

知識・技能を活用して 主体的に問題解決に取り組む理科学習

—— 認知的葛藤を利用した導入、実験の見通しと振り返りの工夫を通して ——

長期研修員 荻野 剛朗

《研究の概要》

本研究は、中学校理科において、生徒が主体的に問題解決に取り組むために、追究の動機付けとなる導入の工夫と、生徒が見通しを持って実験に取り組んだり解決過程を振り返ったりする活動の工夫を行い、その有効性を明らかにしたものである。

まず学習の導入において、教師が認知的葛藤を呼び起こす自然事象を用意し、それを生徒が体験することにより、生徒は疑問と知的好奇心を抱いて問題解決へ向かう。次に、生徒が自ら見いだした問題に対して自ら仮説と実験計画を立案し、それを他者に説明する活動を通して、実験の見通しを持ったり実験計画の妥当性を高めたりする。そして、生徒が振り返りの視点を持って問題解決を振り返る活動を通して、自分の解決過程や思考過程を客観的に認識する。これらの手立てによって、生徒主体の問題解決を行うことができることを示した。

キーワード 【理科—中 主体的 問題解決 認知的葛藤 実験計画 振り返り】

群馬県総合教育センター

分類記号：G 0 4 - 0 3 平成 2 9 年度 2 6 3 集

I 主題設定の理由

中学校学習指導要領（平成29年3月公示）では、理科の目標は「自然の事物・現象に関わり、理科の見方・考え方を働かせ、見通しを持って観察、実験を行うことなどを通して、自然の事物・現象を科学的に探究するために必要な資質・能力を次のとおり育成することを目指す。(1)自然の事物・現象についての理解を深め、科学的に探究するために必要な観察、実験などに関する基本的な技能を身に付けるようにする。(2)観察、実験などを行い、科学的に探究する力を養う。(3)自然の事物・現象に進んで関わり、科学的に探究しようとする態度を養う」とあり、(1)～(3)とも探究の過程を通して、資質・能力を育成することを示している。理科における探究とは、自然の事物・現象から見いだした問題を基に、既存の知識・技能を活用して問題を解決することである。つまり、中学校学習指導要領では、問題解決の過程を通して、知識・技能を活用しながら資質・能力を育成するよう示していると言える。

平成27年度の全国学力・学習状況調査において理科の調査が実施された。文部科学省の報告書によると、全国的な課題として「実験を計画すること」「課題に正対した考察をすること」を挙げている。また、群馬県教育委員会の全国学力・学習状況調査結果分析資料によると、本県の課題は「複数の科学的な事象を結び付けて、考えたり説明したりすること(無回答率21.3%)」「実験結果を基に自分の考えを改善すること(同18.9%)」「調べたい事柄が何に関係しているのか確かめる実験を計画すること(同21.0%)」を挙げている。つまり本県の児童生徒は、仮説や考察を考えたり説明したりする力、実験計画を立てたり見直したりする力が弱いと言える。この課題を踏まえて群馬県は、学校教育の指針において「知識・技能を活用する力を伸ばすための取組の充実」を重点項目の一つに掲げ、理科指導の重点に『児童生徒が「自ら問題を見いだす」「見通しを持って観察、実験などを行う」「根拠に基づく結論を導き出す」など、問題解決の過程を主体的に進められる単元や一単位時間の授業をつくりましょう。』と示している。

このように、国や県は「知識・技能を活用する力」を伸ばし、「主体的な問題解決」を推進するよう求めている。そのためには、学習の導入において問題に取り組むための動機付けを意図的に行い、身に付けた知識・技能を基に見通しを持って追究できる活動を設定し、自分自身がどのように追究したのかを振り返る、一連の問題解決が有効であると考え、本主題を設定した。

II 研究のねらい

中学校理科において生徒が主体的に問題解決に取り組むために、追究への動機付けとなる導入の工夫と、生徒が見通しを持って追究したり自分の解決過程全体を振り返ったりできる活動の工夫を行い、その有効性を明らかにする。

III 研究仮説（研究の見通し）

1 導入の工夫

教師が認知的葛藤を利用した導入を行うことで、生徒の内面に「思っていたのと違う！なんでだろう？」という疑問が生まれ、「原因を知りたい」という知的好奇心が高まるであろう。

2 追究の工夫

自分たちの班で考えた実験計画を他の班へ説明する活動を通して、実験の方法と結果の見通しを持つとともに、自分たちの実験計画を見直してその妥当性を高めることができるであろう。

3 振り返りの工夫

「一番〇〇」を探すという視点を持った振り返りを行うことで、問題解決の過程全体を振り返り、自分の解決過程や思考過程を客観的に認識することができるであろう。

IV 研究の内容

1 基本的な考え方

(1) 知識・技能を活用した主体的な問題解決とは

平成27年度全国学力・学習状況調査の調査問題解説資料によると、理科における知識・技能の活用とは、「構想」「分析・解釈」「検討・改善」「適用」の四つの視点に分けられる。問題解決はその各過程において、これらの視点から知識・技能を活用して進められていく。つまり、問題解決をする上で知識・技能の活用は必要不可欠と言える。

主体的な問題解決とは「見いだした問題に対して解決意欲を持ち、解決するための仮説と実験計画を自ら立案し、見通しを持って実験に取り組んで結論を導くこと」と捉える。さらに、解決した後には問題解決の過程全体を振り返り、自分の思考過程や解決方法を認識することで、より主体的な学びになると考える。

(2) 認知的葛藤の利用とは

村山哲哉（2013）は、理科における認知的葛藤について「これまでの経験や知識と結び付け解決しようとするが、そこにズレを感じ、対象に対して気付きや疑問を持つなど、既有概念だけでは説明できない知的好奇心を生み出すような葛藤のこと」と示している。この葛藤は強い疑問を生むとともに、葛藤の解消のために「原因を知りたい」という知的好奇心を高めることから、追究へ向かう内発的動機付けとなる。よって本研究では、認知的葛藤を呼び起こす自然事象を意図的に用意し、その効果を利用する。

