

愛媛県立宇和島水産高等学校

問い合わせ先

電話番号 (0895)22-6575

E-mail uwjfh-ad@esnet.ed.jp

I 学校の概要

1 児童生徒数、学級数、教職員数

- (1) 生徒数 175名
- (2) 学級数 3学科 3クラス
- (3) 教職員数 75名

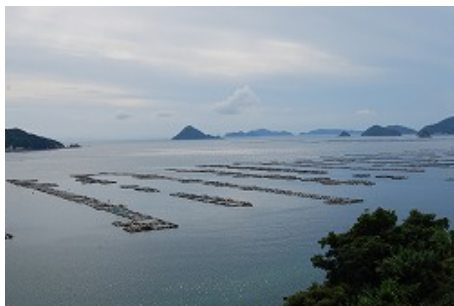
(平成25年2月28日現在)

2 地域の概況

本校の所在地である愛媛県の宇和島市は、四国の南西部、愛媛県の南部に位置し、南予地方と呼ばれている。西側には、宇和海が広がり、その他の三方は、山地に囲まれている。その恵まれた自然とリアス式海岸という地形を生かし、魚類や真珠養殖の生産量が全国でも有数の地域である。また、漁業も盛んであり、“じゃこてん”に代表される練り製品も有名である。

海岸域や内陸部の段丘面では、柑橘類の栽培が盛んである。

したがって、本地域は、農業も含め第一次産業が地域経済に大きな役割を果たしている。



宇和島市下波の魚類養殖場の風景



宇和島市遊子 段畑

3 環境教育の全体計画等

- (1) GLOBE測定項目(水質)継続的な観測
- (2) 宇和海における養殖漁場環境の評価と地域への情報発信
- (3) 生物学的視点からの海洋観測及び水質測定
- (4) 企業・地域との連携

II 研究主題

宇和海における海洋環境保全のためのGLOBE活動の推進

III 研究の概要

1 研究のねらい

本校の目の前に広がる宇和海は、魚類、真珠養殖業が盛んであるが、一方で養殖業の発展に伴い、漁場の自家汚染が進んでいる。このため、地場産業である養殖業を発展させるためにも環境をモニタリングすることは重要である。また、1999年に魚病の蔓延防止と漁場環境の改善を目的に「持続的養殖生産確保法」が制定され、漁業者も環境に配慮した養殖を行うことが必須となった。

そこで、本校では、継続的に宇和海の海洋観測を行うことにより、宇和海の自然環境について考えさせ、将来、地域における環境保全型養殖のリーダーとなる人材を育成するために研究主題を設定した。

さらに、GLOBEに参加することにより、生徒に環境問題を世界規模で考えられる視野を身に付けさせるとともに、生徒の環境問題への興味・関心の喚起を図りながら調査・研究を実践することを目的とした。

本年度は、宇和海の海洋観測を継続的に実施することによって蓄積した観測データの水産用水基準による評価を行い、その結果を発信し、地域の水産業や環境保全分野に貢献することを目標にGLOBE活動を実施した。

2 校内の研究推進体制

(1) 研究推進体制

環境やエネルギー教育を推進するため、教員で組織する「エネルギー・環境教育推進委員会」を設置している。委員は、校長、教頭、推進委員長、水産科(3科に各1名)、普通科、水産クラブ(1名)、事務課(1名)の計9名である。また、本研究は水産増殖科が中心となって活動を展開・実践した。

(2) 観測体制

① 観測分野

GLOBE観測分野の「水質」を測定した。

(2) GLOBEを活用した教育実践

GLOBE活動を通して、教科「水産」における環境分野の内容を深化させるため、GLOBEを活用した教育の実践法について検討した。

実践について以下にまとめた。

① 「坂下津生簀」における漁場環境の評価と地域への情報発信

学校の養殖実習施設である「坂下津生簀」での観測を通して、地球環境や自然、命の大切さについて、幅広い視野で考察できる力と、時代の変化に対応した水産業に関する知識と技術を育成することを目的とした。

