

汽水域をもつ水系の環境教材の開発Ⅱ

— 宍道湖の自然を生かした環境学習教材の開発 —

秦 明德*・大谷修司*・草田和美**・品川 明***

Akinori HADA*, Shuji OHTANI*, Kazumi SOHTA**, Akira SHINAGAWA***

Development of the Environmental Studies Materials for the Water System containing brackish Area II

The development of the environment learning teaching materials using nature of Lake Shinji

ABSTRACT

A brackish Lake Shinji is located in East Shimane, and because it is a eutrophic lake, the productivity is high, and *Corbicula japonica* fishing has been performed flourishingly. In Lake Shinji, a lot of studies have been carried out for the arts and sciences from the viewpoint of reclamation or prevention of eutrophication. However, a few developments and the practice of the environment learning teaching materials using Lake Shinji have been accomplished. Then, we assigned a focus to a *Corbicula japonica* which was dominant species of benthos in Lake Shinji and developed the environmental studies materials based on such as the growth environments, morphology, feeding, egestion and digestion of *Corbicula japonica*.

【Keywords : brackish Lake Shinji, development of teaching materials, *Corbicula japonica*】

はじめに

一人一人が自分の存在（人間とは何か）を自分の周りに存在する環境から知ること、自分と環境との相互関係（生態的關係）を学び、さらに学んだことを生活の中に取り入れ、創造的、健康のおよび幸福に生きていこうとする考えを育てていくことが環境教育のねらいではないかと考える。人類は自然の一員であり、自然と共存してこそ生きていくことができる。そのためには自分（人間）の行為が、生態系にどのような影響を与えているのかを知る必要がある。環境教育を行っていく過程で、共存にむけた自然と人間との関係の構築、つまり人間を含めた地球システムはどう構築され、共存しているのかを考え、思考し実践する力を身につける学習でなければならない。

湖を対象とした環境学習については、「琵琶湖」を擁する滋賀県が県独自で環境教育目標を定め、1983年以来県内児童を対象としたフローティングスクール「海の子」による船上琵琶湖体験学習などが行われており、琵琶湖の水鳥の観察、透明度測定、プランクトン観察、琵琶湖周辺の歴史遺産に触れる活動などが行われている。また、学校教育においては琵琶湖に注ぐ中の井川を取り上げ、「中の井川学習」と名づけた環境学習の中で、水の汚れや生き物観察、水のゆくえなど学年ごとに取り組んだ実践（西川他 1992）¹⁾や、琵琶湖の富栄養化をテーマとした環境学習カリキュラムの開発（小西他 1992）²⁾、県が作成したワークシートや資料と琵琶湖における野外学習を組み合わせた実践（宇野 1990）³⁾などが報告され、環

境教育指定校や実践推進校などを中心にながりの実践と成果が見られる。

宍道湖と同じ斐伊川水系内に位置する中海における実践は、中海の水生生物を素材とした環境学習である「中海学習」（澄川 2000）⁴⁾、宍道湖に関しては松江市立朝酌小学校による「シジミミュージアムを開こう」をテーマに、シジミ取り、シジミ汁を味わう、シジミを飼う等の活動を行った総合学習の実践（梅田 1999）⁵⁾、島根大学教育学部付属小学校における「伝えよう ふるさと宍道湖のひみつ」をテーマとした宍道湖の良さをホームページ作成などにより発信する実践（福間 2002）⁶⁾などが報告されている。しかし、宍道湖の環境を生かした実践例は少ない。また、これまで行われてきた環境教育実践の中には、人間が環境を悪化させるための加害者であり、一人一人の心がけが大切であるという他人事で終わってしまっている学習、地球環境や地域環境に関する一般的な知識や現状認識に重点をおいた学習、自然に親しむ機会を増やすことが子ども達の自然に対する認識、感情、愛情、感性を高めることができるという自然教育のみで終わっている学習が多々あり、自らの課題として考え、思考し実践する力に結びついていないのではないかと考えた。そこで、上述した環境教育のねらいに沿った環境学習を展開するため、筆者らが共同で行った基礎研究を基に、宍道湖環境下に存在する生物同士の関係（食物連鎖、住み分けなど）、自然環境（水の循環、季節変化、地形的特徴など）、人間の存在等を、ヤマトシジミをめぐる物質循環から捉えることができる教材の開発を試みた。

* 島根大学教育学部自然環境教教育座

** 島根大学大学院教育学研究科理科専攻

*** 学習院女子大環境教育センター

I. 環境学習の対象として捉えた宍道湖

宍道湖は、斐伊川水系の下流部に位置する。この宍道湖の最大の特徴は、斐伊川から流れ込む淡水と、日本海から、境水道、中海、大橋川を通して逆流してくる海水とが混じりあうため、幅広い塩分濃度を有する汽水環境を形成し、塩分濃度の変化に従い独自の生態系を形成している。

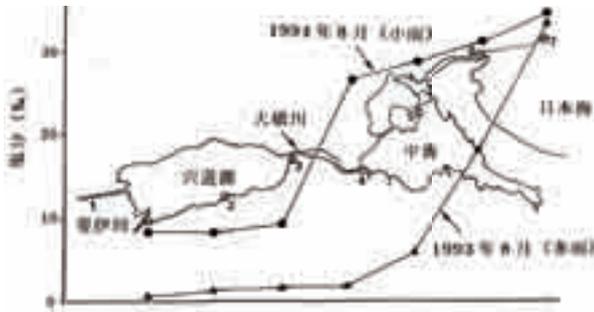


図1 宍道湖・中海水系における表層水の塩分変化

1993年は雨の多い年、1994年は渇水の年であった。2年の塩分の違いに注目。1-7は採水地点。(大谷 2001 より引用)⁷⁾

宍道湖は、斐伊川本流を主とする様々な河川が流れ込む場所である。そのため陸地から河川によって運び込まれてきた栄養物質が日本海へ出る前に滞留し、生物生産に使われる。このような栄養塩の供給が豊富であることは、生産者である植物プランクトンによって利用されており、高い生物生産量を得ている。しかし、昭和30年頃から都市化や農業及び工業排水等の影響で、人為的な富栄養化がもたらされ多量のリンや窒素が流れ込み、植物プランクトンが大量に繁殖した結果、透明度の低下や多量に生産された植物プランクトンの死骸が湖底に堆積しヘドロ化を導いていることが報告されている(伊達 1989a, 1989b など)^{8) 9)}。このような人間の営みによっても宍道湖の環境は大きく改変されている。

さらに宍道湖は、上述したように汽水環境であるため気象条件等による自然的影響を受けやすい。降水は斐伊川からの流入水量の増大を招き、塩分濃度を低下させる。逆に、渇水になれば塩分濃度はあがる。また、気圧の変化も海水位を左右し塩分濃度に影響を与えている(橋谷他 1992)¹⁰⁾。気温は水温に影響を与え、水温は宍道湖の生物に対して活性の低下などをひきおこす。また、水温の高い夏季には、微生物の活動が盛んであり、湖底の堆積している汚泥に含まれる有機物が分解され、塩分躍層以深では、溶存酸素が全くなることがある。日照に関しては植物プランクトン等の植物が行う光合成への影響はいうまでもなく、日照により優占種も変化する。強風は湖水を攪乱し塩分躍層を消滅させるが、生物が多く存在する水深の浅い沿岸部において、ヘドロの巻上げを起こすなど与える影響も大きい(國井他 1993)¹¹⁾。

