学　　校　　名
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　　uwjf-hof@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　　１８２名
（２）学級数　　３学科　３クラス
（３）教職員数　　71名
（平成27年２月現在）

２　地域の概況
本校の立地する愛媛県の南予地方は、リアス式海岸を生かし、マダイやブリなどの魚類養殖、真珠母貝養殖・真珠養殖が盛んであり、稚魚・餌料供給、資材供給などの関連産業も発達している。真珠養殖は全国でも有数の産地であり、マダイ養殖では日本一の生産量を誇っている。また、ちりめん漁やまき網漁業等も盛んであり、水産業を基盤とした地域である。
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

Ⅱ　研究主題
宇和海における海洋環境保全のためのGLOBE活動の推進と情報の活用

Ⅲ　研究の概要
１　研究のねらい
本校が面している宇和海は魚類養殖、真珠母貝養殖・真珠養殖などの養殖漁業が発達している。しかし、養殖業の発展に伴い、自家汚染等の環境悪化が進んでいる。人々の生産活動の母体となっているこの宇和海を永続的に利用していくためにも環境をモニタリングすることは重要である。
そこで、変化する社会に柔軟に対応し、水産や環境に関する諸問題を主体的・合理的に、かつ倫理観を持って解決し、持続的・安定的な水産業と地域社会の発展に寄与する人材を育成するために研究主題を設定した。
本年度は、「環境」と「水産」という二つの観点に立ってGLOBE活動を実施した。「環境」という視点では、GLOBE に参加することで、生徒に環境問題を世界規模で考えられる広い視野を身に付けさせるとともに、これまで蓄積した観測データを利用し、長期的な環境の変化を科学的に捉え、理解する力を養わせようと考えている。また、「水産」という観点に立つことによって、観測データを水産用水基準から評価することや、生物学的調査から得られたデータを解析し、その結果を地域の水産業に貢献させ、さらには問題を自ら解決しようとする力を養うことを目的としてGLOBE活動を実践している。

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　観測地点

観測は、本校敷地内の船舶係留用浮き桟橋「学校浮き桟橋」（School Pier）（１年生）、小型実習船で15分程度の距離にある本校の実習用生簀「坂下津生簀」（Sakashizu Pier）（２年生）の２か所の海域を定点とした。

観測地点「学校浮き桟橋」

観測地点「坂下津生簀」

③　観測項目

以下の７項目を観測した。

ア　気温　　イ　水温

ウ　天候（雲量）　エ　比重（塩分濃度）

オ　透明度　　カ　ｐＨ

キ　溶存酸素量（DO）

④　観測回数及び観測者

観測回数及び観測者については、「学校浮き桟橋」は、水産増殖科１年生が週に２回（月、木）、「坂下津生簀」は、水産増殖科２年生が週３回（月、水、金）の観測を目安に行った。また、観測は、各クラスの生徒全員が輪番で行った。これらは、平成22年９月から継続的に実施しており、平成27年２月20日までの実施回数は「学校浮き桟橋」は３３６回、「坂下津生簀」は、４３６回、２定点の合計は７７２回であった。

「坂下津生簀」での観測の様子

⑤　観測時間

学校浮き桟橋では昼休み（日本時間13:00）に、坂下津生簀は放課後（日本時間16:00）に観測を実施した。なお、坂下津生簀では、生簀内で養殖している魚類（マダイ）の飼育管理も同時に行い、飼料は、環境に配慮した飼料（多孔質ペレット）を給餌した。

（３）観測機器などの設置状況

観測は、以下の機器と方法で実施した。

①気温・水温・・・・棒状水銀温度計

②天候（雲量）・・・目視

③比重（塩分濃度）・赤沼式比重計

④透明度・・・・・・透明度板

⑤ｐＨ・・・・・・・pHメーター、

⑥溶存酸素量（DO）・DOメーター

棒状水銀温度

赤沼式比重計

透明度版

pH メーター

DO メーター

３　研究内容

（１）グローブの教育課程への位置付け

GLOBEの活動は、教科「水産」における教育課程と密接な関係にある。特に、水産増殖科の教育課程の中にその概念や活動は含まれている。科目との関連が深いものを表１に示した。

