

[理 科]

関連ある複数単位をつなぎ、知識のネットワーク化を図る学習活動 －第5学年「生命のつながり」を題材として－

宇野 超*

1 主題設定の意図

「主体的・対話的で深い学び」の視点による授業改善の必要性が叫ばれて久しい。特に「深い学び」については、その実態が捉えにくく、授業改善の際の具体的な方略が立てられない現状も見聞きする。田村（2018）は、我が国の教育について「様々な知識や情報を関連付けて学ぶことが十分ではない」とするOECDの指摘を例に挙げ、「知識をネットワーク化して構造化したり、パターン化して身体化したりして高度化する」ことの重要性を唱えている。そして、この「知識のネットワーク化」の学習プロセスによって、「深い学び」が具現化されると述べている。

学習指導要領（平成29年告示）（以下、要領）で示されている小学校第5学年における「生命」を柱とした内容は、「植物の発芽、成長、結実」および「動物の誕生」である。要領解説理科編によれば、この2つの内容はいずれも「生命の連続性」に含まれ、例えばメダカの雌雄の役割と、ヘチマなど単性花の植物における雄花・雌花の役割との類似性や、生物種による発生の仕方の違いなどへの理解を通して、児童が「生命」に対するより確かな概念（共通性や多様性）を獲得することをねらっている。

しかし、この2つの内容は通常、「種子の発芽と成長」「魚のたん生」「実や種子のでき方」「人のたん生」と学習単元を分けて指導するため、一つ一つの学習が閉じられたものになってしまう傾向にある。さらに、植物と動物では、その生態・形態を始め、生態系における役割も大きく違うため、児童が共通性を見出しにくいことや、魚類や昆虫などを動物とは別のものであると認識し、類似性（共通性）の発見に意識が向きにくいことも考えられる（布施2002）。これが、それぞれの学習単元を閉鎖的なものにしてしまう、さらなる要因となっていると推察できる。

以上を踏まえ、関連ある複数単位をつなぐ学習活動を展開し、より広い「知識のネットワーク化」を促す手立てを講じること、すなわち「学習単元の閉鎖性」の問題を改善することが、「深い学び」の視点による授業改善を進めることと同義であると考え、その手立てを検討することとした。

田村（2018）は、「知識のネットワーク化」の学習のプロセスを充実させるために、「学習内容を自らとつなげ自己変容を自覚する振り返り」に注力すべきであると述べている。この「自己変容を自覚する振り返り」を、児童が自己の思考過程をメタ認知することと捉え、特に理科では論理的思考を自覚的に行うこと、またそれを批判的に見直すことでありと解釈し、「深い学び」を実現する具体的な手立てとして次章に挙げる2つの手法を用いることとした。

まとめると、「生命のつながり（命の連続性）」をキーワードにした関連ある2つの学習単元をまたいで、知識をつなげる学習活動を展開し、かつその中で児童自身が自らの思考過程を振り返る活動を連動させることで、「深い学び」の具体に迫ることが、本研究の目的となる。

2 主題に迫るための手立てと評価

(1) 「記憶の再生マップ」(古川ら2018)による学習内容の関連付けを通じた知識のネットワーク化

古川ら（2018）は、知識を概念化する手法として「記憶の再生マップ」（以下、記憶マップ）を提唱し、その効果を明らかにしている。この記憶マップはCollins & Quillian (1969)の「意味ネットワーク・モデル」を原型とし、中心ノードと第1ノードを示すことによって、児童に関連記憶を想起させる機能をもたせた、いわゆるWEBマッピングの発展型である（図1）。同研究では、記憶マップそのものの分析ではなく、児童の記憶マップの作成前後に、箇条書きによる記憶の書き出しを行わせ、これをテキストマイニングによって比較するという手法をもって、マップ作成の効果を検証している。

*魚沼市立湯之谷小学校

本研究においても、この検証過程を参考にし、記憶マップ作成の実施と、その前後における箇条書きによる記憶の書き出しの変容の比較を通して、児童の「知識のネットワーク化」が促進されているかについて評価することとする。

