

問題解決能力を育成する理科学習指導の展開

キーワード

小学校理科 中学校理科 問題解決能力 指導計画 教材の工夫

目 次

はじめに

研究の構想	-----	1
1 主題設定の理由	-----	1
2 研究内容	-----	2
研究の実際	-----	2
1 理科学習における問題解決能力の分析	-----	2
2 問題解決能力育成のための具体的な手だての検討	-----	4
3 小・中学校における指導の関連性，重点化の検討	-----	4
授業の実践	-----	5
1 小学校における実践	-----	5
2 中学校における実践	-----	10
研究の成果と今後の課題	-----	15
1 成果	-----	15
2 課題	-----	16
おわりに	-----	16
参考・引用文献	-----	17
資料	-----	18

抄 録

小学校理科，中学校理科において育成すべき問題解決能力を分析するとともに，これまでの反省を踏まえ，問題解決能力を育成していくための単元の指導計画，授業展開の在り方を検討し，事象提示や教材などを工夫しながら授業実践を行う中で，その効果を検証した。

問題解決能力を育成する理科学習指導の展開

指導主事 本多 幸次

はじめに

平成 14 年度から完全実施された学習指導要領では、自ら学び、自ら考える力などの「生きる力」の育成が求められている。生きる力の育成のためには、自ら課題を発見し、探究的な活動を通して解決し、それを評価する一連の学習活動を設定し、問題解決能力を育成していく必要がある。このような学習活動は、教科だけでなく、道徳、特別活動、総合的な学習の時間などのすべての教育活動を通して行われなければ、十分な効果は期待できない。

問題解決能力の育成は、従来より、小学校理科、中学校理科においても重点課題として取り組まれてきたが、十分に達成したとは言えないのが現状である。

そこで、理科において、問題解決能力を育成していくための学習過程や教材、評価と支援などの在り方を検討して指導計画を立て、授業実践を通して検証していく中で、具体的な手法を明らかにしたいと考えた。さらに、小学校理科と中学校理科での指導の関連性や重点化についても検討を加え、有機的な関連が図れるようにしたい。このようにして育成された問題解決能力が理科以外の学習活動でも有効に生かされ、生きる力の育成が図られることを期待するものである。

研究の構想

1 主題設定の理由

(1) 中学校における理科の授業および生徒の実態より

「理科学習指導法の改善 中学校理科第 1 分野～エネルギー概念の形成を図る授業の展開～」(長崎県教育センター研究紀要第 184 号 平成 13 年 3 月)では、本県における中学生の実態として、次のような意見が挙げられている。

中学校理科教諭を対象とした、理科嫌いは増えていると感じるかどうかの調査では、意見がちょうど半分に分かれた。感じると答えた理由については、実験、観察への興味の示し方に関する内容や理論的な説明を嫌うという回答がみられた。学力の低下に関する質問においては 7 割、理論的な説明を嫌う生徒の増加に関しては 9 割が、肯定的な回答であった。したがって、「理科離れ」という表現はあまり適当ではなく、科学的な考察を嫌う生徒が増えていると考えるべきである。

また、「科学教育改革へ向けた中学校理科教師の意識と活動の実態」(国立教育政策研究所調査報告書 平成 13 年 3 月)では、全国の理科の授業および中学生の実態として次のようなことが述べられている。

- ・生徒の観察や実験の頻度は、週に 1～2 回程度が最も多く 52 %、次いで月に 1～3 回程度が 33 %である。ほぼ毎時間という割合も 11 %あった。
- ・生徒の特質については、今の子供たちが、直接経験が不足しており、すぐに答えを求めたり、考えることを嫌がったり、継続的な観察や調査を嫌がるという意見が大勢を占め、理科教師はこうした理科の学習にとって本質的に重要な基礎的要件を欠いている生徒に対して授業するという困難さを抱えている。

以上のことより、中学校理科において、生徒自身による観察、実験はほぼ満足できる割合で実施されているが、その中で生徒は十分な観察、実験、思考活動を行ってはいないという実態が分かる。

このような現状を打開するには、生徒が自然の事物・現象の中から課題を発見し、主体的に追究する過程を通して、自分の頭や手足を十分に働かせ、自分の責任で課題解決を行ったという満足感、成就感をもたせる必要があると考えた。

(2) 教師の意見より

本センターの研修講座に参加した小学校の先生方からは、「今回の学習指導要領では、小学校理科で育てたい問題解決能力の例が学年ごとに示されたが、具体的にはどのように指導するのかよく分からない。」という意見が多く聞かれた。

問題解決能力に関しては、従来よりその重要性が叫ばれてはいたが、これまでは、教師の意識が学習内容を確実に理解させることに集中し、問題解決能力にまでは手が回らなかったというのが現状であると考えられる。

これからは、指導観の変換が求められている。ここに問題解決能力の育成を第一に考えた指導を推し進めるための要件を明らかにし、具体的な指導方法を確立する必要があると考えた。

(3) 学習指導要領より

平成 14 年度から完全実施された学習指導要領では、小学校・中学校ともに、理科学習を通して、問題解決能力を育成することを述べている。また、総合的な学習の時間においても、問題解決的な学習を積極的に取り入れることを強調している。このことは、問題解決能力が「生きる力」の重要な構成要素であることを考えれば当然のことであるが、今後は、理科に限らず、教科、道徳、特別活動、総合的な学習の時間などとの関連を積極的に図り、指導の徹底が図られる必要があることを意味している。

以上のような理由に基づき、今回研究主題を「問題解決能力を育成する理科学習の展開」と設定し、小学校理科、中学校理科を対象に 2 年計画で研究を進めた。

2 研究内容

理科学習における問題解決能力の分析

・各学年、各単元で育成すべき問題解決能力一覧表の作成

問題解決能力育成のための具体的な手だての検討

・学習過程の工夫

・教材等の工夫

小・中学校における指導の関連性、重点化の検討

授業実践と改善

研究の実際

1 理科学習における問題解決能力の分析

(1) 問題解決学習とは

問題解決学習について、「理科教育学講座 4 理科の学習論(上)」(日本理科教育学会編 平成 4 年 10 月)では、次のように述べられている。

- ・子供の身近な生活上の問題，社会的に重要な問題，あるいは科学的な法則・原理と関係する知的な問題，このような様々な問題を主体的に解決する過程を通して学習を進める形態
- ・児童中心の立場に立ち，子供の生活から遊離した科学的知識ではなく，子供の興味や関心をひく生活上の問題や教材に即して，子供が主体的・活動的に学習を進め，問題解決の経験を積み重ねながら生活適応の能力を高めようとする学習形態