また、活動の評価は、科目として評価し、１年生は、科目「水産海洋基礎」、２年生では科目「総合実習」において活動を評価した。

表１．GLOBE 活動における教育課程との関連

科　目	1年	2年	3年
水産海洋基礎	◎		
資源増殖･栽培漁業	○	○	○
海洋生物･水産生物	○	○	○
海洋環境		◎	◎
総合実習		◎	◎
課題研究			◎

◎ 主科目　○ 関連科目

（２）グローブ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教育を深化させるため、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

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、漁場環境を評価する。観測項目と方法を表２にまとめた。

表２．漁場環境評価のための測定項目と方法

測定項目	測定方法
海中のCOD	ｱﾙｶﾘ性過ﾏﾝｶﾞﾝ酸ｶﾘｳﾑｰﾖｳ素滴定法
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	ﾐｽﾗ法
大腸菌群数	MPN法

ア　海水中のCOD測定

海水中のCOD測定は、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った。測定は、アルカリ性過マンガン酸カリウムーヨウ素滴定法で行った。

採水の様子

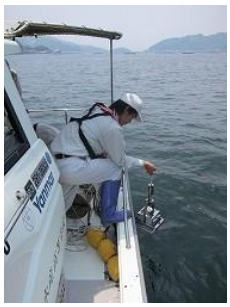
COD の測定（試薬の混合）

検液の加熱

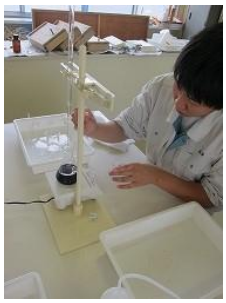
滴定の様子

イ　泥中の硫化水素量測定

泥中の硫化水素測定は、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った。測定は、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の様子



検知管による硫化水素量測定の様子

ウ　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溶液($MgCO_3$)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

アセトンでの色素抽出

吸光度の測定

②　生物学的視点からの海洋観測及び水質観測

ア　来村川の水生生物による水質調査

水生生物による水質調査は、宇和島市の住宅部に位置する三島橋周辺と渓谷部の薬師谷川の岩戸橋周辺を定点とし、９月の第３週前後を測定日とした。調査人数は、10

名前後、採集時間は、約30分とした。平成10年度から実施し、本年度で17回目である。観測したデータを表３、表４にまとめた。

表３．水生生物による水質調査　調査場所（来村川　三島橋周辺）

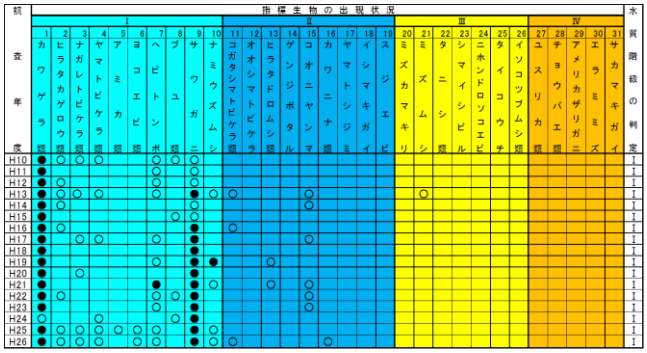
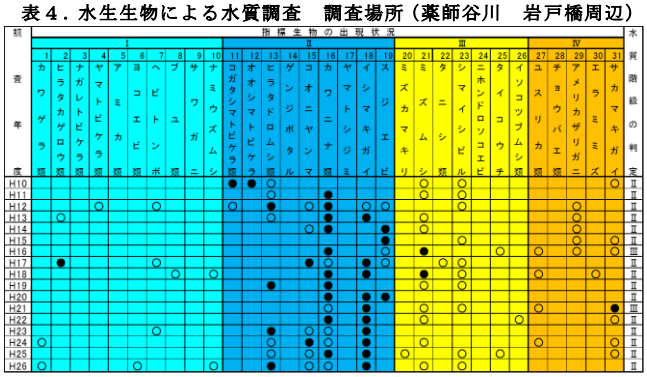


