

論 文

単元の理解を促す理科授業改善に向けた指針書の提案

—高知県中学理科の課題に応える化学教材・補助実験の開発—

Proposal of the guideline for science class improvement to promote understanding of the units in a science textbook

—Development of teaching materials and supplementary experiments for chemistry, which accept science educational issues of junior high schools in Kochi—

横田 康長 (高知大学大学院教育学専攻)¹

蒲生 啓司 (高知大学教育学部)²

YOKOTA Yasunaga¹ and GAMOH Keiji²

1 Graduate School of Integrated Arts and Sciences, Kochi University

2 Faculty of Education, Kochi University

ABSTRACT

For the purpose of development of science lessons that students can understand the contents of the textbook and are interested in, we have proposed the guidelines for class improvement focusing on the contents of the chemistry field in junior high schools. To objectively understand student stumbling blocks in textbook learning and experiment contents, we organized by the grade of students and the units of textbook based on the survey materials of "National Achievement/Learning Situation Survey", "Kochi Prefecture Achievement Situation Survey" and "Public High School Entrance Examination". Based on the organized materials the methods of experimental and lesson development have been examined focusing on lesson improvement in 7 units. The contents of class improvement were applied to the classes of junior high schools. Based on the reactions and movements of the students, improvements have been made to the developmental methods of classes. Our class improvement was performed by "Addition of one lesson to the number of lessons of the unit" and "Invention of the experimental contents and developmental methods within ordinary/normal classes". The records of class practices have been summarized with the descriptions of ingenuity/inventions and precautions for classes.

Key phrases: Science education, Science class improvement, Junior high schools in Kochi, Teaching materials and supplementary experiments for chemistry

I. はじめに

新学習指導要領が中学校でも 2020 年より実施されるようになった。その理科編の改訂にあたっての基本的な考え方について、「理科で育成を目指す資質・能力を育成する観点から、自然の事物・現象に進んで関わり見通しを持って観察実験を行い、その結果を分析して解釈するなど科学的に探究する学習を充実した。また、理科を学ぶことの意義や有用性の実感および理科への関心を高める観点から、日常生活や社会との関連を重視した。」¹⁾と記されている。更に今回の新学習指導要領の改訂では、「理科の見方・考え方を働かせて見通しをもって観察、実験を行うことを通して、事物・現象を科学的に探究するために必要な資質・能力を次の通り育成することを目指す」となっている。

- (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。

授業でも、科学的な思考力、表現力を高めるために探究的な学習を行ってきたが、学習内容が単元によって小学校とのつながりをもとに展開されているものや、実験で確かめることなく提示された抽象的なグラフや法則を元に課題を解決する学習がある。生徒の中には、以前に学習した知識と関連付けて学習を展開していくところで、以前の学習が具体的なイメージとして思い出せなかったり、学習内容のどこの場所と関連しているかを見いだせなかったりするものもいる。そのため、中学校の授業で展開している学習内容が理解できず興味を持てなくなったため、学ぶことを諦めてしまう場面がみられた。また、生徒の実態として生徒へのアンケート結果からも、理科の授業で学習したことは、将来、社会に出たときに役に立つと思う生徒は少なく、学ぶ意欲を持っていない生徒も多い。

II. 研究の目的と内容

本研究では、生徒の基礎学力を定着させるために、学習の展開が抽象的でわかりにくく、理解でつまずきの原因となっている学習内容が何であるのかを探った。その結果、つまずきの原因となる資料をもとに、生徒が事物現象に進んで関わり、科学的に探究しようする興味関心の持てる授業の展開を考えるため、中学校で学習する化学分野の内容に絞って、授業改善に向けた『指針書』を作成し提案することを研究の目的とした。

この指針書をもとに教科書の学習内容を展開することで、科学的な事実を確認し、科学的な事象を以前の学習と関連付けて体験させることができ、学習の流れを深く学ぶことができるのではないかと考え、それによって、高知県

の中学生が抱えているつまずきに応える授業づくりができるのではないかと考えた。同時に、指針書で示す課題によって学習の展開に生徒が興味を持ち、探究活動が楽しいと思え、科学的根拠に基づいて考察できる学習課題を提示したいと考えた。

指針書の作成に当たって、まず教科書の学習や実験内容で特に生徒がつまずいていていところを客観的に見るために、全国学力・学習状況調査および高知県学力定着状況調査、公立高校入学試験を参考に、学年および単元ごとにつまずきがわかるように整理した。整理した資料をもとに、授業改善の単元を化学分野の中から 7カ所に絞り、実験と授業展開の方法について検討した。まとめた授業改善の内容は、中学校の現場で実際に授業に適用し、更に生徒の反応や動きから展開方法などの改善を行った。授業改善は、単元の授業時数に 1 時間プラスするか通常の授業時間の実験内容や展開方法を工夫したものである。授業で実践したものは、実践における工夫や実験を行う際の注意事項を記載してまとめた。

