



教科における探究的な学習の充実

実践編



理科(化学)

1 単元 「溶液と平衡」(第2学年)

2 単元の目標

- (1) 溶解平衡、溶液とその性質について理解するとともに、それらの観察、実験などに関する技能を身に付けるようにする。
- (2) 溶解平衡、溶液とその性質について、観察、実験などを通して探究し、溶解度と溶解平衡、蒸気圧降下、沸点上昇、凝固点降下及び浸透圧における規則性や関係性を見いだして表現する力を養う。
- (3) 溶解平衡、溶液の性質に主体的に関わり、科学的に探究しようとする態度を養う。

3 評価規準

知識・技能	思考・判断・表現	主体的に学習に取り組む態度
溶解平衡、溶液とその性質について理解するとともに、それらの観察、実験などに関する技能を身に付けている。	溶解平衡、溶液とその性質について、観察、実験などを通して探究し、溶解度と溶解平衡、蒸気圧降下、沸点上昇、凝固点降下及び浸透圧における規則性や関係性を見いだして表現している。	溶解平衡、溶液の性質に主体的に関わり、科学的に探究しようとしている。

4 単元の指導と評価の計画

●指導に生かす評価 ○指導に生かすとともに記録に残す評価

時間	問い(学習課題)・主な学習活動〔評価方法〕		評価		
			知	思	態
1	問い(学習課題)	溶解とは? 溶解平衡とは?	●		
		溶解が起こる仕組み、溶液が溶解平衡にあるときの溶液中の状態に関して理解する。			
2	問い(学習課題)	溶解度と再結晶とは?	○		
		溶解度の定義、再結晶の仕組みと量計算に関して理解する。〔小テスト〕			
3	問い(学習課題)	溶液の濃度とは? 蒸気圧降下、沸点上昇、凝固点降下とは?	○	●	
		溶液の性質や濃度、蒸気圧、蒸気圧曲線に関して理解する。〔小テスト〕			
4 5 10	問い(学習課題)	凝固点降下の規則性は、何に依存しているのか?	●	○	●
		仮説を立て、実験計画を立案し、実験後にデータの整理を行う。その後、考察したことをワークシートに表現する。〔ワークシート〕			
11 12	問い(学習課題)	希薄溶液の性質と粒子の数の関係性とは? コロイドとは?	●	●	
		希薄溶液の性質、気液平衡時の溶液中や気体中の粒子モデルに関して理解する。コロイドの定義、コロイド溶液の性質と特徴、凝析・塩析・透析等の現象に関して理解する。			
13	問い(学習課題)	単元全体で学んだことは何か?			○
		これまで記入したワークシート等の記述内容を再確認しながら、単元全体で学んだことを振り返り、ワークシートにまとめる。〔ワークシート〕			
単元終了後		〔ペーパーテスト〕	○	○	

探究的な学習

《 本単元における探究的な学習について 》

凝固点降下における規則性や関係性を見いだして表現する力を養うことを目的として、本単元の4~10時間目では、「凝固点降下の規則性は、何に依存しているのか?」という問い(学習課題)に対して、探究的な学習の過程を設定した。このように、溶液の性質について、主体的に課題を追究できるようにすることで、単元全体を通して資質・能力の育成を図った。なお、学習指導要領解説にも、溶液とその性質に関する実験の例として、水溶液の凝固点降下の測定実験を行い、得られた結果を分析し、規則性を見いだす活動が示されている。

5 学習活動の実践と指導のポイント

1～3時間目

溶解平衡及び溶液とその性質について、溶液の濃度や凝固点降下に関する基本的な知識を身に付ける時間とした。概念的な理解を深める場面では、ペアワークなど対話を通して学び合う時間を設定した。



4～10時間目 探究的な学習

探究的な学習の過程

4～5時間目

① 目標の確認

② 課題設定

③ 仮説の設定

④ 実験計画の立案

⑤ 実験結果の予測

6～7時間目

⑥ 実験

8時間目

⑦ 実験結果の処理

⑧ 対話による考察

9～10時間目

⑨ 発表

⑩ 振り返り

4～5時間目 [探究的な学習の過程①～⑤]

この時間の最初に、探究的な学習の目標をルーブリック(p.5の6を参照)を使って確認する場面を設定した。その後、「凝固点降下の規則性は、何に依存しているのか?」という問い(学習課題)に対し、生徒たちがこれまで学んだ知識やガイダンスブック(p.3を参照)を基に、グループ内で意見交換を行い、凝固点降下に依存しそうな要素を探り、仮説を立て、それを検証するための実験計画を立案する展開で授業を進めた。実験計画の立案では、生徒たちがガイダンスブックを参照しながら、使用する試薬の選定、データの取り方、及び結果の予測もしながら進める展開とした。さらに、質量モル濃度に関しては、全てのグループが凝固点降下に依存しているか否かを検証することとした。

