

先行概念に沿った実験結果を相互に説明し合うことが科学概念の形成に及ぼす効果

—第5学年「振り子の運動」の学習を例にして—

羽生市立須影小学校
教諭 柿沼 宏充

1. 問題の所在と研究の目的

中央教育審議会初等中等教育分科会教育課程部会（第83回）の配付資料「科学的思考力の戦略的育成について(2012)」では、これまでの理数教育に関する課題、平成24年度全国学力・学習状況調査で明らかになった課題及び社会と科学技術との関わりに関する我が国全体の課題が挙げられている。これらの課題に共通しているのは、「客観的根拠に基づき多様な視点から考え、判断する力（批判的思考力）の不足」であると述べられている。実際の小学校現場では、実験結果をクラスで共有して思考し、結論を出すという探求の流れが一般的であるが「客観的根拠に基づき多様な視点から考え、判断している」とはいえない実態がある。平成24年度全国学力・学習状況調査の調査結果を基に、国立教育政策研究所教育課程センター（2013）では、「**観察、実験の結果を整理し考察すること**」「**科学的な言葉や概念を使用して考えたり説明したりすること**」に課題があると示した。指導改善のポイントとして、**個人思考から集団思考を通して、「何と何を比較・関係付けて考えるか」「根拠に妥当性があるか」などの多様な視点を明確に示して自分の考えを省察させる**ことが必要である。学習したプロセスを振り返りながら追究活動の意味を自分自身で筋道を立てて論述する活動として森田（2004）は説明活動を提唱している。説明活動は理解した学習内容を他者に向かって「説明する」という活動であり、他者に説明することで自身の理解状況をモニタリングするだけでなく、相手に理解されるよう表現の工夫も期待できる。しかし、一般の授業は同一視点で観察・実験を行っているため、視点の異なる他者に対して説明をする機会はほとんどない。

そこで本研究では、**視点をずらした2つの実験をクラスで並行しながら探求させ、相互に説明・検証するという授業方略を考案した。**互いにチェックさせながら確認させていくことで客観的根拠に基づき多様な視点から考え判断する力の育成を図ることができると考えられる。考案した授業方略の効果を検証する。

