

沿岸域における港湾・水産・環境協調型統合的管理方策

Integrated coastal management harmonizing ports, fisheries, and environment conservation

(研究期間 平成 24 年度)

沿岸海洋・防災研究部

Coastal, Marine and Disaster Prevention Department

沿岸海洋新技術研究官

Research Coordinator for Coastal and Marine Affairs

古川 恵太

Keita FURUKAWA

It is important to integrate environment management in coastal and marine area. Nevertheless, tools and methods for distribution adequate information to stakeholders with appropriate format were not well established especially in coastal areas. Environmental maps and guidelines for implementation of measures were examined as tools for the management.

[研究目的及び経緯]

持続可能な社会の実現のために、沿岸環境の保全・再生と開発を両輪として推進する（以後、「海の再生」と略記）ことが必要であり、多くの主体が連携し共通の目標を持って海の再生を目指すことが必要である。

その要請にこたえるために、多様な利用・利害が錯綜する海の再生における再生目標・具体的施策に関する考え方や技術情報を共有し、海の再生を実現する統合的な沿岸域管理の目標、計画を議論することが必須である。現在、海の再生プロジェクトが実施されており、24 年度以降、第 1 期の再生行動計画が順次終了していき中、より、分野、空間横断的な取り組みが求められている。

しかし、異なる目的を持った主体、様々な空間スケールの生態系が錯綜する沿岸域において、個々の環境情報が離散しているか、羅列的にデータベースに蓄積されている状況である。これでは、議論のために必要な環境条件、社会条件を厳選し、有効に活用することができない。

そうした状況を打破し、海の再生を推進していくため、本研究では、必須の情報を選択・集約して提供する手段としての沿岸環境マップ（仮）の開発と確立、さらには、そうした共有情報を活用し、海の再生を推進するためのガイドライン（案）の策定を目的として研究を実施した。

[研究内容]

1. 沿岸環境マップ（仮）の作成

陸域、海域を含むデータの提示方法の検討、生物環境情報の解析、海域区分の考え方の整理、ケーススタディの場の選定等を念頭に、沿岸環境マップ（仮）の作成を行った。

2. 海の再生推進ガイドライン（仮）の作成

再生プロジェクトの個別メニューの整理、推進体制のあり方の整理を念頭に、ガイドライン（案）の作成を行った。

[研究成果]

主な研究成果の概要を以下に示す。

1. 沿岸環境マップ（仮）の作成

東京湾を事例として、環境研究の成果の公表、共有のため、東京湾環境マップを作成した。東京湾環境マップは、表面にテーマとなるマップと裏面に個別説明パネルを配したA2版のマップを8つ折りにしたものである。

成果をこのようなマップ化するという事は、3つの効果が考えられた。まず第一に、表面にマップの主テーマとなる大きな図面を配することで、成果の可視化（見える化）を効果的に具現化することができる。数値や個別の図表で示されている情報を1枚の図面に重ね書きすることで、相互の連関が直観的に理解しやすくなる。第二に、図面を多用した個別の説明パネルを裏面に配することで、説明したい主題をより深く説明したり、動的なメカニズムなど1枚の図面だけでは示しにくい内容の解説をしたりなど、追加の説明を添付することができる。第三に、こうした取りまとめを協働作業で進めることで、成果や概念の共有がより明確な形で実施できるということである。

Vol. 1 から Vol. 7 のマップの内容は以下の通りである。

Vol. 1 においては、干潟環境マップ・護岸環境マップを中心に掲載した。このマップにより東京湾のマクロな環境勾配とそれに対応する生物生息の様相が示され、自然再生事業の計画立案に参考となる情報が提供

されている。また、裏面の個別パネルには、今まで得られた東京湾の主な研究成果がコンパクトに取りまとめられており、東京湾の環境についての入門参考図書として活用できる。

Vol. 2においては、京浜運河編として、運河環境に生息する生物の調査結果と水質・底質環境を掲載した。それまで運河域は生物生息を想定しない「死んだ水域」と認識されていた状況に対して、運河域での自然再生の可能性、現存する生物の分布状況に改めてスポットを当てること、運河域に対しての大きな意識改革を引き出したマップとなった。

Vol. 3以降は東京湾水質一斉調査で得られた詳細な底層溶存酸素の分布図を中心に、年度毎に作成してきた。Vol. 3については、国総研が編集・発行し、貧酸素水塊の基本的な説明を中心に解説的な内容を掲載した。東京湾の貧酸素水塊を理解する上で最低限必要な知識が集約されており、これに引き続くマップの導入編として有用なマップとなった。

Vol. 4については、執筆協力に東京湾再生推進会議、八都府市首脳会議環境問題対策委員会水質改善専門部会（現：九都府市首脳会議環境問題対策委員会水質改善専門部会、以後、九都府市）、東京湾岸自治体環境保全会議（以後、湾岸自治体）、水産総合研究センター中央水産研究所（以後、中央水研）の執筆協力により多様な情報をとりまとめる形で作成された。本マップは、協働作業によるマップ作成が、マップ作成の第三の意義である成果や共通概念の共有に有効であることを示したとともに、協働のターゲットとしても適切であることが確認された。

Vol. 5については、そうした協働のフェーズをさらに次の段階に引き上げるために、ワークショップの開催・マップの発行を東京湾水質一斉調査ワークショップ実行委員会（東京湾再生推進会議、九都府市、湾岸自治体、中央水研、国総研）により行い、国総研が編集事務局を務めて作成された。ワークショップには一斉調査に参加した企業、研究所、大学なども参加し、発表した成果をマップに掲載するとともに、参加者の顔が見える調査報告にするために、提供いただいた全ての参加機関の代表的写真を掲載した協働の象徴的なマップとなった。

Vol. 6については、ワークショップの開催・マップの発行主体を東京湾再生推進会議モニタリング分科会、九都府市、湾岸自治体とし、ワークショップのテーマを中心に、参加機関からの提供情報を掲載した。本マップの作成から、正式にマップ作成のルーチンが東京湾再生推進会議モニタリング部会の施策となり、行政の事務局が進捗管理をし、研究所・大学が情報提供、

アドバイスをし、市民・企業もそれに参画するといった協働体性モデルが確立された。

Vol. 7においては、青潮・貧酸素と東京湾の生き物をテーマとして、東京湾再生の最大の問題の1つである「青潮・貧酸素」ならびに、再生の目標としての「生き物」について、自治体、水産関係者、研究者、市民団体など多様な視点からの取組みを掲載し、Vol. 6からさらに内容の深化が図られた。ワークショップを開催することにより、問題意識が共有され、同じテーマについて様々な視点からの発表が行われたことも特筆すべきと思われる。

