

中学生の科学的能力育成に関する事例的研究

—「科学的な証拠を用いる力」に着目して—

木下 博義・大多和浩弥*・沓脱 侑記**・丸本 浩**・西山 和之**
(2014年12月5日受理)

The Case Study of the Instructional Method to Develop Scientific Competencies in Junior High School Science — Focus on “the ability to using scientific evidence” —

Hiroyoshi KINOSHITA, Hiromitsu OTAWA, Yuki KUTSUNUGI,
Hiroschi MARUMOTO and Kazuyuki NISHIYAMA

Abstract. The purpose in this study was inventing an instructional method to develop “scientific competencies” through a unit for junior high school students. And the instructional method focus on “the ability to using scientific evidence” in “scientific competencies”. In this method, students will do the following four leaning activities in the unit of “Changes in biological and animal life”. First, they will lead conclusion which based on scientific evidence. Second, they will evaluate the conclusion of others and self. In order to investigate effectiveness of the method, we conducted a class which 41 junior high school students. Based on their writings on questionnaires and worksheets for class, we conclude that our method can improve their ability to evaluate the conclusion of others and self, which is a part of “the ability to using scientific evidence”.

1. 研究の背景

OECDは、1997年末から2003年にかけて、「コンピテンシーの定義と選択：その理論的・概念的基礎 (DeSeCo)」プロジェクトを立ち上げた。このプロジェクトの中で、OECDはキー・コンピテンシーの概念を定義している。キー・コンピテンシーは、現代の国際社会において個々人が社会参加し、良好な社会貢献を行っていくために必要な能力という理念のもと定義されている (ライチェン・サルガニク, 2006)¹⁾。そして、キー・コンピテンシーが具体化されたものの一つとして、科学リテラシーが挙げられる。

OECD (2006)²⁾によれば、科学リテラシーは、「状況と文脈」「科学的知識」「科学的能力」「科学に対する態度」の4つの枠組みから定義されている。このうち、「科学的能力」は、「科学的な疑問を認識する力」「現象を科学的に説明する力」「科

学的な証拠を用いる力」の3つの枠組みからなり、これらはさらにそれぞれ3つの下位能力で構成されている。この科学的能力は、科学リテラシーの中核をなす能力とされていることから、科学的能力に焦点を当てた研究が多く行われており、日本の理科教育においても注目されている。

科学的能力の育成に関する先行研究では、科学的能力を育成するための学習デザインや教師の支援の在り方に関する研究が多くみられる。例えば、五島・小林 (2009)³⁾は、科学的能力を育成するための学習モデルについて理論的な検討を行い、それをもとに具体的な学習モデルの事例を提案している。また、益田・楠・五島 (2013)⁴⁾は、科学的能力を育成するための教師の支援的な介入の実態を明らかにしている。これらのような研究が行われている一方で、清水・小森・田中 (2010)⁵⁾は、科学的能力の育成を図る指導方法の検証に関

*広島大学大学院教育学研究科博士課程前期, **広島大学附属福山中・高等学校

する研究は、十分な蓄積がなされていないことを指摘している。つまり、科学的能力を育成するための学習モデルや教師の支援について、理論的な検討は多く行われているものの、それらの有効性を検証するような研究は、十分に行われていないと考えられる。また、科学的能力を構成する3つの枠組みの下位能力について、詳細に検討した研究はあまりみられないようである。

以上のような研究動向を踏まえ、大多和・木下(2014)⁶⁾は、科学的能力のうち、「科学的な疑問を認識する力」に着目し、①問題を解決できるかどうかを判断する必要性を理解させる、②調べて解決できる問題かどうかを判断させる、③問題に関係する言葉の中から解決に必要なキーワードを特定させる、④どのような実験を行うべきなのかを思考させるという一連の指導法を考案している。そして、中学校において授業実践を行い、考案した指導法は、「科学的な疑問を認識する力」の下位能力である「科学的に調査可能な疑問を認識する力」の育成に寄与したことを明らかにしている。

しかし、同研究では、科学的能力のうち、「科学的な疑問を認識する力」のみの検討にとどまっている。このことから、「科学的な証拠を用いる力」「現象を科学的に説明する力」についても、研究を進める必要があると考える。

2. 研究の目的

上述の背景より、本研究では、中学校理科において、科学的能力の枠組みの一つである「科学的な証拠を用いる力」を育成するための指導法を考案し、その効果を検証することを目的とした。