II 研究方法

1 検証方法

本研究で進めた授業モデルは、①～⑥に示す手順で行う。

- ①本時の課題に対して視点A・Bの2つの視点で追究させる。
- ②それらの異なる実験結果を持ち寄り、説明グルー

プで互いに説明し合い、それぞれの実験結果の信頼性・妥当性をチェックする。

→異なる視点の他者に説明することで自身の理解状況をモニタリングするだけでなく、相手に理解されるよう表現の工夫も期待できる。

③相手の実験を「引き継ぐ」

→しっかりと聞く意識と、相手の仮説に対しての信頼性や妥当性を吟味し合うことができる。

④**視点を入れ替えて**、責任をもって**相手の実験の足りない点やより調べたい点を実験し合う。**

→相手から任されているため、**責任感が芽生える。**

⑤実験結果について、また説明グループに戻りしっかりと説明する。

→**自身の結果は相手が待ち望んでいるもので、相手の結果は自身が待ち望んでいるものとなる。**

⑥結果の信頼性や妥当性を吟味し、客観的根拠に基づき、多用な視点で考え、判断しながら結論を導く。改善群では上記のモデルを適用した授業(図1)を実施した。

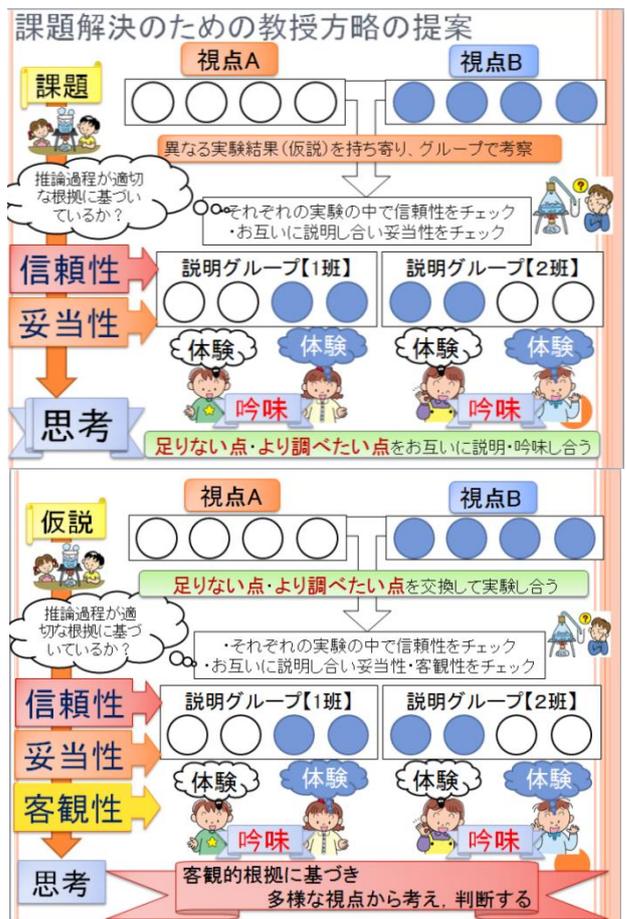


図1 本研究の授業の工夫（改善群）

従来群は平成24年度東京書籍の教科書をもとにした通常の授業を行った。

2 研究対象・実施時期・実施単元

対象は、埼玉県公立 S 小学校 第 5 学年 2 学級、56 名。実施時期は平成 28 年 1 月～2 月。実施単元は、身近な物理現象「ふりこのはたらき」とした。

3 検証方法

検証方法は以下の項目で行った。

- ①両群の等質性
- ②発話プロトコル分析
- ③単元終了後の概念調査

Ⅲ 研究実践

1 単元計画

第 1 時 ターザンロープの経験をさせ、身近ではない「振り子」に興味を持たせる。

第 2 時 振り子の周期を変える条件を予想する

第 3 時 自由試行の結果から予想させ、実験の見通しをもつ。

第 4 時 振り子の「ひもの長さ」を変える実験を行い、周期に関係することをまとめる

第 5・6 時 【検証授業】

「おもりの重さ」・「ふりこの振れ幅」が周期に関係ないことをまとめる。

第 7 時 振り子周期を変える要因についてまとめる。

第 8 時 周期が 1 秒のリズム振り子をつくろう。

第 9 時 振り子の「特性」を生かしたおもちゃづくり

2 検証授業の概要

改善群には①～⑧に示す指導方法を用いた授業を行った。

①振り子の周期が「ひもの長さ」に関係することを学習後、『「おもりの重さ」や「ふりこの振れ幅」に関係するか』という問題を提起する。

②児童の予想から「実験 A: おもりの重さ 50g 100g」「実験 B: ふりこの振れ幅 20° 30°」の 2 つの実験をしていく (クラスを 2 つにわけ)。

③実験 A グループと実験 B グループ内でデータを共有し、実験のデータを増やして結果の信頼性をチェックし、考察する。

実験 A 「おもりの重さ」を変えても振り子の周期は変わらなかった。

仮説 → 「おもりの重さ」は周期に関係ない。

実験 B 「振り子の振れ幅」を変えても振り子の周期は変わらなかった。

仮説 → 「振り子の振れ幅」は周期に関係ない。

④それぞれのグループの結論を違う実験をしたグループへ説明する。「その結論が本当に正しいのだろうか？」という視点でお互いの考察の妥当性をチェックする。

実験 A … 「振り子の振れ幅 20° 30°」確認 + 40°

実験 B … 「おもりの重さ 50g 100g」確認 + 150g

⑤明らかになった課題を班を入れ替えて検証する。

⑥実験 A グループと実験 B グループ内でデータを共有し、実験のデータを増やして結果の信頼性をチェックし、考察する。

⑦それぞれのグループの結果を違う実験をしたグループへ説明する【相互説明活動】

⑧得られた結果をもとに総合考察を行う。

なお、従来群は実験 A 「おもりの重さ」をクラス一斉に実験を 1 時間で行い、まとめ・考察させた。実験 B 「振り子の振れ幅」についても同様に 1 時間で行い、まとめ・考察させた。それ以外の条件は、すべて同じである。

