

論 文

有明海をテーマにした理科教育・環境教育の
教材についての研究
—地球環境科学的研究を基に—

飯盛啓生

(西九州大学子ども学部子ども学科)

(平成28年1月29日受理)

Study of science and environmental education using research of Ariake Sea

Hiroo ISAGAI

(Department of Children's Studies, Faculty of Children's Studies, Nishikyushu University)

(Accepted January 29, 2016)

Abstract

In science and environmental education, observation and experimentation are important for young students. This paper presents research that examined the use of geochemical research of the Ariake Sea, Japan, as a method of teaching science and environmental studies. The Ariake Sea is important to the marine products industry of Saga Prefecture and its surrounding area. Moreover, the Ariake Sea has many scientific features. However, students' knowledge of the scientific aspects or chemical characteristics of the Ariake Sea is limited. This lack of knowledge may be due to students' lack of formal education of the Ariake Sea. Therefore, a method was proposed for teaching about the Ariake Sea that focuses on cultivating scientific interest in the Ariake Sea. We believe that using the Ariake Sea to teach science and environmental studies enhances students' understanding of the subjects

Key words : Ariake Sea 有明海
Science education 理科教育
Environmental education 環境教育
Geoenvironmental science 地球環境科学

1. 緒 言

近年の理科教育において、児童・生徒の理科嫌い
や理科離れのみならず、小学校教師の中にも理科嫌
いおよび理科教育に自信が持てない者がいるという
指摘がある¹⁾。このことは教師を養成する大学にとっ
て認識すべき課題である。

学習指導要領において、理科教育は自然の事象や
現象の体験が重要であり、観察・実験は極めて重要
であると述べている¹⁾。また、近年、地球環境問題は
深刻なものになりつつあり、環境教育についても
学習指導要領において重要視されている。

環境教育は幼児期から意識を持つことが大切であ
り、それぞれの年齢にそって身近なところから無理
なく教育することである。これには幼児期からの教
育が必要であり、教育に携わる者の責任が大きい。
まずは、将来、教育者を希望する学生が環境教育や
理科教育の内容に興味を示すことである。そのため
には学生が身近な自然や環境に関心を持つことが重
要であると考えられる。しかし、地球科学は環境教育や
理科教育と密接な関係にあるにも関わらず学生には
馴染みが薄く難しいと捉えられることもある。

佐賀県には地球科学的に特有な環境を持つ有明海
がある。理科教育や環境教育には身近にある資源の
活用が大切であり、有明海は大学における理科教育
や環境教育に優れた教材になるものと考えられ、ま
た学生への指導効果が期待される。

有明海をテーマにした地球科学的研究は多くの研
究者によって取り組まれている²⁾⁻⁷⁾。有明海では良
質の海苔の養殖が盛んであり、その生産量は高い。
有明海北部の湾奥部には、多くの河川が流入してい
る。また、有明海湾奥部の海域は閉鎖状態であるた
め、海水の塩分濃度が他の海域より低い。さらに、
内湾であるため激しい波風がなくおだやかである。
これらの環境が海苔の生育に適し、良質の海苔が生
育すると考えられる。有明海には特有の魚介類も多
く生息しており、佐賀県にとっては経済的にも重要
で「宝の海」といわれている。

学生は有明海の広大な干潟において実施される
「ガタリンピック」については知っていても、この
競技が有明海特有の底泥の性質と密接に関係してい
ることは知らない。

理科教育・環境教育の教材開発のためにはこれら
の本質を理解することが重要である。本論文は今ま
での有明海の地球化学的な研究内容を「理科教育」

「環境教育」に活用する方法の例について考案し、
これらの教育に携わる者の知識を涵養するものとし
て検討を行った。

佐賀にある大学が有明海をテーマにした教育を実
施することは意義があると考えられる。学生が身近な有
明海に興味を持ち、そこで「物理」、「化学」、「生物」、
「地学」に基づいた科学的現象を理解し、有明海を
「理科教育」「環境教育」の資源として利用するた
めにそれぞれの関連性を示した略図を図1に示した。