このように、宍道湖の環境は海と陸の双方の要因によって影響を受け、空間的にも時間的にも塩分等が刻々と変化するため、浸透圧などの耐性が強い生物でない

生息が困難である。したがってそこに生息する生物は淡水や海水域と比較すると種数は少ない。しかし、生物群集は汽水域固有の種だけではなく、その地点が河口付近か海水の流入場所かにより海から、あるいは淡水環境からやってきたもので構成されているため、変化にとんだ特徴ある生物相を観察することができる。そのため宍道湖は、陸域と海域をつなぐ場所であり、水質的には複雑であるが、生物群集においては汽水域固有の種に加え、海からあるいは淡水からやってきたものたちで構成され、変化に富んだ特徴ある生物相をみることができるといえる特徴を持つ環境であるといえる。

このことから宍道湖を環境学習教材として取り上げる際には、一面的な見方ではなく斐伊川水系をシステムとして、全体を捉える多面的な見方が求められ、環境の変化が激しく生物群集が生息場所の塩分濃度等により生物相が異なるという特徴をもつだけではなく、人間や経済活動による影響を強く受けやすい場所であるという視点から捉えていくことが重要である。

以上述べてきた宍道湖の特徴は以下のようにまとめることができる

1. 宍道湖は海水の5-10%の塩分を含む汽水湖である。上流に淡水の斐伊川、下流に日本海がある。降水量や日照時間で宍道湖・中海ともにその塩分は大きく変動する(図1)。
2. 水深は浅く、富栄養湖で高い生産力をもつ。富栄養化は最近起こったのではなく、数十年前であり、それ以来ほぼ同様の傾向が続いている。
3. 塩分は生物の分布を制限する大きな環境要因であり、宍道湖と中海に生息する種類は大きく異なっている。ヤマトシジミは宍道湖に広く分布するが、中海では河口近くに限られている。

II. ヤマトシジミをめぐる環境学習計画

筆者らが共同で行った、宍道湖のヤマトシジミとその生息環境についての調査に基づき、教材開発を試みた。教材開発の方向性を明らかにするため、以下の取り組みをした。

- ①観察・実験内容の選定及びその類型化
- ②学習内容構造図の作成
- ③小学校高学年から中学生を対象とした授業プランの作成

1. ヤマトシジミとその環境を素材とした観察実験内容とその類型化

ヤマトシジミとその環境を素材として、観察・実験として取り上げることのできる内容について吟味するとともに、取り上げる内容の類型化を試みた(表1)。なお類型化においては、小林・山田(1995)¹²⁾が行った類型化の方法を参考にし、以下の4タイプに分類した。

表1. ヤマトシジミを素材とした観察・実験の内容とその類型化

類型	具体的内容
領域総合型	<ul style="list-style-type: none"> ・淡水域、汽水域、海域に生息する二枚貝の種類と生息環境（塩分、底質、潮汐など）との関係 ・環境変化（季節、天候、人為的影響など）とヤマトシジミ ・ヤマトシジミに関する食物網 ・ヤマトシジミをめぐる物質循環
探究・問題解決型	<ul style="list-style-type: none"> ・ヤマトシジミの生息場所の分布図作成 ・ヤマトシジミの体液と生息環境の塩分との関係 ・ヤマトシジミの体液と酸素との関係 ・ヤマトシジミの摂餌量と温度との関係
科学の方法及び内容習得型	<p data-bbox="272 1037 435 1066">発見・理解型</p> <ul style="list-style-type: none"> ・日本に生息するシジミの分類（ヤマトシジミ、マシジミ、セタシジミ） ・淡水、汽水、海水に生息する二枚貝の分類 ・生息する底質の状態。 ・水管の観察 ・鰓や唇弁の繊毛運動 ・足の観察 ・外套筋の観察 ・消化管の観察 ・心臓の動きの観察 ・中腸腺でおこる消化過程の観察 ・桿晶体の観察 ・殻の大きさの比較 ・肥満度の測定 ・年齢の特定（成長線、輪紋の観察による） ・殻の形成時期の推測 ・摂餌物の消化管内の運搬過程 ・殻の中に取り込まれる底質、宍道湖水の観察 ・出水管、入水管及び外套筋の隙間から排泄される糞の分類 ・糞の内容物の観察 ・生殖器の発達時期 ・精子・卵の観察 ・雌雄の判別
	<p data-bbox="256 1541 451 1608">操作・技能・情報処理習得型</p> <ul style="list-style-type: none"> ・絵スケッチ（殻の形、内部構造、生息場所など） ・文字スケッチ（殻の形、内部構造、生息場所など） ・解剖 ・体の大きさ測定（ノギスの使用） ・ルーペ、生物顕微鏡、実体顕微鏡による観察 ・カメラ、デジタルカメラやビデオカメラ、パソコンなどの操作
生活の科学体験型	<ul style="list-style-type: none"> ・おいしいシジミ汁をつくる
現象体験型	<ul style="list-style-type: none"> ・ヤマトシジミが底質に潜ったり移動したりする様子 ・底質内に潜っている為、底質に形成されるくぼみ ・殻の開閉行動 ・糞や擬糞の排泄 ・餌の取り込み、排泄活動
原体験・基礎体験型	<ul style="list-style-type: none"> ・シジミ採集 ・シジミ汁づくり ・シジミの殻を使った遊び（くびかざり、模様作りなど）

- ①領域総合型：物理、化学、生物と地学などあらゆる領域との関りでヤマトシジミをみていくことが必要な内容。
- ②探究・問題解決型：観察や実験の際に仮説を立てたり実験を工夫したりすることが必要な内容。
- ③科学の内容及び方法習得型：活動を通して科学の方法を直接に身につけさせることが可能であると考えられる内容。
- ④体験型（生活の科学体験型、現象体験型、原体験・基礎体験型）：科学の方法に直接的につながるものではないが、科学的な態度を育むと考えられる内容。

2. ヤマトシジミとその環境を素材とした学習内容構造図の作成

前述の類型化をもとに、ヤマトシジミを素材とする体験や観察及び実験における具体的内容を構造図にまとめた(図2)。構造図はヤマトシジミの形態的特徴に関する内容、ヤマトシジミの排泄物、ヤマトシジミを取り巻く宍道湖の環境を核として構成した。さらにヤマトシジミの形態的特徴については、ヤマトシジミの内部構造(水管、消化器官、足、鰓など)、外部構造(殻、蝶番など)を核として分類を行った。

構造図を構成する成分は、学習年齢を特定せず、核とする項目について様々な学習レベルにおける観察、実験内容をあげた。したがって、小学生から大学生や大人まで、発達段階に応じて構造図に示した内容を選択して学習することが可能である。また、ヤマトシジミに関する形態的特徴、生息環境、排泄する糞など様々な視点における事象を挙げているため、学習者の興味や関心のある部分から学習に入っていくことが可能である。さらに教える側は、構造図に子どもたちが現在学習している内容を当てはめることで、ヤマトシジミに関する学習全体のどこに位置するのか、この学習をどこに発展していくことができるのか等を把握できるのではないかと考える。

