

身近な海水を使った理科教材の開発と 生徒アンケートによる授業評価について

Development of Science Teaching Materials Using Sea Water and Evaluation by Student Questionnaire

木村 憲 喜 高 山 尚 也
Noriyoshi KIMURA Naoya TAKAYAMA

今 西 康 晴 杉 谷 隆 太 中 村 文 子
Yasuharu IMANISHI Ryuta SUGITANI Fumiko NAKAMURA
(和歌山大学教育学部化学教室)

2017年7月10日受理

Abstract

本研究では、モール法を使って身近な海水の塩化物イオン量を測定した。そして、この実験方法を近隣の高等学校や大学で実践し、生徒や大学生によるアンケートを実施した。このアンケートから、実践した教材が理科や化学の授業でどの程度有効であるかを考察した。

1. はじめに

高等学校では、滴定実験で酸と塩基、酸化剤と還元剤についての基礎知識¹⁾、実験に必要なガラス器具や薬品の使い方²⁾を学ぶ。しかしながら、身近なものを使った実験では、食酢などで酸濃度を求める実験³⁾に限られる。

そこで、我々は新たな教材として身近にある水の溶存酸素量^{2,3)}やCOD(化学的酸素要求量)¹⁻³⁾を酸化還元滴定から測定する方法を提案し、実際に高等学校で実践した^{4,5)}。そして、得られた実験結果から、水質の良し悪しなどを評価することができた。この取り組みは、和歌山県立向陽高等学校のSSH(スーパーサイエンスハイスクール)のプロジェクトで約10年にわたり実施している^{4,5)}。

さらに、我々は水道水や雨水などの塩化物イオン量(Cl⁻)をモール(Mohr)法^{2,6)}やファヤンス(Fajans)法⁶⁾を用いて測定し、塩化物イオンの地域の違いなどを評価した⁷⁾。しかしながら、低濃度の塩化物イオン量を測定する際、滴定の終点があきらかにせず、高校生が正確にイオン量を測ることができないなどの問題点が生じた⁷⁾。そこで、今回、海水中に含まれている塩化物イオン量を、モール法を用いて測定することを試みた。

モール法では、海水に含まれる塩化物イオンを硝酸銀(AgNO₃)で滴定し、白色の塩化銀を沈殿させる。その後、指示薬として入れておいたクロム酸イオンと硝酸銀との反応によって、溶液が赤く色付いた点を終点とする^{2,6)}。

本研究では、まず和歌山市和歌浦で採水した海水と紀ノ川の河口で採水した河川水の高濃度の塩化物イオン量を測定し、比較検討を行った。その後、和歌山県立向陽高等学校の生徒80名(2クラス)、日高高等学校の生徒40名、和歌山大学教育学部化学実験受講生24名に対し授業実践を行い、授業評価としてアンケートを実施した。

2. 実験方法^{2,6)}

まず、10倍に希釈した試料水(採水場所：和歌山市和歌浦、和歌山市紀ノ川河口)をホールピペットで10 mL 測り取り、300 mL 三角フラスコに入れた。次に、メスシリンダーを使って蒸留水20 mLを測り取り、前述の三角フラスコに入れ全量を30 mLとした。ここに、0.05 mol L⁻¹ Na₂CO₃水溶液を3 mL加え弱アルカリ性にした。さらに、5%クロム酸カリウム(K₂CrO₄)水溶液を駒込ピペット5滴加え、0.1 mol L⁻¹ AgNO₃標準溶液で滴定した(図1)。そして、三角フラスコ内の水溶液が赤褐色になった点を終点とした。このときの滴定量を、目盛の1/10まで読み取り記録した。

