



佐賀大学
有明海
総合研究
プロジェクト



佐賀大学有明海総合研究プロジェクト 5年間の成果の概要

2010年3月

佐賀大学有明海総合研究プロジェクト

ごあいさつ

佐賀大学有明海総合研究プロジェクト長
山 下 宗 利

ここ近年の佐賀県有明海におけるノリ生産は全国1位を誇っています。表面的にはこのような好調さが聞き取れるのですが、現場はなおも厳しい状況が続いています。県西部及び南部地区ではノリの色落ちが深刻であり、赤潮の発生により冷凍網の張り込みが例年に比べて2週間遅れて開始された、というニュースが届いています。一方ではタイラギの豊漁が伝えられ、ここ数年来にわたって不漁であった漁民の苦労の中に一筋の光明を見出す思いです。

平成12年度に大規模なノリの色落ち被害が有明海全域において発生しました。それ以前にもさまざまな要因が複合的に影響あって水面下で問題が発生していたと思われますが、色落ち被害を契機としてようやく有明海研究が認識され、本格的な研究が開始されました。異変要因の一つと思われる諫早湾干拓事業の影響解明のみでは「有明海異変」の解決には至らず、複合的な要因をきちんと解明し、有明海を適切に継続的に看続けることが有明海研究にとって重要だと考えています。

佐賀大学有明海総合研究プロジェクトは平成16年度に学長裁量経費を得て立ち上がり、翌17年度から文部科学省の特別教育研究経費の支援を受けて5年間の期限付きで再出発しました。佐賀大学の全5学部から教員が参画し、新規採用の専任教員とポスドク複数名を加えて、有明海研究を推進してきました。コア研究1（環境物質動態・干潟底質環境・環境モデルの3研究部門）、コア研究2（微生物相・食水系感染症の2研究部門）、そしてコア研究3（地域文化・経済研究部門）の三つのコア研究が柱となって独自の視点から研究を行うとともに、相互の連携を組み入れながら有明海研究を推進してきました。

本プロジェクトも、平成22年3月で期限を迎えることになりました。私たちが目指した「有明海異変の原因解明と再生策提言」と「『有明海学』の創成」

には途半ばといったところが正直な思いです。しかしながら各コア、各研究部門は顕著な成果も生み出しました。有明海異変の解明を目的としたコア研究1では、赤潮増加の主要因の解明、貧酸素水塊の基本的な形成・短期的な変動機構の解明、懸濁物輸送機構や底質分布変化の実態解明、さらには有明海のきわめて高精度な3次元流動モデルの構築に結びています。コア研究2では、人食いバクテリアとの戦い・泥干潟の微生物を研究対象としました。海苔スミノリ症の原因菌を分子生物学的に同定解析し、スミノリ症の発症抑制という成果を生み出しています。またビブリオ・バルニフィカス感染症ネットワークを構築し、啓発活動とともに患者発生の予防や医療費の節減に大きく貢献しています。コア研究3では、人文・社会科学的な手法を用いて有明海との共生を目指した持続可能な社会・経済システムの構築に関わる基礎的な研究を遂行してきました。上述の主要な成果とともに残された課題も山積しています。外部評価委員そして地域のみなさまからご指摘をいただいた課題の中には未だ解明できていないもの、無視できないものも多数含まれています。今年度以降は低平地研究センターとの統合を経て新たな組織にて有明海研究を継続していく計画です。「有明海をめぐる環境問題」は佐賀大学が取り組む戦略的研究課題と位置づけられています。佐賀の大学である限り有明海の研究と教育に対して多大な責務があり、このきわめて独自性の高い研究分野をぜひ極めたいと考えています。この間、佐賀大学有明海総合研究プロジェクトに対し、多方面にわたりご支援とご鞭撻をいただきましたことに厚く御礼申し上げます。今一度、目標を再確認し、基本理念に基づいた有明海研究を展開していきたいと考えています。今後とも従来同様の温かいご支援、ご協力を賜りますようお願い申し上げます。



有明海における環境異変の要因と再生可能性について

研究体制

環境物質動態研究部門 山本浩一¹⁾・原田浩幸・古賀勝喜²⁾・吉野健児・天野佳正
 干潟底質環境研究部門 田端正明・瀬口昌洋・加藤治³⁾・原口智和・郡山益美・西本潤⁴⁾・Alim Isnansetyo
 環境モデル研究部門 速水祐一・大串浩一郎・濱田孝治・平川隆一・加玲美⁵⁾・片野俊也・吉田誠・
 山口創一

¹⁾ 現所属：山口大学理工学研究科, ²⁾ 2007年度まで, ³⁾ 現所属：加藤地域環境研究所,

⁴⁾ 現所属：県立広島大学生命環境学部, ⁵⁾ 現所属：東北大学生命科学研究所

コア研究1は上記の3研究部門からなり、プロジェクト全6部門の半分が参加するもっとも大きなコア研究グループです。本研究では、「有明海異変」の原因を解明し、健全な水域生態系を維持あるいは再生することを目的としています。異変の原因を解明するためには、データ解析、現地観測・実験にもとづいて仮説を構築し、数値モデルによってその仮説が適切かどうか検討するという戦略を採用しています。モデル構築のために必要な様々な物理・化学・生物学的素過程の解明や境界条件データセットの整備、モデルの精度検証用データセットづくりは3部門で分担して進めています。環境再生策については、危急の問題に対する対症療法的施策の開発・効果の評価とともに、根本的な問題解決につながる方策についても検討を進めています。

有明海異変とは ー背景と目的ー

有明海の研究においては、しばしば基礎研究の重要性が強調されます。しかし、広く問題が注目されるようになってから9年にもなる現状を鑑みると、なによりもまず「異変」が生じるにいたった具体的なシナリオ解明と実効性ある再生策の提示ができる限り早く行うことが重要です。

そこで我々は、以下のような戦略で研究を進めてきました。①集中的に研究を進めるため、主な研究対象水域を有明海奥部（竹崎・三池港以北）に絞る。時期的には、異変が顕在化した1990年代以降の環境悪化に重点を置く。さらに、②データ解析と現地観測・実験によって、「異変」発生機構の大枠をつかむ。③有明海奥部の流動、懸濁物輸送、低次生態系変動を再現できる数値モデルを構築する。④①から導き出された「異変」発生機構に関する仮説を、③のモデルを使って検証する。⑤具体的な再生策を提示し、その実効性をモデルで検討する。なお、全てのプロセスを数値モデルで適切に表現できるわけではありません。モデル化が難しい高次生物の変化などは、データ解析や観測・実験によって得られた知見を組み合わせて、無理がない論理展開によって原因を推察することを試みてきました。

これまで、①の「異変」発生機構の大枠をつかみ、仮説を構築するという作業はほぼ終えました。また、モデル検証用データセットを得るために観測も実施しました。モデルについては、流動と懸濁物輸送についてはかなりの精度まで表現できるものを完成させることができました。生態系モデルについては、夏季の赤潮・貧酸素水塊を扱うモデルは構築することができ、貧酸素水塊の基本的な変動特性は再現で

きました。ただ、残念ながら、本プロジェクトの期間中には4までは到達できず、再生策については定性的な提案ないし技術開発に留まっています。

研究を開始するにあたっては、最初に「有明海異変」と一括りにして呼ばれている問題について整理し、研究テーマを明確化しました。また、これら問題間の相互関係についても検討しました。その上で、問題毎にその原因を解明するべく研究を実施しました。下表に、こうして整理された「有明海異変」に含まれる問題の一覧を示します。以下では、表に整理した問題毎に、これまでの研究を紹介します。その後で、数値モデル研究の現状についてまとめ、最後に有明海奥部の環境再生に向けた研究について紹介します。ただし、表に挙げたうち7の魚類漁獲量減少については、残念ながら本プロジェクトに魚類研究者がいないため、研究を行っていません。また、アゲマキについても本プロジェクトでは研究を行っていません。

有明海奥部における環境異変に含まれる問題

- 1) 透明度上昇
- 2) 赤潮の増加
- 3) 貧酸素水塊の発生
- 4) 底質の細粒化
- 5) 貝類（サルボウ・タイラギ・アゲマキ）漁獲量の減少
- 6) ノリの生産不安定
- 7) 底魚を中心とした魚類漁獲量減少

