

# 雨水を題材とした中学、高校化学における環境教育の実践

## Practice of the Environmental Education in the High School Dealing with Rain Water

木村 憲 喜                      森 本 彩 加                      岡 本 紗 知  
Noriyoshi KIMURA              Ayaka MORIMOTO              Sachi OKAMOTO

佐 武                      昇                      中 村 文 子  
Noboru SATAKE                      Fumiko NAKAMURA

(和歌山大学教育学部化学教室)

2012年10月3日受理

### Abstract

本研究では、身近な地域の環境汚染を調べる目的で、雨水の水質調査を行った。測定は主に、簡易型測定キットと原子吸光分析によって行った。得られたデータを検討すると、和歌山や海南市付近では酸性雨の影響はほとんどなく、海塩粒子などの浮遊粒子が雨水にごくわずか含まれていることがわかった。さらに、今回、台風通過時において雨水に含まれる海塩粒子が増加することが確認できた。

In the present study, the survey of rain water was performed in order to investigate the environmental pollution of our life. From obtained data, it is clear that there is almost no influence of acid rain around Wakayama and Kainan Cities. Furthermore, it is shown by atomic absorption spectrometry that a small amount of salt component in the sea was contained in rain water.

### 1. 序

小学校<sup>1)</sup>や中学校<sup>2)</sup>の教科書では、簡易型測定キットを使った酸性雨の測定方法などが発展学習として紹介されている。さらに、高等学校の教科書<sup>3)</sup>ではCOD(化学的酸素要求量: Chemical Oxygen Demand)の測定なども取り上げられている。今回、身近な環境を調べる目的で、2008-2010年に和歌山市や海南市で降った雨水のpH(水素イオン(H<sup>+</sup>)濃度)や塩化物イオン(Cl<sup>-</sup>)量、COD値を、簡易水質測定パックを用いて測定した。さらに、より高度な発展型の実験として、雨水の電気伝導度の測定や、原子吸光分析機器を使ってナトリウムイオン(Na<sup>+</sup>)やカルシウムイオン(Ca<sup>2+</sup>)、マグネシウムイオン(Mg<sup>2+</sup>)量の測定を行った。

雨水のpHは、空気中の二酸化炭素が雨水に溶けるため、pHの値は5.6程度となる。<sup>4)</sup>この値よりも小さくなると酸性雨と言える。さらに、降り始めの雨水は、空気中の浮遊物を多く含むことが多く、pH値は大きく変化することも知られている。今回の実験では、この影響を最小限にするために、雨が降り始めて1時間程度経過後、雨水の採取を行った。

### 2. 実験

雨水の採取は、雨が降り始めて約1時間後から行った。得られた雨水はペットボトルに保存し2日以内に測定を開始した。

pH、塩化物イオン量、CODの測定は、共立理化学研究所製「パックテスト」(型式: WAK-pH, WAK-Cl(D), WAK-COD)と柴田科学製簡易水質検査キット「シンプルパック」(型式: Type-PH48, Type-COD)を用いて、室温にて行った。ナトリウムイオン、カルシウムイオン、マグネシウムイオン量の測定は、島津製作所製AA-6200原子吸光分析装置を用いて行った。検量線用標準試料は、和光純薬製原子吸光分析用標準液を使った。電気伝導度値は、東亜DKK社製AOL-40にて、室温で測定を行った。

### 3. 結果と考察

2008年4月から2009年3月に行った雨水中の塩化物イオン量とpHの測定結果を図1に示す。

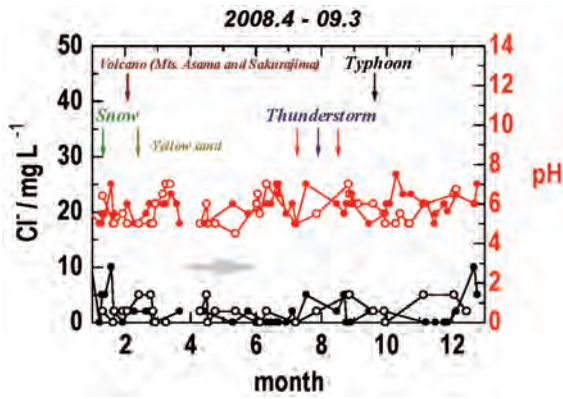


図1 2008年4月から2009年3月における雨水中の塩化物イオン量( $\text{Cl}^-/\text{mg L}^{-1}$ ) (和歌山市○, 海南市●)とpH(和歌山市○, 海南市●)

