

英虞湾漁場環境調査－I モニタリング情報活用

中西尚文・山田浩且・舘 洋・畑 直亜・西川次寿

目 的

ヘテロカプサ・サーキュラリスカーマ (*Heterocapsa circularisquama*) 等の有害赤潮や貧酸素、冬季の低水温などに起因する漁業被害を未然に防止する上で、水温、塩分、酸素量やプランクトン出現状況等の環境情報は不可欠である。本事業では、真珠養殖業者と協働し、英虞湾環境のモニタリングを行うとともに、得られた結果をプランクトン速報としてとりまとめ、ホームページやファックスを通じてリアルタイムで広報することを目的とする。

方 法

1. 英虞湾環境のモニタリング

英虞湾内の4測点(図1)において、周年にわたり水温、塩分、溶存酸素量およびクロロフィルa量の観測を行った。6～10月には1回/週、その他の月には2回/月の頻度で観測した。観測にはアレック電子 AAQ1183を用いた。また、観測毎に各測点において0.5m、2m、5m、10m (St.Aを除く)、20m (St.Cのみ実施)、B-1m層で採水を行い、実験室に持ち帰って直ちに光学顕微鏡下でプランクトンの同定および計数を行った。

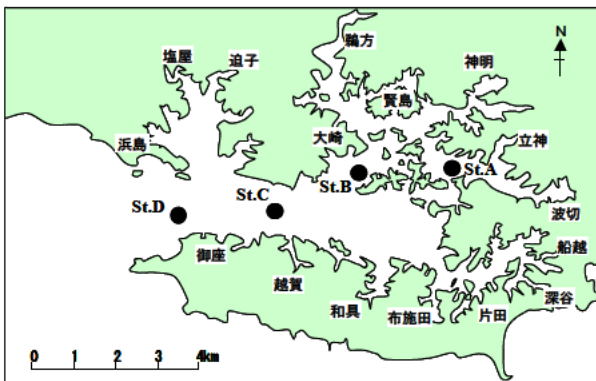


図1. 英虞湾調査測点図

2. プランクトン速報の発行

英虞湾を中心とした県中南部の内湾水域において、真珠養殖漁業協同組合、関係市町等13の機関がモニタリングを実施している。水産研究所では、これらの情報および前述のモニタリング結果をもとにプランクトン速報を作成し、ファックスやホームページを通じて関連機関に

送付した。プランクトン速報は、原則週1回の発行とした。

結果の概要

1. 英虞湾環境のモニタリング

1) 水温

図2にSt.A(立神、湾奥部)、St.C(タコノポリ、湾中央部)、St.D(御座、湾口部)における2m層およびB-1mの水温年間偏差の推移を示した。各定点とも、5月中旬頃から水温差が大きくなり、夏季を中心に成層化が顕著となった後、9月下旬には上下層が混合し、成層が崩壊した。成層の形成、消滅時期は前年とほぼ同時期であった。

水温の季節変動様式は各測点でおおむね類似していた。なお8～9月の気温は、平年よりやや高く大きな荒天も無かったため、昨年より強い成層が形成されたと考えている。このことは5m層と底層の水温差が昨年より大きかったことから確認できる。表層域(2m層)の水温は、湾奥部では7月まで全般的に低め基調で推移した。8～10月は各地点とも高め基調であった。10月下旬からは平年より低くなり、さらに11月中には平年より2℃以上低くなり、湾奥部・湾口部ではそれが2か月以上続いた。2月上旬には回復傾向がみられたが、湾奥部だけは平年以上になることは無く低いまま推移している。この低水温の継続は、熊野灘沿岸に黒潮系暖水の波及がなかったことに加え、晩秋から冬季の気温が低めだったことの影響と考えられる。12月12～13日の調査船あさまによる熊野灘観測では、表層では多くの定点で12月の最低水温を記録し、50m層でもやや低め～かなり低め傾向であった。なお、2月上旬の一時的な水温上昇は、表中層に侵入した黒潮系暖水が原因だが、強く継続的な波及では無かったため、短期間かつ湾口部・湾中央部への影響でとどまった。

一方、底層(B-1m層)水温は10月まで高め基調で推移した(図2-2)。

2) 塩分

図3にSt.A、St.C、St.Dにおける2m層およびB-1m層の塩分年間偏差の推移を示した。6月19日に台風4号が、9月30日に台風17号が接近し大雨をもたらしたが、表層(2m層)では、長期かつ大きな塩分低下は見られなかった。

底層（B-1m層）塩分は年間を通じて概ね平年値並で推移した。その一方で、5～7月には、数回にわたって塩分濃度が急上昇する現象が認められた（図3-1）。これは黒潮系暖水の底層浸入に起因した現象と理解できる。ただし、その規模や回数は、昨年に比べると弱いと推測している。

3) 溶存酸素量

図4にSt.A, St.C, St.Dにおける底層（B-1m層）溶存酸素量の平年偏差の推移を示した。6～7月における底層の溶存酸素量は、全域で平年値より高めで推移した。外洋水の底層浸入が夏季の貧酸素水塊の発達を抑制した可能性が高い。しかし湾奥部のSt.Aでは8月に急速に貧酸素化した。外洋水の底層浸入が8月には見られなくなったことに加え、強い成層のため安定した底層付近で急速に酸素が消費されたためである。

4) プランクトン出現状況

(1) 英虞湾内における赤潮発生状況

平成24年の赤潮発生件数は前年と同じ計4件で、うち1件は3種の複合赤潮となった。それぞれの概要は以下の通りである。

8月22日に湾奥部の半女地先でダクチリオソレン・フラギリッシムス (*Dactyliosolen fragilissimus*) による赤潮を確認。ほかにレプトキリンドルス・ダニクス (*Leptocylindrus danicus*) やシュードニッチア (*Pseudo-nitzschia* sp.) も多数確認された。漁業被害は無かった。

9月10日に湾奥部の鵜方浜でヘテロシグマ・アカシオ (*Heterosigma akashiwo*) による赤潮を確認。漁業被害はなかった。

3種の複合赤潮。9月18日に湾奥部の立神浦でシャットネラ・マリーナ (*Chattonella marina*) による赤潮を確認。10月7日に赤潮は解消した。9月21日に湾奥部の立神浦と間崎島でヘテロカプサ・サーキュラリスカーマによる赤潮を確認。10月9日を最後に赤潮は解消した。9月20日に湾奥部の立神浦でカレニア・ミキモトイ (*Karenia mikimotoi*) の赤潮が確認された。9月28日に赤潮は解消した。少数の漁業被害が立神浦を中心に少数みられた。

9月24日に湾奥部の汐本浦最奥部の地先にて渦鞭毛藻類不明種の赤潮を確認。9月28日には減少が確認された。漁業被害は無かった。

(2) シャットネラ・マリーナ, ヘテロカプサ・サーキュラリスカーマ, カレニア・ミキモトイ

9月18日に立神浦で確認されたシャットネラ・マリーナ赤潮は、9月26日に最高細胞数の800cells/ml（立石浦・表層）を記録したあと、10月7日に解消した。湾中央部や湾口部では赤潮に至らず、遊泳細胞は10月9日には確認されなくなった。

9月18日に立神浦と間崎島周辺で初認されたヘテロカプサ・サーキュラリスカーマは9月21日に赤潮化した。9月30日に通過した台風17号により鉛直混合や拡散が進み、10月1日に最高細胞数の17,400cells/ml（平田・表層着色域）が確認された。10月5日には湾全域に広がったが、立神浦とその隣接域以外では1,000cells/ml未満であった。10月9日には急速な減少がみられ、同日を最後に赤潮は解消された。

9月19日に立神浦と鵜方浜で初認され、9月20日に立神浦でカレニア・ミキモトイの赤潮が確認された。9月21日に最高細胞数の1,705cells/ml（立神・3m層）が確認され、9月28日を最後に赤潮は解消した。同種の赤潮は鵜方浜・立神浦・間崎島周辺のみで確認された。10月7日には遊泳細胞が確認されなくなった。

英虞湾におけるヘテロカプサ・サーキュラリスカーマの出現は、例年6～7月に始まり、8月に本格化することが多い。平成24年の初認（9月18日、立神浦）及び赤潮形成時期（9月21日）は平成4年の発生以降、最も遅かった。

なお、シャットネラ・マリーナは10cells/ml以上、ヘテロカプサ・サーキュラリスカーマは100cells/ml以上、カレニア・ミキモトイは100cells/ml以上を赤潮とした。

(3) 渦鞭毛藻類不明種

9月24日に漁業者が汐本浦最奥部の着色水を採水した。着色域は極めて狭く同浦の漁業者でも知らない者が多かった。細胞は約15μmと小型であるものの、アレキサンドリウム (*Alexandrium*) 属に似ているため、瀬戸内海区水研に麻痺性貝毒の分析を依頼した。高速液体クロマトグラフィーで毒成分を分析した結果、GTX群・C群・STX群いずれも未検出であった。

2. プランクトン速報の発行

例年同様、水温、塩分、溶存酸素量、ヘテロカプサや珪藻等の出現状況を掲載した。本年度は計51回発行した。

なお、より分かりやすい様式に改善すると共に、ホームページからの印刷は鮮明でその利用が多いことから、7月11月発行（24-27号）からファックスによる情報提供を中止した。

関連報文

志摩市・三重県水産研究所（2013）：平成24年度英虞湾汚染対策調査報告書

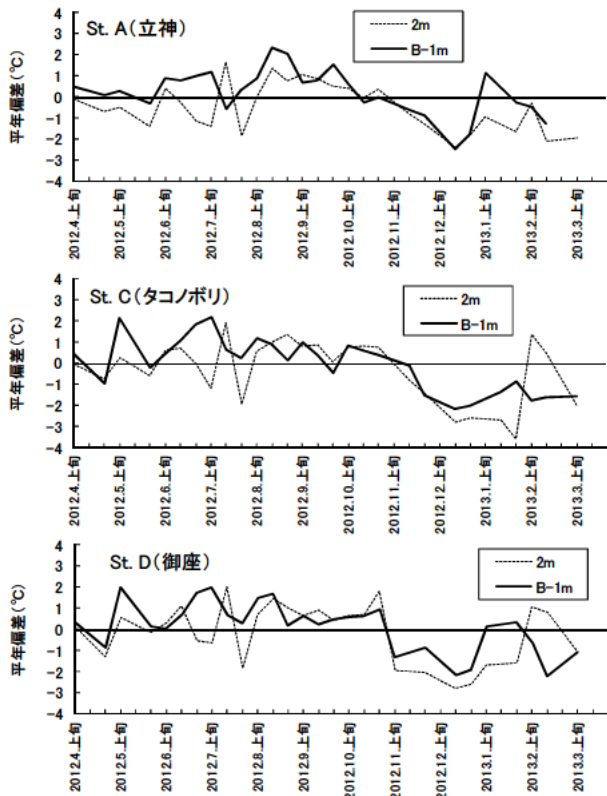


図2. 各測点における水温年平均偏差の推移
(平年値：1993～2011年度までの19年間平均値)

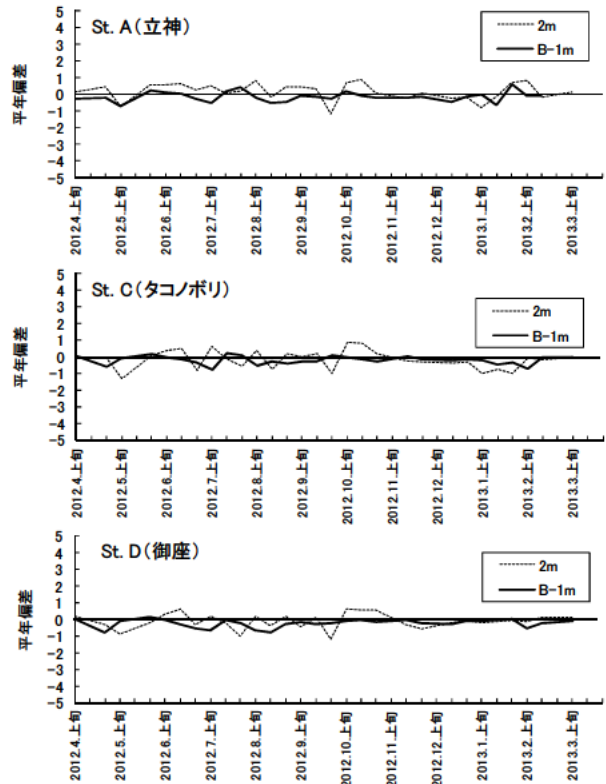


図3. 各測点における塩分年平均偏差の推移
(平年値：1993～2011年度までの19年間平均値)

