

## 小学校理科第5学年「水の中の小さな生物」の学習の検討

石田 典子・黒宮 梨奈\*・中村 早耶香

### A Proposal for the Observation of Microorganisms Living in Natural Water for the 5th Grade Student in Elementary School

Noriko ISHIDA, Rina KUROMIYA and Sayaka NAKAMURA

#### はじめに

小学校理科第5学年の「水の中の小さな生物」は、平成20年改訂の小学校学習指導要領において追加された内容である。この単元では、メダカを育てることを通して動物の発生や成長についての見方や考え方を持つことができるようにすることをねらいとしている。単元の学習の過程で、メダカは自然の池や小川などでは何を食べているのかという疑問を持ち、池や川などの水の中に含まれる水の中の小さな生物を観察することによって、魚はそれらを食べて生きていることをとらえるようにすることが求められている（小学校学習指導要領解説理科編<sup>1)</sup>）。その目的のため、野外で水中から採集した肉眼では観察が困難な微細な生物を顕微鏡を用いて観察し、図鑑などで調べる。水の中の小さな生物に関する学習は、肉眼では見るのが困難であるものを対象とし、また児童にとってなじみのうすい水の中の世界や水生生物を扱うため、小学校の学習内容の中で、実感を伴った理解が得られにくい内容のひとつであると考えられる。しかしながら、6年生の「自然の中には食べ物を通した生物どうしの関わり（食べる食べられるの関係）がある」に繋げ、また、水資源の利用、水辺環境の活用とともに水環境の保全に関わる環境教育への導入とできるという点で、この単元における学習は重要な内容を含んでいる。水の中の小さい生物についての学習の指導のためには、教材となる試料を野外で採集すること、顕微鏡を操作すること、資料を用いて生物名などを明らかにすることについての適切な方法の習得が必要となる。また教科書では、川や池とともに海に見られる微細な生物が例示されており、水域によって異なる生物相を対象とするためには、より専門的な知識が必要となる。

本研究では、水の中の小さな生物の観察に関する学習内容を教えるにあたって必要な知識や視点および方法について検討し、本学児童教育学科児童教育学専攻の小学校教員を志望する学生に、水の中の小さな生き物の学習指導を充実させるための提案をすることを目的とした。この目的のために、第1に、教科書の内容を確認し、学習内容と留意点を明確にした。第2に、この単元の学習内容と方法に関する学生の知識をアンケートにより確認した。第3に、試料の採集および結果について考えるために、3つのため池についての水中の微小生物の採集調査を行った。採集調査では、水の中の小さな生き物の季節変化、距離的に近いため池での種類構成の違いなどをあわせて検討した。

---

\* 刈谷市立住吉小学校

## 方法

愛知県 (名古屋市を含む) で採択されている教育出版<sup>2)</sup>、東京書籍<sup>3)</sup>、大日本図書<sup>4)</sup>の3社の理科の教科書の「水の中の小さな生物」を含む単元で示された学習内容を整理した。

本学児童教育学科の小学校教諭免許取得希望の学生約200名を対象として、2012年6月に「水の中の小さな生物」に関わる内容についての経験と知識を問うアンケートを実施した。質問項目は教科書で良く扱われる水の中の小さな生物に関する認知度 (写真や図)、代表的な生物の大きさ、食性、栄養段階および生息場所などに関する15問からなる。

水の中の小さな生物の採集調査は、2012年12月から2013年12月に、名古屋市天白区と緑区にある洪水調整用の3つのため池において実施した。新池は、平均水深1 m、水面の面積約7,400 m<sup>2</sup>である。周辺は住宅および道路に接しており、池周辺の傾斜面は、草本類が見られ、土手部分には樹木が植栽されている。年間を通じて抽水性水生植物のガマなどが生育し、池水面の約46%を占めている。6月から9月を中心に、浮葉植物のヒシが生育し、最大で水面の約27%を覆う。同じく天白区に位置する双子池は平均水深2 m、水面の面積約2,100 m<sup>2</sup>、水生植物はほぼ見られない。年間を通じて釣り人を確認することが多く、交流の場として活用されている。清掃活動が行われ、池の周辺、水面などのごみもほとんどなく、水際の落ち葉も定期的に取り除かれている。池の西側は相生山緑地の丘陵地となり、落葉広葉樹の林がある。ほら貝池は緑区にあり、平均水深0.9 m、水面の面積約12,000 m<sup>2</sup>、住宅地にあり、小さい公園に接し、小学校にも隣接している。年間を通じて抽水性水生植物のガマなどがあり、浮葉植物のヒシの生育も見られる。双子池は新池の西に約1 km、これらの池に対してほら貝池は南に約2 kmの範囲に位置している。

水の中の小さな生物の採集は、落ち葉、コンクリートの壁および水生植物などの異なる基質の表面から行った。付着物はプラスチックブラシでこすり取り、池の水に懸濁させて、ホルマリンを最終濃度2%になるように加えて生物活性を固定した。水の中のコンクリートからの採集では、水の中での採集を可能にするIshida et al., (2006)<sup>5)</sup>の装置を参考に、壁面に圧着させた装置内で剥ぎ落として回収する方法を用いた。付着物中には付着藻類、付着性の底生動物、細菌類、分解残渣などが含まれるが、今回は付着藻類に着目して調べた。付着物試料を光学顕微鏡下で200倍から1000倍で検鏡して、藻類の種類を同定し、細胞数や群体数を求めた。なお、同時に植物プランクトン用ネットにより池水をろ過して、浮遊生物の採集も行ったが、今回その結果は扱わない。付着藻類の種類と同定には日本淡水藻図鑑 (廣瀬, 山岸 1977)<sup>6)</sup>を用いた。毎採集時に水温と電気伝導度は電導度計 (HORIBA, ES-12) を用いて、水素イオン濃度は比色法により、水色はウーレ水色計 (離合社) を用いて測定した。