赤潮の増加

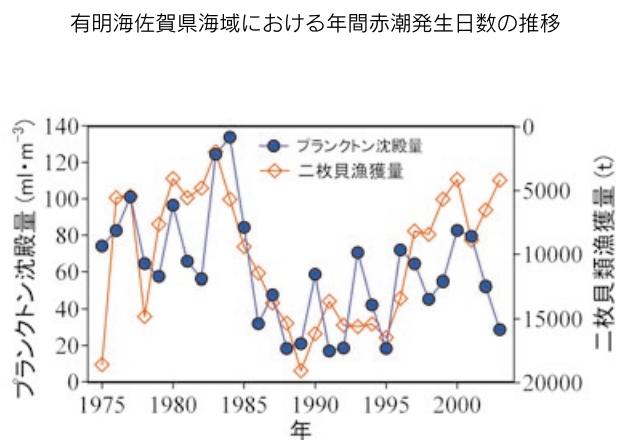
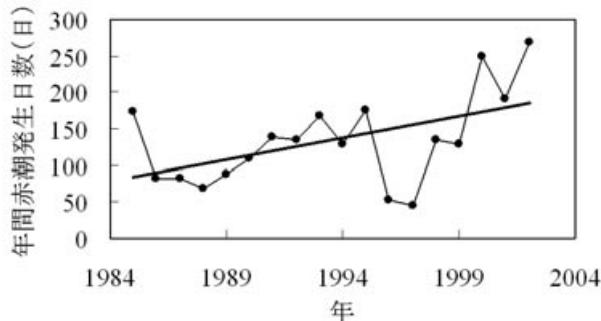
有明海奥部における赤潮については2つの問題が含まれます。1つは年間赤潮日数の増加であり、もう1つは夏季の有毒藻類シャットネラ属プランクトンによる赤潮発生です。

有明海佐賀県海域では、1990年代から2000年代にかけて年間赤潮発生日数が増加しました。それは主に秋・冬季の珪藻赤潮の増加に起因します。プランクトン沈殿量の経年変動について重回帰分析を行った結果からは、秋冬季のプランクトン沈殿量変動に対して最も関係があったのは二枚貝減少で、その次が透明度の上昇でした。二枚貝については漁獲データを用いて検討しており、その大半がサルボウです。有明海佐賀県海域のサルボウ漁獲量は、1989～1998年は15000t/年前後でしたが、それ以降急激に減少し、盛期の1/3程度まで減少しました。また、有明海奥部の透明度は多くの場合2m以下ですが、平均透明度は1980年代後半から1990年代にかけて上昇し、1990年代を通じて相対的に透明度が高い状況が続きました。こうしたことから、二枚貝減少による捕食圧の低下に加え、透明度上昇によって光条件が好転し、生産が増加したことが、この海域の秋冬季の赤潮増加を引き起こしたと考えられます。

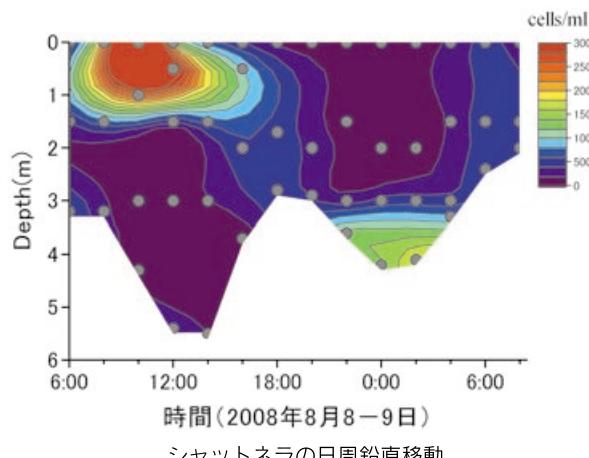
有明海のノリ養殖は、かつてはスミノリ病、アカグサレ病などに影響され、しばしば栄養塩レベルが

高くて生産枚数が低く押さえられましたが、現在では酸処理によってこれらの病害はほぼ克服され、ノリの生産枚数は栄養塩レベルを制限する植物プランクトンの発生時期に左右されています(川村、2006)。すなわち、「有明海異変」の1つに挙げられるノリの生産不安定化の要因は、秋・冬季の珪藻類を中心とした赤潮にあります。

シャットネラ赤潮については、2008年に詳細な現地観測と実験を行い、赤潮の発生機構について検討しました。シャットネラ赤潮の発生については、貧酸素水塊からの鉄の供給が引き金になっていると言われています(環境省、2006)。しかし、有明海の鉄濃度変動のデータは極めて限られています。そこでこの観測では、植物プランクトン量や栄養塩濃度と合わせて鉄濃度について連続して調査しました。2008年には7月末から8月中旬にかけてシャットネラ赤潮が継続し、8月には魚類の大量死が発生しました。観測結果からは、今回の赤潮については、何かのイベントをきっかけに急激にシャットネラが増殖したのではなく、ほぼ一定の速度で増殖し、珪藻類が消失した結果、シャットネラだけが卓越した状態になったと考えされました。赤潮時に行った24時間連続観測からは、浅海域ではシャットネラは夜間には海底まで移動していることが明らかになりました。



シャットネラ アンティーカ

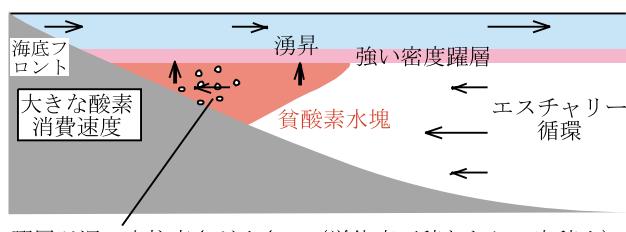


- まとめ**
- ・有明海佐賀県海域の近年の赤潮増加の主要因は、二枚貝減少と透明度の上昇と考えられる。
 - ・夏季のシャットネラ赤潮については、少なくとも2008年は、何らかのイベントによる急激な増殖が原因ではなく、着実な増殖が継続したことで説明できる。

貧酸素水塊

酸素は海洋生物にとって重要な要素であり、貧酸素化はしばしば大規模な生物の斃死を引き起こします。有明海奥部の貧酸素水塊には次の2つの特徴があります：1) 沖合の深い層ではなく、岸に近い浅い水域の底層で生じる、2) 比較的短時間の間に底層の溶存酸素濃度が大きく変動する。

1) については、東京湾や伊勢湾の貧酸素水塊が水深20m以上の深い海域を中心に形成されることが多いと対照的です。この原因は、夏季の有明海では、表層の2～5m付近に強い密度躍層が形成されること、エスチャリー循環が卓越すること、浅海域の酸素消費速度が大きいことの3つであると考えられます（速水ら、2008）。密度躍層が海底に接する付近には海底フロントが形成され、エスチャリー循環により底層水はフロントに向かって流れ、フロント付近に収束域を形成します。そのため、密度躍層が発達し、躍層以深への酸素輸送が制限される時には、新鮮な底層水は酸素消費によって徐々に酸素濃度を下げながら海底フロントに向けて輸送されます。したがって、海底フロントの沖側で最も低酸素になります。有明海奥部では密度躍層が浅いため、底層フロントは5m以浅の浅い水域に形成されます。また、泥干渉が広がるこの海域では酸素消費速度も大きくなっています。瀬口ら（2006）は、底質の含泥率・COD濃度が高いほど貧酸素水塊の発生頻度が高いことを示しています。さらに、躍層以深の水柱の厚さが薄いこと、エスチャリー循環によって有機懸濁物が海底フロント付近に集積され、強い潮流によって活発に沈降、再懸濁することが、この海域の酸素消費速度を高いものにしています。



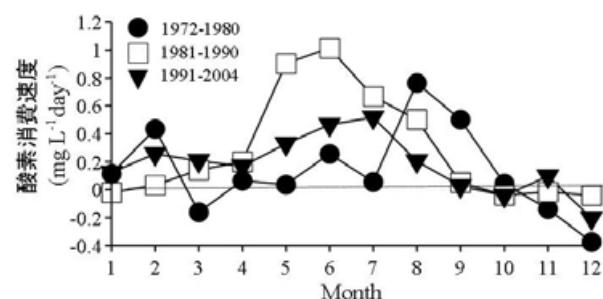
躍層以深の水柱高さが小さい（単位底面積あたりの容積小）
有機懸濁物集積、活発な沈降・再懸濁

