

化学野外実験の意義と教材開発

長 沼 健, 杉 浦 孜

(愛知教育大学理科教育講座)

Teaching Materials of Field Experimental for Chemistry

Takeshi NAGANUMA and Tsutomu SUGIURA

(Department of Science Education)

要約 三十余年にわたって全国でも珍しい化学系の野外実習を行った実践的報告である。火山ガスという特殊性のため登山により山頂近くの噴気孔まで登り実験を行うことは、登山という自分の能力を考えて自己ペースを守る姿勢と野外という厳しい条件での実験という経験を通し、教員養成系での意義を考えた。

主任担当教官の定年退職に際しその記録と今後の展望をまとめた。

Keywords: 野外実習, 火山ガス分析, 野外化学教材

1 はじめに

1969年より30年以上にわたって、化学教室のカリキュラムの中で名称こそ変化したものの、野外実習を続けてきた。化学系における野外実験は珍しく、本年度限りで担当した著者のうちの杉浦が定年により退官するにあたり、今後の教育的視点も含めてまとめることにした。杉浦は火山噴気ガスに成分分析を主要研究テーマとしていたことから、学生実験の一部にこれを取り入れた。火山噴気の火口は一般に山頂近くにあることから、実験に関係して登山の必要性があった。幸いにも所属教室に登山経験者がいたことから、それらのタイムスケジュールについては協力を願った。多くの学生は、3000m級の登山は初めてで、野外実習の目的としても重要な位置を占める事になった。

また、長沼は高山ならびに温泉における実験の教材化を試み、野外での化学的内容の開発を試みた。本学伊良湖臨海研修所における教材化については、すでに報告してある¹⁾。温泉・火山についても一部報告している²⁾が、その後の内容も加えて報告する。

2 実践報告

30余年の実践について表1に示した。実験に関係して(あるいはその前後に)登山した山名も記した。教官は時間の都合のつく場合はほとんど参加したことから宿泊・体力運動を通じた教育的意味が強まった。

実験個所は、火山性噴気の採取可能な場所を中心としたが、山岳地帯の湖水等の溶存ガスの測定の場合もあった。

近年は、御岳に固定しているが、これにはいくつかの理由がある。一つは大学改革により総合科学課程を設けたために、教室の学生定員が40名から20名となり、従来のように貸切バスでの移動が難しくなった。次に、御岳の爆発(1979)、地震(1984)、など御岳の火山ガ

ス測定に意義があり、著者杉浦の研究と関連付けられること。もう一つは、杉浦の管理職(附属学校長, 附属学校部長)併任により、緊急時の対応ができる近場を考慮した。

しかし、最近では噴気孔近くへの立ち入りの問題があり、山頂付近の実験をあきらめている。

資料1 実習地

年	実験場所	登山(標高:m)
1968	新穂高温泉	—
1969	平湯温泉	焼岳(2455)
1970	立山地獄谷	立山(3015)
1971	濁河温泉	御岳(3036)
1972	蓮華温泉	白馬岳(2933)
1973	平湯温泉	(西穂高岳)
1974	渋ノ湯	北八ヶ岳(2400)
1975	那須茶臼岳	那須朝日岳(1896)
1976	燕温泉	妙高山(2446)
1977	立山地獄谷	立山
1978	上高地(焼岳)	焼岳
1979	濁河温泉	御岳
1980	大白川温泉	白山(2702)
1981	奥日光湯元温泉	日光白根山(2578)
1982	梅池高原	白馬岳
1983	立山地獄谷	立山
1984	本沢温泉	赤岳(2809)
1985	白山	白山
1986	平湯温泉	西穂高岳(2908)
1987	御岳剣ヶ峰	御岳
1988	河川	仙丈岳(3032)
1989	立山地獄谷	立山
1990	御岳剣ヶ峰	御岳

1991	御岳剣ヶ峰	御岳
1992	同上	同上
1993	同上	同上
1994	同上	同上
1995	同上	同上
1996	同上	同上
1997	同上	同上
1998	椈の湖	同上
1999	同上	同上
2000	同上	同上

