

問題解決能力の育成を目指した学習指導法に関する研究(2)

——比喩的表現や思考を生かした理科学習の試み——

山崎 敬人 柴 一実 神山 貴弥
濱保 和治 吉原健太郎

1 はじめに

新学習指導要領によれば、「自然に親しみ、見直しを持って観察・実験などを行い、問題解決の能力と自然を愛する心情を育てるとともに自然の事物・現象についての理解を図り、科学的な見方や考え方を養う」ことが、小学校理科の目標として設定されている¹⁾。このように、仮説や予想の設定、観察・実験の計画・実施、考察などの問題解決にかかわる学習活動を、見直しを持って行うことのできる能力は、理科学習を通して子ども達に育成すべき能力の一つとして位置づけられている。中学校理科では新学習指導要領で示されている表現に小学校理科とは幾分異なる点があるものの、問題解決能力の育成はここにおいても中心的な課題となっている²⁾。本研究は、この問題解決能力の育成を目指した学習指導法の改善に関する研究の第2報である。

ところで、第1報(2001年)³⁾では、小・中学生が問題解決にかかわる学習活動に対してどのような意識や技能、方略を持っているのか、また、それらの意識や技能、方略には学校段階によってどのような特徴があるのかを明らかにするために、小学校第4学年から中学校第3学年までの子ども達を対象として実施した質問紙調査の結果について報告した。その中で、因子分析に基づく考察により、問題解決における意識、技能や方略について、「問題解決の計画にかかわる方略」、「問題解決の実行にかかわる方略」、「問題解決の結果の吟味にかかわる方略」の3つの因子を得るとともに、各々の因子が構成する要素を明らかにした。そして、問題解決にかかわる方略のうち小学生と中学生に共通した課題として以下の4点を指摘した。

・問題解決の計画を立てる段階で、子ども達は予想は立てるが、その背景となる理論や考えを重視しておらず、なぜそう考えたのかという理由を軽視している実態がある。思考した結果だけでなく、その根拠となる

考えを重視するような学習習慣をつけていくことが必要である。

・問題解決を実行する段階で、多くの方法の中から最良の方法を選ぶのではなく、自分が考えついた方法を実行しようとする傾向がある。問題解決能力を育てるためには、多くの方法を考えたり、目的に沿った最良の方法を選択したりするような力を育てる必要がある。

・問題解決の結果の吟味の段階で、他と比較して吟味することが十分できていない傾向がある。観察・実験のまとめが終了した時、結果を振り返って吟味するような機会を多く設ける必要がある。

・実験を実行したり吟味したりする段階では、表やグラフを利用して考えることを積極的に行おうとしない傾向がある。誤差や定量的な扱いの難しさもあるが、表やグラフを使うことの有用性に気づかせていく必要がある。

さらに、小・中学生に共通したこれらの課題の他にも、特に小学生について認められる課題もあった。その一つが、小学生では、観察、実験の方法や結果を説明することや、観察、実験の結果を考察する際に何かに喩えたりイメージして考えたりすることができていないことであった。このような実態を踏まえたとき、理科学習で近年注目されてきている子ども達の比喩的表現や思考を学習活動に積極的に活用して、子ども達が自分の考えを説明したり考察を深めたりしていくことなどをいっそう支援していくことにより、子ども達の科学的な見方・考え方や、問題解決にかかわる学習活動への意欲や自信、方法などを育成していくことができるのではないかとと思われる。

そこで本報では、小学校と中学校の各段階を通した、問題解決能力の育成のための系統的な支援や指導のあり方を実践的に探っていく第一歩として、小学校の理科授業に焦点をあて、比喩的表現や思考を活用した理科学習の可能性について、授業実践を通して検討する

こととする。

2 理科学習における比喩的表現や思考のもつ意味

子どもの科学的な見方・考え方や問題解決能力を育てていくことを目指す理科学習を創造していこうとしたとき、自然の事象についての子ども達の既有的見方や考え方をどのように把握していくかは、重要なポイントの一つとなる。