## 結果

### 教科書における学習内容

表1に教育出版、東京書籍、大日本図書の5年生の理科教科書における水の中の小さい生物の採集方法やその生物の大きさの表示の仕方などについて示した。

小学校理科教科書からこの項目の指導に関しての留意点として次のことがあげられる。大日本図書の教科書では、池の浮遊性の微小生物すなわちプランクトンを採集する。一方、東京書籍および教育出版の教科書では、落ち葉の付着物の採集を紹介している。水の中の小さな生物には浮遊性生物 (プランクトン) と付着性生物という生活型すなわち生息空間の利用の違いが見られる。大日本図書では、金魚用のネットを使用して、水中から微小な生物を採集するとさ

れる。通常淡水用のプランクトンネットの網目は約70ミクロン（ $\mu\text{m}$ ：1mmの1000分の1）が使用されている。魚用のネットの網目では、多くのプランクトンが抜け、効果的な採集は難しい。落ち葉などの付着物からの採集では、多くの微小な生物が高密度に存在することが期待できる。しかしながら、落ち葉が見られない時期や清掃された場合には、採集が不可能となる。また、栄養度の高い池では、付着物中には多くの分解残渣や砂や泥などの無機質が見られ、生物の識別が困難な場合がある。

池や小川に住む小さい生物として3社の5年生用教科書で共通に扱われる淡水の水の中の小さな生物は、動物性のもはゾウリムシ、ツリガネムシ、ワムシ、ミジンコで、一方、植物性のもはミカヅキモ、アオミドロ、イカダモ、クンショウモ、ボルボックス、ミドリムシである。一部の教科書では、アメーバ、ラッパムシ、ケンミジンコ、ゾウミジンコ、ツヅミモ、クチビルケイソウ、オビケイソウなども見られる。6年生では、生物どうしの関わりの単元で食物連鎖の例としてイカダモがミジンコのエサとされている<sup>7)</sup>。植物性の小さいものでも数十ミクロン程度あり、より小さい珪藻はほぼ扱われていない。

ミジンコ、ケンミジンコ、ワムシ、ボルボックス、ミカヅキモ、ミドリムシ、イカダモ、クンショウモなどのよく紹介される生物は基本的に浮遊性の生活者であり、流れのある川のような水域や石などに付着する生物群集内にはふつつ見られない。海産の種類を除いて、生育場所との関係を示されていない。川では流れがあるため浮遊性の生物ではなく、石などの付着物を対象とするなど水域の違いによって採集対象や方法が制限される。

メダカからプランクトンまでそれぞれの生物の大きさの違いを実感することは難しい。生物の大きさの表示については、教科書により倍率を示す、絶対値を示す、図の大きさを変えて相対的に大きさを示すなどの方法がそれぞれ試みられている。倍率では実感をもった大きさの目安にはなりにくい。また、それぞれの生物の図の大きさを変えて表示してもミクロンが基準となる大きさは図のみではやはり実感を持って理解されにくい。

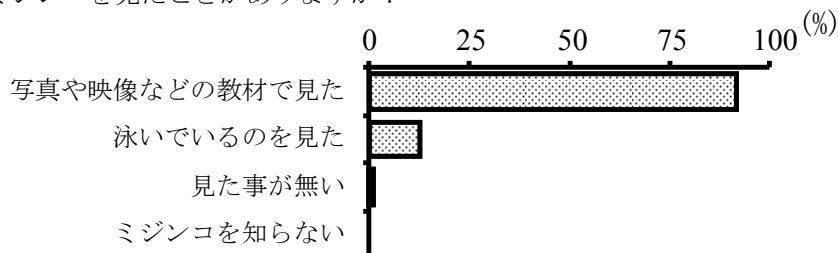
表1 小学校理科教科書における水の中の小さな生物の取り扱い

	教育出版社	東京書籍	大日本図書
採集方法	池の水草・落ち葉を水の中に入れ、動くものを採集	水槽の壁や池の水草・落ち葉から剥ぎ落とす	池の水からろ過
対象水域	池・小川	池・川・水槽・海	池・小川・海
大きさのとらえ方	メダカとの相対的大きさを示すイラスト 0.1mmメモリ付カバーガラス利用により、実際の大きさを倍率とともに複数種を同時に表示	メダカとの相対的大きさを示すイラスト 複数種を同時に倍率とともに表示	メダカとの相対的大きさを示すイラスト 個別の種について倍率を表示
メダカの餌として実験に用いるもの	水草・落ち葉の付着物の中にいた動くもの	水槽の付着物	池の水の中にいた小さな生物

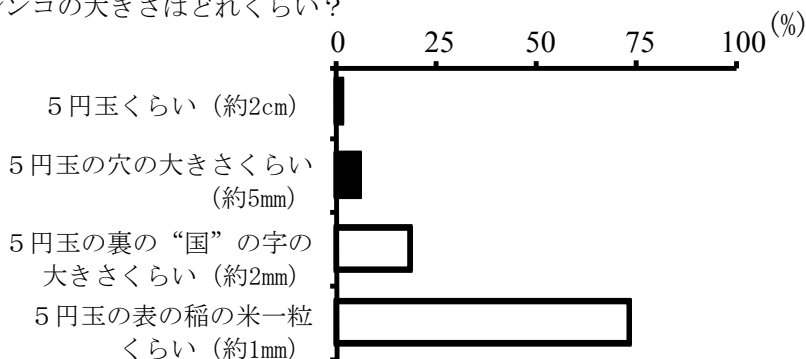
### アンケートによる学生の理解度の現状

アンケートの質問事項と結果を、メダカに関する質問とアオミドロの写真はどれかを問う質問を省略し、図1から4に示した。質問5から質問14については、正解を白抜きで、不正解を黒塗りで示した。

