

プロジェクトの組織と活動概要

木島明博

東北マリンサイエンス拠点形成事業(海洋生態系の調査研究) 代表機関代表研究者

・東北大学農学研究科

akihiro.kijima.d4@tohoku.ac.jp

1. はじめに

平成 23 年（2011 年）3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震と津波により、太平洋側沿岸域、特に東北地方における漁業・水産業が壊滅的被害を受けた。漁業・水産業の復興には、その産業基盤となる海洋環境・海洋生態系が受けた影響や、その後の変化を正確にとらえる必要がある。しかし、海域の被災状況は可視的判断も難しく、研究者による専門的な技術と学術的知見が必要とされる。

文部科学省は、東北地方太平洋沿岸から沖合域の被災状況とその後の変化について科学的調査に基づく事実を明らかにし、漁業・水産業復興に資する調査研究プロジェクトを公募した。極めて甚大かつ広範囲にわたる被害であり、多様な海洋科学分野における知見が必要であることから、東北大学、東京大学大気海洋研究所、海洋研究開発機構が中核機関となり、岩手大学、東京海洋大学、北里大学、東海大学などを委託機関とし、東北マリンサイエンス拠点形成事業（海洋生態系の調査研究）に応募した結果、採択された。期間は平成 23 年度（2011 年度）から令和 2 年度（2020 年度）までの 10 年間である。

2. 東北マリンサイエンス拠点形成事業の実施体制

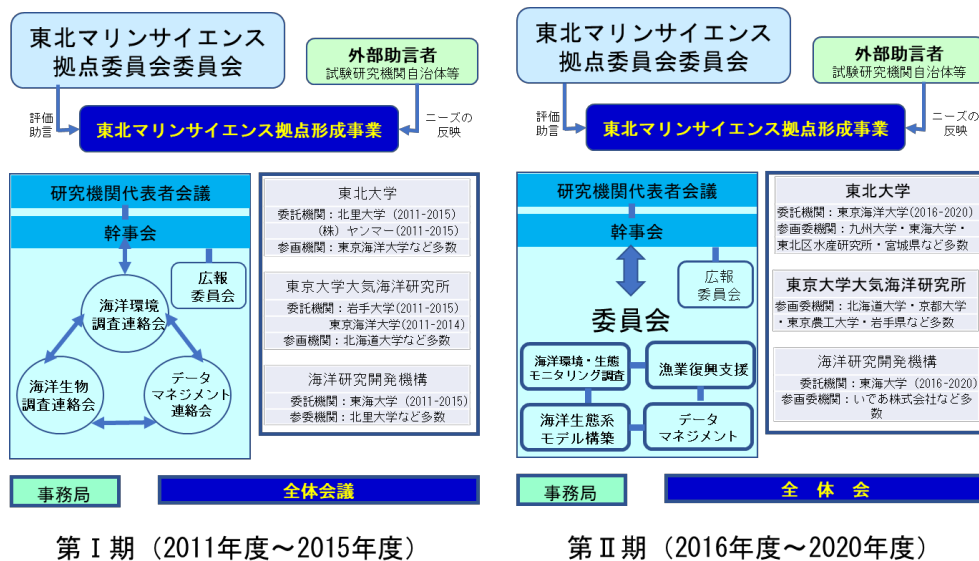


図 1. 第Ⅰ期および第Ⅱ期における本事業の実施体制図

本事業は政府の基本方針に従い、大きく2つの時期に分けられる。第Ⅰ期は、平成23年度から平成27年度までの「集中復興期間」、第Ⅱ期は平成28年度から令和2年度までの「復興・創生期間」である。第Ⅰ期では東北地方太平洋沖地震と津波によって海洋環境と海洋生態系が受けた影響とその後の変化に関する調査研究を中心とし、第Ⅱ期では実際の漁業復興に貢献することを目的とした調査研究に力点を置いて行った。そのために実施体制も対応した（図1）。

3. 活動概要

本事業の活動は大きく4つに分けることができる。一つは海洋環境・海洋生態系モニタリングである。この活動の中には被災した宮城県と岩手県のいくつかの沿岸域、沖合域の表層から底層域の海洋環境・海洋生態系の調査研究を行い、その結果を漁業者、漁業関係団体、地方自治体に配信して漁業・水産業の基盤となるデータを共有してきた活動である。調査研究内容は海底地形やがれきなどの分布状況、水温や塩分などの物理的環境項目、栄養塩、汚染物質、岩礁藻場や砂浜域の生物群集動態などである。2つ目は、実際の漁業・水産業の復興支援につながった研究活動である。これは研究者単独ではなく、漁業者との協力関係の下に行った活動である。例えばホッキガイ漁業の復興支援に関する研究、名取川河口域におけるアサリやシジミ漁業の復興支援、磯焼け対策による漁場復興支援研究、貝毒プランクトンの発生に関する研究、新たなワカメ養殖技術の開発研究、ホタテガイの養殖管理に関する研究、マナモコの増養殖生産に関する研究、サケの生産性向上に関する研究、ミズダコ漁の効率化に関する簡易観察カメラの開発研究、そして人文社会学的手法による漁業復興への取り組み研究など、多彩な研究活動が行われた。3つ目は、今後の持続的漁業につなげるために、これまでの積み上げられた研究成果を基に海洋生態系・海洋物理モデルを構築する研究である。これには低次生産モデル、特定の生物種に着目したモデル、食物網構造に基づく生物個体群サイズのモデル、女川湾のハビタットマップに関する研究などである。これは震災復興に留まることなく将来を見据えた研究として位置づけられる。そして4つ目は、本事業で得られたデータを本事業で閉じるのではなく、将来の研究につなげるためのデータ公開に関する研究活動である。

本公開シンポジウムでは、第Ⅰ部において上記活動成果のトピックの発表がなされる。また、本事業で実施した活動内容、調査研究成果は本事業の成果報告書（東北マリンサイエンス拠点形成事業（海洋生態系の調査研究）成果報告書）として、すべての国公立大学と協力私立大学、各都道府県に配布した。また、ご協力をいただき、共に活動をしてきた市町村、各地域の漁業協同組合、各種協力団体にも配布した。ご参照、ご活用いただけることを心から願うものである。

