

4 理科

科学的な思考力・判断力・表現力を高める理科学習の展開

－郷土「滋賀」に関する標本を活用した、新たな探究的理科教材・教具の開発Ⅱ－

太田 聡

本論の要旨

琵琶湖の変遷と古琵琶湖層群の形成、滋賀の自然の恵みに関する単元を構築することを最終的な目標とし、珪藻から始まる「食物をめぐる生物どうしのつながり」について、コアユの食物連鎖に関する新たな探究的教材・教具の開発を行い、研究授業実践を行った。

昨年度に引き続き、授業での自然体験や直接的体験の機会の充実と、物事を多面的・多角的に捉える力の向上を重視した。具体的には、①生徒自身が、学習対象を実際に手に取り観察・実験できる機会を確保すること、また、その際に②郷土「滋賀」の自然を意識させるべく効果的な教具・教材の模索を行うこと、そして③それらの教具・教材を活用した探究的な理科学習の展開を図り、生徒アンケートや記述内容、協議会参会者の発言の分析等により、考察場面が促されているかについて検証を試みた。

本稿では、生徒の科学的な思考力・判断力・表現力の質の向上を目指した実践例や、琵琶湖の環境を熟知する漁師や専門家との連携、考察時のハンズオンモデル活用の有効性について述べる。

キーワード 珪藻, コアユ, 食物連鎖, 探究, ハンズオンモデルの活用

1. はじめに

平成29年(2017年)3月に公示の新学習指導要領中学校理科編地球領域の内容によると、各単元の学習内容と自然災害との関連付けが強化され、従来中学3年に集約されていた自然の恵みと火山・地震・気象災害に関し、中学1～2年で継続的に扱うこととなった¹⁾。これは、地域の自然の理解とともに、自然がもつ脅威や恵みに関して、科学的な根拠をもとに考察する学習が求められているとも考えられる。

発達段階上、抽象的思考の育成段階である中学生対象の理科授業では、実物や標本の観察などの実感を伴う具体物を用いた実験・観察は欠かせない。とりわけ、対話的で深い学びを重視したアクティブ・ラーニングを進めていく中で、科学的根拠に基づく考察を深めさせる指導事例は、教育現場においては強く求められている。

本研究の成果は、生活科学に密着した探究的な理科指導の重要性を広く示せるとともに、勤務校のみならず、他の公立中学校においても、琵琶湖の変遷や滋賀の自然に関して実感を伴った授業モデルとして、充実させる意義があるのではないかと考えた。

そこで、本研究の目的として、中学校理科において琵琶湖の変遷過程での古琵琶湖層群の形成、滋賀の自然の恵みに関する単元の構築を目指した。

なかでも、珪藻をはじめとする琵琶湖水を用いたプランクトンの観察を、中学1年で従来どおり継続しつつ、琵琶湖や取り巻く河川の環境分析を行う指標として関連づけ、適切な珪藻を標準的な試料とし

て調査・精選する授業実践を行うことや、県内の理科教員が活用可能な、珪藻化石の永久プレパラートの作成をはじめとする教具の開発と教材化を目指したいと考えた。

本研究では昨年度に引き続き、授業での自然体験や直接的体験の機会の充実と、物事を多面的・多角的に捉える力の向上を重視した。具体的には、①生徒自身が、学習対象を実際に手に取り観察・実験できる機会を確保すること、また、その際に②郷土「滋賀」の自然を意識させるべく効果的な教具・教材の模索を行うこと、そして③それらの教具・教材を活用した探究的な理科学習の展開を行うことである。

教材化に向け、守山漁業協同組合の戸田直弘氏、国立科学博物館の辻彰洋氏、京都教育大学の田中里志氏、日本珪藻学会の研究者の方々、先行的実践をされてきた滋賀県立膳所高等学校の荒川忠彦氏、高島市立今津中学校の布施裕衣氏への聞き取りや授業改善に関する議論を深めることを通して、教育目標に沿った適切な標本の活用法や、科学的な思考力・判断力・表現力を高める授業展開の改善および指導・評価の工夫改善のあり方を模索することとした。

2. 研究仮説

郷土に関わりの深い教具・教材を活用した学習課題の設定により視点の明確化を促し、結果の比較や考察を引き出しやすい学習環境を構築するとともに、生徒の考察時の学習活動を充実すれば、科学的思考力・判断力・表現力の向上が図れるであろう。