【生徒(グループ)の考えた仮説及び実験計画の例】

《仮説》 質量モル濃度と溶解度が依存している。

《実験計画》

使用する試薬:①炭酸カルシウム、②塩化ナトリウム、③硝酸カリウム

①(予測)凝固点降下は見られない

(根拠) 溶けないと濃度は0のままだから

②(予測)変化が見られる(基準より2倍低くなる)

(根拠) 濃度が2倍になるから

③(予測)②の塩化ナトリウムより凝固点は低い

(根拠) 溶解度が大きいから

・実習教員の助言を得て、校内の薬品庫内にある薬品から試薬を選定する。

・選定した①～③の試薬について、物性を調べ、作成する溶液の質量モル濃度を決める。そして、試薬の必要な質量を算定し、量り方や安全に実験をする上での注意点を確認する。

・選定した①～③の試薬について、それぞれ質量モル濃度1.0mol/kgと2.0mol/kgの溶液を作り、その結果を比較する。



仮説設定についてグループで対話する場面



実習教員の指導の下、試薬を選定する場面

◎指導のポイントと生徒の様子◎

ガイダンスブックには、単元の目標、探究的な学習の流れ、ルーブリック、実験計画立案手順、及びワークシートの記入例など、探究的な学習を進める上で役に立つ資料を収めた。さらに、ワークシートや自己評価・相互評価シートなども収め、生徒たちが参考資料を参照しつつ、探究的な学習に取り組めるように配慮した。

試薬の選定や得られるデータの予測に難しさを感じるグループもあったので、インターネットで薬品の物性を調べたり、実習教員の指導の下、薬品庫に薬品を見に行ったりするように促した。さらに、試薬を選定する際には、グループでよく話し合い、根拠を明確にした上で選定するように指導した。各グループが調べた試薬の物性や得られるデータの予測については、Microsoft TeamsとFormsを用いて各グループで共有できるようにし、他のグループの考えを参考にできるようにした。また、質量モル濃度の依存性を検証する計画を立てる際には、少なくとも2つの異なる濃度で検証するように指導した。

生徒たちは、ガイダンスブックやインターネットなどの情報源を活用しつつ、意見を交換しながら試薬の選定に取り組んでいた。あるグループでは、試薬の毒性や揮発性に注目して仮説を設定し、それに基づいて試薬の選定をしていた。

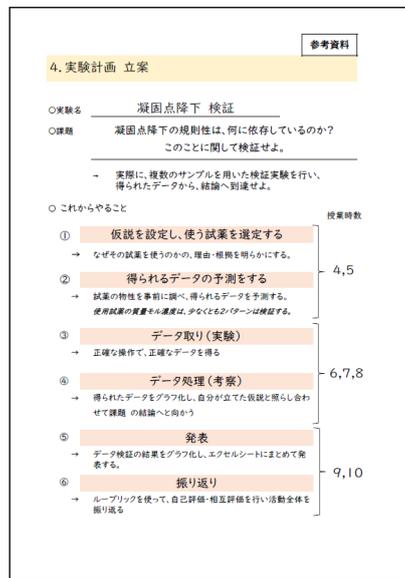
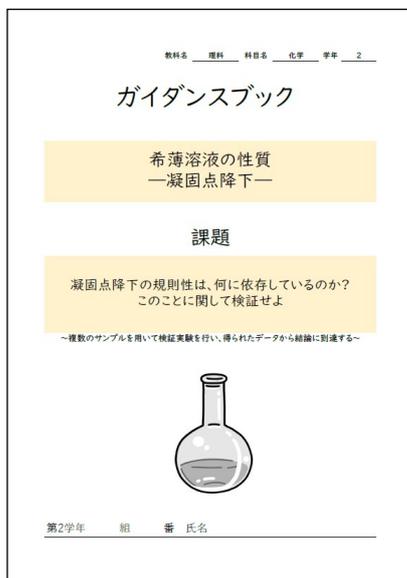
6～7時間目 [探究的な学習の過程⑥]

この時間は、前時に計画した実験を行い、得られたデータを基にExcelを用いてグラフを作成する展開で進めた。実験で得られたデータやグラフについては、Teamsを使って、グループごとに準備したタブレットで共有する場面を設定した。

