

海洋アライアンス イニシャティブ報告書

採択課題名：

離島振興に向けた沿岸漁業に及ぼす海洋環境の影響に関する総合的検討

主提案者：

山本光夫 海洋アライアンス 特任准教授

共同提案者：

木村伸吾 新領域創成科学研究科／大気海洋研究所 教授

竹茂愛吾 大気海洋研究所 特任研究員

報告書提出年月日：

2016年2月19日

目的

日本には6,847の離島があるが、有人島は418にも上る¹⁾。離島における重要な産業の一つは水産業であるが、漁業者の高齢化と共に、漁場環境の悪化が大きな問題となっている。その中でも、魚介類の産卵・生育場となる海藻群落（藻場）が衰退・消失する磯焼けは深刻であり、沿岸漁業における漁獲高の減少に直結することから、その解決への取り組みは特に重要である。

磯焼けの要因として、海水温上昇、ウニや植食性魚類による食害、栄養塩や鉄の不足などが挙げられる中、主提案者の山本は、溶存鉄不足に着目した藻場再生技術の研究開発²⁾に取り組んできた。この技術は、鉄鋼（製鋼）スラグと腐植物質（堆肥）からなる施肥材を利用するものだが、対象海域の環境特性を踏まえた施肥の実施が重要で、全国の主な実証試験の結果と海域環境の関係性の評価を行いながら、実用化を目指している。

長崎県対馬においては、2007年より東部海域で行われた試験結果が良好であった。その一方で、島の東西で藻場の減少・衰退の状況が異なるという特徴があり、単に陸域からの鉄供給量の減少だけが磯焼けの要因とは考えにくい。実際に、これまで対馬の東西南北6地点の水質調査を行った結果、鉄濃度は低いものの、水質と藻場分布の相関を示唆する結果は得られていない³⁾。対馬の海域は、対馬暖流の影響を大きく受けていることから、沿岸だけでなく海流の影響も含めた海洋環境の全体像の把握が藻場修復対策立案に向けて重要と考えられる。

本イニシャティブでは、離島における水産業の振興に向け、漁場を形成する上で重要な藻場の分布と海洋環境の変化の関係性について、長崎県対馬をフィールドとした総合的検討を行うことを目的とする。

手法

対馬の東部および西部の代表的な海域での水質環境調査を行うとともに、対馬周辺海域の過去20年にわたる水温や海流変動等の海洋環境変化を既存データと数値実験より評価する。得られた結果と藻場分布の関係性を検討することを最終的な目標とする。

水質環境調査

対馬東部及び西部の水質（水温、塩分、栄養塩（N、P）、鉄、クロロフィル）について、年4回の調査を実施する。結果については特に鉄に着目した考察を行う。

海洋環境変動評価

気候変動等による対馬周辺海域の水温や対馬暖流の流動の長期的変化について、既存の海洋環境データにより明らかにする。

成果

本イニシャティブでは、目的達成に向けて効果的に「水質環境調査」を実施し海洋環境データを利用して適切な「海洋環境変動評価」を行うための検討（調査方法の設計）を最初に行い、それを踏まえて、実際の調査と変動評価を実施した。したがって、ここでは検討過程を記載した上で結果を示す。

1) 調査方法の設計

これまで対馬では、峰町松島付近（峰町東部漁業協同組合）で鉄分供給による藻場再生実証試験が行われてきたほか、6地点での海域調査、北東部の舟志（しゅうし）川、南西部の瀬川で水質調査が行われてきた。また平成20年度に対馬市で実施された藻場一斉調査では、特に南西部に磯焼けが広がり、北東部は比較的海藻が残っている海域が存在していることがわかっている。したがって、図1の調査海域（北東部・南西部）で調査・研究を行うことが、本イニシャティブを遂行する上で最適であると考えた。

「水質環境調査」については、北東部の松島付近（海域2測点、小河川下流1測点）と舟志川河口域（海域、河川下流各1測点）、南西部の瀬川河口域（海域、河川下流各1測点）、西浦付近（海域2測点、小河川1測点）を対象海域にすることとした。年4回の調査は、2015年6月、9月、12月、そして2016年3月の4回実施し、水温、塩分、クロロフィルについては、クロロフィル計にて各測点で観測を行い、表層・底層の海水、表層河川水をサンプリングして栄養塩（N、P）及び鉄（全鉄、溶存鉄）の分析を実施することにした。