震災瓦礫・環境汚染物質の長期モニタリングから見えてくるもの

藤原義弘

東北マリンサイエンス拠点形成事業(海洋生態系の調査研究)・海洋研究開発機構

fujiwara@jamstec.go.jp

1. はじめに

2011年に発生した東北地方太平洋沖地震と津波により大量の人為起源物質が三陸沖に流出した。また、高度経済成長期に海域に流入し、堆積物深部に埋没していた有害汚染物質が津波による攪乱によって海中に広く拡散した可能性が指摘されている。環境省の推計によると岩手県、宮城県、福島県から流出した廃棄物の総量は480.2万トンに上り、うち3割が漂流ゴミ、残りの7割が海底に沈んだものと考えられている。漂流した震災瓦礫は船舶の航行の障害となったほか、一部は海を渡り、北米やハワイの海岸に16門289種の日本産海岸生物を届けたと報告されている。一方、海底に沈んだ瓦礫は漁業に悪影響を及ぼしており、底びき網や貝桁網などの漁具を破損するといった被害や混獲した海底瓦礫が水産有用種を傷つけて商品価値を下げるといった問題が発生した。これらを改善するための方策として、沿岸域では地方自治体を中心となり、漂流瓦礫の回収や音響ソナーなどを用いた瓦礫位置の特定と消波ブロックなど大型瓦礫の回収事業が実施されたほか、沖合底びき網漁業協同組合による海底瓦礫の除去が継続的に実施されている。また航路や泊地の津波堆積物については、国土交通省や地方自治体によって浚渫作業が行われた。

このような状況の中、本事業では津波により海域に流出した人為起源物質の挙動を明らかにし、人間活動への影響を評価するとともに、今後の影響について推定した。

2. 結果と考察

大槌湾、女川湾およびその周辺海域において、重金属元素と有機汚染物質の表層堆積物中の濃度を調べた結果、震災直後に一時的に濃度が高くなった物質も一定期間経過後には濃度が低下し、現在では東京湾など都市部周辺の海底堆積物と比較して低濃度であることがわかった。また海水中の重金属元素濃度も国内の他の海域と類似した値を示しており、生物活動に悪影響を与えるレベルにはないものと推定した。加えて沿岸に生息する底生生物の軟体部や貝殻に含まれる重金属元素測定を実施した結果、津波直後の時期以外は陸源物質の寄与は小さく、津波による重金属汚染の可能性は低いものと推定した。生体に対する毒性が強く、様々な障害を引き起こすことが知られるポリ塩化ビフェニル(PCB)の三陸沖合の底生生物や底魚類への蓄積を明らかにするために、生物に含有するPCB濃度を測定した結果、特に食用に用いる水産有用種には津波に伴うPCB汚染の兆候は確認できなかった。

宮城県沖合底びき網漁業漁場清掃事業によって回収された海底瓦礫情報や無人探査機な

どを用いた海底観察情報をもとに、海底瓦礫の経年変化と分布を考察した結果、瓦礫は沖合に拡がりながら密度を減じ、海底地形に起因する特異点に集積しやすいこと、瓦礫の種類によっては海底に定位せず、移動していることなどを明らかにした（図1）。また宮城県沖合海域海底状況調査のソナーデータより算出した瓦礫分布情報と各種環境データから瓦礫の堆積を推定するモデルを構築した。その結果、瓦礫の堆積量を決める要因は場所ごとに異なり、近隣の船舶保有数や河川率、津波の遡上高、海底地形の複雑さなどが正に影響する一方で、沿岸からの距離と流速の大きさが負の影響を及ぼし、それらが瓦礫の堆積に複合的に作用するものと推定した。

