# 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 uwifh-ad@esnet.school.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 179名

(2) 学級数 3学科 各学年3クラス

(3) 教職員数 70名

(平成30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。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。

本校は、海洋技術科・水産食品科・水産増殖科の3学科で構成され、「船・海・水産物」を中心とした地域に根ざした学習を行っている。したがって、学習のフィールドとなる海や自然環境について見つめることは必須であり、水域や自然環境の保全に対する価値観を育むことも重要視している。また、本校は「水産・海洋の未来を拓くスペシャリストの育成」を目標に地域社会との連携を深め、水産教育の振興に努めるとともに、命を尊ぶ教育を実践している。



#### 3 環境教育の全体計画等

- (1) 宇和海の海洋観測
- (2) 宇和海における養殖漁場環境の評価
- (3) 生物学的視点からの環境分野の研究

#### Ⅱ 研究主題

「宇和海における海洋環境保全のためのグローブ活動の推進」

-宇和海の環境保全と水産業発展のための取組-

#### Ⅲ 研究の概要

#### 1 研究のねらい

宇和海は、地域の基幹産業である水産業のフィールドであり、地域の水産業を発展させるためには水域の環境をモニタリングし、保全することが必須である。生徒が主体となって継続的に海洋観測を行うことにより、宇和海の環境を見つめ、将来、環境保全型の水産業を担うリーダーとなれる資質を持った人材を育成することを目的とする。

本研究を実践することにより、地球環境を世界規模の視野で見つめるとともに、国際感覚を育みたいと考えている。また、観測データを生かし、地域の水産業や環境保全分野に貢献することを目的とする。さらには、グローバルな視点から環境を見つめ、その改善等に積極的に取り組む姿勢を養うことをねらいとする。

研究成果の普及も含め、ESD の観点から持続可能 な社会の創造の担い手を育むことも目的とする。



魚類養殖管理実習



真珠挿核実習

#### 2 校内の研究推進体制

#### (1) 研究推進体制

本校の研究は、水産増殖科を中心に実施した。 組織は、「GLOBE 推進委員会」を設置した。校長、 教頭、GLOBE ティーチャー、水産増殖科担当職員、

事務課とした。

#### (2) 観測体制

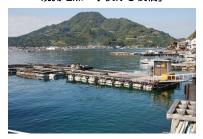
① 観測分野 GLOBE 観測分野の「水質」を測定した。

#### 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)、船舶で15分程度の距離にある本校の実習生簀「坂下津生簀」(Sakashizu Pier)(2年生)の2箇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)

才 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3回(月、 水、金)、「坂下津生簀」は、水産増殖科2年 生が週2~3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、2009年(平成21年) 9月から継続的に実施している。



実習用生簀「坂下津生簀」での観測

#### ⑤ 観測時間

「学校浮き桟橋」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) に観測を行った。なお、「坂下津生簀」は、生 簀内飼育魚類(マダイ)の飼育管理も行った。 飼料は、環境に配慮した EP 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、以下の方法と機器で行った。また、データ入力は、視聴覚教室で行った。

- 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
- ⑤ p H・・・・・p Hメーター
- ⑥ 溶存酸素量 (DO) ・DO メーター



棒状水銀水温計

赤沼式比重計



透明度板





p Hメーター

DOメーター



観測データの入力

#### 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。

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	
水産基礎	(i)		9 1	
	0			
資源増殖	$\circ$	$\circ$	$\circ$	
海洋生物	$\bigcirc$	$\circ$	$\circ$	
海洋環境		0	0	
総合実習		0	0	
課題研究			0	

◎ 主科目 ○関連科目

活動の評価は、科目の評価として実施し、1年生は、科目「水産基礎」、2年生は、科目「総合実習」において評価した。科目での実践については、評価規準に基づき、観点別に評価した。評価材料・項目を四つの観点に割り当て、評価を行った。

放課後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」で評価した。一つの観点に対して複数の評価 方法があるため、それぞれの評価方法の特性に応 じて評価の重み付けをした。(表2)

表2.各評価項目における観点別評価の割合例

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

(単位は%)

#### (2) グローブを活用した教育実践

#### ① 宇和海の海洋観測

2009年9月から2017年12月までの実習生簀「坂下津生簀」における月別の表層水温をまとめた。方法は、第11期グローブ指定校の鹿児島県立水産高等学校の方法を参考にした。GLOBE本部 HP より入力したデータをエクセルデータにダウンロードし、海水の表層水温を月別にまとめた。その後、散布図で近似曲線(線形近似)から月別表層水温の経年変化について調べた。

