

2 高等学校 理科 (化学基礎)

(1) 学習指導案

日 時 平成 28 年 10 月 15 日 (土) 第 2 限 (10 : 35 ~ 11 : 25)

場 所 第 1 化学教室

学年・組 高等学校第 I 年 5 組 42 人 (男子 21 人, 女子 21 人)

指 導 者 平松 敦史

単 元 酸・塩基

- 目 標
1. 酸や塩基, 中和反応, 塩に関する基本的な概念や法則を理解する。
 2. 中和反応に関与する物質の量的関係について理解する。
 3. 酸や塩基, 中和反応, 塩に関する基本的な実験操作を習得する。
 4. 実験結果をもとに, 酸や塩基, 中和反応, 塩に関する現象について科学的に説明する。
 5. 日常生活や社会において酸や塩基と関連づけられる事物・現象について科学的に探究する。

指導計画 (全 14 時間)

第一次	酸と塩基	3 時間 (本時 2 / 3)
第二次	水の電離と pH	3 時間
第三次	酸・塩基の中和と電離	8 時間

授業について

高等学校「化学基礎」では, 本時までには, イオン式や配位結合, イオン反応式など, 「酸・塩基と中和」の学習を進める上で必要な基礎的・基本的な内容は学習済みである。また, 単元「酸・塩基と中和」では, 本時の前に, 酸と塩基の性質 (たとえば, 酸はマグネシウムや亜鉛などの金属と反応して水素を発生する。水溶液中では水素イオンは水と結びついたオキソニウムイオンの状態で存在しているなどの基本的な性質) やアレニウスおよびブレンステッド・ローリーの酸・塩基の定義について学習済みである。

酸と塩基の強弱や中和反応, 塩と酸・塩基の反応を理解するためには, 水溶液中において酸や塩基がどのような状態 (イオンなのか, 分子なのか) で存在しているのかを理解していなければならない。そのため, 単元の学習が開始された早い段階において水溶液中での状態について理解を深めておくことが重要である。そして, 水溶液中での状態を理解しておくことは「化学」での電離平衡や塩の加水分解を理解するためにも不可欠である。そこで, 本時においては, 理解深化のために, 次のような「内化と外化の往還を取り入れた」授業を展開する。濃硫酸・酢酸の実験 (課題) に取り組む (外化) → マグネシウムと反応しないという酸の性質とは異なる結果から, なぜそうなるのか, その解決のために既習内容に立ち返る (内化) → わからないことがあれば教え合い・学び合う (外化) → 課題への解答を示す (外化) → 再び実験 (課題) に取り組む (外化) → 解答と実験結果を整合させる (内化) → 課題に取り組み, 理解を深める (内化)。

題 目 酸の電離

本時の目標

1. 酸の水溶液中での電離についてオキソニウムイオンと関連付けて理解する。
2. 酸の水溶液中で存在する物質について化学式を用いて表す。

本時の評価規準 (観点/方法)

1. 酸の水溶液中では水の存在によりオキソニウムイオンが生じていることを化学反応式を用いて説明している。(知識・理解/ワークシートへの記述)
2. 電離度について理解し, 強酸と弱酸の違いについて化学式を用いて表現している。(思考・判断・表現/ワークシートへの記述)