このように，問題解決学習は，児童生徒が主体的に学習に取り組み，自分で解決したという達成感を得るといふ点，理科に限らず，身の回りで行われる様々な諸問題の解決にも応用できる点などから，優れた学習方法であると言える。しかし，子供たちの主体的な思考を促すという積極的な理由はあったものの，学習に深化が見られず，いわゆる「はいまわりの経験主義」という批判があったことも事実であり，今回問題解決学習を研究していくに当たっては，このような点についても配慮が必要であると考えた。すなわち，問題解決学習と学習内容の系統性に重点をおく学習とのバランスをよく考えながら，指導計画を立てる必要があると考えた。

(2) 問題解決能力とは

問題解決学習は，一連の学習過程を児童生徒に踏ませることを常としており，昭和 27 年の小学校学習指導要領理科編では，具体的に次のような問題解決学習の段階を提案している。

学習すべき問題をはっきりつかむ。
 問題を解決するために結果を予想し，計画を立てる。
 計画に基づいて，研究や作業を続ける。
 研究や作業の結果をまとめる。
 まとめた結果を活用し，応用してみる。

上の提案等も参考にしながら，今回一連の理科学習を進めていく中で育成すべき問題解決能力を次の表のように整理した。

問題解決能力	具体的活動	配慮事項
課題を発見する力	・自然の事物・現象を対象として，児童生徒自らが問題を意識する。	・できるだけ，自然の事物・現象と直接出会う場面を設定する。
課題解決の段階を見通す力	・既存の経験と結びつけながら，解決の方向や方法，見通しについて予測する。	・何がわかればよいのか，学習終了後の姿を具体的にイメージさせる。
仮説を設定し，観察，実験を計画する力	・条件設定などを考慮しながら，観察，実験の計画を具体的に立てる。	・具体的な数量も確認させる。 ・観察，実験の器具もできるだけ自分で選択させる。
観察，実験を行い，結果を考察する力	・観察，実験などを行い，それによって得た資料をもとに，予想したことについて吟味，検討する。 ・関係づけや意味づけなど理論的な考察を加えて結論を得る。	・観察，実験の結果を都合よく解釈せず，正確に記録することの大切さを強調する。 ・誤差の考え方をしっかり身につけさせる。
報告書をまとめ，発表する力	・分かりやすく，報告書をまとめ上げる。 ・必要によっては，他の人の前で，学習の成果を分かりやすく説明する。	・事実（観察，実験の結果）と推論（自分で考えたこと）とをはっきり区別させる。 ・表現の仕方を工夫させる。

2 問題解決能力育成のための具体的な手だての検討

(1) 学習過程の工夫

これまで、実践が繰り返されてきた中で、問題解決能力の育成を全面に押し出した授業実践を阻んできた理由としては、次のようなことが挙げられる。

授業時間が余分に必要となる。

一連の問題解決学習を設定すると、学習活動の大半を児童生徒にまかせるため時間がかかる。限られた授業時数の中では、なかなか実施できない。

形式的になり、学習がマンネリ化する。

問題解決学習では、同じような学習の流れを繰り返すため、課題はそのときどきで新鮮ではあるが、学習の進め方、形態等が形骸化し、児童生徒の学習意欲を減退させる場合もある。

課題を広げすぎると、解決が困難になる。

理科の学習の中で仕組む問題解決学習においては、ある程度の解決は必要である。児童生徒に自由に課題を設定させると、課題が多岐にわたり、中には小・中学生では解決できないような課題を設定する場合もある。また、一人の教師では対応できないこともある。

以上のような問題点に対応するため、次のような改善点を考えた。

- ・問題解決能力の育成に重点を置きながらも、基本的な知識、観察、実験の技能、科学的な思考の進め方等については、教師がしっかりと系統的に指導を行い、すべての児童生徒が確実に身につけるようにする。
- ・すべての単元で同じような問題解決学習を行うのではなく、ある単元では、簡略化して課題は教師が与え、結果の考察に重点を置いた学習を設定したり、児童生徒の発想を生かして自由度が高い学習が可能な単元では、一連の問題解決学習を設定したりするなど、小学校4年間、中学校3年間で問題解決能力を育成するという視点に立つ。こうすることで、指導のマンネリ化を防ぐとともに、時間を効果的に使うことができる。
- ・基本的には、「課題を発見する過程」をもっとも重視する。そのためには、児童生徒が課題を自分のものとしてとらえる必要があり、課題をつくる前に、試行錯誤する時間を設定する。課題を修正する時間を保障する。また、児童生徒一人で課題を決めるのではなく、児童生徒どうしや教師との話し合いの時間を設ける。こうすることで、児童生徒の発想は重視しながらも、課題をおおよそ解決可能で、より妥当なものへ高めていくことが可能となる。

(2) 教材等の工夫

教材については、できるだけ児童生徒にとって身近なものを取り入れるようにした。また、児童生徒が計画する観察、実験においても、必要なものは家庭から持ち寄らせるなどの工夫もしたい。ただし、従来より、例えば身近にあるプリンカップをビーカーの代用として使用させることで、指導者は児童生徒の発想を生かしたと満足する傾向があったが、これらのことは、安全面からも決して望ましいことではないと考える。器具としては、実験室にあるものを適切に選択し使用することを基本的とし、個数等で不足が出たときに、教師との相談の上使用することとした。

評価については、次の3に示すように、各単元で育成したい力を明らかにしているもので、それに即して評価を行い、結果に基づいて適切に指導・支援を行うようにした。

3 小・中学校における指導の関連性、重点化の検討

観察、実験を通して問題解決能力の育成を図る理科では、一般的な問題解決能力の分析だけでは、指導が十分にはできない。そこで、観察、実験、考察の場面を中心に育成すべき問題解決能力の整理を行った。