3. 研究方法

次の3つの内容について研究を進めた。

- (1) 琵琶湖の環境をよく知る専門家との連携
- (2) 郷土に関わりの深い、観察・実験のための教具・教材の開発と授業実践
- (3) 授業研究の分析

4. 研究内容

(1) 琵琶湖の環境をよく知る専門家との連携

①滋賀の大地と珪藻との関わりに注目したきっかけ

湖国滋賀の大地の成り立ちに関して、人々の暮らしと大地は、古来より密接に関わっている。工業分野では古琵琶湖層の粘土が信楽焼の土として利用され、建築分野では大津壁と呼ばれる土壁の原料となる江州白土(白色粘土層:天平・宝亀年間の正倉院文書によると大津市北部の真野地区産)の産地として有名である。伊吹山等の石灰岩はコンクリートとして、火山灰層は磨き砂としても活用されてきた。ちなみに、日本国内での(海水産)珪藻土の産出地としては、石川県能登の七輪・濾過助剤・吸着剤・歯科印象材等として活用が有名である。

しかし、これまで古琵琶湖層群での(淡水産)珪藻化石の産出に関しては、珪藻化石を研究対象とする研究者の中で、我々の生活する大地や琵琶湖の環境の歴史を紐解く際に、重要な存在であることは議論されてきた²⁾ものの、中学校理科ではほとんど取り上げられてこなかったのが現状である。具体的な滋賀の大地の恵みに限らず、その奥に隠された滋賀の大地の科学的な成り立ちと珪藻との関連について興味を持ち、何らかの形で教材化を進めるべきだと考えた。そこで、琵琶湖の環境をよく知る専門家との連携が不可欠であると考え、取材を行うこととした。

②琵琶湖のコアユと珪藻

琵琶湖産のコアユは、大きく2種類に分類される。ひとつは、琵琶湖に注ぐ河川を遡上し体長が15cm程度に大きくなるコアユと、一生を琵琶湖で過ごし、成長しても体長が10cm程度となるコアユである。

コアユは、本来、琵琶湖の珪藻などの植物プランクトンや、ミジンコなどの動物プランクトンを食べる³⁾と言われている。しかし、コアユのエサとなるプランクトンの個体数の割合の変化が影響し、結果としてミジンコが減り、コアユが減ったり成長が遅れたりしているという可能性が指摘されてきた。この実社会における問題点について、生徒達に琵琶湖が抱える未解決課題として疑問を投げかけ、実際に、コアユの口にした食べ物の観察が可能となる教具や、それぞれのプランクトンの大きさ比較が実感として行えるような教具

の開発を通して、食物連鎖の視点を盛り込んだ教材化を図ることとした。また、琵琶湖の歴史を遡り、過去の珪藻化石と現在の珪藻とをつなぐ視点を盛り込んだ教具・教材の開発を行った。

③新聞報道と琵琶湖の漁師 戸田直弘氏への取材

琵琶湖に住むコアユは、漁業全体の漁獲量の4～5割を占める。平成28年(2016年)以降、平成29年(2017年)に、過去に例を見ない漁獲量の減少を見せた。コアユの漁獲量は、平成28年(2016年)12月～平成29年(2017年)8月は76t、平成29年(2017年)12月～平成30年(2018年)8月は88tとなり、平年値である約110tを大きく下回った。この原因は、平成28年(2016年)夏の産卵期の小雨が原因であるとも考えられている一方で、その他の原因として、外来種の大形プランクトン*Micrasterias hardyi* (ミクラステリアス ハーディー)(図1)が真犯人ではないかという報道がなされた。

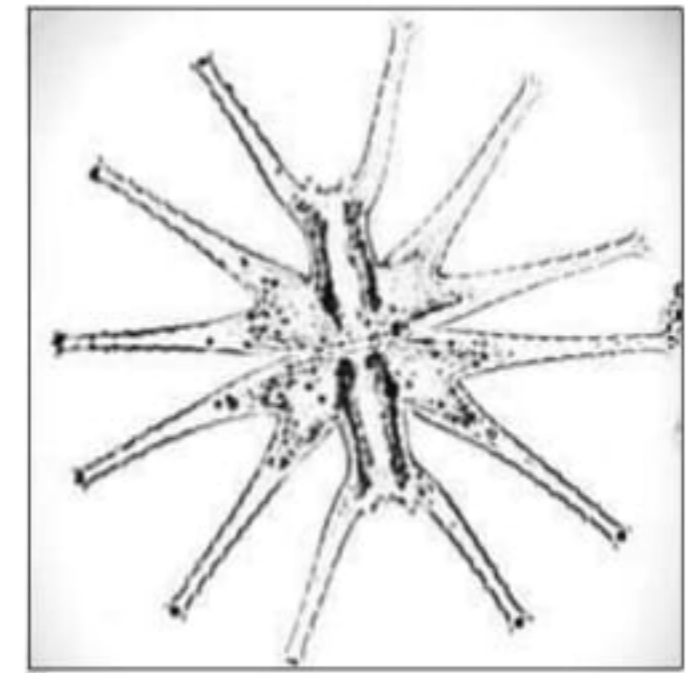


図1 外来種のミクラステリアスハーディー

また、琵琶湖で漁業を営む戸田氏にも、平成29年(2017年)12月のコアユ漁解禁～平成30年(2018年)の8月の禁漁までの期間の漁獲量の変遷の傾向について伺うと「昨年度よりは改善の兆しはあったものの、漁獲量には悪化の傾向が見られる」ということであった。