3. 学習プランの例示

ヤマトシジミとその環境を素材とした観察実験の内容の類型化及び構造図をもとに、小学校高学年から中学生を対象とした具体的な教材の提案及び学習プランの作成を行った。

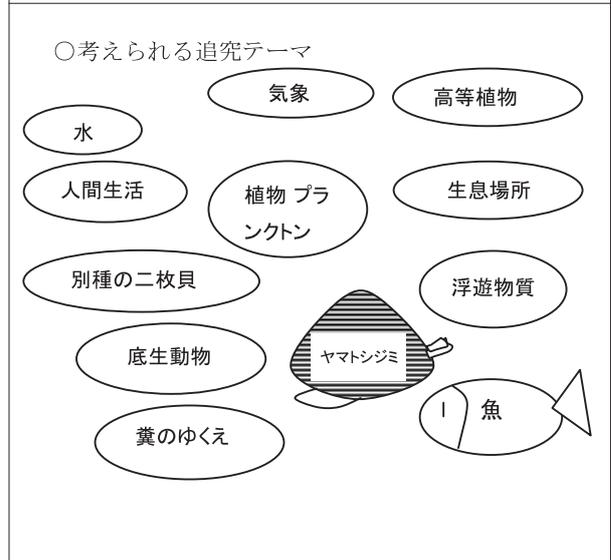
提案する教材は、「ヤマトシジミが宍道湖の環境とどのようなつながりがあるのか」を捉える学習となるように単元の構想を行ったものである。次頁に具体的な教材を取り入れた授業プログラムを示す。また、第1次の「ヤマトシジミについて知ろう！」の具体的な活動として取り入れた①「ヤマトシジミの身体測定」、②「ヤマトシジミの食べ物とうんこ」に関しては五感、ルーペ、実体顕微鏡、生物顕微鏡観察などを行い、楽しみながらヤマトシジミの内部構造や外部構造、生体機能などを学習することができる観察及び実験の方法とその授業展開の提示を行った。

学習プラン

- ①題材名：ヤマトシジミから知る自然界のつながり
- ②ねらい
 - ・ヤマトシジミの形態的特徴をおさえることができる。
 - ・ヤマトシジミを取り巻く様々な事象を追究する活動を通して、ヤマトシジミと環境との関りを考え、宍道湖におけるヤマトシジミをめぐる物質循環をとらえることができる。
- ③活動の流れ
 - 活動の流れを、授業過程ごとに表にまとめた。

第1次	ヤマトシジミについて知ろう
○ねらい	宍道湖において代表的な底生生物であるヤマトシジミの観察や実験を通してヤマトシジミの生息環境、形態的特徴及び摂餌、排泄活動に関する基礎概念を養う。
○具体的な活動	①ヤマトシジミ探し：採集・生息場所の調査 ②身体測定：ヤマトシジミの形態的な特徴について ③たべものとうんこ：ヤマトシジミの摂餌・排泄活動について

第2次	ヤマトシジミを取り巻く世界を探ろう
○ねらい	ヤマトシジミの観察から出された気づきや疑問、生息場所である宍道湖の自然事象を追及する活動を通して、ヤマトシジミはどのような環境の中で生活しているのかを知る。
○具体的な活動	ヤマトシジミを取り巻く事象について、自分が疑問に思うこと、第1次の授業からさらに追及したいことなどをもとに自分なりのテーマを決め活動を行っていく。



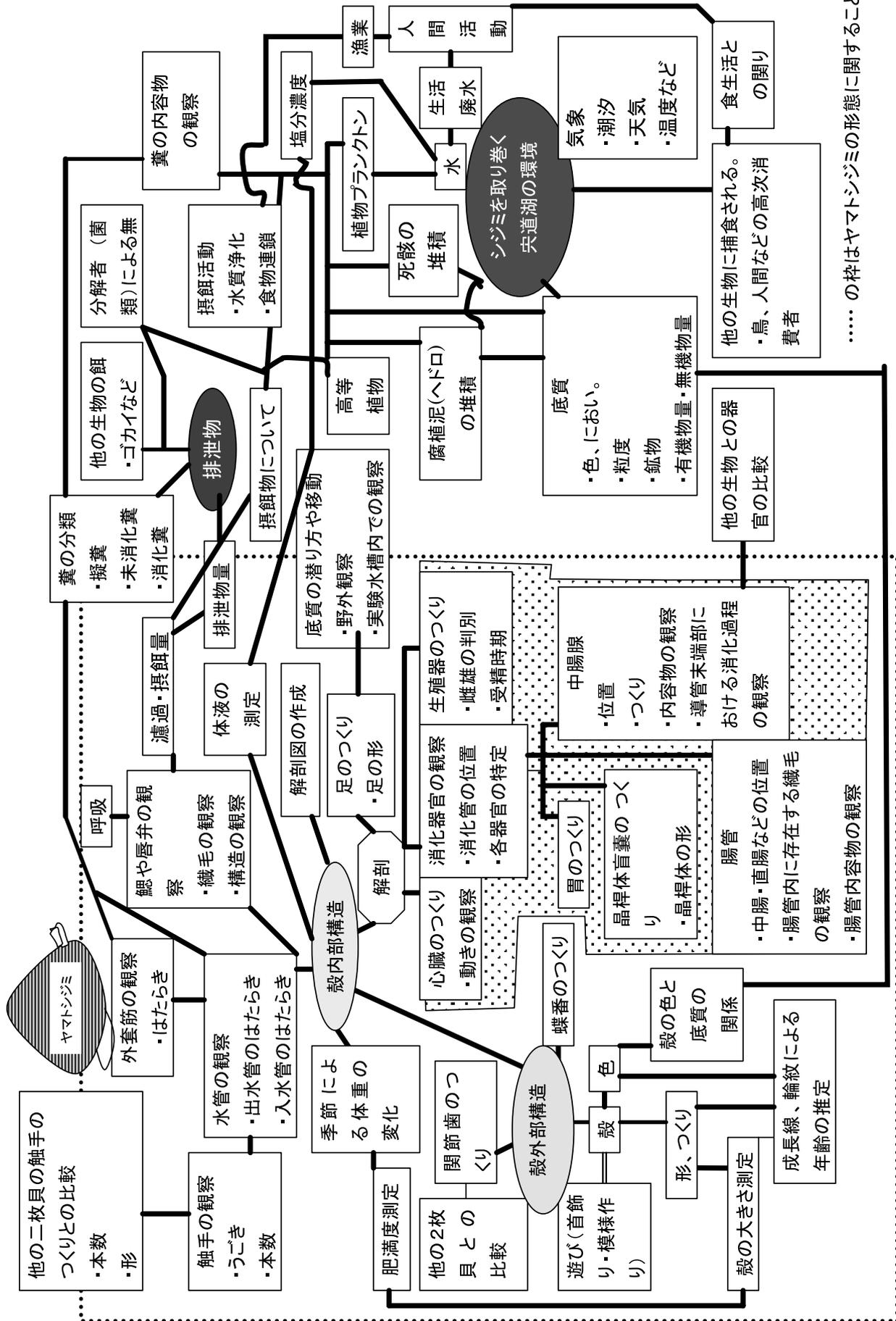


図2. ヤマトシジミを素材とする体験や観察及び実験における具体的内容の構造図

……の枠はヤマトシジミの形態に関すること

第3次	ヤマトシジミの「つながりマップ」を作成しよう
<p>○ねらい</p> <p>個別に調べたテーマをもとにヤマトシジミを中心とした「つながりマップ」の作成を行い、多面的な視点からヤマトシジミを捉えていく。</p> <p>○具体的な活動</p> <p>①自分達の調べたテーマについて発表会をする。</p> <p>②各々のテーマがどのような点でヤマトシジミと関係しているのか考えを話し合う。</p> <p>③の話し合いをもとに「つながりマップ」の作成をする。</p> <p>④各々のテーマ同士にもつながりがないか考える。</p>	

