

化学平衡を動的に捉える探究活動 —対話分析で思考の過程を可視化する—

大方 祐輔

化学基礎「酸と塩基の反応」の単元において、化学平衡を動的に捉える探究活動をとり入れた授業の開発と実践を行った。具体的には、弱酸を強塩基で中和滴定する生徒実験を通して、弱酸の電離平衡や塩の加水分解平衡について、粒子モデルを用いて説明する探究活動を行った。探究活動中の生徒の対話記録を分析したところ、生徒が化学平衡の考え方を獲得するまでの思考の過程を可視化することができた。今後、同様の授業展開のもとでこの思考過程の再現性が確認できれば、生徒がどのようにして化学平衡を動的に捉え理解しようとしているか、その思考過程の一般モデルを提案できることが示唆された。

1. 研究の経緯と目的

2017年度、筆者は、高等学校第1学年を対象として、①生徒が既習の知識を活用して主体的・協働的に課題解決を行う探究活動およびその評価方法を開発すること、②探究活動として、協働的な学び（アクティブラーニング）を設定し、発展的な内容の理解の深化を図ること、この2点を目的として、化学平衡の考え方に触れる「酸と塩基の反応」の授業に先行的に取り組んだ。その結果、以下のことが明らかになった¹⁾。

①粒子モデルや科学の用語を用いて、弱酸の塩の水溶液中のイオンや分子の状態を表現する探究活動を行ったところ、生徒は、実験結果を踏まえ、物質の量的関係を考慮しながら、弱酸の電離平衡や弱酸の塩の加水分解平衡について自分たちなりの方法や手順で考えることができた。②探究活動の達成目標を示したルーブリックを提示することで、生徒はそれを活用し協働して課題解決を図ろうとする姿勢が見られた。

一方、今後の課題として、生徒たちが化学平衡の動的なイメージをどのように捉え、表現するに至ったのか、その思考過程を説明することを重視した口頭発表をさせるとともに、生徒同士の発言内容から思考過程を追跡して分析し、可視化する方法を考案する必要があることがわかった。

したがって、2018年度も継続してこの課題を解決するため、弱酸の塩の水溶液中のイオンや分子の状態を表現する探究活動において、①生徒が化学平衡を動的に捉えようとする思考過程を分析し、化学平衡の概念をどのように解釈し理解しようとしているかを可視化して、概念形成に至るまでの思考パターンを分類すること、②生徒が探究活動で作成した粒子モデルについて、ルーブリックの評価規準および評価基準の妥当性を検討すること、この2点を研究の目的とし、化学平衡の概念を動的に捉える探究活動をとり入れた「酸と塩基の反応」の授業モ

デルの確立を目指す。

なお、本研究は、公益財団法人 武田科学振興財団 2018年度 高等学校理科教育振興助成の交付を受けて実施したものである。（採択課題：化学基礎「酸と塩基の反応」の単元において化学平衡を動的に捉えさせる探究活動をとり入れた授業の開発と実践）。

2. 研究の独自性と期待される効果

本研究の独自性は、協働的な学びとなる探究活動において、学習者が化学平衡を動的に捉えようとする思考過程を分析し、化学平衡の概念をどのように理解していくのかを可視化し、概念形成に至るまでの思考パターンを分類することにある。

2017年度、先行授業において、粒子モデルを用いて酢酸ナトリウム水溶液中のイオンや分子の状態がどのようなになっているかを表現し、モデルを提示した根拠を科学的な用語で説明させる探究活動を行った。弱酸の塩の水溶液中では、弱酸の電離平衡や塩の加水分解平衡など、複数の平衡状態について考える必要があるが、生徒たちは協働的な学びを通して、粒子モデルを利用しながら、見かけ上反応が停止しているように見える平衡状態を動的なイメージで捉え、表現しようとしていた。次頁の図1は、生徒が提示した粒子モデルである。どのグループもほぼ図1と同じようなモデルをつくることができていたが、モデルを提示するに至るまでの思考過程は様々であった。例えば、中和の量的関係から、中和点では過剰な水酸化物イオンは存在しないはずであるが水溶液は塩基性となっている事実から、水溶液中に水酸化物イオンがどのようにして生じたのか考えようとするグループがあった。一方、中和滴定の進行に伴う pH 変化の過程を考慮しながら、酢酸から生じる水素イオンが中和によってどのように消費されていくかについて検討するグループがあった。

