

平成 20 年度  
日本水産学会九州支部例会

シンポジウム

九州沿岸域における漁場環境保全の  
現状と展望

平成 20 年 9 月 27 日 (土)  
13:00 ~ 17:30  
長崎大学水産学部  
大講義室

日本水産学会九州支部

平成 20 年度日本水産学会九州支部例会（シンポジウム）  
「九州沿岸域における漁場環境保全の現状と展望」

日時：平成 20 年 9 月 27 日（土）13：00-17：30

会場：長崎大学水産学部大講義室

プログラム

開会挨拶および趣旨説明（13：00-13：10） 企画責任者：中田英昭

座長：大和田絃一（熊本県立大環境共生）

1. 赤潮と底層水の貧酸素化に関する最近の研究成果（13：10-14：00）

- (1) 有明海奥部における貧酸素水塊の動態と影響要因に関する検討 木元克則・児玉真史（西海区水研）
- (2) 大村湾に出現する有害植物プランクトンと出現環境 岩滝光儀（長大環東シナ海センター）・大原 治・山砥稔文（長崎総合水試）・高橋鉄哉（長大環東シナ海センター）・中田英昭（長大水産）・松岡數充（長大環東シナ海センター）

座長：征矢野清（長大環東シナ海センター）

2. 化学物質等による沿岸汚染とその影響（14：00-14：50）

- (1) 化学物質の薄いスープの中で生きる水生生物は大丈夫なのか？－低濃度複合暴露が水生生物に与える影響 大嶋雄治（九大農学研究院）
- (2) 流出油および油処理剤の水産生物に対する影響 小山次朗（鹿大水産）

休憩（14：50-15：00）

座長：皆川 恵（西海区水研）

3. 海洋温暖化・酸性化をめぐる諸課題（15：00-15：50）

- (1) 植食性魚類の摂食活動と磯焼けの進行 山口敦子・久保洋一郎・井上慶一（長大水産）・柳下直己（長大環東シナ海センター）・桐山隆哉（長崎県水産部）・吉村 拓（西海区水研）
- (2) 海洋酸性化が沿岸生物に及ぼす影響 石松 惇・栗原晴子（長大環東シナ海センター）

座長：萩原篤志（長大生産科学）

4. 環境保全・回復に向けた取り組み（15：50-17：00）

- (1) 諫早湾干潟域の貧酸素化とアサリのへい死対策 平野慶二（長崎総合水試）
- (2) イトゴカイと共生細菌の機能を活用した魚類養殖場の有機汚泥浄化 堤 裕昭（熊本県立大環境共生）・和田 実（長大生産科学）・木暮一啓（東大海洋研）
- (3) 海の健康診断の試み 中田英昭（長大水産）

座長：中田英昭（長大水産）・石松 惇（長大環東シナ海センター）

総合討論（17：00-17：30）

閉会あいさつ 企画責任者：石松 惇

## シンポジウム開催の主旨

企画責任者：中田英昭（長大水産）・石松惇（長大環東シナ海センター）

日本水産学会で2003年5月16日に座談会「水産を取り巻く沿岸環境の現状と将来の展望」が開かれました。そこでは、水産を取り巻く沿岸環境の現状を総括し、その問題解決のために何が必要か、何をすべきかを考えることを目的として、沿岸海域の富栄養化に伴う赤潮や貧酸素化、人工化学物質等の有害物質による汚染の進行などに関する各地の現状報告から、環境修復に向けた課題、水産分野の環境研究者のあり方、次世代の人材育成に大学教育が果たす役割まで、幅広い内容について討議が行われています（学会HP参照）。そこで印象的なのは、そうした環境問題は何よりもまず地域で、現場で取り組むことが基本であり重要であることが強調されていることです。また、現在問題となっている食料自給率の低下を招いたそもそもの原因は、水産資源と漁業者の減少であり、それをもたらした主要な原因の一つは、沿岸域の経済発展や人口・産業の集中による環境の悪化であることが明快に指摘されています。

この例会シンポジウムでは、九州沿岸域において漁場環境や生物資源に影響する環境問題を取り上げることにしました。九州沿岸域でも、赤潮や貧酸素化の広域化、環境ホルモン物質等の生物影響、あるいは干拓・埋め立て等の大規模開発による環境劣化が依然として大きな問題になっています。最近年はこれらに加えて、地球温暖化等のグローバルな環境変化や生態系の変質が顕在化してきており、それは上記の諸問題とも複雑に関連している可能性があります。さらに、こうした九州沿岸域の環境問題は、東シナ海や黄海などで国際的な取り組みが急務となっている諸問題とも共通しています。

