

地学教育における実験とその重要性

杉山了三¹⁾

1. はじめに

岩手県高等学校教育研究会理科部会地学部会(以下, 岩高教研理科部会と略す)では, 「岩手の地学教材と実験」と題して, 新しい分野の実験・野外実習や部活動による研究成果などを取り入れた実験書の編集を行ってきた(岩手県高教研理科部会, 2009). 新しい分野の実験とは, アイソスタシーや地震波のモデル実験や地域性を生かした岩石・鉱物実験などのことである. 先生方の創意工夫が込められていることから「手彫りの地学実験書」という副題も付けた.

ところで, 全国で地学実験はどのように行われているのだろうか. 他の科目(物理・生物・化学)では, 学習項目と並行して定番の実験がプログラムされている. 例えば, 生物では顕微鏡の扱い方から始まり植物の根の細胞観察, 細胞分裂の観察などと続くように教科書の進行に合わせて行われている. 地学には, そのようなプログラムされている定番の実験はないように思われる.

実験の取り入れ方は, 担当者まかせになっているように思われる. 実験よりむしろビデオやスライド学習になる傾向かもしれない, しかし岩石薄片製作は, 地学教師が必ず行ってきた定番の地学実験と私は思っている. 光を通すほどに岩石を薄くできる感動, 偏光を通した薄片の美しさに感動等々あって, この実験だけは欠かせないと思ってきた. しかし, この実験でさえ時間がないとか実験費がないなどで行われていないのが現状のようである.

実験費がないから実験をしないのか? 実験を必要としない科目となっているのか? また, 受験指導のみに走っているのか? このままでは地学実験室は必要なくなっていくようにも思われる.

言うまでもなく理科教育において実験はとても大

事である. 実験すると生徒の反応は違ってくるし, 地学への興味関心も違ってくる. 全国的に地学の履修生が減少傾向にあるという. 魅力ある地学実験を確立することは, この減少問題の解決につながるのではないかと考えている. 活気ある教科科目の様子は, とかく生徒間で話題になり, そのことが科目選択に影響していることはよくある話である.

本稿では, 岩手県で行っている地域性を取り入れた実験やモデル実験などを紹介し, 地学実験についてその意義を読者に確認したい.

2. モデル実験の効果

天文, 地震, 地殻熱流量, 地磁気, 気象などは宇宙規模, 地球規模とあって, どうしても理屈っぽい理論で終わりがちになる. これではどうもつまらない(分りにくい)授業になってしまう. ここでも何か実験を導入できないものかと考え, たどり着いたのがモデル実験であった.

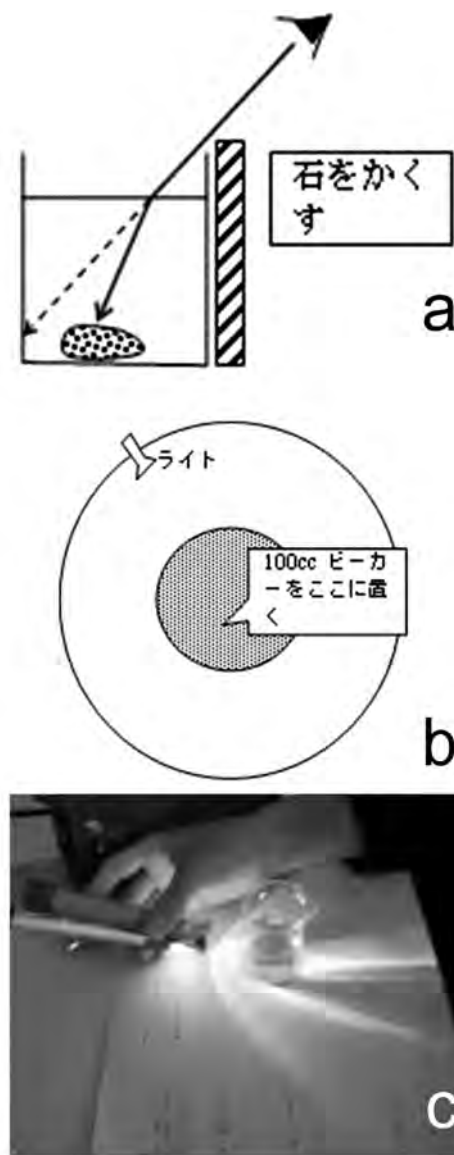
私は, モデル実験というのは現象の真理を再現することにあると思っている. 実験の意図が分かればその結果によって, 教科書理解を大きく助ける. これを実践してみると, 多様な実験が可能で, 生徒・教師共に楽しく効果的な授業が展開できるのである. また, 実験は演示実験とせずに, 生徒一人一人が体験する実験形態とすることが最も望ましい.

(1) シャドウゾーンの実験

シャドウゾーンは, 地球内部に核が存在することを示す重要な現象である. 水に入射する光の屈折は, マントルから核に入って屈折する地震波とよく似ている. モデル実験はこのことを利用し, 地震波の屈折によってできるシャドウゾーンを再現する実験である.

キーワード: 地学教育, 地学実験, モデル実験, 地域の教材

1) 岩手県立宮古高等学校
〒027-0052 岩手県宮古市宮町2-1-1



第1図 水に入射する光の屈折の模式図(a), 実験時に配布するプリント(b), 光の屈折実験の様子(c).