滴定の終点の色変化の様子を写真1に示す。

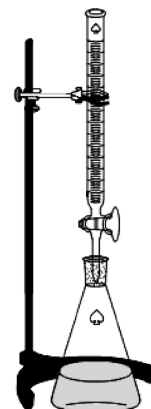


図1 滴定の概略図

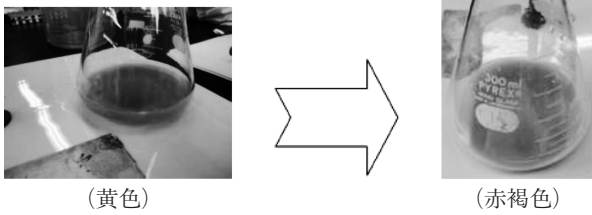


写真1 滴定の終点時の色変化の様子

3. 結果と考察

得られた滴定量を式(1)に代入し、海水および紀ノ川河口に含まれる塩化物イオンの濃度を計算した^{2,6)}。

$$\text{塩化物イオン}(\text{mg/L}) = 10 \times 3.545 \times a \times \frac{1000}{10} \quad (1)$$

a : 0.1 mol L⁻¹ AgNO₃標準溶液の滴定量

その結果、海水は約 20,000 mg L⁻¹、紀ノ川河口は約 10,000 mg L⁻¹の塩化物イオンが含まれていることがわかった。

次に、これらの塩化物イオンが全て塩化ナトリウムであると仮定し、式(2)から塩化ナトリウムの質量パーセント濃度を計算すると、海水は約 3%、紀ノ川河口は約 1.5%と求まった。

$$\text{塩化ナトリウムNaCl}(\%) = 10 \times 5.844 \times a \times \frac{1000}{10} \times \frac{100}{1000000} \quad (2)$$

a : 0.1 mol L⁻¹ AgNO₃標準溶液の滴定量

これらの計算値はすでに報告されている文献値⁸⁾などとほぼ一致した。

4. アンケート結果

まず、向陽高校の実験後のアンケート結果を図2、3に示す。回収できたアンケートは2クラスで26名(■)と32名(□)であった。化学分野に関する質問や実験に関する質問では、半数以上が「とても好き」、「まあまあ好き」と答えており、興味をもって今回の化学実験を行うことができたのではないと思われる。

さらに、我々は今回の実験で興味、関心のあった内容について質問した。この結果を表1に示す。

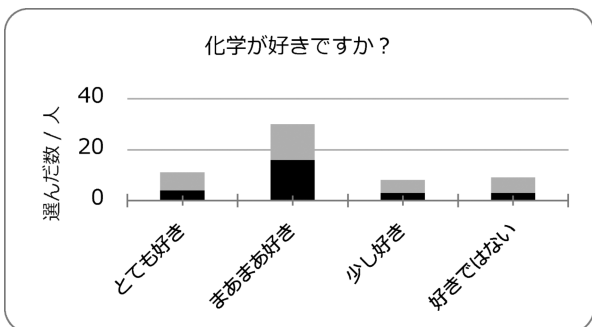


図2 「化学」への興味に関するアンケート結果 (実施日: 2012.1.19)

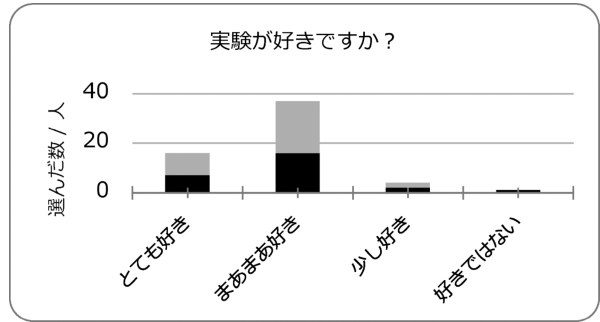


図3 「実験」への興味に関するアンケート結果 (実施日: 2012.1.19)

表1 アンケート結果(58名)
(和歌山県立向陽高等学校, 2012.1.19)

今回の授業で興味、関心のあった内容
色の変化に興味深かった 溶液の色が変わるところ
ビュレットの使い方、滴定実験
取水地の違いによって、塩化物イオン濃度の差がはっきりわかる
身のまわりの水質を調べる
ガラス器具などの細かい作業
身近にある河川水の塩化物イオン量を測る

