

Develop of Scientific Thinking Ability Using Thinking Skills : Development and Evaluation the Unit for "Restoration of Dinosaurs"

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2019-12-24 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 田村, 響太郎, 石上, 靖芳 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.14945/00026960

思考スキルを用いた科学的思考力の育成に関する研究 — 「恐竜の復元」を対象とした単元開発とその評価を通して—

Develop of Scientific Thinking Ability Using Thinking Skills:
Development and Evaluation the Unit for "Restoration of Dinosaurs"

田村 響太郎¹, 石上 靖芳²
Kyotaro TAMURA, Yasuyoshi ISHIGAMI

（令和元年 12 月 2 日受理）

ABSTRACT

The purpose of this study is to develop and evaluate a unit for “Restoration of Dinosaurs” as a learning activity to enhance scientific research in science classes at junior high school and develop and evaluate a unit for problem-solving learning divided into three learning processes of “I. Setting hypothesis”, “II. Inquiry of hypothesis” and “III. Application” in which the thinking skills required for each of the three processes are utilized. At the results, the questionnaire survey indicated that motivation and knowledge about “Restoration of Dinosaurs” have increased. From the performance evaluation, it is considered that the content knowledge about “Restoration of Dinosaurs” and the method knowledge of “Restoration Method of Dinosaurs” was acquired and maintained for a month. We confirm that the thinking skills of “Find Problems”, “Expect” and “Plan” were utilized by “Prospective Vision ability” as scientific thinking ability working in the process of “I. Hypothesis Setting” and the thinking skills of “Compare” and “Associate” were utilized by “Logical Analytical ability” as scientific thinking ability working in the process of “II. Inquiry of Hypothesis”, the thinking of “Reflect” and “Estimate”, “Express” were utilized by “Explore Problem ability” as scientific thinking ability working in the process of “III. Application”.

Keywords : develop a unit of “Restoration of Dinosaurs” (恐竜の復元の単元開発), thinking skills (思考スキル), problem-solving learning (課題解決学習), scientific thinking ability (科学的な思考力)

1. 問題の所在と研究の目的

科学技術・学術政策研究所「科学技術指標 2018」をもとにした大学入学者の集計によると、少子化にも関わらず大学入学者全体は現在も増え続けているが、理系と呼ばれる理学部や工学部の希望者の人数や割合は 1999 年をピークに減り続けている。科学技術大国としての日本に

¹ ** 静岡大学教職大学院教育実践高度化専攻

² ** 教職大学院系列

は今後さらに科学技術を発展させることができる理系の人材が必要となると考えられる。そのため平成29年中学校学習指導要領(文部科学省,2017)では,中学校の理科において科学的に探究する学習の充実を掲げ,科学的に探究する活動において比較することや問題を見いだすこと,関係づけることなどの認知スキルを活用して思考することの必要性を挙げている。

このような思考に関する認知スキルとして,思考スキルの研究が進められている。鈴木(2005)では,小学校学習指導要領の社会科には,児童に「何を」考えるかは示されているが,「どのように」考えるかは示されていないことを挙げ,「どのように」考えるのかを「思考技能」と呼び,「思考技能」として「時系列認識」,「空間認識」,「分類」,「比較」,「因果・関連」などを挙げている。黒上・泰山・小島(2012a,2012b,2012c)の一連の研究では,小学校の国語,算数,理科,社会,生活,総合的な学習の時間を対象に,思考スキル(Thinking Skills)を「思考の結果を導くための具体的な手順についての知識とその運用方法」と定義し,質的分析によって思考スキルを抽出し,その関係を整理している。中学校の理科における思考スキルの研究として,田村・石上(2019a)では,思考スキルを「思考により意味を生成するための具体的な手順と運用方法」と定義し,中学校の理科の課題解決学習の学習の過程を3つに分け,学習の過程ごとに主に必要となる思考スキルを20種類抽出している。このように思考スキルの抽出や授業における扱い方などの研究は進んでいるが,中学校の理科の授業において思考スキルの活用を位置づけた単元開発やその授業実践について実証的に取り組んだ研究は多くは見られない。

また,科学的に探究する時間の充実のために,平成29年中学校学習指導要領の改訂にともない,奈須(2018)は,「現実の社会に存在する本物の実践に可能な限り近づけて学びをデザインするオーセンティック・ラーニングとして単元の内容が重視されている」として,オーセンティック・ラーニングを挙げている。オーセンティック・ラーニングの学習方法を参考にして,本物の実践に近づけるように研究者が研究した道筋をたどるような学習を展開することで,科学的に探究する学習の充実となると考えられる。研究者が研究した道筋をたどるような学習として,生徒の関心を持続させ,探究を推進していくために重要と考えられる教材として恐竜を挙げることができる。

恐竜を教材として扱った研究として例えば,廣川・久田(2005)は,高校生を対象に質問紙調査を行い,専門家にインタビューし,学校教育の現状を小学校・中学校・高等学校で扱う内容に即して調べ,扱えるかどうかを検討し,高校生を対象とした恐竜の学習プログラムを作成している。その中で,松川・小荒井・榊原(1997)の実践をもとにした「①恐竜模型を利用して恐竜の体重を推定する活動」,「②恐竜の食物摂取量を推定する活動」,「⑤恐竜の足の長さを推定する活動」,「⑥足跡から速度を推定する活動」といった計算をもとにした活動や「③恐竜化石のレプリカを作製する活動」,「④恐竜とトカゲの違いを調べる活動」といった追究の活動を挙げている。このように恐竜を扱う授業の研究が進められているが,恐竜の種類の同定や分類を通じた恐竜という生物を追究する授業展開をした研究は多くは見られない。研究者がたどった研究の道筋となり,恐竜という生物を追究する学習課題として,「恐竜の復元」を挙げることができる。研究者が研究した道筋をたどる学習方法を参考にして,恐竜の研究者が研究してきたように恐竜を復元し,その復元方法を追究することを単元の目標に据えた課題解決学習とすることで,科学的な探究の充実に向けた学習活動になると考えられる。

そこで本研究では,中学校の理科の授業において,研究者が研究した道筋をたどる「恐竜の復元」についての単元開発を行い評価することを研究Iの目的とする。さらに,「恐竜の復元」の

単元において課題解決学習の過程を3つに分けて過程ごとに主に必要となる思考スキルの活用を抽出し、検討することを研究Ⅱの目的とする。

研究Ⅰ 中学校の理科における「恐竜の復元」の単元開発

I-2 研究の方法

I-2-1 中学校の理科における「恐竜の復元」の単元構想の展開

中学校2年生の理科の授業で、研究者が研究した道筋をたどるように「恐竜をどのように復元するのか」という単元構想として9時間の課題解決学習を行う。

恐竜の研究者が行う研究方法に沿って単元を構想するために、実際に研究者が行ってきた研究方法を整理する。調べ方の名前をつけて、段階的にまとめたものが図1である。地質年代や産出場所の情報をもとにその恐竜がいた時代や場所をもとにおおまかに恐竜の種類を推定するため「①化石の地質年代」と「②産出場所」の情報の収集が行われていると整理できる。次に現生の動物や先行研究による骨格との比較により、「③化石の部位の同定」が行われていると整理できる。続いて恐竜の特徴や情報をもとに「④恐竜の種類同定」が行われる。研究者の調べ方によって次の段階においては違いがあり、「⑤全体の骨格の修復」、「⑥骨格の組み立て(骨格復元)」、「⑦恐竜の大きさ(種類、個体値)」、「⑧死の原因」、「⑨姿勢の復元」、「⑩恐竜の肉体」、「⑪恐竜の表皮」、「⑫恐竜の重さ(質量)」、「⑬恐竜の性別」、「⑭恐竜の食性」、「⑮社会性」、「⑯恐竜の動き」、「⑰恐竜の成長」、「⑱環境の推定」などが行われていると整理できる。これらから、産出地の情報を調べ、化石の同定を行い、個体の復元を通じて個体の復元からわかることを見だし、環境の推定を行っているとして整理でき、このような段階をもとに単元を構想する。これらを踏まえて、本研究における「恐竜の復元」の単元目標を、「化石から産出地の情報を収集して骨の部位を見だし、恐竜の特徴を見だし、それらの情報をもとに恐竜の種類を推定すること」とする。