本時の学習指導過程

学習内容	学習活動	指導上の留意点・評価
導入		
・実験1	○濃硫酸と酢酸(氷酢酸)にマグネシウムリボンを入れる。	○濃硫酸と酢酸の取り扱いに注意させる。
・結果1	○ともにほとんど反応しない。	○実験中の安全メガネの着用を徹底する。
展開1		
・考察1	○なぜ、反応しなかったのか。どのようなことを行えば、反応するのか。なぜそのように考えたのか。化学反応式を用いて説明せよ。 ○期待される考察。 ・水素イオンがないから。 ・水を加えれば、電離する。 ・水と水素イオンが反応し、オキシニウムイオンが生成する。	○班ごとに取り組ませる。 ○考察ができた班からスマートボード上の名前を黄色にする。 ○オキシニウムイオンの生成について理解している。【知識・理解】
・実験2	○1 mol/L に希釈した硫酸と酢酸で実験を行う。	
・結果2	○ともに反応するが、濃硫酸の方が反応が激しい。	
展開2		
・考察2	○なぜ、硫酸の方が反応が激しかったのか。 ○期待される考察 ・電離度が異なる。 ・硫酸の方が電離度が大きい。	○電離度について理解している。【知識・理解】
・課題	○水溶液中において電離度の違いはどのように表すことができるのか、化学式を用いて示せ。また、電離度の違いはどのような方法を用いて判断することができるか。	○ホワイトボードに課題の解答を書き、黒板に貼る。 ○水溶液中での酸の強弱について、化学式を用いて表している。【思考・判断・表現】
終結	○課題の解決	
備考 教科書：「化学基礎（啓林館）」 副教材：「協調学習テキスト 5 酸・塩基」, 「スクエア最新図説化学 四訂版（第一学習社）」 準備物：濃硫酸, 酢酸(氷酢酸), マグネシウムリボン, 駒込ピペット, 試験管など		

(2) 実践のねらい

本校の理科では従前より協調学習を取り入れ、化学ではより主体的かつ協働的な学びが深まるよう協調学習テキストという補助教材を単元ごとに自作し、授業を行っている。図1は今回の実践の単元である「酸・塩基」の協調学習テキストの表紙である。図2, 3は今回の実践において生徒が見開き

で使用したページであり、図3の「課題4」が今回の実践に当たる。図4は次時で学習するページである。基本的な知識について指導したのち、図2や図3などに示された課題に取り組ませ、理解の深化や定着を図る。

課題に取り組む時間を多くとり、できるだけ教師主導型の時間を減らすよう努めている。また、課題の解答は必要最小限にとどめ、生徒が主体的・協動的に課題解決を行うよう促している。こうした主体的・協働的な生徒同士の学び合いが成立するよう、一つの方略として、西川純（上越教育大学）の、課題ができていないかどうかを生徒同士が確認できる名札を使用する方法を導入している。本校では名札の代わりに、スマートボード上に映し出した、エクセルのセル内の自分の名前を、スマートボード上でダブルクリックして、セルの色を変える方法を用いている。これにより、できていない生徒はできた生徒を確認でき、教えてもらいに行ったり、できた生徒はできていない生徒のところへ教えに行ったりすることができ

協調学習 I

5 酸・塩基

「酸・塩基」の目標

1. 酸・塩基の定義を理解する。
2. 酸の強弱と電離度の大小の関係を理解する。
3. pHについて、水の電離や水のイオン積と関連付けて理解する。
4. 中和の定義を理解する。
5. 中和反応における量的関係について理解する。
6. pHの測定と中和滴定に関する実験技能を習得する。
7. 塩の水溶液が示す性質について、酸・塩基の強弱と関連付けて理解する。
8. 実験結果をもとに、酸や塩基、中和反応、塩に関する現象について科学的に説明する。
9. 日常生活や社会において酸や塩基と関連づけられる事象・現象について科学的に探究する。

目標に対する自己評価基準

A: 目標を達成できた10人以上に説明できる。
 B: 目標を達成できた。
 C: 目標の達成が不十分であった。

1年 組 番 名 前

班番号 ()

2016年度版

1

図 1

2 酸と塩基の性質 (p.134~)

【課題1】教科書p.134とp.135を参照し、酸と塩基の性質をまとめよ。

酸の性質	塩基の性質

3 酸と塩基の定義 (p.136~)

酸と塩基に、最も基本的な性質の分類方法の1つである。そして、その酸と塩基の定義は現代と共に広げられており、現代では3つの定義が一般的に用いられている。

○アレニウスの定義 (1884年, アレニウス, スウェーデン)

酸: 水溶液中で水素イオン (H⁺) を生じる物質

塩基: 水溶液中で水酸化イオン (OH⁻) を生じる物質

○ブレンステッド・ローリーの定義 (1923年, ブレンステッド(デンマーク), ローリー(イギリス))