学 年	問題解決能力	具 体 的 な 内 容
小学校 第3学年	「比較しながら調べる」	自然の事物・現象を差異点や共通点という視点から比較しながら調べ、問題を見だし、見いだした問題を興味・関心をもって追究する。
小学校 第4学年	「関係付けながら調べる」	自然の事物・現象の変化に注目し、変化とそれにかかわる要因を関連付けながら調べ、問題を見だし、見いだした問題を興味・関心をもって追究する。
小学校 第5学年	「条件に目を向けながら調べる」 「計画的に追究する」	自然の事物・現象をそれにかかわる条件に目を向けたり、量的変化や時間的变化に着目したりして調べ、問題を見だし、見いだした問題を興味・関心をもって追究する。制御すべき要因と制御しない要因とを区別しながら、観察、実験などを計画的に行う。
小学校 第6学年	「関係付けながら調べる」 「多面的に追究する」	自然の事物・現象の変化や働きをその要因と関係付けながら調べ、問題を見だし、見いだした問題を多面的に追究する。小学校理科のまとめの段階として、多面的な視点から観察、実験を行い、結論を導く。
中学校 第1学年 ～ 第3学年	「根拠を明らかにして予想する」 「条件制御をきちんと行う」 「計画的に追究する」 「結果を適切に処理して、考察する」 「総合的に判断する」	小学校で身につけた諸能力を総合的に活用し、問題解決学習に取り組む。 各單元ごとに、重点的に取り組む視点を明らかにしておく。 例 身近な物理現象：自分なりの根拠をもって予想し、実験計画を立てる力 大地の変化：観察、実験の結果を正しく用いて、考察・議論する力

指導を徹底させるためには、上の表をもとにして、小・中学校の各学年、各単元で育成すべき問題解決能力を洗い出す必要があると考え、一覧表を作成した。

作成に当たっては、問題解決能力に限定せず、関心・意欲・態度に関わる、いわゆる情意面の目標も付記することにした。これは、関心・意欲・態度の育成が問題解決学習を推進させる原動力になると考え、指導の際、必ず留意すべき事項として認識する必要があると判断したからである。

小学校第6学年と中学校第1学年の一覧表の例を、資料1、2に示す。

授業の実践

1 小学校における実践

野母崎町立野母小学校にて、平成14年10月、前野泰介教諭の指導のもと実施。

(1) 単元名 第6学年「水溶液の性質」

(2) 単元について

問題解決学習を進めるに当たっては、児童自らが問題意識を持つ場面が最も重要であると考ええる。すなわち、児童が事象に触れ、そこで得た気付きや疑問を自分の既存の概念と結びつけ、何とか説明がつくようにしようと思いをめぐらす。そこに自分なりの見方や考え方が生まれ、

確認するための観察，実験が必要となり，問題解決の推進力となっていくと考えた。

そこで，本単元では，児童が問題意識を持って課題を作り上げる過程に光をあて，事象の与え方，課題までの練り上げの段階に工夫を凝らすことにした。

単元の導入場面を炭酸水に溶けているものの正体を調べるところにした。その理由としては，この単元で取り扱う水溶液の中では最も身近な存在であること。既習の水溶液と合わせて学習に取り入れられ，既習の実験方法が生かせること。気体が溶けているという新しい概念が児童の学習意欲をかりたてることができることが挙げられる。

また，後半部分の「溶けた金属はどうなったか調べよう」では，まず，スチールウール，アルミニウム箔，マグネシウムリボンを塩酸の中に入れ，溶けていく様子を観察させる。特にマグネシウムリボンは溶ける速度が速く，児童は驚くものと考えられる。児童は，食塩やホウ酸の溶け方と比較しながら，泡を出しながら溶けていくという違いに気づき，さらに溶けた金属はどうなったのだろうという疑問をスムーズに持つことができるものと考えた。

(3) 単元の分析

	問題解決能力	見方や考え方
獲得する力	<ul style="list-style-type: none"> 水溶液の性質や働きについて多面的に追究する力 水溶液に溶けている目に見えない物について推論する力 安全に観察，実験を行い，結果を正確に記録する力 	<ul style="list-style-type: none"> 水溶液には酸性，アルカリ性および中性のものがある。 水溶液には，気体が溶けているものがある。 水溶液には，金属を変化させるものがある。
児童の実態	<p>課題に対して自分の考えを持ち，自己の責任において課題を解決しようとする姿勢は充分とは言えない。</p> <ul style="list-style-type: none"> 1学期からこれまでの理科の学習の中で，自分の推論を互いに出し合い，話し合いながら結論を導き出すような学習を繰り返し経験してきている。 前単元の「土地のつくり」では，身近な「田の子島」を題材とした学習を経験し，土地のでき方に対して自分の考えを持ち，推論し合いながら，多面的に追究することを十分に経験している。 	<p>第5学年の「ものの溶け方」では，物の溶け方の規則性について学習しているが，科学的な見方や考え方として十分に身につけているとは言い難い。これらの考え方は，本単元の学習の中で生かされる必要があるため，適宜再確認しながら学習活動を進めたい。</p> <ul style="list-style-type: none"> 質量保存の法則を理解している児童は半数にとどまる。 溶解したものを取り出す方法について，蒸発乾固や冷却を想起している児童は3割程度である。これから学ぶ水溶液に関する既存の概念や先行経験は多くはなく，具体的な手だてが必要である。 水溶液に溶けているものとして「固体」を想起する児童はいるが，「気体」を想起する児童はいない。 水溶液には，物を溶かすなどものを変化させる力があることを知る児童が約3割いる。 「酸性」という言葉については，「酸性雨」や「物を溶かす」など既存の概念を持つ児童が半数いる。その内，「体によい」という誤概念を持つ児童が2名，「色を変える」という指示薬についての知識を持つ児童が1名いる。
教師の支援	<p>既存概念と関係付けながら推論する場を設定するとともに，必要な教材を提示する。</p> <p>既習の実験方法を生かした実験を企画できるようにし，多面的な追究が可能な状況を作れるだけ生み出す。</p>	<p>単元を通して，既習内容を生かしながら学習を進められるようにする。</p> <p>先行経験の不足を補うため，総合的な学習の時間を使って，インターネットを利用した調べ学習の時間を確保する。</p> <p>金属が溶けるという現象がよくわかるマグネシウムを利用する。</p>