有明海奥部で浅海域に貧酸素水塊が形成される機構

特徴2)について瀬口ら（2005）は、大潮時に強い潮流によって鉛直混合され、小潮時には混合が弱まる結果成層が強まり、それが主要因となって底層が貧酸素化することを明らかにしました（瀬口ら、

- まとめ**
- ・有明海の貧酸素水塊は、干渉前面の浅海域に形成され、短期間で酸素濃度が大きく変動する。
 - ・貧酸素水塊は成層の強化によって引き起こされ、成層強化には出水型と底層貫入型がある。
 - ・有明海奥部のマクロベントスは1989年以降に貧弱化しており、貧酸素化が原因として疑われる。
 - ・貧酸素化の経年変化については、1990年代以降は改善されたという結果と、過去に比べても貧酸素化しやすい状態が続いているという2つの結果が得られており、今後の重要検討課題である。

2005）。速水ら（2006）は、小潮時の成層強化には冲合からの高塩分水の進入が寄与していることを示しました。一方、大規模な出水が起きると、大潮時でも強い成層が維持され、貧酸素が継続します。こうしたことから、有明海奥部の貧酸素水塊は、形成機構によって、1) 出水型、2) 底層貫入型の2パターンあると考えられます。2006年には過去最大規模の貧酸素水塊を観測しましたが（濱田ら、2008）、これは前者によるものです。また、貧酸素水塊の変動には風の影響も大きく、台風時の吹き寄せと鉛直混合は貧酸素水塊の消失を引き起します。2008年には諫早湾で青潮が発生しましたが、これは南よりの風が引き起こした沿岸湧昇によると考えられます。貧酸素化が経年に進行したかどうか明らかにすることは極めて重要ですが、有明海では過去のモニタリングデータが限られるため、明確になっていません。瀬口ら（2008）は、有明海湾奥西部海域の溶存酸素濃度変動について2層ボックスモデルで解析し、1990年代以降、成層強度は変わらないのに夏季の酸素消費速度が小さくなり、貧酸素化が緩和されたことを示しました。一方で、速水（2007）は、佐賀県海域の7月のデータについて年々の成層強度の違いを除いた貧酸素化ポテンシャルを求め、この海域が1980年代に急激に貧酸素化しやすくなり、平均すると1970年代よりも80年代、80年代よりも90年代の方が貧酸素化しやすかったことを示しています。貧酸素化ポテンシャルの増大は底層COD濃度の上昇と一致して生じており、有機物負荷量の増加が原因になっている可能性があります。また、Yoshino et al (2008) は、有明海奥部におけるマクロベントスのバイオマス、主要種の分布域は1989年から2006年の間に低下したことを示し、この原因の1つは貧酸素化の進行であろうと考えています。このように、有明海の貧酸素化の長期変動についてはプロジェクト内でもまだ見解が分かれており、今後まだ研究を必要としています。



有明海奥部で浅海域に貧酸素水塊が形成される機構

底質細粒化・透明度上昇と懸濁物輸送

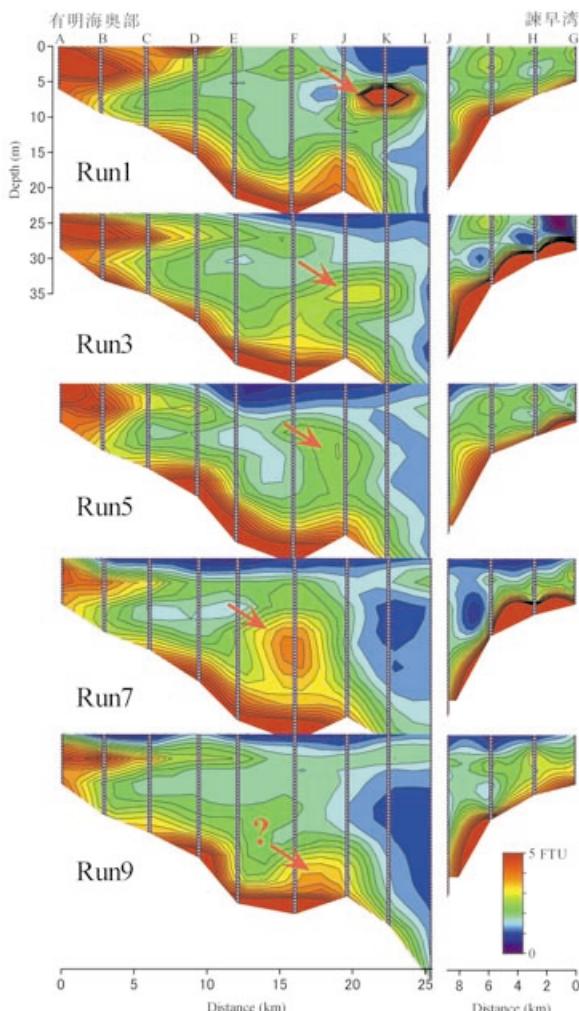
有明海奥部から諫早湾にはかつて広範囲にタイラギの漁場が広がっていましたが、底質の細粒化にともなってそのほとんどが消失しました。しかし、その要因については研究が少なく、環境省委員会による報告書でもあまり触れられていません。したがって、この原因を明らかにすることは本プロジェクトの大きな研究課題です。

有明海奥部では、長崎大学、佐賀県有明水産振興センターによって、1975–76年、1989年、2000年に広域的な底質調査が行われました。本プロジェクトでも、2005年に干潟を含めた100地点で採泥し、詳細な底質分布を得ました（山本ら、2006）。これらの結果を比較すると、1989年から2000年の間に太良町沖の有明海湾奥南西部海域において底質の $Md \phi > 7$ の領域（粘土質の領域）が拡大したことがわかりました。湾奥東部でも細粒化は生じましたが、これは $Md \phi > 4$ の領域の拡大で、シルト域の拡大でした。有機炭素安定同位体比の分析からは、湾奥南西部海域の底質は海域で生産された有機物を多く含んでいるのに対し、湾奥東部の細粒化進行域では陸起源の有機物が多いことがわかりました。したがって、両海域の細粒化機構は異なるものと推定されます（山本ら、2008）。また、細粒化が進むと有機物と共に重金属が吸着、濃縮され、底質中の重金属濃度が上昇することもわかりました（田端ら、2006）。

この海域では、底質細粒化とほぼ同時期に透明度の上昇も生じました。有明海奥部の場合、透明度の上昇とは表層を浮遊する粘土粒子の減少を意味します。したがって、この問題は海域における懸濁物の動態と密接に関係します。有明海でも諫早湾以南の西岸域における透明度は、1996年を境に上昇しており、これは諫早湾締切にともなって諫早湾内で表層まで巻き上がる懸濁物が減少し、西岸沿い表層を流出する懸濁物が減少したためと考えられます。これは私たちの数値シミュレーションによっても確かめられています。

有明海湾奥西部の海底水道沿いでは、残差流としてエスチャリー循環が卓越し、底層の懸濁物は湾奥方向に輸送、集積されます（速水ら、2007）。年間を通して連続観測の結果からは、台風時に突発的に沖向きの輸送が生じた以外は、湾奥向きの懸濁物輸送は年間を通して続いていることがわかりました。また、こうした懸濁物輸送の変化が底質分布と密接に関係していることもわかりました（笠置ら、2007）。こうしてわかってきた懸濁物輸送機構から、太良町沖における底質の変化には、湾奥側だけではなく、

沖合からの懸濁物輸送の影響も大きいと考えられます。そこで、島原半島沖および諫早湾内までを含めて、1潮汐間の流動と懸濁物濃度分布の変化を詳しく調べました。その結果、諫早湾内で巻き上げられた底泥が湾外に流出し、その後塩田川沖海底水道に沿って有明海湾奥方向に輸送される様子を捉えました（速水ら、2008）。こうした結果は、有明海湾奥南西部海域の底質変化に対して、諫早湾締切にともなった懸濁物輸送の変化が影響した可能性があることを示唆します。ただし、その後行った連続観測の結果、諫早湾の懸濁物輸送は常に流出傾向にあるのではなく、鉛直混合した時期には、逆に諫早湾奥向きになっていることが分かりました。今後は、数値モデルによる検討と共に、台風通過などのイベント時を含めて通年の連続観測が必要です。