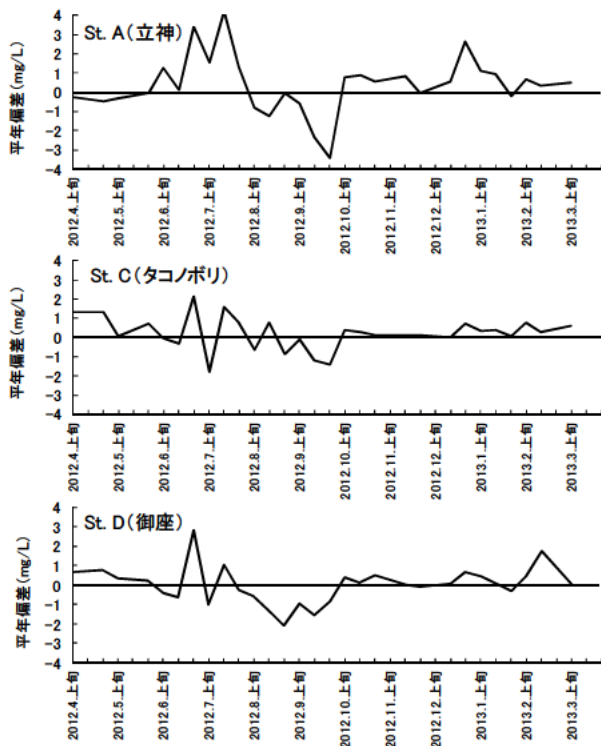


図4. 各測点の底層 (B-1m層) における溶存酸素量年平均偏差の推移
(平年値：1993～2011年度までの19年間平均値)

英虞湾漁場環境調査Ⅱ 英虞湾汚染対策調査

中西尚文・山田浩且・舘 洋・畑 直亜・西川次寿

目的

英虞湾は真珠養殖漁場として産業上重要な海域である。英虞湾を漁場として永続的に利用していくために、水質および底質調査を実施するとともに環境の現状を記録し、長期的な汚染監視を行う。

方法

1. 全湾調査

1) 夏季全湾調査

(1)水質調査

平成24年8月8日に、英虞湾の20測点(図1)において、クロロテック(アレック電子社製:AAQ1183)を用いて水温、塩分、溶存酸素量、クロロフィルa量を測定するとともに、透明度を測定した。また、所定層(0.5m, 2m, 5m, B-1m)において採水を行い、実験室に持ち帰ってCODおよび栄養塩量を分析した。

(2)底質調査

平成24年8月7日に、水質調査と同じ測点(図1)において底質調査を実施した。エクマンバージ式採泥器を用いて底泥を採取し、船上で直ちに泥中温度、pH、酸化還元電位を測定した。さらに底泥の一部(表層3cm)を実験室に持ち帰り、水分、COD、AVS、TN、TOCを分析した。

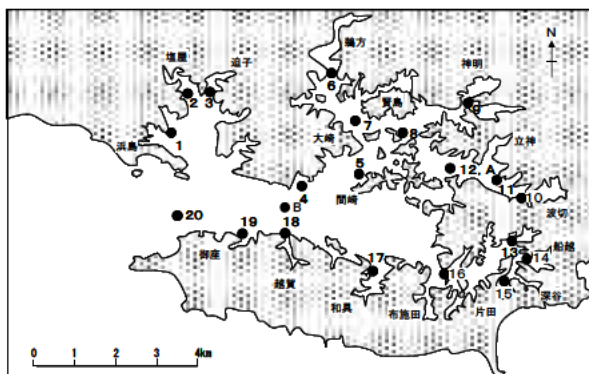


図1. 英虞湾測点 ※11はH23より「大明神前」に名称変更。

2) 冬季全湾調査

平成24年12月11日に水質調査のみ実施した。調査測点および調査項目は夏季全湾調査に準じた。

2. 底質および底生生物の季節変動調査

平成24年4月27日, 7月24日, 10月16日, 平成25年1月22日に、St.A(立神)とSt.B(タコノボリ)(図1)において、底質・底生生物調査を実施した。エクマンバージ式採泥器を用いて底泥を採取し、底泥の一部(表層1cm)を実験室に持ち帰り、AVS、TN、TOCを分析した。底生生物調査については、1回の採泥面積が0.04m²の採泥を1地点につき3回行い(合計0.12m²)、目合い1mmの篩上に残ったマクロベントスを対象に種別個体数、湿重量を計数、計測するとともに、多様度指数(H')を求めた。

結果および考察

1. 全湾調査

1) 夏季全湾調査

(1)水質

夏季全湾調査時(8月9日)における水温の全測点平均値は、2m層で28.2±0.4(標準偏差)℃、B-1m層で25.1±1.5℃であった。前年調査時に比べ、2m層でほぼ同じ、B-1m層で0.5℃高めを示した。塩分の全測点平均値は、2m層で32.5±0.2、B-1m層で33.1±0.3であり、両層とも前年調査時並の値を示した。溶存酸素量の全測点平均値は、2m層で6.4±0.1mg/L、B-1m層で4.5±1.0mg/Lであった。B-1m層では前年調査時(4.7±1.5mg/L)とほぼ同じ値を示した。B-1m層において、3.0mg/L以下の貧酸素状態にあった測点は無く、前年調査時(3測点)、前々年調査時(5測点)より少なく、また、時として観測される1mg/Lを下回る測点もなかった。今期、貧酸素水塊の発達が遅れたのは、7月頃までみられた外洋水の底層侵入の影響が大きいと考えられた。

DINの全測点平均値は、2m層で1.06±0.50μM、B-1m層で2.61±2.17μMであり、前年調査に比べ2m層では高く、B-1m層では低い値を示した。一方、PO₄-Pの全測点平均値は、2m層で0.09±0.04μM、B-1m層で0.36±0.23μMであり、2m層で前年調査と同じ、B-1m層で前年調査時より

低い値を示した。

CODの全測点平均値は2m層で $0.7 \pm 0.3 \text{ mg/L}$ 、B-1m層では $0.8 \pm 0.4 \text{ mg/L}$ であり、前年調査時(2m層: $1.2 \pm 0.2 \text{ mg/L}$ 、B-1m層: $1.2 \pm 0.4 \text{ mg/L}$)より低い値であった。図2に英虞湾における水中(0m層)のCODの年変動を示した。1980年代は増加傾向にあったが、1990年代初頭にピークに達した後は減少傾向に転じた。2000年代に入ってから増加に転じたが、2009年以降は連続して減少している。

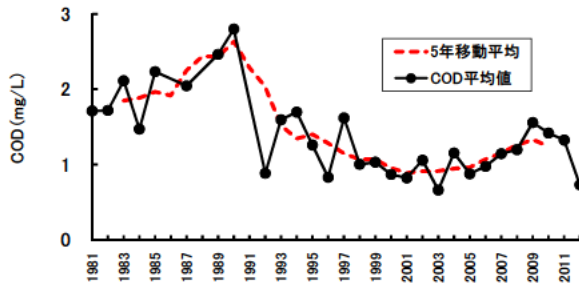


図2. 夏季の英虞湾における水中(0m層) CODの年変動(20測点平均値)

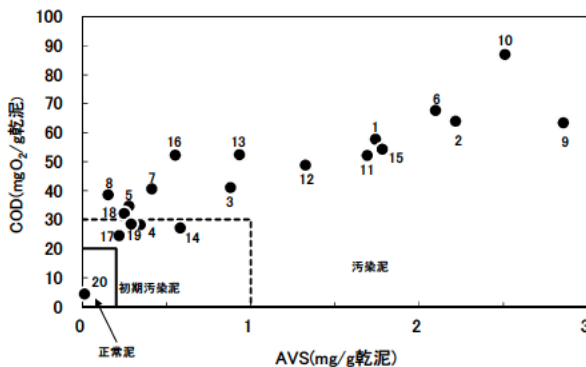


図3. 水産用水基準(改訂版)*にもとづく平成24年の底質汚染度の評価
マーカー付近の数値はSt.番号。

*: 水産用水基準(日本水産資源保護協会, 1995)では、 $AVS \leq 0.2$ かつ $COD \leq 30$ を「正常泥」、 $AVS \leq 1.0$ かつ $COD \leq 30$ で「正常泥」にあてはまらないものを「初期汚染泥」、 $AVS > 1.0$ または $COD > 30$ を「汚染泥」としているため、それに基づいた。

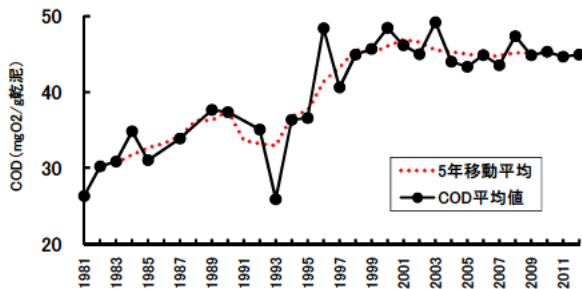


図4. 夏季の英虞湾における底泥のCODの年変動(20測点平均値)

(2)底質

全湾調査時(8月7日)における底質CODの全測点平均値は $44.9 \pm 18.8 \text{ mgO}_2/\text{g}$ 乾泥であり、前年調査時($44.7 \pm 17.1 \text{ mgO}_2/\text{g}$ 乾泥)とほとんど変化はなかった。

例年同様、水産用水基準(1995年, 日本水産資源保護

協会)に従い、 $AVS(TS) \leq 0.2(\text{mg/g}$ 乾泥)かつ

$COD \leq 20(\text{mgO}_2/\text{g}$ 乾泥)を「正常泥」、 $AVS \leq 1.0$ かつ $COD \leq 30$ で正常泥にあてはまらないものを「初期汚染泥」、 $AVS > 1.0$ または $COD > 30$ を「汚染泥」と区分し、今期の結果をこれに当てはめてた(図3)。前年同様、「正常泥」と評価されたのは湾口部のSt.20(御座)のみであった。一方、「初期汚染泥」と評価されたのは湾中央部のSt.4(タコノボリ)・St.17(和具)、湾奥部のSt.14(船越)、湾口部のSt.19(イカ浦)の4地点で昨年より2地点増えた。前年このランクにあった湾口部のSt.18(越賀)は「汚染泥」と評価された。いずれにしても、湾内測点の多くが「汚染泥」に属する点は近年においてほとんど変化していない。図4に底泥中におけるCODの年変動を示した。改善傾向がみられる水中のCOD(図2)とは対照的に、1980年代から1990年代後半にかけて、底泥のCODは増加の一途をたどった。2000年代に入り、増加傾向に歯止めがかかったものの、高い水準で停滞しており、近年において目立った改善傾向は認められていない。

2) 冬季全湾調査

冬季全湾調査時(12月11日)における水温の全測点平均値は、2m層で 11.5 ± 1.2 (標準偏差) $^{\circ}\text{C}$ 、B-1m層で $11.6 \pm 1.2^{\circ}\text{C}$ であった。前年調査時(12月2日)と比べ、2m層で 5.3°C 、B-1m層で 6.6°C ときわめて低めであった。塩分の全測点平均値は、2m層で 32.5 ± 0.2 、B-1m層で 33.3 ± 0.4 であり、両層とも前年調査時並の値を示した。溶存酸素量の全測点平均値は、2m層で $8.4 \pm 0.2 \text{ mg/L}$ 、B-1m層で $8.3 \pm 0.4 \text{ mg/L}$ であった。DINの全測点平均値は、2m層で $1.41 \pm 0.96 \mu\text{M}$ 、B-1m層で $1.36 \pm 0.77 \mu\text{M}$ であり、両層とも前年調査時(2m層: $2.45 \pm 1.03 \mu\text{M}$ 、B-1m層: $3.60 \pm 0.93 \mu\text{M}$)より低い値を示した。一方、 $\text{PO}_4\text{-P}$ の全測点平均値は、2m層で $0.12 \pm 0.05 \mu\text{M}$ 、B-1m層で $0.12 \pm 0.06 \mu\text{M}$ であり、DIN同様、両層とも前年調査時(2m層: $0.19 \pm 0.06 \mu\text{M}$ 、B-1m層: $0.24 \pm 0.06 \mu\text{M}$)より低い値を示した。CODの全測点平均値は2m層で $0.6 \pm 0.1 \text{ mg/L}$ 、B-1m層では $0.5 \pm 0.1 \text{ mg/L}$ であり、前年調査時(2m層: $0.7 \pm 0.2 \text{ mg/L}$ 、B-1m層: $0.6 \pm 0.2 \text{ mg/L}$)と大きな変化はなかった。

