

自由試行に基づく学習活動と科学概念構築の関係についての研究

ー小学校第3学年「物の重さをくらべよう」を対象にしてー

教育学研究科 教育実践創成専攻 教科領域実践開発コース 初等教科教育分野 藤本浩平

1. はじめに

進藤（2002）が「学習者は、日常の経験から自生的に『不適切な知識』を獲得することがある」と指摘しているように、現在までの理科教育学に関する研究の成果から、子どもは学習前から自分なりの科学的概念を保持していることが明らかになっている。また、これらの科学的概念は、素朴概念と呼ばれており、素朴概念を科学概念に変容させることが容易でないことは、進藤（2002）をはじめとする様々な研究から明らかにされている周知の事実である。子どもの科学概念構築における課題のために、様々な授業方略が検討・試行されているが、そのひとつに本研究で取り上げるホーキンス（Hawkins, D.）が提唱した「自由試行（Messing About）」がある。

石井（2014）によると、そもそも自由試行とは、「ぬらりくらりといじくりまわす自由な探索活動の過程（○のフェイズ）」と、「幅広い教材や手引きにより、子どもたちが自分の考えで取り組み、共通の基盤を持つ自分の考えや課題を深化する過程（△のフェイズ）」、「学級内での議論や講義等、具体的知覚から抽象的な知覚へと、さらに深い問題に達する教師による科学の世界への導きの過程（□のフェイズ）」の3つのフェーズから成ると示されている。また、この自由試行は、1980年代以降、低学年での授業実践が多く行われるようになったが、遊びはいまわるだけになるという批判から、徐々に単元の導入として意欲づけるための方略の1つとなった。

しかしながら、近年では、素朴概念の変容を目的とし、自由試行を学習場面に取り入れた理科授業実践に関する研究が多数遂行されて

きており、自由試行に再度注目が集まっている。例えば、加藤（2000）は、小学校第5学年を対象に授業実践を行い、自由試行が素朴概念を望ましい考え方に変容させることに有効であることを報告している。さらに、柿畠（2013）も小学校第6学年を対象に自由試行を活用した理科授業を実践した結果、学習内容の理解度が有意に上昇したことを報告している。

しかしながら、小学校の低学年理科を想定して本邦に紹介された自由試行に関する研究も、近年では上記のように、小学校高学年の理科学習を対象にしていることが多い。そのため、小学校理科の入門期となる小学校第3学年に関する研究報告もさらに充実させていく必要がある。

2. 研究目的

本研究では、小学校第3学年を対象にした自由試行を活用した学習活動を通して、以下の2点を明らかにすることを研究の目的とした。

- ①単元の導入時に実施する自由試行から、子どもがどのような気づきを得るのか分析すること
- ②上記①の子どもの気づきが、その後の理科授業実践や、理科授業を通して構築される科学概念にどのように寄与するかについて分析すること

3. 研究方法

本研究では、Y市立K小学校第3学年（計49名）を対象に、令和2年11月上旬～下旬にかけて、小学校第3学年理科単元「物の重さをくらべよう」[全10授業時数（内2授業時数分のテスト含む）]で、自由試行を活用した授業

実践を行った。分析に際しては、児童の素朴概念の把握を目的とした質問紙調査の結果と授業実践により得られた授業記録（授業撮影データ、ワークシート等の記入内容）を分析することとした。具体的には、研究目的である①、②に対応して、「自由試行と子どもの気付き」、「自由試行による子どもの気付きと理科授業実践の関係」、「自由試行による子どもの気付きと科学概念構築の寄与」という3つの視点から自由試行の有用性について検討する。

