

理科授業の科学探究的アプローチによる言語活動の活性化と 主体性の育成—主体的・対話的で深い学びを目指して—

星野 由雅・山田 真子(長崎大学大学院教育学研究科)
福山 隆雄・大庭 伸也・隅田 祥光・工藤 哲洋・林 幹大(長崎大学教育学部)
才木 崇史・松本 拓(長崎大学教育学部附属小学校)
前田 勝弘・山田 仁子*・和泉 栄二**(長崎大学教育学部附属中学校)

1. はじめに

わが国の小学校・中学校の理科教育においては、歴史的に問題解決的、探究的アプローチがその基盤となっており、平成 29 年改訂の小学校学習指導要領では問題解決の力を養うこと、中学校学習指導要領では探究する力を養うことがそれぞれの理科の目標に掲げられている(文部科学省, 2017a, 2017b)。問題解決的、探究的アプローチには、どの年齢層の児童・生徒に対しても、科学(理科)を教えることができるといった大きな利点がある。また、科学的な思考力・表現力の育成には問題解決的な学習が必要であるとされ、その有用な理科授業デザインにおける学習活動などが検討されている(鈴木・森本, 2013)。しかしながら、問題解決的、探究的アプローチによる理科学習は、これまでの科学者の科学的探究の論理的・認識論的再構成であり、本来の科学的探究とは言えないことが指摘されている(進藤, 1995)。これらのことに鑑み、今後も理科教育において重要な基盤であり続ける問題解決的、探究的アプローチをより効果的なものにしていくことが必要であるとの立場から、平成 30 年度のプロジェクトでは問題解決的、探究的アプローチによる理科学習を本来の高度で複雑な科学的探究に近いものにするため「児童・生徒にとって未知の問題」を組み込んだ理科授業(物理分野)をデザインし、実践を試みた。児童・生徒は「未知の問題」を捉え、それを解決するために自分たちで試行錯誤したり話し合ったりして、自分たちなりの結果や結論を導き出していた。このことは、このプロジェクトで実践した授業が平成 29 年改訂の小学校学習指導要領で改訂のポイントとされている「主体的・対話的で深い学び」のモデルケースとなる授業であることを示している。すなわち、学習の基盤となる資質・能力の一つとして挙げられている、「問題発見・解決」の場面を設けていたこと、言語能力の育成に資する言語活動として「根拠を明確にして議論する」場面を自然発生的に生じさせていたこと、および学びに向かう力の育成として「主体的に問題解決に取り組む姿勢」を引き出していたことである。

*現所属：佐世保市立山澄中学校 **現所属：諫早市立喜々津中学校

令和元年度のプロジェクトでは、平成30年度の成果を踏まえ、評価者から指摘があった物理分野以外の分野や単元において、特に効果的である単元や学習内容を明らかにし、科学探究的アプローチを組み込んだ理科授業をデザインすること、デザインした授業案の中からいくつか授業実践を行い、その効果を明らかにすることを目標とした。

2. 授業実践

2.1 授業実践のねらい

取り上げた単元は、小学校第6学年の「生物と地球環境」の単元である。この単元では、「児童が、生物と水、空気及び食べ物との関わりに着目して、それらを多面的に調べる活動を通して、生物と持続可能な環境との関わりについて理解を図り、観察、実験などに関する技能を身に付けるとともに、主により妥当な考えをつくりだす力や生命を尊重する態度、主体的に問題解決しようとする態度を育成することがねらい」（文部科学省、2017c）とされ、さらに「様々な動物の食べ物に着目して、生物同士の関わりを多面的に調べる。これらの活動を通して、生物同士の関わりについて、より妥当な考えをつくりだし、表現するとともに、植物を食べている動物がいることや、その動物も他の動物に食べられることがあること、生物には食う、食われるという関係があるということをつまらぬようにする。」とあり、いわゆる食物連鎖についても扱うことになっている。そこで、児童に、田んぼとその周辺をフィールドとして、稲の生育に相応しい生き物の食う食われるの関係を構築させる課題を与えることとした。生き物の例は、教材として提供したが、この中には「カエル」と「オタマジャクシ」を含ませないでおいた。児童は、田んぼの良い環境維持にとって“中間捕食者・キーストーン”となる生き物が何か足りないことに気づき、それが何であるかを考え、確認するために自然発生的に仲間議論を始めること、つまり主体的に課題を見出し、その解決に向けて思考、判断し、表現することをねらいとした。