そこで、このシンポジウムでは、（1）赤潮と底層水の貧酸素化に関する最近の研究成果、（2）化学物質による沿岸汚染とその影響、（3）海洋温暖化・酸性化をめぐる諸問題について、それぞれ話題提供をお願いするとともに、（4）環境保全・回復に向けた取り組みを幾つか紹介していただき、これらを総合しながら、水産を取り巻く沿岸環境の保全に関する研究の今後の方向性等を展望する機会にしたいと考えた次第です。討議の時間は限られていますが、学会関係者のみならず沿岸域の環境問題に関心を持つ多くの方々の有益な情報交換の場となれば幸いです。

## 1 - (1) 有明海奥部における貧酸素水塊の動態と影響要因に関する検討

木元克則（水研セ西海水研）・児玉真史（水研セ中央水研）

近年、有明海奥部の底層においては夏季に溶存酸素が低下し、これまで好氣的と考えられてきた干潟縁辺域で溶存酸素濃度が著しく低下して貧酸素水塊が形成され、サルボウなどの二枚貝類や他の底生生物を死滅させるなど、有明海奥部の環境の悪化が著しい。この貧酸素水塊の発生機構を解明するために、2001～2003年に水産総合研究センター及び有明海4県により共同観測が実施され、有明海奥部で貧酸素水塊が発生し、潮汐により変動することが明らかになった。これらの結果を受けて2004年度より環境省、水産庁、及び九州農政局が連携して貧酸素水塊の発生機構を解明するため「貧酸素水塊広域連続観測」が実施され、環境省請負業務と水産庁委託業務を水産総合研究センターが担当した。本稿では、この観測結果を元に、有明海奥部における貧酸素水塊の動態と貧酸素水塊形成に影響する要因を検討する。

### 1) 有明海奥部における貧酸素水塊の動態

貧酸素水塊広域連続観測により、夏季の有明海では小潮期から中潮期毎に湾奥西部海域と諫早湾で別々に溶存酸素濃度が低下し、貧酸素水塊が形成されることが明らかになった。また、湾奥西部干潟縁辺浅海域の底層における溶存酸素濃度は、大潮期には高いが、小潮期から中潮期にかけて急速、且つ著しく低下する有明海に特有の変動を繰り返した。一方、沖合域の底層では、干潟縁辺域より遅れて貧酸素化し、大潮期にも貧酸素化が持続する状況が観測され、潮汐に伴って湾奥干潟縁辺域の底層から沖合の躍層の下へ貧酸素水が移流拡散する状況も観測される。

湾奥部底層の溶存酸素濃度の変動は、基本的には鉛直混合による表層から底層への酸素供給と底層における酸素消費の収支の結果である。したがって、貧酸素水塊の形成は潮汐・流動だけでなく、気象に強く影響を受ける。すなわち、大雨に伴う出水による成層の強化は鉛直混合を低下させ、且つ貧酸素化を長期化させる。また、出水に伴う流入有機物の分解は底層の貧酸素化を助長する。

有明海では梅雨から盛夏にかけて、筑後川等北部海域の河川から流入する淡水により高温・低塩分の水が湾奥から沖合の表層に広く分布して成層が形成される。躍層直上層にはしばしば湾奥に中心を持つクロフィルの極大層が沖合にかけて分布し、躍層下の底層では溶存酸素濃度が低下し、貧酸素水塊が形成される。一方、強風の連吹による成層の解消や水塊の移動は貧酸素水塊を解消させ、台風等の大きな擾乱時には、底泥の攪乱によると推察される溶存酸素の急激な減少や、鉛直混合によるその後の急激な上昇などの現象が観測される。

### 2) 底層の酸素消費に対する懸濁物の寄与

底層の溶存酸素濃度の低下は、表層堆積物を含む底泥の酸素消費と底層水中の有機懸濁物、すなわち植物プランクトンや有明海特有の高濁度水等の酸素消費によると考えられる。そこで、湾奥部干潟縁辺域の海底にバルジャーを静置して底泥と底層水の酸素消費速度を実測した。この結果、底層の酸素消費に対する底層水の寄与が4～9割を占めると推察された。また、湾奥部における底層水の懸濁物質組成の分布と酸素消費速度を測定した結果、底層水の酸素消費速度は懸濁態有機炭素濃度と相関が認められ、特に海域で生産された植物プランクトン由来の有機物の方が分解され易く、酸素消費ポテンシャルが高いことが示唆された。湾奥部では出水時には陸起源の有機懸濁物が多く分布したが、赤潮発生時には海域の植物プランクトン由来の有機懸濁物が多く分布した。以上から有明海奥部の貧酸素水塊の形成には、赤潮等の植物プランクトン由来の易分解性の有機懸濁物が大きく寄与していると推察される。