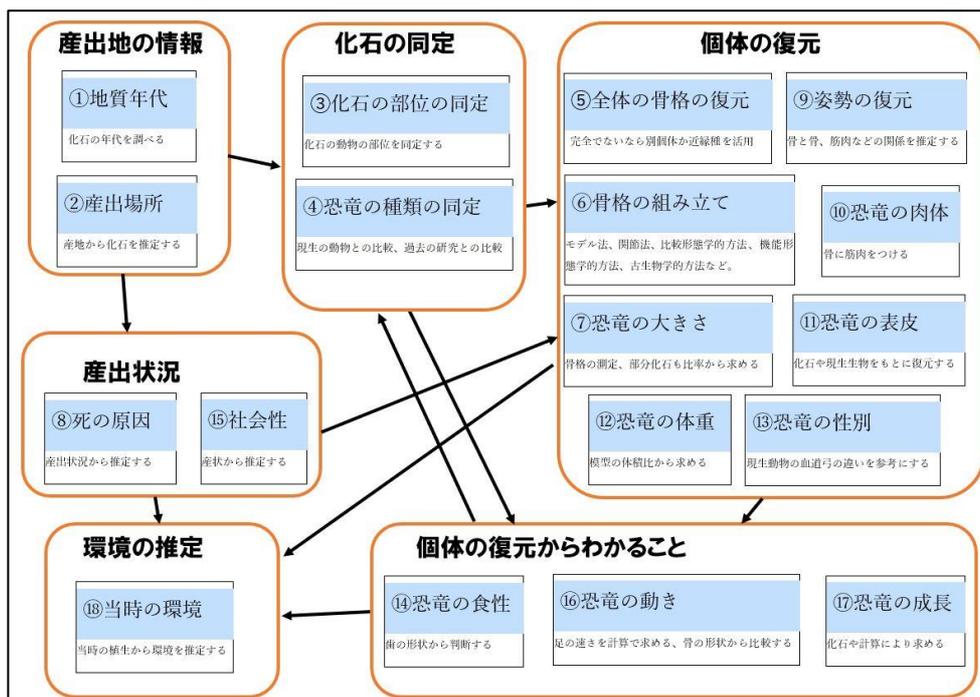


図1 研究者による恐竜の復元の段階をまとめたもの

これらを踏まえて「恐竜の復元」として9時間の単元構想として授業や単元の中における知識や技能をまとめたものが図2である。第1時に「恐竜の復元」の方法について個人、グループ、全体で意見交換を行い、最後に個人の予想をまとめる。第2時に恐竜の図鑑づくりを通じて、恐竜の分類を行い恐竜の特徴をつかむことを通じて、「恐竜の復元」のための視点を獲得する。第3時に骨の一部の写真から、第2時に作った恐竜図鑑をもとに、どの恐竜のどの部位なのかを候補を挙げ比較し、種類を推定する。第4時に骨の一部から部位を推定することや化石の産出状況から化石が堆積した当時の環境の推定を現在の堆積状況と関連付けて行う。第5時に大量に恐竜の骨が産出しているボーンベッドのスケッチから、どのような恐竜がいたのかを推定する。第6時に第5時に推定した恐竜の集団のデータと産出状況をもとに堆積当時の環境を推定する。第7時に、第5時と第6時で行った恐竜の種類の推定の内容や堆積した当時の環境の妥当性について検討し、検討を通じて恐竜の復元の方法を振り返り、「恐竜の復元」の方法を見いだす。単元終了後の第8時にパフォーマンス課題として、個人でバラバラになった恐竜の化石から「恐竜の復元」を行うことと「恐竜の復元」の方法を振り返ることをポストテストAとして行い、単元終了後から約1か月後の第9時にもパフォーマンス課題としてポストテストBを行い、単元開発した単元の評価として検証する。

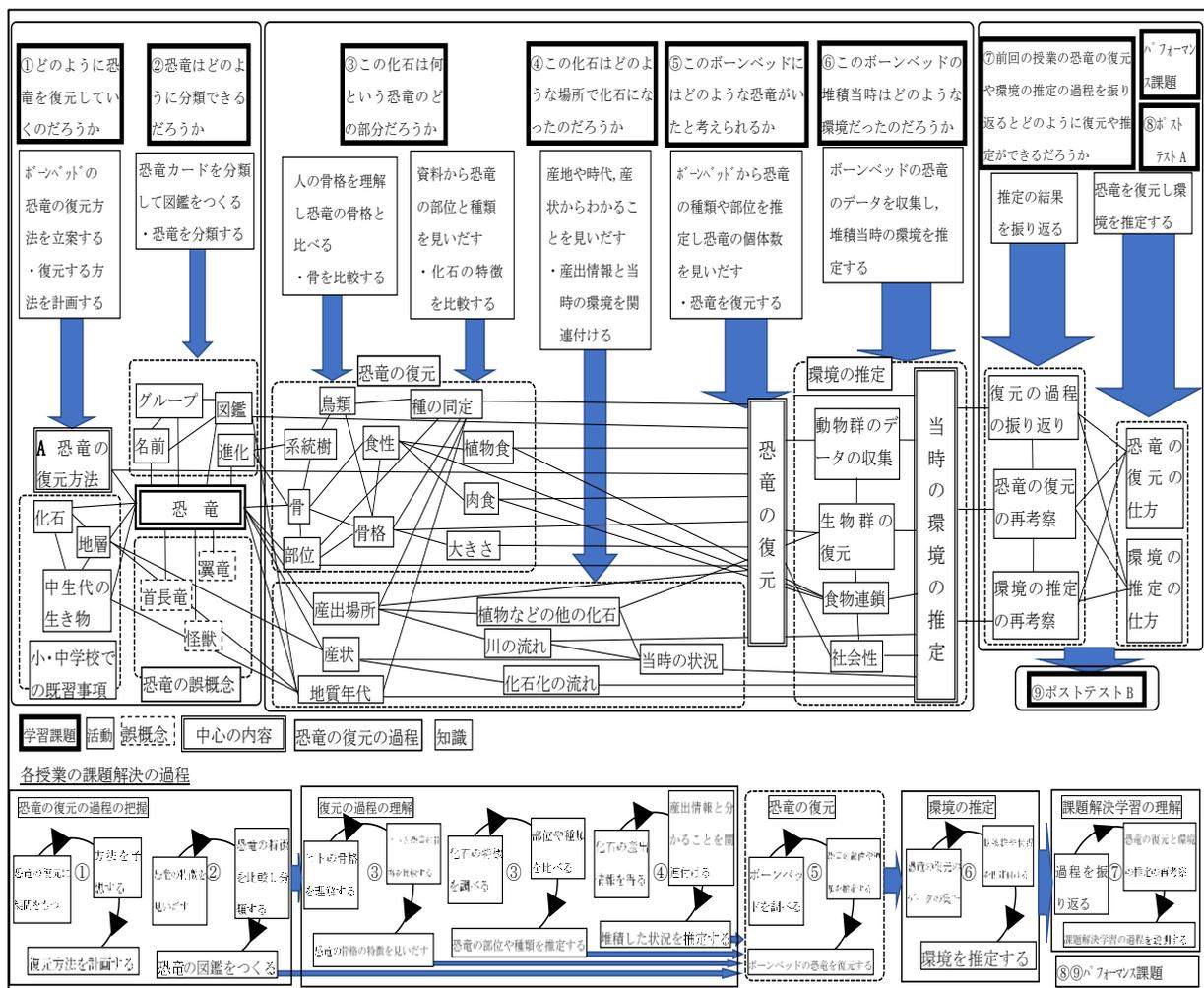


図2 研究者がたどる研究の道筋をもとにした「恐竜の復元」の単元構想図

I-2-2 「恐竜の復元」の単元構成の評価の測定方法

恐竜という生物を研究者のように追究する「恐竜の復元」の課題解決学習の単元開発の評価として、単元の目標に対する達成度を調べるため、質問紙調査とパフォーマンス評価を分析する。

