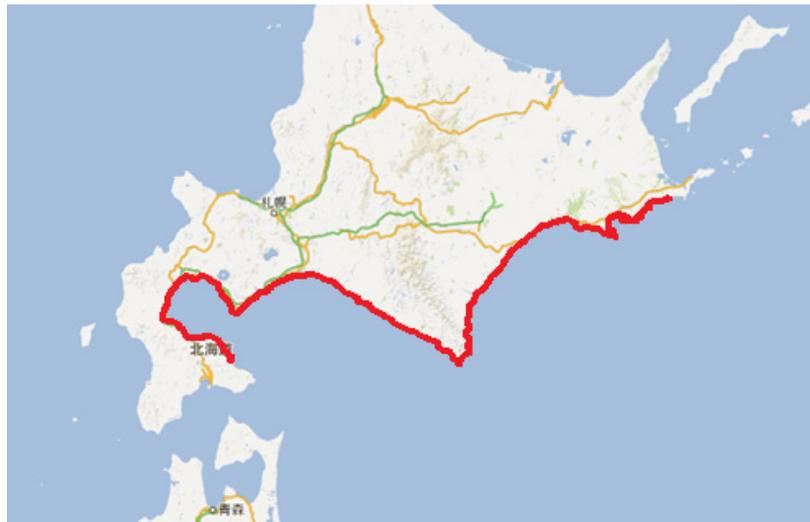


図 3-1 北海道で震災起因漂流物があったと考えられる海岸線（赤線部分）

表 3-1 北海道各市町における廃棄物推計量（平成24年度）と処理の進捗状況

町村名	震災廃棄物推計量 (t)	処理完了進捗率 (%)
鹿部町	683	97
森町	994	100
長万部町	624	100
函館市	791	100
八雲町	3,145	59
広尾町	38	100
豊頃町	31	100
室蘭市	84	100
伊達市	603	83
豊浦町	363	64
洞爺湖町	503	88
むかわ町	4	100
平取町	0	100
日高町	47	100
浦河町	30	100
様似町	10	100
えりも町	261	100
新ひだか町	391	82
厚岸町	53	100
浜中町	53	100

表 3-1 の八雲町の廃棄物推計量が多い理由は、津波によるほたて養殖施設の直接的な被害によるものである。洋上で発生した養殖がれき残骸が海底に堆積して、引き揚げに時間がかかっていることが処理が進まない原因となっている。また表 3-1 には釧路総合振興局管内に属する釧路市、音別町、白糠町、釧路町のデータが含まれておらず、太平洋沿岸全体の震災起因廃棄物の漂着実態を把握するためには釧路管内の情報も収集する必要があることから、釧路総合振興局における震災起因廃棄物の実態についてヒアリング調査を実施した。その結果海岸漂着物の発生量は音別町で 5,386t、次いで白糠町で 2,103t であり他は殆ど発生していない。組成の 98%は流木であり、この大部分は内陸部の自然林で発生したものが河川を流れてたどり着いたと予想される。流木を除いた種類別割合をみると、管内全体では、ロープ・漁網等が 37.4%と最も多く、次いで家電製品（冷蔵庫等）が 27.9%、家屋等木材が 10.8%であった。

平成 24 年度の北海道の海岸漂着物実態調査では、漂着した人工物の量と組成は地域によって偏りがあることが明らかとなった。北海道はもともと流木の漂着が特徴的であり、震災以降に漂着した人工物の多くは被災地で発生したものと推察される。また予想よりも漂着物による二次災害は少なく、同じ海岸に再び震災起因漂着物による二次災害が発生する可能性も低いと聞き取り調査から考えられた。

震災発生から 2 年が経ち、日本以外の国でどのような種類の漂着物がどれほどの規模で発生し、どのような二次災害をもたらすのかを予測することはますます困難となっているが、今年度はこれまでに海外メディアで報告されている日本の震災に起因する海岸漂着物の情報を整理し、震災起因漂着物の漂着時期や漂着物に関する発生実態をサーベイした。

### 3-3. 東日本大震災に起因する海岸漂着物の国外の実態調査

東日本大震災に起因するごみは、小さな破片も含めるとすでにアラスカからフィリピンにまで拡散しているとされている。今回の調査では大型の津波ごみを研究対象とし、調査エリアとして、太平洋を跨いで日本の対岸に位置する米国・ハワイ州、アラスカ州、ワシントン州、オレゴン州、カルフォルニア州、並びにカナダ・ブリティッシュコロンビア州とし、それぞれの海岸に漂着した震災起因漂着物についての実態情報をサーベイした。

#### 3-3-1. 米国・ハワイ州における震災起因漂着物の実態

日本からの津波ごみとして青いコンテナ（写真 3-1）が、津波発生から 1 年半後の 2012 年 9 月にオアフ島の Sea Life Park 近くで見つかっている。またちょうど同じ時期の 2012 年 9 月 21 日発行のハワイアンニュースでは、オアフ島 Molokai 近傍で日本の文字が書かれた巨大なドックが漂流しているのを地元の漁師が見つけたことを伝えている（写真 3-2）。このドックは長さ 9 から 15 メートルの大きさのものであり、漁船の夜間航行の危険性が指摘している。同様のドックはオレゴン州の海岸でも見つかっており、こちらではドックがキャリアとなる外来海洋生物種の侵略が懸念されている。さらにハワイ近海のサンゴ礁へのダメージも懸念されている。

ハワイ州は津波ごみ処理費用として 5 万ドルを連邦政府から受け取っているが、このドックによる被害はそれ以上にのぼると予想されている。オレゴン州の場合では、同様の巨

大ドックの解体除去に 8.4 万ドルの費用がかかっている。また州の運輸局は津波ごみ処理として 1,000 万ドルを準備しているものの、港や船の航路を確保するくらいしかできないと予想されている。



写真 3-1 マウイ島沖で見つかった日本の企業名の入った青いコンテナ



写真 3-2 マウイ島 Molokai 付近を漂流する日本の巨大なドック

そして 2013 年に入り、ハワイ州に漂着する津波ごみの組成の変化が伝えられている。津波発生直後は船やブイなどの軽い物体の漂着が見られたが、それにとって代わり最近では重い木材の梁や板材がたどり着いているという。2014 年 1 月 14 日発行の *Star Advertiser* 紙によれば、2013 年 9 月以降、数十本の柱、梁、厚板、その他木質製建築材料がオアフ島の *Diffieren Hawaii Beach* に漂着している。ハワイ島のビーチにも重量の重い木材などの津波ごみが海岸に打ち上げられていることが報じられている。このことについて、ハワイ大学の *N. Maximenco* 氏は重い木材がどうして長い間海の中で浮き続けていたのか驚くべきことであり、これがどのように浮遊木材が植物の植生をハワイ州に運んだかに関する生態的な問題を提起していることをコメントしている。

### 3-3-2. 米国・アラスカ州における震災起因漂着物の実態

アラスカ州では日本からの津波ごみとわかるものは 2012 年春から見られるようになってきているようである。陸前高田市に住む学生の名前が入ったサッカーボールがアラスカ州の海岸で見つかった（写真 3-3）ことが一時話題となったが、アラスカ州では震災以前から海岸漂着ごみによる環境への影響が懸念されていた。NPO である *Gulf of Alaska Keeper* の代表である *C. Pallister* 氏は過去 11 年に渡りアラスカ州の清掃活動を実施している一人であるが、彼は日本の津波からおおよそ 2 年後に冷蔵庫、発泡ブイからケチャップボトルまでアラスカ州の海岸に山積みにならざるを得ないほど漂着して、海岸線を汚していることを報告している（写真 3-4、3-5）。



写真 3-3 アラスカ州で見つかった被災地に由来するサッカーボール



写真 3-4 アラスカ州モンタギュー島の Pebble beach に堆積した 2011 年日本の津波ごみと思われるもの



写真 3-5 モンタギュー島で家庭用薬品と思われるボトルを調べる Cris Pallister 氏

2012年夏に州が資金を出資して、アラスカ州の海岸線 2,500 マイルについて津波ごみの上空調査を行っている（図 3-2）。その際 8,000 枚の航空写真が撮影され、その結果から津波ごみは想像以上に広大に、量的にも多く漂着していることが明らかになっている。しかし、これらのごみのクリーンアップに対して、最低限の資金しか今は用意されておらず、知事の Sean Parnell は予算の中に津波ごみ対策の予算を計上していないことから、アラスカ湾における津波ごみのクリーンアップがしばらく進まないのではないかとされている。

また、福島原子力発電所の事故にともなう放射線の影響に関連した津波ごみの放射性物質の付着についても心配されていたが、アラスカ州の海岸を調査した限りでは標準値以上の高い放射線量の検出は認められていないことが報告されている。

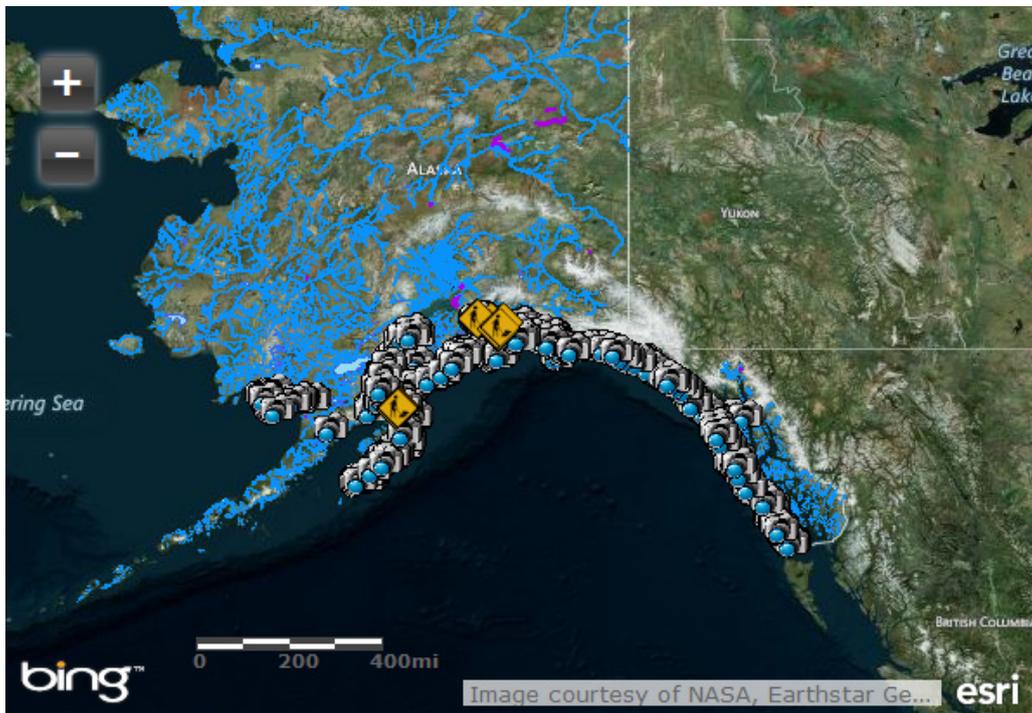


図 3-2 アラスカ湾におけるヘリコプターでの津波ごみ調査地点を示した図

日本の津波ごみによる被害が最も多いとされているのがアラスカ州であり、津波発生から4年以内で最も多い津波ごみの漂着が予測されている。

### 3-3-3. カナダ・ブリティッシュコロンビア州における震災起因漂着物について

2013年9月26日発行のThe Globe and Mailによれば、震災から2年半を経過し、カナダ・ブリティッシュコロンビア州の海岸に多くの日本の梁柱と思われる大型の漂着物が発見されたことが伝えられている。これらは寸法や建築材料が付随した複雑なジョイントの作りから日本の物であることが分かり、長さは60センチ～8.7メートル、重さにして2.3～410kgのものであった。これらのいくつかにはプラスチックや金属製のL字アームがついていたと報告されている。これまでの調査では75～100メートル×40メートルの範囲の中に非常に多くのごみが回収され、その内容は発泡ポリスチレン、プラスチックボトル、浮遊ブイ、細かいプラスチック破片、タイヤ、その他のプラスチックなどが含まれていることが報告されている。日本政府はバンクーバーの日本領事館を通じてブリティッシュコロンビア政府に海岸線26,000kmのクリーンアップに対して100万ドルを提供している。

2014年3月にピークに達すると予想され、予想よりも津波ごみの漂着は多くはないではないかと予測する専門家もいる。



写真 3-6 出典：The GLOBE AND MAIL (Japanese delegates sort through garbage some of which is possibly tsunami debris on beach on Wouwer Island near Ucluelet, BC September 26, 2013 to investigate the tsunami debris issue in B.C.)



写真 3-7 出典 : THE CANADIAN PRESS (Ocean debris believed to be from Japan is posed for a photograph on Long Beach in Tofino, B.C. on April, 18, 2012).



写真 3-8 出典 : THE CANADIAN PRESS (Ocean debris believed to be from Japan is posed for a photograph on Long Beach in Tofino, B.C. on April, 18, 2012).

3-3-4. 米国・ワシントン州における震災起因漂着物の実態について



写真 3-9 2012 年 12 月 21 日に津波によって流され Olympic National Park に漂着したドック

津波発生 2 年後にワシントン州の海岸には津波ごみと思われるものが漂着するようになったことが確認されている。65ft の日本のドックが 12 月にワシントン州 Forks の海岸近くに漂着し（写真 3-9）、魚が絡まったままの網が乗った 20ft の釣り船が 3 月にワシントン州 Long Beach に乗り上げていることが報道されている（写真 3-10）。日本のスポーツボールや、絶縁体フォーム、他の浮遊物が予想通りに海岸に漂着してきている。



写真 3-10 福島からワシントン州の海岸にたどり着いた釣り船

### 3-3-5. 米国・オレゴン州における震災起因漂着物について

オレゴン州で最も話題となった日本からの津波ごみは 2012 年に Agate State Beach に漂着した長さ 66ft のドックの一部である (写真 3-11)。この処理に対し州は 84,000 ドルを費やしたことが報道されている。



写真 3-11 2012 年 6 月にオレゴン州の海岸に漂着した 66ft のドック

すでに 40 以上のアジアの生物種がごみから発見されており、フジツボなどの蔓脚の甲殻動物、ムラサキガイ、アサリ、イソギンチャクは西海岸にはこれまでに見られなかったものである。侵入している種については、どれだけその環境で生存可能なのか、どれくらい優占種となるのか、繁殖するかどうか調査が行われずに埋立処分に回されているのが現実のようである。

オレゴン州では 2012 年秋に 5 つの海岸クリーンアップでボランティアが数千ポンドのごみを回収している。最も大きいクリーンアップは Tahkenitch から Siltcoos までであり、ダンプトラック 3 台分のごみがあり、その中で 10~50% がプラスチックボトルや木材に書かれた日本の文字から津波に起因するものであるとされている。

オレゴン州の海岸全長 362 マイルのうち北部、若しくは中央部が震災起因漂着物による二次災害を強く受けていることが伝えられている。

### 3-3-6. 米国・カリフォルニア州における震災起因漂着物について

カリフォルニア州では 2013 年 4 月、クレセント市の海岸に 20ft の船が漂着しているのが確認されている (写真 3-12、3-13)。



写真 3-12 カルフォルニア州の海岸に漂着した船

漂着したのは巨大津波が発生してから 2 年 1 ヶ月後であり、最初に津波由来の漂着物として確認された。



写真 3-13 2013 年 4 月 7 日にカルフォルニア州の海岸に漂着した船

#### まとめ

北米における日本からの震災起因漂着物の目立った発生は、震災から 1 年半から 2 年が経過した 2012 年～2013 年に発生していることが明らかとなった。そして海外メディアの情報を分析すると、震災起因漂着物は米国アラスカ湾の海岸に大量に発生していることが推察された。数千マイルにもおよぶアラスカ州の海岸線のクリーンアップをトータルで行うことは、現実的に極めて困難であり、震災起因漂着物が数年間にわたり漂着し続け、アラスカ州の海岸に留まり続けることが予想される。年月が経てば経つほど震災前の物なのか震災後の物かを区別することが難しくなる。またプラスチック製の海岸堆積物は経年分解され、海洋汚染物質を永い間溶出し続けるといった環境への悪影響も心配される。

環太平洋で津波ごみの海岸漂着による二次災害を最小化することを考えた場合、最も二次災害が想定されるアラスカ州をターゲットとして海岸で震災起因漂着物の発生実態を長

期モニタリングし、日本の北海道の例を参考にしながら、日米共同でアラスカ州に漂着する津波ごみの回収処理システムの構築を急ぐ必要があるのではないかとと思われる。

### 3-4. 震災起因プラスチックごみによる海洋環境に与える危険性

海洋のエコシステムの中で、以前から人工プラスチックによる海洋生物に与える影響が問題となっていたが、2011年の津波によって一度に大量のプラスチックの漂流物が発生し、プラスチック漂流物の危険性が一気に高まったと言える。

浮遊プラスチック、若しくは海岸に漂着し、物理・化学的に劣化によって断片化したプラスチック破片の問題は、外来生物の各水域の移動媒体としての危険性のみならず、プラスチック表面の物理的な特性でプラスチックごみが低分子環境汚染物質も拡散していることが、これまでに東京農工大学の高田秀重教授の研究グループによって報告されている。2012年に本学で行われた国際シンポジウムで N.Mallos 氏も、かつて日本の九州でカネミ油症事件を引き起こしたポリクロロビフェニル (PCB) や、すでに全世界的に製造中止となっている猛毒の塩素系農薬ジクロロジフェニルトリクロロエタン (DDT) のプラスチック表面への吸着を指摘している。

また、同年本学で行われた海ごみに関する国内シンポジウムで、愛媛大学の磯辺篤彦教授のグループは中国製の漁具からカドミウムなどの有害重金属の溶出を報告している。

津波によって流出したプラスチック量は通常状態と比べて圧倒的に多く、漂流、漂着プラスチックごみによる海洋汚染は想像以上に深刻だと考えるべきであり、問題解決には関係する国との連携を密に図りながら長期間漂着廃棄物に対応していく必要がある。

(第3章参考資料等)

平成25年度鳥取環境大学海岸漂着物処理推進法制定4周年記念ワークショップ資料、2013年7月

平成25年度鳥取環境大学海ごみに関する国際シンポジウム資料、2013年11月

[引用サイト (一例として)]

ハワイ州の津波ごみ関連

<http://www.hawaiinewsnow.com/story/19601421/fisherman-spot-huge-japanese-dock-floating-near-molokai>

アラスカ州の津波ごみ関連

<http://www.npr.org/2013/02/06/170858057/refrigerators-bottles-foams-tsunami-debris-lands-in-alaska>

