

# シンポジウム「豊かな志津川湾の創生」講演概要

日 時：平成 26 年 10 月 24 日(金) 13:30～17:00

場 所：東北大学青葉山キャンパス 青葉記念会館 大研修室

主 催：(NPO) 環境創生研究フォーラム, (公財) 国際エメックスセンター

協 力：環境省戦略研究「持続可能な沿岸海域実現を目指した沿岸域管理手法開発」  
プロジェクトチーム

このシンポジウムは地球環境基金の助成を受けています。

## 概 要

シンポジウム「豊かな志津川湾の創生」は、仙台市東北大学青葉記念会館で開催され、関係する研究者、漁業者、行政団体等、多くの方（総計70名）が参集し、震災で大きな被害を受け、復興の進んでいる志津川湾を豊かな海とするためには何を必要としているかという、「持続可能な志津川湾の実現を目指した沿岸海域管理手法」について、活発に意見交換がなされた。



## 1 開会あいさつ 富岡寛美 国際エメックスセンター 専務理事

シンポジウムに参加して頂き、ありがたい。震災後3年半、復興にはまだ時間がかかるものと思う。海の被害では、大津波、漁港230箇所、漁船、養殖施設など水産業の被害が3000億円以上と聞いている。このような状況の中、力強い復興・再生の動きが、進んできていると思う。

環境省戦略研究開発プロジェクト「持続可能な沿岸海域実現をめざした沿岸海域管理の開発」の1つとして、東日本大震災と大津波で甚大な被害をこうむった三陸沿岸海域において、海洋生態系再生をどう人手を加えることが水産業の再生に最も有効であるのか、三陸復興国立公園として、環境を保全するためには、どのような環境施策が必要かを明らかにする研究を行っている。

この度、関係する多くの皆様に研究を理解していただくために、仙台でシンポジウムを開いた。今回のシンポジウムでは、研究の内容とその目指す方向性について、柳先生をはじめ各先生方に発表していただき、総合討議を行うこととした。

ここに関係者の皆様に一層のご支援を賜りますようお願いするとともに、御礼を申し上げます。

## 2 講演

(1) 「持続可能な沿岸海域実現を目指した沿岸域管理手法の開発」の研究目標・方針について

国際エメックスセンター 特別研究員 柳 哲雄

沿岸海域は、食糧供給（水産）の場としての機能に加え、環境保全における基盤的な働きも有し、域

活動との共存系として文化的・精神的に支えるなどの生態系サービス（供給サービス・基盤サービス・文化サービス）を人類に提供する重要な場である。

沿岸海域とその後背地である陸域の自然・人間活動を総合的にとらえて、物質循環・エコトーンのあるべき姿に対して、現状を如何に保全・改変することが必要か、沿岸海域の資源利用や水面利用なども考慮し、里海概念に基づき、持続可能な沿岸海域の実現を目指して、わが国における総合的な沿岸海域環境管理手法を提案することが本プロジェクトの目的である。

テーマ1 瀬戸内海（閉鎖性沿岸海域）、テーマ2 三陸沿岸海域（開放性沿岸海域）、テーマ3 日本海（国際的な閉鎖性海域）を取り上げ、それぞれの海域で、最適栄養塩濃度管理方法、大津波からの生態系再生、海洋保護区（MPA）設定と漁業活動調整など、沿岸海域環境管理方法開発と国際協力のための行政施策、必要な自然・人文・社会科学的な研究を行う。

テーマ2は、開放的沿岸海域、外洋の影響を受けやすい三陸沿岸とした。小松先生をチームリーダーに、西村、門谷、吉村先生らにお願いした。

三陸の場合はスーパー堤防に関する科学的情報を提供するなどである。三陸では、今日のシンポジウムで紹介する畠山さんの「森は海の恋人」それ自体は正しいと思うが、根拠となっている松永さんの鉄の仮説を科学的に検証する必要がある。門谷、吉村、西村先生らからあとで話が出ると思います。

生態系サービスについては、干潟、藻場の再生費用、コストに対する価値を評価してもらう。単位面積当たりの干潟・藻場の価値を計算してもらっている。これらを基に ICM 沿岸海域統合管理を行いたい。

モデル班は、大阪湾の DO と透明度の関係。播磨灘で排水処理場の実験的な管理運転、処理効率を落として冬場運転して栄養塩が不足してノリの色落ちが生じていることに関する対応の効果の検証。志津川湾の最適養殖量の計算の前段として、広島湾のカキの最適養殖量の見積り。洞海湾の貧酸素水塊の解消のプロセスの解明。これにより、大阪湾、伊勢湾、東京湾などの貧酸素水塊の解消に役立つと思う。