3. 研究の方法

まず、本研究における科学的な証拠を認識する力を規定した。次に、科学的な証拠を用いる力を育成するための指導法を考案した。このとき、「科学的な証拠を用いる力」の3つの下位能力を考慮して指導法の考案を行った。そして、科学的な証拠を用いる力を測定するための質問紙およびワークシートを作成した。その後、授業実践を行い、質問紙による分析とワークシート記述の分析をもとに、考案した指導法の効果を検証した。以下にその詳細を述べる。

3.1 科学的な証拠を用いる力の規定

科学的な証拠を用いる力は、OECD(2006)によって、図1に示すような3つの下位能力で定義されている。まず、1つ目の能力である「科学的証拠を解釈し、結論を導き、伝達する」ことは、科学的な証拠を解釈して、対応する自身の結論を導いたり、導出した結論を伝達したりする力である。次に、2つ目の能力である「結論の背景にある過程や証拠、推論を特定する」ことは、ある結論に対して、どのような証拠をもとに、どのように結論を導いたのかを推定する力である。最後に、3つ目の能力である「科学やテクノロジーの発展の社会的意味について考える」ことは、科学や技術の発展が、社会的にどのような影響を及ぼすのかについて思考する力である。これらの能力は、理科学習の場面においては、観察・実験によって得られたデータを解釈し、考察を行ったり課題に対する結論を導いたりする場面で必要な能力であると考えられる。本研究では、この定義をそのまま用いることにした。

- ・科学的証拠を解釈し、結論を導き、伝達する
- ・結論の背景にある過程や証拠、推論を特定する
- ・科学やテクノロジーの発展の社会的意味について考える

図1 科学的な証拠を用いる力の下位能力

3.2 質問紙の作成

本研究で規定した科学的な証拠を用いる力の下位能力それぞれを測定するために、表1に示す17項目を作成した。なお、質問紙の作成にあたっては、OECD(2006)の「科学的な証拠を用いること」の定義にもとづいて作成を行った。以下に、質問項目を作成した手順を示す。

まず初めに、「科学的証拠を解釈し、結論を導き、伝達すること」に関する質問項目を作成した。具体的には、観察・実験の結果からどのようにして結論を導くか、他者に伝わりやすい結論を導くにはどうすればよいかなどに関する項目を作成した(項目1-6)。続いて、「結論の背景にある過程や証拠、推論を特定すること」に関する質問項目を作成した。具体的には、自身や他者が結論を導いた過程をどのようにして推定するかなどに関する項目を作成した(項目7-12)。最後に、「科学や

テクノロジーの発展の社会的意味について考えること」に関する項目を作成した。具体的には、科学が自分の身の回りの環境にどのような影響を及ぼしていると考えられるかなどに関する項目を作成した(項目13-17)。このようにして作成した17項目を無作為に並べ替えて配置した質問紙を作成した。この質問紙の作成にあたって、理科教育を研究する大学院生3名、理科を担当する中学校教員4名、理科を担当する高等学校教員1名で、生徒の「科学的な証拠を用いる力を測る」という観点から、各項目の内容や文章表現について、妥当性を検討した。

表1 作成した質問項目

質問項目	
Q1	観察・実験の結果すべてのことから結論を出している。
Q2	観察・実験の結果から結論を出すとき、その結論に都合の悪い結果は無視する。(R)
Q3	観察・実験の結果を読み取ったうえで、結論を出している。
Q4	観察・実験の結果から分かったことを整理することで、他者に伝わりやすい結論を出すことができる。
Q5	観察・実験の結果を読み取ることで、他者に伝わりやすい結論を出すことができる。
Q6	必要な観察・実験の結果をすべて集めることで、他者に伝わりやすい結論を出すことができる。
Q7	他者が出した結論に対して、どのように考えて導いた結論なのかを考えている。
Q8	自分が出した結論について、どのように考えて導いた結論なのかを振り返っている。
Q9	他者が出した結論に対して、観察・実験の結果をどのようにして読み取ったのかを考えている。
Q10	自分が出した結論について、観察・実験の結果をどのようにして読み取ったのかを振り返っている。
Q11	他者が出した結論に対して、どんな観察・実験の結果を根拠にした結論なのかを考えている。
Q12	自分が出した結論について、何を根拠にしたのかを振り返っている。
Q13	自分の身の回りの生活環境で、科学がどのように役立っているかを考えている。
Q14	自分の身の回りの生活環境に、科学がどのような影響を及ぼしているかを考えている。
Q15	自分の身の回りの自然環境で、科学がどのように役立っているかを考えている。
Q16	自分の身の回りの自然環境に、科学がどのような影響を及ぼしているかを考えている。
Q17	科学や技術が進歩していく中で、これからの自分の生活をどのように変えていけばよいかを考えている。