III. 研究の流れ

1. まず中学校の学習内容で生徒がどの部分でつまずいているかを具体的に知る実態調査を行うために、全国学力・学習状況調査、高知県学力定着状況調査（高知県版学力テスト）、高知県公立高校入試問題の理科の結果を元に、正答率と無答率調べた。また、新学習指導要領にある日常生活や社会と関連付けて、取り組むことが有効であると考えられる部分も授業展開の対象に加えた。
2. 生徒につまずきが見られる単元であるという判断は、正答率 40%以下か無答率 10%以上として、問題に関係する単元の内容を検討しつまずき部分を改善するために、学習内容と授業展開の方法を考え指導案の作成に至った。
3. 考え出された授業展開は、学習指導要領をもとに目標と評価基準を考えていった。また、単元によっては、小学校及び前学年の学習内容で、何を理解して何ができるか、そして何につまずいているかを把握するために、そして授業後に定着の具合を把握するために見るために、小テストやアンケートを準備した。
4. 開発し検討した授業展開は、授業実践をおこない、補助実験として生徒のつまずきの解消になっていたか、1 時間の授業として実践できそうかなど、生徒の反応を交えて検証を行った。

IV. 化学分野における学カテストの状況

- ① 単元名：中学校 1 年 物質のすがた（気体の発生と性質）

設問の概要	【全国学力学習状況調査平成 27 年度理科の問題 1(3)】 ²⁾
	水上置換法では、二酸化炭素の体積を正確に

	量れない理由を説明する。 (正答 39.6% : 無答 26.3%)
出題の内容およびねらい	【高知県版学力テスト平成 30 年度第 2 学年理科の問題 4(4)】 ³⁾ ホットケーキがふくらむ理由を、炭酸水素ナトリウムの分解による気体の発生と関係付けて説明する。(正答 31.8% : 無答 22.7%) 【高知県版学力テスト平成 30 年度第 1 学年理科の問題 4(3)】 ³⁾ 1 本目の試験管で水素の爆発が起こらなかった理由を書く。 (正答 35.7% : 無答 16.1%)

② 単元名：中学校 1 年 物質のすがた (水溶液)

設問の概要	【全国学力学習状況調査令和元年度理科の問題 9 (3)】 ⁴⁾ 溶解度曲線をもとに、グラニュー糖の水溶液から、特定の質量のグラニュー糖の結晶を取り出すための温度を指摘できる。(正答率 39.6% 無答率 1.7%)
出題のねらい	【高知県版学力テスト平成 29 年度第 1 学年理科の問題 6(2)-②】 ⁵⁾ 溶解度曲線を基に、結晶が多くできた水溶液を指摘できる。 (正答率 42. 6% 無答率 1.0%)
出題の内容	【高知県公立高校入試問題平成 29 年度理科の問題 4(5)】 ⁶⁾ ミョウバンに比べて、塩化ナトリウムが温度によって再結晶しにくい理由を説明する。(正答率 26. 9% 無答率 13.1%)

③ 単元名：中学校 1 年 物質のすがた(物質の状態変化)

問題の内容	【高知県版学力テストの問題平成 30 年度第 1 学年理科の問題 5(2)】 ³⁾ 融点と沸点の一覧表から、80℃のときに液体である物質を選ぶ。 (正答率:24.6%、無答率:8.2%) 【高知県公立高校入試問題平成 30 年度理科の問題 1(1)-①】 ⁷⁾ 固体の水を加熱したときの状態変化について、温度と加熱した時間の関係を模式的に表した図から、液体の水が存在するところを全て選ぶ。 (正答率:35. 2%、無答率:0. 2%)
-------	--

④ 単元名：中学校 2 年 いろいろな化学変化(金属の燃焼)
「金属の燃焼」という実験を行う前に、なぜ金属の燃焼が起こるのかを探究する実験を行うことで、粒子が細かくなって表面積が

大きくなると、物質どうしの化学反応がよく進むという新しい概念を生徒たちに獲得させる補助実験である。この補助実験を、生徒に予想させながら展開することで、その後の「金属の燃焼」の実験によって得られる結果から深い考察につなげることができる。

⑤ 単元名：中学校 2 年化学変化と原子・分子 (化学変化と物質の質量)