この取材の様子(図2)を、音声データとして記録し生徒に実社会の現実の課題に向かい合う臨場感と、学習課題に対する主体性を高めたいと考え、授業の導入には、取材のやり取りの様子を再生した。



図2 琵琶湖の漁師 戸田直弘氏(左)への取材

幸いにも、研究授業を行った後日の報道によると、平成30年(2018年)12月1日のコアユ漁解禁初日の1日の漁獲量は6161kgで、記録的な不漁だった過去2年間を大きく上回り、平年並みであった。それとともに、前年の2124kgの約2.5倍にまで回復した。参考値として、昨年の平成29年(2017年)12月1日は2424kg、平成21年(2009年)～平成27年(2015年)の同日の平均値は、6364kgであった。滋賀県が実施した親コアユの放流量を増やす等の対策で、漁獲量の増加につながっているとみられている。しかし、まだ予断を許さない状況である。

④珪藻学者からの聞き取り

珪藻は、私たちに馴染みのある哺乳類の骨格標本よりも小形ではあるが、「現在と過去をつなぎ、水環境を理解するための科学的な『鍵』となりうる存在である」と、珪藻学者の間では位置づけられている。本研究では、中学校理科の授業において、食物連鎖の出発点の立場である珪藻を中心とするプランクトンに焦点を当て、現在と過去の琵琶湖の珪藻の比較観察を通じた新たな教材開発への可能性を見出した。

珪藻の種類は、2万種以上にのぼる多様性を持つといわれているものの、種の同定を最終的な目的としないのであれば、現在の琵琶湖および、古琵琶湖層群に出現する比較的出現頻度の高い10数種程度の珪藻の形態の特徴を抽出することで、浮遊性の中心目(放射相称)・附着性の羽状目(線対称)・好酸性・好富栄養性等の性質の特徴を持つなど、珪藻を属レベルで判別できる^{4)~9)}といわれている(表1)。

表1 珪藻の形状による主な分類⁴⁾

細胞が連なる	細胞が1つ		
円筒状	円形	菱形	曲がっている
棒状・針状	楕円形	細長い・針状	くさび形

(2) 郷土に関わりの深い、観察・実験のための教具・教材の開発と授業実践

①教材化に向けた標本・教具に関する情報収集

滋賀県甲賀市にある古琵琶湖層群を含む地層より、土砂を平成30年(2018年)7月28日に採取し、過酸化水素水による有機物除去のための処理を行った。次に、水分を除いた後、UVレジンを(清原社製)を用いて生徒観察に用いるための永久プレパラート作成を独自に行い、現生の*Aulacoseira nipponica* (Skvortzov) Tujii (アウラコセイラ) や、*Praestephanos suzukii* (Tujii & Kociolek) (スズキケイソウ) または*Cyclotella* (ヒメマルケイソウ) のような珪藻(図3)を、光学顕微鏡を用いた予備的調査の中で観察することができた。

