

海洋アライアンス シンポジウム

第9回 東京大学の海研究

【海洋研究と社会の接点】



2014年7月21日(月・祝「海の日」)
東京大学 農学部【弥生講堂・一条ホール】
10:00 ~ 16:50

主催: 東京大学 海洋アライアンス

海洋アライアンスシンポジウム

第9回東京大学の海研究

海洋研究と社会の接点

- 日 時： 2014年7月21日（月・祝）
10：00～16：50（9：30受付開始）
- 場 所： 東京大学 農学部・弥生講堂
シンポジウム「一条ホール」
懇親会「アネックス」
- 参加費： 無料（懇親会は有料）

このシンポジウムは、日本財団の助成を受けています。

< プログラム >

総合司会：蒲生俊敬（副機構長，大気海洋研究所）

10:00-10:10

開会の挨拶

日比谷 紀之（機構長，理学系研究科）

< 海洋アライアンスが開始するプロジェクトの紹介 >

10:10-10:50

海外インターンシップによる国際的な海事人材の育成

木村伸吾（副機構長，新領域創成科学研究科/
大気海洋研究所）

10:50-11:30

メガ津波から命を守る防災の高度化研究

早稲田卓爾（新領域創成科学研究科）

11:30-12:10

海洋の利用に関する合意形成手法の開発

道田 豊（大気海洋研究所）

< 講演 >

13:30-14:10

津波被災集落における復興デザイン

窪田亜矢（工学系研究科）

14:10-14:50

海岸堤防の津波減災機能と限界

佐藤慎司（工学系研究科）

15:10-15:50

南鳥島 EEZ のレアアース泥鉱床開発による日本の成長戦略

加藤泰浩（工学系研究科）

< 学生によるセッション >

15:50-16:40

海洋における課題解決への総合的アプローチ

座長：山本光夫（海洋アライアンス）

研究発表 1. 川口 真利奈（農学生命科学研究科）

研究発表 2. 逢澤正憲（新領域創成科学研究科）

16:40-16:50

閉会の挨拶

蒲生俊敬（副機構長，大気海洋研究所）

17:15-19:15

懇親会（於：弥生講堂アネックス）

海外インターンシップによる国際的な海事人材の育成

木村伸吾（副機構長，新領域創成科学研究科/大気海洋研究所）

海洋アライアンスでは、東京大学の5研究科と共同して、2009年4月から大学院生向けの部局横断型教育プログラムの1つである海洋学際教育プログラムを運営しています。本学の持つ最先端の海洋に関する知を構造化し、総合的人材の育成をめざした教育プログラムであり、修了者には学生が所属するそれぞれの研究科における学位とは別に、本学の副学長が委員長を務める教育運営委員会から修了証が発行されています。また、各研究科で従来開講されていた科目だけで本教育プログラムを構成する履修科目とはせずに、本教育プログラムのために独自に開講した新たな10個の講義科目を含んでいることに大きな特色があります。部局横断型教育プログラムであるので所属研究科にかかわらず本学の大学院学生であれば誰でも履修することができる一方、東京大学として正規に実施する教育プログラムであるので、教員には非常に高いレベルでの教育と学生には強い熱意を持った受講が求められ、海洋学際教育プログラムでは修了にはハードルの高い14単位の履修が必要となっています。

2013年度の海洋学際教育プログラムの登録参加学生数は66名であり、科目履修学生数は延べ639名に達しています。上述したように修了には高いハードルが設定されているので、履修登録をしても修了に至る道程には厳しいものがありますが、それを乗り越えてこれまでに5研究科13専攻の71名にプログラム修了証が交付されました。本教育プログラムでは、海洋に関わるさまざまな政策課題への総合的なアプローチを具体的課題に即して学び、さらに問題解決に必要な知見を駆使してグループワークで受講者自らが政策を企画することを目指す「海洋問題演習」が特色ある講義科目となっていますが、政策立案や実施に関わる省庁、関係各機関での2週間から1カ月程度の実地演習を行い、そのプロセスを学習する「海洋法・海洋

政策インターンシップ実習」も重要な講義科目となっています。本実習の実施にあたって、これまでの国土交通省、国連環境計画と関連する環日本海環境協力センター（NPEC）に加え、独立行政法人水産総合研究センターとも受け入れ協定を締結し、実習カリキュラムを相互に確認し合いながら教育効果のある実習を行っています。本教育プログラムにおける教育目標の1つには、政策提言に関わる諸事項に十分な役割が発揮できるように教育することにあるため、官公庁や公益性の高い事業体などへの就職が期待されており、これまでに本教育プログラムを履修した学生のうち、官公庁に合計19名、公益性の高い事業体に合計11名が就職しています。

本年度からは、海洋に関する高いレベルの専門性と国際的なネットワークを持ち世界で活躍できる人材を養成するための教育課程を新たに構築することになりました。多方面にわたる幅広い人材育成というよりも、世界各国で海洋権益の確保に関心が集まっている現在、海洋に関して国際的対応が可能な人材を少数精鋭で育成しようというものです。従来の海洋学際教育プログラムを基盤として、大学院学生（社会人学生を含む）が履修する新たな高度国際海事人材養成プログラムを構築し、英語でのディベート能力をはじめ、国際人としての必須の能力を養うのと同時に、国際機関や海外研究機関への長期インターンシップを通じて、国際的な課題を発見し解決するための実践的な能力を身に付けさせることを目的としています。そして、このプログラムの修了者による同窓会を組織し、海外のカウンターパートとの連携を深めて世界的な人的ネットワークを構築することが長期的なビジョンです。本年度は、その仕組みを作り上げることに主眼を置き、数名の学生を国際機関や海外研究機関に派遣することを目標としています。

高度国際海事人材養成プログラムと名付けられた、国際対応を念頭に置いたこの新しい枠組は、海洋学際教育プログラムの中に新たに位置付ける国際化対応科目と長期海外インターンシップから構成されます。履修学生は、国際機関での活動を希望する大学院学生、もしくは海外研究機関との共同研究を自らの研究テーマとする大学院学生（社会人学生も含む）の中から選抜する予定となっています。海外インターンシップでは、数ヶ月から半年程度の期間で国際機関もしくは海外研究機関に滞在させ、カリキュラムに基づいた実

習や共同研究を行わせ、その成果を報告書や論文として取りまとめさせるだけでなく、受入機関の職員や研究者を本学に招いて実習・研究テーマに関するセミナーやシンポジウムを企画し、ディスカッションを通じて情報発信とネットワーク構築を試みさせることにします。また、国際化対応科目として、国際機関勤務経験者による講義シリーズと英語によるディベートもしくはグループワーク形式の演習講義を新たに開講することを目指し、長期海外インターンシップの効果をいっそう高める方策を検討します。

メガ津波から命を守る防災の高度化研究

早稲田卓爾（新領域創成科学研究科）

1. 目的

近い将来、南海トラフで巨大地震が発生すると予想されており、津波防災は喫緊の課題である。本研究課題では、「メガ津波」による沿岸の被害を大幅に減らすための方法を総合的に検討し、自治体などが防災計画を立てる際に役立つ形で公表することを目的とする。

そのために、まず、現在では精度よく計算できないメガ津波の伝播過程を、新たな手法を開発することで、十分に把握する。次に、津波が堤防を越えて流れ込む場合にも堤防の機能ができるだけ損なわれないよう、その設計方法を検討する。その際、内側に氾濫する流れを抑える堤防の機能を把握したうえで、氾濫域における総合的な減災策を考案する。また、津波発生時に、沖合での観測をもとにリアルタイムで到達予測ができる手法を開発する。そして、認知心理学や社会心理学、IT研究の知識を生かした防災情報の伝え方、利用の仕方を検討する。

2. メガ津波とは

2011年の東日本大震災で見たような巨大な津波は、沿岸に比較的近い海底が広範囲にわたって同時に大きく隆起（または沈降）する際に発生する。このような巨大津波を引き起こした大地震には、ほかにチリ地震（1960年）、スマトラ島沖地震（2004年）などがある。いずれも多くの人命を奪う大災害となった。

これらマグニチュード9クラスの大地震によって引き起こされる、巨大で広範囲に及ぶ津波を本プロジェクトでは「メガ津波（Mega Tsunami）」とよぶ。メガ津波から人々を守るには、到達時刻やその波高を正確に予測することが欠かせないが、比較的小さな津波を対象としている現在の予報システムでは、その実行は難しい。メガ津波に特有の「ソリトン分裂」などの現象が、

そもそも考慮されていないからである。本プロジェクトにより、メガ津波の正確な予測と科学的根拠に基づく防災に、初めて道が開かれる。

3. 背景と課題

気象庁の津波予報は、津波を引き起こす地殻変動の特定を前提としている。そのため、地殻の変動が広範囲にわたるメガ津波の予報精度は、マグニチュード8以下の地震による大津波に比べ、きわめて低くなってしまふ。また、3分という短時間で予報を出さなければならないこと、津波計による波源推定の難しさから、メガ津波発生時には、既存の予報システムは機能しないと考えられる。この難点を解決するため、本研究プロジェクトでは、震源の推定を必要としない、沖合における津波の初期波形の迅速な検知に基づいて予報を行う新たなシステムを構築することを目的とする。

2011年の東日本大震災で堤防を越えた流れ（越流）は甚大な氾濫被害を引き起こし、また、全延長300kmの海岸堤防のうち、実に190kmが全壊・半壊してしまった。その後の調査や分析に基づき、想定すべき津波の大きさを「レベル1」「レベル2」の2段階に分け、巨大な津波の際にもできる限り堤防としての機能を保ち続ける「粘り強い堤防」をつくるための検討などが進められている。しかしながら、その一方で、越流する津波に対して堤防などの沿岸防護施設がどのような効果をもち、どこに限界があるのかといった点についての評価手法は十分に整理できていない。そして、東日本大震災の後に取られた対策の多くは、「なぜ大津波警報が発令されたのに住民は避難しないのか？」という根源的な疑問を解決せずに提案されているのが現状である。

4. 到達目標

本プロジェクトでは、既存の津波予報システムや警報システム(気象庁)の問題点、計画されている防災・減災対策案などの問題点を、社会心理学的・組織社会学的な観点も含めて多角的に分析することで、より多くの人々から信頼される、メガ津波の発生予報システムを構築することを目標とする。過去の巨大津波を、高度なシミュレーション技術で再現した上で、沖合での津波検出に基づく予報・警報システムと堤防越流を考慮した氾濫予測に基づく避難計画を実証し、災害時の人間心理に配慮した情報発信のあり方を提案する。