出題のねらい	【高知県版学力テスト令和元年度第 2 学年理科の問題 5(1)】 ⁸⁾ 加熱前後で、全体の質量は変化しないことを理解している (正答率 32. 9% 無答率 0. 8%)
出題の内容	【高知県版学力テスト令和元年度第 2 学年理科の問題 5(2)】 ⁸⁾ 容器内で酸素が銅に化合したことで、容器内の気圧が下がったことが考察できる (正答率 19.3% 無答率 0.5%)

⑥ 単元名：中学校 3 年 化学変化とイオン (電流が流れる水溶液)

「新学習指導要領解説理科編」¹⁾の「第 3 章指導計画の作成と内容の取り扱い 科学技術と日常生活や社会との関連」において

科学技術が日常生活や社会を豊かにしていることや安全性の向上に役立っていることに触れること。また、理科で学習することが様々な職業などと関係していることにも触れること。

とある。

学習指導要領解説では、「理科では様々な原理や法則を学習するが、これらは日常生活や社会と深くかかわりをもっており、科学技術の発展を支える基礎となっている。学習を進めるに当たっては、様々な原理や法則が科学技術を支えていることに触れ、それらが日常生活や社会に深くかかわりをもってしていることを認識させる。そして、生徒の将来とのかかわりの中で理科を学ぶ意義を実感させ、様々な課題に自立的に対応していくためには、理科で学んだことが様々な職業やその後の学習と関連していることや、理科の学習で養う科学的な見方や考え方が職業にも生かされることに触れることが大切である。」¹⁾と記されている。「水溶液とイオン」のところでは、「めっき」や「電解精錬」について取り上げられているが、実際の授業で取り上げることは難しく、科学的にその仕組みを考えさせたりするには複雑である。そのために日常生活に深く関わっているにもかかわらず理科を学ぶ意義を認識させることが難しい。

中学生は、理科の学習内容で、「学校で学習する内容を日常

生活と関連するものとは考えていない⁹⁾という生徒が多い。このことは、「理科では様々な原理や法則を学習するが、これらは日常生活や社会と深くかかわりをもっており、科学技術の発展を支える基礎となっている。」ことを具体的に知らないと考えられる。そこで例えば、一見複雑に見える体脂肪計の仕組みを、イオンの電解質・非電解質を調べる実験によって得られた知識を使って探究することで、その仕組みを科学的に理解することができ、理科の法則や原理が日常生活と関係していることを気づくことができると考えられる。

⑦ 単元名：中学校3年 化学変化とイオン（酸・アルカリとイオン）

出題のねらい	<p>【平成27年度高知県公立高校入学試験理科の問題5-4(1)】¹⁰⁾ 水酸化ナトリウム水溶液に緑色のBTB溶液を数滴加え、次にその水溶液に、こまごめビペットを用いて塩酸を少量ずつ加えていくと、やがて水溶液の色が緑色になった。この実験において、水溶液の色が緑色に変化した理由を、水溶液中のイオンに着目して説明させる問題。 (正答率8.1% 無答率20.0%)</p>
--------	---

問題の誤答原因として、「水溶液中のイオンがどのような状態になっているか」¹⁰⁾、「中和反応とはどのようなものか」¹⁰⁾といったことが定着していないことをあげている。そこで、塩酸と水酸化ナトリウム水溶液をイオンのモデルで表し、中和反応において水素イオンと水酸化物イオンがお互いに酸とアルカリの性質を打ち消し合うことを理解させ、そして、実験の前後で中和反応を、モデルを使って予想させたり実験結果をもとに考察させたりする活動を計画した。

V. 学力テストによる実態調査および取り組みが必要と考えられた学習内容

(1)学力定着状況の分析結果を以下のようにまとめた。

学年	学力定着に課題があると考えられる項目
1年	① 特定の質量パーセント濃度の水溶液の溶質と水のそれぞれの質量を求める。 ② 溶解度曲線をもとに物質によって溶かすことができる量に違いがあるか、また温度によって溶ける量がどのように違うか判断する。 ③ 再結晶によってできた結晶の形（食塩・ミョウバン）。 ④ 水上置換法では発生した二酸化炭素の量をはかれないという問題のように、それぞれの気体を持つ性質と発生方法。 ⑤ 気体を捕集する方法で、捕集するときの注意点や利点。 ⑥ 金属とプラスチックの性質の違い。

