

地域に密着した環境保全をテーマとした学習指導の開発

—ムジナモ自生地宝蔵寺沼の水生動物相調査を事例として—

吉田竜矢	埼玉大学大学院教育学研究科自然科学専修
田端雄樹	埼玉大学教育学部自然科学専修
伊藤悠昭	埼玉大学教育学部附属中学校
山本孔紀	埼玉大学教育学部附属中学校
矢辺徹	さいたま水族館飼育課
金子康子	埼玉大学教育学部自然科学講座
日比野拓	埼玉大学教育学部自然科学講座

キーワード：中学校理科、学習指導要領、自然と人間、環境教育、対話的な深い学び

1. はじめに

中学校理科では、科学的な知識や概念を学び、それを活用して実際の生活や社会に関連付けられる能力を育成することが求められる。このような基礎的な理科の能力は、生徒自ら自然の事物や現象に進んでかかわることや、目的意識をもって観察や実験を行うことを通して育成されることが望ましい¹⁾。しかし現状に目を向けると、国内外で行われた児童・生徒の学力調査の結果からは、(1) 学ぶことと自分の人生や社会とのつながりを実感しながら、自らの能力を引き出す学力が不十分であることや、(2) 学習したことを活用して、生活や社会の中で出会う課題の解決に主体的に生かしていく学力が不足しているなど、多くの課題が見えてきている²⁾。

中学校理科の学習と生活や社会とを関連付けるにはどのようにすればよいのか。例えば、完成された科学技術やその科学技術で生産された工業製品が、中学校理科で学習する科学的知識や概念を基にして作り上げられたことを学ぶとしよう。それらの科学技術や工業製品は、自分のくらしの中で有用なものであり、理科で学ぶ内容が自分の生活や社会とつながっていることを「知識」として得ることはできるだろう。しかしこのような学習から、生活や社会の中で今後出会うであろう未解決の課題に自ら立ち向かおうという意識が生まれてきたり、課題解決能力が育成されたりするかについては、大いに疑問の余地がある。現実問題として課題になっている事象を教材として提示し、それらはいまだ未解決であるものの、多くの人々が問題解決のためにさまざまな努力を行っていることを生徒に伝え、そして生徒自身に、自分ならどのような解決策を導き出すかを考えさせることはできないだろうか。このように生徒がその現実の事象問題の輪の中に入っていることを意識させた学習指導は能力育成の一つの手段になると考えられる。

環境保全に関しては、生態系という自然のシステムに私たち人間が直接的・間接的に介入し、そのシステムのバランスが崩れてしまっていることが、現実の社会問題となっている。失われてしまった生態系のバランスはいかに保たれていたのかを考えるために、それぞれの生物相互の関わり、食性などの特徴を知ることも大事であるし、自然界全体を俯瞰して生態系のしくみを知ることも大切である。しかしこれらの科学的な知識を得たとしても、実際問題として生態系を復元させる

ことは非常に難しい。そのため多くの人々が生態系を復元させるにはどうすればよいかと日々議論をし、長期にわたって協働して保全活動を続けているのが現状である。

生態系のバランスを維持し、あるいはそのバランスをもとに戻すためには、どのようにすればよいかという「環境保全」を提示する教育は、中学校理科第3学年「環境と人間」の単元に登場する。ここでは生態系とは何かを陸上生物の食物網を例にとりながら、生態系にはバランスが大切であるということを学習する^{3), 4)}。そのつり合い保たれるしくみを、「一時的」な個体数の増減と「長期的」にみた増減の関係を対比することで理解する。また身近な自然環境の調査として、川に生息する生物を採集・分類し、指標生物をもとに水質を明らかにするような調査活動が提示されている。その他にも他国から侵入してきた外来種（オオクチバスやカダヤシ、ウシガエル）が日本に生息する在来種を脅かし、また日本の農業や水産業に被害をもたらしていることもこの単元内で学習する^{3), 4)}。

環境保全における教育は、理科の学習を通して解決すべき社会の課題と直面することができる。そこから、学習したことと自分の生活や社会とのつながりを実感し、また学習したことを活用して、生活や社会の中で出会う課題の解決に主体的に生かしていこうという意識が生み出されやすい教育内容でもある。加えて、自分の生まれ育った地域で行われている環境保全活動は、生徒それぞれの人生や社会とのつながりを実感させやすい。

中学校第3学年理科の教科書には、いくつかの環境保全活動の事例が載っている。しかし教科書通りの説明では、社会とのつながりを実感することや環境問題等の課題に向き合う能力を引き出すことは難しいと考えられる。なぜならそれらの事例は、ある活動が環境保全を成功に導いたという数少ない成功例であるからである。実際の環境保全活動は、多くの人々が参加し、さまざまな方策が立案され、試行錯誤が行われているものの、なかなかうまく進まないのが現状である。それらの人々の努力を認識し、生徒自身がその活動に参加して課題に直面した場面をイメージすることが環境保全への興味や関心につながっていくのではないだろうか。また教科書の事例はかならずしも自分の生まれ育った地域の事例であるわけではなく、実感がわきにくいことも挙げられる。そこで本研究では埼玉県に在住する中学生を対象として、埼玉県宝蔵寺沼ムジナモ自生地において行われている環境保全活動の中で「水生動物相調査」に着目し、この調査活動をもとにして、中学校第3学年「自然と人間」の単元で環境保全を考えさせる教材の開発を試みることにした。