このような生徒の思考過程は、提示された粒子モデルからだけでは見えてこない。そこで、本研究では、生徒同士の対話をリアルタイムで追跡するために、探究活動中の話し合いや口頭発表の様子を IC レコーダーで記録して、生徒が複数の化学平衡を動的に捉え理解しようとしている場面を可視化することを試みる。そして、その思考のパターンを分析して分類することで、学習者が化学平衡を動的に捉えた部分はどこか、化学平衡の概念をどのように習得していくのか、学習者間の対話（協働的な学び）の構造と化学平衡概念の獲得との関係を明らかにすることを旨とする。

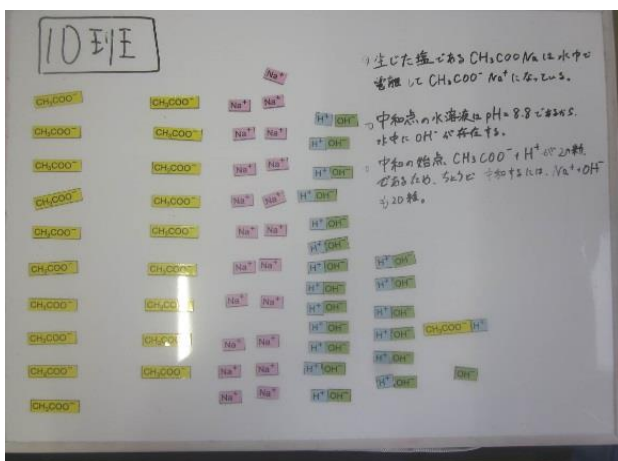


図1 生徒が提示した粒子モデル(2017年度実施)

3. 質的研究について²⁾

教育領域での質的研究は、量的な調査研究よりも歴史が浅い研究領域である。質的研究は、量的研究で明らかにされない側面や日常生活のなかで可視化されない部分に光を当て、その出来事の事象や構造を記述し解釈する研究である。ただし、質的研究と量的研究は対立する方法ではなく、相互補完的な視座をもつ場合がある。

ここで、量的研究と質的研究の違いを具体的に示す。

量的研究は、実証主義により、客観的なデータの裏づけによって、演繹的な方法で客観的に現象を解明していく。つまり、研究協力者となった人を越えて、より一般的な見方、常識的な経験を越えて取って代わるような一般化できる概念や理論構成を目指すものである。したがって、研究協力者はサンプルの一人であって、その人独自の「声」を問題にするのではなく、どのような特性や能力をもった人の行動や反応かといった、一般的な属性と観察された行動との関係が問題にされる。場とはある一定の距離をもって研究を行うことになる。つまり、場への関与度は質的研究に比べて一般的には低い。

質的研究は、その場に生きる人々にとっての事象や行為の意味を解釈し、その場その時のローカルな状況の意

味を具体的に解釈していく (meaning-making)。研究協力者の行動を内側から捉えること、その場にいる人々の視点や「声」の多様性を取り上げ、さらにそこから理論を進展させることを目指す。したがって、当事者の視点が重視され、場の自然な理解と一人ひとりの声の差異と類似性を記述することが重視される。量的な調査研究や観察研究が時間や文脈を越えて抽象化、一般化できる普遍的な理論を目指して実施されることが多いのに対して、質的研究はフィールドワークでの観察やその場でのインタビューにより、具体的な時間や歴史性、空間的な文脈の具体性、固有で特殊ななかでの意味の解釈が重視される。したがって、場への関与度は高くなる。

本研究のように、生徒同士の発言をリアルタイムで追跡し、生徒が複数の化学平衡を動的に捉え理解しようとしている場面を可視化し、思考のパターンを分析して分類することは、まさにリアルな教育の文脈のなかで1つの事象を深く捉えていく質的研究のアプローチが適していると言える。

4. 探究活動の実際

(1) 単元計画 (全 12 時間)

1. 酸と塩基(1時間)
2. 水素イオン濃度(2時間)
3. 中和と塩(1時間)
4. 中和滴定(8時間)