◎指導のポイントと生徒の様子◎

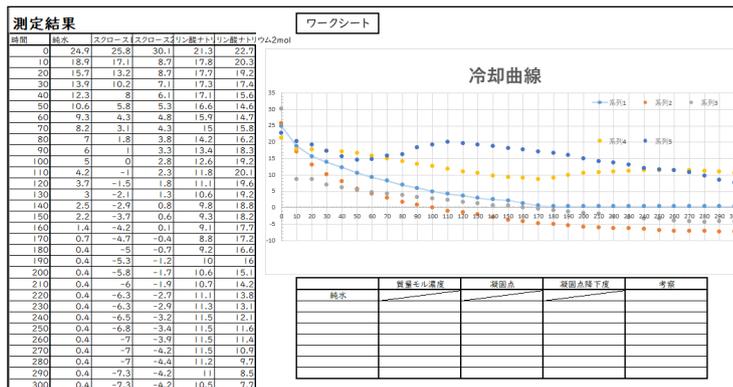
実験を行う際には、ガイダンスブックを参考にしながら、各グループで主体的に取り組めるように支援した。実験中の指導に関しても、冷却曲線の誤差を減らすため、試験管を冷却する際には、寒材と試験管の間に隙間が生じないように注意を払うなど、最低限の指示にとどめた。また、Excelでグラフを作成したことがない生徒に配慮して、入力されたデータからグラフが自動で作成されるようにした。各グループで用いる試薬に関しては、実験計画をFormsを使って集約し、教員が事前に必要な試薬を準備することで、探究的な学習がスムーズに進むようにした。

生徒たちは、実験計画通りに進めるために、ガイダンスブックを基に実験手順を互いに確認し、計時や温度測定、データの読み取りなどの実験作業を、自主的に役割分担して進めていた。あるグループ(複数グループ)から、予測と異なる結果が出たため、検証中に生じた疑問に基づき仮説を見直し、計画の修正と再実験を行いたいという申し出があるなど、教師の予想以上に主体的に取り組む姿勢が見られた。



8時間目 [探究的な学習の過程⑦⑧]

この時間は、最初にグループごとに得られたグラフを基に、凝固点降下は質量モル濃度等にどのように依存するかを考察する時間とした。次に発表に向けて成果発表シートを、グループ内で議論しながらまとめ、Teamsを使って提出する展開とした。



【あるグループが記入した成果発表シートの例】

<試薬選定の理由>

- ・他のグループは電解質と非電解質で実験すると予想したので、電解質のみでやりたかった。
- ・毒性なく安全でよく用いられるNaClとあまりメジャーではないCH₃COONaの結果の違いを知りたい。

<得られるデータの予測>

- ・質量モル濃度が高くなるにつれて温度が低くなる。

<結果から導かれた結論>

- ・NaClは凝固点降下度と質量モル濃度との間に比例関係が見られた。CH₃COONaは濃度が増加するにつれて凝固点降下度が下がった。CH₃COONaが塩基性を示すから？仮説とは異なり、公式通りに求めた凝固点降下度の約2倍になっていた。Na⁺とCl⁻に電離するから？

◎指導のポイントと生徒の様子◎

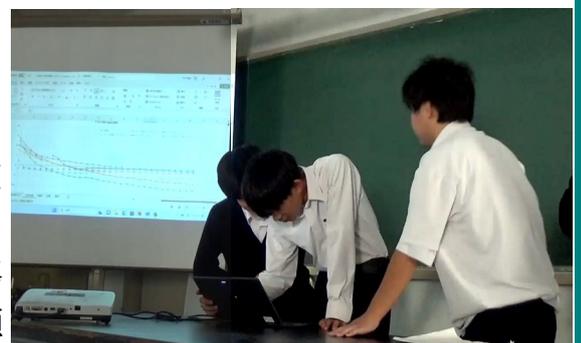
凝固点降下度を測定する際には、グラフの読み取る位置について、ガイダンスブックを参考にしながら複数の目で確認するように指導した。また、結果から導かれた結論に関しては、予測を踏まえた内容になっているかを対話により確認し、成果発表シートにまとめるように指導した。生徒は、これまで獲得した知識と対話を基に、「凝固点降下の規則性は、何に依存しているのか？」という問いに対し、数学的な関係に気付き、その根拠（電離により溶液中の粒子数が倍増した）を示していた。

9~10時間目 [探究的な学習の過程⑨⑩]