埼玉県羽生市の宝蔵寺沼は、水生の食虫植物ムジナモ (*Aldrovanda vesiculosa* L.) の国内最後の自生地として、1966年に国の特別天然記念物に指定された。ムジナモは二枚貝のような形の捕虫葉をもって、植物最速のスピードでこの捕虫葉を閉じることで、ミジンコなどの小動物を捕獲し栄養とすることができるユニークな植物である。南北アメリカ大陸を除く世界各地に生息しているもののどこの国でも絶滅が危惧されている。日本におけるムジナモ自生地は、戦前は関東近辺を中心に点在していたが、日本の近代化に伴ってその数が徐々に減り、1966年には宝蔵寺沼のみとなった。そして国内最後のムジナモ自生地宝蔵寺沼においても、さまざまな環境悪化要因により、以前のようなムジナモの繁茂は見られなくなってしまっていた。そこで、2009年に羽生市教育委員会、埼玉大学やムジナモ保存会が協働して「宝蔵寺沼ムジナモ自生地緊急調査」が実施されることになった。宝蔵寺沼の水質、地質、植生、昆虫、微生物、遺伝的多様性、水生動物相など多面的に調査が行われた⁵⁾。これらの緊急調査の結果をもとに、羽生市教育委員会や地元のムジナモ保存会のメンバーなどによって、宝蔵寺沼の水路を掘り直したり、植生をコントロールしたり、野鳥からムジナモの冬芽を守るための防御テープを張ったり、ウシガエル幼生を駆除する

といった、さまざまな活動が現在も行われている。その結果、2016年には宝蔵寺沼内に15万株以上のムジナモが観察されるようになった。今後百万株以上のムジナモ繁茂を目指して、保全活動が続けられていく予定である。

我々は、ムジナモ緊急調査の開始から現在まで、さいたま水族館と協働で宝蔵寺沼の水生動物相のモニタリング調査を行ってきた⁶⁾。具体的には、宝蔵寺沼の水路3地点に網受けや四手網を仕掛けて水生動物を捕獲し、また投網やサデ網を使用して水路の中央や水路脇に生息する水生動物を採捕する調査である。採捕した水生動物の種を同定し、種数や個体数を計測し、水生動物相の変遷とムジナモの株数の変化との関係を調べている。我々が行っているこの調査は、ムジナモが生育できる環境の保全に役立つだけでなく、埼玉県の中학생に対しての環境教育にも役立つのではないかと考えた。なぜなら、前述のように中学校第3学年の「環境と人間」の単元において(1)生態系のバランスが崩れた影響を提示でき、かつ埼玉県における保全活動の実例として示すことができること、(2)地域に生息する水生動物を調査するという中学校学習指導要領解説の内容と重なること¹⁾、(3)生態系が生物どうしの「食べる、食べられる」のバランスで成り立つことを水生動物相の変化から示すことができること、(4)外来種が与える悪影響も提示できること、などを列挙できるからである。宝蔵寺沼で実際に水生動物を採捕している動画を生徒に見せることで、地域固有の生物を守るための活動が行われていることを視覚に訴えて興味関心を引き付けることもできるであろう。

このムジナモ自生地宝蔵寺沼の環境保全を題材とした環境教育プログラムを開発をする上で、アクティブ・ラーニングの視点を取り入れることにした。次期学習指導要領では主体的・対話的で深い学びの視点に立った授業改善を行うこと、つまり子どもどうしの対話、教職員や地域の人との対話、先哲の考え方を手掛かりに考えることで自己の考えを広げ深めることが求められる²⁾。宝蔵寺沼の水生動物相の調査資料を基にして、生徒が(1)宝蔵寺沼の水生動物相にはムジナモ保全の上でどのような問題があるのかを見出すこと、(2)その問題を解決するにはどのような方策が考えられるのかを自分自身で立案すること、(3)自分が考えた方策について生徒どうしで相互に対話すること、(4)他人の考えを尊重しつつも自分の意見を主張することで集団としての考えを発展させること、(5)最終的には、自分の判断や行動がよりよい環境や社会づくりにつながるという意識を持つこと、へとつながるような授業開発を試みた。

2. 対話的な学びを促す配布資料の開発

本研究ではまず、宝蔵寺沼ムジナモ自生地において我々が行ってきた水生動物相調査などのデータを、中學生が平易にかつ視覚的に理解できるように作図をした。そしてその資料をもとに、さまざまな宝蔵寺沼の現状を読み取り、議論が進められるように新たな資料を追加した。制作した配布資料は、「ムジナモとは」(図1)、「2011～16年までの宝蔵寺沼におけるムジナモ株数」(図2)、「宝蔵寺沼の水生動物相調査結果」(図3)、「2009～16年までに採捕された水生動物の数」(図4)、「宝蔵寺沼に生息する生物の食物網」(図5)、「宝蔵寺沼に生息する水生動物(もともとの生息地域によって分類)」(図6)、「40年以上前