研究成果を統合して、森、川、海での物質輸送変化と土地利用変化による物質輸送モデル、および統合的沿岸海域モデルを構築し、沿岸海域環境管理のために利害関係者が参加して行う協議会へ最適提示法（“見える化”）を明らかにする。

今日は、志津川湾に関して、発表してもらって、いろいろなコメントをいただきたい。

## （2） 森—川—海の栄養物質輸送

北海道大学大学院水産科学研究院 門谷 茂

「森は海の恋人」という言葉に象徴されるように、近年陸域と沿岸海域の関係が互いに切り離せないものであるとの認識が社会的に一般化しつつ有るが、科学的に不明な点が多い、森林の腐葉土による河川からの栄養豊富な水が海の生産力を支えているという考えは、定量的には未だ実証されていない。

本研究では、志津川湾をモデル海域として、森林域を含めた陸域からの栄養塩類が、河川(地下水)を通して海域にもたらされる過程を定量的に明らかにする。

志津川湾は、太平洋に開口した三陸地域の典型的な半開放性内湾である。魚介類の養殖が盛んで、その6割をカキが占めている。湾内に広くアマモ場が広く分布し、特有の生態的機能を果たしている。南三陸町の全面積の約8割を森林が占め、針葉樹が多く、広葉樹は少ない。

森—川—海の栄養物質輸送機構の解明について取り組み、連続観測と詳細な広域調査、室内実験により明らかにする。湾内において栄養塩がどのように循環し、基礎生産者に利用されているのかを、マッピングして、志津川湾域における総合的な物質循環系解析を実施する。沿岸海域の高い生産性と健全な物質循環系を維持するための方策をその解明し、「きれいで豊かな沿岸海域」実現のための

森の役割を明確にする。

湾内において陸水由来の栄養塩類の挙動を定量化し、また、各基礎生産者が必要とする栄養塩濃度を見積もり、河川の寄与を定量化する。本研究で得られた各種の情報を総合化して、沿岸海域の高い生産性と健全な物質循環系を維持するために必要な方策を提案する。

### (3) 森—川—海の微量金属輸送

東京工業大学准教授

吉村 千洋

森と海の繋がりは豊かな沿岸域生態系の形成に重要だと経験的に知られるが、その科学的知見は極めて限定的である。森林由来の有機物・微量金属（栄養塩）が、沿岸域の生物生産性に及ぼす影響の定量評価が必要となる。

研究の場、志津川湾およびその流域は、三陸有数の養殖場であり、漁協を中心に20年以上で毎年植林を行っている。近年、下水や畜産排水による河川水の汚染がみられる。

課題1 沿岸域での鉄の化学動態：沿岸域において、鉄の酸化還元反応に及ぼす有機物質や他の環境因子の影響を明らかにする

課題2 沿岸域での生物利用性評価：微細藻類による摂取と化学反応モデルを関連付けることで、有機物が鉄の生物利用性に果たす役割を明らかにする

課題3 沿岸域における溶存有機物の性質と起源の評価：森林土壌・河川・湾内での有機物の質の時空間変動や、陸・海域由来有機物の割合など有機物の性質と起源について、鉄の動態・生物利用性と関連付けて評価する。

課題4：鉄動態のモデル化（H26～28）：鉄と有機物に着目した森・川・海の繋がりの定量的解明する。

期待される成果は、最終的には河川を通して陸域から供給される鉄が沿岸域での一次生産に重要な役割を果たしているかどうか、定量的な検証することである。

### (4) 志津川湾の有機物動態

東北大学大学院工学研究科土木工学専攻 西村修

水環境保全指標として、底層溶存酸素濃度および透明度が環境基準として検討が行われている。底層溶存酸素では、底層を生息域とする魚介類や水生生物の個体群の維持を可能とする基準の設定が求められる。透明度は浅海域の高い生産性を支える環境要素として、海藻草類の繁茂が可能となる基準の設定が求められる。

基準がめざすものは、生物の健全な生育・生息に必要な環境の保全であり、有機物動態の健全化を目指した指標ということができる。また、浅海域は、産卵場、稚仔魚の生育場として重要であり、一次生産有機物のバランスが生物生産・生物多様性の確保に必須であることは論を待たない。

