

群 教 セ	G04 - 03
	平 29. 265 集
	理科一中

生徒が解決の見通しを持って 実験方法を立案する理科授業

—モデル図やグラフを使った予想の共有と
タブレット端末の活用を通して—

特別研修員 奈良 達也

I 研究テーマ設定の理由

平成 29 年 3 月公示の新学習指導要領では、内容のイとして思考・判断・表現の資質・能力が示された。全学年に共通して規則性や関係性を見いだして表現するといった表記がなされているほか、学年ごとに重視する探究の学習過程が示され、1 学年では「問題を見だし」、2 学年では「解決する方法を立案」、3 学年では「探求の過程を振り返る」というキーワードがそれぞれ入っている。また、平成 29 年度の学校教育の指針（解説）の中では、ポイントの②として、児童生徒が問題を見だし、予想や変化の要因抽出を行った上で、自分の予想や仮説を確かめるための計画の立案をさせていくことが求められている。

教科書などによって指定された実験方法に従って作業することはできても、自身の考えで実験を立案することについては苦手と感じている生徒は多い。そこで生徒一人一人が解決の見通しを持って実験方法を立案する授業をつくることを本研究のテーマとした。生徒にとって実験方法の立案が難しいのは、既習のどのような知識を活用するのか分からないこと、自分の考えに自信を持つことができないことなどにその要因があると考えられる。そこで、話し合うべき内容を明確にし、モデル図やグラフなどで予想を共有できるようにすること、タブレット端末を活用して考えの根拠となる既習事項への振り返りを容易にすることの 2 点を授業改善の手立てとして研究を推進していくこととした。

II 研究内容

1 研究構想図



2 授業改善に向けた手立て

生徒を実験に取り組ませる際の授業展開として、「今日はこの実験をします」と方法を提示することには素早く実験を開始することができるメリットがあるが、生徒に主体性が生まれず、課題解決への意欲を高めることが難しい。生徒自ら問題を見だし、解決の見通しを持って実験の方法を立案することができるよう以下の手立てを取り入れた。

手立て1 班で話し合うべき内容を明確にし、モデル図やグラフなどで予想を共有できるようにする。

手立て2 生徒がタブレット端末を活用し、過去の実験動画から立案のヒントを得られるようにする。

手立て1においては、誰もが考えやすい明確な課題で議論ができるよう工夫する。生徒に投げかけたり、見いださせたりする課題はできるだけシンプルなものにする。また、グラフを使ってイメージを可視化させたり、予想の根拠となる考え方をモデル図で表現させたりして班のメンバー全員に共有させる。これにより、全員の生徒が議論に参加できるとともに、主体的に課題解決に向けた実験方法の立案に進むことができる。

生徒が実験方法を立案する際に必要になるのは、過去に学んだ知識であり、積んだ経験である。ここに着目し、手立て2として班ごとにタブレット端末を活用することとした。関連する過去の実験について自分たちで動画として記録させておき、実験方法の立案のためのヒントとして活用する。撮りためた動画のうち本時の議論に有効なものを別フォルダに保存しておくことで生徒は迷うことなく有効な情報を引き出すことができる。また、新たに必要になるであろうヒントを教師が準備し、動画としてタブレット端末に保存しておくことで生徒たちの話し合いを効率的に進められるようにしていく。

このようにモデル図やグラフを使って予想を共有させることやタブレット端末で過去の実験動画を活用させることを通して、生徒一人一人が課題解決の見通しを持てるようになり、このことは実験の方法を立案する力を伸ばすことにつながると考える。

III 研究のまとめ

1 成果

- 生徒が主体的に実験方法の立案に向かうために、話し合うべき内容を明確にしてモデル図やグラフを使って予想を共有させたことは、全員が課題についての意見を持ち、交流することができたことから効果的であったと言える。理科が苦手だと言っていた生徒が率先して結果の予想を立て議論に参加している様子が見られるなど、見通しを立てやすくなったことで課題解決への意欲が高まり、実験方法の立案に向かうことができるようになった。
- タブレット端末を活用することで実験方法の立案の見通しを立てることができた。過去の自分たちの実験動画を再生できることで、予想される結果も含めて考えを共有しやすかった。教師側で動画を整理しておくことで既習のどの知識を使えば良いのか迷うことがなくなるとともに、用意したヒントも活用することができた。一斉指導の時間を減らし、班での議論に多くの時間を割くことも可能となった。実験の様子を録画することに慣れてくると、生徒たちが自主的に役割分担をしていた。実験終了直後には再生したものを全員で確認し、実験結果を共有するなど、タブレット端末の利点は他の場面にも波及した。