中和における量的関係(うち1時間)

中和滴定(うち3時間)

中和滴定曲線(うち4時間)

※探究活動は、中和滴定曲線の3、4時間目に実施した。

(2) 指導過程

高等学校第1学年1クラス40名を対象に、中和滴定曲線(4時間)の3時間目に実施した。使用教科書、試薬、実験装置は以下の通りである。

使用教科書

教科書「改訂 高等学校 化学基礎」第一学習社
副教材「六訂版 スクエア最新図説化学」第一学習社
試薬

0.1 mol/L NaOH aq, CH₃COOH aq は、1 mol/L NaOH aq, 1 mol/L CH₃COOH aq (いずれも米山薬品工業) をそれぞれ水で10倍に希釈して使用した。

実験装置

pH テスター : Checker Plus (HANNA instruments)

測定範囲 : pH 0~14 精度 (25°C) : pH ±0.2

検出単位 : pH 0.01 校正 : 1点または2点校正

価格 : 約 10,000 円

生徒は前時までに、塩酸を水酸化ナトリウム水溶液で中和滴定したときの滴定曲線を作成し、中和点の塩化ナトリウム水溶液の pH が 7 であることを学習している。また、中和滴定の始点の塩酸中に存在するイオンの粒子モデルを提示し、中和点における塩化ナトリウム水溶液中に存在する分子やイオンの量的関係を考慮しながら、科学的に説明する探究活動を行っている。授業後半には、

中和滴定の始点である 0.10mol/L 酢酸 CH_3COOH 水溶液(電離度 $\alpha \ll 1$) 10.0mL 中に存在するイオンの粒子モデルを図 2 のように表すと、中和点の水溶液中に存在するイオンおよび中和によって生じた水分子の粒子モデルはどのように表されるだろうか。

という課題を提示し、粒子モデルを用いた協働的な学びとなる探究活動に取り組んだ。探究活動に用いたワークシートは、昨年度のものを改訂して使用した。また、探

究活動に取り組むうえで、補助資料として、酢酸ナトリウム水溶液が加水分解して塩基性を示すことを説明した教科書³⁾ および図説⁴⁾ の記述を利用させた。本稿末尾に添付している参考資料を参照のこと。また、ループリックを作成して、課題とともに生徒に提示した。ループリックについては、昨年と同様のものを使用した。本稿末尾の参考資料を参照のこと。

(3) 探究活動における生徒の対話記録と思考過程

授業中、まさに学びの最中のデータを扱うには、従来から認知科学で用いられてきた「プロトコル分析⁵⁾」が有効である。プロトコル分析とは、探究活動において課題などを解かせながら、思考を発話させ、その発話記録(プロトコル)から認知プロセスを探る方法である。以下の表 1 に、ある 1 つのグループにおける探究活動の中での生徒同士の対話記録を示す。

表 1 探究活動中の生徒同士の対話記録

※グループの構成員は(生徒 A : 女, B : 男, C : 男の 3 人), T は指導者である。活動時間: 約 15 分。なお、対話の記録中の () は、対話の文脈および生徒が使用した粒子モデルのようすから判断して、筆者が補った言葉である。