諫早湾から有明海湾奥にかけての1潮汐間の濁度分布の変化。
矢印は諫早湾起源とみられる高濁度水塊。

まとめ

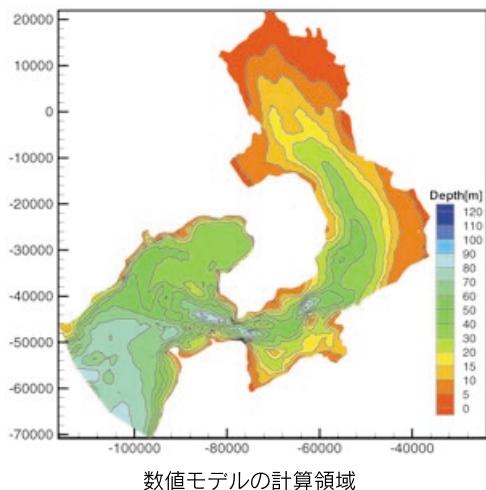
- ・有明海奥部の底質細粒化とは、南西部の粘土域の拡大と、東部のシルト域増加に分けられる。
- ・有明海西部海域の諫早湾以南では、諫早湾締切によって透明度が上昇したと考えられる。
- ・有明海湾奥西部の懸濁物動態については、平穏時のエスチャリー循環による湾奥方向への輸送と、強風時のイベント的な輸送の2つが支配的要素である。
- ・湾奥南西部の底質変化には、諫早湾締切による懸濁物輸送の変化が影響した可能性がある。

流動と数値モデル

本プロジェクトでは「環境異変」の要因を数値モデルで検討するという方針のため、精度の高い数値シミュレーションモデルを構築することが重要な課題です。モデル構築にあたっては、まず3次元流動シミュレーションモデルを完成し、それを土台にして懸濁物輸送モデルを構築、その上に低次生態系モデルを組み込みます。また、集水域モデルを別途構築し、低次生態系モデルの境界条件として陸域からの負荷量を与えます。海域モデルの基本は物質の移流・拡散を支配する流動モデルのため、流動モデルの誤差は他のモデルにも伝播します。したがって、流動モデルについては特に高い精度が要求されます。そこで本研究では、沿岸での流動の表現に有利であると考えられる有限体積法数値モデルFVCOM(Chen et al, 2006)をベースとした有明海モデルを構築しています。

【流動モデル】

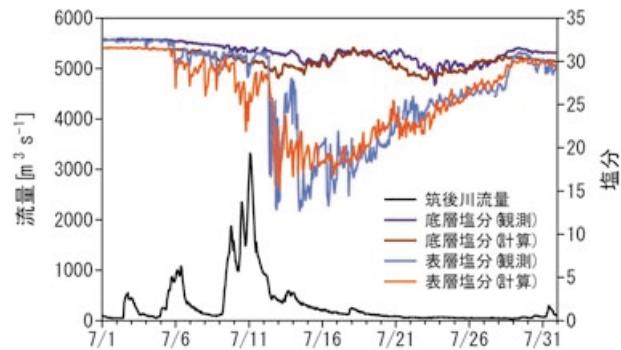
FVCOMは水平方向に三角形の非構造格子、鉛直方向に σ 座標系を適用した有限体積法海洋モデルです。計算領域は有明海全体と橘湾・天草灘の一部を含んでいます。現在、計算格子間隔は湾奥で500m、開境界付近で1200m、 σ 層の数は10です。



流動モデルの精度を確認するため、夏季の出水とともに流動および海洋構造の変化を実測と比較しました。筑後川の出水後、諫早湾では出水から少し遅れて塩分が低下します。諫早湾の農政局監視櫓におけるモニタリングデータとモデル計算結果を比較すると、両者は非常によく一致しました(濱田ら、2008)。潮流についても、本モデルは有明海奥部において実測された潮流樋円を精度よく再現できることを確認しており、流動モデルとして本モデルは充分な精度を有していることが確認できました。

【懸濁物輸送モデル・低次生態系モデル】

有明海奥部のほとんどは、シルト・粘土を多く含む粘着性底質です。粘着性懸濁物・底質は、凝集に



諫早湾監視櫓(B3)における出水時の塩分変動(実測とモデル)および筑後川の流量変化

よって沈降速度が変化したり、底質の違いによって同じ掃流力でも再懸濁量が異なるなど、砂のような非粘着性懸濁物・底質に比べるとはるかに挙動が複雑で、モデル化が困難です。しかし、本海域における懸濁物動態のモデル化に必要なパラメータや調査データはこれまで極めて限られていました。そこで本プロジェクトでは、有明海で繰り返し現地観測、実験を行い、懸濁物の沈降速度、底質再懸濁過程を定式化しました。沈降速度については、フロックの性質の変化まで含めて詳しい検討を行いましたが、海域の懸濁物輸送モデルに適用するにあたっては、沈降速度をSS濃度の関数で表すのが最も適当と結論しました。懸濁物の沈降速度はSS濃度の約0.5乗で表されました。これは、SS濃度が大きくなるにつれてフロックの粒径が大きくなるためです(山本ら、2008)。底質の再懸濁特性については、底質の粘土含有率およびペーン剪断強度の関数で表すことができることを明らかにし、底質分布調査結果と合わせて、再懸濁パラメータのマッピングを行いました。これらに加え、有明海奥部では赤潮やノリ養殖の影響が大きく、沈降速度や底質再懸濁特性に対して藻類が生産する細胞外ポリマー(EPS)が影響する可能性があるため、それについても研究を進めています(大石ら、2008)。

流動モデルをベースにして、上記の結果を用いて懸濁物輸送モデルを構築し、モデルによる計算結果を1潮汐間の濁度・透明度分布の反復観測の結果と比較しました。有明海奥部では、潮流による巻き上げと、憩流時の沈降、それに移流が加わり、1潮汐の間に濁度・透明度の分布は大きく変化します。本モデルではこうした変化をよく再現できました。そこで、このモデルを用いて、諫早湾締切が懸濁物輸送に与えた影響を検討しました。その結果については、先に記したとおりです。

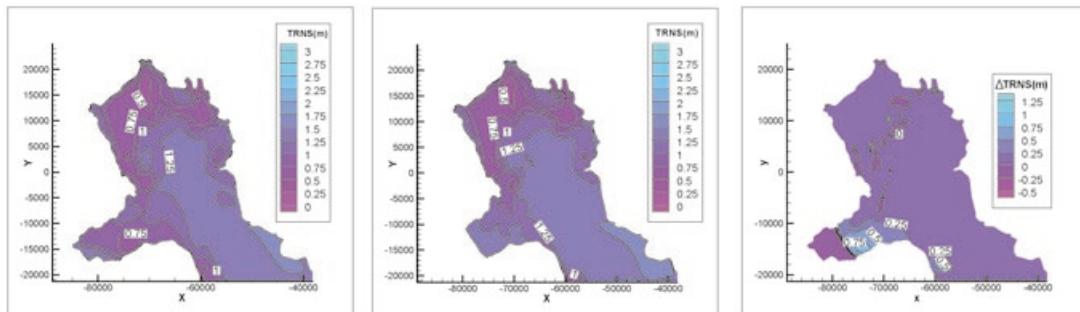
また、この懸濁物輸送モデルをベースとして、低次生態系モデルの開発を行いました。これは、栄養塩、植物プランクトン、デトライタス、動物プランクトン、溶存酸素濃度を動的に扱うモデルで、これを用いて夏季の貧酸素水塊の変動について検討しま

した。その結果、大潮小潮周期で湾奥に沖から底層水の貫入が生じ、それに続いて有明海奥部で底層酸素濃度が下がる様子を再現することができました。

【集水域モデル】

集水域モデルでは、有明海流入主要8河川について、流出モデル・負荷流出モデルの構築を進めています。窒素・リンについては、全窒素・全リンだけでなく、各態の無機栄養塩についても対象としてい

ます。直接流入については、これまで有明海について行われた負荷量見積もりがかなり誤差の大きいもので、非灌漑期における原単位の不適切がその原因として大きいことを明らかにしました。そこで、有明海集水域に適した原単位を求めるために現地調査を進めています。これらの結果は、数値モデルの境界条件とするだけではなく、陸域から有明海に流入する負荷量のより正確な長期変化を明らかにするのにも有用です。



