

主体的に学習に取り組む態度を育てる実験計画立案の授業実践 — 小学校第6学年「水溶液の性質」を題材として —

増田 伸江*, 久坂 哲也**, 菊地 洋一**

MASUDA Nobue*, HISASAKA Tetsuya**, KIKUCHI Yoichi**

(令和5年2月1日受理)

要 約

本研究では、主体的に学習に取り組む態度の育成をねらいとして小学校理科の問題解決過程における実験計画の立案に着目し、第6学年「水溶液の性質」を題材として授業実践を行った。単元の最後に、未知の水溶液8種類を見分ける発展的な問題を設定し、児童が実験計画を立案して調べる取り組みを行った結果、児童は全てを見分けることができた。また、授業後のアンケート調査から9割を超える児童が面白かったと評価し、主体的に問題にチャレンジしながら自分たちの力で問題解決ができた喜びや達成感を得ていたことがわかった。事後テストの成績は良好であり、他の単元に比べても高得点であった。授業実践とアンケート調査結果から、実験計画立案の授業は小学校段階で実施することが可能であり、主体的に学習に取り組む態度の育成に効果的であることが示された。

1. はじめに

小学校理科では従前より問題解決活動を重視しており、問題解決の過程に沿った授業展開が行われてきた。平成29年に告示された小学校学習指導要領ではそれを踏襲しつつ、理科の見方・考え方を働かせながら問題解決活動に取り組む中で、「主体的・対話的で深い学び」の視点に立った授業改善を行う必要性が述べられている(文部科学省, 2018)。また、今次改訂では育成を目指す資質・能力が3つの柱で整理されたため、それと対応する形で観点別学習状況評価が3つの観点で整理されている(国立教育政策研究所, 2020)。

その1つである「主体的に学習に取り組む態度」については、指導と評価の在り方が議論になることが多く、学術誌等でも特集テーマが組まれるほどである(例えば、日本理科教育学会(編)『理科の教育』2020年3月号など)。実際に県内外の授業を概観すると、問題、予想・仮説、観察・実験、

結果の整理、考察、結論の導出といった一連の問題解決の流れに沿って展開されているものの、児童は教師によって用意されたストーリーをたどって行くだけで、どれだけ主体的に授業に関与しているのか疑問に思う授業も散見される。

上記のように理科の典型的な授業スタイルの中には、「実験」という学習者が自ら作業する活動が含まれる。ただし、単に言われたままに操作をこなす実験では学習者が主体的に関与した活動とはいえない。主体的な学習を行うためには、まずは本時の学習問題を児童がよく理解し、興味を持って自らの問題にしている必要がある。その内容を「自然事象に対する気づき」や「問題の見だし」として自ら問題設定する場合は望ましいが、問題の設定は教師が行うという場合もあるであろう。いずれにしても提示した問題を自らのものとして受け止め、それを解き明かす意欲をもって授業に臨むことが望まれる。ここに実験という活動を組み合わせた場合、児童の主体的な学習を目指

* 岩手大学教員養成支援センター、** 岩手大学教育学部

す最も効果的な授業の一つは、児童が学習問題を解決するために行う実験の計画や方法を自ら立案する授業であると考えられる。

小学校学習指導要領（平成29年告示）解説理科編では、第5学年の目標に「解決の方法を発想する力を養う」ことが明記されている（文部科学省、2018）。この点について栗原ら（2019）は、実験を計画する力を育成する具体的な指導方法の開発が求められていると述べている。また、安部ら（2019）は、児童が小グループで実験を計画するという主体的な活動によって、実験手続きの技能面の理解も、手続きの必要性に関する認知面の理解も向上することが実践から明らかになったと述べている。

的確に実験計画を立案するためには、学習問題の内容をよく把握しており、それを解決するための道筋（仮説、確かめるための方法、予想される結果など）に見通しを持つことが求められる。児童らは実験を立案するなかで、問題把握からその結論まで、全体に思いを巡らせ思考することになる。実験計画を立案することで、児童らの思考力・判断力・表現力等と共に主体的に学習に取り組む態度を涵養することが期待できる。また、自ら考えをつくりだそうという態度や、検討の場面において対話を通じて他者の考えを理解して自分の考えを変容させようとする柔軟な態度などを育成することも期待できるのではないかと考える。多少の失敗や無駄もあろうが、試行錯誤しながら協働的に探究し、結果を導き出したときの児童らの達成感や満足感は大きいと考えられる。この達成感が次の学習への意欲に繋がるのではないかと考える（鹿毛、2006）。

しかし、児童が自ら実験計画を立案することは、変える条件（独立変数）や変えない条件などを制御するとともに、どのような結果（従属変数）が得られたら予想や仮説が支持されたと判断するかなど、高次な思考が求められるため、小学校段階での実現可能性が問題となる。そこで本研究では、小学校段階において児童が自ら実験計画を立案する授業を実施することの可能性とその効果について