この図から、和歌山市と海南市の雨水に含まれる塩化物イオン量は、 $2 \text{ mg L}^{-1}$ 程度で、大きな違いがないことがわかった。さらに、雨の量の少ない夏や冬の塩化物イオン量は少し高くなった。これは、空气中に浮遊する海塩粒子の量と関係しているものと思われる。

一方、pH値は5-7で酸性雨の影響が小さいと思われる。雨水のpHは空气中の二酸化炭素と関係しており、空气中の二酸化炭素の濃度が360ppmとすると、雨水のpHは5.6と算出される。<sup>4)</sup> さらに、雨水のpHは都市部のほうが閑散地に比べ、pHの値が少し高いことが知られている。<sup>5)</sup> これは、山間部における火山や温泉による酸性ガス成分の影響が強いためである。<sup>5)</sup> よって、和歌山市や海南市の雨水は都市部の平均的なpHに近いと言える。

次に、2009年4月から2010年3月に得られたナトリウムイオンと塩化物イオン量とpHの測定結果を図2に示す。

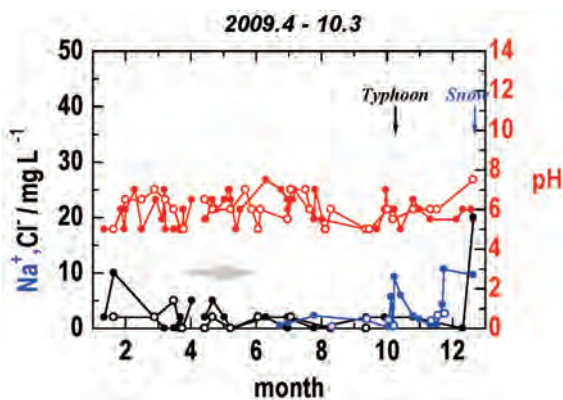


図2 2009年4月から2010年3月における雨水中の塩化物イオン量( $\text{Cl}^-/\text{mg L}^{-1}$ ) (和歌山市○, 海南市●)とpH(和歌山市○, 海南市●)

2009年4月から2010年3月まで、1年間の雨水中の塩化物イオン量の経日変化は、図1の2008年4月から2009年4月までの塩化物イオン量の変化と類似しており、冬に少し大きくなる傾向が観測された。

次に、海塩粒子の存在を明確にするために、ナトリウムイオン、カルシウムイオン、マグネシウムイオン量の測定を行った。これらの測定は、より精度の高い原子吸光分析装置を用いて行った。得られた結果を図3に示す。

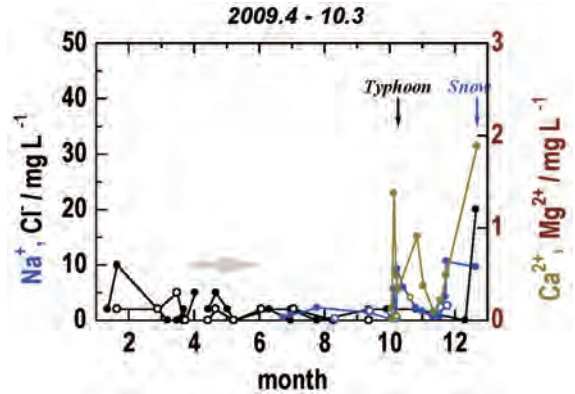


図3 2009年4月から2010年3月までに降った雨水中のナトリウムイオン( $\text{Na}^+/\text{mg L}^{-1}$ ) (和歌山市○, 海南市●)、カルシウムイオン( $\text{Ca}^{2+}/\text{mg L}^{-1}$ ) (和歌山市○, 海南市●)、マグネシウムイオン量( $\text{Mg}^{2+}/\text{mg L}^{-1}$ ) (和歌山市○, 海南市●)の測定結果

図3より、秋から冬にかけてナトリウム、カルシウム、マグネシウムイオン量が高いことがわかった。このことから、降水量の少ない時期の雨水や雪は、海塩粒子を多く含んでいることが明らかとなった。また、冬の雨水や雪では、海塩粒子以外にも融雪剤である塩化カルシウムの影響が示唆される。さらに、2009年の台風18号(図3中のtyphoon)上陸時の雨水にも、海塩粒子成分の存在が確認でき、海塩粒子が0.1%程度含まれていることが本研究から明らかとなった。