図1. 配布資料：ムジナモについての説明

は食卓に上がっていた水生動物」(図7)、「宝蔵寺沼に生息する生物の食物網(優先度)」(図8)の8点である。以下にそれぞれの図の解説、作図にあたって工夫した点や、これらの図を生徒へ説明する上での留意点を示す。

なお作図したこれらの資料や指導案は、日比野研究室のウェブサイトからダウンロード可能である⁷⁾。

2-1. ムジナモとは

この資料は、本研究の環境保全を考える上で中心となるムジナモについて、その植物としての特徴や埼玉県とのかかわり、絶滅に瀕している状況などをまとめたものである(図1)。この資料は授業冒頭で、教員が生徒へムジナモについて説明をするときに使用し、またその後の授業内で生徒間での議論においてもこの資料を見返すことで議論を広げることが期待できる。

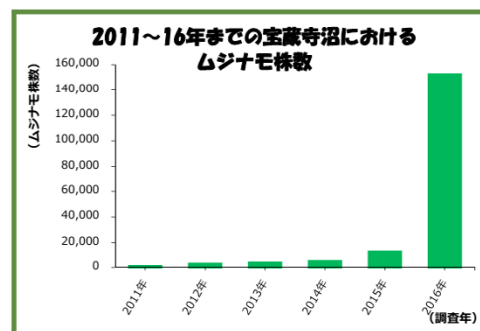


図2. 配布資料：宝蔵寺沼におけるムジナモ株数の変遷

2-2. 2011～16年までの宝蔵寺沼におけるムジナモ株数

この資料は、2011～2016年に宝蔵寺沼で観察されたムジナモの株数の変遷を示している(図2)。ムジナモ株数は埼玉大学教育学部金子研究室のメンバーが現地でカウントした株数をもとにしている。ムジナモ株数調査は、2009年の緊急調査開始時から続けられており、毎月株数をカウントしたデータの中から、最もムジナモが多い9月の調査回のデータを抜き出し、5か年の変遷を表として作図したものである。2016年にはムジナモ株数が爆発的に増加して15万株に達していることがグラフから読み取れる。後述の授業実践において、この資料を見てムジナモの保全が2016年でゴールに到達したと考えた生徒がいた。しかし実際の宝蔵寺沼では、ムジナモは局所的に増加しているだけであり、宝蔵寺沼全体にムジナモが繁茂しているわけではない。ムジナモ株数の増加が見られた場所で翌月には株数が激減しているという現象も見られ、宝蔵寺沼のムジナモ保全はまだ予断を許さない状況である。ムジナモ保全活動の最終的な目標としては、百万株を超えるムジナモが宝蔵寺沼に見られる環境を作り出すことであり、資料説明の場面ではこのことを生徒に留意させる。

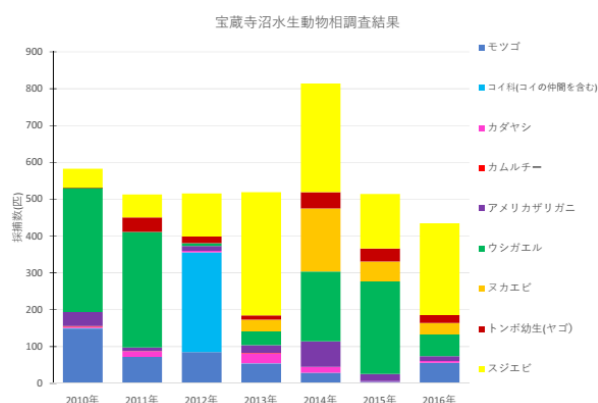


図3. 宝蔵寺沼水生動物調査結果の積み上げグラフ

	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年
モツゴ	149	72	85	54	29	5	56
コイ科(コイの仲間を含む)	1	0	271	1	0	0	0
カダヤシ	4	15	4	27	16	1	5
カムルチー(ライギョ)	2	1	0	1	0	0	0
アメリカザリガニ	38	10	13	21	69	20	13
ウシガエル	335	313	8	37	190	251	59
ヌカエビ	0	0	0	32	171	54	31
スジエビ	52	62	117	334	295	148	249
トンボ幼生(ヤゴ)	1	40	18	12	44	35	22