実際に教育に展開する際にはそれぞれの実施場所
を前もって入念に調査し、安全の確保に努めること
が最も重要である。

2. 有明海の地球科学的特性

有明海は後期更新世に起こった雲仙火山と多良
岳の活動によって外海と絶たれ、南北に延びた形の
原型が生じた⁵⁾。図2に有明海の湾奥部の地図を示
した。地点A(佐賀市東与賀地先)および地点B(白
石町新明地先)はそれぞれ以前の研究において海水、
底泥を採取した地点である。図2に示したように北

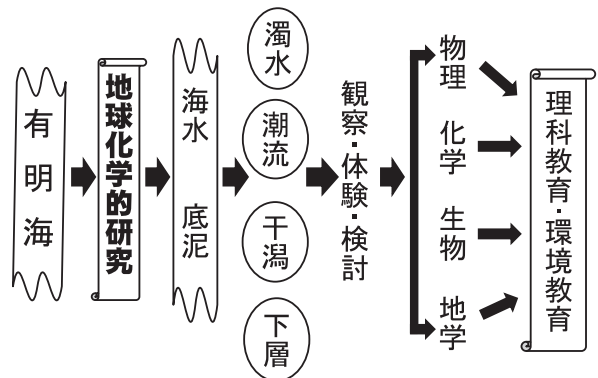


図1：本論文の研究模式図



図2：有明海の海域

部および東部海域には久住山系を起源とする九州最大の筑後川、矢部川、菊池川などが流入する。西部には背振山系を起源とする嘉瀬川、六角川、塩田川、鹿島川などが流入している。有明海の底泥の土砂はこれらの流入河川から運ばれる。ほとんどの河川は感潮河川^{8),7)}であり、満潮時にはかなり上流まで海水が遡上する。

有明海は干満時の潮位差は日本最大であり、最大5～6mである。有明海の湾奥は深度が浅く、大きな潮位差は大量の海水を移動させる。満潮時には大量の海水が押し寄せ、速い潮流が発生し、底泥を巻き上げる。このため海水はこの浮泥によって濁水となっている。潮の干満による潮流によって再び海岸の方へ運搬されて堆積する。浮泥の堆積が最も大きいところは佐賀市東与賀町地先で大潮時以外は満潮時でも干潟のままの所があり、干割れができることもある。有明海沿岸では1日に2回海面が大幅に昇降し干潮時に5～7km²の干潟が出現する。干潟全体の面積は大潮時には238km²、小潮時には110km²といわれている¹⁾。この干潟では十分な太陽光と空気中の酸素によって微生物の好氣的働きによって海水の浄化作用が行われる。

有明海は細長い湾のため北部海域の海水は殆ど交換されず閉鎖された海域となっている。その海域には大小の河川水の流入があるため、海水は薄められた状態であり、佐賀県の外海である玄海灘と比較すると塩分量は約10%少ない⁸⁾。河川から流入した土砂は海水と混入する河口周辺においてほとんどが沈殿する。粒度の小さなシルトやこれより細かい粒子である粘土はさらに沖へと流される。したがって、流量が大きな筑後川河口には砂を多く含む底泥が多く堆積する。対してシルトや粘土質の底泥は流量が少ない西部地区の地先に堆積しその堆積量も少ない。

佐賀平野は広大な干潟を干拓することによって作られてきた。したがって、佐賀平野の地盤は粘土質のため軟弱地盤となっている。佐賀平野の北部山麓地域は古代において海岸であったが、地殻変動（造陸運動）によって自然陸地化した地域である。近年になって人工的に干拓が進み、広大な平野が生成した。有明海では、流入する河川が運搬する多量の土砂によって堤防の海岸側に年々浮泥が堆積する。その結果、堤防内の干拓地よりも海側が高くなり、台風時における高潮等による海水の浸水の恐れもある。将来、この干潟の一部は自然陸地化すると考えられる。