電気伝導度の測定結果を図4、5に示す。

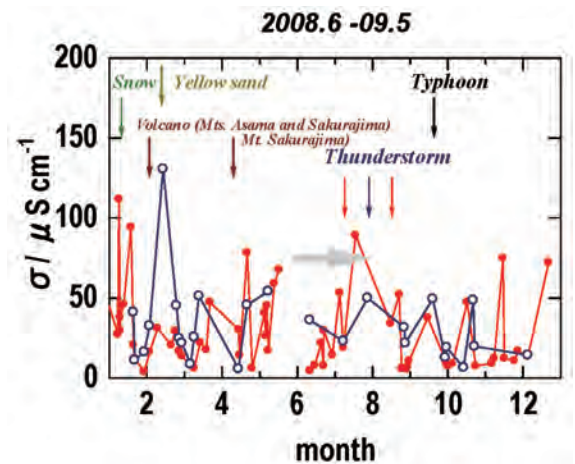


図4 2008年6月から2009年5月における雨水の電気伝導度の変化(海南市●, 和歌山市○)

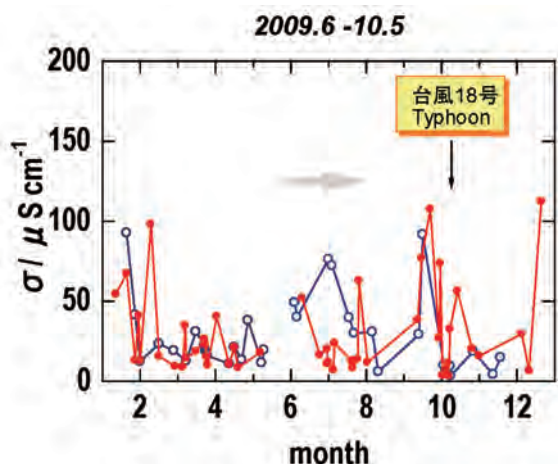


図5 2009年6月から2010年5月における雨水の電気伝導度の変化(海南省●, 和歌山市○)

これらの図より、降水量の少ない夏や冬の雨水の電気伝導度の値が大きくなることがわかった。これは、降水量が少ないと空気中に浮遊している化学物質が増加し、この浮遊物が雨水に溶けると一部イオンとなり、伝導度が大きくなると予想される。さらに、台風が接近した際は大量の雨が降るため、空気中の浮遊物の量が減少し、伝導度の値が最も小さくなったと考えられる。

最後に、雨水中の有機物の量を見積もるために、CODの値を簡易水質測定パックで測定した。得られたCOD値と上述した電気伝導度の結果を図6に示す。

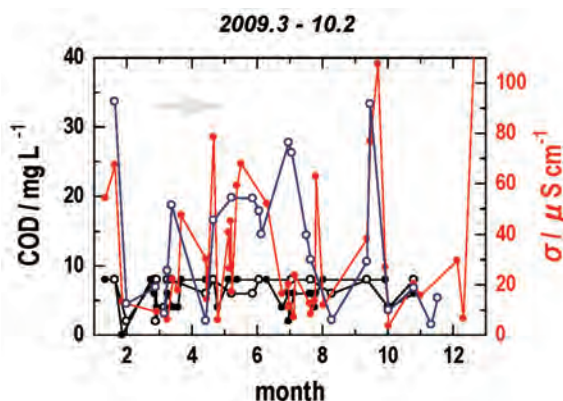


図6 2009年6月から2010年5月における雨水中のCOD値(海南省●, 和歌山市○)と電気伝導度の変化(海南省●, 和歌山市○)

図6より、CODの値は、ほぼ電気伝導度の結果と類似の挙動を示すことがわかった。このことから、雨水に含まれる有機物の量も、電気伝導度の結果と同様に空気中に浮遊する化学物質の量に大きく依存することが本研究から明らかとなった。

#### 4. 実践例

今回、高等学校(2011年10月25日和歌山県立粉河高等学校で実施)で、紫キャベツの色素を使って雨水のpHを調べてみた。この実践例を紹介する。

実験では、指示薬としてケニス社製の紫キャベツパウダーを用いた。また、サンプルは雨水(海南省採取)と水道水(粉河高等学校2011.10.25採取)、海水(和歌浦採取)を用いた。得られた実験結果を図7に示す。

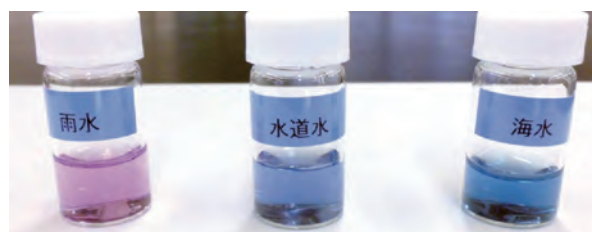


図7 紫キャベツ色素を酸アルカリ指示薬に用いた身近な水溶液の色調変化  
左から雨水(海南省), 水道水(紀の川市), 海水(和歌浦)の色調変化

紫キャベツの色調変化は、中学校の教科書<sup>2)</sup>にすでに紹介されており、酸からアルカリに変化すると、赤→ピンク→紫(中性付近)→青→緑→黄色に変わる。実験結果から、雨水は弱酸性、水道水や海水は弱アルカリ性であることが明らかとなった。このような簡単な比較実験でも、高校生は印象深く感じたようであった。その他にも普段飲んでいるミネラルウォーターやスポーツドリンクでも紫キャベツ色素の色が大きく変わるので、一度試してみるとよい。