質問4 ミジンコを見たことがありますか？



質問5 ミジンコの大きさはどれくらい？



質問6 ミジンコは何を食べているのでしょうか？すべて選んで下さい。

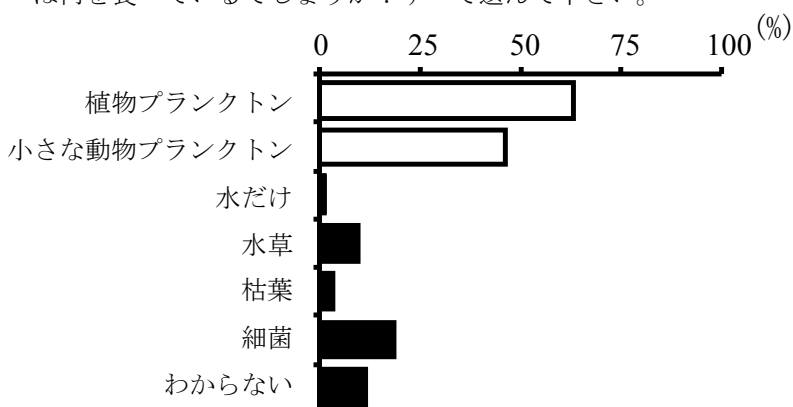
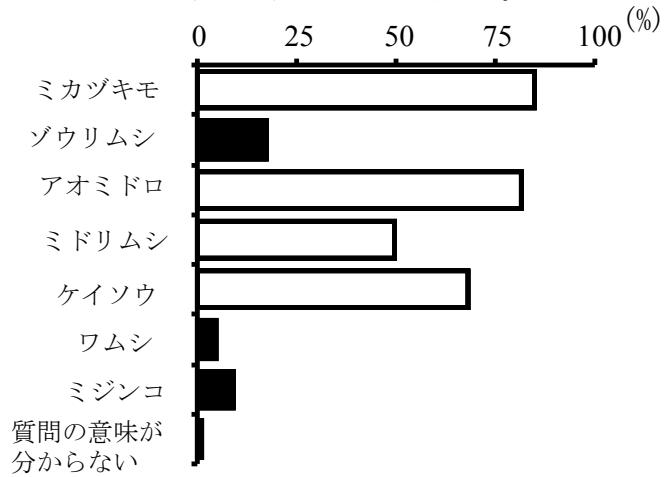
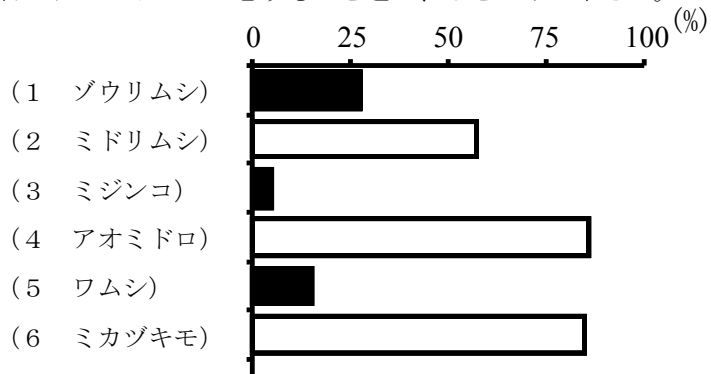


図1 ミジンコに関する質問のまとめ

質問7 植物プランクトンはどれでしょうか？すべて選んで下さい。



質問8 写真より植物プランクトンだと思うものを選び、○をつけて下さい。



質問9 植物プランクトンは何を栄養としているのでしょうか？

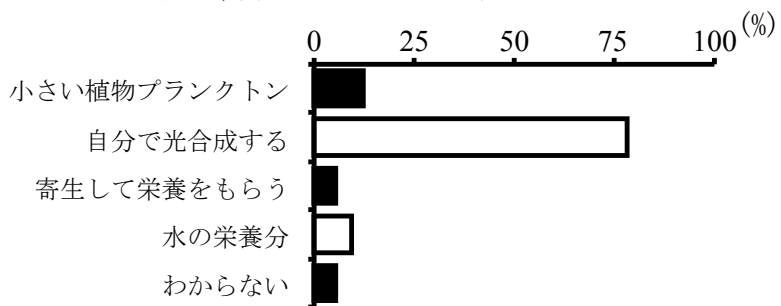


図2 プランクトンに関する質問のまとめ

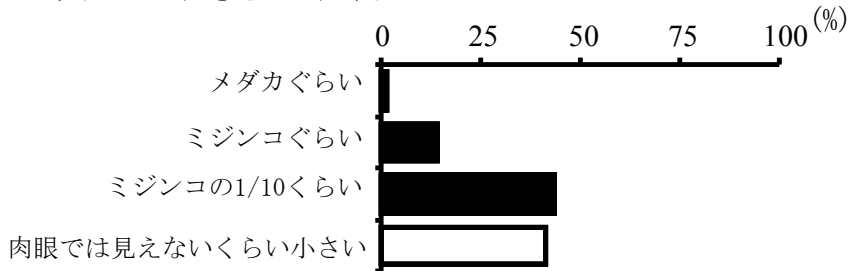
水の中の小さな生物を観察した経験を問う質問では、小学校での経験として約80%、中学校でも約50%があると答えている。メダカを見た経験は学校や水族館がほとんどであるが、川や池での観察も半数くらいが経験している。一方、ミジンコなどの小さい生物の理解となるとそのほとんどは写真や映像による資料からとなっている(図1)。観察する授業はあったものの、正確な観察はできなかったということが関係していると考えられる。