	⑦ 密度の意味。密度を求めるとき使う質量と体積の関係（質量より体積が大きいと密度が小さい、密度が1より小さいと水に浮く）。 ⑧ 融点と沸点の表から、物質の状態が固体・液体・気体のどれであるか。温度による状態変化を表したグラフから物質の状態を答える（特に液体と固体が混じり合ったところ）。 ⑨ 「アンモニアが水によく溶ける」、「アンモニアが注入した水に溶けることで、フラスコ内の圧力が低下する」、「フラスコ内の圧力低下により、ビーカーの溶液が大気圧でフラスコ内に押し出される」の三者の因果関係を、実験を積み重ね考察する。
2年	① 炭酸水素ナトリウムの加熱実験を安全に行うためにどのような実験方法をとらなければならないか。 ② 炭酸水素ナトリウムが使われているホットケーキなどでどのようなはたらきがあるかを炭酸水素ナトリウムの加熱と関連して説明する。 ③ 鉄と硫黄の反応において混合物と化合物の性質がどのように変わったか。 ④ 密閉容器内での化学反応で、容器内の酸素が使われるとどうなるか。 ⑤ 化学変化の前後で物質の性質がどのように変化するか（鉄の性質が失われる等）。 ⑥ 化学変化を化学反応式で表す（マグネシウム、鉄と硫黄）。 ⑦ 質量保存の法則（開放系から閉鎖系へ）。
3年	① イオン式の価数・保有している電気の種類・授受した電子の個数の関係についての理解（ナトリウム原子がイオンになったときの電子の個数）。 ② 化学電池の、電極の変化や化学反応の様子。 ③ 中和反応とは酸とアルカリの性質を打ち消し合う反応で、水溶液中のイオンの状態がどのようにになっているか、イオンのモデルによって数量的に考えること。 ④ 中和によってできる塩の種類。

(2)この結果をもとに補助実験を入れることで授業改善ができると考えられた単元を以下のように7カ所に絞り授業案を作成した。

授業改善の対象とした7単元	
①	中学校1年 物質のすがた(気体の発生と性質)
②	中学校1年 物質のすがた(水溶液)
③	中学校1年 物質のすがた(物質の状態変化)
④	中学校2年 いろいろな化学変化(金属の燃焼)
⑤	中学校2年 化学変化と原子・分子(化学変化と物質の質量)
⑥	中学校3年 化学変化とイオン(電流が流れる水溶液)
⑦	中学校3年 化学変化とイオン(酸・アルカリとイオン)

VI. 授業実践の取り組み

アンケート調査による結果や学力テストをもとに、授業改善の『指針書』として作成した授業展開の具体的な事例を2つ説明する。

1. 事例1: 中学校1年 物質のすがた(物質の状態変化)(図1)

物質の状態変化

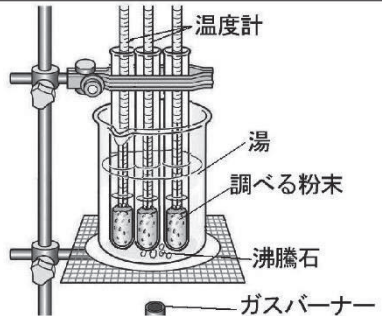
単元名	中学校1年 物質のすがた 物質の状態変化	時数	6/8時間
本時の学習内容	白くて外見上見分けることができない物質を、融点を測定して見分ける実験をおこない、融点と沸点以外の温度の時の状態がわかるようになる授業展開にする。		
本時の目標	物質の種類によって、融点と沸点が決まっていることを知り、それを利用して物質の種類を特定できる。		
本時の評価規準	・融点や沸点は、物質の種類によって決まっていることを理解し、知識を身につけている。〔知識・技能〕 ・融点と沸点について理解しており、融点と沸点を利用して物質を見分けることができる。〔知識・技能〕		
授業改善の視点	問題の	融点と沸点の表から、80℃のときに液体である物質を選ぶ。	
	出題のねらい	融点と沸点についての一覧表から、任意の温度での物質の状態を判断できる。(正答率:無答率=24.6%:8.2%) 物質の種類によって融点と沸点が決まっており、物質の融点や沸点を調べることで、物質の種類を特定できることを、実験を通して理解させる。	
準備物	毛細管、パルミチン酸、ハイポ(粉状のもの)、メントール、試験管、温度計、ビーカー。		
【実験方法】			
			

図1. 物質のすがた(物質の状態変化)の指針書

(1)授業の目的

中学校学習指導要領¹⁾によれば、

身のまわりの物質－(ウ)状態変化

④物質の融点と沸点

物質は融点や沸点を境に状態が変化することを知るとともに、混合物を加熱する実験を行い、沸点の違いによって物質の分離ができることを見いだして理解すること

となっているが、学力テストの結果にも見られるように、融点や沸点を境に状態が変化することはわかっている、ある決まった温度のときの状態を沸点と融点をもとに答えることができないことが多い。つまり物質の融点、沸点から、ある温度のときの状態がイメージできないと考えられる。そこで、物質の種類によって、融点と沸点が決まっていることをもとに、物質を加熱して物質の状態を調べることで、物質の種類を特定できることを体験させることで融点と沸点を境にして物質の状態が変化することを定着させることを本授業の目的とした。