5. 研究計画

本プロジェクトは以下の四つのサブプロジェクトから構成される。

- ① 超スーパーコンピュータを使用した沿岸部へのメガ津波伝播の高精度・高速予測(非線形津波予測モデル NLHRM の構築)
- ② 沖合における津波の早期検知に向けた観測システムの構築とその NLHRM への組み込み
- ③ 沿岸域での津波の挙動と「粘り強い堤防」の設計(堤防の設計とその機能の検証)、ならびに、氾濫域における被害想定と防災・減災の対策(氾濫域における防災・減災)
- ④ 社会心理学的・組織社会学的な観点からの津波警報や避難、教育に関する提案(社会心理学・組織社会学的な観点)

①～③の科学的・技術的なサブプロジェクトに取り組む際にも、住民の安全を守るために必須の社会科学的な観点④を十分に考慮する。これにより、現実的で実際に機能しうるシステムを構築していく。目指すのは、観測データに基づく実況を重視し、震源の特定を必要としない、沖合での津波初期波形の検知と超スーパーコンピュータの使用とを組み合わせた予報システムの構築である。

以下に各プロジェクトの概要を記す。

- ① 震源から沿岸部までの津波の早期検知と伝播到達の高精度・高速予測
気象庁津波予報は地殻変動初期値の特定を前提とす

るため、モードゼロの巨大地震で起きる巨大津波に対する予報精度は、M8 以下の地震による大津波に比べ、極めて精度が低い。また、3 分という津波予報時間の弊害、津波計による波源推定の難しさ、津波観測と即時解析の軽視などから、既存の予報システムは巨大津波発生時には機能しないと考えられる。そこで、本研究では震源の推定を必要としない、沖合での津波観測に基づいて予報を行うシステムの構築を目指す。その際、200 m を超える水深での非線形性も考慮した津波伝搬モデル構築も検討し、沖合での津波流速予報、さらに、沿岸モデルによる湾固有の振幅増大係数などのデータベースを作成する。防災情報の説得力という観点からは、「予報」ではなく、観測データに基づく「実況」を重視したシステムとする。非線形性を考慮した津波伝搬シミュレーションは、地球シミュレーターや京を駆使して、高解像度化・高精度化を図る。津波現場観測は、水位変動だけではなく流速にも着目し、係留ブイ、海底設置センサー、リモートセンシング、衛星海面高度計等を活用した、統合的な観測網を立案する。

- ② 岸部での津波の挙動と粘り強い堤防の設計、堤防機能の検証

2011 年東北津波において堤防を越流した津波は甚大な氾濫被害を引き起こすとともに全延長 300 km の海岸堤防のうち、実に 190 km を全壊・半壊した。各種調査・分析にもとづき、二段階の津波レベル設定(レベル 1 および 2) やそれに対する粘り強い堤防構造の検討などが進められているが、越流する津波を対象とした沿岸防護施設の役割と限界の評価手法は十分に整理できていない。サブテーマ②では、越流を伴うレベル 1 以上の津波に対する堤防の減災効果に着目し、事例分析と数値解析、室内実験に基づき、その定量的な評価・検証を行う。

- ③ 氾濫域における被害想定と防災・減災

堤防の越流を前提としたレベル 1 以上の津波を対象に、氾濫域における総合的な減災策を講じる。まず、サブテーマ②で明らかにする堤防の粘り強さと越流する津波の減衰機能に基づき氾濫域における津波の水理特性を推定し、氾濫域における人的被害や建築構

造物の倒壊、漂流物、危険貯蔵施設の被災や危険物流出など、想定される様々な被害やリスクの時空間分布を詳細に評価する手法を構築する。最後に、地域との連携により、土地利用や交通網、避難計画や警報など、氾濫域におけるハード・ソフト両面による統合的な防災・減災策を講じる。

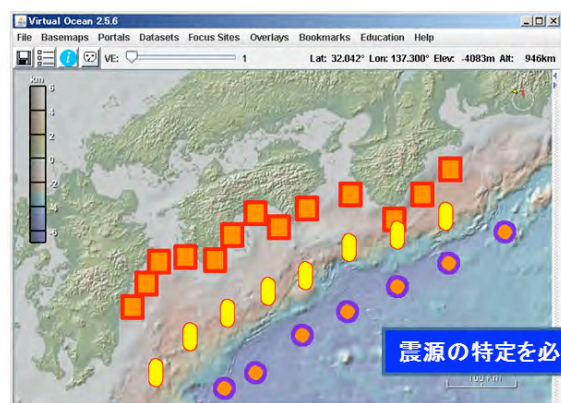
④ 社会心理学的・組織社会学的な観点からの津波警報や避難、教育に関する提案

2011年東北地方太平洋沖地震津波後に取られた多くの対策は、「なぜ大津波警報が発令されたのに、住民は避難しないのか？」という根源的な疑問を解決せずに策定された。大津波警報が発令され、津波来襲まで30分もの時間的余裕が有りながら、なぜ人間は避難しようとしなかったのか、その社会心理学的原因を解明し、機能する津波防災のあり方を検討する。また、大震災時には個人ではなく、組織自体が機能しなくなることが有る。そのような組織社会学的な視点からも、既存のシステムを分析する。以上のような観点から、

警報システム、避難システムの方向性を定め、地域との連携により、予報、堤防の設計と、防災・減災、情報発信などが、一体となって機能しうるシステムの構築を目指す。

6. 期待される成果

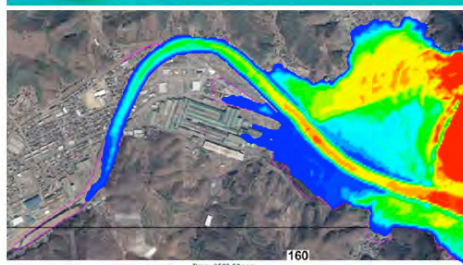
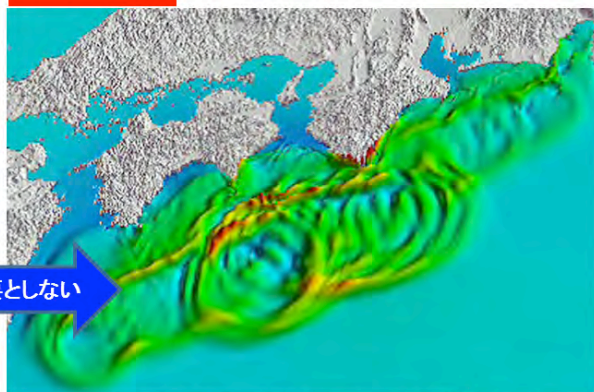
- ・観測データに基づく実況を重視し、震源の推定を必要としない、沖合津波観測に基づく予報システムの提案
- ・多拠点での同時観測を可能とする、安価で実用的な観測手法の確立
- ・越流を前提とした粘り強い堤防の要件の解明と堤防による減災機能の定量化
- ・堤防や、減災対策工などのハード対策と避難計画などのソフト対策の統合による減災策の定量的な効果検証と地域性を考慮した最適減災対策の提案



係留ブイ、海底設置センサー、リモートセンシング、衛星センサー等の統合的活用によるリアルタイムモニタリング

情報発信

実況中継



遡上予測

<http://ws3-er.eng.hokudai.ac.jp/dpr/?p=1050>

図2：メガ津波観測システム・伝播シミュレーション・防災減災システムのイメージ図

海洋の利用に関する合意形成手法の開発

道田 豊（大気海洋研究所）

1. はじめに

海洋は、漁業から再生可能エネルギー開発、交通、レジャーなどにいたる多くの面で利用されている。多様化が進むこれらの利用のどれにどの海域を割り当てるか、持続的に利用できる管理方法はどのようなものか、ときに利害が絡んで対立する海洋の利用・管理を調整するためにかかせない合意形成手法の確立が重要課題になっている。特に、2011年の震災を一つの契機として海洋の再生可能エネルギー利用の取り組みが盛んになる中、個々のケースにおける対応をきちんと行うことと同時に、より見通しのよい方策の検討を行う必要が生じていると思われる。

海洋の持続的な利用や生態系の保全を理想的には両立させて実現するための考え方、実施の枠組みを「海洋空間計画(Marine Spatial Planning)」と呼び、すでに欧米などで試行されている。しかしながら、例えば欧米諸国と日本では沿岸漁業の管理を巡る法体系が異なる（すなわち欧米は漁獲枠を政府が漁業者に配分する方式であるのに対して日本は漁業操業が可能な海域を漁業者に割り振る方式である）ため、欧米の成功事例をそのまま日本に適用することが難しい状況がある。従って、海域の利用の仕方を調整する手法の枠組みとして海洋空間計画を日本でも実現するためには、海の利用に関する各国の自然条件の違いや、社会制度などの違いについて、文理両面にわたる情報の収集と共有を行い、海の利用の仕方や法体系など日本に特有の事情を考慮することなどが欠かせない。

2. プロジェクトの目的

上述のことなどを前提に、利害の調整を経て合意を形成することが、持続可能な合意形成の枠組みとなる。本研究プロジェクトでは、日本で海洋空間計画を実現するために必要な合意形成の手法、それに必要な海洋

情報の収集と共有の方法などについて、自然科学、社会科学の両面から検討し、具体的事例についてケーススタディを行って議論を深める。研究結果は、関係自治体などに活用されるよう、提言、ガイドラインなどの適切な形にまとめ、社会に向けて広く発信することを目指す。

3. プロジェクトの研究計画

本研究プロジェクトは以下の三つの要素で構成される。

- ①海洋利用の合意形成や海洋情報の収集・共有に取り組む諸外国などの調査
- ②海域の利用調整に影響を与える多様な要素のケーススタディ
- ③合意形成手法の開発と海洋空間計画の確立

プロジェクトのアウトプットとしての狙いは③にあり、そのために欠かせない研究が①と②であると位置づけられる。とくに②と③は日本に特徴的な自然的・社会的状況を考慮する必要があり、学際的なチームにより研究を進めることとしている。端的に言えば、「日本版の海洋空間計画の確立を目指す」ということである。ラフながら年次計画を表に示す。

海洋空間計画の基本的な進め方について、対象海域が設定された後、生態系や海洋利用に関する情報を網羅的に収集し、その情報を基盤として利害が対立する可能性のある関係者が同じ「土俵」で検討を行うことが本質である。計画が策定されたのちも実施状況を常時監視し、結果の評価を行うことが必要であるとされる。一連の作業の最初から最後まで利害関係者が参画し、種々の調整を行いながら進めることになる。

具体的なケーススタディの例としては、風力発電所を漁業権設定海面に設置する場合に生じる問題（海洋

再生可能エネルギー) や、日本特有の森川海を連関した循環型社会に関する発想を踏まえた問題(沿岸生態系保全と水産業)などが想定される。また、日本の沿岸域では欧米諸国以上に利害が輻輳している現状があり、先人の知恵も多く存在する。これらを踏まえて、日本における最適な合意形成手法の開発を行い、さらに、これが他のアジア諸国などにおいて適用可能かどうかなども考察を行うこととしている。