生物の大きさについての把握は、ミジンコの大きさについての正解率は高いものの、ゾウリムシについては、答えにややばらつきが認められた(図1および図3)。

メダカ、ミジンコ、ゾウリムシ、植物プランクトンそれぞれの栄養を利用については、それぞれ単一のものを利用しているわけではないことを理解してはいるが、正確な理解とはなっていない。特に植物プランクトンが光合成作用を行うとともに水の中から栄養吸収をすることを理解しておくことは重要であるが、正答率は10%以下と低い(図2)。

植物プランクトンを生物名から選ぶ場合にはほぼ正解であるが、写真から選ぶとゾウリムシやワムシなどの動物性のものに誤答が増える傾向が見られた(図2)。植物プランクトンの定義は光合成により有機物を合成する生物であり、緑色の色素があることは有力な手がかりである。緑色色素の有無から植物プランクトンを識別しているわけではないと判断される。

質問10 ゾウリムシの大きさはどれくらい?



質問11 ゾウリムシは何を食べているのでしょうか?すべて選んで下さい。

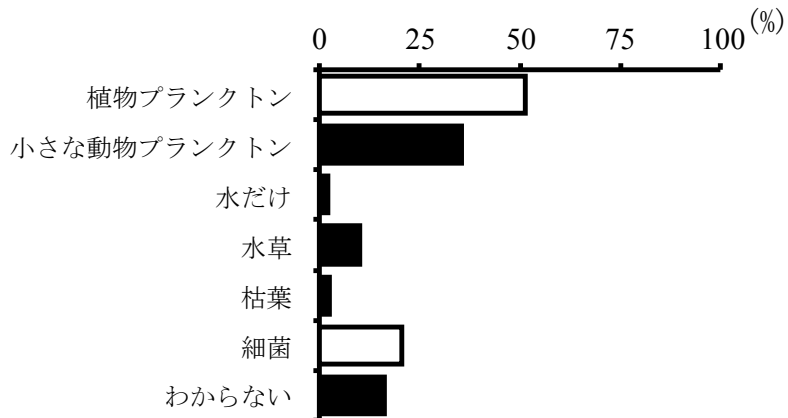
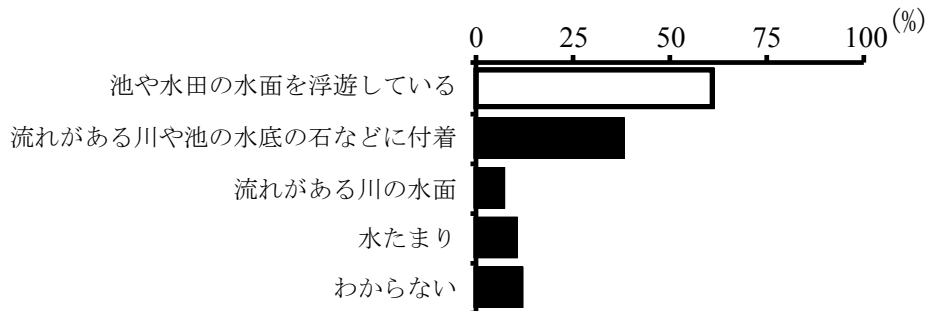


図3 ゾウリムシに関する質問のまとめ

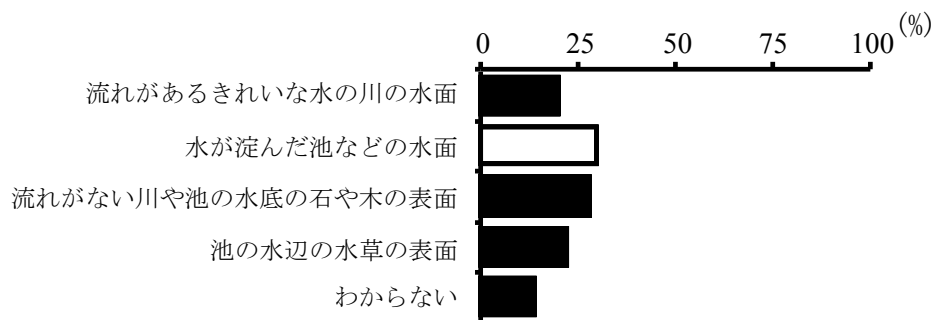
植物プランクトンとして最も良く知られているミカヅキモの生息場所は池などの止水域であるが、正答と誤答が半々であった。池と川では、生物相が異なるという理解に欠けていると判断される(図4)。

なお、省略した質問は、質問1「メダカを見たことがありますか?」、質問2「メダカの大きさはどれくらいか、あてはまるものを選んで下さい」、質問3「メダカは何を食べているでしょうか、あてはまるものを選んで下さい」、質問12「アオミドロは質問8の写真のうちどれでしょうか」である。

質問13 アオミドロのいる場所はどこだと思いますか?すべて選んで下さい。



質問14 ミカヅキモのいる場所はどこだと思いますか?



質問15 田んぼや池の小さな水中の生物を観察したことがありますか?