ホワイトは子どもの知識表現の多様性に注目し、従来から重視されてきた「命題」のような言語的な記憶要素だけでなく、非言語的な記憶要素をも包含した知識表現についての考え方を提案している⁴⁾。それによれば、知識や記憶は、ストリング、命題、知的技能といった普遍的な意味の記憶と、エピソード、イメージ、運動技能といった特殊的・体験的な意味の記憶から構成されおり、「～概念」はこれらの要素からなる記憶の集合体であり、しかも、それらの要素は相互にリンクしあっている。

ところで、ホワイトの見解に従えば、「～概念」を子どもが理解しているかどうかは、その概念についての命題を記憶として想起できるかどうかや、知的技能を遂行できるかどうかだけでは評価できないことになる。子どもの知識・理解の評価では、子どもがその概念に関するどの要素のどのような記憶を保持しているかが問題となってくるのである。このことは、「～概念」に関する記憶や知識が子どもによって多様なものとなりうることを意味している。このような認識に基づくならば、理科授業の焦点の一つは、子どもによる知識や理解の多様性を前提として、クラスのなかで科学的な知識・理解をどのように構成し共有していくかに当てられることになるだろう。

その場合、留意しておくべきことは、自然事象に関する子どもの考えは、命題などの言語的要素だけでなく、イメージやエピソードなどの非言語的要素からも構成されているという点である。このことは、子どもによる思考が、明確な言語的表現の形を常にとるとは限らないことを意味する。むしろ、教師が言語的表現に固執しすぎることは、子どもが自分の思いや願いを込めながら自分なりの考えを表現することを難しくさせる場合さえあると言えるだろう。その意味で、言語的制約の緩やかな図や絵などを用いた思考や表現の方法の価値を認めそれを学習場面に導入していくことは、子どもが自然事象について自分の考えを構成したり表現したりすることを促す有効な手だての一つとなると考えられる。

そこで注目されるのが、メタファー（隠喩）、アナロジー（類推）、そしてモデルによる思考や表現であ

る。これらを広い意味での比喩的表現や思考としてまとめると、それは、教師が子どもに科学的概念や理論を効果的に説明し伝達する目的で、従来から理科学習において活用されてきたものである。しかしながら、比喩的表現や思考の有用性は何もこのような目的だけに限定されるものではない。そもそも、科学者が構築した科学理論にも比喩性が認められるし、その理論の発想や構築の過程においても比喩的な思考や推論が影響を与えていることが指摘されている。さらに言えば、既有的知識に基づいた比喩的な思考を行うことは、日常的な思考場面においては何も特別なことではない。このように、比喩的思考や表現は、学びの場に臨む子ども達にとっても自分の考えを構成したり表現したり、さらにそれを発展させたりしていく上で有用なものであると考えることができるだろう⁵⁾⁶⁾。

確かに、子どもの比喩的表現や思考は自然事象についての誤解を含んでいたりと、曖昧で厳密性に乏しいなど、いわば負の側面があることは否めない。しかしそれゆえに、子どもなりの、そして子どもどうしのコミュニケーションを通じた表現や思考の構成が容易であり、構成された表現や思考の修正やさらなる発展・深化の可能性をも併せ持っていると言えよう。また、比喩的表現や思考が認知的な性質を持つだけでなく、子どもによる価値付けをも伴ったものであり、したがって比喩的表現や思考を活用することは、子どもの思いや願い、興味、関心などを反映した学びの成立を促すものとなりうる⁷⁾。

このように、理科学習における子ども達の比喩的表現や思考の持つ意味や価値を認めていくことは、教師のかかわり方や働きかけ次第では、教師と子どもたちによる理科学習の創造へと発展する重要な手がかりとなるのではないかと考えられる。

3 授業の実践

本研究にかかわる授業は、第4学年の「電気のはたらき」の単元において実施した。対象は第4学年の1学級37人であり、授業期間は2001年6月～7月であった。

(1) 実践のねらい

今回の実践では、子ども達の学習活動において、

・比喩的表現や思考を積極的に活用する

・具体物や身体を用いた表現活動を活用する

といった手だてを取り入れた。それらのことが、「電気のはたらき」に関する学習活動における子どもの概念や知識・理解、思考などにどのように影響を与えたのか、実践をもとに考察していくことであった。