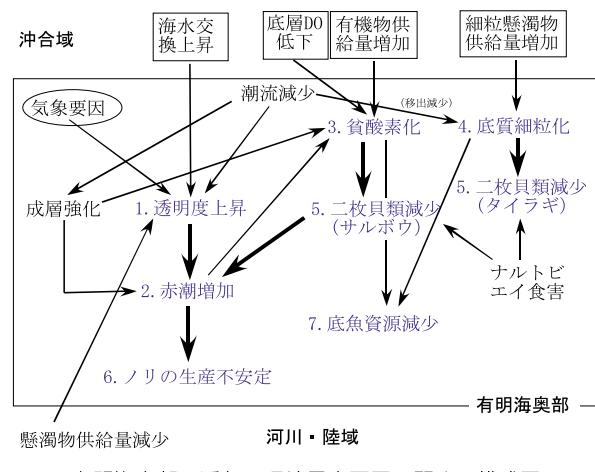
懸濁物輸送モデルで計算された透明度分布。諫早干拓なし（左）、干拓あり（中）、両者の差（右）

- まとめ**
- ・本研究では流動モデルを構築し、それをベースに懸濁物輸送モデル、低次生態系モデルを作成した。
 - ・流動モデルは、出水時のイベント的変化を含め、有明海奥部の流動・海洋構造を精度よく再現した。
 - ・詳しい調査実験によって有明海奥部の懸濁物沈降速度、底質再懸濁特性の定式化に成功した。
 - ・懸濁物輸送モデルによって、諫早湾干拓事業が懸濁物輸送、透明度分布に与えた影響を検討した。

有明海奥部の環境再生に向けて

これまでの成果にもとづいて、近年の有明海湾奥西部海域の環境異変について模式的にまとめました。貧酸素化によってサルボウなど二枚貝が減少し、植食者である二枚貝の減少と透明度上昇が秋冬季の赤潮の増加を引き起こした。この赤潮増加はノリ生産不安定の原因となっている。同時期に底質の細粒化が生じ、それがタイラギの減少を引き起こした。よって重要なのは、貧酸素化と、底質・透明度変化の要因となった懸濁物動態の変化です。懸濁物動態の変化については、諫早湾干拓工事が諫早湾外まで影響を与えた。干拓工事は島原半島沿いで透明度上昇を引き起こしたと考えられ、さらに有明海湾奥西部に輸送される細粒懸濁物を増加させた可能性もあります。粘土鉱物だけでなく有機物を含んだ懸濁物の湾奥西部への輸送を減少させると、本海域の本質的な環境改善につながる可能性があると考えられます。こうした根本的な対策以外に、危急の問題に対する対症療法的な施策も必要で、本プロジェクトでもそれに対応した研究も実施しました。現在実施されている環境再生策として、覆砂は最大規模のものです。ただし、現在行われている覆砂は持続性がなく、何年か経つと再び覆砂を必要とするため、より持続性が高い覆砂方法の確立や、覆砂に適した条件を明らかにすることが求められています。本プロジェクトでは、覆砂が実施された複数の工区について経年に追跡調査することにより、覆砂の効果が持続する

期間および工区によって効果持続期間が異なる要因について検討しました（原口ら、2008など）。また、他の対症療法的施策としては、貧酸素水塊を解消するために、湧昇流発生ブロックを海底に設置することで、有明海の潮流を利用し、外部からエネルギーを投入することなく鉛直混合を促進する方法を検討しました（瀬口ら、2005）。本方法は人工物を設置しますが、貧酸素水塊が解消され次第ブロックを取り除くことにより、生態系への影響は最低限に抑えられます。また、ノリの色落ち対策としては、底泥の攪拌による栄養塩供給の促進によって色落ちノリが着色することが、実験室レベルですが確認されています（田端ら、2005）。



有明海における微生物学的手法による病害菌防除について

研究体制

微生物相研究部門 神田康三・小林元太・田中重光・柳田晃良・兒玉浩明

加藤富民雄¹⁾・田代幸寛²⁾

食水系感染症研究部門 中島幹夫・大石浩隆・松本浩一・三溝慎次（集中治療部、代表）

永沢善三（検査部細菌検査室、代表）

¹⁾ 現所属：別府大学食物栄養科学部、²⁾ 現所属：西南女学院大学短期大学部

コア研究2では、主として微生物相研究部門と食水系感染症研究部門が中心となり、海洋微生物の生態把握とビブリオ・バルニフィカス感染症対策に取り組んでいます。有明海で生じる環境変化をそこに棲息する微生物を対象にして研究・調査し、これまでに蓄積された物理・化学的知見の上に、有明海の基幹産業の一つである海苔養殖と食の安全、疫病対策に貢献したいと考えています。微生物相研究部門では有明海に特徴的に形成されている干潟域に棲息する微生物相解析を行っています。また、季節的変動調査も行うことにより、有明海の生態系変化を解き明かすことを期待しています。そして、海苔養殖に深甚な被害をもたらすスマノリ病に対して微生物による生物学的防除法の確立を行います。また、食水系感染症研究部門では、有明海周辺に多く見られ肝臓疾患などを持つ方が感染すると重篤な病態を呈すことがあるビブリオ・バルニフィカス症に関する研究及び対策を行っています。

現在、微生物相研究部門では、有明海における病害菌被害を微生物学的手法により防除することを提案しています。有明海の主要産業である海苔養殖業に多大な被害を与える海苔スマノリ病は細菌による病害であることが分かっています。また、有明海風土病とも言うべき、高致死率の重篤な感染症であるビブリオ・バルニフィカス症も同じくビブリオ属

細菌による感染症であることが分かっています。それぞれの病害菌はその細菌種も形態や特性も異なりますが、それらを効果的に防除する方法の確立をコア研究2では試みています。そのためには、細菌に特異的に感染するバクテリオファージの利用、すなわちファージセラピーです。

有明海研究における微生物学・医学的課題に対する研究課題

微生物相研究部門

- 1) 泥干潟域の病原微生物・環境微生物の挙動把握
- 2) 生理学・分子遺伝学的手法による泥干潟域の微生物相解析
- 3) 海苔病原細菌を溶菌・殺菌する微生物の分離および海苔病害防除法の確立

食水系感染症研究部門

- 1) ビブリオ・バルニフィカス感染症に関する医療施設ネットワークの構築
- 2) 海域モニタリング
- 3) 患者調査及び啓蒙活動
- 4) ビブリオ・バルニフィカス菌の培養及び早期診断に関する研究
- 5) ハイリスク者スクリーニング法の開発
- 6) 新規治療法の研究



コア研究2の研究アウトプットシェーマ

海苔スミノリ症への対策



海苔スミノリ症とは、細菌感染が原因となり、海苔葉体の原形質が突出する海苔の病気のことであり、この様な海苔スミノリ病の葉体からの乾製品には、正常なものにくらべ、表面に光沢がなく、ほとんど商品価値がなくなってしまいます。



正常な海苔

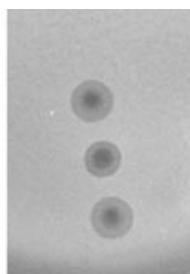


スミノリ症感染海苔

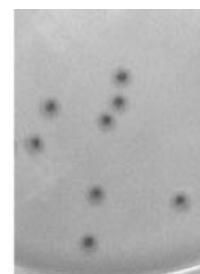
我々は、海苔スミノリ症原因菌を分子生物学的に同定解析し、さらにそれらの菌に対して感染性を有するバクテリオファージの分離を行いました。



U1



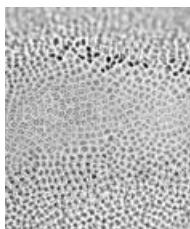
U2



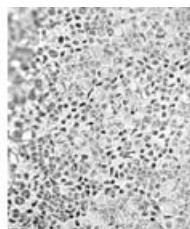
U3

スミノリ症原因菌に対するplaques

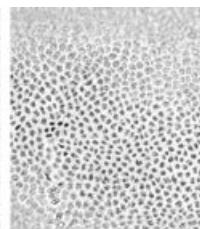
そのバクテリオファージを用いることにより、スミノリ症の発症を抑制することができることを実験室レベルで確認できました。