(4) 単元の学習計画（全 11 時間） は学習課題、・ は予想される児童の反応、 は指導の留意点

時間	児童の活動	予想される児童の反応・指導の留意点等
1 本時 (1/11)	<p>3つの水溶液の正体を調べよう。</p> <p>見た目, におい, 熱する, 蒸発, 冷やすなど既習の経験を生かして調べる。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ A と B は蒸発させると白い粉が出てきた。 ・ C は蒸発させても何も残らない。泡が激しくでていた。 <p>温めた水に多量に食塩とホウ酸を溶かした物を準備し, 冷やして結晶の出方を比べる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ A は食塩水, B はホウ酸水だった。 ・ C は炭酸水だった。炭酸水には何が溶けているのかな。激しく出ていた泡は何だろう。
2	<p>炭酸水に溶けているのは, 何という気体か調べよう。</p> <p>自分なりの予想とそれを検証する実験を考える。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 空気, 酸素, 二酸化炭素, 窒素, 水蒸気だと思う。 <p>[調べ方]</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 泡を集めて, ろうそくの火の様子を調べる。 ・ 泡を集めて, 気体検知管を使って調べる。 ・ 泡を集めて, 石灰水を入れる。 ・ 泡を集めて, 冷やして調べる。 <ul style="list-style-type: none"> ・ 炭酸水に溶けているのは 二酸化炭素だ。気体が溶けている水溶液もあるんだなあ。 <p>ムラサキキャベツ液による炭酸水の色の変化を提示する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 炭酸水の他にムラサキキャベツ液の色を変化させる水溶液はあるのかな。
2	<p>ムラサキキャベツ液やリトマス紙を使って, いろいろな液体の色の変化を調べよう。</p> <p>石けん水, レモン水など家庭にあるものを持ち寄り, ムラサキキャベツ液やリトマス紙の色の変化を調べる。</p>	<p>うすい塩酸, 水酸化ナトリウム水溶液, 石灰水なども準備しておく。</p> <p>ムラサキキャベツ液を入れて様々な色に変わった液体を, 3つのグループに分けるよう指示する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ うまく分けられないなあ。 <p>リトマス紙を紹介し, リトマス紙の色の変化に着目して3つのグループに分けるよう指示する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 水溶液には, 酸性, 中性, アルカリ性という3つの性質があるんだなあ。
<p>「総合的な学習の時間」での活動</p> <p>「酸性雨」「弱酸性」などの言葉について話し合う。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 銅像が溶けるとか聞いたことがあるから, 金属を溶かすと思う。 ・ 実際に溶けたら大変だなあ。学校も溶けるのかなあ。 <p>「酸性雨」についてインターネットで調べる。</p>		
2	<p>酸性の水溶液は, 本当に金属や石などを溶かすのか調べよう。</p> <p>スチールウール, アルミニウム箔, マグネシウムリボンを準備し, 塩酸の入った試験管に入れ, 試験管の中の様子を観察する。次に, 鉄, アルミニウム, 銅, コンクリート, 石などでも調べてみる。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 泡が出てきた。アルミ箔やスチールウールは溶けてしまった。 ・ マグネシウムは, 激しく泡を出しながら, あっという間に溶けてしまった。 ・ 酸性の水溶液には, 金属を変化させる性質があるんだなあ。 ・ 溶けた金属は, どうなったのかな。 <p>イメージ図を用いて, 児童の考えを明確にさせる。</p>

1	<p>溶けた金属はどうなったか調べよう。</p> <p>根拠となる考えを出し合い，話し合う。各自が考えた検証方法にしたがって，追究する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・食塩やホウ酸と同じように塩酸の中にそのまま残っている。 ・塩酸の中に残っているが，他の物に変わっている。 ・泡を出して溶けたから，塩酸の中には何も無い。 <p>[調べ方]</p> <ul style="list-style-type: none"> ・金属が溶けた水溶液を蒸発させる。 ・金属を溶かす前と溶かした後で重さを比べる。 ・もう一度塩酸に溶かしてみる。 ・磁石につくか調べる。電気を通すか調べる。 <p>必要に応じて演示をするなどして，児童が情報を集められるようにする。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・溶けた金属は，別の物に変わっているんだなあ。
1	<p>アルカリ性の水溶液でも，金属を溶かすのかどうか調べよう。</p> <p>水酸化ナトリウム水溶液を使って，アルミニウムが溶けていく様子を観察する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・酸性の水溶液は金属を溶かすけれども，アルカリ性の水溶液は金属を溶かすことはできない。 ・きっと，アルカリ性の水溶液も金属を溶かすことはできる。 ・アルカリ性の水溶液にも，金属を溶かす性質があるんだなあ。
2	<p>(個別研究)</p> <p>長崎に降る雨が酸性雨かどうか調べよう。</p> <p>水溶液がどんな物を溶かすのか調べよう。</p>	<p>できるだけ，児童の発想を生かすようにする。実験をしたり，図書やインターネットなどを使って調べたりすることが考えられる。</p>

(5) 本時の授業

題材 「3つの水溶液に溶けているものを調べる」

題材について

児童は，5年生「ものの溶け方」の学習を通して，水溶液には何かが溶けているということを認識している。この学習で取り扱ったものは，食塩やホウ酸などの固体だけであるが，このような既習経験を本時で生かすことにより，児童一人一人に新たな疑問を生み出させたいと考えた。