図4. 採捕された水生動物の種別個体数

2-3. 宝蔵寺沼の水生動物相調査結果と2009～16年までに採捕された水生動物の数

図3と図4の2つの資料は、我々がこれまで行ってきた水生動物相調査の結果である。採捕調査は3月、6月、9月の年3回行い、3回の合計をその年のデータとしてまとめた。データには代表的な水生動物のみを記載し、数年に一度しか採捕できていない水生動物種(ドジョウ、ギンブナ、ヨシノボリなど)は省略した。2つの資料は同じデータを積み上げグラフ(図3)と表(図4)とで示したものである。積み上げグラフでは、採捕された水生動物総数が把握できること、どの動物が多く採捕されているかが視覚的に理解できるようにしてある。詳しい個体数を図4に記してあり、図3と図4を見比べて資料の内容を読み取ることが望まれる。なおコイ科(コイの仲間を含む)という表記は、採捕時に稚魚であったために科レベルでしか同定できなかったことを意味している。コイ科は2012年のみ大量に採捕されていることがわかる。このように、卵塊から生まれたばかりの稚魚は群れていることが多く、偶然採捕した場合、採捕結果に大きな影響を与える。ウシガエル幼生の表記は、採捕されたウシガエルはほぼすべてオタマジャクシ幼生であり、変態中の個体もわずかに含まれていたが表記を統一した。

この2つの資料から読み取ってほしいこととして、ここ4年間はスジエビが宝蔵寺沼ではもっとも採捕されている動物種(優占種)であることや、ウシガエルは、2012, 2013年は例外的にほとんど採捕できていないが、全体を通して徐々に個体数を減らしている傾向にある。しかし2015年に再度ウシガエル幼生が増加しておりきれいな減少のグラフを示しているわけではない。採捕調査時が悪天気や低水温だった場合は水生動物が活動しておらず、採捕数に大きく影響がでたことが一因と考えられる。実際の調査結果に基づくデータは、このように必ずしも理想的なグラフにはならないことを留意する必要がある。

2-4. 宝蔵寺沼に生息する生物の食物網

中学校第3学年理科「自然と人間」では里山における陸上生物の食物網を、イラストを用いて紹介している³⁾。そこでは、生物どうしの食べる、食べられるの関係を赤矢印で被食動物→捕食動物と表記している。そこで、この表記方法を参考にして、水生動物相調査から明らかになった宝蔵寺沼に生息する生物の食物網を作図した。すべての動物の関係を加えることは教科書でも行っておらず、本研究ではムジナモを捕食する動物⁵⁾と、その動物を捕食する動物程度にとどめたシンプルな作図を心掛けた。宝蔵寺沼におけるムジナモと周囲の水生植物とのかかわりも大切であるが、今回は緑藻とムジナモについてのみ紹介し、緑藻がムジナモの生育を阻害することを記すのみとした。



図5. 宝蔵寺沼に生息する生物の食物網
背景は宝蔵寺沼の風景写真をイラストタッチに加工したもの。

宝蔵寺沼に生息する水生動物(もともとの生息地域によって分類)

特定外来生物	外来種	在来種	
人間の活動によって他の地域から侵入し、在来種を捕食したり競合したりして、生態系を大きく損ねる生物のこと。	人間の活動によって他の地域から入ってきた生物のこと。特定外来生物ほど生態系に影響は与えない。	古くからその地域に生息する生物のこと。	
ウシガエル	ミシシッピアカミミガメ(ミドリガメ)	ゲンゴロウ	ギンブナ
カダヤシ	ゲンゴロウブナ	スジエビ	コイ
オオクチバス(ブラックバス)	アメリカザリガニ	ヌカエビ	モツゴ
	カムルチー(ライギョ)	メダカ	ヨシノボリ

図6. 宝蔵寺沼に生息する水生動物の外来種・在来種別リスト

2-5. 宝蔵寺沼に生息する水生動物の外来種・在来種別リスト

もともとは宝蔵寺沼に生息していなかったが、人間の活動に伴って近年侵入してきた生物が、ムジナモの増殖に悪影響を与えている可能性がある。そこで採捕された水生動物を特定外来生物、外来種、在来種の3つの区分に分けた(図6)。特定外来生物とは、生態系だけでなく人の生命・身体、農業水産業へ被害を及ぼすものとして、環境省の外来生物法に指定されている生物種である。宝蔵寺沼ではウシガエル、カダヤシ、オオクチバスがこの分類に属する。これらの生物は飼育・繁殖や保管、野外への放出が禁止されている。外来種は従来からその地域に生息していた生物ではないが、今回は、1) 在来種の絶滅にはつながらないもの、2) 人間の生活にも大きな影響を及ぼさないものとして分類してある。在来種は宝蔵寺沼にもともと生息していた動物種である。特定外来生物に属するウシガエルの幼生が図5の食物網ではムジナモを食べること、特定外来生物のカダヤシは図4の水生動物採捕数をみるとそれほど宝蔵寺沼で繁殖していないこと、がこの資料から読み取れることとして期待される。なお、オオクチバスは図4と5には記載がないが、これまでに宝蔵寺沼で1匹採捕されている。

2-6. 40年以上前は食卓に上がっていた水生動物と宝蔵寺沼に生息する生物の食物網(優先度)



