

小学校理科における水中の食物連鎖の教材開発[†]

田口 瑞穂*・林山 晃大*

秋田大学教育文化学部*

現行小学校学習指導要領と次期小学校学習指導要領では、生物の間には食う食われるという関係があることについて指導することを述べている。この学習で扱う生物は、児童に身近な陸上の生き物であり、水中の生き物には触れられていない。そこで、水中の生物の間の食う食われるという関係を学ぶことで、児童はより深い理解が得られるのではないかと筆者らは考えた。筆者らは初めに水中の食物連鎖に関する教材開発を行い、次に、授業実践を行った。授業は、ミジンコがミドリムシを捕食する様子を直接観察する群（実験群）と、写真資料のみで学習を行う群（統制群）で行い、どちらの授業方法が児童の理解に有効かを検証した。それにより、次のことが明らかとなった。

1. 筆者らが開発した授業を行うことで、児童は水中の生物の間にも食う食われるという関係があることが理解できたこと
2. ミジンコが食べる物の理解について、実験群と統制群との間に差はみられなかったこと
3. 実験群の方が、統制群よりも食物連鎖に対する興味が高まったこと
4. 実験群の授業と統制群の授業を統合した授業を行うことで、児童は水中の食物連鎖に関するより深い理解が得られると考えられること

キーワード：生物と環境、ミジンコ、ミドリムシ、顕微鏡観察、植物プランクトン

1. はじめに

平成20年度小学校学習指導要領解説理科編には、「動物や植物の生活を観察したり、資料を活用したりして調べ、生物と環境とのかかわりについての考えをもつことができるようにする。ア（略）イ生物の間には、食う食われるという関係があること。」という記述がある。この食う食われるという関係については、「例えば、植物体を食べる身近な動物については、昆虫や草食性の哺乳類などを扱うようにする。」とある。教科書における記述もこれに倣っており、陸上における食物連鎖が主となっている。また、例えばX社の第5学年の教科書であれば、メダカがミジンコを食べるといった図が載せられている。小学校学習指導要領（平成29年告示）解説理科

編では「池や川などの水を採取し、顕微鏡などを使って、水中の小さな生物を観察することにより、魚が、水中にいる小さな生物を食べて生きていることに触れるようにする。」と書かれており、水中の食う食われるという関係にも触れている。食物連鎖の始まりは光合成を行う植物であり、それを動物が食べることでつながっていく。植物を食べる身近な動物の例が挙げられているが、それは陸上においてである。では、水中についてはどうであろうか。水中は児童にとっては身近ではないものの、メダカがミジンコを食べるといった学習内容が現行・次期学習指導要領に記述されていることから、水中における食物連鎖を取り上げることで、児童は生物同士のつながりについて、より深い理解が得られるのではないだろうか、と筆者らは考えた。

水中における食物連鎖の教材化については長田・加藤（1987）が行っているが、プランクトンについては魚類の被捕食者としての扱いであり、プランクトンが何を食べているかについては教材化していな

2020年1月7日受理

[†]Mizuho TAGUCHI* and Akihiro HAYASHIYAMA*, Development of Teaching Materials for Underwater Food Chains in Elementary School Science

*Faculty of Education and Human Studies

い。石田・黒宮・中村（2016）は、淡水中のプランクトンや水中の食物連鎖などについての教材化の検討を行っているが、水中プランクトン同士の食う食われるという関係までには及んでいない。他にも水中の食物連鎖についての教材化の研究はあるが、実際の教育実践の例は少ない。そこで筆者らは、水中の小さな生物同士の食物連鎖に注目し、小学生対象の授業実践を行うことを考えた。メダカがミジンコを食べる、という説明はX社の教科書に載っているが、そのミジンコが何を食べているのかは記されていない。X社以外の5社の小学校理科教科書にも載っていない。これは、学習指導要領には記述されていないので当然である。しかし、これを学ぶことで、陸上の動物は植物を起点とする食物連鎖が成り立っているのと同じように、水中の動物も植物を起点とする食物連鎖が成り立っていることが理解でき、食う食われるという関係をより深く理解することが期待できるのではないかと考えた。これらから、筆者らは水中における食う食われるという関係の授業実践を行い、児童の食物連鎖に関する理解がどのように変化するかを検証して、この提案の有効性を検討することとした。また、授業方法についての検討も行い、実物による直接経験を取り入れた授業（実験群）と教科書の写真のみを用いた授業（統制群）とで、どちらの授業が有効であるかも検討することとした。

