

研究論文

科学概念構築過程における類推的思考の活用に関する一考察

— 小学校第6学年「水溶液の性質」と「電気の利用」の学習から —

佐藤 寛之* ・ 峰 福太郎**

A Consideration on the Using of the Analogy in Science Learning Process :
Analysis on the Process of Constructing Conception of "Properties of Aqueous
Solutions" and "Use of Electricity"

Hiroyuki SATO* and Fukutaro MINE*

【要約】

本研究では、小学校の理科授業場面における子どもの比喩的表現を通じた科学概念構築過程における類推的思考の活用に関する知見を得ることを研究の目的とした。本研究の成果として、子どもが類推的思考を活用するためには授業者が意図的な学習支援が必要であることと、多くの子どもは学習問題を多面的に説明できうる推論よりも学習問題のみを十分に説明できる比喩的表現（メタファー）を用いて理解を図ることが明らかとなった。

【キーワード】

科学概念構築, 類推的思考, 比喩的表現, 水溶液の性質, 電気の利用

1. 問題の所在

平成20年3月に改訂され、平成23年4月より全面实施となった小学校理科の学習指導要領では、「科学的な思考力・判断力・表現力」を育成する観点から第6学年の目標の一つとして「推論する能力」の育成が掲げられている¹⁾。

その背景には、経済協力開発機構（OECD）が実施している生徒の学習到達度調査（PISA調査）や国際教育到達度評価学会（IEA）が実施している国際数学・理科動向調査（TIMSS調査）等の子どもの学習状況に関する調査結果があると想起できる。これらの調査において、日本の子どもは、知識・技能や学校カリキュラムで教えられる学習の理解や、科学的な推論の質については国際的にみ

て上位に位置してはいるが、「科学的な思考力・判断力・表現力」の育成の前提となる態度面については課題があること等が示されている^{2) 3)}。

よって、今日の日本の子どもには、「問題解決の能力」を熟達させていくための「科学的な思考力・判断力・表現力」の育成が求められており、単に科学的な知識の習得だけでなく、自然事象についての疑問を認識し、科学的な探求によるプロセスのなかで解決することや、日常経験や既知の学習事項などを活用することが重要視されていると理解できる。

上述の課題を克服するための方策の一つとして、比喩的表現や類推的思考を活用し、「推論する能力」の育成を図ることが考えられる。しかしなが

*佐賀大学文化教育学部

**伊万里市立東山代小学校

ら、小学校学習指導要領が理科の目標の一つとして掲げた「推論する能力」に関しては、どのようなレベルの推論を求めているのかについての本質的な意味や、小学校における隠喩・暗喩といった喩えの表現を超えた類推的思考のもつ学習効果等に関する検討が十分になされているとは、必ずしも言い難い。

そのため、小学校第6学年に求められている「科学的な思考力・判断力・表現力」を育成するための「推論する能力」について、子どもの理科学習における支援の手立てに関して更なる議論が必要となっている。

2. 研究の目的と方法

本研究では、子どもが「推論する能力」を育むための思考を類推的思考と措定し、理科学習場面での子どもの類推的思考が外化されていると想起できる比喩的表現に着目することとした。なぜなら、子どもの類推的思考は、子どもが学習対象となる自然事象について、何かに置き換えて理解を図ろうとした比喩的表現として表出され、子どもの科学的な概念構築を検討するうえで、重要な判断の要因となりうるからである。

そこで本研究では、小学校の理科授業場面における子どもの比喩的表現を通じた科学概念構築過程における類推的思考の活用に関する知見を得ることを研究の目的とした。

具体的には、既習内容の理解とそこでの比喩的表現に関する質問紙調査や、小学校第6学年理科の「水溶液の性質」と「電気の利用（電気の性質とはたらき）」の2つの単元での授業実践から、子どもが科学概念構築に際して類推的思考をどのように活用しているのかを、子どもの比喩的表現から分析することとした。

さらに授業で用いたワークシートでの記述や事後調査にみられる子どもの比喩的表現から、小学校第6学年で目標とされる推論を活用した学習とは、子どもにとって、どのような意味をもつものなのかについても検討を試みることにした。

3. 理科学習場面での類推的思考の果たす役割

理科学習場面においては、学習対象となる自然事象を説明するために、子どもが何か別のものに喩えて理解し説明することも少なくない。この何かに喩えて考え理解する、すなわち、類推的思考（アナロジー）を活用した学習に関して、ウィンストン（Winston, P.H.）は「ある状況に直面する際に、似た状況を思い出し、両者を対応付けて理由づけ（推論）し、学習する」というようなプロセスを経るとしており⁴⁾、ゴスワミ（Goswami, U.）も、チェン（Chen, Z.）らや他の研究者の研究成果を例示しながら、乳幼児の認知活動としてのアナロジーによる学習を説明している⁵⁾。