番号	人物	対話の記録	指導者による解釈 および 備考
1	A	中和って、酸性と塩基性のものを混ぜて中性にすることじゃないの？(中和点が) 塩基性ってことは、中和って言わないんじゃないの？ 塩基性ってことは、中和しすぎたってこと？ 中和の定義って何だったっけ。中性にすることじゃないの？	中和点は、 H^+ と OH^- が過不足なく中和する点であることから、中性になると考えている。
2	B	(教科書を見ながら) 酸と塩基が反応して、その性質を打ち消し合う変化。	中和の定義の確認。
3	A	でもこれ(中和点の水溶液が塩基性)って、(性質を) 打ち消してくない？	
4	C	打ち消してっていうか「打ち消し合う」こと。	打ち消し合う「反応」が中和である。
5	A	中和点で塩基性ってことは、打ち消し合っていないじゃん？ 中和点って何？	
6	C	まず CH_3COOH がこのように(20 粒) ありますー。そこに NaOH をどんどん入れていきますー。そしたら中和されてどんどん H_2O が(20 粒) できていきますー。…で、中和点が、塩基性だった？	ホワイトボード上の粒子モデルを使いながら説明している。
7	A	えー？ でも CH_3COOH って 1 個しか電離してない(→指導者が前提条件として設定) んでしょ？ だったら中和するには NaOH も 1 個しかいらんんじゃない？	CH_3COOH から電離していない H^+ は中和されない、と解釈している。
8	C	え？ CH_3COOH には H があるよ。	
9	A	でも電離しないんだったら、中和されくない？	
10	B	CH_3COOH って(全て) 電離するんですか？(電離するのは) 1 個だけですよね？	指導者への質問。
11	T	実験結果から作成した滴定曲線の形と対応させて考えてみよう。中和の始点は CH_3COOH から 1 粒 H^+ が電離していて、この状態が pH 3。ここに NaOH を加えていくわけだね。このとき中和点に達するまでの pH 変化はどうなってるかな？	
12	B	じゃあ、電離してる H^+ が中和されたら、別の CH_3COOH から H^+ がまた電離してくる。だからまだ(中和点に達するまでの水溶液の液性は) 酸性ってことか。	滴定曲線の形状から、中和点までは pH < 7 であることに気づいた。
13	C	え、え、どういうこと？ だって、そうしたら Na^+ がどんどんたまって…	
14	A	あ、待って、こういう状況ね。 Na^+ は CH_3COO^- とセットで CH_3COONa 。で、電離してるんだよね。	Na^+ と CH_3COO^- を 1 組ずつ隣合わせで並べている。
15	C	NaOH を入れます…そうすると H_2O ができます… (CH_3COOH から) H^+ が電離します… NaOH を入れます… H_2O ができます… (CH_3COOH から) H^+ が電離…	ホワイトボード上の粒子モデルを使いながら説明している。
16	A	なんで CH_3COOH が電離するの？	
17	B	まだ(中和点に達してなくて、滴定曲線の形から pH < 7 であり) 酸性だから。	
18	A	で、中和点になったら塩基性？	
19	C	(教科書を見ながら) 138 ページだっけ。 CH_3COO^- の一部が H_2O と反応して OH^- を生じ塩基性を示す？ これってどういうことなん？	添付の参考資料を参照。加水分解についての記述を見つけた。
20	A	CH_3COO^- が H_2O の中の H^+ とくっつくってこと？	
21	B	一部だけか。(教科書によれば) 弱酸の陰イオンはもとの弱酸に戻りやすいらしいよ。	
23	A	えー、でも、もとの CH_3COOH に戻ったら、 OH^- が余るってこと？	
24	B	いや、もともと中和点では H_2O は 20 粒あって、(20 粒ある) H_2O の一部が反応するから、新たに (NaOH を) 加えたわけじゃない(から過剰にあるわけではない)。	
25	A	えー、もう、難しいー！	3 人でホワイトボード上の粒子モデルを使って反応を確認している。

加水分解によってもとの酢酸に戻った
OH⁻が生じて塩基性を示す

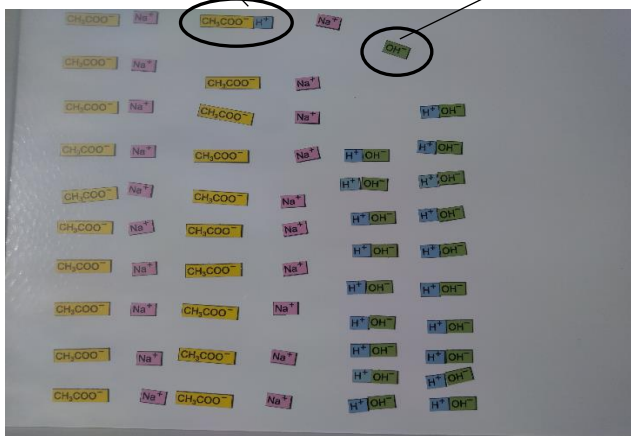


図2 生徒が提示した粒子モデル
(注釈は筆者による。)