2.2 小学校での授業実践

実践は、2020年2月17日に長崎県内N小学校第6学年27名（6班）を対象に行った。授業は、次のように進められた。

教師が水田の周辺にいる生き物としてミジンコなどの微生物からバッタなどの昆虫、爬虫類のへび、ハヤブサなどの鳥類を黒板に提示し、食物連鎖の関係を調べることをめあて「水田にいる生き物は、どのような関係になっているか考えよう」として提示した。

まず、個人ごとに関係性を予想させた。その際、上記に挙げた生き物以外に必要な生き物がいたら書き加えて良い、と指示をした。次に、食物連鎖については、まだ学習していないことから、個人ごとに考えた食物連鎖の関係性について、一部分だけの関係性でよい、と断ったうえで児童が考えた関係性を確認

するために発表させた。これにより児童は、生き物間の食う食われるの部分的な関係性について知識を確認した。

授業の冒頭部分の教師と児童のやり取りは、以下のようなものであった。

- ・児童「前回の授業は、人間が食べる物のもとを辿ったら何になるのかを考えよう、という授業でした。人間が食べる物のもとを辿ったら植物に行きつくということがわかりました。」
- ・教師「では、人間は植物によってどんどんどんどん成長していく。植物のみによって・・・。」
- ・児童「植物のみではない。肉とか魚とか・・・。」
- ・教師「じゃ、植物だけじゃなくて、もちろん動物も人間は食べながら生活をしている。ということですよ。」
- 「人間は、動物を食べているわけですが、この動物は色々いますが、全部が全部植物を食べているわけではない。」「例えば、ではどんな動物が植物を食べているわけではないのかな。」
- ・児童「ライオンは、他の動物。シマウマ。」
- ・教師「ライオンみたいな動物は、どういう動物？」
- ・児童「肉食動物」
- ・教師「じゃ、シマウマみたいな動物は？」
- ・児童「草食動物」
- ・教師「では、この関係はどうなっているの？」
- ・児童「肉食動物が草食動物を食べる。」
- ・教師「うん、肉食動物が草食動物を食べて、そして草食動物は？」
- ・児童「植物を食べる。」
- ・教師「だから、やっぱり、植物というところへ繋がっていく、ということ？」
- ・児童、頷く。
- ・教師「肉食動物でさっき、A君は、ライオンと言ってくれたけど、こんなものもあるよ。」と言って、黒板にタカの写真を貼った。
- ・教師「タカは何食べる？」
- ・児童「ネズミ」、「ウサギ」
- ・教師「あー、ネズミとかウサギとかね。タカみたいな肉食動物が食べる。ネズミは食べられるよね。ということは、ここには食べると食べられるという関係があるということ？」黒板に「食べる、食べられるの関係がある」を板書した。
- ・教師「じゃ、この食べる食べられる関係というのは、さっきライオンと言ってくれたよね。タカはまあいろんな空を飛んでいると思うんですけど、そういういくつかの動物にかぎったこと？」
- ・児童「いや。」
- ・教師「ではない？いろんな動物全部に言える？」