ブリティッシュコロンビア州の津波ごみ

<http://www.theglobeandmail.com/news/british-columbia/japanese-officials-sifting-through-tsunami-debris-on-bc-coastline/article14561217/>

ワシントン州の津波ごみに関する情報

<http://phys.org/news/2013-04-tsunami-debris-washington-annual-beach.html>

オレゴン州の津波ごみに関する情報

[http://www.oregonlive.com/environment/index.ssf/2013/11/japanese\\_tsunami\\_debris\\_expect.html](http://www.oregonlive.com/environment/index.ssf/2013/11/japanese_tsunami_debris_expect.html)

カリフォルニア州の津波に関する情報

<http://www.livescience.com/29124-japan-tsunami-debris-reaches-california.html>

津波ごみに関する米国専門機関米国海洋大気庁のサイト

Marine Debris Program <http://marinedebris.noaa.gov/>

## 第4章 漂流ごみ情報の多面的活用策の提案

### 4-1. 震災起因漂流物に関する情報の多面的活用策

#### 4-1-1. 漂流ごみ情報の活用に向けて

東日本大震災に伴う津波によって発生した漂流物は、発生地の港湾の閉塞や漁場環境への被害、船舶航行への支障をもたらしたばかりでなく、本研究からも確認（第3章参照）されたように発生地から国内の沿岸地域に漂着して、同様の問題を引き起す可能性が示された。また、その多くは未だ太平洋上を漂流しており、海洋生物への影響やその移動状況次第では各国の沿岸地域に新たな二次災害が発生する可能性がある。ここで二次災害とは、本来の震災に伴って直接発生した災害に対して、これらの漂流物によって生じた新たな災害として本章では取り扱うこととする。

本研究で、震災起因漂流物に関する情報については、第2章、第3章で示したように、①海面下漂流物、標準漂流物、海面上漂流物の3種を想定して東北沖3ヵ所から放流した模擬ごみによる移動経路の実際のデータとそこから得られる漂流物の漂流状況に関する情報、②震災起因漂流物が漂着した国内の漂着個所の現地調査結果に基づく、漂流物の量、内容、処理方法、経費、漂着物の判断基準等に関する情報、③南海トラフ巨大地震を想定した模擬ごみによる移動経路の実際のデータとそこから得られる漂流物の漂流状況に関する情報の3つがあげられる。これらの漂流ごみ情報の活用のために、まず本章節では上記の①と②の情報に加えて、2年間の研究期間の間、本学で開催したワークショップ、国内シンポジウムおよび国際シンポジウムでの討議内容等を参考にして取りまとめたことを紹介し、2節では上記の③の情報を中心にまとめた。

#### 4-1-2. 震災起因漂流物の漂流予測結果について

現在、津波によって発生した震災起因漂流物が太平洋上を漂流しており、太平洋の諸島や米国、カナダの西海岸に漂着することが各機関において予測されている。とくに2012年4月に環境省から報告された予測[1]は、海流によって漂流物が流される速度と海上の風によって流される速度（風圧流）を足し合わせて漂流物の移動速度を計算してシミュレーションを行ったもので、流出した全ての漂流物が沈んだり回収されることがないという仮定で予測されている。漂流物の形状によって海流や風圧流の影響が変わるため、1)海上部分と海中部分が同程度の標準漂流物、2)海上部分が海中部分の2倍程度の海面上漂流物、3)大部分が海中にある海面下漂流物の3種類に分けてシミュレーションを行うとともに、初期条件の設定に際しては、JAXAの陸域観測技術衛星「だいち」の画像を解析して使用している。この報告によれば、2013年6月までの予測結果として以下のことを示している。標準漂流物（海面上：海面下=1：1）：太平洋を東に流れてハワイの北方を通り、2012年10月頃には北米大陸の西海岸の沿岸域に到達する。海面上漂流物（海面上：海面下=2：1）：太平洋を東に流れてハワイの北方を通り、2012年2月頃に、一部がカナダ西海岸沿岸に接近し、2012年10月頃には北米大陸の西海岸の沿岸域に到達する。

海面下漂流物（海面上：海面下＝0：1）：太平洋を東に流れてハワイの北方を通り、2013年6月頃には北米大陸の西海岸沖に到達する。なお、沿岸流の影響を強く受けるため、実際に漂着する可能性は低いと推測される。

その後の2012年11月に報告された漂流予測中間結果〔2〕では、同年6月までの実測データを用いて再解析するとともに風のデータをより短期の時間間隔にして海洋や大気の動きを現状に近い形で再現して行われた。また海面上漂流物においては、海上部分が海中部分よりも特に大きいもの（海面上：海面下＝4：1）も新たに想定して行っている。この報告によれば、2013年6月までの予測結果として以下のことを示している。

海面下漂流物（海面上：海面下＝0：1）：太平洋を東に流れてハワイの北方を通り、2013年6月頃より北米大陸西海岸沿岸域に接近し始める。

標準漂流物（海面上：海面下＝1：1）：2012年8月から10月にかけて、ハワイー北米大陸間の海域で滞留後、2012年12月頃より北米大陸西海岸の沿岸域に到達し始める。

海面上漂流物〔I〕（海面上：海面下＝2：1）：2012年8月時点では、既に大部分が北米大陸西海岸の沿岸域に到達していると考えられ、太平洋上を漂う一部については、洋上を西方に向かい、2013年2月にはフィリピン海域に到達し始める。

海面上漂流物〔II〕（海面上：海面下＝4：1）：2012年8月時点では、既に大部分がアラスカ州からカナダの沿岸域に到達していると考えられ、太平洋上を漂う一部については、洋上を西方に向かい、徐々に拡散していく。

これら震災起因漂流物の実際の海外への漂着状況については、カナダ西海岸やアラスカ沖で、八戸港に係留されていた第11魚運丸の無人船としての漂流（米国沿岸警備隊の砲撃により沈没）やバレーボールやサッカーボールなどの記念品、オートバイ搭載のコンテナが漂着したことなどが報道されており、これらは、環境省が報告した漂流予測結果における海面上漂流物に相当するものとされる。

その中で注目すべき事実として、震災時の津波により三沢漁港から流出した4つの浮き桟橋の中で、1つ目が2012年6月5日にオレゴン州 Newport の海岸に漂着、2つ目が2012年9月22日にハワイ州モロカイ島の15マイル沖を漂流、3つ目が2012年12月18日にワシントン州オリンピック半島の海岸に漂着していることが判明している。同じ場所から流出しても、その漂着の場所や時期は大幅に異なるなど、大洋において離散していく挙動が見られており、移動経路の予測の困難性を示している。

本学での模擬ごみによる移動経路把握に関する調査結果として、異なる場所から放流した発信機付きの模擬ごみが、漂流途中で数百m以内に近接するとともにその後大きく離散していく挙動が把握されている。また、2011年6月3日に岩手県宮古沖から放流したものと見られる模擬ごみが、1年9ヵ月後の2013年3月18日（月）の時点で、米国オレゴン州 Arch Cape の海岸に漂着しているとの情報を、現地の方より入手した。宮古沖20kmの地点で放流した模擬ごみは、その後東に向かって漂流し、放流場所から2,500kmの地点で電池寿命（約6ヶ月）による通信途絶で、位置情報が不明となっていた。その沈下率（全容積の中で海中に沈んでいる比率）は35%で、本学の国内漂着地での調査結果によると、冷蔵庫、コンテナ、ホイール付きタイヤ、靴・サンダル、布団・座布団、一部のプラスチック製品などに相当するものと見られる。

移動経路の追跡のために震災の3ヵ月後に放流した模擬ごみが漂着したことから、これ

らの沈下率に相当する震災起因の漂流物は、前記のように移動経路や時期に関する不確定要素はあるが、既に現地に漂着していることが推測される。この結果は、環境省から発表された漂流予測の内容の一部を裏付けるものといえる。しかし、シミュレーションの結果と違って、これは震災起因漂流物の多くが洋上に留まっていることを示唆している。

図 4-1 は本学での模擬ごみによる移動経路調査の中で、50%の沈下率の模擬ごみ（標準漂流物）を代表的な震災地である岩手県宮古沖、宮崎県気仙沼沖、福島県相馬沖の3ヶ所で、2011年6月、2011年10月、2012年1月、2013年1月に放流した結果を示している。図 4-1 の(2)は電池寿命により放流してから約4ヶ月までのデータであるが、図 4-1 の(2)～(4)は2014年1月10日までのデータである。図 4-1 のように、放流場所と関係なく、模擬ごみが渦に巻き込まれ長期間周回運動をして前に進まないことが観測された。これはシミュレーションの予想結果と実際の結果との違いを説明する重要な理由の一つであると考えられる。つまり、多くの震災起因漂流物は海洋の中でいろんなところで発生する渦に巻き込まれ、海洋上に漂流していると思われる。このことから、震災起因漂流物の海洋上の移動をより正確にシミュレーションするためには、渦の現象を考慮する必要があることが示唆された。図 4-2 は図 4-1 の(1)を拡大した図である。これによると、岩手県宮古沖で放流した模擬ごみは北海道に接近していること、また、福島相馬沖で放流した模擬ごみは宮崎県の沿岸に漂着したことから、震災起因漂流物が国内の他の自治体に漂着（本研究のフィールド調査で北海道太平洋沿岸で震災起因漂流物を確認、第3章参照）する可能性が示唆された。これは津波による震災ごみは陸地だけではなく、他の地域から流れてくる漂着ごみについても処理対策を立てる必要があることを示唆しており、国や地方自治体が行う「津波時に発生する漂流ごみによる二次災

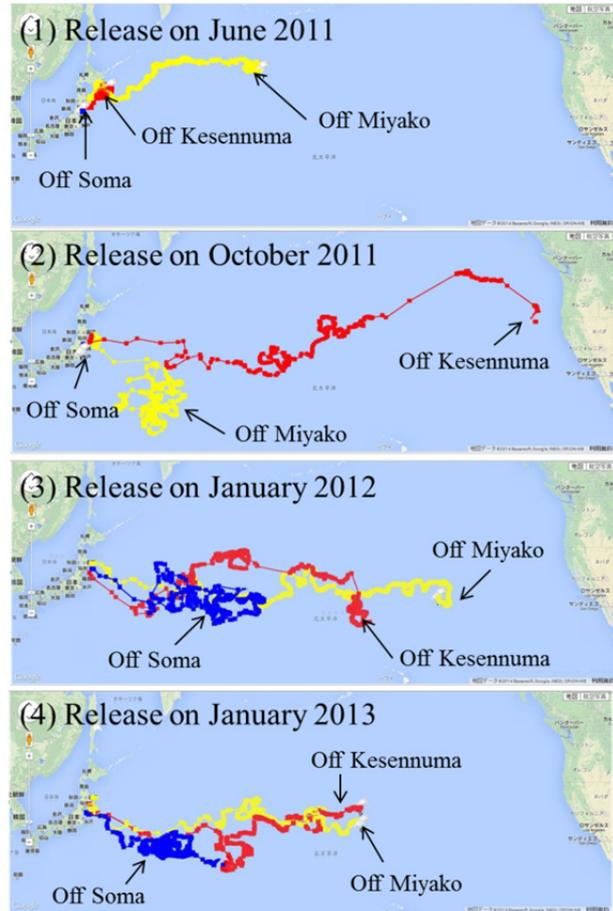


図 4-1 模擬ごみの移動経路（標準漂流物）

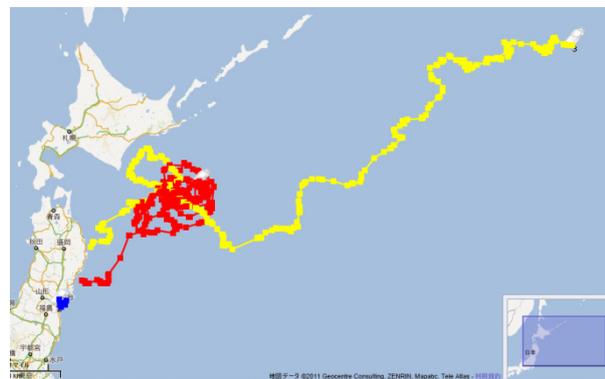


図 4-2 模擬ごみの移動経路  
（2011年6月放流、標準漂流物）

害防止対策ガイドライン」の作成の際に、考慮すべき重要な観測結果である。

図 4-3 は 模擬ごみの沈下率を約 10% (以下、海面上漂流物)、50% (以下、標準漂流物)、80% (以下、海面下漂流物) 調整して 3ヶ所の震災地で同時 (2013 年 1 月) に放流した結果を示している。図 4-3 のように、放流場所と関係なく約 1~3 ヶ月までは沈下率と関係なくほぼ同じ経路をたどっているが、その後、それぞれ拡散していくことが分かる。

これは 津波による震災ごみは津波発生後 1~3 ヶ月までは追跡が比較的容易な時期であり、早期に対応すれば海洋に拡散する前に効率的に処理することの可能性を示唆している。

本研究で放流した模擬ごみの数は海洋上の 震災起因漂流物の移動経路や特性を把握するには非常に少ないが、シミュレーションでは分からない重要な現象が観測されたことや、より実物に近いものを放流したデータであるため、非常に重要なデータである。震災起因漂流物の移動経路や特性をより正確に把握するためには、本研究で実施した GPS 付きの模擬ごみのデータをさらに蓄積し、その結果から得られた重要な因子をシミュレーションモデルに反映することが重要であることが分かった。

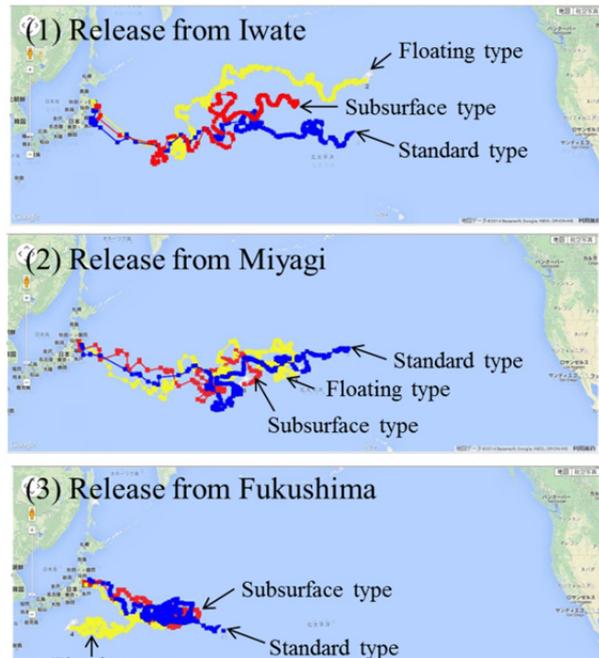


図 4-3 沈下率の違いによる模擬ごみの移動経路

#### 4-1-3. 震災起因漂流物によって生じる二次災害と情報提供の必要性

震災起因の漂流物は津波の巨大なエネルギーによって引き起こされることから、日常的に発生している海洋漂流物と違った、様々な性状のものが海洋に流出することになる。家屋や車などが漂流するのはその事例であり、それによって引き起こされる二次災害の主な内容とそれに関連する情報を表 4-1 に示す。

表 4-1 震災起因漂流物によって生じる二次災害と関連情報

二次災害内容	ごみの状態	被害者	必要な情報
海岸漂着による景観劣化や観光施設等への影響	漂着ごみ	国内外の漂着先の関係者	漂着物の量や内容、処理方法、経費など
海洋生態系への影響	漂流ごみ 海底沈積物	海洋生物 水産食品の関係者	漂流物の種類、量による被害の情報など
漁場環境の破壊による水産資源の減少	漂流ごみ 海底沈積物	船舶業者	具体的な被害状況
船舶航行への支障	漂流ごみ	船舶業者	漂流ごみの位置
港湾の閉鎖に伴う活動機能の損失	海底沈積物	港湾関係者	海底沈積物の情報

これらは、日常的に生じている海洋漂流物や海岸漂着物でも生じるものではあるが、その発生量はある報告 [3] によると、年間 63 万 t であるが、東日本大震災による漂流ごみは約 150 万 t であると報告されている。このように日常的に生じている海洋漂流ごみの 2 倍以上の量が津波等により一度に大量の漂流物が発生するため、そのリスクがさらに増大することが考えられる。

表 4-1 に取り上げた二次災害の中で、環境汚染と密接に関連する①海岸への漂着、②海洋生態系への影響、③漁場環境について以下のように詳細に述べる。

現時点では、国内外の海岸への震災起因のごみによる漂着被害の報告は少ないが、その大半が海洋上に集積して留まるという太平洋ごみパッチとなっている可能性が高い。震災起因のごみが長時間に渡り海洋中に漂流すると、特にプラスチック等の材質劣化に伴う微細化が起これ最終的に海洋生物や沿岸生物の誤食の問題につながると指摘されている。例えば、Algalita 海洋研究財団等からの報告によると北太平洋中央海流（North Pacific Central Gyre）で採取されたプランクトン食性のハダカイワシなどの魚の胃から微細化したプラスチックが検出され、その比率は調査した魚の 35%に達するなどの「プラスチックプランクトン」の問題を取り上げている [4]。また、オーシャン・コンサーバンシーの調査ではミッドウェー島で生息している雛コアホウドリの胃の内容物の中で 103 ケのプラスチック破片が検出されたと報告され、海ごみ中のプラスチックごみが海洋生物だけでなく、陸上生物にも悪影響を与えていることを明らかにした。こういった問題は食物連鎖により海洋生物だけでなく陸上生物さらに人に影響を与える可能性も否定できない。上記の例のほか、海洋生態への影響に関する研究や調査は海外において多く実施されており、その結果も多数報告されているが、わが国ではまだ多くの成果が報告されていないという状況である。これらは、震災起因漂流物特有の問題とは言えないが、その処理対策においては、これらの問題への対応に関しても今後留意していく必要がある。

前述したように、現時点では米国やカナダの海岸に震災起因漂流物の漂着により大きな被害を与えたという報告はないが、日本政府は国際法上の責任はないものの、日本政府

が3年間で300万ドルをかけて、米国とカナダと一緒に共同のプロジェクトを立ち上げ米国の北西海岸で震災漂流ごみが環境にどのような悪影響をするかに関する調査を行う計画である。

しかし、国と国との情報交流や専門家間の調査も重要であるが、地震・津波に続き発生した福島第一原子力発電所における事故（以下、原発事故）もあり、海外の沿岸の住民たちは原発事故由来放射性物質により汚染された廃棄物の漂着に伴う不安が大きいと思われる。2012年8月上旬に米国オレゴン州 Portland で開催された日米 NGO ミーティングは、インターナショナル・クリーンアップ／キャンペーン（ICC）活動で連携を取っている米国の主催団体オーシャン・コンサーバンシー（OC）とわが国の一般社団法人 JEAN が中心になって開催され、震災起因漂流・漂着物に対する活発な意見交換が行われた。その中で米国側の意見や懸案事項として以下のことが示されている [5]。