2 課題

- モデル図を使用することは視覚的にとらえにくい事象を科学的に理解することに有効な手段であるが、実際に起こっていることを全て再現しているわけではない。生徒がそのことを忘れないよう配慮して指導に当たる必要がある。
- タブレット端末を利用することは有効であるが、ヒント次第で生徒をうまく導くことができるかが変わってくるため、その精選が非常に重要である。過去の動画を予め整理しておくことやヒントを見極めて準備しておくことが不可欠となる。必要なヒントとそうでないヒントとの線引きはどこなのか、今後、研究していく価値は大きい。

実践例

1 単元名 「化学変化とイオン（酸、アルカリとイオン）」（第3学年・1学期）

2 本単元について

本単元は、「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見る見方や考え方を養う」ことをねらいとしている。この単元の構成としては、第1章で電流が流れる水溶液の存在に気づき、その際の水溶液や電極の変化について調べる観察、実験を行う。電気的な力を持った粒子の存在に気づき、イオンの考え方を学ぶ。これをもとに第2章では、電解質の水溶液と2種類の金属板から電流が発生する現象を確認し、電池の仕組みを学ぶ。そして第3章では酸性、アルカリ性の性質の原因が水素イオン（ H^+ ）、水酸化物イオン（ OH^- ）にあることを学ぶ。本題材では酸、アルカリの両方を混ぜたらどうなるかという疑問に対して予想し、実験を行い、中和反応について学んでいく。

以上のような考えから、本題材では以下のような指導計画を構想し実践した。

目標	酸とアルカリの性質を調べる実験を行い、酸とアルカリのそれぞれの性質が水素イオン、水酸化物イオンによること、中和実験を行い、酸とアルカリを混ぜると中和反応が起こることを理解し、これらは日常生活や社会で活用されていることに気づき、物質に対する興味関心を高める。	
評価 規 準	関心・意 欲・態度	酸・アルカリ、中和と塩に関する事物・現象に進んで関わり、それらを科学的に探究しようとするとともに、事象を日常生活との関わりで見ようとする。
	思考・ 表現	酸・アルカリ、中和と塩に関する事物・現象の中に問題を見だし、目的意識を持って観察、実験などを行い、酸・アルカリの特性と水素イオン・水酸化物イオンとの関係、イオンのモデルと関連付けた中和反応による水と塩の生成などについて自らの考えをまとめ、表現している。
	技能	酸・アルカリの性質、中和反応に関する観察、実験の基本操作を習得するとともに、観察、実験の計画的な実施、結果の記録や整理などの仕方を身に付けている。
	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などについて基本的な概念を理解している。
過程	時間	主な学習活動
課題 把握	第1時	・身の回りにおける酸性、アルカリ性、中性の水溶液を発表し、それらはどのような性質を持っているか話し合う。
課題 追究	第2時	・実験を行い、酸性の水溶液とアルカリ性の水溶液の性質を調べ、結果をまとめる。酸性の水溶液やアルカリ性の水溶液のそれぞれに共通な性質を考察する。
	第3時	・BTB 溶液の入った寒天の中央部に塩酸と水酸化ナトリウム水溶液を染み込ませて電圧をかけ、指示薬の変化を観察し、寒天の中でどんな現象が起きていたか考察する。
	第4時	・実験の結果といろいろな電離式をもとに酸、アルカリの性質を決定する決め手となるものは何か考える。
	第5時	・酸やアルカリには強弱があることを知り、pH についての説明を聞く。
	第6時 (本時)	・酸性の水溶液とアルカリ性の水溶液を混ぜ合わせた際にどのような変化が起きているのか仮説を立て、それを検証する実験方法を立案する。
	第7時	・中和実験を行い、塩酸と水酸化ナトリウム水溶液を混ぜ合わせたときの変化を調べ、結果をまとめる。なぜ、酸性、アルカリ性の性質が打ち消しあったのか考察する。
まとめ	第8時	・酸の水溶液とアルカリの水溶液を混ぜ合わせると中和が起こり、このとき同時に水と塩ができることについて、説明を聞く。 ・実験の結果をイオンのモデルで考え、塩のでき方をイオンの結び付きから考える。
	第9時	・硫酸と水酸化バリウム水溶液を混ぜ合わせたときの様子を観察し、水にとけない塩があることを知る。草津中和工場の例について考える。