2. 底質および底生生物の季節変動調査

St.A(立神)とSt.B(タコノボリ)における底生生物の種類数、個体数、湿重量および生物の多様度指数(H')の季節変化を図5に示した。

St.A(立神)では、夏季(7月)さらに秋季(10月)に著しく種類数が減少した。個体数は夏季に比べ秋季はごくわずかの増加を示した。春季(4月)から夏季(7月)にかけての減少率は、種類数で75%、個体数で41%と、前年同期(種類数で61%、個体数で69%の減少)に比べ

個体数では大きく下回った。個体数が激減したのは、春季の優占種である腹足類のシマハマツボ (*Diffalaba picta*) が夏季に全く確認できなかったためである。なお、夏季の優占種は多毛類のミズヒキゴカイ (*Chaetozone tentaculata*) および二枚貝のシズクガイ (*Theora fragilis*) であった。St.Aの底層 (B-1m層) では前年同様9月に溶存酸素量が急減し貧酸素状態となり、種類数・質量は激減したと考えられる。なお、汚濁指標種であり、夏・秋季を中心に同測点で出現するものの、近年は減少傾向にあったヨツバナスピオA型 (多毛綱) は四季を通じて複数個体出現した。

一方、St.C (タコノボリ) では種類数、個体数とも四季を通じて前年より少なかったが、生物多様度指数は

St.A (立神) に比べ周年にわたって安定していた。例年同様、いずれの季節も多毛類が優占し、アンボンギボシイソメ (*Lumbrineris amboinensis*)、タケフシゴカイルイ類等が出現した。また、ヨツバナスピオA型 (多毛綱) が夏季に4個体確認されている。

生物多様度指数の年変動については、St.A (立神) で2010年以降、減少傾向にある。

関連報文

志摩市・三重県水産研究所(2013)：平成24年度英虞湾汚染対策調査報告書

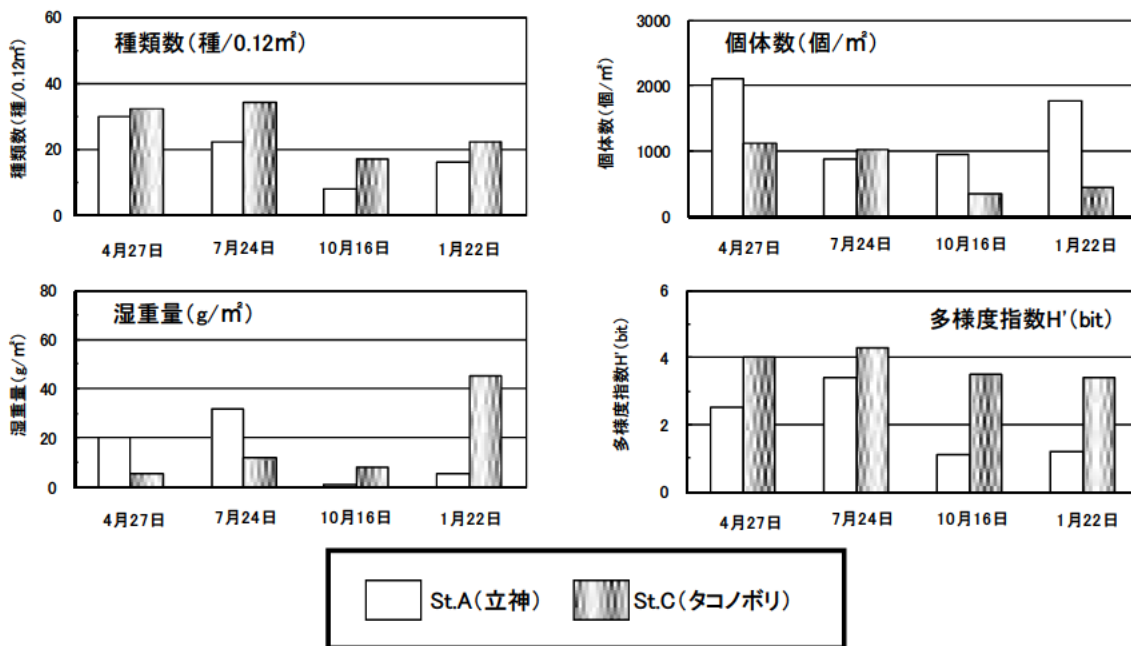


図5. St.A (立神) とSt.C (タコノボリ) における底生生物の種類数、個体数、湿重量、多様度指数H'の変化

熊野灘沿岸域における有害プランクトン優占化機構に関する研究

舘 洋・畑 直垂・中西尚文・山田浩且

目的

伊勢湾、伊勢湾口部、的矢湾、および英虞湾において、広域的なプランクトン分布調査を実施することにより、熊野灘沿岸域における有害プランクトン赤潮の発生機構と輸送パターンの解明を試みた。なお、この調査は水産庁委託事業として、愛知県水産試験場と共同で行った。

方法

1. 伊勢湾調査

伊勢湾内 St.I1～I6 (図1) の6定点において、平成24年4月～平成25年3月に月1回の頻度で調査を行った。調査水深は0m層とし、プランクトン出現密度、水温、塩分、溶存酸素量について調査した。なお、伊勢湾の東部3点については愛知県が調査を実施した。

2. 伊勢湾口調査

1)沿岸調査

伊勢湾口沿岸 St.T1 (図1) において、平成24年4月～10月にかけて週1回から月2回の頻度で調査を行った。調査水深は、0.5m, 2m, 5mとし、プランクトン出現密度(有害種は濃縮サンプルも検鏡)、水温、塩分、溶存酸素量について調査した。

2)沖合調査

鳥羽から志摩半島の沖合 St.T2 および St.T3 (図1) において、平成24年4月～平成25年3月に月1回の頻度で調査を行った。調査水深は0m層とし、プランクトン出現密度(有害種は濃縮サンプルも検鏡)について調査した。

3. 的矢湾調査

的矢湾内 St.M1～M5 (図1) の5定点において、平成24年4月～平成25年3月に月1回の頻度で調査を行った。調査水深は0m層とし、プランクトン出現密度、水温、塩分、溶存酸素量について調査した。

4. 英虞湾調査

英虞湾内 St.A1～A6 (図1) の6定点において、平成24年4月～平成25年3月にかけて週1回から月2回の頻度で調査を行った。調査水深は0.5m, 2m, 5m, 10m, 20mおよびB-1m層とし、プランクトン出現密度、水温、塩分、溶存酸素量、クロロフィルa濃度、栄養塩(DIN, PO4-Pを4地点, Siを1地点)について調査した。

結果および考察

1. 有害プランクトンの出現状況

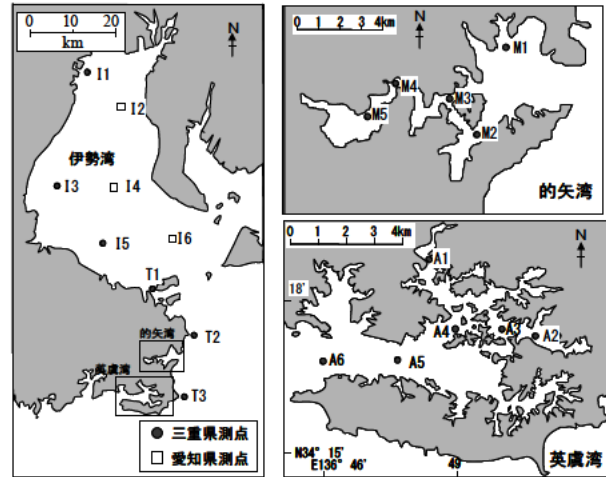


図1 測点図

本調査で出現が見られた有害プランクトンのうち、特徴的であった3種について、出現状況をとりとまとめた。

1) *Heterocapsa circularisquama*

Heterocapsa circularisquama の水平分布の推移を図2に示した。昨年度より3週間遅い9月21日に英虞湾の湾奥部(St.A2周辺)で初めて赤潮を形成し、その後も湾奥部を中心に高密度化した。9月30日には台風17号が通過したことにより、湾全域に拡散したが、1,000cells/mlを超える高密度域は立神浦周辺(St.A2, A3)に限られた。10月5日には観測点での最高細胞数となる4,060cells/ml(St.A2)に、臨時測点では10月1日に17,400cells/ml(St.A2周辺)に達した。その後は急速に減少し、10月12日には100 cells/ml未満となった。また、この赤潮発生期間中に *Karenia mikimotoi* および *Chattonella marina* も赤潮を形成し、一時3種の複合赤潮となった。

この赤潮によりアコヤガイが斃死する漁業被害が発生したが、昨年度と比較するとごく軽微であった。

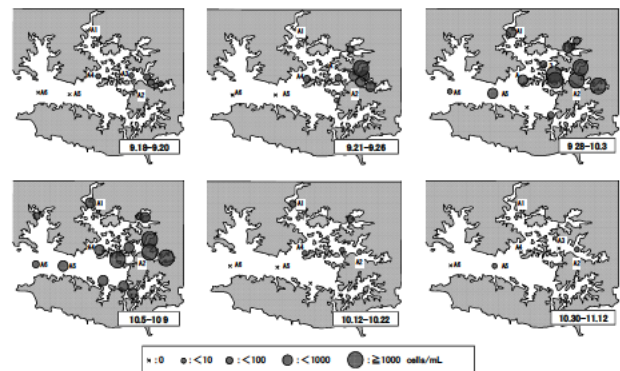


図2 *H. circularisquama* の水平分布(各期間の最高密度)

2) *Karenia mikimotoi*

8月～11月にかけて英虞湾で確認された。8月下旬～9月中旬にかけては湾奥部（St.A2、A3）で数～十数 cells/ml が確認されるのみであったが、9月20日以降は湾奥部を中心に赤潮を形成した（100cells/ml以上を赤潮とした）。その後は湾奥部や湾口部でも確認されるようになったが、赤潮水域は湾奥部（St.A3 およびその周辺）に限られた。9月24日には観測点での最高細胞数となる665cells/ml（St.A3）に、臨時測点では9月21日に1,705cells/ml（St.A3周辺）となった。その後は徐々に減少し、11月には確認されなくなった。

3) *Chattonella marina*

8月～10月にかけて広範囲で確認された。8月上旬には伊勢湾口（St.T1）、鳥羽志摩沖（St.T2、T3）で低密度ながら確認されるようになり、8月下旬以降は、伊勢湾、英虞湾、的矢湾でも確認されるようになった。英虞湾では、9月10日の観測時には確認されなかったが翌週には全測点で確認されるようになり、湾奥部（St.A2、A3）で赤潮を形成した（10cells/ml以上を赤潮とした）。9月24日には観測点での最高細胞数となる540cells/ml（St.A3）に、臨時測点では9月26日に800cells/ml（St.A2周辺）となった。その後は徐々に減少し、10月には確認されなくなった。

2. *H.circularisquama* による漁業被害と環境要因

昨年度は、*H.circularisquama* 赤潮により、英虞湾と阿曾浦でアコヤガイなど約290万貝が斃死し、三重県では15年ぶりの漁業被害となった。その要因は、*H.circularisquama* の増殖時期が例年より一ヶ月以上遅い9月以降であったことが考えられた。この時期には水温が低下しはじめ、成層がくずれつつある上に台風の影響