2. 研究方法

(1) アンケート調査 1

中学校第1学年の生徒に、小学校第6学年の「生物の間には、食う食われるという関係があること」に関わる学習内容の理解度を問う調査を行った。2019年5月7日に秋田大学教育文化学部附属中学校生徒147名に対して実施した。（設問内容後述）

(2) 教材製作

ミジンコがミドリムシを食べる様子を観察し、その様子を動画で撮影したり、児童に観察させる際の効果的な方法を考えたりし、教材化した。ここで用いたミジンコはタマミジンコで、筆者のうち田口が2015年に秋田市の水田から採取し、飼育しているものである。ミドリムシは、本学部の河又研で飼育しているものを頂戴した。

(3) アンケート調査 2

授業実践に先立ち、対象となる児童に、「生物の

間には、食う食われるという関係があること」に関わる学習内容の理解度を問う調査を行った。なお、対象となる児童は、すでに「生物と環境とのかかわり」の学習を終えている。設問は、メダカはどのような生物を食べるのか（記述式）、ミジンコはどのような生物を食べるのか（記述式）、生物同士の食う食われるに興味があるか（4件法）、水中の生物について知りたいこと（記述式）である。

(4) 授業実践

秋田大学教育文化学部附属小学校において、2019年11月27日に実施した。授業は筆者のうち田口が行った。対象は第6学年児童3クラス94名（A組31名、B組32名、C組31名）である。前述のアンケート調査2より、この単元に関する理解度や興味関心の程度に3クラスとも差がないことを確認している。A組とB組はミジンコがミドリムシを捕食する様子を顕微鏡で観察する実験群、C組は教科書の写真を用いる（実物の観察を行わない）統制群とした。それぞれの授業のねらいは後述する。

ここで、ミドリムシを選定した理由について述べる。児童が使用しているX社の教科書ではメダカがミジンコを食べることを示している。これを食物連鎖につなげるにはミジンコが食べる生物を選ぶ必要がある。そこで、植物プランクトンであること、ミジンコが食べる生物の中で教科書に取り上げられていて児童による認知度が高いと思われること、単体で見ても児童の興味を引くものであること、飼育や繁殖が容易であること、などの理由からミドリムシを選定した。

(5) アンケート調査 3

授業後に、アンケート調査2と同一の調査を行い、授業による児童の変容を調べた。

(6) アンケート調査の集計・分析

それぞれのアンケート調査を分析し、水中における食物連鎖についての児童の理解がどのように変化したのかを検証した。

3. 授業について

(1) 実験群（直接経験）の授業の流れについて

①ねらい

ミジンコがミドリムシを捕食する様子を観察し、ミジンコはより小さい生き物を食べていることを理解することができる。【知識・理解】

②主な授業の流れ

- a. メダカは何を食べているか確認する。
- b. 学習課題を確認する。
「メダカに食べられるミジンコは何を食べているのだろうか。」
- c. 学習課題に対する予想を立てる。
- d. 顕微鏡を用いて観察する。
- e. 観察して分かったことをまとめる。
- f. 本時のまとめを行う。
「メダカに食べられているミジンコは、さらに小さい生物を食べている。」

(2) 統制群(間接経験)の授業の流れについて

①ねらい

水中の小さな生き物の写真資料を用いた学習から、ミジンコはより小さい生き物を食べていることを理解することができる。【知識・理解】

②主な授業の流れ

- a. メダカは何を食べているか確認する。
- b. 学習課題を確認する。
「メダカに食べられるミジンコは何を食べているのだろうか。」
- c. 学習課題に対する予想を立てる。
- d. 第5学年理科の教科書に掲載されている水中の小さな生物の写真を見て、ミジンコが食べると考える生物を考え、班で話し合う。
- e. 考えを全体で共有する。
- f. 植物プランクトンについて学習する。
- g. 本時のまとめを行う。
「メダカに食べられているミジンコは、さらに小さい植物プランクトンなどの生物を食べている。」
授業は、実験群・統制群ともに事前・事後のアンケート回答時間を含む45分とした。なお、統制群は、事後アンケート実施後に、ミジンコがミドリムシを捕食する様子の顕微鏡観察を行っている。