また、理科学習場面での「喩え」のもつ役割に関して、ホリオーク（Holyoak, K.J.）らのアナロジー導入の視点を援用した佐藤らは、次のように説明した⁶⁾。

子どもが新たな知識を習得する際、彼らが今まで持ち得ていた考え方とまったくかけ離れた視点で知識を獲得することは少なくない。つまり、概念の変容を図る際には、そのなかに子どもにとって論理的な順序性がなければ自分自身の知識とはなり得ないのである。その論理性は順序性のなかにおいて、類推的思考（アナロジー）としての暗喩・隠喩（メタファー）などの「喩え」が重要な役割をもつことが近年示されている。特に、アナロジーは子どもにとっての論理的な順序なしには導入できず、次頁に示す表1に示す順序のように、その導入方法自体が学習の順序を示すものと考えられる。

このように、理科学習場面における類推的思考の位置づけを考えるのであれば、それは子どもの既知の科学的な知識や概念、日常経験と科学概念との結びつけるものに他ならない。佐藤らは、表1やそれらを模式化した図1における「③評価・修正」が、その結合の検証を果たすものであり、評価・修正の過程の充足化こそが類推的思考の成立の鍵であることを報告した。

実際に、この「評価・修正」は個人内で行われ

表1 アナロジー導入の方法

Holyoak, K. J. らによるアナロジー導入の方法に関する説明		適用例（光の反射）
① 選択	子どもが既に理解していること（ベース領域）から喩えようとする対象（ターゲット領域）についての情報を選択すること。	「物体が衝突してはねかえることに似ているな!」と考える。
② 対応付け	ベースとターゲットを対応付けし、ターゲット（子どもがこれから理解しようとする領域・対象）についての推論を行うこと。	「物体の衝突」と「光の反射」について、跳ね返ると進む向きを変えることから類似性を考え、推論する。
③ 評価・修正	推論の評価（受け入れやすいか否かなど）及び修正を行うこと。	実験結果などもふまえ、二つの現象を同様に捉えてよいかを考える。
④ 学習	アナロジーに基づく、より一般的な学習をすること。	光の反射について、粒子論的な解釈から理解を得る。

註) ①～④については、①→②→③の順で行い、修正がなければ④へ、修正があれば①に戻り、①→②→③と繰り返す。

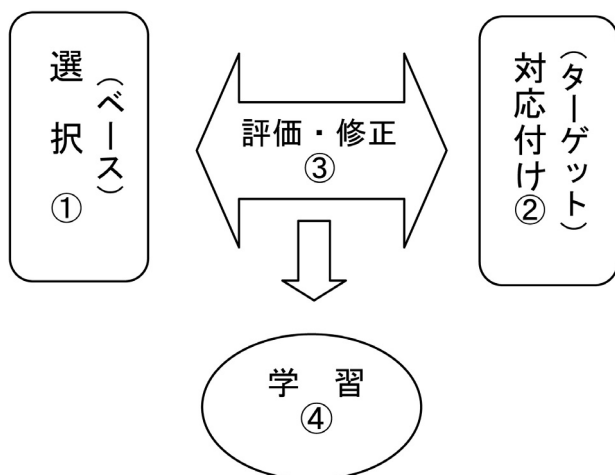


図1 Holyoak, K. J. らのアナロジー導入の方法（模式図）

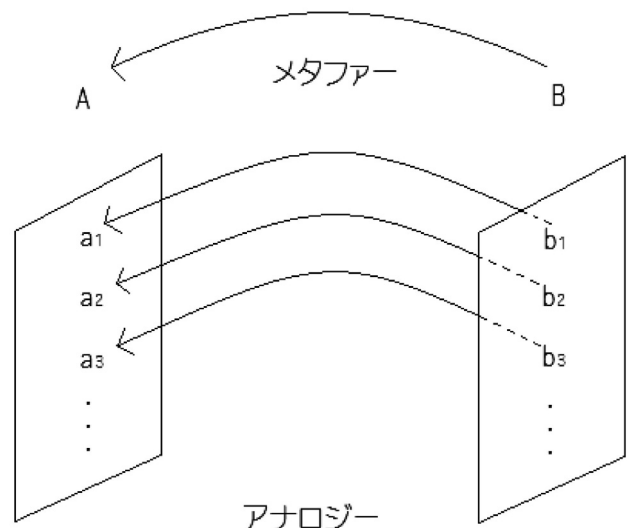


図2 アナロジーとメタファーの様態

る。しかし、理科の学習場面を想起するのであれば、他者（子ども・教師）からの推論の評価に基づき修正を図ることが容易であり、それ故に、より一般性をもつ学習につながっていくといえる。この比喩的表現（アナロジーとメタファー）の様態について、瀬戸は図2のように捉えている⁷⁾。

つまり、メタファーは未知Aと既知Bとの点对応における理解、アナロジーは未知Aの諸特徴（a1～a3）と既知Bの諸特徴（b1～b3）との面对応における理解と位置付けている。