表４．水生生物による水質調査　調査場所（薬師谷川　岩戸橋周辺）



生物採集の様子（左：三島橋周辺　右：岩戸橋周辺）

水質判定の様子　　**採集された水生生物**

イ　宇和海、屋久島及び奄美大島の水生生物調査

宇和島湾における生物相を調査し、水産生物について学習を行うとともに、南方系の生物相から地球温暖化についても考察した。

調査場所は、宇和島市吉田町貝浦海岸にて水生生物調査を行った。調査は、スノーケリングで行い、タモ網、素手などの方法で生物を採集した。採集した生物は図鑑を使って分類を行った後、元の場所に再放流した。

また、大型実習船えひめ丸での体験航海で訪れた屋久島及び奄美大島では、スノーケリングやカヌーによる亜熱帯水生生物観察実習を行い、南方系の水生生物について学習した。（平成26年度は実施せず。）

宇和海での生物観察の様子

ウ　来村川河口干潟域における生物調査

干潟の生物相を調査することにより、干潟の重要性と浄化能力について考察した。

調査場所は、愛媛県宇和島市を流れる来村川河口域とした。

生物採集にはスコップ、素手及びタモ網を使用した。採集した生物は図鑑を用いて同定・分類後、元の場所へ再放流した。

採集した生物の中には、愛媛県レッドデータブックに記載されている甲殻類などたくさんの水生生物を確認することができた。

来村川河口干潟

生物採集の様子

エ　来村川河口及び三浦天満地区における魚類幼稚仔の初期生活史調査

浅海域に出現する生物を調査することにより浅海域の環境評価を行った。

調査場所は、宇和島市を流れる来村川河口部と宇和島市三浦天満地区の浅海域とした。

平成25年３月から平成27年２月までに９目20科36種1682固体以上の魚類を同定した。

（３）観測結果

平成22年９月から平成26年11月までの観測結果を表５～表10にまとめた。

表５．学校浮き桟橋の水温の推移

表６．学校浮き桟橋の溶存酸素の推

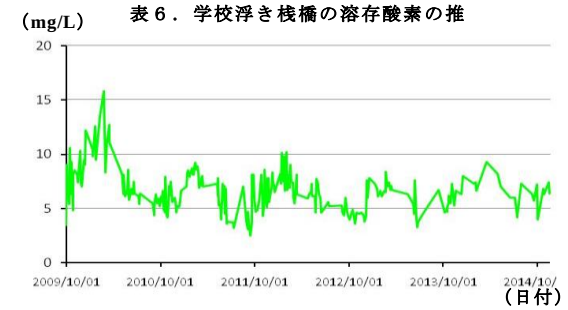


表７．学校浮き桟橋のｐＨの推移

表８．坂下津生簀の水温の推移

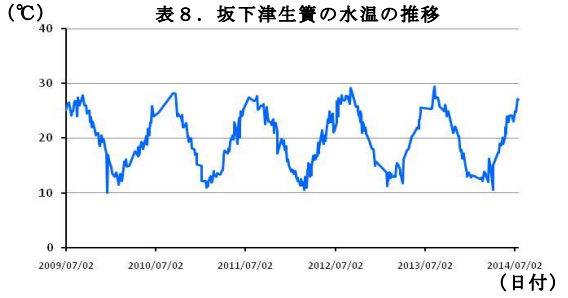


表９．坂下津生簀の溶存酸素の推移

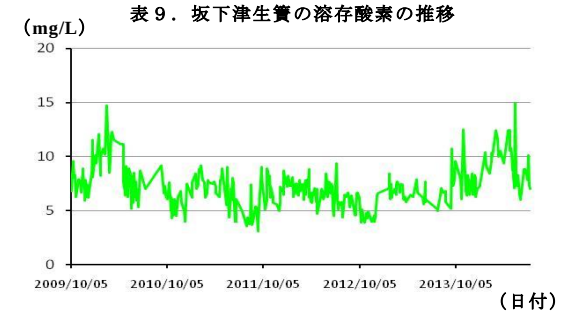


表 10．坂下津生簀のｐＨの推移

水温は、学校浮き桟橋では、2010 年の平均水温 19.6℃、最高水温 33.5℃、最低水温 7.0℃、2011 年は平均水温 19.3℃、最高水温 27.8℃、最低水温 7.0℃、2012 年は、平均水温 18.1℃、最高水温 29.0℃、最低水温 1.2℃、2013 年は、平均水温 18.6℃、最高水温 29.3℃、最低水温 9.1℃となった。