第4次	宍道湖で生活するヤマトシジミの役割を考えよう。
<p>○ねらい</p> <p>ヤマトシジミのつながりマップの作成をもとに、ヤマトシジミとそれを取り巻く環境との関わり、その中で生活するヤマトシジミの生態的役割を考え話し合う。</p> <p>○具体的な活動</p> <p>①作成した「つながりマップ」に基づき、他の生物との関りや食べ物・空気・水を通した周囲の環境との関わりについて考える。</p> <p>②人とヤマトシジミのつながりを考える。</p> <p>③自然界のつながりを考える。</p> <p>④宍道湖で生活するヤマトシジミの役割を考える。</p>	

Ⅲ. 教材開発の具体化

A ヤマトシジミを探しにこよう

1. テーマ：宍道湖の周囲の様子に目をむける

2. ねらい

ヤマトシジミは湖底に生息しているが、生徒が湖底に生息しているヤマトシジミを直接観察する機会はほとんどない。そこで、宍道湖に生息するヤマトシジミを探しに行き、どこでどのように生息しているのかを実際に観察する。また、ヤマトシジミが生息している場所の周囲の様子を観察し、ヤマトシジミが生息することを可能としている斐伊川河口の環境にも目をむけていくことができるようにする。また、斐伊川河口域の河口側右岸、ヨシ原付近、沖合いの3地点を定め、それぞれの地点についてシジミの生息の様子を比較観察していく。

3. キーワード：ヤマトシジミ、湖底、景観、生息地

4. 所要時間：50分授業を3～4時間、1コマ～4コマ

5. 場所：斐伊川河口を3地点選択（河口、ヨシ原付近、沖合い）

6. 準備するもの

箱メガネ、水中メガネ、スコップ、バット、ビニール袋、ルーペ、温度計、塩分計、蒸留水、スポイト、採泥器、鍬、篩、記録用紙など

7. 展開

主な学習場面と予想される子どもの動き
<p>1. 斐伊川河口域の3地点に入り、湖底の様子をじっくり観察する</p> <ul style="list-style-type: none"> ・それぞれの地点に入るまえに、景観、様子を探る。 ・実際に入り、湖底の様子を探る。 <p>①メガネや水中メガネでじっくり湖底を観察する。</p> <p>②殻を半分のみつけているヤマトシジミがいたら、しばらくその様子を観察してみる。</p> <p>③ヤマトシジミが砂の中に潜る様子などを観察する。</p> <p>④観察を続け、目が慣れてくると、ヤマトシジミが生息しているというサイン（底質に小さな2つの穴が並んで存在する、底質に細い線がついているなど）をみつけることができる。</p> <p>湖底でのヤマトシジミの生息状況やその環境について気づいたことを記録していく。 （底質に少し殻を出している、底質の色が違う、アメンボなどの昆虫もいた、魚がいたなど）</p>
<p>2. 3地点のヤマトシジミをそれぞれ採集する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・鍬を用いて3地点の底質全体をすくいあげ、シジミ以外の生物も一緒に採集する。 ・できるだけ、大小異なる大きさのシジミを採集する。（比較研究） ・底質全体の様子ヤマトシジミ以外の生物にはどんなものがいたかなど、気づいたことを記録用紙に書き込んでいく。 <p>（ヤマトシジミは底質の表面に頭をだしている、水生昆虫がいるなど）</p>
<p>3. ヤマトシジミを採集した場所の基本測定を行う</p> <ul style="list-style-type: none"> ・3地点について次の項目を調べる （気温、水温、泥温、照度、塩分、濁度、は最低限測定し、pH、流向、酸素、流速、色度、比重、透視度、透明度、電気伝導度、蒸発残留物などについても調べるのが好ましい）
<p>4. 記録をもとに、ヤマトシジミの適した生息環境について考察する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ヤマトシジミの3地点の生息状況と環境を比較する。
<p>6. 評価</p> <ul style="list-style-type: none"> ・3地点を比較観察することができたか。

B 湖の水の色は何の色？

1. テーマ：湖の水質と色の正体が植物プランクトンであることに気づかせる。

2. ねらい

富栄養湖の湖水の色の正体はあまり知られていない。茶色の時は、何かの色素が溶けているのであろうか。そ

れとも泥が浮遊しているのであろうか。宍道湖や中海では湖水の色は植物プランクトンの色を反映しており、宍道湖では茶色の場合は珪藻が、中海では渦鞭毛藻が繁殖していることが多い。湖水を濾過して、顕微鏡で観察することで、そのことを実感できる。子どもたちに、富栄養湖では、湖水中には、大量の植物プランクトンが生育していること、それに続くヤマトシジミや魚類、鳥類の食物連鎖の出発点になっていることを理解させる。植物プランクトンが増殖する条件を考えることによって、水系の汚濁負荷源についても話し合う。

3. キーワード：水質、植物プランクトン、一次生産者、食物連鎖。

4. 所用時間：45分授業を3～4時間。

5. 場所：湖岸から手で湖水がくめる場所。斐伊川河口、鳥ヶ崎、白潟など。

6. 準備するもの

野外：塩分計、海水、蒸留水、スポイト、透視度計、温度計、水槽、濾過器、ミリポアフィルター、時計皿、小型葉さじ、ポリピン、試料瓶、記録用紙など。

実験室：顕微鏡、スライドグラス、カバーグラス、パスツールピペット、スポイト、ロート、脱脂綿、アスピレーター、ゴムチューブ。

7. 展開

主な学習場面と予想される子どもの動き

1. 湖水の水質を、五感をとおして調べてみる

湖水の水質を、測定器を使わずに調べる方法を発表しあう。

(味、におい、触った感触、周囲の状況など)

宍道湖の湖水の色は何の色かを話しあう。

(泥の色、家庭排水などの色、植物プランクトンの色)

2. 五感を通して湖水の水質を判断する

子供たちに湖水をなめさせる(抵抗感がある場合は、ミリポアフィルターで濾過した湖水)。宍道湖は海水を10%程度含んでおり、わずかに塩分を感じることができる。屈折率を利用した塩分計で、塩分を実測する。海水を用意しておき、塩分を海水と比較させる。