図7. 40年以上前は食卓に上がっていた水生動物

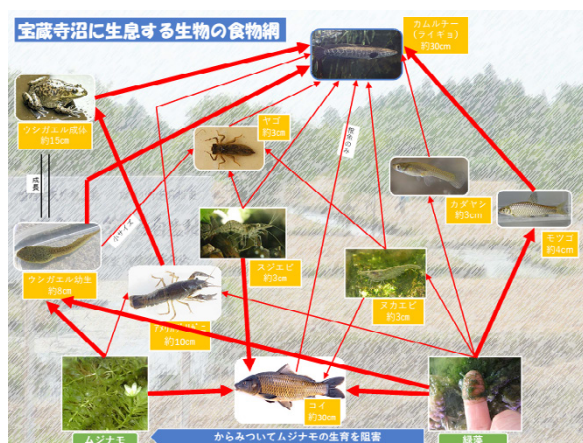


図8. 宝蔵寺沼に生息する生物の食物網(優先度). 被食—捕食関係の優先度の高いものを太い赤矢印で示す。

これら2つの資料は、追加の資料として作成したものである。グループ内の議論が停滞した場合、あるいは資料の不足を指摘してきたグループがあった場合、上記の通常資料に加えて提示することを想定した。40年以上前は食卓に上がっていた水生動物の資料(図7)は、「食べる、食べられる」の関係に人間も関わっていたことを示すものである。昭和40年代まではウシガエルの成体は食用として捕獲し出荷されており、またアメリカザリガニやコイ、フナ類も水田からの副産物として食卓に上っていた。高度成長期には科学技術の進歩により開発された化学合成農薬の生物への残留が大きな社会問題となった。残留農薬を蓄積したこれらの水生動物は食卓には上がらなくなり、また近代化による食生活の変化で天然の淡水産動物を食べる風習はすたれてしまった。人間による捕食圧が無くなったウシガエル、アメリカザリガニは爆発的に繁殖した。この資料をもとに人間の活動と環境問題とのかかわりについてより深い議論が行われることが期待される。次に、宝蔵寺沼に生息する生物の食物網(優先度)の資料(図8)は、生物どうしの「食べる、食べられる」の関係に対して、捕食動物はいったいどれだけ食べるのか、どれを好んで食べるのかなどの質問を受けた経験から、太い矢印で捕食動物の嗜好や捕食量を示したものである。ムジナモを保全するためにどの動物を減らしたり増やしたりすればよいかを議論するヒントになることが期待

される。

3. 指導案等の作成

上記の資料を用いて、生徒間で話し合いの場をもつことで環境問題について考えるとともに、自分ならどのような環境保全の方策を行うかを発案させる。友達の異なる考えや見方を受け止めつつも、自分の意見を主張できることを授業の目標として、学習指導案を作成した。以下のその一部を示す。

【評価の観点と具体的な評価規準】

評価の観点	十分満足できる	おおむね満足できる
自然事象への関心・意欲・態度	資料を読み取り、相手の話を聞きながら話し合いに進んで参加している。	資料を読み取り、話し合いに進んで参加している。
科学的な思考・表現	様々な生き物とのかかわりに気付きながら、これまで学んだことや資料をもとにムジナモ保全の解決策について自らの考えを導き、表現できる。	これまで学んだことや資料をもとにムジナモ保全の解決策について自らの考えを導き、表現できる。

【展開】

	学習活動	○教師の発言・予想される児童の反応	○留意点◆教師の支援と評価
第一 時 開 4 0 分	導入 1 0 分 映像教材を見る（約6分）	○皆さんはムジナモという植物を知っていますか。 ○ムジナモは食虫植物で、絶滅が危惧されている植物です。埼玉県羽生市に国内最後の自生地があります。 ○今日は埼玉県にある宝蔵寺沼で行われている保護活動について考えてみましょう。	○留意点◆教師の支援と評価 ○見やすい位置に移動させる。
	課題を提示する（1分） 資料の解説（4分） 個人での取り組み（5分） 発表（5分） 話し合い活動①（25分）	宝蔵寺沼でムジナモを保全するためにはどうしたらよいだろうか。 ○今からビデオでみた水生動物相調査の資料を配ります。 ○資料を見て、気づいたことをノートに書いてください。 ○気づいたことを発表してください。 ・ムジナモ株数が増えている。 ・ウシガエル幼生がとても多い。 ・モツゴが増えるとムジナモが増えているように見える ○班ごとに、保全策を考えてください。 ・モツゴが減るとスジエビが増えている。 ・ウシガエルがアメリカザリガニを食べている。 ・モツゴが減ると緑藻が増えて、ヌカエビが増えて、ヤゴが増えて…	○班の形にし、班ごとに資料を配布する ○発言内容を板書する。 資料を読み、話し合いに進んでかかわっている。 (関・意・態) ○必要に応じて追加資料を配布する。