(2) 単元計画と授業の実際

単元計画については表1に示したとおりである。

①～⑨の授業の実際は以下のものであった。

① 扇風機作り

単元の導入として、まずは扇風機を作るところから始めていった。市販の組み立てキットなどは時間がかる割に回路のイメージがもちにくく、しかも興味が別の方向に向きやすい。そこで今回はあえて、シンプルな扇風機作りを採用した。この扇風機作りを通して、子ども達は「乾電池の片方の極からモーターを経てもう片方の極に戻る回路にならないと扇風機が回らないこと」「つなぎ方が変わると、扇風機の回り方が変わることを自ら発見していった。

② 乾電池1個を使用した回路のモデル化

次に、どうして電気が流れるとモーターが回るのかということについて、「電気マン」というモデルを用いてそれぞれの考えを図や絵で表現する明らかにする活動（表現活動Ⅰ）を行った。今回は、比喩的表現が

初めてであることを考慮し、またその後の話し合いにおいての論点が共有化されやすくなることをねらって「電気マン」というキャラクターモデルを教師から提案した。

③ 討論

まずは、それぞれの考え方の交流をグループで行い、自分の考えや他者の考えを意識化させた。次に同じ考えのものどうして集まり、全体で討論を行い、課題を電流の流れ方に焦点化していった。

このとき子ども達からは、図1-1と図1-2に例示したように、大別して「衝突モデル」と「循環モデル」の2つの考え方が出された。

図1-1は+極と-極から電気が流れモーター部分で衝突するという考えを、また、図1-2は+極から-極に電気が流れるという考えを表している。なお、いわゆる「単極モデル」の考えは、子ども達から出てこなかった。また中には、図1-3のように、電流の向きによってモーターの回転の向きが変わることから、

表1 単元計画

学 習 事 項	内 容	そ の 他
①扇風機づくり (2時間)	モーターとプロペラ、電池ケースとスイッチを接続した手作り扇風機を作る。実際に自分の方に風がくるようにまわしてみる。	
②乾電池1個を使用した回路のモデル化 (1時間)	扇風機が回るときの、回路の中の電気の様子を、「電気マン」のモデルを用いて自分なりにイメージして描く。	表現活動Ⅰ 図1-1 ～図1-3
③討 論 (1時間)	同じ考えのものどうしてグループを作り、グループ毎の考えを全体で討論する。	
④実 験 (1時間)	検流計を使い電流の向きや強さを測定し、乾電池1個における電流の流れる様子を調べる。	
⑤電池が減る様子のモデル化 (1時間)	電流の流れ方を実験後にまとめ、全体で確認した後、どのようにして電池がなくなっていくかを考慮しながら、扇風機が回るときの回路の中の電気の様子を「電気マン」のモデルを用いて自分なりにイメージして描く。	表現活動Ⅱ
⑥直列つなぎと並列つなぎ (1時間)	直列つなぎと並列つなぎのつなぎ方を学習し、つなぎ方によるモーターの回り方の違いを調べる。	
⑦直列つなぎと並列つなぎの回路のモデル化 (1時間)	直列つなぎでモーターのはたらきが約2倍になり、並列つなぎで電池が約2倍長持ちするということについての電池やモーターの中の、電気の様子をイメージして描いてみる。	表現活動Ⅲ
⑧それぞれが考えたモデルの交流 (1時間)	交流をする中で、よりわかりやすいモデルについて討論する。	図2-1 ～図2-4
⑨具体物・身体を使っての表現活動 (1時間)	最もわかりやすいと多くの人が感じたモデルについて、具体物を用いて実際に自分たちが動いてみる。	表現活動Ⅳ

※単元終了の3ヵ月後、電流の概念やその概念を何によって想起したかについての調査を行った。

電流の向きとモーターの回転についての考えをもった子どもも何人かいた。

また、電流の向きなどについて同じ考えのものどうしで集まり、そのグループ間で行われた討論では、主

に次のような議論が展開された。

C1：(循環モデルのように)一周してしまうと、いつまでたっても電池がなくならないんじゃないんですか。

C2：でも、両方から出て、モーターの部分で電気マンが働くのなら、べつにプラスとマイナスの両方の線がなくてもいいと思います。

C3：プラスとマイナスがそれぞれ合わさって、初めてモーターが回ると思います。

C4：一周する場合は、電池の中に電気のもととかエネルギーがあって、それを電気マンが受け取るのだと思います。電気のもとがなくなったら電池が切れるし、だから充電機があるのだと思います。