子供たちに体感で水温を予測させる。実際の水温を温度計を用いて測定し、予想した体感水温と実測値から、実際の水温を感覚的に体験させる。

子供たちに湖水を臭わせたり、触った感触、見た目から、水質をどのように感じたか発表させる。透視度計等を用いて直感的な水質の測定方法を体験する。

3. 湖水を濾過してみよう

現地でヤマトシジミを採集し、それを水槽に入れ、宍道湖の湖水を1時間程度濾過させる。湖水の色がほとんど透明になることから、浮遊物の色であることを子供たちに認識させる。ヤマトシジミの糞が底にたまることに気づかせる。

研究用の濾過器を用いて湖水を濾過する。シジミの濾過時以上に濾液が透明であることから、色素などが溶けているので無く、色の正体は浮遊物であることを認識させることができる。

濾過後、フィルターを見せ、その色を確認する。フィルター上の試料を少量の湖水を用いてかきとり、試料瓶に保管して研究室に持ち帰り、顕微鏡観察を行う。

湖水の濃縮試料中の植物プランクトンは小型なので顕微鏡で観察しにくい。

そのため、子供たちに周囲のヨシや石に付着した藻類を採集させる。

4. 付着藻類と濾過濃縮した湖水の顕微鏡観察

顕微鏡観察しやすい付着藻類から顕微鏡観察を行う。光合成色素の色は高等植物のように緑色だけでなく、茶色、青緑色など変異があることに気づかせる。珪藻類や、藍藻類は藻類なのに運動性があることに気づかせる。

濃縮試料を攪拌し、顕微鏡で観察する。少なくとも400倍で観察し、湖水の色の正体が植物プランクトンであることを認識させる。

5. まとめ

- 湖水の五感による水質の発表をまとめる
- 付着藻類の観察から、藻類には緑色だけでなく、茶色、青緑色などがあり、形態も単細胞、群体、糸状体とさまざまであることに気づかせる。
- 濾過した水の色は植物プランクトンであることを気づかせる。
- シジミ他の生物と食物網、必要な生息環境、人との関係について話し合う。

6. その他

- 宍道湖の水はなぜ塩分を含んでいるのかについて考える。
- いつも湖水の色は植物プランクトンの色なのか考える。(洪水のあと、シジミかきの後、強風の後には泥の色である場合が多い)。
- 植物プランクトンが増えるためには何が必要か考える。(湖水の栄養塩類の負荷源は家庭排水だけ出ないことに気づかせる)
- アオコや赤潮について考える。

C：ヤマトシジミの身体検査と生息環境との関わり

1. テーマ：ヤマトシジミの身体測定を行い、貝の生息環境や生活環などを把握しよう。

2. ねらい

ヤマトシジミは殻の大きさが同じでも軟体部（可食部）や殻の重さが違うものがあることに気づく。また、殻の色が異なるものもある。そこでヤマトシジミの色や大きさ、形（殻長、殻高、殻幅）、体重、さらには殻の重さと可食部の割合を調べることで、ヤマトシジミとその生息環境の関係、貝の生活や生命の営みについて考え得る能力を養うことを目的とする。はじめに五感を用いてヤマトシジミ一つ一つを観察し、次いでヤマトシジミの大きさや形（殻長、殻高、殻幅）を調べる。その後、殻の重さと軟体部の割合を調べることで、より詳しくヤマトシジミをみていく。

（ヤマトシジミを探しにいろいろと連動した活動が望ましい。）

問いかけのポイント

2-1. ヤマトシジミの本当の体重はどれだとおもいますか？それはなぜですか？

2-2. ヤマトシジミは左右対称ですか？どのような形ですか？何に似ていますか？

2-3. ヤマトシジミはどこから砂や泥に潜りますか？それはなぜですか？

2-4. ヤマトシジミの色は何色ですか？それはなぜですか？

2-5. ヤマトシジミは何歳といますか？成長をはかるものは何だと思えますか？

採集した場所により、生息数（生息密度）が異なるのはなぜですか？

3. キーワード：ノギス、殻長、殻高、殻幅、軟体部、体重

4. 所要時間：45分授業 2～5時間

5. 場所：実験室（採集はフィールド）

6. 準備するもの

ノギス、ものさし、電子天秤、メス、ピンセット、ワークシート、キムワイプ、鍬、ガラス瓶、篩など

7. 展開

主な学習場面と予想される子どもの動き

1. 宍道湖湖畔のいろいろな場所やその周辺など異なる地点や異なる季節に採集したヤマトシジミを五感で比較観察し、その特徴を記録する。違いの理由をみんなで話し合う。

・一回の採集で何個体いたか記録する。（生息密度を確認し、その理由を考える。）

・一番大きなものはどれか、一番きれいなものはどれか、一番きたないものはどれか、においはどうですか？それらはどこで採集したヤマトシジミですか？

（ポイント：ヤマトシジミだけでなく、生息環境とのかかわりを考察するために、採集地点の底質や水をヤマトシジミと別に採集すること）

・ヤマトシジミを詳しく観察していくと、大きさや形が異なることに気づく。それぞれのヤマトシジミの大きさ（殻長、殻高、殻幅など）をノギスで測定する。

・ヤマトシジミの殻色、殻の傷、成長肋、じん帯の位置など気づいた特徴を記録する。できれば、スケッチやデジタルカメラで画像を記録する。

2. ノギスを用いてヤマトシジミを計測する

・大きさや形の異なるヤマトシジミの大きさ（殻長、殻高、殻幅など）をノギスで計測する。

・このとき、ヤマトシジミも人間と同様、右側、左側、背中、お腹、頭、おしりがあることを知る。

・計測した中から一番大きなヤマトシジミを選んでおく。

3. 電子天秤で、ヤマトシジミの体の重さを量る

・測定のポイント

①体重を測定する。（殻ごと測る）

②殻をメスで開け、軟体部（身）の部分を取り出し、軟体部表面の水分を紙に吸収させる。その後軟体部重量を測定する。

③残った殻の水分をふき取り、殻重量を測定する。

④グループで10個体は測定する。採集した地域別の特徴や大きさ別の特徴などを記録する。

・ヤマトシジミの軟体部率 = $(\text{軟体部の重量} / \text{体重}) \times 100$

・ヤマトシジミの体液率 = $\{(\text{体重} - \text{軟体部重量} - \text{殻重量}) / \text{体重}\} \times 100$

・ヤマトシジミの殻に対する身の割合 = $\text{軟体部重量} / (\text{殻長 (cm)} \times \text{殻高 (cm)} \times \text{殻幅 (cm)})$

6. まとめ

・殻の測定結果と軟体部の測定結果を比較し、ヤマトシジミの大きさについて考え話し合う。

（体重に占める殻や軟体部の割合がどうか考える。統計的なもののみ方、平均値の意味、変動の様子について考える。）

・定点で観察し、季節ごとの変化の様子を捉え、どうして季節的な違いがあるのかなどさまざまな観点から話し合う。

・異なる採集地のヤマトシジミを比較し、色や形などに地域特性があることに気づく。ヤマトシジミが採集地域による特徴の意味を考える。

D. ヤマトシジミの食べ物とうんこ

1. テーマ：ヤマトシジミが何を食べているのか調べてみよう

2. ねらい

ヤマトシジミの食べ物を探る手段としてヤマトシジミの排泄物の観察を行い、ヤマトシジミが生物や底質などを殻の中に取り込み、糞として排泄していることを知る。ヤマトシジミの食物網について考え、どのようなつながりがあるか考えることができるようになる。

