

科学概念構築過程における比喩的表現の役割に関する研究

中西 大生 (M19EP017)

1. はじめに

2020（令和2）年度から全面実施予定の小学校の新学習指導要領解説理科編では、「あらかじめ持っている自然の事物・現象についてのイメージや素朴な概念などを、既習の内容や生活経験、観察、実験などの結果から導き出した結論と意味づけたり、関係づけたりして、より妥当性の高いものに更新していく」ことが求められている（文部科学省，2017）。また、これまでの全国学力・学習状況調査の結果から、「判断の根拠や理由を示しながら自分の考えを述べることについて課題」があることも明らかになっている。このような現状から、理科学習場面での学習問題に対する予想・仮説の場面や考察の場面において、子ども自身が根拠や理由を示して自分の考えを説明することが、今以上に必要とされている。そこで、本研究では比喩的表現に着目した。子どもの比喩的表現には、学習者が説明し難い自分の考えの「根拠」や「理由」を他者（教師，他の子ども）に伝える際の一助となることがこれまでの先行研究により明らかになっているからである。松尾・樋口・佐藤（2016）は小学校第3学年理科「物と重さ」の学習において、「モデル（イメージ）図の作成と更新」「話し合い活動」などの活動を取り入れることで、「子どものモデルの作成と共有による更新は、子どもが根拠や自分なりの説明の術をもち、物質の性質を理解する一助になった」と比喩的表現の一つであるモデル構築の利点を説明している。

また、比喩的表現には、表現の自由度を高めるだけでなく、理科学習において様々な役割を果たす可能性があることがこれまでの国内外の研究で明らかになっている。例えば、

メタファについては、森本・三宅（2010）が、「概念の自覚性と随意性を促進させる機能がある」と報告している。また、齋藤・黒田・森本（2017）は、「概念的理解を補強し、理解を理にかなったものにする機能がある」「新しい概念の構築や再構築を目指す機能がある」とメタファが理科学習において果たす役割を明らかにしている。アナロジーについては、佐藤（2017）が、「類似点を複数見だし、『同様である』と見立てることで、事象に対する理解を早めることを試みることができる」と指摘している。メンタルモデルについては、佐藤（2017）が、「子どもによるモデル構築は、自らが『説明したいこと』を自身の持つ情報（知識・概念、場合によってはイメージ）で表現したものである」と指摘している。一方で、中山（1998）は、「あらゆるメタファが科学の説明に有効なわけではない」という比喩的表現の限界も指摘している。

2. 研究目的

本研究では研究目的として以下の2つを設定した。

- (1) 学習場面（理科授業）での子どもの比喩的表現を用いた表現に着目し、それらの表現がどのような根拠や理由に基づいているのかを明らかにする。
- (2) (1)で明らかになった子どもの考えをふまえて、科学概念の獲得のためにはどのような教授・学習論的なアプローチが必要とされるのかを探る。

3. 研究方法

本研究では、研究目的を達成するために、子どもの科学概念構築における比喩的表現の有用性や課題に言及した先行研究を精査する

こととした。そして、現在の理科教育における課題の改善と先行研究の成果と課題をふまえて、科学概念構築過程における比喩的表現の役割について、次のような仮説を設定した。

仮説 1 : 比喩的表現を用いることで、子どもが自分の考えの根拠を示すことができる
仮説 2 : 教師が子どもの比喩的表現を適切に読み取ることが出来れば、子どもの考えを共有したり、不足している情報を与えたりする等の学習問題に対する足場かけができる

また、授業実践にご協力していただける実習校での配当学年とその学年の理科の学習内容の中で、子どもの比喩的表現が科学概念構築に寄与すると考えられる単元を考慮した結果、第6学年理科「水よう液の性質とはたらき」の学習での授業実践における子どもの学びの様態を分析対象とすることとした。

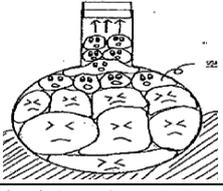
そこで、本研究では、以下の i) ~ iii) の方法で研究を実施することにした。