- ・児童 頷く。「複数」
- ・教師「例えば、じゃさっきライオンと言ったけど、ライオンはこの辺にいないよね。ちなみに、どこにいる？」
- ・児童「アフリカ」
- ・教師「アフリカにいるね。」「じゃ、日本のこんな場所」と言っ、て、黒板に水田とその周辺を収めた写真を貼った。
- ・教師「さあ、これ、どんな場所？」
- ・児童「田舎」
- ・教師「すごい、田舎みたいな感じよね。この真ん中のところ、何かわかる？」
- ・児童「田んぼ」
- ・教師「そう、田んぼ。田んぼのほかの言い方で水田って言ったりするよね。水田ってわかるか？水の田んぼね。」
- ・教師「この水田では、何が作られているかと言ったら？」
- ・児童「稲」
- ・教師「この前出てきたよね。」と言っ、て、黒板に稲の拡大写真を貼った。
- ・教師「この前の時間に、稲、ごはんのもと、ごはん、米、そして稲と矢印で出してきたかと思うんだけど、まあこういった稲が作られているんですが。ここにも、もちろん生き物が？」
- ・児童「いる」
- ・教師「うん、いますよね。いろんな生き物がいます。どんな生き物を知っているかな。まあ、いろいろいるだろうけどね。全部が全部、この生き物というわけではないかもしれないですが、じゃ、今からこんな生き物がいる、というのを貼っていきますよ。じゃ、まずは。これから行きましょう。この水田だけじゃないので。この周りもということです。バッタがいますね。」と言いながら、はじめにバッタの写真を水田の写真の上に貼った。
- ・教師「じゃ、次は、これで行こうかな。」と言っ、て、サギの写真を貼った。「次は、この辺行こうかな。」と言っ、て、クチビルケイソウの写真を貼った。「これわかるかな？そう、これ微生物なんですけど。」「微生物つながりで。」と言っ、て、ミカズキモの写真を貼った。続けてミジンコの写真を貼った。「あとは、ねえ。」と言っ、て、ヤゴの写真を貼った。「まあ、こういうのもいるかな？」と言っ、て、クモの写真を貼った。「あとは、ねえ。」と言っ、て、ゲンゴロウの写真を貼った。「ゲンゴロウってわかる？うん、ゲンゴロウ。」「あとは、」と言っ、て、トンボの写真を貼った。「はい、トンボもね。」「で、これちょっと馴染みのない、生き物かもしれないけど、ウンカっていうもので、あとは、こんなのもいるんですね。」と言っ、て、ヘビの写真を貼った。「はい、そして、こんなのもいるかな。」と言っ、て、ハヤブサの写真を貼った。「こんな感じかな。さあ、この中でいくつかちょっと説明をしておかなければいけないものがあると思うんですけど、ウンカっていうのがあんまり馴染みがな

いですよね。このウンカっていうのは、何かと言ったら、稲を食べる、稲を食べる小さなハエみたいな、ハエぐらいの大きさの虫なんですよ。ちなみに他にも稲を食べるものとしては、バッタ。バッタって、ほら草を食べたりするんですよ。なので、バッタは稲を食べる。まあ、この2つが稲を食べるものなのかな。この辺は大丈夫？クチビルケイソウとかミカズキモとかミジンコっていうのは、みんながさっき言ってたように？」

- ・ 児童「微生物」
- ・ 教師「微生物ですよ。うん、微生物になるのかなと思うんですけど。」「さあ、こういった生き物がこういう環境、水田の周りの環境にいるのかな？と思うんですけども、この中でもさっき言った食べる、食べられる関係ってある？」
- ・ 児童「ある。」
- ・ 教師「本当にある？この中で関係のない生き物？」と言いながら、黒板に張った水田とその周辺の写真の上に貼った生き物の写真を指しながら言った。
- ・ 児童「いない？」
- ・ 教師「本当に？じゃ、そしたら今日は？それを？」
- ・ 児童「調べてみよう。」
- ・ 教師「うーん、確かめてみましょうかね。OK。」黒板に『めあて』を貼った。「さあ、どんな生き物ですか？ここ。」
- ・ 児童「水田にいる・・・」
- ・ 教師「うん、水田にいる・・・」と言いながら、黒板にめあての一部『水田にいる生き物は』を書いていった。
- ・ 教師「水田にいる生き物は？」
- ・ 児童「食べる、食べられる・・・」
- ・ 教師「食べる、食べられる、うん、どのような関係になっているのか？ということね。」黒板にめあての続き、『どのような関係になっているのか考えよう。』を書いていった。次に黒板に『予想』を貼った。
- ・ 教師「めあて、かけました？そしたら、自分なりにこんなふうな関係になるんじゃないかな、っていうのをノートに今から書いて行ってほしいんですが、矢印とかを使いながら、これがこうなって、こうなって、というふうに関係づけてみてください。」
- ・ 児童は、個人ごとにノートに矢印を使いながら、黒板に貼られた生き物の食べる、食べられるの関係づけを行っていった。
- ・ 教師は、約5分後に児童に発表を促し、3名の児童A、児童B、児童Cを指名した。
- ・ 児童A「クモは、バッタとトンボを食べると思います。」
- ・ 教師「なるほど。バッタとトンボ。」と言いながら、黒板に『クモ→バッタ、→トンボ』を板書した。「Aさん、このあともあるのだったら言っていいよ。」