① 番号1～6の発言について

中和の定義について確認している場面である。中和は「酸と塩基が反応して、その性質を打ち消し合う変化」であるが、Aは「中和＝中性になること」と解釈していることがわかる。そこでCは、中和点について、「H⁺とOH⁻が過不足なく中和する点である」ということを示すために、ホワイトボード(図2)上で粒子モデルを用いて説明している。しかしながら、C自身も、OH⁻を過剰に加えていないのに中和点の水溶液が塩基性になることについて、よくわかっていない。

② 番号7～10の発言について

中和における酸・塩基の量的関係は、酸や塩基の強弱にかかわらず成立する。これは既習事項であるが、発言の内容から、Aはこの事実を理解できていないと思われる。また、A～Cはともに、酢酸から電離したH⁺を水酸化ナトリウムで中和すると、水溶液中の酢酸分子が新たに電離してH⁺が供給される、という酢酸の電離平衡の概念についてはイメージできていないことがわかる。この時点ではまだ、電離平衡の考え方について授業で取り扱っていないため、当然のことである。

③ 番号11, 12の発言について

番号11は、酢酸の電離平衡について想起させるために、指導者が発言したものである。滴定曲線のpHの値の変化に注目させ、中和点に達する直前までは水溶液は酸性であり、中和が完了するまでの間、水溶液中には常に、酢酸から電離したH⁺が存在していることに気づかせることがねらいである。この指導者の発言を受けて、BはH⁺の中和と電離が繰り返され最終的に酢酸からH⁺がすべて電離して中和されることに気づいた。ここで、指導者があらかじめ教科書p.141にある図(図3)を提示しておけば、電離平衡の考え方に気づけたグループがさら

に増えた可能性がある。今回の授業では提示しなかった。

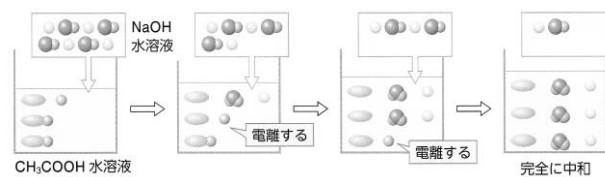


図3 弱酸の中和

④ 番号13～17の発言について

Cは、粒子モデルを用い、H⁺の中和と電離が繰り返され、最終的に酢酸はすべて電離して中和されることを示した。このことから、酢酸の電離平衡について直感的にイメージできていることがわかる。しかし、AはH⁺が中和によって消費されるたびに酢酸分子が新たにH⁺を電離する、という動的な捉え方をすることができていない。実験事実(中和が完了するまで水溶液は酸性であること)と、中和点までは酸性の原因であるH⁺が水溶液中に存在することが関連付けられていない。

⑤ 番号18～25の発言について

加水分解平衡について議論している場面である。Cが教科書の酢酸ナトリウムの加水分解について記述されている箇所に気づき、Bが反応のようすを粒子モデルで示した。AはOH⁻が余ると発言しているが、この発言から中和点はH⁺とOH⁻が過不足なく中和する点である、ことと関連付けられていないことがわかる。しかし、その直後のBの発言から、Bは加水分解平衡(および水の電離平衡)について、モデルを用いることによって直感的に捉えられていることがうかがえる。

