

希薄溶液の性質についての授業実践

－ 探究的活動を取り入れた授業モデルの考察 －

佐藤 友介

希薄溶液の性質の単元では、主に溶解度、蒸気圧降下と沸点上昇、凝固点降下、浸透圧、コロイドを扱う。特に、蒸気圧降下と沸点上昇、凝固点降下については溶液と溶媒の性質の違いを、粒子的な視点で考えるため、化学としては非常に特徴的な単元であると思われるが、この単元では取り入れることのできる観察・実験が少ないと感じていた。今回はこの単元において、限られた時間の中で観察・実験を行い、探究的な活動を取り入れる授業の展開を考察した。

[キーワード] 沸点上昇と凝固点降下 自己調整学習

はじめに

現在、本校では横浜国立大学人間科学部准教授の和田一郎先生のご指導の下「自己調整学習」をテーマに授業研究を行っている。自己調整学習とは、生徒自らが学習をモニタリングして、学習の進捗状況を能動的に調整していく学習過程を意味する。理科授業において、こうした学習を成立させるためには、観察・実験をもとに個々の生徒が構築した概念や予想・仮説を協同的に検討し、さらにクラス全体でその成果を共有する機会を設定していく。これによって、理科教育における主要課題である科学的な思考力・判断力・表現力や主体的に取り組む姿勢を効果的に身につけさせることができる学習である。このような学習形態を取り入れる上で、どうしても障害となるのが授業時数の制約である。特に大学受験を視野に入れ、基礎事項の確認を行い、演習の時間を設定する場合は、探究的な活動を行う時間はさらに確保しにくくなる。しかしながら、このような活動は生徒の関心・意欲を高めるだけでなく、思考力・表現力等の科学的素養を向上させるのに必要不可欠である。

ここではこのような学習形態を取り入れる上での授業展開の工夫と、観察・実験を短時間で効果的・効率的に行うための工夫について報告する。

1 授業展開の工夫

1-1 概要

沸点上昇の学習を通して、粒子レベルでの科学概念の構築を図り、凝固点降下の学習でその定着と深化を図る。以下に3時間の授業の構成と、それぞれの工夫について簡潔に説明する。

1-2 授業展開

(1) 「沸点上昇」に関する授業の展開

ア 学習課題、評価基準の説明 (10分)

沸点に関わることは、すでに物質の三態と飽和蒸気圧の項で学んでいるので、まずは沸騰とは何か、沸点はどのように決まるのかを確認した。次に、今回の単元のテーマを示し、ループリックを用いて学習課題や評価の観点と基準を説明し、生徒が学習目標を明確にしながら授業に取り組めるようにした。

イ 沸点上昇の実験 (15分)

グリセリン浴で加熱しながら、水、4 mol/kgの尿素水溶液、2 mol/kgの塩化ナトリウム水溶液、4 mol/kgの塩化ナトリウム水溶液の中から班ごとに3種類を選んで、沸騰する順序を観察することにより沸点の高さを比較し、各班の結果を一覧表にした。結果は次ページの表1のとおりである。

ウ 全体での確認 (5分)

溶液の種類によって沸点が異なるのは、同じ

大気圧のもとで実験を行っているので、各溶液の蒸気圧の違いによるものであることを、既習事項を踏まえながら確認した。また、溶液では溶媒よりも沸点が上昇していることは表1の実験結果における水との比較から一目瞭然であり、生徒もすぐに気づくことができた。このことにより溶液では、溶媒よりも蒸気圧が下がることを理解することができた。

エ 個々の生徒による取り組み (10分)

生徒には、

①「なぜ溶液では蒸気圧が下がるのか」

②「沸点と溶液の濃度の関係においてどのようなことが言えるか」

という2点について、個々の生徒に仮説を考えさせた。なお「なぜ溶液では蒸気圧が下がるのか」という問いを説明するときは、文章だけでなく、粒子的な視点を意識させるため、粒子モデルを用いて表現させるようにした。

オ 協同的な学習 (10分+10分)

個々の生徒の考えをグループ内で1人ずつ紹介し、お互いに質問や意見を出しながら、自分の考えをもう一度振り返えらせた。前述の①の問いに対する生徒の考えは次のようなものが多かった。

- ・加熱により体積が増加し、圧力が下がったため (気体の法則と混同している)
- ・熱が溶質に奪われるため
- ・水に比べてNaCl粒子の方が質量が大きいため
- ・水の割合が減ったため