検討する。また、主体的に学習に取り組む態度を育てるためには、実験計画立案を行うことが有効であることを明らかにすることを目的とする。

2. 研究構想と実践

(1) 単元の構想

本研究では、小学校第6学年「水溶液の性質」の単元を取り上げた。本単元の目標は、「色々な水溶液を使い、その性質や金属を変化させる様子を調べ、水溶液の性質や働き方についての考えを持つことができるようにする。」である。下記に示す順番で実験に取り組みながら実験の方法や試薬・器具の使い方を習得するとともに、一つ一つの実験を重ねるごとに水溶液の性質について知識や考えを深めていくように単元計画を作成した。

実験①：水溶液を区別しよう（1時間）

実験②：いろいろな水溶液の酸性・中性・アルカリ性（1時間）

実験③：酸性・中性・アルカリ性を見分ける方法（4時間）

実験④：気体が溶けている水溶液（1時間）

実験⑤：金属を溶かす水溶液（4時間）

実験⑥：いろいろな水溶液を見分けよう（2時間）

上記の単元計画の中で、本研究では児童が主体的に学習に取り組むための授業を構成する一つの方策として、児童が本時の課題を解決するために自分たちで実験を考える（実験計画立案）場面を取り入れる。ただし、小学生にとって自分たちで実験を立案することは、高次な学習内容であるため、そのことをスムーズに行うための段階的な活動として、単元の途中で部分的に実験内容を児童に選ばせる実験（実験方法は教師が指示するが、扱う材料や素材を自分たちで考える実験）を行うことにした。そして単元の最後に、発展的な扱いで「いろいろな水溶液を見分けよう」という児童主体の授業を実施し、この中で児童が既習事項を

活用しながら自ら実験方法を考えて実施する授業を行うこととした。

なお単元終了後、単元のテストとアンケート調査を行い、学習内容の定着とともに児童の意欲の向上と実験計画立案との関連を考察する。

(2) 授業実践の概要

先の単元構成に従って、東京都内の小学校1校に在籍する第6学年4クラス(計113名)を対象に授業実践を行った。児童が自分たちで実験について考える場面の様子について説明する。

i) 実験②では、実験①で習得したりトマス試験紙による水溶液の分類方法で、いろいろな水溶液の液性(酸性、中性、アルカリ性)を確かめる実験を行った。ここでは事前に、生活の中にある身近な水溶液(洗剤や飲料水)を家庭から持ち寄ることを指示しており、それらを実験材料として実験を行った。児童は実験方法を立案したわけではないが、班ごとに自分たちで選んだ異なる水溶液を扱うことになる。実験後に実験結果を学級で共有する場面において、自分が実験した水溶液ではなくても、他者の結果を自分の知識としたり、他者の結果から考察したりする活動を行った。

ii) 実験③においては、リトマス試験紙以外で水溶液の液性を見分ける方法として、BTB溶液を扱う(実験③-1)。さらに教科書の「深めよう」という扱いで提示されているムラサキキャベツ液を作ったの実験も行った(実験③-2)。ムラサキキャベツ液は一瞬で鮮やかに色が変化し、その美しさに子どもたちは歓声を上げながら、興味をもって変化に見入った。同じ液性であっても違う色に変化することに疑問をもち、理由を考えた。やがて同じ液性であっても強弱があることに気付く児童が現れ、強い酸性、弱い酸性、弱アルカリ性、強アルカリ性などがあることを理解した。

さらに、なぜムラサキキャベツ液はこんなに綺麗に色が変わるのだろうかということに疑問をもち、キャベツには特別な成分が含まれているのか、

それともムラサキという色が特別な意味を持つのかという2つの仮説を児童らは立てた。これを確かめる実験を児童らと検討し、緑色のキャベツと紫色のほかの野菜や果物から抽出液を作り、実験③-2と同様の実験を行うことになった。

そこで実験③-3では、ムラサキ色の野菜や果物を班毎に家庭から持ち寄り実験に臨んだ。緑色のキャベツ、ブドウ(巨砲)、ブルーベリー、ラディッシュ、赤玉ねぎ、ブドウジュース、ニンジン、トマト、パプリカ、ミカン、黒豆等を家から持ち寄った。これらをすりおろしたり、煮出したり、絞ったりして野菜や果物の抽出液をつくった。ムラサキキャベツ液の実験の時と同様に、塩酸、ホウ酸水、食塩水、石灰水、水酸化ナトリウム水溶液の試験管に抽出液を数滴たらし、色の変化を観察した。結果は、緑色のキャベツの抽出液は液性による変化はほとんどなく、ラディッシュや巨砲の皮、ブルーベリー等はムラサキキャベツ液とほぼ同様の色の変化をしたことから、水溶液の液性を見分ける試薬として有効であることがわかった。比較するために持ってきた赤色のトマトや、橙色のニンジンやミカンの抽出液はムラサキ色の液ほどには変化せず、紫色が重要であることを児童らは実験から導き出した。

iii) 実験⑥は、本単元の最後にこれまでに学習した基礎基本となる水溶液の性質について、知識と技能を活用する場面である。実験⑥では、総合的な課題に対して児童が実験方法から自分たちで考え、課題解決していく授業を行った。詳細は次項で報告する。