2. 海の再生推進ガイドライン（仮）の作成

東京湾を事例として、再生の方向性を議論するシンポジウムを開催し、ガイドラインとなる考え方の整理を行った。例えば、第13回の東京湾シンポジウムでは、「東京湾の環境再生に継続的に取り組み、それを推進するためには、東京湾の環境に関する正しい知識の普及と啓発、再生の取り組み状況に関する情報共有、今後必要な対策・行動についての意見交換のため、多様な主体の想いを継承・共有し、可能な限り集約する協働の場を持つことが必要である。その時に、科学的な知識に裏打ちされた昔の知恵を積み上げ、成果の反映の広がり期待し、相手の立場に立って、わかりやすいシンボルとアプローチで目に見えるように取り組むことが大切である。再生に向けた取り組みにあたっては、答えが一つでないこと、エンドユーザの価値観に違いがあることを理解した上で、自治体の方々を中心に、新たに作るばかりでなく再生の視点も忘れずに、継続的に段階的に総合的に成果を得ることを「楽しく」目指すべきである。そして、それを見せられる、体験できる動的な場の管理が必要である。」といった考え方が提示された。

このように、東京湾シンポジウムで提示された考え方を反映し、4つの視点（目標設定、場の理解、手法開発、システム化）に基づき、生態系サービス、順応的管理、沿岸域の総合的管理を指標・ツールとすることが海の再生の推進に必要なかつ重要であることを示す、取組み事例集をガイドラインの代わりに取りまとめた。

【成果の活用】

本研究で得られた成果および知見については、より多く、多様な関係者との意見調整の場の運営、アウトプットの作り方に活用できると考える。

本稿で参照される東京湾シンポジウム報告書、東京湾環境マップ、事例集は、<http://www.meic.go.jp/>より参照できる。

津波防災に関するハード・ソフト複合対策に関する研究

Research on complex management which contains hardware and software for TUNAMI disasters

(研究期間 平成 23 年度～)

沿岸海洋・防災研究部

津波災害研究官 高田 直和

[研究目的及び経緯]

本研究は、東日本大震災の経験から、特に被害の大きかった臨海部や沿岸域において、今後起こりうる津波災害に備えておくべきソフト・ハード複合的な対策についての研究を行うものである。中央防災会議「東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波に関する専門調査会報告（平成 23 年 9 月）」において「とりうる手段を尽くした総合的な津波対策の確立」がいわれ、また同じく中央防災会議の防災対策推進会議の最終報告（平成 24 年 7 月）においても防災政策の基本原則として「ハード・ソフトの組合わせにより災害に強い国土・地域を実現する」とある。このような政策方針の下、今後、津波災害対策を講じていく際に手助けとなる様々な手法等について研究を行う。

本年度は、東日本大震災後に講じられているさまざまな施策（国レベル、県レベル、市町村レベル）を調べ、震災後の政府や被災地自治体の震災への応急対応から現在の復興の状況に至る動きを整理し把握した。

津波被害に対する海域環境復元力に関する研究

Study on resilience of coastal environment to tsunami disaster

(研究期間 平成 24～26 年度)

沿岸海洋・防災研究部 海洋環境研究室

室 長 岡田 知也

[研究目的及び経緯]

東北地方太平洋沖地震によって発生した津波によって、沿岸域の生態系は甚大な影響を受けた。干潟・浅場は大きく地形変形し、藻場は消失した。地形、底質環境、藻場は、沿岸生態系の基盤であり、それらの復元なくして生態系の復元はあり得ない。そこで本研究では、生態系の基盤としてアマモ場に注目し、沿岸環境の復元力について理解し、今後の沿岸環境の再生についての技術を検討することを目的とする。

平成 24 年度には、宮古湾において、かつてアマモ場だった水域の底質を分析し、アマモの生育適性度から水域をゾーニングし、今後のモニタリングの方向性を定めた。

底泥系ネットワークの解明に向けた底泥の化学組成を用いた底泥の空間的繋がりへの推定

Estimation of spatial network of sediments by using chemical composition to identify benthic ecosystem network

(研究期間 平成 23～25 年度)

沿岸海洋・防災研究部 海洋環境研究室

室 長 岡田 知也

[研究目的及び経緯]

内湾域および港湾域の底生生物の空間ネットワークの視点から、土砂粒子の化学組成および結晶構造の情報を活用し底泥の輸送・分布・空間的繋がりなどを推定する手法を検討すること、およびその底泥の空間的繋がりについて付随した底生系生物のネットワークを含めた底泥系ネットワークの存在の検証を行うことを、本研究課題では目的とする。

平成 24 年度には、東京湾沿岸の 400 地点以上の底泥を用いて、東京湾沿岸の底泥の空間的な繋がりなどを推定した。また、結晶構造の効果的な分析手法について検討した。

海洋生物がメソスケールにおいて形成するメタ個体群の変動性を評価する試み

Evaluating dynamics of marine metapopulation in mesoscale.

(研究期間 平成 24～26 年度)

沿岸海洋・防災研究部 海洋環境研究室

研 究 官 上村 了美

[研究目的及び経緯]

都市型の沿岸域のメソスケールにおいて自然再生・管理を行う際には、海洋生物の形成するメタ個体群の特性を理解することが重要である。そこで本研究では、生態的特徴とメタ個体群構造の関連性を明らかにすること、および、生態的特徴が異なる種においてメタ個体群構造の環境変動に対する応答が異なる可能性を検証することを目的とした。平成24年度は、独自に作成したライブラリーや既往の論文をもとに、マルチプレックスPCR法や汎用プライマー法など近年注目されている効率的な手法を取り入れて、メタ個体群構造を解明するために有効な遺伝子マーカーを開発した。

生態系サービスを指標とした港湾環境の診断技術の検討調査

Study on environment assessment by ecosystem services in port area

(研究期間 平成 21～24 年度)

沿岸海洋・防災研究部
沿岸海洋・防災研究部 海洋環境研究室

沿岸海洋新技術研究官 古川 恵太
室 長 岡田 知也
研 究 官 吉田 潤
研 究 官 上村 了美

[研究目的及び経緯]

本研究では、港湾における生物共生型構造物の導入やその維持管理を支援するため、その整備効果を診断するシステムとして、生態系サービス（直接・間接、供給・緩和など）の変化を指標とした手法の確立を目指す。あわせて、各地方整備局の整備してきた環境データベース、環境情報センターの蓄積データの利活用を図る。