そこで，本時では，A：食塩水，B：ホウ酸水，C：炭酸水の3種類の水溶液を提示し，これらの判別活動を仕組むこととした。A，Bの水溶液は，蒸発乾固の実験により固体が溶けていることが確認できるが，Cについてはそれができない。ここで児童は既習の水溶液のように固体が出てこないことに戸惑いを覚え，新たな見方や考え方の創造に迫られるはずである。また，他の水溶液と違い，Cの水溶液を入れた容器の内側に泡がついていることに気付く。そこで初めて，固体ではなく気体が溶けているのではないかという疑問をもち，「炭酸水にはどんな気体が溶けているのか調べたい。」という問題意識を児童自らが持つようになると考える。

過程	児童の活動	教師のかかわり
気づく	<p>1 3つの水溶液と出会い，学習問題について解決していこうとする意欲をもつ。</p> <p>A：食塩水 B：ホウ酸水 C：炭酸水</p>	<p>1 まず，「水溶液」という言葉の意味を想起する場を設ける。また，「5年生の時に学習した水溶液も入っている。」という文カードを提示し，既習事項を生かしやすいようにする。</p>

気づく



この単元の学習を行うに当たり、既習の実験方法を想起し用いる力、結果から多面的に判断する力が必要になってくる。ここでは、まず、食塩水やホウ酸水についての既習の知識、調べ方等を確実に想起させる。

3つの水溶液の正体を調べよう！

ふ

- 2 簡単な予想をする。
C : Aは食塩水だと思う。
C : Cは泡があるから炭酸水だと思う。

- 2 予想は簡単に行う。ここでの予想は、根拠がなく、感覚的なものにしかない。そこで、実験後の結果解明で時間を多めにとるようにする。

か

- 3 班ごとに実験方法を考え実験する。

- 3 実験方法については、「 」と言える」とノートに書き、教師に許可をもらってから、班ごとに取り掛かるように助言する。そうすることで、児童が課題解決の見通しを持つようにする。

め

色や臭い	蒸発	冷やす
------	----	-----

- C : Aは白い粉が出てきたからきっと食塩だよ。
- C : Bも白い粉が出てきたよ。
- C : Cは何も出てこなかったけど、泡が出てたよね。何だろう。

実験では、3枚の蒸発皿を次々に熱することになる。安全かつスムーズに行われるように、作業用手袋を用意する。

る



- 4 A, Bが確実に区別されないまま、児童は結果を述べ合う活動に入るであろう。児童はホウ酸水を見分ける方法を認識しているので、児童が気付いた時点で演示実験としてそれを行い、自力解決への意識を大切にす。

水と炭酸水をそれぞれ試験管に入れ、泡が「出る」「出ない」の違いに気付くようにする。そうすることで、

ま

- 4 結果を述べ合い、3つの水溶液を判別する。
C : AとBはどちらかが食塩水でどちらかがホウ酸水だ。
C : たくさん溶かしたものを寒剤を使って急激に冷やせば、ホウ酸水は固体が出てくるはずだ。
T : 演示実験をやってみましょう。

- 児童が炭酸水には気体が溶けているのではないかという思いを持つようにする。



る

Aは食塩水、Bはホウ酸水、Cは気体が溶けた水溶液だ。

- 5 結論を確認する。

- 5 「次の時間は何を学習したいですか。」と問い、児童から次時の学習問題が出てくるようにする。

Cの水溶液には何が溶けているかを調べよう！

- 6 Cの水溶液に何が溶けているのかという疑問を持つ。

- 6 時間があれば、次の時間の予想まで行う。

(6) 授業後の考察

本時のような授業の場面では、通常、炭酸水の入った試験管についている泡を観察させ、「炭酸水にはどんな気体が溶けているのだろうか。」という疑問を持たせるような流れにしてしまうことが多い。しかし、その一手手前である「水溶液には気体が溶けているものがある。」という見方や考え方が必要であることを忘れてはならない。この見方や考え方がなければ、「どんな気体が溶けているのか。」という問題意識は生まれにくいのではないかと考えた。今回の実践では、単元の指導計画を工夫したり、具体的な事例を示すことで、児童が課題へストレートに向かうことができた。また、実験の器具や進め方にそれぞれの工夫をする時間を確保することで、これまで以上に学習活動が活発になった。

問題解決学習においては、問題意識を持つ場面が重要視されることが多い。今後は、児童自らが問題を意識する授業を仕組むために、もう少し深く足を踏み入れて児童の思考の流れを考える必要があると改めて実感した。



2 中学校における実践

東彼杵町立千綿中学校にて、平成 14 年 10 月、田中秀明教諭の指導のもと実施。

(1) 単元名 第 3 学年「物質と化学反応の利用」

(2) 単元について

本単元では、化学変化には熱や電気などのエネルギーの出入りが伴うことを見出すことをねらいとしている。「化学変化と電気エネルギーの関係」の部分で、電池から電流が取り出せる条件を調べる実験を行い、その結果をもとに、より大きな電圧を得ることのできる電池を生徒が自作することを課題として探究活動を行った。この活動において、生徒自身が実験の方法を工夫することで、自然の調べ方を身につけるとともに、問題を解決する能力や態度を育てたいと考えた。また、電池を自作するというものづくりを取り入れることで、実感を伴った理解を促すとともに、学習内容の価値を確かめさせたいと考えた。

(3) 単元の学習計画 (全 8 時間)

時間	学 習 内 容	問題解決能力
1	化学変化では、熱エネルギーの出入りをともなうことを見出すことができる。 ・どんな化学反応でも、熱エネルギーが取り出せるのか話し合う。 ・「化学カイロ」「中和」「アンモニアの発生」の実験を行い、化学変化前後の温度を比較し、結果をまとめる。 ・発熱反応や吸熱反応についての説明を聞く。	・どんな化学変化でも熱エネルギーが取り出せるのか考えようとする意欲 ・身近な例をあげながら予想する力 ・化学変化では熱エネルギーが出入りすることを見出す力