また「海洋環境変動評価」については、水質環境調査と同じ海域の海洋環境データの解析を行うことにした。具体的には、図1の長方形内の海域について、最初に海洋変動予測システム（FRA-JCOPE2.1）を用いて、1993年～2012年の20年間の海水温・塩分、流速データについて北東、南西海域の空間平均値を算出し、海域別に季節変動と長期変動を解析した。その上でFRA-JCOPE2.1の妥当性評価と合わせて実測データからの海洋環境変動の把握を行うため、長崎県で実施された事業において観測された海水温・塩分、流速（潮流）のデータとの比較を行うことにした。

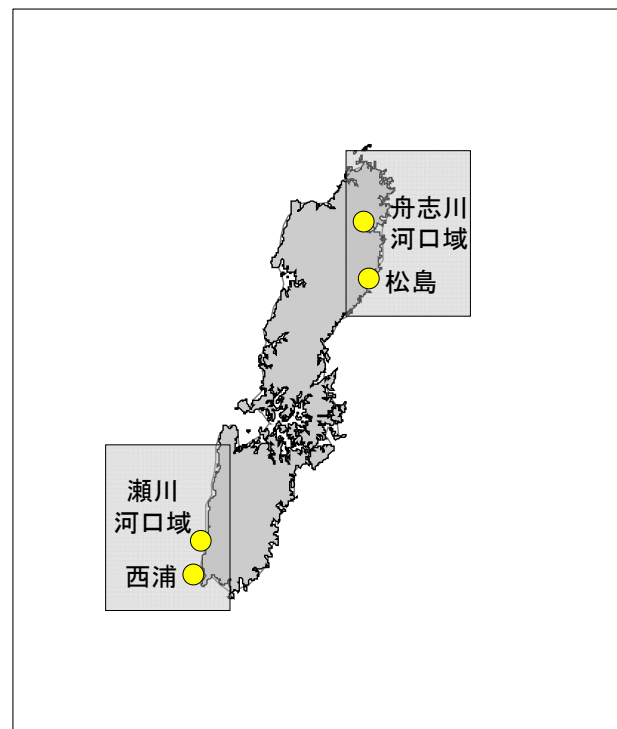


図1. 調査海域図

2) 水質環境調査

本調査の趣旨は、海域における鉄・栄養塩濃度と藻場分布の関係性、また河川との関係性を評価するとともに、北東・南西海域における栄養塩・鉄の濃度差と季節変動を考察することにある。しかし、3

月調査の終了時点でなければ水質の海域差・季節変動の解析については難しい。したがって、本報告書では調査海域の藻場の広がりや鉄・栄養塩濃度の関係性、また河川からの鉄・栄養塩の供給の関係性という観点で記述を行う。

図2、図3は、本研究の調査時期の中で最も藻場が繁茂している時期と考えられる2015年6月の松島と西浦の海域の様子である。図2では海水面まで繁茂したホンダワラが広がっていることがわかる。それに対して西浦においては、海岸に打ち上げられている大型海藻（褐藻）も少なかった。実際の海底の状況も松島海域はホンダワラ類やアラメなどの海藻の広がりがみられたのに対し、西浦の海岸付近には褐藻がほとんどみられないことが確認された。これは藻場再生実証試験の影響の有無に関係なく言える傾向であり、平成20年度藻場一斉調査結果と矛盾しないものである。

これを踏まえて特に鉄濃度に着目をして、西浦海域よりも松島海域の方が鉄濃度は高い可能性を予測して、考察を行った。しかしながら、2015年6月は必ずしも松島海域の鉄濃度が全体的に高いとは言えない結果であった。但し、

この結果だけから対馬において鉄濃度が藻場分布と関係しないと結論付けることは難しいと考えられる。それは6月調査においては、西浦では海象条件が悪く、採水時期が1週間遅れたためである。他の海域（太平洋側）の調査では、降水量と鉄（全鉄）濃度に関係性がみられることが示唆されており⁴、採水時期が変わることによって鉄濃度にも影響が出ることを推察される。本研究では、2015年9月の調査でも北東部と南西部の採水時期がずれたものの、2015年12月は連続した調査日程で採水ができた。そこで12月の鉄分析結果をみると、松島海域の方が西浦海域よりも鉄濃度が高い傾向が示された。今後は、この12月の結果が一過性のものか、それとも年間を通して言えるものかを検討するために、現地との協力を強くして採水のタイミングを検討しながら、引き続きモニタリングを続けていく予定である。