(3) 手立て1 疑問を持ち、知的好奇心を抱く「認知的葛藤を利用した導入」

認知的葛藤を呼び起こすには、導入における自然事象の体験を通して「予想と、目の前の自然事象との間にズレを作り出す」ことが重要である。予想が目の前の自然事象に当てはまらないとき、生徒の内面には認知的葛藤が生じるはずである。生徒は一般に、経験や既有知識を基に予想を立てる。よって、「予想」と「目の前の自然事象」とのズレは、言い換えると「既有知識」と「これから身に付ける新しい知識」とのズレである。このことから認知的葛藤を利用した導入は、単元の導入や発展などで新しい知識を学ぶ授業に適している。

認知的葛藤を意図的に作るには、「既有知識」と「新しい知識」とのズレが結果の違いとして表れる実験を用意することである。それによって、生徒は既有知識と同様の実験をしているにもかかわらず異なる結果に出合い、既有知識と目の前の事象とを自然に比較して「なぜ？」が生まれるのである。5ページの「授業実践の概要」の実践Iを例に、認知的葛藤を呼び起こす事象体験作りの考え方を示す（図1）。

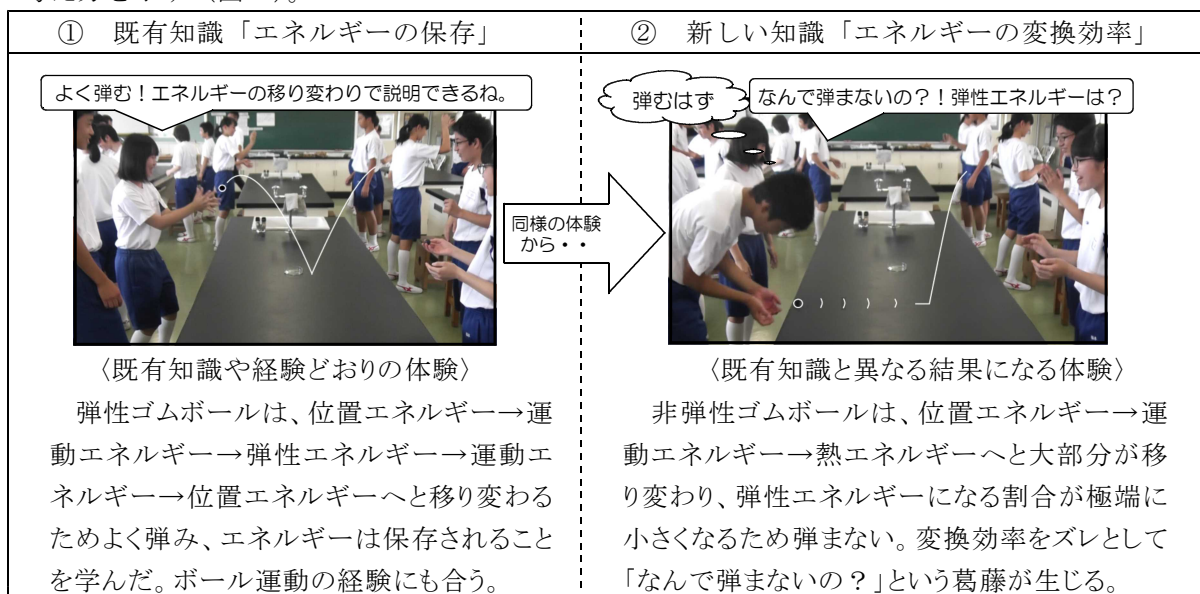


図1 認知的葛藤を呼び起こす事象体験作りの考え方

事象体験を作る上で大切なことがもう一つある。事象体験によって生じる葛藤の大きさは、既有知識とこれから身に付ける新しい知識とのズレが大きいほど大きくなる。しかし、あまりにズレが大きいと、まるで仮説が立たない事象となり、追究の見通しまでもが立たなくなってしまう。つまり、認知的葛藤が大きい事象は不思議で面白いが追究困難な事象となる。問題解決の事象体験を作る際には、生徒が見通しを持って追究できることが大切であり、追究の手掛かりとなる体験を意図的に組み込んだり追究につながる問題を設定したりするなどして、認知的葛藤と追究の見通しとのバランスを取る必要がある（図2）。

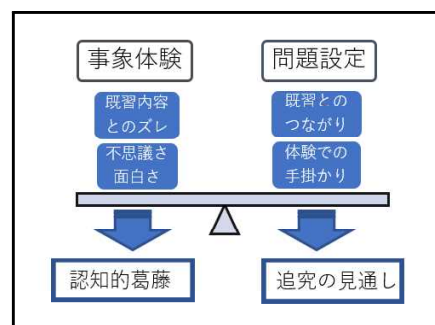


図2 葛藤と見通しのバランス

(4) 手立て2 実験の見通しを持ち、妥当性を高める「計画の説明活動」

生徒による主体的な問題解決になるように、生徒が問題に対する仮説を立て、自らの仮説に基づいて実験計画を立てて追究を行う。実験計画を立てる際には教師が計画上の留意点を示しておく。生徒には留意点に沿った見直しカードを配布し、説明を聞く際の視点とする（図3）。

ここでの説明活動は、四人班を基本として二人が説明者、二人が聞き手となり、隣の班と説明者が入れ替わる学習形態で行う。一人一人の参加意識を高めることと、説明が苦手な生徒の負担軽減に配慮して2対2の少人数による対話形態とした。活動の流れと実際の様子を次に示す（図4、5）。