そのため、日々のGLOBE観測項目に加え、水産増殖科の2・3年生が科目「総合実習」や「海洋環境」、「課題研究」及び放課後において表2の項目を追加して海洋観測を実施し、得られたデータから水産用水基準に基づき、漁場環境を評価した。

さらに、評価結果を地域の水産業関係者に向けて情報発信した。

ア 材料及び方法

観測項目と方法を表2にまとめた。

測定項目	測定方法
海中のCOD	アルカリ性過マンガン酸カリウム-ヨウ素滴定法
泥中の硫化水素	検知管法
クロロフィル量	アセトン抽出・吸光度法
細菌数	ミス法
大腸菌群数	MPN法

(ア) 海中のCOD測定

北原式採水器を用いて表層、5m、及び10m層の海水を採水し、ポリ容器に収容して実験室に持ち帰り測定を行った。測定は、アルカリ性過マンガン酸カリウム-ヨウ素滴定法を用いた。



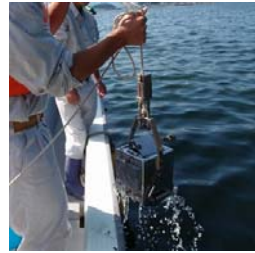
採水の様子



CODの測定 (アルカリ性過マンガン酸カリウム-ヨウ素滴定法)

(イ) 泥中の硫化水素量測定

エクマンバージ採泥器を用いて海底の泥を採集し、ポリ容器に収容して実験室に持ち帰り測定を行った。測定はまず、泥を電子天秤で正確に計り取り、少量の蒸留水でガラス製ガス発生装置の中に洗い入れた。その後、9mol/L (18規定)の硫酸2mLを添加し、発生した硫化水素量を検知管により測定した。



エクマンバージ採泥器による採泥



吸引器(上)とガス発生管(下)

検知管による測定

(イ) クロロフィル量の測定

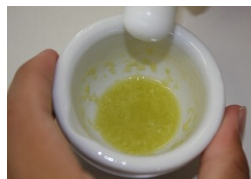
北原式採水器で採水した表層水1Lに炭酸マグネシウム(MgCO₃)を1mL添加し、フェオフィチン化を防止後、実験室にてガラス繊維濾紙(GA-100, ADVANTEC社)を用いて吸引ろ過を行った。その後、アセトン抽出・吸光度法によりクロロフィル量を測定した。



試水の吸引ろ過



ろ紙のホモジナイズ



色素の抽出



分光光度計による吸光度の測定

イ 結果

(ア) 海中のCOD測定結果

2011年9月14日から11月9日までの坂

下津生簀における海水のCOD測定結果を図1に示す。測定値は最大2.61mg/L、最小0.46mg/L、平均1.47mg/Lであった。水産用水基準（日本水産資源保護協会，2005）におけるCOD値の上限は、一般海域1.0mg/L、閉鎖海域2.0mg/Lであり、一般海域の基準値を超えている測定結果が多く見られた。また、測定を行った9月から11月にかけて、COD値が徐々に上昇していく傾向が見られた。

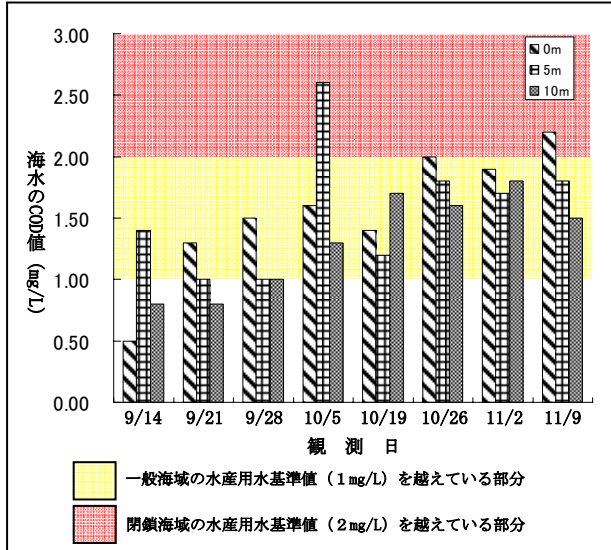


図1. 海水中のCOD測定結果

(イ) 泥中の硫化水素量測定結果

2011年9月28日から11月9日までの坂下津生簀における泥中の硫化水素量測定結果を図2に示す。測定値は、最大0.78mg/g乾泥、最小0.50mg/g乾泥、平均0.64mg/g乾泥であった。水産用水基準（日本水産資源保護協会，2005）における硫化物の上限は0.2mg/g乾泥であり、全ての調査で基準値を大きく上回る結果となった。