1	日常生活における化学変化の利用や、有機物の燃焼、物質がもつ化学エネルギーについて説明できる。	
	<ul style="list-style-type: none"> 日常生活の中で得ている熱エネルギーについて、利用する場面とその燃料について話し合う。 砂糖、エタノールを燃焼させたときに、どんな物質が発生するかを調べる。 燃料が有機物であること、有機物の燃焼によってエネルギーを取り出していることについて説明を聞く。 化学エネルギーについての説明を聞く。 	<ul style="list-style-type: none"> 燃料は燃焼によってどのような化学変化をしているのか探究する力
1	化学変化によって電気エネルギーを取り出せること、物質がもっている化学エネルギーは化学変化によって熱や電気エネルギーに変換できることを説明できる。	
	<ul style="list-style-type: none"> 電池がどのようなものに利用されているか話し合う。 乾電池の内部のようすを見て、どのようなしくみで電気を取り出しているのか予想する。 電解質水溶液と金属を使って電流を取り出す実験を行い、電流を取り出すための電池の条件を調べる。 化学変化によって電気エネルギーが取り出せることについての説明を聞く。 	<ul style="list-style-type: none"> 電池はどのようなしくみで電気エネルギーを取り出しているのか考えようとする意欲 電気エネルギーを取り出すしくみについて追究する力 電池は化学変化によって電気エネルギーを取り出すことができることを見出す力
1 本時 (4/8)	<ul style="list-style-type: none"> 前時の学習内容をもとに、より高い電圧の電池にするための条件を考える。 予備実験を行い、自分で考えた「より高い電圧の電池の条件」を実証するための実験計画を立てる。 	<ul style="list-style-type: none"> より高い電圧の電池をつくるために新たな課題を設定する力 仮説を設定する力 より高い電圧の電池をつくるための計画を立てる力
2	<ul style="list-style-type: none"> 計画にそって電池づくりを進める。 	
1	<ul style="list-style-type: none"> 完成した電池について、工夫した点や電池としての性能について発表する。 物質のもつ化学エネルギーは熱や電気エネルギーに変換できることについて説明を聞く。 	<ul style="list-style-type: none"> 要点をまとめ、分かりやすく発表する力
1	燃料電池は、水素と酸素の化学変化で発電する装置であることを説明できる。	
	<ul style="list-style-type: none"> 水素と酸素から電気エネルギーを取り出す実験を見て、燃料電池についての説明を聞く。 燃料電池がスペースシャトルで利用されたり、電気自動車の電源として使われている理由を考え、話し合う。 	<ul style="list-style-type: none"> 燃料電池や日常のエネルギーの利用をもとに、環境について考えようとする力

(4) 本時の授業

題材 「より高い電圧を得る電池をつくるための計画をしよう」

目標

- 電池のしくみに興味を持ち、より高い電圧の電池をつくるための条件を意欲的に考えようとする。
- 電池の電圧は、金属の種類、水溶液の種類と濃度などに関係があることに気づくことができる。
- より高い電圧を得ることができる電池づくりを計画することができる。



題材について

前時は簡単な電池づくりを行い、電池のしくみについて学習した。本時はさらに発展させ、生徒自身が電池の性能の向上を目指して工夫するという内容であるが、これまでに生徒自身が計画し学習を進めていくことはほとんど経験していない。学習のテーマとして、「工夫した電池をつくろう」などの自由度の高いテーマ設定も考えられるが、テーマを「より高い電圧の電池をつくろう」とし、電圧に注目させることで学習も進めやすくなるのではないかと考えた。

導入の場面では、生徒の興味・関心を高めるために、模型自動車を動かせる自作の電池を紹介したい。また、豆電球に明かりがつけば「大関」、点電球に明かりがつけば「十両」などと、電池の性能を相撲の番付にすることで学習意欲を高めようと考えた。

過程	学習活動	教師の支援	教材・教具
導入	<p>1 前時の電解質水溶液と金属で電流を取り出す実験でわかったことを確認する。</p> <p>2 本時の学習内容を知る。</p>	<p>1 電流を取り出すためには、2種類の異なる金属と食塩水や塩酸などの水溶液を用いることを確認させる。</p> <p>2 演示実験 銅と亜鉛、食塩水の電池を模型自動車につなぎ模型自動車が動かないことを示す。次に銅とマグネシウム、塩化銅水溶液と塩酸の混合液の電池（生徒には金属や水溶液の種類はふせておく。）を模型自動車につなぎ模型自動車が動くことを示す。生徒にこの実験を見せることで、どうして模型自動車が動いたのか興味・関心を持たせる。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px auto; width: fit-content;">より電圧の大きい電池をつくるための計画をしよう</div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 15px; padding: 5px; text-align: center;">大関 豆電球にあかりをつけよう</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 15px; padding: 5px; text-align: center;">関脇 模型自動車を動かそう</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 15px; padding: 5px; text-align: center;">前頭 目覚まし時計を動かそう</div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 15px; padding: 5px; text-align: center;">十両 点電球にあかりをつけよう</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 15px; padding: 5px; text-align: center;">幕下 モーターを回そう</div> </div>	<p>学習プリント</p> <p>銅 - 亜鉛・食塩水の電池 銅 - マグネシウム・CuCl₂、HClの電池 模型自動車</p>
展開	<p>3 前時の電池づくりの実験の中での気づき・疑問をもとに、より高い電圧を得るための条件を考え、発表する。</p>	<p>3 自分の考えをノートに書かせる。書けない生徒には、机間指導の中で、前時の実験結果を参考にしよう助言し、金属板の組み合わせや水溶液の種類によって、電圧の大きさが変化するのではないかと予想をもたせる。</p> <p>発表により他の考えを聞くことで、自分の考えに広がりをもたせる。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p>評価 < 関心・意欲・態度 > 電池のしくみに興味を持ち、より高い電圧を得るための条件を意欲的に考えようとしたか。(学習プリント・行動観察・発言)</p> </div>	<p>学習プリント</p>



