

知識の「活用」を実感できる酸塩基の実験

岐阜県立岐山高等学校 山田 志歩

1. 研究のねらい

大学入試センターによると、共通テストの作問方針では「知識の理解の質を問う問題や、思考力、判断力、表現力等を発揮して解くことが求められる問題を重視した問題作成を行う」とある。単なる暗記力ではなく、持っている知識をいかに活用して問題解決を図るかが重要と考える。化学でそのような力をつけていくために、既習の知識を元に「仮説」(予想を立てる)→検証(実際に実験する)→考察(予想と比較する)という探究のステップで考えられる実験を行うことにした。

実験を通して持っている知識の「活用の仕方」を学ぶことができれば、学習内容の定着にも役立ち、「活用」を実感するおもしろさも感じてもらえるのではないかと期待する。

2. 実践内容

文系化学基礎選択者を対象とした。酸と塩基の演習のまとめとして、未知の溶液(1mol/LのHCl、H₂SO₄、NaOH、NaCl、CH₃COONa水溶液)をそれぞれ特定する実験方法を生徒自らで考え、実行させた。

実験の前の授業にプリントを配布し、各水溶液の性質をまとめ、実験の計画を立てる時間をグループで15分設けた。

次の授業で計画した実験を行った。作成・使用したプリントは以下の図1のとおりである。

酸塩基の特定

《今日の目標》
酸塩基の学習内容を使って、未知の溶液1~5(1mol/Lの塩酸、硫酸、水酸化ナトリウム、塩化ナトリウム、酢酸ナトリウムの水溶液 それぞれ5mLずつ)をそれぞれ特定する方法を考え実践する。

《使用できる実験器具や試薬》
万能pH試験紙、駒込ビベット(1mL)2本、1mol/L 塩酸、1mol/L 水酸化ナトリウム水溶液、試験管ピンセット
※ pH試験紙はピンセットでつまみ、試験管を傾けて溶液を試験管の口まで近づけて付ける。
※ 塩酸、水酸化ナトリウム水溶液を加える場合は、未知の溶液を他の試験管に少量(1mLや2mL程度)取ってから加えよう。A~Eの試験管に直接加えない!

《溶液の性質》 今回の試薬の性質を整理しよう。濃度はすべて1mol/Lである。

	(例) アンモニア	塩酸	硫酸	水酸化ナトリウム水溶液	塩化ナトリウム水溶液	酢酸ナトリウム水溶液
化学式	NH ₃					
価数	1価の塩基					
溶液の性質	弱塩基性					
pH	およそ11					
強酸との反応	中和					
強塩基との反応	反応しない					

《実験方法と予想される変化》 5種類の溶液を特定する実験方法、および予想される変化を記述しよう。
※ 注意：弱酸や弱塩基はpHでは中性と見分けが付きにくい。

《結果》 実験方法に記した『どの実験』『どの溶液』と決定づけられたのか、記述しよう。

5種類の溶液をナンバリング

①酢酸ナトリウム水溶液
②塩化ナトリウム水溶液
③水酸化ナトリウム水溶液
④硫酸 ⑤塩酸

《考察》 1~5の溶液の溶質を化学式で答えよう。

	1	2	3	4	5
化学式					

《振り返り》 【高 5 ← … → 1 低】

自分なりに実験方法を考えることができたか(個人)	【 5・4・3・2・1 】
グループで適切な実験方法を計画できたか(班)	【 5・4・3・2・1 】
計画通りに実験を行うことができたか	【 5・4・3・2・1 】
興味を持って実験に取り組むことができたか	【 5・4・3・2・1 】
今回の実験で酸塩基の知識の活用ができたか	【 5・4・3・2・1 】
決まった手順がなく、自分たちで計画して行う実験はどうだったか(感想)	
実験方法を考える上で工夫した点、特定が難しかった点、疑問点など	

図1 実験プリント

実験中の「結果」に書かれた内容は次の通り。

実験① pH 試験紙で pH を調べる (32 名中 25 名)

実験② HCl と H₂SO₄ は強塩基と中和させて pH を調べる (32 名中 19 名)

実験③ NaCl と CH₃COONa は塩酸を加えて遊離させる (32 名中 13 名)

グループで実験を進めたことにより理解が進んだからか、各①～③について前述の「実験方法と予想される変化」で書かれていた人数よりも 8～10 名ほど増えていた。実験②については、同体積の HCl と H₂SO₄ に同体積の NaOH を加えた場合、HCl 側の pH 試験紙が緑色にはならず、青色になることに戸惑う生徒が多かった。同体積を量り取る際に目盛り付き試験管や駒込ピペットで体積測定をしているため、体積の正確性は低いことを実験中に補足した。