3 調査

①両群の等質性調査

検証授業の前に両群の知識に関する学力の等質性調査を実施した。問題は、平成 17 年度埼玉県小・中学校学習状況調査の問題を参考に作成し、調査を行った。問題(図 2)は 8 問で 1 問 1 点の 8 点満点とした。

物質・エネルギーに関する問題
5年 組 番 名前

☆太郎さんは、かん電池とモーターで回路を作り、電流計で電流の強さを調べました。

ア

アの回路の電流計のほり

イ

イの回路の電流計のほり

ウ

ウの回路の電流計のほり

☆太郎さんは、温度による水と空気のかさの変化について調べました。

③ 空気が入った試験管と水の入った試験管に、下の図のように同じ大きさのガラス板を挿したゴムせんをした後、熱い湯の中に入れました。少し時間がたつと、ガラス管の中のゼリーと水面の位置はどうか変わりますか。下の 1～4 の中から正しいものを 1 つ選んで、その番号を□の中に書いてください。また、その理由も書いて下さい。

1. ゼリーの位置は大きく上がり、水面の位置は変わらない。

2. ゼリーの位置は大きく上がり、水面の位置は少し上がる。

3. ゼリーの位置は変わらないが、水面の位置は少し上がる。

4. ゼリーの位置は少し上がり、水面の位置は大きくあがる。

番号

理由

① 左の図の(1)の電流計のほりをあわわしているものを、次の 1～4 のなかから 1 つ選んで、その番号を□の中に書いてください。また、その理由も書いて下さい。

1

2

3

4

番号

理由

② 左の図の A～C の回路の中で、モーターが最も速く回るのはどれですか。次の 1～4 の中から正しいものを 1 つ選んで、その番号を□の中に書いてください。また、その理由も書いて下さい。

A

B

C

1. A の回路が最も速く回る。

2. B の回路が最も速く回る。

3. C の回路が最も速く回る。

4. A と C の回路が最も速く回る。

番号

理由

☆太郎さんは空気と水の性質について調べました。

④ 下の図のように空気と水を閉じ込めておしぼりをおすと、それぞれのかさはどうなりますか。次の 1～4 の中から正しいものを 1 つ選んで、その番号をその番号を□の中に書いてください。また、その理由も書いて下さい。