バッタは何を食べるのだった？」

- ・児童 A「稲」
- ・教師「あー，なるほどね。稲。」と言いながら，バッタの下に『→イネ』を板書した。「次，Bさん。」
- ・児童 B「ハヤブサとかヘビとかサギなどの大きいのがトンボとかバッタとかの小さいのを食べていくと思います。」
- ・教師「おー，待て待て，ハヤブサとかヘビとかサギとかが，一括りにしてくれたね・・・何を食べるって？トンボとか・・・」
- ・児童 B「バッタ」
- ・教師「あーん，なるほど。バッタ」と言いながら，『ハヤブサ，ヘビ，サギ』を○で囲んで板書し，その下に『→トンボ，バッタ』を○で囲んで書いた。「いま，Bさんが言ってくれたね。何に注目してくれた？」
- ・児童「大きさ。」
- ・教師「こっちが大きいってことよね？」と言いながら，ハヤブサ，ヘビ，サギを囲んだ○を指した。
- ・児童「大きい。」
- ・教師「こっちが？」と言いながら，トンボ，バッタを囲んだ○のほうを指した。
- ・児童「小さい。」
- ・教師「小さいってこと？なるほど。大きいほう。」と言いながら，ハヤブサ，ヘビ，サギを囲んだ○の上に『大きい』を○で囲んで板書し，トンボ，バッタを囲んだ○の上に『小さい』を○で囲んで板書した。「次，Cさん，行こうか。」
- ・児童 C「クモの巣にチョウチョが引っかかっていたので，クモがチョウチョを食べるんじゃないかと思います。」
- ・教師「おー。なるほど。チョウチョは出てきていないけどね。クモに・・・チョウチョも関係するのではないか。」と言いながら，板書した『クモ』の下に『←チョウ』を書いた。「ちなみにさ，チョウは何を食べる？」
- ・児童「蜜。」
- ・教師「あー，蜜を確かに，蜜を吸い・・・。あー植物，花の蜜ってことね。」と言いながら，『チョウ』のしたに『→花のみつ』を板書した。「あ，これも，みんなが今言ってくれたんだけど，植物って。あー，植物に関係するんじゃないか。あー，この稲とかもね。植物に関係するんじゃないかとね。あー。」と言いながら，花のみつと稲をそれぞれ○で囲んで線で結んだ。「どうです。こんな感じですか？まあ，みんな予想としては，いろいろ書いてくれているね。うん。Bさんが一つ気づきを言ってくれましたよね。大きいのとちいさいの。それは，どう？大きいのが小さいのを食べる？」
- ・児童「大きいのが食べる。」

- ・教師「おー，なるほど。では，そういうところも一つ視点として考えてくれたみたいね。では，今から，班でちょっと意見を集約してほしいなと思います。で，その際にちょっとこんなのを準備したので，こんな感じ。」と言いながら，水田の写真を貼った小さいホワイトボードを提示した。
- ・教師「この動物たちの小さな写真もあります。これマグネットを付けているので，ここにばーと貼ってみてから，えーと皆は多分ノートに矢印で引っ張って，いろいろ書いてますよね。そんな感じでいいので，班で話し合いながら，一つなんか班の中で作ってみてください。」

