

群 教 セ	G04 - 04
	令 4. 281集
	理科 - 高

高校化学において、 知識や概念を活用できる生徒の育成

——生徒が自ら立案する探究活動を通して——

特別研修員 山口 滉太

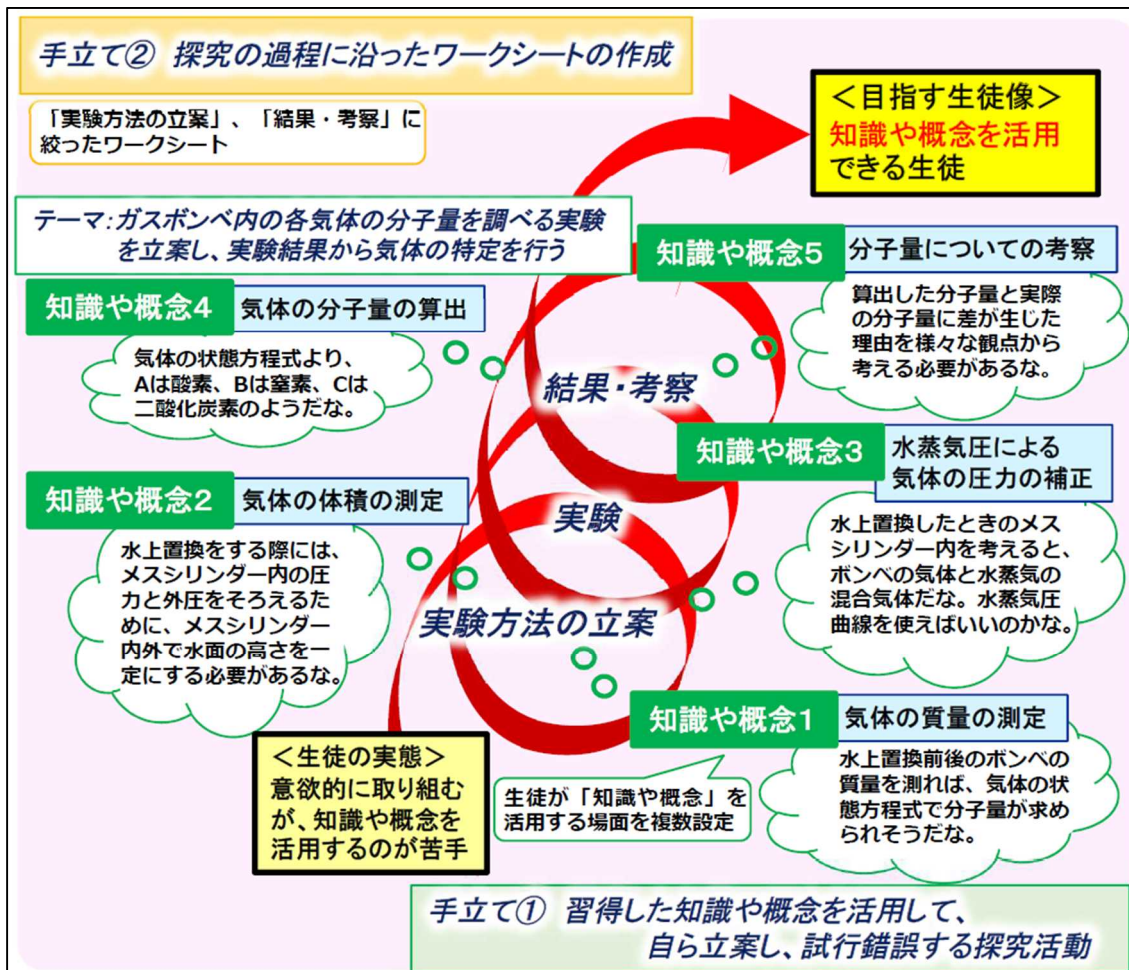
I 研究テーマ設定の理由

高等学校学習指導要領では、「理科で育成を目指す資質・能力を育成する観点から、理科の見方・考え方を働かせ、見通しをもって観察、実験を行うことなどを通して、自然の事物・現象について科学的に探究する学習を充実させること」が求められている。令和4年度県立学校教育指導の重点においても理科における探究活動の重要性が指摘されている。

本校の生徒の多くは化学の学習に意欲的に取り組んでいるが、典型的ではない問題を解く際に習得した知識や概念を活用して考えることが苦手だと考える生徒は少なくない。この原因として、これまでの学習で得た知識や概念を活用して、適切な実験を立案したり、得られた実験結果から考察したりするなど、生徒自身が試行錯誤する機会が少ないためだと考えた。そこで、各単元において、生徒が知識や概念を活用して自ら立案し、試行錯誤する探究活動を行うことで、化学の理解が深まり、面白さを実感できると考え、上記の通り主題を設定した。