## 1-(2) 大村湾に出現する有害植物プランクトンと出現環境

岩滝光儀 (長大環東シナ海センター)・大原 治・  
山砥稔文 (長崎総合水試)・高橋鉄哉 (長大環東シナ海センター)・  
中田英昭 (長大水産)・松岡敷充 (長大環東シナ海センター)

大村湾ではカキやアコヤガイなどの二枚貝養殖が盛んに行われてきたが、これらをへい死させる有害赤潮の出現も古くより報告されている。1965年には渦鞭毛藻 *Karenia mikimotoi* 赤潮による漁業被害が発生し、その後も渦鞭毛藻とラフィド藻を中心とした赤潮とそれに伴う被害が報告されてきた。赤潮被害を軽減するためには、原因となる有害種を特定した上でそれらの出現時期や増殖特性を個別に把握して対策を講じる必要がある。本研究では、大村湾に出現する植物プランクトンの種組成を明らかにし、これに含まれる有害赤潮原因種とそれらの出現・増殖環境の把握を目的として、植物プランクトン出現種の定期調査を行った。

大村湾の枝湾・形上湾中央部に調査定点 (32°55'N, 129°47'E, 水深約 10 m) を設け、2004年6月30日から2006年11月21日まで2週間に1回 (計64回)、海洋観測と植物プランクトン相調査を行った。出現種の同定用試料はプランクトンネットで採集した。計数用試料は、鞭毛藻類が行う日周鉛直移動を考慮し、細胞密度の増減を時系列で比較するためにCTDで得たchl *a* の極大層で採水した。無殻種も対象とするために計数用試料の固定・濃縮を行わず、光学顕微鏡下で1 mLを3回同定・計数して平均細胞出現数を求めた。調査時には、水温、塩分、chl *a*、溶存酸素をCTDで鉛直的に測定するとともに、表層、中層、底層では栄養塩 (三態窒素, DIN, PO<sub>4</sub>-P) を測定し、植物プランクトン群集組成と比較した。

水温は最低 8.24°C (2005年2月4日) から最高 32.35°C (2004年8月11日) まで変化した。表層水温が上昇しはじめる4月中旬から成層構造が発達し、7月下旬に最も強い密度躍層が観測された (成層期)。水温が下がる9月上旬からは成層構造が弱まり、この状態が最低水温となる2月まで継続した (混合期)。植物プランクトンでは78属164種の出現を確認し、これには渦鞭毛藻25属67種、珪藻37属77種、ラフィド藻3属5種などが含まれる。*Leptocylindrus danicus* や *Skeletonema costatum* などの珪藻類は成層の有無に関わらず周年出現した。ディクチオカ藻やラフィド藻などの鞭毛藻は成層期に優占種として出現した。有害種では、渦鞭毛藻 *Karenia mikimotoi* が2004年と2006年の7月に、ラフィド藻 *Fibrocapsa japonica* と *Heterosigma akashiwo* がそれぞれ2005年8月と2006年6月に赤潮を形成した。調査年により赤潮形成種が異なっていたため、他種との競合を含めた増殖環境は不明であるが、これらの出現時期は成層期に限定された。一方、2005年10月に渦鞭毛藻 *Prorocentrum sigmoides* が最高細胞密度 1918 cells/mL で出現し、カキの生育を著しく阻害した。調査期間に本種は例年9月頃に出現し始め、表層水温が26°C以下となり成層構造が弱まる10月上旬に増殖が確認された。本種が混合期に出現・増加する性質は、大村湾で赤潮を形成する鞭毛藻としては特異的であることが判明した。

## 2-(1) 化学物質の薄いスープの中で生きる水生生物は大丈夫なのか？ —低濃度複合暴露が水生生物に与える影響

大嶋雄治 (九大院農)

現在、私たちは万を超える種類の化学物質を日常的に使い生活している。快適で効率的な近代的な生活は化学物質によって支えられていると言っても言い過ぎではない。しかし、使い終わった化学物質は、分解しながらも環境中に流れ出して、川から海に到達し、底質に蓄積している。事実、水圏環境中からは重金属、石油由来の多環芳香族炭化水素、DDT等残留性の強い有機塩素系農薬、ポリ塩化ビフェニル(PCBs)、ダイオキシン類、トリブチルスズ(TBT)等船底防汚剤、内分泌かく乱物質であるビスフェノールAやアルキルフェノール化合物、界面活性剤、化粧品由来の人工香料、フッ素系脂肪酸、医薬品に至るまで様々な物質が検出されている。そこに生息する水生生物は低濃度ではあるが複数の化学物質に同時に暴露されているが、水生生物に対する複合影響は未解明である。化学物質単独の毒性試験で得られた最大無影響濃度より低い濃度であっても、化学物質の相加・相乗作用により生物に対する毒性が発現する可能性があり、生態毒性学の分野では化学物質の複合毒性の評価が最重要課題となっている。