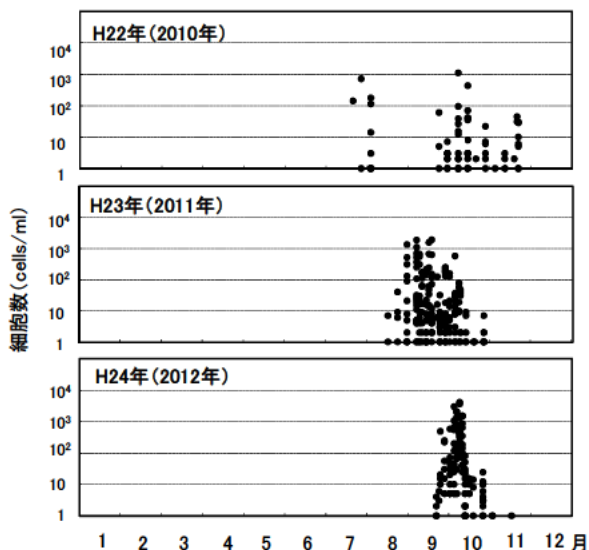


図3 英虞湾における *H.circularisquama* の出現状況

もあって、通常、底～中層である *H.circularisquama* の分布水深が、アコヤガイの垂下水深である表～中層が中心となったことにより、漁業被害が広がった。今年度は、昨年度よりさらに3週間遅く赤潮となり、増殖の中心は10月上旬となったことから（図3）、昨年と同様、*H.circularisquama* の分布水深が浅くなることによる漁業被害が心配されたが、昨年度と比較すると漁業被害はごく軽微であった（表1）。この要因として、アコヤガイの避難が早期に行われたこと、時期的に高水温や挿核によるストレスから回復していたこと、*H.circularisquama* はアコヤガイの垂下水深である表～中層にも分布したが、日周運動が顕著で長時間接触しなかったこと等が考えられた。

また、英虞湾において9月下旬に、*H.circularisquama*、*K. mikimotoi*、および *C. marina* の三種による複合赤潮が発生した。英虞湾奥部（St.A3）におけるこれら三種と珪藻類の出現状況を比較すると（図4）、9月に入って珪藻類が減少した後、三種が増殖していた。特に *H.circularisquama* は、昨年度も同様の現象がみられており、珪藻類が *H.circularisquama* の増減に影響を与えているものと考えられた。

表1 平成24年(2012年)の漁業被害状況

番号	被害時期	被害発生場所	赤潮		被害数(尾)
			構成種名	魚種名	
①	9.13～9.17	志摩度会(道方浦)	<i>Chattonella marina</i> <i>Heterocapsa circularisquama</i>	アコヤガイ	ともに不明(少数)
②	9.18～10.6	志摩度会(英虞湾)	<i>Chattonella marina</i> <i>Heterocapsa circularisquama</i> <i>Karenia mikimotoi</i>	アコヤガイ	ともに不明(少数)

注) ①については、下部の垂下層ほどへい死があり、直前に発生した *Karenia mikimotoi* の発生に伴う貧酸素が原因の可能性もある。

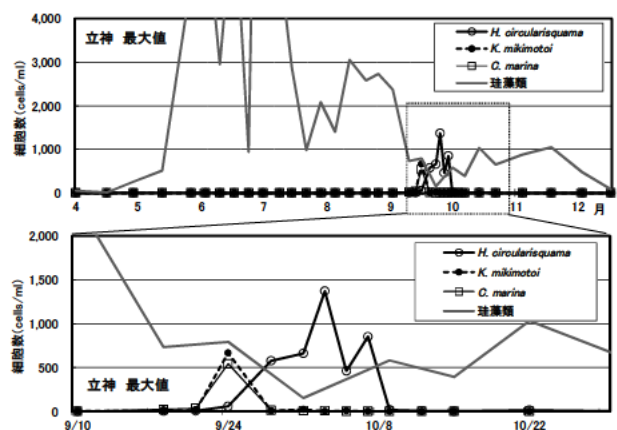


図4 英虞湾 St.A3 における *H.circularisquama*、*K. mikimotoi*、*C. marina* と珪藻類の出現状況（最高密度）

関連報文

平成24年度 赤潮・貧酸素水塊漁業被害防止対策事業報告書

生産者による自主管理型貝毒監視体制の構築

畑 直垂・中西尚文・館 洋・山田浩且・保健環境研究所

目的

生産者への普及に適した簡易なプランクトン採集法の実用化とプランクトン密度を指標とした二枚貝の毒化予測手法の確立に取り組む。また、貝毒簡易測定法 (ELISA 法) のマウス試験のスクリーニング法としての実用化を目的とし、ELISA 測定値をマウス試験値へとの的確に変換する方法を確立する。これらの技術開発により、生産者と連携した効率的な貝毒監視体制の構築に資する。

方法

図 1 の 5 測点において、平成 24 年 4~8 月および平成 25 年 2~3 月に、週 1 回の頻度で調査を実施した。ダクトホースによる表層から B-1m 層までの柱状採水 (以下、簡易採集法) と、バンドーン採水器による 0.5m, 2m, 5m, 10m, B-1m 層からの層別採水 (以下、従来法) により採水し、*Alexandrium* 属と *Gymnodinium catenatum* の出現密度を調査した。また、各測点に垂下飼育した二枚貝 (アサリ、ムラサキガイ、マガキ、ヒオウギ) をサンプリングし、144 検体をマウス試験と ELISA 法に供した。

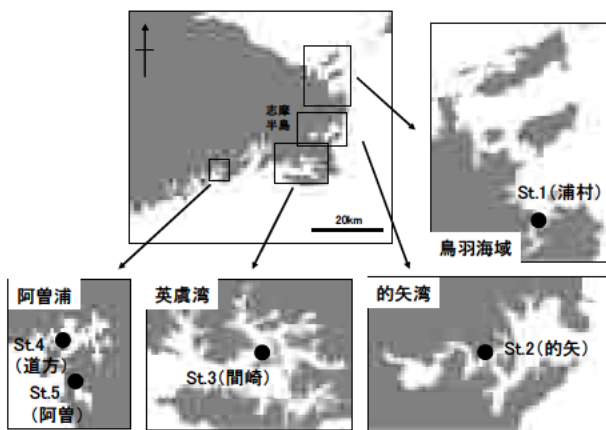


図 1. 調査測点

結果

1. プランクトン簡易採集法の実用化と二枚貝毒化予測手法の確立

図 2 に St.2 (的矢) における簡易採集法と従来法によるプランクトン密度の変化を示した。両手法による *Alexandrium* 属の出現密度は良く似た傾向で推移した。また、平成 23~24 年度の全測点における簡易採集法と従来法による *Alexandrium* 属の細胞密度には有意な相関が認められた ($n=1,158$, $r=0.99$, $p<0.01$) (図 3)。以上の

結果から、簡易採集法により従来法と同程度にプランクトンの出現動向が把握できることが明らかになった。

図 4 には、簡易採集法による *A. catenella* の出現密度のピーク値と、それに対応した二枚貝でのマウス試験値のピーク値との関係を示した (平成 23 年度の St.2, 3, 4, 5, 平成 24 年度の St.1, 2 の毒化事例のデータ)。ヒオウギは他の二枚貝に比べて毒を蓄積し易く、*A. catenella* の出現密度が簡易採集法で 0.1cells/ml を超えるとマウス試験で規制値 (4MU/g) を超える可能性があることが明らかになった。一方、アサリ、ムラサキガイ、マガキについては、10cells/ml 程度では規制値を超える危険性は低いことがわかった。以上により、*A. catenella* による二枚貝の毒化予測に必要なプランクトン密度と二枚貝のマウス試験値との対応関係データが蓄積できた。

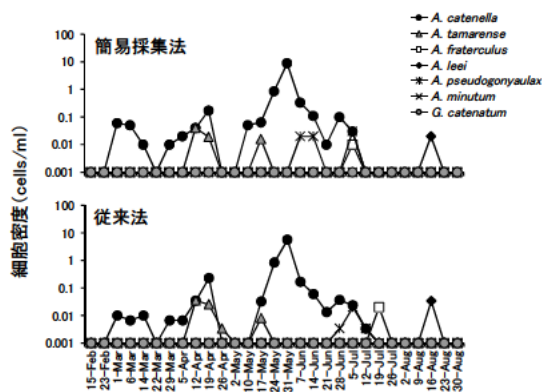


図 2. St.2 (的矢) における簡易採集法と従来法によるプランクトン密度の変化

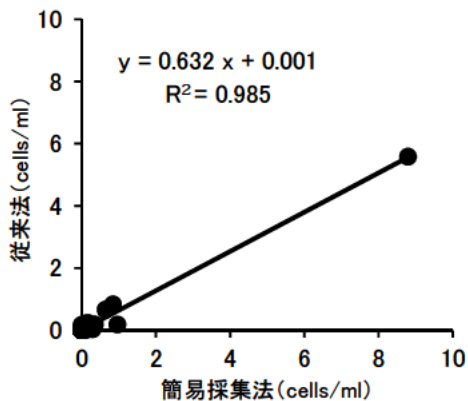


図 3. 簡易採集法と従来法による *Alexandrium* 属の細胞密度の関係

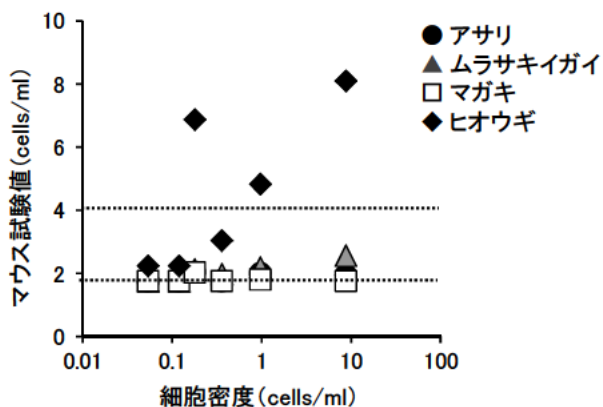


図 4. *A. catenella* の出現密度と二枚貝のマウス試験値との関係

2. ELISA 法の実用化

図 5 に *A. catenella* で毒化したヒオウギにおける ELISA 測定値とマウス試験値との関係を示した。ELISA 測定値とマウス試験値の間には有意な相関が認められた ($n = 68$, $r = 0.67$, $p < 0.01$)。この場合の関係式を基にして、ELISA 測定値をマウス試験値に換算し、マウス試験の実測値と比較して図 6 に示した。規制値である 4MU/g を判定基準とした場合、換算値と実測値がいずれも 4 MU/g 以上であったデータが 8.8% (6/68)、いずれも 4MU/g 未満であったデータが 80.9% (55/68) で、併せて 89.7% (61/68) のデータについては換算値と実測値で判定結果が一致した。一方、換算値で 4MU/g 以上、実測値で 4MU/g 未満であったデータが 5.9% (4/68)、換算値で 4MU/g 未満、実測値で 4MU/g 以上であったデータが 4.4% (3/68) あった。ELISA 法をスクリーニング検査とする場合、換算値で 4MU/g 未満で安全と判定されたものが、実測値で 4MU/g を超えていると問題である。そこで、これら 3つのデータを排除できる 3MU/g をスクリーニング基準値として設定することで ELISA 法をスクリーニング法として利用可能と考えられた。今後は、さらにデータを蓄積し、換算式的的確性を検証するとともに、アサリ、ムラサキイガイ、マガキなどについても ELISA 測定値からマウス試験値への換算式を作成する必要がある。