教師は，上記のように班で意見を集約するように指示し，次の教材を班ごとに与えた。

- ・水田と周辺の写真（小型のホワイトボードに貼ったもの）
- ・写真マグネット（各1個）：ウンカ，ミジンコ，クチビルケイソウ，ミカヅキモ，ヤゴ，トンボ，クモ，バッタ（イナゴ），ゲンゴロウ，ヘビ，サギ，ハヤブサ

上記のように「ウンカ」については，稲の害虫として教師が紹介した。また，問題の解決に向けて前提となる知識を確認した後，班での話し合いの中から児童が問題を見出し，その解決に向けて他者と協働しながら思考していくことができるようにした。教師は，水田と周辺の写真を貼った小型のホワイトボードに与えられた生き物を食う食われるの関係性がわかるように貼り，矢印で示すように指示した。

班での話し合いでは，早速，与えられた生き物以外にカエルやチョウやサカナを加えて考えようとする班が3班あった。約8分後に教師は，班でまとめた小型のホワイトボードを黒板に貼らせ，うち1班分の小型のホワイトボードを教材提示装置で電子黒板に提示し，該当する班の児童に1分以内で説明をするよう指示した。

児童は，班ごとに自分たちが小型のホワイトボードに作った食う食われるの関係性について説明をし，6班のうち，2班がカエルを加えた関係性を作っていた。

教師は，カエルとオタマジャクシが水田にいることを確認し，食う食われるの関係性を作る際に，悩んでいた関係性がカエルの存在によってつながったと思った班もあったことを確認し，さらにオタマジャクシがいたらどうつながるかを児童に問うた。児童からは，ヤゴやゲンゴロウがオタマジャクシを食べると発言があった。次にカエルが何を食べるかを児童に問うた。児童からは，バッタやトンボなどの虫を食べる，との発言があり，さらに教師からクモも食べる可能性について紹介があった。このようなカエルやオタマジャクシの水田での役割を説明したあと，もしカエルやオタマジャクシがいなかったら，水田がどうなるかを児童に問うた。

児童からは，カエルを食べるヘビが減る，と発言があった。教師は，次にへ

ビが減ったらどうなるかを問うた。児童からは、ヘビを食べるハヤブサやサギが減る、との発言があった。教師からは、カエルがいないと、バッタやトンボやウンカが増えるかもしれないが、するとどうなるか問うた。児童からは、微生物が減るし、稲もなくなってしまう、との発言があった。教師からは、稲がなくなってしまうと、人が困るかどうかを問うた。児童からは、人が食べるものがなくなってしまう、との発言があった。教師は、一つの生き物がなくなると、水田周辺に生きる生き物だけでなく、人にもすごく関係してくるが、水田にいる生き物はどのような関係になっているのかを問うた。そして、これまでの児童の発言や発表を振り返り、大きな生き物が小さな生き物を食べていることを確認した。教師は、改めて、水田にいる生き物どのような関係になっているのかを児童に問うた。児童からは、大きな生き物が小さな生き物を食べている、との発言があった。教師は、「水田の生き物は、大きな生き物が小さな生き物を食べる関係にある。」という結論を板書した。

最後に、教師は水田に農薬を散布している写真を示し、何のために農薬を散布しているのかを問うた。続けて、農薬を散布するのは稲を食べる虫を殺すため、それによって稲がよく育ち、米が沢山採れて食べられるので人間にとって良いことを述べた。児童からは、だとしても、その結果虫を食べる生き物が減ることが指摘された。教師からは、さらに、人間が農薬を散布する以外の方法も採用している例として、カルガモ農法の写真を提示した。カルガモ農法について児童に説明を求めるところ、児童からは、カモが虫を食べて、その糞が肥料になることの発言があった。教師がこの方法も人間の工夫の一つであることを述べ、児童にこの方法では何を利用してしているのかを問い、続けて食べる食べられるの関係を利用してしていることの確認を児童に求めた。そして、人間は、農薬散布という方法だけでなく、人にも自然にも優しい工夫もしていることを示し、授業を終えた。授業終了時の板書を図1に示す。