- 1) 自分たちの地域に、いつごろどんなものがどれくらい来るのか知りたいが、来てみないとわからないのが不安。
- 2) 活動エリアが広範囲で、海岸に行くための船や小型飛行機などの機材が必要で、活動費がかさむ。燃料代などがあれば、ボランティアで協力する人は大勢いる。
- 3) 活動できない冬の間、発泡スチロール製の漁具などは破損して環境中に散乱したり、野生生物が誤食することが心配。
- 4) 放射性物質が付着しているのではないかと不安が根強い。
- 5) 解体が必要な大型の漂流物が数多く来ると、処理費用がかさむ。
- 6) 州政府や連邦政府は、海岸漂着物対策の予算を少ししか付けていないので、もっとしっかりとした予算措置を求めている。
- 7) 情報の共有はとても重要で必要なこと。このような機会を今後も継続したい。
- 8) 被災者の思い出の品などの漂着可能性に関しては、持ち主が特定できそうなものが見つかれば、保管・返還できるよう努力したい。
- 9) 日本からボランティア等が漂着物を回収に行くことについては、漂着時期や数量などの事前確認が困難なため、渡航準備等のタイミングが難しい。また時間と旅費がかかる一方で現地での活動時間が限られてしまい、効率的ではない。
- 10) 震災起因廃棄物という切り口だけでその事態を考えるのではなく、以前からあった海洋ごみ問題の中で、今回の大量流出への対応を考えることが重要。
- 11) 西海岸一帯やハワイ州には、以前から日本やアジアからの漂着物が流れ着いているため、震災に起因するものかどうかの判断が難しい。

米国の現地住民や NGO との意見交換会を行い、不安を解消しようとする試みは評価すべきであるが、地震発生後、約1年半が経過して行われたのは遅いと思う。上記の住民の懸案事項の中で特に4)に関しては、原発事故は津波による流出の後に発生したことがわからなかったことによる誤解から起因しており、より早い段階で現地住民の意見や懸案事項に対応して必要な情報を提供していく体制を構築することが日本への信頼回復に重要であると思われる。

漁場環境への影響については、水産庁のデータによると今回の地震・津波により総額1兆2,544億円の被害額であり、施設別被害額をみると、漁港施設が最も多く全体の65.1%、養殖施設および養殖物が10.6%となっている。震災による直接的被害はやむを得ないことだ

が、風評被害など間接的な被害を最小化するための早期かつ適切に対応できる体制づくりは非常に重要である。

#### 4-1-4. まとめ

本学では、全4回（2011年6月、2011年10月、2012年1月、2013年1月）、東北沖の3ヶ所から発信機付き模擬ごみを放流して、移動経路把握のための調査を行ったが、国内に漂着したものを除く計14台の模擬ごみ（電池寿命を改良：3年～5年）が現在も洋上を移動中である。本研究で得られた成果として、震災起因漂流物の海洋上の移動をより正確にシミュレーションするためには、渦の要素を入れる必要があること、震災起因漂流物が国内の他の自治体に漂着する可能性があり、津波時に発生する漂流ごみによる二次災害対策として震災地からの漂流ごみが漂着する可能性を考慮するべきであること、また、津波による震災ごみは津波発生後1～3ヶ月までは沈下率と関係なくほぼ同じ経路をたどっていることから、早期対応で効率的に処理する可能性が示唆されたことなどがあげられる。

これらの情報を多面的に活用するためには、外部の関係者への情報発信・交流が重要であるが、本学における情報発信・共有の手段としては、まず、本研究事業で得られた（得られている）模擬ごみの漂流データを2012年10月から本学 website で公開し定期的に更新して最新情報を関係者のほかに一般の方にも公開している。また、本研究事業の研究報告書を本学の website で公開し、研究成果の情報共有を進めてきている。そのほか、本研究事業の研究報告書英語版をオレゴン州立大学の研究者、米国海洋大気庁の方々にも送り、情報共有を行ってきた。

本研究事業のアウトリーチ活動として、ワークショップや国内外シンポジウム（ワークショップと国内シンポジウム1回、国際シンポジウム2回、計4回）を開催し、「漂流ごみの処理方法」、「国際的な取り組み」、「漂流ごみ情報の活用」、「漂流ごみ、漂着ごみについて私たちができること」をキーワードとして、国・自治体やNGOの関係者、その分野の専門家などに話題を提供していただくとともに、本学の研究成果も報告し、その議論を本研究に反映してきた。

また、本学で行った研究成果を国内外の学会に発表し、関連専門家との意見交換や情報収集にも積極に行ってきた。

以上のように、本学の国内漂着地での現地調査結果から判明した、震災起因漂流物の性状や特徴に関する情報を、本学 website、ワークショップおよびシンポジウム、国内外学会等を通じて国内の諸機関（関係大学やJEAN等のNGO団体など）や海外の諸機関（米国海洋大気庁等の公的機関、大学等の研究機関、オーシャン・コンサーバンシーなどのNGO団体など）に提供して、関係者間のネットワークの深化が図られるとともに、被災が予想される現地での震災起因漂流物に対する不安の解消に取り組んできた。

本学の情報発信・共有の取り組みの他に、国としては関係省庁の既存の連絡ラインを通して諸外国の関係機関との迅速な情報交換・連携を行っており、また、オレゴン州では日米の震災起因漂流物の流れをより正確に推測するために、これからは関連行政機関・研究機関と沿岸で漂流物に関する活動を行っている国内外での多くのNGOと緊密かつ広域的な協力体制を構築し、関連情報が即時に提供できる組織づくりが必要である。

## 4-2. 南海トラフ巨大地震起因の漂流物情報の多面的活用策

### 4-2-1. 震災起因漂流物情報の多面的活用の重要性

今後、震災起因漂流物の発生が高い確率で想定されているのが南海トラフ巨大地震である。我が国では、老朽化インフラ対策など事前防災のための国土強靱化の推進や大規模な災害やテロなどへの危機管理対応にも万全を期すなど、国民の暮らしの不安を払拭し、安心社会をつくる、という基本方針が2012年12月26日に閣議決定され、具体的な対応方針として、南海トラフ等の巨大災害に備え、災害廃棄物の推計発生量や廃棄物処理施設の処理能力を踏まえた、地方環境事務所、自治体等から成る広域的な処理体制の整備、災害廃棄物を仮置きするストックヤードの整備および備蓄倉庫・資機材等の確保等の対策を含めたグランドデザインの検討を行うことが「国土強靱化の推進に関する関係府省庁連絡会議（第5回）」で決定されたところである。

こうした背景を踏まえ、各自治体において南海トラフ巨大地震の被害想定調査や災害廃棄物発生量等の推計・検討が進められているところであるが、自らの管内での被害想定や災害廃棄物発生量は推計されているものの、実際に東日本大震災において起こったような他管区からの震災起因漂流物の漂着については想定されていない場合が多いように思われ、この点において震災起因漂流物の発生情報の多面的活用が強く求められる。

そこで本項では、本学において別途実施した模擬ごみ放流による漂着物追跡調査（以下「模擬ごみ追跡調査」という。）を踏まえ、南海トラフ巨大地震により津波被害が想定される沿岸域の自治体、および他自治体における津波被害により発生した漂流物が大量に漂着する可能性のある自治体（以下「津波被害想定市町村」という。）、並びに津波被害想定市町村の近隣自治体を対象に、環境省が毎年度取りまとめている一般廃棄物処理実態調査結果を解析し、焼却処理等の一般廃棄物処理施設の稼働状況や賦存能力等を整理し、他管区からの震災起因漂流・漂着物の処理対応可能性について検討するものとした。なお、この検討結果は、今後、各地方自治体が個別の地域における防災対策を検討する際に有益な基礎情報として活用できるものとすることを目標としている。

### 4-2-2. 災害廃棄物対策における震災起因漂流物の位置づけ

#### (1)国土強靱化基本法の基本理念および基本方針

2013年12月11日に「強くしなやかな国民生活の実現を図るための防災・減災等に資する国土強靱化基本法」（以下「国土強靱化基本法」という。）が制定され、総理大臣を本部長とする国土強靱化推進本部が大規模自然災害等に対する社会資本の脆弱性評価を行った上で、既存の国の計画の指針となる国土強靱化基本計画を策定することとなった。また、国土強靱化基本計画の基となり、国土強靱化の施策の推進、関係する国の計画等の指針となる国土強靱化政策大綱が示されたところである。

国土強靱化基本法の基本理念および国土強靱化政策大綱に示された「事前に備えるべき8の目標」は表4-2のとおりであり、特に漂流ごみと密接に関連する目標「大規模自然災害発生後であっても、地域社会・経済が迅速に再建・回復できる条件を整備する」については、プログラムにより回避すべき起きてはならない最悪の事態として「大量に発生する災害廃棄物の処理の停滞により復旧・復興が大幅に遅れる事態」が示されている [6]。

表 4-2 国土強靱化基本法の基本理念および「事前に備えるべき 8 の目標」

基本理念	<p>国土強靱化に関する施策の推進は、東日本大震災から得られた教訓を踏まえ、必要な事前防災および減災その他迅速な復旧復興に資する施策を総合的かつ計画的に実施することが重要であるとともに、国際競争力の向上に資することに鑑み、明確な目標の下に、大規模自然災害等からの国民の生命、身体および財産の保護並びに大規模自然災害等の国民生活および国民経済に及ぼす影響の最小化に関連する分野について現状の評価を行うこと等を通じて、当該施策を適切に策定し、これを国の計画に定めること等により、行われなければならないこと。</p>
事前に備えるべき 8 の目標	<ol style="list-style-type: none"> <li>① 大規模自然災害が発生したときでも人命の保護が最大限図られる</li> <li>② 大規模自然災害発生直後から救助・救急、医療活動等が迅速に行われる（それがなされない場合の必要な対応を含む）</li> <li>③ 大規模自然災害発生直後から必要不可欠な行政機能は確保する</li> <li>④ 大規模自然災害発生直後から必要不可欠な情報通信機能は確保する</li> <li>⑤ 大規模自然災害発生後であっても、経済活動（サプライチェーンを含む）を機能不全に陥らせない</li> <li>⑥ 大規模自然災害発生後であっても、生活・経済活動に必要最低限の電気、ガス、上下水道、燃料、交通ネットワーク等を確保するとともに、これらの早期復旧を図る</li> <li>⑦ 制御不能な二次災害を発生させない</li> <li>⑧ 大規模自然災害発生後であっても、地域社会・経済が迅速に再建・回復できる条件を整備する</li> </ol>

(2) 廃棄物分野における今後の対応方針（基本的方向性）

南海トラフ巨大地震等の発生時においては、東日本大震災で発生した災害廃棄物の 5～13 倍が発生すると予測（環境省推計）されており、既存の廃棄物処理システムでは迅速かつ適正にすることが困難である。リソース不足や対応能力の限界が生じ、個別自治体の震災廃棄物処理計画のみでは対応が不足するとともに、大規模な震災により大量の災害廃棄物が発生した場合に対応できる廃棄物処理施設や仮置き場として使用できる場所が十分には確保できていないという課題がある。

廃棄物分野における今後の対応方針として、◆災害に強い廃棄物処理システムの構築、浄化槽の整備等災害発生時の環境汚染の防止、自然の力を活用した防災・減災等に向けた施策を推進すること（災害に強い廃棄物処理システムの構築等）、◆廃棄物処理施設の更新整備において、大量の災害廃棄物を円滑に処理することおよび防災の拠点ともなりうる高効率なエネルギー利用を行うことが可能な廃棄物処理施設を整備すること等により、災害に強い強靱な廃棄物処理システムの構築を図ること、◆南海トラフ等の巨大地震に備え、災害廃棄物の推計発生量や廃棄物処理施設の処理能力を踏まえた、地方環境事務所、自治体等から成る広域的な処理体制の整備、災害廃棄物を仮置きするストックヤードの整備および備蓄倉庫・資機材等の確保等の対策を含めたランドデザインの検討を行うこと、◆災害等の被害を受けた地域において、災害廃棄物の処理事業への支援を行うとともに、被災した地方自治体が設置する廃棄物処理施設等の復旧事業への支援を行うこと、などが国土強靱化政策大綱を策定する過程において示されている [7]。

すなわち、管内自治体の災害廃棄物処理計画を把握した上で、広域的な廃棄物処理体制が図られるように、地域毎に関係機関と連携しながら、以上のような大規模自然災害への対応策等を検討することが求められている。これらの検討状況を踏まえ、必要な広域処理

体制構築のための具体的な方策を検討し、大規模自然災害に備えた国・自治体・事業者等が共有できる行動指針・行動計画を策定する必要がある。

### (3)大規模自然災害への対応策等の検討に際しての震災起因漂流物の位置づけ

前述したように、大規模自然災害発生時においては、従来の廃棄物処理システムの延長や既設処理施設の賦存能力だけでは十分な対応が困難となることから、広域圏ごとに一定程度の余裕を持った焼却処理施設等の能力を維持し、代替性および多重性を確保するとともに、災害廃棄物の広域輸送システムを含めた広域処理体制の構築が強く求められる。この際に、管内自治体における廃棄物処理施設の稼働状況や賦存能力を把握・整理した上で、管内において想定される災害廃棄物の発生量を的確に推計することが重要となるが、震源地が沖合となるプレート境界型地震では津波の発生を伴うことが多く、津波による災害廃棄物の発生だけでなく、津波発生後の引き波により震災起因の廃棄物が海洋へ流出・漂流し、他の地域あるいは国外の海岸に漂着することが懸念されている。特に南海トラフ巨大地震においては大規模な津波の発生が想定されており、太平洋沿岸の多くの都府県において広範囲の津波被害と甚大な量の震災起因漂流物が発生する恐れがあるが、南海トラフ巨大地震を想定した震災起因漂流物の漂流経路や漂着先、漂着量の推計は困難であり、これらを加味した災害廃棄物処理計画等の検討はなされていないのが現状である。

本学では、2011年度より東日本大震災をターゲットとした模擬ごみ移動経路の追跡（位置情報を送信可能な発信機を付けた模擬ごみを海洋に放流し、海洋上の移動経路をモニタリング）を継続的に調査しており、本年度においては南海トラフ巨大地震をターゲットとして東海から九州までの太平洋において調査した（第2章参照）。そこで、本学において実施した、南海トラフ巨大地震を想定した模擬ごみ追跡調査の結果を踏まえ、南海トラフ巨大地震による津波被害想定市町村、並びに津波被害想定市町村の近隣自治体における焼却施設等の一般廃棄物処理施設の稼働状況や賦存能力等を整理し、震災起因漂流物の多面的活用策の基礎情報として、他管区からの震災起因漂流・漂着物の処理対応可能性について検討するものとした。

## 4-2-3 一般廃棄物処理実態調査結果の解析

### (1)一般廃棄物処理実態調査結果について

南海トラフ巨大地震による津波被害想定市町村、並びに津波被害想定市町村の近隣自治体における焼却施設等の一般廃棄物処理施設の稼働状況や賦存能力等を把握・整理する手法として、一般廃棄物行政の推進に関する基礎資料を得ることを目的として環境省が毎年度実施している「一般廃棄物処理実態調査」の結果を整理・解析するものとし、環境省ホームページにて公表されている最新調査結果である2011年度のデータを使用した[8]。

### (2)解析対象とする自治体および施設

本解析の目的は、南海トラフ巨大地震による津波被害想定市町村、および震災起因漂流物の多面的活用策の一例として広域処理体制構築を検討することとなる近隣自治体において、既設の一般廃棄物処理施設の稼働状況や賦存能力等を整理・解析することである。よって、中央防災会議防災対策推進検討会議の下に2012年4月に設置された「南海トラフ巨大地震対策検討ワーキンググループ」において検討され2013年3月に発表された被害想定第二次報告において被害想定推計対象とされている自治体を、本解析の対象とするも

のとした。

次に、震災起因漂流物はある程度比重が軽く可燃性が主体となることが想定され、震災起因漂流物の処理方法としては焼却処理が有効と考えられること、また、災害廃棄物を仮置きするストックヤードの拡充が重要課題となっていることを踏まえ、仮置き場所としては運用中または閉鎖・廃止された最終処分場が優先度の高い適地になるものと考え、本解析の対象施設は「焼却施設（溶融含む）」および「最終処分場」とした。

本解析の対象とする自治体および施設を表 4-3 に示す。

表 4-3 本解析の対象とする自治体および施設

地方	都府県	対象施設
関東	茨城県、栃木県、群馬県、埼玉県、千葉県、東京都、神奈川県	焼却施設（溶融含む） 最終処分場
北陸	新潟県、富山県、石川県、福井県	
東海	山梨県、長野県、岐阜県、静岡県、愛知県、三重県	
関西	滋賀県、京都府、大阪府、兵庫県、奈良県、和歌山県	
中国	鳥取県、島根県、岡山県、広島県、山口県	
四国	徳島県、香川県、愛媛県、高知県	
九州	福岡県、佐賀県、長崎県、熊本県、大分県、宮崎県、鹿児島県、沖縄県	

### (3)解析結果

2011 年度の一般廃棄物処理実態調査結果において集計・解析した項目および計算方法等を表 4-4、集計一覧表を表 4-5 に示す。なお、「焼却施設（溶融含む）」の集計・解析に際しては、2011 年度における年間処理量 0t/年である施設は除外するものとした。

次に、各都府県における「焼却施設（溶融含む）」の合計賦存能力の多寡について色分けした地図を図 4-4、各都府県における「最終処分場」の合計埋立地面積の多寡について色分けした地図を図 4-5 に示す。

都府県毎の焼却施設（溶融含む）の賦存能力（t/年）および余裕率（％）を整理したところ、賦存能力が最小となったのは島根県の 19,476t/年、賦存能力が最大となったのは神奈川県の 1,113,251t/年、余裕率が最小となったのは島根県の 10%、余裕率が最大となったのは新潟県の 40%であった。焼却施設の処理能力は地域人口が多いほど全体として計画処理能力が大きくなり、その結果、賦存能力も大きくなる関係にあるため、図 4-4 から分かるように大都市圏の賦存能力が大きい。

続いて、都府県毎の最終処分場の残余容量（ $m^3$ ）および埋立地面積（ $m^2$ ）を整理したところ、残余容量が最小となったのは山梨県の 0  $m^3$ 、残余容量が最大となったのは東京都の 25,023,217  $m^3$ 、埋立地面積が最小となったのは山梨県の 52,511  $m^2$ 、埋立地面積が最大となったのは東京都の 4,130,438  $m^2$ となった。これについても焼却施設の賦存能力と同様、大都市圏ほど埋立地面積が大きくなる結果となっている。