図4に、対話記録から想定される生徒の思考過程を示した。

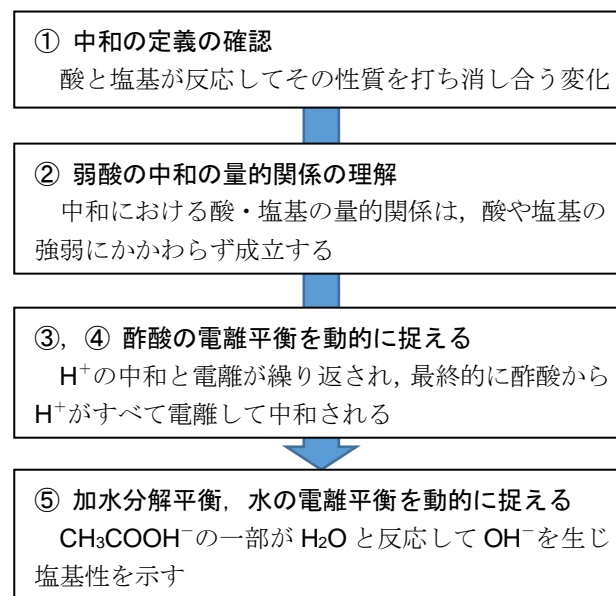


図4 生徒の思考過程

(4) ルーブリック評価の妥当性の検討

探究活動で使用したルーブリックの評価規準および評価基準の妥当性について検討した。昨年度と同様、他のグループやクラス全体に自分のグループの考え方を発表することを想定して設定した「口頭発表」は、時間の都合上、今年度も実施することができなかった。また、このルーブリックは指導者と生徒で共用しているため、指導者による評価と生徒による自己評価が一致することが望ましい。そのため、両者が適切に判断できるよう、評価規準はできるだけ具体的な表現で示し、かつ評価基準は、1つ～すべて正しく示すこと、などのように目標を数値で示す工夫をした。その結果、指導者と生徒の評価がほぼ一致したため、評価規準および評価基準は妥当なものであったといえる。また、あらかじめ生徒にルーブリックを示すことで、探究活動で考えるべきポイントが明確になり、生徒の思考を促す役割も果たすことができたと考えている。

5. 研究の成果と今後の展望

本実践の探究活動において生徒の思考過程を追跡したところ、**図4**に示したように、生徒が複数の化学平衡を動的に捉え理解しようとしている場面を可視化することができた。その一方で、化学平衡の概念に触れる前の段階の既習事項である中和の定義や、中和の量的関係について、一部の生徒にはそれらの知識が定着していない事実も明らかになった。しかし、課題解決に向けて生徒同士が協働して教え合ったり批判し合ったりすることで、生徒の理解が深まった結果、化学平衡の概念に触れ解釈しようとしている場面に到達できたことが確認できた。このことから、生徒に思考を発話させ、その発話記録(プロトコル)から生徒の思考を可視化する方法は、生徒の理解の深化の過程を探るための有効な手段であることがわかった。

また、「化学基礎」履修後に選択する科目「化学」では、緩衝液と緩衝作用について学習する機会があるが、その際に「緩衝作用は弱酸の水溶液を強塩基の水溶液で中和滴定するときにも観察される」ことに触れる。このとき、酸と塩基の量的関係や水溶液のpHなど、中和滴定曲線の形状からわかる事実にもとづいて、量的関係を考慮しながら、水溶液中の物質がどのような状態(分子、イオン)にあり、どのように反応(中和、電離、加水分解)しているのか、その原理を説明できるようになることが求められる。本実践のような粒子モデルを用いた協働的な学びをとり入れた探究活動は、化学平衡を動的に捉えるための有効な手段の1つとなり得ることが示唆された。

一方、今後の課題として、探究活動中の指導者の発言のタイミングや内容は、生徒の思考を促すことに対して効果的であったかどうか確かめる必要がある。そのため、来年度も本年度と同じ条件のもとでこの探究活動を行い、生徒の思考過程に本年度のような再現性が確認できるかどうか検証する。また、生徒の思考がより深いものとなるよう、協働的な学びのなかで考える手だてとなる資料について、指導者があらかじめ適切に選別しておく必要がある。とくに、生徒の思考過程の再現性が確認できれば、この探究課題によって生徒がどのような思考過程で化学平衡を動的に捉え、理解しようとしているか、その一般モデルを提案することが可能となるであろう。

参考・引用文献




- 1) 大方祐輔, 「高等学校 化学基礎『酸と塩基の反応』への化学平衡概念導入の試み—協働的な学びとなる探究活動をとり入れた授業実践—」, 広島大学附属福山中・高等学校 中等教育研究紀要, 58, 2018年, pp.174-179.
- 2) 秋田喜代美, 藤江康彦編, 「事例から学ぶ はじめての質的研究法 教育・学習編」, 東京図書, 2007年, pp.7-9.
- 3) 第一学習社, 「高等学校 改訂 化学基礎」, p.138.
- 4) 第一学習社, 「六訂版スクエア最新図説化学」, p.69.
- 5) 三宅なほみ, 「児童心理学の進歩 第43巻」, 金子書房, pp.294-298

参考資料 (ワークシート)

2017年度 4年化学基礎 中和滴定曲線 No. 4 月 日 ()
4年 () 組 () 番 () 班 名前 ()