平成 24 年度には、沿岸域一体を生息場とするマハゼが、沿岸域の広域的な環境を評価する指標として活用できるかどうか検討を行った。その結果、マハゼの全長組成分布解析や耳石解析は、生態系ネットワークの強さ、生息場の広がりといった沿岸域の広域的な環境の評価指標として利用できる可能性があることが示された。

津波避難シミュレーションによる避難安全性の評価手法 に関する研究

Study on an Evacuation Method with a Simulation for Tsunami Evacuation Safety

(研究期間 平成 23~24 年度)

沿岸海洋・防災研究部 沿岸防災研究室
Coastal, Marine and Disaster Prevention
Department
Coastal Disaster Prevention Division

主任研究官
Senior Researcher
研究員
Research Engineer

熊谷 兼太郎
Kentaro KUMAGAI
渡邊 祐二
Yuji WATANABE

In this study, applicability of tsunami evacuation simulation is discussed in such a way as to compare between a result of the simulation and a result of questionnaires of evacuation activity to evacuees during the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake Tsunami. In spite of the assumption on the route choice problem, we may conclude that it is possible to apply this tsunami evacuation simulation to evacuation activity on foot at a nearshore area in a bay of ria coast.

[研究目的及び経緯]

2011年東北地方太平洋沖地震津波の発生を踏まえ、中央防災会議「東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会」が設置された。同調査会の報告¹⁾では、最大クラスの津波と比較的発生頻度の高い津波の二つのレベルの津波を想定し、最大クラスの津波に対して「住民等の避難を軸に(中略)総合的な津波対策」が必要としている。また、「概ね5分程度で避難が可能となるようなまちづくり」を目指すべきとしている。

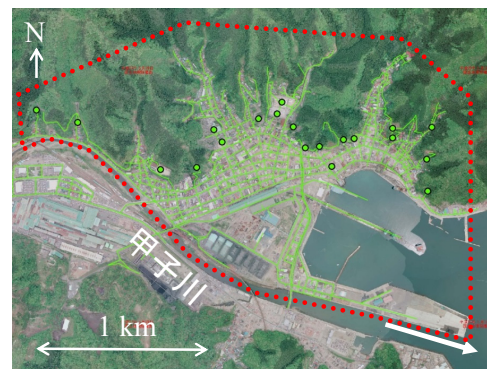
このように、国・市町村、施設管理者等に対して津波避難の安全性を向上する施策が求められていると言えるが、効果的な対策を計画・実施するためには対策に伴う効果の定量的な評価が必要である。例えば、避難ビルの整備に対して避難所要時間の短縮の効果を的確に評価するといったことが挙げられる。これらの効果を定量的に評価する手法の一つとして、津波避難シミュレーションを用いた評価が考えられる。

ただし、これらの避難シミュレーション結果について実際の避難行動の再現性の検証を行ったものはこれまでほとんどなく、シミュレーション結果の検証が課題である。ここで、2011年東北地方太平洋沖地震津波については避難実態に関するアンケートがいくつか実施されており、実際の避難行動を比較的詳細に把握できる。そこで、本研究では同地震に伴う津波の避難行動を再現する津波避難シミュレーションを行い、その結果と実際の避難行動とを比較することにより再現性を検証することを目的とする。

[研究内容]

1. 対象地域の大きさと人口

本研究の分析の対象地域は、岩手県釜石市中心部のうち釜石港及びその背後地域にあたる甲子川左岸の地域とした。大きさは東西約2.5km、南北約1.5kmの範囲である(図-1)。対象地域には、約4,700人が昼間人口として所在しているものとした。



背景写真の出典:国土地理院

図-1 対象地域(図中で点線で囲んだ範囲)

2. 津波避難アンケート結果の分析

2011年東北地方太平洋沖地震津波の避難行動について、釜石市では国土交通省東北地方整備局釜石港湾事務所と釜石市が実施した「津波避難実態アンケート」(以下、アンケート①と呼ぶ)、国土交通省都市局が実施した「津波からの避難実態調査」(以下、アンケート②と呼ぶ)、NPO法人環境防災総合政策研究機構(CeMIL)と東洋大学が実施した「津波に関するアンケ

ート」及び群馬大学と釜石市が実施したアンケートという四つのアンケートが実施されている。このうち、詳細なデータを入手することができたアンケート①及びアンケート②を分析の対象とした。

アンケート結果は、「地震時に対象地域内に所在」かつ「徒歩避難者」に着目して整理する。アンケート①とアンケート②でその条件に該当するのはそれぞれ122人(68.5%)と24人(68.6%)である。ここで、カッコ内は、地震時に対象地域内に所在していた人に対する徒歩避難者の割合を示す。

アンケートより、「65歳以上率」と「グループ歩行率」を徒歩避難者の属性として算出した。まず、アンケート①は65歳以上率が18.0%、グループ歩行率が84.8%となった。65歳以上率の値が比較的小さいことから、このアンケートの回答者は青壮年が中心であったことが分かる。次に、アンケート②は65歳以上率が52.1%、グループ歩行率が66.7%となった。このアンケートは、高齢者が中心であったことが分かる。

これらの単純平均をとり、65歳以上率35%、グループ歩行率75%を、歩行速度を決定するパラメータとして避難シミュレーションに入力した。

3. 避難場所の選択モデルと現地調査

アンケート結果では、避難距離が500m未満²⁾の避難者が約9割を占めたことから、避難者が避難場所の選択にあたって概ね最適な選択をとったものと仮定した。そこで線形計画法を用い、「収容可能人数を上限としたそう避難距離最小化問題」(条件つきp-メディアン問題)による避難場所の選択モデル^{3),4)}を採用した。

避難場所の収容人数は、現地測量の結果に基づき設定した。さらに、リアス式海岸沿岸部では、避難場所の手前に階段が設置されていることが多いので、経路上に階段がある場合は一律に避難速度を低下させた。

4. 津波避難シミュレーションの結果

津波避難シミュレーションのプログラムは当研究室で開発している「NILIM-TESS2」⁵⁾を用いた。2.の結果を歩行速度決定のためのパラメータとして避難シミュレーションに入力し、対象地域に配置した約4,700人の避難行動の解析を行った。その結果を図-2に示す。避難完了者の時間的増加を示す曲線は、青壮年が中心のアンケート結果と同様の形状を示した。ただし、避難所要時間が10分程度を超えて比較的長い時間を避難する避難行動に関しては十分に再現できていない。