4. 授業実践

4.1. 単元の内容

「物の重さをくらべよう」を通して身につけさせる内容について、現行の小学校学習指導要領では次の内容が記されている（文部科学省，2017）。

(ア) 物は、形が変わっても重さは変わらないこと（科学概念Ⅰ）。

(イ) 物は、体積が同じでも重さは違うことがあること（科学概念Ⅱ）。

そこで、本研究でねらいとする科学概念を上記のように科学概念Ⅰ・Ⅱとし、以下では科学概念Ⅰ・Ⅱを用いることとする。

4.2. 実践概要

本研究の授業実践場面で立案した学習指導計画を表1に示す。四者択一形式の質問紙（後掲の表7参照）により、子どもが保持する素朴概念を明らかにした後、単元の導入場面の2時間（2授業時数）に自由試行を設定した。また、自由試行の際に子どもが使用するであろう道具は、事前に聞き取りをすることで用意した。加えて、それらの道具の他に、科学概念Ⅰ・Ⅱに子どもが気付くように、教師が意図的に道具を追加した（表2）。電子天秤に関しては、本研究で対象にした小学校第3学年が自由試行実施時に小数を未習であったこと、及び小数点以下の微小なずれによる科学概念Ⅰへの誤認識を防止する視点から、小数点以下をシールで隠すこととした。さらに、自由試行を行う際には、「用意した道具を何でも使って自分の考えや疑問を確かめて下さい。」のみ伝え、電子天秤以外の道具の使用方法は制限しなかった。また、用意できる道具の関係上、5～6名の班を作り、班ごとに自由試行に取り組ませた。自由試行後は、子どもの気付きを整理し、その気付きから明らかになった疑問点を基に第二次以降に入っていく。

表1 「物の重さをくらべよう」単元指導計画

次	時	学習内容
第一次	3	・「物の重さ」について知っていることを尋ねる質問紙調査（後掲の表7参照）を行う。 ・自由試行を行う（60分程度）。 ・自由試行で得た気付きや疑問から次時の学習問題を決定する。
第二次	2	学習問題：体積が同じでも物の重さは変わるのだろうか ・同体積の塩と砂糖の重さを比較することで、体積が同じでも物によって重さは違うことを知る。
第三次	2	学習問題：物は形を変えると、重さは変わるのだろうか ・粘土やアルミニウム、レゴブロックの形を変えたときの重さを比較することで、物は形を変えても、重さは変わらないことを知る。
第四次	1	学習問題：物は置き方を変えると、重さは変わるのだろうか ・同じ体積のゴム、木、鉄、アルミニウム、プラスチックの直方体の置き方を変えて重さを比較することで、物は置き方を変えても、重さは変わらないことを知る。
第五次	2	・業者の単元末テストを行う。 ・自作のテスト（後掲の図4・5参照）を行う。 ・再度「物の重さ」について知っていることを尋ねる質問紙調査（後掲の表7参照）を行う。

表2 自由試行の際に用意した道具

気付かせたい概念	用意した物
科学概念Ⅰ	せんべい レゴブロック 粘土 アルミホイル サランラップ 体重計
科学概念Ⅱ	砂糖 塩 クエン酸 重曹 小麦粉 様々な材質のスプーン (プラスチック, 鉄, 木) 様々な材質のブロック (プラスチック, 鉄, アルミニウム, ゴム, 木)
その他	様々な大きさの同一物質 (石, 鉄, 綿, ペットボトル)

5. 結果と分析

5.1. 自由試行と子どもの気付き

実際に、第一次で実施した自由試行に参加した子どもは、欠席者を除く 46 名であった。また、子どもの気付きを表出させるために、自由試行中に試したことやそれによって気付いたことを記すワークシートを用いたので分析を加えた。子どものワークシートの分析から、自由試行により得られた子どもの気付きを表3に示す6つに大別できた。

しかしながら、自由試行前に素朴概念を見取することを目的とした四者択一形式の質問紙調査を行ったことから、子どもの多くはそれらの正誤を確かめることにほとんどの時間を費やしてしまった。このような子どもの様子から、質問紙調査が自由試行による気付きの幅を狭めた可能性があることも読み取れた。

自由試行から得られた気付きに目を転じると、科学概念Ⅰに関連する「形状」や「置き方」に該当する気付きや科学概念Ⅱに関連する「比較」に該当する気付きが多数の子どもから表出した。加えて、これらの気付きは、例え