上述のアナロジーやメタファーなどの比喩的表現を用いた理科学習に関する研究報告は、子どもの「科学的な思考力・判断力・表現力」を伸長させ

るための重要な示唆に富む。そこで、これらの先行研究^{8) 9)}で得られた知見を精査することにした。

その精査の結果、類推的思考を活用した授業実践では、子どもの科学的な考えを精緻化するための交流場面を充実させることや、小学校においては主にメタファーやモデルなどの比喩的表現により、子どもの科学概念構築を支援していくことが有効であることが改めて理解できる。

それ故に、類推的思考や比喩的表現に関する所論をふまえ、「推論する能力」の育成に資する子どもの類推的思考の活用を検討した授業デザインによる授業実践を試みることにした。

4. 理科授業場面における子どもの比喩的表現

小学校第6学年の科学概念の構築過程での子どもの類推的思考の様態に関する知見を得るために、表2に示すような質問紙調査及び授業を立案し実践した。質問紙調査においては、まず子どもが類推的思考を如何に活用してきたかを調査した。そして、その調査結果をもとに、「水溶液の性質」の学習單元における授業計画を立案し、子どもが直接的には目に見ることができない学習対象となる自然事象について、如何に類推的思考を活用して理解を図ろうとしているのかについての検討を試みた。

上述の質問紙調査の結果からは、子どもは自身の学習経験などをもとに比喩的表現を表出させており、既習事項であり、かつ日常経験を有する「空気と水の性質」(図3)や「物の溶け方」(図4)の学習などでは、類推的思考を活用して学習内容の理解を図ることが少なからず可能であることを、改めて認識できた。

質問紙調査の結果をふまえて、授業実践を立案した「水溶液の性質」の授業実践では、子どもが直接的には目に見ることができない気体分子の溶解や、原子同士の結びつきに関する学習内容について、子どもが類推的思考を活用してどのように理解を図ろうとしているのか検討するため、各授業で用いたワークシートの記述内容の分析を試みた。

子どもの比喩的表現からは、気体分子の溶解や原子同士の結びつきについて、粒子として捉えてイメージをもつということは子どもにとって容易ではないことなどが読み取れた。

例えば、「塩酸にアルミニウムを入れたら、アルミニウムはどうなるか」という学習問題に対して、調査対象の子どもたちは、図5に示した例のように、蒸発乾固して取り出した塩化アルミニウムを、「アルミニウムと塩酸とは異なる擬人化された別のもの」と表現して、元とは違う別の物質に変わることが表現する記述が多数見受けられた。

そして、アルミニウムと塩酸が反応し「蒸発乾固して取り出した物質はアルミニウムとは違う別の物質である」ことを、文章として整理することはできるが、その反応について物質と物質が結びつくというように、科学的な考えを表現させていくことは、容易ではないことも明らかとなった。

この比喩的表現の分析の結果から、子どもが自ずと類推的思考を活用し、学習内容の理解を図ることは容易でないということが明らかとなった。

よって、子どもが類推的思考を活用し、学習内容についての科学的な理解を図るための支援の手立てとして、学習場面において授業者が意図的に、類推的思考を活用する場面を設定することが肝要であることが理解でき、このことをふまえて学習支援の在り方も検証していく必要が生じた。

表2 調査概要及び授業実践概要①

質問紙調査	対象	佐賀市立A小学校第6学年1学級（男子11名，女子18名，計29名）
	期間	平成22（2010）年10月（第6学年「水溶液の性質」学習前）
授業実践概要①	対象	佐賀市立A小学校第6学年1学級（質問紙調査を実施した同学級）
	期間	平成22（2010）年 11月～12月，学習單元：「水溶液の性質」（全12時間）
	主な学習活動	<ul style="list-style-type: none"> ● 炭酸水は何が溶けた水溶液かを予想し，水で満たしたペットボトルに二酸化炭素を入れてよく振り，その実験結果から炭酸水について検証する。（3 /12） ● 塩酸にアルミニウムを入れたら，アルミニウムはどうなるかを実験した後，溶けたアルミニウムを蒸発乾固して取り出す。取り出した物質は，もとのアルミニウムなのかを調べる。（10/12）

●図のように、かたいつつにせんをして、空気を閉じ込めます。せんをつつの中に押しこむと、つつの中の空気はどうなっていますか。あなたの考えを絵や文章で表わしてみましょう。