以上より、長距離を避難する避難行動は十分に再現できていないものの、リアス式海岸沿岸部の徒歩避難者の避難行動とシミュレーション結果とは比較的よい近似を示すことが分かった。

[研究成果]

東北地方太平洋沖地震津波の避難行動を再現する津波避難シミュレーションを行い、津波避難シミュレーションの適用性を検証した。その結果、長距離を避難する避難行動は十分に再現できていないものの、リアス式海岸沿岸部の徒歩避難者の避難行動とシミュレーション結果とは比較的よい近似を示すことが分かった。

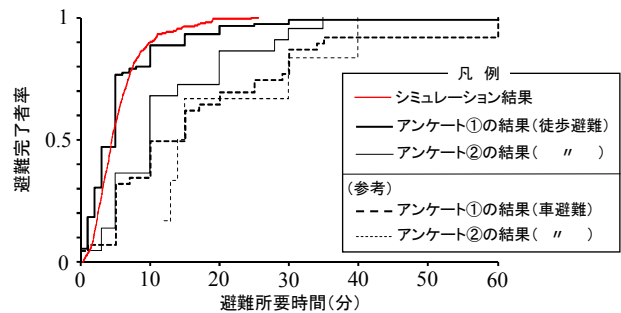


図-2 シミュレーション結果とアンケート結果の比較

[成果の活用]

本研究で得られた成果を踏まえ、引き続きシミュレーションモデルの改良、平野部の避難行動への適用、車避難者の避難行動への適用等について検討する予定である。また本研究の成果は、地方整備局、港湾管理者等における津波避難対策の計画・実施のための技術支援に活用する。

[謝辞]

アンケート①は釜石港湾事務所のご協力により、また、アンケート②は国土技術政策総合研究所都市研究部都市防災研究室のご協力により貴重なデータを入手することが出来ました。ここに記して謝意を示します。

[参考文献]

- 1) 中央防災会議東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会報告, 44p, 2011年9月28日.
- 2) 津波対策推進マニュアル検討報告書, pp.37-38, 2004年3月.
- 3) 大江悠介・山田裕通・渡邊祐二・熊谷兼太郎: 津波避難施設の最適配置のための数理計画モデル生成, 日本オペレーションズ・リサーチ学会 2012年春季研究発表会アブストラクト集, pp.130-131, 2012.
- 4) 熊谷兼太郎: 2011年東北地方太平洋沖地震津波の避難行動への津波避難シミュレーションの適用性, 第47回土木計画学研究発表会, 土木学会, 2013.
- 5) 渡邊祐二・熊谷兼太郎: 津波避難の安全性に及ぼす施設整備・避難対策の影響及び津波避難施設の配置手法に関する研究, 国土技術政策総合研究所資料, No.675, 46p, 2012.

津波・高潮による漂流物対策に関する研究

Study on Countermeasures for Drifts by Tsunami and Storm Surge

(研究期間 平成 23～24 年度)

沿岸海洋・防災研究部 沿岸防災研究室
Coastal, Marine and Disaster Prevention
Department
Coastal Disaster Prevention Division

主任研究官
Senior Researcher
室長
Head

熊谷 兼太郎
Kentaro KUMAGAI
浅井 正
Tadashi ASAI

The 2011 off the Pacific coast of Tohoku earthquake tsunami hit coasts of Japan including several container ports. A survey was conducted because the information of cargo container debris is meaningful to mitigate tsunami damage. It is found that 3,294 cargo containers were lost from ports due to the Tohoku tsunami.

[研究目的及び経緯]

港湾には多数のコンテナ等の貨物が蔵置されているが、津波・高潮により漂流物となる事例が発生している。2011年東北地方太平洋沖地震に伴う津波では、環境省^{1,2)}によると岩手県・宮城県・福島県の3県で合計1,959個と推計している。しかし、北海道～茨城県までの範囲で発生したコンテナ流出の全体像は把握されておらず、津波・高潮による漂流物対策を計画・実施するための基礎的資料として、被害の全体像を把握することが必要であると考えられる。

そこで、本研究では、2011年東北地方太平洋沖地震津波による海上貨物コンテナ（以下、単にコンテナという）の総流出量の把握を行うことを目的とする。

[研究手法と用語の定義]

対象は、北海道～茨城県の太平洋岸に位置し2010年にコンテナ取扱のある6道県14港湾である(図-1)。調査方法は、現地調査、ヒアリング及び資料収集である。調査項目は、港湾ごとに蔵置数、流出数、形状、質量、蔵置位置、段積み数、最終的な到達範囲、ふ頭境界のフェンスの被害状況、回収状況等を可能な限り詳細に把握することとした。

本調査における「流出」とは、ふ頭に蔵置してあったコンテナが津波によりふ頭外の陸域または海域に出してしまう現象と定義した。すなわち、津波で移動したもののふ頭内にとどまったコンテナは、流出数には計上していない。

[研究成果]

1. 現地調査

現地調査により把握したコンテナ流出の事例を示す。これは、ふ頭上の浸水深が2～3m程度でふ頭境界に設けられたフェンスの被害が軽微な場合の事例である(図-2)。図は、現地調査の結果と写真画像判読の結果

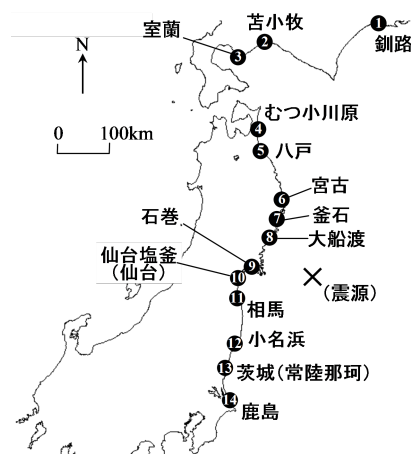


図-1 対象とした港湾 (図中の①～⑭)

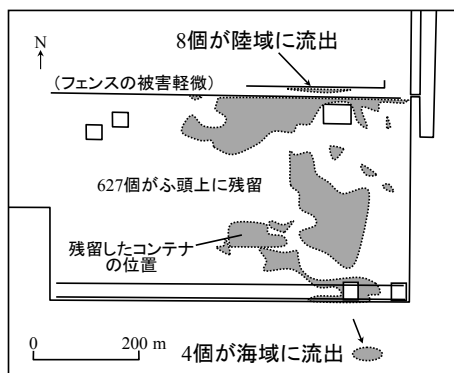


図-2 コンテナ流出の事例

をふまえ津波発生後のコンテナの散乱範囲を点線で囲んで平面図上に示している。639個の蔵置コンテナのうち627個がふ頭に残留したが、8個が陸域に流出、4個は海域に流出していた。コンテナに関する長さの規格は主要なもので20フィートと40フィートの2種類があるが、ここでは両者を区別せず実際の個数で示す。