(2)授業改善の視点

物質の種類によって融点と沸点が決まっており、物質の融点や

沸点を調べることで、物質の種類を特定できることを、実験を通して理解させる。

(3)授業での評価基準

- 融点や沸点は、物質の種類によって決まっていることを理解し、知識を身につけている。〔知識・技能〕
- 融点と沸点について理解しており、融点と沸点を利用して物質を見分けることができる。〔知識・技能〕

(4)授業の流れ

- 水の融点と沸点について確認する。
- 水以外の物質の融点について確認する。¹⁾
- 課題の確認をする。

【課題】3種類の物質を入れていた瓶のラベルが剥がれてなくなってしまった。それぞれの瓶の中に入っている粉末の融点を調べて、名前を特定しよう。

- 3種類の物質の融点と沸点を示す(表1.)。

- 下図(図2.)のような実験装置を使って粉末A～粉末Cまでの融点を測定する。

表1. 3種類の物質の融点と沸点

	融点	沸点
パルミチン酸	63℃	360℃
メントール	43℃	217℃
チオ硫酸ナトリウム	48℃	100℃

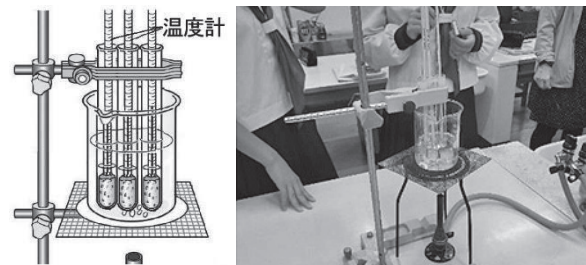
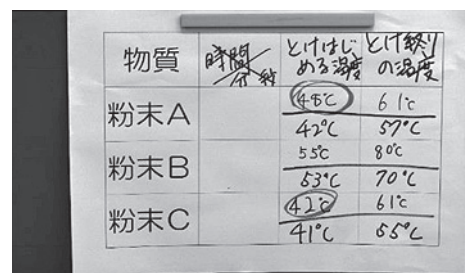


図2. 融点測定装置と生徒による実験

- 実験で得られた融点を、表をもとに班で話し合う(図3.)。
- 班の話し合いで、粉末A～粉末Cの物質が何かを、理由をもとに決定する。使用した粉末と融点は上の表の通りである。
- 実験と班の話し合いにより決定した粉末の物質名を発表する。



物質	時間	とけはじめの温度	とけ終りの温度
粉末A		45℃	61℃
		42℃	57℃
		55℃	80℃
粉末B		53℃	70℃
粉末C		42℃	61℃
		41℃	55℃

図3. 生徒による実験結果

(5) 授業後の確認テスト¹²⁾ (図 4.)

- ① 学習の定着を見るために、確認テストを行った。問題 1 は、氷を加熱したときの温度変化をもとに、水の状態を問う問題である。問題 2 は、それぞれの温度のとき物質がどのような状態になっているかを理解しているかを問う問題である。

物質の状態変化の確認

1年 番氏名 ()

1. 右の図は、氷を加熱したときの温度変化と状態を表したものである。
①～③にあてはまる水の状態を表す語を下から選び記号で答えなさい。
① ()
② ()
③ ()

ア. 固体
イ. 液体
ウ. 気体
エ. 氷と氷がまざっている。
オ. 氷と水蒸気がまざっている。

2. 次の問に右の表を見て答えなさい。
① 氷は室温 (20°C) で、固体、液体、気体のどの状態になりますか。
()
② 2600°Cの世界があるとして、そこに鉄を置いておくと、固体、液体、気体のどの状態になるか。
()
③ -200°Cの世界があるとして、そこで窒素は固体、液体、気体のどの状態になるか。
()
④ メントールとパルミチン酸と塩化ナトリウムの温度を、それぞれ 50°C にしたとき液体の物質はどれか。
()

物質名	融点	沸点
鉄	1535°C	2750°C
銅	1083°C	2567°C
アルミニウム	660°C	2467°C
水銀	-39°C	357°C
塩化ナトリウム	801°C	1413°C
パルミチン酸	63°C	351°C
メントール	43°C	212°C
水	0°C	100°C
エタノール	-115°C	78°C
アセトン	-95°C	56°C
窒素	-210°C	-196°C
酸素	-218°C	-183°C