対象区

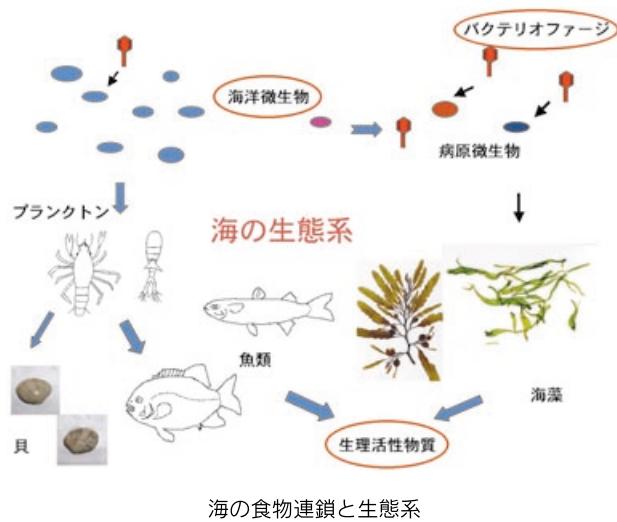


感染区
(細胞質の溶出)



ファージ処理区

ファージによるスミノリ症細菌感染防止実験



ビブリオ・バルニフィカスに対する新規治療

ビブリオ・バルニフィカスは汽水域に生息する細菌であり、肝機能が低下したヒトが感染した場合には致死率70%以上という重篤な感染症に陥ることが報告されています。

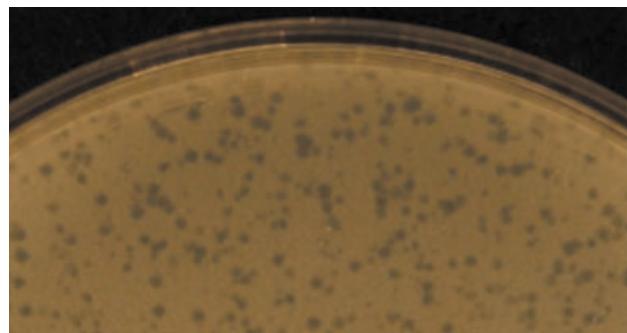


その治療法については、発症した患者の肝機能が低下していることから抗生素の投与もままならず、病状の進行も早いことから、決定打といえる治療法はないのが現状です。そこで、我々はこのビブリオ・バルニフィカス感染症に対して、バクテリオファージによる治療、すなわちファージセラピーを試みることしました。

まずは、ビブリオ・バルニフィカスに特異的に感染するバクテリオファージの検索を有明海の泥や海水、牡蠣等から行いました。



さらに、人為的にビブリオ・バルニフィカス感染症を発症させたマウスへファージ液を投与することによるファージセラピー実験を行っています。



ビブリオ・バルニフィカスに対するバクテリオファージのプラーク

- まとめ**
- ・海苔スミノリ症原因菌を分子生物学的に同定解析し、その細菌に対して感染性を有するバクテリオファージの検索・分離を行った。
 - ・本バクテリオファージを用いることにより、スミノリ症の発症を抑制することが可能であることを確認した。
 - ・ビブリオ・バルニフィカスに感染するバクテリオファージを検索・分離し、今後のファージ治療の可能性を見出した。

ビブリオ・バルニフィカス感染症対策

ビブリオ・バルニフィカスは世界中の海水中に広く存在し、健常者には病原性はないとされてきましたが、肝疾患患者が生の魚介類摂取により感染すると数日以内に敗血症性ショックや壊死性筋膜炎を起こし、治療が遅れれば半日から数日という短期間で急激に敗血症性ショックへ移行し死亡する極めて予後不良の感染症です。

わが国では、1976年に河野らが激しい経過を取って死亡した症例を紹介したのが初の報告例です。米国ではフロリダ州を中心にメキシコ湾沿岸地域に多数の報告例があり、わが国でも1980年代になり、西日本を中心に比較的多くの報告がなされはじめました。

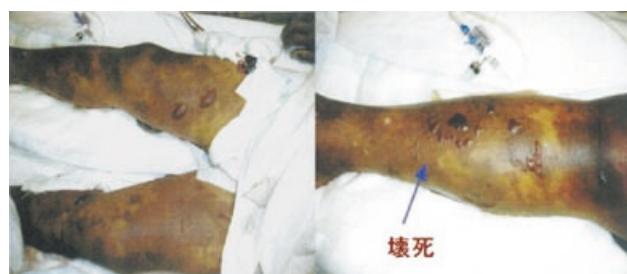
佐賀大学医学部附属病院においても、2005年5月までに、18例を経験し、その一部を報告しています。現在、抗生素の投与と全身管理を行いながら、重症例には壊死組織の除去や患肢の切断などを行っているものの、必ずしも有効ではありません。当院でも5例が軽快退院したのみです。

ビブリオ・バルニフィカス菌は、俗にいう“人食い菌”で、世界中の海域、特に比較的温暖な汽水域に生息しています。海水温上昇、塩分濃度低下により増殖が活発化する傾向があります。

【本感染症の特徴】

- ・患者発生は5～11月にみられる。(7月頃がピークとなる。)
- ・日本国内では、佐賀・熊本・福岡・長崎の4県（有明海沿岸に位置する）で国内患者の約4割が発生している。

- ・本菌が付いた生鮮魚介類を非加熱で食べることで感染するケースがほとんど。
- ・重度の肝機能障害、免疫不全等を基礎疾患を持つ患者で発症し、男性に多い（男女比8：1）。
- ・感染から発症まで数時間～2日程度の潜伏期が存在し、手足の激痛、発熱、寒気、皮膚腫脹、腹痛等がみられ、最終的には壊死性筋膜炎、敗血症性ショックを引き起こす。



〈写真提供：佐賀県立病院好生館 藤田先生〉

- ・治療の基本は、①抗生素投与、②手術、③集中治療（全身管理）。
- ・死亡率は約7割と高率であり、救命できても機能障害が残ることが多い。

【本感染症の予防について】

本感染症は健常者で発症することは殆どありません。重度の肝機能障害などの感染リスクを有する患者でも下記のことに注意すれば発症を予防することができます。

- ・魚介類を生で摂取しない
- ・魚介類を摂取する場合には十分に加熱する。
- ・傷口を海水につけない。

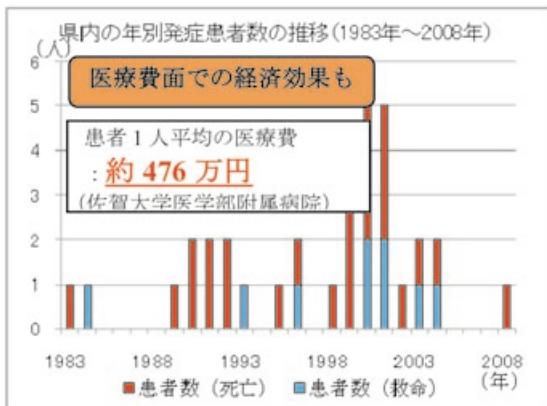
これまでの主な成果

- ①ビブリオ・バルニフィカス感染症ネットワークを構築しました。



2005年より県庁健康福祉本部健康増進課を含む18関連医療施設からなるビブリオ・バルニフィカス感染症ネットワークを構築し、有明海海水サンプルからの菌検出状況（毎月、医学部附属病院で検査）や、ネットワーク管内での患者発生状況等について情報の共有化を図り、リスク患者への啓発を行うことで、患者発生の予防に努めています。

②医療費節減への貢献

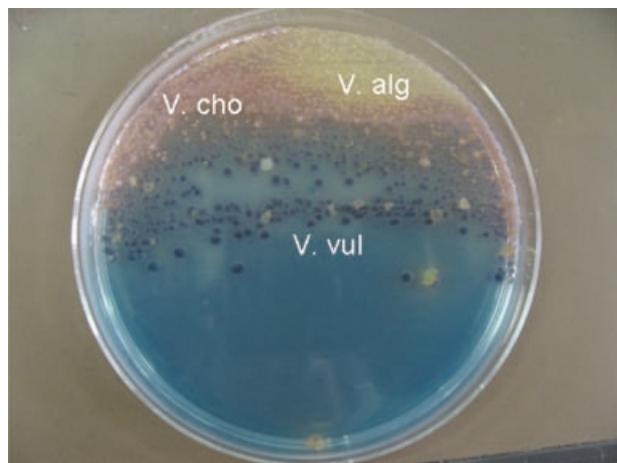
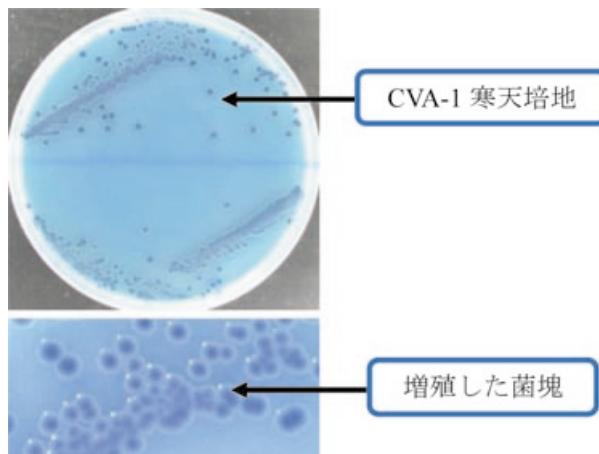