古川ら（2018）と異なる点として、同研究が一つの単元内容を扱ったものであるのに対し、本研究では、児童が動植物を扱う複数単元にまたがった記憶マップを作成する。これにより、動物・植物の共通性や多様性への気づきを促し、より広い「知識のネットワーク化」を促すことをねらうこととする。

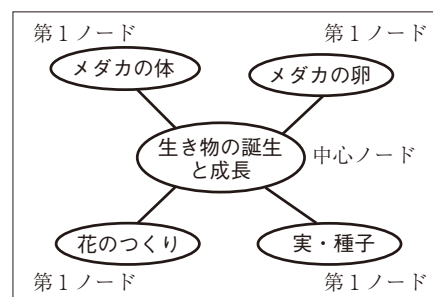


図1 記憶の再生マップの初期図

(2) 論理的思考と批判的思考の往還を促す振り返り

小林（2016）は、思考力の構成要素の一つとして「論理的・批判的・創造的思考」を挙げ、自らの思考プロセスを内省的に振り返ることが求められると述べている。これは田村（2018）の述べる「自己変容を自覚する振り返り」と同義である。また、道田（2003）は、「論理的思考とは、批判的思考を中核にもち、（中略）論理的に考えるためには、（中略）同時に批判的に考える必要がある」としている。

本研究では、児童が自らの記憶マップを俯瞰して見たり、児童同士で相互に比較したりすることを通して、思考プロセスを内省的に振り返ることにつながると考えている。その評価材料として、廣岡（2000）の「クリティカルシンキング志向性尺度」を基に、木下ら（2013）が開発した、小学生用の「批判的思考測定質問用紙」をそのまま活用する。なお、この質問用紙は、図2に示す20項目からなり、児童の反応形式は「1 当てはまらない」「2 あまり当てはまらない」「3 少し当てはまる」「4 当てはまる」の4件法とした。木下ら（2013）は、この質問用紙の因子分析を行い、「反省的な思考」「探究的・合理的思考」「根拠の重視」「健全な懐疑心」という4つの側面（因子）で批判的思考力が測定できることを明らかにしており、これを田村（2018）の述べる「自己変容を自覚する振り返り」の視点として活用することとした。

<p>理科学習全般</p> <p>Q1 自分の意見には、理由をつける。</p> <p>Q2 自分が納得できるまで考え抜く。</p> <p>Q3 一つのやり方で問題が解決しないときは、他のやり方を試してみる。</p> <p>Q4 分からないことがあると質問したくなる。</p> <p>Q5 「なぜだろう」と考えることが好きである。</p> <p>実験前</p> <p>Q6 一つのことだけでなく、他のことも思い出して予想を立てる。</p> <p>Q7 自分の予想におかしいところは無いが確かめる。</p> <p>Q8 友達の予想におかしいところは無いが確かめる。</p> <p>Q9 実験をする前、他の実験方法は無いが考える。</p> <p>実験中</p> <p>Q10 できるだけ多くの実験データを集める。</p> <p>Q11 一回目の実験結果だけを見て、二回目の実験結果を決めない。</p> <p>Q12 繰り返しやってみなくても、実験の結果はいつも同じだと思う。</p> <p>Q13 インターネットで調べたことは、間違いがないと思う。</p> <p>実験後</p> <p>Q14 実験の結果が出たとき、おかしいところは無いが考える。</p> <p>Q15 実験のやり方に間違いはなかったか考える。</p> <p>Q16 実験データが間違っているかもしれないと疑ってみる。</p> <p>Q17 必要な実験データがそろっていないときは、結論を出さない。</p> <p>Q18 一回の実験だけでは結果を信用しない。</p> <p>Q19 自分の考察におかしいところは無いが確かめる。</p> <p>Q20 友達の考察におかしいところは無いが確かめる。</p>	<p>反省的な思考</p> <p>Q 7, 8, 9, 14, 15, 16, 19, 20</p> <p>探究的・合理的思考</p> <p>Q 1, 2, 3, 4, 5, 6, 10</p> <p>根拠の重視</p> <p>Q 11, 17, 18</p> <p>健全な懐疑心</p> <p>Q 12, 13</p>
---	--