著者らは、志津川湾のギンザケ養殖による自家汚染、貧酸素水塊等の調査研究を行った。ギンザケ養殖場よりもカキ養殖場の底層溶存酸素が枯渇すること、ギンザケ餌料由来の沈降有機物質は沈降過程でかなり分解するのに対して、カキ養殖場の沈降有機物は分解が遅く、底質を悪化させることが明らかになった。

志津川湾ではカキ養殖が復旧しつつあり、養殖イカダの数を削減し、環境への影響を減らしつつ美味しく育てる試みが続けられている。この効果を解析することは、豊かな志津川湾の創生にとって非常に有意義である。

有機物の動態解析にあたっては、従来の安定同位体比、脂肪酸組成等に加えて、脂肪酸の炭素安

定同位体比など新たなマーカーの応用が期待されている。多様なマーカーからの多次元情報の合理的集約による環境管理への試みは新規的で、これらの分析・解析手法の確立により里海の実現する有機物動態のあるべき姿について、有用な知見を生み出したい。

#### (5) 震災前後の志津川湾の藻場の変化

東京大学大気海洋研究所 小松輝久・阪本真吾・佐々修司

三陸の沿岸域も日本有数の水産物の供給地である。宮城県のカキ稚貝は日本のカキ養殖を支える。沿岸漁業の復興が復興の鍵であり、復旧は着実に進んでいるが、現状の把握は困難である。

藻場は、生物多様性の上で非常に重要である。被害を受けた藻場の現状を把握し、どのように変化したのかを明らかにする。南三陸町には震災前から多くの調査が行われており、研究成果を地元提供できれば、より早い藻場の再生が可能になる。

藻場のマッピングには衛星画像解析を用いた。震災後は、現場観測を実施し、衛星画像解析を進めた。漁業者から震災前に分布していた藻場の位置や種類などのデータを得た。震災前と震災後の藻場分布の比較により、消滅した藻場、再生した藻場など藻場の被害状況が容易に確認できる藻場復元・支援マップを作成した。

藻場復元・再生支援マップをもとに、特に被害の大きかったアマモ場を復元・再生に向けて提案を行う。

アマモ場の再生には、海底の底質として砂や泥が必要なので、砂の供給を妨げない流域と河川の適正な管理、陸と沿岸の間を分断しない海岸の再生が求められる。巨大防潮堤は、アマモの回復には有害である。震災前にアマモ場であったところは養殖筏を設置しないことが必要である。

今年、ウニの大量増殖により、アラメは壊滅した。アラメが枯渇してしまうとエゾアワビ資源も激減する。志津川湾では、人手によってウニを除去しなければならない。アラメ場の再生を促進し、アラメ場に依存する生物の資源回復を図る。藻場を再生し、保全していくためには、地元との協力と議論を通じて今後も監視を続け、再生と保全を促していく方策を絶えず検討していく必要がある。

#### 総合討論 (座長 柳 哲雄)

**座長** 先ず今日の総括班として、講演者に注文を出し、その後会場から質問を受けます。最後に実際に志津川湾をきれいで、豊かで、にぎわいのある海にするにはどうすれば良いかという提案を我々と会場で討議したいと思います。

最初は、門谷先生に2つ質問があります。一つは、3つの河川で、N/P比が違う理由。

**門谷** まだわからない。河口域で数値を出した。上流側は、まだ解析が終わってない。上流の河水は同じで、河口域の値が違うのは、流下の過程で、土地利用等様々な形態で変わってくる可能性があると思う。

**座長** N/P比が河川で高いのに、海に入ったとたんに14を切るような値となっている。Nがどこかに抜けているのか。

**門谷** それよりはPが付け加わっていると考えた方が良い。N/P比で再生、外洋からの差し込みがあれば、N/P比が低くなる。つまり、Pの方が相対的に多くなれば、緩和される。

**座長** 外洋からのN/P比はそんなに低くないのだから、志津川湾内でPが付け加わることですか。

**門谷** NとPの再生の差がPの方がより速い可能性はあります。これは仮説で、親潮系水はPが残っているので、NとPがそもそも低い。釧路沖のデータはあるが、そのまま使えないので、実測

する必要がある。来年度実施したい。

**座長** 実際の志津川湾の植物プランクトンなり海草の鉄の要求量を明らかにしないと、川からのフラックスが合わない。川からの鉄の供給はあるが、量として足りてないので、それを明らかにしてほしい。

**吉村** 今年度は特性を含めて物質の移送過程に着目して調査をしている。2年目からは、生物を培養して、どれぐらいの摂取速度を持っているのかを実験室内で実験する。一部の標準藻類の藍藻、珪藻、緑藻を入手して培養をはじめた。志津川湾の藻類も入手して、フラックスを出したい。