以上に向けて、学内の複数の関係部局(大気海洋研究所、公共政策大学院、農学系等)から複数の関係教員等が参画するほか、主として調査研究の取りまとめ及び政策・制度面の検討等を担当する特任教員1名が既に着任している。さらに特任研究員1名の雇用を行い、学際的かつ効率的に研究を進める。

ユネスコ政府間海洋学委員会(IOC)は2009年に海洋空間計画に関する調査資料をまとめた。IOCでは同委員会を取り巻く国際情勢の変化に伴い、IOCが推進してきた海洋観測や研究による成果をこれまで以上に社会における諸問題解決に役立てようとする動きが重視される傾向が強くなってきており、海洋空間計画はその一つの形態と位置づけられる。

我が国では、2007年の海洋基本法成立を受けて2008年に策定された「海洋基本計画」において、「海洋情

報の一元化」が当面の重要課題の一つとされ、総合海洋政策本部事務局や海上保安庁が中心となって、海洋情報クリアリングハウスの構築、海洋台帳の整備が進められてきた。これら我が国の海洋情報の一元化に向けた取り組みの推進にあたり、開始当初に海洋空間計画がどの程度視野に入れられていたか定かではないが、生態系や海洋空間利用に関する情報をまず整備するという、海洋空間計画の成否の鍵を握ると思われる部分について、すでに組織的に着手されている意味は大きい。本研究プロジェクトを進めることは、海洋情報クリアリングハウス、海洋台帳の具体的活用例としての意義も大きいものと思料する。

4. おわりに

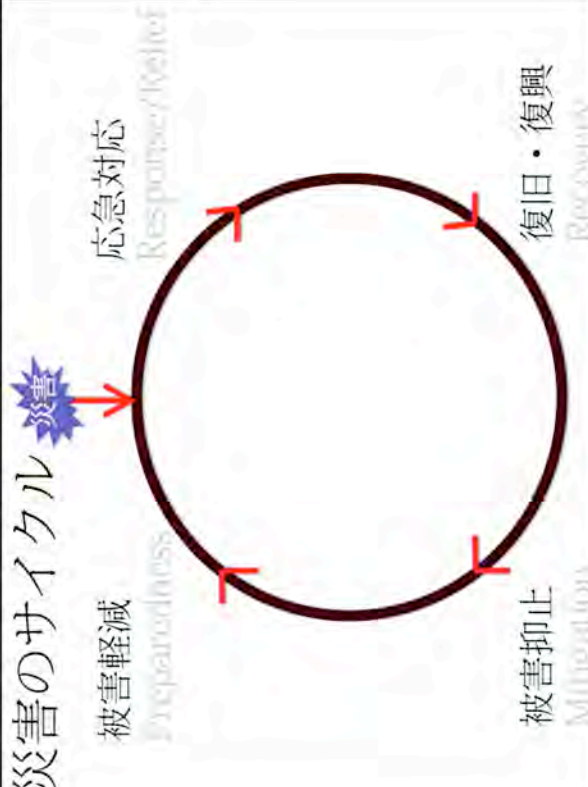
この研究プロジェクトは、日本財団の支援を得て実施する「海洋国家日本を支える人材の育成と社会的課題を解決するための研究およびその情報発信」の3つのプロジェクトの一つとして進めるものである。本プロジェクトの意義及び重要性に対する日本財団のご理解とご支援に感謝申し上げます。研究は開始されたばかりであり、今後の展開については、日本財団をはじめ関係各位のご助言を得て進めたいと考えている。

年次計画線表

研究課題	平成26年度	平成27年度	平成28年度
課題① 先行事例調査 海洋情報調査	←————→		
課題② ケーススタディ	←————→		
課題③ 提言取りまとめ	←————→		

津波被災集落における復興デザイン

窪田亜矢 (工学系研究科)

<p>津波被災集落における復興デザイン</p> <p>20140721@海洋アライアンス 東京大学地域デザイン研究室 復興デザイン研究体 特任教授：窪田亜矢ak@td.t.u-tokyo.ac.jp</p>	<p>復興デザイン←減災←防災</p> <p>防災＝なるべく被害が起きないようにする (災害リスクはゼロにできる)</p> <p>減災＝被害が起きる事は前提、それを如何に抑制できるかが重要。予防力+回復力</p>
<p>災害のサイクル</p>  <p>被害軽減 Preparedness</p> <p>応急対応 Response/Relief</p> <p>復旧・復興 Recovery</p> <p>被害抑止 Mitigation</p>	<p>復興デザイン</p> <ul style="list-style-type: none">・空間だけでなく、時間も重要 →循環する時間だけでなく、次の世代へ・空間だけでなく、社会的ネットワーク →両者の間には呼応関係がある 不確実なことに適切に対応する力

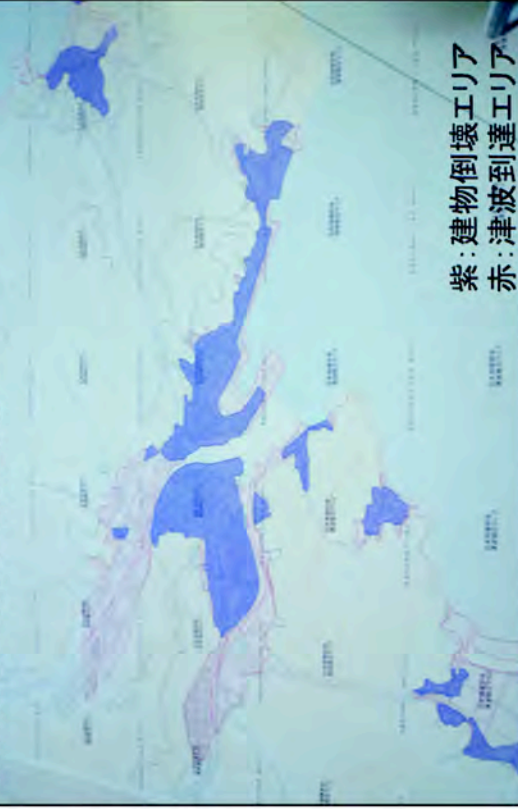
レジリエンス Resilience

- 1) 災害に対する抵抗力の強化、減災手段の導入
- 2) 災害後の復元力の向上（災害管理の改善）
- 3) 変化への適応（より良い復興に向けたシステムの適切な対応）



町民15,277人:H22 (大槻町発表2011.10.28)