「恐竜の復元」に関する意欲と理解の自己評価を調べるために、「恐竜の復元」の単元の前後に「恐竜の復元」に対する意欲と「恐竜の復元」に対する理解について質問紙調査を行う。

単元開発の検討のために、ポストテスト A とポストテスト B において、恐竜についての内容を示すものを「恐竜の復元」の内容知、恐竜の復元の方法という手続きを具体的にまとめたものを「恐竜の復元」の方法知として、「恐竜の復元」の内容知と方法知の2つの視点で評価し、パフォーマンス評価の検討を行う。ルーブリックの作成は、中学校教員4名（教職経験10年以上4名、研究者1名）と評価を行い、第一筆者がルーブリックの原案を作成し、それに基づいて4名とルーブリックを修正し確定する。

I-3 結果と考察

中学校の理科における「恐竜の復元」の単元開発を検証するため、「恐竜の復元」の単元の前後に行った質問紙調査の分析と「恐竜の復元」の内容知と方法知のポストテスト A とポストテスト B の分析によるパフォーマンス評価の比較を行った。

単元前後に意欲や理解度の自己評価を調べるため、「意欲に関するもの」として、「恐竜について学びたい」、「植物や動物、光や音、物質や地層などの自然の現象に興味をもっている」、「恐竜について学ぶことがこれからの自分の人生に役に立つと思う」といった質問を6項目と「知識に関するもの」として「恐竜に関するものを見たり聞いたりしたことがある」、「課題の解決のための過程や段階を理解している」、「課題を解決していく方法を用いて学習した内容はよく覚えている」といった質問を6項目の質問紙調査を5件法で行った。「意欲に関するもの」と「知識に関するもの」の2種類に分類して平均値と標準偏差の結果をまとめたものが表1である。単元の前と後の得点の平均値を検討するために、欠席や記入漏れによる欠損値を除いた176名の解答について、平均値の検討を行った。「意欲に関するもの」と「知識に関するもの」の両方の項目において、単元後の方が0.1%水準で有意に高まった(意欲: $t=8.67, p<0.01$, 知識: $t=7.12, p<0.01$)。これらのことから、この単元において特に「恐竜の復元」に対する意欲や「恐竜の復元」に関する知識に対する認識が高まったといえる。

「恐竜の復元」の単元の成果を分析するため、「恐竜の復元」の単元における内容知との方法知についてパフォーマンス評価のルーブリックを作成して、ポストテスト A とポストテスト B を比較した。「恐竜の復元」の内容知は、図1の研究者の研究した方法をもとに「A. 部位が特定できそうな骨を見だし、部位を推定する」、「B. 恐竜の特徴を見だし、候補となる恐竜を挙げる」、「C. 恐竜の種類を推定する」という3つの段階を経て「恐竜の復元」が行われると考えられ、その3つを指標とし、ルーブリックとしてまとめたものが表2である。表2をもとに「恐竜の

表1 「恐竜の復元」の単元の前に行った質問紙調査のまとめ

	単元前	平均	S. D	単元後	平均	S. D	t 値
意欲に関するもの n=176		3.68	0.50		4.07	0.45	8.67 ***
知識に関するもの n=176		3.54	0.47		3.86	0.50	7.12 ***

*** $P<0.001$

表2 パフォーマンス課題の「恐竜の復元」の内容知に関するルーブリック

	A. 部位が特定できそうな骨を見いだし、部位を推定する	B. 恐竜の特徴を見いだし、候補となる恐竜を挙げる	C. 恐竜の種類を推定する
3	部位が特定できそうな骨を見いだし、恐竜に関する資料から骨の特徴を比較し、対象の骨がどの部位なのかの根拠をもって推定することができる。	大きさや長さ、形などの部位の特徴を見いだし、恐竜の資料をもとに、その条件に合う恐竜を見いだし、複数の候補を挙げるができる。	恐竜の種類の手決め手となる情報(時代や産出地、骨の大きさや長さ、形など)をもとに比較し、的確に推定することができる。
2	部位が特定できそうな骨を見いだし、恐竜に関する資料から骨の特徴を比較し、対象の骨がどの部位なのかの候補を挙げるができる。	大きさや長さ、形などの部位の特徴を見いだし、恐竜の資料をもとに、その条件に合う恐竜を見いだし、候補を挙げるができる。	恐竜の種類の手決め手となる情報(時代や産出地、骨の大きさや長さ、形など)をもとに比較し、推定することができる。
1	部位が特定できそうな骨を見いだすことができる。	大きさや長さ、形などの部位の特徴を見いだすことができる。	恐竜の種類の手決め手となる情報(時代や産出地、骨の大きさや長さ、形など)がない、もしくは比較せずに、推定している。

復元」の学びが定着しているのかを検討するために、ポストテスト A とポストテスト B の評価を比較した。「A. 部位が特定できそうな骨を見いだし、部位を推定する」、「B. 恐竜の特徴を見いだし、候補となる恐竜を挙げる」、「C. 恐竜の種類を推定する」のそれぞれを3点満点とし、表2のルーブリックに従って個人ごとに得点をつけ、それぞれの平均点を算出した。そして、ポストテスト A とポストテスト B の得点の平均値を検討するために、欠席や記入漏れによる欠損値を除いた181名の解答について、平均値の検討を行った。それらをまとめたものが表3である。「A. 部位が特定できそうな骨を見いだし、部位を推定する」では平均値の間に差が見られないことから、部位が特定できそうな骨を見いだし部位を推定する能力に関して一度獲得された能力が維持されたと考えられる。「B. 恐竜の特徴を見いだし、候補となる恐竜を挙げる」ではポストテスト B が1%水準で有意に高まった($t=1.59, p<0.01$)。「C. 恐竜の種類を推定する」では平均値の間に差が見られないことから、恐竜の種類を推定する能力に関して一度獲得された能力が維持されたと考えられる。これらのことから、「B. 恐竜の特徴を見いだし、候補となる恐竜を挙げる」に関する知識が有意に高まり、「A. 部位が特定できそうな骨を見いだし、部位を推定する」、「C.