図2 批判的思考測定質問用紙の項目および抽出因子

3 研究の実際

(1) 対象及び学習単元、実施時期

- ① 対象：新潟県内小学校第5学年（44名）
- ② 学習単元：「魚のたん生」「実や種子のでき方」（生命のつながり2，3）
- ③ 実施時期：令和3年7月，9月

(2) 学習活動の構成と手立ての位置付け

単元それぞれの構成自体は、教科書に習った一般的な流れと大差は無いが、「メダカのたん生」においては、飼育に対する意識付けと、メダカや卵（受精卵）に対する愛着を促すために、1班1水槽で観察を行った。また、「実や種子のでき方」においては、通常ヘチマとアサガオの2種類の植物を扱うところを、発展的に他の植物も同時に扱い、受粉や結実の様子を比較した。箇条書きによる記憶の書き出しや「記憶の再生マップ」、「批判的思考測定質問用紙」は各単元の終末に位置付け（「記憶の再生マップ」については「実や種子のでき方」の学習時のみ）、テスト前の確認問題などと合わせて3時間程度で取り組んだ。各単元の大まかな流れは図3の通りである。

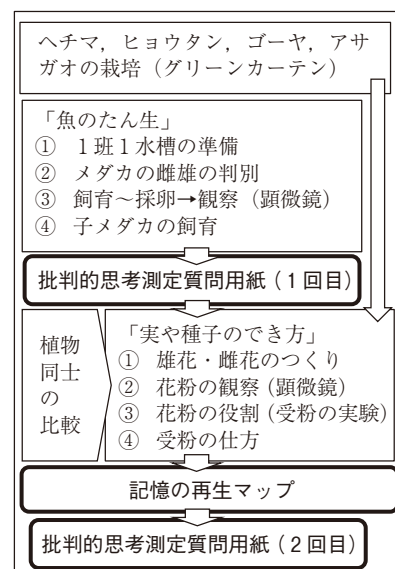


図3 学習活動の構成

(3) 各単元の授業概要

① 「魚のたん生」

生物分野の学習全般に言えることであるが、飼育を児童に委ねるには、対象の生物が生きやすく活動的な季節を選択する方が、学習がスムーズに進む。メダカの学習を始めるに当たり、水温が十分に高く、日照量が確保できる季節を待ったため、令和3年度は7月初頭に始めることとした。

冒頭に教師が「1班1水槽で、メダカに卵を産ませ、学校のメダカを増やそう」と呼びかけ、飼育の指示をした。水槽は2Lのペットボトルを横にし、上部を切り取ったものを使用した（図4）。

児童が水槽に底土を敷き、水、水草を入れたところで、「1つの水槽にメダカを何匹入れるか」という問題について話し合いを行った。「卵をたくさん産ませるには何匹か入れた方がいい」「たくさん入ると密になりすぎる」など意見が挙げられたが、タブレット端末でWEBページの情報を検索することを教師が指示したところ、「1匹につき1Lの水が必要」という記述が複数のページから見つかり、「2匹ずつ入れる」という結論に至った。

自分たちの選んだメダカであるという愛着から、教室と理科室が離れているにも拘わらず、児童は休み時間も熱心に水槽の世話をしていた。

その後、卵を産むにはメスとオスの両方が必要であることに触れ、児童は水槽に入れるために必然性をもってメス、オスを見分ける活動を行った。見分ける際には、大水槽の中の数十匹のメダカから、観察用のミニ水槽に1匹ずつ移し、班の全員でじっくりと観察し、判断していた（図5）。

受精卵の観察については、受精卵を採取日ごとに分け、成長の様子を時系列で追っていく活動が一般的であるが、理科室の設備等の事情より採取日ごとに保管することが困難であったため、観察日に採種できた受精卵をランダムに選び、解剖顕微鏡で観察することとした。これを、教科書の受精卵の成長写真と照合することで、子メダカが生まれるまでの成長過程を確認した。子メダカについては、生まれたものから専用の水槽に放し、栄養袋が小さくなっていく様子や体の成長の様子を観察した。