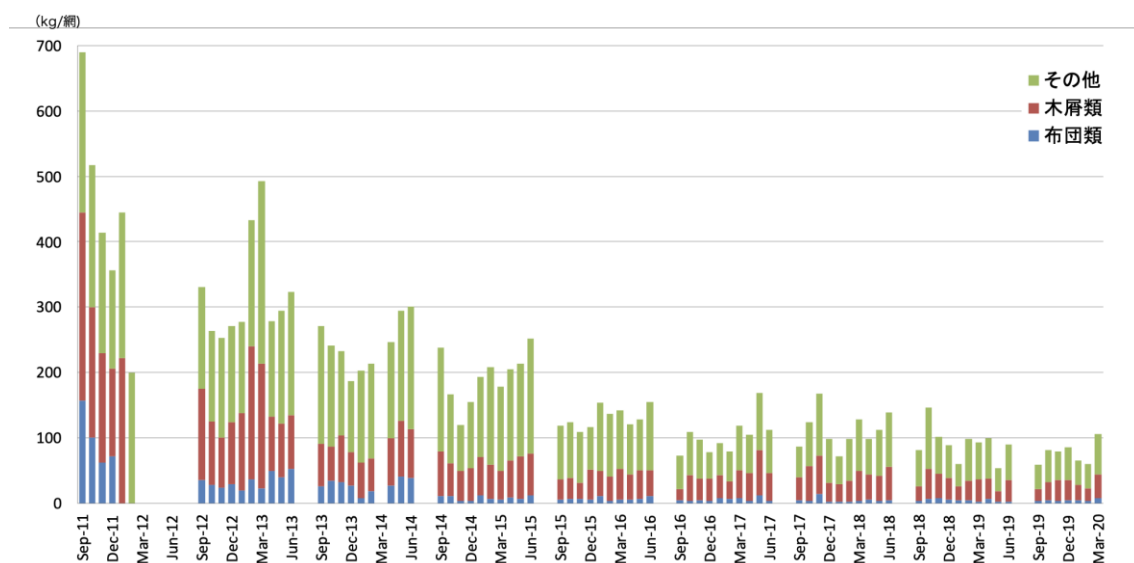


図1. 海底瓦礫密度の経年変化。各月毎に回収された海底瓦礫量の一網当たりの平均値を縦軸に記した。■：布団類、■：木屑類、■：その他。

3. おわりに

以上の研究結果、東北地方太平洋沖地震により発生した津波により陸域から流出した人為起源物質や環境汚染物質は、自治体や漁業者の努力もあり比較的短時間のうちに地震前のレベルに戻りつつあり、漁業をはじめとする沿岸経済活動に与える負の影響は地震直後と比して大きく減少した。しかしながら復興事業に伴う海域への土砂の流出や海岸線の変更などが少なからず生態系に影響を与えていると推定される事例も確認されているほか、未回収の変圧器やコンデンサなどの金属容器が腐食し、海域にPCBが拡散することへの懸念は払拭されていない。また震災からもうすぐ10年となる今日においても、津波に由来する瓦礫が時に大量に回収されることがあり、漁業の妨げとなっている。東北マリンサイエンス拠点形成事業は今年度でその任を終えるが、この間に培った技術や知識を地域に還元し、それぞれのコミュニティが自律的に海域のモニタリングを継続できるよう支援することが、本事業が最後に担うべき役割であろう。

サケにとっての震災、そしてこれから

兵藤 晋

東京大学大気海洋研究所・生理学分野・地球表層圏変動研究センター

hyodo@aori.u-tokyo.ac.jp

1. はじめに

サケは東北地方にとって基幹となる水産資源である。ふ化放流事業により、岩手県では1980年代以降、年間4億尾を上回る種苗を生産・放流し、三陸沿岸に戻るサケの数も増加した。東日本大震災が発生した3月11日はサケ稚魚の放流が開始された時期と重なった。津波は沿岸の多くのふ化場を破壊し、ふ化場や河川、さらには湾内に生息していたサケ稚魚の多くが犠牲になったと考えられる。

サケは回遊魚であり、三陸の河川やふ化場で生まれた稚魚は3月から5月頃に海に降り、3～5年の外洋生活の後に生まれた河川に戻る。したがって、震災の影響を把握するためには、河川や沿岸の環境変化による短期的な影響に加え、長期的な視点で影響を調べる必要があった。2016年度以降は、サケ稚魚や親魚の生態・生理学的特性に注目した研究を進めることで、サケ資源の回復や三陸水産業の復興に貢献することを目指してきた。

2. サケ親魚の回帰に対する震災の影響

新おおつち漁協の協力を得て、2012年から2017年までの6年間、10月から1月まで毎月定置網漁に同行し、捕獲調査を行った。震災年に海に降った2010年級群が3歳魚ならびに4歳魚として回帰する2013年と2014年において、2010年級群は少なく、特に2014年には本来主群となるべき4歳魚が約2割まで落ち込んだ(Kusakabe et al., 2019)。同様の現象は、大槌川や鶴住居川で捕獲されたサケ親魚でもみられた。一方で、ふ化場が大きな被災を免れ、震災年もふ化放流が行われた甲子川では、2010年級が主群として回帰した(北川ら、2017)。このような河川による違いは、岩手県水産技術センターや東北区水産研究所による調査でも報告され、ふ化放流事業の貢献をあらためて示すものとなった。2015年以降、大槌湾に回帰したサケ親魚の年齢構成は震災前の典型的なパターンに戻った一方で、サケ親魚の漁獲量はさらに減少した。

回帰親魚の湾内での行動を調べた結果からは、沿岸を南北に移動しながら遡上河川を探索していること、大槌湾では湾内の南側から時計回りに河川に向かうことが示され、湾内での行動は、反時計回りに流れる表層河川水に沿った行動であることがわかった(Nobata et al., 2019)。

3. サケ稚魚や親魚の生態・生理学的特性に注目した活動

サケ稚魚の降海直後の沿岸生活期ならびに越冬期の成長率が、サケ親魚の回帰に大きな影響を及ぼすことが示唆されたため、2016年度からの第Ⅱ期には以下の研究を進めた。1) ふ化放流を行っている大槌川と、ふ化放流を行っていない小槌川におけるサケの自然産卵

の実態および稚魚の降海生態、2) 採集調査ならびに環境 DNA 分析による、大槌湾内におけるサケ稚魚の分布生態、3) 鳥類によるふ化放流魚の捕食、4) サケの温度耐性と海水適応能力：北上水系のサケを用いた研究、5) 岩手県沿岸河川に遡上するサケの遺伝特性、などである。

1) では、自然産卵に由来するサケ野生魚の産卵(Aoyama 2017)および稚魚の降海生態を、三陸で初めて明らかにした。2) では、環境 DNA による長期間の広域調査により、サケ稚魚が降海直後は波打ち際を一時的な生育場として利用し、成長に伴って岸から離れ、さらには親潮の動きとあわせるように3月から4月上旬にかけてと、5月以降という2回、オホーツク海に向けて大槌湾から出ていくことが示された (Minegishi et al., 2019)。同じ水サンプルからサケ稚魚と餌となるプランクトンの種類と量を分析できることから、今後のふ化放流に重要な情報を提供できると考えている。3) の調査では、カモメ科、サギ科、ウ科を含む21種の鳥類においてサケ稚魚捕食が確認され、捕食のホットスポットも同定されたが、主要な捕食者であるカモメ科による捕食は放流数の0.28%程度と推定された。一方で、防鳥テグスの設置によりカモメ科の飛来数が減少したものの、サギ科とウ科による捕食のために、かえって捕食推定量が多くなるという結果も得られた。4) と5) の研究からは、北上水系のサケが遺伝的に独立した集団であること (Tsukagoshi et al., 2015)、他の三陸沿岸集団に比べて高い温度帯で遊泳能力が維持されるなど適水温が異なることが明らかになった (Abe et al., 2019)。