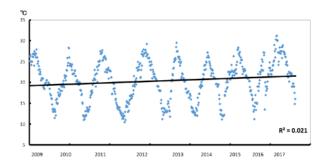


図 1.2009~2017 年の実習生簀「坂下津生簀」における海水温の経年変化

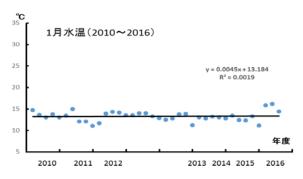


図 2. 2010~2016年の1月における海水温の経年変化

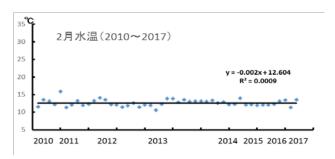


図 3.2010~2017年の2月における海水温の経年変化

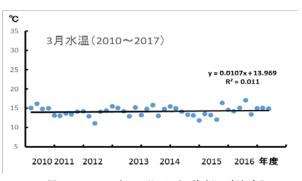


図 4.2010~2017 年の3月における海水温の経年変化

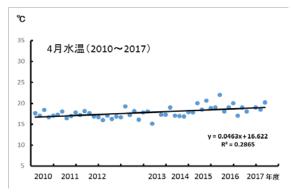


図 5.2010~2017 年の 4 月における海水温の経年変化

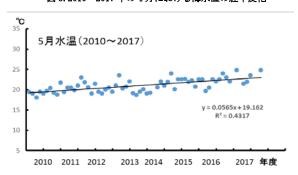


図 6.2010~2017年の5月における海水温の経年変化

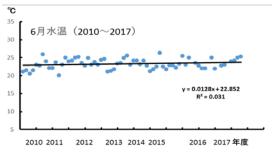


図 7.2010~2017 年の 6 月における海水温の経年変化

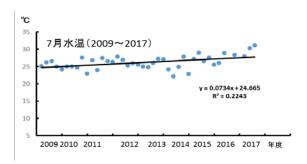


図 8.2009~2017年の7月における海水温の経年変化

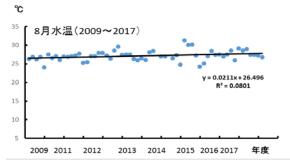


図 9. 2009~2017 年の 8 月における海水温の経年変化

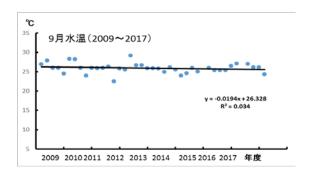


図 10. 2009~2017年の9月における海水温の経年変化

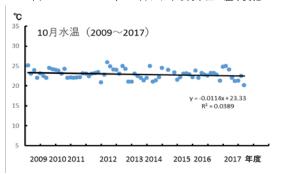


図 11.2009~2017 年の 10 月における海水温の経年変化

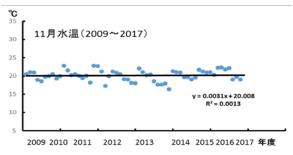


図 12.2009~2017年の 11月における海水温の経年変化

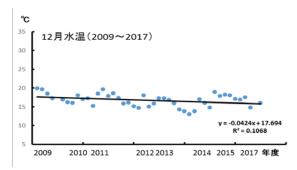


図 13. 2009~2017年の12月における海水温の経年変化

観測地点である実習生簀「坂下津生簀」の2009~2017年度の水温は、最高水温 31.2℃(8月)、最低水温 10.0℃(2月)であった。水温の経年変化を月別に見ると、4月、5月、7月にやや上昇傾向が見られたが、その他の月では、変化は認められなかった。すなわち、観測地点である実習生簀「坂下津生簀」では、春から初夏にかけての水温は、やや上昇傾向にあるが、経年変化においては水温の上昇は、確認できなかった。

#### ② 宇和海における養殖漁場環境の評価

本校の実習生簀「坂下津生簣」の観測を通して、地球環境や自然について、幅広い視野で考察できる力を育成するために行った。また、定期的なGLOBE 観測項目以外に、水産増殖科の2、3年生が科目「総合実習」や「海洋環境」において下表の項目を測定し、養殖漁場環境を水産用水基準から評価した。