(3) 実験⑥の授業実践

この授業の課題は「塩酸、水酸化ナトリウム水溶液、アンモニア水、石灰水、さとう水、食塩水、炭酸水、ホウ酸水の8種類の水溶液を見分けよう」である。これまでに個々の水溶液について学習してきた実験手法と知識を組み合わせ、見た目では区別がつかない水溶液の正体を導き出す定性分析の場面設定である。この内容は、仮に実験

方法があらかじめ提示されている場合でも、その結果から既習事項に基づいて判断し、未知の試料の正体を当てていく謎解きの楽しさとともに、総合的な知識が試される学習内容である。今回は、さらに実験方法も児童が立案するという授業構想であり、児童はまさに主体的に取り組み、授業全体の見通しを持った思考、実験スキル、総合的な考察力などが問われる場面設定である。

実践した授業の様子は次の通りであった。はじめに児童は本時の課題を把握した後、各班で実験方法について話し合いを行った。児童は、本単位において実験してきた実験プリントやノートを見返しながら班ごとに話し合いを行った。そこでは、特徴的な水溶液は先に見分けてしまった方が有効だとの意見や、まずは液性を見分けてグループ分けしていこうなどの意見が出されていた。実験方法の話合いがまとまったらホワイトボードに書き、その実験結果の予想も同時に書き込むこととした。

各班が記入したホワイトボードの代表的な例を図1-Aから図1-Eに示す。A班(図1-A)は、特徴的な水溶液を先に見分けてしまう方針である。具体的には、はじめに匂いでアンモニアを識別する。次に泡の発生に着目し、8種類の水溶液の中で唯一泡が発生する炭酸水を識別する。次にムラサキキャベツ液を使い、5種類に分かれた色から、強酸と弱酸、中性、強アルカリと弱アルカリを区別する。最後に中性のさとう水と食塩水は蒸発乾固によって見分けることにした。考え方が明確でわかりやすい計画といえる。B班(図1-B)とC班(図1-C)は、はじめに匂いでアンモニアを識別することはA班と共通しているが、その後、BTB溶液(B班)やムラサキキャベツ液(C班)を使って液性毎に分類する方法を採用している。その後、酸性液とアルカリ性液を混合して、白く濁った液の組み合わせを探し、炭酸水と石灰水を明らかにしようとしている。炭酸水を泡の発生の有無で区別する方法も良いが、炭酸カルシウムの白濁を利用するのも確実な方法である。

D班(図1-D)は、はじめに液性によるグループ分けから行う計画である。まずBTB溶液を使って全ての水溶液の液性を確かめる。次にアルカリ性と判断した水溶液にはアンモニア水が含まれているので、においを嗅いで判断する。さらに残った2種類の水溶液には息を吹きかけ、白く濁った方を石灰水と判断する。中性の水溶液2種類は、蒸発させ、生じた物質を見て判断する。酸性の水溶液3種類は、蒸発後に白い物質が残ったものがホウ酸水で、何も残らなかった2種類の水溶液は試験管を振り、泡が出た方が炭酸水、出ない方が塩酸と判断する計画である。ホワイトボードの記述表現も含め、理路整然とした計画である。E班(図1-E)もD班とほぼ同様の計画である。E班は、はじめの液性の区別にリトマス紙を採用している。また最後の塩酸の確認実験にアルミニウムの溶解実験を採用している。こちらも全体的に実験の流れとその考えられる結果が理路整然と記述されている。

なお、アルミニウムの溶解実験を塩酸の他に水酸化ナトリウム液の確認に使う計画の班もあった。酸塩基指示薬で液性が分かっているならば、アルミニウムの溶解実験は塩酸や水酸化ナトリウム液を確認するのに良い手段である。また塩化ナトリウム液について、蒸発乾固で生じた白い固体を顕微鏡で観察する班もあった。これは小学第5学年の溶液学習で塩化ナトリウムの結晶を観察した体験を生かしたものと考えられる。

班で実験計画を考える初めの段階では、ホワイトボードに完全な計画ができていない班もいくつかあった。そのような班も、その後の全体交流の中で他の班の児童から意見をもらいながら実験計画を完成させた。

児童は自分たちで作成した実験計画に従って実験を行った。その途中で、実験の段取りによってはたくさんの実験器具が必要になり、時間も手間もかかってしまうことに児童らは気づいていった様子である。実験の途中で自分たちの計画を確認したり、見直したりしながら、手分けして実験を進める姿が見られた。リトマス試験紙を担当する