図 4. 物質の状態変化の確認テスト問題

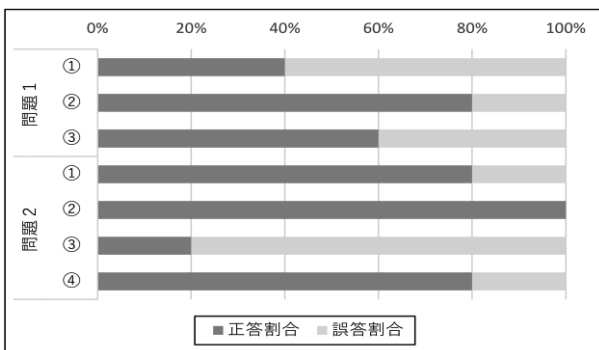


図 5. 物質の状態変化の確認テストの結果

- ② 図 5 は、確認テストの結果である。問題 1 の①では、気体だけしか存在しないと答えるものが多かったため、液体が存在している沸騰の状態をイメージできないつまづきがみられた。
- ③ 問題 2 では、実験で扱った物質の状態の変化では、8 割の生徒が正しい答えを答えることができたが、③の問題では、 -210°C より -200°C の温度が低いと勘違いして、解答を問

違える生徒が極端に多かったため、正解率が下がったと考えられる。

(6) 成果および課題

- ① 未知の物質を、融点を測定することで特定する課題は生徒の興味関心を引くことができた。
- ② 物質の溶けはじめと溶け終わりの状態を見ていたので温度が一定になっているところを記録できなかった。
- ③ 火力の調整が難しく、溶け始めても温度変化があり温度が一定になる融点がかちんと出なかった班があった。
- ④ 3本の試験管を使って同時に、物質の融点を測定し白い固体を特定する課題であったので、融点を比較しやすく溶ける温度の違いに着目すれば物質を特定しやすかった。
- ⑤ 授業後に行った確認テストで沸点と融点に関する理解の状態をみた。水の融点での状態を問う問題では、6割の生徒が正しい答えを書いていた。しかし、水の沸点での物質の状態を問う問題では、つまづきがみられた。
- ⑥ 補助実験で扱ったメントールとパルミチン酸の状態変化を問う問題では、8割の生徒が正しい答えを書けており、表を正しく見るできていたと思われる。
- ⑦ しかし、 -200°C での状態を問う問題では、数値の大小で勘違いをしている生徒が多くみられた。

2. 事例 2. 中学校 1 年 物質のすがた「気体の発生と性質」(図 6.)

(1) 授業の目的

中学校学習指導要領¹³⁾によれば

身のまわりの物質—(ア) 物質のすがた
④ 気体の発生と性質
気体を発生させてその性質を調べる実験を行い、気体の種類による特性を理解するとともに、気体を発生させる方法や捕集法などの技能を身に付けること。

と記されている。

授業では、生徒実験で酸素と二酸化炭素を、また水素とアンモニアは、演示実験で発生方法と集め方、調べ方を学習する。それ以外の気体は教科書にある表で性質などを学習する。生徒実験で行った酸素や二酸化炭素の発生方法や調べ方は定着しているが、学年が上がって、同じ気体を他の方法で発生させた場合やその気体の調べ方を用いて、得られた結果からその気体の性質を問う課題に対してつまづきが見られた。そこで、学習した気体の性質をもとに、未知の気体の種類を判別するパフォーマンス課題^{13,14)}に取り組む授業を通して、気体の集め方や性質の理解を定着させことを目的とした。

気体の発生と性質

単元名	中学校1年 物質のすがた 気体の発生と性質	時数	5/5 時間
本時の学習内容	「物質のすがた」では、身のまわりの物質についての観察・実験を通して、物質の性質や変化の調べ方の基礎を身につけさせることをねらいの一つとしている。そこで、本単元の中で、気体の学習として、未知の気体を発生する物質を用意し、それが何かを調べる探究的なパフォーマンス課題を設定する。		
本時の目標	学習した気体の性質をもとに、未知の気体の種類を判別する調べ方を考えたり実験を実施する過程を通して、気体の性質や調べ方、まとめ方を身につけさせる。		
本時の評価規準	計画・実施した実験結果をもとに、未知の気体を適切に判断し、その理由をわかりやすく示すことができる。 【科学的な思考・表現】		
授業改善の視点	【全国学力学習状況調査平成27年度理科の問題1(3)】設問の概要:水上置換法では、二酸化炭素の体積を生活に量れない理由を説明する。(正答39.6%;無答26.3%)		
	【高知県版学力テスト問題4(4)】出題のねらい:ホットケーキがふくらむ理由を、炭酸水素ナトリウムの分解による気体の発生と関係付けて説明する。(正答31.8%;無答22.7%)		
準備物	炭酸水素ナトリウム 9g、クエン酸 6g、過炭酸ナトリウム 30g、二酸化マンガン 1g、線香、マッチ、石灰水、試験管、気体導入管、水槽、リトマス紙、ろうそく、BTB溶液		
【実験方法】			
			