3 本時及び具体化した手立てについて

本時は本章の第6時にあたる。生徒は酸性、アルカリ性の水溶液に共通する性質を調べ、電気泳動の実験を通して酸性、アルカリ性の正体が水素イオン (H^+)、水酸化物イオン (OH^-) にあることを学んでいる。酸性の水溶液とアルカリ性の水溶液を混ぜることで中性の水溶液ができるという事柄を知っている生徒は多いが、酸、アルカリの両方の性質が打ち消されることや中和により水 (H_2O) ができることまでは至っていない状況が考えられる。そこで本時は、両方の液を混ぜ合わせたあとに、イオンレベルでどのような現象が起こっているのかモデル図を利用して予想して仮説を立てさせていく。そして、自分たちの立てた仮説が正しいことを実証する方法を考えることで、実験方法の立案につなげていくことがねらいである。仮説を立て、生徒自身の手で実証方法の立案をさせるための手立てとして以下の2点を用意した。

手立て1 班で話し合うべき内容を明確にし、モデル図やグラフなどで予想を共有できるようにする。

「酸性の水溶液とアルカリ性の水溶液を混ぜて緑色になった水溶液の中では、それぞれのイオンがどうなったのか」という課題で予想を立てさせ、同じモデル図を用いて仮説を立てさせることで予想を共有し、班での話し合いをやすくする。また、解決方法の見通しを立てることにもつなげていく。

手立て2 生徒がタブレット端末を利用し、過去の実験動画を活用できるようにする。

あらかじめそれまでの実験の様子を生徒自身の手で録画させておく。特に酸性、アルカリ性の性質を調べる実験の際にはレポーター役の生徒が説明をしながら実験を行い、後から動画を見て理解できるように準備をしておいた。

自分たちの実験に加え、今回の実験方法の立案に必要であると考えられるヒント動画（水溶液を蒸発させる様子など）をタブレット端末に用意しておき、話し合いの中で生徒が活用できるようにした。これは、変化の様子が分かりやすい早送り動画で加工した。

4 授業の実際

(1) 授業の導入

生徒はこれまでの学習を通して、酸性の水溶液には水素イオン (H^+)、アルカリ性の水溶液には水酸化物イオン (OH^-) が含まれていることを学んでいる。そこでBTB溶液を含んだ塩酸と水酸化ナトリウム水溶液を混ぜ合わせる実験を演示し、混合した溶液の色が緑色になることを確認した。生徒は全員が中性になったと答えたが、目の前にある水溶液がはたして安全なものなのか、塩酸や水酸化ナトリウム水溶液が持つ危険性が残っているのかは答えることができなかった。そこで、「酸性の水溶液とアルカリ性の水溶液を混ぜて緑色になった水溶液の中では、それぞれのイオンがどうなったのか考え、それを検証する方法を考えること」が本時の課題であることを告げた。

(2) 共通のモデル図を用いた意見交流

酸性の水溶液とアルカリ性の水溶液を混ぜて緑色になった水溶液の中では、それぞれのイオンがどうなったのか考え、プリントに自身の考えを記入させた（図1）。イオンをモデル図で表した共通の課題で予想を立て、班での意見交流を行った。最初は H^+ 、 Cl^- 、 Na^+ 、 OH^- の全てのイオンが存在していると記入した生徒が多かったが、その場合は酸性、アルカリ性の両方の性質を兼ね備えることになってしまうと気付いた生徒もいた。班の中での話し合いやモデル操作を通して、水素イオン (H^+) と水酸化物イオン (OH^-) が組合せを変えて合体することに気付く生徒が増え（図2）、全ての班において $H^+ + OH^- \rightarrow H_2O$ の考え方を導き出すことができた。班ごとに発表させると、 H_2O 、 $NaCl$ という班が4つ、 H_2O 、 Na^+ 、 Cl^- という班が1つであった。