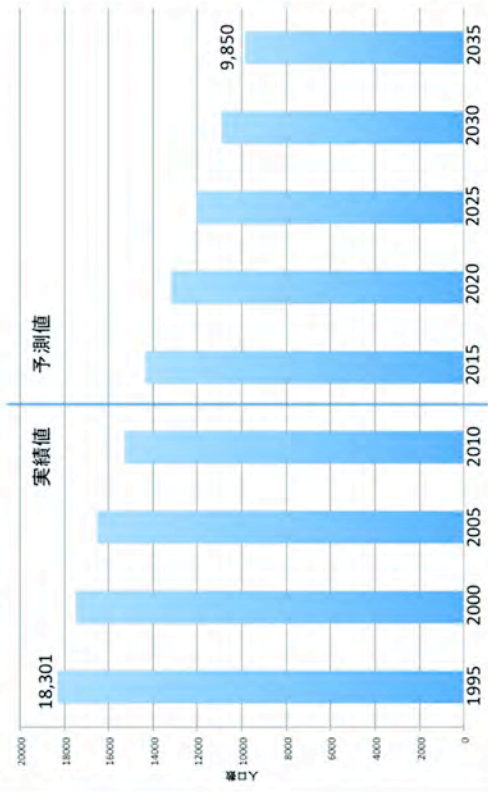
死者802名、行方不明者520名



紫：建物倒壊エリア
赤：津波到達エリア

大槻町の人口変遷

推計・国立社会保険・人口問題研究所



港町宅地造成着手

臨時議会にて特別条例予算可決

- 臨時議会三日開議中は、大槻町議会、特別条例案を可決
- 町民は臨時議会三日開議中、町議会に出席し、町民の意見を述べた

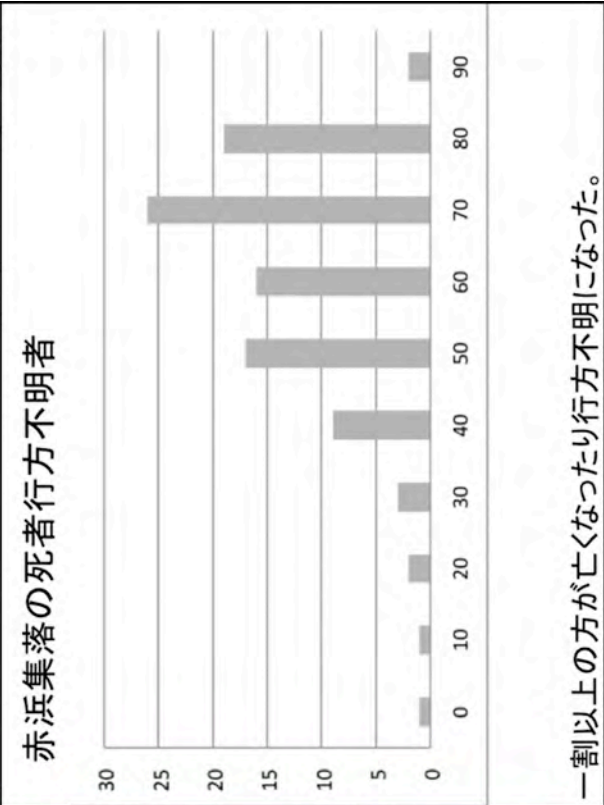
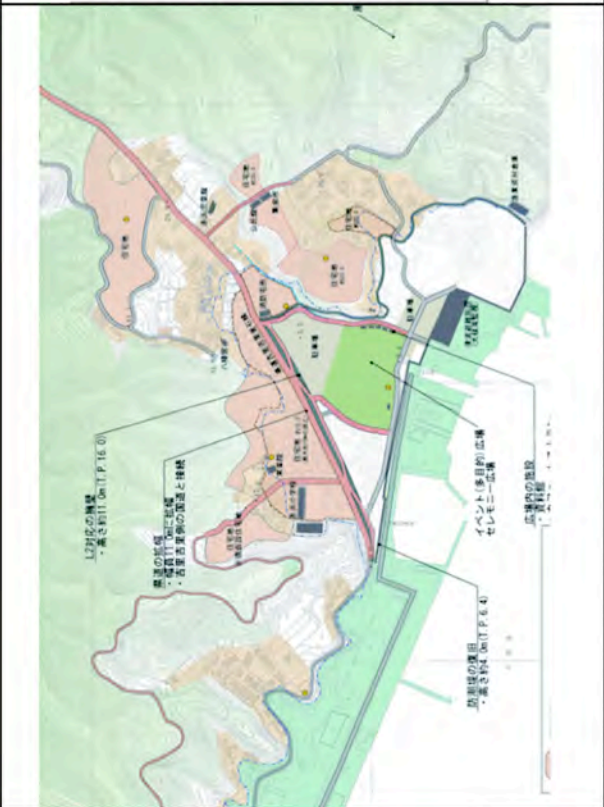
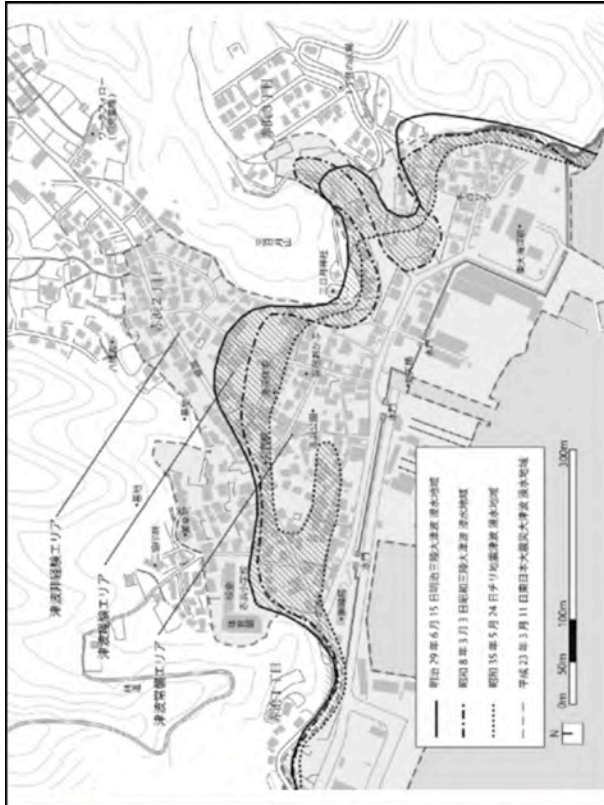
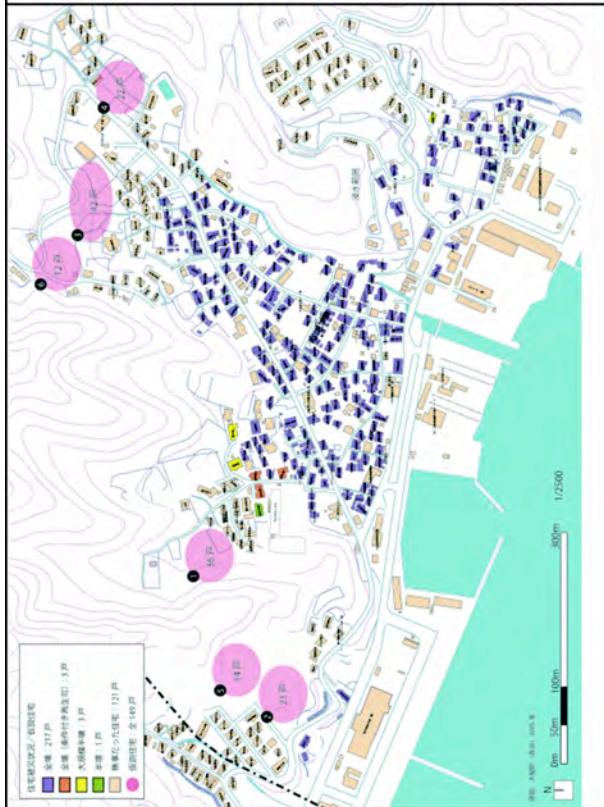
大槻町議会三日開議中は大槻町議会、特別条例案を可決し、町民は臨時議会三日開議中、町議会に出席し、町民の意見を述べた。



大槻町議会三日開議中は大槻町議会、特別条例案を可決し、町民は臨時議会三日開議中、町議会に出席し、町民の意見を述べた。

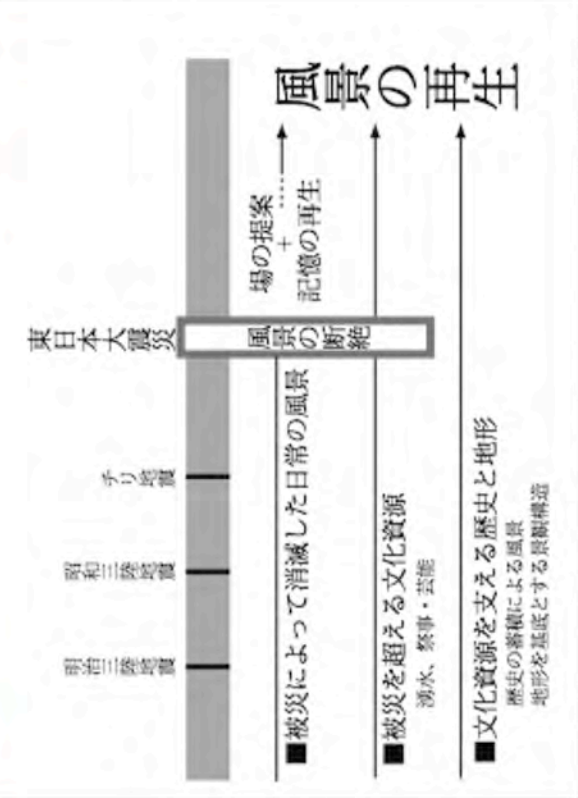
町議は臨時議会三日開議中、町議会に出席し、町民の意見を述べた。

図 1-13 港町宅地造成着手を報じた大槻町報1965年9月号





大槌町赤浜地区住民3.11大地震直後の軌跡
赤浜公民館2013.3



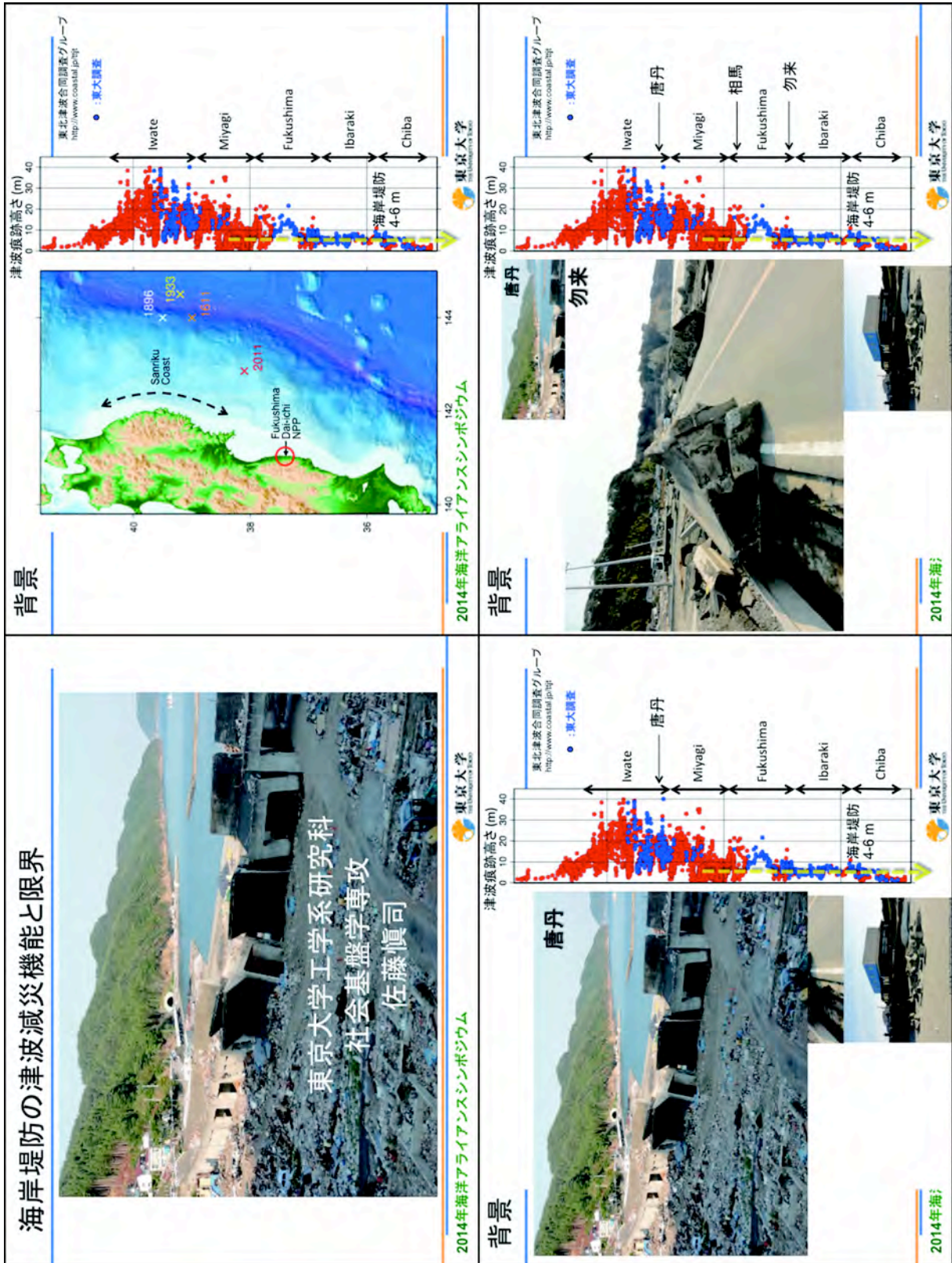
復興デザイン

← 災害文化

- 空間だけでなく、時間も重要
→ 循環する時間だけでなく、次の世代へ
- 空間だけでなく、社会的ネットワーク
→ 両者の間には呼応関係がある
不確実なことに適切に対応する力
→ 磨く必要がある

海岸堤防の津波減災機能と限界

佐藤慎司 (工学系研究科)