坂下津生簀では、2010 年の平均水温 19.4℃、最高水温 28.3℃、最低水温 11.4℃、2011 年は平均水温 19.7℃、最高水温 27.7℃、最低水温 11℃、2012 年は、平均水温 19.5℃、最高水温 29.2℃、最低水温 10.5℃、2013 年は、平均水温 18.9℃、最高水温 29.5℃、最低水温 11.2℃となった。

溶存酸素は、学校浮き桟橋では、これまでの溶存酸素量の平均値は 6.6mg/L であった。しかし、水産用水規準で定められている好適な飼育溶存酸素量である 6.0mg/L を下回ることが多く、飼育水としては不適であることが示唆された。

坂下津生簀では、2011 年、2012 年では水温が 20℃以上になると溶存酸素量が水産用水規準の 6.0mg/L を満たさない時期があるが、2013 年からは溶存酸素量が 6.0mg/L を下回ることはほとんど見られなかった。

ｐＨは、学校浮き桟橋では、平均値は 8.13、坂下津生簀では、平均値は 8.33 であった。両地点共に水産用水規準にある 7.8-8.4 の範囲で推移していた。

これらのデータを表 11、表 12 にまとめた。

表 11．観測地点２地点における観測結果

地点	平均水温(℃)	最高水温(℃)	最低水温(℃)	平均DO(mg/L)	最大DO(mg/L)	最小DO(mg/L)	平均pH	最大pH	最小pH
学校浮き桟橋	19.2	33.5	1.2	6.6	15.8	2.5	8.1	10.0	5.0
坂下津生簀	19.7	29.5	10.0	7.1	14.9	3.1	8.3	9.6	4.7

表 12．観測地点２地点における水温の推移

年度	学校浮き桟橋 平均水温(℃)	坂下津生簀 平均水温(℃)	学校浮き桟橋 最高水温(℃)	坂下津生簀 最高水温(℃)	学校浮き桟橋 最低水温(℃)	坂下津生簀 最低水温(℃)
2010	19.6	19.4	33.5	28.3	7.0	11.5
2011	19.3	19.7	27.8	27.7	7.0	11.0
2012	18.1	19.5	29.0	29.2	1.2	10.5
2013	18.6	18.9	29.3	29.5	9.1	11.2

Ⅳ　研究の成果と課題

1　環境の評価

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、７７２回であった。

本校、坂下津生簀ではマダイを飼っており、マダイの適正生息水温は８－28℃である。そのため、冬期でも水温が10℃を下回ることのない坂下津生簀は、マダイ飼育において好適な環境と考えられる。しかし、飼育成長適水温は15－28℃であり、給餌限界水温は12℃であるため、冬期は水温を計測し、給餌量を調節または餌止めを行う必要があると考えられる。また、マダイは低温で７℃以下、

高温は31℃以上が危険水温であり斃死する可能性がある。学校桟橋では、過去に観測した最高水温は33.5℃、最低水温は1.2℃であったため、生物を飼育するには熾烈な環境であることが示唆された。本校敷地内でもマダイをはじめ多くの生物を飼育している。施設内で飼育している飼育水は本校に隣接している海域から汲み上げているため、冬期や夏期には、こまめに海洋観測を行いたい。

溶存酸素量においても、坂下津生簀では、2011年、2012年で、水産用水規準である6.0mg/Lを下回る期間が観測されたが、2013年以降では、規準を下回ることはほぼ無くなっている。溶存酸素量から見ても、坂下津生簀は好適な飼育環境だと言える。しかしこれらは、表層水の観測結果であり、マダイ養殖を通年行っている坂下津生簀では、マダイの排泄物や残餌等が海底に蓄積しやすい。これらの堆積物を好気的細菌が分解することにより酸素を消費し、海底付近は貧酸素状態になりやすいと考えられる。そのため、表層だけでなく底層のモニタリングも重要であると考える。学校浮き桟橋では、周年にわたり溶存酸素量が6.0mg/Lを下回る期間があることから、飼育水として利用する場合には曝気やエアレーションなどを行い、酸素を供給することが重要である。