児童がいる一方で、蒸発乾固の実験準備を整える児童がいて、実験を分担して行っていた。

実験結果が出揃い、その結果を黒板に書き、全員で確認をした。実験結果を図2に示す。それぞれの班で、実験方法や手順は違っていたが、実験から得られた結果（8種類の溶液の正体）は全て同じであった。児童らは、自分たちが導き出した水溶液の名前が正しかったことに安堵を覚え、自分たちが選んだ実験方法で正しい結論が導き出せたことを誇らしく思い、大いに満足し、達成感を抱いている様子が見られた。

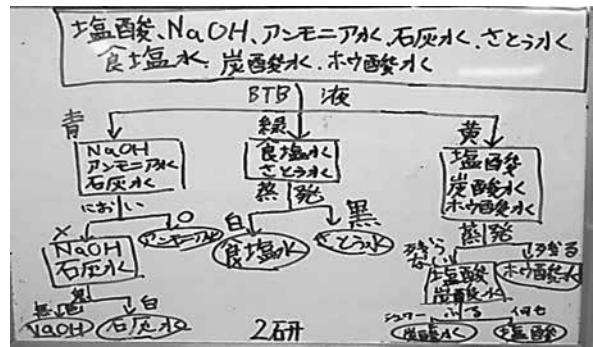


図1-D 児童の作成した実験計画 (D班)

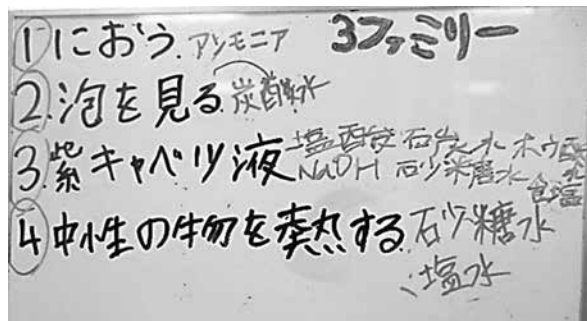


図1-A 児童の作成した実験計画 (A班)

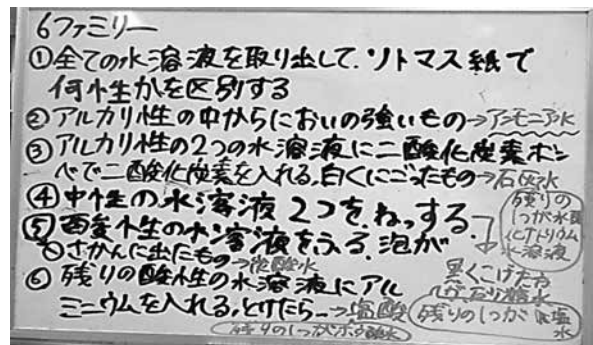


図1-E 児童の作成した実験計画 (E班)

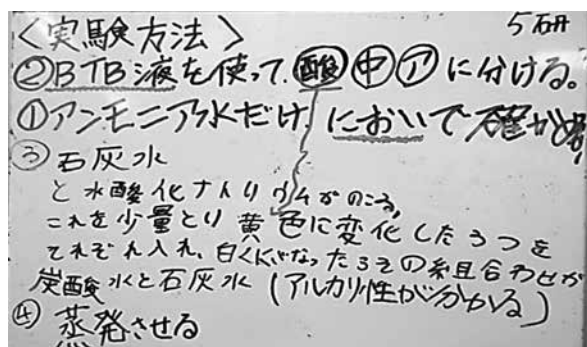


図1-B 児童の作成した実験計画 (B班)

	1研	2研	3研	4研	5研	6研	7研
塩酸	3	3	3	3	3	3	3
水酸化ナトリウム水溶液	4	4	4	4	4	4	4
アンモニア水	8	8	8	8	8	8	8
石灰水	7	7	7	7	7	7	7
さとう水	6	6	6	6	6	6	6
食塩水	2	2	2	2	2	2	2
炭酸水	1	1	1	1	1	1	1
ホウ酸水	5	5	5	5	5	5	5

図2 各班の実験結果

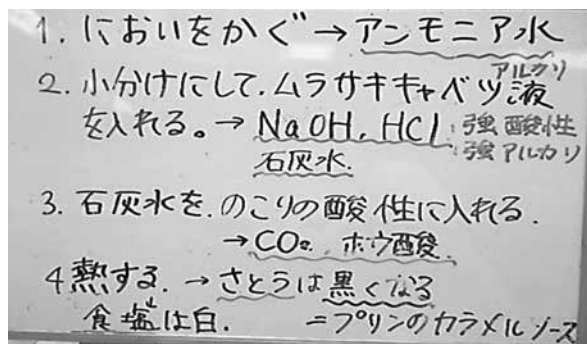


図1-C 児童の作成した実験計画 (C班)