また、②の問いに対しては、表1の1～4班の結果である2 mol/kgと4 mol/kgの塩化ナトリウム水溶液の沸点の比較により、溶液の質量モル濃度が大きいほど沸点が高くなることは、すべての班が気づいていたようだが、5～10班の結果については、その原因を考える上でかなり苦戦していた様子であった。ここで1時間の授業の終了となる。

前時間に引き続き、②の問いに対応して、5～10班の結果について考えさせた。教員側から「尿素と塩化ナトリウムの違いは?」、「2 mol/kg

の塩化ナトリウム水溶液が4 mol/kgの尿素水溶液とほぼ同じ沸点のようだね」など、少しずつヒントを与えると、生徒から「電離する」、「粒子が2倍になっている」などの声が聞こえるようになり、溶質粒子の濃度が関わっていることが理解され始めたようであった。

カ 協同的な学習の成果の共有 (15分)

「溶質粒子の存在」に注目するという意識をさせることができたところで、①、②の問いに対して全体に基本事項の説明を行い、例題を用いて知識の定着を図った。

表1 班ごとの沸点の比較 (数字は順位)

班	水	4mol/kg 尿素	2mol/kg NaCl	4mol/kg NaCl
1	3	なし	2	1
2	3	なし	2	1
3	3	なし	2	1
4	2	なし	1	1
5	3	2	なし	1
6	3	2	なし	1
7	3	2	なし	1
8	2	2	1	なし
9	2	1	1	なし
10	2	1	1	なし

(2)「凝固点降下」に関する授業の展開

ア 学習課題の再確認 (5分)

先に学んだ、蒸気圧降下と沸点上昇についての粒子レベルでの概念を参考に、凝固点降下について考えていくことを確認し、既習事項をもとに考えることを強く意識させた。

イ 凝固点降下の実験 (20分)

イーザーセンスビジョン(NaRiKa)と寒剤を用いて、溶質の種類と濃度が異なる水溶液の凝固点を測定した。イーザーセンスビジョンを用いるメリットは、温度変化が数値とグラフで視覚的に把握しやすく、特に過冷却状態から凝固する際の温度上昇が観察できるということである。使用した溶液は2 mol/kg尿素水溶液、2 mol/kg

塩化ナトリウム水溶液，1 mol/kg塩化ナトリウム水溶液の3種類である。イーゲーセンスビジョンの台数の関係で通常10班で行う実験を5班で行い，考察は10班に分けたグループで行った。なお，凝固しなかった班が1班あったが，これは操作の手際が悪く，寒剤の温度が十分下がらなかったのが原因であると考えられる。この測定で2時間目の授業が終了となる。

ウ 個々の生徒による取り組みと協同的な学習 (15分)

沸点と同様に

- ①「なぜ溶液では凝固点がるのか」
- ②「凝固点と溶液の濃度の関係においてどのようなことが言えるか」

の2点を考察のポイントとした。今回はイーゲーセンスビジョンで5班分のグラフが得られるので，その特徴を比較することから考えさせた。

すでに沸点上昇で粒子モデルを用いて考えていたため，生徒にとっては理解しやすかったように思われる。多くのグループがグラフの特徴として凝固点の水より低くなっていることと，凝固の際に大きな温度上昇があったことを挙げていた。①の問いについては「溶質粒子が凝固を妨げている」，「水の割合が減る」など，溶質粒子が関わっていることを予想することができたグループがあった。また，②の問いについては，グラフにおいて，凝固し始めた温度を比較することで，溶液の質量モル濃度に比例して低いことが理解でき，電解質では電離後の濃度を考えることも予想できていた。しかし，もう1つのグラフの特徴である凝固の際に温度上昇が起きた理由については，既に凝固熱について授業で扱っていたにも関わらず，予想できたグループがほとんど無かったのが残念である。

エ 協同的な学習の成果の共有 (35分)

全体に凝固点降下と冷却曲線の基本事項の確認を行った。また知識の深化を図るために得られたグラフから凝固点を求めた。またその結果からモル凝固点降下を算出し，モル凝固点降下が比例定数となり，凝固点降下度と溶質粒子の

質量モル濃度が比例していることを確認した。この結果を下の表2に示す。さらにその後，理解の定着を図るため，問題演習を行った。ここで3時間目が終了となる。

表2 班ごとの凝固点降下の測定結果

班	溶液	凝固点 (°C)	モル凝固点降下 (K・kg/mol)
1	1mol/kg NaCl	-2.3	1.15
2	〃	-2.5	1.25
3	2mol/kg NaCl	凝固せず	
4	〃	-5.2	1.30
5	2mol/kg 尿素	2.0	1.00