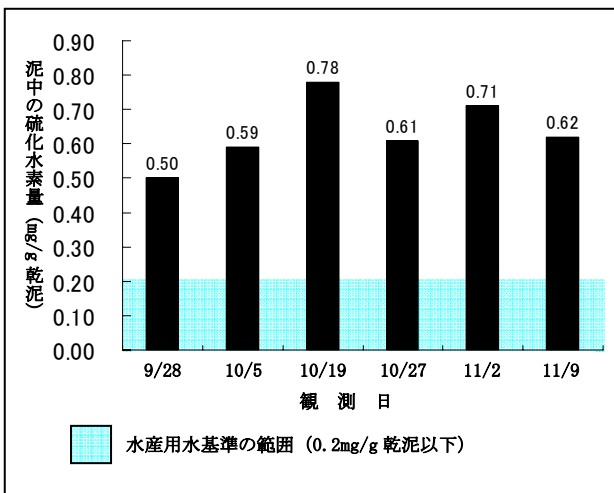


図2. 泥中の硫化水素量測定結果

(ウ) 地域への情報発信

これまでの継続調査によって得られた結果を地域の水産関係者に情報発信するため、宇和島漁業協同組合会議室において発表を行った。発表では、各測定項目の測定結果や水産用水基準に基づく漁場環境の評価についての内容に加え、観測方法や水質分析方法の実演と体験を行った。さらに、水産関係者と生徒とが、環境に関する情報交換とディスカッションを行った。



地元漁協での情報発信の様子

海洋観測・実験方法の実演の様子

ウ 考察

海中のCODの測定結果と泥中の硫化水素測定結果から、観測地点である坂下津生簀の海域では自家汚染が進んでいることが示唆された。これは、坂下津生簀では長年にわたり、マダイや真珠の養殖が行われていることから、これらの養殖生物の飼育に伴って発生する排泄物や、残餌、給餌による水の汚染が環境へ影響を与えていることが推察された。

このことから、養殖生物と海洋環境は、密接に関係することが分かった。そして、持続的・安定的な養殖業を行うためには、環境に最大限配慮する必要があることが分かった。

よって、GLOBE活動による継続的な海洋観測を行い、観測データを漁場環境の評価に活用することが、環境保全型養殖にとって重要であることが再認識できた。

また、得られた観測結果を地域に直接発信することは、水質に関する専門知識を普及する場として有効であるのみならず、養殖現場からの声を直接聞くことができるなど、学校と地域との情報交換の場として大変有意義であった。生徒は日々の観測結果が直接水産関係者へ提供されるとあって、高い意識と使命感を持ってGLOBE活動に臨むことができた。

今後は、本校のGLOBE活動によって得ら

③ 企業・地域との連携

ア マイクロバブルを利用した環境改善の試み

(ア) 研究概要

マイクロバブルは50 μm 以下の微細な泡で、非常に微細であるため、水中に効率よく酸素を溶解させることができる。そのため、海中でマイクロバブルを利用することで、水質の改善や生物の生理活性効果が期待される。

水産増殖科では、(株)西研デバイズ(大阪市)及び(株)マルエムとの共同研究により、(株)西研デバイズが開発したマイクロバブル(Bio Activating Bubble、以下BABと略記)発生装置の有効性の検証試験を行った。本製品は、他社製品の問題点を解消し、ランニングコストや静音化、コンパクト化等をすべて満たした画期的な製品である。また、BABとは、本製品から発生させたマイクロバブルを他と区別するため命名した商標名である(特許出願中)。