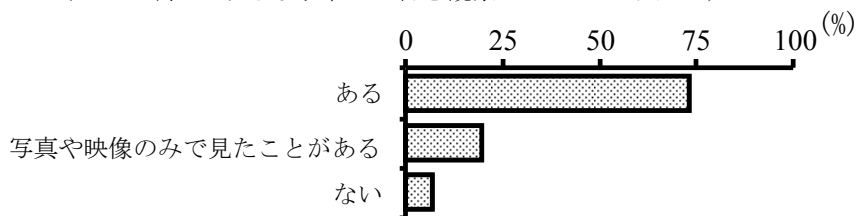


図4 アオミドロやミカヅキモなどに関する質問のまとめ

## ため池における採集調査結果

3つのため池における環境要因の年間の調査結果のうち、2013年1月、4月および8月の結果を表2に示した。

表2 新池、双子池およびほら貝池の環境要因 (2013年1月, 4月, 8月)

	採集日	水温 (°C)	pH	電気伝導度 (mS m <sup>-1</sup> )	水色
新池	Jan. 21 2013	7.4	7.1	9.66	14
	Apr. 23 2013	17.9	7.1	7.25	15
	Aug. 30 2013	29.6	6.9	10.27	17
双子池	Jan. 21 2013	6.1	7.1	10.75	16
	Apr. 23 2013	16.4	7.8	9.48	16
	Aug. 30 2013	29.1	8.4	11.92	17
ほら貝池	Jan. 21 2013	7.8	7.2	9.04	13
	Apr. 23 2013	16.4	7.2	10.66	17
	Aug. 30 2013	29.4	7.1	8.24	17

水温、電気伝導度、水色とも3つのため池に関して著しい相違は見られない。双子池は夏季に水の華現象が認められ、活発な光合成により、pHがやや高かった。

各池に異なる基質から採集された付着物中にみられた付着藻類の年間の調査結果のうち、同じく2013年1月、4月および8月の結果を図5から図7にそれぞれ示した。今回の試料では、付着藻類の占める割合が多く、動物はごくわずしかみられなかったため、付着藻類について解析した。双子池では4、8月に、新池およびほら貝池においても8に月は落ち葉が見られず、落ち葉からの試料を得ることはできなかった。水温の低い1月は、いずれの池でもすべての基質において、珪藻が95%以上と優占していた(図5)。4月は、いずれの池においてもやはり珪藻が優占しているが、緑藻および藍藻の割合が1月に比べ、すべての基質において増加していた(図6)。新池では落ち葉で、双子池ではコンクリートの壁で、ほら貝池では水生植物で、緑藻と藍藻はそれぞれ10%以上を占めていた。8月も珪藻とともに緑藻や藍藻の割合が高く、特に双子池のコンクリートの壁では緑藻が約40%、藍藻と珪藻が約30%であった(図7)。いずれの池においても、落ち葉や水生植物とコンクリートの壁の異なる基質において付着藻類群集には冬に珪藻が優占し、春から夏にかけて緑藻や藍藻が多くなるという明らかな季節的な変化が認められた。



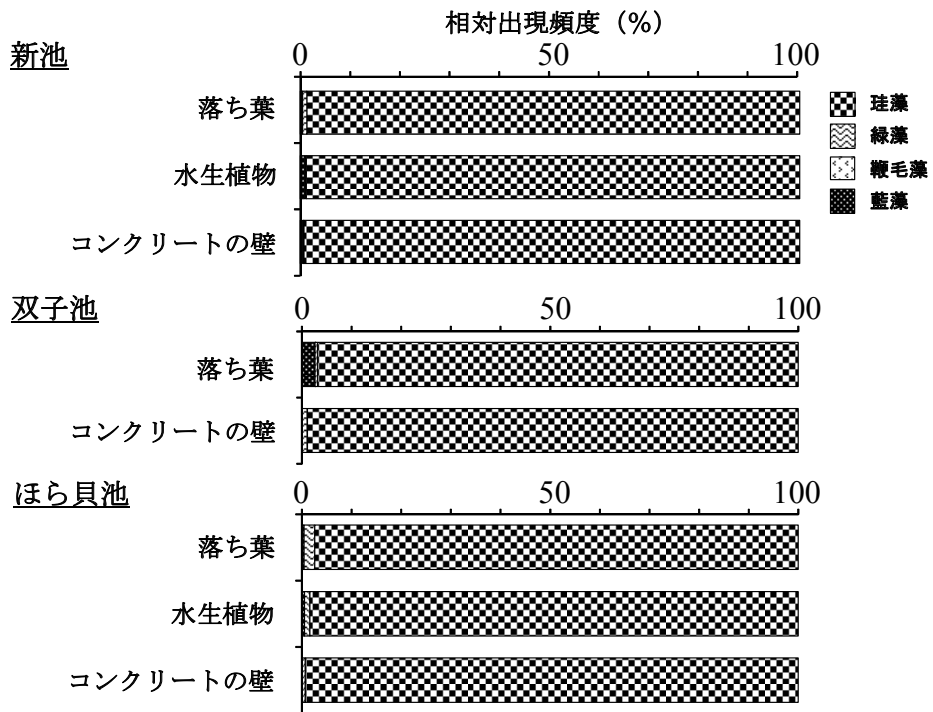


図5 新池, 双子池, ほら貝池の付着藻類の種類構成 (2013年1月)