4. アウトリーチ活動：サケ資源回復への貢献

上記の成果を漁業者ならびに行政関係者と共有するため、2013年から毎年、盛岡市において「さーもん・かふえ」を実施してきた。本事業により得られた三陸独自の親魚の回帰行動、サケ資源造成への野生魚の活用や、環境に合わせた稚魚放流手法の検討、海鳥による放流魚の食害対策などに加え、最新のサケ増養殖技術を紹介するため、宮城県や青森県の関係者による講演も実施した。こうした取り組みにより、毎回100名近い関係者が集まる、本事業の情報ハブとして機能している。

5. これからの活動

すでに試みが行われている降海直後の稚魚の海面養殖をはじめ、食資源であるサケの増養殖技術の開発は、今後も重要な取り組みである。その一方で、三陸のサケの生物学・文化的価値を観光資源や教育資源として活用し、新しい地域の力とすることを目指した。この「海と希望の学校 in 三陸」では、住民や生徒との対話型授業を実施する中から、復興・振興において海の持つ可能性とそれを生かしたローカルアイデンティティの確立、人材の育成を目指している。本事業で進めた環境 DNA 研究も「オーシャン DNA プロジェクト」として東京大学の未来社会協創教育研究事業として2020年度から採択され、今後の三陸沿岸から外洋までの海洋研究の柱のひとつとなった。このように本事業の成果は、今後の三陸沿岸地域復興・振興のための新たな拠点形成として実を結んでいる。

漁業復興支援から、環境に調和した養殖へ

原 素之

東北大学大学院農学研究科

motoyuki.hara.c6@tohoku.ac.jp

1.はじめに

マリンサイエンス事業の課題1では、東日本大震災で甚大な被害を受けた漁業復興支援に貢献することを一つの目標に、宮城県沿岸を中心に調査研究を進めてきました。プロジェクトの概要で紹介されたように、志津川湾の海中林修復・維持や、仙台湾のガレキ埋没漁場での漁業再開支援など、多くの調査研究活動が行われました。ここでは、同事業のH27までの前期課題として、迅速な漁業復興支援に重点をおいた鮫浦湾におけるマボヤ養殖の早期再開のための数値モデルを使った天然採苗場の探索、並びにH28年からの後期課題として、将来を見据えた持続可能な漁業の実現に重点をおいた、長面浦における生態系モデルを使った環境に調和した養殖法の検討をご紹介します。

2.具体的な取り組み

事例① 鮫浦湾におけるマボヤ養殖早期再開のための天然採苗場の探索

鮫浦湾は宮城県の牡鹿半島東岸の中程に位置する、9km²程の小さな湾です。しかし、かつてマボヤ養殖生産量が日本一と言われた前網浜があり、また、日本でも有数の天然種苗の生産地でした。しかし、東日本大震災は、同湾の養殖施設をひとつ残らず破壊しました。マボヤ養殖は天然種苗を使うこと、産卵には3年以上かかること、卵の供給は養殖マボヤが貢献していることなどから、養殖の復旧には、数年を要すると予測されました。一方、震災後も天然の親マボヤが確認されました。そこで、少しでも早く、多くの種苗を集め、養殖サイクルを復活させるため、数値モデルを使った効率的な天然採苗場の探索を試みました。具体的には、現場の流況を観察し、そのデータを基に、湾全体の詳細な流動モデルを作りました。その結果、鮫浦湾の流れは、三陸では珍しい逆エスチュアリー循環流で、湾口岩場に分布する天然マボヤや養殖マボヤが産卵すると、卵や幼生が湾奥に入ってくる流れであり、天然採苗には好条件であることがわかりました。

次に、流動モデルの再現性を確かめながら、拡散モデルを構築し、マボヤの卵と幼生に見立てた粒子を移動させ、効率的な天然採苗場を探しました。その結果、震災前からの採苗場も含めて複数の天然採苗に適した場所が予測されました。その情報を基に行った採苗試験でも、予測さ

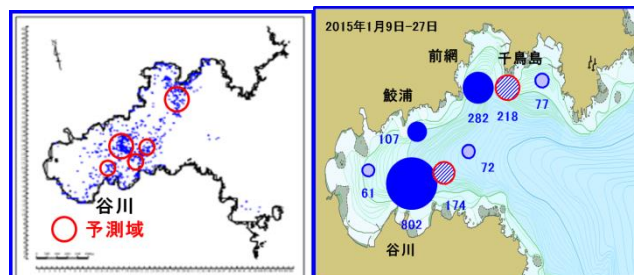


図1 マボヤ卵幼生の拡散予測と幼生分布調査結果

れた殆どの場所で多数の種苗の着底が確かめられ、新たな採苗場が確保されました(図1)。しかし、震災の2年間は採苗数が激減しましたが、震災3年後から採苗数が急激に増加しました。その要因は、予想外に天然マボヤが大増殖したためで、震災前からの採苗場所で十分な種苗が確保できるようになりました。さらに、最大の消費地であった韓国が輸入制限をしたため、震災前以上の生産量に達しましたが、養殖マボヤの廃棄と言う問題が起きてしまい、この調査は一定の成果をあげられましたが、終了することになりました。

事例②：長面浦における生態系モデルを使った環境に調和した養殖法

長面浦は、宮城県の追波湾奥に位置し、新北上川河口が隣接する閉鎖性の強い水域です。ここは、宮城県では珍しく、養殖カキが1年で出荷サイズになり、その身入りが非常に良いことで知られています。しかし、震災前は水路が狭く、浦奥部が深くなり、陸地に囲まれるなど、その地形的特徴によって、夏季には成層が発達しやすく、底層に貧酸素水塊が発生、カキの大量斃死がしばしば起きていました。震災後、水路が大幅に拡大され、海水交換が改善されたと考えられます。事実、震災後は大量斃死による被害は報告されていません。震災前後の養殖筏の数を調べると、筏サイズが少し大きくなりましたが、台数は殆ど変化していません。そこで、将来に向け、より安定した養殖生産を実現させるため、生態系モデルを構築し、適切な養殖マガキの収容量を検討しました。その結果、現在の養殖量を2倍にすると成長が6割に落ち、総水揚げ量は1.1倍にしかありませんでした。逆に、密度を1/2にしても成長が1.8倍になり、総水揚げ量は0.9倍で、1割しか減らないことがわかりました(図2)。さらに、収容量を2倍にすると、現状よりも環境に与える負荷が増加し、酸素消費量が増加し、貧酸素発生リスクが高まること、逆に、1/2にすると、現状よりも環境負荷が改善され、貧酸素リスクも減少することが確認できました。底生生物や環境保全に重要な役割を果たしているアマモの育成にも影響することも予測されました。すなわち、養殖カキの収容量を変えることにより、生産量だけではなく、周辺環境にも影響することがわかりました。