4. 結果と分析

(1) アンケート調査1について

アンケート調査1は、中学校第1学年の生徒を対象とした、小学校第6学年の「生物の間には、食う食われるという関係があること」に関わる学習内容の理解度の調査である。設問内容は、①陸上における生物同士の食う食われるの関係(3問)、②メダカは何を食べるのか(1問)、③水中の小さな生き物は何を食べるのか(1問)、④陸上と水中の食物連鎖をたどると植物に行きつくことを理解している

か(1問)、であった。正答率は①-1が99%、①-2が99%、①-3が98%、②が84%、④が95%であった。また、小学校で学習していない内容である③に関しては正答率が42%で、カイ二乗検定による検定結果からも明らかに他の設問よりも低い正答率であった。

(2) アンケート調査2について

アンケート調査2は、授業実践前の対象児童の「生物の間には、食う食われるという関係があること」に関わる学習内容の理解度の調査である。

①メダカはどのような生物を食べるのか

94名中93名が正答であった。

②ミジンコはどのような生物を食べるのか

ミジンコが食べると思うものを記述させた。分かる児童には生物名も記述させた。表の非正答には、わからないと記述した児童も含む。結果は表1の通りである。

表1 ミジンコの食べ物に関する正答数(人)

	正答	非正答
実験群(A・B)	25	38
統制群(C)	10	21

(N=94)

実験群と統制群に差があるのかについて検定(フィッシャーの正確確率検定(両側検定)、有意水準5%、以下同じ)したところ、 $p=0.5071$ となり有意差は見られなかった。よって、両群ともに正答者の割合に差はないと言える。

③生物同士の食べる食べられるに興味があるか

とても興味がある、少し興味がある、あまり興味がない、まったく興味がない、の4件法で調査を行い、とても興味があるとそれ以外で分類した。結果は表2の通りである。

表2 食物連鎖に関する興味の回答者数(人)

	とても興味がある	それ以外
実験群(A・B)	12	51
統制群(C)	5	26

(N=94)

実験群と統制群に差があるのかについて検定したところ、 $p=1.0000$ となり有意差は見られなかった。よって、両群ともにとても興味があると回答した児童の割合は同じと言える。

④水中の小さな生物について知りたいことがあるか

授業前に、知りたいことがあるかを自由記述させた。記述した児童と、特になしと記述した児童の数を集計したものが表3である。

表3 知りたいことの記述回答者数(人)

	記述	特になし
実験群(A・B)	44	19
統制群(C)	15	16

(N=94)

実験群と統制群に差があるのかについて検定したところ、 $p=0.0685$ となり有意差はなく、両群ともに知りたいことを記述した児童の割合は同じと言える。

(3) アンケート調査3について

①メダカはどのような生物を食べるのか

91名中89名が正答であった。

②ミジンコはどのような生物を食べるのか

ミジンコが食べるものを記述させた。分かる児童には生物名も記述させた。非正答には、わからないと記述した児童も含む。結果は表4の通りである。

表4 ミジンコの食べ物に関する正答数(人)

	正答	非正答
実験群(A・B)	62	1
統制群(C)	29	2

(N=94)

実験群と統制群に差があるのかについて検定したところ、 $p=0.2521$ となり有意差は見られなかった。よって、両群ともに正答者の割合は同じと言える。

③生物同士の食べる食べられるに興味があるか

アンケート調査2と同様の4件法でおこなった。結果は表5の通りである。

表5 食物連鎖に関する興味のある回答者数(人)

	とても興味がある	それ以外
実験群(A・B)	35	28
統制群(C)	8	23

(N=94)

実験群と統制群に差があるのかについて検定したところ、 $p=0.0083$ となり実験群と統制群の間に有意差が見られた。

実験群における事前と事後の興味(表6)について検定すると、 $p=0.0000$ となり、とても興味があると回答した児童が有意に増えている。統制群にお

いて(表7)は $p=0.5339$ となり有意に増えているとは言えない。

表6 実験群の授業前後の興味の変容(人)

	とても興味がある	それ以外
事前	12	51
事後	35	28

(N=63)

表7 統制群の授業前後の興味の変容(人)

	とても興味がある	それ以外
事前	5	26
事後	8	23

(N=31)

④水中の小さな生物について知りたいことがあるか アンケート調査2と同様に自由記述させた。

表8 知りたいことの記述回答者数(人)