- i) 比喩的表現の活用に関する子どもの実態把握や「水よう液の性質とはたらき」に関する学習のレディネスを把握するために、他単元の授業の参与観察及び質問紙調査を実施し、それらの結果を分析する。
- ii) 上記 i) をふまえて、理科授業で用いるためのワークシートを作成し、「水よう液の性質とはたらき」の理科授業デザインを立案・実践する。
- iii) 授業実践時に用いたワークシートの記述内容（予想や考察）から、子どもの比喩的表現が科学概念（「水溶液」に関する概念）構築にどのように寄与するのかを、子どもの表現の変容に着目し分析する。

4. 質問紙調査から明らかとなった子どもが自分の考えを説明する際の比喩的表現の活用状況

- (1) 質問紙調査の期間・対象・内容・方法
令和元（2019）年9月に、K 市立 R 小学校

表 1 調査内容の概要

問	内 容
1	水に溶解した食塩が目に見えない理由を、絵や文章を用いて説明するように求めたもの。
2	「ある子どもが描いた」右図は何を説明しようとしているのかについて、自分の解釈を説明するように求めたもの。 
3	「水の量を増やすと、食塩が水に溶ける量はどのようになるのだろうか」という問題を設定し、その際の①予想、また、実験での実験結果を示して、それらの結果を②どのようにまとめるかについて、説明するように求めたもの。最後に③考察について説明するように求めたもの。

第6学年2クラス51名（男29名、女22名）の児童を対象として、質問紙調査を実施した。表1に本質問紙調査の内容や意図を示す。調査は制限時間（約15分）を設けて実施した。回答方法は自由記述である。

(2) 分析の視点

問1では子どもが自分の考えを説明する際に絵図（モデル図・イメージ図）の活用の状況を、問2では「空気は温められると体積が大きくなること」の解釈の状況を、問3では子どもが自分の考えを説明する際の比喩的表現の活用の状況を、質問紙調査の分析の視点とし、記述内容を分析した。

(3) 調査結果

①質問1について

質問1では、正しい科学的認識（正答）を「物の形が水の中で見えなくなるほど小さくなって、液全体に広がる（毛利ら、2017）」とし、同様の記載がみられるものも正しい科学的認識を保持していると分類した。この質問1における子どもの表現方法と科学的認識の正誤の結果を表2に示す。正しい科学的認識をもった子どもの中では、図1に示したように自分の考えを「イメージ（モデル）図と命題」で表現した子どもが他の表現と比較すると多いことが理解できた。しかしながら、自分の

考えを「イメージ（モデル）図と命題」で表現した子どもにも誤った認識を保持している子どもも多く、「命題」、つまり、文章だけで説明しようとした子どもの多くは、誤った科学的認識（あるいは、不十分な科学的認識）を保持していたことも明らかとなった。このことから、イメージ（モデル）図を用いて命題とともに現象を可視化してイメージをもつことで長期的な記憶への一助になるように、子どもを支援する必要性があることが、調査結果から理解できた。（イメージ（モデル）図は自分の考えを表すために描かれた絵図であり、描画は問題文にある現象を描いただけに留まる絵図として、2種の絵図を区別した。）

表2 水に溶けた食塩についての説明方法

子どもの表現方法	割合（人数）	
	正しい認識	誤った認識
イメージ（モデル）図と命題	15.7%（8）	17.6%（9）
描画と命題	5.9%（3）	9.8%（5）
命題のみ	5.9%（3）	43.1%（22）
無回答	—	2.0%（1）

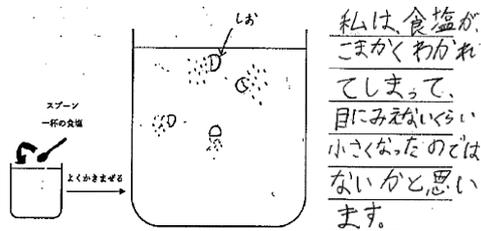


図1 イメージ（モデル）図と命題による表現の例

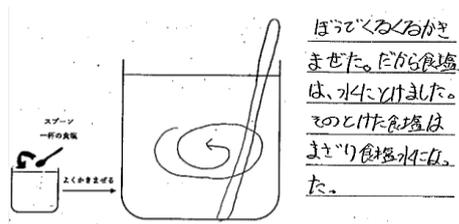


図2 描画と命題による表現例

②質問2について

質問2における正しい科学的認識は、「温められた空気の体積は大きくなる。」であり、子どもの描いた図として示した図には、体積が

大きくなることと以外の情報も意図的に含めている。この質問2の回答内容を分類した結果を表3に示す。提示された図より「空気は温められると体積が大きくなり、それに伴って上の空気が押し出されそうになっている」ことを読み取ることができた子どもは、41.2%（21名）存在した。また、「空気は温められると体積が大き（密度が小さ）くなり、上昇する」と回答した子どもが9.8%（5名）存在した。

