

中海のヘドロ（腐泥）の教材化に関する基礎的研究 —中学校における環境学習の実践を通して—

齋木 雅之

Masayuki SAIKI

Fundamental Study on Nakaumi Sapropel (so-called *hedoro*) as a Teaching Material
— Through Practice of Environmental Studies in Junior High School —

【 要 旨 】

筆者の勤務校の校区は、2005年にラムサール条約に登録された中海に面している。同様に、校区が中海に面している鳥取県の公立中学校は7校ある。しかし、これらの公立中学校では、中海をテーマにした自然環境の保全を考えさせる授業実践は、筆者の管見する限りではなされていない。そこで、身近な自然環境である中海、それも中海から採取したヘドロ（腐泥）を用いた授業の教材化を図った。まず中海と中海にあるヘドロ（腐泥）を環境教育の題材として教材化を試み、授業実践をし、行われた授業に分析・検討を加えた。さらに、中海と中海にあるヘドロ（腐泥）を含む堆積物について地学的調査・研究を行い、それに基づく学習資料・教具の開発、授業内容の検討を経て、中学校第3学年理科第2分野第7単元へと発展させた授業カリキュラムの提案を行った。

【キーワード：中学校 理科 中海 ヘドロ（腐泥） カリキュラム開発】

I 研究の目的

『中学校学習指導要領（理科）』（2008）では、中学校理科第2分野第7単元の目標は「自然環境を調べ、自然界における生物相互の関係や自然界のつり合いについて理解させるとともに、人間と自然とのかかわり方について認識を深め、自然環境の保全と科学技術の利用のあり方について科学的に考察し判断する態度を養う。」と明記されている¹⁾。

2012年に行われた平成24年度全国学力・学習状況調査では、理科が初めて調査対象とされた。その理由を国立教育政策研究所は次のように明らかにしている。「次世代を担う科学技術人材の育成がますます重要な課題となっていること等を踏まえ、学習指導要領（平成20年告示）において、理数教育の充実が図られたことなどを受けて、理科を追加して実施する²⁾。」

鳥取県教育委員会が行った分析では、「理科に

関する「基礎的・基本的な知識・技能」に関する問題が優れており、質問紙調査においても理科の学習に対して関心を持って取り組み、大切だと考えている生徒が多い傾向である。」と報告されると共に、課題として次の2点が指摘された³⁾。①観察・実験の結果を根拠に基づいて分析・解釈したり、説明すること。②日常生活や社会の事象と関連づけて、理科に関する知識や技能を活用すること。これら2つの課題の改善を図るために、次のような方策が報告された³⁾。①に対しては、科学的探究の場面を学習の中に多く位置づけること。②に対しては、学んだことを別の場面で活かすことができる理解の質を高めること。これらの2点は特に、第2分野第7単元のねらいにせまるための課題であるとも捉えられる。

『中学校学習指導要領解説理科編』（2008）では、理科の改善の具体的事項として次の点が挙げられている。「持続可能な社会の構築が求められ

ている状況に鑑み、環境教育の充実を図る方向で内容を見直す。これらを踏まえ、(中略)第2分野の自然と人間についての学習の充実を図る⁴⁾。」このことは、第2分野第7単元の学習をより一層重視しているといえる。

筆者の勤務校の校区は、中海に面している。中海に校区が面する鳥取県の公立中学校は7校ある。しかし、これらの公立中学校では、中海をテーマにした自然環境の保全を考えさせる授業実践は、私の管見する限りではなされていない。そこで身近な自然環境である中海、それも中海から採取したヘドロ(腐泥)(以下、ヘドロと略す。)を用いた授業の教材化を行った。

ヘドロは海や湖沼の底にたまる有機物に富む堆積物である。ヘドロを化学的に分析すると構成有機物は陸上由来なのか、海域由来なのかが分かる。ヘドロ中の有孔虫を観察すると海の汚れ具合も分かる。このように、ヘドロは環境や人間の活動が記録されている貴重な資料なのである。

そこで本研究は、まず中海と中海にあるヘドロを環境学習の題材として教材化を試み、授業実践を行い、行われた授業に分析・検討を加えることをひとつの目的とした。さらに、行われた授業の分析・検討結果に、さらに考察を加え、それに基づく教材・教具の開発、授業内容の検討を経て、中学校第3学年理科第2分野第7単元へと発展させた授業カリキュラムの提案を行うことも目的とした。

II 中海と米子湾の歴史的背景と堆積物の分析



図1 中海周辺の地図⁵⁾

中海(図1)は、島根、鳥取両県にまたがり、面積は国内で5番目に大きい湖で、汽水湖としては2番目に大きい。中海は富栄養湖に分類されるが、他の淡水湖沼に比べ、水中の窒素に対するリンの割合が2倍近くも大きい⁶⁾。「国営中海干拓事業⁷⁾」(以下、中海干拓事業と略す)は、戦後

の食糧難を解決する目的で計画され、1968年から本格的な工事が始まった。しかし、その後の社会情勢の変化により、1970年には開田抑制がおこなわれ、2000年には中止が決定された。

中海は多くの水鳥たちが生息する貴重な地域であることから、2005年に「ラムサール条約」の登録湿地に指定された。

このように、中海への人間の関わり方は、社会情勢などにより、方向性に変化を生じる。時代背景の理解を抜きにして、中海の環境の変化を語ることはできないと考えられる。そこで、中海、特に米子湾を中心とする地域と人との歴史的なつながり、米子湾内の地形の調査を文献資料を中心に調査した。その後、地学的研究手段を用いて、ヘドロを含む堆積物を分析し、データの解析を行った。そして、歴史的事実と得られたデータとを関連づけた解釈も行った。

1 米子湾を通じた人と中海のつながり



図2 約100年前の中海の様子⁸⁾ 図3 現在の様子

約100年前、中海は多くの人々が海水浴を楽しむ親水の間であった(図2)。現在では、中海の環境は大きく変わった(図3)。そして我々の生活スタイルの変化や中海と陸地との関係の変化も生じた。しかし、今再び中海への関心が高まりつつある。親水の間、生産の間、循環の間、その他多くの役割を担う中海へと再生させる活動が広がりつつある⁹⁾。

2 米子湾周辺の人工的地形形成と湖岸調査結果

(1) 米子湾周辺部の地形の経年変化

米子湾は、中海の最も奥まった場所に位置する。環境負荷が拡散しにくく水質汚濁や底質汚染が生じやすいことは、現在の米子湾が抱えている課題の主要な部分である。そして背後の都市や地域が求める多様な要請を担っている点は米子湾周辺部の地形を変化させている。そこで国土地理院発行の発行の2万5千分の1の地図を用いて経年比較し、米子湾周辺部の地形の変化を地図上に記録した。調査結果を図4に示す。