空気を入れたおしぼりをおす 水を入れたおしぼりをおす

おしぼり

おしぼり

1. 空気のかさも水のかさも変わらない。

2. 空気のかさも水のかさも小さくなる。

3. 空気のかさも小さくなるが、水のかさは変わらない。

4. 空気のかさは変わらないが、水のかさは小さくなる。

番号

理由

図 2 等質性調査の問題

② 先行概念調査

5年生全児童に対し、ワークシート(図3)の記述内容をもとに、先行概念の調査と自分の考えに対する自信の度合いの調査を行なった。

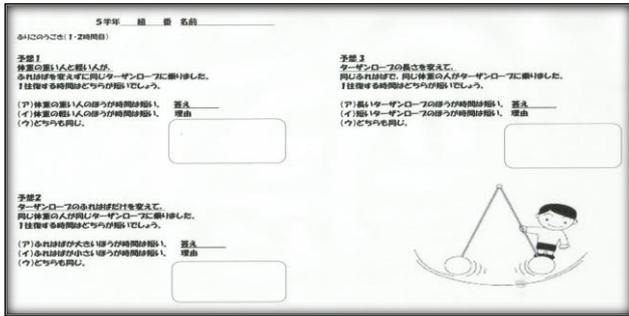


図3 先行概念調査問題

③ ワークシートの分析

子供たちの概念の変容過程を明らかにするため、ワークシートの分析を行った。毎時間実験の後に学ぶべき概念と、その自身の度合いを確認した。

1日後にも振り子の周期を変える条件について子供たちの支持する概念の様子についても調査を行った(下図)。



図4 ワークシートによる自信度調査

④ 検証授業終了後の概念調査

単元終了後には振り子に関する問題を作成し、児童のもつ概念の調査を行った。問題(図5)は4問。8点満点からなる。

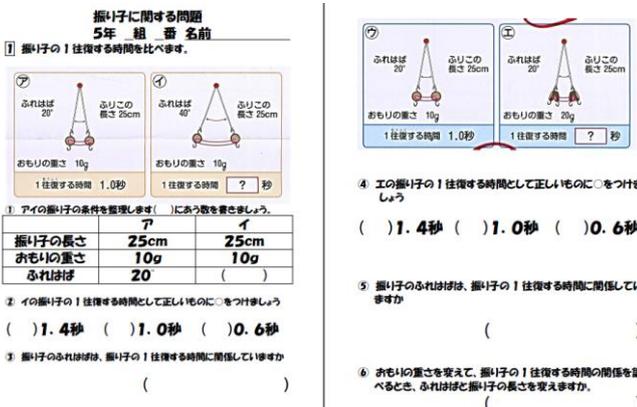


図5 検証授業終了後の概念調査問題

⑤ 2ヶ月後調査

単元終了2カ月後に再び、北海道教育委員会が作成したチャレンジテストと、栃木県教育委員会が作成した平成24年版理科問題事例集の中から「振り

子の運動」に関する問題を抜粋し児童のもつ概念の調査を行った(図6)。

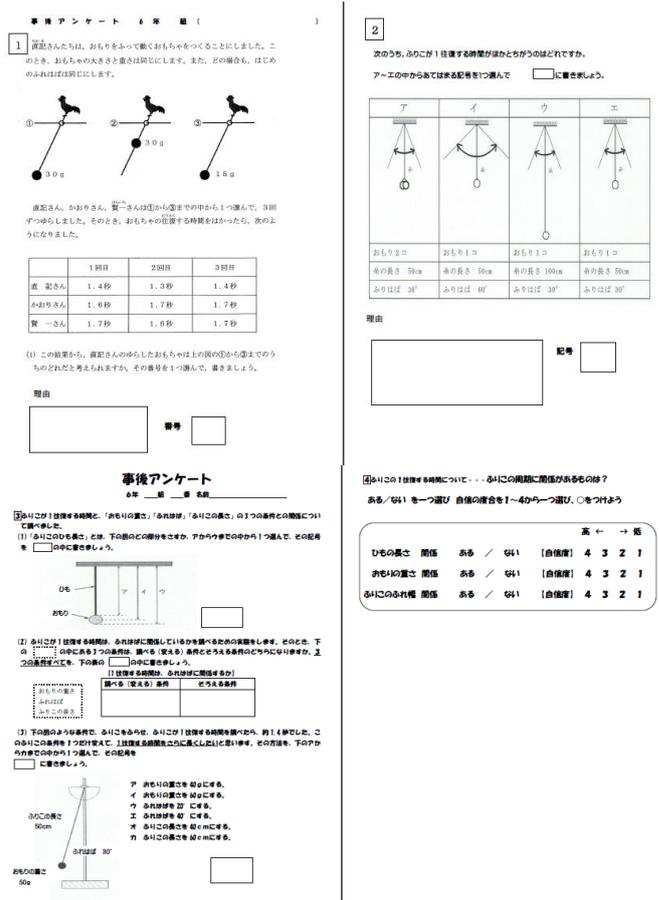


図6 実験結果への判断の客観性を問う問題

IV 成果

① 等質性調査

F検定で等分散であることを確認した後、t検定を行ったところ、5%水準で両群に有意差はないことが分かった(両側検定: $t(52)=1.05$ $p=0.91$ ($.10 < p$)). このことから、この問題に関して両群は等質であるといえる。分析結果の詳細は表1に示す。