3. 授業後の調査結果

(1) アンケート調査の結果

本単元の学習が終了した後に、児童にアンケート調査を行った。その結果は以下の通りであった。

i)「水溶液の性質」の単元の学習はおもしろくて、

興味がもてましたか？

回答率をみると「とてもおもしろくて興味もてた」と回答した児童が81.4%、「まあまあおもしろかった」と回答した児童が14.6%で、合わせて100%の児童が「水溶液の性質」の単元が面白かったと回答していた。また、面白かった理由として複数回答可で尋ねたところ、表1に示す結果となった。

本単元が面白かったと感じる理由の上位は、いずれも実験に関することであり、理科の授業において実験が児童らに「面白かった」と感じさせる大きな要因となっている。また、本研究の主眼である児童による実験計画立案について、多くの児童が好意的に受け止めていた。

表1 学習がおもしろかった理由

項目	反応率
ア たくさん実験ができる	89.4%
イ 変化がすぐわかる	39.8%
ウ 変化の色がきれい	55.8%
エ 化学記号がつかえる	39.8%
オ 友だちと協力して実験ができる	60.2%
カ 自分たちで実験方法を考え実際に試すことができる	77.9%
キ 自分が知らなかったことや、理解できなかったことを実験で確かめられる	69.9%
ク 変化の様子や結果、原因などを予想し、友だちの意見を聞いたり自分の意見が言えたりできる	40.7%
ケ 本などで読んだりして知っていた知識を実際に実験で確かめられる	42.5%
コ 今までの理科の授業で習ってきたことと関連させて考えられる	53.1%

ii) 「水溶液の性質」の単元の学習は理解できましたか？

回答率をみると「とても良く理解できた」と「だいたい理解できた」と回答した合計は89.4%で、約9割の子どもたちが理解できたと回答した。これらの回答をした児童に理解できた理由を複数回

答可で尋ねると、下の表2に示す結果となった。

表2より、よく理解できた理由は「イ 実験しながらひとつずつたしかめながら学習できたから」という項目が一番多く、約8割の児童がこれを理由としていた。児童は実験を通して理解を深めていった実感を持っていることがわかる。次に多くの子どもがあげた項目は「オ 先生の説明を聞いて理解した」(64.6%)であった。児童中心の動的な活動だけではなく、教師が適切な場面で適切な説明をすることもまた重要であることに注意が必要である。

表2 内容が理解できた理由

項目	反応率
ア 予習をしていてあらかじめ知っていた内容が多かった	31.9%
イ 実験しながらひとつずつたしかめながら学習できた	77.0%
ウ 授業の後に復習をした	42.5%
エ 今まで学習してきた単元の内容と関連させながら学習した	42.5%
オ 先生の説明を聞いて理解した	64.6%
カ 友だちの説明を聞いて理解した	30.1%

iii) 「水溶液の性質」の単元で行った実験の中で、どの実験が面白かったですか？

本単元で実践した9つの実験について面白かったと感じた実験は何かを尋ねると、表3に示す結果となった。

複数回答可で調査したため、全ての実験に反応した児童も34人(全体の30.1%)いた。少なくともこの児童らは実験が大好きな様子が見える。

実験②は、実験方法は教師が提示したが調べる対象となる試料を自分たちで考え、班ごとに違うものを対象に行った実験である。実験のなかに部分的ではあるが自分たちで考え選ぶ要素がある。この実験に関しては、56.6%の児童が面白かった実験に選んでいる。さらに実験③-3は、実験手法の中心となる指示薬について児童が考え選ぶ

自由度を持った実験である。この実験に関しては、81.4%の児童が面白かった実験に選んでいる。実験①から⑥の中で最も反応率が高かったのは、「実験⑥ いろいろな水溶液を見分けよう」であった。ここは児童が実験方法をすべて自分たちで考えた実験であり、9割強の児童が面白かった実験としてあげている。

表3 面白かった実験

項目	反応率
実験①「水溶液を区別しよう」リトマス試験紙	50.4%
実験②「いろいろな水溶液の酸性・中生・アルカリ性」	56.6%
実験③-1「酸性・中生・アルカリ性を見分ける方法」BTB溶液	67.3%
実験③-2「酸性・中生・アルカリ性を見分ける方法」ムラサキキャベツ	86.8%
実験③-3「酸性・中生・アルカリ性を見分ける方法」ムラサキキャベツ以外の野菜や果物	81.4%
実験④「気体が溶けている水溶液」	39.8%
実験⑤-1「金属を溶かす水溶液」塩酸と水酸化ナトリウム水溶液にアルミニウムと鉄を入れる	75.2%
実験⑤-2「金属を溶かす水溶液」塩酸にアルミニウムを入れ、反応後アルミニウムの行方	49.6%
実験⑥「いろいろな水溶液を見分けよう」	91.2%