また、「フラスコをお湯につけると、空気のたいせきは上に行くから（児童12）」のように、空気の体積が大きくなることに言及せず、上にいくと解釈した子どもが45.1%（23名）存在した。これらの子どもは、「温められた空気は上昇する」との認識を保持しており、温められた空気が熱を伝えるときの「対流」と混同して回答したことが推察される。また、質問1での現象の描画（図2）と同様に、「このフラスコの中には、空気のたいせきがぎゅうぎゅうに入っていて苦しそうです。（児童6）」のような、提示した絵図の様子を他の子どもに伝えるだけの子どもも少ないが存在していた。

調査対象の子どもも多く（96.1%（49名））が、他者が絵図により伝えようとしていることを読み取るうとすることは理解できたが、このときに子どもがする解釈は、自身の保持している科学的概念に依拠している可能性があることも同時に理解することができた。

表3 質問2における児童の回答内容

記述内容	割合（人数）
体積が大きくなり、押し出される	13.8%（7）
体積が大きくなり、外へ出ようとする	27.4%（14）
体積が大きくなり、上にいく	9.8%（5）
温められた空気は上に行く	45.1%（23）
絵の解説	3.9%（2）

③質問3について

質問3は、「水の量を増やすと、食塩が水に溶ける量はなるのだろうか」という問題

解決の一連の流れと実験結果を示し、その際の①予想、②結果のまとめ方、③考察について、子どもの考えを回答させたものである。この質問における子どもの回答を分類したものを、①予想は表4に、②結果のまとめ方は表5に、③考察は表6に、それぞれ示す。

①予想では、表4に示すように、自分の考えについての理由を、命題のみで回答し、予想の根拠を示さない子どもが72.6% (37名)と最も多く存在することが示された。一方で、「水には器が存在していてその器は水が多ければ多いほど大きくなると思うから(児童3)」のように比喩的表現を用いて考えの根拠を説明した子どもは3.9% (2名)に留まった。

また、②結果のまとめ方では、表5に示すように、示された実験結果を、表やグラフで表現し直す子どもは7.9% (4名)と想定より少数であった。問題解決において、実験結果を表やグラフで表現することは、比較したり、傾向を読み取ったりするために非常に重要なことである。また、結果を仲間と共有す

表4 子どもの予想についての表現内容

記述内容		割合 (人数)
命題のみ		72.6% (37)
命題とその理由	比喩的表現なし	19.6% (10)
	比喩的表現あり	3.9% (2)
その他		3.9% (2)

表5 子ども達の実験結果の表現方法

表現方法	割合 (人数)
表	5.9% (3)
グラフ	2.0% (1)
絵図	2.0% (1)
文章のみ	88.1% (45)
無回答	2.0% (1)

表6 子どもの考察についての回答内容

回答内容		割合 (人数)
分かったこと (命題のみ)		78.4% (40)
結果の原因についての言及	絵図と命題	1.9% (1)
	比喩的表現あり	1.9% (1)
	比喩的表現なし	1.9% (1)
その他		15.9% (8)

る際にも、わかりやすくまとめることが求められる。調査結果からは、調査対象の子どもが多くが、実験結果を表やグラフ示すことで、変化の傾向を読み取りやすいという利点を感じていないことが推察される。

そして、③考察では、①と同様の分類の視点で、回答内容を分類した。表6に示したように、考察場面において「結果がなぜそうなるか」に着目し、比喩的表現を用いて考察を記した子どもは1.9% (1名)のみであり、子どもが考察で記すべき内容であると考えていることの多く (78.4% (40名)) は「分かったこと (命題のみ)」であり、実験結果 (現象) が生じた要因やプロセスを自分なりに解釈し、表現する必要性を感じていないことが結果から理解できた。