表3 「恐竜の復元」の内容知のパフォーマンス評価のまとめ

n=181	ポストテスト A		ポストテスト B		t 値
	平均	S. D	平均	S. D	
A. 部位が特定できそうな骨を見いだし、部位を推定する	2.74	0.32	2.81	0.18	1.59
B. 恐竜の特徴を見いだし、候補となる恐竜を挙げる	2.02	0.53	2.22	0.48	2.86 **
C. 恐竜の種類を推定する	1.81	1.17	1.85	0.91	0.41

** P<0.01

表4 パフォーマンス課題の「恐竜の復元」の方法知に関するルーブリック

	D. 段階的に表現する	E. 科学的に根拠のある視点をもつ
3	順序性を含めた段階的な表現で表すことができる	科学的に根拠のある視点として、決め手となる視点(時代, 産出地, 骨の大きさや長さなど)を複数挙げることができる
2	方法を複数挙げることができる	科学的に根拠のある視点として、決め手となる視点を1つだけ含めて挙げている
1	方法を1つ挙げることができる	科学的に根拠のない視点を含めて挙げている

表5 「恐竜の復元の方法」のパフォーマンス評価の集計のまとめ

n=181	ポストテスト A		ポストテスト B		t 値
	平均	S. D	平均	S. D	
D. 段階的に表現する	2.08	1.20	2.13	0.72	0.56
E. 科学的に根拠のある視点をもつ	1.99	1.06	2.09	0.57	1.23

恐竜の種類を推定する」は平均値の間に有意な差が見られないことから、「恐竜の復元」の内容に関する知識が1か月経っても維持されているものと考えることができる。

「恐竜の復元」の方法知は、図1の研究者の「恐竜の復元の方法」のように段階を踏んだ表現の様子が習得の度合いを示していると考えられ、「D.段階的に表現する」という指標と、「恐竜の復元」を行うときに必要な視点は骨の特徴についてだけではなく、時代や場所についての視点が決め手となり、このように科学的な視点をもって復元したかどうか「恐竜の復元」の方法知の習得の度合いを示していると考えられ、「E.科学的に根拠のある視点をもつ」という指標の2つとし、ルーブリックに表したものが表4である。表4のルーブリックにしたがって個人ごとに得点をつけ、それぞれの平均点を算出した。そして、ポストテストAとポストテストBの得点の平均値を検討するために、欠席や記入漏れによる欠損値を除いた181名の解答について、平均値の検討を行った。表4のルーブリックに従って生徒一人一人の評価を各項目3点満点で評価し、学年全体の評価をまとめたものが表5である。「D.段階的に表現する」、「E.科学的に根拠のある視点をもつ」として、ポストテストAとポストテストBとの平均値の間に有意な差が見られないことから、単元終了後から1か月経っても「恐竜の復元」の方法に関する知識が維持されているものと考えることができる。

研究Ⅱ 中学校の理科における思考スキル活用の単元開発

Ⅱ-2 研究の方法

中学校の理科における思考スキル活用の単元開発としての研究Ⅱは、田村・石上(2019b)「総合的な学習の時間における思考スキル活用に関する効果の検討－課題解決学習における思考の働きが知識に与える影響の分析を通して－」の続編である。研究概要と結果は以下の通りである。

(1) 中学校の課題解決学習の学習の過程ごとと主に必要となる思考スキル活用の単元開発

田村・石上(2019a)を参考に、課題解決学習の学習の過程を実験前までの「Ⅰ.仮説の設定」、実験後から課題の解決までの「Ⅱ.仮説の検証」、学習した内容を活用する「Ⅲ.活用」という3つの過程に分け、それぞれの学習の過程に主に必要となる思考スキルの活用を位置づけた単元開発を本研究の前に行った。具体的には、中学校の総合的な学習の時間において、理科との教科横

断的な接続を意図した「水より密度が大きい粘土が船型にするとなぜ浮くのか」という学習課題の課題解決学習を3時間で行う単元を開発し、評価した。

(2) 中学校の総合的な学習の時間における思考スキル活用の単元の授業実践の分析結果

授業実践の結果、生徒のワークシートの記述から、課題解決学習の学習の過程ごとに科学的な思考力が働いて主に活用されたと考えられる思考スキルを抽出した。「Ⅰ.仮説の設定」の過程では、課題を見いだしたり検証の方法を計画したりして学習内容を見通すための思考として主に「展望構想力」が働いたと考えられ、「問題を見いだす」、「予想する」、「計画する」という思考スキルが活用されたと考えられる。「Ⅱ.仮説の検証」の過程では、得られた結果と学習課題を関連付けて分析するための思考として主に「論理的分析力」が働いたと考えられ、「比較する」、「関連付ける」という思考スキルが活用されたと考えられる。「Ⅲ.活用」の過程では、学習した内容や方法を確認したり既習内容をもとにして比較して推定したりして、学習した内容をもとに課題を解決するための思考として主に「課題探究力」が働いたと考えられ、「振り返る」、「推定する」という思考スキルが活用されたと考えられる。

(3) 中学校の総合的な学習の時間における思考スキル活用の単元開発の効果の検討と課題

知識が構造化される過程の分析の結果、働いた科学的な思考力と活用された思考スキルをそれぞれの過程において確認することができた。また、生徒のワークシートの分析を通じて、思考を伴う学習活動を経ることで、知識の再構成や概念化と考えられる変容が確認でき、知識が構造化される過程を図示することができた。このことから、科学的な思考力が働いて思考スキルが活用されることで、生徒の知識が構造化していくという示唆を得ることができたと考えられる。

以上の研究により、理科への接続を意図した中学校の総合的な学習の時間における教科横断的な単元開発として効果を実証的に確認できたが、中学校の理科の授業において実践し、評価する必要がある。そこで本研究では、中学校の理科における「恐竜の復元」の単元において、「Ⅰ.仮説の設定」、「Ⅱ.仮説の検証」、「Ⅲ.活用」の3つに課題解決学習の過程を分け、それぞれの過程において主に必要となる思考スキルを位置づけ、働く科学的な思考力を分析し、知識の構造化の過程を明らかにする。

Ⅱ-2-1 「恐竜の復元」の単元における思考スキル活用の単元構成の展開

本研究における中学校の理科の単元は研究Ⅰで行った「恐竜の復元」という課題解決学習とする。「恐竜の復元」の単元の課題解決学習の過程を、第1時と第2時の「恐竜の復元」の導入についてを「Ⅰ.仮説の設定」とし、第3時から第6時までの「恐竜の復元」の方法の学習を「Ⅱ.仮説の検証」とし、第7時においてそれまでの学習内容を振り返り、第8時と第9時のパフォーマンス課題として学習した内容を活用する「Ⅲ.活用」の3つの学習の過程に分けて、主に必要となる思考スキルの活用を位置づけた単元の構想を行う。

科学的な思考力が働くことによって下位能力の思考スキルが活用されると考えられる。そのため科学的な思考力を、課題解決学習に主に必要となる一連の思考力として、学習する内容に関して問題を見だし課題解決のための見通しをもつための思考力として「展望構想力」、学習した探究の方法をもとに得られた結果を比較したり関連付けたりして論理的に分析することができる思考力として「論理的分析力」、課題解決学習の学習の過程を理解し段階的に課題を解決し探究できる思考力として「課題探究力」の3つの力と定義する。

「展望構想力」は、学習する内容に関して問題を見いだしたり課題解決のための見通しをもつ

たりするための思考力として働いて、下位能力として「問題を見いだす」、「予想する」、「計画する」という思考スキルが活用され、主に「Ⅰ.仮説の設定」の過程において働くと考えられる。「論理的分析力」は、観察・実験などで得られた結果をもとに比較したり関連付けたりして課題の解決のために論理的に分析するための思考力として働いて、下位能力として「比較する」、「関連付ける」という思考スキルが活用され、主に「Ⅱ.仮説の検証」の過程において働くと考えられる。

「課題探究力」は学習した内容や課題解決学習の学習の過程を振り返って理解し段階的に課題を解決し探究するための思考力として働いて、下位能力として「振り返る」、「推定する」、「表現する」という思考スキルが活用され、主に「Ⅲ.活用」の過程において働くと考えられる。これらをもとに中学校の理科の9時間の単元構想としてまとめたものが図3である。