(R)：反転項目

3.3 質問項目の妥当性と信頼性の検討

まず、作成した質問項目を本研究の尺度として使用するにあたって、その妥当性と信頼性を検討することにした。作成した質問項目の妥当性を検討するため、作成した17項目について、「このアンケートでは、理科の勉強について、あなたがどのように考えているのかを質問します。説明をよく読み、答えてください」という教示のもと、「1. あてはまらない」「2. あまりあてはまらない」「3. どちらともいえない」「4. 少しあてはまる」「5. あてはまる」の5件法で調査を実施した。調査は2013年11月に、広島県内の国立大学附属中学校2年生3クラスの計122名を対象に実施した。

次に、得られた回答をもとに、因子分析(主因子法・プロマックス回転)を行った。このとき、作成した質問項目は、「科学的な証拠を用いる力」を構成する3つの下位能力の観点で構成しているため、これらの因子を抽出できると考えた。因子数は分析の結果、固有値の減衰状態および解釈可能性より判断し、3因子と考えることにした。続いて、負荷量が.400以上の項目を因子構成の項目とし、この基準を満たさなかった3項目を除き、再度、因子分析を行った。その結果を表2に示す。

表2に示したように、因子分析の結果、3つの因子を抽出することができた。因子1は、「観察・実験の結果を読み取ったうえで、結論を出してい

表2 因子分析の結果

項目	因子1	因子2	因子3
Q4	<u>.834</u>	.001	-.006
Q5	<u>.819</u>	-.072	.031
Q6	<u>.679</u>	.052	-.080
Q1	<u>.469</u>	.136	.076
Q8	-.043	<u>.827</u>	-.047
Q9	-.194	<u>.764</u>	.062
Q7	.153	<u>.668</u>	.007
Q10	.061	<u>.536</u>	.051
Q12	.163	<u>.533</u>	-.081
Q11	.177	<u>.526</u>	.043
Q15	-.042	-.013	<u>.973</u>
Q14	-.029	-.024	<u>.871</u>
Q16	.126	-.158	<u>.838</u>
Q13	.006	.165	<u>.766</u>
Q17	-.068	.108	<u>.514</u>

る」「観察・実験の結果から分かったことを整理することで、他者に伝わりやすい結論を出すことができる」など、科学的な証拠を解釈して、それに対応する自身の結論を導出したり、導出した結論を伝達したりすることを示す質問項目から構成されている。このため、因子1を「結論の導出と伝達」とした。因子2は、「他者の出した結論に対して、どのように考えて導いた結論なのかを考えている」「自分の出した結論について、観察・実験の結果をどのようにして読み取ったのかを振り返っている」など、自身や他者が導いた結論に対して、どのような証拠をもとに、どのように結論を導いたのかを推定することを示す質問項目から構成されている。このため、因子2を「結論の導出過程の推定」とした。因子3は、「自分の身の回りの自然環境に、科学がどのような影響を及ぼしているのかを考えている」「科学や技術が進歩していく中で、これからの自分の生活をどのように変えていけばよいかを考えている」など、科学や技術の発展が、社会的にどのような影響を及ぼすのかについて思考することを示す質問項目から構成されている。このため、因子3を「科学のもつ社会的影響の考慮」とした。抽出した因子は、質問項目の作成時に想定したものと同様のものであった。以上のことから、作成した質問項目は妥当性があると判断した。

次に、質問項目の信頼性を検討するために、各因子の信頼性係数 (Cronbach α) を算出した。その結果を表3に示す。表3に示したように、 $.804 \leq \alpha \leq .894$ であることから、各因子の内部一貫性が保障されたと考えた。このため、作成した質問項目は信頼性があると判断した。