② 「実や種子のでき方」

環境教育の取組の一つとして、4、5、6学年が共同でグリーンカーテンづくりの取組を行っている。そのため、春先の段階でヘチマの他に、同じウリ科のつる性植物であるヒョウタンとゴーヤについても発芽をさせ、花壇に移植している。この3種は生態がよく似ている一方、花や種子、果実の形態がそれぞれ特徴的であり、比較栽培を通して、植物の共通性と多様性を実感させるのに適していると考えられる。

夏季休業が明けた9月に、グリーンカーテンの様子を確認することを教師が指示し、3つの植物を観察させた。既に果実になっているものも多数見られたが、雌花と雄花が両方とも見られたため、これを採取し、タブレット端末機での撮影画像（図6）やスケッチ等により、形態の違いを確認した。加えて、雌蕊の柱頭と雄蕊の葯に触れるよう指示し、花粉の存在に気づくよう促した。この段階で、既に「雌花…雌蕊≡メス、雄花…雄蕊≡オス、花粉≡精子」として、メダカの学習との関係付けを行っている児童も見られた。

その後に行った花粉の観察は、2人に1台ずつ生物顕微鏡（光学顕微鏡）を配当し、操作方法を確認させながら観察を行った。また、プレパラート上の観察対象を見つけられない児童のために、映像提示用顕微鏡の画面を大型TVに繋ぎ、補助資料として提示した（図7）。

また、単性花である上記3種だけでなく、両生花であるアサガオの花についても、花の解剖を通して、雌蕊と雄蕊の付き方や花粉の様子について観察した（図8）。児童は花の形態の違いに加え、ヘチマやゴーヤとの花粉の形状の違いに驚きを見せる様子が見られた。



図4 1班1水槽の様子

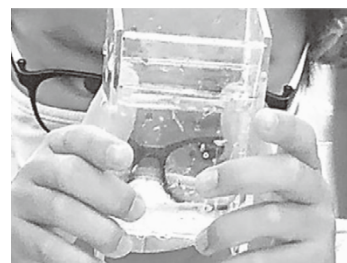


図5 メダカの雌雄の判別の様子



図6 雄花・雌花の撮影の様子

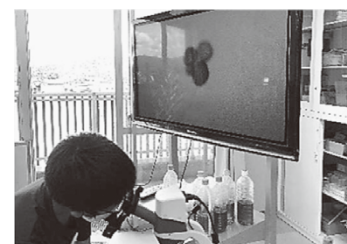


図7 顕微鏡映像の提示の様子

夏季休業中に若干の冷え込みがあったため、9月初頭で花期が終わりかけてしまったことから、受粉の有無によって結実するかどうかを確認する実験は、児童の手では行わず、教師があらかじめ袋がけしておいた雌花を確認することとした。また、これについては補助的に映像教材も用いて、実験方法や手順を確認した。



図8 アサガオの花の解剖の様子

(4) 本実践の手立てに関する指導場面

① 「箇条書きによる記憶の書き出し」と「記憶の再生マップ」

各単元の学習内容が終わった段階で、児童に「箇条書きによる記憶の書き出し」を行わせた。その際、「魚のたん生」では「メダカの体」と「メダカの卵」,「実や種子のでき方」では、「花のつくり」と「実・種子」の2つの学習のまとまりに観点を分け、児童が記述する際の手がかりとした。なお、箇条書きについてはGIGAスクール構想に伴う1人1端末が整備されたことから、データの集約の簡易化を図るために、「Google forms」を活用した。

「記憶の再生マップ」に関しては、箇条書きの際に用いた観点をそのまま第1ノードとして示し、児童自身の記憶の整理を促した。この方法は、古川ら(2018)の実践と同様であるが、本研究では「魚のたん生」と「実や種子のでき方」の2単元分の観点が1つのマップに示されている。また、記憶マップ作成のツールとして、手書きの用紙の他に「Google Jamboard」を用意し、児童自身が得意な方を選択できるようにした(図9, 10)。

この後児童は、自分の作成した記憶マップを資料として、まとめたことをペアで発表し合う活動を行った(図11)。さらに、発表活動の後、「箇条書きによる記憶の書き出し」を再度行った。この時の観点は「実や種子のでき方」と同じものとした。