(3) 生徒の感想から

生徒の感想を見ると，「実験と考察で理解が深まった」，「みんなで話し合うことで，考えが広がった」といった感想が多く見られた。以下に例を挙げる。

- ・実験結果から班員で話し合いながら考察すると，自分一人で考えるのとは違う発見があった。
- ・基礎知識がしっかり身につけていないと，考察の材料がなかったので，しっかり勉強していきたい。

これらの感想からも，この自己調整学習の効果が感じられた。

2 観察・実験における工夫

(1) タブレット端末を利用した実験の説明

実験装置の組み立てやイーゲーセンスビジョンの使い方は，タブレット端末を利用し動画で説明したため，生徒はスムーズに操作を進めることができた。この説明方法は実験時間の短縮に有効であった。また，タブレット端末は，撮影が簡単であり，リアルタイムで画像や映像を生徒に提示することもできる等のメリットがあるため，これからも積極的に利用していきたい。

(2) 理科教育センターとの連携による実験方法の工夫

今回の実験に際しては、理科教育センター化学研究班（以下「理セン」という。）に、短時間で効率的に行える実験方法を研究、開発していただいた。例えば、沸点上昇の実験では、液体の量を1 mLとし、水と2種類の溶液をグリセリン浴で同時に加熱できるようにすることで、短時間で沸騰させ、溶液間の沸点の差を把握しやすくなるように工夫されていた。また、凝固点降下の実験では、イージーセンスビジョンを用いて行ったが、イージーセンスビジョンの設定、装置の配置、効率的に試料を冷却する寒剤の量などが適切に設定され、実験装置には凝固の様子と冷却曲線を同時に観察しやすい工夫がなされていた。こちらにも試料は5 mLなので、短時間で凝固する様子を観察することができた。なお、冷却時にビーカーが曇って試験管内の溶液の様子が観察しにくいという短所があったが、本校実習助手が何回も予備実験を重ねて覗き窓をつけるなどの工夫をしてくれた。このような協力は、実験を進める上で大きな助けになった。

(3) 生徒の感想から

実験に関する生徒の感想には、

- ・授業で習った知識をもとに、各溶液の状態変化を比較しながら、状態変化を観察できたので、わかりやすく、理解が深まった。
- ・イージーセンスビジョンは非常にわかりやすく、興味を持った。冷却しているのに温度が上昇して驚いた。

というものが多かった。沸点上昇については、複数の水溶液が時間差で沸騰していく様子がとてもわかりやすかったようである。凝固点降下は突然、溶液が凝固していく様子と、イージーセンスビジョンで温度が急激に上昇することが印象に残っているようだった。

3 まとめ ～普段の授業に探究活動を取り入れるには～

3-1 実験時間の短縮

今回取り上げた単元は年間計画通りの配当時間である3時間で終えることができた。特に、実験時間を大きく短縮できたことが成果であった。それを可能にしたのは、説明においてタブレット端末を利用したという側面もあるが、最大の要因は理センの協力を得たことである。すでに理センで開発された実験方法を普段の授業に取り入れることはよく行われていたが、今回の特筆する点は、こちらから理センに単元、授業計画および授業内容を示し、実施時間を極力短く設定した実験を“オーダー”したことである。かなり無理なお願いであったが、大変コンパクトな効率的でわかりやすい実験を開発し、紹介していただいた。

今後は、今回の探究的な活動の成果を、理センにフィードバックすることで、より実践的な探究活動を行っていけると感じた。

3-2 これからの展望

探究活動の重要性は最初にも述べたが、理センとの連携により、実験を効率化することで、普段の授業の中に探究活動を取り入れることがより行いやすくなった。現在本校では複数の教員が、この実践のように実験と考察を組み合わせたり、大学受験に対応した演習問題と実験を組み合わせるなど、観察・実験の様々な運用の仕方を模索している。そういった面で今回の理センとの連携は、校内においても良いモデルケースとなったと考える。これからもしっかりと年間計画や授業計画を考えながら、継続して理センと連携して授業モデルを開発し、発信していきたい。

おわりに

最後になりましたが、実験方法の開発について、多大なご協力とご指導をいただきました、北海道立教育研究所附属理科教育センターの村田一平先生に、厚くお礼申し上げます。

（さとう ゆうすけ 北海道釧路湖陵高等学校）