2. コンテナの総流出数

表-1 に、コンテナの総流出数を示す。最大は、暫定値ではあるものの、仙台塩釜港仙台港区の 2,000 個である。一方、浸水はしたものの流出が生じなかった港湾もある。総流出数は、約 3,300 個となった。

このうち、岩手県・宮城県・福島県の値を抽出すると合計 2,119 個となる。本稿の冒頭で述べた環境省の推計値と比較するとほぼ近い値となっており、推計方法の違いを考慮すると、今回のとりまとめ結果と環境省の推計値とは整合的であると言える。

表-1 コンテナの総流出数

No.	港湾名	2010年の年間取扱数(TEU)	東日本大震災による流出数(個)
1	釧路	31,731	0
2	苫小牧	322,128	0
3	室蘭	5,482	0
4	むつ小川原	245	0
5	八戸	45,430	701
6	宮古	100	7
7	釜石	119	0
8	大船渡	2,839	72
9	石巻	4,024	40
10	仙台塩釜(仙台)	155,611	(暫定値)2,000
11	相馬	622	6
12	小名浜	22,352	0
13	茨城(常陸那珂)	21,261	12
14	鹿島	6,189	456
計		618,133	(暫定値)3,294

3. 浸水深と流出率の関係

ふ頭上の浸水深と、コンテナの流出率の関係を整理した(図-3)。ここで、流出率とは地震発生時の蔵置数に対する流出数の比率である。

その結果、浸水深が 1.4 m 未満の場合、流出率は小さく、ふ頭から流出したものは僅かか皆無であった。浸水深が 1.4 m 以上で 3.2 m 未満の場合、流出率は 0~0.6 程度の間でばらつきが大きく、浸水深がほぼ同じでも流出率が大きく変化していた。この原因は、ふ頭境界のフェンス被害の差等が考えられる。浸水深が 3.2 m 以上の場合、流出率は 0.3 よりも大きく、特に浸水深 7.0 m 以上では流出率はほぼ 1.0 となった。

ただし本稿では、基礎的な検討のため、コンテナの形状、段積み数、積載貨物の有無等を考慮せずに単純な比較を行っているので注意が必要である。

4. 海岸に漂着した範囲

ヒアリングにより、海域に流出したコンテナが海岸に漂着した範囲についても可能な限り把握を行った。その結果、海上に流出したコンテナはふ頭から南北両

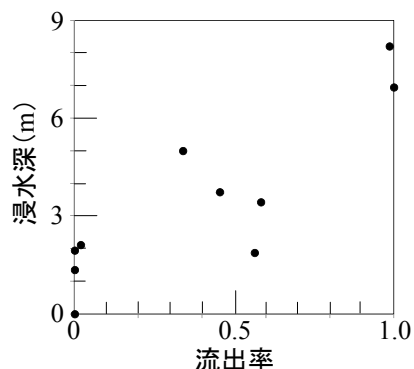


図-3 浸水深と流出率の関係

方向に広がって漂着していた。最大では八戸港から大洗町まで直線距離で約 480 km を漂流した事例があった。

5. 沈没限界時間

海上保安庁交通部が地震発生後にほぼ毎日発表していた「航路障害物状況参考イメージ図」を分析した結果、地震発生 11 日後までコンテナが海上で発見されているがそれ以降は発見されていないことが分かった。既往の実験³⁾では約 1 日で沈没しており、沈没限界時間は 1~11 日程度でばらつきがあることが分かった。

[成果の活用]

本研究で得られた成果は、津波・高潮の漂流物対策の計画・実施のための基礎的資料として、地方整備局、港湾管理者等への技術支援に活用する。

[謝辞]

本調査は、港湾管理者、企業ご担当者、環境省、地方整備局等の多数の方々のご協力によりとりまとめることが出来ました。ここに記して謝意を示します。

[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、<http://www.env.go.jp/press/press.php?serial=14948>, 2012 年 3 月 9 日。
- 2) ”震災被災地のコンテナ流出は 3.5 万トン、環境省調べ”, *Logistics Today*, <http://www.logi-today.com/?p=28587>, 2012 年 3 月 12 日。
- 3) 熊谷兼太郎他：コンテナの沈没挙動測定の現地実験と港湾における漂流数値シミュレーション, *海岸工学論文集*, 土木学会, 第 55 巻, pp.271-275, 2008.
- 4) 熊谷兼太郎・桜庭雅明・後岡寿成：2011 年東北地方太平洋沖地震津波による漂流物被害, 第 23 回海洋工学シンポジウム講演論文集, 日本海洋工学会・日本船舶海洋工学会, CD-ROM, No.OES23-015, 2012.
- 5) Appendix to Report No. 112-2010, "Mitigation of Tsunami Disasters in Ports", *The World Association for Waterborne Transport Infrastructure*, 2013.

地震・津波複合災害の被害波及過程及びその評価に関する研究

Study on a Damage Influence Process and an Evaluation method for a Multiple Disaster caused by an Earthquake and Tsunami

(研究期間 平成 22 年度～)

沿岸海洋・防災研究部 沿岸防災研究室

主任研究官 熊谷 兼太郎

[研究目的及び経緯]

港湾は施設・産業が集積するとともに、多数の労働者・来訪者が活動している。そうした港湾の津波対策を立案するためには、地震動及び津波浸水による直接被害（ストックの被害）、間接被害（フローの被害）及び人的被害を体系的に予測する技術開発の必要がある。また、防災分野におけるわが国の技術的知見を活用し、世界的な津波災害の減災に貢献する国際協力を行う必要がある。本研究では、港湾及び背後地域を対象として、津波浸水による直接・間接被害額の推定手法の技術開発とともにチリ国との国際共同研究を通じた国際協力を実施することを目的とする。

平成 22～平成 24 年度は、八戸港をモデル港として、東北地方太平洋沖地震津波に伴う家屋資産・人に係る直接被害の推計と間接被害の基礎的検討を行った。また、国際協力の取組みとして、チリ国との共同研究において、直接・間接被害額の推定を行うためのチリ国の試算対象地の選定、現地の産業構造などに関する資料収集等を行った。