「Ⅰ.仮説の設定」の過程として、第1時に恐竜の復元方法について個人、班、全体で意見交換を行い、最後に「予想する」という思考スキルが活用されて個人の予想をまとめる。第2時に恐竜の図鑑づくりとしての恐竜の分類を通じて、「恐竜の復元」の方法として恐竜の特徴を捉える視点を見いだして「計画する」という思考スキルが活用されて恐竜の特徴をつかむ。「Ⅰ.仮説の

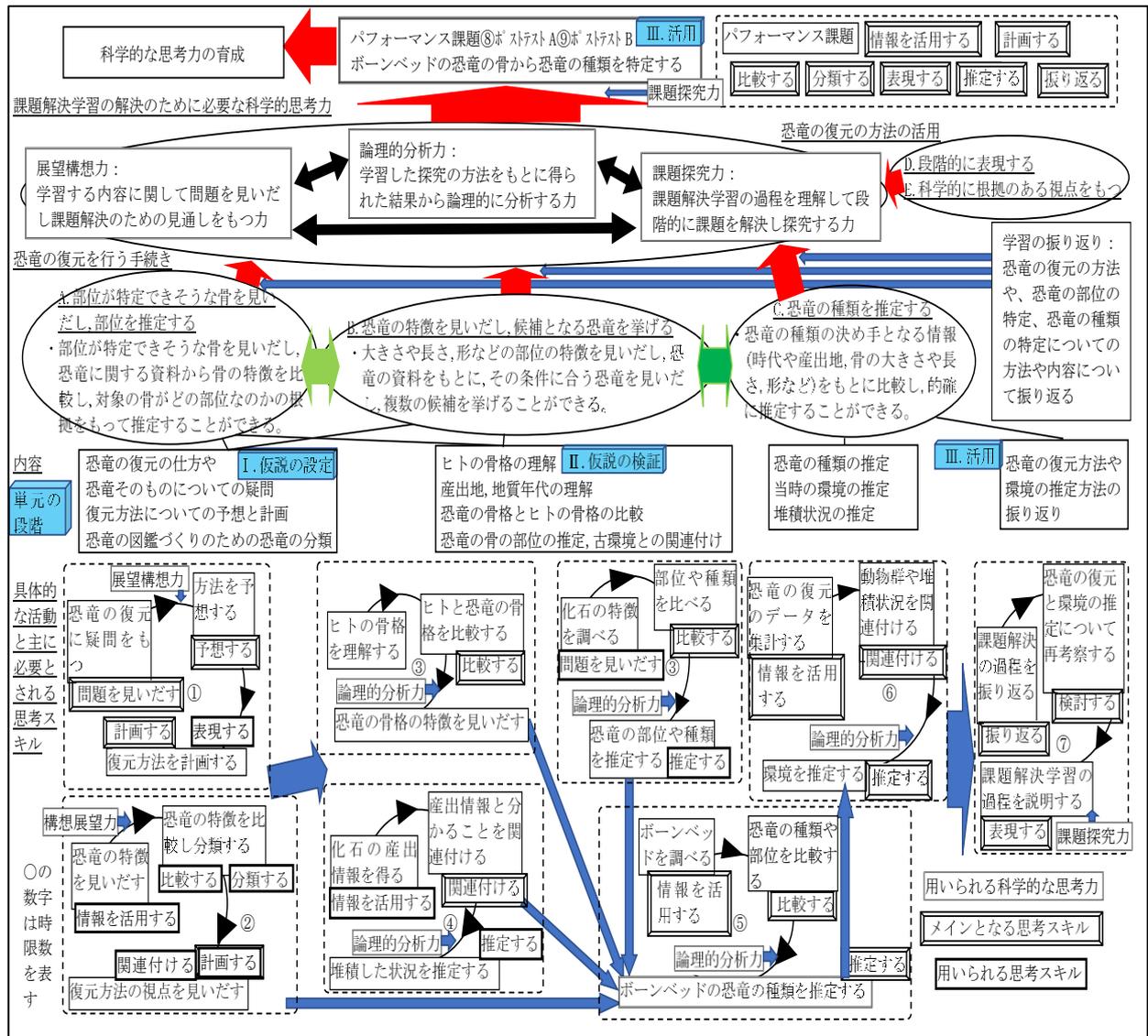


図3 「恐竜の復元」の単元構想図

設定」の過程では、恐竜の学習の導入として、恐竜に興味をもって問題を見いだしたり、単元を貫く「恐竜はどのように復元できるだろうか」という学習課題に対してどのように復元方法を調べていくのか見通しをもったりして、主に「展望構想力」という科学的な思考力が働いて、これらの思考スキルが活用されると位置付けた。

「Ⅱ. 仮説の検証」の過程として、第3時に骨の一部の写真から、第2時に作った恐竜図鑑をもとに、「比較する」という思考スキルが活用されてどの恐竜のどの部位なのかを比較して見いだす。第4時に骨の一部から部位を推定することや骨の化石の産状から、「関連付ける」という思考スキルが活用されて現在の堆積環境と化石の産出状況を関連付けて堆積当時の環境の推定を行う。第5時に大量の恐竜の骨が産出しているボーンベッドから、多くの候補に対して「比較する」という思考スキルが活用されてどの恐竜のどの部位の骨なのかを推定する。第6時に第5時に推定した恐竜の集団のデータをもとに「関連付ける」という思考スキルが活用されて堆積当時の環境を推定する。「Ⅱ. 仮説の検証」という過程では、恐竜に関する情報の比較や関連付けを行って「恐竜の復元」の方法を論理的に分析するために主に「論理的分析力」という科学的な思考力が働いて、これらの思考スキルが活用されると位置付けた。

「Ⅲ. 活用」の過程において、第7時にこれまで行ってきた部位や恐竜の種類の内容や方法を確認し、「振り返る」という思考スキルが活用されて「恐竜の復元」の方法を見いだす。第8時にポストテストAとして、1か月後の第9時にポストテストBとして、「表現する」、「推定する」という思考スキルが活用されて、これまでの学習した「恐竜の復元」の方法を段階的に表したり、「恐竜の復元」として恐竜の種類を推定したりする。「Ⅲ. 活用」の過程では、恐竜について学習した内容をもとに、パフォーマンス課題を解決していくための「課題探究力」という科学的な思考力が働いて、これらの思考スキルが活用されると位置付けた。

Ⅱ-2-2 思考スキル活用による単元構成の成果の検討方法と知識の構造化の分析方法

思考スキル活用による単元構成の成果を検討するため、質的な分析として思考スキル活用と科学的な思考力の働きによると考えられる知識の構造化の過程の分析を行う。学習活動を経て知識が変容していく過程を分析するため、それぞれの過程において主に活用されたと考えられる思考スキルや働いたと考えられる科学的な思考力と授業ごとに変容した知識をもとに知識の構造化の過程を分析する。

知識の構造化の過程の分析例として、「恐竜の復元」における一部の過程を取り上げたものが図4である。単元の「Ⅰ. 仮説の設定」の過程において、第1時では「1骨をみてどこらへんの部位にあてはめやすいか大雑把に分ける 2 組み立ててみる 3 筋力や内臓がどこにどのようにしているか色々な生き物に似せて考える」と記述してあったことから、「予想する」という思考スキルが活用されて「恐竜の復元」の方法を予想したと解釈できる。第2時では、「食料を得るために武器を使った恐竜や二足歩行で歩く恐竜がいる」と武器や二足歩行という恐竜の特徴を捉えた記述が見られたことから、「計画する」という思考スキルが活用されて「恐竜の復元」の方法に必要な視点を獲得し「恐竜はどのように復元するのか」という学習課題に対して見通しをもつことができたとして解釈できる。これらから学習課題に対して予想したり計画したりしていることから「展望構想力」が働いたと考えられる。