展 開	4 考えた条件が正しいか予備実験を行う。	4 金属板や水溶液をあらかじめ用意しておく。 水溶液の取り扱いについて、注意することを確認する。生徒が酸やアルカリの水溶液の種類や濃度を変えたいと希望したときにも、基本的には準備しているものを使うように指示する。	学習プリント
	 	<p>準備するもの 銅板，ステンレス板，亜鉛板，炭素棒，マグネシウムリボン，アルミニウム板（金属板は好きな大きさに切って使えるようにできるだけ大きなものを用意する），5%食塩水，5%塩酸，1%硫酸，1%水酸化ナトリウム水溶液，イオン飲料，食酢，食塩，精製水，テスター，ピーカー，電極板ホルダ，洗淨びん，紙ヤスリ</p>	
	5 予備実験で確かめたことをもとに，電池づくりの計画を立てる。	5 各自で計画を立てること，自分なりの工夫をすることを指示する。	学習プリント
		<p>評価<科学的な思考> より大きな電圧を得るために，自分なりに工夫し計画を立てることができたか。（学習プリント，行動観察，発言）</p>	
ま と め	6 次時の学習内容を確認する。	6 同じような電池づくりを計画した生徒どうし2～4人でグループをつくり，実際に電池づくりをすることを知らせる。	

(5) まとめと考察

前時に使用した電池が電子オルゴールを鳴らす程度のものであったのに対して，本時の導入で紹介した自作電池が模型自動車が動かせるほどの性能を持っていることに，生徒は大変驚いていた。また，授業後にはこの電池がどのようなしくみなのかを見に来る生徒もいて，電池づくりに対して興味・関心を持たせることができたと言える。さらに，電池の性能を番付にすることで目指すものがはっきりし，より高い番付の電池づくりを目指そうとする学習意欲を持続させることができた。

本時の授業では，生徒が自作電池を計画する前に自由に予備実験が行える時間を十分にとった。この時間，生徒が活動する姿勢はたいへん意欲的であった。しかし，生徒は電極の組み合わせを変えたり，水溶液の種類を変えてより高い番付に挑戦することの繰り返しに終始し，条件をきちんと制御しながら実験することで，高い電圧を得るための条件を見つけ出すことまでは十分にできていなかった。これは，予備実験の結果をふまえて自作電池の計画をするという学習の流れを十分理解

させていなかったためであると考えられる。問題解決学習では，生徒が主体となって学習に取り組むが，学習の目的をしっかりと理解させ取り組ませる教師の支援が重要であることを改めて感じた。



生徒の自作電池は、準備されている金属や水溶液の組み合わせを工夫することが中心であった。中には、演示実験で紹介した電池を参考に、電極の金属の大きさや形状を工夫したり、つくった電池を2個直列につないだり、乾電池のしくみを調べて乾電池と同じ金属や水溶液を用いるなどの工夫をしている生徒もいた。また、水溶液の濃度をくわしく調べようとする生徒はあまり見られなかった。これは、酸やアルカリの水溶液は準備した濃度より濃いものは使わないように指示したためだと思われる。濃度と電圧の大きさの関係に気づかせるためにも、準備した水溶液を薄めて調べるように指示するなどの工夫をする必要があった。

(6) 事後アンケートより

単元の学習が終わった時点で、生徒に対して次のようなアンケートを行った。(回答数 23 名)

- 1 観察、実験のとき、自分たちで方法や器具を決めて進めるのと、先生が決めた方法や器具に従って進めるのでは、どちらが学習しやすいですか。
- ア 自分たちで方法や器具を決めて進める方が学習しやすい。
 - イ どちらかと言うと、自分たちで方法や器具を決めて進める方が学習しやすい。
 - ウ どちらかと言うと、先生が決めた方法や器具に従って進める方が学習しやすい。
 - エ 先生が決めた方法や器具に従って進める方が学習しやすい。
- 2 観察、実験のとき、自分たちで方法や器具を決めて進めるのと、先生が決めた方法や器具に従って進めるのでは、どちらが楽しいですか。
- ア 自分たちで方法や器具を決めて進める方が楽しい。
 - イ どちらかと言うと、自分たちで方法や器具を決めて進める方が楽しい。
 - ウ どちらかと言うと、先生が決めた方法や器具に従って進める方が楽しい。
 - エ 先生が決めた方法や器具に従って進める方が楽しい。

1については、アとイの合計が 28 %、ウとエの合計が 72 %であった。

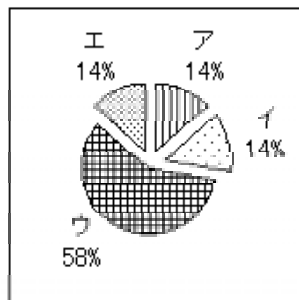
2については、アとイの合計が 100 %で、ウとエの回答はなかった。

1について、「自分たちで進めるほうが学習しやすい。」が少なかったのは意外であったが、その理由として、「時間がかかる。」「何をしたらいいのかわからない。迷う。」などが挙げられていた。

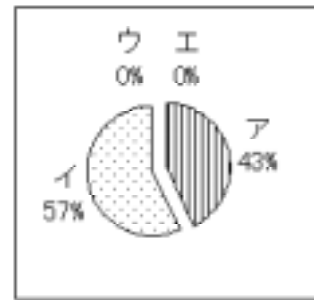
2については、全員が「自分で進める方が楽しい。」と答えており、その理由として、

「実験が成功するとうれしい。」「自分で発見するとうれしい。驚きがある。」「友達と話し合える。」などが挙げられている。

生徒の回答数が少ないので信頼性は十分ではないが、P 1の「科学教育改革へ向けた中学校理科教師の意識と活動の実態」で述べられていることと同様に、生徒は自分で試行錯誤しながら学習を進めたり、深く考えたりすることが面倒であると思っている反面、自分の力でやりとげたときの成就感を味わえることを喜びとしていると推察できる。今後は、第1学年のときから計画的に問題解決学習の経験を踏ませていく中で、思うように観察、実験が進まなくても、すぐには答えが出なくても、自分の計画に従って根気強く問題解決に当たろうとする生徒の育成を目指していきたいと思う。



質問 1 に対する回答



質問 2 に対する回答

☆ 完成した電池についてまとめよう。

工夫した点、性能
(得られた電圧)
は?