- 3. キーワード：水管、出水管、消化糞、未消化糞
- 4. 所要時間：50分授業4時間（実験活動2時間）
- 5. 場所：教室、実験室
- 6. 準備するもの

ピンセット、ルーペ、実体顕微鏡、生物顕微鏡、シリレンジ、スポット、プラスチックケースまたはピーカー

7. 展開

主な学習場面と予想される子どもの動き

1. これまでの活動からヤマトシジミが何を食べているのかを予想立てる。

- ・斐伊川河口域に生活しているヤマトシジミが何を食べているのかそれぞれ考え、検討する。
(湖底の中にいるから砂や泥を食べているのではないか。水の中にいる微生物、植物、エビや生物の死骸を食べているのではないかなど)
- ・ヤマトシジミが何を摂取しているのか調べるための方法を考え、排泄物を見ることにする。
(斐伊川河口域でジッと観察するとわかる。糞を調べてみる。解剖してみるなど)

2. ヤマトシジミの排泄物を観察する

- ・ヤマトシジミがどこからうんこをだすのか観察する。
湖水の入ったプラスチック容器やピーカーにヤマトシジミを入れ、殻を開け水管を出す様子を観察する。
(ヤマトシジミは水管からうんこをだしている。どっちの水管からうんちを出しているのだろうか)
- ・うんこを出したらスポットでとり、うんこの色や形を五感や実体顕微鏡を用いて観察する。
- ・うんこの中にはいつているものを生物顕微鏡で観察する。観察したことからヤマトシジミが何を食べているのかを推測する。
(湖底の中にいるから砂や泥を食べているのではないか。水の中にいる微生物、植物、海老や魚などの死骸なども食べているのではないかなど)

3. 消化した糞を観察する

- ・水槽の中に一晩置いておくとヤマトシジミの排泄した糞が変化してくることに気づかせ、うんこの色や形を五感や実体顕微鏡で観察し、前日観察した糞と比較する。
- *実験を通して行う場合は、前日にヤマトシジミを用意しておく。
(色が赤茶色に変化している。昨日のうんこより細い、中には小さな粒子が見えるなど)
- ・うんこがかわった理由は何かを考察する
(食べ物がかわったのではないか、小さい粒子は食べ物が消化されたから、腸の中でゆっくり消化されたからでてくるのが遅くなったのではないか)
未消化糞、消化糞と名づけて区別する。
(うんこの色や形、中に入っている物の違いでうんこ

を区別できる)

4. 水管を観察する

- ・糞を排出したヤマトシジミを用い、クロレラあるいは食紅をスポットで水管の周りに静かにたらし、水管の中にそれらを取り込まれる様子を観察する。
- ・糞を出した水管と同じか違うか観察する。
- ・ヤマトシジミのその他の部分からも取り込まれたり、出したりしているかを観察する。

5. まとめ

- ヤマトシジミは出水管から2種類の糞をだす。
- ・消化糞：細長い糸状で、赤茶色。丸や楕円形の小さい粒子でいっぱい。
- ・未消化糞：棒状。灰色。植物プランクトンがたくさん。死んでいる植物プランクトンと生きている植物プランクトンがいる。鉱物や泥みみたいなものがある。植物の根みみたいなものもある。
- 糞の観察から、ヤマトシジミは植物プランクトンや泥みみたいなもの、植物の根や鉱物のかけらを食べていると考える。
- 食べたものは全部体の中に取り入れられるのではなく、食べ物の中には消化しきれないものや、いらぬ部分もある。
- ヤマトシジミも自分で栄養を作ることができなくて、栄養が含まれている食べ物を食べて生活している。

6. 評価

ヤマトシジミの糞の種類を見分けることができたか。水管の様子を観察し、どちらから糞が排出されるかを観察することができたか。ヤマトシジミが何を摂取しているかを観察することができたか。

E. ヤマトシジミのうまみ調べ～ヤマトシジミの不思議

1. テーマ：宍道湖の環境とそこに生きているヤマトシジミの味との関係

2. ねらい

斐伊川水系は淡水から海水まで塩分が多様な環境である。斐伊川水系のうち、水産資源として重要なヤマトシジミは宍道湖に生息しており、漁獲高も日本一を誇る。宍道湖の環境は斐伊川河口付近（宍道湖西岸）は河川水（淡水）の影響で塩分が低く、反対に大橋川付近（宍道湖東岸）は中海からの高塩分水の流入により塩分が高い。このような環境においてもヤマトシジミは斐伊川河口から大橋川の川底まで宍道湖一帯の浅いところに生息している。

また、ヤマトシジミは干潟を形成する場所にも生息しており干出（水の無いところに出ている状態）にも耐えられる能力がある。また、ヤマトシジミの市販形態は水無しのパック詰めが多く、エラで呼吸しなければならない水

生生物なのにどうして生きていられるのか不思議である。

このような疑問から塩分の違い、すなわち異なる場所に生息しているヤマトシジミの体内成分に違いがあるのか？シジミのおいしさに違いがあるか否か？また、干出することにより、ヤマトシジミの味に影響があるか否かについて調べることをねらいとする。実際に、異なる塩分濃度で飼育するとともに、干出状態でもヤマトシジミを飼育する。飼育後、それらを調理し汁の味覚をおいしさ調べ（官能検査）とおいしい成分（アミノ酸や有機酸）を分析することにより、宍道湖の環境（塩分濃度の違い）とヤマトシジミ中の成分量の関係を明らかにする。

なぜ生息している場所によってヤマトシジミの味が異なるのか、ヤマトシジミの不思議を探りながら、斐伊川、宍道湖周辺の環境を比較観察し、疑問点を探せるようにする。

3. キーワード：ヤマトシジミ、塩分、生息地、干出、味

4. 所要時間：準備に3日間、45分授業を4～6時間

5. 場所：宍道湖湖畔、斐伊川河口域、佐陀川河口域、大橋川矢田付近など周辺環境が異なる地域を設定する。実験は屋内の理科実験室で行う。

6. 準備するもの

野外：温度計、塩分計、蒸留水、スポイト、採泥器、鍬、鋤簾、篩、記録用紙など

実験室：人工海水または食塩、鍋、コンロ、ピーカー、メスシリンダー、三角フラスコ、ピュレット、ピペット、フェノールフタレイン溶液、NaOH、コハク酸、官能検査シートなど

7. 展開

主な学習場面と予想される子どもの動き

1. どんなどころにいるのかな。宍道湖に入り、湖底の様子をじっくり観察する。例えば、宍道湖河口域と大橋川など異なる地点、宍道湖東岸と西岸など、塩分濃度や湖底底質が異なるポイントを設定する。