図4 昭和58年の米子湾周辺地図

- [A] は昭和8年から昭和17年の米子港改修工事によって造られた波止場。
- [B] は昭和46年から平成4年に造られた彦名干拓地。
- [C] は昭和51年の米子港改築。
- [D] は昭和46年から49年に造られた湊山公園。
- [E] は昭和44年の深浦港浚渫地。
- [F] は平成4年に完成した錦海団地。
- [G] は昭和43年から昭和51年に造られた安来工区。
- [H] は昭和43年から昭和50年に造られた揖屋工区。

この調査から 1968 年から本格的工事が始まった中海干拓事業による干拓地の他、高度経済成長に伴う米子港の改築，市民広場としての湊山公園の整備，人口増加による宅地造成が行われたことが明らかになった。それらの大型工事が昭和 40 年代後半～平成 4 年までの約 20 年間で着工から完成に至っていることも読み取れる。

(2) 米子湾周辺の湖岸調査

米子湾周辺は水圏と地圏がどれくらいの割合で接する沿岸域なのかを調査した。一般的に，沿岸域においては，水圏から地圏に徐々に遷移するエコトーンが形成され，潮汐や波浪などによりその境界が変動することが，変化に富んだ環境を形成する。エコトーンでは，干潟・海浜・藻場・珊瑚礁が存在し，生物の生産性も高く，環境の価値は高い¹⁰⁾。

調査場所は，米子市彦名干拓地から安来港に至る湖岸である。湖岸を歩き，目視により水圏と地

圏の境界が①コンクリート岸壁，②人工岩礁，③自然岩礁又は自然帯のどれに近いのかを筆者が判断した。そして①～③それぞれの距離を測定した。そして①～③のそれぞれの距離の，湖岸線全体の距離に対する割合を求め，図 5 に示した。

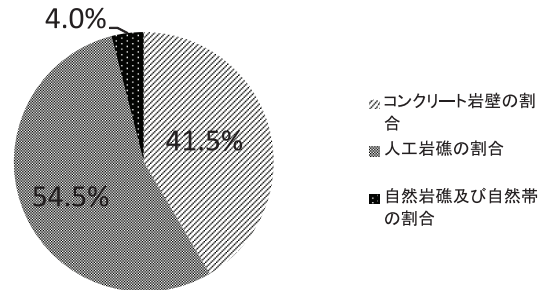


図5 彦名干拓地～安来港の湖岸の様子

図 5 より，米子湾周辺の湖岸は，大部分が人工的な開発を受けており，自然岩礁又は自然帯は全体の約 4.0%でしかないことが分かった。

3 中海の堆積物の調査

(1) ヘドロ中の生物調査



図6 自作したヘドロ採取器

ヘドロ中の生物の採取は米子湾周辺で 2012 年 8 月～ 10 月にかけて行った。採取には自作した採取器(図 6)を使用した。採取時に生じるトラブル対策等も行った。そして中学生がヘドロの採取をするのに適切な場所を確定し，その場所のヘドロ中の生物調査を行った。

(2) 堆積物による年代測定

湖底の堆積層の年代を測定するために ^{210}Pb 法による年代測定を実施した¹¹⁾。

堆積物の年代測定の試料採取地点は，新加茂川流入部である。そこで柱状採泥器によりコア試料を採取し，表層から 1cm ごとに 50cm まで 50 試料を採取した。26 試料を分析した中で，人的影

響を受けていないと考えられる 0cm ~ 19cm の中の 7 試料を年代測定の計算に用いた。

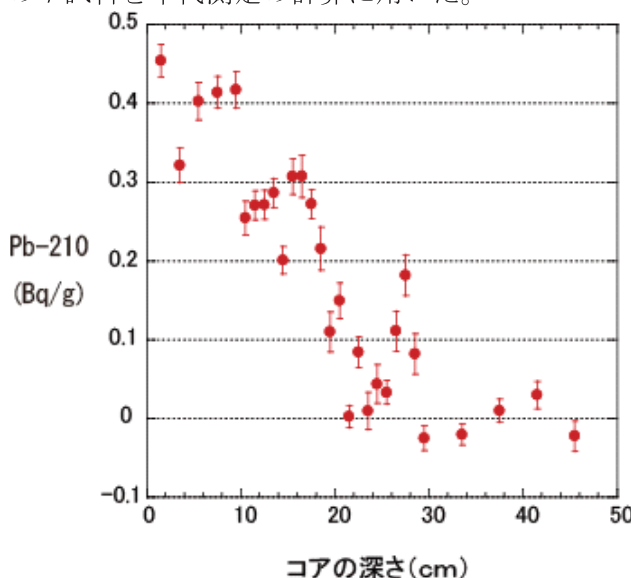


図7 ^{210}Pb のコア中での分布

図 7 は ^{210}Pb の測定結果の散布図である。
 ^{210}Pb の放射能濃度は湖底下 18cm まで 0.20 ~ 0.43 Bq/g であったが、湖底下 22cm からは極めて低い濃度になる。これらの濃度分布は湖底下 22cm が不連続になっていることわかる。湖底下 18cm までの分布をみても濃度の変動が著しいことがわかる。

(3) CHN測定

水中の堆積物が海域由来なのか陸上由来なのかを調べるために、元素分析装置を用いて有機物中の炭素、水素、窒素の定量を行った。また、ヘドロを乾燥させて求めた含水率と湖底下深度との関係を図 8 に示す。

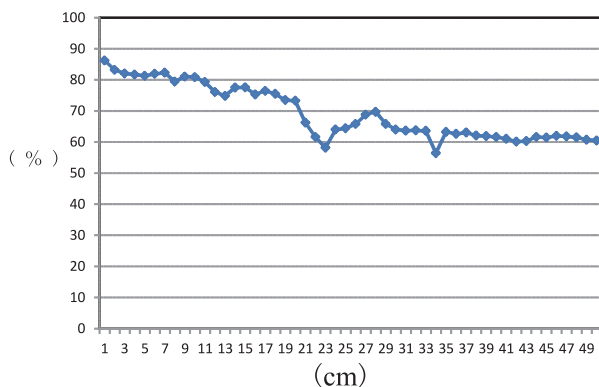


図8 含水率グラフ (深さ1~50cm)

全体の傾向は、深度が増すにつれて含水率の低下が見られる。湖底下 24cm, 34cm のあたりでは急激な低下が見られるが、湖底下 24cm あたりの低下は、前後の層と相関がある。