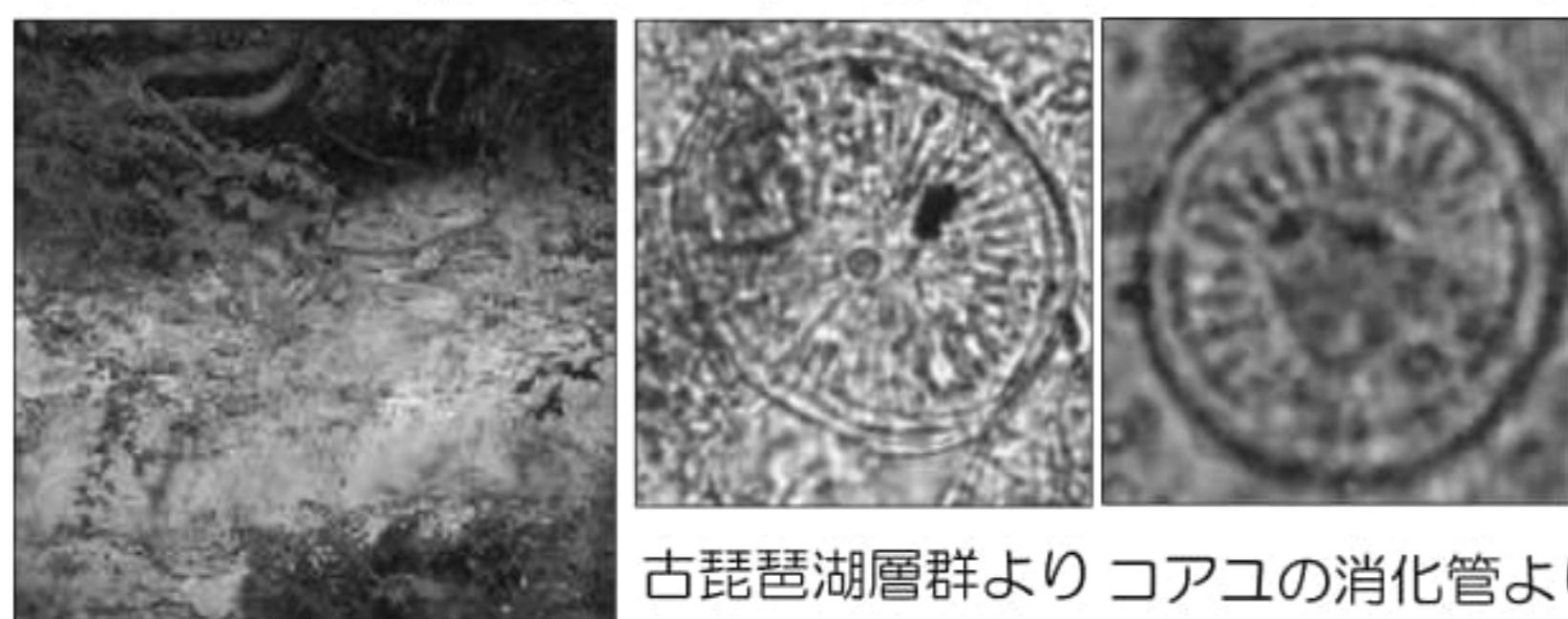


図3 古琵琶湖層群を含む地層の露頭(左)(滋賀県甲賀市)と取り出した珪藻化石(中)・コアユ消化管内の珪藻(右)

しかし、専門家への聞き取りとともに教材研究を進める中で、古琵琶湖層群の地層に含まれる珪藻化石の状態が、他の有名な珪藻土の産地に見られるような密度が濃く観察しやすい状態ではない点や、当初計画し

ていた古琵琶湖層群に含まれる珪藻化石の単離や、走査電子顕微鏡レベルでの区別が必要となり、正確な同定や学術的な裏付け等に関して、問題点が明らかになってきた。つまり、光学顕微鏡のみを用いた観察の際に、珪藻の同定作業は困難を極めることが分かった。

そこで、教材・教具開発の視点の新たな方向転換を行い、近年問題として取り上げられてきた「琵琶湖産コアユの激減と、外来種大形プランクトン*Micrasterias hardyi* (ミクラステリアス ハーディー)との関連性」の話題に着目し、現在の琵琶湖で観察できる現生の珪藻・プランクトンと、コアユの食物連鎖に関する教材化を中心に研究を進めた。ちなみに、ミクラステリアス ハーディーは、ニュージーランド等の南半球由来と言われ、琵琶湖では平成23年(2011年)11月頃から観察されるようになったとされている。専門家によれば、飛行機等で他の生物とともに運ばれ、琵琶湖に入ってきたのではないかと考えられている。

②観察・実験のための教具の準備

観察材料となる新鮮なコアユは、戸田氏のご厚意で特別に提供をいただいた。特に、消化管の内容物を保存する必要があったため、琵琶湖でのエリ漁直後に個別冷凍処理を施していただいたものを用いた。生徒観察を成功に導くため、事前にコアユの解剖は実施しておき、消化管の内容物の観察が可能な永久プレパラートの作成を、予備を含め20枚程度作成した。観察結果が良好な10枚を、授業に活用した。

③標本・教具を活用した授業実践

中学3年「自然界のつり合い」の単元において、授業実践を行い、その教育効果の検証を行った。生徒をとりまく近年の状況のひとつとして、自然体験の減少や生命に対する認識の不足などがあげられる。本単元では、身近な動物についての観察・実験を通して、生物どうしのつながりを理解させるとともに、自然界におけるそれぞれの生物の立場やその生活についての認識を、直接的な観察を通して深めさせることがねらいである。生物が生きていくとはどういうことなのかを、自らの体験や既習の知識と関連付けてとらえさせる学習活動を積み重ねることで、科学的な見方や考え方のみならず、生命を尊重する態度が醸成できると考えている。

生徒は中学1年時に、植物が光合成のはたらきによりデンプンなどの栄養分を自ら作り出していることを理解している。しかし、「なぜ、自然界の中で植物が有機物を作ることが重要であるのか」という生態系での役割や、生物どうしが「食う・食われる」の関係で繋がり、植物が土台となって数量的な

バランスが保たれていることの重要性などについては学習していない。したがって生物の一員としての動物が、他の動植物から常に栄養分を得ることがなければ、生命を維持できない立場にあるという認識は弱い。そのため、生物どうしの生活と体のつくりの特徴とが密接に関連している様子を、直接的な観察を通して捉えさせる学習経験や、物質やエネルギーの移動の視点を持たせることが重要である。