以上の結果から、作成した質問項目は、妥当性と信頼性があると判断し、本研究ではこれを尺度として用いることにした。

表3 信頼性分析の結果

因子	Cronbach α
結論の導出と伝達	.804
結論の導出過程の推定	.834
科学の持つ社会的影響の考慮	.894

3.4 指導法の考案

本研究の目的を達成するために、科学的な証拠を用いる力を育成するための指導法を考案した。以下にその詳細を示す。

まず、指導法を考案するにあたって、科学的な証拠を用いる力の下位能力の一つである「科学やテクノロジーの社会的意味について考えること」は、授業の題材として「現代の社会と深く関わっている科学」を取り上げる必要があると考えられる。このため、この下位能力を育成する指導法は、実施可能な単元が限定されると思った。そこで、本研究では、科学的な証拠を用いる力の下位能力のうち、「科学的証拠を解釈し、結論を導き、伝達すること」と「結論の背景にある過程や証拠、推論を特定すること」の2つに着目し、科学的な証拠を用いる力の育成の基盤となる指導法の考案を目指すことにした。

生徒の科学的な証拠を用いる力を育成する指導法を考案するために、下位能力である「科学的証拠を解釈し、結論を導き、伝達すること」と「結論の背景にある過程や証拠、推論を特定すること」が、どのような活動を行うことによって行使されるのかを検討した。まず、「科学的証拠を解釈し、結論を導き、伝達すること」は、科学的な証拠を解釈して、自身の結論を導出したり、導出した結論を伝達したりする能力である。このような能力を行使する活動として、観察・実験の結果などの科学的証拠から自身の結論を導くことが考えられる。このとき、導いた結論は、他者への伝達を前提とする必要がある。このような能力を行使する活動として、「科学的な証拠をもとに、根拠の明確な結論を導く」という活動が考えられる。

次に、「結論の背景にある過程や証拠、推論を特定すること」は、ある結論に対して、どのような証拠をもとに、どのように結論を導いたのかを推定する能力である。このような能力を行使する活動として、「結論が導かれた過程を吟味し、評価する」という活動が考えられる。ここで、結論には「他者が導いたもの」と「自身で導いたもの」の2種類があると考えられる。このことについて楠瀬ら(2003)⁷⁾は、他者の考えを探ることによって自己の内省が容易なものになるとしている。よって、「結論が導かれた過程を吟味し、評価する」という活動を行う際には、他者の結論の導出

過程を推理する活動を行った後に、自身の結論の導出過程を振り返る活動を行うことが望ましいと考えた。

指導法を考案するうえで、これらの視点にもとづいた活動を取り入れることにした。これまでに示した活動を図2に示す。そして、これらの活動を指導の中で行うためには、ワークシートや指導方法を工夫する必要があると考えた。そこで、図3に示すようなワークシートおよびそれらを用いた指導方法を考案した。以下、それぞれの詳細について述べる。

このワークシートの左側部分には、上から「学習課題」「観察・実験の結果」「あなたの意見」「結果からどのように考えた意見なのか（理由や根拠）」の欄を用意した。まず、「観察・実験の結果」の欄には、観察や実験の結果と、結果を見て思ったことや気づいたことを記述させる。次に、「あなたの結論」の欄には、読み取った内容から課題に対する生徒の結論を記述させる。最後に、「結果からどのように考えた意見なのか（理由や根拠）」の欄には、観察・実験の結果からどのようなことを読み取り、結論を導いたのかといった、自身が結論を導くまでの過程を詳細に記述させる。これらを記述させることによって、観察・実験の結果から課題に対する自身の結論を導くことができるようにしている。また、なぜその結論を導いたのかを詳細に記述させることで、他者への結論の伝達を意識できるものにしており、生徒が科学的な証拠をもとに、根拠の明確な結論を導く活動を行うことができるようにしている。

ワークシートの左側部分を記述させた後、ワークシートを点線に沿って下半分が裏に隠れるように折り込ませ、左側の「観察・実験の結果」「あなたの意見」の欄と、右側の「() さんによる意見の推理」の欄のみが見えるようにする。そして、その状態のまま隣の生徒とワークシートを交換させる。隣からワークシートを受け取った生徒には「() さんによる意見の推理」の括弧の中に自身の名前を書き込ませた後、相手が観察・実験の結果から何を読み取り、どのようにして結論を導いたのかを推理させ、欄の中に記述させる。このとき、相手の意見について賛成か反対の意見や、相手の意見に対する質問も同時に記述させる。その後、ワークシートを持ち主へ返却し、他者が自分の結論を導く過程を推理した内容や、他者からの意見・質問をもとに、再度自身の結論を導かせ「あなたの最終的な結論」の欄に記述させる。このとき、最終的な結論を導いた理由も併せて記述させる。これらを記述させることによって、他者の結論を客観的に思考したり、自身が結論を導いた過程を振り返ったりすることができるものにしており、生徒が自身や他者の結論が導かれるまでの過程を吟味し、評価する活動を行うことができるようにしている。このようにワー