2005年から2007年までの3年間は佐賀県内の患者発生を0件に抑えることができ、医療費（患者一人平均約476万円の医療費〔佐賀大学有明海総合研究プロジェクト調べ〕）節減にも貢献できていると考えています。

③迅速検査法の開発（栄研化学との共同開発研究）

- a) CVA-1寒天培地：簡便かつ迅速な菌分離用の培地として新規に開発しました。「ESビブリオ寒天培地 ‘栄研’」として市販中です。

- まとめ
- ・情報の共有化、重症患者の移送等を目的とし、ビブリオ・バルニフィカス感染症ネットワークを構築した。
 - ・「正しく怖がる」啓発活動を行うことにより、患者発生を防止すると共に、医療費の節減にも貢献している。
 - ・迅速検査法を開発し臨床現場へ応用することで、早期診断に役立てている。



CVA-1培地上での菌種。発色性の違いでの菌種の識別が可能。
有明海海水中より検出。

V. cho; V. cholerae, V. alg; V. alginolyticus
V. vul; V. vulnificus

b) LAMP法による迅速診断法

:Loop-mediated Isothermal Amplification (LAMP) 法を用い、ビブリオ・バルニフィカス毒素遺伝子をターゲットとした遺伝子検査法によって、2時間程度で菌種の同定が可能となりました。

c) 臨床診断への応用について

本学では、CVA-1寒天培地およびLAMP法を、ビブリオ・バルニフィカス感染症が疑われる患者の迅速診断に応用しています。本プロジェクト発足以来3年間、本感染症患者は佐賀県内では発生していませんでしたが、残念ながら今年度に入り、1名の患者発生が認められました。その際、両迅速検査法を用いて診断を行い、連絡を受けてから数時間で収容先医療機関に情報提供することができました。

有明海におけるノリ養殖と干潟・浅海域の持続的利用 —過去・現在、そして未来のために—

研究体制

地域文化・経済研究部門 山下宗利・武田 淳・五十嵐勉・樺澤秀木・藤永 豪

コア研究3の研究内容は三つに大別できます。一つは有明海沿岸域における生業の持続的可能なシステムの構築をめざすことを目標に、佐賀県沿岸域におけるノリ養殖と地域との関係を追求する研究分野です（山下）。一つは干潟のワイル・ユース及び干潟の生業や伝統的な漁撈活動、これにもとづく環境認識や民俗知識等の生活文化の調査とそのデジタル・アーカイブスの構築による再評価を目指した研究分野であり（武田・五十嵐・藤永）、上記研究と同様にフィールド調査を核に人類学・地理学の手法を用いた研究活動を行っています。そしてもう一つは諫早湾・有明海問題についての社会的決定に関するデータベースの整備を目指しています（樺澤）。

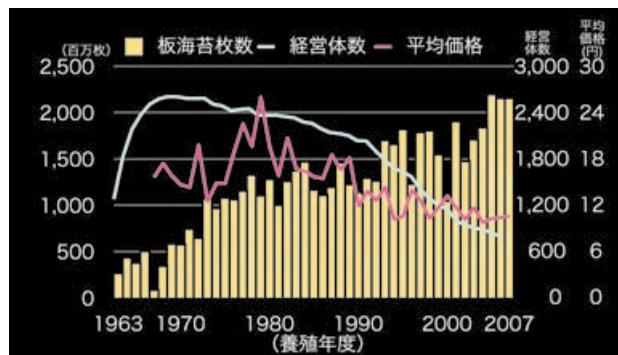
ノリ養殖と協業化

現在の佐賀県有明海では、ノリ養殖への特化が進行しています。佐賀県有明海区においては海面漁業・養殖業生産額の95.8%を海面養殖業、すなわちノリ養殖業が占めており（2004年）、海苔生産にきわめて依存した漁業が営まれています。これとは対照的に、アゲマキやタイラギといった二枚貝の漁獲は近年の有明海においては壊滅状態にあり、これは有明海を取り囲む福岡県や熊本県、長崎県においても共通して認められる現象です。

佐賀県有明海におけるノリ養殖は2000年度に色々ち被害が拡大し、ノリ養殖へ大きな依存度を有する沿岸漁民に深刻な影響を与えました。しかしながら、佐賀県における海苔生産は近年全国一を誇り、2007年度には販売枚数は21.5億枚、販売金額は約230億円に達し、4年連続して200億円を超える実績を生み出しています。この結果、2000年度の不作は忘れ去られつつある、といつても過言ではありません。その一方で、ノリ養殖漁家の生産構造をみると、全国的な第1次産業の趨勢に呼応して、ノリ養殖漁業従事者の高齢化とともに経営体数の長期的な減少傾向が生じています。2006年の経営体数は847にまで減少し、これは最高を示した1969年当時の約3割に過ぎません。さらに海苔価格の低迷がノリ養殖を取り巻く環境に深刻な影響を及ぼしつつあります。板海苔1枚当たりの平均価格は1979年度の25.8円が最高で、その後は年変動を繰り返しながらも明確な低下傾向を示しています。2007年度の平均価格は10.72円で、他産地との優位性もしだいに縮小し、損益分岐点をわずかに上回る状態です。このような海苔価格の低迷は、主としてコンビニエンスストアで販売されているおにぎり用海苔への比重が高まっていることがその背景にあります。

佐賀県ではノリ養殖を取り巻く厳しい環境に対処するため、早くから協業化（全面協業タイプと委託加工タイプ）を促進してきました。1995年度に芦刈漁協と福富町漁協の中部地区で開始され、2007年にはノリ養殖の協業体総数は110に達し、個人経営から協業体へと移行したノリ養殖漁家総数は498を数え、その協業体移行率は45.8%に達しています。

協業体への移行には地域差が存在しています。最も移行が進展しているのは福富町の88.4%で、白石町北明支所が次いで高く、佐賀市支所、たら支所と続きます。協業化の進展している支所では、高齢化と後継者問題が深刻化し、さらには小規模なノリ養殖漁家の存在が一因となっています。これに対して、大詫間支所や鹿島市（浜町）支所や南川副支所では協業体移行率は低く、大規模な個人経営が存続していることがその背景にあります。これら意欲的なノリ養殖漁家の存在は重要であり、生産基盤のさらなる向上を図る必要があります。ノリ養殖協業化は、生産コストの縮減や女性労働時間の短縮などの生産性の向上を、また同一の協業体で生産された同品質の等級の板海苔が同時に多量に出品されるため、価格の安定とともに取り扱いの簡素化をもたらしました。



有明海におけるノリ養殖の推移

- まとめ
- ・ノリ養殖への特化と協業化が進展したが、海苔価格の低迷が生じて厳しい経営環境にある。
 - ・意欲的なノリ養殖漁家の生産基盤を維持向上させる方策が必要である。