・ヤマトシジミが採集できる観察ポイントに安全な場所から入り、湖底の様子を探る。

・ヤマトシジミが生息している湖底水の採集し、水温を測定する。

①湖水の透明度を確認する。湖底が観える状態であれば、底質（砂質・泥質）と湖水の流向を確認しながら、箱メガネや水中メガネでじっくり湖底を観察する。底質は一般に泥質でデトリタスなどの粒子が舞い上がりやすく、多少の流れがあると観察しやすい。また流れに逆らって進行すると観察しやすい。

②ヤマトシジミがいたら、しばらくその様子を観察してみる。

③ヤマトシジミが生息している湖底水を採水し、水温を測定する。

④湖底水の塩分を測定する。

2. ヤマトシジミを採集する

・ヤマトシジミを採集する。（鍬を用いて、シジミ以外の生物も一緒に採集するとよい。）

・一回の採集でヤマトシジミが何個体いたか記録する。（場所により生息密度が異なる。）

・できるだけ、大小異なる大きさのシジミを採集する。（比較研究）

・底質や水質の違うところのシジミを採集する。（比較研究）

・採集した場所の様子を観察し、気づいたことを記録用紙に書き込んでいく。

（底の様子、水の温度、周りの様子、少し離れたところに多くいる、多いところと少ないところがあるなど）

3. 採集した場所の基本測定を行う

・ヤマトシジミの生息している環境を調べる。（できればもう一度、湖に戻り環境観測をする。）

・器具を用いて調べていく。（気温、水温、泥温、塩分は最低限測定し、照度、酸素、pH、流向、流速、濁度、色度、比重、透視度、透明度、電気伝導度、蒸発残留物などについても調べるのが好ましい）

4. ヤマトシジミが生息している場所の特徴で気づいたことを発表し、その様子をまとめていく。

・どんなどころにヤマトシジミがいたのかを発表し合い、生息地ごとのヤマトシジミの特徴を比較する。できれば、数箇所の定点で観測する。（みつけた個体数、大きさ、形、色が違うなど）

・観察した湖水をろ過し、塩味がするか否かを官能的に調べる。（強制しないこと）

5. ヤマトシジミの生息している場所をまとめ、なぜそこに生息しているか考える

宍道湖の湖底に生息している理由を考え、発表する。（エサを食べるため、敵にみつからないため、食べられないため、土の中の何かを食べているため、泥を食べるため）

・何を食べているのか。えさの多い場所なのか。

・温度や塩分が異なる生息環境であったか。

6. 実験室でヤマトシジミを飼育する。異なる塩分濃度で飼育する。

・異なる塩分に生息していたヤマトシジミを実験台に置き、色や大きさを再度観察する。

・生息していた湖水塩分と同様の塩分の飼育水を調製する。塩分の調製は人工海水の素や食塩と蒸留水により行う。調製した塩水の塩味の強さを比較する。

・殻内部の液を塩分計で測定する。生息していた湖水塩分と殻内部の塩分に差があるか否かを調べる。

・斐伊川河口付近で採集したヤマトシジミ（200g）

は淡水水槽で飼育する。大橋川付近で採集したもの(400g)は1%塩水的水槽で飼育する。水槽の容量は大きい方が望ましいが、ヤマトシジミ 200g に対し、最低 10 倍量の 2000ml の容量を確保する。水槽は循環ろ過装置あるいはエアレーション装置を設置し、貧酸素にならないようにする。飼育温度と期間は室温(20℃~25℃)で最低 24 時間飼育する。

7. 干出で飼育する。

- ・ペーパータオルを敷いた弁当箱程度の大きさのタッパーを用意する。
- ・6の塩水で飼育したヤマトシジミの半量(200g)を水槽から取り出し、タッパーに移す。その後、フタをかぶせ室温にて 24 時間飼育する。
- ・6の淡水飼育および塩水飼育のヤマトシジミはさらに 24 時間同じ水槽で飼育する(合計 48 時間飼育)。

8. ヤマトシジミ汁を調理する

- ・淡水・塩水・干出飼育のヤマトシジミを水槽およびタッパーから取り出し、表面の水分をキッチンペーパーでふき取る。
- ・それぞれの飼育水および殻内部の液体の塩分を測定する。
- ・蒸留水 300ml を入れた片手鍋を 3 つ用意し、その中に淡水・塩水・干出飼育のヤマトシジミを入れる。殻が開くまで強火にかけ、すべての殻が開いた後、中火にて 1 分間加熱する。
- ・それぞれのシジミ汁をピーカーに移し、汁の容量をメスシリンダーで測る。測定後、一部(約 50ml)を成分測定用の試料とし、残りを官能検査用のシジミ汁とする。
- ・殻についている煮身を皿上に取り分け、官能検査用の試料とする。

9. ヤマトシジミの汁と身を官能検査し、味、におい、色、触感など比較する。

- ・官能検査シートを配布し、ヤマトシジミの身と汁を五感で比較する。
- ・の官能検査は加熱終了後直ちに行うこと。
- ・味の好き嫌いなどの嗜好度と強い弱いなどの味強度とは異なる。まず、強度で判定する。
- ・官能検査の結果をレーダーチャートで表現する。
- ・どうして味が異なるのか考える。
- ・どのようにするとおいしいシジミ汁が作れるか話し合う。

10. 成分を測定する。

- ・おいしいシジミ汁には有機酸やアミノ酸が多いことから中和滴定の原理を利用して、成分濃度を測定する。
- ・0.01N NaOH 溶液を調製する。容量分析用の 0.1N NaOH 溶液を 10 倍に希釈する。

- ・ビュレットに 0.01N NaOH 溶液を入れる。
- ・三角フラスコ中にシジミ汁 10ml 入れ、フェノールフタレイン溶液を 1、2 滴加える。
- ・ビュレット下に三角フラスコを置き、0.01N NaOH 溶液を滴下する。シジミ汁がうすいピンク色に変色するまで NaOH 溶液を滴下する。
- ・シジミ汁中のうまみ成分をコハク酸として、下記の式を利用してシジミ汁中のコハク酸量を算出する。

$$\begin{aligned} \cdot \text{式} \quad & \text{シジミ汁 100ml 中のコハク酸量} = 0.59 \times A \\ & A = 0.01N \text{NaOH の滴下量 ml} \end{aligned}$$

- ・アミノ酸の調べ方
(コハク酸の測定が難しい場合は代わりにアミノ酸濃度を比べる方法がある)

A. 簡便法

- ・ろ紙上に各種シジミ汁を一滴ずつたらし、ドライヤーで乾かす。
- ・ニンヒドリンスプレーを噴霧し、ドライヤーで加熱乾燥する。
- ・アミノ酸が多いシジミ汁は濃い紫色に変色する。アミノ酸が少ない場合は薄い紫色に変色。

注意：紫色が濃すぎる場合は水にて希釈すること

B. 通常法

- ・20 ml 容試験管の中に各種シジミ汁を 0.5 ml 入れ、さらに 4.5 ml の水を加える。
- ・試験管にニンヒドリン溶液を加え、沸騰水中で 5 分加熱する。
- ・試験管の色を比較する。
- ・定量的に測定する場合は、グルタミン酸を標準としてニンヒドリンにて発色させた諸種濃度のグルタミン酸溶液を分光光度計により 570 nm 吸光度を測定する(検量線の作成)。ニンヒドリン発色させたシジミ汁の吸光度を同様に測定し、検量線によりアミノ酸濃度を計測する。