(2) 単元テストの結果

2学期末の理科テストにおいて100点満点中46点分を「水溶液の性質」の単元から出題し、児童の理解度をチェックした（残りの54点分は「土地のつくりと変化」「てこのはたらき」から出題）。

テストは標準的な難易度の問題である。テストの結果、「水溶液の性質」単元の得点率の平均は81.3%と高かった。ちなみに「土地のつくりと変化」「てこのはたらき」単元から出題された問題の得点率の平均は72.0%であり、「水溶液の性質」単元の得点率の方が高い結果となった。今回の「水

溶液の性質」単元の学習は、実験を中心とする単元構想で学習を展開した。そのやり方でもペーパー試験で問う知識の理解度についても良好な結果であった。

アンケート調査の「水溶液の性質の単元の学習は理解できましたか」に対する児童の回答（3段階）ごとに、テストの正答率を算出した。その結果を表4に示す。アンケートにおいて「とても良く理解できた」と回答した児童らの平均得点率は87.0%と最も高く、「だいたい理解できた」と回答した児童らの平均得点率は78.3%で、「理解できたところとあまり理解できなかったところがある」と回答した児童らの平均得点率は60.9%であった。自分でよく理解できたと感じている子どもたちほど客観的なテストにおいても得点率が高いことがわかる。テストの結果は、アンケート調査による児童の自己評価とよく一致する結果となった。

表4 理解度に関する児童の意識とテストの成績

「水溶液の性質の単元の学習は理解できましたか」への回答	回答の割合	テスト正答率
とても良く理解できた	51.3%	87.0%
だいたい理解できた	38.1%	78.3%
理解できたところとあまり理解できなかったところがある	10.6%	60.9%

4. 考察

(1) 実験を重視した単元構想

本単元は、単元を通して実験を重視した構想を立てた。児童らは実験に積極的に取り組み、友だちと協働的に学ぶ姿が見られた。本単元において毎回実験を行うことで子どもたちの実験操作における手際も良くなっていった。また単に実験をすることを目当てにしているわけではなく、実験を通して自分から問題解決に取り組もうとする姿が見られた。また、アンケート調査から100%の児童が本単元をおもしろかったと感じていた。その

理由として児童らが選んだのは、実験を肯定的に捉えた理由である(表1)。理科において、教師から新たな知識を教えられたり、調べ学習で情報をたくさん得たりすることも必要であるが、実験を行うという能動的な活動を児童らが好んでいることが改めて示された。

学習内容の理解度については、9割の児童が「水溶液の性質」単元の内容を理解できたと感じていた。事後テストの結果も点数が高く良好であり、児童らの実感を裏付ける結果であった(表4)。今回の学習では、面白かったからよく理解でき、理解できたから面白かったという、連動する感覚があると思われる。仮説実験授業を提唱している板倉聖宣は、わからせるために楽しい授業をするのではなく、「楽しい授業」そのものが目的であると述べている(板倉, 1979)。子どもにとって、面白いと感じることが、結果として理解できたことに連動するのは理想的なことである。このような情意の高まりが意欲となり、理解を深めることに繋がっていると考えられる。

実験の重要性はもちろん情意面だけではない。「水溶液の性質」単元の内容を理解できた理由として、8割の児童が「実験しながらひとつずつたしかめながら学習できたから」を挙げている(表2)。理科にとって実験は、児童の意欲を高める動的な活動であると同時に、そもそも学習内容を実証的で効果的に提示する重要な授業要素である。児童らがそのように実験をしっかりと捉えるためには、授業における実験の意味や位置づけをよく理解している必要がある。今回、学習内容を理解できた理由として多くの児童が「実験しながらひとつずつたしかめながら学習できたから」を挙げているのは、実験の位置づけと成果を児童らが適切に捉えながら学習内容の理解に結び付けて学習してきたことを物語っている。実験中心の単元構想で学習を行った「水溶液の性質」の事後テストの成績は良好であり、他の単元に比べても高得点であった。理科において、このように効果的に実験を取り入れた授業は学習意欲の面でも理解度の面でも有効であると考えられる。

本研究では単元の最後に、「いろいろな水溶液を見分けよう」という発展的な課題を設定し、児童が既習事項を活用しながら自ら実験方法を考え、実施する授業を行った。次項に記述したように、子ども達はこの授業に意欲を持って取り組み、見事に自分たちの力で問題解決を行った。このような成果が得られたのは、前述のように単元を通して実験の意味と実験スキルを着実に積み重ねた結果であると考えられる。