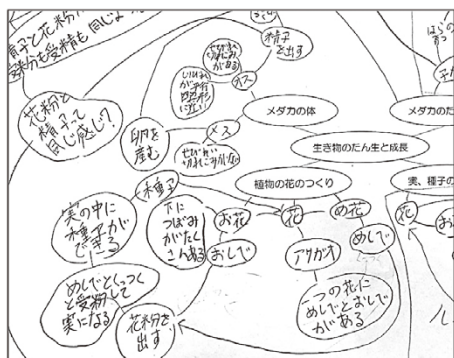


図9 児童がかいた手書きのマップ(一部)

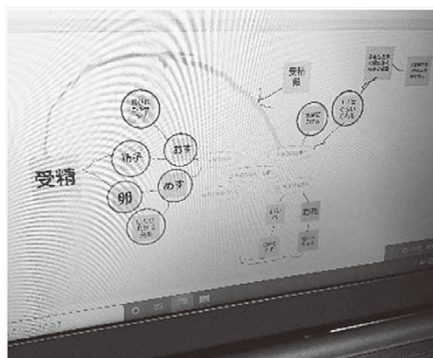


図10 児童がかいたGoogle Jamboardのマップ



図11 児童の発表の様子

② 批判的思考測定質問用紙

夏季休業が終わり、授業が再開して少し経った9月初頭と、「実や種子のでき方」の学習が終わり、単元テストを行う前の9月下旬に「批判的思考測定質問用紙」によるアンケート調査を行った。この質問用紙についても「Google forms」を利用し、集計の簡易化を図った。質問紙の文言が多少難しく、回答に迷う様子が見られたが、適宜解説しながら進めた。調査の結果がリアルタイムに反映されるため、全員が入力された時点での結果をTVに映し出し、学級の回答の割合を全員で確認した。「友達の考察なんて、今まで気にもしてなかった。」など、自らの学びを振り返り、つぶやく児童も見られた。

4 研究の結果

(1) 「記憶の再生マップ」前後の箇条書きの比較分析

「Google forms」に入力した箇条書きのテキストデータを、KH Corder3(樋口2001)を用いてテキストマイニングを行い、「記憶の再生マップ」実施の前後で記述した言語同士の構成の変化を調べた。言語同士の構成については、共起ネットワークを作成するコマンドを使用し、可視化した。

表1は、児童の箇条書きのテキストデータの一部である。児童が入力したそのままのデータでは仮名や漢字の表記や言い回しにずれがあり、テキストマイニングが上手くできないため、教師がある程度修正し、表記の統一を図っている(おしべ・雄しべ→雄蕊, あさがお・朝顔→アサガオ, 実→果実など)。

表1 児童の箇条書きのテキストデータの一部

記憶の再生マップ 実施前	記憶の再生マップ 実施後
<ul style="list-style-type: none"> ・花には雄蕊と雌蕊がある。 ・雄蕊と雌蕊が一緒の花にあるときもある。 ・雄蕊が、雌蕊に花粉をつける。 ・雄蕊に花粉があるということが分かった。 ・雌蕊が実(果実)になるということが分かった。 ・実(果実)の中に種子(種)ができる。 ・雄蕊の花粉が雌花につくことを受粉という。 	<ul style="list-style-type: none"> ・雄花には雄蕊があり、雌花には雌蕊がある。雄蕊には花粉がある。雄蕊と雌蕊がいっしょにある花と別々にある花がある。 ・雄蕊の花粉と雌蕊が受粉することで実(果実)ができる。 ・種子が成長して花ができて・・・って感じでループする。花とメダカは成長の仕方が似ていると思う。

このテキストデータをKH Corder3に読み込ませ、言語の抽出を行ったところ、表2のようになった。なお、箇条書きの際には質問を「花のつくり」「実・種子の作り方」の2項目に分けて行ったが、児童の中で知識体系が未分化であり、同じような記述内容が多く見られたことから、2つの項目の回答を合算して処理している。なお、同じ児童が2項目とも同じ内容で記述していたものについては片方のみを取り上げ、1つ分としている。