この表から、高校生が化学変化やガラス器具の使い方、身のまわりの環境などに興味をもって実験を行っていることがわかった。

さらに、日高高校 40 名における実験の興味、実験の難易度に関するアンケート結果を図4、5に示す。

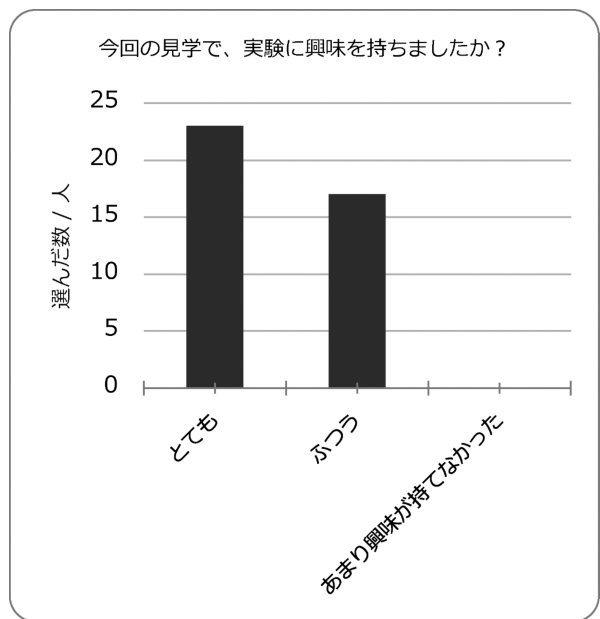


図4 「実験」への興味に関するアンケート結果 (実施日: 2016.11.10)

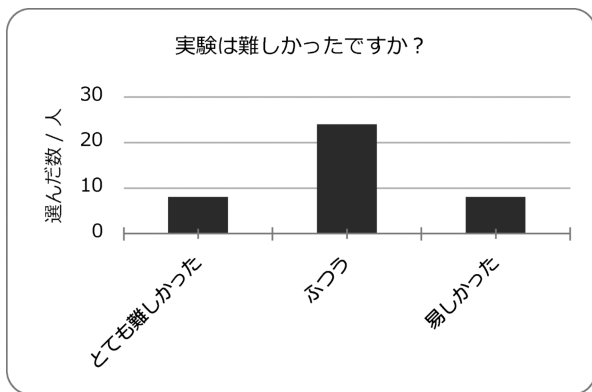


図5 「実験の難易度」に関するアンケート結果 (実施日：2016.11.10)

最初の図4のアンケート結果から、向陽高校におけるアンケート結果と同様に、今回の実験に興味を持って行うことができたかと考察できる。次の図5の結果から、実験の難易度としては、標準的であると推察できる。よって、今回の塩化物イオンの定量実験は、学校現場でも実践できる内容であることがわかった。

最後に、中学、高等学校の教師を目指している大学生についても同様の実験を行い、アンケートをとった。得られたアンケートの結果を図6-8に示す。このアンケート結果から、将来、中学校や高等学校の教員を目指す大学生は、今回実践した海水中の塩化物イオンの定量が中高理科の教材として適していると考えていることがわかった。一方、実際に指導できるかという問いに対しては、約50%にとどまった。さらに、海水のような身近な教材に興味があるかという問いに対して、

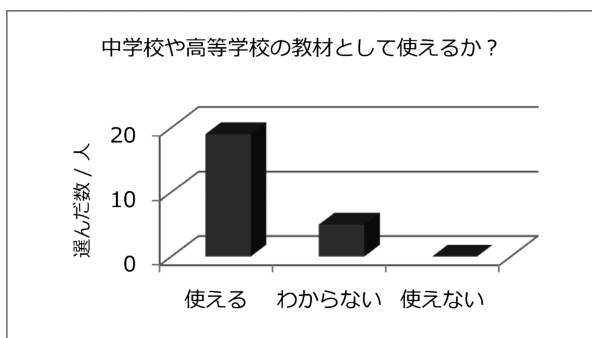


図6 「教材」としての評価(実施日：2017.5.22)