一方で、河川と鉄濃度の関係については、2015年12月の分析結果から特に全鉄濃度は河川の方が海域よりも概ね高い傾向にあり、河川の全鉄濃度が高い方が海域鉄濃度も高い傾向が示唆された。6月、9月は異なる傾向を示した採水地点も存在しているが、既往研究⁴と同様に河川からの鉄供給が海域鉄濃度



図2 調査海域の様子（松島、2015年6月）



図3 調査海域の様子（西浦、2015年6月）

に関係している可能性が考えられる。この点についても今後更に観察を続けていく予定である。

3) 海洋環境変動評価

モデル (FRA-JCOPE2.1) による海洋環境の解析の結果、対馬海域の海水温は2~3月に最も低く8月に最も高い傾向を示し、塩分は8月頃に最も低くなることが示された。また流速についても季節変動があることが確認された。塩分の傾向については、既往研究⁴⁾ともその傾向性が一致しているほか、水温・塩分ともに季節変動が実測データ (浅茅湾) と一致しており、モデルの値は比較的再現性が高いことが示された。

このモデルの結果をもとに解析を進めたところ、北東海域と南西海域の海洋環境の違いに関する新たな知見を得ることができた。詳細については、今後の論文執筆等のためにここでの記述は割愛するが、対馬海域は、黒潮系の海水に特徴づけられる対馬暖流と既往研究でも示唆されている⁵⁾長江の希積水の両方の影響を受けて海洋環境が形成されていることが示唆された。

まとめと今後の展開

本イニシャティブは、対馬沿岸域の藻場分布に影響を与える環境要因として、河川からの鉄・栄養塩供給という陸域の影響と対馬暖流といった外洋の影響の両者から検討したことに意義がある。これまでの研究では、藻場分布に関して外洋の影響までモデルデータを使って解析した例は多いとは言えない。少なくとも対馬においては海洋環境データの実測値が少ない中であって、水質環境調査とモデルデータ解析によって、藻場分布に影響を与える可能性のある因子を検討したことは学術的な新規性もあると言える。本研究によって、対馬海域における磯焼け対策は画一的に施肥や食害対策を実施するのではなく、海洋環境変動を踏まえた上で最適な方法を選択する重要性を示すことができたと考えている。

今後は、水質環境調査を引き続き実施していくとともに、海洋環境変動評価については、更に実測データを取得して本研究結果の信頼性の検証を進めていくとともに、数値実験などにより対馬暖流や長江希積水の影響についてより詳細な評価を行う予定である。それらを踏まえた総合的な沿岸・海洋環境の影響評価によって、対馬における藻場の修復・造成に向けての最適な手法を提案することを目指すとともに、水産業の復興に向けた具体的な施策についての検討もしていきたいと考えている。

本研究は、対馬を対象としているものの、日本においては同様に海洋環境 (外洋) の影響を強く受ける数多くの離島が存在し、磯焼け対策と漁場環境整備が課題となっていることから、離島における水産業復興を考える上でのモデルケースとなり得ることが期待されるものである。

謝辞

水質環境調査を実施するにあたっては、株式会社大川建設工業に多大なるご協力を頂きました。また鉄分析は、有明工業高等専門学校・劉丹教授への依頼により行われました。また海水温・塩分・潮流の実測データは、長崎県水産部資源管理課および漁港漁場課より提供をいただきました。ここに記し、深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 国土審議会第10回離島振興対策分科会資料 (http://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/kokudoseisaku11_sg_000020.html) (Access: 2016年2月18日) .
- 2) M. Yamamoto et al., *J. Chem. Eng. Jpn.*, **43** (2010) 627-634.
- 3) M. Yamamoto et al., *Proceedings of The 4th IWA-ASPIRE Conference & Exhibition* (2011).
- 4) 山本光夫ら, *2015年度水産海洋学会研究発表大会講演要旨集*, (2015) 23.
- 5) T. Senjyu et al., *J. Oceanol.* **62** (2006) 681-692.