表 3. 愛媛県立宇和島水産高等学校における測定項目

測定項目	測定方法	水産用水基準
水温(℃)	棒状水温計	
рН	pHメーター	7. 80-8. 40
溶存酸素量(mg/L)	ウインクラーアジ化ナトリウム変法	6.0以上
水COD(mg/L)	アルカリ性過マンガン酸カリウム-ヨウ素滴定法	2.0以下
泥COD(mg/g)	アルカリ性過マンガン酸カリウム滴定法	20.0以下
泥硫化水素(mg/g)	検知管法	0.20以下
クロロフィル量(μg/L)	アセトン抽出・吸光法	
水細菌数(cfu/L)	ミスラ法	
泥細菌数(cfu/g)	希釈平板法	

スクーバによる水中を確認すると、生簀下は、カサネカンザシ類、ムラサキイガイ、ミドリイガイの貝殻が堆積していた。また、塩化ビニル製パイプを挿入すると泥が 40 cm程度堆積していた。

2017年10月から12月まで泥硫化水素を検知管法(ガステック社)で測定すると、0.92mg/gから0.58mg/gの範囲で推移し、水産用水基準を満たしていなかった。





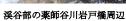
実習生簀下水深 10mの水中写真

#### ③ 生物学的視点からの環境分野の研究

#### (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、宇和島市の渓谷部の薬師谷川の岩戸橋周辺と、住宅部に位置する三島橋周辺とを定点とし、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20回目である。観測したデータを表4、表5にまとめた。







住宅部の来村川三島橋周辺

#### 表4. 渓流部の薬師谷川における指標生物出現状況

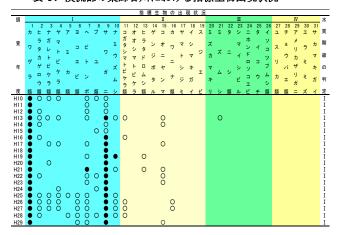
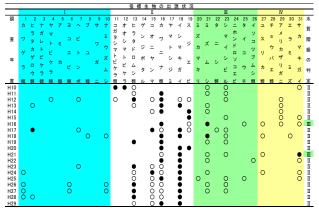


表 5. 住宅部の来村川における指標生物出現状況



渓流部では、20年連続して水質階級 I を示した。住宅部では、過去2年水質階級Ⅲを示したが、現在は、水質階級 II を保持している。

#### (イ) 宇和島市三浦地区の干潟生物相調査

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、宇和島市三浦地区であり、2017年(平成29 年)4月から11月に干潟が出現する干潮時に月 1回程度の採集を行った。調査地点は、河口干 潟であり、底質は、砂泥質である。また、砂泥 の湧水域では、アマモ場が岩礁域では、ガラモ 場が形成されている。





生物の採取は、徒手、潮間帯の引網、採泥に おける巣穴底生生物及び貝類の採集、網類を用 いて行った。その後、学校に持ち帰り、生態写 真及び生物写真の撮影後、図鑑にて分類・同定 を行った。

調査の結果、愛媛県レッドデータに記載されている甲殻類など多くの水生生物を確認することができた。



フジテガニ

ミヤコドリガイ

#### Ⅳ 研究の成果と課題

宇和海の海洋観測を実施し、2009年9月から2017年 12月までの本校実習生簀「坂下津生簀」における月別 の表層水温をまとめた。春から初夏にかけての水温は、 やや上昇傾向にあるが、経年変化における水温の上昇 は、確認できなかった。

定点の「坂下津生簀」の漁場環境を、水産用水基準 から評価することができた。特に、底質の泥硫化水素 が基準値を満たしていなかったため、底泥の改善が強 く求められた。

生物的視点から水域の環境を評価することができた。これらから、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教育を深化させることができた。さらに、様々な取組を通して、世界的な規模で環境を見つめる基礎が築かれた。

今後は、測定したデータを水産養殖業に活用し、生物学的視点を更に広げた研究につなげていきたい。

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。

#### Ⅴ 今後の展望

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) 学校実習生簀「坂下津生簀」の漁場環境の 評価及び改善
  - (2) 宇和海の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と環境モニタリング
  - (2) 地球温暖化と宇和海における生物相の推移
- 5 グローバルな視点でのデータ解析

#### VI 引用文献

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

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」 文部科学省(2004)「海洋環境」. (東京電気大学 編)