湖底下 1cm から 20cm の層を拡大したグラフを図 9 に示す。

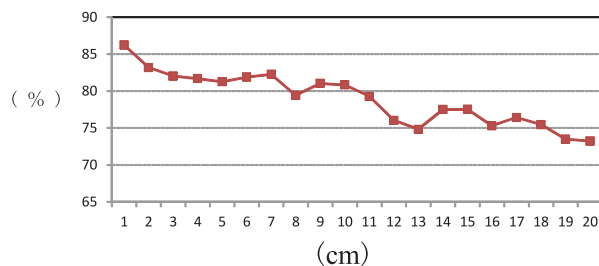


図9 含水率グラフ (深さ1~20cm)

図 8 では連続的な低下として捉えられるが、図 9 では小さな増減をくり返しながら低下している様子が読み取れる。

ヘドロから有機物と貝殻を取り除いて求めた含砂率と湖底下深度との関係を図 10 に示す。

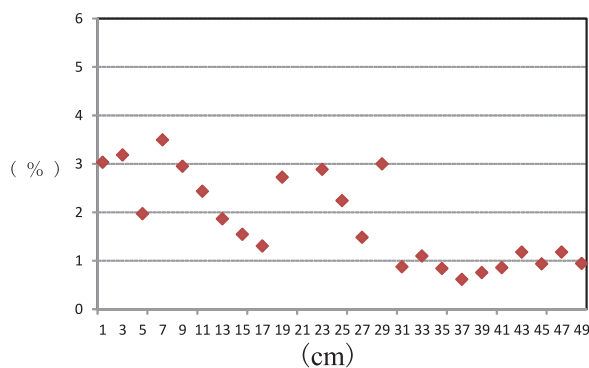


図10 含砂率グラフ (貝殻除く)

全体的なグラフの傾向は、緩やかに増減をくり返しているが、湖底下 27cm から 29cm にかけて急激な増加が見られる。

元素分析装置で求めた C/N の値を図 11 に示す。

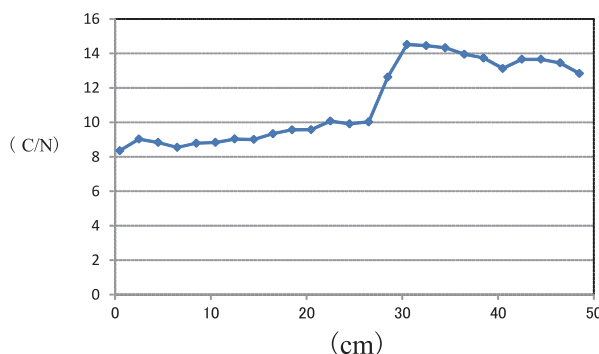


図11 C/N値

湖底下 29cm から 33cm にかけて急激な上昇を示している。

(4) 有孔虫の遺骸個体数の変化

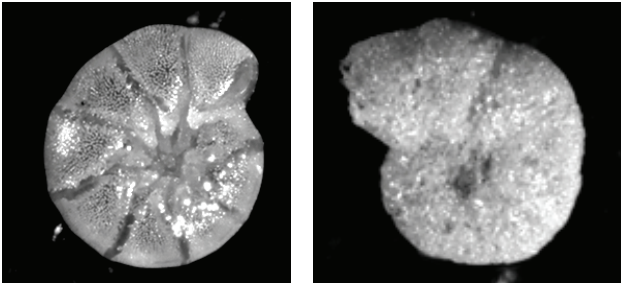


図12 *Ammonia beccarii* 図13 *Haplophragmoides*

有孔虫(図 12, 図 13 は地中海で見られる代表的な有孔虫)は、古生代後期や中生代、新生代における海成堆積物の生層序の指標として重要である。有孔虫は、陸上から深海まで、また極域から熱帯域までの幅広い環境に生息する。生態的感受性が強いので、特に現在および過去の環境を調べるのに有用である。有孔虫群集の組成変化が水塊の循環や水深の変化を追跡するのもにも使われる。本研究では、有孔虫のもつ「生態的感受性」を示相化石的な特徴と捉えて、遺骸個体数を堆積層の環境指標として扱った。有孔虫の遺骸個体数の変化のデータを図 14 に示した。

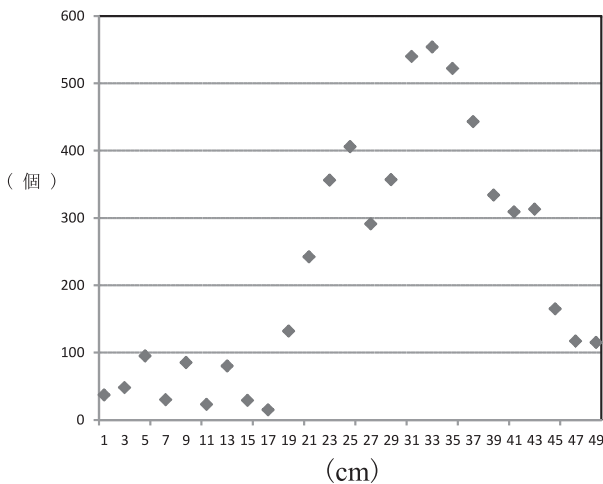


図14 有孔虫の遺骸個体数変化

図 14 から読み取れることは、湖底下 0cm ~ 17cm までは多少、上下の変動はあるものの 100 以下で安定している。湖底下 17cm ~ 25cm までは一気に増加し、27cm で一度減少するが、再び増加し、33cm でピークに達する。その後はほぼ一定の割合で減少している。