本単元では、食物連鎖の学習の導入として、消費者の立場であるコアユの胃の内容物の観察を行い、実体験を通して得られるデータや根拠をもとに、自然事象を科学的に考察させる学習活動を行う。自然界のつり合いに関して、生産者として太陽のエネルギーを得て有機物を作り出す植物と、それを口にする生物の「食う・食われる」の立場を明確にさせる。

その際、生物の個体の数量関係や、物質・エネルギーの移動に関して、各生物の生態系での立場との関連性を説明させる中で、科学的思考力を付けさせたい。授業では、自作教具や思考ツール、ICT等を活用させ、科学的な概念や用語を用いて論理的に表現する機会を確保し、意見交流や考察の深化を図る。

○単元の学習目標

身近な生物の観察・実験を通して、自然界のつり合いに関して生態系での生物どうしの数量関係や、物質・エネルギーの循環のしくみへの認識を深める。

○単元の評価規準

自然事象への関心・意欲・態度	科学的な思考・表現	観察・実験の技能	自然事象についての知識・理解
①食物連鎖など、身近な生物のつながりについて関心をもち、生命を尊重し自然環境を保全しようとする姿勢で調べている。	②観察・実験で得た結果をもとに、生産者・消費者・分解者間の自然界での数量関係や、物質・エネルギー循環について説明できる。	③生物が消費する食物について、生物の生活のしかたや体の特徴などを調べ、正確に観察・実験を行っている。	④食物連鎖による生物どうしのつながりについて理解し、数量関係のつり合いや物質・エネルギー循環のしくみを理解している。

○本時の学習過程

	学習内容・活動	○指導 ◆評価 ★論理的・創造的な思考・判断・表現を促す方策
導入	<p>1. 「琵琶湖のアユ不漁」の記事(左半分)を読み、「大量発生したのは植物プランクトンなのに、なぜアユが捕れなくなるのか？」について疑問を持つ。</p> <ul style="list-style-type: none"> 琵琶湖でとれるアユ(コアユは「子」アユではない)・・・体が小さい 河川に遡上するアユ・・・体が大きくなる <p>2. 1匹のコアユの体から、不漁の原因を探るなら、疑問点を解決する方法として、何をどの</p>	<p>○えり漁で捕えた琵琶湖産のコアユの実物と、琵琶湖の漁師との写真を提示し、課題意識を持たせる。</p> <p>○新聞記事を紹介し、身近な琵琶湖の異変に興味・関心を持たせるとともに、消費者であるコアユと、生産者である植物プランクトン・消費者である動物プランクトンとの関係を想起させる。</p> <p>★コアユの食性と、琵琶湖に住むコアユの消化管の内容物について興味を高めさせる。</p> <p>“食物連鎖”・・・「食う・食われる」の関係・“生態系”・・・生物と取り巻く環境</p> <p>○コアユも既習のカタクチイワシ同様、消化管(胃)を持つことを、解</p>

○単元の学習計画(全7時間)

- 第1次 食物をめぐる生物どうしのつながり 3時間 (本時2/3)
- 第2次 生物の遺骸のゆくえ 2時間
- 第3次 生物の活動を通じた物質の循環 2時間

○本時の校内研究との関連(論理的・創造的な思考力を促す方策)

あ. 学習課題設定の工夫

・プランクトンや魚など、各生物の体つくりに適する食べものを推察させ、食物連鎖の中で生じる課題について考察させる。(10か条②)

い. 具体的方策(指示・思考ツール・ICT等)

- ・自分や他者の意見を可視化させ、判断材料を捉えさせるために、思考ツールとしてマトリックスを活用する。(10か条⑬)
- ・意見の共有を促すため、ICTを活用し、おもに拡大提示や意見集約のために書画カメラやタブレットを活用する。(10か条⑥)

う. 特別支援の視点からの授業の工夫

- ・実際の標本や、具体物を用いて学習課題への興味・関心を高めるとともに、観察・実験の視点を視覚的に焦点化することにより考察を促す。

○本時の目標

コアユの胃の内容物(ミジンコ・珪藻)の観察(図4)と、資料の分析を通して、琵琶湖における生物間の食物連鎖の関係性や、琵琶湖の生態系の変化がもたらす影響について説明できる。【評価規準②③】