全国の高潮災害リスクの推定とリスクマップの開発

Estimation of a Nation-wide Risk of Storm Surges and Development of a Risk-map

(研究期間 平成 22～26 年度)

沿岸海洋・防災研究部

部 長 鈴木 武

沿岸海洋・防災研究部 沿岸防災研究室

室 長 浅井 正

[研究目的及び経緯]

日本沿岸の高潮リスクを低減し、地球温暖化による高潮リスクの増大を一定の範囲内に抑える対策を検討するため、高潮による浸水被害を予測し、高潮対策の効果を適切に評価することができる手法を開発していく必要がある。そのため、推定方法が確立していない越波から越流の遷移過程における護岸通過流量を推定するモデルを構築し、そのモデルを高潮浸水モデルに組み込んで高潮浸水被害の予測を行う。また、地球温暖化が進んだときの全国の高潮浸水による被害リスクを全国モデルを使って推計し、その地域的分布を表すリスクマップを作成する。

平成 24 年度は、越波から越流に変わる遷移領域のモデル精度を上げるとともに、北陸、東北、北海道の高潮被害を予測した。

地震・津波の作用を考慮した沿岸域構造物の設計手法に関する研究

Study on a Earthquake-resistant and Anti-Tsunami Design Method for Coastal Facilities

(研究期間 平成 23～25 年度)

沿岸海洋・防災研究部 沿岸防災研究室

室 長 浅井 正

主任研究官 熊谷 兼太郎

研 究 員 永廣 迪

[研究目的及び経緯]

東北地方太平洋沖地震にともなう津波による被災を踏まえて、防護目標として 2 つのレベルの津波を想定し、設計で対象とする津波レベルを超える規模の津波が来襲する場合であっても、防護機能が可能な限り損なわれないように付加的に対策を施し、粘り強い構造をめざすこととされた。このため、本研究では、防波堤・防潮堤の被災調査を実施し、被災状況を分析した結果にもとづき、地震とこれにともなう津波の作用に対して防護機能が損なわれないような方策を検討し、粘り強い構造を目指した沿岸域構造物の設計手法の提案を行うことを目的とする。

平成 24 年度は、東北地方太平洋沖地震で被災した各港の海岸保全施設の現地調査を行い、成果を国総研資料にとりまとめた。また、東北地方整備局や港湾管理者等が実施した被災調査結果を収集し、被災状況の分析を行い、津波防波堤および防潮堤の粘り強い構造の提案に向けた検討を行った。

物流の効率性と両立した国際輸送保安対策の あり方に関する研究

Research on the security measure for international transportation which is compatible with the efficiency of the transportation

(研究期間 平成 22~24 年度)

沿岸海洋・防災研究部 危機管理研究室
Coastal, Marine and Disaster Prevention Department
Disaster and Emergency Management Division

室長 土井 博
Head Hiroshi DOI
研究官 里村 大樹
Researcher Daiki SATOMURA

Study of recent enhanced of cargo inspection, there is a concern of international transportation inefficiencies. On the other hand, international transportation security measures have been considered mainly in preventing terrorism. However, in the event of response has not been studied. For this reason, we have studied the normal and emergency security measures that are compatible with the efficiency of international transportation.

[研究目的及び経緯]

2001年の米国同時多発テロ以降、港湾を含む海上輸送分野においては、いち早く SOLAS 条約による保安対策が世界的な枠組みで整備された。しかし、最近では、国際的なサプライチェーン全体を対象とした国際貨物の保安対策へと展開し、その対策として現在有力であるのが、貨物検査の強化である。輸出港湾での検査強化は、港湾地区等での滞留貨物の増加やそれによる輸送時間の長期化等、物流効率を著しく低下させ、経済活動に多大な悪影響を与えることが懸念される。このため、物流効率を阻害しない港湾における貨物検査への対応方策の確立が急務となっている。

他方、従来から国際輸送保安対策は、テロを事前に防止するための通常時の対策が主体であり、テロ事件の発生時の対応は検討されていない。

本研究は、国際的な連携をも視野に入れつつ、通常時・非常時の両者の観点から物流効率に配慮した国際輸送保安対策について検討することを目的とする。

[研究内容]

各年度の研究内容は、次のとおりである。

平成 22 年度は、海外の危機管理対策について事例調査を行い、その考え方を整理・分析するとともに、我が国港湾における危機管理対策と比較検討し、港湾の施設をより有効に活用し、危機管理能力を向上させるための課題を整理した。

平成 23 年度は、物流の効率化と両立した国際輸送

保安対策に関する最新の技術情報を収集・整理するとともに、コンテナターミナルにおける出入り管理システム及び貨物検査に要する時間等を考慮した待ち行列分析を行い、適切な機器数、処理能力、用地面積等を検討した。

平成 24 年度は、グローバル・サプライチェーン・セキュリティの強化のために先進的に検討がなされている APEC 等の Trade Recovery Program (以下、TRP という) に関する最近の資料を収集・整理するとともに、緊急事態の事例として東日本大震災における我が国の国際港湾物流について港湾機能の早期回復に関する事項を収集・整理し、それらの課題をとりまとめた。

[研究成果]

各年度の研究成果は、次のとおりである。

平成 22 年度は、危機管理能力の向上させるための課題として、施設整備の観点から緊急時に不可欠な施設の確保、管理運営の観点から関係者の連携強化、保安確保と両立する物流効率の観点から港湾出入管理システムの普及に関して「なりすまし」防止の必要性等を示した。

また、管理運営の観点から港湾 BCP 導入における考察として図-1 に示すように、徐々に対策する場合と一度に対策する場合を比較すると、徐々に対策した場合は被災時点で策定された達成度に応じて(図では 60% の達成度)効果が発現される。しかし、一度に対策する場合は策定される前に緊急事態が発生すると効果は

ないことがわかる。

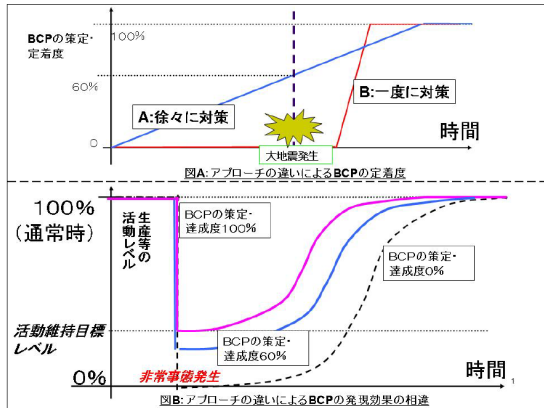


図-1 BCP 導入におけるアプローチの相違による発現効果の比較

平成 23 年度は、国際輸送保安に係る技術情報について、図-2 に示すように大型 X 線検査装置等の情報を収集整理した。また、図-3 に示す待ち行列シミュレーションの実施手順により横浜港本牧ふ頭 BC コンテナターミナルを例に検討した。