11. まとめと発展

- ・宍道湖のどこに生息しているヤマトシジミがおいしいか推測する。
- ・おいしいシジミ汁をつくるコツは何か考える。
- ・薄いコハク酸溶液を調製し、味覚検査する。コハク酸の味を確認する。
- ・淡水飼育のヤマトシジミから調製した汁にコハク酸溶液を加え、味比べをする。

F. コイはどうして海にいないの？

1. テーマ： 水中生物の種類は、塩分によって異なっており、塩分が生物の分布を制限していることを理解させる。

2. ねらい

コイやフナは海に住まず、アジやタイは、川や湖には

住まない。生物の分布は水温、栄養塩濃度など様々な環境要因の影響を受けているが、塩分は中でも大きく生物の分布を制限する要因である。子どもたちに、川、汽水湖、海などの塩分が異なった地点で魚類、貝類、海藻類などの生物の種類を比較させることによって、塩分が異なると生物の種類が変わっていることに気づかせる。このことから、塩分が生物の分布を制限している大きい要因のひとつであることを理解させる。

注：この活動は、参加する子どもたちすべてに、少なくとも塩分が異なる2カ所で調査する機会を与え、自らの体験により生物の種類を、比較をさせたい。

3. キーワード：塩分、魚類、貝類、海藻類、生物の分布

4. 所用時間：45分授業を3～4時間。

5. 場所：水深が50cm程度の場所。斐伊川、宍道湖、中海、日本海

6. 準備するもの

野外：塩分計、海水、蒸留水、スポイト、透視度計、温度計、水槽、濾過器、ミリポアフィルター、時計皿、小型葉さじ、ポリビン、試料瓶、記録用紙、たも網、バケツなど

実験室：実体顕微鏡、シャーレ、時計皿など

7. 展開（塩分の異なる場所で少なくとも2回実施したい）

主な学習場面と予想される子どもの動き

1. 調査地点の塩分を予測する

海からの距離、流入河川からの距離から塩辛さ（塩分）を予測させる。

屈折率を利用した塩分計を使って水の塩分を測定する。濾過器と薬品を用いて安全にした水をなめさせてもよい。

海水を用意しておき、調査地点の塩分を海水と比較させる。

2. 五感を通して湖水の水質を判断する

子供たちに体感で水温を予測させる。実際の水温を、温度計を用いて測定し、予測した体感水温と実測値から、実際の水温を感覚的に体験させる。

子供たちに湖水を臭わせたり、触った感触、見た目から、水質をどのように感じたか発表させる。

3. 生物の観察と採集

現地で魚類、貝類、エビカニ類、海藻類等を観察後、多くすんでいる代表的な生物を採集し、学校に持ち帰る。

4. 採集した生物の観察とスケッチ

採集した動物や海藻類をそれできるだけ時間をかけて観察しながらスケッチをおこなう。子どもに観察する対象を選ばせる。

5. 観察した生物と塩分の関係

観察した生物と塩分を比較して、気づいたことを一人一人に書かせる。

6. まとめ

○生育地の塩分と生物を比較し絵、気づいたことを発表しあう。

○本などを調べて塩分と生物の関係をもっと深く調べてみる。

7. その他

○どのようにして宍道湖や中海に海水が入ってくるのか考える。

○塩分以外で生物の分布を制限している要因を考える。

たとえば、アオコは塩分が高いと発生しないことが知られている。

おわりに

本論では、宍道湖における代表生物であるヤマトシジミに焦点を当て、その摂餌排泄活動を追究することにより、ヤマトシジミをめぐる宍道湖の物質循環に本種の食性を通して新たな一視点を与え教材化に取り組んだ。本研究で提案した教材は、ヤマトシジミの形態的な観察からはじまり、ヤマトシジミを取り巻く環境、ヤマトシジミとそれを取り巻く物質の循環へと学習が流れていく。ヤマトシジミを取り巻く環境については、子どもたちの興味や関心に基づき個別テーマを決め、学習を行っていくように設定した。個別テーマとしては水、底質、魚などが考えられるが、この時ヤマトシジミとのつながりを意識させながら学習していくことで、それぞれのテーマに関する知識を深めるだけでなく、ヤマトシジミという一つの生物を多面的に捉えることのできる能力を養うことができるのではないかと考えた。

また、本研究で提案した観察実験の手法は他の二枚貝にも応用が可能であり、淡水域、海水域に生息する二枚貝を対象とした活動場面においても用いることができる。

今後は、本研究で提案した教材を実際の授業で実践し評価することで、発達段階に即した教材の提示、授業モデルの検討、観察実験方法の見直し等を行い、有用な環境学習教材となるよう検討を重ねていきたい。

引用文献

- 1) 西川伸一・北川曠・川崎睦男・川嶋宗継 (1992) : 小学校における環境学習—大宝小学校における「中の井川学習」の実践—. 滋賀大学教育学部紀要. No. 42. 53-60.
- 2) 小西吉治郎・水上善博・川嶋宗継 (1992) : 中学校における水環境を素材とした環境学習 (1) カリキュラム構想. No. 42. 61-67.
- 3) 宇野政善 (1990) : 中学校・琵琶湖を中心にした環境学習—野外学習を取り入れた取り組み—. 理科の教育. 8. 24-27.
- 4) 澄川弘敏 (2000) : 中海の自然を生かした環境教育—小学校環境学習教材の開発—. 島根大学大学院教育学研究科修士論文.
- 5) 梅田祥子 (1999) : 松江市立朝酌小学校研究集録. 25-36.
- 6) 福間俊之 (2002) : 暮らしをひらく子ども—より豊かな学びの姿を求めて—. 島根大学教育学部附属小学校研究紀要. 38-42.
- 7) 大谷修司 (2001) : 宍道湖・中海水系の藻類。汽水域の科学. 高安克己編. たたら書房, 米子, pp. 48-55.
- 8) 伊達善夫 (1989a) : 宍道湖・中海の水質. —泳げた頃からの水質の変遷とその背景—. 第3回山陰地域研究公開シンポジウム. 宍道湖・中海の自然環境. —環境はみんなの手で—. 島根大学山陰地域研究総合センター, pp. 3-13.
- 9) 伊達善夫 (1989b) : 宍道湖・中海の水質. —汚濁の背景—. 自治研島根 247, 19-30.
- 10) 橋谷博・奥村稔・藤永薫・近藤邦男・清家泰 (1992) : 宍道湖・中海の水質変動に与える気象・海象の影響 (その2) 1982～1991年の水質変動と気象5因子. 山陰地域研究 (自然環境) 8, 69-86.
- 11) 國井秀信・高安克己・橋谷博・中村幹雄・中尾繁 (1993) : 汽水湖生態系の特性と日本における研究の現状. 日生態会誌. 43. 195-209.
- 12) 小林辰至・山田卓三 (1995) : タンポポを素材とした観察・実験の構造化. 宮崎大学教育学部教育実践研究指導センター紀要. 第2号. 81-88.