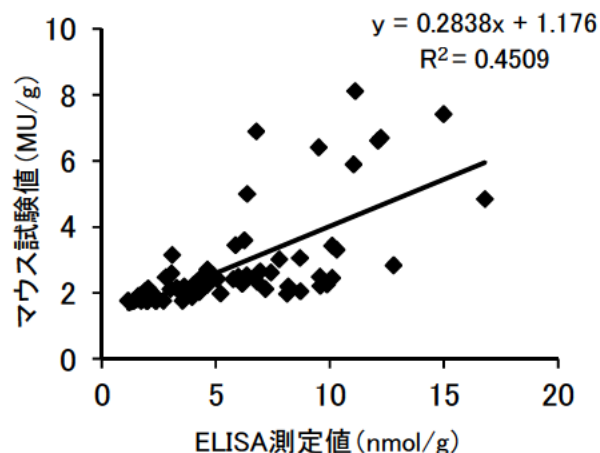


図 5. *A. catenella* で毒化したヒオウギの ELISA 測定値とマウス試験値との関係

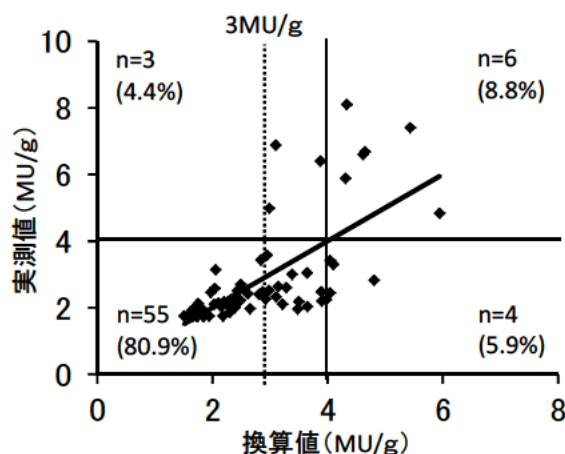


図 6. *A. catenella* で毒化したヒオウギのマウス試験換算値と実測値との比較

貝毒成分等モニタリング事業

畑 直亜・中西尚文・館 洋・山田浩且・尾鷲水産研究室・保健環境研究所

目的

三重県沿岸域における貝毒プランクトンの出現状況を調査するとともに、貝類の毒化状況を把握し、毒化した貝類の流通防止による食の安全確保を図る。

方法

図1の6測点において、平成24年4～8月および平成25年3月に、原則月1回の頻度で貝毒調査およびプランクトン調査を実施した。

1. 貝毒調査

St.1 (伊勢湾：松阪沖) および St.6 (尾鷲・引本湾：矢口浦) ではアサリ、St.2 (鳥羽市：浦村) ではマガキ、St.3 (的矢湾：的矢) ではムラサキイガイもしくはマガキ、St.4 (志摩・英虞湾：間崎) および St.5 (度会：阿曾浦) ではヒオウギを検査対象とした。毒化の危険がある場合には、出荷実態のある二枚貝を随時追加した。貝毒検査(マウス公定法)は保健環境研究所が担当した。

2. プランクトン調査

採水層は0, 2, 5, 10, B-1m層を基本とし、現場水深に応じて採水した。各層において海水1～2Lを採水し、貝毒原因プランクトン (*Alexandrium* 属, *Gymnodinium catenatum*, *Dinophysis* 属, *Protoceratium reticulatum*) を査定、計数した。計数は目合い20 μ mのプランクトンネットにより海水を100倍に濃縮して行った。調査時には、各採水層で水温、塩分、溶存酸素量を測定した。

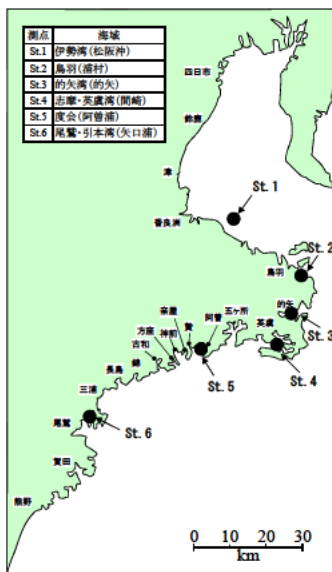


図1. 調査測点

結果

1. 麻痺性貝毒

的矢湾のヒオウギから規制値(4MU/g)を超える最高5.4 MU/gが検出され、6月7日～8月1日まで出荷自主規制が実施された。毒化原因種は、ヒオウギの毒化時に最高12.4 cells/mlで優占していた *A. catenella* と考えられた(図2, 表1)。本種が1 cells/ml以上で発生した時の水温は18.3～21.6 $^{\circ}$ C、塩分は30.1～33.1であった。プランクトンは *A. catenella* (最高12.4 cells/ml), *A. tamarence* (最高2.7 cells/ml), *A. pseudogonyaulax* (最高0.05 cells/ml), *A. fraterculus* (最高0.06 cells/ml), *A. leei* (最高0.08 cells/ml)のほか、特記種として *Alexandrium* sp. (*minutum* 類似種)が伊勢湾北部(四日市沖)で9月に最高37 cells/mlと比較的高密度で確認された(表2)。本種が発生した時の水温は29.0 $^{\circ}$ C、塩分は19.7であった。

2. 下痢性貝毒

毒化事例はなかった(表3)。プランクトンは *D. acuminata* (最高7.85 cells/ml), *D. caudata* (最高0.23 cells/ml), *D. rotundata* (最高0.18 cells/ml), *D. infundibula* (最高0.03 cells/ml), *D. fortii* (最高0.03 cells/ml), *D. mitra* (最高0.02 cells/ml), *P. reticulatum* (最高0.01 cells/ml)が確認された(表4)。

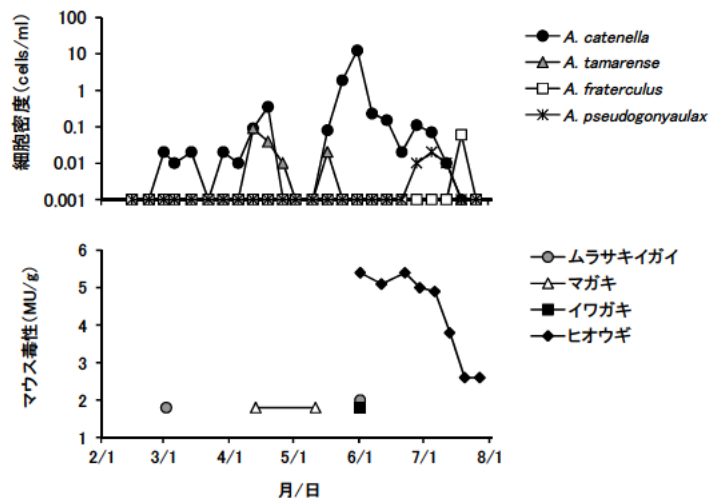


図2. 的矢湾における *Alexandrium* 属の細胞密度と二枚貝のマウス毒性値の変化

表 1. 麻痺性貝毒検査 (マウス試験) の結果

(単位: MU/g)

測点	採取地	貝の種類	採取日											
			(H24年)					(H25年)						
			4/13 定期	5/11 定期	6/1 定期	6/11 臨時	6/22 臨時	6/29 臨時	7/6 定期	7/13 臨時	7/20 臨時	7/27 臨時	8/3 定期	3/1 定期
1 伊勢湾(松阪)	アサリ	ND	ND	ND	-	-	-	-	-	-	-	-	-	ND
2 鳥羽(浦村)	マガキ	ND	ND	ND	-	-	-	-	-	-	-	-	-	ND
3 的矢湾(的矢)	ムサシガイ	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	ND
	マガキ	ND	ND	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	イワガキ	-	-	ND	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	ヒオウギ	-	-	5.4	5.1	5.4	5	4.9	3.8	2.6	2.6	-	-	-
4 志摩・英虞湾(鵜方)	ヒオウギ	ND	ND	ND	-	-	-	-	ND	-	-	-	ND	
5 度会(阿曾浦)	ヒオウギ	ND	ND	ND	-	-	-	-	-	-	-	-	ND	
6 尾鷲・引本湾(矢口浦)	アサリ	ND	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	ND	

表 2. 麻痺性貝毒原因プランクトンの出現状況

種類	測点	海域(地点)	発生時期	最高細胞数	
				月日	cells/ml
<i>Alexandrium catenella</i>	1 伊勢湾(松阪沖)		3月中旬	3/4	0.01
	2 鳥羽(浦村)		5月上旬~6月下旬	6/28	0.18
	3 的矢湾(的矢)		3月上旬~7月上旬	5/31	12.40
	4 志摩・英虞湾(間崎)		5月下旬	5/21	0.15
	5 度会(阿曾浦)		5月中旬~5月下旬	5/24	0.02
	臨時 度会(道方浦)		5月上旬	5/10	0.03
<i>Alexandrium tamarense</i>	1 伊勢湾(松阪沖)		4月中旬, 翌3月上旬	4/13	2.70
	2 鳥羽(浦村)		4月中旬, 翌2月下旬	4/12	0.06
	3 的矢湾(的矢)		4月中旬~5月中旬, 翌2月下旬	4/12	0.09
	4 志摩・英虞湾(間崎)		5月上旬~5月中旬	5/7	0.02
<i>Alexandrium pseudogonyaulax</i>	2 鳥羽(浦村)		7月上旬	7/5	0.01
	3 的矢湾(的矢)		6月下旬~7月中旬	7/5	0.02
	4 志摩・英虞湾(間崎)		5月上旬~7月上旬	5/28	0.05
	5 度会(阿曾浦)		5月上旬~7月上旬	7/5	0.05
	臨時 度会(道方浦)		5月中旬	5/17	0.01
<i>Alexandrium fraterculus</i>	3 的矢湾(的矢)		7月中旬	7/19	0.06
<i>Alexandrium leei</i>	3 的矢湾(的矢)		8月中旬	8/16	0.08
<i>Alexandrium</i> sp. (<i>minutum</i> 類似種)	臨時 伊勢湾(四日市沖)		9月上旬	9/6	37.00

表 3. 下痢性貝毒検査 (マウス試験) の結果

測点	採取地	貝の種類	採取日					
			(H24年)			(H25年)		
			3/2 定期	4/13 定期	5/11 定期	6/1 定期	7/6 定期	8/3 定期
1 伊勢湾(松阪)	アサリ	ND	ND	ND	ND	-	-	
2 鳥羽(浦村)	マガキ	ND	ND	ND	ND	-	-	
3 的矢湾(的矢)	ムサシガイ	ND	-	-	-	-	-	
	マガキ	-	ND	ND	-	-	-	
	イワガキ	-	-	-	-	-	-	
	ヒオウギ	-	-	-	ND	-	-	
4 志摩・英虞湾(鵜方)	ヒオウギ	-	ND	ND	ND	ND	ND	
5 度会(阿曾浦)	ヒオウギ	ND	ND	ND	ND	-	-	
6 尾鷲・引本湾(矢口浦)	アサリ	ND	ND	-	-	-	-	

表 4. 下痢性貝毒原因プランクトンの出現状況

種類	測点	海域(地点)	発生時期	最高細胞数	
				月日	cells/ml
<i>Dinophysis acuminata</i>	1 伊勢湾(松阪沖)		4月中旬~6月上旬	5/14	7.85
	2 鳥羽(浦村)		4月中旬~7月中旬	6/7	0.21
	3 的矢湾(的矢)		4月上旬~8月下旬	5/24	0.22
	4 志摩・英虞湾(間崎)		4月上旬~8月上旬	5/7	0.24
	5 度会(阿曾浦)		5月上旬~5月下旬	5/2	0.04
	臨時 度会(道方浦)		4月中旬~7月下旬	4/12, 5/2, 5/10, 5/24, 6/7	0.02
	臨時 尾鷲・引本湾(矢口浦)		3月上旬~4月上旬	4/12	0.02
<i>Dinophysis caudata</i>	1 伊勢湾(松阪沖)		5月中旬~6月上旬	5/14, 6/1	0.05
	2 鳥羽(浦村)		4月下旬~7月上旬	7/5	0.09
	3 的矢湾(的矢)		5月上旬~7月下旬	7/5	0.07
	4 志摩・英虞湾(間崎)		4月中旬~7月中旬	5/1	0.23
	5 度会(阿曾浦)		4月下旬~7月中旬	4/26, 5/2	0.02
臨時 度会(道方浦)		5月上旬~7月中旬	5/2	0.07	
<i>Dinophysis rotundata</i>	1 伊勢湾(松阪沖)		4月中旬~6月上旬	4/13	0.18
	2 鳥羽(浦村)		3月下旬~7月中旬	4/12	0.04
	3 的矢湾(的矢)		4月中旬~8月下旬	5/31	0.03
	4 志摩・英虞湾(間崎)		4月下旬~7月中旬	7/17	0.03
	5 度会(阿曾浦)		5月中旬~7月中旬	5/17	0.10
臨時 度会(道方浦)		5月上旬~6月下旬	6/21	0.03	
<i>Dinophysis infundibula</i>	1 伊勢湾(松阪沖)		6月上旬	6/1	0.03
	2 鳥羽(浦村)		6月上旬~7月上旬	6/7, 7/5	0.01
	3 的矢湾(的矢)		4月下旬~5月上旬	4/26, 5/10	0.01
	4 志摩・英虞湾(間崎)		5月上旬~6月上旬	5/7	0.02
	5 度会(阿曾浦)		4月中旬~7月上旬	5/31	0.03
臨時 度会(道方浦)		4月下旬~6月下旬	5/31, 6/28	0.01	
<i>Dinophysis fortii</i>	1 伊勢湾(松阪沖)		5月中旬~6月上旬	6/1	0.03
	2 鳥羽(浦村)		7月上旬	7/5	0.01
	4 志摩・英虞湾(間崎)		5月上旬~7月上旬	5/1, 6/11, 7/9	0.01
	5 度会(阿曾浦)		6月上旬	6/7	0.01
	臨時 度会(道方浦)		5月下旬~6月下旬	5/31, 6/28	0.01
<i>Dinophysis mitra</i>	2 鳥羽(浦村)		6月下旬	6/21	0.01
	3 的矢湾(的矢)		8月上旬~8月中旬	8/9, 8/16	0.01
	4 志摩・英虞湾(間崎)		5月下旬~8月上旬	5/28, 6/18, 7/2, 8/6	0.01
	5 度会(阿曾浦)		6月下旬	6/28	0.01
	臨時 度会(道方浦)		6月上旬~7月上旬	7/5	0.02
<i>Protoceratium reticulatum</i>	1 伊勢湾(松阪沖)		6月上旬	6/1	0.01
	3 的矢湾(的矢)		8月中旬	8/16	0.01
	4 志摩・英虞湾(間崎)		7月上旬	7/2	0.01