**座長** 門谷先生のバイオマスの量、小松先生の実験の量を加えれば、フラックスが出せると思う。西村先生と門谷先生が内容的にダブっていると思うが、志津川湾の化学的マーカーを使って、アマモ場やカキ養殖場の有機物に関して、擬糞、付着動物、付着珪藻等の何がどのくらい、何%あるのか、整理できないのか。

**西村** 作業が重複というほど、データが取れていません。研究を協力して効率を上げて行きたい。定量化は、脂肪酸組成と炭素安定同位体比を測っているので、量的なものは出せるように考えている。問題は、分解の過程で、脂肪酸の組成が変化するので、カーボン量と組成の問題は少し、時間の関係があり、単純換算が出来ないので、時間経過を調べる必要がある。

**座長** 小松先生に伺いますが、志津川湾で復活した藻場と復活しない藻場があって、復活していないのは、陸の影響と言われたが。

**小松** 河川工事を盛んにやっていて、濁りが多く、透明度が悪い。

**座長** 里海の人手をかけるという意味で、河川の工事をやっても、濁りが来ないように囲いを造るなりして、藻場の復活を実験できないか。

**小松** 瓦礫がかなり多く残っている。

**座長** 瓦礫が残っているところは、海藻が付くと思う。小松先生の計画書ではモニターしながらという人手を加えることが志津川湾の多様性と生産性を上げるために有効であるかを研究するとある。これを是非実行してほしい。

**座長** 皆さんから何かありますか。

**志津川漁協** 私はカキ養殖をしている。森一川一海の話がされたが、川から流れてくる水はカキの生産に影響を与えている。森を大量に伐採した場合にカキの成長が著しく悪くなることを何度も経験している。どのような物質が科学的に栄養となるのかという研究については理解できる。

我々が一番興味あるのは、津波前は過密養殖を行っていて、生産性がものすごく悪くなった。そこで、科学的に適正な養殖量はどれぐらいかということを知りたい。カキやワカメの生長にあたってはどれぐらいの栄養塩が必要か、志津川湾を一つの区にした時に流れる栄養とバランスはどれぐらいなのかということを知りたい。

栄養塩について、1月・2月になったときに外洋に近い湾口の濃度が飛躍的に高くなってくるとは経験的に分かっているが、どうしてなのかわからない。

カキやワカメの生長の良い年、悪い年というのがあるが、降水量が多い年は良いとかあるが、どうしてなのかわからないので知りたい。

**座長** 質問が3つあった。降水量が多い年には、生産が良いという経験があると言われたことと、1月・2月になったときに外洋に近い湾口の濃度が飛躍的に高くなるというのはどうでしょうか。

**門谷** そこが知りたいところである。冬季観測はこれから。北海道東部沿岸域の親潮が接岸するところ、同じようなことが生じている。北海道では結氷するが、氷の下に高濃度の海水が入り込ん

で、ゆっくり基礎生産が起こる。この生産物は冬季、水温が低いので、動物プランクトンに利用されずに蓄積する。水温の上昇に伴い蓄積された有機物を使って爆発的に生産が起こる。しかし、三陸では凍らないので、北海道と同じように考えられるかどうか分らない。冬季に接岸する親潮系水が何らかのより良い結果をもたらしているものと考えられる。1月に冬季の観測をする。その時に情報が得られればと思う。

降水量は、当然、淡水流入に直接影響しますが、今の予想では水温が低いので、森林から溶け出す N/P の濃度が大きく変わるとは思えない。流入量が増えることで河口域は高くなる。クロロフィルの結果でも出ているという事実はある。しかし、不十分なのでこれからデータを蓄積して行きたい。

**小松** 適正養殖量については、このプロジェクトの最後にやりたいと考えている。門谷先生は植物プランクトン、海草・藻類が増えるために周りから栄養塩がどのように供給されているのかを、吉村先生が植物プランクトンの生長に必要な鉄がどうなのか、そして西村先生が陸から入ってくる有機物や湾内で生産された有機物がカキにどれくらいの割合で取り込まれるのかをそれぞれ計算している。湾内で生物量が恒常的に高いのは藻場なので、藻場の分布、藻場の生物量の季節変化を私が担当している。今の養殖筏の配置をリモートセンシングでマッピングして、それを入れて計算して、実際のカキ成長を再現できるかを取り入れてモデル化して、養殖筏の配置を変えることにより、カキの生産がどれくらい変わるのかをわかるようなモデルを作りたい。これにより、きれいで、豊かな、にぎわいのある漁業生産ができるということ、海洋環境が持続的であるということを実現したい。