酸: 他の物質にHを与えることのできる物質

塩基: Hを受けとることのできる物質

H⁺の授受による定義、水素をもつあらゆる物質に適用可能な定義

○ルイスの定義 (1923年, ルイス, アメリカ)

この定義において塩化ルイス酸、塩化ルイス塩基と略す。

ルイス酸: 電子を受け取る物質

ルイス塩基: 電子を提供する物質

水素を持たない物質についても適用可能な定義

【課題2】塩化水素HCl、硫酸H₂SO₄、酢酸CH₃COOH、水酸化ナトリウムNaOH、水酸化カルシウムCa(OH)₂、アンモニアNH₃は水溶液中でどのようなイオンに分かれているか、それぞれのイオン反応式を記せ。また、それぞれの物質をアレニウスの定義にしたがって、酸と塩基に分類せよ。


4

図 2

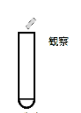
【課題3】次の反応①～④の平衡引いた物質を、ブレンステッド・ローリーの酸・塩基の定義にしたがって、分類せよ。

- ① $\text{HCl} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{Cl}^-$
- ② $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$
- ③ $\text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCO}_3^- + \text{OH}^-$
- ④ $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{CH}_3\text{COO}^-$

【課題4】試験管2本に濃硫酸(H₂SO₄ 97%)と酢酸(CH₃COOH 99.7%)をそれぞれ2 mLずつとり、それぞれにマグネシウムリボンを入れたときの様子を観察せよ。なぜこのような結果になるのか、その理由を考察せよ。



試験管1
濃硫酸 H₂SO₄



試験管2
酢酸 CH₃COOH

両物質の融点が17℃であり、純度の高いものを容易に凝固するための水添加量もよばれる。

考察1 マグネシウムリボンと反応させるためには、どのような操作を行えばいいか。また、なぜそのように考えたのか、酢酸を例に化学反応式を用いて説明せよ。

5

図 3

適切な課題設定により、生徒の思考がアクティブになることに加えて、学習の先取りを促すというねらいもある。課題解決において、生徒は手持ちの教科書や副教材、問題集を活用し、課題解決に必要な情報を入手するために関係のありそうな箇所をチェックする。この過程で、生徒は未習内容に触れ、理解しようと努める。適切な課題設定を行えば、未習内容についても生徒自身で理解するため、その分、授業時間の短縮につながると考えている。今回の実践では、考察2において未習である電離度について触れさせるようにしている。協調学習テキストでは次ページ(図4)に、図説では酸と塩基の定義、身近な酸・塩基、酸・塩基の価数、酸・塩基の強弱が見開きページで示されている。したがって、考察2に取り組む過程で、電離度について必ず目にする事となり、生徒自身で理解することを期待した。

(3) 反省および課題

今回の実践では、図3の「課題4」が実験1にあたる。実験は4人1組の班ごとで実施するため、まずは班で考察に取り組み、その後、わからなければ他の班に尋ね、生徒自身で解決するよう指導している。考察1を終えた後、考察2を板書し、考察2に取り組ませ、考察2を終えた後、課題を板書し、という流れで実践する予定であった。しかし、考察1に時間がかかり、考察2を済ませ、次の課題を板書して確認したところで50分が経過し、授業終了とした。考察1では20分程度経過しても、一つの班しか、名前が黄色にならなかった。結局、その一つの班から考察1の解答を引き出し、生徒全員で共有するという方法をとった。ただ、考察1の解答を聞いた他の生徒たちは、「水で希釈すること、それは分かっている」と一様に発言していたことから、考察1に示した発問そのものに問題があったと考えられる。

研究協議においては、参加者から、まずは「なぜ反応しないのか」→「それは水素イオン(オキソニウムイオン)が存在しないから」→「では、なぜ水素イオンが存在しないのか」という原因をきちんと引き出してから考察1に入る流れの方がよいのではないかと、というアドバイスもあった。一方で、今回の実践前に、担当している他の2クラスで授業を行ったが、15分程度で名前を黄色にする班が始め、黄色になった班のところに分らない生徒が聞きに行き、25分程度ですべての班が黄色にすることができており、クラスでの違いに対応した発問などの配慮が欠けていた。