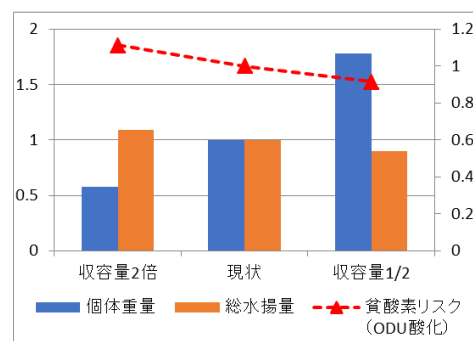


図2 養殖カキ収容量を変えた時の総水揚げと貧酸素リスク

3.課題と今後の展開

今回の生態系モデルには、マガキの死亡率、栄養塩補給経路、付着物情報など改善する点も残されています。さらに、生態系モデルからの適正養殖収容量だけでは、労働時間、資材費、流通過程での価格変化などの要因が反映されていません。地域での持続可能な漁業に繋げるためには、漁業経営や地域の雇用への影響も考慮することが必要と考えられます。今後は、生態系モデルの分析結果の精度を上げながら、経済経営モデルを取り入れたバイオエコミックス的な解析を取り入れることにより、地域に即した持続可能な社会形成につながる研究の継承を模索しています。

水産業の持続的発展のための海洋生態系モデリング

石川 洋一

海洋研究開発機構・東日本海洋生態系変動解析グループ

ishikaway@jamstec.go.jp

1. はじめに

東北地方沿岸域において水産業は主要な産業の一つであり、東日本大震災からの復興において水産業の持続的な発展は重要な課題となっている。東北マリンサイエンス拠点形成事業(以下 TEAMS)では、東北地方太平洋沖地震と津波によって海洋環境・海洋生態系が受けた影響やその後の変化についての科学的調査を行うとともに、観測・モニタリングから得られた海洋環境・生態系のデータを統合的にみることが出来る生態系モデルを開発し、水産業の復興に役立つ情報の創出に関する研究開発を行ってきた。水産業の持続的な発展にむけて、海洋環境や水産資源の状況を把握して海洋生態系の許容する範囲で資源を活用していく生態学的な側面と、資源を効率的に活用していく経済的な側面のそれぞれに役立つ情報を提供する必要がある。観測から得られる海洋環境・海洋生態系データは時空間上の点で得られる情報であり、これを面的に補間することが出来る海洋生態系モデルの結果は海洋生態系の状態を把握するためツールとして強力なものであることに加え、その変動の将来予測やメカニズムの解明など、効率的な操業に対して有効な情報を提供できる。そのため海洋生態系モデルを通じて得られた成果を漁業者・水産行政などで活用してもらうことにより、水産業の持続的な発展に直接貢献できるものであると考えている。

本発表では、物理環境・低次生態系環境など海洋環境の再現・予測のためのモデルから、高次生態系である水産資源を対象にした生態系モデルまで、東北マリンサイエンス拠点形成事業で行われた海洋生態系モデルに関する研究開発の成果を紹介したい。

2. 海洋生態系モデルの成果の概要

1) 海洋物理・低次生態系モデル

海洋物理・低次生態系モデルは、水温・流速場の変動や基礎生産に関するモデルであり生態系のボトムアップコントロールを理解するための基礎となる情報を創出することができる。TEAMS では東北沖合の特徴的な海流である、親潮・津軽暖流や黒潮続流を高解像度(約 1.7km)で表現することのできる数値モデルを開発するとともに、このモデルを用いて過去 10 年程度の東北沖の海洋環境を再現できる再解析データセットを作成した。さらに、局所的により高解像度の数値モデルを階層的に組み合わせることによって、解像度数 10m で大槌湾や女川湾における流動場を再現できるシステムも開発し、東北沿岸の湾内の流動場の特徴を明らかにすることができた。また大槌湾では低次生態系モデルも結合し、湾内の春季ブルームなどのイベントを再現することができるモ

デルを開発し、大槌湾における特徴的な海洋環境とその変動メカニズムを明らかにすることができた。

2) ハビタットモデル・ハビタットマップ

東北沿岸・沖合のいくつかの生物種に対して、その変動と海洋環境の関係を観測データから統計的に導くハビタットモデルと呼ばれる生態系モデルを構築し、生物種の空間分布や時間変動をコントロールするメカニズムを考察するとともに、将来の変動予測を行った。マダラを対象としたモデリングではその資源量分布を 100m 深の水温・塩分に加え、加入量に関わる要素である 3 年前の仙台湾の最下層水温を考慮することで 1 ヶ月程度予測可能であることが示された。また、マガキに関しては冬季の最低水温が重要な要素であり、今後地球温暖化が進むと好適地が広がることが示された一方、アンコウ・マコガレイなどの底魚では好適地の変化が見られず資源量が減少する可能性があることが示された。さらに、女川湾では豊富なモニタリングデータをもとにしたハビタットマップを作成し、底生生物・底質・地形開放度などの要素をもとに時空間変動の分類を行い、地震によって攪乱された群集構造の変化を時空間的に記述することができた。

3) 生態系食物連鎖モデル

Ecopath with Ecosim(Christensen and Walters 2004)はある環境下の生物同士の関係を明らかにし、生態系の構造を記述することができるモデルである。TEAMS では米崎ら(2016)が東北沖海域において構築したモデルに、独自の観測データを統合して改良したモデルを作成した。その結果から、クモヒトデ類、端脚類、およびツノナシオキアミは生態系への影響が強く、また現存量の大きいキー構成群であり、三陸沖の生態系ではこれらの一次消費者が支える強力なボトムアップ作用が存在することが推定された。