4 地中海の堆積物の調査・研究に対する解釈

^{210}Pb に基づいてコア試料の堆積年代について考察する。図 7 において、不連続の見られたコア深度 29cm より上位で、堆積物に攪乱のない 7 つ

の測定値(黒点)を使って指数曲線を求めた。求めたグラフを図 11 に示す。

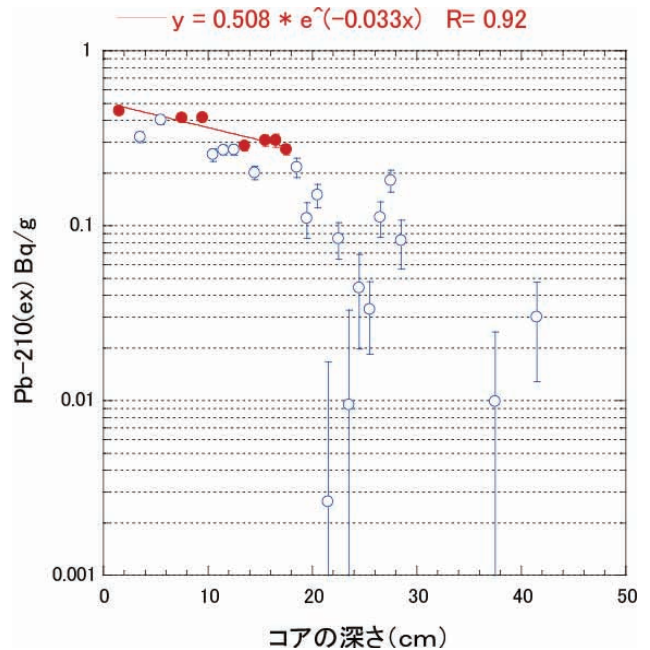


図11 ^{210}Pb のコア中での分布

得られた指数曲線は、縦軸を Y、横軸を X とすると $Y=0.508\exp(-0.033X)$ となった。この係数 0.033 を λ とし、関係式 $T=\log_2/\lambda$ を基にして堆積速度を計算した。ここで、T は半減期 (22.3 年)、 λ は崩壊定数である。ただし、ここではコアの長さを基に計算しているため、T は、 $22.3S$ と表現される。S は堆積速度を示す。よって $22.3S=0.693/0.033$, $S=0.942\text{cm/年}$

この堆積速度から、湖底下 30cm は約 31.8 年前に相当することがわかる。コア深度 29cm から、含砂率が増加したことから、湖底で堆積環境が変化したことが考えられる。従って、28-29cm までの年数について求めると、1982-1981 頃となる。一般に 1960 年代前半は ^{137}Cs 濃度が高いことで特徴付けられるにも関わらず¹²⁾、今回分析した試料では、コア深度の 26-27cm で 0.025Bq/g の弱い検出があった。この部分は再堆積したものであることから、コア深度の 26-27cm は、1960 年代後半に相当するものと考えられる。

次に米子湾の有機物の由来について考察する。

コア深度 29cm より上の深度において得られた試料の C/N 値 8 ~ 10 は一般的な植物プランクトンの値 $C/N=6.6$ に近似する¹³⁾。一方、湖底下 33cm から下の深度において得られた試料の C/N 値は 13 ~ 15 であり、上述の 6.6 よりも大きいことから、湾内に陸上有機物が流入していたと考えられ

る。湖底下深度 29-33cm は、1980 年代に相当するものと考えられる。

次に、有孔虫の遺骸個体数の変化を考察する。湖底下 22cm 付近の有孔虫の種類と殻の様子を双眼実体顕微鏡で観察を行った。すると、湖底下 19cm ~ 27cm において、川床から流れたであろう淡水に住む有孔虫 (*Haplophragmoides*) 見られた。そして、湖底下 23cm ~ 27cm では有孔虫の殻が激しく破損していることもわかった。湖底下 27cm は、²¹⁰Pb による年代測定で求めた、湖底の堆積環境が変化したと考えられる 1980 年代の米子湾の大規模な浚渫工事が行われた時期とほぼ一致する。

このように、²¹⁰Pb に基づく計算で求めた堆積年代は、有機物組成の変化に対する解釈と有孔虫の遺骸観察による解釈とほぼ一致した。

この解釈に対して米子湾の奥部全域の浚渫作業が 1980 年代半ば以降 (1985 年) に行われたことが注目される。湖底の浚渫作業に伴った堆積物の移動にともなう堆積作用の攪乱が起っていることは充分考えられることである。本研究で求めた堆積年代は計算以外の視点からも支持される。これらの考察により、図 12 に示す柱状図の教材の開発ができた。

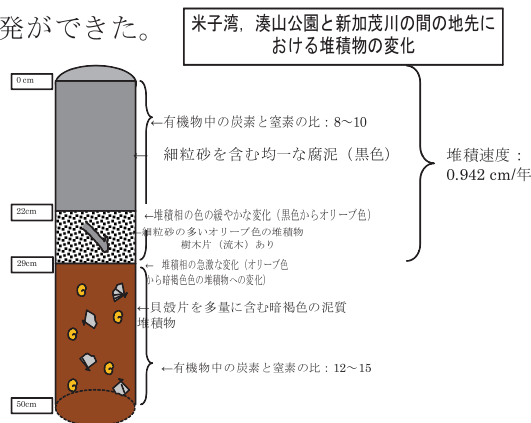


図12 米子湾、湊山公園と新加茂川の間の地先の柱状図

Ⅲ 地中海のヘドロの教材化

1 教材化の視点

鳥取県の中学校で採択されている理科教科書¹⁾では、中学校第3学年で学習する第7単元「自然と人間」は次の5章で構成されている¹⁴⁾。第1章「自然界のつり合い」、第2章「人間と環境」、第3章「自然と人間のかかわり」、第4章「科学技術と人間」、第5章「科学技術の利用と環境保全」である。第5章において、「自然環境を保全するうえで、わたしたちのまわりにはどのような課題

があり、どのように解決すればよいだろうか。」の問いが設定されており、それに基づき自然環境を直接調べたり、記録や資料を基に調べるなどの活動が求められている¹⁵⁾。

自然環境を直接調べるためにはまず身近な自然がどのような状態にあるのかを科学的に把握する必要がある。ここで環境教育と教科「理科」が結びつく。つまり身近な自然の状態を野外観察や環境調査などを行うとともに、それにとまらなう観察・実験等を通して把握するのである。野外観察や環境調査などの自然に対する直接経験から得られた観察結果や調査結果、あるいは観察・実験結果、これらの結果を図や表などで表現したり、結果や図や表を自分たちで分析したり、解釈したりすることは環境教育のねらいにとまらず理科第2分野のねらいにせまる活動であると捉えられる。

2 授業展開の概要

授業は、G 中学校第1学年30人(男子15人、女子15人)を授業対象者として、2012年5月中旬から7月上旬の間に日時をわけて2時間続きの授業を3度実施した。すなわち50分の授業6時間分に相当する。表1には授業展開の概要が示されている。