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

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/product/detail/id=2103

## [別記:愛媛県立宇和島水産高等学校 水質マニュアル] 愛媛県立宇和島水産高等学校 水質マニュアル DO(溶存酸素量)の測定

#### (ウインクラー・アジ化ナトリウム変法)

#### 【原理】

試料水に塩化マンガン溶液と水酸化ナトリウム溶液を加えると、水酸化マンガンの沈殿を生成する。この沈殿は、水中の溶存酸素と反応して溶存酸素に対応する量だけ酸化される。

これに塩酸とヨウ化カリウムを加えると、酸化されていたマンガンはヨウ素イオンによって還元され、ヨウ素イオンは、遊離したヨウ素となる。このヨウ素を、濃度の分かっているチオ硫酸ナトリウム溶液でデンプンを指示薬として滴定することにより、間接的に酸素量を知ることができる。

#### 【試薬】

①塩化マンガン溶液(I液)

塩化マンガン 4 水和物 (MnCl<sub>2</sub>・4H<sub>2</sub>O) 40 g を蒸留水 (DW) に溶解し、濃塩酸 (HCl) 0.5mL を添加する。

②ヨウ化カリウム-水酸化ナトリウム混合液(Ⅱ液)

DW100mLに水酸化ナトリウム (NaOH) 40g溶解後、これにヨウ化カリウム (KI) 10g加える。

③6 mol/L 塩酸

濃塩酸(約12 mol/L)を2倍に希釈する。 (1:1の割合)

④1%でんぷん溶液

でんぷん1gをDW100mLに加え、電子レンジで加熱溶解する。

※防腐剤として酢酸5mLや安息香酸(CoHs・COOH) 0.1g加えると、比較的長期間使用可能になる。

⑤0.01mol/L チオ硫酸ナトリウム溶液

チオ硫酸ナトリウム  $(NavS_2O_3 \cdot 5H_2O)$  2.5 g をメスフラスコでDW1,000mL にメスアップする。 これに、安定剤として炭酸ナトリウム  $(NavCO_3)$  を 0.5 g もしくは、酢酸 5 mL を添加する。

#### 【方法】

#### 〈固定〉

- ①酸素瓶を試水で洗う。(2回)
- ②酸素瓶からあふれるまで試水を入れる。
- ③ I 液、Ⅱ液をそれぞれ 0.5 mL 加える。
- ④空気が入らないように栓をし、転倒攪拌する。(15回程度)
- ⑤1~24時間静置する。(固定した酸素を沈殿させる)

#### 〈滴定〉

- ①上澄みを捨てる。 (固形物が流れないように)
- ②6 mol/L 塩酸を3 ml 添加する。(黄褐色に変化)
- ③200 mL 三角フラスコに移す。 (瓶、栓をDWで洗い、すべて三角フラスコに入れる)
- ④0.01 mol/LNのチオ硫酸ナトリウム溶液で滴定する。
- ⑤色が淡くなったら、1%デンプン溶液を1mL添加する。(青紫色に変化)
- ⑥透明になった瞬間を終点とする。  $\rightarrow$   $\mathbf{n}$   $\mathbf{m}$ L (滴定量を記録する)
- 〈DOの計算〉

## DO $(m g/L) = 0.08 \times n \times f \times 1000/(V-1)$

- ・0.08:0.01 mol/Lのチオ硫酸ナトリウム溶液 1 mLは、0.08mgの酸素に相当する。
- **n** : 滴定量 (mL)
- ・f: 0.01 mol/Lのチオ硫酸ナトリウムのファクター
- ・V:酸素瓶の容積 (mL)

## 水のCOD(化学的酸素消費量)の測定 (アルカリ性過マンガン酸カリウムーヨウ素滴定法)

#### 原理】

化学的酸素消費量は、水中の有機物や還元性物質の量により変化するので、水質汚濁の程度を比較的簡便に表す指標とされている。

アルカリ性にした試水に、一定量の過マンガン酸カリウムを加えて加熱し、酸化されずに残った過マンガン酸カリウムを、チオ硫酸ナトリウム溶液で滴定し、試料水の過マンガン酸カリウムの消費量を算出する。それを対応する酸素量に換算し、試料水中に有機物がどのくらいあるかを示す。