図-2 大型 X 線検査装置（税関 HP より）

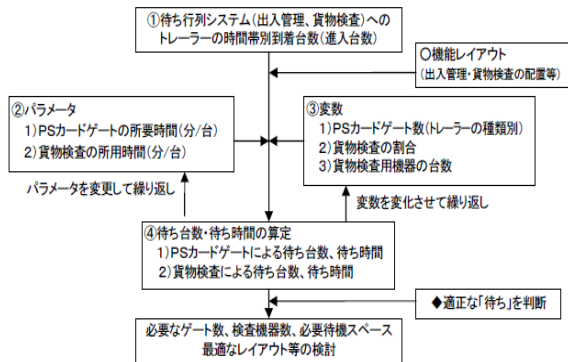


図-3 待ち行列シミュレーションの実施手順

平成 24 年度は、TRP の最近の検討について APEC のほか世界税関機構における状況を確認し課題を整理した。また、緊急事態の例として取り上げた東日本大震災における国際港湾物流については、港湾機能の維持・早期回復の検討のため、表-1 に示す項目のアンケート調査を実施した。アンケート結果の一

表-1 アンケート調査内容

項目	内容
一般事項	所在港湾、組織属性、回答者年代
被災前の情報共有	事前規定の有無、その範囲
被災後の避難状況	安否確認時期、方法、避難場所等
被災後の情報共有	自組織外への発災後の連絡時期、被災後初会合時期等
被災後の主要な活動	被災状況、事務所移転、業務再開時期
自由記載	港湾機能の維持・早期復旧のための重要事項

例として、図-4 に被災後初の周辺自組織外関係者との会合時期を示す。これを見ると、情報共有規定を何らかの形で事前に定めている機関が早期に会合を開催している。このような傾向は、自組織内外の連絡及び自組織内の会合の早期開催にも同様に見られる。このことから、平常時に情報共有の範囲・方法を定めておくことが、大規模災害等の緊急時に有効に機能することが明らかとなった。

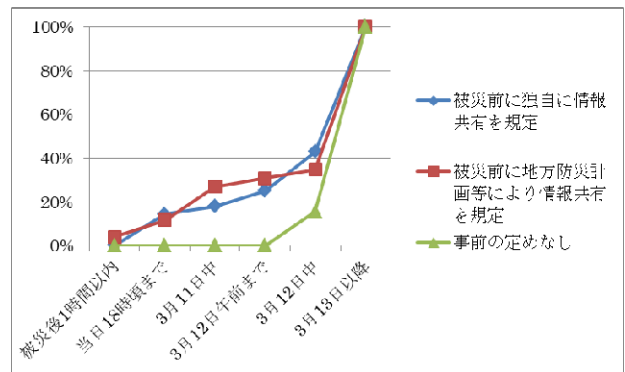


図-4 被災後初の周辺自組織外関係者との会合時期

【成果の発表】

- 1) 国総研資料 No.695「海外における危機管理対策と港湾の危機管理に対する示唆」
- 2) 社団法人日本港湾協会主催 港湾講演会～災害と危機管理にのぞむロジスティクスと港湾～において「海外における危機管理対策と今後の港湾の危機管理に向けた示唆」として講演

【成果の活用】

本研究で得られた成果および知見については、今後、港湾における国際港湾物流の物流効率に配慮した国際輸送保安対策検討の際に活用される。

数値モデルとウェブカメラ網による海ゴミ輸送量解析

Research on marine litter flux using numerical ocean model and web-cam monitoring systems

(研究期間 平成 22~24 年度)

沿岸海洋・防災研究部 沿岸域システム研究室
Coastal, Marine and Disaster Prevention Department
Coastal Zone Systems Division

室長 日向 博文
Head Hirofumi HINATA
研究官 片岡 智哉
Researcher Tomoya KATAOKA

Plastic litter has disfigured the beaches of the world's coastlines and caused pollutions on coastal and marine environments. Most of the plastic litter is transported from far away by ocean currents as well as that out flowed from the near coast where it is beached. Thus, to lead a solution of this problem, it is important to clarify a process by which plastic litter is transported. As a first step to clarifying the transportation process in East Asian seas, we have sequentially monitored the amount of beached plastic litter using webcams at multiple sites..

[研究目的及び経緯]

東シナ海や日本海に面した海岸を中心とした海岸漂着ゴミ問題は深刻化の一途をたどっている。国は 2009 年から 3 カ年間、グリーンニューディール基金（総額 550 億円）を創設した。そのうちの約 60 億円を漂着ゴミ対策用に確保し全国の地方自治体に補助金として給付している。しかしながら、予算の大半を漂着ゴミ回収作業の日当として住民に支払っているケースがあることから分かるように、必ずしも予算が根本的な問題解決のために有効活用されているとは言えないのが現状である。

研究担当者らは漂着ゴミを継続的に削減していくためには、まず東アジア地域の海ゴミフローを明らかにし、その上で地域毎にどのような対策を施せばトータルとして海ゴミ問題が軽減されるのかを示していく事が必要と考えている。この様な背景の基、我々はウェブカメラによる漂着ゴミモニタリングシステムを日本全国に展開し、数値モデルと組み合わせることによって東アジア海域における漂流・漂着ゴミのフローマップを作成することを試みた。

[研究内容]

1. ウェブカメラ漂着ゴミモニタリングシステム

全国 9 箇所にウェブカメラを設置した。日本海側対馬暖流沿いに 4 地点、太平洋側黒潮沿いに 4 地点、さらに対馬暖流沿い 1 地点の計 9 地点にウェブカメラシステムを設置した (図 1)。

各システム構成品については我々が選定した。太陽電池によって発電した電力を一旦バッテリーに蓄える。

システムはこのバッテリーから電力を供給される。太陽電池パネルやバッテリーの数は各地点の日照時間を考慮して決めている。撮影時刻はタイマーで制御している。毎日、7 時から 15 時までの間、2 時間毎に撮影を行っている。各時刻では 2 分毎に 5 枚の画像を撮影する。撮影画像データはカメラに内蔵された SD カードに保存されるのと同時に、インターネット経由で研究室に転送される。