3 実験目的と測定項目

3-1 実験目的

化学の中で地球化学の分野はフィールドにおける実験データを多く必要とする。中でも日本は火山地帯特有の挙動(噴火や地震)を示すが、これらの化学成分の変化を調査することは重要である。本実験ではガス分析の基礎的実験と野外における化学実験の準備・態度を養うことを目的とした。

また、試料の関係で山登りの必要性もあり、その運動学的および集団生活的な行動についても学ぶことを同時に視野に入れて企画した。

3-2 実験項目

1) 火山ガス中の気体成分

火山ガスの化学組成は、場所によって異なるものの、大部分が H_2O で95%、 CO_2 が5%、 H_2S と SO_2 がそれぞれ0.5%、その他が1%以下程度である。

火山噴気ガスの採取はむずかしく空気の混入を防がなければならない。方法としては、既報³⁾にも記したが、図1のように行う。

現地で測定する項目としては、空気の混入を確かめるために酸素をアルカリ溶液を加えた後、ピロガロール溶液における体積差から求める。10%以上検出された場合は空気の混入の可能性が高い。

図1のトラップ部にアルカリ溶液を入れ、酸性ガス($CO_2, H_2S, SO_2, HF, HCl$)を吸収させる。ヨウ素滴定を行って、 $H_2S + SO_2$ 量を知ることができるが、時間はかなり要するため滴定の技術は熟練しておく必要がある。

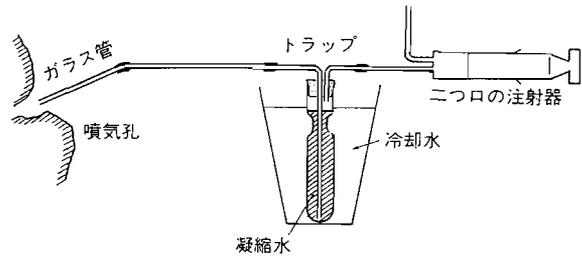


図1 噴気ガス採取方法点(A~F)

2) 水中の溶存ガス成分

A: ウィンクラー法による溶存酸素

最も良く用いられている方法で、試水を酸素びんに取り、硫酸マンガン(II)、ヨウ化カリウム、水酸化ナトリウムを加えて、溶存酸素をマンガンの沈殿として固定する。これを実験室に持ちかえり酸性とし、ヨウ素を遊離させチオ硫酸ナトリウムで滴定する。詳しくは成書⁴⁾を参照。

B: ガスビュレット法による方法⁴⁾

図2のガスビュレットのA部に試水を入れ、Dは水酸化ナトリウムを入れる。Aの中には石灰石が入っており、Bの塩酸を落下させ CO_2 を発生させ、試水中のガスをDに追い出す。追い出しの CO_2 はDのアルカリに吸収され、溶存していた気体のみが残る。ピロガロール溶液で減少した分が酸素である。

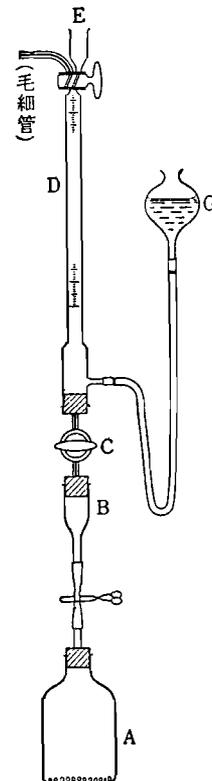


図2 ガスビュレット法

A: 試水+石灰石

B: 塩酸

C: 水酸化ナトリウム

3) その他の成分

既報³⁾を参照。

3-3 実験のデータ

御岳噴気孔の火山ガスの経年変化を図3に示す。長野県地震の直前のガス成分が、 H_2/Ar 比で異常に高くなり、その後沈静化していることがわかる。

これらの詳細については既報³⁾を参考にされたい。このようにガス成分によって内部を推定できることは化学的手法での有効性を示している。

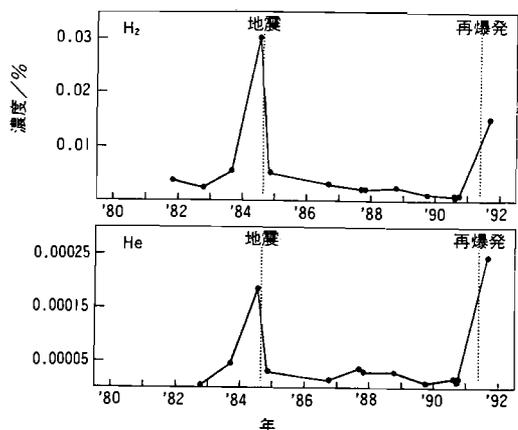


図3 御岳噴気ガスの経年変化 (H₂, He)