表中の総抽出語数とは、テキストデータ中の全ての語の総数であり、使用語数とは分析の対象としてKH Corder3が認識している語の数である。また、異なり語数とは抽出した語の種類を示している。これを見ると、記憶の再生マップの前後で、言語数が大きく増えていることが分かる。さらに、これをもとに、共起ネットワークを作成したところ図12のようになった。描画する共起関係の係数は「上位70」としている。

表2 KH Corder3による箇条書きの語数

	記憶マップ前	記憶マップ後
総抽出語数 (使用語数)	1,419 (552)	2,059 (830)
異なり語数 (使用語数)	152 (92)	187 (117)

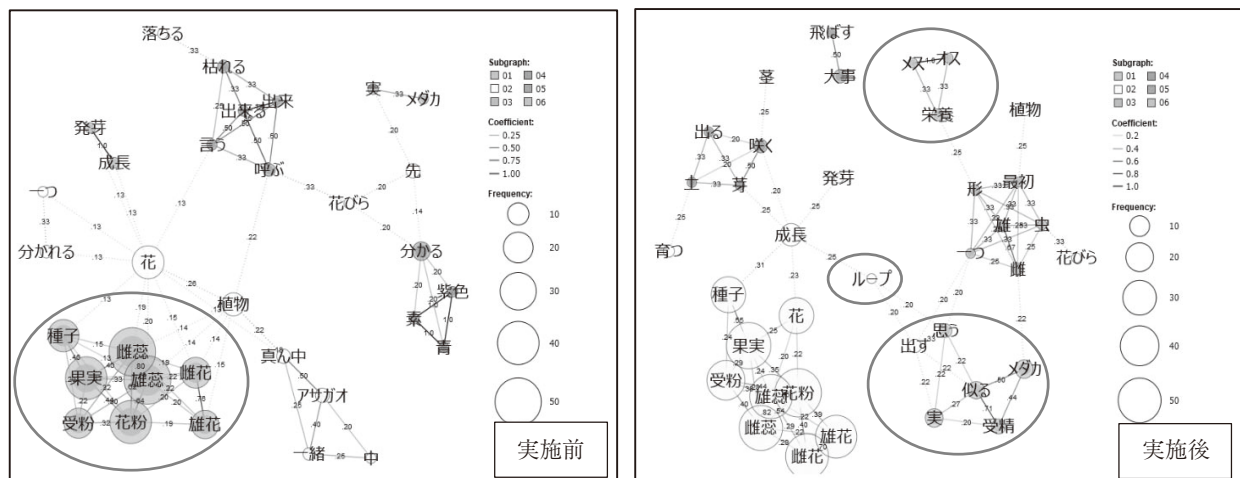


図12 「記憶の再生マップ」実施前後の共起ネットワークの変化

「記憶の再生マップ」実施前の箇条書きでは、「おしべの花粉がめしべに付く(=受粉する)ことで、実ができる」という内容の記述が最も頻度が多く、植物が結実するメカニズムに付いての説明が多く見られた。また、植物の成長、生殖についての記述に偏っており、メダカの発生に関する記述がほとんど見られないことが分かる。

一方、「記憶の再生マップ」実施後の箇条書きでは、実施前と同様に、植物の結実に関する記述が多いものの、メダカの発生のしくみに関する記述や、受精と結実を関連付ける記述が表れている。また、植物の発芽に関する記述も具体的に記述されている様子が見られる。さらに、「ループ」という言葉に表れているように、「命の連続性」について、植物とメダカに共通のものとして捉えている様子が読み取れる。

(2) 批判的思考測定質問用紙の点数変移の分析

「記憶の再生マップ」を実施した本単元の実施前と実施後に、児童がGoogle formsに入力した質問用紙調査の回答を点数化し、4点に近い方を「批判的思考力が高い」と評価することとした。さらに、取組の前後において有意な差があるか否かを検討するため、平均値の差の検定(対応のあるサンプルのt検定)を行った。その結果を表3に示す。