	記述あり	特になし
実験群(A・B)	43	20
統制群(C)	18	13

(N=94)

実験群と統制群に差があるのかについて検定したところ、 $p=0.3641$ となり有意差はなかった。よって、両群ともに知りたいことの記述者の割合は同じであると言える。また、事前・事後においてもそれぞれの群で有意な差は見られなかった。

⑤植物プランクトンという語句の記入について

ミジンコの食べ物を「植物プランクトン」と記述した児童の数をまとめたものが、表9と表10である。事前・事後調査ともに、実験群と統制群との間には有意差はみられなかった。また、実験群と統制群に

表9 事前調査でミジンコの食べ物を植物プランクトンと記述した児童数(人)

	記述あり	記述なし
実験群(A・B)	13	50
統制群(C)	2	29

(N=94)

表10 事後調査でミジンコの食べ物を植物プランクトンと記述した児童数(人)

	記述あり	記述なし
実験群(A・B)	38	25
統制群(C)	17	14

(N=94)

において、事前と事後の差をそれぞれ検定した。実験群においては $p=0.0000$ 、統制群においては $p=0.0001$ となり、どちらの群も、「植物プランクトン」と記述した児童が有意に増えていた。

5. 考察

アンケート調査1の結果から、小学校第6学年の学習内容が中学生に定着していることが分かった。また、小学校の学習内容ではない、水中の小さな生き物は何を食べるのか、に関しては正答率が低かった。このように、中学校第1学年の生徒は、陸上における食物連鎖については理解しているが、水中においては理解していない。この不均衡をなくすことで、食物連鎖について深い理解が得られるのではないかと筆者らは考える。

ここからは、授業の有効性について考察を進める。ミジンコはどのような生物を食べるのか、については、授業前と授業後では実験群・統制群とも理解している児童の割合が有意に増加しており、授業の効果はあったと言える。食物連鎖に関する児童の興味については、実験群のみが有意にその割合が増えた。水中の小さな生物について知りたいことがあるか、を記述した児童の割合については実験群と統制群ともに有意な差は見られなかった。また、ミジンコはどのような生物を食べるのか、に対する具体的な記述として「植物プランクトン」と記述した児童の割合が有意に増えたことから、授業には効果があったといえる。これらから、ミジンコがどのような生物を食べるのか、という理解においては、今回提案する授業は一定の有効性は認められたと考える。では、実験群と統制群ではどちらの授業が有効であっただろうか。

ミジンコはどのような生物を食べるのか、という知識の獲得について、実験群と統制群に差がないのは前述の通りである。異なるのはその過程で、実験群は予想を立てた後に、実際にミジンコの観察という直接経験を行っている。そして、ミジンコがミドリムシを吸い込む様子を観察し、分かったことを共有して答えを導いている。ただし、ここで見たのはミジンコがミドリムシを食べる様子だけであるので、動物であるミジンコは植物プランクトンを食べるというように一般化はできない。ここに、この授業の弱さがあると考えられる。それに対して統制群では、第5学年理科の教科書の写真を資料として用いて授

業をすすめた。ミジンコが食べる生物を考えると、その食べ方によって、食べられるものの大きさが決まってくると考えたのである。ミジンコは吸い込むようにして食べるのか、それともかみ切るように食べるのか。後者であれば、ミジンコよりも大きなものを食べることができると児童は考えたのである。そこで指導者は児童に、ミジンコは他の生物を吸い込んで食べていることを告げ、その後の思考を進めさせた。その結果、吸い込める大きさの生物を複数選択し、それについて友達と議論していた。これらにより、統制群は実験群よりも水中の小さな生物に関する名称や形状等の知識が多い可能性がある。まとめると、実験群は答えを見つけることができているがミジンコが食べるものはミドリムシであるという結論しか導けず、統制群はミジンコが吸い込める大きさであれば様々な水中プランクトンを食べるのではないかという結論（推論）を得られたが実際には確かめられない、という授業であった。一長一短があり、どちらの授業が有効なのかは、判断を保留する。児童の食物連鎖に関する興味では、「とても興味がある」と回答した児童の割合が、実験群において有意に増えた。これは、ミジンコとミドリムシの実物を顕微鏡で観察した効果であると考えられる。実際にミジンコやミドリムシが動く様子やミジンコがミドリムシを捕食する様子、ミジンコの体内を観察できたことなどで、興味が高まったと考えられる。統制群が用いた教材は第5学年の時の教科書写真のみであり、新しい情報は入ってこないことから、興味はあまり高まらなかったと考える。水中の小さな生物について知りたいことがあるか、を記述した児童の割合については、授業前・授業後ともに実験群と統制群との間に有意な差は見られなかったが、内容には変化がみられた。授業前に抱いた疑問が授業で解決されて記述しなかったと思われる児童や、授業を通じてさらに疑問がわいてきた児童がいた。今回はその内容まで精査していないので、今後の課題の一つとする。また、一人一人の児童がどのように変容したのかを調査する予定である。実験群の授業と統制群の授業のどちらが効果的だったのかを論じてきたが、どちらか一方というよりは、両者を統合した授業を行うことが、児童にとって良いのではないかと考える。実験群は十分に実物観察の時間を取り、統制群は写真資料を使いながらの思考と友達同士の議論の場を設けた。この両方を45分間で成立さ