4 新しい野外実習の教材化

永年の実習参加から、本来の火山ガス等の分析の改良やそれ以外の実験教材の開発にも、目を向ける機会があった。

1) 溶存酸素の新しい分析法

前項の溶存酸素の分析の簡便化を図る意味で別法を検討してみた。野外実習では現場で可能な実験は簡易でなければならない。その点をとくに強調して次のような方法を開発した。

① 1%水酸化ナトリウムに2gグルコースを溶解し、これに0.1%メチレンブルー 3 mlを加えて混合する。静置しておくとき青色が消えて透明な色となる。この無色溶液を5 ml注射器にとり、さらに試水20ml加えると、液は青色を示す。この青色が退色するまでの時間をはかる。

蒸留水で温度を変えた試料を標準として検量線(直線にはなりにくい)を作成しておく。

温度が低いと溶存酸素量は大きくなるので、退色までの時間はかかることになる。

理論的な考察は以下のように、メチレンブルーの2つの形によるものである。

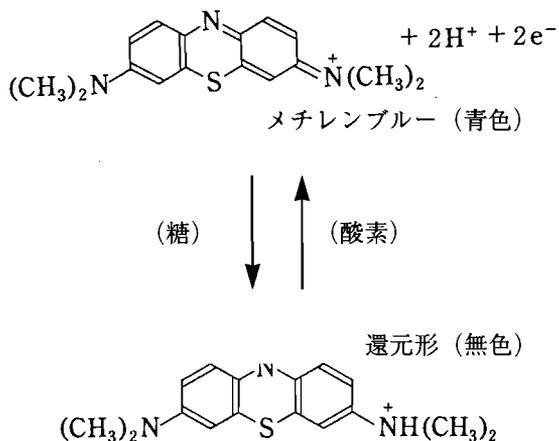


図4 メチレンブルーの変色機構

今までの野外実習では、本法は実施していないが、今後の実践で代替可能かを検討したい。

2) 硫化水素他のガス分析の化学史的意味

日本で最初の化学書「舎密開宗」⁵⁾は宇田川榕庵によって1837年から記されたが、かなりの部分はラポアジェの書の訳になっている。しかし、別巻には、彼自身が実験を行ったと見られる日本の温泉の分析について記されている。

資料2 「舎密開宗」別編巻二

ヲ挿シ管端ヲ石灰水ヲ盛タル五中ニ垂レ爐ニ炭	納レ墨ヲ以テ水ノ高ヲ記シ壘頭ニ繋レル玻璃管	舎密開宗 別編 巻二	物斯多輪蒲。硫泉試法畧
○泉中炭酸瓦斯ノ分量ヲ測ル法。其泉ヲ長頸壘ニ	三。加。修。酸。鹽。發。硫。化。水。素。瓦。斯。脩。酸。加。爾。基。降。	一。加。硫。酸。發。硫。化。水。素。瓦。斯。硫。酸。加。爾。基。降。	○硫泉ハ必ズ硫化水素加爾基アリ分離法ハ其泉
ノ列篤爾多ニ納レ聚氣裝置ヲ設テ煮レバ水槽ノ	二。加。發。烟。消。酸。硫。黃。硫。解。	爾基殘ル○或ハ左ノ法ヲ以テ蒸散スレバ硫化水	鐘内ニ硫化水素瓦斯。炭酸瓦斯。聚リ列篤爾多ニ加
素瓦斯發越シテ硫酸加爾基器底ニ殘ル			