3. 水産業への貢献と今後の展望

東北沿岸から沖合における海洋生態系の構造は、さまざまな時空間スケールをもっており、TEAMS の一連の研究では様々な観点から生態系モデルの研究開発を行ってきた。その結果得られた成果は大きく 2 つあり、1 つは過去の変動メカニズムを解明することで生態系変動を引き起こす要因を明らかにし、水産資源の管理・活用に資する情報が得られたである。もう一つは、モデルを活用して短期・中長期の予測の可能性を示すことができたことであり、その結果を活用することで中長期的には水産資源の管理・活用に、短期的には効率的な操業に役立てることができると期待される。特に海洋物理モデルを用いた予測システムについては JAMSTEC 発のベンチャー企業に技術移転が行われ、プロジェクト終了後も漁業者に向けて定期的な情報発信ができる仕組み作りが予定されている。

ベントスから見た利用と保全

木村妙子

三重大学生物資源学研究科

k-taeko@bio.mie-u.ac.jp

底生生物（ベントス）は水底に生息する動植物の総称である。ベントスのうち、エビ、カニ類で代表される節足動物、貝類やタコ類などの軟体動物、ウニ、ナマコなどの棘皮動物が漁獲されたり、養殖されたりして、食用に供されている。1980年代以降の沖合漁業の魚類、イカ類の急激な漁獲減少もあり、総漁獲量に対するベントスの漁獲割合は近年相対的に増加し、国内の総漁獲量の2割を占めている。漁獲量が安定的なホタテガイやマガキ漁業は、ベントスの生態を巧みに利用している好例である。また、ベントスは食用にされるだけでなく、水産資源生物の餌として多毛類や貝類、小型甲殻類が重要な役割をしている。このようなベントスに関わる生態系サービスは、干潟や藻場などの沿岸生態系で特に高く、これらの生態系の保全がベントスを持続的に利用し、豊かな海づくりを実現するために非常に重要であることを示している。一方で人間活動の拡大にともない、沿岸生態系は様々な影響を受け、著しいスピードで劣化している。また、温暖化や海洋の酸性化などの地球規模の気候変動が生態系に深刻な影響を与えている。さらに、日本では長周期で発生する大規模な地震やそれに伴う津波や地盤沈下が発生し、生態系や水産業に壊滅的な打撃を与えるが、正確な予測は難しく防災や事後の対策を困難なものにしている。その中で生態系の変化を長期的にモニタリングし、長期的な環境変動や地震などの突発的な環境変化を生物とあわせて定量的に把握し、地域間で比較することは、将来的な変化予測の助けとなる。また、現状の生物多様性の成因を明らかにすることは、災害前の防潮堤などの防災施策や災害後の復旧の方向性を決める上で重要な知見となる。

演者は、東北地方太平洋沖地震を超える規模の地震発生が想定される南海トラフ沿岸の東海地方において、干潟の生物群集の長期モニタリング調査を行っている。この調査は新生物多様性国家戦略の施策のひとつである環境省の「重要生態系監視地域モニタリング推進事業（モニタリングサイト1000）」の一部である。干潟では北海道から沖縄の全国8カ所のコアサイトで2008年から毎年調査が行われている。2011年に東北地方太平洋沖地震が発生し、東北サイトのベントス群集は大きく変化し、他のサイトとの違いやその回復過程が浮き彫りとなった。また、演者は文科省の科学研究費助成事業「適切な干潟・塩性湿地管理のための生態系評価手法の確立－貝類を指標として」において、東海地方全域の干潟貝類相と環境の関係を明らかにし、簡便な評価法と生物多様性の保持のための指針を提案した。これらの研究は発生が予想される南海トラフ沖地震前のデータとして重要であり、これらを含めた、地震前の情報の体系的な蓄積や整備が望まれる。

TEAMSで生まれた新たな水産研究の萌芽をいかに育てるか？

松田 治

広島大学・文部科学省東北マリンサイエンス拠点委員会

matsuda036@go3.enjoy.ne.jp

1. はじめに

東北マリンサイエンス拠点形成事業（TEAMS）のあり方として、当初から強調されてきた次の2点をはじめに確認しておきたい。一つは、TEAMSは研究予算による研究事業ではなく、復興予算による前例を見ない拠点形成事業だという点である。従来の水産研究には、とすれば、研究論文の完成をもって一段落という側面もあったが、TEAMSでは、成果が Build Back Better に直接つながることが求められている。もう一つは、拠点形成の意味である。拠点は必ずしも箱物やハードを意味するものでなく、拠点形成とは事業の成果が持続的に活用される仕組みを作り上げることである。すなわち、TEAMSは10年の事業期間をもって役割を終えるのではなく、終了後も機能を発揮し続ける必要があるということである。

2. 事業成果の全体像

TEAMSで生まれた膨大な成果の詳細は各論に譲るが、成果の全体を俯瞰してみると、次の2点が重要である。一つは、組織、グループやセクター間の分野横断的な連携が著しく進んだ点である。自治体や関連団体との連携は必須要件とされたが、さらに、TEAMSは例えば、World BOSAI Forum 2017 等にも積極的に参加した。藻場や干潟、マングローブによる EcoDRR（エコ防災）は、水産とも極めて関係が深いからである。マリンサイエンスは、自然現象から消費者まで産・官・学・民の多分野に関わるので、このような経験は、今後の新たな水産研究に役立てることができる。もう一つは、10年間という長い事業期間もあって、研究者の世代交代が進み、若手研究者が十分活躍できる状況が生み出された点である。分野・組織的に広大な横のつながりと、世代的な縦のつながりが生みだされたことになる。これらの2点は、TEAMSの大きな成果として、事業終了後の新たな水産研究の確立に生かしたい。