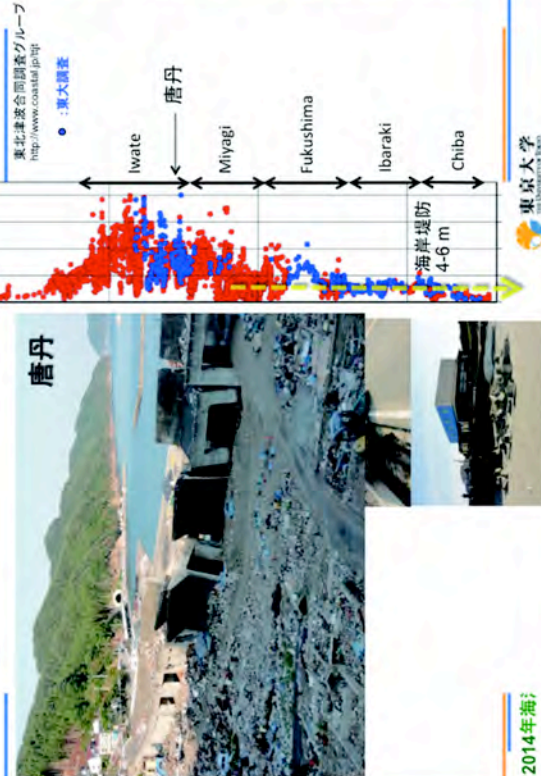


海岸堤防の津波減災機能と限界



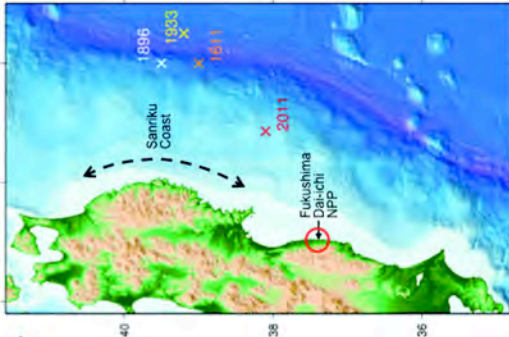
2014年海洋アライアンスシンポジウム

背景



2014年海

背景



2014年海洋アライアンスシンポジウム

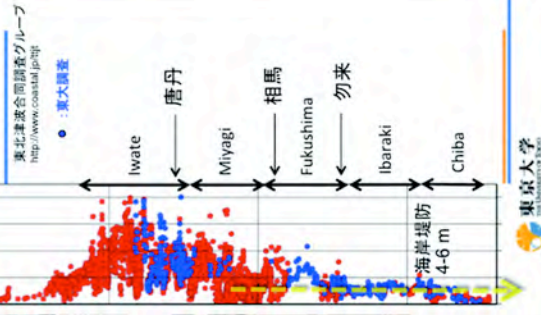
背景



2014年海

2014年海洋アライアンスシンポジウム

背景



2014年海

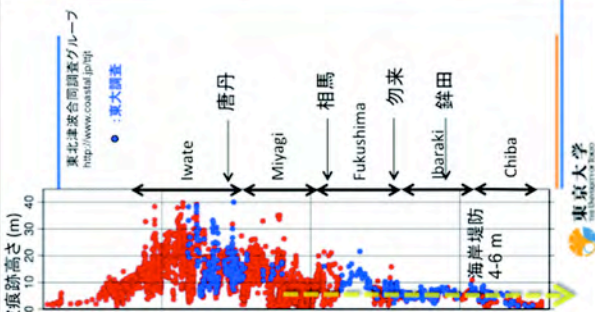
2014年海洋アライアンスシンポジウム

背景



2014年海

背景



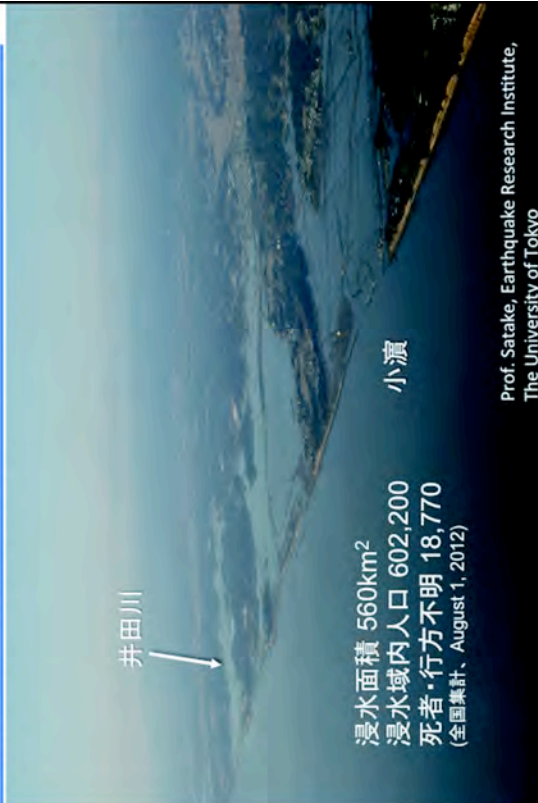
Tsunami Photo Archive
<http://grene-city.csis.u-tokyo.ac.jp/>

南相馬で全壊した海岸堤防



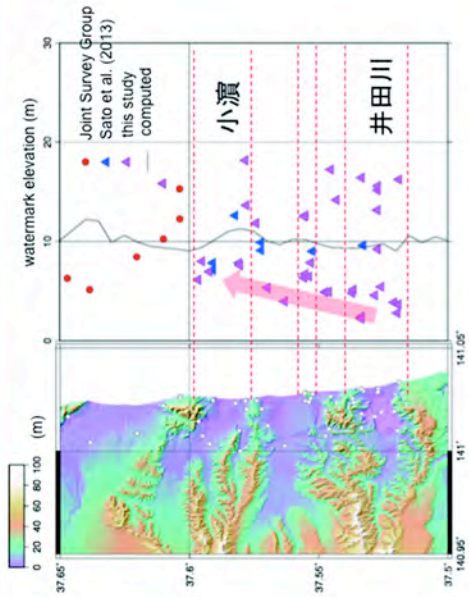
半壊した堤防区間

南相馬 (March 12, 2011)

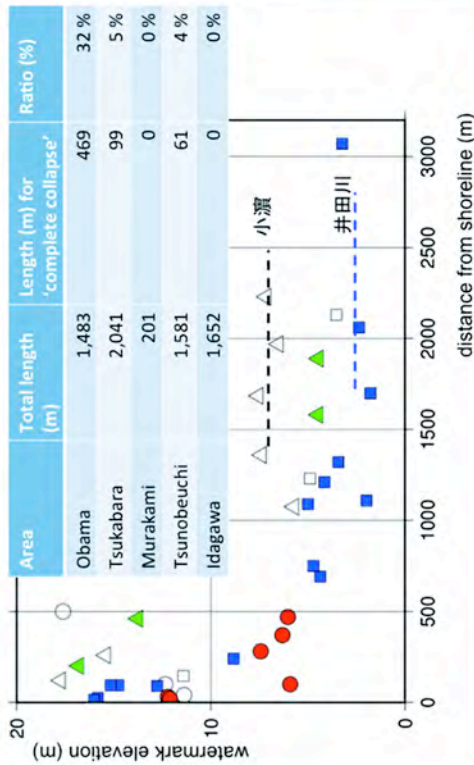


Prof. Satake, Earthquake Research Institute,
 The University of Tokyo

津波浸水高さ(南相馬)



全壊まで至らない堤防の減災機能(南相馬)



2014年海洋アライアンスシンポジウム



海岸堤防の高さと浸水被害(福島県勿来海岸大島地区)



2011-4-10, Tsunami Joint Survey Photo Archives (GRENE-City)

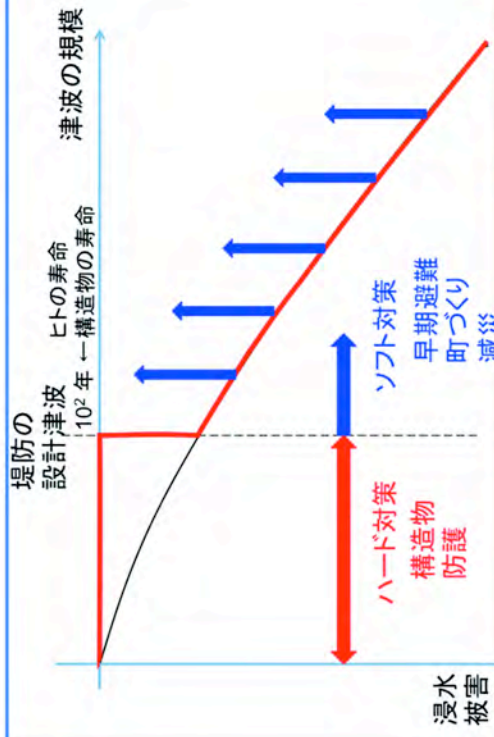


海岸堤防の高さと浸水被害(福島県勿来海岸)



2014年海洋アラ

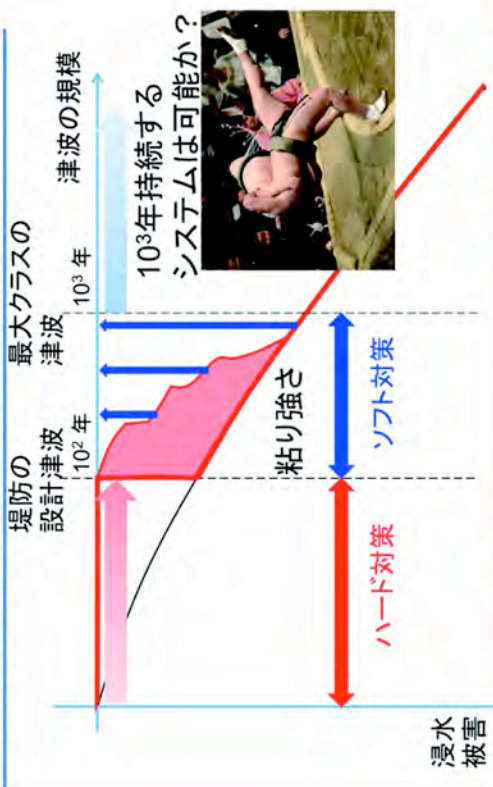
総合的な津波防災(=ハード+ソフト)



2014年海洋アライアンスシンポジウム

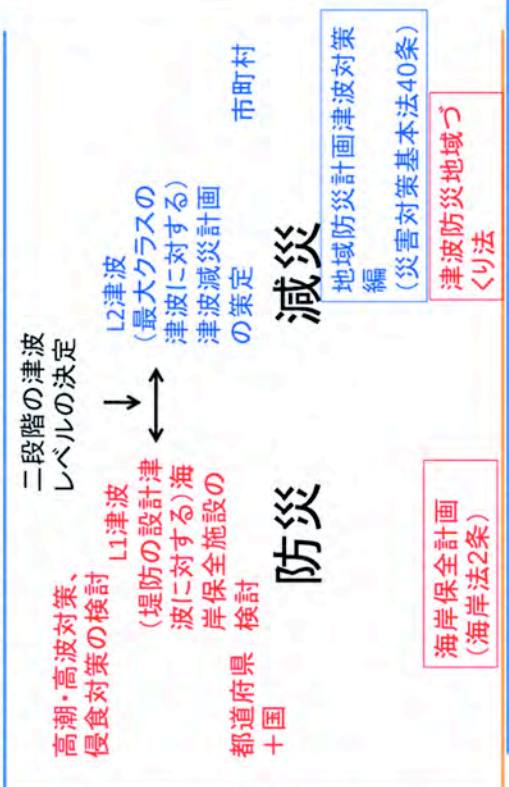


総合的な津波防災(=ハード+ソフト)