未習の電離度については、考察1の段階で持ち出している班もあり、考察2では多くの班で確認できていた。そのため、次時の電離度の学習はスムーズに行うことができた。もちろん、本質的な理解には到達しおらず、教科書に書いていることをそのまま考察2に使用している場合もある。電離度は重要な概念であるため、次時以降においても、たとえば、濃度の異なる3種類の塩酸と酢酸のpH測定においてpHと濃度から電離度を算出する課題など、関連付けられる内容で取り扱い、理解の深化を図っている。

予定した内容を消化できずに授業を終え、上述したように適切な課題の設定や、考察1を通して水を加えることで電離が起こり、オキソニウムイオンが生じることで反応が起こるといふことの本質的

4 酸・塩基の価数と強さ (教科書 p.137~)

酸1分子中に含まれる水素原子Hのうち、水素イオンH⁺として電離できる数を、その酸の**価数**という。塩基では、組成式に含まれる水酸基OH⁻の数を、受けとることができる水素イオンH⁺の数を、その塩基の**価数**という。

また、酸や塩基のような電解質が水に溶けたとき、溶けている電解質に対する電離した電解質の割合を**電離度**という。電離度の記号には α を用い、式式で表される。

$$\text{電離度 } \alpha = \frac{\text{電離した電解質の物質量}}{\text{溶解した電解質の物質量}} \quad (0 < \alpha \leq 1)$$

同じモル濃度で比較したとき、電離度が1に近い酸や塩基を、それぞれ**強酸**あるいは**強塩基**という。一方、電離度が1より小さく小さい酸や塩基を、**弱酸**あるいは**弱塩基**という。

【課題5】教科書p.139の表3や図説p.71を参考に、以下の表を埋めし。

強酸	弱酸	価数	強塩基	弱塩基
		1価		
		2価		
		3価		

【課題6】1.0 mol/Lの塩酸と酢酸における次の反応を調製、比較せよ。また、同じ1価の酸であるにも関わらず、Mgとの反応や電球の明るさが異なる理由について考えよ。

	①塩酸 HCl	②酢酸 CH ₃ COOH
Mgリボンとの反応		
電球の明るさ		

Mgリボンとの反応や電球の明るさが異なる理由

6

図4

な理解に至っているのかなど、課題が生じた。たとえば、課題に取り組んでいる際に、ボイスレコーダーなどを用いて、生徒がどのように生徒同士で協働的に課題解決を行っているのか会話を拾う必要がある。今後も、生徒の主体的・協働的な学びが成立するための授業改善、その一つの指針としての内化・外化の往還を取り入れた授業実践などを通して、学習がよりアクティブになり、未習事項に対しても受け身ではなく、主体的に学び取り、既習事項と関連付けて課題解決を図ろうとする姿勢の育成につなげたい。

(4) 研究協議の記録

①授業説明

本校の理科では、7年前より協調学習に取り組んでおり、化学では5年前から生徒の活動がより主体的かつ協働的になるよう協調学習テキストという單元ごとの補助教材を作成してきている。この協調テキストを中心に授業を進め、毎年課題の改訂や実験の改善などのマイナーチェンジを行っている。今年度からのアクティブ・ラーニングを取り入れた授業実践を開始するにあたり、溝上慎一（京都大学）の理論を参考に、内化と外化の往還を取り入れた授業になるよう、協調テキストの課題などを改訂した。したがって、本校の化学におけるアクティブ・ラーニングとは、これまでの協調学習の実践をアクティブ・ラーニングという視点で改めてとらえ直すことから始めており、これまでの協調学習を基礎にして実践を積み重ねていく予定である。