中でもTBTとPCBsは水圏生態系中において、高頻度・高濃度で検出されており、水生生物に対する複合作用が懸念される。我々はこれまでメダカを用いてTBTとPCBsによる複合毒性の解明を進めてきた。その結果、両者は複合的に作用してその再生産を阻害することを証明した。さらにメダカ胚—ナノインジェクション法を用いて、TBTとPCBsの複合毒性の最小作用濃度を調べた。TBT単独では胚発生等に悪影響を与える最小作用濃度は160 pg/eggであり、PCBsでは250 pg/eggの投与でも胚発生や性分化に影響は認められなかった。しかし、TBTとPCBsの濃度を変化させて16通りの組み合わせで胚に複合投与すると、発生、ふ化および遊泳が阻害され、さらにへい死を引き起こす最小作用濃度は7.5+7.5 pg-TBT+PCBs/eggと劇的に毒性が増加することを明らかにした。複合投与で奇形を生じた仔魚では脊椎骨など骨の石灰化が阻害されており、複合毒性による奇形の主要原因と考えられた。cDNAマイクロアレイを用い、複合投与した受精後2日目の胚における遺伝子発現の変動を調べた結果、タンパク質合成系および電子伝達系等の遺伝子発現量の減少が認められた。

さらに、オオミジンコ(*Daphnia magna*)を用いて3種類の農薬、ダイアジノン、フェニトロチオン(ともに有機リン系殺虫剤)、およびベンチオカーブ(チオカーバメイト系除草剤)のそれぞれについて48時間50%遊泳阻害試験を行った。得られた48時間50%遊泳阻害濃度(EC50)をもとに複合暴露試験の濃度を決定した。それぞれの農薬において、1/5EC50、2/5EC50、4/5EC50の濃度を組み合わせ、合計64通りの暴露試験を行った。その結果、複合暴露区においては、フェニトロチオン—ベンチオカーブ複合を除き、各物質のNOEC以下の濃度の組み合わせで遊泳阻害が観察され、モデルを用いて化学物質の相互作用の検討を行った結果、ダイアジノン—フェニトロチオン複合、ダイアジノン—ベンチオカーブ複合、および3種複合では相乗的に、フェニトロチオン—ベンチオカーブ複合では拮抗的に作用することが判明した。

以上化学物質の低濃度における複合作用は明らかであり、ほとんど相加以上に作用すると考えられる。しかし膨大な数の化学物質の組み合わせの複合作用を実験的に全て証明することは不可能であり、そのため複合暴露の影響評価と対策は殆どなされていない。新規化学物質は現在も増え続けており、今後も水生生物は低濃度ではあるが多様な化学物質に暴露され続けると予想される。総毒性量による排出量規制等、化学物質の安全対策に対する新しい枠組みが必要である。

## 2 - (2) 流出油および油処理剤の水産生物に対する影響

小山次朗（鹿大水産）

我が国の大規模石油流出事故の歴史は、1971年のジュリアナ号事故（流出油量 オマーン原油 7,200 kL）に始まり、まだ記憶に新しい1997年のナホトカ号事故（重油 9,000 kL）以降、大規模な事故は幸いにして起こっていない。しかし、小規模な油濁事故は毎年 300 件以上（海上保安庁、2004）に達し、海外では 1967年のトリーキャニオン号事故（原油 93,000 kL）、1989年のエクソン・バルディズ号（原油 40,000 kL）や 2002年のプレステージ号事故（重油 75000 kL）に至るまでに多くの大規模石油流出事故が起こり、現在も大小の事故が発生し続けている。

石油流出事故が発生した場合、我々が最も危惧するのは水産業上重要とされる海洋生物に対する流出油の影響であるが、これらの生物の生存は餌生物を抜きにして考えることはできず、広く海洋生物への影響評価を行うことが必要である。