④ 実験

子ども達の課題意識が電流の流れる向きに焦点化されたところで、回路の各部分における電流の向きや強さを調べる実験を行った。

その結果、+極から-極へと回路の各部分で同じ強さの電流が流れていることが全体で確認された。

⑤ 電池が減る様子のモデル化

実験で確認されたことを踏まえて、電流が流れるとどうしてモーターが回るのかということについての自分の考えを、電気マンのモデルを用いて図や絵で表現する2回目の活動(表現活動Ⅱ)を行った。その際、電池を使用すると次第にそのパワーが減少するという経験的な知識も考慮して図示するように求めた。

⑥ 並列つなぎと直列つなぎ

電池の中で電気マンがどうふるまい、どうして電池がなくなっていくのかということイメージした後、直列つなぎと並列つなぎについての学習を行った。まず、つなぎ方を学習した後に、それぞれのつなぎ方によるモーターの回り方の違いなどについて調べる実験を行った。

実験の結果、「直列つなぎのほうのモーターがはやく回る」とこと、「並列つなぎだと長持ちする」ことが確認された。

⑦ 直列つなぎと並列つなぎの回路のモデル化

そこで、直列つなぎでは2倍のパワーが出せることと、並列つなぎでは電池が2倍長持ちするかわりにパワーは乾電池1個のときと変わらないことを説明するための自分の考えを、電気マンのモデルに特定せず図や絵を用いて表現する3回目の活動(表現活動Ⅲ)を行った。

⑧ それぞれが考えたモデルの交流

次に、直列つなぎと並列つなぎの関係をわかりやすく表している友達の考えはどれかということについて、

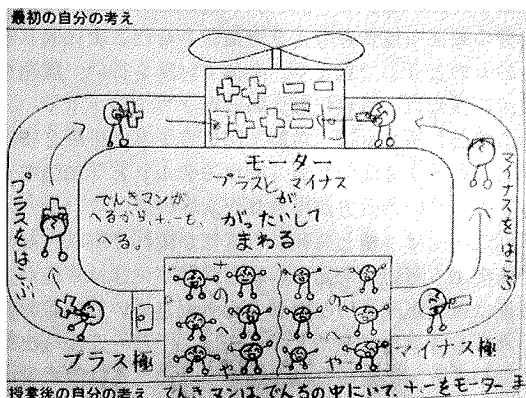


図1-1 衝突モデルの例

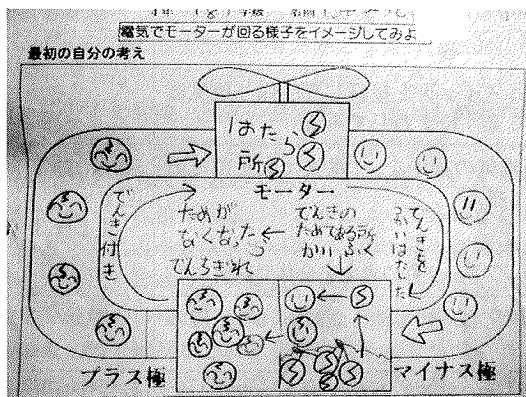


図1-2 循環モデルの例

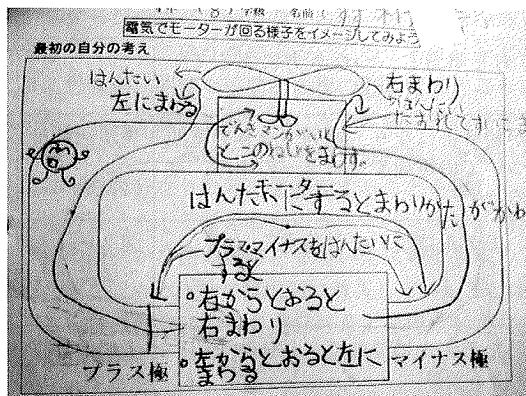


図1-3 電流の向きとモーターの回転についての考えを表現したモデル

グループや全体で交流を行った。

その結果、「車が電池のところでエネルギーを補給する」「おさるさん電気マンがバナナをゲットする」「電気マンがご飯を食べながら回路を回る」などのモデルがわかりやすい説明として支持された。代表的なモデルを図2-1から図2-4に示す。