表1 等質性調査の分析結果

	従来群	改善群
N	27	27
\bar{X}	3.96	3.89
SD	6.03	6.33

② 先行概念調査

改善群に対し、検証授業の1時間目にワークシートを用いて先行概念の調査を行った。その際、児童たちは振り子の学習前であったので、振り子の代わりにターザンロープの動き方に関する3つの設問をした。

(1) 「重さ」に関する先行概念

「体重の重い人と軽い人が、ふれはばを変えずに同じターザンロープに乗りました。1往復する時間はどちらが短いでしょう。」という設問をし、選択肢として表2の中にある(ア)～(ウ)を示し、選択させた。調査結果を表2にまとめる。

表2 重さに関する児童の先行概念

選択肢	従来群	改善群
(ア) 体重の重い人のほうが時間は短い.	11人(41%)	14人(52%)
(イ) 体重の軽い人のほうが時間は短い.	9人(33%)	10人(37%)
(ウ) どちらも同じ.	7人(26%)	3人(11%)

正答を選択した児童は両群合わせてわずか10名しかいない。よって8割の児童は、おもりの重さに関して間違った先行概念をもっていると考えられる。

(2) 「振れ幅」に関する先行概念

「ターザンロープの振れ幅だけを変えて、同じ体重の人が同じターザンロープに乗りました。1往復する時間はどちらが短いでしょう。」という設問をし、選択肢として表3の中にある(ア)～(ウ)を示し、選ばせた。調査結果を表3にまとめる。

表3 振れ幅に関する児童の先行概念

選択肢	従来群	改善群
(ア) ふれはばが大きいほうが時間は短い.	5人(19%)	11人(41%)
(イ) ふれはばが小さいほうが時間は短い.	20人(74%)	12人(44%)
(ウ) どちらも同じ.	2人(7%)	4人(15%)

正答を選択した児童は両群合わせてわずか6名しかいない。よって約9割の児童は、振れ幅に関して間違った先行概念をもっていると考えられる。

(3) 「長さ」に関する先行概念

「ターザンロープの長さを変えて、同じふれはばで、同じ体重の人がターザンロープに乗りました。1往復する時間はどちらが短いでしょう。」という設問をし、選択肢として表4の中にある(ア)～(ウ)を示し、選択させた。調査結果を表4にまとめる。

表4 長さに関する児童の先行概念

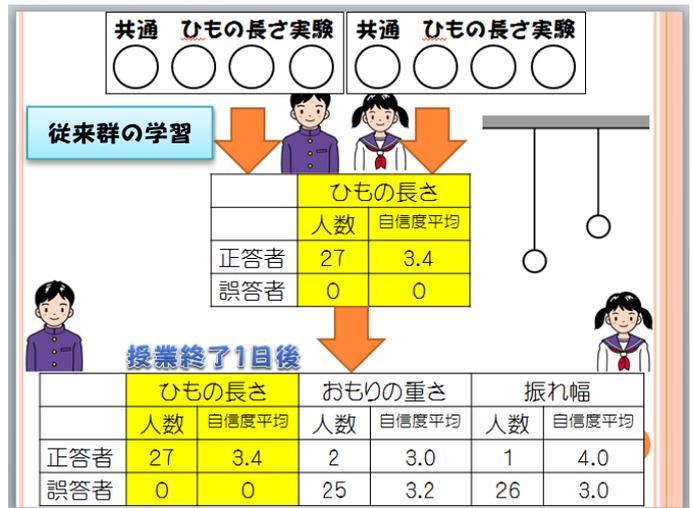
選択肢	従来群	改善群
(ア) 長いターザンロープのほうが時間は短い.	3人(11%)	1人(4%)
(イ) 短いターザンロープのほうが時間は短い.	24人(89%)	20人(74%)
(ウ) どちらも同じ.	0人(0%)	6人(22%)