ば「形状」では、教科書で取り上げられている粘土の他にも、せんべいやレゴブロック、体重計等、様々な道具の使用から得られている。しかしながら、記述内容を見ると、「形を変えても重さは同じ（児童 13）」のように、正しい実験結果を導き出し科学概念Ⅰの理解に至った子どもがいる一方で、「丸まっている時が一番重い（児童 21）」のように、誤った実験結果を得た子どもが一定数存在した。同様に、「比較」においても、「木 9 g, 鉄 6 g, プラスチック 8 g で木のスプーンが一番重い（児童 41）」のように、誤りを含む記述が散見された。これらの誤りは、大きさの異なる粘土やスプーンを用いていたことが原因であり、全体で実験方法や器具を統一しない自由試行特有の誤りであると考ええる。加えて、「石が 262 g（児童 16）」や「とんかちが 198 g（児童 18）」のように、何をしてよいのかわからずに与えられた道具を用いるだけに留まった子どもの存在も明らかになった。これらのことから、自由試行だからといって授業者が子どもに指示をしないのではなく、活動の視点を与える助言を行うことが重要であることが明らかになった。

表3 自由試行により得られた子どもの気付きの類型

類型	子どもの気付きの例	人数 (%)
形状	形を変えても重さは同じ 丸まっている時が一番重い	42 (91.3)
比較	塩, 砂糖, 小麦粉の中で塩が一番重かった 木が 9 g, 鉄が 6 g, プラスチックが 8 g で木のスプーンが一番重い	37 (80.4)
量	280 ml は 322 g, 500 ml は 39 g, 1000 ml は 1.1 kg	15 (32.6)
置き方	置き方を変えても重さは同じ	12 (26.1)
計るのみ	石が 262 g とんかちが 198 g	11 (23.9)
器具	体重計によって重さがか変わった	3 (6.5)

N=46

* 同じ子どもによる重複した気付きは 1 名として集計した

5.2. 自由試行による子どもの気付きと理科授業実践の関係

5.2.1. 子どもの疑問と学習問題

第一次において、自由試行により得られた気付きをまとめる際に、「平たい時は 17g、丸い時は 47g、細かい時は 10g で丸くした粘土が一番重い（児童 16）」という意見の他に、「平たいのは 90g で、細かいのは 90g、そのままのは 90g で全部一緒だった（児童 12）」という意見が子どもたちから表出し、科学概念Ⅰに関する意見の相違が生じた（図 1）。同様に、科学概念Ⅱに関しても、図 2 に示す通り、「塩が 70g で砂糖が 67g ぐらい（児童 28）」や「塩 68g で砂糖が 85g（児童 35）」のように、意見の相違が生じ、子どもの中から「謎が深まったから、どちらが正しいのか確かめたい」という声が上がった。そのため、科学概念Ⅰ・Ⅱを理解するにあたり、検証実験を行うことになり、子どもの「謎」を追求するということで、第二次以降の学習に繋がった。

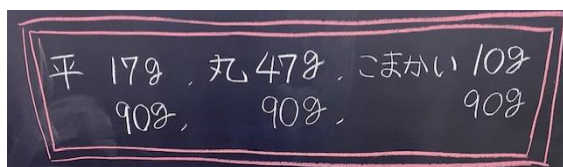


図 1 科学概念Ⅰに関する実際の板書

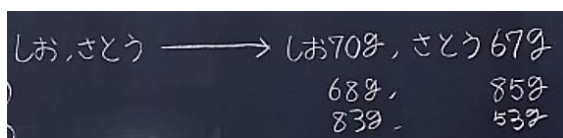


図 2 科学概念Ⅱに関する実際の板書

5.2.2. 自由試行と実験の予想

第二次以降に該当する科学概念Ⅰ・Ⅱを理解するための検証実験を行う際には、学習問題（前掲の表 1 を参照）に対する予想に加え、その根拠を記入させた。その結果、例えば、第二次では表 4 に示す通り、経験を根拠にする記述が多数見られた。また、そのほとんどが「前の授業でやったから（児童 48）」のように、前時に行った自由試行での経験を根拠にして