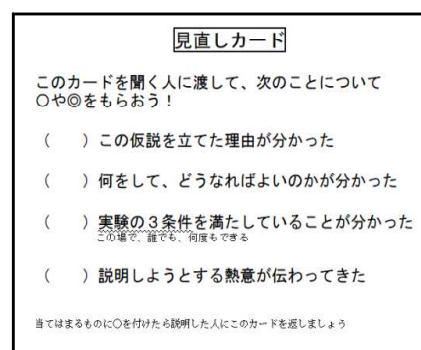


図3 見直しカードの項目



図4 説明活動の生徒の動き方

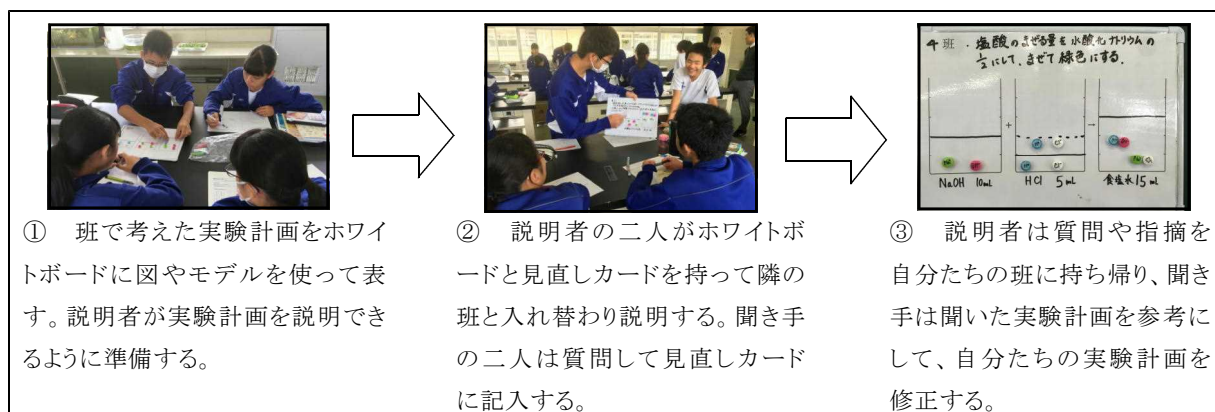


図5 実践Ⅱでの説明活動の様子

この活動のねらいは、説明することを通して実験の見通しを持つことと、実験計画の妥当性を高めることである。実験の見通しとは、「〇〇すれば□□になる」という方法と結果の見通しである。まず、説明できるようにするために班内で学び合い（図5①）、説明図を基に説明したり聞いたりすることで実験の方法と結果の見通しを持つ（図5②）。説明者は説明した実験計画に対する他の班からの指摘や評価を参考にして、聞き手は聞いた他の班の実験計画を参考にして、それを互いに擦り合わせることで自分たちの実験計画を修正し、妥当性を高める（図5③）。

(5) 手立て3 問題解決の過程全体を振り返る「一番探しの付箋」

生徒がワークシートに沿って自分の思考過程を振り返り、「一番〇〇」を探することで問題解決の過程全体を振り返れるようにする。「一番〇〇」の視点は、例えば「一番深く考えたところ」や「一番役立った考え」などのように、教師がそのときのねらいに応じて与える。そして生徒は該当する過程を選んで付箋を貼り、そこを選んだ理由やどのように考えたのかを記述する。この活動により、自分がどのようにして解決してきたのかを客観的に見ることができると考える。以下にそのポイントを示す。

- ① 教師は、問題解決過程を一枚にまとめたワークシートを用意する（別添資料1）。
- ② 生徒は、問題解決の後、ワークシートを読み返しながら「一番〇〇」を探し、該当する過程に付箋を貼る。その際、「吹き出し型付箋」を使用すると貼付箇所を示しやすい（図6）。
- ③ 生徒は、選んだ理由やそのときの考えを付箋に記述する。

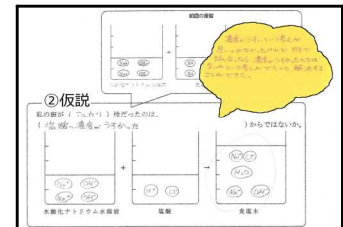


図6 振り返りの付箋

2 研究構想図



V 研究の計画と方法

1 授業実践の概要

(1) 実践Ⅰ

対象	所属校 第3学年 125名
実践期間	平成29年7月4日～7月7日 3時間(×4学級)
単元名	『運動とエネルギー』 3章「仕事とエネルギー」
単元の目標	物体の運動やエネルギーに関する観察・実験を通して、物体の運動の規則性やエネルギーの基礎について理解させるとともに、日常生活や社会と関連付けて運動とエネルギーの初歩的な見方や考え方を養う。
学習内容	運動エネルギーを熱エネルギーに変換する割合が大きい非弾性ゴムを教材として、「弾むと思ったゴムボールが弾まない」という導入を基に問題を見だし、エネルギー変換に着目して仮説及び実験計画を立てて、実験を通して確かめる。

(2) 実践Ⅱ

対象	所属校 第3学年 125名
実践期間	平成29年9月28日～10月11日 2時間(×4学級)
単元名	『化学変化とイオン』 3章「酸・アルカリとイオン」
単元の目標	化学変化についての実験を通して、水溶液の電気伝導性や中和反応について理解させるとともに、これらの事物・現象をイオンのモデルと関連付けてみる見方や考え方を養う。
学習内容	イオンの濃度が異なる酸とアルカリの中和を教材として、「中和させたはずなのに中性にならない」という導入を基に問題を見だし、その原因についてイオンのモデル操作から仮説及び実験計画を立てて、実験を通して確かめる。

2 検証計画

検証項目	検証の観点	検証の方法
見通し1	認知的葛藤を利用した導入は、生徒が自ら疑問を持ち、知的好奇心を高めるために有効であったか。	○ビデオ分析(発話・行動の様子) ○対話と観察 ○事後アンケート分析
見通し2	他の班へ自分たちの実験計画を説明する活動は、実験方法と結果の見通しを持ち、実験計画の妥当性を高めるために有効であったか。	○ビデオ分析 ○事後アンケート分析 ○ワークシートの記述の内容分析 ○ホワイトボードの記述の変容分析
見通し3	「一番〇〇」を探す振り返りは、問題解決の過程全体を振り返り、自分の解決過程や思考過程を客観的に認識するために有効であったか。	○振り返りの付箋の貼付箇所分析 ○振り返りの付箋の記述分析 ○事後アンケート分析