図2-1は、直列つなぎでは、回路を一周するごとに2つニンジンを得ることができ、2倍のエネルギーを出せることを表している。また、図2-2は、並列つなぎでは、回路を一周するごとに1つしかニンジンを得ることができないが、1つずつしか減らないので、直列つなぎに比べ、2倍長持ちすることを表している。

さらに、図2-3は、直列つなぎでは、回路を一周するごとに2つコインを使うことができ2倍のエネルギーを出せるが、お金は20円ずつ減っていくことを表している。図2-4は、並列つなぎでは、回路を一周するごとに1つしかコインを使わず10円分のパワーし

か出ないが、10円ずつしか減らないので、直列つなぎに比べ2倍長持ちするということを表している。

以上のようなモデルで、子ども達は直列つなぎと並列つなぎにおけるモーターの回り方の違いについて説明をしていった。

⑨ 具体物・身体を使っての表現活動

最後に、わかりやすいと支持されたモデルを実際に具体物や身体を使って表現する活動を行った（表現活動Ⅳ）。具体的には、紅白の玉入れで使う玉をコインやニンジンに、また教室の机を電池に見立てた。そして、直列つなぎの場合の動きや並列つなぎの場合の動きを正確に表現することができるように、全員で検討しながら、実際に動いてみる活動を行った。その活動を通して、直列つなぎでは2倍の力が出せること、並列つなぎでは電池が2倍長持ちするかわりに、力は乾電池1個のときと変わらないことを体感していった。