表1 授業展開の概要

時	授業の概要
第一・二時	①身近だと思う自然を挙げる。 ②約100年前と現在の地中海を写真で比較する。 ③観察「ヘドロに触れる。」 ④次回の学習課題「ヘドロの中に何があたり、いたりすのか。」を調べる観察方法を考える。
第三・四時	⑤前時④についての他者の考えを知る。 ⑥観察「ヘドロの中には何があたり、いたりすのか調べる。」 ヘドロの有機物を洗い流して、残った物質や生物を観察する。 ⑦実験「ヘドロの臭いや成分を調べる。」 ・酸素、二酸化炭素、アンモニア、硫化水素の濃度測定。 ・ヘドロを構成する有機物を燃やし、発生した気体を調べる。 ⑧観察・実験結果の共有 ⑨「なぜ、地中海はヘドロで汚れてしまったのか？」を考える。 ⑩地中海の汚れは人間の生活が大きく影響していることが分かる。
第五・六時	⑪明治時代と現在の地中海の地形を比較する。 ⑫地中海の環境に対して、行政や地域の人々がどのような取り組みをしているのかを知る。 ⑬「なぜ、道路や側溝の清掃や堤防の除草が地中海の環境改善につながるのか。」を考える。 ⑭地中海は、わずかな有機物の流入をも防がなければならない現状であることが分かる。

表1から分かるように本授業実践では下の5つの学習内容が主要部分となっている。

- i) 地中海の今と昔を比較する学習
- ii) 地中海のヘドロ中の生物を観察する学習
- iii) 地中海のヘドロの臭いや成分を調べる学習
- iv) 地中海の汚染の原因に関する学習
- v) 社会的な環境保全活動を学ぶ学習

3 実践授業の考察の方法

本授業は、イメージマップ法¹⁶⁻¹⁸⁾を主たる考察方法として採用したが、生徒の書いた感想文とワークシートの文章記述にも検討を加え、補助的な授業の考察方法としても用いた。

4 実践授業の考察

(1) イメージマップの分析による授業考察

① 連想語数の増減に関する検討

学習前後にイメージマップを作成した生徒は30名であった。図13には生徒Aが描いた学習前後におけるイメージマップが示されている。

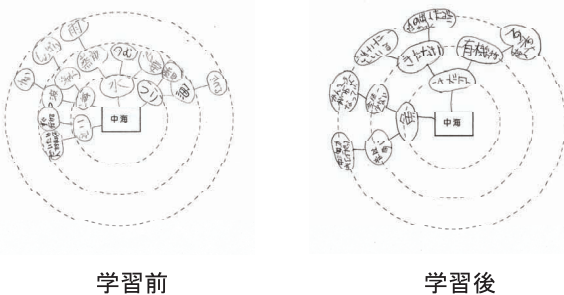


図13 生徒Aの描いたイメージマップ

図13から、生徒Aは、学習前には「地中海」から17個の連想語を、学習後は11個の連想語を記したことが分かる。

学習者全員の学習前後のイメージマップに鍵概念「地中海」から連想され、書き出された連想語数を数え上げ、その平均値を計算した。するとイメージマップに書き出された学習者一人あたりの連想語数の平均値は、学習前13.4、学習後13.2となった。これらの値にt検定を加えると、学習前後において平均値の変化は見られなかった。($t = 0.1, df = 29, p < n.s.$)¹⁹⁾

② 連想語の属するカテゴリーに関する検討

イメージマップに書き出された連想語がどのような種類のカテゴリーに分類されるか、検討を加えた。その後、分類された連想語の属するカテゴリーの数の増減に検討を加えた。

イメージマップに書き出された連想語を分類するに当たっては、単元学習において、前述した5つの学習が行われているので、イメージマップに書き出された連想語が、これらのどの観点に属する連想語かを筆者が分類した。

その後、前述した学習内容i)に相当する、連想語のまとまりをサブカテゴリー「今と昔の比較」と名付けた。同様に、学習内容ii)は「生物の存在」、学習内容iii)は「実験に関する項目」、学習

内容iv)は「中海汚染の原因」、学習内容v)は「環境改善への取り組み」と名付けた。これら5つのサブカテゴリーを統合したカテゴリー名を主カテゴリー「学習用語」と名付けた。

主カテゴリー「学習用語」に分類されなかった連想語は、上述した5つの学習内容に直接関係していない連想語なので主カテゴリー、サブカテゴリーともに「学習外用語」と名付けた。

表2には、分類されたカテゴリーと各カテゴリーに含まれる主な連想語が示されている。

表2 カテゴリーと含まれる主な連想語

主カテゴリー	サブカテゴリー	含まれる主な連想語
学習用語	今と昔の比較	昔はきれいで泳げた 今は汚い 昔はきれい
	生物の存在	魚 生き物 貝
	実験に関する項目	臭い ヘドロ 硫化水素 有機物
	中海汚染の原因	ゴミ 埋め立て ポイ捨て 生活ゴミ
	環境改善への取り組み	清掃活動 もがり きれいにする
学習外用語	学習外用語	近い 海 つり 水 きたない

図13に示された生徒Aの学習前のイメージマップに記された連想語の属するサブカテゴリーは学習用語である「生物の存在」と学習外用語である「学習外用語」の2サブカテゴリーであることがわかる。学習後のサブカテゴリーは「生物の存在」「中海汚染の原因」「環境改善への取り組み」「今と昔の比較」「実験に関する項目」の5カテゴリーであり、学習前と比較すると主カテゴリー「学習用語」だけの連想語となり、主カテゴリー内のサブカテゴリーだけで4カテゴリーが増加したことが分かる。

授業前後の各サブカテゴリーに書き出された連想語数を数え上げ、連想語総数に対する各サブカテゴリーに属する連想語数の占める割合を学習前後で算出し、図11に表した。

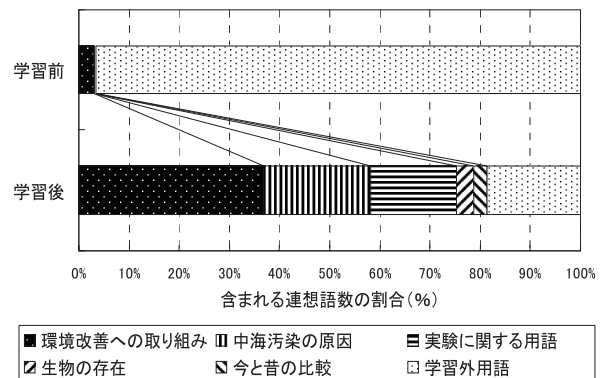


図11 学習前後の各カテゴリーの連想語の占める割合

図 11 より、授業後において連想語総数に対し連想語数の割合が増加したサブカテゴリーは、「環境改善への取り組み」(授業前 3.0%，授業後 36.9%；以下、3.0→36.9 と略)、「中海汚染の原因」(0→21.2)、「実験に関する項目」(0→17.2)、「生物の存在」(0.2→3.5)、「今と昔の比較」(0.2→2.5) の 5 サブカテゴリーであることが分かる。一方、サブカテゴリー「学習外用語」(96.5→18.7) に属する連想語数の割合は減少したと分かる。