図1 予想を共有するための生徒への投げかけ

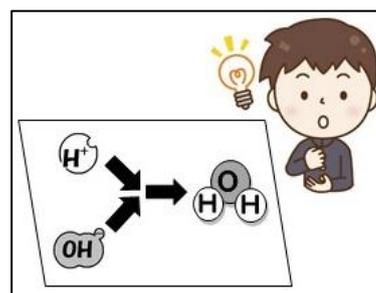


図2 気づきのイメージ

(3) 自分たちの立てた仮説を立証する方法を考える（実験方法の立案）

班ごとに自分たちが立てた仮説が正しいかどうかを確認する方法を考えさせた。この際、「〇〇ならば××はずだ」という文をつくることで検証方法が見つかることを紹介した。例えば「水素イオンが残っているならば、リトマス紙が赤くなる」などである。酸性の水溶液、アルカリ性の水溶液の特徴については第2時に実験をしており、このときの実験方法や結果は、中和後の水溶液の性質を調べ、性質がどう変化したのかを証明するのに有効な情報である。そこで、議論のヒントを得られるよう、タブレット端末を使って、自分たち自身の実験動画を残しておき、議論の最中に振り返ることができるようにしておいた（図3）。また、小学校で学んだ水溶液を蒸発させる実験も立案に有効であるため、その様子について教師側で編集した動画も再生できるようにしておいた。

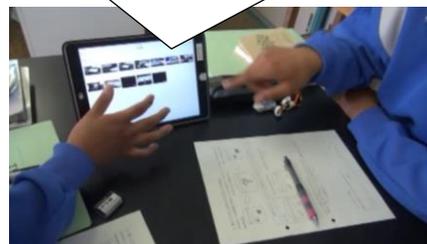


図3 タブレット端末を使った実験動画再生の様子

生徒が立てた仮説（図4）とそれを立証する方法

仮説① H_2O 、 NaCl と予想した班が立案した立証方法

- 電流を流す（イオンが存在していないならば、電流は流れないはずだ）
- 蒸発させる（ NaCl が取り出せるはずだ）
- フェノールフタレイン溶液を入れる（ OH^- が存在するなら赤くなるはずだ）
- ろ過する（ NaCl が存在しているならば、ろ過したら固体が残るはずだ）
- マグネシウムリボンを入れる（ H^+ が存在していないならばマグネシウムリボンとはけないはずだ）

仮説② H_2O 、 Na^+ 、 Cl^- と予想した班が立案した立証方法

- 電流を流す（イオンが存在しているならば、電流は流れるはずだ）
- 蒸発させる（ NaCl が取り出せるはずだ）

(4) 実験方法の確認

次時に行う実験の方法を確認した。水溶液の混ぜ合わせ方法は各班共通とし、検証方法は班ごとに立案したものとした。

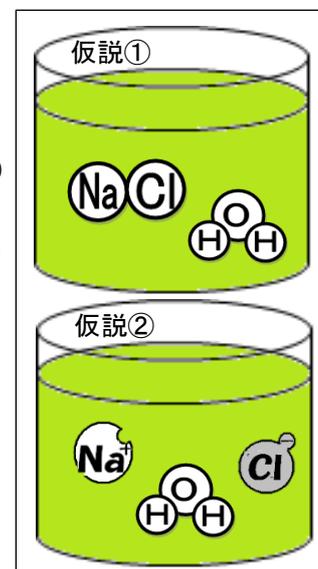


図4 生徒が立てた仮説

5 考察

全ての班で自分たちの立証に十分な実験方法を決定することができたことから、本時の授業におけるねらいはおおむね達成できたと考えられる。「塩酸と水酸化ナトリウム水溶液を混ぜ合わせたときに水溶液の中はどうなっているだろう」という最初の投げ掛けでは、4種類のイオンがそのまま残ると考えた生徒が多かったが、班での学び合いの中で H^+ と OH^- 、 Na^+ と Cl^- が結合し H_2O と NaCl ができるという意見に切り替わった生徒がほとんどであり、全ての班が「 H_2O と NaCl 」と答えるに到った。取り組みやすい課題を設定し、同じモデル図を用いて予想を共有することで一人一人が自分の考えを持ち議論に参加することができた。

仮説を立証する方法を立案する場面では、過去の実験動画が良いヒントとなっていた。自分たちで記録した動画だけに、記憶を呼び戻すのに有効であったと考えられる。また、水溶液中に存在する塩化ナトリウムが電離しているかどうかについても、過去の実験の記録から電流を流せば検証できることに気付いた班が多かった。班ごとに立てた仮説に違いはあったが、検証方法が理論的に正しく、生徒も理解していたため、次時の授業で実験を実施し正しい考察へ向かうことができた。生徒自らの手で実験の状況を記録できること、必要な情報を生徒が自分たちで選択して利用する形で提供できること、その画面の大きさゆえに班単位での活動において情報を共有しやすいことなどがタブレット端末の有効性として挙げられる。