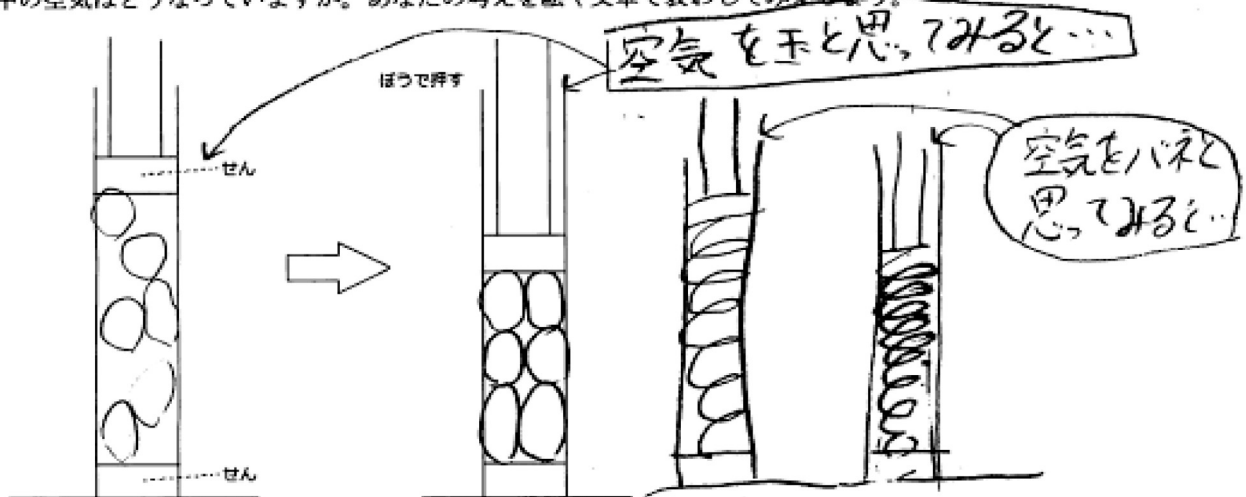
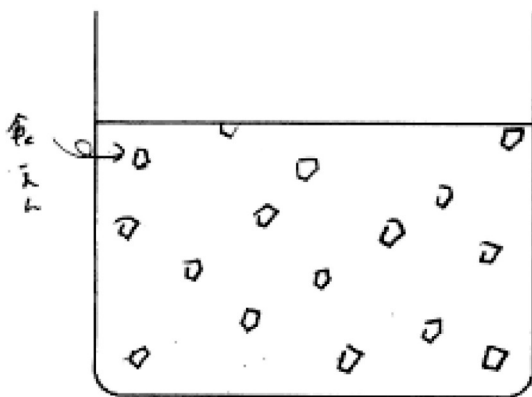


図3 押し縮められた空気を玉やバネに喩えて表現した例

●5年生で『ものの溶け方』について学習しました。食塩を水に完全に溶かしたとき、水に溶けた食塩はどうなっていますか。あなたの考えを絵や文にして表わしてみましょう。



食塩は目に見えなくてもある。なぜなら、食塩は、なめたらなくなるけど、味はあから、目に見えないだけで、*をただよっていると思う。

図4 日常経験をもとに水溶液中の食塩の存在を粒で表現した例



図5 蒸発乾固で取出した塩化アルミニウムと、塩酸、アルミニウムを擬人化したモデルで喩えた表現例

5. 類推的思考を活用した「電気の利用」の学習

「水溶液の性質」の授業における子どもの類推的思考の活用状況から、比喩的表現を交流し合う学習活動を取り入れた授業デザインが必要であることが理解できた。そこで、「電気の利用」の学習単元で、類推的思考を活用した授業実践を行った。その後、学習場面において表出された子どもの比喩的表現が定着し、学習内容の理解を図る一助となったのかについて検討するために、学習後に質問紙調査も実施することとした。表3は授業実践概要及び調査概要についてまとめたものである。

5.1. 「豆電球と発光ダイオードの電気の使われ方の違いについて調べよう」の学習

「豆電球と発光ダイオードの電気の使われ方の違いについて調べよう（2時間目／全6時間）」の授業では、図6に示すメータにより蓄電の様子が可視化されたコンデンサーを用いて、同じ電気量だけ蓄電したコンデンサーを豆電球と発光ダイオードにつなぎ、それぞれの発光する時間を比較し、両者の電気の使われ方の違いを定量的に測定する実験を行った。

この実験後、電気の使われ方の違いについて、調査対象の学級の3割程度の子どもが比喩的表現を用いて、自分の理解した内容を説明した。例えば、消費電力の大小関係を説明するために、図7のように、豆電球と発光ダイオードを2種類の動

物（ゾウ、ウサギ）などに喩え、それらの動物のからだの大きさから想起される「飲む水の量」と消費電力を照らし合わせて、コンデンサーに蓄電された電気が「長持ちするのはどちらか」を説明した比喩的表現による記述が多数見受けられた。

また、図8に示すように、消費電力の大小関係を説明することに加え、電流の大小関係にも着目し、学習によって理解した内容を比喩的表現により記述する子どもも、少数だが見受けられた。

また、図7と同様に、コンデンサーに蓄電された電気が「長持ちするのはどちらか」にだけ着目した子どものなかには、身の回りにある「上ぐつ」と「運動シューズ」に喩えて、どちらが丈夫で長持ちするかを類似点に挙げた説明も見受けられた。