このことから学習用語内の 3 つのサブカテゴリー「環境改善への取り組み」「生物の存在」「今と昔の比較」についてはいずれも増加したことが分かる。学習用語内の 2 つのサブカテゴリー「中海汚染の原因」「実験に関する項目」は学習後、新たに付け加えられたことが分かる。「学習外用語」については割合が減少したことが分かる。

これらの結果、前述した学習内容 iii), iv), v) に関する連想語は多数出てきたといえる。一方、前述した学習内容 i), ii) に関する連想語は学習内容 iii), iv), v) に比べて少ないことがわかる。

③ 連想系列に書き出された連想語の属するサブカテゴリーの数の検討

鍵概念から 2 つ以上の連想語が書き出された連想系列を一つの連想系列として捉えて、1 つの連想系列の中に書き出されたそれぞれの連想語が 5 つの学習内用語のサブカテゴリーのどれに相当するか検討した。そして、1 つの連想系列の中に書き出された連想語の属するサブカテゴリーの数を数え上げた。

5 つのサブカテゴリーのうち、1 つのサブカテゴリーに含まれる連想語しか出ていない連想系列は 78 系列であった。2 つのサブカテゴリーに含まれる連想語が出ていない連想系列は 29 系列であった。3 つ以上のサブカテゴリーに含まれる連想系列はわずか 7 系列であった。授業者が意図した 5 つの学習内容は全部出ていないことが分かる。さらに 5 つの学習内容を関連性を持たせて理解をしている学習者も少ないといえる。

(2) 文章記述の分析による授業の考察

① 感想文による授業の考察

学習者 B は次のような感想文を書いた。「この学習で初めて中海や自然に興味を持った。」学習者 B は、学習によって中海や自然などに関心が広がっていったのではないかと読み取ることができる。学習者 C は次のような感想文を書いた。「最

初はヘドロの臭さがすごくいやだったけど、勉強していくうちに中海をよごしたのが人なのならば、中海をきれいにもどすのも人という考えになっていきました。」

学習者 B や C の文章記述から、環境に対する意識や気持ちの変容が見られる学習者を見出すことができた。しかし、環境に対する意識や気持ちの変容が見られる記述をした学習者は B、C らのわずか 2 人だった。なお、授業後に感想文を書いた学習者は 31 人であった。

② ワークシートの文章記述による授業の考察

ワークシートの「わたしたちにもできることを考えよう。」の項目に書かれた文章記述を筆者が分類すると次の 3 つに分類できた。a. 「ゴミを捨てない。」「ゴミを拾う。」などの記述である。のべ 21 の記述があった。b. 「洗剤などの使用量をおさえたり、油をながしたりしないこと。」「水を汚染しないようにする。」などの記述である。のべ 14 の記述があった。c. 「ボランティアに参加する。」「地域の活動に進んで参加する。」などの記述である。のべ 6 の記述があった。これらのことから、一人でも簡単に取り組める活動をしよとする学習者は多く見られるが、周囲への働きかけを伴う活動やボランティア活動に関する記述は一人で行う活動に比べて多くはなかった。

IV 中学校第3学年理科第2分野第7単元の授業カリキュラムの提案

『中学校学習指導要領解説理科編』によると、第3学年第2分野第7単元の目標にせまるためには、「自然と人間の関わり方について日常生活や社会と関連付けて、多面的、総合的に考察させ、自然に対する総合的な見方や考え方を養うこと。」そして「自然環境の保全について科学的に考察させ、持続可能な社会を作っていくことが重要であることを認識させることが必要であると記載されている²⁰⁾。」そのため、より問題解決能力を培い、それに基づく、科学的かつ合理的な意思決定とそれに基づく意思行動ができるような授業となるように、II 章、III 章で行った考察を活かして新たな授業カリキュラムの提案を行う。

1 II 章から得られた示唆

II 章では、地学に関する教科専門的な知見に基づいた資料や教具の開発に取り組んだ。それによ

って得られた成果と課題を表3に示す。

表3 地学に関する教科専門的な知見に基づいた学習資料や教具の開発によって得られた成果と課題

成果	<p>ア 地中海の歴史の変遷、地中海周辺の地形の経年変化などをまとめた。これらの資料は、地中海を題材にして授業を行う上で、授業者が身に付けておくべき基礎知識となる。</p> <p>イ 米子湾を中心とする野外活動、環境調査の結果は、地中海の環境保全のために大切なことを生態系の視点から考えさせる資料として活用できる。</p> <p>ウ ヘドロ採取器を自作し、採取法が確立できた。ヘドロを採取する適地も調査し、定めた。学習者自らの手で、ヘドロの採取を行うことができる。</p> <p>エ 米子湾、淡山公園と新加茂川の間の地先100mにおける柱状図を作成した。学習課題「人間が地中海の環境を変化させたことで中海が汚れたのではないか？」をこの柱状図を用いて推論させる学習活動を組み立てられる。</p>
課題	<p>学習者が観察するであろう主な生物を同定するミニ図鑑の作成に取り組んだ。しかし、採取物の種類が少なく、ミニ図鑑としては不十分である。今後も、継続して行い、資料の作成に取り組みたい。</p>

2 III章から得られた示唆

III章は実践した授業に考察を加えた。それに基づき本章本節では、考察から得られた成果と課題を明らかにすると共に、課題に対する改善策を立てた。成果と課題及び改善策を表4に示す。