②は pH 試験紙で緑になったので NaCl
 ①は HCl で反応させて発生した CH₃COOH がすっぱい臭いがしたので CH₃COONa
 ③は pH 試験紙で紫になったので NaOH
 ④と⑤と比べたとき、1 価の NaOH 水溶液で反応させると
 ④が強酸性を示したので、H₂SO₄

図 5 生徒の記入例 (実験③までできた例 生徒の記述の①～⑤は溶液番号を表している)

【 図 1 の《考察》における最終的な判定結果の正答率 】

溶質	HCl	H ₂ SO ₄	NaOH	NaCl	CH ₃ COONa
正答率	88%	88%	100%	66%	66%

【 図 1 の《振り返り》の結果 】

評価点別人数割合	5	高い ←	→	低い	1	5	4	3	2	1
自分なりに実験方法を考えることができたか (個人)	71.9%	16%	6%	6%	0%					
グループで適切な実験方法を計画できたか (グループ)	75.0%	16%	6%	0%	3%					
計画通りに実験を行うことができたか	75.0%	19%	6%	0%	0%					
興味を持って実験に取り組むことができたか	81.3%	13%	6%	0%	0%					
今回の実験で酸塩基の知識の活用ができたか	75.0%	19%	6%	0%	0%					

《生徒の感想》の記述例

① 決まった手順がなく、自分たちで計画して行う実験はどうだったか

- ・ 確実なものから確定させていって最後 2 つで迷ったときに、今まで習った知識を組み合わせで考えたけど難しかった。匂いで決めるのは何となく避けていたけど、先生にアドバイスしてもらって、最後に特定させることができた。
- ・ 習ったことの復習ができて良かった。理解度が増した気がする。いつもの実験よりワクワクした。
- ・ 予想と実際の結果が違うことも多く、その場で結果を元に実験の内容を考えるのが難しかった。
- ・ 同じ机に NaOH 水溶液と HCl 水溶液があつてどちらも中和に使うのかなと戸惑ったので、最初から説明されていればもう少しスムーズにできたと思う。
- ・ 手順がない方が、実験に積極的になれた。

② 実験方法を考える上で工夫した点、特定が難しかった点、疑問点など

- ・(中和滴定で) 強塩基を量り取る少しのミスで結果が変わってしまうため慎重に行うことを工夫した。
- ・用意されたいくつかの手段の中からどうすれば判別できるのか判断しなければならなかったので、今までに習った知識を応用する必要がある大変だった。
- ・ H_2SO_4 と HCl を見分けるために NaOH を同じ体積で混ぜたのに、pH が 1 と 11 になって、やっぱり滴定をするときにビュレットが必要なことが分かった。
- ・1 価と 2 価の見分け方を理解できていなかった。
- ・ NaCl は中性なのに pH 試験紙では弱酸性を示した理由が分からなかった。

(最後の疑問点に関しては、pH 試験紙が空気中の CO_2 の影響により始めから黄色になっており、溶液の性質が中性の場合、酸性を中和する力はないために黄色に見えることがあると実験後に補足した。)

《実践後の生徒の様子》

実験後しばらくしてからの授業で、炭酸塩に強酸を加えて弱酸を遊離させる問題を扱った。問題を解く際には弱酸の遊離に気づくことができなかつた生徒が多かつたが、「以前実験で使った酢酸の遊離と同じように、二酸化炭素が遊離する」という説明で納得した様子であつた。実際に実験で行つたことは、記憶に残っていると感ずることができた。

《評価について》

今回の実験では「思考・判断・表現」を評価の観点とした。この力については「物事の中から問題を見だし、その問題を定義し解決の方向性を決定し、解決方法を探して計画を立て、結果を予測しながら実行し、振り返つて次の問題発見・解決につなげていく過程」^[1]であるため、これに相当するのは実験を組み立て、溶液が正しく特定できたかだと考え、正しく求められている溶液ごとに加点することとした。(5点満点)

4. 課題と展望 (研究のまとめ)

今回の授業の目的であつた「探究のステップで考えられる実験」になつたかという観点では、生徒はよく考え試行錯誤して臨んでくれたように思う。

課題は、実験に「主体的に学習に取り組む態度」の評価をどのように取り入れるかである。「主体的に学習に取り組む態度」は「知識及び技能」や「思考力・判断力・表現力等」などの資質・能力を身に付ける過程で、「①粘り強い取組を行おうとする」とことと、「②自らの学習を調整しようとする」ことの2つの側面から評価する必要がある^[2]。①については、今回の実験においてはどのグループも時間いっぱいまで方法を試行錯誤する様子が見られ、差はなさそうであつた。