2 年間のモニタリングを通じて、システムに重大な故障が生じたことはない。安定的なモニタリング実施のためには、レンズへの海水や雪の付着に対する対策が最も重要であった。

2. 多地点漂着ゴミ量時系列の作成

本研究では Web カメラの撮影画像を解析してプラスチックゴミの被覆面積を計算し、それを漂着ゴミ量として評価している。まず撮影画像から CIELUV 色空間を用いてピクセルの色を基にプラスチックゴミを検出する (図 1)。1 枚の撮影画像だけを用いてゴミを抽出すると、特に流木を白色のプラスチックゴミとして誤検出する可能性が高くなる。流木は天候によって色が変化する。そこで、流木の色は天候によって大きく変化する性質を利用し、数日間に撮影された画像から安定的にプラスチックと判断されたピクセルをプラスチックゴミとして抽出した。さらに検出した画像に対して射影変換—斜めからの撮影画像を真上からの撮影画像に変換—を行い、プラスチックゴミのピクセル数から被覆面積を計算した。この一連の手続きを各時刻に撮影された画像に適用することにより、各地点での漂着ゴミ量の時系列を作成した (図 2)。

[研究成果]

主な研究成果の概要を以下に示す。

色空間としてCIELUVを利用することにより、プラスチック検出のための基準を楕円帯として近似することができた。これにより、プラスチックゴミの判別が容易となった。RGB空間では基準は楕円帯とならないので、判別のためのアルゴリズムが複雑になる。また、数日間の撮影された画像を用いることによって、流木等をプラスチックゴミとして誤検出する可能性を低下することに成功した。

2週間毎に撮影された画像から目視によってプラスチックゴミを抽出し、CIELUVによる自動判別方法と比較した(図2)。その結果、本自動判別方法によるゴミ被覆面積の推定誤差は10-20%程度に収まっており、さらに時系列変動パターンを良く再現できた。

推定誤差は基本的には過小評価となっている。過小評価の原因を解明するために、撮影時刻毎に検出誤差を計算したところ、飛島の場合には、9時が最も誤差が小さく、午後になると誤差が徐々に大きくなり、過小評価の傾向が強くなることが判明した。これは、立体的な漂着プラスチックゴミの影が、カメラ、太陽、海岸との相対的な位置関係に依存し変化することに起因する。定量的な評価はこれからであるが、太陽光線の確度とカメラの撮影角度が同じ時刻の撮影画像のみを利用することによって、推定誤差をさらに小さくできるものと考えられる。

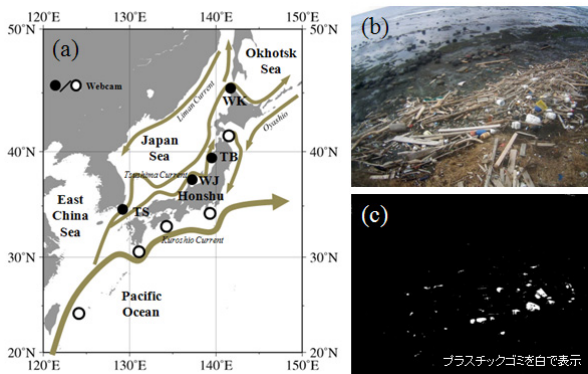


図-1 (a) ウェブカメラ設置地点、(b) 撮影画像例(飛島)、(c) 本手法で抽出したプラスチックゴミ

[成果の発表]

国総研報告、国内外学術誌、国内・国際会議、サイエンスカフェでの成果発表等

[成果の活用]

本研究で開発した手法を我が国の海岸や太平洋沿岸各国の海岸に設置し多地点連続観測をおこなうことで、震災起因漂流物の拡散状況の把握と対策の検討、また対策効果の監視に役立てられると考える。

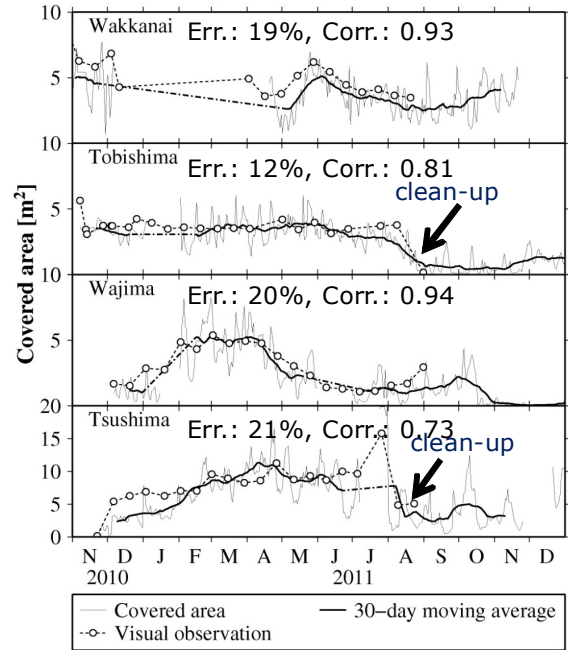


図-2 漂着ゴミ量の時系列(稚内、飛島、輪島、対馬)。細線：ウェブカメラ撮影画像自動解析結果、太線：30日間移動平均、点線：目視による解析結果。Err.：誤差、Corr：相関係数。飛島と対馬における2011年8月のゴミ量の急激な減少は住民による海岸清掃によるものである。

短波海洋レーダを用いたリアルタイム津波検知・湾内副振動計測技術の開発

Development of real-time tsunami and resonant oscillation detections using high-frequency ocean radar

(研究期間 平成 24 年度～)

沿岸海洋・防災研究部 沿岸域システム研究室

室 長 日向 博文
研 究 官 片岡 智哉

[研究目的及び経緯]

沿岸域での津波伝搬および副振動の二次元的な様子を短波海洋レーダを用いてリアルタイムで計測するための基礎的技術の検討を行う。

本年度は、東北地方太平洋沖地震によって発生した津波が紀伊水道内を伝搬する様子を海洋レーダによって明らかにするとともに、数値フィルターやモード解析の手法を使って 3.11 津波が水道内に引き起こした副振動モードを計算した。この海洋レーダから推測された副振動モードは線形長波理論から推測される副振動モードと良く一致した。また、リアルタイムでの高精度の流速計測実現のために、正負のドップラースペクトルを重ね合わせることによる S/N 比の向上、最大値を用いたドップラースペクトルの無次元化による船舶ノイズの低減を図るとともに、レーダシステム（データ保存方法）の改良により安定的な連続観測の実施を可能にした。