なお、2011 年度の一般廃棄物処理実態調査結果として示されている数値のみを解析して

おり、個別の施設の状況（改修・休止中など）や民間施設の評価が含まれていないことに注意を要する。

表4-4 集計・解析項目および計算方法

施設	項目	計算方法等
焼却施設 (溶融含む)	年間処理量 (t/年)	都府県毎の施設における 2011 年度年間処理量の合計
	計画年間処理量 (t/年)	都府県毎の施設における「処理能力 (t/日)」の合計 ×年間稼働日数 (280 日) ×調整稼働率 (0.96) ※「ごみ処理施設整備の計画・設計要領 2006 改訂版」 (平成 18 年 6 月 社団法人全国都市清掃会議) を参考に推計した。
	賦存能力 (t/年)	「計画年間処理量 (t/年)」 - 「年間処理量 (t/年)」
	余裕率 (%)	「賦存能力 (t/年)」 ÷ 「計画年間処理量 (t/年)」 × 100
最終処分場	全体容積 (m <sup>3</sup> )	都府県毎の施設における全体容積の合計
	残余容量 (m <sup>3</sup> )	都府県毎の施設における残余容量の合計
	埋立地面積 (m <sup>2</sup> )	都府県毎の施設における埋立地面積の合計
	処分場数 (件)	都府県毎の施設数

表 4-5 一般廃棄物処理実態調査結果の集計一覧表 ( 2011 年度調査結果時点 )

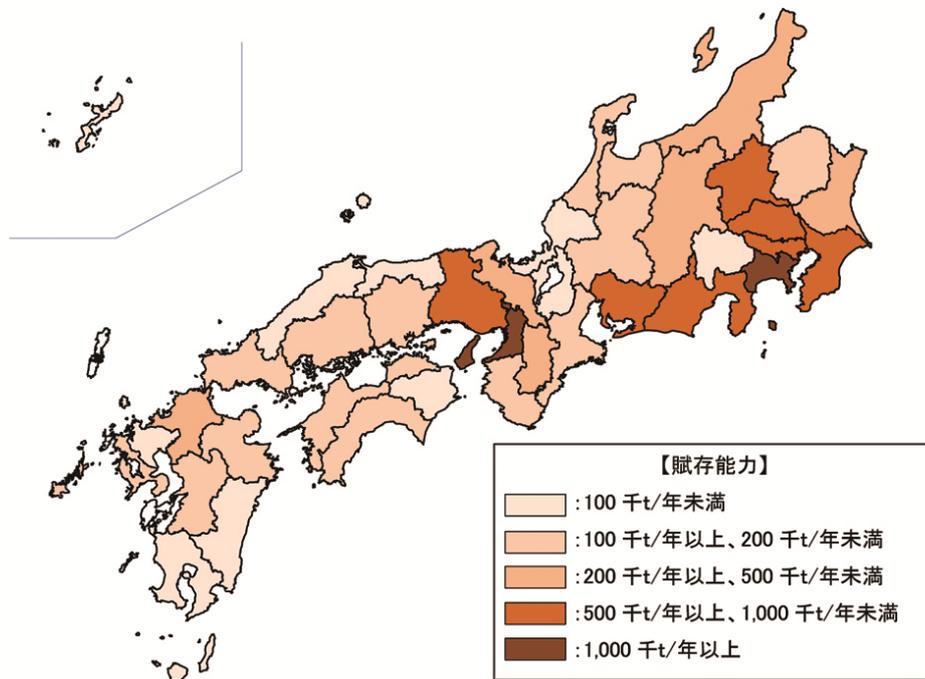


図 4-4 焼却施設の賦存能力分布 ( 2011 年度調査結果時点 )

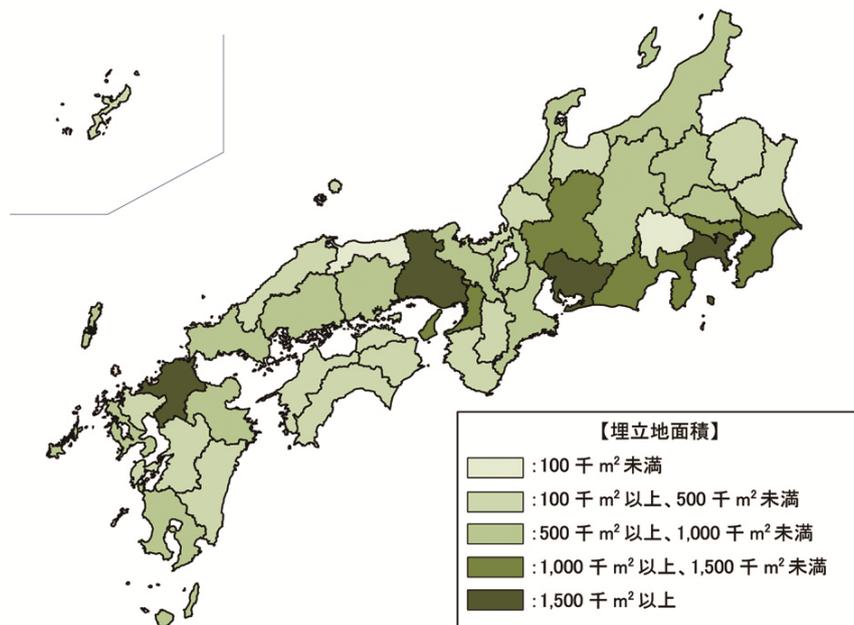


図 4-5 最終処分場の埋立地面積分布 ( 2011 年度調査結果時点 )

#### 4-2-4. まとめ

南海トラフ巨大地震による津波被害想定市町村、並びに津波被害想定市町村の近隣自治体における焼却施設の賦存能力および災害廃棄物の仮置き場所として有力視される最終処分場の埋立地面積について、環境省の一般廃棄物処理実態調査結果より解析したところ、人口規模の大きな大都市圏においては比較的余力があるものの、南海トラフ巨大地震による直接的な被害が大きいことが想定される紀伊半島、四国地方、九州太平洋側においては、全国的に見ても焼却能力およびストックヤード用地の余力が小さいことが明らかとなった。災害発生時には、広域的な処理体制の構築や民間施設の運用、仮設焼却施設の建設・運用は当然必要になると思われるが、現有の一般廃棄物処理施設の余力を活用するという視点においては、災害発生時の廃棄物処理体制に対する課題に地域差があることが確認された。

本学において実施した、南海トラフ巨大地震を想定した模擬ごみ追跡調査の結果によると、太平洋沿岸の4ヶ所から放流した模擬ごみはいずれも黒潮の潮流に乗ったものと推察されるが、一部の模擬ごみは紀伊半島に最接近している。模擬ごみ追跡調査とは異なる時期であれば、南海トラフ巨大地震に伴う津波により漂流した震災起因漂流物が紀伊半島、あるいはその他の地域に大量に漂着する可能性は否定できない。仮に他の地域より大量の震災起因漂流物が漂着した場合、当該地域における廃棄物処理体制はさらに圧迫されることになり、費用的な問題だけでなく公衆衛生面や環境影響への二次災害の発生が強く懸念される。

すなわち、広域的な処理体制の構築や民間施設の運用等を前提とした上で、現有の一般廃棄物処理施設の余力には地域差があることを認識するとともに、地域外からの震災起因漂流物が漂着する可能性を踏まえた災害廃棄物処理計画を検討・作成することが重要となる。そのためには、今後の発生が高い確率で想定されているのが南海トラフ巨大地震による震災起因漂流物の漂流経路等の情報、また実際に南海トラフ巨大地震が発生した際の震災起因漂流物の漂流状況・発生量等の情報を全国の関係機関において発信・共有するネットワーク体制の構築が強く求められる。

#### (第4章参考文献)

- [1] 「東日本大震災による洋上漂流物の漂流予測結果の公表について」、環境省水・大気環境局水環境課海洋環境室、2012年4月
- [2] 「東日本大震災による洋上漂流物の漂流予測中間結果の公表について」、環境省水・大気環境局水環境課海洋環境室、2012年11月
- [3] 平成25年度 鳥取環境大学海ごみに関する国際シンポジウムのうち、「Plastic Pollution in the Global Ocean : Our Collective Responsibility」より、2013年11月「美しい海を取り戻そうー漂流ごみ、漂着ごみについて私たちができることー」
- [4] 「東日本大震災に伴う洋上漂流物に係る日米NGO連携推進・調査および国内への情報発信事業 実施結果」、JEAN、2013年2月
- [5] “Plastic ingestion by planktivorous fishes in the North Pacific Central Gyre”, Christina M. Boerger et. al., Marine Pollution Bulletin, 60 (2010), 2275-2278
- [6] 「強くしなやかな国民生活の実現を図るための防災・減災等に資する国土強靱化基本

法概要」、「大規模自然災害等に対する脆弱性の評価の指針の概要」、内閣官房国土強  
靱化推進室ホームページ

([http://www.cas.go.jp/jp/seisaku/kokudo\\_kyoujinka/index.html](http://www.cas.go.jp/jp/seisaku/kokudo_kyoujinka/index.html))

- [7] 「施策分野別の対応方針について（資料 3）」、国土強靱化の推進に関する関係府省庁  
連絡会議（第 5 回）、平成 25 年 9 月 13 日
- [8] 一般廃棄物処理実態調査結果（平成 23 年度調査結果）、環境省、環境省ホームペー  
ジ ([http://www.env.go.jp/recycle/waste\\_tech/ippan/h23/index.html](http://www.env.go.jp/recycle/waste_tech/ippan/h23/index.html))

## 第 5 章 漂流ごみの発生予測手法の検討

### 5-1. 東日本大震災からの流出ごみ

#### 5-1-1. 流出ごみの推計量

環境省の推計によれば、2011 年 3 月の東日本大震災により岩手県、宮城県、福島県の 3 県から海洋に流出した災害廃棄物の総量は 4,802 千 t と見積もられており、このうち 3,266 千 t (68%) が海底ごみとなり、残りの 1,536 千 t (32%) が漂流ごみとなったと推定されている。

廃棄物の種類別にみると、流出総量、海底ごみ、漂流ごみの何れにおいても家屋等のがれきが大部分 (85.2~87.0%) を占めている。このため、以下では家屋等のがれきに絞って検討を進めるものとした。

表 5-1 東日本大震災より流出した災害廃棄物量の推計

(単位：千 t)

廃棄物の種類	流出総量	海底ごみ	漂流ごみ
家屋等	4,119 (85.8%)	2,783 (85.2%)	1,336 (87.0%)
自動車	313 ( 6.5%)	313 ( 9.6%)	—
海岸防災林から生じた流木	199 ( 4.1%)	—	199 (13.0%)
漁船を含む船舶	102 ( 2.1%)	101 ( 3.1%)	1 ( 0.1%)
養殖施設	16 ( 0.3%)	16 ( 0.5%)	—
定置網	18 ( 0.4%)	18 ( 0.6%)	—
コンテナ	35 ( 0.7%)	35 ( 1.1%)	—
計	4,802 (100%)	3,266 (100%)	1,536 (100%)

※環境省報道発表資料 (平成 24 年 3 月 9 日) を基に作成

#### 5-1-2. 家屋等からのがれき発生量

環境省 (平成 23 年 5 月) では、東日本大震災により岩手県、宮城県、福島県の 3 県から、コンクリートがら等 17,665 千 t、木くず等 7,204 千 t、計 24,869 千 t のがれきが発生したものと推計している。この量は衛星画像を用いて津波の浸水区域を特定し、それを基に環境省において津波により倒壊した家屋等の廃棄物量を推定したものである。ここから火災による焼失量 69 千 t を除いた 24,800 千 t が修正後のがれき発生量で、その約 17% に当たる 4,119 千 t が海域に流出したものとされた。この量は、がれきの修正発生量から、実際に沿岸市町村の仮置場に搬入されたがれきの量を差し引くことにより算出されたもので、海域への流出率には宮城県の 7% から福島県の 42% まで大きな違いがある。

表 5-2 家屋等からのがれき発生量と海域への流出量

(単位：千 t)

県名	がれき発生量	海域に流出した量
岩手県	がれき発生量……………6,042	流出率 30%
	うちコンクリートがら等 (62%) …… 3,746	海底ごみ ……1,124
	うち木くず等 (38%) ……2,296	漂流ごみ ……671
	火災による消失 (2.6%) …… -60	
	修正発生量 5,982	合計 1,795
宮城県	がれき発生量……………15,951	流出率 7%
	うちコンクリートがら等 (75%) ……11,963	海底ごみ……………837
	うち木くず等 (25%) …… 3,988	漂流ごみ……………279
	火災による消失 (0.2%) …… -8	
	修正発生量 15,943	合計 1,116
福島県	がれき発生量……………2,876	流出率 42%
	うちコンクリートがら等 (68%) ……1,956	海底ごみ……………822
	うち木くず等 (32%) ……920	漂流ごみ……………386
	火災による消失 (0.1%) …… -1	
	修正発生量 2,875	合計 1,208
3 県合計	がれき発生量……………24,869	流出率 17%
	うちコンクリートがら等 (71%) ……17,665	海底ごみ……………2,783
	うち木くず等 (29%) ……7,204	漂流ごみ……………1,336
	火災による消失 (1.0%) …… -69	
	修正発生量 24,800	合計 4,119

出典：田中 勝・西澤弘毅 (2012)：発信器付き模擬ごみによる津波ごみの移動経路追跡の研究，都市と廃棄物 Vol.42. No.5

## 5-2. 今後の震災に伴う津波からのがれき発生量推計手法の検討

### 5-2-1. 南海トラフ巨大地震の被害想定

今後発生が想定される巨大地震としては南海トラフ巨大地震がある。政府の中央防災会議は、大きく下記に示す 4 つのケースに分けて、この巨大地震の被害想定を行っている。

(ア) 東海地方が大きく被災するケース

全壊および焼失棟数：954 千棟～2,382 千棟 死者：80 千人～323 千人

(イ) 近畿地方が大きく被災するケース

全壊および焼失棟数：951 千棟～2,371 千棟 死者：50 千人～275 千人

(ウ) 四国地方が大きく被災するケース

全壊および焼失棟数：940 千棟~2,364 千棟	死者：32 千人~226 千人
(エ) 九州地方が大きく被災するケース	
全壊および焼失棟数：965 千棟~2,386 千棟	死者：32 千人~229 千人

中央防災会議では、この4つを基本として、更に地震動、津波の想定、地震の起きる季節および時間帯、風速の異なるケースを設定し、それぞれについて、揺れ、液状化、津波、急傾斜地崩壊および火災による全壊棟数の予想値を茨城県から沖縄県までの40都府県について県別に示している。

今後の震災に伴う津波からのがれき発生量予推計を行うに際しては、この南海トラフ巨大地震の被害想定を用いるものとする。

### 5-2-2. がれき発生量原単位

家屋等のがれきの発生量を推計するに際しては、大きく分けて建物1棟当たりの原単位を用いる方法と、建物床面積当たりの原単位を用いる方法とがある。また、原単位についても、平均的な建物1棟当たりのがれき発生量原単位を用いる方法と、木造、RC造、鉄骨造など建物の構造別に原単位を設定する方法がある。更に、建物構造別のがれき発生量原単位も、木質系、コンクリートがら、金属、その他等に種類を分けて設定する方法と、がれきの種類を分けずに設定する方法とがある。表5-3に既往の研究による災害廃棄物発生量原単位の例を示す。

表5-3 既往の研究による災害廃棄物発生量原単位

(単位：t)

	建物構造	可燃物 (廃木材)	不燃物			合計	
			コンクリート	金属くず	その他		
1棟当たり	東京都	木造 (93.7 m <sup>2</sup> )	7.15	7.91	0.73	13.52	29.31
		RC造 (212.28 m <sup>2</sup> )	4.03	217.80	8.28	0.59	230.70
		鉄骨造 (244.8 m <sup>2</sup> )	49.94	138.51	6.61	0.80	195.86
床面積 1 m <sup>2</sup> 当たり	東京都	木造	0.076	0.084	0.008	0.144	0.313
		RC造	0.019	1.026	0.039	0.003	1.087
		鉄骨造	0.204	0.566	0.027	0.003	0.800
	兵庫県 (1995)	木造	0.179	0.392			0.571
		RC造	0.14	1.33			1.47
		鉄骨造	0.14	1.13			1.27
	高月ら (1995)	木造 A	(0.62)				0.62
		木造 B	(0.71)				0.71
		RC造		(0.85)			0.85
	橋本ら (1999)	木造	(0.491)				0.491
		RC造		(0.814)			0.814
		鉄骨造		(1.579)			1.579

	RC 鉄骨	(2.024)	2.024
--	-------	---------	-------

### 5-2-3. 被災床面積に基づく推計手法

中央防災会議の「南海トラフ巨大地震の被害想定について（第一次報告書）」では、想定する被災ケースごとに、都道府県別の「全壊棟数」を推計している。そこで、この全壊棟数と各県の建物総数から、被災ケースごとの「被災率」を算出する。ここで各県の建物総数は、「住宅総数」（住宅・土地統計調査）と「法人建物総数」（法人建物調査）の合計とする。

各県の建物床延べ面積については、「建築物ストック統計検討会報告書」に住宅・非住宅別、木造・非木造別のデータがある。さらに、公共の非住宅（国と地方自治体の建物）についても県別の総床面積のデータがある。そこで公共の非住宅は全て非木造であると仮定して、各県の「構造別延べ床面積」を算出する。そして、建物構造に関わらず「被災率」は同一であると仮定し、「構造別延べ床面積」に「被災率」を乗じて県別の「構造別被災床面積」を算出する。この値にそれぞれ「構造別・がれき種類別発生量原単位」を乗じて「構造別・種類別がれき発生量」を算出し、それを集計して県別の「がれき発生量」を推計する。