(2) 児童による実験計画立案

本研究では、児童が主体的に学習に取り組む授業の方策として、児童が本時の課題を解決するために自分たちで実験を考える授業を行った。ただし小学生にとって自分たちで実験を立案することは簡単ではないため、単元を通して段階的に子どもにゆだねる実験内容の自由度を増やす計画とした。具体的には、実験②では調べる対象となる水溶液を子どもが自由に家庭から持ってくることにした。実験③-3では、実験手法の中心となる指示薬について児童が考えて実験を行う。そして単元の最後の「実験⑥ いろいろな水溶液を見分けよう」では、児童が実験方法をすべて自分たちで考えて課題解決に当たることとした。

アンケートで、本単元中どの実験が面白かったか児童らに聞いた結果(複数選択可)、面白かったと回答した割合は、実験②が56.6%、実験③-3が81.4%、実験⑥が91.2%であった(表3)。いずれも過半数を超える児童が面白かったと高評価しているが、なかでも「実験② < 実験③-3 < 実験⑥」の順に評価が高くなっている。実験②は様々な水溶液として家庭から洗剤や飲料水を持ち寄るだけであったので、自分たちが主体的に選んではいるが、実験方法を考えるという活動ではないため、児童らの満足度は非常に高いわけではなかったと考えられる。

実験③-3の評価はとても高い。実験③-3は、実験②と同様に家庭から様々な野菜や果物を持ち寄ったのであるが、その対象は実験方法の中心となる指示薬について調べるものであり、実験方法

の開発に関する内容であることから児童らの興味を高めたと考えられる。さらにこの実験を実践する前に、児童らから出た疑問を解決するために仮説を立て、それを証明するための実験を行うとしたので、児童らの実験に取り組む意欲が違っていたと考えられる。このように実験立案をただ行わせるのではなく、問題解決の場面で仮説を立て、それを証明するための実験方法を考えさせるやり方は、児童らの意欲の向上に大変効果的であると考えられる。

実験⑥は、本単元の最後に発展的な扱いで「いろいろな水溶液を見分けよう」という問題を設定し、児童が既習事項を活用しながら自ら実験方法を考えて実施する実験である。ここでは結果の仮説と実験方法を一体として考える必要がある。本単元の実験場面の中で実験⑥が面白かったと感じている児童が一番多く、9割を超える児童らがこの実験が面白かったと回答している。

実験⑥の場面の授業で、児童らが考えた実験方法には、ムラサキキャベツ液、BTB溶液やリトマス試験紙を用いて液性で区別する実験方法、匂いを嗅いだり泡の発生を目で確かめたりする五感に頼った実験方法、ガスコンロと蒸発皿を使って水分を蒸発させ溶けている固体の物質を検出する実験方法、炭酸カルシウムによる白濁生成や、鉄やアルミニウム片の金属との反応を確かめる実験方法などがあった。どの方法も本単元で学習したものであり、実験方法も実験に必要な器具や試薬などもよく理解できていた。このことは単元を通して基本的な実験の意味とスキルを積み上げてきた成果と考えられる。

これらの実験方法のどれをどの順にするのかによって、より正確にまた効率的に実験ができることになる。実験の順によってはたくさんの実験器具が必要になり、時間も手間もかかってしまう。そのことに実験を通して児童らは気づいていった。児童らは応用場面としての実験⑥を行う中で、主体的により深く学びを進めている姿がみられた。最終的に、本実践ではすべての班で実験結果から8種類の水溶液の正体を正しく導くことが

できていた。

この一連の流れの中で、はじめから全ての児童らが完全な実験方法を立案できたわけではないが、班内で話し合う中で実験案を徐々に作り上げていった。さらに班を超えた全体交流の中で、他班のアイデアや意見を取り入れながら実験方法を完成させていった。しかしその中で児童らの主体性に任せ、子ども同士の説明や対話などだけでは理解が不十分な側面もやはり見られた。その際には必要最小限の教師の介入を行った。小学校段階における児童による実験立案の授業では、頑なに教師の介入を排除する必要はないと考える。それぞれの状況と場面に応じてポイントを押さえた教師の働きかけは必要である。

実験⑥の授業において、終始児童らは授業に主体的に集中して取り組んでいる姿が見られた。児童らは問題が提示され、それを解決する方法を班のメンバーで話し合い、自分たちで実験方法を考え、それを実践することがとても面白かったのであろうと考えられる。さらに最終的に実験結果から8種類の水溶液を見分けることができたという達成感があり、自分の力で問題解決の全ての過程を遂行できたという満足感と自己有用感が得られたことと考えられる。このような情意面での高揚感は、主体的に学びに取り組む態度を育むことに繋がると考える。

本研究では、発展的な「いろいろな水溶液を見分けよう」という問題を設定し、児童が既習事項を活用しながら自ら実験方法を考えて実施する授業を行った。児童らは協力し合って実験立案を行い、見事に問題を解決することができた。児童らは本研究の授業構想を、小学校において実施することは可能であることを示してくれた。