流出事故直後、海面がすべて流出油で被われる異常な事態では、水生生物に影響の及ぶことは言うまでもないが、エクソン・バルディズ号事故の例に見られるような中長期的な影響についての長期にわたる調査はあまり実施されていない。また、流出事故に際していつも問題になるのが、処理剤散布の可否である。ジュリアナ号あるいはトリーキャニオン号事故では処理剤散布により、生物被害が却って増大したため、その後の流出事故で処理剤散布があまり行われず、その散布の可否が明確にされていない。さらに、漂着した流出油に対する効果的な処理方法として最近注目されている、微生物を用いた除去方法、いわゆるバイオレメディエーションについて、一般的には安全であると考えられているが、本当にそうなのかは明確にはされていない。

以上の問題点に対し、我々の研究室では、①流出海域における事故後の生物中石油成分動態、②流出油に対する処理剤散布の影響、③漂着した流出油に対するバイオレメディエーション技術の適用、などについて、研究を実施している。①については、湾岸戦争、ナホトカ号、フィリピンの石油流出事故を例にして、その研究結果を紹介する。②については、実験室での結果から、内湾、沖合域での処理剤散布の影響評価について、今までに得られた成果を紹介する。なお、③については現在、研究が進行中のため、その概要について簡単な説明を行う。

### 3- (1) 植食性魚類の摂食活動と磯焼けの進行

山口敦子・久保洋一郎・井上慶一（長大水産）・柳下直己（長大環東シナ海センター）・桐山隆哉（長崎県壱岐地方局）・吉村 拓（西海区水研）

近年、日本の沿岸域では藻場の衰退が進行しており、植食性魚類による摂食が、藻場の衰退を引き起こす原因の一つとして指摘されるようになった。長崎県下では、1998年にはじめて魚類によるクロメ葉状部の摂食が観察されて以来、県下全域でアラメ類を初めとした様々な海藻の被害や、それにとまなうヒジキやワカメなどの生産量減少が報告されている。

近年の海の温暖化は、南方系魚類の分布を北上させ、それらの魚が日本近海に増加したことで海藻が食べられやすくなったとの見方がある。現在は海藻の現存量が極めて少なく、植食性魚類と餌である海藻とのバランスを一時的に欠いている状態かもしれない。しかし、未だ植食性魚類の分布や生態には不明な点が多く、魚類による海藻摂食の実態や、摂食と磯焼けとの因果関係を完全に解明するには至っていない。そこで、私たちの研究グループでは、九州西岸海域や沖縄などを主なフィールドとし、植食性魚類の成長、成熟、摂食生態、行動特性、季節回遊、系群構造などに関する調査を進めている。講演では植食性魚類の生態について、特に摂食生態を中心に現在までに得られた成果を紹介するとともに、魚類の摂食活動が藻場に及ぼしている影響について考察する。

九州西岸域で海藻を摂食する種類として問題視されているのは、アイゴ、イスズミ類、ブダイなどである。これらの胃内容物を調べたところ、ノトイスズミは一年を通じてホンダワラ類等の海藻のみを専門に摂食するが、イスズミやアイゴは海藻に加えてワレカラ類やヨコエビ類などの動物を摂食する雑食性であることがわかった。餌の選択性について水槽内実験を行った結果から、各種魚類には海藻に対する嗜好性があり、海藻を選択的に摂食していることが明らかになった。年間を通じた飼育実験により、水温と摂食量との関係についてのデータが蓄積され、各魚種の摂食生態の特徴が明らかになりつつある。コード化ピンガーを利用した長期間に及ぶ行動追跡調査では、アイゴでは20℃前後、イスズミやノトイスズミでは17℃前後に水温が低下すると活性が著しく低下するものの、冬の間も引き続きそれぞれの生息域にとどまっていたことが証明された。

以上のように、様々な角度から行ってきた研究の結果として、植食性魚類が暖かい時期に南方から回遊してくるという説には否定的な結果が得られている。また、近年の秋から冬にかけての海水温上昇傾向により植食性魚類の活動期間が長期化、活発化した可能性が高く、このことが海藻の再生に重要な時期である秋から冬にかけての摂食を引き起こし、海藻が繁茂するはずである春季の生長不良につながることを示唆された。