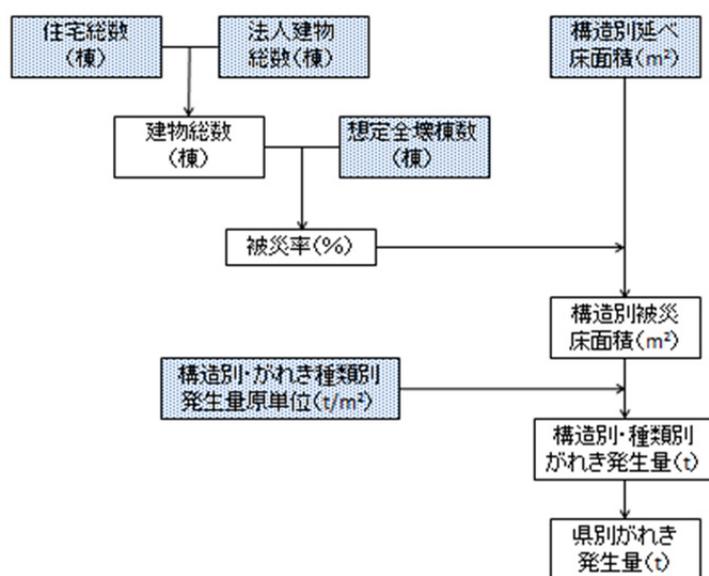


図 5-1 床面積に基づくがれき発生量推計フロー

<計算式>

$$\text{県別がれき発生量 } W = \sum_{ij} (D_i \times U_{ij})$$

i : 建物構造 (木造、非木造)

j : がれき種類 (廃木材、コンクリートがら、金属、その他)

$D_i$  : 構造別被災床面積 ( $m^2$ )

$U_{ij}$  : 構造別・がれき種類別発生量原単位 ( $t/m^2$ )

$$D_i = F_i \times R$$

$F_i$  : 構造別延べ床面積 ( $m^2$ )

<p>R：被災率（％）</p> $R = E / (N_r + N_c)$ <p>E：想定全壊棟数（棟）</p> <p>N<sub>r</sub>：住宅総数（棟）</p> <p>N<sub>c</sub>：法人建物総数（棟）</p>
<p>&lt;データ出所&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・想定全壊棟数 E：南海トラフ巨大地震の被害想定について（第一次報告），中央防災会議（平成 24 年 8 月 29 日）</li> <li>・住宅総棟数 N<sub>r</sub>：平成 20 年住宅・土地統計調査（統計局）</li> <li>・法人建物総数 N<sub>c</sub>：平成 20 年法人建物調査（統計局）</li> <li>・構造別延べ床面積 F<sub>i</sub>：建築物ストック統計検討会報告書，国土交通省（平成 22 年 3 月）</li> </ul>

#### 5-2-4. 被災棟数に基づく推計手法

「住宅・土地統計調査」には、構造別（木造、防火木造、鉄筋・鉄骨コンクリート、鉄骨造、その他）の住宅数が県別に収録されている。そこで、ここから「構造別建物割合」を算出し、これに各県の「想定全壊棟数」を乗じて「構造別全壊建物数」を算出する。この値にそれぞれ「構造別・がれき種類別発生量原単位」を乗じて「構造別・種類別がれき発生量」算出し、それを集計して「県別がれき発生量」を推計する。

なお、建物は統計上「住宅」と「法人建物」に大きく分けられるが、数としては建物の大部分が「住宅」のため、「住宅・土地統計調査」の「構造別住宅数」から算出した「構造別住宅割合」をもって「構造別建物割合」とした\*1。

また、建物の構造は以下に示す表 5-4 に従って木造、RC 造、鉄骨造、その他の 4 分類に統合するものとした。

表 5-4 建物構造の対応表

本研究で用いる構造分類	住宅・土地統計調査の分類
木造	木造
	防火木造
RC 造	鉄筋・鉄骨コンクリート
鉄骨造	鉄骨造
その他	その他

\* 1 東日本「平成 20 年住宅・土地統計調査」の構造別住宅数総計 49,598,300 戸に対し、「平成 20 年法人建物調査」の構造別法人建物総数は 752,020 棟。

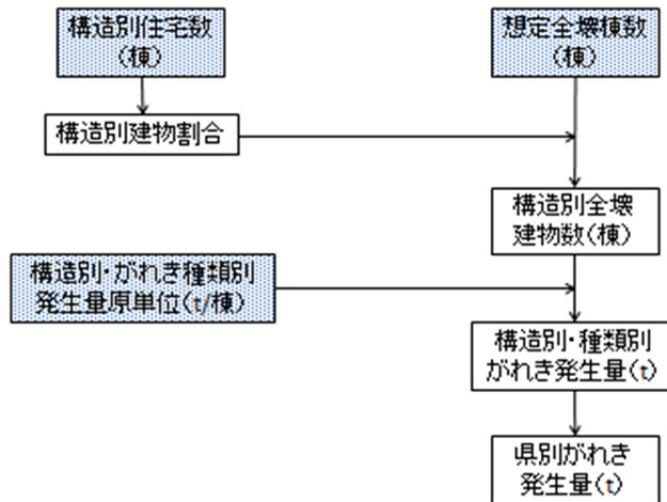


図 5-2 建物棟数に基づくがれき発生量推計フロー

<計算式>

県別がれき発生量  $W = \sum_{ij} (D_i \times U_{ij})$

i : 建物構造 (木造、RC 造、鉄骨造、その他)

j : がれき種類 (廃木材、コンクリートがら、金属、その他)

$D_i$  : 構造別全壊建物数 (棟)

$U_{ij}$  : 構造別・がれき種類別発生量原単位 (t/棟)

$D_i = E \times R_i$

E : 想定全壊棟数 (棟)

$R_i$  : 構造別建物割合

$R_i = S_i / N$

$S_i$  : 構造別建物数 (棟)

N : 構造別住宅数合計 (棟)

<データ出所>

- ・ 想定全壊棟数 E : 南海トラフ巨大地震の被害想定について (第一次報告), 中央防災会議 (平成 24 年 8 月 29 日)
- ・ 構造別住宅数  $S_i$  : 平成 20 年住宅・土地統計調査 (統計局)

### 5-3. 震災がれき発生量推計手法の検証

東日本大震災の建物被害については、消防庁災害対策本部より住家の被害棟数が全壊、半壊、一部破損、床上浸水、床下浸水に分けて示されている。この全壊棟数の数値を「想

定全壊棟数」に当てはめることにより、上記の二つの手法を用いて岩手、宮城、福島 の 3 県からの東日本大震災によるがれき発生量を推計する。その結果を環境省のがれき発生量推計値と比較することにより、上記手法の有効性を検証する。

### 5-3-1. 被災床面積に基づく推計

「平成 20 年住宅・土地統計調査」の住宅総数と「平成 20 年法人建物調査」の法人建物総数から各県の建物総数を算出した。この値と消防庁災害対策本部発表の全壊棟数から、各県の建物の被災率を算出すると、岩手県、宮城県、福島県の被災率はそれぞれ 3.42%、8.29%、2.53%となった。

表 5-5 東日本大震災における各県の被災率

県名	建物数 (棟)			全壊棟数 (棟)	被災率 (%)
	住宅総数	法人建物総数	建物総数		
岩手県	550,000	10,890	560,890	19,199	3.42
宮城県	1,014,000	15,000	1,029,000	85,311	8.29
福島県	808,000	14,920	822,920	20,841	2.53

次に「建築物ストック統計検討会報告書」(平成 22 年 3 月)を基に各県の構造別延べ床面積を算定し、これと上記の被災率から、各県の構造別被災床面積を算定した。

表 5-6 各県の構造別延べ床面積

(単位：万㎡)

県名	住宅		法人等の非住宅		公共 (非木造)		合計	
	木造	非木造	木造	非木造	国	地方	木造	非木造
岩手県	6,213	562	344	1,837	24	561	6,557	2,984
宮城県	7,839	2,275	256	2,439	102	751	8,095	5,567
福島県	7,984	1,298	269	2,700	38	690	8,253	4,726

表 5-7 各県の構造別被災床面積

県名	構造	延べ床面積 (万㎡)	被災率 (%)	被災床面積 (㎡)
岩手県	木造	6,557	3.42	2,242,494
	非木造	2,984	3.42	1,020,528
宮城県	木造	8,095	8.29	6,710,755
	非木造	5,567	8.29	4,615,043
福島県	木造	8,253	2.53	2,088,009
	非木造	4,726	2.53	1,195,678

表 5-7 で算定した構造別被災床面積に「構造別・種類別がれき発生量原単位」を乗じることにより、がれき発生量を推計した。この際、がれき発生量原単位は、「床面積 1 m<sup>2</sup>当たり」と「建物 1 棟当たり」の両方の数値のある東京都のものを用いることとした。がれき発生量の推計結果を表 5-8 に示す。

表 5-8 各県のがれき発生量推計値（被災床面積ベース）

県	構造	被災床面積 (m <sup>2</sup> )	原単位 (t/m <sup>2</sup> )				がれき発生量 (千トン)				
			廃木材	コンクリート	金属くず	その他	廃木材	コンクリート	金属くず	その他	合計
岩手県	木造	2,242,494	0.076	0.084	0.008	0.144	170	188	18	323	700
	非木造	1,020,528	0.019	1.026	0.039	0.003	19	1,047	40	3	1,109
	小計						190	1,235	58	326	1,809
宮城県	木造	6,710,755	0.076	0.084	0.008	0.144	510	564	54	966	2,094
	非木造	4,615,043	0.019	1.026	0.039	0.003	88	4,735	180	14	5,017
	小計						598	5,299	234	980	7,110
福島県	木造	2,088,009	0.076	0.084	0.008	0.144	159	175	17	301	651
	非木造	1,195,678	0.019	1.026	0.039	0.003	23	1,227	47	4	1,300
	小計						181	1,402	63	304	1,951
3県合計							969	7,936	355	1,610	10,870

### 5-3-2. 被災棟数に基づく推計

各県の「構造別住宅数」から「構造別建物割合」を算出し、これに「全壊棟数」を乗じて「構造別全壊棟数」を算出した（表 5-9 参照）。この値に「構造別・種類別がれき発生量原単位」を乗じることにより、がれき発生量を推計した。この際、がれき発生量原単位も、「床面積 1 m<sup>2</sup>当たり」と「建物 1 棟当たり」の両方の数値のある東京都のものを用いた。がれき発生量の推計結果を表 5-10 に示す。

表 5-9 構造別全壊棟数

県	構造	構造別住宅数(棟)	構造別建物割合	全壊棟数(棟)	構造別全壊棟数(棟)
岩手県	木造	405,100	0.861	19,199	16,523
	RC造	49,900	0.106	19,199	2,035
	鉄骨造	15,400	0.033	19,199	628
	その他	300	0.001	19,199	12
	小計	470,700	1.000	19,199	19,199
宮城県	木造	583,400	0.671	85,311	57,227
	RC造	231,800	0.267	85,311	22,738
	鉄骨造	53,400	0.061	85,311	5,238
	その他	1,100	0.001	85,311	108
	小計	869,700	1.000	85,311	85,311
福島県	木造	550,200	0.786	20,841	16,390
	RC造	106,200	0.152	20,841	3,164
	鉄骨造	41,300	0.059	20,841	1,230
	その他	1,900	0.003	20,841	57
	小計	699,600	1.000	20,841	20,841

表 5-10 各県のがれき発生量推計値（棟数ベース）

県	構造	全壊建物数	原単位(t/棟)				がれき発生量(千t)				
			廃材	コンクリート	金属くず	その他	廃材	コンクリート	金属くず	その他	合計
岩手県	木造	16,523	7.15	7.91	0.73	13.52	118	131	12	223	484
	RC造	2,035	4.03	217.8	8.28	0.59	8	443	17	1	469
	鉄骨造	628	49.94	138.51	6.61	0.8	31	87	4	1	123
	その他	12	7.15	7.91	0.73	13.52	0	0	0	0	0
	小計						158	661	33	225	1,077
宮城県	木造	57,227	7.15	7.91	0.73	13.52	409	453	42	774	1,677
	RC造	22,733	4.03	217.8	8.28	0.59	92	4,951	188	13	5,245
	鉄骨造	5,238	49.94	138.51	6.61	0.8	262	726	35	4	1,026
	その他	108	7.15	7.91	0.73	13.52	1	1	0	1	3
	小計						763	6,130	265	793	7,951
福島県	木造	16,388	7.15	7.91	0.73	13.52	117	130	12	222	480
	RC造	3,163	4.03	217.8	8.28	0.59	13	689	26	2	730
	鉄骨造	1,230	49.94	138.51	6.61	0.8	61	170	8	1	241
	その他	57	7.15	7.91	0.73	13.52	0	0	0	1	2
	小計						192	989	46	225	1,453
3県合計						1,113	7,781	344	1,243	10,481	

5-3-3. 半壊建物等の寄与分の補正

今回二つの方法で推計した結果を見ると、3 県の合計では床面積ベースが 10,870 千 t、棟数ベースが 10,481 千 t とほぼ同一で、何れも環境省推計の 7 割弱という結果になった(表 5-11 参照)。ここで、床面積ベースの推計と棟数ベースの推計の差は 4%弱であり、中央防災会議による南海トラフ巨大地震の被害推計も全壊棟数で示されていることから、本研究における南海トラフ巨大地震からのがれき発生量推計は、棟数ベースの推計手法を用いるものとする。

表 5-11 がれき発生量推計値の比較

県名	環境省推計(平成25年6月)		床面積ベースの推計		棟数ベースの推計	
	発生量(千トン)	割合(%)	発生量(千トン)	割合(%)	発生量(千トン)	割合(%)
岩手県	3,800	100.0	1,809	47.6	1,077	28.3
宮城県	10,456	100.0	7,110	68.0	7,951	76.0
福島県	1,727	100.0	1,951	113.0	1,453	84.1
3県合計	15,983	100.0	10,870	68.0	10,481	65.6

上記で 3 県合計のがれき発生量が環境省推計の 7 割弱となった原因は、がれきの発生源を全壊建物のみとしたことにある。これを補正する方法としては、半壊建物等の寄与分を補正する補正係数を導入することが考えられる。各県別に本研究による棟数ベースの「がれき発生量推計値」を環境省推計の「がれき発生量実績値」で除した「半壊建物等補正係数」の値を表 5-12 に示す。

表 5-12 半壊建物等補正係数

県	がれき発生量推計値(千t) (A)	がれき発生量実績値(千t) (B)	半壊建物等補正係数 (B/A)
岩手県	1,077	3,800	3.53
宮城県	7,951	10,456	1.32
福島県	1,453	1,727	1.19
合計	10,481	15,983	1.52

ここで東北3県の「全壊棟数」に対する「半壊棟数」を見ると、岩手県の0.26から福島県の3.40まで大きなばらつきがある。このため南海トラフ巨大地震からのがれき発生量を推計する際に導入する「半壊建物等補正係数」の値としては、津波被害の最も大きかった宮城県の1.32を用いるものとする。このことは、全壊1に対し1.78の半壊が発生し、半壊建物5.6棟から全壊建物1棟分のがれきが発生すると想定することを意味する。(表5-13参照)

表5-13 全壊棟数に対する半壊棟数の割合

県名	全壊棟数 A	半壊棟数 B	半壊棟数の割合 B/A
岩手県	19,199	5,013	0.26
宮城県	85,311	151,719	1.78
福島県	20,841	70,901	3.40

#### 5-4. 南海トラフ巨大地震からのがれき発生量の推計

##### 5-4-1. がれき発生量の推計

中央防災会議の被害想定による各県の「想定全壊棟数」と、各県の「構造別建物割合」から各県の「構造別全壊建物数」を算出する。「構造別全壊建物数」は、「東海地方が大きく被災するケース」（地震動：基本ケース、津波ケース①、冬深夜、平均風速）、「近畿地方が大きく被災するケース」（地震動：基本ケース、津波ケース③、冬深夜、平均風速）、「四国地方が大きく被災するケース」（地震動：基本ケース、津波ケース④、冬深夜、平均風速）、「九州地方が大きく被災するケース」（地震動：基本ケース、津波ケース⑤、冬深夜、平均風速）の4ケースについて算出する。各県のケース別の「想定全壊棟数」を表5-14、ケース別の各県の「構造別全壊建物数」表5-15から表5-18に示す。

次に各県の「構造別全壊建物数」に「構造別・種類別がれき発生量原単位」を乗じて「種類別がれき発生量」を算出し、更に「半壊建物等補正係数」（1.32）を乗じて、半壊建物等を含むがれき発生量を推計した。推計に用いた原単位を表5-19に、ケース別の各県の「種類別がれき発生量」推計結果を表5-20から表5-23に示す。この際、構造が「その他」の建物については「木造」と同一の原単位を用いた。

表5-14 推計に用いたがれき発生量原単位

(単位：t/棟)

建物構造	可燃物 (廃木材)	不燃物			合計
		コンクリート	金属くず	その他	
木造	7.91	0.73	13.52	29.31	29.31
RC造	4.03	217.80	8.28	0.59	230.70
鉄骨造	49.94	138.51	6.61	0.80	195.86
その他	7.91	0.73	13.52	29.31	

表 5-15 ケース別想定全壊棟数

県	想定全壊棟数(棟)			
	東海地方ケース	近畿地方ケース	四国地方ケース	九州地方ケース
茨城県	40	20	10	20
栃木県	0	0	0	0
群馬県	0	0	0	0
埼玉県	300	300	300	300
千葉県	2,400	500	300	400
東京都	1,400	300	300	300
神奈川県	3,900	1,500	1,300	1,300
新潟県	0	0	0	0
富山県	0	0	0	0
石川県	0	0	0	0
福井県	1,100	1,100	1,100	1,100
山梨県	5,100	5,100	5,100	5,100
長野県	600	600	600	600
岐阜県	4,300	4,300	4,300	4,300
静岡県	266,000	237,000	237,000	237,000
愛知県	110,000	107,000	107,000	107,000
三重県	113,000	92,000	89,000	90,000
滋賀県	2,600	2,600	2,600	2,600
京都府	2,500	2,500	2,500	2,500
大阪府	22,000	23,000	23,000	23,000
兵庫県	10,000	12,000	11,000	11,000
奈良県	7,500	7,500	7,500	7,500
和歌山県	88,000	121,000	96,000	98,000
鳥取県	40	40	40	40
島根県	0	0	0	0
岡山県	5,800	5,800	5,800	5,800
広島県	7,300	7,200	7,200	7,200
山口県	1,900	1,900	1,900	2,000
徳島県	68,000	83,000	77,000	74,000
香川県	7,500	7,800	8,100	8,200
愛媛県	30,000	29,000	31,000	3,600
高知県	132,000	143,000	164,000	16,100
福岡県	30	30	30	30
佐賀県	0	0	0	0
長崎県	200	200	300	400
熊本県	1,400	1,400	1,500	1,500
大分県	14,000	13,000	18,000	28,000
宮崎県	39,000	36,000	31,000	44,000
鹿児島県	4,600	4,900	5,000	5,400
沖縄県	0	0	0	0
合計	952,510	951,590	939,780	788,290