これらの表現から、子ども達は自身の日常体験などをもとに、豆電球と発光ダイオードの消費電力の違いについて自分なりに意味や価値を付与し



図6 実験の際に用いたメータ付コンデンサー（ヤガミ・51707・実験用蓄電器）

表3 調査概要及び授業実践概要②

授業 実践 概要 ②	対象	佐賀市立A小学校第6学年1学級（男子11名，女子18名，計29名）
	期間	平成23（2011）年1月～2月，学習単元：「電気の利用」（全6時間）
	主な 学習 活動	<ul style="list-style-type: none"> ●同じ電気量だけ蓄電したコンデンサーを豆電球と発光ダイオードにつなぎ，それぞれの発光する時間を比較し，電気の使われ方の違いを調べる。（2/6） ●太さの違う電熱線に直接ろうそくをかけて，焼き切れる時間を比較する。そのときの電熱線の発熱の違いについて考える。（5/6）
事後 調査	対象	佐賀市立A小学校第6学年1学級（授業実践を実施した同学級）
	期間	平成23（2011）年3月（「水溶液の性質」，「電気の性質とはたらき」の学習後）

◎今日学習したことを、友達や自分より年下の子どもに教えるとします。あなたは、どう説明しますか？
 ※わかりやすいように、身近なものにたとえて説明してみましょう。(図や絵などを用いてもOK)

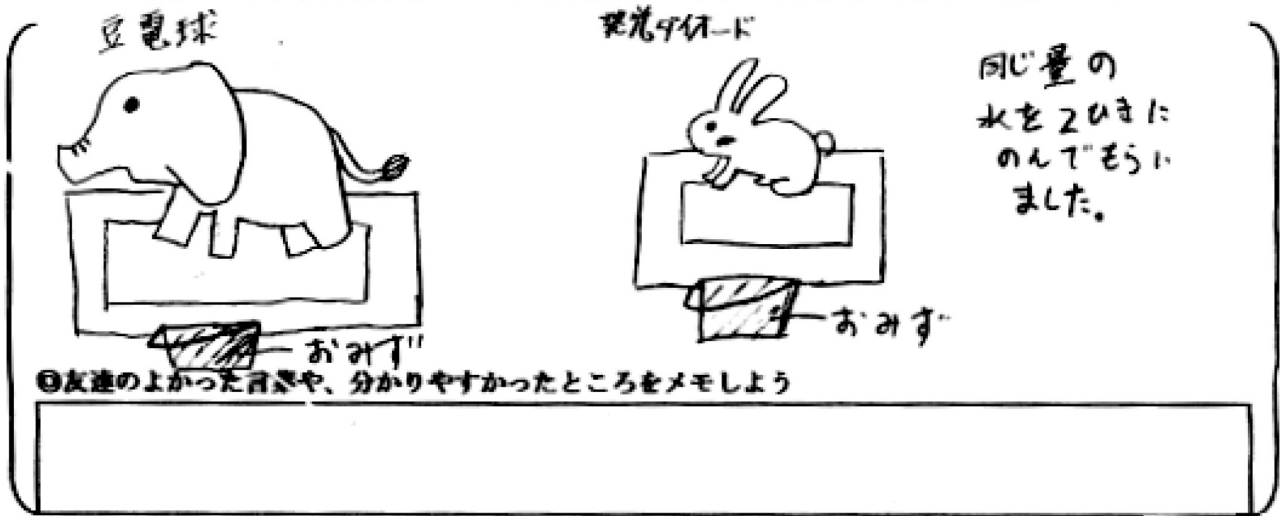


図7 学習問題となる「長持ちするか」を喩えた表現の例

◎今日学習したことを、友達や自分より年下の子どもに教えるとします。あなたは、どう説明しますか？
 ※わかりやすいように、身近なものにたとえて説明してみましょう。(図や絵などを用いてもOK)