マガキ天然採苗試験

畑 直亜・舘 洋・中西尚文・山田浩且
 ・久野正博¹⁾・日向野純也²⁾・鳥羽磯部漁業協同組合浦村支所

¹⁾伊勢農林水産商工環境事務所水産室・²⁾(独)水産総合研究センター増養殖研究所

目的

三重県におけるカキ養殖の主要産地である鳥羽志摩地域では、種苗のほとんどを宮城県から購入している。しかし、平成23年3月に東日本をおそった大震災により、種苗の入手が危機的な状況になった。そこで、県内での天然採苗技術を確立に向けた調査を実施した。

方法

平成24年6月から8月にかけて、図1に示す7地点で調査を実施した。鳥羽海域4地点は鳥羽市水産研究所が、浦村海域3地点は三重県水産研究所、伊勢水産室、増養殖研究所、浦村支所が共同で調査を実施した。

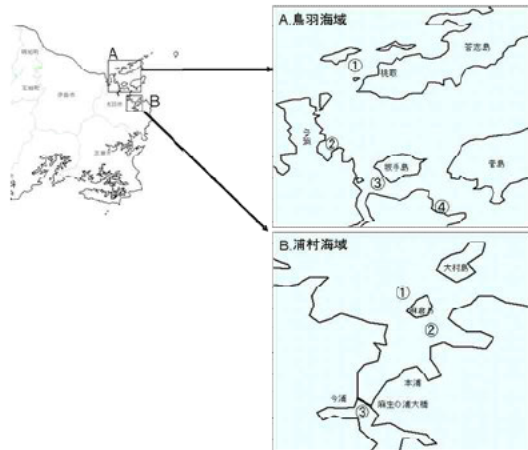


図1 測点図

1. 浮遊幼生調査

北原式プランクトンネット（口径：22.5cm，目合い：72μm）を水深5mから表層まで鉛直曳きし、得られた幼生を検鏡によりサイズ別に計数した（小型幼生：150μm以下，中型幼生：150～210μm，大型幼生：210～270μm，成熟幼生：270μm以上）。なお，小型幼生についてはカキ以外の二枚貝幼生も区別せず計数した。

2. 種見調査

ホタテ貝殻6枚（0.5m層3枚・1.5m層3枚）からなる調査用のコレクターを作成し，調査地点に垂下した。一定期間後に取り上げて，各層の3枚のホタテ貝殻のうち，中央の貝殻に付着したカキ稚貝，およびフジツボ稚貝を拡大鏡（20倍）にて計数した。なお，浦村海域での調査は，St.1およびSt.2の2地点とした。

結果および考察

浮遊幼生調査および種見調査の結果を図2に示した。鳥羽海域では7月27日にカキ稚貝の付着数（平均値）が56.5個/日/枚となり，コレクター投入の目安である50個/日/枚以上に達したため，当海域の生産者により725連のコレクターが投入されたが，その後，カキ稚貝の付着数が減少し，この時の採苗は失敗に終わった。8月9日には鳥羽海域で171.3個/日/枚，浦村海域で59.9個/日/枚の付着が認められ，それぞれ725連および1,800連のコレクターが投入された。しかし，2日後には付着数が減少し，コレクターへのカキ稚貝の付着数は平均20個/枚程度で，必要な付着数とされる50個/枚以上に達したコレクターは少なかった。また，今年度はフジツボ稚貝の付着数も多く，採苗成績は昨年度よりも悪かった。

各測点におけるカキ稚貝の調査期間中の平均付着数は，鳥羽海域のSt.1で22.9個/枚，St.2で24.5個/枚，St.3で16.8個/枚，St.4で33.8個/枚，浦村海域のSt.1で4.8個/枚，St.2で3.0個/枚で，両海域の中で鳥羽海域のSt.4が最も付着数が多かった。鳥羽海域のSt.4は，昨年度もカキ稚貝の付着数が最も多く，これら測点の中で最も採苗に適していると考えられた。

今年度は，採苗成績は悪かったものの，過去2年間の調査から採苗適地が明らかになった。今後は，この地点を中心に調査を進めることで，効率的な調査が可能と考えられる。

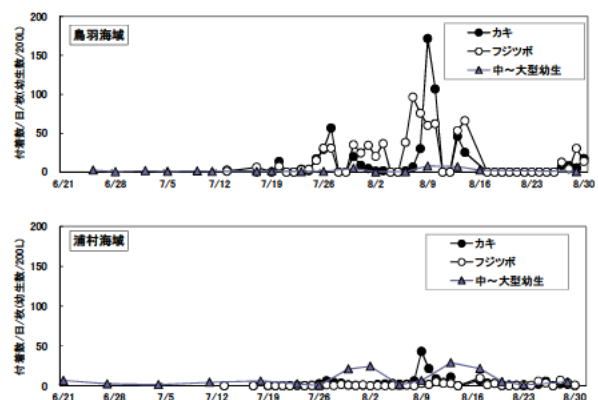


図2 各海域におけるカキとフジツボの付着数（平均値）と中～大型幼生数（平均値）

実装支援事業

英虞湾の環境再生へ向けた住民参加型の干潟再生体制の構築

国分秀樹・山田浩且・舘洋・畑直亜

目的

英虞湾では、明治時代以降の水田干拓のため、70%以上の干潟が消失した。現在その干拓地は耕作されず大部分が荒地と化している。このような沿岸遊休地が湾奥部随所に存在し、英虞湾の生物生産を低下させている。湾奥部の干拓地と潮受け堤防の間にある調整池（志摩市阿児町立神字石淵）をモデル海域として、海域と分断している堤防の水門を解放し、海水導入を行うことで干潟を再生します。干潟では、アサリの放流や海草場造成等の再生活動を地域住民のみなさんと連携して実施し、これらの活動が地域で継続され、英虞湾全域の干潟再生活動に広がっていくことを目標とする。

1. 干潟再生の効果評価と技術の確立

モデル実装海域である英虞湾奥部の石淵の沿岸遊休地において水門を開放し、海水導入による干潟再生を実施した。その結果海水導入前では、底質は有機物含有量が高く嫌気的狀態であった。そのため、生息する生物は非常に少なく、多様性の低いことが明らかになった。さらに海水導入後、事前調査では、ユスリカなどの富栄養化した場所に生育する生物が6種類、湿重量で7.2g/m²しかみつからなかったのに対し、干潟再生6ヶ月後には、小型魚類や、ウミナナやケフサイソガニのような移動性の生物を中心に20種類、再生干潟にみられるようになり、アサリの稚貝も出現した。24ヶ月後には、生物は39種、湿重量で770g/m²が出現した。さらに放流したアサリやコアマモも、再生干潟内に定着することが確認できた。また物質収支の観測や数値モデルにより、干潟としての

効果が発揮されることが科学的に確認できた。

2. 地域住民のコンセンサス形成

再生干潟において、地元住民をはじめ、地元小学校を対象にアサリの放流や海草藻場の造成、生物調査などの干潟再生活動を実施した。また、定期的に報告会などを開催し、干潟再生の重要性や再生効果についての普及啓発活動を実施した。その結果、海の環境保全や干潟の重要性等に関する理解が深まり、干潟再生のサポーターが増加した。開催した干潟再生体験は、合計12回(延べ:335名)、研修会や報告会は合計37回(延べ:3930名)

地元への報告会やマスコミ等を通じて、活動状況を普及啓発することにより、英虞湾における干潟再生の重要性が地元志摩市にも認識されるようになった。その結果、志摩市の里海基本計画の中にも干潟再生が重点課題として取り上げられ、「5年後に2カ所の干潟を再生する」など、具体的な数値目標も明記された。また、新たな干潟再生も2カ所開始することができた。

3. 干潟再生に関する人材の育成

志摩市と協力し、地元住民の中でも特に干潟再生に関心の高い方々に対して、干潟生物の同定研修など人材育成を実施することにより、環境省伊勢志摩国立公園パークボランティアを中心に、活動を継続しうる指導者が育成できた。事業終了後も実装海域において、干潟観察会や干潟再生活動は環境省や志摩市により定期的に継続していくことになった。

4. 自立的な継続活動基盤の構築と活動の継続

沿岸域を管理する行政部局間の連携関係が構築でき(干潟再生研究会)、干潟再生に係る分野横断的な議論ができるようになった。また堤防の占有許可手続きについては、一定



図1 干潟再生海域の概要

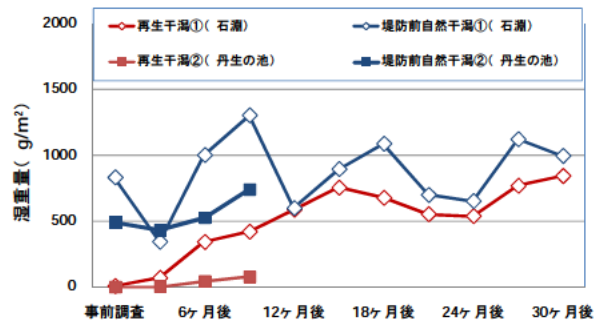


図2 再生干潟における底生生物の経時変化

のルール化も確立できた。それにより、第2、第3の干潟再生が実現できた。この干潟再生活動には地元企業が賛同し、CSRを目的に自社所有の休耕地の再生に着手した。新たな2カ所の再生干潟のうち「丹生の池（地元観光企業合歓の郷所有地）」については、地元志摩市が、もう1カ所の「大谷浦（地元観光企業アクアヴィラ所有地）」については、環境省が継続して地元住民が参画した再生活動と新たな干潟再生の検討を実施していくことになっている。このように地元志摩市と伊勢志摩国立公園を管轄する環境省の再生活動への参画も得られ、徐々に再生の輪が地域に広がりつつある。

こうした一連の活動が地元志摩市にも評価された。志摩市では総合基本計画の中で「新しい里海創生による町づくり」を重点プロジェクトとして位置づけ、国の海洋基本計画に記載されている「沿岸域の総合的管理」の理念を取り入れた「志摩市里海創生基本計画」を平成24年3月に策定された。この中の重点施策として、英虞湾の干潟再生が位置づけられ、市を中心に継続して干潟再生が進められる体制が構築された。今後、地道ではあるが、地域一帯となって第4、第5の干潟再生が進むことが期待される。

5. 他海域への展開の可能性

本活動は、地元にとどまらず、国内外からも広く注目された。活動の内容やその成果について、マスコミ等を通じて広報した結果、COP10での取り上げ、世界閉鎖性海域の環境管理に関する国際会議への講演依頼、水産庁や環境省、国交省、伊勢湾再生会議等が主催するシンポジウム等への講演依頼、視察の対応等々、その反響は予想以上に大きく、沿岸域の再生手法における先進事例として高く評価された。「未利用地の有効活用」という新たな視点からの沿岸域再生手法、縦割り行政の枠を越えた分野横断的な取り組み等が最大の評価要因として考えられた。先駆的な汎用モデルとして、今後の沿岸域の再生に貢献できると考えている。