#### 【試薬】

- ①1.1 mol/L 水酸化ナトリウム溶液水酸化ナトリウム (NaOH) 11 g をDW250 mL に溶解する。
- ②0.002 mo1/L 過マンガン酸カリウム溶液 過マンガン酸カリウム (KMnO4) 0.32 g をDWで 1,000 mL メスフラスコにメスアップする。
- ③10%ヨウ化カリウム溶液 ヨウ化カリウム (KI) 10gをDW90 mL に溶解する。
- ④4%アジ化ナトリウム溶液アジ化ナトリウム (NaN<sub>3</sub>) 4 gを DW100 mL に溶解する。
- ⑤4.5 mol/L 硫酸溶液

濃硫酸( $H_2SO_4$ ):  $18 \, mol/L \, を 4 倍希釈する。 硫酸: <math>DW = 1:3 \rightarrow \,$  希釈の際は、 $DW \,$ に硫酸を入れること。

⑥0.01 mol/L チオ硫酸ナトリウム溶液

チオ硫酸ナトリウム五水和物( $NaoS_2O_3 \cdot 5H_2O$ )2.5 g を DWで 1,000 mL メスフラスコにメスアップする。 これに、安定剤として炭酸ナトリウム ( $NaoCO_3$ ) 0.5 g もしくは、酢酸 5 mL を添加する。

⑦1%デンプン溶液

デンプン1gをDW100mLに加え、加熱溶解する。溶解後、貯蔵のため酢酸を5mL加える。

#### 【方法】

- ①試水をよく撹拌し、そこから 50 mL を取る。
- ②1.1 mol/L 水酸化ナトリウム溶液を 2 mL 添加する。
- ③0.01 mol/L過マンガン酸カリウム溶液を正確に 10 mL添加する。
- ③沸騰する直前の状態で30分間加熱する。
- ④10%ヨウ化カリウムを1mL添加する。
- ⑤4%アジ化ナトリウム溶液を2~3滴加える。
- ⑥常温に冷ます。 (バットに三角フラスコを入れ、流水中で約5分冷却)
- (74.5mol/L 硫酸を 2 mL 加える。 (ヨウ素を解離→黄色)
- ⑧0.01 mol/L チオ硫酸ナトリウム溶液で滴定する。
- ⑨色が淡くなったら、1%デンプン溶液を1mL添加する。
- ⑩透明になった瞬間を終点とする。 → n mL (滴定量を記録する)
- ①DW (50 mL) でも上述の方法で空試験を行う。

#### 【計算式】

### COD $(m g/L) = 0.08 \times (b-a) \times f \times 1000/50$

**0.08**: 0.01 mol/L のチオ硫酸ナトリウム溶液 1 mL は、0.08mg の酸素に相当。

a:試水の滴定値

b:蒸留水の滴定値

f: チオ硫酸ナトリウムのファクター

50: 滴定に用いた試水の量(50 mL)

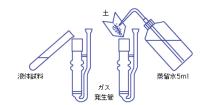
#### 泥の硫化水素測定(検知管法)

底質は、養殖漁場における物質循環の状態を顕著にあらわすとともに、海水よりも移動しにくいため、漁場の環境を評価する上で有効な指標の一つである。また、植物プランクトンや残餌などの懸濁有機物が多い水域は貧酸素状態となりやすく、嫌気性のバクテリアの働きで泥中には硫化水素が発生する。硫化水素は、毒性の強い物質であり、また、底層中に溶出し、酸素と反応するためにDOを著しく減少させる物質でもある。よって、泥中の硫化水素を測定することで、その水域がどのような環境にあるのかを知ることができる。

この方法は、試料に硫酸を加えて泥中の硫化物を硫化水素に置換して発生させ、その量を検知管によって測定し、硫化物量を推定するものである。

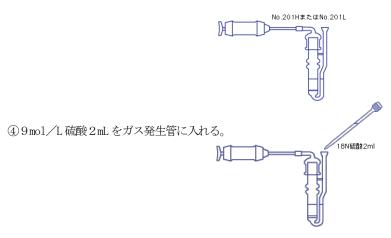
#### 【方法】

- ①採取した泥から  $\mathbf{X}$ g(1.0g または 0.5g)と、 $\mathbf{Y}$ g(約5g)の 2つを計り取り、試料とする。  $\mathbf{X}$ g の泥は硫化水素測定用とし、 $\mathbf{Y}$ g の泥は乾燥重量測定用とする。
- ② $\mathbf{X}$ g の泥を、5mL の蒸留水でガス発生管の中へ流し入れ、発生管のキャップをする。