- 科学的証拠を解釈し、結論を導き、伝達すること
→科学的な証拠をもとに、根拠の明確な結論を導く
- 結論の背景にある過程や証拠、推論を特定すること
→結論が導かれた過程を吟味し、評価する

図2 科学的な証拠を用いる力を行使する活動

The worksheet is divided into two main columns. The left column, titled 'ワークシート', contains the following sections from top to bottom: '学習課題 ○○について考えよう', '観察・実験の結果' (with a box for '思ったこと・気づき'), 'あなたの意見', and '結果からどのように考えた意見なのか (理由や根拠)'. Below this last section are two numbered instructions: '1: 相手のどの部分を読み取ったのか' and '2: 観察から読み取ったことから何が分かったのか'. The right column, titled '() さんによる意見の推理', contains: '推論の内容' (with a large box), '質問・意見など', 'あなたの最終的な結論' (with a box for 'この結論にした理由'), and '①まとめ' (with a box). At the bottom of the right column are fields for '年 組' and '名前 ()'.

図3 考案したワークシート

クシートおよび指導方法を工夫し、科学的な証拠をもとに根拠の明確な結論を導く活動や、結論が導かれるまでの過程を吟味・評価する活動を行うことで、科学的な証拠を用いる力を育成することができるのではないかと考えた。

3.5 授業実践

考案した指導法の効果を検証するため、授業実践を行った。実践は、2013年11月に広島県の国立大学附属中学校2年生の生徒41名を対象として行った。まず、授業実践前の生徒の「科学的な証拠を用いる力」を測定するために、質問紙を用いた事前調査を実施した。次に、第2分野「生物の変遷と進化」の単元で、考案した指導法およびワークシートを用いた授業を行った。その後、事前調査と同一の質問紙を用いて、事後調査を行った。授業実践の指導過程を表4に示す。以下、実践した授業内容の詳細を述べる。

表4 指導過程

時	実践内容
-	事前調査（質問紙）
1	生物の多様性に関する授業Ⅰ
2	生物の多様性に関する授業Ⅱ
3	進化の過程（中間種の存在）に関する授業
-	事後調査（質問紙）

(1) 第1時

第1時では、科学的な結論が導かれる過程を示すことで、科学的な証拠をもとに結論を導いたり、結論が導かれるまでの過程を推理したりする方法を獲得させることをねらいとした。まず、「なぜ多様な生物が存在するのか」という学習課題を提示した。次に、この課題に対して、アヒルの水かきやカンガルーの後ろ足などの、生物の特徴的な体の部位をもとに、「生物が環境に適用しようと自分の体を変化させることで、多様な生物が登場した」という意見を主張する「太郎さん」と、4つの異なる環境の島から4種類の小鳥が見つかったことをもとに、「多様な環境それぞれに適した生物のみが生き残った結果、多様な生物が登場した」という意見を主張する「花子さん」という2人の架空人

物を登場させた。そして、「太郎さん」と「花子さん」の意見がどのようにして導かれたのかを、「根拠は何なのか」「なぜその根拠からそれぞれの意見を導けるのか」という視点から生徒に考えさせた。

(2) 第2時

第2時では、考案したワークシートを用いて、科学的な証拠をもとに結論を導いたり、結論が導かれるまでの過程を推理したりする活動を行わせることをねらいとした。まず、第1時と同一の「なぜ多様な生物が存在するのか」という学習課題に対して、前時の内容や既有知識をもとに、実際に自身の結論を導かせた。次に、ワークシートを折り込んで隣の生徒と交換させ、互いの結論が導かれるまでの過程を推理したり、相手の意見について意見や質問を記述したりする活動を行わせた。最後に、ワークシートを交換し直させ、相手が推理したことや評価したことをもとに、自身が結論を導いた過程を振り返らせ、再度結論を導かせた。

(3) 第3時

第3時では、第2時と同様に、考案したワークシートを用いて、科学的な証拠をもとに結論を導いたり、結論が導かれるまでの過程を推理したりする活動を行わせることをねらいとした。まず、「アーケオプテリクスは脊椎動物のどのグループに分類されるか」という学習課題を提示し、この課題に対して、これまでに学習した脊椎動物の分類に関する既有知識をもとに、実際に自身の結論を導かせた。次に、ワークシートを折り込んで隣の生徒と交換させ、互いの結論が導かれるまでの過程を推理したり、相手の意見について意見や質問を記述したりする活動を行わせた。最後に、ワークシートを交換し直させ、相手が推理したことや評価したことをもとに、自身が結論を導いた過程を振り返らせ、再度結論を導かせた。