3. 今後に向けて

TEAMSでは、将来性のある多くの萌芽的な研究や新たな取組みが生まれた。例えば、地域で様々に実施されてきた現地報告会などがある。これらを、今後も発展的に継続させ、現地情報から研究のヒントを得て、さらに研究の成果を Feed Back する場にできれば、「現場との強いつながりを持った新しいマリンサイエンス」の実現に貢献できる。最後に、TEAMSの成果の持続的展開に向けたやや具体的な提案を例示したい。開発した行政・生産者・地域などとのつながる仕組みの恒常化、国や地方自治体に対する政策提言、国内発信事業の継続、一般向け成果本の刊行。世界は東日本大震災のその後に注目しているので、海外発信も継続する。TEAMSの開始後（2015）に国連で採択されたSDGsを、「追い風」として利用する。

水産研究の東北水産業への貢献と期待

杉崎宏哉

水産研究・教育機構水産資源研究所塩釜拠点

sugisaki@affrc.go.jp

1. はじめに

水産庁東北水産研究所は1949年に宮城県塩竈市に発足して以来、水産研究・教育機構に改組された現在にいたるまで、東北海域の水産研究拠点として長年にわたり漁業現場での調査研究を実施しています。東日本大震災前後で一変した海洋環境の科学的な調査観測を継続し、世界的にも貴重な学術的知見の蓄積のみならず、東北地域の水産業の復興と再生を科学的側面から支援し続けています。本講演では、震災で海の生態系に何が起こり、その結果として漁業はどうなったのか、そのとき水産研究に何が出来たのか、これから何が出来るのかについてご紹介します。

2. 震災で変わった東北の海

震災による大津波により、沿岸地形の変化、藻場や干潟の消失など沿岸生態系の激変による漁場や資源の急激な変化が確認されました。例えば、東北沿岸漁業の重要種であるアワビでは地形の激変により顕著に発生が抑制されていました（図1）。

津波により破壊された福島第一原子力発電所から海洋に大量流出した放射性物質による汚染の影響は世界的にも大きな関心事となり、沿岸から外洋まで水産重要種を含む様々な海洋生物への汚染が観察されました。

また、東北内湾域において麻痺性貝毒生産生物として知られる渦鞭毛藻のシスト密度が急激に増加したことが観察され（図2）、その後現在に至るまで震災前には少なかった麻痺性貝毒の発生件数が高くなっています。

漁船、漁港の崩壊など漁業インフラの消失や放射能汚染による操業停止などにより東北海域の漁業活動が抑制されたことにより漁獲圧が激減し、2012以降にいくつかの魚種について資源量の増加や大型化が見られました（図3）。

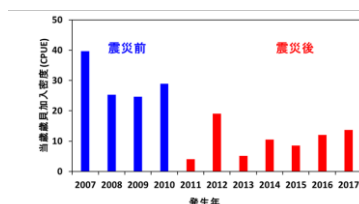


図1. 岩手県エゾアワビの当歳貝発生密度
(水産技術研 高見秀輝博士提供)

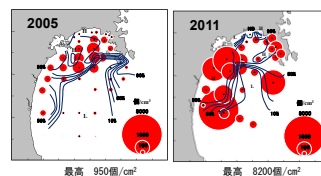


図2. 仙台湾泥分率と麻痺性貝毒生産渦鞭毛藻
Alexandrium属シスト密度
(水産技術研 神山孝史博士提供)

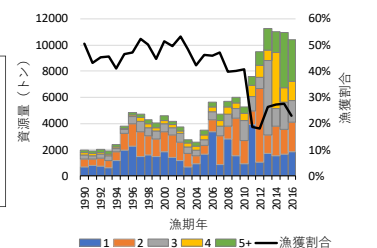


図3. ヒラメ太平洋北部系群(青森-茨城)の年別資源量と漁獲割合の震災前後の経年変動
(水産資源研 栗田豊博士提供)

3. 水産研究は何をしてきたか？

水産研究機関は震災前の情報も合わせて事実を正確に記録したデータに基づき、その変化の原因を解析して震災がもたらした影響を評価し、学術成果として発表してきました。科学的知見を元にどうすれば修復できるのか、今後どうなると予測されるかを考察して研究成果として発表するとともに、水産総合研究センター（当時）は復興本部会議を設置し、国や自治体の行政部局と連携し、漁業者、地域生活者に説明し復興の方向性の検討材料を提供してきました。沿岸生態系修復過程のモニタリング、放射能汚染の魚種別の減衰状況のモニタリングと放射能物質の挙動メカニズム把握、重要水産資源動向調査、貝毒発生メカニズム解析などを精力的に実施し、他の研究機関と連携して研究成果を随時地域行政や漁業者に報告し漁業の復興検討に直接参加してきました。また、崩壊した種苗生産施設やさけますふ化場などの再建に伴い不足した種苗供給のサポートや技術指導を行い速やかな回復を支援しました。貝毒モニタリング海域区分の審議に参加するなど、水産復興への科学的貢献を今も続けています。

4. 震災後の東北の漁業

日本有数の漁業地域を襲った津波は、3万隻近くの漁船、300港以上の漁港の崩壊など大きな被害をもたらしました。その後、国家規模での官民の尽力により震災後5年経過頃までに震災前に近い規模にまで復旧しましたが、高齢化した漁村では廃業も進み震災前から減少傾向にあった漁業従事者数の減少が続いています。また放射能汚染は科学的な観測結果では海水の放射線濃度は時間の経過とともに急激に減じ、採集される海産物の濃度も十分低くなった現在においても社会的な不安による風評やトリチウム水排出の問題などが残り、福島県では漁業が再開できない状況も続いています。