県	構造別全壊建物数(棟)			
	木造	RC造	鉄骨造	その他
茨城県	30	6	3	0
栃木県	0	0	0	0
群馬県	0	0	0	0
埼玉県	183	91	25	1
千葉県	1,442	789	165	5
東京都	520	731	147	3
神奈川県	1,960	1,615	314	11
新潟県	0	0	0	0
富山県	0	0	0	0
石川県	0	0	0	0
福井県	865	171	64	1
山梨県	3,746	982	353	16
長野県	468	83	47	2
岐阜県	3,095	724	475	6
静岡県	174,111	60,600	30,760	528
愛知県	54,443	41,184	14,130	243
三重県	80,273	19,251	12,978	514
滋賀県	1,637	678	274	12
京都府	1,422	930	143	4
大阪府	9,337	10,553	2,068	42
兵庫県	5,041	4,098	833	28
奈良県	5,057	1,863	554	28
和歌山県	63,196	17,319	6,863	645
鳥取県	31	6	3	0
島根県	0	0	0	0
岡山県	3,959	1,139	683	20
広島県	4,288	2,394	597	20
山口県	1,229	454	202	15
徳島県	44,578	18,454	4,694	275
香川県	5,236	1,700	543	24
愛媛県	20,495	7,253	2,127	120
高知県	93,092	27,092	11,056	760
福岡県	15	13	2	0
佐賀県	0	0	0	0
長崎県	142	48	9	1
熊本県	975	330	88	6
大分県	9,012	3,940	1,001	48
宮崎県	27,717	9,341	1,845	88
鹿児島県	3,249	1,143	195	13
沖縄県	0	0	0	0
合計	620,844	234,976	93,242	3,478

県	構造別全壊建物数(棟)			
	木造	RC造	鉄骨造	その他
茨城県	15	3	2	0
栃木県	0	0	0	0
群馬県	0	0	0	0
埼玉県	183	91	25	1
千葉県	300	164	34	1
東京都	111	157	31	1
神奈川県	754	621	121	4
新潟県	0	0	0	0
富山県	0	0	0	0
石川県	0	0	0	0
福井県	865	171	64	1
山梨県	3,746	982	353	16
長野県	468	83	47	2
岐阜県	3,095	724	475	6
静岡県	155,129	53,994	27,407	471
愛知県	52,958	40,061	13,745	236
三重県	65,355	15,673	10,566	419
滋賀県	1,637	678	274	12
京都府	1,422	930	143	4
大阪府	9,761	11,033	2,162	44
兵庫県	6,050	4,917	1,000	33
奈良県	5,057	1,863	554	28
和歌山県	86,895	23,814	9,437	887
鳥取県	31	6	3	0
島根県	0	0	0	0
岡山県	3,959	1,139	683	20
広島県	4,229	2,362	589	19
山口県	1,229	454	202	15
徳島県	54,411	22,525	5,729	335
香川県	5,446	1,768	565	25
愛媛県	19,812	7,011	2,056	116
高知県	100,850	29,350	11,978	823
福岡県	15	13	2	0
佐賀県	0	0	0	0
長崎県	142	48	9	1
熊本県	975	330	88	6
大分県	8,368	3,658	929	45
宮崎県	25,584	8,623	1,703	81
鹿児島県	3,460	1,218	208	14
沖縄県	0	0	0	0
合計	622,314	234,463	91,184	3,666

県	構造別全壊建物数(棟)			
	木造	RC造	鉄骨造	その他
茨城県	8	2	1	0
栃木県	0	0	0	0
群馬県	0	0	0	0
埼玉県	183	91	25	1
千葉県	180	99	21	1
東京都	111	157	31	1
神奈川県	653	538	105	4
新潟県	0	0	0	0
富山県	0	0	0	0
石川県	0	0	0	0
福井県	865	171	64	1
山梨県	3,746	982	353	16
長野県	468	83	47	2
岐阜県	3,095	724	475	6
静岡県	155,129	53,994	27,407	471
愛知県	52,958	40,061	13,745	236
三重県	63,224	15,162	10,221	405
滋賀県	1,637	678	274	12
京都府	1,422	930	143	4
大阪府	9,761	11,033	2,162	44
兵庫県	5,546	4,508	916	30
奈良県	5,057	1,863	554	28
和歌山県	68,941	18,893	7,487	703
鳥取県	31	6	3	0
島根県	0	0	0	0
岡山県	3,959	1,139	683	20
広島県	4,229	2,362	589	19
山口県	1,229	454	202	15
徳島県	50,478	20,896	5,315	311
香川県	5,655	1,836	587	26
愛媛県	21,178	7,495	2,198	124
高知県	115,660	33,660	13,737	944
福岡県	15	13	2	0
佐賀県	0	0	0	0
長崎県	213	72	13	1
熊本県	1,045	354	94	7
大分県	11,587	5,065	1,287	62
宮崎県	22,031	7,425	1,467	70
鹿児島県	3,531	1,243	212	14
沖縄県	0	0	0	0
合計	613,826	231,988	90,419	3,578

県	構造別全壊建物数(棟)			
	木造	RC造	鉄骨造	その他
茨城県	15	3	2	0
栃木県	0	0	0	0
群馬県	0	0	0	0
埼玉県	183	91	25	1
千葉県	240	131	28	1
東京都	111	157	31	1
神奈川県	653	538	105	4
新潟県	0	0	0	0
富山県	0	0	0	0
石川県	0	0	0	0
福井県	865	171	64	1
山梨県	3,746	982	353	16
長野県	468	83	47	2
岐阜県	3,095	724	475	6
静岡県	155,129	53,994	27,407	471
愛知県	52,958	40,061	13,745	236
三重県	63,934	15,333	10,336	410
滋賀県	1,637	678	274	12
京都府	1,422	930	143	4
大阪府	9,761	11,033	2,162	44
兵庫県	5,546	4,508	916	30
奈良県	5,057	1,863	554	28
和歌山県	70,377	19,287	7,643	718
鳥取県	31	6	3	0
島根県	0	0	0	0
岡山県	3,959	1,139	683	20
広島県	4,229	2,362	589	19
山口県	1,294	478	212	16
徳島県	48,511	20,082	5,108	299
香川県	5,725	1,859	594	26
愛媛県	2,459	870	255	14
高知県	11,354	3,304	1,349	93
福岡県	15	13	2	0
佐賀県	0	0	0	0
長崎県	284	97	18	1
熊本県	1,045	354	94	7
大分県	18,024	7,879	2,001	96
宮崎県	31,270	10,539	2,082	99
鹿児島県	3,814	1,342	229	15
沖縄県	0	0	0	0
合計	507,213	200,890	77,530	2,690

表5-20 種類別がれき発生量(東海地方ケース)

県	がれき発生量(t)				合計
	廃木材	コンクリート	金属くず	その他	
茨城県	541	2,679	125	552	3,897
栃木県	0	0	0	0	0
群馬県	0	0	0	0	0
埼玉県	3,871	32,657	1,390	3,386	41,305
千葉県	28,730	272,020	11,454	26,599	338,802
東京都	18,515	242,497	9,776	10,058	280,846
神奈川県	47,895	542,298	22,291	36,770	649,254
新潟県	0	0	0	0	0
富山県	0	0	0	0	0
石川県	0	0	0	0	0
福井県	13,302	69,905	3,262	15,656	102,125
山梨県	64,000	386,141	17,438	68,276	535,854
長野県	7,976	37,363	1,770	8,502	55,611
岐阜県	64,431	327,371	15,046	56,407	463,255
静岡県	3,998,334	24,869,648	1,099,003	3,196,355	33,163,340
愛知県	1,666,670	14,994,656	626,107	1,022,944	18,310,376
三重県	1,720,395	8,750,908	401,488	1,470,455	12,343,246
滋賀県	37,232	262,236	11,390	30,246	341,104
京都府	27,832	308,406	12,786	26,324	375,349
大阪府	280,981	3,509,972	142,421	177,784	4,111,159
兵庫県	124,553	1,383,385	56,942	94,535	1,659,415
奈良県	94,423	689,988	30,096	92,785	907,291
和歌山県	1,147,076	6,900,504	310,688	1,160,067	9,518,335
鳥取県	522	2,597	122	561	3,802
島根県	0	0	0	0	0
岡山県	88,637	493,879	22,242	72,619	677,377
広島県	92,749	842,398	35,526	79,377	1,050,049
山口県	27,519	180,497	7,928	22,857	238,801
徳島県	830,923	6,631,989	285,871	819,793	8,568,577
香川県	94,482	642,942	28,387	95,769	861,581
愛媛県	373,361	2,689,340	117,696	375,798	3,556,195
高知県	1,758,714	10,790,173	483,006	1,707,695	14,739,588
福岡県	355	4,274	175	304	5,108
佐賀県	0	0	0	0	0
長崎県	2,202	16,943	741	2,606	22,492
熊本県	16,815	121,206	5,320	17,857	161,198
大分県	172,454	1,410,348	60,527	165,814	1,809,142
宮崎県	433,738	3,313,145	144,984	505,442	4,397,309
鹿児島県	49,722	398,320	17,337	59,311	524,689
沖縄県	0	0	0	0	0
合計	13,288,950	91,120,683	3,983,335	11,423,505	119,816,473

表5-22 種類別がれき発生量(四国地方ケース)

県	がれき発生量(t)				合計
	廃木材	コンクリート	金属くず	その他	
茨城県	152	841	38	145	1,177
栃木県	0	0	0	0	0
群馬県	0	0	0	0	0
埼玉県	3,871	32,657	1,390	3,386	41,305
千葉県	3,704	34,285	1,448	3,490	42,928
東京都	3,936	51,974	2,094	2,154	60,158
神奈川県	15,984	180,730	7,429	12,255	216,399
新潟県	0	0	0	0	0
富山県	0	0	0	0	0
石川県	0	0	0	0	0
福井県	13,302	69,905	3,262	15,656	102,125
山梨県	64,000	386,141	17,438	68,276	535,854
長野県	7,976	37,363	1,770	8,502	55,611
岐阜県	64,431	327,371	15,046	56,407	463,255
静岡県	4,221,679	23,986,951	1,066,453	2,858,452	32,133,535
愛知県	1,622,830	14,587,593	609,199	998,052	17,817,674
三重県	1,354,963	6,892,116	316,208	1,158,150	9,721,436
滋賀県	37,232	262,236	11,390	30,246	341,104
京都府	27,832	308,406	12,786	26,324	375,349
大阪府	293,752	3,669,605	148,898	185,860	4,298,114
兵庫県	136,990	1,521,727	62,636	103,990	1,825,343
奈良県	94,423	689,988	30,096	92,785	907,291
和歌山県	1,251,352	7,527,701	338,927	1,265,515	10,383,496
鳥取県	522	2,597	122	561	3,802
島根県	0	0	0	0	0
岡山県	80,058	484,388	21,366	56,397	642,208
広島県	91,485	831,109	35,048	78,273	1,035,915
山口県	27,472	180,444	7,923	22,768	238,607
徳島県	940,874	7,509,573	323,700	928,287	9,702,434
香川県	102,080	694,482	30,663	103,435	930,660
愛媛県	385,813	2,779,068	121,622	388,322	3,674,825
高知県	2,185,120	13,406,181	600,108	2,121,682	18,313,091
福岡県	343	4,260	174	280	5,056
佐賀県	0	0	0	0	0
長崎県	3,260	25,311	1,107	3,889	33,566
熊本県	18,008	129,944	5,703	19,149	172,805
大分県	221,727	1,813,103	77,813	213,196	2,325,839
宮崎県	344,793	2,633,635	115,249	401,755	3,495,432
鹿児島県	54,045	433,132	18,851	64,457	570,486
沖縄県	0	0	0	0	0
合計	13,674,008	91,494,818	4,005,957	11,292,097	120,466,880

表5-23 種類別がれき発生量(九州地方ケース)

県	がれき発生量(t)				合計
	廃木材	コンクリート	金属くず	その他	
茨城県	289	1,385	65	272	2,011
栃木県	0	0	0	0	0
群馬県	0	0	0	0	0
埼玉県	3,871	32,657	1,390	3,386	41,305
千葉県	4,817	45,298	1,908	4,433	56,456
東京都	3,936	51,974	2,094	2,154	60,158
神奈川県	15,984	180,730	7,429	12,255	216,399
新潟県	0	0	0	0	0
富山県	0	0	0	0	0
石川県	0	0	0	0	0
福井県	13,302	69,905	3,262	15,656	102,125
山梨県	64,000	386,141	17,438	68,276	535,854
長野県	7,976	37,363	1,770	8,502	55,611
岐阜県	64,431	327,371	15,046	56,407	463,255
静岡県	3,562,471	22,158,619	979,201	2,847,892	29,548,183
愛知県	1,621,235	14,585,829	609,036	995,036	17,811,136
三重県	1,370,201	6,969,769	319,769	1,171,165	9,830,904
滋賀県	37,232	262,236	11,390	30,246	341,104
京都府	28,210	308,823	12,825	27,038	376,896
大阪府	293,752	3,669,605	148,898	185,860	4,298,114
兵庫県	136,990	1,521,727	62,636	103,990	1,825,343
奈良県	94,423	689,988	30,096	92,785	907,291
和歌山県	1,277,426	7,684,647	345,993	1,291,882	10,599,948
鳥取県	522	2,597	122	561	3,802
島根県	0	0	0	0	0
岡山県	88,637	493,879	22,242	72,619	677,377
広島県	91,485	831,109	35,048	78,273	1,035,915
山口県	28,882	189,862	8,336	23,975	251,055
徳島県	904,220	7,217,042	311,090	892,117	9,324,469
香川県	103,324	703,105	31,043	104,710	942,182
愛媛県	44,778	322,565	14,117	45,081	426,541
高知県	214,540	1,316,049	58,912	208,285	1,797,787
福岡県	343	4,260	174	280	5,056
佐賀県	1	1	0	1	3
長崎県	4,383	34,006	1,486	5,191	45,066
熊本県	18,008	129,944	5,703	19,149	172,805
大分県	344,837	2,820,225	121,034	331,626	3,617,722
宮崎県	489,371	3,738,109	163,580	570,230	4,961,290
鹿児島県	58,373	467,668	20,355	69,621	616,017
沖縄県	0	0	0	0	0
合計	10,992,251	77,254,486	3,363,488	9,338,952	100,949,177

5-4-2. 津波に起因するがれき発生量

中央防災会議の「南海トラフ巨大地震の被害想定について（第1次報告書）」では、全壊する建物の棟数を、揺れ、液状化、津波、急傾斜地崩壊、火災の5つの原因に分けて示している。これらの内、漂流ごみの発生源となるのは主に津波を原因とするものであると考えられる。そこで、上記でがれき発生量を推計した各ケース別に、「津波による全壊棟数」（津波全壊）を「全体棟数の合計」（全壊合計）で除すことにより、各県の「津波被害割合」を算出し、これを表5-20から表5-23の「種類別がれき発生量」に乗じて、ケース別・県別の「津波に起因するがれき発生量」を推計した。県別・ケース別の津波被害割合を表5-24に、ケース別の各県の「津波に起因するがれき発生量」を表5-25から表5-28に示す。

表5-24 県別・ケース別の津波被害割合

県	東海地方ケース			近畿地方ケース			四国地方ケース			九州地方ケース		
	全壊合計 (棟)	津波全壊 (棟)	津波被害 割合									
茨城県	40	30	0.750	20	20	1.000	10	10	1.000	20	20	1.000
栃木県	0	0	0.000	0	0	0.000	0	0	0.000	0	0	0.000
群馬県	0	0	0.000	0	0	0.000	0	0	0.000	0	0	0.000
埼玉県	300	0	0.000	300	0	0.000	300	0	0.000	300	0	0.000
千葉県	2,400	2,300	0.958	500	500	1.000	300	300	1.000	400	400	1.000
東京都	1,400	1,200	0.857	300	60	0.200	300	60	0.200	300	40	0.133
神奈川県	3,900	2,700	0.692	1,500	300	0.200	1,300	80	0.062	1,300	100	0.077
新潟県	0	0	0.000	0	0	0.000	0	0	0.000	0	0	0.000
富山県	0	0	0.000	0	0	0.000	0	0	0.000	0	0	0.000
石川県	0	0	0.000	0	0	0.000	0	0	0.000	0	0	0.000
福井県	1,100	0	0.000	1,100	0	0.000	1,100	0	0.000	1,100	0	0.000
山梨県	5,100	0	0.000	5,100	0	0.000	5,100	0	0.000	5,100	0	0.000
長野県	600	0	0.000	600	0	0.000	600	0	0.000	600	0	0.000
岐阜県	4,300	0	0.000	4,300	0	0.000	4,300	0	0.000	4,300	0	0.000
静岡県	266,000	30,000	0.113	237,000	1,300	0.005	237,000	700	0.003	237,000	700	0.003
愛知県	110,000	3,200	0.029	107,000	700	0.007	107,000	400	0.004	107,000	300	0.003
三重県	113,000	29,000	0.257	92,000	7,400	0.080	89,000	4,400	0.049	90,000	5,800	0.064
滋賀県	2,600	0	0.000	2,600	0	0.000	2,600	0	0.000	2,600	0	0.000
京都府	2,500	0	0.000	2,500	0	0.000	2,500	0	0.000	2,500	0	0.000
大阪府	22,000	200	0.009	23,000	700	0.030	23,000	700	0.030	23,000	700	0.030
兵庫県	10,000	1,400	0.140	12,000	3,400	0.283	11,000	2,800	0.255	11,000	2,500	0.227
奈良県	7,500	0	0.000	7,500	0	0.000	7,500	0	0.000	7,500	0	0.000
和歌山県	88,000	18,000	0.205	121,000	54,000	0.446	96,000	26,000	0.271	98,000	28,000	0.286
鳥取県	40	0	0.000	40	0	0.000	40	0	0.000	40	0	0.000
島根県	0	0	0.000	0	0	0.000	0	0	0.000	0	0	0.000
岡山県	5,800	50	0.009	5,800	60	0.010	5,800	90	0.016	5,800	90	0.016
広島県	7,300	300	0.041	7,200	200	0.028	7,200	200	0.028	7,200	200	0.028
山口県	1,900	400	0.211	1,900	300	0.158	1,900	400	0.211	2,000	400	0.200
徳島県	68,000	3,000	0.044	83,000	18,000	0.217	77,000	12,000	0.156	74,000	8,600	0.116
香川県	7,500	300	0.040	7,800	700	0.090	8,100	900	0.111	8,200	1,000	0.122
愛媛県	30,000	11,000	0.367	29,000	10,000	0.345	31,000	12,000	0.387	3,600	17,000	4.722
高知県	132,000	19,000	0.144	143,000	30,000	0.210	164,000	52,000	0.317	16,100	49,000	3.043
福岡県	30	30	1.000	30	30	1.000	30	30	1.000	30	30	1.000
佐賀県	0	0	0.000	0	0	0.000	0	0	0.000	0	0	0.000
長崎県	200	200	1.000	200	200	1.000	300	300	1.000	400	400	1.000
熊本県	1,400	20	0.014	1,400	20	0.014	1,500	40	0.027	1,500	40	0.027
大分県	14,000	12,000	0.857	13,000	11,000	0.846	18,000	15,000	0.833	28,000	25,000	0.893
宮崎県	39,000	22,000	0.564	36,000	18,000	0.500	31,000	14,000	0.452	44,000	27,000	0.614
鹿児島県	4,600	500	0.109	4,900	700	0.143	5,000	900	0.180	5,400	1,200	0.222
沖縄県	0	0	0.000	0	0	0.000	0	0	0.000	0	0	0.000