この時間は、発表の時間とし、各グループがクラス全体に向けて、成果発表シートを基に試薬選定の理由、得られるデータの予測、実験結果、結果から導かれた結論を6分間で発表する展開で進めた。授業の最後には、探究的な学習の振り返りとして、4時間目の最初に提示したルーブリックを用いて、自己評価と相互評価を実施し、その結果を基に探究活動全体を振り返る場面を設定した。

◎指導のポイントと生徒の様子◎

発表では、自グループの結果を相手に分かりやすく、自分の言葉で説明するように指導した。発表を聞いている生徒たちには、自グループとの相違点を中心にメモしながら聞くように指示をした。生徒たちは、得られたデータや根拠に基づいて身振り手振りを交えて分かりやすく説明していた。ルーブリックを基に自己評価する際には、ワークシート等を参照して根拠をもって進めるように指導した。さらに、相互評価する際には、他の生徒からの意見に耳を傾け、必要に応じて自己評価を修正するように促した。



【 探究的な学習実施後の生徒の振り返りの例 】

- ・実験は上手いかないけないことが多かったが、そのデータを無駄にせず、新たな考察を示すことができた。自分たちが最初に立てた仮説をくつがえすような結果が得られて面白かった。
- ・今回は、溶液の凝固点降下と濃度がどのような関係にあるかを調べた。使う試薬を決めるところから苦戦してしまっていたが、実験した結果、価数による変化や質量モル濃度による違いが見られて良かった。今後また機会があるのであれば、非電解質と電解質の違いも考えてみたい。
- ・今回の授業を通して、溶液とその性質について、理解が深まった気がする。仮説や計画は良かったけれど、実験では様々なアクシデントがあり、納得のいく結果が得られなかった。正確な操作を行い、正確なデータを得るためには測定方法など注意すべき点が多くあり、今後の実験に活かしていきたい。
- ・初めて探究的な活動を通して学んだが、長い時間をかけて結果を予想したり実験計画を立てたり、意見交換しながら考えていく過程が楽しく、このような経験ができ良かった。始める前はきちんと内容が理解できておらず不安だったが、同じグループのメンバーと対話し、助けてもらいながら取り組めた。自分たちで最初から考えるのは大変だったが、「なぜこういう結果になったのか」など「なぜ？」をたくさん追究することができ、今後の学習にもこの経験が生きてと思う。とても楽しい授業だった。
- ・今回の授業を通して、グループで話し合い、実験をする楽しさを感じた。仮説通りにいかないことや失敗することも多々あったが、それも1つの結果につながるなど、実験に対しての向き合い方も変わった。またこのような機会があったらぜひやりたい。

11～12時間目

希薄溶液及びコロイド溶液とその性質について基本事項を学ぶ時間とした。これまで同様、対話を通して学んだ内容の理解を深める時間を設定した。

13時間目

これまで記入したワークシート等の記述内容を再確認しながら、単元全体で学んだことを振り返り、ワークシートにまとめる時間を設定した。

6 探究的な学習における評価について

探究的な学習で用いたルーブリックは、「仮説の設定」「実験計画の立案」「結果の処理」「考察・表現」「発表」の探究の過程に合わせて5つの観点を設定した。学習前にルーブリックを示したことで、生徒たちの目指すべきゴールが明確になり、自ら考えながら進める主体的な学びにつながった。学習後には、ルーブリックを用いて活動を振り返りながら自己評価を行った。また、発表の場面では相互評価を行う場面を設けた。これにより、生徒たちは、様々な視点を取り入れて学習を振り返ることができた。

ワークシート				
自己評価シート				
仮説の設定	実験計画の立案	結果の処理	考察・表現	発表
科学的根拠に基づいて明確な仮説を設定している。	実験の目的と方法が明確に設定されており、結果の信頼性を高めるための工夫も盛り込まれている。	収集したデータを正確に処理し、グラフや表を用いて結果を整理している。さらに、グラフから凝固点降下と濃度の関係について考察がなされている。	学んだ知識や実験結果に基づいて、仮説の目的、方法、結果、考察を明確に述べている。	発表方法を工夫し、実験の目的、方法、結果、考察を明確に伝える。
A 3点				
仮説を設定していない。	実験の目的と方法が明確に設定されていないが、結果の信頼性を高めるための工夫が見られる。	データの処理が正確に処理し、グラフや表が作成されているが、結果を整理して結果を表現しているか不明である。	学んだ知識や実験結果に基づいて、仮説の目的、方法、結果、考察を明確に述べている。	実験の目的、方法、結果、考察を明確に伝える。
B 2点				
科学的根拠が不十分であり、仮説が不明確である。	実験の目的と方法が不明確である。	データの処理が正確に処理されていないか、結果を整理して結果を表現しているか不明である。	学んだ知識や実験結果に基づいて、仮説の目的、方法、結果、考察を明確に述べている。	実験の目的、方法、結果、考察を明確に伝える。
C 1点				
仮説の設定	実験計画の立案	結果の処理	考察・表現	発表
点數				合計
15点				
＜振り返り＞ ※自由記述				