今回、上記の有明海の地球科学的特性に基づき、実験を主に展開する教育内容とワークシートを考案し、検討を行った。ワークシート中の空欄は学生が記載する箇所である。

3. 有明海の教育

3.1 有明海底泥の理解

有明海の底泥は灰色の粘土質である。筑後川の河口から約8kmの佐賀市東与賀地先および筑後川の河口から約16kmの杵島郡白石町新明地先のそれぞれの地点の底泥の特徴を表1に示した。

表1よりそれぞれの底泥の化学成分は採取地点によって異なっていることがわかる。さらにその違いを明確に知るために有明海底泥の粘土鉱物を粉末X線回折法によって測定した結果⁹⁾を図3に示した。図3は佐賀市東与賀町地先（A地点）と新明地先

表1 東与賀地先と有明町地先の底泥の特徴

	東与賀地先	新明地先
干潟および表面の海水の様子（深さ）	干潟を覆っている海水は少ない 干潟の泥はやや固い	干潟の海水量は東与賀地先に比べ多い 東与賀地先の干潟に比べると水分が多く軟弱である
底泥の堆積量	多い	少ない
底泥の粒子	砂、シルト、粘土の混合物である	粘土が大部分
潮流	速く、底泥が巻き上げられる	遅い

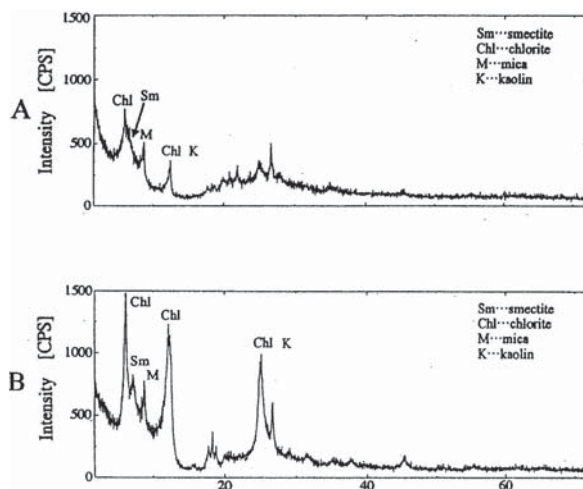


図3：底泥の違いによる粉末X線回折（A：白石町新明、B：東与賀町地先）

（飯盛 啓生：修士論文（2002））

点)の2ヶ所のそれぞれにおいて底泥の化学組成は異なっていることがわかる⁹⁾。

学生は実際に佐賀市から南約10kmの地点にある東与賀町の地先(以降東与賀地先)と杵島郡白石町南方の約8kmの地点にある地先(以降新明地先)のそれぞれの有明海を見学することにより、有明海の2地点の特徴を知ることができる。

東与賀地先、新明地先の有明海のそれぞれの干潟の状態を見学し、干潟の底泥の土砂の粒子の様子に違いがあることを理解する。東与賀町地先の底泥は砂質・シルトが多く含まれている。また土砂の堆積量も多く、干潮時の干潟も広い。板を置いて乗っても安定している。対して、新明地先の底泥は粘土質が多く、粒子が小さい。干潮時の干潟も狭く、表面が水が薄く覆っている。ここに、板を置いて乗ると、少し沈みがちになる。

この理由について考察し、2箇所の底泥の粒子の性質が異なることについて理解する。実際の教育例を下記に示した。

教育例1 有明海の底泥の観察

有明海の干潮時に東与賀地先と新明地先の2地点の底泥をスコップなどを用いて、少しずつ掘り、底泥の深さによる色の変化について観察する。深さと底泥の色の変化を記録する。灰色から黒色に変わるところの深さを注意して測定する。

色の変化、臭いの原因について考察する(表2のワークシートにまとめる)。これらの結果から有明海の底泥の環境について科学的見地からまとめ、2地点の違いの理由を考える。