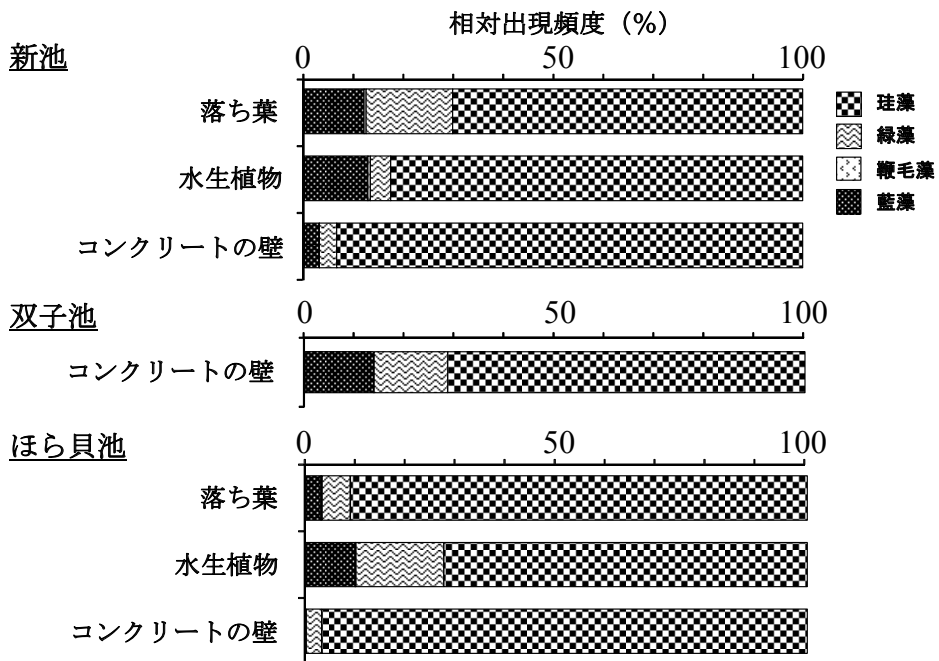


図6 新池, 双子池, ほら貝池の付着藻類の種類構成 (2013年4月)

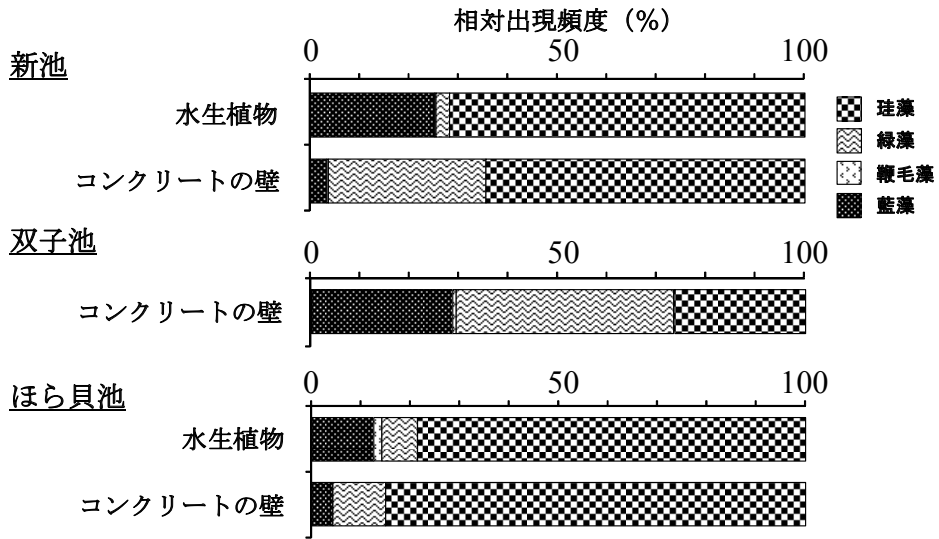


図7 新池、双子池、ほら貝池の付着藻類の種類構成 (2013年8月)

採集時ごとに緑藻、藍藻、鞭毛藻の比較的大型で種名が確認しやすい種群の種類数は、すべての基質をまとめて新池では1月、4月および8月にそれぞれ8、15、18種群、双子池では同様に9、13、12種群、ほら貝池では同じく6、12、17種群を確認した。珪藻を含めてさらに精査する必要があるが、高水温期にこれらの藻類が優占するとともに種数も増える傾向があると考えられる。1月のすべての池での緑藻、藍藻、鞭毛藻の出現種は13種群でそのうち3つの池に共通に見られたのは4種群、4月については21種群中8種群が共通、また8月については28種群中6種群が共通であった。高水温期には多くの種が出現し、双子池ではイカダモの数種が優占し、ほら貝池では糸状の藍藻フォルミジウムが多いなど、池ごとの種類構成の違いが大きくなる傾向がみられた。また、8月の新池を除き、落ち葉、水生植物などの自然の基質についても、コンクリート壁の人工の基質についても緑藻、藍藻、鞭毛藻の出現する種群ごとの割合には違いがあるが、種類相には著しい違いはみられなかった。

## 考察

小学校理科第5学年「メダカのたんじょう」における水の中の小さな生物に関する学習に関して重要なことは、これらの生き物はその生活型に関係してどのような水域にもいて、自身も成長しつつ、餌となって他の生物の命を支えていることへの理解であると考えられる。水の中の小さな生物の効果的な観察は自然の中には多様な生物が存在するという実感的な理解を促す有効な体験となると考えられ、その学習の展開が望まれる。

具体的な単元の指導法については、第1に「水の中の小さな生物」の採集・観察には、水辺の石や落ち葉、水生植物の表面などから付着物を採取し、その試料の観察を学習課題の中に入れることが適当であると考えられる。付着生物を利用する学習は、浅い水域であるため児童への安全の配慮が比較的しやすいこと、生物密度が高い試料が得られること、さまざまな水域で手軽に特別な用具も必要とせず実施できるためである。付着物中の生物と泥や砂などの無生物、また分解途上の有機物などとの分別は困難であることから、付着物の試料は固定せず、事前に