3 抽出生徒及び抽出班

生徒A	仮説を立てたり実験計画を考えたりすることが得意である。グループでの意見交換では、友達の良い考えを取り入れ、自分の考えを友達に伝えることができる。考えの説明を通して実験への理解を深め、更に良い考えへと思考を高めた。
生徒B	仮説を立てたり実験計画の方法を考えたりすることは苦手である。グループでの意見交換では、友達の良い考えを聞くことができる。友達の良い考えに気付かせ、それを基に実験への理解を促したい。
抽出班	抽出生徒AとBがいる班。仮説や実験計画を立てたり説明活動を行ったりするために、班内外の交流を通して自分たちの考えがより良くなるようにしたい。説明活動の前後における、友達との関わり方と考えの変容を観察したい。

4 評価規準

(1) 実践Ⅰ 仕事とエネルギー

評価規準	関心・意欲・態度	仕事やエネルギーに関心を持ち、実験を通してその特徴を調べようとしている。
	科学的な思考・表現	仕事を基にエネルギーの存在を見だし、エネルギーの移り変わりや保存について自らの考えをまとめ、表現している。
	観察・実験の技能	仕事やエネルギーに関する観察、実験の基本操作を習得し、結果を記録・整理している。
	知識・理解	仕事を基にしたエネルギーの考え方を身に付け、様々なエネルギーの特徴やエネルギーの保存を理解している。

(2) 実践Ⅱ 酸・アルカリとイオン

評価規準	関心・意欲・態度	酸・アルカリ、中和と塩に関する自然事象に進んで関わり、それらを科学的に追究しようとしている。
	科学的な思考・表現	酸・アルカリの特性や中和反応などについて、イオンのモデルと関連付けながら自らの考えをまとめ、表現している。
	観察・実験の技能	酸・アルカリの特性や中和反応に関する観察、実験の基本操作を習得し、結果を記録・整理している。
	知識・理解	酸・アルカリの特性が水素イオンと水酸化物イオンによること、中和反応によって水と塩が生成することを理解している。

5 指導計画

(1) 実践Ⅰ 仕事とエネルギー

過程	時間	主な学習内容	◇研究上の手立て ○活用する知識・技能
つかむ	1	○仕事の定義、仕事の大きさの求め方	○力の表し方
追究する	2~4	○定滑車と動滑車の仕組み ○動滑車を使った仕事の特徴	○仕事の大きさ ○仕事の大きさの測定技能
まとめる	5	○仕事の原理と仕事率	○力の合成と分解 ○単位時間当たりの仕事量を求める技能
つかむ	6	○位置エネルギー、運動エネルギーの定義と求め方	○仕事の大きさ
追究する	7	○運動エネルギーと速さや質量の関係	○斜面を下る物体がする仕事の測定技能
	8	○斜面の角度とエネルギーの関係	○慣性、落下運動
まとめる	9	○位置エネルギーと運動エネルギーの移り変わり、力学的エネルギーの保存	○位置エネルギー、運動エネルギー
つかむ	10	○エネルギーの種類	○各種エネルギーの区別
追究する	11	○エネルギーの移り変わり ○エネルギーの保存と損失、効率	○力学的エネルギーの保存 ○熱や音のエネルギーの特徴
まとめる	12	○熱の伝わり方 ○熱エネルギーの効率的な利用	○熱エネルギー ○エネルギーの移り変わり
つかむ	13 本時	○ゴムボールが弾まない事象体験から、「なぜ弾まないのか？」という問題を見だし、エネルギーの移り変わりに着目して仮説と実験計画を立てる。	◇手立て1 認知的葛藤を利用した導入 ゴムボールは弾むという経験とのズレから疑問を持つ。弾むゴムボールの運動を基に、エネルギーに着目して見通しを持つ。

		○立案した仮説と実験計画を他の班に説明して、その後修正する。	◇手立て2 計画の説明活動 立案した計画は実験の3条件を満たし、方法と見通しが示されているかを見直す。
追究する	14 本時	○非弾性ゴムのエネルギーの移り変わりについて計画した実験を通して調べる。	○温度や音の測定技能
まとめる	15 本時	○弾性ゴム、非弾性ゴムについて、移り変わったエネルギーを円グラフに表して可視化してまとめる。 ○追究の過程を振り返る実験レポートを作る。	○エネルギーの移り変わり

(2) 実践Ⅱ 酸・アルカリとイオン

過程	時間	主な学習内容	◇研究上の手立て ○活用する知識・技能
つかむ	1 2	○酸性とアルカリ性の水溶液の性質	○水溶液に共通する性質 ○指示薬を使った実験技能
追究する	3 4	○酸性・アルカリ性を示すものの正体 ○水素イオン・水酸化物イオン	○イオンの極性を調べる実験技能 ○陽イオン、陰イオンの性質
まとめる	5	○酸性・アルカリ性の強弱、pH	○酸性・アルカリ性の強さ ○pHの測定技能
つかむ	6	○中和の事象体験 ○イオンモデルによる仮説	○酸性、アルカリ性の性質 ○イオンモデルの考え方
追究する	7	○実験計画の立案 ○酸とアルカリの中和実験	○化学変化と原子・分子 ○中和滴定の実験技能
まとめる	8	○いろいろな中和と塩	○化学変化 ○化学反応式の作り方
つかむ	9 本時	○濃度の異なる酸とアルカリの水溶液を混ぜ、「なぜ中性にならないのか」という問題を見いだす。 生徒の見通し ・濃いアルカリには酸を増やそう ・薄いアルカリには酸を減らそう	◇手立て1 認知的葛藤を利用した導入 既習では中性になった水溶液が、本時で中性にならないというズレから疑問を持つ。濃度の変化に対して体積の調整で中性にできるだろうという見通しを持つ。
追究する		○イオンモデルを操作して濃度の違いに着目した仮説と実験計画を立てる。	◇手立て2 計画の説明活動 立てた計画の妥当性、結果の見通しがあるかを見直す。
まとめる	10 本時	○観察、実験を行い、濃度の異なる酸性とアルカリ性の水溶液を混ぜて中性になる条件を導き出す。 ○問題解決過程の振り返りをする。	○酸・アルカリの正体 ○中和と塩 ◇手立て3 一番探しの付箋 問題解決の過程から一番深く考えた所を探することで、自分がどのように問題解決してきたかを振り返る。