表4 実践した授業の考察により明らかになった成果と課題及び課題に対する改善策

	III章における考察	成果に基づく提案
成果	<p>ア 5つの学習内容のうち、iii)中海のヘドロの臭いや成分などを調べる学習とiv)中海の汚染の原因に関する学習とv)社会的な環境保全活動を学ぶ学習は学習者の知識獲得が行われたと捉えられた。</p> <p>イ 自分一人で取り組めたり、少しの心がけでできる中海の環境保全活動をしようとする学習者が多く見られた。</p>	<p>今回の授業実践と同様の、5つの学習内容を柱とした授業構成を第7単元でも提案する。</p>
	III章における考察	課題に対する改善策
課題	<p>ア 実践した授業前後で連想語の数が変わらなかった。</p> <p>イ 5つの学習内容のうち、i)に該当する連想語があまり増加しなかった。</p>	<p>比較して得られた生徒の考えをまとめさせたり、発表させるための十分な時間を確保できなかったことが原因だと考えられる。理解が不十分である学習者に対して支援するために、次の3点の支援が必要である。①考えをまとめる時間を保証する。②明確にすることを明らかにする。③全体でまとめをはっきり示す。</p>
	<p>ウ 学習者は5つの学習内容を理解できているとは言えない。</p>	<p>発問が不明確な部分を見直し、改訂する。</p>
	<p>エ 5つの学習内容のうち、ii)に該当する連想語があまり増加しなかった。</p>	<p>ヘドロを洗う手順の説明が不十分であり、生物を発見できる状態まできれいに洗うことができなかったことが原因だと考えられる。</p>
	<p>オ 5つの学習内容を関連性を持たせて理解している学習者は非常に少ない。</p>	<p>5つの学習内容を関連付けて理解することができればイメージマップに記述される学習用語の種類や数が増え、総数も増えると考えられる。実験では、ワークシートを実験の手引きと分けたものにせず、観察・実験→結果→考察と順序立てたワークシートになるよう改訂する。学習者が授業の中で課題を見つけ、観察・実験の結果を用いて人間の生活が中海に及ぼす影響を説明させる授業を行う必要がある。</p>
	<p>カ 環境に対する意識や気持ちの変容が見られる記述をしたのはわずか2名であった。</p>	<p>①自分の考えを発表したり友達のことを聞くことで、環境に対する自分の気持ちをまとめたり、高めたりする活動を行う必要がある。②感想文にはあまり質問項目を設けず自由記述を中心とし、学習者が学んだことや気持ちの変容を自由に書き出せるように改訂する。③ワークシートで記述させた問いを「中海の環境の現状を保ったり、よりよくするにはどうすることが必要か。自分はどういう取り組みをしていきたいか。」にかえ、授業の終末に設定し、学習者の主体的な意思決定・意思行動の表れる記述を引き出す。</p>

(4) 中学校第3学年理科第2分野第7単元第2章 人間と環境の授業カリキュラム提案

II章、III章から得られた示唆を活かした授業カリキュラム、学習指導計画と評価規準・評価基準を表5に示し、提案する。

表5 学習指導計画と評価規準・評価基準

時	指導計画	評価規準	評価基準の例	
			A基準	B基準
第一時	<p>●昔の中海は今とどう違っていたのか話し合う。</p> <p>●ヘドロの存在を知り、観察し、特徴をまとめる。</p>	<p>(関) 写真を比較し、違いを見つけられる。</p> <p>(技) ヘドロを観察し、その特徴を書ける。</p>	<p>2つの写真から中海の環境の変化を見出せる。</p> <p>ヘドロの観察をし、色や臭いなどについてまとめられる。</p>	<p>写真を比較し、違いを見つけられる。</p> <p>ヘドロを観察し、気づいたことを書ける。</p>
第二・三時	<p>●中海へ行き、ヘドロ採取器を使ってヘドロを採る。</p>	<p>(技) ヘドロを安全に採取できる。</p>	<p>採取器の特徴を理解して、トラブル無くヘドロを安全に採取できる。</p>	<p>ヘドロを採取できる。</p>
第四時	<p>●ヘドロの構成物と性質を調べ、班ごとに実験結果をまとめ、考察をする。</p> <p>・臭い成分を調べる。</p> <p>・洗い構成物調べる。</p> <p>・加熱し性質調べる。</p>	<p>(技) 実験器具を正しく安全に使用できる。</p> <p>(表) 実験で得られた結果を表に書ける。</p>	<p>気体検知管の使用法を理解しており、実験を正しく安全に行える。</p> <p>実験で得られた結果をもとに図や表にまとめられる。</p>	<p>実験器具を正しく安全に使用できる。</p> <p>実験で得られた結果を表に書ける。</p>
第五時	<p>●前時の観察・実験結果に基づいた考察を行う。</p> <p>●明治時代と現在の中海の地形を比較し、変化の原因を考える。</p> <p>●課題「人間が中海の環境を変化させたことで中海が汚れたのではないか？」をたてる。</p>	<p>(思) 前時の観察・実験結果に基づいた考察ができる。</p> <p>(関) 明治時代と現在の中海の地形を比較することに興味を持ち、地形の変化の原因について考えようとする。</p>	<p>前時の観察・実験結果に基づいた論理的な考察ができる。</p> <p>明治時代と現在の中海の地形を比較することに興味を持ち、地形の変化の原因について考えようとする。</p>	<p>前時の観察・実験結果に基づいた考察ができる。</p> <p>明治時代と現在の中海の地形を比較することに興味を持ち、地形の変化の原因について考えようとする。</p>
第六時	<p>●人間が中海の環境を変化させたことで中海が汚れたのではないかと考察する。</p>	<p>(思) 人間が中海の環境を変化させたことで中海が汚れたのではないかについて柱状図をもとに考察する。</p>	<p>柱状図をもとに考察を行い、自分の意見をまとめることができる。</p>	<p>柱状図をもとに自分の意見をまとめることができる。</p>
第七時	<p>●中海の環境に対して、行政や地域の人々がどのような取り組みをしているのかを知る。</p> <p>●中海の環境保全について自分ができることを考え、意見を発表し合う。</p>	<p>(知) 中海の環境保全について「物質循環の仕組み」の視点から考えることができる。</p> <p>(表) 中海の環境保全について自分ができることを考え、意見を発表し合う。</p>	<p>中海は有機物が自然界を循環しにくい環境であることを捉えている。</p> <p>自分の意見を発表することができる。友達の見解を受容できる。</p>	<p>有機物が自然界を循環する必要性を理解している。</p> <p>自分の意見を発表することができる。</p>
第八時	<p>●これまでの学習を振り返り、中海の環境保全について自分ができることを考える。</p>	<p>(表) 中海の環境の現状を保ったりよりよくするにはどうすることが必要か、自分はどうしていききたいかについてまとめる。</p>	<p>自分は学習を活かした生活をどうしていきたいかを強い意思や行動面についてまとめることができる。</p>	<p>これまでの学習を生かして、自分の考えをまとめることができる。</p>