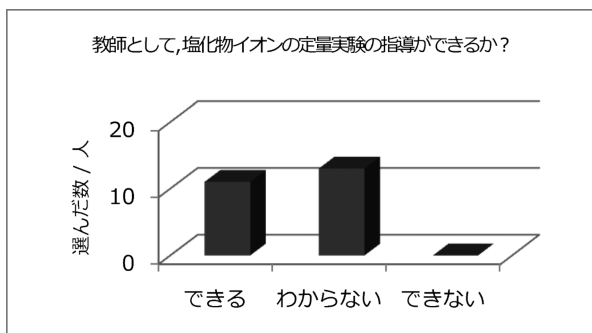


図7 「実験の指導」に関する難易度(実施日：2017.5.22)

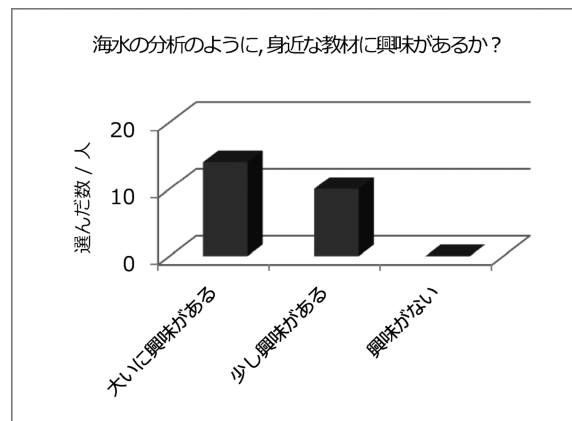


図8 「身近な教材」に関する興味(実施日：2017.5.22)

大いに興味があると答えた大学生は60%であった。このことから、大学生にとって、海水を題材にした実験は教材として適しているが、実験を指導する難しさや教科書に載っていないことを教えることに少し戸惑っているように思えた。今後、理科の指導者として活躍するためには、より高度な実験技術や幅広い知識をできるだけ早く身につけることが大切であると思われる。

今回の実験では、10倍に薄めた試料水10 mLを測り取り、25または50 mLのガラス製の茶色のビュレットで滴定実験を行った。今後、我々は10倍に薄めた試料水1 mLを2 mLのマイクロビュレットを用い、マイクロスケールで滴定実験を行うことなどを計画している⁹⁾。マイクロスケールでの実験⁹⁾は、有害物質であるクロム酸カリウムの使用量を少なくでき、より安全な実験ができると考えられる。

本研究を行うにあたり、和歌山県立向陽高等学校および日高高等学校のSSH(スーパーサイエンスハイスクール)事業担当の先生方に大変お世話になりました。

参考文献

- 1) 井口洋夫, 木下實, 化学基礎, 実教出版(2012).
- 2) 化学実験テキスト研究会編, 環境化学, 産業図書(2000).
- 3) 井口洋夫, 木下實, 化学II, 実教出版(2011).
- 4) 木村憲喜, 和歌山大学教育学部学芸, **53**, 67(2007).
- 5) 木村憲喜, 中家亮, 鶴飼論, 宇田有里, 中村文子, 和歌山大学教育学部紀要(自然科学), **65**, 25(2015).
- 6) 酒井忠雄, 相原将人, 環境分析化学実験, 三共出版(2002).
- 7) 木村憲喜, 和歌山大学教育学部学芸, **52**, 145(2006).
- 8) J. アンドリューズ他, 地球環境化学入門, シュプリンガーフェアラーク東京(1999).
- 9) 芝原寛泰, 佐藤美子, マイクロスケール実験, オーム社(2011).