②については、「自分がどこまで分かつていて、どこから何が分からなかつたのか」を記述させる必要があると考えた。例えば「今回の酸・塩基の特定に用いた知識を具体的に述べなさい」として「塩酸は強酸だから、pH 試験紙で黄色を示す」などと具体的に記述されている個数分だけ加点するという方法も考えられる。今回は思考を整理させるために最初に溶液の性質を記述する活動から入つたが、これをすべて記述させる方式に置き換えれば、②の観点で学習状況(=理解状況)を生徒自身がどう捉えているか評価することができると思う。また、時間内に特定ができなくても、特定に使えると良かつた知識も記述するにすれば、実験を終えた後どうすれば良かつたか考えさせることに繋がり、理解を深めたことを評価することができると思う。

5. 実践した授業の単元計画と学習指導案

① 単元の指導と評価の計画

単元の目標：酸と塩基の性質及び中和反応に関与する物質の量的関係を理解する

時	主な学習内容など	重点	記録	評価方法
1	酸塩基の復習 例題演習	知		
2	酸塩基の定義、価数と強弱、pH	知		
3	電離度、中和滴定	知		
4	滴定曲線、塩の性質	知		
5	二段階滴定、総合演習	思		
	(定期考査)	知・思	○	定期考査
6	実験(本時)	思	○	レポート評価

② 学習指導案

科目	化学基礎		使用教材	化学基礎(東京書籍)	
指導クラス			単元	酸と塩基	
クラス観	自分の興味関心に合わせて化学基礎を選択した生徒である。進路希望は医療看護系徒が多い。問題演習に真面目に取り組むことができ、全体への問いかけに対して周囲で確認したり、自信をもって答えられる事項であれば発言したりする姿が見られる。				
本時の主題	これまでに学習した酸、塩基、塩の性質と中和の量的関係を利用する。		本時の位置	6/6	
本時の目標	酸塩基の学習内容を利用し、未知の溶液(同濃度のHCl、H ₂ SO ₄ 、NaOH、NaCl、CH ₃ COONa水溶液 以下5種水溶液)をそれぞれ特定する方法を考え実践する。(実験は4人グループで行う)				
評価の観点	【思考・判断・表現】 特定のためにどのような実験を行うか考え、実行できる。(レポートで評価する)				
本時の展開					
進	学習内容	教師の働きかけ	学習活動(生徒の活動)	評価の観点(具体的評価規準)	評価方法や指導上の留意点
導入	実験手順の確認	実験内容、使用できる実験器具(pH試験紙、駒込ピペット、HCl水溶液、NaOH水溶液)の紹介を行う。	pH試験紙で酸塩基の強弱が分かるため、各水溶液の液性を調べるとよいことに気づく。(①)	それぞれの溶液の液性をもとに実験方法を考えられている。	評価は提出レポートで行う。 アイデアが出ないグループには、それぞれの水溶液が酸性か塩基性か、その強さはどうかを考えてみるように助言する。
		5種水溶液の特定のために、どのような実験を行えばよいかグループで交流させる。	強酸2種(HClとH ₂ SO ₄) 中性付近の2種(NaClとCH ₃ COONa)はさらに別の実験を行う必要があることに気づく。		
展開	実験器具の扱いの説明	pH試験紙、駒込ピペットの使い方を説明する。	強酸2種は価数の違いを利用し、同量のNaOH水溶液を加えた場合のpH変化を見るとよいことに気づく。(②)	駒込ピペットを用いて中和の量的関係から価数を見出す方法が考えられている。	強酸の価数の違いを中和滴定と関連させて説明させる。

		<p>試薬 (HCl水溶液、NaOH水溶液) を加えることで特定できないかを投げかけ、グループで考えさせる。</p> <p>どのような実験を行うか、グループでまとめさせる。</p>	<p>弱塩基2種は強酸であるHCl水溶液を加えると弱酸の遊離が起こり、酢酸は刺激臭がすることに気づく。(③)</p> <p>実験方法①～③をまとめる。</p>	<p>弱酸の遊離から特定できることが考えられている。</p>	<p>弱酸の遊離は気づきにくいいため、教科書のページをヒントとして示す。</p> <p>実験方法のレポート評価</p>
	実験	<p>実際に実験を行い、溶液を特定した根拠を示すよう指示する。</p>	<p>①～③の実験を行い、5種の水溶液をそれぞれ根拠を持って特定する。</p>		<p>考察のレポート評価</p>
まとめ	レポート記入	<p>酸塩基で学んだ内容を生かすことができたか問う。</p>	<p>学んだ内容をどのように生かすことができたか振り返る。</p>	<p>実験で特定した溶液を根拠とともに記述できている。</p>	<p>感想のレポート評価</p>

6. 参考資料

後藤顕一ほか 「資質・能力」を育む高校化学 化学同人 2019

[1] 文部科学省 高等学校学習指導要領 (平成 30 年告示) 総則 解説

[2] 中央教育審議会 教育課程部会 児童生徒の学習評価の在り方について (報告)