ゼン。ス。バ。ト。二。ナ。リ。シ。ト。コ。レ。ケ。リ。ス。バ。ト。五。ノ。ク。レ。	○點別爾納多曰亞檢泉。按亞檢地名獨乙蘭。其	テ所降ノ硫水素酸化鉛ヲ秤量ノ知ベシ硫水素酸	火ヲ裝シ壘水ヲ煮沸ス於是炭酸瓦斯發シ管ヨ
化鉛十九八ハ硫水素瓦斯。十寸立方ヲ稟テ成ル	ス。其。地。六。泉。アリ。一。ヲ。ア。イ。イ。ク。		リ石灰水中ニ解錠シ其加爾基ト親和シ炭酸加爾
○泉中硫水素瓦斯幾何量ヲ測ル法。同一泉ヲ長頸		壘ニ納レ管管ノ端ヲ醋酸鉛液ニ置前法ノ如ク煮	基ト爲テ洗降ス瓦斯盡ク出。孟水洗淨生シ歇ムヲ
立方ヲ稟テ成ル此ニ本テ推算スベシ			候ト所降炭酸加爾基ヲ水洗シ稱テ泉中炭酸ノ分
			量ヲ測ベシ凡炭酸加爾基二十八ハ炭酸瓦斯十寸

資料2はその中の一部で「硫化水素および二酸化炭素の分析」を示した項目である。これらを学生に紹介し、その方法の化学的根拠を考えさせ、その方法で可能かを行ってみた。

3) 沸騰と大気圧の意味

通常、実験室で水の沸騰を測定すると、100℃（実際には測定方法に問題があるためやや下回り98℃くらいを測定）であるが、3000m級の山でお湯を沸かすと94℃くらいとかなり低い温度で沸騰することがわかる。「外圧（大気圧）に打ち勝つエネルギーが沸騰」の意味を理解させる良い機会でもある。

図5は、蒸気圧曲線から上記のことを説明したものである。

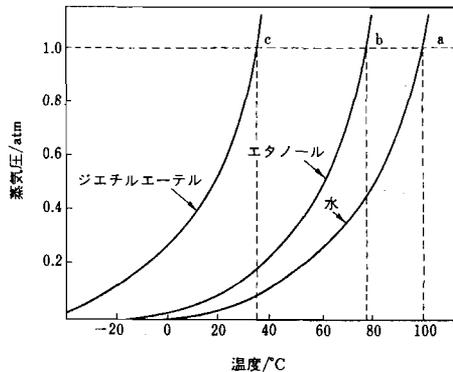


図5 水の蒸気圧曲線

もう一点は、アルミ箔で密閉されたスナック菓子の袋が山頂ではパンパンに膨らんでいることを経験するであろう。気圧の関係であり、これもその理由を考える良い実物教育である。

この二点は、物理的な教材でもあるが、折角の機会に目的以外の多くの“気付き”が欲しいものである。

4) 岩石の融解

室内実験である分析化学実験では、テーマの一つに岩石中のSiO₂量を重量分析で求める実験がある。

この操作は、粉末にした岩石をアルカリ（水酸化ナトリウムか炭酸ナトリウム）と一緒に金属ルツボ（白金ルツボが最適）で熱すると、岩石がドロドロになって溶岩ようになる。「岩をも溶かす」という表現があるが、それが現実に起こる様は信じられない光景でもある。このことはナトリウム塩が溶解性を示す一般的な知識にもつながるとも考えられる。また、火山における溶岩の様とも同じものがあり、これらの融合した実験教材は自然を対象とすることの少ない化学実験の一つの課題になるであろう。

5 野外実習の意義

生物や地学の分野での野外実習は当たり前の観がするが、化学においてこの種の授業科目を設定しているところはほとんどないであろう。

上述したように自然そのものを対象とする化学の必要性であろう。近年は、災害教育、環境教育などがク

ローズアップされているが、教員を志望する学生にその点での化学の存在をアピールできたと思う。

野外実験はその場で初めて行ってもうまくいくことは少ない。もともと実験室で行うことが多い化学実験を条件の悪い野外で行うわけであるから、かなり熟練していないと、時間をかなり要してしまう。とくに山頂近くでの実験は下山のこともあるので時間を有効に使わなければならない、実験の準備等に配慮する必要がある。とくに忘れ物は取りに戻る事もできず通常の実験室時からの気づかひが基盤となっているようだ。