加えて、2011年9月16日に和歌山大学教育学部附属中学校で実践した実験を紹介する。0.1mol/Lの塩酸10mLに0.1mol/Lの水酸化ナトリウム水溶液をビュレットにより滴下し、紫キャベツ色素やBTB溶液の色調変化とpHを観察した。上記で説明したように、紫キャベツの色素は中性付近でピンク→紫(中性付近)→青→緑へと変化する。この色調変化を中心に観察した。中学生にはビュレットの操作は少し難しかったが、うまく色調変化を観察することができた。得られた紫キャベツ指示薬の色調変化とpH滴定曲線を図8に示す。

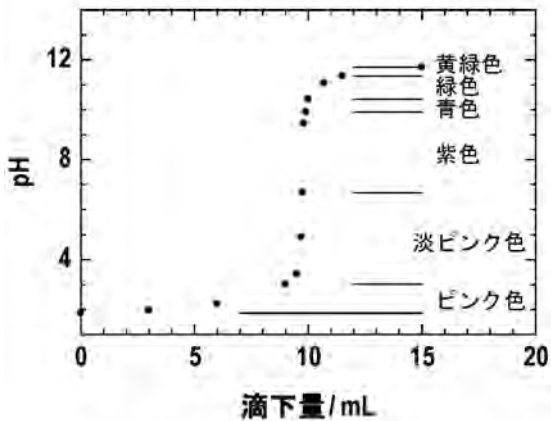
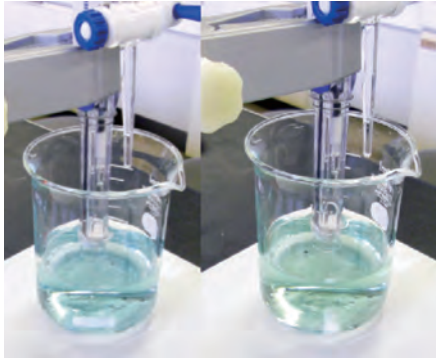
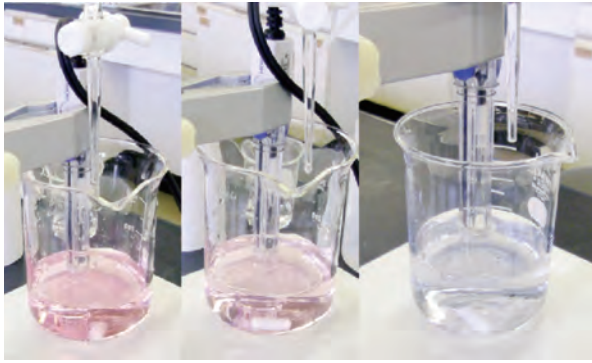


図8 中和滴定で用いた紫キャベツ指示薬の色調変化とpH滴定曲線  
 本実験では、0.1mol/L塩酸10mLをビーカーに入れ、0.1mol/L水酸化ナトリウム水溶液をビュレットから徐々に滴下させた。

今回の実験では、身の回りの水のpHまで測定できなかったが、pHの異なるさまざまな水があることを説明で付け加えた。さらに、酸性雨や空気中の二酸化炭素の増加と海水のpHの関係など現在地球上で起きている環境問題などを講義し、終了した。

本研究では主に陽イオンの測定が中心であったが、酸性雨などの原因物質である硝酸イオン( $\text{NO}_3^-$ )や硫酸イオン( $\text{SO}_4^{2-}$ )量などの測定は行わなかった。これらのイオンの分析を行うためには、イオンクロマトグラフ装置を使った実験が不可欠である。この測定装置を用いた実験は、今後行う予定である。

本実践を行うにあたり、和歌山県立粉河高等学校藪添欣之先生に大変お世話になりました。厚くお礼申し上げます。

参考文献

- 1) わくわく理科6, 啓林館, pp.79(2011).
- 2) 未来へひろがるサイエンス3, 啓林館, pp.224(2012).
- 3) 化学II, 東京書籍, pp.302(2010).
- 4) 木村憲喜, 化学と教育, 59, 204(2011).
- 5) 片岡正光, 竹内浩士, 酸性雨と大気汚染, 三共出版(1998).