VI 研究の結果と考察

1 実践 I の結果と考察

(1) 手立て1 「認知的葛藤を利用した導入」について

① 認知的葛藤の利用

導入の場面で、生徒は弾むと思っていたゴムボールが弾まないという事象体験をした。多くの生徒から「弾まない!」「なんで?」という驚きの声が上がっていた。また生徒の感想には「ゴムボールは全て弾むと思っていたからびっくりした」「不思議に思った」という記述が目立った。これらのことから、既有知識と非弾性ゴムボールの運動との間にはズレがあり、認知的葛藤が生じて知的好奇心が高まっていたと考えられる。

② 事象体験での手掛かりが仮説に与える影響

事象体験の工夫の有無が仮説に与える影響について、1組と2組で比較研究を行った。弾性ゴムに比べて非弾性ゴムはたたくと熱を発生する性質があるので、これを手掛かりとして事象体験の一部として加え、その影響を調べた。1組はゴムボールをたたく体験をせずに仮説を立て、2組は木づちでたたく体験をしてから仮説を立てた(図7)。この二つの学級の生徒の仮説を内容で分類して比較した(図8)。

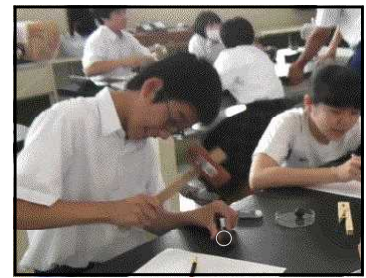


図7 ゴムボールをたたく体験

ゴムボールをたたく体験をしなかった1組は、31人中二人(約

6%)の生徒が熱エネルギーの可能性を考えた。それに対し、ゴムボールをたたく体験をした2組は、31人中18人(約58%)の生徒が熱エネルギーの可能性を考えた。音エネルギーを考えた生徒は共に8人(約26%)であった。このことから、ゴムボールをたたくという体験は熱エネルギーへの変換に目を向かせるために有効であると考えられる。

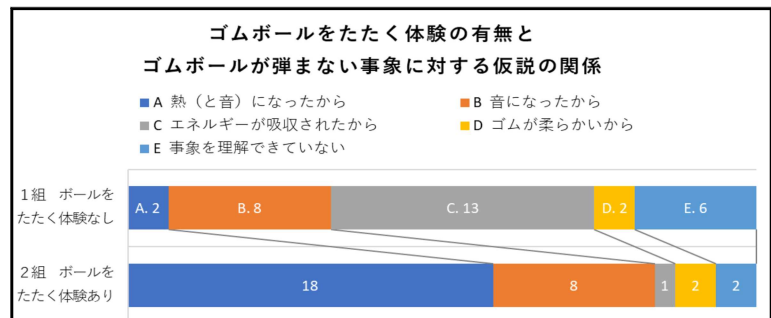


図8 追究につながる事象体験の有無が仮説に与える影響

つまり、仮説に対する事象体験の影響は大きく、追究の手掛かりとなるように事象体験の仕方や順序を工夫することが、生徒の追究の見通しに結び付くと言える。

(2) 手立て2 「計画の説明活動」について

説明活動で示す実験計画には、仮説を確かめるための方法と、こうなれば良いという結果の見通しを書くように指示をした。ワークシートの記述を基に、説明活動の前後における実験計画の内容を分類し、その質的变化を調べた。1組と2組の結果を次に示す(図9、10)。

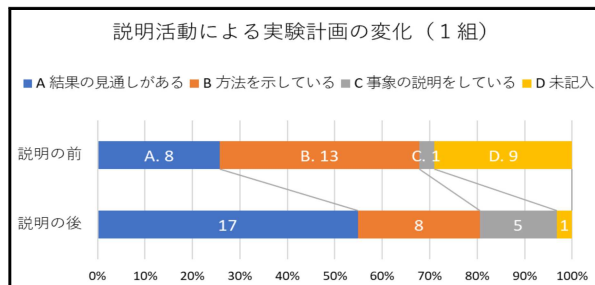


図9 1組の説明活動前後の計画の変化

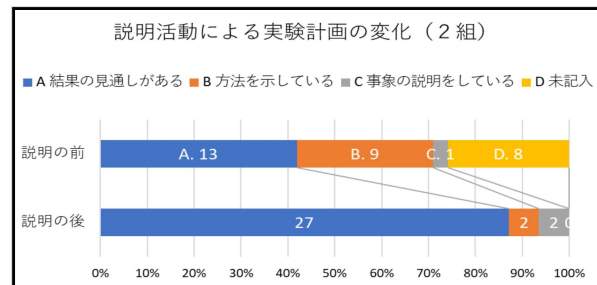


図10 2組の説明活動前後の計画の変化

結果の見通しを書くことができた生徒の数について、説明活動の前後の変化を調べたところ、1組は8人(26%)→17人(55%)、2組は15人(48%)→27人(87%)へと両方の学級とも増えた。このことから、説明活動を通して見通しを持つことができ、実験計画の具体性が高まったと言える。

実践Ⅰでは生徒同士の指摘による見直し効果を期待していたが、説明活動前後の抽出班のやり取りを観察したところ、他の班の矛盾を見付けたり改善点を指摘したりする姿はあまり見られず、むしろ説明役が戻ってからの班の話合いが活発であった。この活動に対する生徒Aの感想には「他の班の人たちの意見が聞けて自分の考えと比べ、足りないところを付け足したりできて良かった。」とあったことから、説明後に自分の班へ戻り、他の班の計画も参考にしてもう一度考え直すことで、実験計画を改善する効果があったと考えられる。

今回の説明活動では、文章記述での表現が多かったので、実践Ⅱでは図やモデルで表現するようにし、生徒の思考を可視化して交流を促進させたいと考えた。

(3) 新しい実験器具の扱いについて

たたく事象体験と説明活動により、多くの班は運動エネルギー→熱エネルギーというエネルギー変換の仮説を立て、温度変化の測定をする計画を立てた。その際、生徒は既有知識を使って実験計画を立てるので、放射温度計のような初めて扱う器具は思い付かない。そこで、温度測定の計画が固まった段階で教師が新しい器具を紹介し、生徒が選んで使用する形とした(図11)。