**座長** 志津川湾のモデルは 2 年目に作ることを考えている。共同設計で適正養殖量を出したい。共同設計とは研究者の提案に対して、現場の皆さんが計算結果に対してどう思うかを意見を出してもらって、実際の志津川湾のみんなが喜べる生産形態、デザインを議論しながら作り上げることをやりたい。これが世界的に発信できる成果となる。

**松田** 豊かな志津川湾をこれから作って行くという意味で、豊かさの根源が 2 つあり、一つは親潮がもたらす外からの栄養、もう一つは流域からの栄養塩がある。河口付近では陸・川の影響、湾口では親潮の影響があると思うが、時空間的に役割分担が変化している。モデル班で両方の恵みをどういう風にすれば良いかを示してほしい。親潮はコントロール出来ないと思うが、陸からの影響はコントロール出来ると思う。どう組み合わせたら最適かを示していただきたい。

**座長** 私も気になっていて、小松先生と相談して、湾口に観測ブイを入れる必要があると考えている。東北のリアス式海岸というのは海水交換が間欠的である。潮流は小さいので、ベーシックには水はあまり交換していない。むしろ時々夏に、下から入ってくるとか、親潮がないときには暖水塊、冷水塊の交代がある。数週間、数か月に 1 回交代があるとか、大きな変動があり、水の交換が起こっていることが知られている。しかし、志津川湾でのデータはない。

**小松** 湾の北側に漁協の協力を得て、カキ筏に水温・塩分計を付けさせていただく。南側の養殖筏を探している。最終的には湾の北から南までの 3 箇所ぐらい入れたい。

**座長** 流速を測らなくても、水塊の入れ替わりについて水温・塩分が良いパラメーターになる。外洋は水産庁などが太平洋全体のモデルを動かしているのだから、親潮がどう動くかを把握できる。我々はこれを利用して、志津川湾にどれ位の頻度で水が入ってくるかを測定データを含めて、計算するつもりである。これがわからないと養殖場のクロロフィルや栄養塩などの動態が計算できない。

**仲上** 今日の志津川湾の話聞かせていただきまして、精力的に現地調査が行われていて、全体の

雰囲気はわかりました。小松先生にまとめていただいた課題を受けて、我々のグループは何をすれば良いか、12月に現地に伺い、生態系サービスのアンケート、測定を行いたい。同時に、統合的管理の方の問題について、志津川湾モデルを先行するような組織づくりを始める必要がある。もう一つは、愛知大学の印南先生がすでに東北で海岸地域を回っておられて、人々が何を考えているか、震災という視点だけでなく、この地域でどのような方向を見出すことが必要なのかを共同して研究を進めて行きたい。志津川湾だけでなく、さらに広げた三陸沿岸など広域的な視点での評価が必要ではないか。

**小松** 地元の方々、研究者と行政とが話す場所というのを是非実現したい。南三陸町さん、如何でしょうか。

**南三陸町産業振興課** 科学の目で因果関係を明らかにした上で、政策を立てるというのは我々にとっても必要なことです。水産振興を担当していますので、在籍の間に前向きな形ができればと思う。

**印南** 沿岸を回らせていただきましたが、海産資源は回復してきている。今回のカキの話ですが、カキをとりまく豊かな資源がある。培ってきた食文化が根強く残っている。カキを注目しながら周辺を含めた全体的な保全・継承となるのではと思いました。

**座長** 議論を通じて、豊かで、にぎわいのある志津川湾という筋道が見えてきたと思います。協議会も含めて、一步一步進めて行きたいと思います。

## 閉会挨拶

小林悦夫（環境創生研究フォーラム）

このシンポジウムにご参集いただきましてありがとうございます。また、志津川の漁業組合の皆様につきましても、熱心にお聞きいただき、議論をさせていただきありがたく思います。瀬戸内海でも、栄養塩が少なくなり、ノリが採れないなど大きわぎとなっております。今、瀬戸内海で問題となっているのは、下水道整備が進み、結果として栄養塩が不足してきているので、どう対応するのかという話がある。

これから5年間で沿岸海域の管理手法の開発について研究をしていただいて、研究結果を政策に反映して行く。また、地元の方々が実際に行動として動くような研究成果にしていいただければと考えております。