サンプル数については、PC端末での入力上の不具合や欠席等の理由でデータを抽出できなかった児童を除いた数となっており、 p 値が0.05未満を統計的に有意とみなしたところ、「健全な懷疑心」において有意な点数の上昇が見られ、「根拠の重視」にも有意な上昇傾向が見られた。質問用紙の項目と照らし合わせると、観察や実験の結果を考察する際に複数のデータを扱うことの重要性や、調査等で得られた情報に対して自身で検証することの重要性を感じている傾向があると読み取ることができる。一方、「反省的な思考」「探究的・合理的な思考」については、有意な差が見られなかった。

表3 再生マップ実施前後の調査結果の数値

因子	時期	平均値	標準偏差	t 値
反省的な思考	前	2.87	.55	.40
	後	2.83	.64	
探究的・合理的な思考	前	3.06	.47	.05
	後	3.03	.58	
根拠の重視	前	3.01	.64	1.21 ⁺
	後	3.16	.63	
健全な懷疑心	前	2.56	.73	1.69*
	後	2.79	.65	
		N = 36	*p < .05	⁺ p < .10

5 成果と課題

本研究を通して、「記憶の再生マップ」の作成が、別々の学習単元で身に付けた児童の知識や体験をつなぎ、「命の連続性」に対しての理解を深化させることに一定の効果があることを見出すことができた。さらに、児童が自らの知識をつないでいく過程が可視化されること、他者の思考と自分の思考とを比較することで、学習者としての自分をメタ認知することができた。これは、「自己変容を自覚する振り返り」の一つの形であり、「深い学び」の実現に寄与するものであると考える。しかしながら、以下のような課題が挙げられる。

まず、本研究は夏季休業を挟みながらも連続した2つの学習単元において実践したものであり、今後展開される「人の誕生」においても成果が認められるかについて、追試の必要がある点である。

次に、「批判的思考」の因子である「反省的な思考」「探究的・合理的な思考」の育成に有効性が認められなかったことである。これについて、中山ら（2017）は児童の考えの記述の仕方や質問・回答を中心とした対話活動の工夫によって、既に成果を明らかにしている。このような先行実践を参考にしながら、今後、さらなる指導法の改善・開発を行っていく必要がある。また、本研究を検証するための活動の多くは、児童にとって初めての経験であり、作業過程での戸惑いや操作スキルの個人差等を支援するのに時間がかかってしまった。「知識のネットワーク化」を図る学習スタイルを積み重ねていくことで、少しずつ改善に向かわせていくことができると考える。

<引用・参考文献>

- 1) 田村学. 2018. 深い学び. 東洋館出版社.
- 2) 文部科学省. 2017. 小学校学習指導要領（平成29年告示）. 解説理科編（平成29年告示）. 東洋館出版社.
- 3) 布施光代. 2002. 児童期における動物概念の発達. 教育学研究 Vol.26 : 271-279.
- 4) 古川美樹, 角和博, 岩永雅也. 2018. 小学校理科における意味ネットワーク・モデルの参照により児童が書いた箇条書きの特徴に関する研究. 佐賀大学教育実践研究 第37号 : 53-63.
- 5) Collins A.M., & Quillian M.R. 1969. Retrieval time from semantic memory. Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior 第8巻 : 240-248.
- 6) 小林辰至・後藤顕一. 2016. 「理科」における「21世紀に求められる資質・能力」の「思考力」の捉え方. 上越教育大学研究紀要 第35号 : 229-238.
- 7) 道田泰司. 2003. 論理的思考とは何か?. 琉球大学教育学部紀要 第63号 : 181-193.
- 8) 廣岡秀一, 小川一美, 元吉忠寛. 2000. クリティカルシンキングに対する志向性の測定に関する探索的研究. 三重大学教育学部研究紀要（教育科学）. 第51巻 : 161-173.
- 9) 木下博義, 山中真悟, 中山貴司. 2013. 理科における小学生の批判的思考とその要因構造に関する研究. 理科教育学研究 Vol.54 : 181-188.
- 10) 樋口耕一. 2001-2021. KH Corder3 Webサイト. <https://kxcoder.net/>（2021.9.12閲覧）
- 11) 中山貴司, 木下博義, 山中真悟. 2017. 小学生の批判的思考を育成する理科学習指導法の開発－ツールミン・モデルの導入と多様な質問経験を通して－. 理科教育学研究 Vol.57 : 245-259.