図11 放射温度計で温度を測る生徒

(4) 実践Ⅱへ向けての課題

実践Ⅰでは、追完過程を振り返るために実験レポートの作成を予定していたが、問題解決自体に時間を要し、結果として実験レポートの作成はできなかった。今回の実践で実験や議論を伴う授業では、目的とする活動の時間の確保が難しいことが明らかになった。これは理科の先行研究でも示されている課題である。そこで実践Ⅱでは、短時間で効果を生む振り返りの工夫を優先課題として、次のような手立てと仮説を新たに追加した。

ワークシートそのものを見ればこれまでやってきたことが分かるよう、一枚のワークシートに問題解決過程を入れ込み、問題解決の流れを認知できるようにする。そして、自分のひらめきや友達の見解から「一番〇〇」な考えを見付ける活動を取り入れれば、過程全体を振り返って既有知識の有用感を得たり、自分の思考過程を振り返ったりできるだろうと考えた。

2 実践Ⅱの結果と考察

(1) 手立て1 「認知的葛藤を利用した導入」について

① 認知的葛藤の利用

生徒は前時まで中和の実験を行い、同じ濃度、同じ体積の酸とアルカリを混ぜ合わせると中性になることを学んでいる。これを既有知識として、本時では同じ体積の酸とアルカリを混ぜ合わせても中性にならない事象を体験した。これは水溶液の濃度差により奇数班はアルカリ性に、偶数班は酸性に傾くように用意しておいたものである。

この事象体験をしたとき、事象に表れた液性と逆の液性を持つ水溶液を滴下して加える生徒の姿が見られた(図12)。これは既有の知識・技能を活用して水溶液の過不足を予想したためである。しかし、いくらピペットで水溶液を注ぎ足しても色に変化しないことに「なんで?おかしいよ」と生徒は首をかしげていた。そして、ついにはビーカー内の液を全て注いでしまう生徒もいた(図13)。これは、既有知識に基づく予想と目の前の事象とのズレに認知的葛藤が呼び起こされ、葛藤を解消しようとして起こした行動である。つまり認知的葛藤が、問題解決に向けた知的好奇心の高まりとして働いたと言える。



図12 滴下を試みる生徒

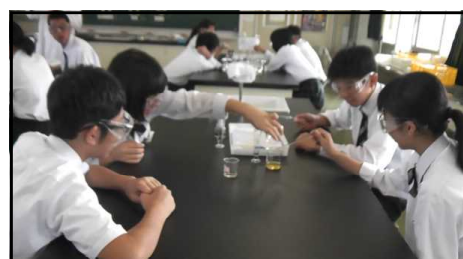


図13 ビーカーごと液を注ぐ生徒

② 追究につながる問題設定

なぜ中性にならないのかという問題は、どうしたら中性になるのかを追究することで解決できる。前時で中和に関する知識・技能を身に付けているので、本時で中和しようとするのは自然な発想である。目の前の中性でない液の状態について仮説を立て、計画どおりに中性にできれば、仮説が正しいことを実証できるからである。実際には、全ての班が中和して中性にすることを基に仮説を証明しようとし、濃い(または薄い)水酸化ナトリウム水溶液に対して、加える塩酸の体積を増減させることで完全中和をねらう展開となった。

このことから、認知的葛藤による生徒の疑問を基に問題を設定し、その後の生徒の発想を想定して授業を構想することが、問題から追究へとスムーズにつながると言える。

(2) 手立て2 「計画の説明活動」について

① 生徒の実験計画に表れた見通しを明確にする効果

説明活動後に生徒がワークシートに書いた実験計画について、実験方法の記述、結果の見通しの記述の有無を調べた(図14)。具体的には「塩酸の体積を調節すれば、酸とアルカリのイオンが全て結び付いて中性になるはず」という主旨を、結果の見通しとした。図14のAはイオンモデルと文章でBはイオンモデルで結果の見通しを表している生徒である。Cは「塩酸の体積を調節する」ことは表しているが、どうなるかまでは表していない生徒である。

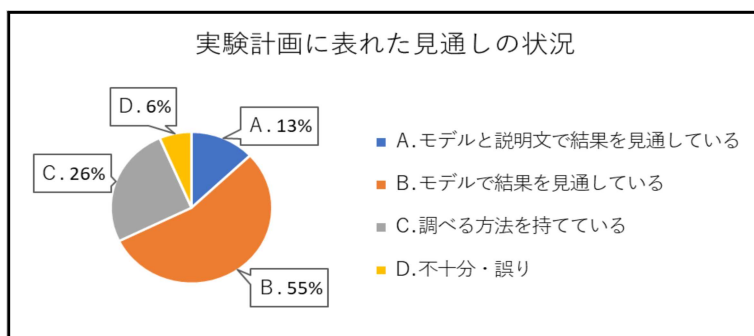


図14 実験の見通しを持っている生徒の割合

従来の実験計画では、実験方法を立案できれば良い。これに該当する生徒は、図14のA～Cに当たる94%の生徒であり、大部分の生徒が実験方法の立案ができたことが分かる。さらに、結果まで見通している生徒は、A、B合わせた68%の生徒であり、3分の2の生徒が結果まで見通して実験に取り組めたことになる。このように結果の見通しが明確になったことから、見通しが曖昧な従来の実験計画に比べて、計画の妥当性が高まったと言える。よって計画の説明活動には、実験の見通しを明確にし、計画の妥当性を高める効果があると言える。