### 3-(2) 海洋酸性化が沿岸生物に及ぼす影響

石松 惇・栗原晴子（長大環東シナ海センター）

大気中の二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）濃度は、産業革命前 65 万年間には 180~300 ppmv (parts per million by volume)の間で変動していたが、化石燃料の燃焼やセメント生産等の結果、近年急激に上昇し、現在では 380 ppmv に達している。過去 200 年間に人為活動の結果大気中に放出された総量（118 ± 19 Pg C）のうち、約 30%は海洋に溶解したと考えられ、その結果、海洋表層水の pH はすでに産業革命以後、平均で 0.1 低下したと推定されている。今後の大気中 CO<sub>2</sub> 濃度の増加は、21 世紀末には 540~970 ppmv に達し、海洋表層水の pH を産業革命前と比較して 0.3~0.4 低下させ、さらに 2300 年ごろには CO<sub>2</sub> 濃度は 1900 ppmv まで上昇し、海水 pH を約 0.77 低下させると予測されている。本発表では、将来予測される海洋 pH の低下（海洋酸性化）が海産動物に与える影響を、われわれの最近の成果を中心に概説する。海洋酸性化は CaCO<sub>3</sub> 飽和度を低下させるため、特に CaCO<sub>3</sub> 骨格を持つ生物への影響が大きいと考えられている。

【貝類】CO<sub>2</sub> の混合ガス(2270 ppmv)で曝気することにより pH 7.4 に調整した海水および空気のみで曝気させた海水 (pH 8.1) 下でマガキの卵を受精させ、23°C 下にて 48h 飼育した。受精後 2, 3 および 8h の胚には対照区および CO<sub>2</sub> 区の間では顕著な差は見られなかった。しかし 24h および 48h 後では、正常な D 型幼生の占める割合が対照区では約 70%であったのに対し、CO<sub>2</sub> 区では 20%にとどまった。CO<sub>2</sub> 区では約 40%の幼生では殻形成が部分的に確認されたが、残りの約 40%では全く殻が形成されていなかった。また 24 および 48h 後の D 型幼生の殻長および殻幅長は共に CO<sub>2</sub> 区において対照区に比較して有意に小さかった。ムラサキイガイでも CO<sub>2</sub> 区 (2000 ppmv) の個体で殻形成に影響が認められ、殻のサイズが有意に小さくなった。

【甲殻類】イソスジエビを、空気(対照区)および、1000 ならびに 1900 ppm CO<sub>2</sub> を含む空気で曝気した海水に曝露した(実験水温 26 °C、曝露期間は 30 週(1000ppmv)および 15 週(1900 ppmv)とした。実験終了時における CO<sub>2</sub> 区の生残率(55%, 1000 ppmv; 65%, 1900ppmv)は、いずれも対照区(90 および 95%)と比べて有意に低くなった。実験区のエビの成長は、1000 ppmv 区では影響が認められなかったものの、1900 ppmv 区では 6 週目以降有意に低下した。1000ppmv 区では卵生産が抑制された(1900 ppmv 区では観察データなし)。摂餌量は、両区で有意差はなかった。カイアシ類の *Acartia tsuensis* 成体雌を対照及び高 CO<sub>2</sub> 海水中(2380 ppmv)で 1 週間飼育した場合、両者で卵生産率に差は見られなかった。また高 CO<sub>2</sub> 海水中で 3 世代まで飼育した雌の卵生産率および卵孵化率にも影響が見られなかった。

海洋酸性化は海産生物に強い負の影響を与えることが室内実験およびメソコズム実験によって徐々に明らかにされつつある。しかし、海洋酸性化と並行して進行する温暖化などとの複合影響についてはほとんど知られておらず、また研究対象とされている生物群も限定的である。海洋酸性化は浅海から進行していくため水産業にも大きな打撃となる可能性がある。海洋酸性化研究ではわが国は大きく遅れており、早急な研究の進展が必要である。

## 4-（1）諫早湾干潟域の貧酸素化とアサリのへい死対策

平野慶二（長崎総合水試）

### 1) はじめに

近年、諫早市小長井町地先のアサリ養殖場では夏季にアサリのへい死が生じ、さらに数年に一度大量へい死が生じて、大きな問題となっている。へい死原因は、2004（平成16）年の大量へい死に関しては、養殖研究所と当水試の調査により、シャットネラ赤潮発生中の、小潮時に生じる、高水温下（30℃以上）における極度の貧酸素であることが特定されている。現在、水産庁より委託（水産基盤整備調査委託事業：「覆砂漁場における貧酸素防止対策技術の開発」（平成18・19・20年度））を受けて、(1)干潟域の貧酸素化を予測する手法を確立するとともに、(2)簡便な貧酸素対策技術の開発を行っており、これまでの結果について報告する。

### 2) アサリ養殖場（干潟）の貧酸素化について

2003(H15)年から継続している、夏季の干潟底層付近の30分間隔の水質モニタリングによれば、干潟域が貧酸素化<sup>\*</sup>するのは、小潮の時期で風が弱く、赤潮が発生している時である。その継続時間は長くても3日間程度であり、その間、貧酸素化と過飽和状態を繰り返す。