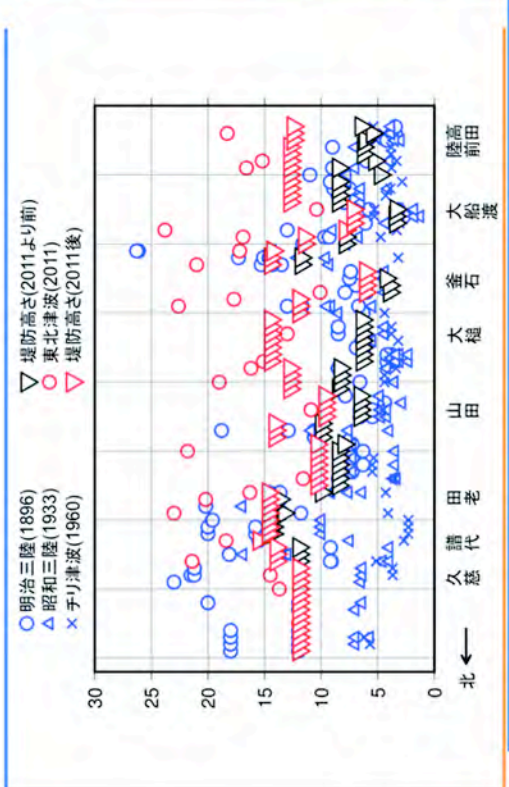
2014年海洋アライアンスシンポジウム
東京大学

今後の津波防災(=ハード+ソフト)



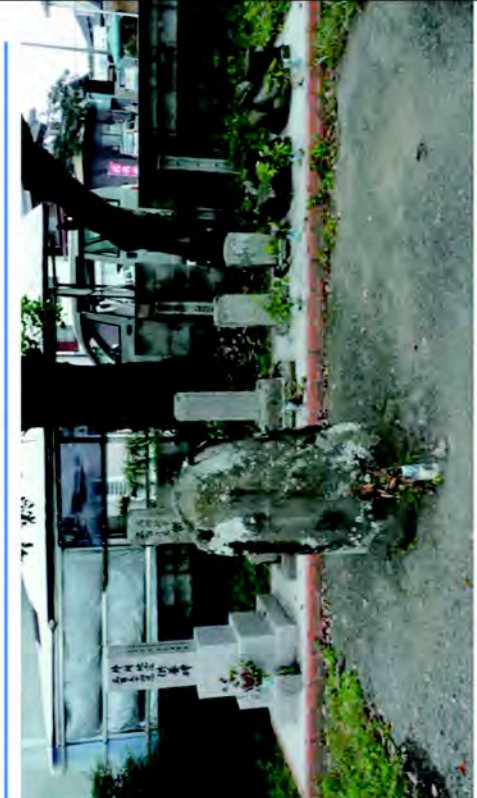
2014年海洋アライアンスシンポジウム
東京大学

岩手県の津波と海岸堤防



2014年海洋アライアンスシンポジウム
東京大学

外所(とんころ)地震(1662)の伝承



2014年海洋アライアンスシンポジウム
東京大学

南鳥島 EEZ のレアアース泥鉱床開発による日本の成長戦略

加藤泰浩（工学系研究科エネルギー・資源フロンティアセンター，
独立行政法人海洋研究開発機構）

1. レアアースの重要性と資源問題

レアアース（希土類元素）とは、元素周期律表第Ⅲ族に属する元素番号 57 の La から 71 の Lu までのランタノイド 15 元素の総称である。同じ第Ⅲ族の元素番号 21 の Sc と元素番号 39 の Y を加えた 17 元素を指す場合もある。また、La から Eu までの 7 元素を軽レアアース、Gd から Lu までの 8 元素を重レアアースと称する。レアアースは、素材原料として用いることで、極めて独特な磁気特性および光学特性を発揮する。例えば、その磁気特性を生かした素材としては、ハイブリッドカーのモーター、風力発電の発電機などに幅広く使用されている Nd-Fe-B 磁石がよく知られている。Nd-B-Fe 磁石は重レアアースの 1 つである Dy を添加することで耐熱性を大きく向上させられるので、資源としての希少性が高い Dy は極めて重要なレアアースの一つとされている。光学用途としては、Eu や重レアアースの Tb、Y が優れた蛍光特性を持つことから、LED 電球や液晶テレビのバックライト、三波長形蛍光灯などに用いられている。また、近年では PET 用のシンチレータや MRI 造影剤、インフルエンザ治療薬の合成触媒などの医療分野でも用途が拡大しており、現代社会にはまさに欠かすことのできない資源といえる。

レアアースは我が国の最先端産業を支える非常に重要な資源であるが、90%以上が中国で生産されている。中国は 2005 年以降、自国資源の長期的保護や環境保全などを目的として、採掘量規制や輸出量規制、輸出

関税の導入など規制強化政策を推進しており、レアアースの供給不足や価格急騰が大きな問題となってきた。最も顕著な事例は、2010 年 9 月の尖閣諸島沖での漁船衝突事件をきっかけとしたレアアースの輸出停止・制限措置である。この措置は日本だけでなく欧米にも適用されたため、世界中に“レアアースショック”を与えた。こうしたレアアース問題に対して、我が国は資源外交による新規鉱床の開発や権益の確保、削減・代替技術の研究、リサイクルの推進、重要度の高いレアアースの備蓄などの対策を進めているが、レアアースの資源リスクを縮小するには至っていない。

2. レアアース泥の発見

このような状況の中、我々の研究グループは、太平洋の 4,000m 以深の深海底にレアアースを高濃度で含有する泥（レアアース泥）が広範に分布していることを発見した[1]。我々が発見したレアアース泥は、(1) 中国のイオン吸着型鉱床より高いレアアース含有量（特

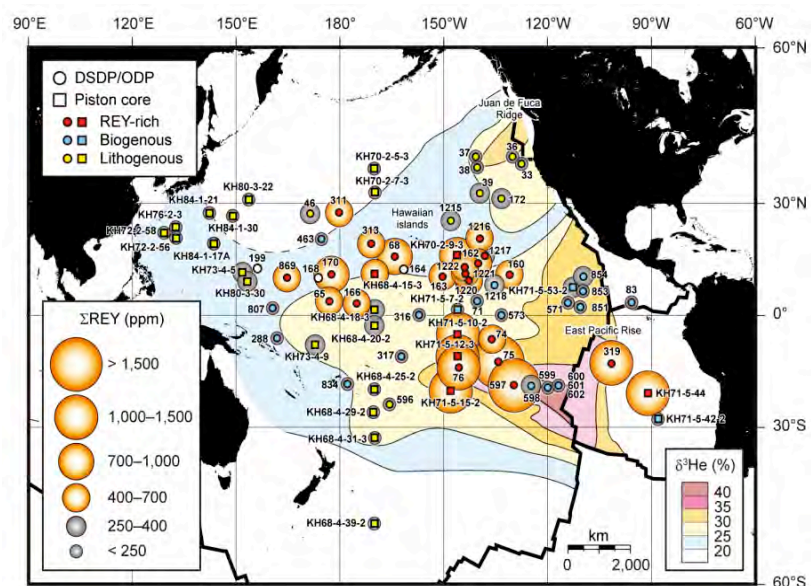


図 1 太平洋におけるレアアース泥の分布 (<2m の表層)[1]

に重レアアース含有量)を持つこと, (2) 資源量が膨大なこと, (3) 探査が極めて容易なこと, (4) 開発の障害となるトリウムやウランなどの放射性元素をほとんど含まないこと, (5) 希塩酸などで容易にレアアースが抽出可能であり, 製錬が極めて容易なことなど, まさに夢のような海底鉱物資源といえる。

太平洋全域におけるレアアース泥の分布を見ると, タヒチ周辺の南東太平洋 (5–20°S, 130–150°W) とハワイを中心とした中央太平洋 (3–20°N, 130°W–170°E) において, 高いレアアース含有量を持つ堆積物が広く分布している (図 1)。南東太平洋においては, 中国南部のイオン吸着型鉱床の 2 倍以上のレアアース含有量 (重レアアース含有量に至っては約 5 倍) の泥が層厚 2–10 m 程度の厚さで分布している (図 2)。一方, 中央太平洋のレアアース泥は, レアアース含有量こそ南東太平洋に比べると低いものの, 最大 70 m の厚さ (平均 23.6 m) にも達することがわかった (図 2)。この 2 つの海域の資源量を計算してみると, 現在陸上に存在するレアアース埋蔵量のおよそ 1000 倍にもなる。膨大な化学分析データを独立成分分析で解析した結果, レアアースを濃集させた主なメカニズムは, 中央海嶺の熱水活動で放出された鉄質懸濁物質により海中のレアアースが吸着されたことであると判明した。また, 最新の研究成果から, 現在の堆積物中でレアアースと直接結合している主要鉱物相はアパタイトであることも明らかになった[2]。このことから, 熱水性鉄質懸濁物質などにより泥中にもたらされたレアアースの多くは最終的にアパタイトに濃集し, レアアース泥を形成すると考えられる。レアアース泥に含まれるレアアースはアパタイトのような耐酸性の弱い鉱物相に保持されているので, 希塩酸や希硫酸に室温で 1 時間程度浸すだけで, ほとんどすべてのレアアース

を抽出することが可能である[1, 3]。

3. 南鳥島 EEZ 内のレアアース泥

レアアース泥は我が国の EEZ である南鳥島周辺海域にも存在することが, 講演者らにより 2012 年 6 月末に発表された[4]。南鳥島は約 1 億 2 千万年前に現在のタヒチの近くで生まれた島であり, プレート運動に伴い, 現在の位置まで移動してきた。我々は, 南鳥島が移動する間にレアアース泥が形成される海域を通過していることから, 基盤のチャートの上にレアアース泥が堆積していると予想し, 南鳥島周辺海域から採取された堆積物コアの全岩化学組成分析を行った。その結果, 南鳥島周辺の EEZ 内に Σ REY が 500–1,700 ppm に達する高濃度のレアアース泥が存在することを突き止めた。次いで我々は, 海洋研究開発機構 (JAMSTEC) と共同で, 2013 年 1 月下旬に深海調査研究船「かいわれ」による KR13-02 調査航海 (首席: 飯島耕一) を南鳥島南方海域で行い, ピストンコアラを用いて 6 地点 (いずれも水深約 5,700 m) から 7 本の堆積物コアを採取した (図 3)。その結果, PC05 において Σ REY が 6,500 ppm を超える「超高濃度レアアース泥」が発見された[5,6]。この超高濃度レアアース泥は, 太平洋レアアース泥の最高濃度 (2,230 ppm) の 3 倍に