このように中学校2年生の学年全体の190名の生徒の記述や抽出した生徒のインタビューの内容をもとに「Ⅰ. 仮説の設定」、「Ⅱ. 仮説の検証」、「Ⅲ. 活用」の過程において科学的な思考力

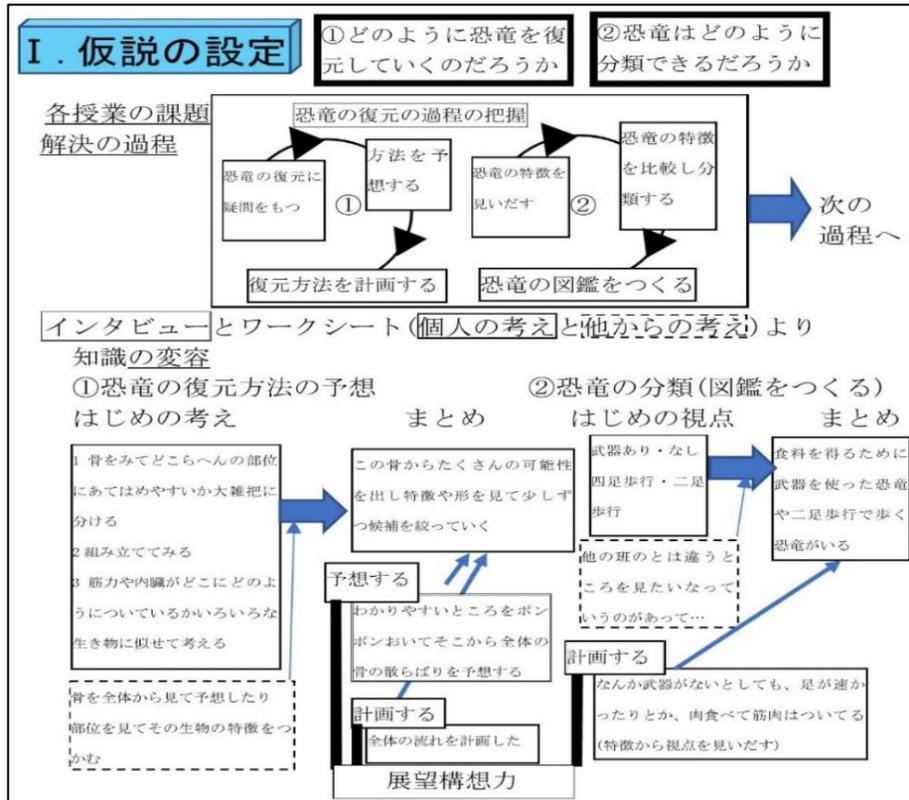


図4 科学的な思考力が働いて活用された思考スキルと知識の変容の分析例

として「展望構想力」,「論理的分析力」,「課題探究力」が働く過程を明らかにし,学習の過程ごとに主に活用される思考スキルを見いだし,その学習の過程における知識と合わせて,知識の構造化の過程を図式化する。

II-3-2 思考スキル活用による単元構成の成果の検討と知識の構造化の分析の結果

思考スキル活用の単元構成の成果を検討するため,「展望構想力」,「論理的分析力」,「課題探究力」という科学的な思考力の働きと活用されたと考えられる思考スキルを生徒の課題解決学習におけるワークシートの記述やインタビューによる回答をもとに分析し,「恐竜の復元」の単元において知識が構造化される過程をまとめたものが図5である。

「I. 仮説の設定」の過程では,「展望構想力」が働いて,主に「問題を見いだし」,「予想する」,「計画する」という思考スキルが活用されて恐竜はどのように復元するのかという学習課題に対して問題を見いだしたり,予想したり,計画したりしていたと考えられる。具体的には,第1時に「恐竜の復元」の方法を予想する活動にて,「恐竜はどのように復元するのか」という記述が多く見られたことから「問題を見いだし」という思考スキルが活用されて恐竜の復元の仕方に疑問をもつことができたと考えられる。また,「骨の形や筋肉の付き方から復元する」や「部位に分ける→大きさ・形を調べ組み立てる→そこから分かることを出す」というような記述が多く見られたことから「予想する」という思考スキルが活用されて予想をたてていたと考えられる。第2時に恐竜を分類する活動にて,恐竜カードから情報を集めて比較し分類することを通じて,「恐竜の復元」の方法に必要な視点として「恐竜は食性と年代で分けられる」というような記述が多く見られたことから,「計画する」という思考スキルが活用されて,分類の視点を見い出して「恐竜の復元」という課題解決のための見通しをもったと考えられる。これらのことから

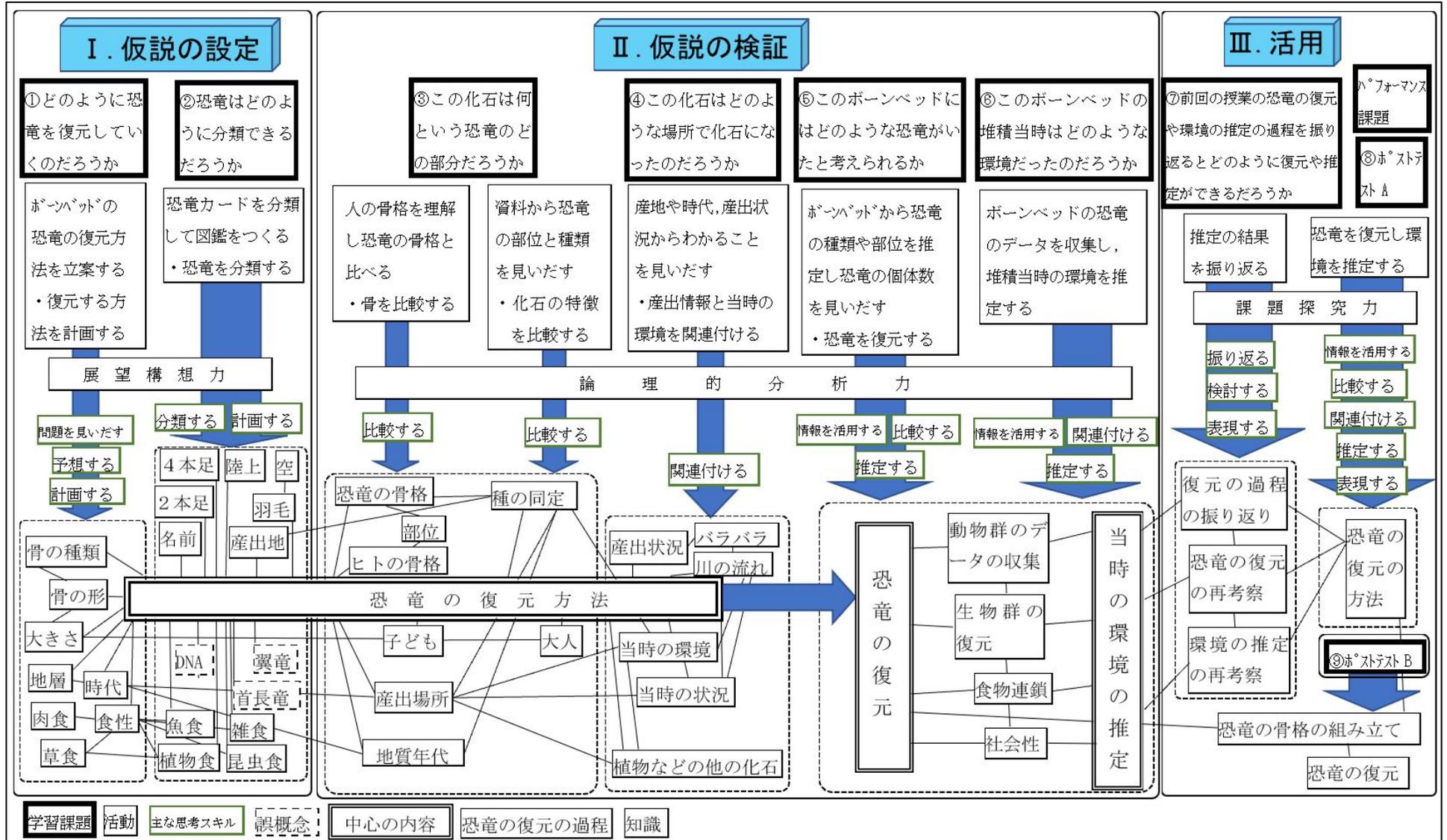


図5 「恐竜の復元」の単元における思考スキル活用による知識の構造化の過程のまとめ

「問題を見いだす」、「予想する」、「計画する」、という思考スキルが活用されて、学習する内容に関して問題を見いだして、課題解決のための見通しをもつために「展望構想力」が働いたと考えられる。