④子どもの実態を踏まえた授業実践の留意点

質問紙調査の結果から、授業実践対象 (調査対象) の子どもも多くは、考察等の自分の考えを説明する際に、理解した内容の補足として、実際に観察可能な実験や現象の様子を絵図として描画するに留まることが示された。そのため、授業実践においては、絵図を用いて「何を書くのか (描くのか)」つまり、液中での物質同士の関わりを可視化して表すこと、考えの根拠を示すことを明確にして、イメージ図やモデル図等を用いて、自分の考えの自由度を高めるためのツールを用いるようにしたいと考えた。

5. 授業実践概要

(1) 授業実践の対象・期間

本研究における授業実践は、K市立R小学校第6学年2クラス49名 (男27名、女22名：ビデオ撮影・ワークシートの記述分析の了解が得られた児童のみ) を対象に、令和元 (2019) 年10月～11月に実施した。

(2) 授業実践単元について

本研究の授業実践場面で立案した学習指導計画を事頁の表7に示す。分析対象とした学習場面は、第4次「取り出した固体の正体は

何だろう（2時間）」である。

第一次においては、主に、「水溶液には、酸性、中性、およびアルカリ性のあるものがある（文部科学省，2017）」ことを学習した。第二次においては、「水溶液には気体が溶けているものがあること（文部科学省，2017）」を学習し、気体も固体と同じように目には見えないが、液全体に広がって溶けていることを確認した。第三次では、1，2時間目において、「水溶液は金属を変化させるはたらきがあるのだろうか」という問題解決を行った。3時間目では、塩酸にアルミニウムを溶かした液を蒸発させ、溶けている物を取り出す実験を行った。すると、固体を取り出すことができたが、それがもとのアルミニウムと同じかどうかは定かではないという結論に至った。4，5時間目においては、「取り出した固体はもとのアルミニウムと同じだろうか」という問題解決の中で、「電気が流れるか確かめる」「塩酸に溶けるか確かめる」「磁石につくか確かめる」「水に溶けるか確かめる」等様々な検証実験を計画し、実践した。その結果、図3のような実験結果を得ることができた。そして、「塩酸にアルミニウムを溶かした液から取り出した固体」がもとのアルミニウムとは異なるものであることを、実験を通して明らかにした。しかし、子どもは泡の正体について、アルミニウム、空気、二酸化炭素、塩酸等の考えを挙げていた。

さらに、第4次1時間目においては、塩酸にアルミニウムが溶けていく際に発生する

「泡（気体）」の正体を明らかにするため、「泡（気体）」を採集して、「冷却する」実験や「マッチの火を気体に近づけ、急激に燃焼（爆発）させる」実験を実施した。これらの実験から、子どもは、発生した「泡（気体）」がアルミニウムや空気ではなく、「水素」であることを学習した。同時に、塩化水素が「塩化」と「水素」の2つに分かれているのではないかとという仮説を立てた。

2時間目においては、「塩酸にアルミニウムを溶かした液から取り出した固体の正体は何だろう」という学習問題に対する自分の考えを二度表現するように指導した。1回目は、問題解決における予想に相当し、現時点での自分の考えとその根拠を表現するよう支援した。1回目の表現後、班内でワークシートを交換し、互いの表現を読み合い、共有した。この際、他者の分かりやすい表現は自分の表現に取り入れたり、分からない所は質問して話し合ったりするよう支援した。

また、イメージ図を用いて液中で生じている現象の可視化を試みたり、物質同士が離れ

	電気を通す	塩酸に溶ける	水に溶ける	じしゃくにつく	重さ
もとのアルミニウム	○	○	×	×	0.2g
取り出した白い固体	×	○	○	×	1.0g

結果を○か×で書いてみよう。気づいたことは空いているところに書いてみよう。

図3 第3次における実験結果

表7 「水溶液の性質とはたらき」の単元指導計画

授業時数	学習問題	学習内容
第1次	4	無色透明な5つの水溶液（塩酸、食塩水、砂糖水、炭酸水、アンモニア水）を見分けることができるだろうか
第2次	3	二酸化炭素（気体）は水の中にどのように溶けているのだろうか
第3次	5	水溶液は金属を変化させるはたらきがあるのだろうか
第4次	2	塩酸にアルミニウムを溶かした液から取り出した固体の正体は何だろうか