【課題8】

中和滴定の始点である0.10mol/L酢酸CH₃COOH水溶液(電離度α<1)10.0mL中に存在するイオンの粒子モデルを図4のように表したとき、中和点の水溶液中に存在するイオンおよび中和によって生じた水分子の粒子モデル(図5)はどのように表されるだろうか。

※Na⁺は, OH⁻は, 中和によって生じた水H₂O分子はで示せ。

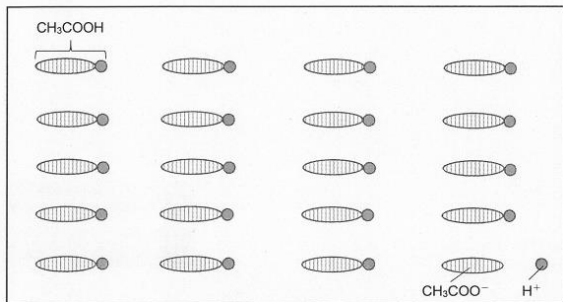


図4 (教科書 p.129 図5による)

※中和の始点は0.10mol/L酢酸CH₃COOH水溶液である。酢酸は弱酸、電離度α<1だから
CH₃COOH ⇌ H⁺ + CH₃COO⁻
のように、酢酸分子の一部(20個中1個)が電離していると考えよう。pHは約3を示す。

※酢酸水溶液と水酸化ナトリウム水溶液が中和するときの化学反応式は、【課題5】より



で表される。酢酸ナトリウムは、水中で完全に電離していると考えよう。

また、化学反応式から、中和点は酢酸ナトリウム水溶液であり、そのpHは実験結果から約8~9で塩基性であることがわかった。なお、塩基性を示すのは、既に学習したように、水溶液中にOH⁻が存在することによる。

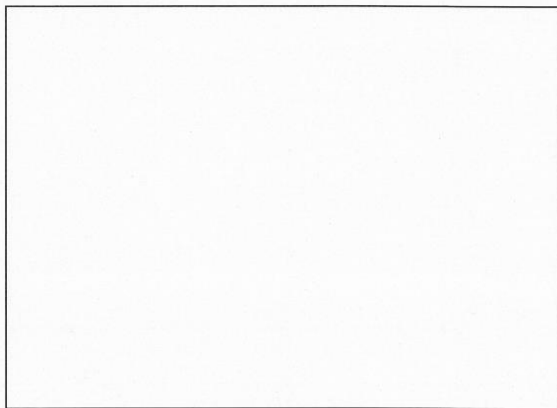


図5

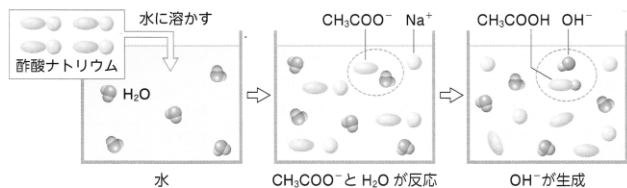
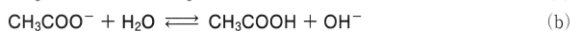
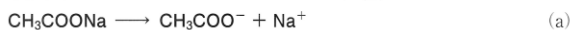
図5のようなモデルを提示するに至るまでの思考の過程について、科学の用語やイオン反応式などを用いて詳しく記述せよ。

(教科書) 第一学習社「高等学校 改訂 化学基礎」

発展

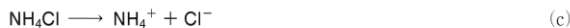
塩の加水分解

酢酸ナトリウムCH₃COONa水溶液は、弱い塩基性を示す。これは、CH₃COONaの電離で生じた酢酸イオンCH₃COO⁻の一部が、水H₂Oと反応して、水酸化物イオンOH⁻を生じるためである(図a)。



図a 酢酸ナトリウム水溶液

また、塩化アンモニウムNH₄Cl水溶液は、弱い酸性を示す。これは、NH₄Clの電離で生じたアンモニウムイオンNH₄⁺の一部がH₂Oと反応して、オキソニウムイオンH₃O⁺を生じるためである。