「Ⅱ.仮説の検証」では、「論理的分析力」が働き、主に「比較する」、「関連付ける」という思考スキルが活用されて、恐竜の特徴を見いだしたり現在の堆積環境の情報と恐竜の化石の産出状況に関連付けたりしていたと考えられる。具体的には、第3時にて、人の骨と恐竜の骨を比較したときに「骨の数が恐竜の方が少ない」や「背骨が恐竜の方が長い」という記述が見られたことや恐竜の骨から恐竜の種類を見いだすときに表を用いて比較した記述や「骨の形と首の長さでカマラサウルスと決めた」というような記述が多く見られたことから、「比較する」という思考スキルが活用されて、恐竜の情報を**比較して**恐竜の特徴を見いだしていたと考えられる。第4時にて、恐竜の化石が堆積した当時の環境を推定するときに、現在の堆積環境と関連付けて「自然災害が起きて土砂崩れが起きて流されてできた」というような記述が多く見られたことから、「関連付ける」という思考スキルが働いて化石の産出状況と化石が堆積するときの環境を**関連付けて**当時の環境を推定したと考えられる。これらのことから、「Ⅱ.化石の検証」の過程において「比較する」、「関連付ける」という思考スキルが活用されて、得られた情報をもとに論理的に分析するために「論理的分析力」が働いたと考えられる。

「Ⅲ.活用」の過程では、「課題探究力」が働いて、主に「振り返る」、「推定する」、「表現する」という思考スキルが活用されて、学習の過程を振り返ったり自分1人で恐竜の復元を行ったりすることができたと考えられる。具体的には、第7時の第5時と第6時で見いだした恐竜や環境の結果の妥当性を考察し、どのように恐竜を復元したのかを振り返るときに、「食性・年代で恐竜を分けられる→生息地・体長などが無いと種類はわからない」といった記述や「1. 当時の環境や生息地を調査→2.1 から出た結果とそこから考えられることを出す→3.骨の特徴、長さを調べる→4.3 で出た結果をもとに恐竜の特徴を考えていく→5 大部分から復元する」といった段階的に恐竜の復元方法を表した記述が多く見られたことから、「振り返る」という思考スキルが活用されて、「恐竜の復元の方法」について学習した内容をもとに**振り返っていた**と考えられる。第8時のポストテストAと第9時のポストテストBにおいて、恐竜の骨から復元を行うときに、「骨にあたりをつける、骨の特徴を書く、産出地、時代から絞る」といった記述が多く見られたことから、「表現する」という思考スキルが活用されて、これまでに学習した「恐竜の復元」の方法を段階的に**表す**ことができたと考えられる。また、段階的な復元方法をもとに、後期ジュラ紀のアメリカ産のカマラサウルスといった記述が多く見られたことから、「推定する」という思考スキルが活用されて**推定する**ことができたと考えられる。これらのことから「Ⅲ.活用」の過程において、主に「振り返る」、「表現する」、「推定する」という思考スキルが活用されて、学習した内容をもとに課題を解決していくために「課題探究力」が働いたと考えられる。

4. 総合考察

研究Ⅰより、質問紙調査の結果から、恐竜に関する意欲が高まったり知識が深まったりしたと考えられる。また、パフォーマンス評価の分析から、「恐竜の復元」の内容知が獲得されたと考えられ、「恐竜の復元」の方法知が維持されたと考えられる。これらのことから、恐竜の研究者が研究した道筋をたどるように「恐竜の復元」を行い、科学的に探究する学習が充実したと考えられ、課題解決学習の単元開発に成果があったと考えられる。

研究Ⅱより、「恐竜の復元」に関する授業を進めていく中で、思考スキルの活用によって「恐竜の復元」に関する知識が構造化されていく過程を具体的に示すことができた。これまでの研究を踏まえ、単元で働いたと考えられる生徒たちの思考スキルに関する一連のストーリーラインは以下の通りである。

中学校の理科における「恐竜の復元」の課題解決学習において生徒は、最初の仮説の設定の過程において、はじめに恐竜の化石の図とその化石から復元された恐竜の図を見て、その間にある恐竜の研究者が行った恐竜の復元の方法についてどのように復元したのかという疑問をもち、資料をもとに予想する。次に恐竜の図鑑をつくることを目的に、恐竜の情報が書かれた恐竜カードをもとに分類し、恐竜の特徴を見いだして、恐竜の復元において恐竜の種類を推定するときの視点を見いだして、「恐竜の復元」に対して見通しをもつ。

次の仮説の検証の過程において、はじめに人の骨格と恐竜の骨格の比較を通じて恐竜の骨格の特徴を見だし、バラバラになった恐竜の骨のスケッチから部位を見いだして恐竜の種類を調べるための視点を用いて候補となる恐竜を何種類か挙げ、その恐竜の特徴と比較してその恐竜の種類を見いだす。次に、バラバラになった恐竜の産出状況からその恐竜がどのような場所で堆積したのかを調べるために、現在の自然の中で地層が堆積する環境の状況と化石の産出状況を関連付けて、その恐竜の堆積した当時の環境を見いだす。続いて、何百体も恐竜の骨が埋まっているボーンベッドと呼ばれる地層のスケッチをもとに、恐竜の骨を見いだしてどのような恐竜が何頭いたのかを班ごとに分担して、骨の特徴や産出情報を比較して堆積した地域における恐竜の種類や大きさを見いだす。続いて、そのボーンベッドから見いだした恐竜の集団や恐竜の骨の産出状況と堆積する状況を関連付けて、堆積した当時の環境を推定する。ジュラ紀という恐竜がいた時代の環境は、骨がバラバラなことから流れのある川の堆積物と考えられ、近くに大きな川があったと関連付けて考えられ、多くの植物食恐竜がいたことから、植物が多く生えていたとまとめる。

最後に、仮説の設定において恐竜の復元に見通しをもち仮説の検証にて恐竜の復元の方法を試して、学んだことを応用する活用の過程において、はじめに前回までに自分たちで考えた恐竜の復元方法は適したものだったのかを振り返るために、ボーンベッドから見いだした恐竜が正しかったのか、推定した当時の環境は正しかったのかについて学習した内容をもとに振り返る。このことを通じて、恐竜の復元の方法を、骨を見つけて、その化石の骨の情報とその化石が産出した地層の情報を調べて、どのような恐竜であったのかを調べるといった段階的な方法として表す。最後に、見いだした恐竜の復元の方法をもとに、バラバラになった恐竜の化石のスケッチから恐竜の種類を推定し、恐竜を復元する。