せることができれば、さらに深い理解が得られるのではないだろうか。また、「植物プランクトン」と記述した児童は実験群で60%、統制群で55%であり、達成の割合としては高いとは言えなかったことから、授業の終末に、「植物プランクトン→動物プランクトン→メダカ等の魚」という水中の食物連鎖を一般化できるまとめを行う必要があると考える。ミジンコは必ずしも植物プランクトンのみを食べているわけではないが、植物プランクトン→動物プランクトン→メダカ等の魚、という流れを児童に理解させたい。

6. おわりに

児童に水中の食物連鎖を取り入れる授業は、食物連鎖全体を考えるうえで重要であるということの示唆が得られた。今後は、今回明らかになった課題を解決するとともに、45分間で児童による議論と直接観察の両方を行う授業を開発したいと考えている。

謝辞

本研究のアンケート調査にご協力くださった附属中学校島田勝美教諭、附属小学校清水琢教諭に感謝申し上げます。また、授業実践を快く受け入れてくださった附属小学校の校長、副校長、清水教諭に深く感謝申し上げます。また、ミドリムシを提供してくださった河又邦彦准教授に、感謝申し上げます。

参考・引用文献

- 有馬朗人ほか (2015) 「新版 たのしい理科 5年」, 大日本図書
- 石田典子・黒宮梨奈・中村早耶香 (2016) 「小学校理科第5学年「水の中の小さな生物」の学習の検討」, 名古屋女子大学 紀要62 (家・自) 1～13
- 石浦章一ほか (2015) 「わくわく理科5」, 啓林館
- 癸生川武次ほか (2015) 「楽しい理科5年」, 信州教育出版社
- 文部科学省 (2008) 「小学校学習指導要領解説 理科編」, 大日本図書
- 文部科学省 (2017) 「小学校学習指導要領 (平成29年度告示) 解説 理科編」, 東洋館出版社
- 毛利衛ほか (2015) 「新しい理科5」, 東京書籍
- 毛利衛ほか (2015) 「新しい理科6」, 東京書籍
- 長田芳和, 加藤憲一 (1987) 「教材としての溜池の取り扱いー生物どうしのつながりの理解のために

ー」, 大阪教育大学紀要 第V部門: 教科教育, 35 (2), 213-224.

霜田光一ほか (2015) 「みんなと学ぶ小学校理科5年」, 学校図書

養老孟司ほか (2015) 「未来をひらく小学理科5」, 教育出版

Summary

Both the current and new course of study of elementary school require teachers to teach food chains between terrestrial creatures, not including underwater counterparts. The author thought that teaching underwater food chains as well as terrestrial ones could help students' better understandings of the learning unit of food chains. In this study, the authors conducted lessons about food chains of freshwater organisms with the authors' original materials toward two groups: Student in experimental group actually observed Daphnia prey Euglena, while student in control group learned the predation with photographic materials. The results showed the following four findings:

1. Using extra materials for underwater food chains made by authors contributed to students' understanding of food chains between freshwater organism.
2. There was no difference between the experimental group and the control group in understanding what Daphnia eats.
3. Students in experimental group became more interested in learning food chains than those in control group.
4. Students obtain deeper understandings of food chains by combining the two lessons; both observing the actual predation and seeing the photographs of the freshwater organism.

Key Words : Organisms and the environment, Daphnia, Euglena, Microscopy, Phytoplankton

(Received January 7, 2020)