図3 地元住民と行う生物観察会の様子

まとめ

沿岸の遊休地を干潟再生に有効活用することにより、生物豊かな生態系が回復し、干潟としての機能を発揮することが実証できた。また、地元住民を巻き込んだ再生活動や地元への報告会などを通して、普及啓発を実施することにより、干潟再生の重要性は地元志摩市内に浸透し、結果として志摩市の基本計画の重点事業にも取り上げられることになった。それにあわせて、堤防を管理する農業部局や水産部局とともに実施している「干潟再生研究会」において、その候補地を再生するにあたっての課題整理を実施した。その結果、湾内の他の干潟再生にもつながり、新たに2カ所の干潟再生が実現できた。さらに今後干潟再生を実施するための、手続き等について関係行政部局と一連の合意が形成でき、今後事業終了以降にも継続して使用可能なマニュアルを作成した。

また地元だけでなく、国内外からも注目された。平成22年度にはCOP10が近隣の名古屋で開催されたこともあり、生物多様性について国内外の注目度は高く、その恩恵を受けて、メディア等に多く取り上げられた。また平成23年度は世界閉鎖性海域の環境管理に関する国際会議から招待を受け、事業成果について報告した。さらにメディア等で取り上げられたことが発端として、志摩市以外の自治体や国の省庁等からの視察や講演依頼が非常に多かった。この取り組みは、水産庁や環境省、国交省をはじめ、伊勢湾再生推進会議など、国内の同様な問題を有する海域への有効な先進事例になると評価された。これは、沿岸遊休地というこれまで手をつけられていなかった場所について、着目して取り組んだ本事業の新規性と、統合的沿岸管理にもつながる、本来の縦割り行政の枠を超えた横断的な取り組みが注目された結果であると考えられる。



図4 アオノリ体験イベントの様子

生物多様性・カーボンオフセットプログラム構築へ向けた

干潟・藻場造成効果の評価

国分秀樹・山田浩且・舘洋・畑直亜

目的

陸域では、森林等のCO₂固定能が定量的に評価され、企業がカーボンオフセットの概念を導入して、森林再生等の環境保全活動を支援(資金的な支援)するシステムが構築されつつある。一方で、海も高い生物生産性やCO₂固定能があると言われながら、具体的な調査や研究は立ち後れ、沿岸漁場環境再生に企業等が支援する仕組みはまだない。伊勢湾や英虞湾では干潟や藻場が1950年代以降大きく減少し、漁獲量に影響するだけでなく、海域の貧酸素や赤潮の発生の原因としても考えられている。そのため、早急に干潟藻場の回復、再生を進めることにより、豊かな生態系の回復を図り、健全な物質循環を取り戻すことが必要である。今後、漁場環境再生事業を効率的に展開していくには、生物多様性オフセットやカーボンオフセットの観点から企業等が支援しやすい仕組みを構築する必要がある。

そこで本研究では、伊勢湾海域を対象に、既存の干潟やアマモ場において、CO₂固定能や水質浄化機能を各海域ごとに定量的に評価し、オフセット制度導入に向けた基準づくりを実施する。本年度は、伊勢湾北部海域の高松干潟と津市御殿場海域を対象として、干潟の有するCO₂固定能と窒素除去量について調査検討した。

方法

1. 干潟におけるCO₂固定機能の観測

干潟の有するCO₂固定機能は、二枚貝類の現存量の変化と光合成による酸素生成量のフラックスから算出した。二枚貝については、優占種であるアサリの現存量を調査し、現存量に貝殻の炭素含有量を乗じて年間の炭素現存量を算出した。酸素生成量のフラックスの観測は、干潟にアクリル製の明条件チャンバーと塩化ビニル製の暗条件チャンバーを現地に設置して観測を行った。このチャンバーは、図1に示すように円筒形の容器に記録式の溶存酸素センサー(WTW社製Oxi 340i)と攪拌用の水中ポンプにより構成される。溶存酸素センサーはチャンバー上部にくるように設置し、30秒間隔で溶存酸素濃度を記録した。なお、水中モーターの攪拌速度は干潟堆積物の巻き上げが起こらず、かつ溶存酸素センサーの値が安定する程度に調製した。さらにベンシックチャンバーの測定と同時に、観測点の干潟直上水を採取し、明暗瓶法により同様に現場で培養した。この方法により、海水中の

の植物プランクトンの光合成と呼吸量を測定し、チャンバー内の植物プランクトンによる光合成と呼吸による酸素消費を差し引くために用いた。観測時間は2時間を1セットとし、2時間後にはチャンバー内の酸素濃度をリセットした後、再度観測を行った。1回の観測では上記の観測を3セット、合計6時間行い、大潮の晴天時に年4回行った。干潟の総生産速度は下記の式より算出した。

$$P = \{(DO_{LC} - DO_{LB}) - (DO_{DC} - DO_{DB})\} \cdot V / S / t \quad (1)$$

ここでPは干潟の総生産速度(mmolO₂・m⁻²・h⁻¹)、DO_{LC}は明チャンバー内の溶存酸素濃度(mmolO₂・l⁻¹)、DO_{LB}は明瓶の溶存酸素濃度(mmolO₂・l⁻¹)、DO_{DC}は暗チャンバー内の溶存酸素濃度(mmolO₂・l⁻¹)、DO_{DB}は暗瓶の溶存酸素濃度(mmolO₂・l⁻¹)、Vはチャンバーの容積(4.7L)、Sはチャンバーの底面積(0.0314m²)、tは観測時間(h)である。

結果および考察

1. アサリ現存量からみた干潟のCO₂固定機能

高松干潟におけるアサリ現存量の変化を図2に示す。二枚貝の現存量調査の結果、高松干潟では、アサリ及びイソシジミが優占種であり、毎年春と秋の2回稚貝が定着するが、秋の台風時の出水により大きくダメージを受けていることが分かった。またその後生き残ったアサリも、潮干狩り等により、25ミリ以上は採取されてしまうことが明らかになった。その現存量に貝殻の炭素含有量を乗じて年間の炭素現存量を算出した。それぞれの貝殻の炭素含有量は、貝殻を乾燥後CNコーダにて計測し



図1 干潟に設置したチャンバー

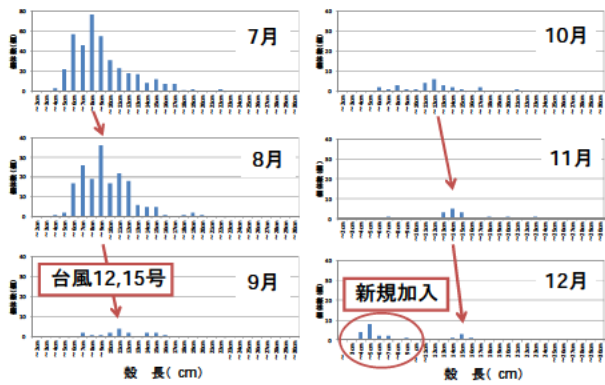


図2 干潟に設置したチャンパー

た。その結果、貝殻の炭素含有量は $85.2 \pm 2.2\%$ であった。この計測値を用いて、一年間の現存量の推移から、アサリの貝殻による炭素固定量を算出したところ、 32.6 tC/ha/年 であることが推定された。

2. 光合成による酸素生成量のフラックスからみた干潟のCO₂ 固定機能

干潟の夏期の観測における明暗チャンパー内の溶存酸素濃度の変化を図3に示す。暗条件のチャンパー内で観測開始後、酸素濃度が直線的に減少し、明瓶および明条件のチャンパー内ではほぼ直線的に増加する傾向を示した。これは、暗条件において、チャンパー内では微生物等の底生動物の呼吸により酸素消費が行われていることを示している。一方明条件において、チャンパー内では干潟の底生微細藻類の光合成により酸素生成が行われていることを示している。2時間ごとの明暗チャンパー内の溶存酸素濃度から明暗瓶内の海水の酸素濃度を差し引くことにより、明暗各条件の全酸素消費速度を算出し、明暗チャンパー内の2時間毎の酸素濃度変化から干潟の総生産速度を算出した。その後二酸化炭素固定量に換算した

ものを図4に示した。水温が低く日照量の少ない冬期では光合成量は低く、水温も日照量も高い夏期には光合成量が大きくなった。この調査結果から干潟の一年間の二酸化炭素固定量を算出したところ、CO₂ 固定量は 0.35 tC/ha/年 となった。

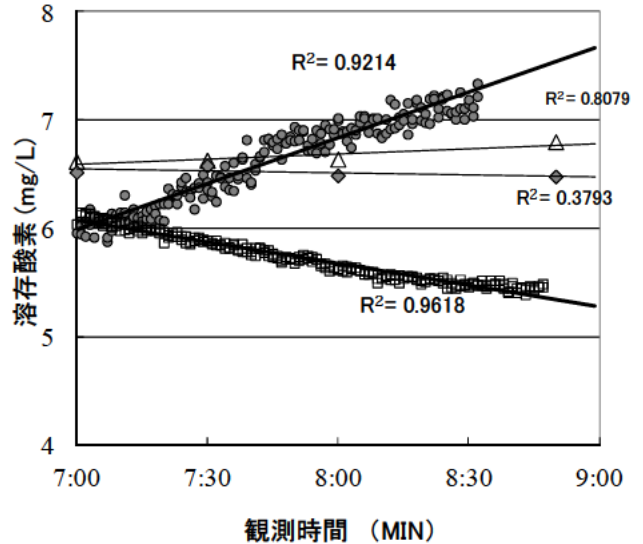


図3 夏期の各チャンパー内の溶存酸素濃度の変化

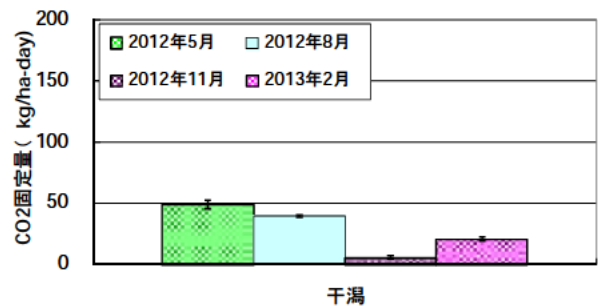


図4 フラックスからみたCO₂ 固定量の季節変化

伊雑の浦環境改善技術効果把握事業

館 洋・山田浩且・国分秀樹

目的

的矢湾奥部の伊雑の浦ではかつて年間 300 トンのアオサ生産量があったが、現在は海水の濁りなどの環境悪化により、約 1/100 にまで落ち込んでいる。そのため、志摩市ではカキ殻やカキ筏を用いた濁り軽減施策を実施しており、その効果評価を水産研究所で行った。



図 1. カキ殻設置区とカキ筏設置区の位置図

1. カキ殻散布による濁度抑制効果

方法

海域の DL±0m 付近（潮間帯）に設置したカキ殻土囊区、カキ殻散布区（図 2）の濁り軽減効果を評価するため、水中濁度の連続観測および沈降物量調査を行った。海底（堆積物表層）から 0.5m 直上において、水中濁度の連続観測では、メモリー式濁度計を、沈降物量調査ではセディメントトラップを設置し、対照区と比較観測を行った。また、0.5m 直上で採水し、浮遊懸濁物量（SS および VSS）を測定した。さらに、カキ殻設置による底生生物への影響を把握するため、潜水により各区の底泥（堆積物表層）を採取し、種毎に個体数を計数した。

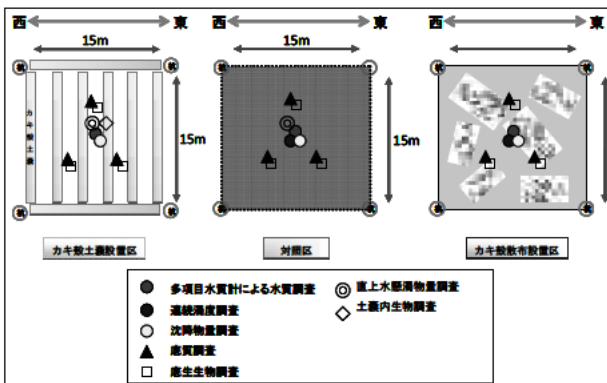


図 2. カキ殻設置区における調査地点

結果

カキ殻散布区と対照区の連続濁度調査結果を図 3 に示した。カキ殻散布前では、対照区と濁度レベルや濁度変動のタイミングに差がないことが確認された。カキ殻散布直後では、対照区に比べて明らかに濁度が抑制されており、設置から 4 か月では、差は小さくなったものの、散布区で濁度が低かった。なお、カキ殻土囊区については昨年度に調査を行っており、設置直後に濁度抑制効果が認められたが、4 か月後には明確な差は見られなかった。