採集したものをそのまま使用し、動きや色素により生物を判別し観察することが望ましい。高温期には冷蔵保存により数日間試料を利用することができる。さらに、発展としては、流れのない水域（池、湖、海）では、浮遊性の生物すなわちプランクトンの採集を行うと同時に水辺の石などの基質からの付着性の生物を採集して比較することができる。一方、流れのある小川では、石などには付着性の生物が見られるが、水中には浮遊性の生物はほぼ見られないということに児童に気付かせるような指導に繋げたい。また、教師は水の中の小さな生物に関する指導のために、対象としたい水域の生物相を事前に調べ、大きさ、色素の存在を示す色の特徴に注目して、児童が検索できるような表を作成することが望ましい。図鑑の記述の主な水域や生活様式を参考にしたい。

第2にそれぞれの生物には大きさの幅があるものの代表的な個体についてより正確に大きさの違いを実感させることが大切である。そのためには、試料を濃縮し、多くの生き物を同時に見せることにより、倍率ごとに視野の中で出現種の大きさを比べさせる工夫などが考えられる。小学校における出前授業の中で、水草にアオミドロを絡ませ、実体顕微鏡を用いてそれらの大きさを比較させ、その後アオミドロを生物顕微鏡で拡大し、それについているワムシが藍藻を食べるところを小学生に観察させた。事後の児童のスケッチから、段階的に大きさを確認することは効果的であったことを確認した。また、シャープペンシルの芯を拡大した図に、微小な生物を張り付けるなど日常的なものを利用するたとえは有効であると考えられる。ただし、1つの分類群には、多くの種が含まれ、種ごとに大きさの幅があることも例示したい。

第3に6年生での学習を考えると、この単元において観察する際に水の中の小さな生物が植物性かまたは動物性かという区別は必要と考える。植物性の小さな生物は緑色色素を持ち、光を利用して光合成を行い、増殖することによって食物連鎖を支える最初の生き物であるという理解とともに、同時に栄養として水の中に溶存する栄養塩類を得ているということへの理解まで持たせたい。そして、栄養塩類の多さが、植物性の小さな生物の異常な増殖をもたらし、水域の環境の変化を起こすことも説明したい。3年生での学習により、植物の成長には水と土の肥料と光が必要であることを学んでいる。陸上でも水中でも食物連鎖のもっともはじめに位置する植物および植物性の生き物は環境から栄養となるものを取り込み、光合成するという共通のメカニズムへの理解に繋げたい。

第4として細胞と個体をどのように理解するかという問題がある。例えばクチビルケイソウは一つの細胞からできている単細胞生物であるが、クンショウモは形の異なる細胞がからなる多細胞である。さらに、アオミドロは細胞が連なって群体を形成しているが、一部が切れても生存している。1生命体のまともは種類により異なることに注目させたい。

第5にため池における調査結果から、水の中の付着物から微小な生物を採集し、それを観察する活動においては、次の点を考慮した活動を計画し、実践することが必要であると考えられる。季節的な相違を見る活動は有効であること、さらに池を比較することにより多くの種群を確認できること、また付着物を採集する基質には特にこだわる必要はないと考えられる。定性的に種類相を確認する場合は、壁面などの表面を歯ブラシでこすり、ついたものを池の水に懸濁させることでも採集できる。付着物の採集は水の中で行う簡易的な方法としては、小田部(2010)<sup>8)</sup>は、細い先端から上部の太めの部分で斜めに切った大型プラスチックスポイドで水の中の石や壁面をなぞるように吸い取ることを紹介している。