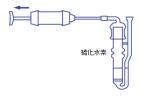


図は「ヘドロテック-S 測定手順」より引用

③検知管の両端を折り取り、「G」マークの付いている側をガス発生管に接続し、逆側をガス採取器に接続する。



⑤ガス採取器のハンドルを引き、発生したガスを吸引する。 検知管の変色が止まるまで、何度もハンドルを引き、硫化物を完全に硫化水素に置換する。



⑥検知管の数値を読み取る。

⑦以下の式より、泥1g中の硫化水素量を求める。



## 底泥のCOD(化学的酸素消費量)の測定 (アルカリ性過マンガン酸カリウム滴定法)

CODは、試料中の被酸化性物質を酸化剤によって化学的に酸化したときに消費させる酸素量である。

被酸化性物質は、有機物、亜硝酸、硫化物などが考えられるが、特殊な試料を除き、有機物が主要なものとなる。有機物の嫌気的な分解過程で生産される有機酸が、硫酸還元反応における水素供与体となり、硫化物を生成する。これが水中に溶出し、更に低酸素化を助長する。

アルカリ性過マンガン酸カリウム滴定法は、測定に特殊な機器を必要とせず、淡水、海水のいずれの試料も測定できる。

#### 【原理】

底泥の試料に一定量の過マンガン酸カリウム溶液を加えてアルカリ性で加熱し、被酸化性物質を酸化する。その後、一定過剰量のシュウ酸を加えて未反応の過マンガン酸カリウムと反応させ、さらに未反応のシュウ酸を過マンガン酸カリウム溶液で滴定することで、試料の過マンガン酸カリウム消費量を算出する。この方法を、逆滴定法という。

#### 【試薬】

- ① 0.02 mol/L過マンガン酸カリウム溶液
- 過マンガン酸カリウム (KMnO4) 3.2g をDWで 1,000 mL にメスアップする。 (褐色瓶で保存※)
  - ※できれば、沸騰水中で約2時間加熱し、一夜放置した後、沈殿を目の細かいガラスフィルターで濾過した後、褐色瓶で保管する。
- ② 33%水酸化ナトリウム溶液
  - 水酸化ナトリウム (NaOH) 100g をDW200mL に溶解する。
- ③ 4.5 mol/L 硫酸溶液
  - 濃硫酸 (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) 18mol/L を 4 倍希釈する<sup>※</sup>。 (硫酸: DW=1:3)
    - ※蒸留水に硫酸を入れること。逆は熱い硫酸溶液が突沸して飛び散り、大変なことになる。
- ④ 0.05 mol/L シュウ酸溶液
- シュウ酸 ((HCOO)2・2H2O) 6.303g を DW でメスアップして 1,000mL とする。

#### 【方法】

- ① 初めに DW を各 38mL 取っておく。
- ② 底泥試料 1.0g を薬さじ上に正確に取り、できるだけ少量のDWで 300mL 三角フラスコに流し込む。
- ③ 0.02 mol/L過マンガン酸カリウム溶液 100mL、33%水酸化ナトリウム溶液 2 mL を加え、沸騰する直前の状態で 15 分間 加熱する。
- 4.5 mol/L 硫酸溶液 10ml を加えた後、0.05 mol/L シュウ酸溶液 100mL を加えて、過マンガン酸カリウムの紫色を褪色 させる。
- ⑤ DWを38mL加えた後、濾紙を用いて濾過する。
- ⑥ 濾液から 50mL を正確に 100mL 三角フラスコにとる。その後、60℃に加温する。
- ⑦ 0.02 mol/L過マンガン酸カリウムで滴定し、溶液の色が無色から、わずかに淡紅色になった時を終点とする。
- ⑧ 底泥試料を加えないDWだけで空試験を行い、滴定する。

#### 【計算式】

- COD  $(mg/g湿泥) = 8 \times 0.1 \times f \times (a-b) \times 1/W$ 
  - a:試料泥の滴定値(mL)
  - b:蒸留水(ブランク)の滴定値(ml)
  - f:0.02 mol/L過マンガン酸カリウム溶液の力価(ファクター)
  - W:滴定に用いた泥試料の重量 (g)

#### クロロフィル量の測定(アセトン抽出・吸光度法)

#### 【原理】

試水を濾過し、濾紙に残った懸濁物質から色素をアセトンで抽出する。そのアセトン抽出液について特定の波長の吸光度を測定し、これらの吸光度からクロロフィル量を計算により求める。