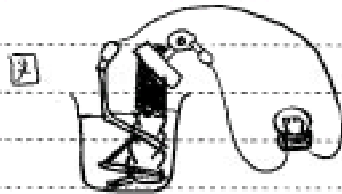
完成までの実験

①より、大きな電圧の電池を作る案

- ・金属板を大きくする、板を大きくする、板をみがく
- ・液体をいろいろ使ってみる、なとがでた。

結果 全て、少しずつ電圧は大きくなった。(0.1V + 0.05V など)

実験により、一極は、マグネシウム、+極は、炭素棒
液体は、硫酸を使、た者が良いとわかった。



- ① 炭素棒をみがいて紙につつき、大きいクリップではさむ。
- ② マグネシウムは面積を広げるためまいて使う。

④ 硫酸の入った50ccmビーカーに、上①、②を入れる。

⑤ 2のむしクリップで豆電球につなぐ。

結果：電圧は、2Vくらい上がったが、豆電球はつかないが、時計まではいった。

○ 電池を自作してみた感想

僕は、電池は、電圧さえ上がればいいなと思いました。実験により、より高い電圧にすることは出来たが、豆電球は、つきました。他の理王に聞いてみると、僕達の方が電圧は高いということでした。ということは、電圧以外にも、何かあるのだと思いました。もう少し、電池づくりの実験をして、もっとすごいものをつくってみたいですね。

図 生徒の学習シートの例

研究の成果と今後の課題

以下に研究の成果と今後の課題を述べて、研究のまとめとしたい。

1 成果

(1) 小学校理科，中学校理科における問題解決能力育成のための授業の視点が明らかになった。

問題解決能力の育成を全面に押し出した授業がこれまであまり実施されてこなかった理由を明らかにし、それに対応するための基本的な考え方を確立することができた。あまり堅苦しく考えず、教師の指導が前面に出る系統的な学習と児童生徒の発想を生かした問題解決学習とのバランスを取りながら、できる部分から授業に導入されていくことを期待したい。

(2) 小学校理科，中学校理科の各単元において，育成すべき問題解決能力の分析ができた。

これまでは，何をどのように指導すればよいのか不明瞭であったことを踏まえ，育成すべき問題解決能力の一覧表を作成した。この表が各学校で有効に利用され，児童生徒に問題解決能力が育成されていくことを期待したい。また，理科の学習にとどまることなく，総合的な学習の時間をはじめとするいろいろな学習場面で活用されることを期待したい。

(3) 小学校理科，中学校理科のそれぞれにおいて授業実践ができた。

問題解決能力の育成という視点から単元を構成し直し，児童生徒の課題意識，発想等を重視した自由度の高い学習を仕組むことは，児童生徒の学習への見通しを明確にさせ，問題解決への意欲を高める上で有効であることが明らかになった。また，課題の設定段階，課題の追究段階でも，事象の提示の仕方を工夫したり，既習事項との関連を図ったりすることで，学習がスムーズに進むことが明らかになった。

2 課題

(1) 年間を通した指導計画と実践が必要である。

今回は，実践が小学校，中学校ともに一単元のみであった。問題解決能力の育成を考えると，やはり年間を通して計画的に実践を行う必要があり，年間指導計画を立て，年間を通した実践，評価が必要である。

(2) 問題解決能力が身についたかどうか適切に評価することが必要である。

個々の児童生徒に問題解決能力が身についたかどうかについて，具体的な評価を行うことができなかった。もっと，評価規準や評価の方法等を明らかにし，実践に取り組む必要があった。また，この結果を観点別学習状況評価や評定へどのようにつなげていくかについても，今後の検討が必要である。

(3) 他教科・領域，総合的な学習の時間などとの有機的な関連を図ることが必要である。

問題解決能力は，学習のいろいろな場面で総合的に活用されてこそ意味を持つ。今後は，年間指導計画を立てる段階で，児童生徒の立場に立って，理科と他の教科・領域等との関連を十分に検討しておくことが必要である。

おわりに

問題解決能力の育成に関する研究は，私が教師になっからずっと持ち続けていた課題であった。これまで，中学校理科の教師として見よう見まねで自分なりの実践をしてきたつもりであるが，なかなか納得できるような成果を上げることができなかった。今回，2年間をかけて研究を行うチャンスに恵まれ，理論研究と授業実践を行ったが，まだまだ研究の足がかりが見えたに過ぎない。今後は，単元構成の段階でもっと綿密な計画を立て，実践を繰り返す中で生徒の変容を追い，今一度成果と課題を明らかにしていきたいと考えている。

最後になりましたが，お忙しい中，本研究を進めるに当たり，貴重な研究授業の場を提供していただいた研究協力校の校長先生，及び諸先生方，また，この研究に直接参画し，研究推進に力を貸していただいた研究協力員の先生方に心からお礼を申し上げます。

共同研究者

筒井 保之（県教育センター主任指導主事）

寺井 邦久（県教育センター指導主事）

研究協力員

田原 真治（長崎市立高尾小学校教諭） 平成 13, 14 年度

前野 泰介（野母崎町立野母小学校教諭） 平成 13, 14 年度

田中 秀明（東彼杵町立千綿中学校教諭） 平成 13, 14 年度

濱田 徳昭（長崎市立横尾中学校教諭） 平成 13 年度

研究協力校

野母崎町立野母小学校 平成 14 年度

東彼杵町立千綿中学校 平成 14 年度

引用，参考文献

- ・小学校学習指導要領解説 理科編 文部省
- ・中学校学習指導要領解説 - 理科編 - 文部省
- ・中学校学習指導要領解説 総則編 文部省
- ・中須賀史彦 「理科学習指導法の改善 中学校理科第 1 分野～エネルギー概念の形成を図る授業の展開～」 長崎県教育センター研究紀要第 184 号 平成 13 年 3 月
- ・小倉 康，鳩貝太郎 「科学教育改革へ向けた中学校理科教師の意識と活動の実態」調査報告書 国立教育政策研究所 平成 13 年 3 月
- ・日本理科教育学会編 「理科教育学講座 4 理科の学習論（上）」 東洋館出版社 平成 4 年 10 月
- ・江田 稔，三輪洋次 「中学校生徒指導要録の解説と記入上の留意点 各教科の学習の記録 理科」 中等教育資料 東洋館出版社 平成 13 年 4 月
- ・後藤良秀，引間和彦，鈴木康史 「指導計画の作成と学習指導の改善～理科～」 初等教育資料 東洋館出版社 平成 12 年 5 月