今回の実践は、単元「酸・塩基」の2時間目にあたる。高等学校第1学年3クラスを受け持っており、他の2クラスでは20分程度で考察1を済ませ、スマートボード上の名前を黄色にすることができたが、今回のクラスでは予想以上に時間がかかり、考察1ができた一つの班のみの解答を用いて、次の実験2に移ることになった。解答を聞いた生徒たちが水で希釈することはわかっていたと一様に発言していたことから、求められている解答が水で希釈するという単純な操作ではなく、もっと複雑なものであると解釈していたと思われる。課題の問い方そのものが適切でなかったのかもしれない。適切な課題を提示することによって、主体的かつ協働的に学びが進行し、電離度の理解や水溶液中での酸や塩基のモデル化が深まることをねらいとして実施した。

②質疑応答

Q：実験1でなぜ2種類の溶液を用いたのか。考察をする上で複雑になったのではないかと。

A：電離度へつなげなかったため、強酸と弱酸の2種類で実験を行い、強酸と弱酸の比較を行わせたかった。

Q：生徒の会話で、実験は90数パーセントの濃硫酸だったけど、100%の濃硫酸はないよね、というのがあり、濃という意味も理解させるために、濃塩酸と希塩酸で実験をまず行い、次に強酸、弱酸での比較実験を行ってはどうかと。

A：濃塩酸は揮発性であり白煙を生じるなど、生徒の安全という観点からは取り扱いが難しいため、使用することは考えていなかった。また、「化学基礎」では具体的な物質の性質について取り扱わないため、硫酸が不揮発性の液体であるなどの物質の性質について、教師がどこまで説明すべきか、課題である。

Q：硫酸が2価であるから、1価の酢酸より反応が激しいなど、生徒が間違っただけで考えている場合、どのように正しい考えを示すのか。

A：水素イオンの物質量とpHを次時で学習するため、そこで正しい理解につなげる。また、今回の実践ではスマートボード上の名前の活用が十分にできなかったが、普段の授業では、課題ができた生徒はスマートボード上の名前を白から黄色に変えるよう指導している。これによって、課題ができていない生徒と課題ができていない生徒が、生徒同士で判別でき、できていない生徒のところへできた生徒が教え行ったり、できていない生徒ができた生徒に教えてもらうために行ったりしている。同様に、教師もできていない生徒が判別できるため、個別対応が可能であるため、そ

れによって間違った考えを正せると捉えているが、基本は生徒だけで課題を解決するよう指導している。

Q：発問のレベルが難しいのではないかと。生徒のつぶやきとの関係をどう考えているのか。また、そのズレをどのように調整するのか。

A：今年度からアクティブ・ラーニングに取り組み始めるにあたり、生徒だけで課題解決するような時間を増やしてきた。この課題解決の時間に机間指導し、ズレがあった場合には指導することもある。また、初めて取り組むアクティブ・ラーニングであるため、ときどき授業の様子をビデオに収め、教師の振り返りに使用し、ズレが生じないように努めている。とはいえ、発問と生徒とのズレの調整はこれからも取り組むべき課題である。

Q：生徒が話している内容が他の生徒に十分伝わっていない場面があった場合、伝え方をどう指導しているのか。

A：生徒同士のコミュニケーションが十分できていないというよりは、科学的な表現ができていない生徒が科学的な表現で説明されても理解できないということが問題であると考えている。これからのことであるが、書いて表現することから科学的になるよう、考察で記述した内容について生徒同士による相互評価に取り組みたいと考えている。相互評価を充実させていくことで、科学的な表現に触れる機会を増やすことから始めたい。もちろん、相互評価だけでなく、教師がチェックすることも必要であると考えている。

Q：アクティブ・ラーニングが活発になるようなグループ分けの工夫があるか。

A：第1学年はクラス単位での授業であるため、男女比がおよそ1：1であるため、1班男女各2名ずつ、座る席は隣が異性となるよう、班活動で前後の4名で向き合って活動する際も向き合ったときに異性となるよう座席を指定している。第2学年、第3学年はクラス単位ではなくなり、男女比も1：1ではないため、特に工夫はしていない。

Q：アクティブ・ラーニングでの問いの設定において何か参考にしているものはあるか。

A：課題の設定は大変難しい。協調テキストを作り始めて3年かけてそれらしい課題になったが、今回の実践ではうまくいかなかった。これからも実践を通して良い課題づくりに努めたい。