

化学コース：酸化と還元 ビタミンCを定量しよう

理科（化学） 山 本 夏 菜 子

1. はじめに

酸化還元反応について、中学校では酸素の授受による酸化と還元の定義を学習する。この段階では、燃焼や金属の錆などの身近な例を通じて、物質が酸化されたり還元されたりする仕組みを理解する基礎的な内容を扱う。高校の「化学基礎」では、この定義をさらに発展させ、水素や電子の授受による酸化と還元を学び、これを応用させて定量的な実験についても考察を深める。

今回の体験授業では、この電子の授受による酸化還元反応の定義を紹介した上で、ビタミンCとヨウ素液を用いて酸化還元滴定を行った。酸化還元滴定は、酸化還元反応に基づく定量的な分析手法であり、特に物質量を正確に測定するための方法として広く用いられている。しかし、本実験では物質量を学習していない中学生を対象にしているため、通常滴定実験で行われるようなモル濃度や反応比に基づく計算処理は行わず、簡易的に濃度を算出する方法を取り入れ、実験の操作とその結果を直感的に理解できるようにした。

また、ビタミンCを題材にすることで、生徒たちは身近な物質を使って化学反応を観察し、化学がどのように実生活に応用されているかを実感することができる。化学の基礎的な理解を深めるとともに、実験を通じて学んだ知識を実際に応用する楽しさを感じてもらうことを目指して本授業を計画した。

2. 授業内容

2.1. 実験1：ビタミンCの性質を知る

電子の授受による酸化と還元反応の定義を紹介した上で、ビタミンCの半反応式を提示し、ビタミンCが酸化される性質をもつことを二つの実験から確かめた。

- i) 試験管に入れたヨウ素液にビタミンCの粉末を少量加えて振り混ぜ、溶液中のヨウ素が還元されることで褐色から無色に変化することを観察した。
- ii) すりおろしたりんごを2つのカップに分け、片方にのみビタミンCの粉末を混ぜて放置し、ビタミンCがりんごの変色を防ぐ（酸化防止効果）ことを観察した。

以上の二つの実験から、ビタミンCは加熱等の操作をしなくても容易に酸化される性質があることを確認した。次に、i)で行ったヨウ素との反応を利用して酸化還元滴定を行った。

2.2. 実験2：酸化還元滴定～ビタミンCの定量～

今回は、中学生が対象の授業であるため、一般的に滴定で行う反応比からモル濃度を求める計算は使用できない。そこで、濃度既知のビタミンC標準溶液を調製し、標準溶液、サントリーC.C.レモン、レモン果汁の3種類に対して同一のヨウ素液を用いて滴定を行い、滴下量からC.C.レモンとレモン果汁のビタミンC含有量を求めた。また、指示薬としてデンプン溶液を用い、ヨウ素デンプン反応を利用して終点の判断をした。

- ① ビタミンCの粉末0.500gを水に溶かし、500mLのビタミンC標準溶液をつくる。
- ② 標準溶液5mLをホールピペットではかりとり、コンカルビーカーに入れる。
- ③ ②にデンプン溶液を少量加え、振り混ぜる。
- ④ 0.01 mol/Lヨウ素液をビュレットに入れてビーカーに滴下し、溶液が青紫色になったら終点とする。
- ⑤ 同様の操作をC.C.レモン、レモン果汁でも行う。

滴定はそれぞれ 3 回程度行い、その平均を求めて結果とした。表 1 に、あるグループの滴定結果を示す。

表 1. 酸化還元滴定の結果

	標準溶液	C.C.レモン	レモン果汁
滴下量 [mL]	2.96	6.08	1.25

ビタミン C 標準溶液は 100 mL あたり 100 mg のビタミン C が含まれている。また、同体積の溶液（標準溶液、C.C.レモン、レモン果汁）に対して終点までに要するヨウ素液の滴下量は、その溶液のビタミン C 含有量に比例することを確認し、標準溶液との比によって、C.C.レモンとレモン果汁の含有量（100 mL あたり何 mg か）を以下のように算出した。

$$\text{【計算例】レモン果汁のビタミン C 含有量} = 100 \text{ mg} \times \frac{1.25 \text{ mL}}{2.96 \text{ mL}} = 42 \text{ mg}$$

表 1 の結果では、C.C.レモンは 100 mL あたり 205 mg、レモン果汁は 100 mL あたり 42 mg と求められる。他のグループについても、同程度の結果が得られており、十分な精度で実験ができていると考えられる。

3. おわりに

ホールピペットやビュレットを用いた滴定実験は高校では一般的に行われているが、物質量を学習していない中学校段階では、滴定後の計算処理ができないため、あまり実施されない。今回は、物質量を用いない形で計算処理を行うことで、滴定実験の操作を体験し、簡易的に含有量を算出する方法を取り入れた。

滴定実験では、ホールピペットの最後の 1 滴までビーカーに入れることや、終点間際にビュレットから 1 滴ずつ慎重に滴下することなど、化学の定量実験ならではの精密さが求められる。専門的な器具を使用し、繊細に実験を進めることで、正確に定量することの難しさを実感するとともに、その重要性に目を向けるきっかけとなった。

また、中学校で学習した酸化と還元の定義を拡張し、身近な物質であるビタミン C を用いた酸化還元反応を題材としたことで、高度な内容ではあるものの、中学校での学習や日常生活とのつながりを見出しやすい内容となった。授業後の生徒の感想からも、

- ・「中学校ではなかなかできない実験に取り組むことができとても楽しかった。原理や現象をただ言葉で学ぶのではなく、実際に目で見てみると理解も深まり、より学習が楽しくなると思った。」
- ・「中学校で習った内容が高校でさらに発展して理解を深めることができることが知れた。」
- ・「中学校では習わない高度な内容で、もっと多くを学びたいと思った。とても楽しかった。」

といったように、楽しみながら実験や計算に取り組む様子がうかがえた。