4. 結果と考察

考案した指導法が、生徒の「科学的な証拠を用いる力」を育成するうえで有効であったか否かを検証するために、質問紙による分析と、ワーク

シート記述による分析を行い、生徒の授業中の科学的な証拠を用いる力について検討した。以下にその詳細を示す。

4.1 質問紙による分析

考案した指導法を用いたことにより、事前調査よりも事後調査の方が、質問紙の得点が高くなるのではないかと考えられる。そこで、質問紙の得点について分析した。具体的には、質問紙の各項目への回答をその項目の得点とし、因子ごとに平均値を算出し、これを各因子の下位尺度得点とした。次に、指導の前後での各因子の平均値に有意な差があるか否かを検討するために、対応のある *t* 検定を行った。指導前後の各因子の平均値、標準偏差および分析結果を表5に示す。

表5で示した分析結果から、「結論の導出過程の推定」については、指導の前後で有意な得点の差がみられた。一方、「結論の導出と伝達」については、指導の前後で有意な得点の差はみられなかった。

表5 回答の平均値の差 n=38

因子名	平均値		標準偏差	<i>t</i> 値
	前	後		
結論の導出と伝達	3.54	0.63	0.59	
	3.6	0.62		
結論の導出過程の推定	3.55	0.7	2.07 *	
	3.76	0.69		

**p*<.05

4.2 ワークシート記述による分析

質問紙への回答による分析の結果から、考案した指導法は自身や他者の結論の導出過程を推定する力の育成に寄与することが示唆された。そこで、考案したワークシートへの記述を分析し、生徒が授業中に自身や他者の結論の導出過程を推定することができたか否かを詳細に検討することにした。なお、分析にあたっては、理科教育を研究する大学院生4名、理科を担当する中学校教員3名、理科を担当する高等学校教員1名で妥当性を協議しながら行った。

初めに、他者の結論の導出過程を推定できたか否かを検討するため、第2時および第3時におけるワークシートについて分析を行った。具体的には、本研究の「結論の過程にある背景や証拠、推論を特定する力」の規定にもとづき、回収できた41名分のワークシートを「他者の結論が、観察・

実験の結果から何を読み取り、どのように考えて導いたものなのかを記述できていること」を基準として分析した。例えば、前述の「アーケオプテリクスは脊椎動物のどのグループに分類されるか」という課題においては、「翼をもつといった特徴から、鳥類と判断したのではないか」「口に歯があるので、爬虫類だと判断したのではないか」「翼も歯ももつ生物にはコウモリがいるため、哺乳類と判断したのではないか」「これまでに学習した脊椎動物の特徴にあてはまらない点があるため、どのグループでもない判断したのではないか」などと記述している場合について、基準を満たしているものと判断した。図4に、ワークシート記述の具体例を示す。この記述例の中では、生徒Aが、「アーケオプテリクスは脊椎動物のどのグループに分類されるのか」という課題に対する生徒Bの結論に対して、どのように考えて導いたものなのかを思考している。まず、生徒Bは、図4で示したワークシート左側の「あなたの意見」の欄に、「爬虫類と鳥類の間」と記述している。そして、「情報からどのように考えた意見なのか(理由や根拠)」の欄では、この結論を導いた理由として、図を用いながら「爬虫類と鳥類の両方の性質をもつ」と記述している。この後、「情報からどのように考えた意見なのか(理由や根拠)」の欄を隠した状態でワークシートの交換が行われ、生徒Aによる生徒Bの意見の推理が行われた。そして、生徒Aは、図4で示したワークシート右側の「(生徒A)さんによる意見の推理」の欄に、生徒Bが「爬虫類と鳥類の間」という結論を導いた理由として、「アーケオプテリクスの体の特徴が、鳥類と爬虫類の両方の特徴をもつから完全に鳥にはなっていないと考えたから」と記述している。この理由は、上述した生徒Bの「情報からどのように考えた意見なのか(理由や根拠)」の欄の記述内容と一致している。このため、生徒Aは、生徒Bの結論がどのように導かれたのかを推理できていたといえる。