第 二 時	2 5 分	班のまとめ (7分) 話し合い活動② (18分)	○班で話し合った内容を自分のノートにまとめてください。 ○2つの班で話し合ってみましょう。 ・ウシガエルを減らすために、カムルチーを放流する。 ・アメリカザリガニを駆除する。 ・藻類を減らす必要がある。	○ホワイトボードに話し合いの内容をまとめさせる。
	ま と め 2 5 分	班発表 (10分) 個人のまとめ (5分) 教師のまとめ (5分) 感想 (5分)	○班ごとに取り組みを発表してください。 ・モツゴを増やすことで藻類を減らす。 ・ヤゴを増やす、アメリカザリガニを人間が食べる (採捕する)。 ・カムルチー、スジエビ、緑藻を増やすことで、ヤゴを増やし、ウシガエル幼生を減らし、アメリカザリガニを減らす。 ・モツゴとカダヤシを増やして緑藻を減らし、アメリカザリガニを駆除する。 ・ ○個人の考えをノートに書いてください。 <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> 生態系には様々な生物が関わっており、自然を守るにはバランスが大事である。 実際の研究者も様々なデータを基に議論し、総合的に判断し、結論を出している。 </div>	○発言内容を教師がまとめる。 <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> これまで学んだことや資料を根拠にしなが ら方策を考えることが できる。(思考・表現) </div>
			○ノートに感想や考えたことを書いてください。	

【板書計画】

課題 宝蔵寺沼でムジナモを保全するためにはどうしたらよいだろうか。 ・データを見て気づいたこと	・班どうしの議論を通して
・班での話し合い 問題の分析 → 保全策	・自分の結論 ・今日の授業の感想

4. 授業実践例

2017年3月に埼玉大学教育学部附属中学校3年生34名を対象に授業実践を行った。授業の内容や展開について、事前に附属中学校の理科教員と話し合いを行い、そして当日の授業実践は宝

蔵寺沼の水生動物相調査に理解のある附属中学校教員が行った。授業の導入（10分）の初めに資料図1を配布後、「ムジナモという植物を知っていますか」と生徒に問うたところ、約1/3の生徒が知っているに手を挙げた。これは中学校科学部の活動でムジナモ研究に取り組んでいることが理由の一つとして挙げられる。導入の最後に、我々の水生動物相調査の実態を動画にまとめたもの（6分間）を放映した。この動画には、宝蔵寺沼の風景の他、水生動物を採捕するための4種類の漁具を使っているところ、採捕された水生動物を計測している様子などが含まれている。BGMは流れるものの、動画のナレーションは含まれていない。生徒は静かに動画を見ていたものの、ナレーションを加えるといった改善が必要であると感じた。

展開（40分）ではまず課題を黒板に提示後、資料（図2～6）を配布し、資料を見て生徒個人が気づいたことを書かせた。その後話し合い活動の中でムジナモ株数が増加するにはどうすればよいか、という保全策を考えさせるという授業展開を行った。まず現状の問題点を洗い出し、その因果関係を考え、最後に方策を考えるという生徒の思考の展開が狙いである。話し合い活動では、どのグループも資料図5をもとに議論をすすめる、多くの時間を取っていた。特に、食物網の中でどの動物がいなくなったらムジナモが増えるのか、という議論をすすめるために、消しゴムなどの文具をその動物写真の上に置くといった工夫をしたグループが見られた（図9）。



図9. 中学校での授業実践にて、小グループで資料を読み取り話し合いを行っている様子

また以前の授業で学習した生態系ピラミッドを使って、宝蔵寺沼の生態系を描き、ピラミッドのバランスが崩れたときに、ムジナモの生育がどのようになるかをシミュレーションしているグループもあった（図10）。議論が拮抗している班と教員へ質問した班の2つには、追加資料（図7，8）を提供した。第一時の授業内では4人のグループでの話し合い形式を取り、その後の第二時の授業内では、先の話し合いでの意見をもとにして、2つのグループ合計8人で話し合いを行う形式を取った。前半は少人数の方が自分の意見を言いやすい環境にあるため、「対話的な学びの実現」を図れること、後半の大人数での議論の方は、新たな視点への気づきが得られ、そこから理解し直したり表現し直したりしながら、自分の思いや考えを深める「深い学びの視点」を図れると考えたからである。後半の大グループでの話し合いでは、小グループでリーダーとなって話を進めていた生徒が大グループでもリーダーシップをとる傾向にあったが、それに反論する生徒もいて、批判的に物事を捉える思考力が発揮されている姿を垣間見ることができた。最後の授業まとめ（25分）では、4人グループの班に戻り、班での意見を50cm四方のホワイトボードにまとめて、各班の代表が班でまとめた意見を発表するという形式を取った。ムジナモ保全についての複数の方策を箇条書きにして発表するグループがほとんどであった。今回の授業実践では、授業二時限を使って、話し合いを中心にした授