これにより、学生は有明海の底泥中においては酸素の存在と微生物の働きにより、酸化と還元が起こっており、その程度は底泥の色によってほぼ判定できることを理解する。

表層は空気に触れているため酸化状態であり、鉄の酸化物が多い。下層の底泥は酸素がなく還元状態¹⁰⁾であるため鉄は還元されており、鉄以外の底泥中の金属(主として重金属)の殆どは硫化物となる。これは底泥が黒色になる理由である。

教育例2 有明海底泥の海水中での働き

上記の両地点の底泥を実験室に持ち帰り下記の実験を実施する。

両地点の底泥を試験管に入れ、これに水を加えてよく振り混ぜた後静置する。試験管内の底泥の沈降の様子を比較する。下に沈んでいる泥の粒子の大き

さ、上澄み液の違いについて観察する。さらに上澄みが濁っている場合は食塩を少しずつ加えて濁りの状態の変化を見る。

学生は両地点の土砂の沈降の様子に違いがあることから、土砂の粒子の違いがあることを理解することができる。さらに、この理由について考察する。上記についてのワークシートを表3に示した。

流入河川の流量によって有明海に堆積する土砂の量が異なる。このことは小学校理科の学習内容である扇状地や三角州について学習する動機付にすることができる。

教育例3 海水と河川水の観察

有明海の満潮時における海水、筑後川の上流地点(河口より4km)の河川水のそれぞれを採水し、各試料水の色、濁りの状態について観察する。それぞれの海水、河川水を同量ずつ採取し、ホットプレート上で水分が無くなるまで蒸発する。蒸発皿の内容物の状態について観察し、その量を測定する。その結果について科学的見地からまとめる。

学生はそれぞれの試料水の違いの理由を考え、表

表2 有明海2地点の様子

底泥の状態 その理由	東与賀地先		新明地先	
	状態	その理由	状態	その理由
外観				
色				
臭い				
表層と下層				

(空欄は学生が記入する場所)

表3 2地点の底泥の溶液

底泥の様子	東与賀地先		新明地先	
	薄い食塩水	濃い食塩水	薄い食塩水	濃い食塩水
溶液の様子				
底泥の粒子の様子				

(空欄は学生が記入する場所)

表4 海水と筑後川の水

水の様子	有明海の水		筑後川の水	
	満潮時	干潮時	干潮時	満潮時
水の流れの方向				
水の濁り				
粒子の沈殿の様子				

(空欄は学生が記入する場所)

4のワークシートにまとめる。その結果をもとに発表の場をもうけ、その後、発表の成果を評価し内容についての詳しい説明を加える。水の色の変化、濁りの有無、水分を蒸発させて残ったものを詳しく調べる。色や結晶の形などを観察する。その結晶は何であるかを調べる。さらにこの結晶を少量の水で溶解し、放置すると再び結晶が析出する。この結果についても考察する。

次に、別のビーカーに海水、河川水を採水して放置して濁りの変化の様子について観察する。この内容からはコロイド粒子の性質を理解することがきる。

教育例 4 有明海と玄海灘の違いを知る

有明海と玄海灘の両方の海水を採取し、それぞれの海水の蒸発残留物の量を比較する。有明海と玄海灘の海水の塩分を比較すると前者は塩分濃度が1～2%低い。重さを秤量しておいた蒸発皿に有明海と玄海灘の海水を同量(100ml)採取し、これをホットプレート上に置き、海水を完全に飛ばした後、電気乾燥器に移して蒸発乾固し、デシケーターで放冷し、それぞれの蒸発皿の重さを測定する。蒸発皿に残った残渣の量を求める。試料の測定が終わったらルーペによる結晶の観察を行う。再結晶したものとしていない結晶について結晶の様子を比較する。実験結果は表5のワークシートにまとめる。この実験から海水中の塩分を実際に観察し、結晶についての理解を深める。実験途中での疑問、気付き、全ての結果について記録する。必ず考察を行う。

有明海と玄海灘の環境は同じ海洋であっても異なっている。有明海は半閉鎖的な環境にあり、多くの河川の流入があるため海水は希釈される。玄海灘は外海の一部であり、有明海とは地球化学的に異なった海域である。