これら干潟域の貧酸素水塊には2類型が考えられ、ひとつは、2004年8月の干潟至近域で生じたと考えられる、シャットネラ赤潮発生中の小潮時に生じる、高水温（30℃以上）の貧酸素であり、27℃～33℃台と広範な水温帯で、アサリの大量へい死を伴う。もうひとつが、それ以外のものであり、赤潮発生中の小潮時に生じる、低水温（30℃未満で、狭い水温帯）のそれであり、アサリの大量へい死は生じにくい。

※ ここで述べる貧酸素化とは、夏季にアサリを3日間程度でへい死させる溶存酸素濃度の低下を想定し、酸素飽和度が10%以下になることを意味する。

### 3) 2004年の大量へい死について

2004年8月中旬に、小長井町地先のアサリが大量へい死をしたが、その時の釜地区干潟底層のシャットネラ細胞数と溶存酸素濃度、アサリへい死率及びアサリ外套腔液のプロピオン酸濃度を図4に示す。シャットネラの細胞数が1,000細胞以下となった8月11日から極度の貧酸素状態となり、翌12日まで続いた。アサリの累積へい死率は8月12日午前中までは10%台であったが、昼過ぎには約70%となった。これにさかのぼる数時間前には、アサリ外套腔液のプロピオン酸濃度はへい死の目安と言われている $2.00 \mu\text{mol/mL}$ を上回っており、このときのアサリの大量へい死は極度の貧酸素状態での酸欠によるものと推定された。

### 4) 干潟域の貧酸素化の予測

2003年からの観測により、アサリが大量へい死に至るのは、シャットネラ赤潮が発生した時の極度の貧酸素状態になった場合のみである（2004年と2007年は大量へい死、2003年は大量へい死しなかった）。釜地区干潟の極度の貧酸素化が始まる時期は、小潮時に潮位変動量が最も小さな日かその前日であった。よってシャットネラ赤潮が発生した場合、小潮時期の潮位変動量が最も小さな日の前日から警戒をすればよいこととなる。

### 5) 貧酸素防止対策試験

(1)海底をはって侵入する貧酸素水塊をブルーシート簡易膜で遮断し、(2)遮断された漁場内で曝気を行う（漁場内のアサリの呼吸による酸素の目減りを補う）。

我々の開発した手法を引き継いだ日本ミクニヤが行った今夏の試験（8/10～8/14）では、釜地区の貧酸素化が治まった15日の調査で、アサリのへい死率は対象区で41%、試験区で9%であった。

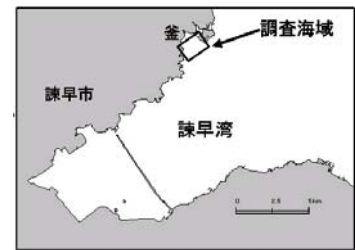


図1 調査海域

#### 4 - (2) イトゴカイと共生細菌の機能を活用した魚類養殖場の有機汚泥浄化

堤 裕昭 (熊本県立大学)・和田 実 (長崎大学)・木暮 一啓 (東京大学)

有機汚泥上に撒布したイトゴカイコロニーが急速に増殖すると、汚泥中の有機物分解が促進されて浄化される。そのしくみを解明するためにイトゴカイの飼育実験を行い、底質、魚類養殖用餌の粉末、イトゴカイ、魚類養殖用餌を入れた培養液で増殖した細菌について、炭素・窒素の安定同位体比を分析し、食物連鎖関係を解析した。この結果よりイトゴカイの餌生物の安定同位対比を推定した。イトゴカイは底質を丸呑みするが、同化する有機物は細菌由来のものであり、生け簀から沈降してくる残餌や養殖魚の糞などの有機物ではないことを示す。

イトゴカイを入れた底質および寒天培地を細菌の呼吸活性に反応する薬品 (INT) で染色すると、これらの基質中のイトゴカイの棲管が赤く染色された。棲管では細菌が増殖し、有機物を活発に酸化分解していることを示す。この寒天培地および魚類養殖場でイトゴカイ培養コロニーを撒布した地点の底質より細菌を抽出し、16SrRNA 遺伝子を解析して、細菌のグループ別の割合を求めた。いずれの場合も、好気性の  $\alpha$ -プロテオ細菌および  $\gamma$ -プロテオ細菌が大半を占めた。これらの細菌を分離・培養し、イトゴカイとともに汚泥中の有機物分解実験を行った。汚泥を滅菌して、そこにイトゴカイを入れても有機物の分解は起きなかった。有機物を分解するのは細菌であり、イトゴカイはその細菌を餌として消費しながら、細菌の活動を活性化して、有機物の分解を促進している。