II 研究内容

1 研究構想図



2 授業改善に向けた手立て

理科において、生徒が習得した知識や概念を活用できる場面として探究活動が想定される。そこで生徒が自ら立案する探究活動を行うことで知識や概念を活用できるようになると考え、以下の手立てを行うことにした。

手立て1 各単元で習得した知識や概念を活用して、自ら立案し、試行錯誤する探究活動

手立て2 生徒が探究の過程に沿って行うことができるワークシートの作成

手立て1は、生徒が自ら立案し、試行錯誤する探究活動であり、この探究活動を行うことで、各単元で習得した知識や概念を活用することができると考えた。授業では多くの場合、実験方法を確認した後に、実験、観察を行うため、失敗せずに実験、観察を行えるが、生徒は目的意識が希薄になりほとんど試行錯誤することもない。そこで、実験、観察の目的や使用できる器具、留意点等の最小限の情報を生徒に提示し、教師は極力指示を出さず、生徒自身に探究活動を立案させることで、生徒が試行錯誤を繰り返しながら知識や概念を活用し、理科の本質的な学びに迫れるようにした。

手立て2は、生徒が探究の過程に沿って行うことができるワークシートの作成である。このワークシートにおいて、生徒が立案する探究活動において重要となる「実験方法の立案」「結果・考察」に絞り、生徒が主体的に探究活動を行う上でポイントとなることをワークシートに載せた。特に、「実験方法の立案」では、実験方法を立案した根拠や注意点という項目を設けることにより、評価の際に、適切な実験方法を立案できたかを確認しやすいようにした。探究活動を行う際には、同じ書式のワークシートを使用し、生徒が実験方法を立案する上でのポイントを普段から意識させることにした。

このようにして自ら立案する探究活動を行うことで、各単元で習得した知識や概念を活用することができ、化学の理解を深めることにつながると考える。

Ⅲ 研究のまとめ

1 成果

- 手立て1「各単元で習得した知識や概念を活用して、自ら立案し、試行錯誤する探究活動の設定」では、生徒自身が実験方法を立案することによって、生徒がつまづきや試行錯誤を繰り返しながら、習得した知識や概念を活用して化学の本質的な学びに迫る様子が見られた。
- 手立て2「生徒が探究の過程に沿って行うことができるワークシートの作成」において、生徒自身が探究の過程をたどりやすく、教員が実験方法の立案や結果・考察の評価をしやすいものであった。また、考察については、1人1台端末を活用して、ワークシートを文書作成ソフトの共有機能を用いて入力をさせることで、考察の評価にかかる時間も削減することができた。

2 課題

- 今回の実践では、生徒が実験方法を確立した後に同じ実験を複数回行ってほしいと考えていたが、試行錯誤するために時間がかかってしまい、それぞれ1回のみの実験で終わってしまった。探究活動の内容によっては複数回行うべきものもあるため、どの活動に時間を割くかをよく検討していく必要がある。
- 試行錯誤させるため時間がかかってしまい、さらに思考を深める時間が取れない場合に、評価が難しくなると感じた。今後、評価の在り方については検討していきたい。

実践例

1 単元名 気体の性質「気体の状態方程式」（第2学年・2学期）

2 本単元について

本単元「気体の性質」では、「ボイル・シャルルの法則」を用いて、理想気体の体積と圧力や絶対温度との関係を見いだす。「ボイル・シャルルの法則」から「気体の状態方程式」を導き、「気体の状態方程式」が混合気体でも成り立つことを理解する。分圧の法則を用いて混合気体の場合の分圧を求められるようになることや、理想気体と実在気体の違いについて理解する。このように、「気体の性質」を考える際には、多くの知識や概念を活用する必要がある。