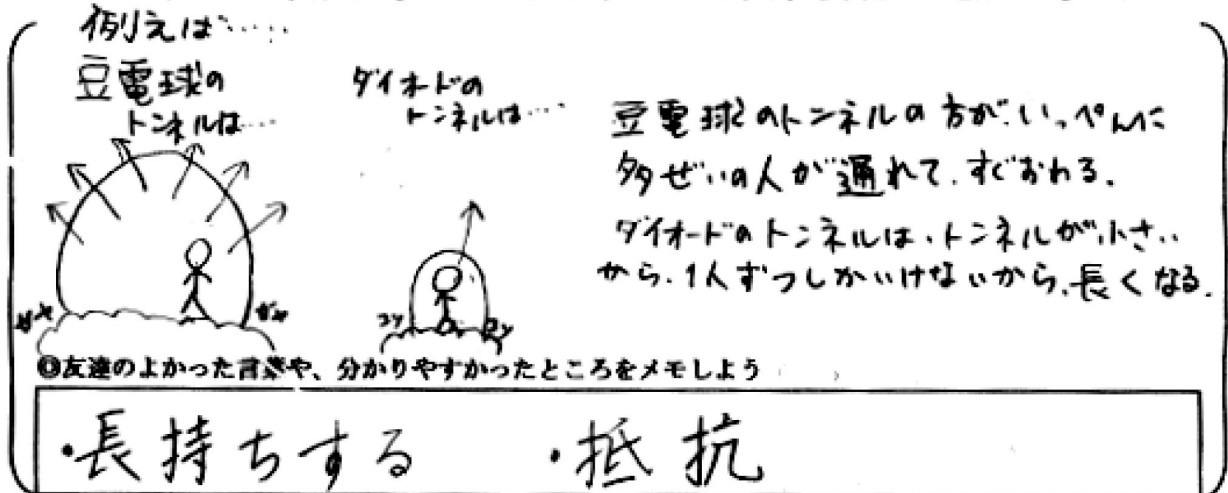


図8 学習問題に加えて「電気の流れ」も喩えた表現の例

た上で、自分なりのモデルを用いて、学習を整理しようとしたことが理解できた。

本時の授業実践場面においては、授業者が図7と図8の比喩的表現における「違い」の説明を紹介し、学級全体で「電気の使われ方の違い」について、自分の考えを交流させる場面を設定した。

この交流場面では、図7のようなコンデンサーに蓄電された電気が「長持ちするのはどちらか」だけを説明する比喩的表現に多くの子どもが賛同し、図8のように「電気の流れる様子」にも注目した子どもの考えを理解することが困難なことが、ワークシートの記述内容から明らかとなった。

5.2. 「電熱線の太さによる発熱の違いについて考えよう」の学習

この学習場面の前時では、図9として示した実験装置を用い、太い電熱線と細い電熱線に直接ろうそくを引っ掛けて、それぞれのろうそくが焼き切れる時間の比較から、発熱量の違いを定量的に測定する実験を行った。この学習活動に続くものとして、第5時間目の「電熱線の太さによる発熱の違いについて考えよう」の授業を実践した。

学習問題である「電熱線の太さによる発熱量の違い」について、学級の約9割の子どもが何らかの比喩的表現を用いて自分の理解した内容を説明

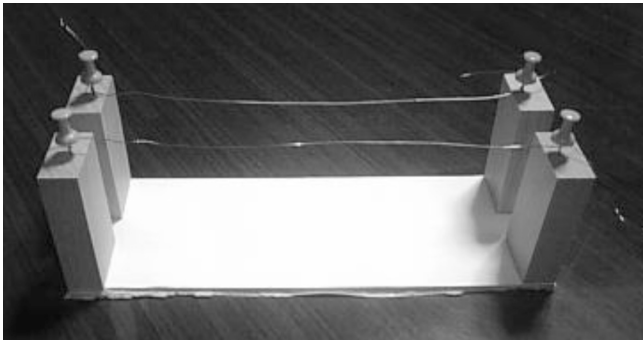


図9 太い電熱線と細い電熱線のどちらがより発熱するかを調べるために授業で用いた実験装置

しており、前述の「電気の使われ方の違い」（第2時間目）の授業よりも比喩的表現を用いて、自分の理解した内容を説明した子どもは増加した。

この授業で、図10として示した比喩的表現（モデル）のように、「各電熱線がろうそくを焼き切る時間」と「人が網目の違うオリを抜け出す時間」を類似点として、「電気の流れ難さ」を「人の通り難さ」に置き換えて理解しようとしていると解釈できた。それ故に、電熱線の太さの違いによる電気の流れ具合の差異を、網目の粗密と抜け出せる人数の差異と同様に捉えたうえで、電流による発熱量の大小について理解したと解釈できうる。

上記のように、電気抵抗の概念に発展しそうな比喩的表現を用いて、電熱線の太さによる発熱の違いを説明した子どもが学級の3割存在した。

この他の比喩的表現では、図11のように、「太い電熱線の方が早くろうそくを焼き切る」という現象を、「大きい（太い）方が早く仕事をこなす」と同様に捉え、「大きい水道の方が早く洗面器を水で一杯にすることができる」ことから、電熱線を「水道（の蛇口）」に喩えて、前時の実験結果を理解したと解釈できる記述も見受けられた。

図11の比喩的表現をした子どもだけでなく、電熱線の電流による発熱現象を、エネルギー概念の構築にも通じる「仕事をする」という日常経験で捉え直した子どもも、学級の6割弱存在した。

この他にも、この授業実践場面で表出した2つのタイプの比喩的表現には、電熱線を通る電流の大小を、「大小それぞれの窓をものが通り抜けること」や、「大小それぞれの道路を車が通るこ

と」等に喩えたり、「電気の通り難さ（電気抵抗）」に注目した自分の考えを説明するために、自分にとって身近な具体物に喩えたりして、他者に説明しようと試みたことが、記述内容から理解できた。

そして、この「電熱線の太さによる発熱の違いについて考えよう」の授業場面においても、授業者が図10と図11の比喩的表現における「違い」の説明を紹介し、学級全体で「電熱線の太さによる発熱（量）の違い」について、自分の考えを交流させる場面を設定した。

ここでの交流場面では、図11に代表される電熱線を通る電流（電流）により「早く仕事をこなすのはどちらか」だけを説明する比喩的表現に多くの子どもが賛同し、図10のような「電気の流れ難さ（電気抵抗）」にも注目した子どもの考えを理解することが困難であったことが、ワークシートの記述内容から明らかとなった。