表5-25 津波に起因するがれき発生量(東海地方ケース)

県	がれき発生量(t)				合計
	廃木材	コンクリート	金属くず	その他	
茨城県	406	2,009	94	414	2,923
栃木県	0	0	0	0	0
群馬県	0	0	0	0	0
埼玉県	0	0	0	0	0
千葉県	27,533	260,686	10,977	25,491	324,685
東京都	15,870	207,854	8,380	8,621	240,725
神奈川県	33,158	375,437	15,432	25,456	449,484
新潟県	0	0	0	0	0
富山県	0	0	0	0	0
石川県	0	0	0	0	0
福井県	0	0	0	0	0
山梨県	0	0	0	0	0
長野県	0	0	0	0	0
岐阜県	0	0	0	0	0
静岡県	450,940	2,804,847	123,948	360,491	3,740,226
愛知県	48,485	436,208	18,214	29,758	532,665
三重県	441,517	2,245,808	103,037	377,373	3,167,736
滋賀県	0	0	0	0	0
京都府	0	0	0	0	0
大阪府	2,554	31,909	1,295	1,616	37,374
兵庫県	17,437	193,674	7,972	13,235	232,318
奈良県	0	0	0	0	0
和歌山県	234,629	1,411,467	63,550	237,287	1,946,932
鳥取県	0	0	0	0	0
島根県	0	0	0	0	0
岡山県	764	4,258	192	626	5,839
広島県	3,812	34,619	1,460	3,262	43,153
山口県	5,794	37,999	1,669	4,812	50,274
徳島県	36,658	292,588	12,612	36,167	378,025
香川県	3,779	25,718	1,135	3,831	34,463
愛媛県	136,899	986,091	43,155	137,793	1,303,938
高知県	253,148	1,553,131	69,524	245,805	2,121,607
福岡県	355	4,274	175	304	5,108
佐賀県	0	0	0	0	0
長崎県	2,202	16,943	741	2,606	22,492
熊本県	240	1,732	76	255	2,303
大分県	147,818	1,208,869	51,880	142,126	1,550,694
宮崎県	244,673	1,868,954	81,786	285,121	2,480,533
鹿児島県	5,405	43,296	1,884	6,447	57,031
沖縄県	0	0	0	0	0
合計	2,114,076	14,048,370	619,187	1,948,897	18,730,531

表5-26 津波に起因するがれき発生量(近畿地方ケース)

県	がれき発生量(t)				合計
	廃木材	コンクリート	金属くず	その他	
茨城県	289	1,385	65	272	2,011
栃木県	0	0	0	0	0
群馬県	0	0	0	0	0
埼玉県	0	0	0	0	0
千葉県	5,955	56,508	2,379	5,535	70,378
東京都	787	10,395	419	431	12,032
神奈川県	3,687	41,714	1,715	2,828	49,944
新潟県	0	0	0	0	0
富山県	0	0	0	0	0
石川県	0	0	0	0	0
福井県	0	0	0	0	0
山梨県	0	0	0	0	0
長野県	0	0	0	0	0
岐阜県	0	0	0	0	0
静岡県	19,541	121,545	5,371	15,621	162,079
愛知県	16,997	137,984	5,762	6,702	167,446
三重県	112,662	573,058	26,292	96,296	808,308
滋賀県	0	0	0	0	0
京都府	0	0	0	0	0
大阪府	8,940	111,684	4,532	5,657	130,812
兵庫県	42,355	470,323	19,359	32,143	564,181
奈良県	0	0	0	0	0
和歌山県	703,902	4,234,482	190,653	711,865	5,840,902
鳥取県	0	0	0	0	0
島根県	0	0	0	0	0
岡山県	917	5,109	230	751	7,007
広島県	2,541	23,086	974	2,174	28,775
山口県	4,338	28,491	1,251	3,595	37,675
徳島県	219,942	1,755,523	75,671	217,000	2,268,137
香川県	8,821	60,013	2,650	8,939	80,423
愛媛県	124,451	896,418	39,231	125,267	1,185,367
高知県	399,717	2,452,358	109,776	388,113	3,349,964
福岡県	343	4,260	174	280	5,056
佐賀県	0	0	0	0	0
長崎県	2,202	16,943	741	2,606	22,492
熊本県	240	1,732	76	255	2,303
大分県	135,470	1,107,915	47,548	130,284	1,421,217
宮崎県	200,180	1,529,208	66,918	233,271	2,029,577
鹿児島県	7,568	60,639	2,639	9,024	79,870
沖縄県	0	0	0	0	0
合計	2,021,847	13,700,773	604,425	1,998,909	18,325,954

表5-27 津波に起因するがれき発生量(四国地方ケース)

県	がれき発生量(t)				合計
	廃木材	コンクリート	金属くず	その他	
茨城県	152	841	38	145	1,177
栃木県	0	0	0	0	0
群馬県	0	0	0	0	0
埼玉県	0	0	0	0	0
千葉県	3,704	34,285	1,448	3,490	42,928
東京都	787	10,395	419	431	12,032
神奈川県	984	11,122	457	754	13,317
新潟県	0	0	0	0	0
富山県	0	0	0	0	0
石川県	0	0	0	0	0
福井県	0	0	0	0	0
山梨県	0	0	0	0	0
長野県	0	0	0	0	0
岐阜県	0	0	0	0	0
静岡県	12,469	70,848	3,150	8,443	94,909
愛知県	6,067	54,533	2,277	3,731	66,608
三重県	66,987	340,734	15,633	57,257	480,610
滋賀県	0	0	0	0	0
京都府	0	0	0	0	0
大阪府	8,940	111,684	4,532	5,657	130,812
兵庫県	34,870	387,349	15,944	26,470	464,633
奈良県	0	0	0	0	0
和歌山県	338,908	2,038,752	91,793	342,744	2,812,197
鳥取県	0	0	0	0	0
島根県	0	0	0	0	0
岡山県	1,242	7,516	332	875	9,965
広島県	2,541	23,086	974	2,174	28,775
山口県	5,784	37,988	1,668	4,793	50,233
徳島県	146,630	1,170,323	50,447	144,668	1,512,068
香川県	11,342	77,165	3,407	11,493	103,407
愛媛県	149,347	1,075,768	47,079	150,318	1,422,513
高知県	692,843	4,250,740	190,278	672,729	5,806,590
福岡県	343	4,260	174	280	5,056
佐賀県	0	0	0	0	0
長崎県	3,260	25,311	1,107	3,889	33,566
熊本県	480	3,465	152	511	4,608
大分県	184,773	1,510,919	64,844	177,664	1,938,199
宮崎県	155,713	1,189,384	52,048	181,438	1,578,582
鹿児島県	9,728	77,964	3,393	11,602	102,687
沖縄県	0	0	0	0	0
合計	1,837,893	12,514,432	551,593	1,811,555	16,715,474

表5-28 津波に起因するがれき発生量(九州地方ケース)

県	がれき発生量(t)				合計
	廃木材	コンクリート	金属くず	その他	
茨城県	289	1,385	65	272	2,011
栃木県	0	0	0	0	0
群馬県	0	0	0	0	0
埼玉県	0	0	0	0	0
千葉県	4,817	45,298	1,908	4,433	56,456
東京都	525	6,930	279	287	8,021
神奈川県	1,230	13,902	571	943	16,646
新潟県	0	0	0	0	0
富山県	0	0	0	0	0
石川県	0	0	0	0	0
福井県	0	0	0	0	0
山梨県	0	0	0	0	0
長野県	0	0	0	0	0
岐阜県	0	0	0	0	0
静岡県	10,522	65,447	2,892	8,411	87,273
愛知県	4,546	40,895	1,708	2,790	49,938
三重県	88,302	449,163	20,607	75,475	633,547
滋賀県	0	0	0	0	0
京都府	0	0	0	0	0
大阪府	8,940	111,684	4,532	5,657	130,812
兵庫県	31,134	345,847	14,235	23,634	414,851
奈良県	0	0	0	0	0
和歌山県	364,979	2,195,613	98,855	369,109	3,028,556
鳥取県	0	0	0	0	0
島根県	0	0	0	0	0
岡山県	1,375	7,664	345	1,127	10,511
広島県	2,541	23,086	974	2,174	28,775
山口県	5,776	37,972	1,667	4,795	50,211
徳島県	105,085	838,737	36,154	103,678	1,083,654
香川県	12,600	85,745	3,786	12,769	114,900
愛媛県	211,452	1,523,224	66,662	212,882	2,014,220
高知県	652,948	4,005,367	179,297	633,912	5,471,524
福岡県	343	4,260	174	280	5,056
佐賀県	0	0	0	0	0
長崎県	4,383	34,006	1,486	5,191	45,066
熊本県	480	3,465	152	511	4,608
大分県	307,890	2,518,058	108,066	296,095	3,230,109
宮崎県	300,296	2,293,840	100,379	349,914	3,044,428
鹿児島県	12,972	103,926	4,523	15,471	136,893
沖縄県	0	0	0	0	0
合計	2,133,426	14,755,513	649,318	2,129,811	19,668,068

### 5-4-3. 海に流出するがれき量の推計

環境省の当初推計（平成23年5月発表）では、東日本大震災による東北3県からのがれき発生量は24,869千tと推計され、ここから実際に仮置き場に搬入された量を差し引いた部分が流出量とさて、流出率は岩手県30%、宮城県7%、福島県42%とされていた。しかし、平成25年6月発表（5月末の値）の推計では、3県からの震災がれき発生量は15,982千tへと大幅に下方修正された。環境省による平成25年6月発表の数値を用いて「がれき発生量」から「搬入済量」を差し引いて「流出量」を計算し、そこから「流出率」を算定すると、岩手県、宮城県、福島県の流出率はそれぞれ4.58%、5.78%、12.80%となり、全体の平均流出率は6.25%となった。各県の流出率には、当初発表（7%～42%）程ではないが、最大と最小で2倍以上の違いが見られた。（表5-29参照）

上記の3県のうち、津波被害が最も大きく、がれき発生量が最も多かったのは宮城県である。そこで、南海トラフ巨大地震に伴う「流出量」の推計に際しては、「流出率」として東日本大震災の宮城県の実績値である5.78%を用いるものとする。

「津波に起因するがれき発生量」に「流出率」乗じた、ケース別・県別の「流出がれき量」を表5-30から表5-33に示す。

表5-29 東日本大震災における流出率

県	がれき発生量(千t)		搬入済量(千t) 平成25年6月	流出量(千t)	流出率(%)
	平成23年5月	平成25年6月			
岩手県	6,042	3,800	3,626	174	4.58
宮城県	15,951	10,456	9,852	604	5.78
福島県	2,876	1,727	1,506	221	12.80
合計	24,869	15,983	14,984	999	6.25

表5-30 流出がれき量(東海地方ケース)

県	がれき発生量(t)				合計
	廃木材	コンクリート	金属くず	その他	
茨城県	23	116	5	24	169
栃木県	0	0	0	0	0
群馬県	0	0	0	0	0
埼玉県	0	0	0	0	0
千葉県	1,591	15,068	634	1,473	18,767
東京都	917	12,014	484	498	13,914
神奈川県	1,917	21,700	892	1,471	25,980
新潟県	0	0	0	0	0
富山県	0	0	0	0	0
石川県	0	0	0	0	0
福井県	0	0	0	0	0
山梨県	0	0	0	0	0
長野県	0	0	0	0	0
岐阜県	0	0	0	0	0
静岡県	26,064	162,120	7,164	20,836	216,185
愛知県	2,802	25,213	1,053	1,720	30,788
三重県	25,520	129,808	5,956	21,812	183,095
滋賀県	0	0	0	0	0
京都府	0	0	0	0	0
大阪府	148	1,844	75	93	2,160
兵庫県	1,008	11,194	461	765	13,428
奈良県	0	0	0	0	0
和歌山県	13,562	81,583	3,673	13,715	112,533
鳥取県	0	0	0	0	0
島根県	0	0	0	0	0
岡山県	44	246	11	36	338
広島県	220	2,001	84	189	2,494
山口県	335	2,196	96	278	2,906
徳島県	2,119	16,912	729	2,090	21,850
香川県	218	1,486	66	221	1,992
愛媛県	7,913	56,996	2,494	7,964	75,368
高知県	14,632	89,771	4,018	14,208	122,629
福岡県	21	247	10	18	295
佐賀県	0	0	0	0	0
長崎県	127	979	43	151	1,300
熊本県	14	100	4	15	133
大分県	8,544	69,873	2,999	8,215	89,630
宮崎県	14,142	108,026	4,727	16,480	143,375
鹿児島県	312	2,502	109	373	3,296
沖縄県	0	0	0	0	0
合計	122,194	811,996	35,789	112,646	1,082,625

表5-31 流出がれき量(近畿地方ケース)

	がれき発生量(t)				合計
	廃木材	コンクリート	金属くず	その他	
茨城県	17	80	4	16	116
栃木県	0	0	0	0	0
群馬県	0	0	0	0	0
埼玉県	0	0	0	0	0
千葉県	344	3,266	138	320	4,068
東京都	45	601	24	25	695
神奈川県	213	2,411	99	163	2,887
新潟県	0	0	0	0	0
富山県	0	0	0	0	0
石川県	0	0	0	0	0
福井県	0	0	0	0	0
山梨県	0	0	0	0	0
長野県	0	0	0	0	0
岐阜県	0	0	0	0	0
静岡県	1,129	7,025	310	903	9,368
愛知県	982	7,975	333	387	9,678
三重県	6,512	33,123	1,520	5,566	46,720
滋賀県	0	0	0	0	0
京都府	0	0	0	0	0
大阪府	517	6,455	262	327	7,561
兵庫県	2,448	27,185	1,119	1,858	32,610
奈良県	0	0	0	0	0
和歌山県	40,686	244,753	11,020	41,146	337,604
鳥取県	0	0	0	0	0
島根県	0	0	0	0	0
岡山県	53	295	13	43	405
広島県	147	1,334	56	126	1,663
山口県	251	1,647	72	208	2,178
徳島県	12,713	101,469	4,374	12,543	131,098
香川県	510	3,469	153	517	4,648
愛媛県	7,193	51,813	2,268	7,240	68,514
高知県	23,104	141,746	6,345	22,433	193,628
福岡県	20	246	10	16	292
佐賀県	0	0	0	0	0
長崎県	127	979	43	151	1,300
熊本県	14	100	4	15	133
大分県	7,830	64,037	2,748	7,530	82,146
宮崎県	11,570	88,388	3,868	13,483	117,310
鹿児島県	437	3,505	153	522	4,617
沖縄県	0	0	0	0	0
合計	116,863	791,905	34,936	115,537	1,059,240

表5-32 流出がれき量(四国地方ケース)

県	がれき発生量(t)				合計
	廃木材	コンクリート	金属くず	その他	
茨城県	9	49	2	8	68
栃木県	0	0	0	0	0
群馬県	0	0	0	0	0
埼玉県	0	0	0	0	0
千葉県	214	1,982	84	202	2,481
東京都	45	601	24	25	695
神奈川県	57	643	26	44	770
新潟県	0	0	0	0	0
富山県	0	0	0	0	0
石川県	0	0	0	0	0
福井県	0	0	0	0	0
山梨県	0	0	0	0	0
長野県	0	0	0	0	0
岐阜県	0	0	0	0	0
静岡県	721	4,095	182	488	5,486
愛知県	351	3,152	132	216	3,850
三重県	3,872	19,694	904	3,309	27,779
滋賀県	0	0	0	0	0
京都府	0	0	0	0	0
大阪府	517	6,455	262	327	7,561
兵庫県	2,016	22,389	922	1,530	26,856
奈良県	0	0	0	0	0
和歌山県	19,589	117,840	5,306	19,811	162,545
鳥取県	0	0	0	0	0
島根県	0	0	0	0	0
岡山県	72	434	19	51	576
広島県	147	1,334	56	126	1,663
山口県	334	2,196	96	277	2,903
徳島県	8,475	67,645	2,916	8,362	87,398
香川県	656	4,460	197	664	5,977
愛媛県	8,632	62,179	2,721	8,688	82,221
高知県	40,046	245,693	10,998	38,884	335,621
福岡県	20	246	10	16	292
佐賀県	0	0	0	0	0
長崎県	188	1,463	64	225	1,940
熊本県	28	200	9	30	266
大分県	10,680	87,331	3,748	10,269	112,028
宮崎県	9,000	68,746	3,008	10,487	91,242
鹿児島県	562	4,506	196	671	5,935
沖縄県	0	0	0	0	0
合計	106,230	723,334	31,882	104,708	966,154

表5-33 流出がれき量(九州地方ケース)

県	がれき発生量(t)				合計
	廃木材	コンクリート	金属くず	その他	
茨城県	17	80	4	16	116
栃木県	0	0	0	0	0
群馬県	0	0	0	0	0
埼玉県	0	0	0	0	0
千葉県	278	2,618	110	256	3,263
東京都	30	401	16	17	464
神奈川県	71	804	33	54	962
新潟県	0	0	0	0	0
富山県	0	0	0	0	0
石川県	0	0	0	0	0
福井県	0	0	0	0	0
山梨県	0	0	0	0	0
長野県	0	0	0	0	0
岐阜県	0	0	0	0	0
静岡県	608	3,783	167	486	5,044
愛知県	263	2,364	99	161	2,886
三重県	5,104	25,962	1,191	4,362	36,619
滋賀県	0	0	0	0	0
京都府	0	0	0	0	0
大阪府	517	6,455	262	327	7,561
兵庫県	1,800	19,990	823	1,366	23,978
奈良県	0	0	0	0	0
和歌山県	21,096	126,906	5,714	21,335	175,051
鳥取県	0	0	0	0	0
島根県	0	0	0	0	0
岡山県	79	443	20	65	608
広島県	147	1,334	56	126	1,663
山口県	334	2,195	96	277	2,902
徳島県	6,074	48,479	2,090	5,993	62,635
香川県	728	4,956	219	738	6,641
愛媛県	12,222	88,042	3,853	12,305	116,422
高知県	37,740	231,510	10,363	36,640	316,254
福岡県	20	246	10	16	292
佐賀県	0	0	0	0	0
長崎県	253	1,966	86	300	2,605
熊本県	28	200	9	30	266
大分県	17,796	145,544	6,246	17,114	186,700
宮崎県	17,357	132,584	5,802	20,225	175,968
鹿児島県	750	6,007	261	894	7,912
沖縄県	0	0	0	0	0
合計	123,312	852,869	37,531	123,103	1,136,814