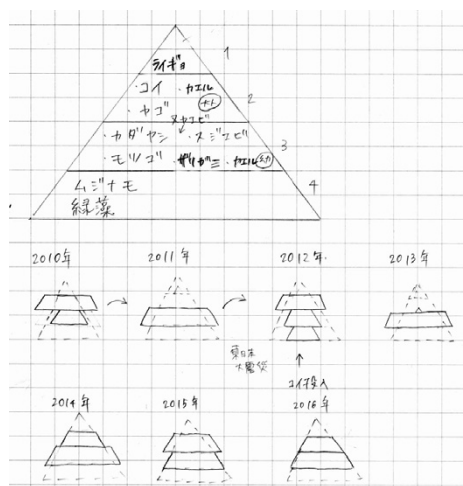


図10. 生徒のノートから、生態系ピラミッドの年次ごとの変化を描いている

業展開であったが、話し合いが途切れたグループは無かったことや、どのグループも食物網内の生きものの複雑なかかわりについて議論をしていたことから、課題の内容、取り組みの時間配分、資料の情報量は適切であったと考えられる。

5. 生徒からの感想や意見

今回の授業実践の最後にアンケートを行い、生徒からの感想や意見を集めた。この授業実践が、生徒の資質・能力のどのような部分に刺激を与えたのかを明らかにするために、これらの感想・意見を学力の三要素をもとに分類した。代表的な意見を以下に示す。

① 知識や技能に関しては、

- ・埼玉県にも絶滅の可能性がある動植物がいることを知り驚いた。ムジナモの他にもこのような絶滅危惧種がいるのか知りたいと思った。
- ・バランスを維持することの大変さが分かった。もともとは人間が生態系を破壊してしまったので、我々がしっかりとこの問題を考え、解決させる必要があるのではないかと思った。
- ・データを活用しながらシミュレーションをするのは楽しく、他人の意見が自分とは全く違って、新鮮で面白かった。

などの意見があった。

② 課題を解決するための思考力、判断力、表現力に関しては、

- ・ムジナモを増やそうと思っても、ムジナモだけを増やすことは難しく、他の生物とのかかわりを壊さないといけない。様々な策を考え出すことができた。
- ・「食べる、食べられる」の関係を考えて自分たちで案を提案できたのは、とてもやりがいがあった。
- ・「もしこの動物がいないと……」という議論を班内で話し合うことが楽しかった。1つの生物がたくさんの生物とかわりを持っていることを再認識した授業でした。
- ・自分たちが導いた答えが正しいかは分からないけれど、生物の状況をどうすれば守っていけるのだろうかを考えさせられる授業だった。

など多くの意見があった。生徒一人ひとりが生態系について資料をもとに思考し、さまざまな方策を立案し、グループでの討論の中でどの方策を選ぶか判断していることが、これらの意見から読み取れた。これらの意見から、私たちが開発した授業案が、生徒の思考力、判断力、そして表現力を発揮できるものであることがうかがえた。

③ 主体的に学習に取り組む態度に関しては、

- ・複数の資料をもとに個人や班でじっくり考える時間があって楽しかった。生態系は複雑で1つを操作すると他に影響を与えるため保全策を見つけるのは難しかったが、時間をかけて自分なりに答えを見つけることはよい経験になった。
- ・埼玉県の事例ということで、とても身近な出来事に感じ、考えがいがあった。これからも身近な環境について考えていきたいと思った授業だった。

など今回の授業を前向きにとらえた生徒が少なくなかった。授業後にも環境問題について考えていきたいという意見は、自分の人生をも前向きにとらえることができたのだろうと考えられる。生態系ピラミッドなど以前の授業内容をもとに、今回の授業を主体的に考えることができた生徒もいた。主体的な学びの態度という側面においては、授業内に自分で必要な資料や情報を探すといた取り組みを加える方がよいのではないかという意見が他教員からあり、課題として残った。

6. 成果と課題

本研究では、地域に密着した環境活動をもとにして、話し合いを中心に生徒自らが環境保全策を立案する学習指導案を考えた。具体的には、宝蔵寺沼ムジナモ自生地での保全活動の一環である水生動物相調査の調査資料を読み取って、生徒自身が現状の問題点を洗い出し、そしてムジナモを保全する方策を考えるというものである。小グループとその後の大グループで話し合いを展開することで、授業内での対話的かつ深い学びの実現を試みた。附属中学校で行われた授業実践では、すべての生徒が話し合いに参加し、また話し合いの活動時間（①、②合わせて43分）の間に議論が尽きたグループは見られなかった。授業終了時に行ったアンケートから、議論の中で多くの生徒が「食物網の生物の複雑なかかわり」に気づき、ある一種の生物の増減だけでなく「生態系のバランスを維持」することの大切さを理解できていた。また今後も身近な環境について考えていきたいという前向きな声も聞かれた。これらのことから、今回私たちが開発した学習指導の課題の内容や取り組みの時間配分、資料の情報量は適切であったと考えられる。