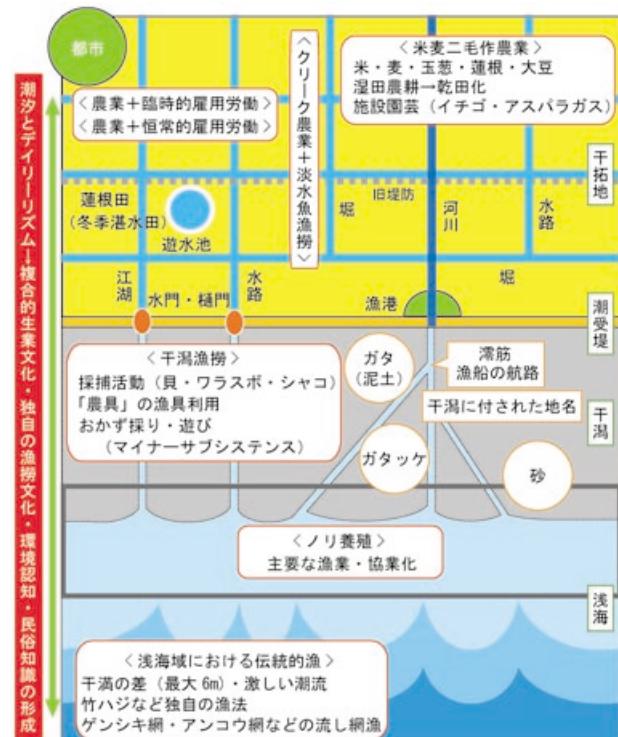
有明海沿岸域における生業と生活文化

有明海沿岸域では、「半農半漁」に根ざした独特的の生業・生活文化が育まれてきました。こうした干潟を含む海域での漁撈・漁業活動と、継起的な干拓によって先進農業地域を形成してきた干拓地を含む陸域での生業・生活文化の変遷を究明し、海域における干潟漁撈の衰退とノリ養殖業への特化（モノカルチャー化）、陸域における農業の「近代化」に伴って、潮汐活動のディリーリズムに対応した陸域での農耕と海域での漁撈という複合的な生業文化・文化的景観・住民による環境認知に関わる民俗知識が崩壊しつつあるという、「もう一つの有明海異変」に注目しました。

国営諫早湾干拓事業以前の有明海では、古くは戦国期から海面の干拓が繰り返されてきました。この干拓は、有明海沿岸で「地先干拓」と呼ばれる単式干拓で、干拓地の農民は溝渠（堀・クリーク）灌漑・アオ取水（潮汐逆水灌漑）・島畠等の独特の低湿地農耕と溝渠での淡水魚漁撈、そして干潮時に露出した干潟での農具を漁具として利用するような漁撈や浅海域での竹羽瀬や漁網による独特の漁撈活動が行われてきました。これらの漁撈活動は「おかげ捕り」程度のものではあっても、漁場の海底地形や潮流、濁筋・泥質と砂質等の干潟の環境に関わる環境認知や、漁獲方法・漁具の改良、および食文化等に関わる多様で豊かな民俗知識を育んできました。これらのマイナー・サブシステムは、環境負荷の小さいワイズ・ユースとみなされますが、農業の近代化に伴う土地改良事業と機械化・高投入型農業への転換、及びそれに伴う農業労働力の兼業化への転換や機械の共同利用をはじめとする協業化が進展し、「海での農業」としてのノリ養殖業への特化というモノカルチャー化が顕著となりました。農業所得の停滞や、ノリ網の拡大と酸処理剤に代表される高投入型漁業

への特化は、伝統的なワイズ・ユースの崩壊に繋がる激変と見なし得る状況といえましょう。

干拓地での環境保全型農業や、ノリ網の設置枚数の管理と酸処理剤の投入量削減などの低投入型農漁業への転換は、有明海異変後の新しいワイズ・ユースへの模索ともみなされますが、ノリ養殖における生産量と価格変動、及び漁民の高齢化等の問題は、このようなモノカルチャータイプに関わる持続可能性とも関わる課題です。残された、あるいは必要とされる新たなワイズ・ユースの視点から、持続可能な有明海沿岸域における生業・生活文化の構築を目指さねばなりません。



有明海沿岸域における生業・生活文化

まとめ 干潟・浅海という有明海独自の自然環境にもとづく生業・生活文化（ワイズ・ユース）が失われつつある今日、新たな視点から持続可能な地域社会と文化のあり方を考えていく必要がある。

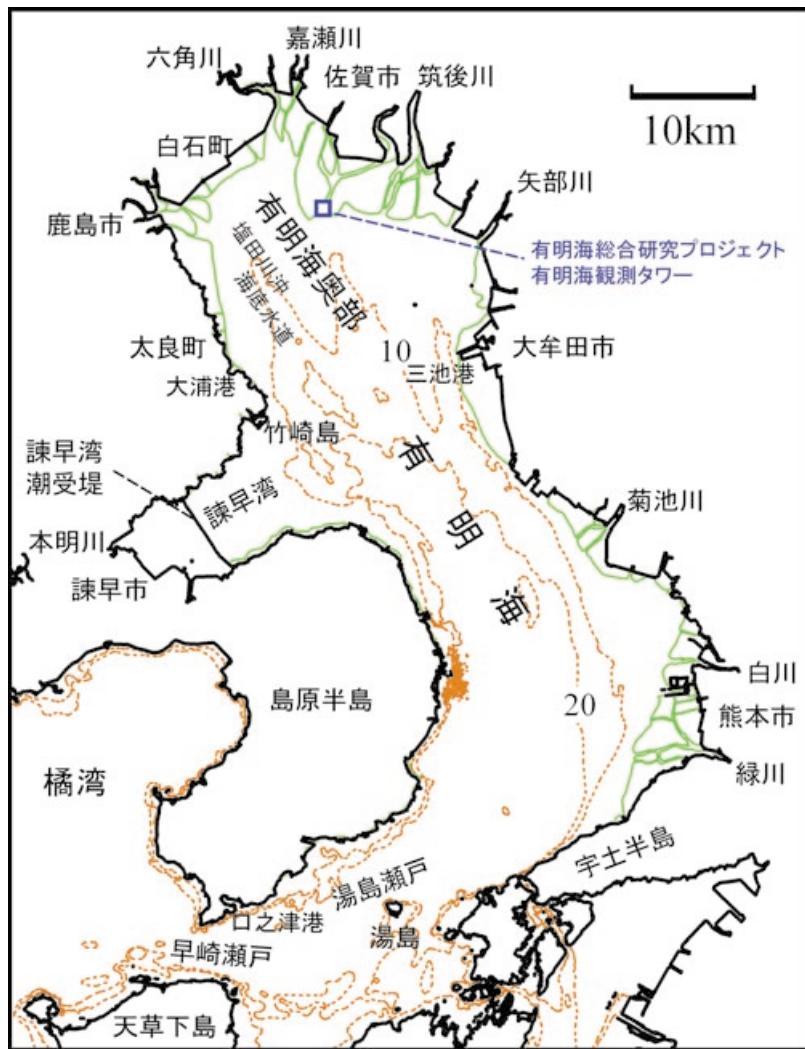
諫早湾干拓事業をめぐるアジェンダ・セッティングのズレ

有明海問題の最大の課題である国営諫早湾干拓事業は、今日、混迷を深めています。我々は、諫早湾干拓事業の決定過程に焦点を当て、国会等における審議（1952年以降）・新聞各紙の報道記事（1985年以降）について網羅的に検索し、当時、どのような議論がなされ、またなされなかったのかをアジェンダ・セッティングの視点から検証する作業を行いました。その結果、国会審議に限らず、環境意識の高まった1980年代後半から90年代前半にかけて計画された事業であるため、環境保全の観点から、活発な社会

的議論が展開されてしかるべきものでしたが、実際には、ローカルな課題として以外は、ほとんどの新聞でとりあげられておらず、事業の目的もほとんど検討されていません。このことが、本事業の防災効果についても、今日、裁判で争われている要因の一つであるとみなされます。

このように、諫早湾干拓事業をめぐる紛争の原因は、しかるべき時（計画時）に、しかるべき議論（環境への影響、洪水防止機能、コスト等）が行われてこなかったという、アジェンダ・セッティングのズレにあるのではないかと思われます。

まとめ 諫早干拓をめぐる問題は、計画時に関係者を交えて議論すべきであった事柄（自然環境への影響、防災機能の有効性、コスト等）が社会的に議論されなかつたアジェンダ・セッティングのズレに起因する。



佐賀大学有明海総合研究プロジェクト

〒840-8502 佐賀県佐賀市本庄町1番地

Phone/Fax: 0952-28-8846

e-mail: ariakeinfo@ml.cc.saga-u.ac.jp

URL: <http://www.ariake.civil.saga-u.ac.jp/index.html>

写真提供：松本 浩一 氏
山本 浩一 氏

この印刷物は再生紙を使用しております。