5. まとめ

小学校の理科授業において、対話的な授業実践は多く見受けられるが、主体的な学びという面では今でも教師主導型の問題解決学習が多く実践されているように感じられる。そこで本研究では児

童が主体的に学習する方策の一つとして、問題解決学習の実験計画立案に着目し、児童らに自分たちで実験材料を選ばせたり実験方法を考えさせたりする授業展開を試みた。

本研究では小学校6年「水溶液の性質」単元を取り上げた。児童による実験計画立案の授業を行うにあたり、単元を通して実験を重視した授業を構想し、種々の実験スキルと実験を通した学習内容の理解を積み重ねた。また、段階的に実験の自由度を児童にゆだねる場面を導入した。そして単元の最後に、「いろいろな水溶液を見分けよう」という発展的な課題を設定し、児童が既習事項を活用しながら自ら実験方法を考えて実施する授業を行った。

本単元の授業実践後、児童らにアンケート調査やペーパー試験を行い、授業を評価した。アンケート調査の結果、本単元の学習についてすべての児童が面白かったと好意的にとらえていた。その理由として実験にかかわることが種々挙げられており、あらためて児童らは実験が好きなことが示された。また学習内容の理解度についても多くの児童（約9割）が理解できたと回答した。実際に事後試験の結果も良好であり、児童が理解できたと自己評価したことを裏付けている。児童がこの単元の学習内容を理解できた理由として一番に挙げたのが、「実験しながらひとつずつたしかめながら学習できた」であり、本単元の学習において実験が効果的に作用していたことがわかった。

これらの集大成として、単元の最後に、「いろいろな水溶液を見分けよう」という発展的な課題に対し、児童が自ら実験方法を考えて実施する授業を行った。この問題は、本単元の総合的な内容であるため、この問題を解く実験計画立案をするためには単元の内容の基礎基本である知識や実験の技能を身に付けていることが必要である。さらに実験班で話し合ったり実験中に協力しあったりすることや、クラス全体での意見交流等での対話的な学びも重要である。児童らは、学習問題に対して興味を持って主体的に取り組み、その過程で思考力・判断力や実験スキルを十分に働かせてい

た。最終的には、自分たちの力で問題を見事に解決させた。

本単元で実施した実験の中で特に楽しかった実験について聞いた結果、最後の実験計画立案の授業での実験が、全実験の中で最も高い評価で9割を超える児童が面白かったと評価した。児童らは主体的に問題にチャレンジすることにとっても積極的であった。そして自分たちの力で問題解決ができた喜びや達成感を得ていた。今回の実践では、実験計画立案の授業は、児童が興味を持って主体的に学習に向き合い、学びを深めるのに大変効果的な授業の一つであることを児童らが示してくれた。

今回は、単元の最後に児童が実験計画立案を行う授業を設定した。この授業が成功するためには、実験計画立案の授業を行うことを意識した単元計画をあらかじめ組み立てた方がよい。その上で単元を通して基礎となる知識や技能を着実に積み上げていくことが重要となる。今回の実践はこれらのことが大変よく作用して、最後の授業を成功させることができた。このような流れを考えると、実験計画立案の授業は、単元や章などの学習の塊の最後に総まとめとして行うのが、有力なパターンの一つである。

今後、さらに実験計画立案と児童の主体性や学びに対する意欲との関係、実験計画立案の実施可能な単元と実施場面等について検討を行っていきたいと考えている。

謝辞

本研究は、2020-2022年度JSPS科研費（基盤研究C）「教育内容の特徴を生かし深い学びを実現する小・中学校の物質学習」（課題番号20K03222）を受けて実施した。記して謝意を示す。

引用文献

安部洋一郎・松本榮次・松本伸示（2019）「小学校理科授業における実験手続きの指導方法とその効果－実験操作の前に測定を行う実験手続きに焦点を当てて－」、『理科教育学

- 研究』 Vol.59, No.3, pp.325-334
- 板倉聖宣 (1979) 『科学と教育のために』 季節社
pp.165-170
- 鹿毛雅治 (2006) 「第2章 関心・意欲」 森敏昭・
秋田喜代美編 『教育心理学キーワード』 有
斐閣双書 (pp.29-43)
- 国立教育政策研究所 (2020) 「指導と評価の一体
化」のための学習評価に関する参考資料
(小学校理科) Retrieved January 24, 2023,
from [https://www.nier.go.jp/kaihatsu/pdf/hyouka/
r020326_pri_rika.pdf](https://www.nier.go.jp/kaihatsu/pdf/hyouka/r020326_pri_rika.pdf)
- 栗原淳一・青木利憲・栗原頌太・益田有裕充 (2020)
「小学校理科において実験計画を立案させる
指導方法」『群馬大学教育学部紀要 自然科学
編』 第68巻, pp.37-43
- 文部科学省 (2018) 『小学校学習指導要領 (平成
29年告示) 解説理科編』 東洋館出版社