教育例 5 底泥の粒子の大きさと濁りからコロイド溶液について知る

水に溶けないものが水の中にあると濁りに見える。粒子が大きいときは濁っていても沈降して水は透明になる。この粒子が段々小さくなると粒子の形は目に見えない濁りになる。粒子が水中に安定に存在し、沈降せず長時間濁った状態になっている水をコロイド溶液という。コロイド溶液は色々なものを吸着する。有明海の海水には浮泥が含まれているので、流入する河川に汚染物質が含まれていても浮泥を含んだ海水が混じると汚染物質が吸着されて水はきれいになる。有明海の海水は浮泥を含んで濁っているが浮泥が浄化の働きをしている¹¹⁾。有明海の海水は塩

表 5 有明海と玄海灘の海水

	有明海の海水	玄海灘の海水
蒸発残留物の量		
結晶の様子		
再結晶後の結晶の様子		

(空欄は学生が記入する場所)

分のため、小さな粒子(浮泥)が大きく固まり、沈降して透明になる。しかし、川を遡上してきた海水は塩分濃度が低いいため、濁った状態のままである。

教育例 6 微生物の働きと自然浄化

微生物の働きは外部環境の条件によって大きく左右される。ここでは酸素の影響について考える。酸素が十分存在するときは酸化作用があり、不足すると還元作用として働く。有明海では底泥の層の影響が大きい。その様子を表6に示す。

表6に見られるように、上層においては底泥中の汚染物質は日光を受けることにより分解され、さらに土壌中の水も浄化される。川が運んで来た土砂は汚染物質を含んで沈殿し底泥となっている。しかし、干潮になると干潟の微生物によって分解されてきれいに浄化される。農業用水の確保のために多く存在する一般の溜め池は年1回全て排水して底をから干しにしている。これは底泥の汚染物質を分解し浄化するためである。有明海では毎日この浄化法が自然に行われ閉鎖状態であっても汚染が少ない。しかし、下層になるにつれて酸素が少なくなり日光が届かないため好氣的分解が行われず、嫌氣的分解が行われる。硝酸塩や窒素化合物はアンモニアや窒素ガスとなるので、汚染物質のうちタンパク質などの窒素化合物は窒素ガスとなって除去される。(脱窒素作用)

さらに無酸素状態になると硫酸塩は分解されて有毒な硫化水素を発生し、有機物はメタンガスの発生の状態になる。

表 6 干潟の酸素の存在量と層の状態

層の位置	層の名称	層の中の酸素の量	層の中の物質の変化	層の中で生成する物質
上層	好気層	多い	有機化合物	二酸化炭素
中層	硝酸塩還元層	少ない	硝酸塩	アンモニア 窒素ガス
	硫酸塩還元層	無い	硫酸塩	硫化水素
下層	強い還元層	無い	有機化合物	メタンガス

4. 有明海に起こる自然災害について

有明海は図1に示されたように半閉鎖的環境にあり、多くの河川が流入しているため環境の影響を受けやすい。有明海においては海苔の養殖が行われており、有明海の環境変化は海苔の品質に影響を与える。

有明海に発生した海苔の色落ちについて、その原因を検討し、発表した。その概要は下記の通りである。

海苔の吸収曲線の最大波長は570nmであり、色落ち海苔の吸光度は正常の海苔の吸光度の約1/3であった。これについては図4に示した⁹⁾。また、色落ち海苔のESRを測定した結果、色落ち海苔のMnのピークは正常に生育した海苔と異なった形状を示した。植物における光化学系II反応においてMnクラスターが酸素発生に重要な役割を果たすことが報告されている。本測定結果は、色落ち海苔のMnクラスターの骨格および配位構造における何らかの変化がおきたことが推定された¹²⁾。

海苔の生育にはMnが必要であり、とくに海苔の色素の生成に大きく関係する。学生実験においては顕微鏡下で色落ち海苔と正常に生育した海苔の組織を観察し、両者の組織中の色素に違いが見られることを確認する。