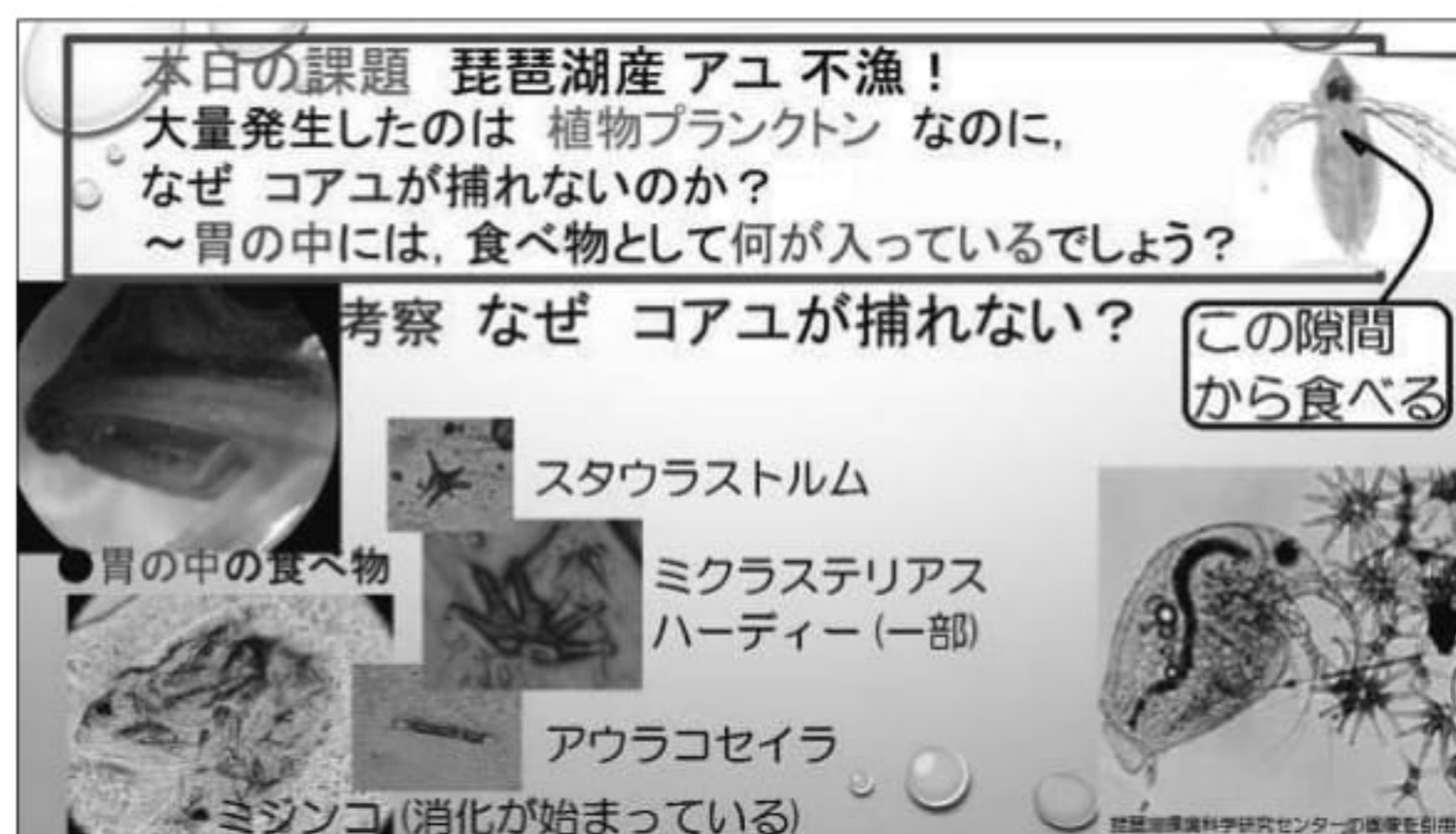


図4 コアユの胃の内容物(ミジンコ・珪藻)の観察

	ように調べるとよいか課題意識を持つ。	剖の演示・映像資料を用いて示す。
	学習課題 琵琶湖産アユ不漁！大量発生したのは植物プランクトンなのに、なぜコアユが捕れないのか？ ～胃の中には、食べ物として何が入っているでしょう？～	
	3. 胃の中に何が入っているか予想を立て、意見交流する。 (予想される考え)・植物プランクトン・動物プランクトン・消化されて無い	★胃の内容物の永久プレパレードの作成方法を、視覚的にとらえさせ、観察する目的を共通理解させる。 ★予想される生物の形や特徴など、観察の視点の共有を促す。 ★意見をタブレット・教材提示装置で拡大し、発表内容を明確にする。
展 開	4. 胃の内容物の観察の手順を知る。 ①胃の内容物の永久プレパレードを、顕微鏡を用いて観察する。 ②コリメート法を用いて、タブレットのカメラ機能で観察した撮影画像を1枚送信し、成果を報告する。 ③顕微鏡・プレパレードの片付けをする。 ④ノートに結果を記録し、資料などを参考に考察する。 5. プレパレードの観察を行う。 6. 観察結果の共有を行い、観察できたプランクトンの立場について整理する。 ・ミジンコ(動物プランクトン)は、たくさんコアユに食べられていた。 ・緑色の珪藻(植物プランクトン)は、コアユに食べられていた。 →植物プランクトンは、光合成をするから生産者の立場である。 →コアユやミジンコなどの動物は、植物プランクトンを食べるから消費者の立場である。 7. 本時の課題に対し推論・考察する。 ①植物プランクトンもコアユに食べられていたのに、なぜコアユが捕れなくなるのか？ →植物プランクトンを食べるミジンコが減少しているのではないか？ ②植物プランクトン(ミクラステリアス ハーディ)が大きいことで、直接に影響を受けそうな生物と、その理由は何か？ →ミジンコが、これまでより巨大なミクラステリアス ハーディをエサとして食べられない可能性があるのではないか？	○生命に感謝しながら観察を行うように注意を促す。 ★4人グループごとに観察した結果について、タブレットで撮影させ、観察結果から得られた事実や気づいた内容を、ノートに整理させる。 ★淡水プランクトンの資料を2名に1冊配布し、観察できた生物の形や名前などについて、自主的に調べておくように促す。 ◆顕微鏡・プレパレードを用いて、胃の内容物の特徴を記録し、整理している。 規準③(タブレット・ノートへの記録・記述)【技能】 ★淡水プランクトンの資料・ICTを活用し、観察結果を明確にする。 ○植物プランクトン・動物プランクトンの違いを定義する。 “生産者”→光合成を行い、有機物を生み出す立場。植物・植物プランクトン・動物プランクトンや小魚の餌となる。 “消費者”→植物・植物プランクトンの作り出した有機物を消費する立場。動物。