自己の学習活動を振り返って次につなげる主体的な学びを行えたという生徒はアンケートにも見られた。このように今回の授業実践では、多くの生徒が与えられた情報を自ら判断することはできていたと思われる。その一方で自分が求める知識や情報は何かを考え、それを探し出すという主体的な学びの態度は今回の授業展開では育むことができなかったことは、課題として挙げられる。この課題解決には、生徒自身が知識や情報を探し出すために、図書館やインターネットを利用するのもよいが、あらかじめ疑問や質問に答えられる資料を教員側で用意することも妥当である。今回の授業実践で使用した資料は、我々が行っている水生動物相調査の一部であり、中学生が理解しやすい情報を選んで使用した。授業実践で使用した資料の他にも、生息する水生動物の多様度（シン普森の多様度指数）、季節による水生動物の個体数の変動、水生動物捕獲地点の水質（pHや溶存酸素など）、DNAレベルでの水生動物の同定などの資料を持っているので、これらを提示することは可能である。基本資料をもとに疑問や質問を持った生徒が、教員へ追加の情報を求めてきたときに、上記の追加資料のストックから該当する資料を選んで渡すことは可能であろう。この取り組みについては今後授業実践を行って、主体的な学びの態度を実現できるかどうかを検証してみる必要があるだろう。

今回の授業実践では、授業評価の指針として「関心・意欲・態度」と「思考・表現」の2つの項目を考えた。しかし実際には、生徒全員の意欲や態度を把握したり話し合いの参加の度合い把握することは難しいと考えられた。生徒自らの自己評価をもとにして、授業前・後に生徒の文章記述はどのように変化したのか、学習の質の違いを捉える「コンセプトマップ」の要素を取り入れた再現性のある評価ツールを取り入れるなどの改善が必要となるだろう。

謝辞

本研究は科学研究費補助金基盤研究（C）（課題番号 26350225、研究代表者 日比野拓）、（課題番号 17K01016、研究代表者 日比野拓）、（課題番号17K01017、研究代表 金子康子）の助成を受けて行われた。

引用文献

- 1) 文部科学省（2008）「中学校学習指導要領解説理科編」pp.1-133

- 2) 中央教育審議会 (2016) 「幼稚園, 小学校, 中学校, 高等学校及び特別支援学校の学習指導要領の改善及び必要な方策等について (答申)」 pp.3-71, 145-150
- 3) 岡村定矩、藤嶋昭、他 (2013) 「新しい科学3年」東京書籍 pp.228-265
- 4) 岡村貞矩、藤嶋昭、他 (2017) 「新編 新しい科学3年」東京書籍 pp.230-251
- 5) 羽生市教育委員会 (2015) 「宝蔵寺沼ムジナモ自生地緊急調査報告書」 pp.1-15
- 6) 日比野拓、他 (2015) 「水生動物相の変遷とムジナモ食害の調査」宝蔵寺沼ムジナモ自生地緊急調査報告書 pp.82-96
- 7) 埼玉大学教育学部日比野研究室ホームページ <https://site.google.com/view/hibino-lab/>

(2017年3月31日提出)

(2017年4月17日受理)

Developing an Environmental Education Program Closely Related to a Local Community: Presenting Data on Aquatic Fauna in Hozoji Pond, a Natural Habitat of *Aldrovanda vesiculosa* L.

YOSHIDA, Tatsuya

Graduate School of Education, Saitama University

TABATA, Yuki

Faculty of Education, Saitama University

ITO, Hiroaki

The Junior High School Affiliated to the Faculty of Education, Saitama University

YAMAMOTO, Koki

The Junior High School Affiliated to the Faculty of Education, Saitama University

YABE, Toru

Saitama Aquarium

KANEKO, Yasuko

Faculty of Education, Saitama University

HIBINO, Taku

Faculty of Education, Saitama University

Abstract

For this study, we developed and put in practice a program of environmental education closely related to a local community, which is intended to be part of advanced learning in the unit Nature and Humanity in Science at the 3rd grade Junior high school level. This program prompts students actively debate in class based on research data that were obtained from our long investigations of aquatic fauna in Hozoji pond, a natural habitat of *Aldrovanda vesiculosa* L. Materials handed out to the group of students for debate were as follows: (1) A short description of the almost extinct aquatic carnivorous plant, *A. vesiculosa*, (2) A graph depicting the change of the number of *A. vesiculosa* in Hozoji pond from 2011 to 2016, (3) A stacking graph of aquatic fauna in Hozoji pond 2011–2016, (4) The chronology of the number of aquatic animals 2011–2016, (5) A graphic representation of the food web in Hozoji pond, (6) A list of aquatic animals categorized by their origin, (7) A food web in Hozoji pond with predatory preference, (8) A description of what aquatic animals were eaten by human more than 40 years ago.

Given these materials, students had to figure out by themselves environmental problems in Hozoji pond and then propose a plan to save *A. vesiculosa*. During the program trial, all the students participated in debating, the discussion was very lively and none of the groups ran out of ideas. Questionnaires handed out to 34 students after the program trial showed that most of the students noticed a complex relationship in the food web of the pond and deduced that a plan to save *A. vesiculosa* would have to maintain the balance of the ecosystem in the pond. Some students commented that they wanted to consider environmental problems near their local community

hereafter. The theme and contents as well as amount of the materials in the program we developed were sufficient for junior high school students to learn by debate and think deeply about nature and the role of humans in it.

Keywords: Junior high school science, Ministry's official guidelines for school teaching, nature and humanity, environmental education