有明海ではこの他に魚介類に被害をおよぼす赤潮が発生する。いずれも微生物によるものである。海苔の色落ちはリゾソレニア（珪藻赤潮）といわれ、魚介類に被害をおよぼすのはシャトネラといわれる。前者はケイ酸に関連しており、これが繁殖するとこれが海苔の栄養成分である窒素、リンなどを消費し、海苔の生育に支障を来すと云われる。また、後者は多量の降雨後に、有明海に流入する河川水で海水が

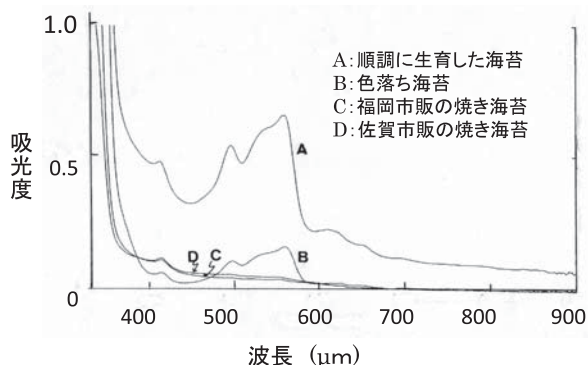


図4：色落ち海苔と普通の海苔の吸収曲線

(飯盛 啓生：修士論文 (2002))

希釈され、その後晴天が続き、海水の水温が上昇すると発生するといわれる。

また、海苔には「赤腐れ病」も発生することがあり、最近も発生が報告されている。この発生の原因としては水温の上昇、雨量の多さが考えられている。

5. 結 論

研究を学生の教育に還元することは重要である。また、地域の資源をテーマにした研究と教育はその地域の大学において十分に利用されることに意義がある。有明海をテーマに行う教育はこれまで行ってきた研究の成果を教育に生かすことができ、さらに学生が身近な教材に興味を示すことで、高い学習効果が得られることが期待される。

今回は有明海を教育資源としての内容およびその展開方法について考察した。今後は実際に学生の教育の中に展開し、その教育効果についてまとめたいと考える。今回提示した学習内容は小学校の学習範囲を超える部分もある。しかしながら、指導者を志す者には小学校の学習範囲に留まらずより高いレベルの知識も必要である。教員は得た知識をそれぞれの学年に沿った教育内容にアレンジし、利用することによって「理科教育」、「環境教育」の教育効果を高めることができるものと考えられる。

文 献

- 1) 安藤秀俊：小学校理科教育法—基礎知識と演習一，大学教育出版 (2013)，p. 3
- 2) 佐賀大学研究グループ代表飯盛喜代春：有明海の特異的環境において化学物質はどう巡っているか？，文部省科学研究費，研究成果報告書 (1992)
- 3) 楠田哲也編集：蘇る有明海—再生への道程一，p. 1，株式会社恒星社厚生閣，(2012)
- 4) 青山恒雄：月刊海洋科学，124，81 (1980)
- 5) 鎌田泰彦：月刊海洋科学，124，90 (1992)
- 6) 飯盛喜代春：用水と排水，36，5 (1994)
- 7) 飯盛啓生：工業用水，591，77 (2008)
- 8) 佐賀県くらし環境本部環境課：公共用水域及び地下水の測定結果，166 (2003)
- 9) 飯盛啓生：有明海北部及び流入河川水における底泥中の粘土鉱物と海水及び河川水中の金属元素の変動，九州大学大学院比較社会文化学府国

際文化専攻地球自然環境講座，修士論文，p17，
九州大学（2002）

- 10) 飯盛喜代春，野口さゆり，川口洋子：浅海干潟
総合実験施設研究紀要， 2， 91（1986）
- 11) 佐賀県：有明海浮泥に関する調査研究報告，
p. 45（1979）
- 12) 飯盛啓生，磯部敏幸：分析化学， 55， 999（2006）