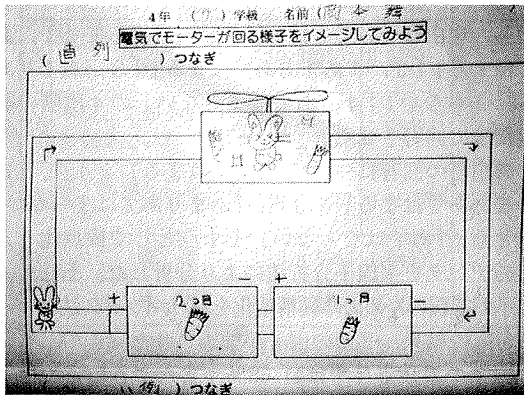


図2-1 ウサギがニンジンを得るモデル（直列）

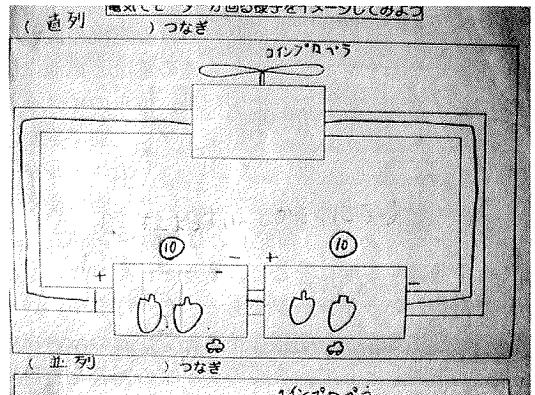


図2-3 コインプロペラモデル（直列）

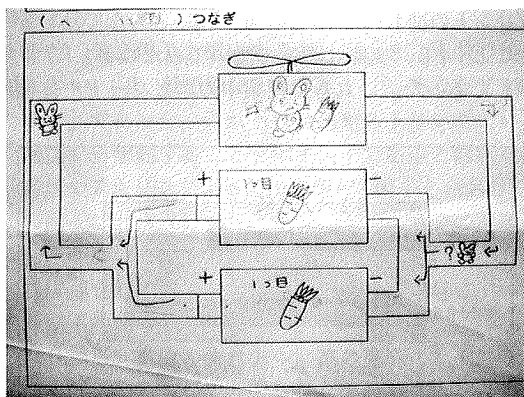


図2-2 ウサギがニンジンを得るモデル（並列）

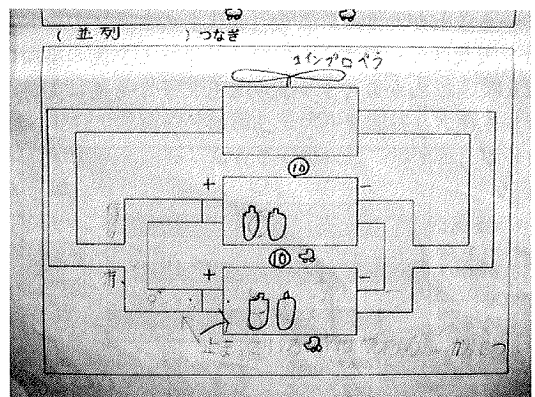


図2-4 コインプロペラモデル（並列）

4 授業実践の分析と考察

(1) 電流概念の変容について

授業実践の表現活動ⅠとⅡ、および3ヶ月後の調査で回路における電流の流れかたを表現させた図をもとに、そこに表現されている考えが「衝突モデル」か「循環モデル」かという観点から分析したところ、図3のような結果を得た。

図3より、授業実践の表現活動ⅠからⅡの間で、子どもたちは「衝突モデル」から「循環モデル」へと考えを変化させていったことがわかる。しかしながら、3ヶ月後の調査時点では、大部分の子どもが「循環モデル」を保持しているものの、「衝突モデル」を回答している者も認められた。そのうちの一部は、表現活動Ⅰにおいて「衝突モデル」を回答していた者であった。この点については(3)で述べるように、学習活動のその時々で自分の考えを明確に持つことができていたのかどうかということなどが、影響しているのではないかと考えられる。

(2) 電池のイメージの変容について

表現活動ⅡとⅢにおいて回路における電流の流れ方を表現させた図をもとに、子ども達の電流と電池に関するイメージを分析した。その結果、彼らのイメージは「消費」と「補充」の2つのタイプに大別できた。「消費」とは、電気マンが最初に持っていたエネルギーやパワーなどを、少しずつ消費していきながら働くというイメージであり、「補充」とは電気マンが電池のところを通過する度にそこでエネルギーやパワーを補充して働くというイメージである。これら2つのいずれかに該当するような明確なイメージが認められないものを「不明」として、3つのタイプの回答を整理すると、図4のようになった。

図4から、表現活動ⅢのときはⅡのときに比較して、電気マンが電池の中でエネルギーを補充しながら循環するようなイメージをもつ者が増加して約8割に達していることがわかる。この「補充」のタイプのモデルは、表現活動Ⅲで考えたモデルに関する交流の場面においても、わかりやすい説明として子ども達に支持さ

れていた。これらのことから、電池のパワーが次第に減少するということと電流の流れの両方をうまく説明しようとした場合、子ども達にとっては「補充」のイメージの方がより説明力があり理解しやすいものとして評価されていたのではないかと考えられる。

また、表現活動Ⅱの時点では、明確なイメージをモデルを用いて表現できなかった者が30%以上いたが、表現活動Ⅲの時点ではその割合が10%以下に減少した。このことから、今回の授業実践を通して、子ども達が比喩的表現を用いて自分の考えを説明したり表現したりすることに次第に慣れ、そうした表現や思考の方法を少しずつ獲得していったと考えることができる。つまり、比喩的表現や思考を授業で活用したことが、子ども達が自分のイメージや考えを構成していく際の手だての一つとなったと考えることができる。

(3) 知識理解への影響について

授業実践の3ヶ月後の調査において、電流の流れ方と直列・並列つなぎについての記述式テストを実施したところ、正答率は85%であった。その際、解答を想起した理由についても10項目の設問に対して「1. あてはまる」「2. まあまああてはまる」「3. あまりあてはまらない」「4. あてはまらない」の4段階の評定尺度で回答させた。

各項目の回答について、「あてはまる」を4点、「まあまああてはまる」を3点、「あまりあてはまらない」を2点、「あてはまらない」を1点として得点化し、そのデータを主因子分析法により分析した。そして、因子の解釈のための単純構造化をバリマックス法によって行った結果、2個の因子が抽出された。このとき、2因子の累積寄与率は41.65%、また、各項目の因子負荷量などは表2のとおりであった。