これらのことを踏まえて、本単元のうち第1次のメダカのみごの変化に続く、第2次の水の中の小さな生物の小単元に関係する指導計画を図8に示した。

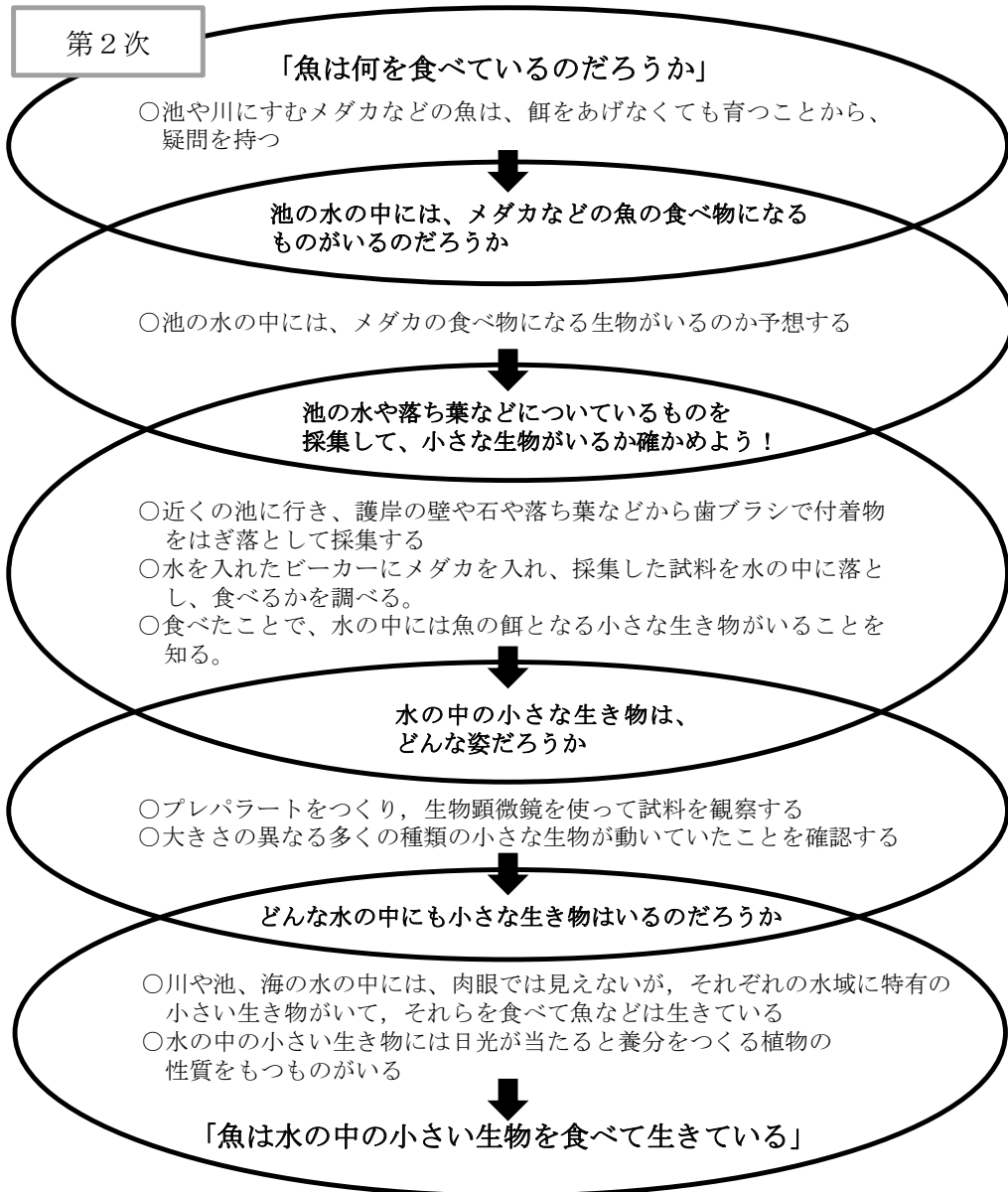


図8 水の中の小さな生物に関する指導計画

水の中の小さい生物は、その分類上の位置づけ、大きさ、形態など多様であるため、指導に当たっては、より多くの観察経験と知識を強化する必要がある。池ごとの生物相の違いには多くの環境要素の違いが関わっている。水域の周辺環境の変化にも注目し、生物相の現状を正しく継続的に把握することがより重要である。小学校教員を希望する本学児童教育学科児童教育学専攻学生には、身近な水環境には豊かで複雑な生物の生活があることを理解し、多様な生き物にとっての生息の場として水環境を見る視点を持つために多くの水域での採集と観察を経験

することを奨励したい。そして、肉眼ではわからないけれど水の中には多くの生き物がいて、それらが関わりあって生活し、魚などの多くの生き物を支えていることが児童に実感できるような指導を実践してほしい。

## 謝辞

本研究の遂行にあたり、ため池における調査および観測などに協力していただいた名古屋女子大学生態学ゼミナールの佐々木香純さん、杉浦逸美さんに心より感謝いたします。また、本研究に関わるアンケート項目の作成及び実施に関してご配慮とご助言いただいた名古屋女子大学吉川直志博士に深謝いたします。本研究は平成25・26年度名古屋女子大学教育・基盤研究助成「小学校5年理科の「水の中の小さな生き物の学習」の検討」を得て、実施されました。

## 要約

小学校教員を志望する本学児童教育学科の学生には、初等教育の現場において自然の事物・現象について実感を伴った理解を図る指導を実践することが求められる。肉眼で見ることができず、その存在を理解できにくい水の中の小さな生物の学習においては、第1に様々な環境において微小な生物が存在することを実感させること、第2にその大きさの違いを実感させることが重要であると考えられる。この目的のために、教科書における水の中の小さい生物の学習内容と方法を検討し、市街地の3つのため池における生物と水質の季節的变化に関する調査を実施し、小学校理科における学習を提案した。ため池における調査から、微小な生物の種類相には季節的变化があること、池を比較することでより多くの種群を確認することが期待できることがわかった。また、水辺の付着物から微小な生物を採集しそれを観察する際には、多くの種を同時に見て大きさを比較すること、生物を固定せずに観察することにより生きていることを確認することが有効であると考えられた。水の中の小さな生物の効果的な観察は自然の中には多様な生物が存在するという実感的な理解を促す有効な教材となると考えられる。

## 文献

- 1) 文部科学省：小学校学習指導要領解説理科編，pp. 50-51, 大日本図書（平成20年）
- 2) 養老孟司：未来をひらく 小学理科5，pp. 50-55, 教育出版（平成26年）
- 3) 毛利衛・黒田玲子他：新しい理科5年生，pp. 45-49, 東京書籍（平成26年）
- 4) 有馬朗人他：たのしい理科5年，pp. 50-55, 大日本図書（平成26年）
- 5) Ishida, N., O. Mitamura and M. Nakayama: Seasonal variation in biomass and photosynthetic activity of epilithic algae on a rock at the upper littoral area in the north basin of Lake Biwa, Japan. *Limnology*, 7: 175-183 (2006)
- 6) 廣瀬弘幸，山岸高旺：日本淡水藻図鑑，1997，内田老鶴圃新社
- 7) 有馬朗人他：たのしい理科6年，pp. 68-72, 大日本図書（平成26年）
- 8) 小田部家邦：一般の大人たちを含めて子供たちと共にプランクトン観察，*Diatom*, 26: 52 (2010)