いた。そのような傾向は、第三・四次の予想場面でも同様に見られた。このことから、自由試行は子どもが予想を立てる際の一助になることが推察される。理科の入門期となる小学校第 3 学年においては、これまでの既習内容が少なく、予想の根拠となる経験が乏しい子どもも少なくないため、その経験ベースを拡張することができる自由試行は入門期の理科において重要な意味を持つことが分かる。また、理科の入門期となる段階から根拠を持った予想を行えることが、検証の楽しさに気付くことに繋がることも期待できる。これらのことから自由試行の有用性が示唆された。

表 4 第二次の予想の根拠の類型

類型	予想の根拠の例	人数 (%)
経験	前の授業でやったから 動画や教科書で塩が入っている袋が砂糖が入っている袋より小さかったから	16 (37.2)
形状	塩の粒は四角で砂糖の粒は丸だから	16 (37.2)
感覚	重そうだから	4 (9.3)
でき方	水でできているから	1 (2.3)
無記入	—	6 (14.0)

N=43

5.2.3. 自由試行と学習意欲

自由試行が子どもを意欲づけるための学習方略の 1 つとして行われていたことを鑑み、本研究でも自由試行と学習意欲の関連について検証した。検証に際しては、授業実践前後に実施した子どもの情意的側面を見取することを目的とした質問紙調査（以下、質問紙①とする）及び学習感想の分析を行った。また、質問紙①は、佐藤・雲財・稲田・角屋（2018）が実施した質問紙調査を援用し、小学校第 3 学年向けに改変して実施した。なお、質問紙①においては、「理科の勉強で楽しいと思うところはある

ますか」を尋ね、計9の項目について四者択一形式での回答を求めた（表5）。

表5 質問紙①の質問項目とその内容

類型	項目	内容
知識獲得型 興味	1	色々なところが知られるところ
	2	自分の知っていることが増えるところ
	3	自分の知らないことを知られるところ
思考活性型 興味	4	自分でじっくり考えられるところ
	5	勉強したことがつながっているところ
検証志向型 興味	6	自分で予想を立てられるところ
	7	観察や実験ができるところ
日常関連型 興味	8	生活の中で当てはまることがあるところ
	9	身のまわりで起こっていることと関係があるところ

授業実践前後の質問紙①の結果は、表6に示す通りである。実践後の質問紙①では、全ての項目においてわずかながら興味が上昇した。しかしながら、対象者が50名程度で少数であり、1名当たりの回答の変化による影響が大きいことを考えると、このわずかながらの数値の変化はあまり意味を持たないと言える。

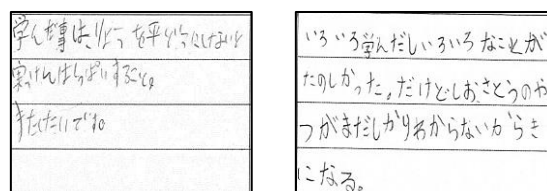
表6 質問紙①の授業実践前後の推移

類型	項目	実践前	実践後
知識獲得型 興味	1	3.27	3.41
	2	3.30	3.35
	3	3.44	3.48
思考活性型 興味	4	3.04	3.36
	5	3.04	3.14
検証志向型 興味	6	3.07	3.11
	7	3.70	3.84
日常関連型 興味	8	3.02	3.20
	9	2.82	3.12

N=45

また、学習感想に関しては、自由試行後の学習感想を分析の対象とした。自由試行に時間を費やしてしまい、学習感想を記す時間がわ

ずかしか取れなかったため、空欄の子どもが多かった。その中でも、図3に示す「…〈前略〉…またやりたいです。（児童24）」や「…〈中略〉…塩と砂糖のやつがまだしっかりわからないから気になる（児童44）」のように、自分の考えを確かめることや検証することの楽しさに気付いていると推察できる記述が多数見られた。このことから、自由試行が学習意欲の向上に寄与することが明らかになった。