② 生徒の姿に表れた実験の見通しを持つ効果

生徒は見通しが明確であるほど、その結果を期待し、ねらった結果に出合ったときに達成感を感じるであろうと考え、その姿をビデオを分析して検証した。本時で見通しのある生徒は、仮説どおりの体積で混ぜた際、液が中性の緑色になることを期待するはずである。分析の結果、微調整するまでもなく混合液が中性になった班が8班中二つあった。そこでは混合液が中性を示した瞬間、生徒が「やった！」と喜ぶ姿が見られ、「よし！思ったとおりだ！」とうれしさを体で表現する生徒もいた(図15)。また逆に、一度で中性にならずに残念がる生徒も見られた。「中性になるはず」という明確な見通しを持っているからこそ、すぐに中性になることを期待し、結果に対して喜びや悔しさを感じていたものと考えられる。これは、まさに実験の見通しを持っている姿と言える。



図15 実験結果にガッツポーズをする生徒

③ 実験計画の妥当性を高める効果

本時では、酸とアルカリを混ぜて酸性またはアルカリ性に傾く自然事象について、イオンモデルを用いて濃度の違いを表すことを仮説とし、中和を用いて濃度の違いを確かめる実験を立案した。そして自分たちで立案した実験計画を、隣の班と互いに説明し合う説明活動を行った。

実践Ⅰでは、ワークシートの記述の変化から仮説や実験計画に結果の見通しを加える改善効果が認められた。実践Ⅱでは、学年から抽出した協力学級で事後アンケートを行い、生徒の感想から効果を検証した。計画の説明活動についての生徒の感想を、内容を基に分類したものを表1に示す。

表1 計画の説明活動についての生徒31人の感想の内訳（複数回答）

	主な内容	回答数
A	多様な考えに触れ、実験計画を比較、見直しができた。(実験計画の改善)	13
B	実験の方法や結果がどうなるかがよく分かった。(実験の理解、見通し)	8
C	何をどう伝えるかを考えるので説明する力が付くと思う。(思考力・表現力)	7
D	分かりやすく相手に伝えることが難しかった。(思考力・表現力)	6
E	説明をして分かってもらえると嬉しかった。(達成感、意欲)	4
F	二人で説明するので頑張ることができた。(態度)	2

Aのように、多様な考えに触れることで実験計画を比較し、見直しをすることができることで多くの生徒が回答していることから、実験計画を改善し、妥当性を高める効果があると考えられる。これは実践Ⅰと同様に、実験計画の改善効果が多くの生徒の言葉から確かめられたものと言える。またBのように、実験方法や結果がどうなるかがよく分かると回答していることから、前項と同様に、実験の見通しを持つ効果があると言える。

(3) 手立て3 「一番探しの付箋」について

本時では、まず、ワークシートの問題解決の過程の中で「一番深く考えた所」を探して付箋を貼り、そのとき何をどのようにして解決したのかを付箋に記述するようにした。授業後、協力学級でアンケートを行い、「一番探しの付箋」による振り返りに対する感想を書いてもらった。

① 付箋を貼った箇所から見える振り返りの範囲

ワークシートの五つの過程で、生徒が付箋を貼った箇所を集計した(図16)。最も多かった過程は実験計画であったが、これは立案経験が少ないためと考えられる。また、一つも貼られない過程はなかったことから、生徒は過程全体を振り返っているものと考えられる。なお、今回の問題解決は2時間扱いであり、仮説、実験計画の過程までは前時の活動だったことから、生徒は振り返りを実施した当日の授業に限らず、問題解決の過程全体を振り返っていると言える。

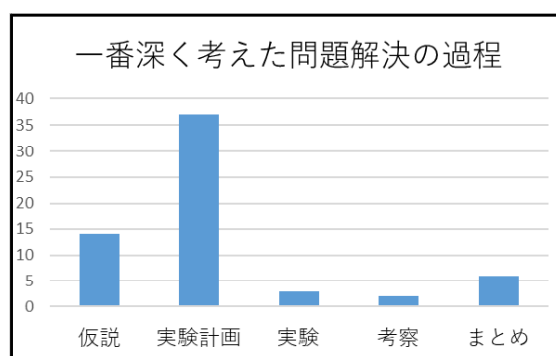


図16 生徒が付箋を貼った過程(2学級62人中)

また、生徒の感想に「問題解決の流れがワークシート一枚に全部載っていて見やすかった。」とあったことから、過程全体をワークシート一枚にまとめたことは、全体を振り返る一助になったと考えられる。

② 解決過程を振り返る効果

図17の付箋は、生徒が仮説部分に貼ったものである。記述からは、仮説を立案する過程で深く考えたこと、立案の際に既有知識を使ったりグループ学習が役立ったりしたことを認識していることが分かる。このことから、「一番探しの付箋」による振り返りによって、自分がどのように解決してきたのかという解決過程を認識することができたと言える。このような振り返りは、自分の問題解決の仕方を見直すことになるので、新たな問題解決をより良く解決しようとする主体性につながると考えられる。

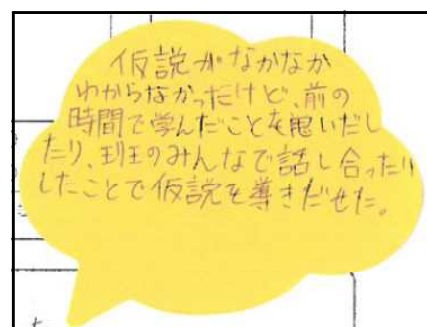


図17 生徒が書いた付箋の記述

③ 付箋の記述内容に表れた「計画の説明活動」の効果

前ページの図16では、実験計画の過程に貼られた付箋が最も多かった。これらの付箋には、実験計画を立案する際に悩んだ様子とどうやって解決できたのかが記述されていた。その記述から、解決に結び付いたとする内容を分類した（図18）。最も多かったのは班内の交流であり、次は他の班との交流であることから、合わせて75%の生徒が友達との交流によって解決できたことが分かる。この実践Ⅱでは、他の班への説明が行われる前に班内で盛んに交流が行われていた。他の班へ説明するために自分たちの実験計画について共通理解を図り、説明できるように練習する様子も見られた。このことから、計画の説明活動には、友達との交流を促進する効果と、実験計画の理解を深める効果があると考えられる。