よって、「電気の利用」に関する2つの授業実践場面での記述内容の調査結果から、授業場面における子どもの比喩的表現は、「授業での学習問題もふまえた科学的に適用可能な範囲が広い比喩的表現」よりも、「学習問題についてのみを十分に説明できる比喩的表現」の方が、表現し易い、かつ、理解し易い（他者からの賛同を得られやすい）ことが改めて明らかとなった。

5.3. 事後調査にみる類推的思考（比喩的表現）

子ども同士の交流活動を終えて、授業場面での比喩的表現が、どのように理解のために定着しているのかを検討するために、学習後に上述の授業実践の学習内容に関する調査を実施した。表4は、この事後調査において、各学習内容について比喩的表現を用いて説明した割合を、授業場面で記述した割合と比較してまとめたものである。

その結果、「豆電球と発光ダイオード（LED）の消費電力の違い」と「電熱線の太さによる発熱の違い」のどちらの学習内容も、学習問題についてのみ適用可能な比喩的表現（モデル）を用いて説明する子どもが多いことが明らかとなった。

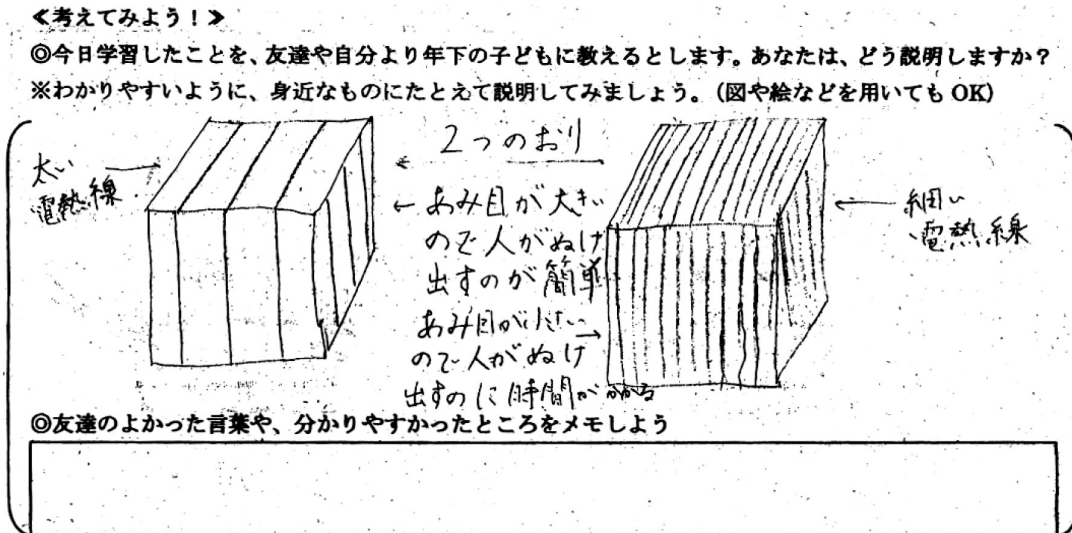


図10 「電気の通り難さ」を人の通り難さに喩えた電気抵抗のような表現

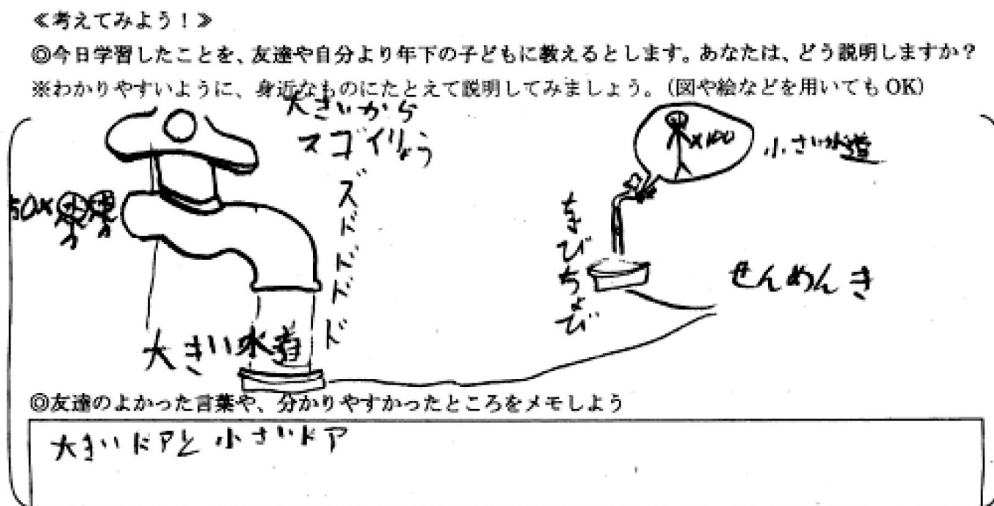


図11 「電気の通り難さ」を水道の蛇口に置き換えて「どちらが早く仕事をこなすか」を喩えた表現

表4 授業実践・事後調査における比喩的表現を用いた子どもの割合

比喩的表現を用いて説明しようとした内容		回答した割合			
		授業実践		事後調査	
豆電球とLEDの電気の 使われ方の 違い (2時間目)	どちらが「長持ちするか」を表現 (学習問題についてのみ適用可能なモデル)	30%	85% (26%)	60%	67% (40%)
	電気の流れるようすを表現 (電気全般に関する科学的な理解に発展しそうなモデル)		15% (4%)		33% (20%)
電熱線の 太さによる 発熱の違い (5時間目)	どちらが「仕事をするのか」を表現 (学習問題についてのみ適用可能なモデル)	88%	65% (57%)	60%	80% (48%)
	電気の流れ難さに注目した表現 (電気全般に関する科学的な理解に発展しそうなモデル)		35% (30%)		20% (12%)

注) 比喩的表現を用いて説明した子どもの回答を集計し、学級における割合を示してある。
 喩えた内容の項目については、各学習内容での比喩的表現の内訳を分類し、その割合を示している
 また、学級における割合は () 内に示した数値である。

これらの調査結果から、授業内での交流活動により、理解の深化・拡大を図るために、別の視点で構築された比喩的表現を紹介したとしても、学習問題の解決を端的に示す比喩的表現に賛意を示し、その考えを基にして、自分なりの比喩的表現（モデル）で説明する子どもが多いことと、比喩的表現は、電熱線の電流による発熱現象の授業場面での理解の一助になることが、改めて明らかとなった。

6. 研究の総括と課題

本研究の成果として、科学概念構築過程における類推的思考の活用に関する以下の知見を得ることができた。