註) 二重線で囲まれた小単元が本発表で分析対象とした授業

● 無色透明な5つの水溶液を、におい、溶けている物、性質（リトマス紙の活用）に着目して見分ける問題に取り組む。

● 水に二酸化炭素を吹き込んだ液を石灰水に通すなどして、気体が溶けた水溶液があることを調べる。

● 塩酸にアルミニウムを溶かし、水溶液には金属を変化させるはたらきがあることを調べる。

● 塩酸とアルミニウムの液中での反応に対する自分なりの考えを絵図や文章で表現する。（個人で表現を行った後、班や全体で共有し、再度表現する機会を与えた。）

たり（分解したり）、結びついたり（結合したり）する理由について、比喩的表現を用いて説明した考えを全体で共有した。その後、2回目の表現活動を行った（2回目は、問題解決における考察に相当する）。1回目の考えの共有を受けて、学習問題に対する考えの合意形成が学級全体で図れるように支援した。

（3）イメージ（モデル）図の導入の工夫

イメージ（モデル）図の導入が学習内容の理解の一助となるのは、表7の単元指導計画の第2次～第4次である。しかし、自分なりのイメージを絵図に示すことや、思考をモデル化して絵図を描くには、子どもが描くことに習熟している必要があり、即時に活用していくことは困難であることが想定された。そこで、子どもが絵図を活用して自分の考えを表現できるように、次のような工夫を行った。

① 表現の自由度を高めるための工夫

本研究では、図4のようなワークシートを作成し、単元を通して学習の際に活用した。このワークシートを用いる意図は、子どもが自分の考えを表現する欄を大きく（スペースを十分に）設定し、イメージ図を描くための図を予め用意することにある。

② 表現の自由度を高めるための教師の支援

本研究での授業実践では、表7に示した指導計画の初発から、自分の考えとその根拠を文章と描画も活用して表現するように促した。そして、子どもがお互いの表現から学び合うことが出来るように、子どもの表現を書画カ

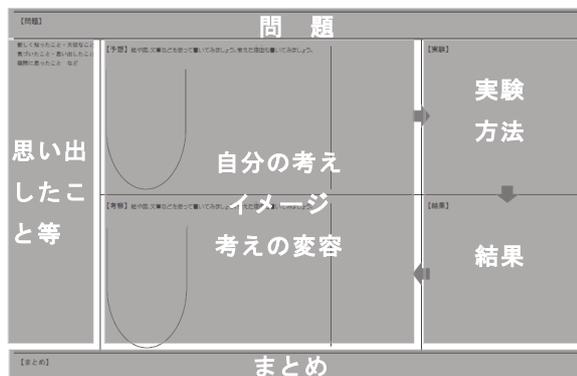


図4 授業実践に用いたワークシート

メラやテレビ等の ICT 機器を活用して提示しながら、発表できるように支援した。具体的には、第1次では、徐々に子どもの考察の表現の自由度を高くしていくために、モデル図だけでなく、実験の様子を描画等も許容し、絵図を描くことに慣れさせた。また、第2次では、多くの子どもが、水に溶けた二酸化炭素を、粒や○印を描いて表現していた。実際には「目に見えないもの」を自分の考えを説明するために用いてよいことを示すために、子どもの溶けた二酸化炭素の表現（粒や○の描画）を価値づけて子どもの考えを共有した。第3次では、「塩酸に溶けたアルミニウムはどこへ行ったのだろう」に対する予想場面において、図5のように、「(水の)中にとけている」「物質が結びついている」という考えの根拠を、比喩的に表現する子どもも見られるようになった。そこで、図5の子どもの考えを、表8に示すような対話を通して、学級全体で共有していくことで、同様に絵図や比喩的な表現を用いて自分の考えやその根拠を説明すると他者も考えを理解しやすいということを、子どもに示した。