			

図 6. 物質のすがた「気体の発生と性質」の指針書

(2)授業改善の視点

学習する気体は、同じ気体でも発生方法が異なる。学習した気体の性質をもとに、未知の気体の種類を判別するパフォーマンス課題に取り組む授業を通して、気体の集め方や性質の理解を定着させることを目的とする。

(3)授業での評価基準

- ・計画・実施した実験結果をもとに、未知の気体を適切に判断し、その理由をわかりやすく示すことができる。
【思考・判断・表現】

(4)授業の流れ

- ① 気体の捕集方法や主な性質、調べ方を復習する。
- ② 課題の提示と確認をする。発生している気体の種類は、酸素・二酸化炭素・水素・アンモニアの4種類のいずれかであることを示す。
- ③ 気体が発生する物質をビーカーに入れ、水を加えて気体を発生させ、発生して

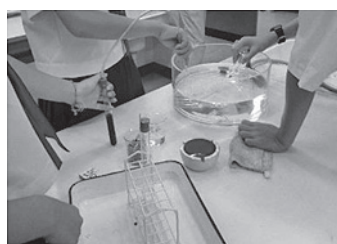


図 7. 生徒による気体の捕集実験

る気体を、根拠をもとに予想する。

- ④ 未知の気体を判別する計画をワークシートに立てる。
- ⑤ 水上置換法で捕集して、計画に沿って気体を確かめる実験を行う(図7.)。
- ⑥ 実験結果から、発生している気体を班で話し合って特定する。

(5)生徒の反応

- ① 生徒が計画した気体の調べ方(表2.)

表 2. 生徒が計画した気体の調べ方

調べる気体	調べ方
酸素	火のついた線香を入れる
二酸化炭素	石灰水を入れる
	水への溶け方を調べる。 リトマス試験紙を使う。
水素	マッチを近づける。
	シャボン玉を作る

- ② 生徒が結論づけた気体の種類と根拠

(酸素と二酸化炭素と結論づけた班)

- ・線香では強く燃えたし、石灰水では白くにごったから問題文にも混ざったと書いていたから。
- ・線香は激しく燃えて、石灰水は白くにごったから、酸素と二酸化炭素の性質があるので発生している気体は、酸素と二酸化炭素である。

(酸素と結論づけた班)

- ・水に溶けにくく、線香を入れると燃えたから。
- ・線香を入れたときに火がととも強くなったから酸素である。
- ・酸素はものを燃やす働きがあって、今日の実験で炎は明るくなったから酸素
- ・石灰水を入れても白くにごらなかった。火のついている線香を入れると明るくなったから

- ③ 生徒の感想

- ・石灰水では白くにごり、リトマス紙では中性を表したので、おかしいなと思っていたけど、2つの気体が混ざっていたことがわかり納得した。また、いつでも気体は1つだけではないということがわかった。
- ・水に溶けにくく、線香を入れると強く燃えたから酸素だと思ったけど、二酸化炭素も混ざっていたことにびっくりした。班のみんなと協力して取り組めたのでよかった。
- ・前に調べた時は、酸素だったけど二酸化炭素も混ざって発

生したと知って驚いた。でも、二酸化炭素の特徴や調べ方など覚えていたのでよかった。

- ・線香や水への溶け方はわかりやすかったけど、それ以外は難しかった。
- ・最初は、2つの気体が混ざっているとは思わなかったけど、班で話し合った実験計画を協力してすることができたのでよかった。どうしてこのような結果になったかや、根拠までしっかり考えることができてよかった。
- ・アンモニアの水に非常に溶けやすいという性質を覚えていたので選択肢から外すことができた。2回でわかったのでよかった。同時に2つが発生しないことに驚いた。
- ・線香など、マッチ系を率先してできてよかった。2つがあると想像してなく、二酸化炭素だけだと思っていたけど、これから、実験する時はそういうこともあるということを理解しやっていきたい。確かめる方法をしっかり覚え、活用していきたい。
- ・酸素が後から出ていたら、最後の方でやった実験方法は酸素の性質が出ることがわかった。二酸化炭素と酸素が混ざっていることがびっくりした。
- ・僕が思ったことは、1つのものから2つの気体が発生していることだ。理由は、1つしか発生しないと思っていたからだ。