5. 東北の海の今とこれから

震災で壊滅的な打撃を被った東北の漁村もインフラ面では回復が進み、多くの漁業が再開され市場流通も回復が進み水産業の復興基盤は整備されてきました。しかし、放射能汚染に対する国内外のショックは未だに大きく福島県の漁業自粛や海外輸出規制など科学的な説明だけでは解決できない問題を抱えています。また、近年東北海域の重要漁業種である、サンマ、スルメイカ、サケ、イカナゴなどの歴史的不漁が発生しており、震災を乗り越えて発展しようとする機運に水を差す展開になっています。この不漁要因は震災や人為的な原因だけではなく地球規模での大きな環境変動によるものが大きいと考えられます。このような自然要因による資源変動の機構解析や予測は長年水産研究所が主要なテーマとしてきた研究であり、数十年規模の気候変動に伴う様々な魚種の資源量変動や、漁場や産卵場の分布予測に貢献する海況予測モデルの開発などの実績があり、震災後の東北の漁業の復興が軌道に乗るためには、水産海洋環境の長年の研究成果の活用が重要な鍵となると期待されています。

科学的知見の社会実装と水産業の復興

中田 薫

日本学術会議連携会員・

水産研究・教育機構

nakata@fish-u.ac.jp

1. はじめに

東日本大震災発生からまもなく 10 年が経とうとしており、漁港、市場、漁船などの水産インフラがほぼ復旧した。一方、科学技術とイノベーションを一体的かつ戦略的に推進することを基本方針とした第 4 次科学技術基本計画が平成 23 年に制定され、「震災からの復興、再生」が喫緊の課題に位置づけられた。研究成果を社会実装することで復興を強力に押し進めることを目指し、文科省による「東北マリンサイエンス拠点形成事業」や農水省による「食料生産地域再生のための先端技術展開事業」が実施された。しかし、震災前から続いている温暖化の進行や漁業者の減少などは一層深刻化し、被災地域の水産業を持続可能な形で復興・再生するには、こうした変化にも対応する必要がある。研究者に求められる役割について、被災地等で実施されてきた各種研究プロジェクトを例に、これからの東北太平洋岸の復興・再生において研究者に求められる役割について考えたい。

2. 被災地の水産業の復興・再生への新規技術と科学的知見の活用

「食料生産地域再生のための先端技術展開事業」では、復旧が進行する間に失われてしまった被災地の水産物の販路の開拓のため、主要な水産資源を原材料とした新製品開発とそこで活用される新たな技術の開発・実装が目指された。当該事業は、研究開発法人・大学・民間等が既存の技術シーズをもとに現場で活用できる技術体系を開発し、県等が被災地に適した技術となるよう調整・改善を行い、生産者が成果の現場実証を行うという枠組みを形成して推進された結果、短期間のうちに製品化にまでこぎ着けた成果も生まれた。しかし、原材料となるサケやサンマ、スルメイカの漁獲量が近年減少し、水産加工品の売り上げの回復が遅れ、開発された製品の普及にも影を落としている。なお、資源変動の要因と今後の動向の見通しを研究者が説明することは、開発された技術を増加傾向にある他の資源へと転用・展開することに寄与する可能性がある。

温暖化の影響が顕在化する中で、平成 29 年度より環境省による「地域適応コンソーシアム事業 (H29-R1)」が開始された。本事業では、地方公共団体、環境アセスメント会社、大学・研究所等がコンソーシアムを組み、地方公共団体が重要と考える課題について温暖化影響の将来予測を行い、適応策の検討や適応計画の策定を行う建てつけとなっている。被災地域の自治体は、ホタテ養殖 (青森県)、ワカメ養殖 (岩手県)、サケの孵化放流 (宮城

県)についての適応策を検討対象とした。しかし、水産分野では、漁業者等の生産者が適応の実施主体となる場合が多いことから、適応技術を実装する際には、ステークホルダー間で科学的情報が共有されること、生産現場で継続的に実施可能な適応策となっていること、漁業者から納得が得られること、が必要不可欠であり、研究者が果たす役割も大きい。

環境省の環境総合研究推進費「持続可能な沿岸域実現を目指した沿岸海域管理手法の開発 (H26-30)」では、牡蠣やワカメ等の養殖業がさかんな宮城県志津川湾が研究対象海域のひとつに設定された。当該海域を担当した研究グループは、研究を進めると同時に「志津川湾の将来を考える協議会」を宮城県漁協志津川支所運営委員会、南三陸町、宮城県、環境省、WWF とともに立ち上げ、結果を共有して将来の志津川湾の漁業と環境のあるべき姿について議論を行なった(小松ら、2017)。また、湾内の生産と物質循環を再現するモデルを構築し、牡蠣とワカメの養殖量を震災前より減らして適正な水準とすることで収益向上と漁場環境の保全の両方が実現可能となることを定量的に示した。このことは、「震災で種苗の多くが失われたために養殖密度を減らしたことが、牡蠣の成長を促進して震災前に匹敵する生産に繋がった」という、震災直後の漁業者の経験と合致するものであった。漁業者は、研究結果をもとに生産性向上と漁場環境の保全がともに見込めるように養殖方法を改善し、これが国内初の ASC 認証の取得に繋がった。研究者による科学的知見が漁業者の意志決定に活かされた好例であり、牡蠣養殖における ASC の取得は、県内の他地域にも広がりつつある。

3. 被災地の再生・創生に向けて

ICT、AI、ビッグデータの活用が様々な分野で進められ、水産業においてもスマート化の機運が高まっている。自動的に取得された環境データを生産性の向上に活用するだけでなく、水産業の様々な過程で得られる情報を関係者自らが戦略的に活用することや新産業の創出に繋げることが期待される。しかし、漁業者等の水産業に携わる者とスマート技術開発者との信頼関係構築に時間を要することや、スマート化の技術を導入する上でのインセンティブが不足していることにより(水産業の明日を拓くスマート水産業研究会、2020)、その歩みは決して早くはない。被災地では、これまでの復興・再生を目指した新たな技術や科学的知見の導入・実装の経験が蓄積され、その鍵となると認識されつつある研究者と漁業者の間の「意義」の共有と漁業者の納得の重要性は、被災地水産業のスマート化にも当てはまることである。将来にわたり持続的な被災地の再生・創生を進めるために、研究者は漁業者や生産現場が必要とする事柄を理解し、信頼関係を築いて研究・開発を進め、成果を共有することが重要である。