ワークシート				
相互評価シート				
<1班>		<2班>		
仮説の設定	考察・表現	仮説の設定	考察・表現	
実験計画の立案	発表	実験計画の立案	発表	
結果の処理	合計	結果の処理	合計	
自由記述		自由記述		
<3班>		<4班>		
仮説の設定	考察・表現	仮説の設定	考察・表現	
実験計画の立案	発表	実験計画の立案	発表	
結果の処理	合計	結果の処理	合計	
自由記述		自由記述		
<5班>		<6班>		
仮説の設定	考察・表現	仮説の設定	考察・表現	
実験計画の立案	発表	実験計画の立案	発表	
結果の処理	合計	結果の処理	合計	
自由記述		自由記述		

ルーブリックと自己評価・相互評価シート

◎「思考・判断・表現」の評価例

教師による評価は、ガイダンスブック内の成果発表シート「結果から導かれた結論」に対する生徒の記述を分析することにより行った。その際、以下のようにルーブリックの観点「考察・表現」の判断基準と同様とし評価を行った。単に規則性の説明で終わるのではなく、得られたデータを踏まえて、その根拠について具体的に説明している記述に関してはA評価とした。

「十分満足できる」状況(A)	「おおむね満足できる」状況(B)	「努力を要する」状況(C)
学んだ知識や実験から得られたデータを基に、凝固点降下が何に依存しているのかを説明している。さらに、依存要因が質量モル濃度であり、その数量的考察にまで触れた上で説明している。	学んだ知識や実験から得られたデータを基に、凝固点降下が何に依存しているのかを説明している。	凝固点降下が何に依存しているのか、依存要因に関しての記述がなく説明が不十分である。

【B評価の記述例】

電解質でも非電解質でも凝固点降下は質量モル濃度に比例していると言える。そして、凝固点降下度の大きさは、電解質の方が非電解質より大きくなる。

【A評価の記述例】

同じ物質では、質量モル濃度が2倍になると凝固点降下は2倍に下がる。塩化ナトリウムに比べ価数の大きな酸の塩であるリン酸ナトリウムだと凝固点降下度が大きくなった。つまり、価数の大きい酸の塩を水に溶かした方が温度の効果が大きくなる。

(※P.4 探究的な学習の過程⑦⑧の【生徒が記入した成果発表シートの例】もA評価の例)

7 授業者より ～ 実践の成果とこれからの方向性 ～

これまでの授業では、教科書の内容を確認し、それに関連する確認実験を行っていました。しかし、今回の実践では、仮説の設定、実験計画立案、実験データの分析、考察、発表、そして振り返りといった探究的な学習の過程に基づいた授業をデザインして展開しました。このような探究的な学習の進め方は、私にとって初の試みであり、不安もありましたが、生徒たちが実験器具や試薬を直接扱うことや、使用する試薬を自ら選定して実験を行う過程が、興味や関心を喚起し、学習意欲を高める有意義な体験になったと感じています。

試薬の選定では、どのような試薬の組み合わせで実験を行うかが重要でした。多くの生徒がこの選定に戸惑い、深く考えずに実験を始めたグループもありましたが、考察の段階で、試薬の設定をどうすればよかったかについて反省する様子が見られ、自らの学習を振り返る貴重な機会にもなっていました。生徒たちの振り返りには、1つのテーマに長時間をかけて取り組む実験が新鮮で楽しかったという声が多く挙げられていました。さらに、よりよい実験を目指すための反省点も多く含まれており、今回の経験が深い学びにも繋がったと感じています。今後も、生徒たちが主体的に考え、学びを深める探究的な学習を実践していきたいです。



本実践で作成した資料は、栃木県総合教育センターWebサイトで閲覧及びダウンロードできます。また、他教科の実践についても紹介されていますので、ご覧ください。

【問合せ先】 栃木県総合教育センター 研究調査部

〒320-0002 栃木県宇都宮市瓦谷町1070 TEL 028(665)7204