(6)成果および課題

- ① 1種類の気体の発生だけではなかったので、気体の性質を実験の結果を比較しながら考えさせることができた。
- ② 混合物を長時間おいておくと、空気中の水分と反応して気体の発生が悪くなった。
- ③ 発生する気体がわからないということと、すでに学んだ学習をもとに探究していくパフォーマンス課題であったので生徒の感想にも「酸素だと思ったけど、二酸化炭素も混ざっていたことにびっくりしました。」とあるように、意欲的に実験へ取り組むことができた。
- ④ 生徒の感想にも「班のみんなと協力して取り組めたのでよかったです。」とあるように課題解決に向け協力ができていた。
- ⑤ 発生する気体は2種類であるが、10mlの小さな試験管で気体の捕集に使った場合、10本捕集できる。気体を捕集した試験管の1本目から5本目までは二酸化炭素の性質を示す石灰水は白くにごるが、酸素の性質を示す火のついた線香の反応が見られなかった。
- ⑥ また、6本目から10本目では酸素の存在を示す火のついた線香の反応が見られたが、二酸化炭素の存在を示す石灰水は白くにごらなかった。

VII. 取り組みの成果と課題

1. 探究活動をパフォーマンス課題として提示することで、

化学変化に対する生徒の興味関心を引き出すことができた。

2. 身近にあるものの原理について、授業で行った探究活動を通じてその仕組みを知ることができた。
3. 課題解決に向けて得られた結果をもとに、グループなどでの話し合いがよくできた。
4. 解決すべき課題がはっきりした実験だったので、生徒も目的意識を持って取り組むことができた。
5. 本研究を進めていく上で、作成した授業案について何人かの教員からアドバイスや内容修正の意見をいただき、新たなアイデアや授業実践ができるまでの加筆修正ができた。
6. 授業案を作成するために小中高における単元のつながりを確認していく中で、単元のつながりで重要なところ例えば、小学校5年で学ぶ「ものの溶け方」と中学校1年生で学ぶ「物質のすがた(水溶液)」のように小学校でどこまで水溶液について学習しているのか、それを受けて中学校ではどこまで展開する必要があるかを細かく学ぶことができた。
7. 学力テストの資料を基に生徒のつまづきを洗い出し、授業改善のための実験や授業展開を作成したが、授業実践において生徒の状態や人数、学校の様子によっても違いが見られるので、様々な状況にあわせた検証が必要である。
8. 授業改善の手立てとして、生徒のつまづきを全国学力学習状況調査や高知県学力定着状況調査、高知県公立高等学校選抜における学力検査の結果から動向を導き出すことで、改善のための具体的な授業案を検討することができた。今後、内容で不十分なところは、授業実践を繰り返し適用することで改善していきたい。

本研究の一部は、JSPS 平成30年度科学研究費補助金(基盤研究(B) 課題番号 18H0106801)の助成を受けて行われたものである。

引用文献

- 1) 中学校学習指導要領(平成29年告示)解説 理科編, 文部科学省平成29年
- 2) 平成27年度全国学力・学習状況調査結果資料, 高知県教育委員会事務局(平成27年8月)。
- 3) 学力向上検証改善サイクルの確立に向けて, 高知県教育委員会(平成30年3月)。
- 4) 平成30年度全国学力・学習状況調査結果の概要, 高知県教育委員会(平成31年1月)。
- 5) 平成29年度高知県学力定着状況調査結果の概要, 高知県教育委員会(平成30年2月)。
- 6) 平成29年度高知県公立高等学校入学選抜における学

- 力検査の結果分析，高知県教育委員会（平成 29 年 6 月）。
- 7) 平成 30 年度高知県公立高等学校入学者選抜における学力検査の結果分析，高知県教育委員会（平成 30 年 6 月）。
- 8) 令和元年度高知県学力定着状況調査結果の概要，高知県教育委員会（令和 2 年 3 月）。
- 9) 佐藤学・秋田喜代美・志水宏吉・児玉重夫・北村友人：教育変革への展望 5 学びとカリキュラム，岩波書店（2017）。
- 10) 平成 27 年度高知県公立高等学校入学者選抜における学力検査の結果分析，高知県教育委員会（平成 27 年 6 月）。
- 11) 岡村定矩、藤嶋昭他：「新編 新しい科学 1」東京書籍（2020）。
- 12) 有馬朗人他：「理科の世界 1 年」大日本図書（2015）。
- 13) 野田新三：コソがわかればうまくいく！中学校理科の観察・実験，中学校理科サポート BOOKS，明治図書（2020）。
- 14) 芝原寛泰：理科教員の実践的指導のための理科実験集，電気書院（2017 年）。