以上のことから、本単元では以下のような指導計画を構想し実践した。

目標	(1) ボイル・シャルルの法則や気体の状態方程式について、基本的な概念や原理・法則の理解を深め、科学的に探究するために必要な観察、実験などに関する技能を身に付けること。（知識及び技能） (2) ボイル・シャルルの法則や気体の状態方程式について、観察、実験などを行い、科学的に探究する力を養うこと。（思考力、判断力、表現力等） (3) ボイル・シャルルの法則や気体の状態方程式に主体的に関わり、科学的に探究しようとする態度を養うこと。（学びに向かう力、人間性等）	
評価規準	(1) ボイル・シャルルの法則や気体の状態方程式について、基本的な概念や原理・法則を理解しているとともに、科学的に探究するために必要な観察、実験などに関する操作や記録などの技能を身に付けている。（知識・技能） (2) ボイル・シャルルの法則や気体の状態方程式について問題を見だし、見通しをもって観察、実験などを行い、得られた結果を分析して解釈し、表現するなど、科学的に探究している。（思考・判断・表現） (3) ボイル・シャルルの法則や気体の状態方程式に主体的に関わり、見通しをもったり振り返ったりするなど、科学的に探究しようとしている。（主体的に学習に取り組む態度）	
過程	時間	主な学習活動
課題把握	第1時	・ボイル・シャルルの法則を用いて、気体の体積や圧力、絶対温度を算出する。
課題追究	第2時	・気体の体積、圧力、絶対温度の関係をグラフから読み取ることができる。
	第3時	・ボイル・シャルルの法則より気体の状態方程式を導出し、気体の状態方程式を用いて、気体の物質量や分子量を算出する。
	第4時	・混合気体の全圧や各成分気体の分圧を算出する。
	第5時 (本時)	・水上置換によってガスボンベ内の各気体の分子量を調べる実験を立案し、実験結果や水の蒸気圧曲線をもとに各気体の分子量を算出し、ガスボンベ内の各気体を特定する。
	第6時	・算出した分子量と実際の分子量とのずれが生じた原因について考察し、この差を小さくするにはどうすればよいかを提案する。
	第7時	・グラフをもとに、実在気体を理想気体とみなせる条件を考察する。
まとめ	第8時	・気体の性質に関する問題演習を行う。

3 本時及び具体化した手立てについて

本時は全8時間計画の第5時に当たる。生徒が気体の性質の理解を深めるようにするために、これまでの学習で得た知識や概念を活用できることを重視して探究活動を行うことができるよう、次のように二つの手立てを具体化し、授業を展開した。

手立て1 各単元で習得した知識や概念を活用して、自ら立案し、試行錯誤する探究活動

「気体の状態方程式」、「混合気体の全圧と各成分気体の分圧」、「水蒸気圧」を活用した探究活動を設定した。

手立て2 生徒が探究の過程に沿って行うことができるワークシートの作成

ワークシートを用いて「実験方法の立案」、「結果・考察」の二つの過程で考えさせた。

4 授業の実際

(1) ガスボンベ内の各気体の分子量を調べる実験方法の立案

授業では、まずガスボンベA～Cの気体の分子量を算出し、ガスボンベ内の気体（窒素、酸素、二酸化炭素のいずれか）を特定する実験を立案するように伝えた。生徒は、「気体の状態方程式」を用いるために、気体の質量と体積を調べればよいと考えた。ほとんどの班が、気体の体積については水上置換で調べればよいと考えることができたが、どのように質量を調べればよいかについてはなかなか思い浮かばない様子であった。班で相談しているうちに、メスシリンダーではなく、ガスボンベについて調べればよいと考え、図1のように、水上置換前後のガスボンベの質量を測定することで、水上置換で捕集する気体の質量を調べる様子が見られた。

次に、水上置換でガスボンベ内の気体を捕集し、メスシリンダーを用いて気体の体積を調べ始めたが、多くの班が、メスシリンダー内外の水面の高さを同じにせずに、気体の体積を測定している様子が見られた。そこで、生徒全体に対して、各班が気体を集めたメスシリンダー内の圧力と外圧の関係を示唆したところ、生徒は、メスシリンダー内の圧力と外圧をそろえるためにメスシリンダー内外の水面の高さを同じにする必要があることに気付き、水槽に水を足して、メスシリンダー内外の水面の高さを同じにし、図2のように水上置換を行い、気体を捕集した。

さらに、水上置換した際のメスシリンダー内がガスボンベの気体と水蒸気の混合気体となっていることを見だし、水の蒸気圧曲線を使えばよいことに気付いた。水温を測定し、水の蒸気圧曲線から測定した温度での水蒸気圧を読み取った（図3）。得られた結果から「気体の状態方程式」を用いてガスボンベA～Cの各気体の分子量を算出し、ガスボンベ内の各気体についてAが酸素、Bが窒素、Cが二酸化炭素と特定した（図4）。