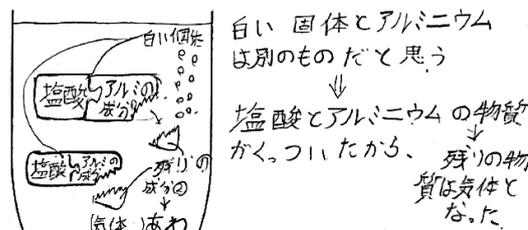


図5 第3次に表出したパズルの比喩を用いて考えの根拠を説明した子どもの表現

表8 子どもの考えの交流場面での発話内容

発話者	内容
01T01	だれか説明してくれる人はいないかな。
02C01	(イメージ図をテレビに映しながら) ぼくは取り出した固体とアルミニウムは別のものだと思います。理由は、アルミニウムを塩酸の中に入れると、塩酸によってアルミニウムは分解されて、分解された物質のうち、一つは塩酸と結びついて、もう一つは気体になって泡になっていきます。どうですか。どうですかということで、同じ人も違う人もいると思います。
03T01	図のこれは何かな？
04C01	それはただ組み合わせさっている。
05T01	パズルみたいな？組み合わせさっているということなんだね。

6. 授業における子どもの科学的思考と表現

本研究で分析対象とした授業（表7の第4次）について、子どもの表現の分類から、子どもの科学的思考（科学概念構築過程）を述べていくこととする。第4次では、第3次で学習した塩酸とアルミニウムの液中での反応

表9 子どもの表現の分類

類型	表現から読み取れる子どもの科学的思考
I	<p>塩酸にアルミニウム片を入れた実験の結果は理解できている。さらに、「なぜ塩化水素は『塩化』と『水素』に分かれるのか」という現象の要因について着目し、そのプロセスを説明するために比喩的表現を用いる。</p>
II	<p>実験の結果は理解できている。しかし、現象がどうして生じたかではなく、明らかになった事実のみに関心があるため、事実を補足する絵図を書き入れて、自分の考えの根拠を示す。</p>
III	<p>類型Iに近い考えではあるが、自分の考えを表現する際に必要な情報を欠いているために、言葉による説明が不足している。</p>
IV	<p>類型IIに近い考えではあるが、自分の考えを表現する際に必要な情報を欠いているために、言葉による説明が不足している。</p>
V	<p>上記の類型I～IVに当てはまらない表現や無記入の子どもであり、実験結果の理解が不十分となっている可能性もある。</p>

について、自分なりの考えを示すことから学習をはじめた。このとき、絵図を用いて考えの根拠を示している子どもの記述を、表9に示すI～IVのように分類した。

個々の考えを学級で共有する前の段階では、正しい科学的認識か否かは別として、自分の考えに対する根拠を、絵図を用いて説明した子ども（類型I～IV）は65.2%（32名）であった。子どもの考えの共有後には、自分の考えの根拠を、絵図を用いて説明した子どもは86.0%（43名）に増加した（図6）。

小学校段階の理科学習において求められていることは、類型Iや類型IIのように、自分の考えの根拠を説明できるようになることである。そこで、類型IIIの子どもが類型Iに、類型IVの子どもが類型I、あるいは類型IIのいずれかのような表現が可能になるように、子どもの考えを共有することとした。

考えの共有活動後の子どもの表現では、図6のように自分の考えとその表現を変容させた子どもが見受けられた（共有前：類型IV（16名）→共有後：類型I（1名）、類型II（8名）；共有前：類型III（1名）→共有後：類型I）。また、第4次での学習問題に対する子どもの

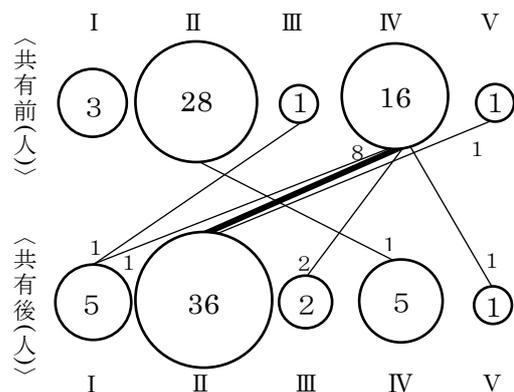


図6 共有前後の子どもの根拠の変容 (n=49)

表10 学習問題に対する子どもの考え (n=49)

類型	予想の内容	共有前	共有後
A	「塩化」とアルミニウムが結びついたもの	63.3% (31)	79.6% (39)
B	塩酸とアルミニウムが結びついたもの	12.2% (6)	8.1% (4)
C	その他	24.5% (12)	12.3% (6)