		 <p style="text-align: center;">図5 ハンズオンモデルの活用 (ミジンコと珪藻の大きさ比較)</p> ★「ミクラステリアス ハーディ」：通常の植物プランクトンの3～5倍の大きさで、12個の突起を持つニュージーランド由来の種。画像・教具を示し、植物プランクトンが大きいことで、食べられる際、影響を受ける生物(ミジンコ)の可能性と、その理由をノートに推論させる。 ○ミジンコのエサとなる植物プランクトンの種類や大きさ、数の変化によりミジンコが減少し、ミジンコが減少するとそれらをエサとするコアユも減少していく可能性がある。このことから、大きな植物プランクトンのと、アユの減少とが、関連している可能性に気づかせる。 ★「生産者」「消費者」「生態系」の用語を用い内容をまとめさせる。 ◆コアユの食物連鎖について、「生産者」「消費者」「生態系」の用語を用いて説明できる。 規準②(ノートへの記述)【思考・表現】
ま と め	8. 本時のまとめを行う。	
	まとめ 琵琶湖のコアユは、生産者である植物プランクトンや消費者である動物プランクトン(ミジンコなど)を食べる。コアユの減少は、現在、大形の外来植物プランクトンの出現によるミジンコの減少など、生態系の変化による影響が考えられているが、未解決の問題である。	
	9. アユを食べるハス、アユを食べるカワウなど、さらに大形の生物の存在を知り、琵琶湖での食物網・生態系について学習の振り返りを行う。	★新聞記事の右半分を示し、現在の科学者の見解を伝えることを通して、自分との共通点や相違点を見出させ、未解決課題に取り組む意義を伝える。 ★その他、関連する新聞記事を紹介し、学習を振り返らせる。 ○生物どうしが食物を通じ複雑に繋がっていることを意識させる。

(3) 授業研究の分析

中学校における研究実践「食物をめぐる生物どうしのつながり」について、①課題意識の形成、②帰納的推論・演繹的推論による仮説形成、③科学事象の理解、④科学事象への興味・関心、⑤学習後の充実度の5つの観点に基づく生徒の意識調査を表2に示す。質問紙調査は、中学3年・1学級の欠席者を除く生徒37名を対象として実施した。質問項目は、4段階評価(肯定を4、否定を1)とし、評価の数値は学級の平均値を表した。

調査結果から、生徒は授業に課題意識を持ち、学

習内容を理解し、学習内容に関して充実感を持って臨んでいたことが伺える。特に「問いに対して、根拠を持って自分の意見を持てたか」や「問いや課題について分析し、関わる情報を整理できたか」という質問項目に対し、肯定的に回答した割合が、他の質問項目より高い傾向にあった。これは、生徒が実際に行った消化管内容物の観察結果自体は良好ではなかったものの、消化管内で見られた生物について、拡大版のミジンコや珪藻等のハンズオンモデル(図5)を併用したことで、観察結果や学習資料をふまえた考察が進められた成果だと考えられる。