そして教育学部として、野外実験を通して学んで欲しいものに次のようなことがある。

登山は一步一步自分のペースで進むことではるか先に見えた頂上に登ることができる。現代教育はややもすれば、先にいろいろ身に付けさせるが、尻つぼみになることが多い。発達段階に合わせて右上がりに学ぶことの重要性を感覚として身につけて欲しいものだ。幸いにも三十余年の実践の中で目的の山へ全員登頂できたことは、時間的余裕を持った行動であったことで、教育の重要なポイントでもある。

多くの学生にとって、3000m級の登山は初めてであったが、山の良さを体験できたことは、これからの教育課程での自然体験や総合的な学習への対応としても貴重であった。もちろん、その場だけでない自然への畏敬をもつことは理科教師としても大切なことである。

もう一つ近年連続して行っている御岳は、信仰の山としても有名である。白装束で金剛杖をつき、「六根清浄お山は晴天一」と唱えながら、先達に導かれて老若男女が登る。とくにお年寄りが元気に登る様子は学生に少なからず刺激を与えている。目的のあるときに出せる力を感じているであろう。自然（とくに山が多いが）への崇拝は、化学を学ぶ者への潜在的抑制になれば、環境問題の解決になるかもしれない。

6 総合学習および環境教育との関係

本実験は担当者の定年退職によって、ひとまず幕を下ろすことになるが、大学の新教育課程には残されている。そこで、今までの実績の上に立って、新しい構想が可能であるかを考えてみた。

教育的な意味からは、児童・生徒の体験不足を補うことが学校教育の中に求められている。理科教育の最大の問題は通常の生活の中での疑問を学校教育の中で扱うために、授業としてのアカデミックさを減退させていることである。児童・生徒が生活的体験を多く持つことが真に求められており、新指導要領での「総合的な学習」の成果もそこに成否がかかっている。その中で野外教育、とくに山歩きは重要な活動となるであろう。とくに山での活動と何を組み合わせるかを各学校で考えることになる。我々の実践は山へ登ることが

必要条件であったことから、無理なく教科学習と野外活動を合併できたことは幸いであった。

フレンドシップ事業⁶⁾も現行の訪問科学実験教室も今後続行が難しくなると思われるが、小・中学校の校外活動への大学生の参加は検討に値する。

もう一方の環境教育については、野外での環境項目の測定が組まれる場合が多い。生物学的な調査の他に汚れの成分を調べる化学的要素は原因追究のために必要な方法である。児童・生徒を校外へ連れていくことは、安全面からも大変なことであることから補助者として大学生が関わることができれば、お互いに有意義と考えられる。

総合的な学習や校外活動に対応できる人材として、大学時代の野外活動を教科学習を通して行うような内容が必要であろう。

上記のような検討を基に、今までの化学野外実習を発展させ新しい実習形態を提案して行きたい。

謝辞

最後に、本野外実習は単なる一つの実験授業というより教室行事の感が強かった。卒業生との話でも本実験のことが話題になることは多い。本稿は、永年ご一緒させていただいた主任担当の杉浦孜教授の退官に際し、その記録をまとめたものである。

山行および学生引率については、故飯田保次先生をはじめ化学教室在職の教官には大変お世話になった。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 長沼健, 杉浦孜: 臨海実験施設を利用した化学実験の教材, 愛教大教科教育センター研報, 18, 愛教大教科教育センター (1994) 163
- 2) 長沼健, 杉浦孜: 教育学部における野外実習の実践, 化学教育, 33, 日本化学会 (1985) 203
- 3) 杉浦孜, 長沼健: 火山ガスと地震, 化学と教育, 40, 日本化学会 (1992) 152
- 4) 菅原健他: 基礎応用定量分析化学, 朝倉書店 (1962) 211
- 5) 宇田川榕庵: 舎密開宗, (1873-)
- 6) 長沼健: 地域に開く地域と結ぶ, 3号, 愛教大教育実践総合センター (2000)