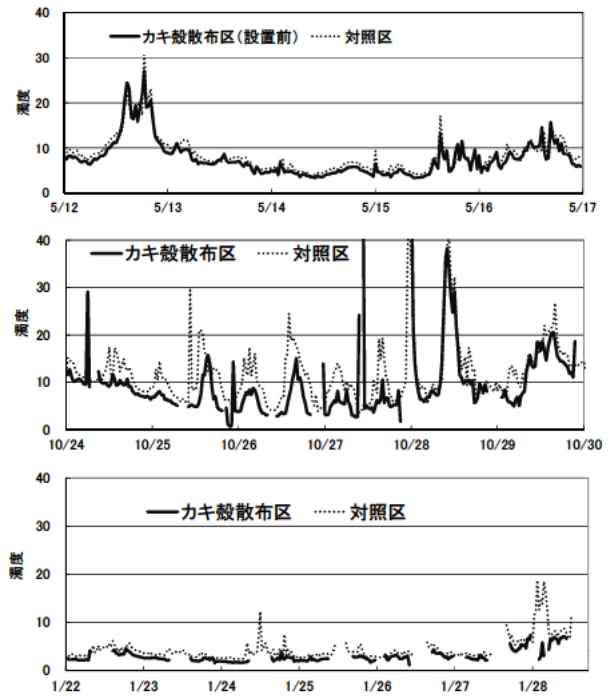


図 3. 連続濁度（上段：カキ殻散布前，中段：散布直後，下段：散布 4 か月後）

セディメントトラップ設置による沈降物量調査の結果を図 4 に示した。7 月に行った調査では、各試験区において、沈降物量に大きな差は見られなかった。カキ殻散布区は設置前であるため、対照区とほとんど差がない結果となっているが、カキ殻土囊区でも差が見られなかったことから、土囊の設置から 1 年が経過した時点では再懸濁抑制効果が失われている可能性が考えられた。また、11 月に行った調査では、対照区に比べ設置 2 か月後のカキ殻散布区では沈降物量が有意に低下しており、再懸濁抑制効果が確認された。一方、設置から 1 年 4 か月経過した土囊区では、沈降物量が対照区より明らかに多いと

いう結果となった。設置から1年4か月経過した土嚢には多くの泥が堆積しており（図5）、さらに調査期間中は非常に強風であったことから、土嚢上の泥が再懸濁を促進したものと考えられた。また、1月に行った調査では、カキ殻散布区では前回と同様、対照区に比較して沈降物量が少なく、再懸濁抑制効果が継続しているものと考えられた。カキ殻土嚢区でも対照区に比較して沈降物量がやや少なかったが、カキ殻散布区ほど明確な差ではなかった。

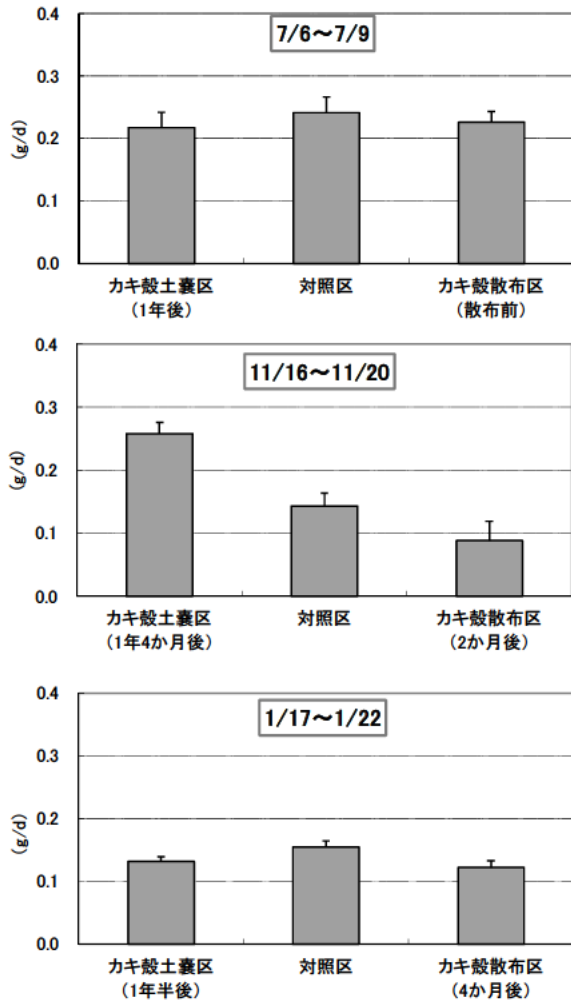


図4. 沈降物量（上段：7月調査，中段：11月調査，下段：1月調査）



図5. 土嚢上に再堆積した底泥（冬季）

各地区における海底上50cmでの浮遊懸濁物の組成比を図6に示す。VSSの値を有機物量、SSからVSSの値を減じた値を無機物量とした。有機物および無機物の割合には地区間では差が見られなかったが、季節間では差が見られ、秋季のほうが冬季よりも無機物の割合が高かった。これは秋季調査を行った時期には100mmを超える降水があり、出水による土砂の流入があったためと考えられた。

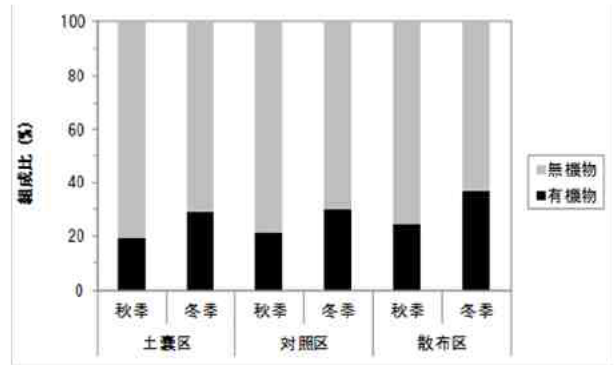


図6. 各地区における浮遊懸濁物の組成比

次に各地区における単位面積当たりの底生生物の個体数を図7に示す。土嚢区および対照区では、秋季に個体数が減少した。一方、散布区ではカキ殻散布後の秋季以降は個体数が増加し、秋季には夏季の約20倍、冬季には夏季の約40倍の生物が確認された。また、秋季の土嚢区と土嚢区（土嚢内）を比較すると、土嚢区（土嚢内）の方が圧倒的に個体数が多かった。

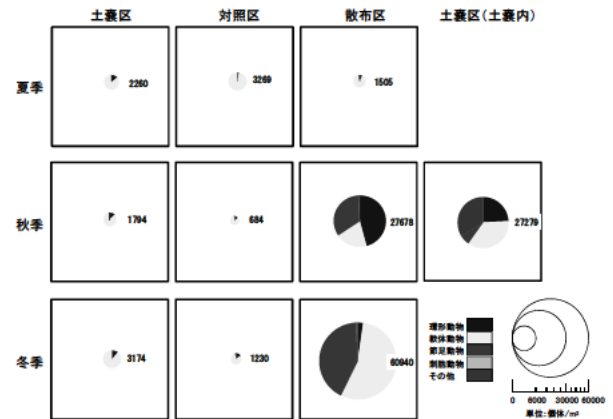


図7. 各地区における底生生物の個体数

2. カキ筏設置による濁度抑制効果

方法

平成24年9月に設置したカキ筏設置区（図8）において、1.と同様に水中濁度の連続観測を行った。また、カキ筏に垂下したカキの殻長とむき身重量を測定し、成長を把握した。

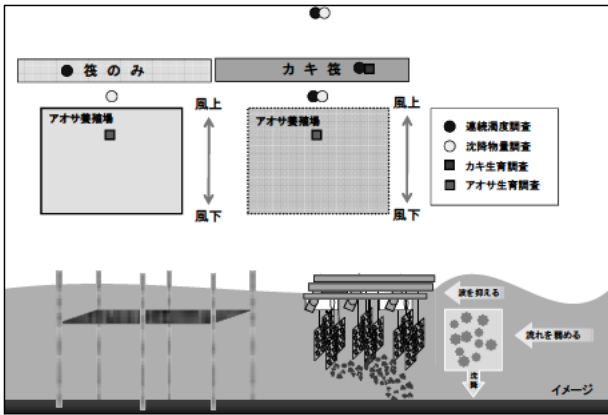


図 8. カキ筏設置区における調査地点

結果

飯浜に設置したカキ筏について、風下となる東側（カキ筏内側）と風上となる西側（カキ筏外側）での連続濁度調査結果を図 9 に示した。カキ筏内側では、外側に比べ濁度が低く推移した。冬季は北西の風が卓越し、特に水深の浅い海域では風波により底泥が巻き上がって濁りが発生すると考えられるが、今回の結果より、カキ筏の設置によって風波が抑えられ底泥の巻き上がりが抑制されたものと考えられた。ただし、カキ筏設置前の濁度比較を行っておらず、観測点の底質や潮流の違いが反映された可能性もある。

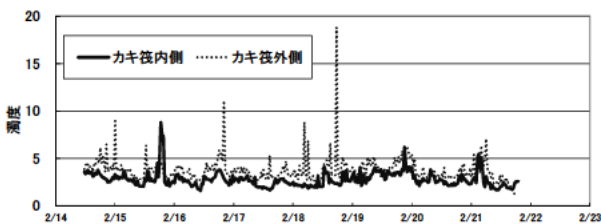


図 9. 連続濁度（カキ筏内外）



図 10. カキ筏設置による風波の抑制状況
右側が風上、左側が風下

試験のためカキ筏を設置した飯浜（実験区）と、的矢湾の水道部に位置し、カキ生産地である三ヶ所（対照区）に垂下したマガキの生育状況（むき身重量）を図 11 に示した。対照区に比べ、実験区で大幅にむき身重量が重い

結果となった（殻長は差なし）。昨年度も同様の結果であり、実験海域で垂下したカキの身入りが良くなることが確認された。実験区は河口から水道部への滞筋にあることから、栄養塩が多くカキの餌となるプランクトンが豊富である可能性がある。また、実験区は底泥の巻き上げなどによって濁っており、垂下しているカキにも泥が付着・堆積しているが、この濁りに含まれる有機物をカキが摂取しているため、身入りが良くなっている可能性も考えられた（図 12）。

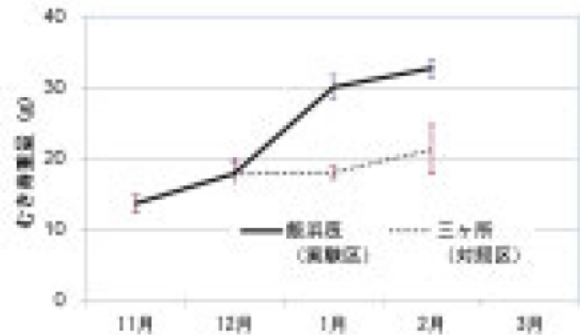


図 11. 試験区に垂下したカキの生育状況

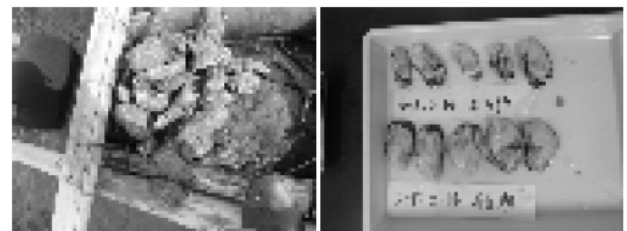


図 12. （写真左）実験区で泥を被ったカキ、
（写真右）下段が実験区（飯浜）のむき身

まとめ

濁り対策として実施されたカキ殻土嚢およびカキ殻散布では設置直後に濁りの抑制効果が見られた。しかし、設置後 1 年以上が経過した土嚢区では泥が堆積し、濁り抑制効果が見られなくなった。泥の再堆積の影響を受けない波浪の減衰方法として、ノリ柵や筏の設置が考えられ、また、かつて伊雑の浦で繁茂していたアマモ場が再生すれば、再懸濁防止策として有効であると考えられる。今後はこのような継続的な効果が見込まれる施策評価が必要と思われる。

関連報文

平成 24 年度 的矢湾漁場環境改善事業効果調査業務報告書