#### 【試薬】

- ① 90%アセトン溶液
  - 特級アセトン 900 mL にDW100 mL を加えて 1,000 mL とする。
- ② 0.1%炭酸マグネシウム溶液

塩基性炭酸マグネシウム ((MgCO<sub>3</sub>)<sub>4</sub>Mg(OH)<sub>2</sub>・5H<sub>2</sub>O) 0.1g に DW を入れて 100 mL とする。

③ ガラス繊維濾紙

孔径が1 μm以下のものを使用する。ADVANTEC, GA100 を使用。

#### 【方法】

#### I. 色素の抽出

- ① 試水 1,000 mL をメスシリンダーで採取する。
- ② 0.1%炭酸マグネシウム (MgCO<sub>3</sub>) 溶液 1 mL を試水に加える<sup>\*</sup>。 
  ※フェオフィチン化を防止するためであり、濾過後、すぐに測定する場合は入れなくても良い。
- ③ ガラス繊維濾紙 (ADVANTEC, GA100) で試水 (1,000 mL) を吸引濾過する。
- ④ ガラス繊維濾紙を細かく刻んで乳鉢に入れ、90%アセトン2~3 mL を加えて、丹念に磨細する。
- ⑤ 乳鉢の内容物を遠沈管に移す。使用した器具 (ハサミ、ピペット等) も 90%アセトンで洗い、遠沈管にすべて流し込む。 (遠沈管内の全量が 10 mL を超えないように注意する)
- ⑥ 冷蔵庫内  $(4^{\circ})$  で約1時間放置し、アセトンに色素を溶出させる。
- ⑦ もう一つの遠沈管に蒸留水を入れ、全量が⑤と同量になるように合わせる。
- ⑧ 遠沈管を遠心分離器にセットし、3,000 rpm で10 分間遠心する\*。※遠心分離に遠沈管をセットする際は、必ず対角線上にも同じ重さの遠沈管をセットする。
- ⑨ 遠心後、上清液を別の遠沈管に移し、全量が 10mL となるように 90% アセトンを加えて検液とする。

#### Ⅱ. 吸光度の測定

- ① 検液をガラスセルに入れ、試験区とする。(セルの7~8分目まで入れる)
- ② もう1つのセルには、90%アセトンを入れ、これを対照区とする。
- ③ 波長 750、663、645、630、480nm において、検液の吸光度を測定する。

#### Ⅲ. クロロフィル量の計算

波長 663、645、630、480nm の各吸光度の値から、波長 750nm の吸光度の値を差し引いたものを、それぞれ  $E_{663}$ 、 $E_{665}$ 、 $E_{660}$  、 $E_{480}$  とし、下式により各クロロフィル量を求める。波長 750nm の吸光度は、検液中の濁りを示すものであり、波長 750nm の吸光度の値が 0.005 以上は好ましくない。

#### <クロロフィル量>

クロロフィル
$$a$$
 ( $ug/L$ ) = (11.64 × E<sub>663</sub> $-2.16$  × E<sub>645</sub> $+0.10$  × E<sub>630</sub>) ×10  
クロロフィル $b$  ( $ug/L$ ) = (20.97 × E<sub>645</sub> $-3.94$  × E<sub>663</sub> $-3.66$  × E<sub>630</sub>) ×10  
クロロフィル $c$  ( $ug/L$ ) = (54.22 × E<sub>630</sub> $-14.81$  × E<sub>645</sub> $-5.53$  × E<sub>663</sub>) ×10

#### <カロチノイド量>

・緑藻、らん藻類が優先する場合

カロチノイド 
$$(ug/L) = 4.0 \times E_{480} \times 10$$

・ケイ藻、黄色鞭毛藻、渦鞭毛藻類が優先する場合

カロチノイド (
$$ug/L$$
) =10.0×E<sub>480</sub>×10

#### 表1. 水産用水基準

測定項	目	水産用水基準	
рН		7.80–8.40	
DO	(mg/L)	6.00	
海水 COD	(mg/L)	2.00	
底泥 COD	(mg/g)	20.00	
底泥硫化水素	(mg/g)	0.20	

※ 水産用水基準(2005) (社) 日本水産資源保護協会

#### 引用文献

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

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

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

(社)日本水産資源保護協会(2005)「水産用水基準」

文部科学省(2004)「海洋環境」. (東京電気大学編)

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/product/detail/id=2103