正答を選択した児童は約8割の44名。この結果から、ひもの長さに関して間違った先行概念を持っている児童は約2割であることがわかった。

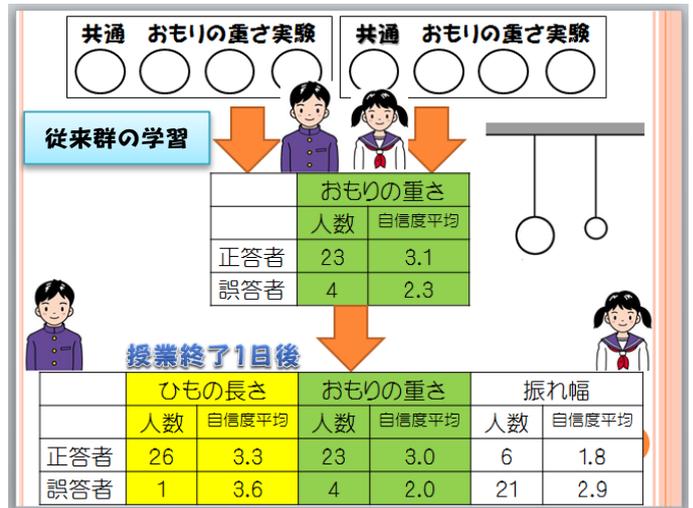
③ ワークシートの分析

毎時間実験の後や1日後に、学ぶべき【概念】と、その【自信の度合い】を確認した。結果は次のようになった。

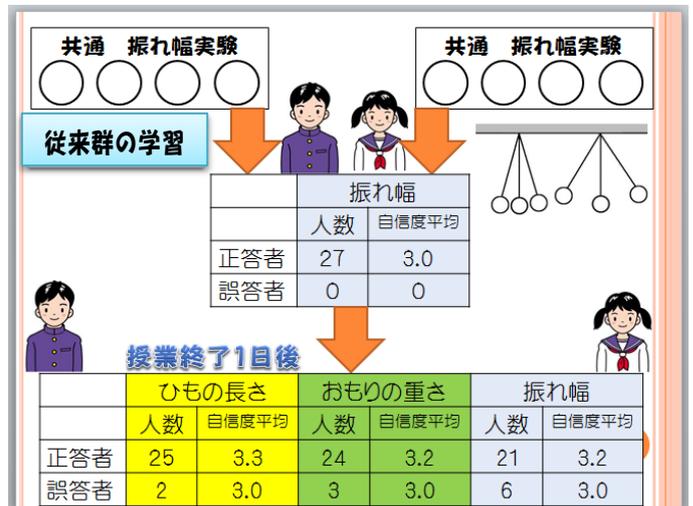
【従来群】



実験後の調査では、全員がひもの長さが周期に関係すると選択した。自信度も平均3.4と高くなっている。1日後に調査した結果からもひもの長さに関しては自信度が高い数値でキープされている。その他の視点はまだ実験していないので誤答が多くなっている。



おもりの重さに関して、実験後の調査では、おもりの重さが周期に関係しないと選択した児童が23人。4名は、自信度は低いながらも1日後も根強く先行概念を支持している。



振れ幅に関して、実験後の調査では、全員振れ幅が

表5 検証授業終了後の概念調査結果

	改善群(N=28)	従来群(N=27)
被験者数(人)	27	27
平均点(点)	8.41	8.48
標準偏差	0.64	1.49

F検定により両群が等分散であることを確認後、t検定を行った結果、両群に有意な差がみられた(両側検定： $t(52)=0.26$ $p=0.79$ ($p>.05$))。この問題に関しては優位な差は見られない。