このように、弱酸の陰イオンや弱塩基の陽イオンは、もとの弱酸、弱塩基にもどる反応をおこしやすい。一般に、水溶液中で、弱酸の塩や弱塩基の塩から生じたイオンが水と反応して、他の分子やイオンを生じる反応を塩の加水分解という。酢酸ナトリウムのように、弱酸と強塩基からできた正塩の水溶液は、加水分解して弱い塩基性を示し、塩化アンモニウムのように、弱塩基と強酸からできた正塩の水溶液は、加水分解して弱い酸性を示す(表4 p.137)。

一方、強酸の陰イオンや強塩基の陽イオンは加水分解しないため、強酸と強塩基からなる正塩の水溶液は、中性を示す。

(図説) 第一学習社「六訂版 スクエア最新図説化学」

Close-up クローズアップ 中和反応における酸・塩基の強弱 なぜ弱酸でも強酸でも同じ量の塩で中和できるの？

塩化水素1molと酢酸1molをそれぞれ中和するとき、酢酸は弱酸なので、塩化水素を中和する場合に比べて必要なOH⁻の量が少なくてよいように思える。しかし、実際には、酸の強弱に関係なく、どちらの中和にも1molのOH⁻が必要になる。

塩化水素HClは1価の強酸であり、水溶液中ではほぼ完全に電離している。したがって、1molの塩化水素からはH⁺が1mol生じ、その中和には水酸化ナトリウム1molが必要である。一方、酢酸は1価の弱酸であり、水溶液中ではほとんどが酢酸分子として存在し、H⁺は非常に少ない。しかし、水酸化ナトリウム水溶液を加えて、このH⁺を中和すると、酢酸分子が新たに電離してH⁺を生じ、さらに中和される。このようにして、次々と酢酸から生じるH⁺が消費され、これは酢酸がすべて中和されるまで続く(p.142)。したがって、弱酸である酢酸であっても、塩化水素の場合と同様に1molの水酸化ナトリウムが必要になる。

ルーブリック

2018年度 4年化学基礎 中和滴定曲線 No. 5		4年 () 組 () 番 () 班 名前 () 月 日 ()		
【課題8】 について、下記の表に示した評価項目、評価基準を参考にして、班で協議しながらよりよい表現で考えをまとめ、発表しよう。				
評価項目	評価基準	A	B	C
粒子モデルの提示	水溶液のpHに基づき、水溶液中に存在する分子やイオンについて、 ①電離のようす ②量的関係(分子やイオンの個数) いずれも正しく示すことができる。	水溶液のpHに基づき、水溶液中に存在する分子やイオンについて、 ①電離のようす ②量的関係(分子やイオンの個数) いずれか1つを正しく示すことができる。	水溶液のpHに基づき、水溶液中に存在する分子やイオンについて、 ①電離のようす ②量的関係(分子やイオンの個数) いずれも正しく示すことができない。	水溶液のpHに基づき、水溶液中に存在する分子やイオンについて、 ①電離のようす ②量的関係(分子やイオンの個数) いずれも正しく示すことができない。
科学の用語とイオン反応式による記述	提示した粒子モデルの根拠となる事柄について、 ①電離のようす ②水溶液のpHとの関連づけ ③量的関係(分子やイオンの個数) いずれも正しく示すことができる。	提示した粒子モデルの根拠となる事柄について、 ①電離のようす ②水溶液のpHとの関連づけ ③量的関係(分子やイオンの個数) いずれか1つ~2つを正しく示すことができる。	提示した粒子モデルの根拠となる事柄について、 ①電離のようす ②水溶液のpHとの関連づけ ③量的関係(分子やイオンの個数) いずれも正しく示すことができない。	提示した粒子モデルの根拠となる事柄について、 ①電離のようす ②水溶液のpHとの関連づけ ③量的関係(分子やイオンの個数) いずれも正しく示すことができない。
口頭説明	自分の班の考え方を発表するとき、 ①論理的な説明 ②適切な声量、スピード いずれも達成できている。	自分の班の考え方を発表するとき、 ①論理的な説明 ②適切な声量、スピード いずれか1つを達成できている。	自分の班の考え方を発表するとき、 ①論理的な説明 ②適切な声量、スピード いずれも達成できている。	自分の班の考え方を発表するとき、 ①論理的な説明 ②適切な声量、スピード いずれも達成できている。