ｐＨは、学校浮き桟橋と坂下津生簀共に水産用水規準である7.8-8.4の間で推移していたことから、好適な環境であると考えられる。一般的な海水は、ｐＨが8.3前後であるが、学校浮き桟橋では、7.8－8.1であることが多かった。これは、調査地点が河口部にあるため、淡水の影響を受けてｐＨが低くなる傾向を示したと考えられる。また、極端にｐＨが低く観測された日は、学校浮き桟橋2011年６月13日ｐＨ5.0、坂下津生簀2011年６月22日ｐＨ4.7、2014年６月６日ｐＨ5.2であり、これらの共通点は、前日に降り始めからの雨量が100mmを越える雨が観測された日であったため、ｐＨは、降雨に大きな影響を受けることが示唆された。

これらの結果から、水産学的視点で見ると坂下津生簀の環境は、比較的好適な環境であることが分かった。学校浮き桟橋は、飼育水として利用する際には、注意が必要であり、環境改善の取組を行う必要があることが分かった。

また、このようなモニタリングは生物学的視点からの水域の環境評価も取り入れることで、より良い観測及び環境評価ができるものと考える。世界的な規模で環境を見つめる基礎を築くことができた。

２　活動の評価（課題）

本校における環境教育の実践については、「科目」としての実施と「特別活動」としての実施に大別される。

前者の場合は、各科目における評価基準を設定し、実践することが望ましいが、本研究においては、実施することができなかった。

今後の評価の在り方について以下に述べる。

授業や放課後において科目として実施する項目は、評価を行う。本校における教育課程では、1年生は、科目「水産海洋基礎」、２・３年生には、科目「総合実習」において活動を評価する。評価は観点別評価で行い、各評価項目における観点別評価の割合を設定し、その内容・項目について重み付けを行う。（下表）

単位 %

	ワークシート	行動観察	作品製作	ペーパーテスト
関心･意欲･態度	50	50	0	0
思考･判断･表現	60	30	0	10
技能	30	10	60	0
知識･理解	20	0	20	60

例として、放課後などに海洋観測を設定した場合、評価の材料としてその出席や取り組む姿勢について「行動観察」で評価する。このように、指導と評価の一体化を図り、より一層充実した教育活動を行いたい。そして、生徒の環境に対する意識を更に高揚させたい。

平成 26 年度は、目標であった地域への情報発信の一つとして、沿岸海域有害赤潮広域分布情報システムへ観測データを提供している。これにより、多くの漁業者がリアルタイムで赤潮情報を入手できる。その情報提供の一端を生徒が担うことで、生徒が環境や水産業に関心を持ち主体的に行動できる姿勢を養いたい。

Ⅴ　今後の展望

成果と課題でも挙げたように、環境教育の実践を通して生徒を評価し、その評価の中から積極的に参加できていない生徒の意識を向上させることが大切になると考えられる。また、その評価の基盤を早急に構築し実践に取り入れたい。

また、今後も引き続き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、全国の水産・海洋系高等学校の中にもGLOBE活動に参加する学校が増加する傾向にある中で、今後は他校との連携、さらには、生徒の国際的な相互理解や相互協力といった意識を養うためにも、国際的な連携を模索していきたい。

観測データを活用し、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」に対する問題を世界規模で考える視野と、地域の基幹産業である「水産」のリーダーとなり得る力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
（３）漁業者ネットワーク等への情報の提供
４　生物学的視点からみた環境教育の実践
（１）水生生物採集を通した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

河合章（1988）水族環境学実験（河合章・杉田治男編）.恒星社厚生閣

(社)日本水産資源保護協会（2005）水産用水基準

(社)日本水産資源保護協会（1980）水産生物的水温図

文部科学省（2004）海洋環境.（東京電気大学編）

江口充（2006）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

日本分析化学会北海道支部編　(1994) 水の分析第４版. 化学同人

文部科学省（2004）海洋環境.（東京電気大学編）

沖山宗雄編（1988）日本産稚魚図鑑. 東海大学出版会

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.ht