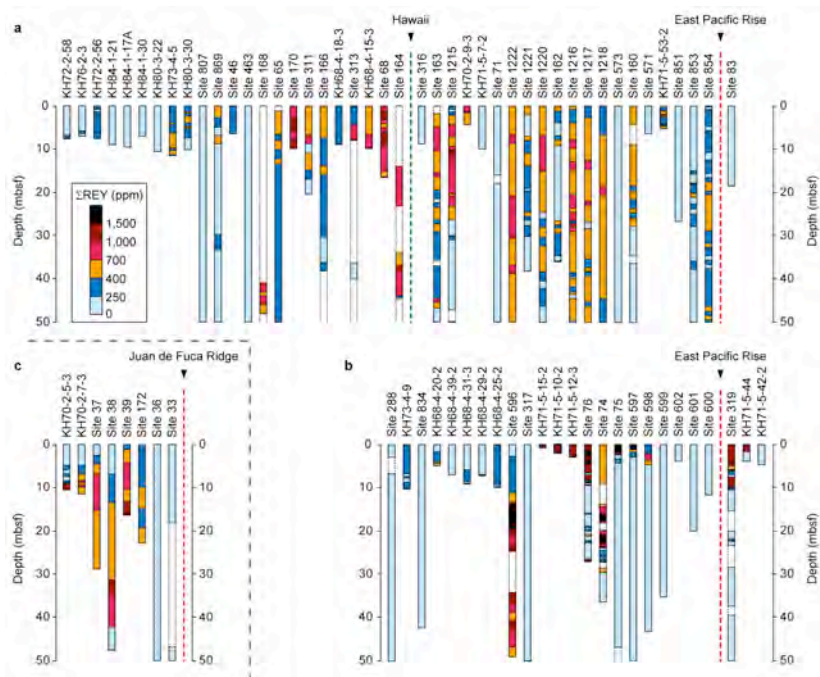


図 2 太平洋におけるレアアース泥の深度分布[1]

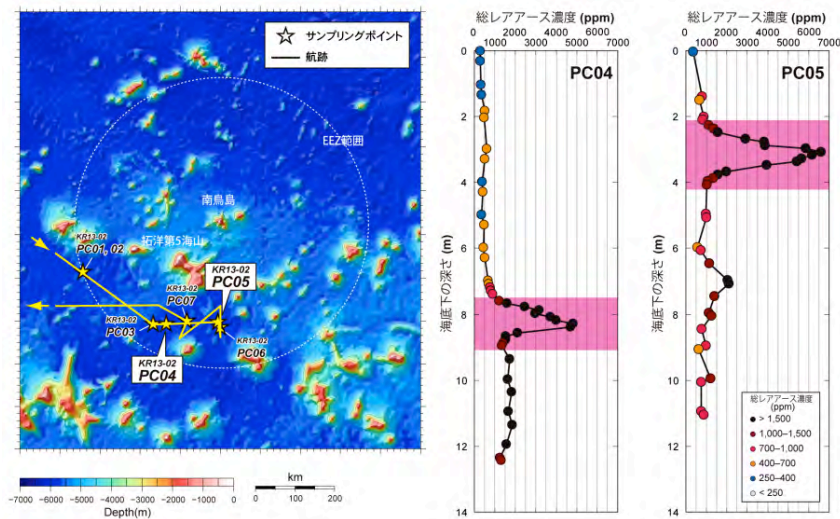


図3 南島島 EEZ 調査地点と超高濃度レアアース泥[5]

達する世界最高濃度のレアアース泥である (図 3)。また、最も重要な重レアアースである Dy は 320 ppm を超えるが、これは中国南部のイオン吸着型鉱床の約 30 倍に相当する。さらに、この超高濃度レアアース泥は海底面に近い部分 (海底面下 2~4 メートル) に分布しており、資源開発の際に極めて有利であることも確認された。また、本航海では船上のサブボトムプロファイラ (SBP) を用いた音響による海底表層部の地層探査を実施した。その結果、SBP によって得られた地下構造イメージはレアアース濃度の深度分布やコアの岩相変化とよく対応しており、レアアース泥の出現深度や厚さについての情報を船上から効率的に推定できることが確認されている[7]。

4. レアアース泥の開発システム

レアアース泥の開発システムについては、我々と共同研究を行っている三井海洋開発 (MODEC) によって、現在運用中の海底石油開発技術を応用した開発システムが提案されている (図 4)。レアアース泥揚泥のためのリフトシステムとして提案されているのは「加圧式エアリフト」という新技術である。これはあらかじめ船上で高圧をかけることでライザー管内の空気膨張を抑制し、海面近くまで上昇した圧縮空気の膨張に

よるライザー管の閉塞や劣化を防ぐ技術である。シミュレーションによれば、スラリーの流量は最初の 1 時間程度で安定し、一日に十分な量のスラリーを連続して揚泥することが可能である。また、深海底に通常のライザー管を下ろした場合、波の波長とライザー管の伸縮の固有周期が一致することによる船の振動やライザー管の破断といった危険性

が考えられるが、この問題に関しては、ライザー管径やその肉厚を途中から変化させることで、ライザー管全体の固有周期を意図的に短く保ち、波の周期とずらすことで対応可能である。揚泥されたレアアース泥は船上タンク内の希塩酸で処理され、レアアースが抽出される。この際、塩酸の希釈に海水を用いてもレアアースが抽出できることが既に報告されている[3]。また、抽出溶液には炭酸水素ナトリウムを、残泥には水酸化ナトリウムを添加するだけで簡単にレアアース炭酸塩を回収したり、中和処理 (無害化) を行うことが可能である。無害化された残泥は埋立資材や建設資材として転用可能であることが東亜建設工業や太平洋セメントにより提案されており、現在我々と共同で研究を進めているところである。さらに、講演者らにより、レアアース泥からレアアースホスト相であるアパタ

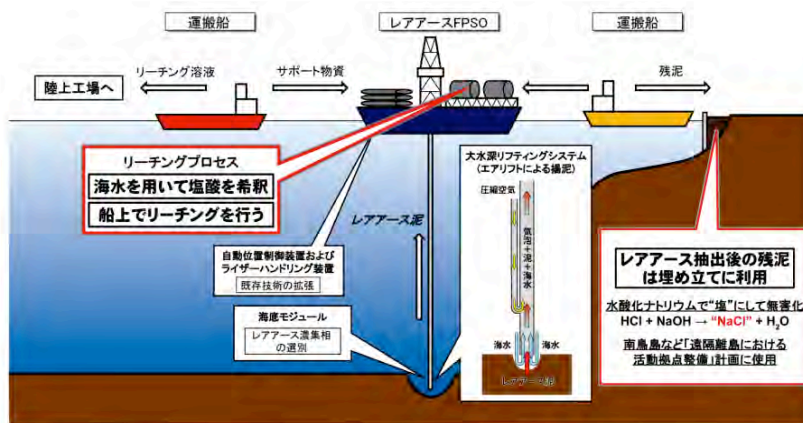


図4 想定されるレアアース泥開発システム[5]

イトのみを選別できることも確認されており、極めて効率のよい資源開発ができる可能性がある。

5. 日本の資源戦略

南鳥島 EEZ 内のレアアース泥開発が実現できれば、我が国にとってレアアース自給への道が開けることになる。開発に向けた最大の技術的課題は、水深が 5,000 メートルを超える深海底に存在するレアアース泥を大規模に揚泥することができるかどうかであるが、我々は加圧式エアリフトを用いた揚泥システムを用いて、年間約 300 万トンのレアアース泥を一艘の船で採ることを目指している。一方、レアアース泥の開発を行うことは深海底の広範囲を採掘することになるが、これに関しても (1) レアアース泥は環境が安定した広範な遠洋海域に分布するため、固有種が生育する可能性が低く、採掘後に生態系の復元が期待できること、(2) 深海の石油鉱床やメタンハイドレート、硫化物鉱床などとは違い、レアアース泥そのものは全く無害であること、(3) 効率的なエアリフトによる揚泥により、泥の巻き上げを抑えることができることなど、環境へのインパクトは最小限に止めることは十分に可能と考えられる。

現在のレアアースの国内市場規模は年間約 660 億円であり、その市場規模はベースメタルである銅と比べて約 1/50 と小さなものである。そのため、商社などの私企業にとってはあまり旨味のない資源であると

いえる。しかし、小さい市場であるからこそ、価格をコントロールする調整弁を握りやすい資源ということもできる。今まではこの調整弁は中国によって握られてきたが、南鳥島レアアース泥を開発できれば、日本がこの調整弁を握ることができるのである。現在はレアアースの消費者に過ぎない日本が将来のレアアース需給をめぐる情勢の中で存在感を発揮していくためにも、まずは南鳥島 EEZ について重点的な資源探査を展開することで、レアアース泥の資源ポテンシャルを把握し、その資源価値を正確に見極めていく必要がある。現在、レアアースは多種多様な製品群に使われており、我が国でのレアアース製品の経済規模は年間 5 兆円にも達する。これはレアアース原料の市場規模のおよそ 100 倍に相当する。南鳥島レアアース泥開発を実現させ、十分な量のレアアースを供給することができれば、既存のレアアース産業の更なる発展と新規のレアアース関連産業の創出を誘発し、日本再生の起爆剤になることが大いに期待される。

(引用文献) [1] Kato et al. (2011) Nature Geoscience, [2] Kashiwabara et al. (2014) Chemistry Letters, [3] 高谷ほか (2014) Journal of MMLJ, [4] 加藤ほか (2012) 2012 年度資源地質学会年会講演要旨集, [5] Kato et al. (2013) JpGU Meeting 2013, [6] Suzuki et al. (2013) JpGU Meeting 2013, [7] 中村ほか (2013) JpGU Meeting 2013.