BAB発生装置



BAB発生の様子

(イ) 方法

2012年10月8日から11月3日までの27日間、検証実験を行った。試験区は、BAB区と対照区の2つの試験区を設定し、500L容パンライト水槽に本校で種苗生産したマダイ稚魚を各50尾ずつ収容して流水式飼育を行った。飼育水には、両区共に砂濾過海水を注水した。注水量は4.8L/分、回転率は13.8回転/日とした。また、水中への酸素の供給は、BAB区においては酸素ポンプからの純酸素をBAB発生装置を介して供給し、対照区は、エアープンプからの通常のアアレーションを施した。また、マダイへの給餌は、1日3回、飽食量を給餌し、底面掃除と300Lの換水を1日1回行った。



試験区の様子(手前:対照区、奥:BAB区)

水温の測定には、棒状水銀温度計を用いて1日3回測定し、海水の比重は赤沼式比重計を用いて、1日1回測定した。DOは、アジ化ナトリウム・ウインクラー変法を用い、各試験区とも2日に1回測定した。さらに、魚体測定は、試験開始時と終了時に魚体重、全長、体長を全尾測定した。測定値から、日間増重率、飼料効率等を求め、酸素BABによる成長効果を調査した。

(ウ) 結果と考察

水温は、BAB区は19.3℃~23.4℃、対照区は19.3℃~23.4℃となり両区の水温は同様に推移した。平均水温は、両区とも21.9℃であった。比重は、1.0200~1.0235の間で推移し、平均比重は1.0222であった。DOは、BAB区は7.60~14.83mg/L、対照区は5.85~6.49mg/Lの間で推移した。水温の低下に伴い、DOは上昇する傾向が見られた。DO値は飼育期間を通して、BAB区は対照区よりはるかに高い値を示した(図3)。

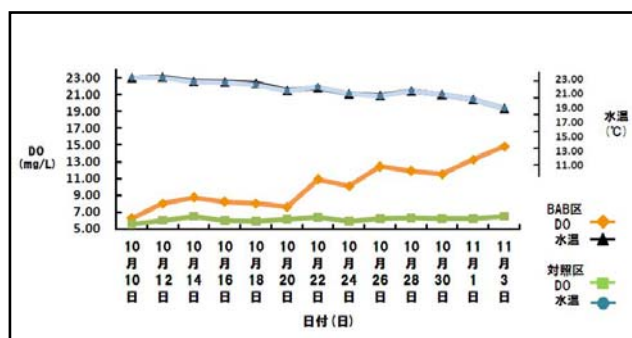


図3. 飼育期間中におけるDO、水温の推移

また、各区のDO値の変化は、対照区では強曝気をして6.29mg/Lで、飽和量の88.4%(水温21.0℃、比重1.0220の時の酸素飽和量は、7.11mg/Lとなる。)であったが、BAB区は、10.52mg/Lで飽和量の148.0%となった。すなわち、BAB区は飽和量を超え、酸素を溶解できることが分かった。

したがって、BAB発生装置は、効率良く酸素を溶解させることが証明された。(図4)

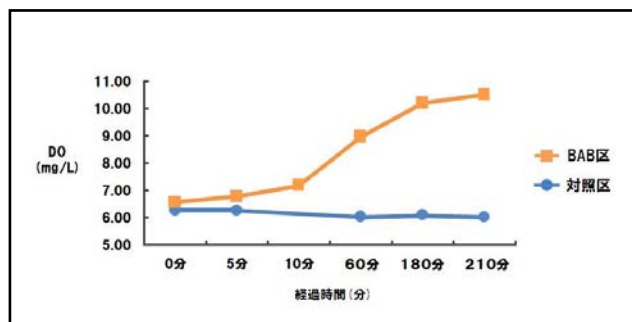


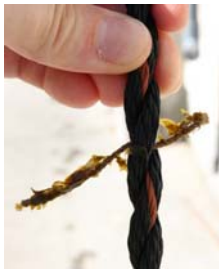
図4. BAB発生装置導入後のDOの変化

イ 水高ブルーカーボンプロジェクト

ブルーカーボンとは、海洋生物によって吸収される二酸化炭素のことで、地球上の生物が固定化する炭素の約55%は海洋生物によるものとされている（国連環境計画 2009）。