## 5-4-4. 漂流ごみ発生量の推計

上記で「流出がれき量」をケース別・県別に「廃木材」、「コンクリート」、「金属くず」、「その他」の4種類に分けて算出したが、このうち「コンクリート」と「金属くず」は流

出したとしても直ぐに沈んでしまい、漂流ごみとなるのは「廃木材」と「その他」に分類されたもののみと考えられる。そこで、「流出がれき量」のうち「廃木材」と「その他」を合わせたものを「漂流ごみ」としてケース別・県別の「漂流ごみ量」を算出した。算出結果を表 5-34 に示す。

県	漂流ごみ量(t)			
	東海地方 ケース	近畿地方 ケース	四国地方 ケース	九州地方 ケース
茨城県	47	32	17	32
栃木県	0	0	0	0
群馬県	0	0	0	0
埼玉県	0	0	0	0
千葉県	3,065	664	416	535
東京都	1,416	70	70	47
神奈川県	3,388	377	100	126
新潟県	0	0	0	0
富山県	0	0	0	0
石川県	0	0	0	0
福井県	0	0	0	0
山梨県	0	0	0	0
長野県	0	0	0	0
岐阜県	0	0	0	0
静岡県	46,901	2,032	1,209	1,094
愛知県	4,522	1,370	566	424
三重県	47,332	12,078	7,181	9,466
滋賀県	0	0	0	0
京都府	0	0	0	0
大阪府	241	844	844	844
兵庫県	1,773	4,306	3,545	3,166
奈良県	0	0	0	0
和歌山県	27,277	81,831	39,399	42,430
鳥取県	0	0	0	0
島根県	0	0	0	0
岡山県	80	96	122	145
広島県	409	273	273	273
山口県	613	459	611	611
徳島県	4,209	25,255	16,837	12,067
香川県	440	1,027	1,320	1,466
愛媛県	15,877	14,434	17,321	24,527
高知県	28,839	45,537	78,930	74,380
福岡県	38	36	36	36
佐賀県	0	0	0	0
長崎県	278	278	413	553
熊本県	29	29	57	57
大分県	16,759	15,361	20,949	34,910
宮崎県	30,622	25,053	19,487	37,582
鹿児島県	685	959	1,233	1,644
沖縄県	0	0	0	0
合計	234,840	232,400	210,938	246,415

## 5-5. まとめ

### 5-5-1. がれき発生量

本研究で南海トラフ巨大地震による家屋倒壊等からのがれき発生量の推計を行ったのは下記の4ケースである。

- ・東海地方ケース（地震動：基本ケース、津波ケース①、冬深夜、平均風速）
- ・近畿地方ケース（地震動：基本ケース、津波ケース③、冬深夜、平均風速）
- ・四国地方ケース（地震動：基本ケース、津波ケース④、冬深夜、平均風速）
- ・九州地方ケース（地震動：基本ケース、津波ケース⑤、冬深夜、平均風速）

がれき発生量の推計結果は、東海地方ケース 119,816 千t、近畿地方ケース 126,977 千t、四国地方ケース 120,467 千t、九州地方ケース 100,949 千t となり、南海トラフ巨大地震の想定被害エリアにあたる 40 都府県から、合計で東日本大震災における東北 3 県（岩手県、宮城県、福島県）からのがれき発生量 15,983 千t の 6.3 倍から 7.9 倍のがれきが発生するものと推計された。

### 5-5-2. 政府推計との比較

政府の中央防災会議も「南海トラフ巨大地震の被害想定について」（第二次報告：平成 25 年 3 月 18 日）において、がれき\*2発生量の推計値を公表している。この値は本研究による推計値の 88%から 68%程度となっている。中央防災会議による推計は、「建物 1 棟当たりの平均床面積」に「想定全壊棟数」を乗じて「被害床面積」を算出し、これに「床面積当たりのがれき発生量原単位」を乗じて算出したものであり、半壊建物等から発生するがれきは考慮されていない。

このため、全壊建物 1 棟当たりのがれき発生量も、本研究の値が 126t から 133t であるのに対し、政府推計の値は 91t から 113t と少なくなっている。環境省推計\*3に基づく東日本大震災の全壊建物 1 棟当たりのがれき発生量実績値は、岩手県 198t、宮城県 123t、福島県 83t とかなりの開きがあるが、3 県の平均値は 128t で、本研究に近い値となっている。この東日本大震災の実績を踏まえると、政府による推計値は過小である惧れがある。

表5-35 がれき発生量の比較

	被災想定 (被災エリア)	がれき発生量 (千トン)	全壊建物数 (棟)	全壊1棟当たりのが れき発生量(トン)
本研究による推計	東海地方ケース	119,816	952,510	126
	近畿地方ケース	126,977	951,590	133
	四国地方ケース	120,467	939,780	128
	九州地方ケース	100,949	788,290	128
政府による推計	東海地方ケース	88,000	952,510	92
	近畿地方ケース	87,000	951,590	91
	四国地方ケース	86,000	939,780	92
	九州地方ケース	89,000	788,290	113
東日本大震災の実績	岩手県	3,800	19,199	198
	宮城県	10,456	85,311	123
	福島県	1,727	20,841	83
	3県合計	15,983	125,351	128

\*2 「南海トラフ巨大地震の被害想定について」（第二次報告：平成 25 年 3 月 18 日）では「災害廃棄物」としている。

\*3 平成 25 年 6 月発表（平成 25 年 5 月末時点の集計）

### 5-5-3. 津波に起因するがれき発生量

本研究では、発生するがれきのうち「津波に起因するもの」を漂流ごみの発生源とした。南海トラフ巨大地震では、発生するがれきの総量は東日本大震災の 6.3 倍から 7.9 倍と莫大な量に上るが、「津波に起因するがれき発生量は」、東海地方ケース 18,730 千 t、近畿地方ケース 18,326 千 t、四国地方ケース 16,715 千 t、九州地方ケース 19,668 千 t となり、東日本大震災のがれき発生量 15,983 千 t の 1.23 倍から 1.05 倍程度となった。これは東日本大震災では倒壊した建物のほとんどが津波によるものであったのに対し\*4、南海トラフ巨大地震では地震動そのものによる倒壊が多く、全倒壊建物に占める津波による倒壊の割合が少ないためである\*5。

### 5-5-4. 流出がれき量と漂流ごみ発生量

「津波に起因するがれき発生量」に東日本大震災の宮城県の実績に基づく「流出率」5.78% を乗じて算出した「流出がれき量」は、東海地方ケース 1,082 千 t、近畿地方ケース 1,059 千 t、四国地方ケース 966 千 t、九州地方ケース 1,137 千 t となり、東日本大震災の「流出がれき量」999 千 t\*6 とほぼ同程度という結果になった。

これらのがれきのうち「漂流ごみ」となるのは、直ぐに沈む「コンクリート」と「金属くず」を除いた「廃木材」および「その他」に分類されるがれきのみとして「漂流ごみ発生量」を算出した。南海トラフ巨大地震からの「漂流ごみ発生量」は、東海地方ケース 235 千 t、近畿地方ケース 232 千 t、四国地方ケース 211 千 t、九州地方ケース 246 千 t となった。

### 5-5-5. おわりに

環境省は当初（平成 23 年 3 月）1,336 千 t の漂流ごみが発生したものと推計していた。この値は、震災がれきの発生量推計値（24,800 千 t）から、その時点までに仮置き場に搬入された量（20,681 千 t）を差し引き、これを海域への流出量（4,119 千 t）として推定したものである。この海域への流出量は、環境省の平成 25 年 6 月発表の数値から同じ方法で計算すると 999 千 t へと大幅に減少することになる。このため、東日本大震災からの漂流ごみの発生量自体についても見直しが必要と言える。

---

\*4 東日本大震災では、岩手、宮城、福島 の 3 県で全壊した建物 125,351 棟のうち 118,670 棟（94.7%）が津波被害を受けた沿岸市町村のものであった。

\*5 南海トラフ巨大地震では地震の揺れによる全壊棟数が 627,000 棟程度と推計されているのに対し、津波による全壊は 132,000 棟から 169,000 棟程度と推計されている。

\*6 環境省集計（平成 25 年 6 月発表）の「がれき発生量」から「搬入済量」を差し引いて算出。

### （第 5 章参考文献）

「災害廃棄物等処理の進捗状況（3 県沿岸市町村）」、環境省・廃棄物対策部、平成 25 年 6 月 21 日

## 研究発表等

(口頭発表等)

1. 松村 治夫 : 「海底ごみの回収処理の促進策」、鳥取環境大学シンポジウム (2012)
2. 西澤 弘毅 : 「発信機付き模擬ごみを使った漂流予測」、鳥取環境大学シンポジウム (2012)
3. 松村 治夫、西澤 弘毅、佐藤 伸 : 「海ごみに関する調査研究」、鳥取環境大学国際シンポジウム (2012)
4. 佐藤 伸 : 「大津波により発生した海洋廃棄物がもたらす二次被害について」、第 34 回全国都市清掃研究・事例発表会 (2013)
5. Masaru Tanaka, Koki Nishizawa, Makoto Okazaki, Tomomichi Kobayashi, Haruo Matsumura, Tetsuji Arata, Shin Sato and Yasuhiko Kgami "Generated Waste and Recovery & Disposal of Solid Waste on the Sea of Japan Coast - Tracking Drifting Paths of Tsunami Debris" 12th Expert Meeting on Solid Waste Management in Asia and Pacific Islands (SWAPI) in Tokyo, Japan (2013)
6. Haruo Matsumura, Tetsuji Arata, Masaru Tanaka, Kazuhiko Matsumoto and Takumi Funada : "Development of Recovery System for Seabed Debris in Cooperation with Fishermen's Union and Local Government", Pacific Rim Marine Debris Conference in Honolulu (2013)
7. Masaru Tanaka, Koki Nishizawa, Haruo Matsumura and Shin Sato : "Instruments, Techniques and Tools for Tracing Drifting Paths of Tsunami Debris", Pacific Rim Marine Debris Conference in Honolulu (2013)
8. Masaru Tanaka, Haruo Matsumura, Shin Sato, Koki Nishizawa, Makoto Okazaki, Tomomichi Kobayashi : "Amount, Composition, Pathway and Lifecycle of Marine Debris Generated by the Great East Japan Earthquake", Pacific Rim Marine Debris Conference in Honolulu (2013)
9. 松村治夫 : 「鳥取環境大学の海ごみ研究」、鳥取環境大学国際シンポジウム (2013)
10. SangYul Kim, Koki Nishizawa, Haruo Matsumura, Masaru Tanaka : "Development of Actual Trucking Method for Prediction of Drift Routes of Marine Debris Generated from Tsunami" , 13th Expert Meeting on Solid Waste Management in Asia and Pacific Islands in Kyoto, Japan (2014)

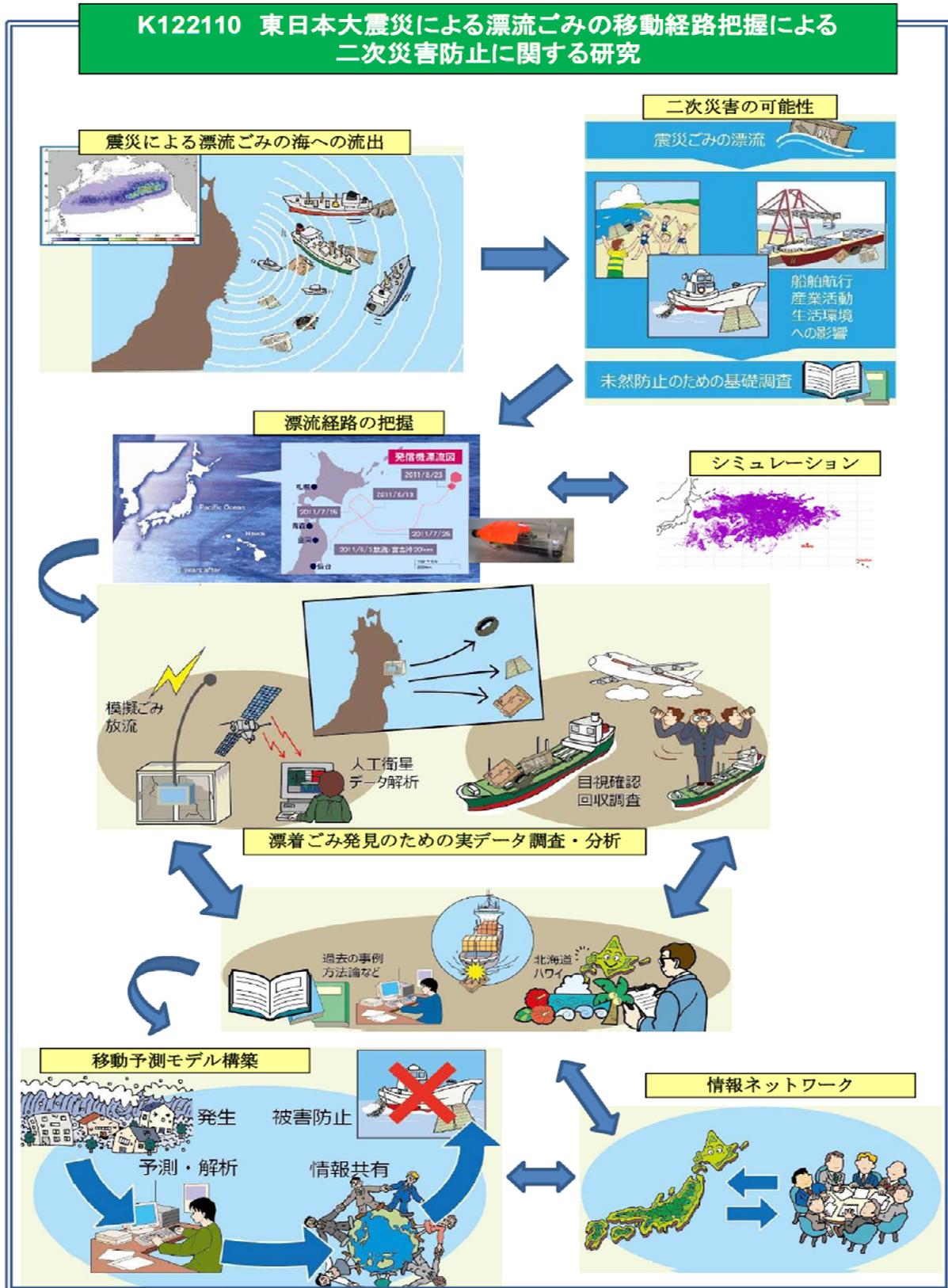
(投稿論文など)

なし

(知的財産権の取得状況)

なし

研究概要図



# Research on Prevention of Secondary Disaster by Investigation of Drift Routes of Marine Debris Generated from the Tsunami Following the Great East Japan Earthquake

## Outline of the Research

Among various types of marine debris generated from the tsunami following the Great East Japan Earthquake, the marine debris washed ashore on littoral regions has posed problems in ship navigation by blocking the harbors and also has caused extensive adverse effects on industrial activities and life environment in coastal areas. Further, as a massive amount of marine debris has continued moving on the ocean, there has been a risk of new secondary disaster depending on its drift route.

In order to address this problem, we have conducted investigations on the following four subjects and have exchanged information retrieved with domestic and foreign parties concerned: (1) The drift routes of a massive amount of marine debris generated from the tsunami-afflicted areas are tracked to predict drift routes and places where the debris is washed ashore, etc. (2) Field surveys of coastlines where marine debris has been already washed ashore are conducted to assess the type of marine debris and the damage it has caused to the coastlines. (3) Discussions are held on how to share information on the damage caused by marine debris and how to use the information for early response. (4) Discussions are carried out on marine debris prediction methods based on the type of debris, regional characteristics, etc.

The results obtained from this study are as follows:

- 1) With regard to the drift routes of sea-drifting debris generated from the Great East Japan Earthquake, simulated debris objects each with a transmitter were released a total of four times from three places off the Tohoku coast, and their routes, places where they were washed ashore, etc. were investigated. As a result, it was found that, other than those that were washed ashore in the Pacific coastal areas of Japan, there were objects that reached the western coastlines of the U.S, objects that were caught in small eddies and thus remained in the ocean, and objects that were washed ashore in the eastern and western patches of the Great Pacific Garbage Patch. Further, as a result of the release experiment to estimate the drift routes of marine debris from tsunami caused by a possible Nankai Trough massive earthquake, it has been found that, although a part of marine debris will be washed ashore at the coastal areas of Japan, a large amount of marine debris will drift out into the Pacific Ocean and will likely drift toward the east as in the case of the Great East Japan Earthquake.
- 2) By conducting literature and field surveys of the drift routes of marine debris generated by the tsunami following the earthquake, gathering information on the secondary disaster, and assessing the results obtained, we have identified the

damage situation, the properties of the 3-11 marine debris that distinguish it from ordinary marine debris, and others.

- 3) Through exchanging information with the domestic and foreign parties concerned by holding symposiums/workshops and by participating in and giving presentations at international conferences, we have shared information and have assessed research results to identify the possible problems that may arise in the future in connection with the marine debris.
- 4) For the purpose of estimating marine debris generation in future disasters, based on the estimates of the number of totally destroyed buildings by prefecture that may be caused by the tsunami generated by a possible massive Nankai Trough earthquake, we have determined the volume of debris generated from residential buildings, etc. by using a stochastic method based on the floor area affected and a stochastic method based on the number of houses affected. From an estimation based on the actual numbers of totally or partially destroyed buildings of the three prefectures (Iwate, Miyagi, and Fukushima) due to the tsunami following the Great East Japan Earthquake, the volume of debris generated from a possible massive Nankai Trough earthquake was estimated to exceed 100 million tons, of which the estimated tsunami-generated debris amounted to 16 million to 20 million tons, the estimated volume of debris drifting out into the ocean was 970 thousand to 1,140 thousand tons, and the estimated amount of marine debris generated was 210 thousand to 250 thousand tons.



鳥取環境大学サステイナビリティ研究所

Mar, 2014