海洋における課題解決への総合的アプローチ

山本光夫（海洋アライアンス）
木村伸吾（新領域創成科学研究科）

海洋アライアンスでは、海に関する総合的人材育成を目的として、本学が持つ最先端の海洋に関する知を構造化した分野横断型の「海洋学際教育プログラム」を実施している。このプログラムは、東京大学の5研究科と海洋アライアンスが共同で2009年4月より東京大学の大学院生向けに開始したものであり、2013年度までに380名の学生が参加（海洋学際教育プログラムへの登録）をしている。その中で、全登録学生が履修する必修科目となっているのが「海洋問題演習」である。

海洋問題演習は、分野横断的・学際的な思考の獲得および政策立案・問題解決能力を涵養する応用型の教育科目であり、海洋に関わる様々な政策課題への総合的なアプローチを具体的課題に即して学ぶことを目指している。実際の授業では、海洋に関わる諸問題について、「場の利用」「資源の利用」「安全な利用」のテーマから議論することとし、夏学期は講義、冬学期はそれに基づくグループワーク（演習）を行っている。夏学期の講義は、3テーマそれぞれについて学内外の

専門家及び実務関係者を招いて行われる。そして冬学期の演習は、講義で得た知識を基にして受講学生がテーマ毎に小グループに分かれて関係する課題を設定し、その解決に向けて様々な角度からの議論を展開する。ここでは専門の違いにとらわれず、問題解決に必要な知見を駆使して、学生自らが政策を立案することを目指している。

本セッションでは、昨年（2013年）度の海洋問題演習の中で、特に優秀な提案をした2グループの学生からの発表を行う。演習では、冬学期を前半・後半に分けることで、3つのテーマのうち2つを選択できるようにしている。今回の発表は、前半・後半それぞれで提案内容が優秀であったグループの中から、代表で1グループずつ報告する。また発表とともに、パネルディスカッションでは学生の斬新な提案に対して会場との率直な意見交換等を実施し、海洋における課題解決に向けた総合的アプローチの重要性について改めて考える機会としたい。

研究発表 1. 漁業と海上交通の干渉問題

川口真利奈（農学生命科学研究科）・佐藤隼（公共政策学教育部）・
橋本那音（工学系研究科）・南坂葵（新領域創成科学研究科）

背景・目的

瀬戸内海は、重要港湾に指定された港湾が多くあり、備前瀬戸航路、水島航路などさまざまな航路が設定されている海上輸送の要所である一方で、こませ網をはじめとする伝統的な漁業の盛んな地域でもある。こませ網漁とは、数隻の船が横並びになり間に網を張って操業する漁業であるが、航路上で漁が行われることに

よって瀬戸内海の航路はしばしば封鎖されるという課題も存在する。封鎖時には船舶は待機することを余儀なくされ、滞船料が発生するなどの経済損失が生じているほか、漁船と船舶の間の接触事故も多いのが現状である。この課題解決に向けた提言を作成することを目的として、本研究では、①待機船舶を減少させることで、経済損失の発生を抑制し、瀬戸内海水域の経

済発展を促すことと、②漁船と大型船舶の接触事故を防止することで安全な利用の実現に向けた対策を検討することにした。

調査結果

提言作成に向けて、こませ網漁と海上交通の現状と課題について文献調査と国土交通省へのヒアリング調査を実施した。その結果、待機船舶(①)の問題の原因として、こませ網の航路内での操業が許可されている一方で、大型船舶には航路内の交通が義務付けられていることが考えられた。これまでも、こませ網の操業中に限って航路外の航行を例外的に認めるよう要望書の提出などが行われているが、実現には至っていないのが現状である。接触事故(②)の原因としては、瀬戸内海では近漁業を実施する各県が独自に漁業調整規則を定めているため、浮標の大きさや形状が統一されていないことが挙げられる。このため、浮標の視認性が低いことが事故の危険性を高めていることが示唆された。また、事故の危険性を軽減させるために、瀬戸内海では船の速度制限が行われているが、こうした規制が効率的な海上輸送を妨げていることが指摘されている。しかし、安易な規制緩和が事故の発生につながるとして対策は進んでいないことが明らかになった。この調査結果を踏まえて①②について以下の提言を考えた。

提言

① 航路幅の拡大

大型船舶が安全に運航するためには一定の水深が必要である。島や浅瀬の多い瀬戸内海の航路は十分な幅

がないため、こませ網の操業によって容易に通行が不可能な状態になってしまう。こうした状況を改善するために、海底の掘削を含んだ大規模な航路幅の拡大を提案する。航路幅の拡大に当たっては、掘削(管理)コストの評価や、周辺環境への影響を検討する必要がある。過去には、同様の問題を抱えていた長崎県の平戸瀬戸航路において、掘削コストを上回る経済効果が見込めるとされ、大規模な掘削を含む航路幅の拡大が行われた事例が存在する(I)。重要港湾を多く擁する瀬戸内海においても、経済効果が様々なコストを上回る可能性は十分にあると推定される。

② 浮標の統一

瀬戸内海全域で、同一の漁業に対して同一の浮標を使用することで、漁の操業状況を分かり易くする必要がある。また、大型船が浮標を視認してから安全に停止できるようにするためには、速力制限のみでなく、視認性の高い浮標を使用する事が必要である。視認性の高い新しい形状・色彩の浮標の策定するため、漁業者のみでなく、海難防止協会、日本船主協会、関連省庁などの幅広いステークホルダーが参加する話し合いの場を設けるべきと考えられる。過去には、さわら流し網漁の浮標の統一について、日本海難防止協会の主催した広域委員会が開催された実績がある(II)。浮標についても、国や広域組織主導で、検討、考案、補償を行うことを提唱する。

参考文献

- (I)平戸瀬戸航路開発保全航路整備事業(2010)
- (II)船舶交通と漁業創業に関する問題の調査報告書(1988) 社団法人日本海難防止協会

研究発表 2. “生物の宝庫”干潟を救うには？ 干潟保護策の検証と新提言

逢澤正憲・安倍俊吾・大出晃弘(新領域創成科学研究科)・
草部郁(公共政策学教育部)

1. 干潟が抱える危機と保護策

干潟とは、潮間帯にできた砂と泥からなる低湿地平原であり、多様な生物相や水質浄化作用を持つ。工業

化に伴い埋め立て・護岸工事などの沿岸開発が進められ、近年急速に面積を減少させているが、同時に貴重な生物環境が失われ問題視されている。失った干潟を

再生する手段として、コンクリート製の護岸で海と陸を垂直に仕切られている場所に対し、沖側に潜堤を造り、その間に砂や泥を入れてなだらかな場所を造成し、人工的な干潟を作る方法が挙げられる。事例としては、葛西海浜公園人工干潟や五日市人工干潟、大阪南港野鳥園人工干潟などがある。市民の憩いの場所の提供、自然環境の再現といった目的をある程度達成できているケースもあるが、人工干潟は繊細で不安定な系であり維持管理に多大な労力が求められる問題がある。他の手段として、干潟の沖に潜堤を設置し干潟に向かう波を弱める、失われた土砂を人為的に補充するなどがあるが、いずれも干潟崩壊への対症療法的手法にとどまり、干潟本来の姿を再生する根本的な解決策は提示されていない。これらを踏まえて、干潟が安定に存在できるような持続可能な再生策を模索することを今回の目的とする。

2. 干潟再生への新提言

2.1 三番瀬の現状と問題点

干潟再生の試行実験のフィールドとして千葉県・三番瀬を選んだ。三番瀬は高度経済成長期にそのほとんどが埋め立てられ、現在東京湾にわずかに残存する干潟である。首都圏の貴重な自然環境を保護するために、千葉県は平成18年より三番瀬再生計画を作成し〔*1〕、干潟的環境の形成に取り組んでいるがあまり成功しておらず、新たな提言が求められている。

干潟の再生を考えるにあたり、まず干潟の成り立ちを見ていく。河口以降の堆積地層は河口部の流速・粒径により決定される。干潟は海水運動の影響が小さい穏やかな内湾に、河口から供給される細砂・シルトが堆積し形成される。このように適正な地形状況がそろってはじめて干潟は形成される。

三番瀬では、埋め立てによる地形変化によって干潟への土砂流入が減少している。一方で、干潟よりも河口に近い市川航路では、砂がたまり船舶の航行に支障をきたす可能性が問題視されている〔*2〕。つまり、本来干潟に供給されるべき土砂が干潟より手前で沈降している可能性が考えられる。三番瀬の保護策として、流入しなくなった土砂を人為的に追加する人工干潟

的な発想が考えられるが、新たな試みとして手前で沈降する土砂を干潟部まで流入させることを考えた。

2.2 三番瀬における干潟再生案

土砂が河口付近の市川航路へ堆積する理由として、河口部の流速不足が考えられる。その原因として、降水量の減少による河川水量の減少、埋め立て地形による流路の変更による流速減少が考えられる。ここでは後者の説を支持し、河口部の流速を加速することができれば市川航路への堆積土砂を干潟まで流すことができ、干潟形成に適した地形状況を取り戻せるのではないかという仮説を立てた。具体的な案として、河口部に水門を設け、河口の川幅を調整することにより流速を調整することを考えた。河口出口を狭めることにより流速を加速し、干潟まで土砂を流そうという考えである。土砂が自動的に干潟へ流入するようになれば、干潟に自然治癒力を持たせられる持続可能な解決策になると考える。水門を作ってしまうと、水門の開閉を制御するだけで干潟への土砂の流入量を調整できるため、失われる土砂を定期的に外部から持ち込むよりもはるかに少ない労力で干潟を管理できるのではないかとと思われる。この仮説を確認するために、簡単な装置を作製し実験を行ったが、流路出口を狭めることで流速は実際に加速した。もちろん実海域では波の影響があるため、実際の検討には大規模なシミュレーションが必要となるが、河口部の泥だまりを解消することで、波による土砂の拡散により干潟へ土砂が流入する可能性が増すのではという仮説はある程度の妥当性があると考えられる。

3. まとめ

干潟再生の手段として、干潟へ土砂が自動的に流入する環境を人為的に再現することを考えた。干潟は繊細な環境なので、ただ土砂を流入させるだけで再生するかの検証や、生態系への影響等も考慮する必要がある。しかし本発表では、どうすれば“自然”に治癒するのか、あえて自然に手を加える外科手術的な方策による根本的解決は望めないのかといった新しい視点から干潟再生を検討する必要性を提唱したい。

[参考文献] [1]千葉県「千葉県三番瀬再生計画（基本計画）」平成18年12月。[2]大久保博「市川航路の浚渫土砂活用による干潟の再生及び覆砂に関する要望書」平成22年。

【問い合わせ先】

海洋アライアンス事務局

〒113-0033 文京区本郷 7-3-1

TEL (03) 5841-4682

E-mail: 9th_symp@oa.u-tokyo.ac.jp

oa-office@oa.u-tokyo.ac.jp