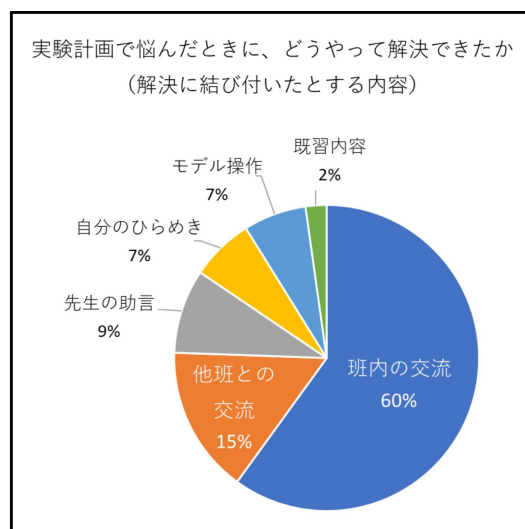


図18 付箋の記述内容の内訳

④ 生徒の感想から見える振り返りの効果

事後アンケートからこの振り返りについての感想を、内容を基に分類したものを表2に示す。

表2 一番探しの付箋についての生徒31人の感想の内訳（複数回答）

	主な内容（複数回答）	回答数
A	どのようにして解決したのか、どこが分からなかったのかが分かった。 （解決過程、思考過程の振り返り）	16
B	学習内容の見直しになった。苦手部分の復習になってよく分かった。 （理解の深まり）	11
C	振り返ったことで達成感を感じた。また頑張ろうと思った。（意欲の向上）	2
D	吹き出し型の付箋が使いやすかった、目立って良い。（教具の工夫）	2
E	その他、単に良かった等	4

Aの回答が最も多かったことから、「一番探しの付箋」による振り返りには、解決に至るまでの追究過程を振り返ったり自分の理解できていない箇所に気付いたりすることができ、自分の解決過程や思考過程を客観的に認識する効果があったと言える。次に、Bの回答が多かったことから、自分が深く考えたところを探しながら苦手部分を復習することになり、理解を深める効果があったと言える。また、Aの回答の中には、「自分の苦手とする部分が分かり、次の実験ではその苦手を解決できるように頑張れる」と述べている生徒がおり、Cのように次時への意欲につながる効果もあると考えられ、視点の与え方次第で次時へつなげる振り返りもできると考えられる。

⑤ 振り返りに要した時間

実践Ⅰでは振り返りの時間の確保が課題であったが、今回の実践Ⅱでは5分程度で振り返りを行えることが確認できた。生徒が慣れればもっと短時間で振り返りができると考えられ、実験や説明活動を十分に行うことができるものと言える。

Ⅶ 研究のまとめ

1 成果

- 認知的葛藤を利用した導入は、知識・技能を活用して予想や仮説を立てたり、疑問を基に追究へ向かう意欲を高めたりすることに有効だった。
- 実験計画の説明活動は、生徒が身に付けた知識・技能を活用して実験計画を立案したり、実験方法と結果の見通しを持つことに有効だった。また、説明前後の班内で、実験計画の共通理解をしたり修正をしたりすることで、計画の妥当性を高めることに有効だった。

- 一番探しの付箋による振り返りは、自分の解決過程や思考過程を客観的に認識することに有効だった。また、毎時間の学習の振り返りと併せて用いることで、学習内容の理解を深めることにも有効だと分かった。
- 研究全体としては、認知的葛藤を基にした生徒の思考の流れを軸として、見いだした問題に対して自らが立案した実験により仮説を検証する主体的な問題解決を行うことができたと言える。

2 課題

- 認知的葛藤を利用した導入の際に既有知識と事象体験とのズレが大きいと、既有知識を否定してしまうような知識の混乱が起きる場合がある。これを防ぐためには事象体験の前に、既有知識を再確認しておくことが大切である。
- 説明活動を通して、ほとんどの生徒が実験方法の見通しを持つことができたが、結果の見通しを持つまでには至らない生徒がいた。説明活動を取り入れた問題解決を繰り返し行うことで、生徒全員が結果の見通しまで持つことができるよう引き上げたい。
- 一番探しの付箋では、振り返りのねらいに応じて教師が提示する視点を考える必要がある。今後の実践を通して、より効果的な視点を検討していきたい。
- 更に主体性を高めるためには、「何を学ぶか」に加えて「どのように学ぶか」という視点を生徒に持たせ、問題解決の仕方を学ぶ機会を設定する必要があると考える。

Ⅷ 提言

理科学習においては、認知的葛藤を利用した導入や生徒による実験計画の立案を通して、生徒主体の問題解決を行うことが大切である。

認知的葛藤を利用した導入は、問題解決への内発的動機付けとなり、理科学習に適している。そして、その認知的葛藤を呼び起こす事象は、身の回りの自然事象から見付けることも意図的に作ることもできる。生徒が自ら見いだした問題を、自ら立案した仮説・実験計画によって追究し、解決していく。このような主体的な問題解決を実践することが、本県の課題の解決につながるものと考えられる。

<参考文献>

- ・文部科学省 『中学校学習指導要領』(2017)
- ・文部科学省 『小学校理科の観察, 実験の手引き』(2011)
- ・文部科学省国立教育政策研究所 『平成27年度全国学力・学習状況調査報告書 中学校理科』(2015)
- ・文部科学省国立教育政策研究所教育課程研究センター 『平成27年度全国学力・学習状況調査解説資料 中学校理科』(2015)
- ・文部科学省国立教育政策研究所教育課程研究センター 『全国学力・学習状況調査の調査結果を踏まえた理科の学習指導の改善・充実に関する指導事例集』(2017)
- ・群馬県教育委員会 『平成27年度全国学力・学習状況調査 結果分析資料』(2015)
- ・群馬県教育委員会 『はばたく群馬の指導プラン』(2012)
- ・村山 哲哉 著 『小学校理科「問題解決」8つのステップ』 東洋館出版社 (2013)
- ・宮下 治・益田 裕充 著 『理科授業の理論と実践』 関東学院大学出版会 (2011)
- ・友宗澄美 著 『科学的な思考力・表現力を高めるための理科の授業づくり』 広島県福山市教育委員会2014年度第Ⅰ期研修報告書 (2014)

<担当指導主事>

高橋 学 小野 智信