児童 24

児童 44

図3 学習意欲が見取れる感想例

5.3. 自由試行による子どもの気付きと科学概念構築の寄与

5.3.1. 自由試行による素朴概念の変容

子どもの素朴概念の変容を見取るために、子どもの科学概念の把握を目的とした質問紙調査（以下、質問紙②とする）を授業実践前、自由試行後、及び授業実践後の計3回実施した。今回は調査対象が小学校第3学年であることを鑑み、自由記述式ではなく、四者択一形式の質問紙調査を実施することとした。表7に示すように、質問紙②は計9問からなり、「科学概念Ⅰ」、「科学概念Ⅱ」、「置き方」、「かさ」と重さ」、「量と重さ」、及び「重さが等しい物質」と多岐に渡る項目について尋ねた。また、子どもが質問の意図を的確に把握できるように、適宜写真を提示して回答をするように求めた。

質問紙②の正答率の推移は表8に示す通りである。自由試行後に大きな変化が見られた項目は、科学概念Ⅰに該当する④（せんべいの形を変えた時の重さ）、⑧（粘土の形を変えた時の重さ）、及び科学概念Ⅱに該当する⑨（同じ入れ物に入れた粉の重さ）である。科学概念Ⅰ・Ⅱに該当する項目の正答率が大幅に上昇

表7 質問紙②の質問項目とその内容

類型	番号	質問内容
科学概念Ⅰ	②	体重計の上で 1 シャがむ, 2 せのび, 3 両足立ち, 4 同じ
	④	せんべいを 1 わらない, 2 5つにわる, 3 こなごなにわる, 4 同じ
	⑧	粘土の形が 1 丸い, 2 平たい, 3 細かく分ける, 4 同じ
科学概念Ⅱ	①	1 鉄製のスプーン, 2 木製のスプーン, 3 プラスチック製のスプーン, 4 同じ
	⑨	同じ入れ物に入れた 1 塩, 2 砂糖, 3 小麦粉, 4 同じ
置き方	③	ペットボトルの蓋を 1 上にする, 2 横にする, 3 下にする, 4 同じ
かさと重さ	⑤	1 280ml の水, 2 500ml の水, 3 1L(1000ml)の水, 4 同じ
量と重さ	⑥	1 40g の鉄, 2 60g の鉄, 3 110g の鉄, 4 同じ
重さが等しい物質	⑦	1 65g の鉄, 2 65g の綿, 3 65g の木, 4 同じ

していることから、自由試行による子どもの気づきが科学概念構築に寄与することが示唆された。しかしながら、①(様々な材質のスプーン)や②(体重計の乗り方を変えた時の重さ)は④、⑧、⑨と同様の概念を尋ねているにもかかわらず、正答率が低下したり上昇率が低かったりしている。そのため、自由試行のみで科学概念を構築するには限界があることも明らかになった。また、その原因は、自由試行の中で試す事柄が子どもによって異なること、子どもなりに試した実験の精度が低いために誤った結果となったこと等が考えられる。

授業実践後は、⑦(重さが等しい鉄、綿、木の重さ)と⑨を除く全ての項目で、正答率が最も高くなった。自由試行での気づきを基に再度条件を揃えて実験をしたことが正答率の高さに影響していると考えられる。このことから、自由

試行による子どもの気づきを基に考案した授業展開も科学概念構築に寄与することが示唆された。しかしながら、「入れ物に砂糖を半分入れたら 75g、小麦粉は 27g、塩は 68g だった(児童 27)」のように、自由試行で誤った知識を得た子どもの中には、授業実践後も考えが変容せず、素朴概念を保持し続けた子どもも存在した。このことから、自由試行で誤った知識を得た場合には、素朴概念を強固にする可能性があることも分かった。そのため、それらの子どもに寄り添い、指導をしていくことの重要性が明らかになった。

5.3.2. 単元末テストの結果について

単元末にあたる第五次では、本授業実践を行った K 小学校が採用している東京書籍の理科教科書の内容に準ずる業者テストの他に、自作の単元末テストを行った。業者テストの所要時間は 30 分程度であり、全員が回答を終えたことを確認の上、回収した。また、自作の単元末テストは、授業実践内で扱っていない物質の形や異なる物質の重さについて二者択一形式で問うた 3 つの設問から構成されており、科学概念Ⅰ・Ⅱを様々な文脈で適用できているかを見取る内容となっている(図 4・5 参照)。所要時間は 10 分程度であり、業者テスト同様、全員が回答を終えたことを確認の上、回収した。