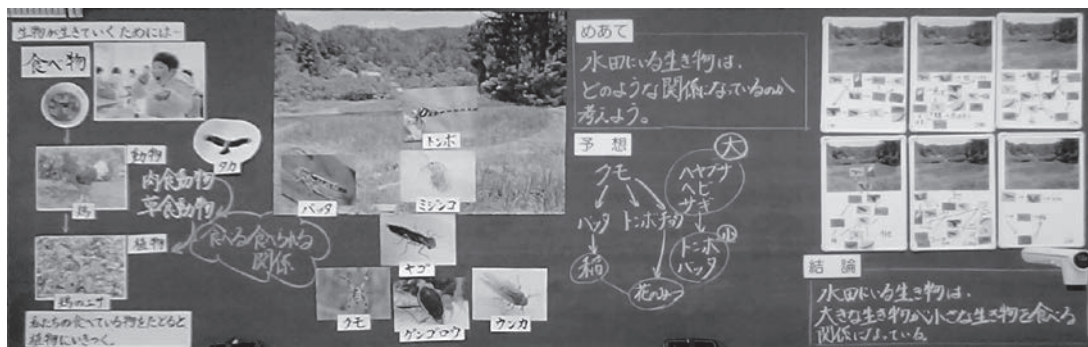


図1 授業終了時の板書

3. 結果

授業時には、主に次のような児童の様子が観察された。

- 1) 個人で考える段階で、一人の児童は、机間指導している教師に「黒板に書いていないものも加えていいですか?」と質問した。教師から「もし、考える途中の中で、今、先生が挙げた生きもの以外に何か必要なものがあったら、それを書き加えてもいいよね。」と全体に指示したところ、質問した児童は、ノートに書いていた「ハヤブサ←へび←バツタ」の空欄に「カエル」と記入する様子が観察された。
- 2) 児童は、水田周辺の合理的な食物連鎖の関係を完成させるという問題の答えを出すために、主体的に問題解決に向かい、各自の考えを出し合い、児童間で議論を重ねている様子が観察された。
- 3) 6班のうち3班がその過程で新たに生じた「与えられた生き物だけでは食う食われるの関係性が成立しないかもしれない」という問題に気づき、与えられた生き物以外にカエルやチョウやサカナを加えて考えようとした。
- 4) 結果的に2班が話し合いの中で中間捕食者(キーストーン)である「カエル」の存在の必要性を見出し、小さなホワイトボードに「カエル」を書き加えた(図2)。