予想と共有後の結論に相当する考えを、表 10 に示す。小学生の考えとして十分に満足できる科学概念に類似する類型 A の考えを示す子どもは、第 4 次の授業実践を通して、16.3% (8 名) 増加したが、約 20% の子どもは科学概念を構築することができなかった。

7. 成果と課題

これまでに述べてきた検証授業における子どもの科学的思考と表現から、本研究における研究仮説について検討していく。

仮説 1 「比喩的表現を用いることで、子どもが自分の考えの根拠を示すことが出来る」については、表 9 の類型 I のような比喩的表現を用いることで、自分の考えた実験結果が生じた要因に着目し、そのプロセスを説明しようとする子どもが少数だが存在した。「塩化水素は『塩素』と『水素』で構成されている」という科学概念や「物質の電離」「イオン」といった科学概念を用いて説明することは、小学校第 6 学年の子どもは未習であり、困難なことである。しかし、未知の「塩化（塩素）と水素の分離」、「アルミニウムと塩素の結合」を、既知の恋愛やパズルに「見立てる」ことで類推し、説明した子どももいた。このように、子どもが未知の現象を理解するための根拠としての比喩的表現は、科学概念構築を橋渡しすることが改めて確認できた。

一方で、類型 II の記述（描画）に留まった子どもは、自分が説明しようとしている内容が既に明らかとなった実験結果であったため、比喩的な表現を用いる必要性を感じていないことが記述内容から読み取れた。表 9 の類型 I と類型 II の差異は、「何を説明すべきか」に関する子どもの捉え方の違いによるものだが、学習指導の面では、課題が残った。

また、仮説 2 「教師が子どもの喩的表現を適切に読み取ることが出来れば、子どもの考えを共有したり、不足している情報を与えたりする等の学習問題に対する足場かけができる」については、上述のように、自他の考えの共有後に、自身の説明に関する表現を

容させ、自分の考えに根拠をもつことのできた子どもや、科学的に正しい認識へと変容した子どもが存在したことから、比喩的表現を適切な読み取り、つまり、子どもの考えの適切な評価とその共有は、子どもの科学概念構築過程において有益であること改めて理解できた。しかし、自他の考えの共有後においても、依然として、表 10 の類型 B のように科学的に誤りのある認識を保持し続けた子どももあり、子どもに不足している情報を提供するための手立てについては、改善する余地が大いにある。理科学習場面において、子どもに自然現象が生じたプロセスについても着目させる教授方略や授業実践上の課題は、今後も研究を継続することで改善していきたい。

謝辞

本研究の遂行に際し、質問紙調査や授業実践の機会を設けていただきました甲斐市立竜王東小学校の渡辺良仁校長先生、佐野伸二教頭先生、理科の教科指導を中心にご指導していただきました中村忠廣先生、学級経営や教科指導をご指導していただきました松井和泉先生、竜王東小学校の先生方、6 年生の児童とその保護者の皆様に、御礼申し上げます。

引用文献

- 松尾健一・樋口麻美・佐藤寛之 (2016) 「モデル作成と更新にみる子どもの物質概念の萌芽に関する考察」、『日本科学教育学会研究報告』Vol.30, No.4, 15-18.
- 森本信也・三宅勇輝 (2010) 「子どものイメージから構想する『音』についての科学概念形成とその理科学習論的考察」、『日本科学教育学会研究報告』Vol.24, No.3, 69-72
- 文部科学省・国立教育政策研究所 (2015) 「平成 27 年度 全国学力・学習状況調査 調査結果のポイント」, <https://www.nier.go.jp/15chousakekkahoukou/hilights.pdf> (accessed 2019.04.21)
- 文部科学省 (2017) 『小学校学習指導要領解説理科編』, 12-19, 東洋館出版社.
- 毛利ら (2018) 『新編 新しい理科 6』, 93, 東京書籍
- 中山迅 (1997) 「子どもの科学概念の比喩的な構成」, 『科学教育研究』Vol.22, No.1, 12-21.
- 齋藤祐一郎・黒田篤志・森本信也 (2010) 「科学概念構築における自覚性と随意性に寄与するメタファーの機能」, 『日本科学教育学会研究会研究報告』Vol.24, No.3, 35-40.
- 佐藤寛之 (2017) 「子どもの表現 (モデル図) から小中理科の接続を考える」、『教科研究理科』204, 6-7.