以上の過程を通して、「展望構想力」、「論理的分析力」、「課題探究力」という3つの科学的な思考力が単元を通して働き、科学的な思考力の育成につながっていくものと考えられる。

以上の展開から、それぞれの過程において主に働くと考えられる科学的な思考力と主に必要とされる思考スキルを確認することができた。「Ⅰ.仮説の設定」の過程において「展望構想力」が働いて下位能力の「問題を見いだす」、「予想する」、「計画する」という思考スキルが、「Ⅱ.仮説の検証」の過程において「論理的分析力」が働いて下位能力の「比較する」、「関連付ける」

という思考スキルが、「Ⅲ.活用」の過程において「課題探究力」が働いて下位能力の「振り返る」、「推定する」、「表現する」という思考スキルが機能的に運用されたことを確認することができた。

また、田村・石上(2019a)によって想定された思考スキルと本研究において確認できた思考スキルを比較すると、「Ⅰ.仮説の設定」の過程における「問題を見いだす」、「予想する」、「計画する」、「Ⅱ.仮説の検証」の過程における「比較する」、「関連付ける」、「Ⅲ.活用」の過程における「振り返る」、「表現する」、「推定する」という8つの思考スキルと同一の思考スキルとして一致した。このことから、本研究で学習の過程ごとに主に必要とされる思考スキルの活用を位置づけた単元開発を実証的に確認することができた。

5. 今後の展望

研究Ⅰにおいて、「恐竜の復元」を研究者が行うように進め、多くの生徒が恐竜の推定を行えたことから、科学的に探究する学習として充実したものとなった。また、恐竜を教材として扱った授業実践として恐竜そのものを追究する実践を行うことができた。一方で、「恐竜の復元」の授業実践として、さらに個体の復元として歩く速さや走る速さ、食べる量などの計算などによりさらに恐竜の理解を深めることやセキツイ動物の進化として恐竜を扱うことにより、ヒトがどのような生き物なのかを探究することができる単元であると考えられる。さらに時数を確保して生徒が研究者のように研究する手法を学ぶことで、さらに理科や科学の本質に迫る学習ができると考えられる。

研究Ⅱにおいて、活用された思考スキルとして「問題を見いだす」、「予想する」、「計画する」、「比較する」、「関連付ける」、「振り返る」、「表現する」、「推定する」という8つの思考スキルが活用されていたことを確認できた。また、思考スキル活用によって科学的な思考力の育成につながると考えられ、他の単元でも思考スキル活用を位置づけた単元構想を行い、科学的な思考力の育成につながる実践を進めていく必要がある。さらに、思考スキルの活用による知識が構造化される過程を確認できたが、中学校の理科においてさらに多くの授業実践を行い、分析を重ね、知識と思考の関係の研究を進めていく必要がある。

本研究では質的な分析によって思考スキルを確認したが、思考スキルを量的に測定して検討する必要がある。今後実践と評価を通して、精緻なデータを取得して解釈し実証的に研究を進める必要がある。

【謝辞】本研究を推進するにあたり、全面的な支援をいただいた袋井市教育委員会、袋井市立周南中学校の職員の皆様に、この場を借りて厚く御礼を申し上げます。

【附記】本研究は、令和元年～3年度科学研究補助金基盤研究(C)（課題番号 19K02728）研究代表者（石上靖芳）を受けての研究成果の一部です。

参考文献

- アレクサンダー, R. M. 坂本健一訳(1991)『恐竜の力学』, 地人書館, p217
デニス・シャッツ, 長谷川善和監修, 伊藤恵夫訳(2005)『立体モデル大図鑑 恐竜のからだ』, 講談社, p13

- デビッド・ノーマン, アンジェラ・ミルナー, 伊藤恵夫日本語版監修(1990)『ビジュアル博物館 恐竜』, 1990, 同朋舎出版, p54
- 藤原慎一(2018)『Fitting unanchored puzzle piece in the skeleton : appropriate 3D scapular position for the quadrupedal Support in tetrapods』, *Journal of Anatomy*, p4
- Gregory S. Paul, 三宅真季子訳 ほか『恐竜学最前線 11』, 1995, 学習研究社, p77
- 廣川晴香, 久田健一郎(2005)『恐竜を用いた科学教育プログラムの開発』, 福井県立恐竜博物館紀要 4:49-61,
- 犬塚則久(1997)『恐竜復元』, 岩波書店, p86, 87, 88, 89, 92, 100
- 科学技術・学術政策研究所(2018)「科学技術指標 2018」, (https://www.nistep.go.jp/sti_indicator/2018/RM274_00.html) 令和元年 11 月 10 日確認済
- 黒上晴夫, 泰山裕, 小島亜華里(2012a)「小学校学習指導要領およびその解説で想定される思考スキルの系統に関する研究(1)」, 日本教育工学会研究報告集, JAET12-1 pp255~262
- 黒上晴夫, 小島亜華里, 泰山裕(2012b)「小学校学習指導要領およびその解説で想定される思考スキルの系統に関する研究(3)」, 日本教育工学会研究報告集, JAET12-2 pp5~10
- 黒上晴夫, 小島亜華里, 泰山裕(2012c)「小学校学習指導要領およびその解説で想定される思考スキルの系統に関する研究(4)」, 日本教育工学会研究報告集, JAET12-2 pp11~18
- 真鍋真監修 ほか『学研の図鑑 恐竜』, 2000, 学習研究社, p14, 16, 152
- 松川正樹, 小荒井千人, 榊原雄太郎(1997)『「恐竜とかけっこ」の教材開発』, 地学教育 50(6) 217-227
- 松永武, 池田幸夫(2012)『理論依存型による中学校理科「恐竜の分類と進化」の授業実践 : 「矛盾の自覚」とその効果』, 日本理科教育学会中国支部大会研究発表要項, (61), pp18,
- 文部科学省(2017)『平成 29 年中学校学習指導要領解説理科編』, 学校図書, 183 ページ
- 奈須正裕(2017)『「資質・能力」と学びのメカニズム』, 東洋館出版社
- 岡村定矩, 藤島昭ほか(2018)『新編 新しい科学 1~3』, 東京書籍, 全 870 ページ
- 尾上亨(1989)『栃木県塩原産更新世植物群による古環境解析』, 地質調査所報告, no. 269, 207p.
- Peter L. Larson, 三宅真季子訳 ほか『恐竜学最前線 4』, 1993, 学習研究社, p42
- 佐巻健男(総合監修), 真鍋真(監修) (2006)『科学のタマゴ 08 恐竜の世界を探ろう』, 学習研究社, p10. 11
- 佐藤たまき(2018)『フタバスズキリュウもうひとつの物語』, ブックマン社, p34, 35
- Sauropod Vertebra Picture of the Week 「Dinosaur National Monument quarry map」 (<https://svpow.files.wordpress.com/2015/02/carpenter2013-fig10-quarry.jpeg>), 2019 年 12 月 14 日確認済
- 鈴木円(2005)「小学校社会科における「考える力」としての思考技能育成-グラフィック・オーガナイザーを活用した学習活動の提案-」, 学苑, No. 776, pp68~82
- 田村響太郎・石上靖芳(2019a)「中学校理科における思考スキルの系統性の検討 -学習指導要領の分析を通して-」, 静岡大学教育実践総合センター紀要, 29 巻, pp196-207
- 田村響太郎・石上靖芳(2019b)「総合的な学習の時間における思考スキル活用に関する効果の検討-課題解決学習における思考のはたらきが知識に与える影響の分析を通して-」, 静岡大学教育学部研究報告(人文・社会・自然科学篇), 第 70 号, pp103-116
- 山本聖士 ほか『Dino Press vol. 1』, 2000, オーロラオーバル社, p26