水産増殖科では、地元のNPO法人「宇和海に緑をひろげ環境を守る会」と連携して、海藻類（コンブ、ワカメ、アナアオサ）を宇和海で養殖することで、海中の二酸化炭素や栄養塩類を吸収し、地球温暖化の緩和や、海の環境改善を目指して活動している。この取り組みを、本校では「水高ブルーカーボンプロジェクト」と命名し、活動を行っている。

毎年12月にコンブの種糸（長さ約5cm）をロープに取り付け、GLOBE活動の観測地点の1つである「坂下津生簀」の海中に設置し、約4か月後、長さ2mに成長したコンブを収穫する。また、収穫した海藻類はさらに、本校で飼育しているメガイアワビに餌として与え、アワビ養殖を行うことで、環境保全型複合エコ養殖を実施している。



コンブの種糸



コンブ収穫の様子



収穫した海藻類はアワビの餌として利用

IV 研究の成果と課題

研究の成果として、以下にまとめた。

第1に、GLOBE観測分野における「水質」の観測地点を2か所の定点を継続的に測定した。2定点の測定回数の合計は、528回であった。

第2に、定点の一つである「坂下津生簀」の漁場環境を水産用水基準から評価し、漁場環境の評価結果を地域の水産業関係者に情報発信することができた。

第3に、生物学的視点から水域の環境を評価することができた。

第4に、企業、地域との連携を行い、より専門

的、発展的な活動を展開することができた。これらの活動により、生徒は海域の環境をより身近に感じ、自然環境や環境分野に対して興味・関心を喚起することができた。すなわち、GLOBE活動を通して、教科「水産」における環境分野の内容を深化させることができた。さらには、様々な取組を通して、海や自然を感じ、世界的な規模で環境を見つめる基礎が築かれた。

2年間のGLOBE活動の成果は、2012年12月14～16日に行われた「グローブ日本生徒の集い」で本校生徒代表3名が発表し、他のグローブ指定校の生徒たちと意見交換や情報交換を行うことができた。



口頭発表の様子



ポスター発表の様子



全員で集合記念写真



ワークショップ（真珠ストラップ）

V 今後の展望

今後は、GLOBE活動で測定したデータをホームページやブログ等を利用し、地元の人々にリアルタイムでの情報発信の方法を構築したい。そして、測定したデータを水産養殖業に活用することで、地域の水産業や環境保全分野に貢献したいと考えている。そのためにも、様々な機関と連携し、継続的にGLOBE活動を行っていきたい。

また、地域の水産養殖業や環境保全分野に貢献するために、そして、生徒に環境問題を世界規模で考えられる視野を身に付けさせるために以下のような実践及び研究を今後の目標としたい。

1 海洋観測の継続的な実施

- (1) GLOBEの定点観測
- (2) 宇和海の海洋観測

2 持続的養殖生産確保法に対応した環境保全型養殖の研究及び実践

- (1) 坂下津生簀の漁場環境の評価
- (2) 養殖場における漁場環境の評価

3 海洋観測データの活用及び応用

- (1) 地域の水産養殖業への活用
- (2) 宇和海の環境保全分野への活用

4 生物学的視点からみた環境教育の実践

- (1) 水生生物における水質調査による環境モニタリング
- (2) 地球温暖化と宇和海生物相の推移

VI 引用文献

- [1]河合章、水族環境学実験（河合章・杉田治男編）、恒星社厚生閣、1988
- [2]（社）日本水産資源保護協会、水産用水基準（2005年版）
- [3]文部科学省、海洋環境、東京電気大学出版会、2004
- [4]江口充、海洋環境アセスメントのための微生物実験法（石田祐三郎編）、恒星社厚生閣、2006
- [5]日本分析化学会北海道支部編、水の分析 第4版、化学同人、1994
- [6]硫化物測定セット「ヘドロテック-S」測定手順
URL：<http://www.gastec.co.jp/reference/c11.htm>
- [7]国連環境計画報告書
Nellemann, C., Corcoran, E., Duarte, C. M., Valdés, L., DeYoung, C., Fonseca, L., Grimsditch, G. (Eds). 2009. Blue Carbon. A Rapid Response Assessment. United Nations Environment Programme,