このようにして記述の分析を行い、基準を満たしている生徒と満たしていない生徒の人数を集計した。そして、基準を満たしている生徒と満たしていない生徒の人数に、有意な差があるか否かを検討するために、両者の等度性を仮定して χ^2 検定を行った。分析の結果を表6に示す。

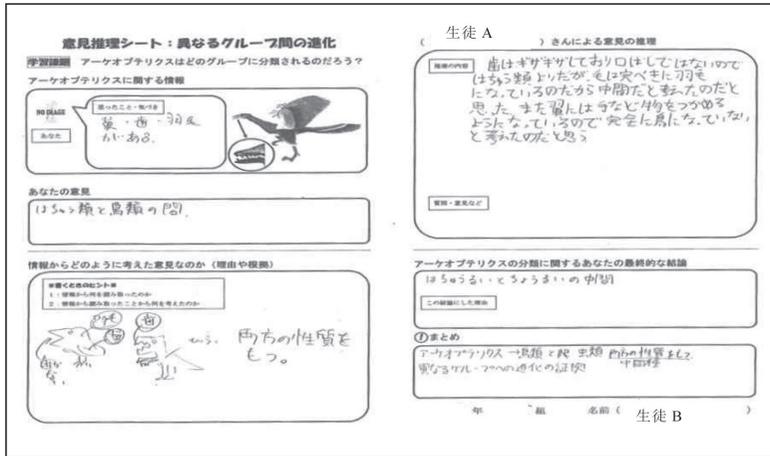


図4 生徒A および生徒Bのワークシート記述

表6 分析の結果

因子名	結論の推定	人数	χ^2 値
第2時	記述あり	31	10.76 *
	記述なし	10	
第3時	記述あり	33	15.24 *
	記述なし	8	

* $p < 0.05$

分析の結果、第2時、第3時ともに、基準を満たしている生徒の人数が、基準を満たしていない生徒の人数よりも有意に多かった。このことから、考案した指導法によって、生徒が他者の結論の導出過程を推定することを支援できたといえる。

次に、自身の結論の導出過程を振り返ることができていたかについても、同様にしてワークシート分析を行った。具体的には、本研究の「結論の過程にある背景や証拠、推論を特定する力」の規定にもとづき、回収できた41名分のワークシートを「自身の結論が、観察・実験の結果から何を読み取り、どのように考えて導いたものなのかを振り返ったうえで、再度自身の結論を導出していること」を基準として分析した。例えば、前述の「アーケオプテリクスは脊椎動物のどのグループに分類されるか」という課題においては、「(はじめは鳥類であると結論づけていたが) 鳥類には歯はないため、アーケオプテリクスは鳥類ではない」「(はじめは鳥類であると結論づけており) 本来鳥類に歯はないが、翼をもつなど、鳥類と最もよく似ているため、やはりアーケオプテリクスは鳥類である」などと記述している場合について、

基準を満たしているものと判断した。図5に、ワークシート記述の具体例を示す。この記述例の中では、生徒Cが、ワークシートを交換した際に生徒Dから受けた指摘をもとに、自身の考えを吟味し直し、最終的な結論を導いている。まず、生徒Cは、図5のワークシート左側のアーケオプテリクスの写真から「口の中に歯がある」「羽がある」などの情報を読み取り、「アーケオプテリクスは鳥類である」という結論を導いている。しかし、ワークシートを交換した際に、交換相手の生徒Dから「鳥類に歯はない」という指摘を受けている。そして、生徒Cが再度結論を導く際には、「一見鳥のようだが、鳥類ではない」という結論を導いている。このことから、生徒Cは生徒Dの指摘を受けたことにより、自身が結論を導いた過程を振り返り、考えの吟味や修正ができていたといえる。

このようにして記述の分析を行い、基準を満たしている生徒と満たしていない生徒の人数を集計した。そして、基準を満たしている生徒と満たしていない生徒の人数に、有意な差があるか否かを検討するために、両者の等度性を仮定して χ^2 検定を行った。分析の結果を表7に示す。

分析の結果、第2時、第3時ともに、基準を満たしている生徒の人数が、基準を満たしていない生徒の人数よりも有意に多かった。このことから、考案した指導法によって、生徒が自身の結論の導出過程を振り返ることを支援できたといえる。