授業展開の概要を表6に示し、提案する。

表6 授業展開の概要

時	授業の概要
第一時	①100年前の中海と現在の中海を写真で比較する。 学習内容 i) 今と昔の比較 ②ヘドロの存在を知り、実物を観察する。 ③観察して分かったこと、観察した結果でできた疑問点をまとめる。
第二・三時	④中海へ行き、各班ごとにヘドロ採取器でヘドロを取り、容器に密封する。
第四時	⑤学習課題「ヘドロの構成物と性質を調べる」を知る。 ⑥学習課題に取り組む。 学習内容 ii) 生物の存在 ・臭いの成分を調べる。 学習内容 iii) 実験に関する項目 (気体検知器を使い二酸化炭素、酸素、硫化水素の濃度測定をする ・ヘドロを洗い、構成物を調べる。 (実体顕微鏡で、構成物を観察する) ・ヘドロを加熱し、ヘドロの性質を調べる。 (実験結果から有機物か無機物かを判断する。) ⑦観察・実験の結果を班ごとにまとめる。
第五時	⑧前時の観察・実験結果に基づいた考察を行い、発表する。 ⑨明治時代と現在の中海の地形を比較する。 (比較することで人間が中海の環境を変化させたことを明確にする) ⑩学習課題「人間が中海の環境を変化させたことで中海が汚れたのではないか？」をたてる。 学習内容 iv) 中海汚染の原因
第六時	⑪学習課題「人間が中海の環境を変化させたことで中海が汚れたのではないか？」を確認する。 ⑫学習課題を考える。 学習内容 iv) 中海汚染の原因 ・柱状図をもとに推論する ⑬班ごとに、柱状図の分析結果を発表する。
第七時	⑭中海の環境保全のために「藻刈り」などの施策があることを知る。 ⑮「なぜ、道路や側溝の清掃や堤防の除草が中海の環境改善につながるのか。」を考える。 学習内容 v) 環境改善への取り組み ⑯中海の環境保全のために、自分にできることを考え、発表し、友達の見解も聞く。
第八時	⑰これまでの学習を振り返り、中海の環境の現状を保ったり、よりよくするにはどうすることが必要か、自分はどのようにしていきたいかについてまとめる。 学習内容 v) 環境改善への取り組み

V 研究のまとめと今後の課題

本研究では、まず、これまでの現職教員としての経験をもとに中海のヘドロを環境学習の題材として教材化を試み、授業実践を行った。その後、地学的調査・研究から得た中海の歴史的変遷、中海周辺の地形の経年変化などの資料は、授業者が身に付けておくべき基礎知識となった。ヘドロ採取器の自作や採取される生物を同定したことは、観察・実験を充実させることができる。米子湾を中心とする野外活動、環境調査の結果は、中海の環境保全のために大切なことを生態系の視点から考えさせる資料として活用でき、環境改善への取り組みを考えさせることに活かすことができる。米子湾の堆積物調査より作成した柱状図は、推論

させる学習活動を組み立てる資料となった。

実践授業の考察からは、学習課題や発問の見直しやワークシートや感想文の記述のさせ方に修正点があること、学習内容を理解させることや学習内容を関連付けて理解させるためにも、結果と考察をきちんと分け、それぞれ明確にすべき点を明らかにすること等の示唆を得た。これにより、5つの学習内容のねらいをはっきりと示した授業が展開できる。

勤務校に戻ってからは、提案した第2分野第7単元の授業カリキュラムの妥当性を検討する課題が残された。

【謝辞】

本研究を進めるにあたり、懇切丁寧に御指導いただいた野村律夫先生、栢野彰秀先生に心よりお礼申し上げます。

研修の機会を与えてくださった後藤ヶ丘中学校の栢木隆志校長先生をはじめ多くの先生方、教育委員会の方々ありがとうございました。

引用・参考文献

- 1) 文部科学省 2008:『中学校学習指導要領(理科)』, p. 69, 大日本図書, (東京都)
- 2) 国立教育政策研究所 2012:「平成24年度全国学力・学習状況調査解説資料(中学理科)について」, p. 1 http://www.nier.go.jp/12chousa/12kaisetsu_chuu_ri_ika.pdf (2012年1月9日閲覧)
- 3) 鳥取県教育委員会 2012:「とっりの学び」, (鳥取県)
- 4) 文部科学省 2008:『中学校学習指導要領解説理科編』p. 5, 大日本図書, (東京都)
- 5) google マップ <http://maps.google.co.jp/> (2013年1月9日閲覧)
- 6) 伊達善夫 2011:『宍道湖・中海の干拓淡水化事業をふり返って』, pp.14-15, ハーベスト出版, (島根県)
- 7) 伊達善夫 2011:『宍道湖・中海の干拓淡水化事業をふり返って』, p. 7, ハーベスト出版, (島根県)
- 8) 約100年前の古い絵巻書から転載(山道俊哉氏所有)
- 9) NPO法人中海自然再生協議会 2008:『中海自然再生全体構想』, p. 8, NPO法人自然再生センター(島根県)
- 10) 国土交通省港湾局 2005:「今後の港湾環境政策の基本的な方向について(答申)」, pp. 3-4 <http://www.mlit.go.jp/singikai/koutusin/kouwanbun/kankyon/toushin.pdf#search=%E6%B8%AF%E6%B9%BE+%E7%92%B0%E5%A2%83> (2013年1月9日閲覧)
- 11) 川人茂二 松澤震介 大西明夫 2002:「ワナノ湖の湖底堆積速度検討」, 河川環境総合研究所報告, Vol. 8, p. 9
- 12) 金井豊 井内美郎 片山肇 斎藤文紀 1995:「210Pb, 137Cs法による長野県諏訪湖底質の堆積速度の見積り」, 『地質調査所月報』, Vol. 46, No.3, pp. 223-238
- 13) 笠井究秀:「河口・沿岸域での陸上有機物の挙動」, 『瀬川のつなび』と河口・沿岸域の生物生産』, pp. 29-30, 恒星社厚生閣(東京都)
- 14) 2012:『未来へひろがるサイエンス』, 新興出版社啓林館, (東京都)
- 15) 2012:『未来へひろがるサイエンス』, p. 222, 新興出版社啓林館, (東京都)
- 16) 栢野彰秀 2008:「いろいろなエネルギーを実感をもって理解させる小学校エネルギー教育カリキュラムの開発」, 『エネルギー環境教育研究』, Vol. 2, No.2, pp. 11-18
- 17) 栢野彰秀 2009:「いろいろなエネルギーを実感をもって理解させる中学校理科実験教材の開発」, 『エネルギー環境教育研究』, Vol. 3, No.2, pp. 5-13
- 18) 栢野彰秀, 山王憲雄, 柴一実, 田中春彦 2000:「エネルギー・環境教育的アプローチを導入した高等学校科学に関する実践的研究」, 『科学教育研究』, Vol. 24, No.1, pp. 40-48
- 19) 統計パッケージPASW Statistics 18を使用
- 20) 文部科学省 2008:『中学校学習指導要領解説理科編』p. 95, 大日本図書, (東京都)