表2 学習についての質問紙結果

観点	質問項目	評価
① 課題意識	本時の課題を意識した	3.4
② 仮説形成	問いに対して、根拠を持って自分の意見を持てた	3.5
	友達の意見をよく聞き、自分の意見を比べながら考えを深めることができた	3.4
③ 科学事象の理解	問いや課題について分析し、関わる情報を整理できた	3.5
	実験で明らかになったことを、筋道立てて説明することができた	2.9
④ 科学事象興味・関心	これからの授業に向け、新たな課題を見つけることができた	3.1
⑤ 学習後の充実度	この時間の内容をしっかり理解できた	3.6

一方で、「実験で明らかになったことを、筋道立てて説明できたか」という質問項目に対しては、依然として苦手意識が高い傾向が見られた。実社会において未解決な事物・現象に関する学習課題だったため、限られた情報の中で総合的に考察し結論づける過程が困難だったと分析する。文章記述内容では、

・ 結局、何が原因しているのか。
 ・ 未解決の問題を解決したい。

等、課題解決に向け意欲的な姿が例年より向上した。

次に、「授業を通し、身についた力は何か」の問いに対する、生徒の主な記述内容を以下に示す。

・ 滋賀県民として、私達の身近な存在である琵琶湖の中で、生態系の動きについて様々なプランクトンや魚と関連させ、追究していく力。
 ・ 分かっていないことを、自分で仮説を立てる力。それを文章でまとめる力。

このように、探究的に課題に臨む様子が伺えた。

5. 成果と課題

作成した教具による観察の結果、コアユの消化管の内容物に「ミジンコ」を中心として、古琵琶湖層群の地層にも含まれていた「スズキケイソウ」様の珪藻や、「アウラコセイラ」属の珪藻、そして、外来種の大形植物プランクトン「ミクラステリアスハーディー」も含むことが実際に確認できた(図4・5)。

近年のコアユの減少が、ミクラステリアスハーディーの増加による直接的な原因であるという、科学的な裏付けが最終的になされているわけではない。しかし、現段階で研究者達が唱える学説に関して、生徒自身も課題意識を持ち、琵琶湖における食物連鎖の重要性を捉えさせることができた。特に、協議会参加者の意見によると、同縮尺の拡大版のミジンコやミクラステリアスハーディー、スタウラストルム等のハンズオンモデルを比較用に示した際に、ミク

ラストリアスハーディーの大きさと、ミジンコが口にできない理由に関して、生徒間の対話や考察が活性化していた。つまり、研究者が行ってきたであろうコアユ減少の考察の一端を追体験する学習活動を展開できたといえる。また、ミジンコが食物を体内に取り入れる場面の動画視聴も加えることで、小さな珪藻がミジンコに¹⁰⁾、そのミジンコがコアユにと、生物どうしが「食う・食われる」の関係でつながっている実感を促せていた。今後、課題の残る観察用永久プレパラートの精度や再現性をより高め、琵琶湖の昔・今・将来の環境の変化や、自然事象に直接的に問いかける教具・教材の開発を今後も進めたい。

参考文献

- 1) 文部科学省「中学校学習指導要領(平成29年告示)解説 理科編」, 2017
- 2) 辻彰洋, 大塚泰介「びわはく 第2号, 特集: 琵琶湖の珪藻」, 滋賀県立琵琶湖博物館, 2018
- 3) 宮地伝三郎, 川那部浩哉, 水野信彦「原色日本淡水魚類図鑑」, 保育社, 1963
- 4) 滋賀の理科教材研究委員会「やさしい日本の淡水プランクトン図鑑」, 合同出版, 2005
- 5) 谷村好洋, 辻彰洋「微化石一顕微鏡で見るプランクトン化石の世界(国立科学博物館叢書13)」, 東海大学出版会, 2012
- 6) 荒川忠彦「古琵琶湖層群の珪藻化石を教材にした古環境推定の授業展開」, 東レ理科教育賞, 2015
- 7) 田中宏之「日本淡水化石珪藻図説 関連現生種を含む」, 内田老鶴圃, 2014
- 8) 渡辺仁治「淡水珪藻生態図鑑一群集解析に基づく汚濁指数DAI_{po}, pH耐性能」, 内田老鶴圃, 2005
- 9) 尾田太良, 佐藤時幸「新版微化石研究マニュアル」, 朝倉書店, 2013
- 10) 花里孝幸「生き物びっくり実験! ミジンコが教えてくれること 生物と生態系のふしぎを実験から学ぼう!!」, ソフトバンククリエイティブサイエンス・アイ新書, 2013

※本研究の一部は、平成28年度第55回下中科学研究助成「郷土「滋賀」に関する標本を活用した、新たな探究的理科教材・教具の開発」、平成30年度中谷医工計測技術振興財団科学教育振興助成「古琵琶湖層群の珪藻化石の比較観察に関する中学生向け教材・教具の開発」、平成30年度科学研究費助成事業(科学研究費補助金)奨励研究「古琵琶湖層群に関する珪藻化石の比較観察を軸にした、探究的な教材開発」(18H001125)の助成を受けて行った。