表2において、因子負荷量の絶対値が0.45以上を示した項目の内容を参考に各因子を解釈した。

第1因子を構成する項目は「1. 先生の話」「2. プリントの図」「3. 黒板の図」「4. みんなで話し合ったこと」「6. 実際に教室で動いてみたこと」「7. 実験」であった。これらは授業中のエピソードや体験、

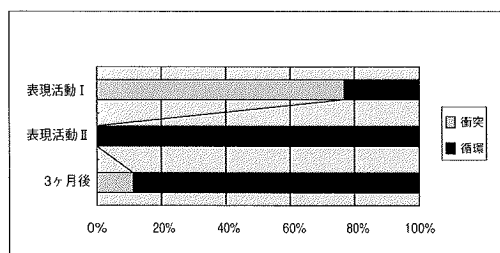


図3 電流モデルの変容

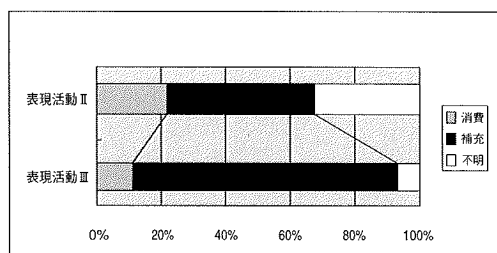


図4 電池の働きについてのイメージの変容

表2 因子分析の結果

設問番号	アンケート 設問項目	因子番号		
		第1因子	第2因子	共通性
3	黒板の図を覚えていた	0.836526	0.283141	0.6655493
4	みんなではなしあったことを覚えていた	0.655015	0.331996	0.5392659
1	先生の話覚えていた	0.647421	0.240633	0.4770581
6	実際に教室で動いてみたことを覚えていた	0.531556	0.403078	0.3125163
2	プリントの図を覚えていた	0.531034	-0.34746	0.4027255
7	実験を覚えていた	0.452197	0.173946	0.2347393
5	自分で書いた絵を覚えていた。	0.299241	-0.02078	0.2974015
8	実験の後の振り返りを覚えていた	0.322752	0.6753	0.5601988
10	本などで知っていたから覚えていた	0.083068	0.650773	0.4304056
9	塾で勉強したから覚えていた	0.048651	0.450886	0.205665
二乗和		2.519987	1.645019	
寄与率		25.20%	16.45%	

(注) 表中の数値は回転後の因子負荷量を表している。

イメージなどの記憶から想起することを示す因子であると解釈し、「イメージや体験による記憶の想起」因子と命名した。この因子は、前述したホワイトによる「特殊的・体験的な意味の記憶」と関連が深いものであると考えられる。

また、第2因子を構成する項目は「8. 実験の後の振り返り」「9. 塾で勉強したこと」「10. 本などで知ったこと」であった。これらは命題やストリングといった記憶から想起することを示す因子であると解釈し、「命題やストリングによる記憶の想起」因子と命名した。この因子は、ホワイトによる「普遍的な意味の記憶」と関連が深いものであると考えられる。