表 9 に示すように、業者テストでは、知識の定着を図る表面、及び思考力の定着を図る裏面のどちらにおいても、多くの子ども(表面 41

表8 質問紙②の正答率の推移

類型	番号	正答率(%)		
		実践前	自由試行後	実践後
科学概念Ⅰ	②	45.5	50.0	75.0
	④	24.4	85.7	88.6
	⑧	31.1	90.5	95.3
科学概念Ⅱ	①	81.8	81.0	88.6
	⑨	22.7	95.5	79.1
置き方	③	36.4	66.7	84.1
かさと重さ	⑤	97.8	95.2	100.0
量と重さ	⑥	97.8	95.2	97.7
重さが等しい物質	⑦	55.6	76.2	50.0

名、裏面 39 名) が既習内容を十分に理解していると認めることができる得点 (80/100 点以上) を獲得している。このことから、子どもが実際に体験した形や物質に関する科学概念 I・II の理解度は高いことが明らかになった。

さらに、自作の単元末テストに関しても多くの子ども (36 名) が 8/10 点以上の得点を獲得しており、多くの子どもが様々な文脈で科学概念 I・II を適用できることも明らかになった (表 10)。この結果に自由試行が寄与したことを本研究で得られたデータから断定することはできないが、自由試行を通して、様々な物質で科学概念 I・II を子ども自らが導きだしたことで、これらの概念が一般化されたのではないかと推察できた。

表9 業者テストの得点分布

得点(点)	人数(%)	
	表面	裏面
100 (50)	34(77.3)	26(59.1)
90 (45)	4(9.1)	0(0.0)
80 (40)	3(6.8)	13(29.5)
70 (35)	1(2.3)	1(2.3)
60 (30)	1(2.3)	3(6.8)
50 (25)	0(0.0)	0(0.0)
40 (20)	1(2.3)	1(2.3)

N=44

表 10 自作の単元末テストの得点分布

得点(点)	人数(%)
10	26(57.8)
9	0(0.0)
8	10(22.2)
7	2(4.4)
6	4(8.9)
5	0(0.0)
4	3(6.7)

N=45

また、自作の単元末テストの設問ごとの正答率に目を転じてみると、同様の科学概念を尋ねている設問 1 と 2、設問 3 の①と②でも正答率が異なることが分かる (表 11)。図 4・

5 に示す児童 30 や児童 33 のように、同様の科学概念について尋ねているにもかかわらず、どちらかのみ正答している子どもが一定数存在することが明らかになった。しかしながら、これらの子どもの多くは、設問 2 に関して水と氷を別の物質だと認識していたり (児童 30)、設問 3 の②に関して「金」という物質が何かを認識できていなかったりすることで、科学概念 I・II を適用できておらず、科学概念 I・II を必ずしも一般化できていないとは言えないことが明らかになった。