- 子どもが自然事象理解、すなわち、科学概念構築過程において類推的思考を活用するためには、授業者が意図的にそれらを用いる場面を設定する等の学習支援が必要である。
- 学習問題を多面的に説明できうる推論や類推的思考（アナロジー）を用いて理解を図る子どもも少なからず存在するが、多くの子どもは、学習問題のみを十分に説明できる比喩的表現（メタファー）を用いて理解を図る。

最後に、小学校理科の第6学年で育成を目指す「推論する能力」の熟達させていくためには、「エネルギー」「粒子」「生命」「地球」の理科における学習の柱での既習事項等を関連付けて、科学概念の構築に寄与できる類推的思考が外化した比喩的表現（モデル）を活用していくことが望ましいのだが、本研究の授業実践では、それらを支援する手立てに不十分なところがあった。その支援の手立ての改善は勿論のこと、授業者が子ども同士の交流場面で意図的に、子ども自らが構築した比喩的表現（モデル）を価値づけていくための教授方略について検討することも今後の研究課題である。

謝辞

本研究を遂行するにあたり、質問紙調査や授業実践に御協力いただいた佐賀市立赤松小学校の牟田正徳先生（現 佐賀市立小中一貫北山校）

と鶴田喜幸先生（現 佐賀市立神野小学校）に、心より感謝申し上げます。

引用・参考文献および註

- 1) 文部科学省：「小学校学習指導要領解説 理科編」，大日本図書，2008
- 2) 国立教育政策研究所：「生きるための知識と技能③ OECD生徒の学習到達度調査（PISA）2006年度調査国際結果報告書」，ぎょうせい，2007
- 3) 国立教育政策研究所：「国際数学・理科教育動向調査の2007年調査（TIMSS2007）国際調査結果報告（概要）」，<http://www.nier.go.jp/timss/2007/gaiyou2007.pdf>（2012年12月現在閲覧可能）
- 4) Winston, P.H. : Learning and reasoning by analogy, Communications of the ACM, 23 (12), pp.689-703, 1980
- 5) ウーシャ・ゴスワミ：「子どもの認知発達」，（岩男ほか訳），pp.81-87，新曜社，2003
ゴスワミは、チェン（Chen, Z.）らや他の研究者の研究成果にふれ、「アナロジーによる推論は、認知発達にとってとくに重要な学習の形態である」としている。
- 6) 佐藤寛之・森本信也：「理科学習における類推的思考の意味と意義に関する考察」，理科教育学研究，45（2），pp.29-36，2004
Holyoak, K.Jらの研究の詳細については、K.J. ホリオーク&P. サガート（鈴木・河原監訳）「アナロジーの力～認知科学の新しい探求～」（新曜社，1998）を参照のこと。
- 7) 瀬戸賢一：「メタファー思考 意味と認知のしくみ」，pp.186-192，講談社，1995
- 8) 益田裕充：「水流モデルから電流回路を類推する理科授業に関する研究」，理科教育学研究，47（2），pp.41-49，2006
- 9) 齋藤裕一郎・黒田篤志・森本信也：「科学概念構築の自覚性と随意性を促すメタファーの機能」，理科教育学研究，51（1），pp.63-73，2010