⑤検証授業終了2ヶ月後の概念調査

授業終了2ヶ月後に「振り子」に関する4問8点満点からなる質問紙調査を行った結果を表6に示す。

表6 検証授業終了2ヶ月後の概念調査結果

	改善群(N=28)	従来群(N=27)
被験者数(人)	27	27
平均点(点)	8.78	7.07
標準偏差	5.18	6.99

F検定により両群が等分散であることを確認後、t検定を行った結果、両群に有意な差がみられた(両側検定： $t(52)=2.54$ $p=0.01$ ($p<.05$))。この問題に関しては優位な差が見られた。

表7 単元終了2ヶ月後の『改善群』クラス全体の概念定着の様子

	ひもの長さ		おもりの重さ		振れ幅	
	人数	自信度平均	人数	自信度平均	人数	自信度平均
正答者	27	3.5	24	3.2	26	3.4
誤答者	0	0	3	2.0	1	3.0

表8 単元終了2ヶ月後の『従来群』クラス全体の概念定着の様子

	ひもの長さ		おもりの重さ		振れ幅	
	人数	自信度平均	人数	自信度平均	人数	自信度平均
正答者	27	3.4	19	3.5	19	3.4
誤答者	0	0	8	2.8	8	3.0

単元終了2ヶ月後のクラス全体の概念定着の様子と自信度を比較すると、従来群では再び先行概念を支持してしまっている子がいるのに比べ、改善群では自信を持って正答(科学概念)を支持している事がわかる。

※この後従来群には、誤答状況について説明し、再度科学概念について指導を行った。

V 考察

この本研究の結果から以下のようなことが考えられる。

検証授業(質問紙調査、ワークシートによる記述の分析)より

変数の異なる複数の実験をクラスで並行しながら探究させ、相互に説明させながら互いの実験結果を検証していくことで、先行概念の誤りを認識し、科学概念へと修正することができる。また、**再構成された科学概念は2カ月後も保持される。**

VI 研究を終えて

本研究より「複数の視点をクラスで並行しながら探究させ、相互に説明させながら検証していく指導」の有効性が示された。この『**子供の思考を活性化させることで主体的・必然的に生じる有効な対話を通して、深い学びへと誘う指導**』は、**理科だけではなく他教科にも応用可能**である。未来を生きる子供たちの資質・能力を育成し、生き抜く力を身につけさせるため、今後本実践が教育現場へ普及できるよう、今後も研究を重ねる決意である。

VII 引用・参考文献

国立教育政策研究所 教育課程研究センター：理科の学習指導の改善・充実に向けた調査分析について【小学校】，2013 文部科学省(平成24年)：「科学的思考力の戦略的育成について」『中央教育審議会初等中等教育分科会教育課程部会(第83回)の配付資料』 p.1
 文部科学省(平成28年)：「次期学習指導要領等に向けたこれまでの審議のまとめのポイント」
 文部科学省(平成28年)：「次期学習指導要領等に向けたこれまでの審議のまとめ 補足資料(1)(2)(3)」
 Osborne, R., & Freyberg, P.: Learning in Science, Heinemann, heinemann. 1985 =森本信也・堀哲夫 [訳](1988)『子ども達はいかに科学理論を構成するか—理科の学習論—』 東洋館出版社
 湯澤正道：『認知心理学から理科学習への提言』, pp. 23-40, 北大路書房, 1998
 West & Pines: Cognitive Structure and Conceptual Change, 1985=進藤公夫[監訳](1994)『認知構造と概念転換』 東洋館出版社
 White : Learning in science, Basil Blackwell, 1988=堀哲夫・森本信也[訳](1990)『子ども達は理科をいかに学習し、教師はいかに教えるか—認知的アプローチによる授業論—』, 東洋館出版社