次に図5は、知識を想起した理由の各項目についての評定平均値を示したものである。

図5から、電流の流れ方や回路の直列・並列つなぎに関する知識を想起する際には、命題やストリングの記憶よりも、授業中のエピソードや体験、イメージな

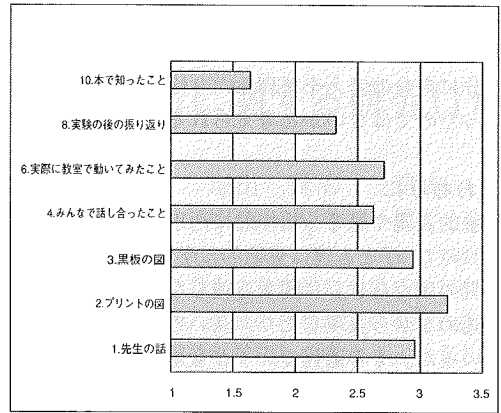


図5 「知識を想起した理由」についての評定平均値

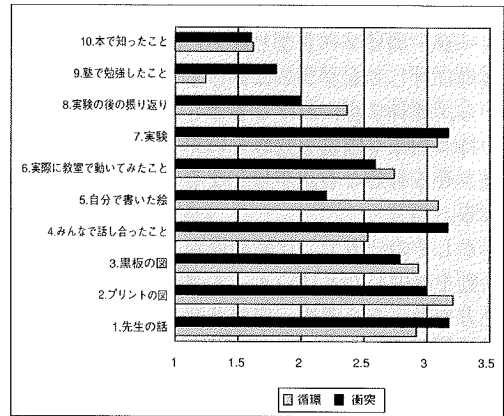


図6 電流のモデルによる評定平均値の比較

どの記憶のポイントが高くなっていることがわかる。このことから、電気マンのモデルを用いた表現活動や考えの交流、モデルの考えをもとにした具体物や身体を用いての表現活動などの、比喩的表現や思考を導入した学習活動が、これらの知識や理解に大きな影響を与えていたのではないかと考えられる。

また、この評定平均値の結果を、3ヶ月後の調査時点において電流の「循環」モデルを回答した者と「衝突」モデルを回答した者とで比較して示すと、図6のようになった。

図6によると、3ヶ月後の調査時点で「衝突モデル」を回答したものは、「実験後の振り返り」と「自分で書いた絵」のポイントが低く、逆に「塾で勉強したこと」や「みんなで話し合ったこと」のポイントが高い傾向を示している。このことから、この調査時点で「衝突モデル」を回答した子ども達は、学習課題が明確に意識されていなかったり、あるいは、クラスの仲

間の考えに影響されやすく、自分の考えがしっかり持っていないまま学習を進め、実験後の振り返りなどでも十分に自分の考えを整理したり吟味したりできていなかったのではないかと考えられる。

5 おわりに

比喩的表現や思考を積極的に活用した今回の授業実践において、子ども達は意欲的に学習活動に取り組み、「電気のはたらき」に関する彼らなりの考えや思いなどを込めながら表現したり、互いの考えを交流したりしていった。その過程で、子ども達は比喩的表現や思考を活用していく力を次第に獲得していった。また、授業の3ヶ月後の調査において、多くの子どもが電流の「循環モデル」を保持し、直接つなぎと並列つなぎの違いについても科学的に妥当な知識を回答していた。比喩的表現や思考に基づく学習活動に関連した体験やイメージ、エピソードなどは、このような知識・理解の獲得に対してもプラスに寄与していた。これらのことから、理科学習における子ども達の比喩的表現や思考の持つ意味や価値を認めていくことは、理科学習を発展させる有効な手がかりとなるのではないかと考えられる。

しかしその一方で、比喩的表現や思考を活用した学習活動を展開したとはいえ、すべての子どもが科学的な見方や考え方を深め、定着させていくことができたわけではない。授業の3ヶ月後の調査で「循環モデル」ではなく「衝突モデル」を回答していた子どもがいたことが、そのことを例示している。自分のモデルや考えを表現したり、考えたモデルについての話し合い活

動や表現活動などが活発に行われていた場合でも、比喩的表現や思考が子ども達の必要感に十分根付いたものとなっていたか、子ども達が自分の考えをどのように整理したり深めたり振り返ったりしていたのか、そして、そのための教師のかかわりや働きかけはどのような意味をもっていたのかということについて、さらに慎重に検討していかなければならないだろう。

<引用・参考文献>

- 1) 文部省『小学校学習指導要領理科』, 東洋館出版社, 1999
- 2) 文部省『中学校学習指導要領理科』, 教育出版社, 1999
- 3) 山崎敬人, 柴一実, 神山貴弥, 濱保和治, 三田幸司, 吉原健太郎, 山下由紀, 吉見郁哉「問題解決能力の育成を目指した学習指導法に関する研究－見通しを持って自ら進める理科学習の創造－」, 広島大学学部・附属共同研究紀要, 第29号, 2001, pp.93-99
- 4) ホワイト, R. T. (堀哲夫・森本信也訳)『子ども達は理科をいかに学習し教師はいかに教えるか』, 東洋館出版社, 1990
- 5) 中山迅「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, 1998, pp.12-21
- 6) レイコフ, G. ジョンソン, M. (渡辺昇一・楠瀬淳三・下谷和幸訳), 『レトリックと人生』, 大修館書店, 1986
- 7) 森本信也『子どもの学びにそくした理科授業のデザイン』, 東洋館出版社, 1999