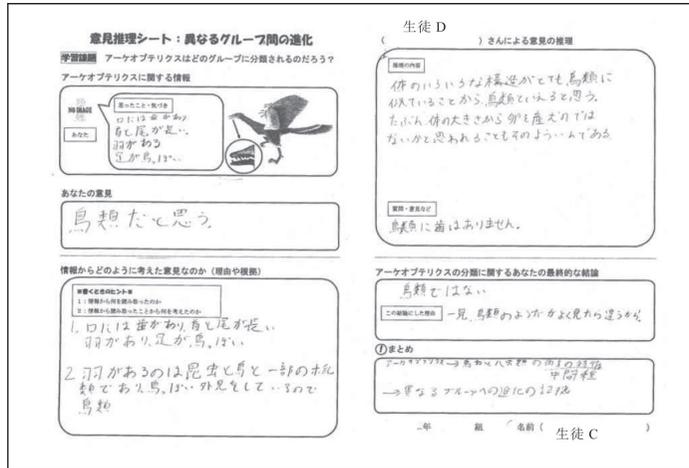


図5 生徒 C および生徒 D のワークシート記述

表7 分析の結果

因子名	結論の推定	人数	χ^2 値
第2時	記述あり	35	20.51 *
	記述なし	6	
第3時	記述あり	37	26.56 *
	記述なし	4	

* $p < 0.05$

これまで示してきた結果について、次のように考察する。本研究では、「科学的な証拠を用いる力」のうち、「結論の背景にある過程や証拠、推論を特定する力」を育成するために、科学的な結論が導かれる過程を示した後に、他者の結論の導出過程を推理・評価させたり、他者の評価をもとに再度、自身の結論を導かせたりする指導を行った。これにより、他者の結論が導かれるまでの過程を吟味する思考や、自身が結論を導くまでの過程を振り返る思考が促進されたのではないかと推察される。上述したように、考案した指導法により、自身や他者の結論の導出過程を推定する思考が促され、その結果、質問紙の分析やワークシートの記述分析において、「結論の導出過程を推定する力」の育成が確認できたのではないかと考える。

5. まとめ

本研究の目的は、中学校理科において、科学的な能力の枠組みの1つである「科学的な証拠を用いる力」を育成する指導法を考案し、その効果を検証することであった。この目的のため、「科学的な証拠をもとに、根拠の明確な結論を導く活動」

と「結論が導かれた過程を吟味・評価する活動」の2つの活動を取り入れた指導法を考案した。そして、考案した指導法をもとに授業実践を行い、作成した質問紙およびワークシート記述を分析したところ、「結論の背景にある過程や証拠、推論を特定する力」に対する効果が確認できた。このため、考案した指導法は、「科学的な証拠を用いる力」のうち、「結論の背景にある過程や証拠、推論を特定する力」の育成に寄与することが示唆された。

しかし、「科学的証拠を解釈し、結論を導き、伝達する力」については、その効果を確認できなかった。このため、今後はその原因を究明し、指導法の改善を図っていく必要があると考える。

参考文献

- 1) ドミニク, S, ライチェン・ローラ, H, サルガニク (2006) 『キー・コンピテンシー 国際標準の学力を目指して』 明石書店.
- 2) OECD(2006) *Assessing Scientific, Reading, and Mathematical Literacy A Framework for PISA2006*. OECD.
- 3) 五島政一・小林辰至 (2009) 「W型問題解決モデルに基づいた科学的リテラシー育成のための理科教育に関する一考察 一問題の把握から考察・活用までの過程に着目して」『理科教育学研究』第50巻, 第2号, 39-50.

- 4) 益田裕充・楠悠・五島政一 (2013) 「W型問題解決モデルを用いた科学的リテラシーの育成に関する研究 —教師による子どもの科学的能力を形成する支援的な介入の実態—」『臨床教科教育学会誌』第13巻, 第2号, 105-113.
- 5) 清水誠・小森栄治・田中修平 (2010) 「科学的リテラシー育成のための指導方法の開発」『科学教育研究』第34巻, 第2号, 237-244.
- 6) 大多和浩弥・木下博義 (2014) 「中学校理科における科学的能力の育成に関する基礎的研究 —科学的な疑問を認識する力に着目して—」『理科教育学研究』第55巻, 第3号, 265-277.
- 7) 楠瀬弘哲・国沢亜矢・中城満・北村真一 (2003) 「友だちの考えを探る —反本質主義的「自」・「他」概念に基づくメタ認知能力の育成—」『科学教育研究』第27巻, 第3号, 194-202.