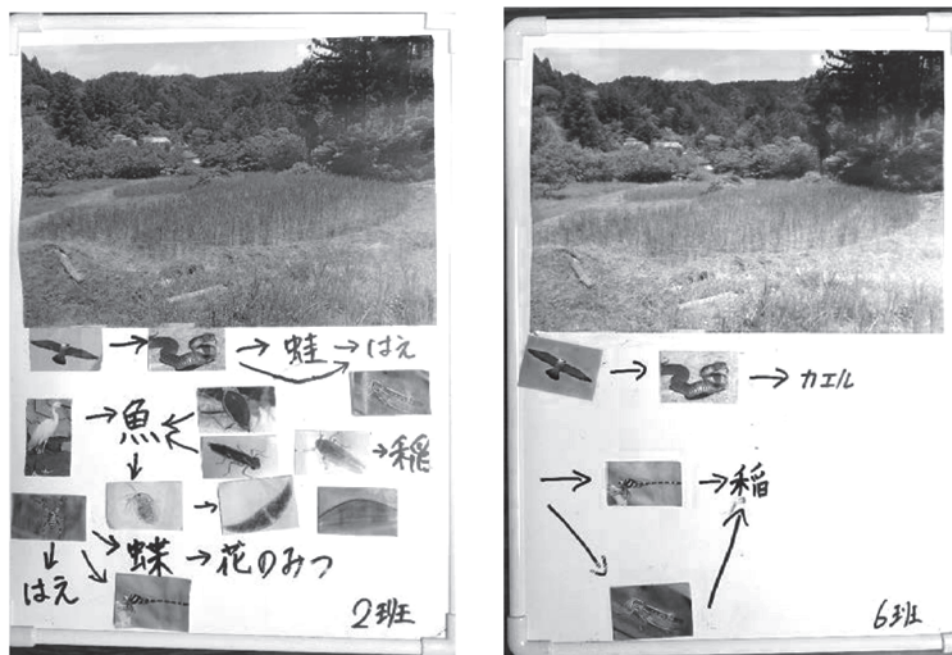


図2 子どもたちがホワイトボードに示した、中間捕食者・キーストーンとなる「カエル」を含めた食物連鎖

4. 考察

本プロジェクトの実践からは、一部の児童は「未知の問題」を捉え、それを解決するために自分たちで試行錯誤したり話し合ったりして、自分たちなりの結果や結論を導き出していた。本プロジェクトは、学習の基盤となる資質・能力の一つとして挙げられている、「問題発見・解決」の場面を提供できていたこと、言語

能力の育成に資する言語活動として「根拠を明確にして議論する」場面を班内での話し合い活動の中で自然発生的に生じさせていたこと、および学びに向かう力の育成として「主体的に問題解決に取り組む姿勢」を一部の児童については引き出していたと言える。

しかし、次のような課題点が挙げられる。

1) 授業実践では、水田の場合、陸域と水域を考慮する必要があり、直線的な食物連鎖で考えるのは無理があるので、両生類の存在はまさにカギとなり、中間捕食者(キーストーン)・カエルの存在に児童が気付けるかが、正しい食物網マップを完成させられるかどうかにかかっていた。この隠された課題に気付いた班が6班のうち2班だけであったこと、またオタマジャクシを挙げた班はなく、隠された課題の難易度が高かったことから、児童が隠された課題に気付けるような指導上の工夫が必要である。例えば、水面下(水域=植物プランクトンを生産者とする食物連鎖)と水面上(陸域=稲を生産者とする食物連鎖)を緩く分けて(ボードを点線などで区切る)、水と陸それぞれに生きる生物を考えさせ、水域と陸域をつなぐ存在(両生類)が必要なことに気付かせるように促す。または、サギは魚や両生類、爬虫類、昆虫類などを捕食するので、今回の水田食物網を考慮すると、最上位捕食者としてサギを設定しておくほうが児童には考えやすかったと考えられる。

2) 生物や地学分野(天文を含む)における隠された課題には、実際の観察・実験が困難な単元があり設定そのものが困難なこと、また児童・生徒の生物や地学分野における生活上の経験や体験には個人間で大きな差異があり、隠された課題設定に気付きにくい面があるという課題がある。生物・地学分野においては、観察・実験における課題設定に拘らず、思考によるシミュレーションや実験方法の考案過程などに課題を設定するなど、多様な機会を通じて自然発生的な課題解決に向けた議論や取り組みが生じるように設計することが求められる。

本研究は、長崎大学教育学部学部長裁量経費の令和元年度・研究企画推進委員会プロジェクトによる助成を受けた成果である。ここに、深甚な謝意を表す。

5. 参考文献

- ・文部科学省(2017a) 小学校学習指導要領(平成29年3月告示)
- ・文部科学省(2017b) 中学校学習指導要領(平成29年3月告示)
- ・文部科学省(2017c) 小学校学習指導要領(平成29年告示)解説理科編
- ・鈴木一成・森本信也(2013) 「科学的な思考力・表現力」を育成する理科授業を支援するための評価の研究—理科授業デザインを支援するためのパフォーマンス評価—, 理科教育学研究, 54(2), 201-214.
- ・進藤公夫(1995) 理科教育の主張とその原理, 寺川智祐編著「理科教育 そのダイナミクス」大学教育出版, 191-222.