以上の結果より、有機汚泥のイトゴカイによる生物浄化サイクルが解明された。イトゴカイは汚泥中に棲管を作り、攪拌して、その周辺に好気的環境を形成し、 $\alpha$ -および  $\gamma$ -プロテオ細菌が増殖して有機物を分解する。イトゴカイはこれらの細菌を餌として増殖し、生物活性が底質に及ぼす影響が増大する。細菌もさらに増殖して有機物を分解し、イトゴカイの餌も増える。有機物分解能に秀でた細菌分離株をイトゴカイとともに養殖場の有機汚泥に接種すれば、この生物浄化サイクルが活性化し、汚泥有機物の分解が促進されると考えられる。

## 4 - (3) 海健康診断の試み

中田英昭 (長大水産)

### 1. はじめに

わが国の内湾の多くはこれまでの人間活動の影響を受けて環境が悪化し、赤潮発生や底層水の貧酸素化による生物被害など深刻な問題をかかえている。将来に向けて貴重な食糧資源生産の場として、また多様な生物の生息の場として、内湾浅海域の環境の保全・回復は急務である。そのためには、環境の現状や環境悪化の要因などを的確に診断・分析することがまず必要であり、「海健康診断」もそうしたアプローチの一つとして構想されたものである。その構想の背景と基本的な考え方、最近の試行の結果について紹介する。

### 2. 構想の背景：沿岸環境モニタリングの現状と課題

海洋の生物資源を持続的に利用していくためには、その基盤となる海洋環境や生態系の変化をたえず監視することが必要である。わが国では、水産試験場などの公的な機関による定線調査がこれまでそうした沿岸環境モニタリングに重要な役割を担ってきた。しかしながら、最近では予算の削減のために調査の回数・測点数を減らす事例や定線調査そのものが中止される事例が相次いでいる。このような状況下では、きわめて貧弱な情報基盤にもとづいてその場しのぎの環境診断や影響予測を行うことを余儀なくされることはいうまでもない。とくに生物生態に関しては、継続的にデータが蓄積されている例はほとんどない。生物生態情報を各地で蓄積していくことは、国土保全計画の一環として取り組むべき課題である。

また、富栄養化や環境汚染に関連して各自治体の環境関係の部署で行われている水質モニタリングでは、上記のような観点から重要な項目の一つと考えられる底層水の溶存酸素濃度の測定が、東京湾など特定の場所を除けばほとんど実施されていない。窒素やリン、CODについては環境基準が設定されているが、これらの水質基準が達成されれば、海の環境は保全されているという考え方で良いのだろうか。豊かな生物を育む海の働きの変化を示す適切な監視項目や基準の設定と、それにもとづく継続的なモニタリングが必要である。

### 3. 「海健康診断」の構想へ

こうした背景をふまえ、海洋政策研究財団の支援のもとで、海の生態系の構造や物質循環の機能に着目した新たなモニタリングの枠組み「海健康診断」の検討を進めている。これは、人間活動の影響に敏感な閉鎖性海湾を主な対象として、人間の健康診断を定期的に行うのと同じように、生物を育む海の働きの変化をたえずチェックできるようにしていこうとするもので、海健康状態を「生態系の安定性」と「物質循環の円滑さ」の2つに関連する諸事項の現状や経年的な変化傾向などに基づいて診断することを提案している。

「生態系の安定性」は、生態系の構造すなわち生態系を構成する生物種組成や生物量が急激に変化することのない状態を健康と定義している。一方、「物質循環の円滑さ」は、栄養物質などの循環すなわちその供給や生産と海水交換、生物化学的な除去・分解とのバランスが保持され、どこにもツケがまわらない状態を健康と定義している。

海健康診断では、人間の健康診断がそうであるように、人間の体格や体質に対応する対象海域の地理的な条件などの基本情報を整理した上で、まず比較的簡便な方法を用いた1次検査を行う。そして、健康状態に赤信号が点滅している場合には、その部分についてさらに専門的な精密検査(2次検査)を行い、その原因の究明にあたる。最終的に必要があれば、環境の管理あるいは環境改善に対する「処方箋」を提示することになる。現在、全国の閉鎖性海湾を対象にしてこの健康診断(1次検査)の項目・基準の妥当性などについて検証を進めている。講演時には、この1次検査から見えてきたことを幾つか報告する。

## 日本水産学会九州支部

平成 20, 21 年度担当

## 長崎大学水産学部

〒852-8521 長崎市文教町 1-14  
Tel&Fax: 095-819-2844(庶務幹事)  
e-mail: arakawa@nagasaki-u.ac.jp