このように、生徒は、試行錯誤を繰り返しながら、気体に関する知識や概念を活用して、各気体の分子量を求めることができた。



図1 気体の質量を測定する様子



図2 水上置換での気体を捕集する様子



図3 水の蒸気圧曲線の取り扱いについて話し合う様子



図4 各気体の分子量を算出し、各気体を特定する様子

(2) 算出した分子量と実際の分子量に差が生じた理由についての考察

算出した分子量と実際の分子量に差が生じた理由を、立案した実験方法や実験結果をもとに様々な観点から考察した(図5)。「ガスボンベに水が付着していたため、質量に誤差が生じた。」「ストロー中の気体が含まれたため、体積に誤差が生じた。」「温度を測るとき、手で気体を温めてしまったため、温度の測定がうまくできなかった。」「メスシリンダーの目盛りから正確な気体の体積を読み取れなかった。」「メスシリンダー内外で水面の高さにわずかな違いが出たためメスシリンダー内の圧力を正確に測れなかった。」といった実験誤差の観点からの理由や、「二酸化炭素が水に溶けて正確な体積を測れなかった。」「純度が95%だった。」といった気体の性質や状態に関する理由を、生徒たちは考えることができた(図6)。この後、実験誤差を減らすために、どのようにすればよいかという問いに対し、「以前行った中和滴定を想起し、実験回数を増やす。」「今回使用したメスシリンダーよりも大きいメスシリンダーを使用し、測定する質量や体積の値を大きくする。」といったことを考えることができた。最後に、気体の分子の間にはどのような力があるかと問うと、分子間力がはたらくと答えた。そこで、これまで考えてきた気体は理想気体なので、分子間力や分子自身の体積は無視できたが、今回取り扱った気体は実在気体で、分子間力や分子自身の体積が無視できないことを伝え、次時へつなげた。このように、算出した分子量と実際の分子量に差が生じた理由について様々な観点から考察することで「気体」について理解を深めることができた。



図5 算出した分子量と実際の分子量に差が生じた理由を考察する様子



図6 考察を共有する様子

5 考察

教員が細かく指示をせず生徒が自ら探究活動を立案することで、生徒が主体的に取り組むことにつながったと考えられる。探究活動の中に、課題を解決するための知識や概念を活用する場面を設定することで、生徒は試行錯誤しながら様々な知識や概念を活用した探究活動を行うことができる。探究活動を設定する際に大切なこととしては、化学の本質的な学びを捉えられるもので最低でも三つ程度、知識や概念を活用する場面を設定するとよいことも分かった。さらに、ここで重要なのは、効果的な課題をどのように設定するかである。大学入学共通テストのように、近年の大学入試を取り巻く傾向として思考力・判断力・表現力等を問う問題が多くなっており、これらの入試問題を参考にして探究活動の課題を設定すると有効である。

考察する場面では、生徒が実験方法の立案から考えることで目的意識をもって考察することにつながり、教員が実験方法を与える指導方法に比べ、生徒は様々な考察を生みだせることができた。生徒が自らの力で実験方法を立案するためには、教員ができる限り多くの観点から多面的・多角的に考えられる探究活動を設定することが重要である。

このように、生徒が自ら立案し、試行錯誤する探究活動を行うことは、生徒が知識や概念を活用する能力を高めることに有効であると考えられる。将来、社会に存在する様々な課題を、生徒が自らの力で解決するために重要な学びであると思われる。

6 資料

ワークシート（表）

組 番 名前	
テーマ : ガスボンベ内の各気体の分子量を調べる実験を立案し、実験結果から気体の特定を行う	
目的	
気体の質量と体積を測定できる実験を各班で計画し、測定した気体の質量や体積から気体の分子量を算出する。算出した分子量から気体の特定を行う。	
器具	
気体 A~C のボンベ(窒素 N ₂ ガスボンベ(分子量:28.0)、酸素 O ₂ ガスボンベ(分子量:32.0)、二酸化炭素 CO ₂ ボンベ(分子量:44.0))、電子天秤、水槽、100 mL メスシリンダー、温度計、電卓、水銀柱(黒板右にあります)	
実験方法	
与えられた器具を用いて、ガスボンベ内の気体の質量と体積を測定できる実験を計画しなさい。測定した気体の質量と体積から分子量を算出し、気体 A~C の特定を行いなさい。なお、水の蒸気圧曲線を参考にし、大気圧は、水銀気圧計から読み取ること。	
「実験方法」のポイント	
<ul style="list-style-type: none">• どのような実験・観察をどのような条件で行うとよいかを見通しをもって検討し、計画を立てること• 使用する器具を適切に選択すること• 実験・観察上の注意点を確認すること	

温度 (°C)	蒸気圧 (x 10 ³ Pa)
0	0.6
5	0.8
10	1.2
15	1.7
20	2.3

<「実験方法」を設定した根拠、注意点など>

ワークシート（裏）

結果・考察
測定した気体の質量と体積から分子量を算出し、気体 A~C の特定を行いなさい。気体 A~C は、窒素 N ₂ ガスボンベ(分子量:28.0)、酸素 O ₂ ガスボンベ(分子量:32.0)、二酸化炭素 CO ₂ ボンベ(分子量:44.0) のいずれかである。なお、水の蒸気圧曲線を参考にし、大気圧は、水銀気圧計から読み取り、気体定数を $8.31 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$ とする。
「結果・考察」のポイント
<ul style="list-style-type: none">• 気づいたこと(どのようなことでもよい)を文章や図として記録すること• 得られたグラフは、表やグラフなど最もわかりやすいかたちでまとめること• 結果から実験が失敗と思われる場合でも、結果を吟味してその原因を探り、実験・観察を繰り返すこと