

論理的なイメージを育てる実験指導

ー「中和反応」を題材にしてー

筑波大学

鳥山由子

筑波大学視覚特別支援学校 浜田志津子

はじめに

視覚障害教育においては、経験を通してイメージを育て、そのイメージを言語によって的確に表現する力を養うことが、特に大切なこととされている。

化学の授業においては、実験という体験を通して、化学変化のイメージを形成する。そのイメージには階層性があり、指導者が、そのことを意識して指導することが必要である。以下に、中和滴定実験を題材にして、イメージを形成する過程を具体的に考えてみたい。

「中和反応」実験を通して養うイメージの階層性

第1段階 実験の過程と結果について理解し、表現する。

第2段階 実験で観察された現象を、原子（イオン、分子）の概念を用いて説明する。

第3段階 以上のことから、中和反応について、操作的イメージ、原子の概念を用いたイメージの両面を関連付けて説明する。

視覚障害生徒の場合は、実験で観察される事実そのもののイメージ（第1段階のイメージ）が不十分なことが多い。この段階のイメージを十分に確認してから、イオンの結び付きのイメージ（第2段階のイメージ）に発展させ、さらに、それらを関連させて説明できるようにする（第3段階のイメージ）ことが大切である。

実験結果の整理が不十分なままに、イオン概念の説明に入ると、原子、分子、イオンなどの振る舞いを、あたかも目に見えるような現象として理解してしまうことがあるので、注意しなければならない。

実験によるイメージ形成（1）

実験1. 酸性の水溶液にアルカリ性の水溶液を加えると、酸の性質が失われる

- ① 塩酸を入れた試験管にBTB溶液を入れておく。
これに、マグネシウムリボンを入れて観察する。
- ② ①に水酸化ナトリウム水溶液を加えていく。
このときの変化を観察する。

この実験によるイメージ形成

第1段階のイメージ（実際に起こった現象を言語で表出する）

1. 塩酸にマグネシウムを入れると気体が発生する。
2. 塩酸に水酸化ナトリウム水溶液を混ぜると、マグネシウムを溶かして気体（水素）を発生させる「酸の力」がなくなった。
3. 塩酸にBTBを加えると黄色（酸性色）を示したが、水酸化ナトリウム水溶液を加えた後は青色（アルカリ性色）に変化した。
4. このように酸性の水溶液とアルカリ性の水溶液を混ぜ合わせたときに起こる、おたがいの性質を打ち消し合う反応を中和という。

実験によるイメージ形成（2）

実験2. アルカリ性の水溶液に酸性の水溶液を少しずつ混ぜて、変化を観察する。

- ① 試験管に水酸化ナトリウム水溶液 3 cm^3 を取り、BTB溶液を2・3滴加える。
――青色になる。
- ② これに、塩酸を、駒込ピペットでひとつまみ加えてよく混ぜ、変化を観察する。
――混ぜると温かくなる。色は青色のまま。
- ③ さらに、塩酸を、駒込ピペットでひとつまみ加えてよく混ぜ、変化を観察する。
――混ぜると温かくなる。色は黄色になる。
(②を何回か繰り返して③になることもある。)
- ④ さらに、塩酸をひとつまみ加えて混ぜ、変化を観察する。
――加えても温かくならない。色は黄色のまま。

この実験によるイメージ形成

第1段階のイメージ（実際に起こった現象を言語で表出する）

1. アルカリ性の水溶液に酸性の水溶液を混ぜたときにも、中和反応がおこる。
2. アルカリ性の水溶液に酸性の水溶液を混ぜるとき、少しずつ加えていくと、溶液の温度が上がる（水溶液が温かくなる）。
このように中和反応が起こったときは発熱する。
3. 溶液の色が黄色（酸性色）に変化した後は、さらに酸を加えても溶液の温度は上がらない。色も黄色のまま。このときは中和反応が起きていない。

第2段階のイメージ（起こった反応をイオンの概念で説明する。）

1. アルカリ性の水溶液には OH^- がたくさんある。
2. 酸性の水溶液には H^+ がたくさんある。
3. アルカリ性の水溶液に、酸性の水溶液を加えると、 OH^- と H^+ が結びついて水ができる。これを中和という。
(この時、発熱する。また、 OH^- がなくなると、アルカリ性ではなくなる。)
4. 中和反応によって OH^- がなくなった後は、 H^+ を加えても中和反応は起こらない。(発熱も起こらず、BTBの色も変化しない。)

実験によるイメージ形成（3）

実験3. 中和反応がどこで起きているかを調べてみよう。

- ① 2本の試験管に水酸化ナトリウム水溶液 10 cm^3 と塩酸 10 cm^3 を別々に取り、両方にBTB溶液を2・3滴加え、混ぜる。
- ② ①の塩酸を全部、水酸化ナトリウム水溶液を入れた試験管に入れる。
- ③ ②を混ぜないで、観察する。
——どんな観察から、激しく中和しているところが分かるか。

この実験によるイメージ形成

第1段階のイメージ（実際に起こった現象を言語で表出する）

1. 水酸化ナトリウム水溶液（BTB溶液によって青色）が試験管の下部に、塩酸（BTB溶液によって黄色）が上部に、二層になっている。
2. 水酸化ナトリウム水溶液と塩酸の接している付近を触ると、温かくなっていることがわかる。
—— 二つの液体が接するところで中和が起きている。
3. 温かくなっているところでは、BTB溶液の色が変化している。

第2段階のイメージ（起こった反応をイオンの概念で説明する）

1. アルカリ性の水溶液の OH^- と、酸性の水溶液の H^+ が接触したところで、中和反応が起こる。

3つの実験を総合して、中和反応を説明する

ここでは、3つの実験を総合して、操作的イメージ、原子の概念によるイメージの両面から中和反応を説明することをめざす（第3のイメージ）

1. 酸性の水溶液と、アルカリ性の水溶液を混ぜると、互いに相手の性質をうち消す反応がおこる。これを中和反応という。

――このとき、酸性の水溶液の H^+ と、アルカリ性の水溶液の OH^- が結びついて、水ができる。

2. 中和反応のときには発熱する。

―― H^+ と OH^- が結びつくと、より安定性の高い水（ H_2O ）ができるので、余ったエネルギーは、熱として排出される。

3. 中和反応のときには、BTB溶液のような指示薬の色が変化する。

――BTBは、水溶液中に一定量以上の H^+ がある場合は黄色、水溶液中に一定量以上の OH^- がある場合は青色を示す。中和反応によって、 H^+ あるいは OH^- の量に変化することに伴い、BTB溶液の色が変化する。

4. 中和反応は、酸性の水溶液とアルカリ性の水溶液が接するところで起きる。

（二つの液体が接するところで温度が上昇し、BTBの色が変化する）

―― H^+ と OH^- が結びつくためには、イオンが接触することが必要である。

5. 酸性の水溶液とアルカリ性の水溶液が、ちょうど中和するときの「量の関係」がある。ちょうど中和した後に、さらに一方の水溶液を加えても中和反応は起きない。

―― H^+ と OH^- が結びついて、どちらのイオンも残っていないとき（註）が、ちょうど中和したところ（中和点）である。中和点を過ぎてから、どちらか一方のイオンを加えても、結びつく相手がないので、それ以上は中和反応は起きない。

（註）この段階では、水分子の電離については指導していないので、中性の水溶液には H^+ 、 OH^- のいずれも含まれていないというイメージで指導する。