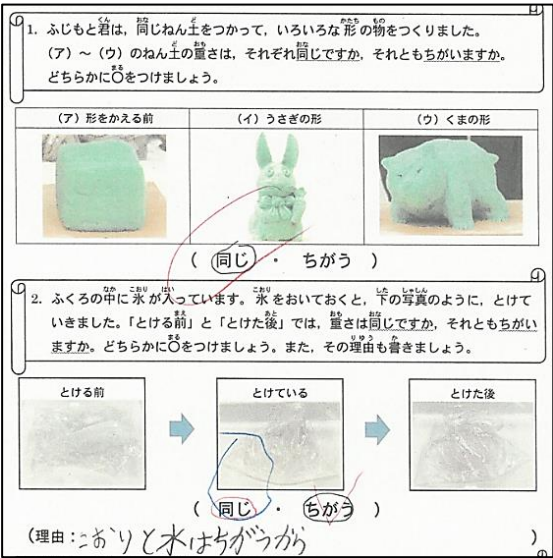


図 4 設問 1、2 における児童 30 の回答
* 設問 1、2 は科学概念 I を問う設問である

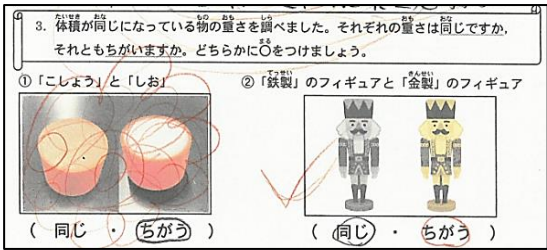


図 5 設問 3 の①②における児童 33 の回答
* 設問 3 は科学概念 II を問う設問である

表 11 自作の単元末テストの正答人数

	科学概念 I			科学概念 II	
	設問 1	設問 2		設問 3	
		選択	理由	①	②
人数	44	40	30	43	37
(%)	(97.8)	(88.9)	(66.7)	(95.6)	(82.2)

N=45

また、設問2に関して、選択問題を正答している一方で、その理由を誤っている子どもが10名存在した。主な誤答例は無回答であり、自由試行やその後の授業展開により科学概念Ⅰ・Ⅱの理解に至ったとしても、原理の理解までは至らない児童が一定数いることが明らかになった。そのため、第二次以降の授業展開において、原理を追及する場面を意図的に設定する必要性も明らかになった。

6. 成果と課題

本研究では、自由試行から多くの子どもが科学概念Ⅰ・Ⅱに関連する気づきを得られると共に、それらの気づきを基にした授業展開が科学概念構築の一助となりうることを明らかにした。また、理科学習の入門期にあり、既有知識やベース経験の乏しい小学校第3学年の子どもにとって、自由試行はベース経験の拡張を担う重要な役割を果たすことも、本研究を通して理解できた。

しかしながら、与えられた道具を用いるだけに留まり気づきを得られない子どもも一定数存在した。そのため、自由試行では子どもに活動の視点を持てるような助言を授業者が行う場面も必要だが、本研究の授業実践では一人ひとりの活動を把握し、支援をすることができていなかった。さらに、自由試行により得られた科学概念Ⅰ・Ⅱに関連する気づきの中には、実験精度の低さに起因する科学的な誤りを含む気づきも存在した。これらの気づきを得た子どもの中には、授業実践後も考えが変容しなかった子どもも存在し、自由試行が素朴概念を強固にする可能性があることもわかった。

今後は、森本・松森・堀田(1984)が作成した評価内容分析表を基に独自の評価内容分析表を開発し、子どもの活動がどのフェーズにあるのかを見取り、支援するための方法を開発する必要がある。課題の改善を検討し、研究や実践を継続していきたい。

謝辞

本研究の実施に際し、お忙しい中、質問紙調査及び授業実践の機会を提供していただいたK小学校の先生方や第3学年の子どもたち、その保護者の皆様に心より御礼申し上げます。

参考・引用文献

- 石井恭子(2014)「科学教育における科学的探究の意味—D.HawkinsによるMessing About論をてがかりに—」教育方法学研究, 39, 59-69.
- 柿島佳祐(2013)「小学校理科における力概念変容のための指導方法の研究—第6学年単元『てこのはたらき』より—」山形大学大学院教育実践研究科年報, 4, 58-65.
- 加藤尚裕(2000)『『振り子の特性』に関する概念形成の研究—自由試行を中心にして—」理科教育学研究, 40(3), 1-11.
- 文部科学省(2017)『小学校学習指導要領解説 理科編』大日本図書, 31.
- 森本信也・松森靖夫・堀田尚美(1984)「低学年理科学習評価に関する考察—『自由試行』に基づく学習活動を中心に」横浜国立大学教育紀要, 24, 175-197.
- 日本理科教育学会(1978)『現代理科教育大系4』東洋館出版社, 114.
- 佐藤琢朗・雲財寛・稲田結美・角屋重樹(2018)「深い興味を喚起させる小学校理科学習指導に関する研究—自由試行を学習活動の起点として—」日本体育大学大学院教育学研究科紀要, 1(1・2合併), 123-130.
- 進藤聡彦(2002)『素朴理論の修正ストラテジー』風間書房.