核の相当部分に円形レンズを用い、光の屈折でシャドウゾーンを出現させる装置は市販されていて、この装置は演示実験で行うと効果的である。水を核と見立てた実験は生徒一人一人で行うことができる簡単なものである。

(a) 光が水に入って図のように屈折することを確認する(第1図a)。ビーカーの底に石またはコインを入れ、これがぎりぎり見えないように手前を用紙な

どで隠しておく。そして、隣の生徒に静かにビーカーに水を満たしてもらおうと見えなかった小石が見えてくる。小石が見えるように光の筋を描くと、図と同じように光が屈折したことが分かる。

(b) 地球を見立てた大きな円(直径12cm程度)を描いた用紙(第1図b)を配布し、円の中央に水半分ほど入れた100ccビーカーを置く。この場合、ビーカーの水は地球の核である。教室を暗くし、ペンライトで横から光を当てると見事なシャドウゾーンが現れる(第1図c)。ペンライトの位置を変えるとシャドウゾーンの現れる範囲も変わり、震央と影の関係がよく分かる。

生徒の感想

- ・ シャドウゾーンのような地球規模のことが簡単な実験から確かめることができたのですごくいいと思った。
- ・ 光が当たらない部分を見つけることができた。これがシャドウゾーンだと思った。すばらしい、水でできるなんてと思った。
- ・ 楽しかった。実験を通してシャドウゾーンを実際に見て、図だけでは実感できなかったことをしっかり理解することができた。

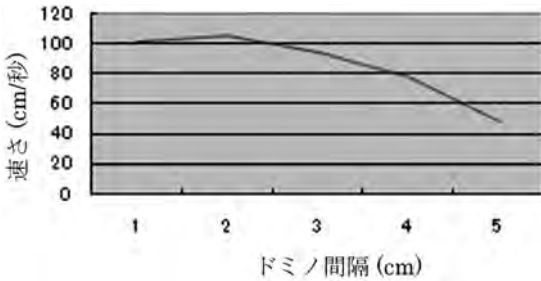
(2) 地震波をドミノで再現するモデル実験

岩手県立盛岡第一高等学校に勤務中、理数科の課題研究で「ドミノで地震波を再現する」をテーマとして指導を行った。そしてその成果を2007年日本地球惑星科学連合大会の「高校生のポスターセッション」において、4名の生徒が発表した。国際会議場の赤い絨毯上で、事前に準備した幅30cmのパネルを敷き、これにドミノを並べて、地殻とマントルを通過する地震波のモデル実験を実演したのであった。この時の様子は日本地震学会発行ニュースレター(2007)の表紙でも紹介された。

次の例に示す2つのドミノ実験は、その成果を地学実験に取り入れたものである。

(a) 大森公式を確認するドミノ実験

ドミノを並べる間隔を1cm, 2cm, 3cm, 4cm, 5cmと変えていくと進行速度に違いができる(第2図)。この場合、間隔2cmの時最も速く、間隔を広げていくと徐々に遅くなる。ドミノ間隔と進行速度の関係も課題研究として検討し、既に報告した(岩高教研理科部会, 2009)。



第2図 ドミノの間隔と伝播速度の相関図。



第4図 ドミノを使った走時曲線のモデル実験。

が算出される。その計算結果がドミノの長さと同じになることで、大森公式の理解につながる。

(b) 走時曲線をドミノで描くモデル実験

地殻とマントルの境界、即ちモホロビッチの不連続面(モホ面)を板書のみで説明するのは難しい。そこで、4cm間隔ドミノ(遅いドミノ)を地殻を通る地震波(直接波)、2cm間隔ドミノ(速いドミノ)をマントルを通る地震波と仮定して、地殻やマントルを通る地震波のモデル実験を行った(第4図;口絵2g)。

地殻の厚さを30cmとし、直接波である4cmドミノは細い破線のように並べ、マントルを通る地震波である2cmドミノを太い破線のように並べる(第5図)。ドミノの到着時間は、ビデオカメラで撮影し、後でコマ送りしながら読み取る。ドミノの到着時間と震源距離の関係グラフを描くと、近地地震と同様の走時曲線ができる(第6図)。

授業では、走時曲線を描くことを省略しても、マントルを通った波が地殻を通った波を追い越す現象を理解できるだけでも学習効果は大きい。

生徒の感想

- ・大森公式は本当に合っていてすごい。久しぶりに楽しい時間を過ごせた。地震波をドミノで再現す



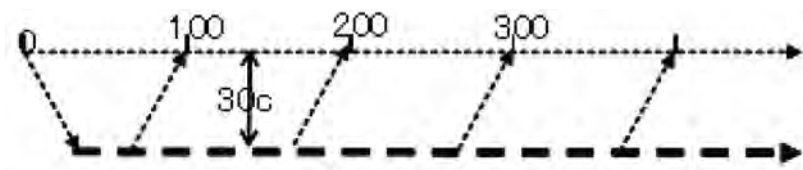
第3図 ドミノを使った大森公式のモデル実験。奥が速いドミノ、手前が遅いドミノ。

まず、速いドミノと遅いドミノを2mの長さを並列させる。前者を地震波のP波、後者をS波に見立て、到着時間の差を初期微動継続時間としての大森公式を確かめる実験を行った(第3図;口絵2f)。

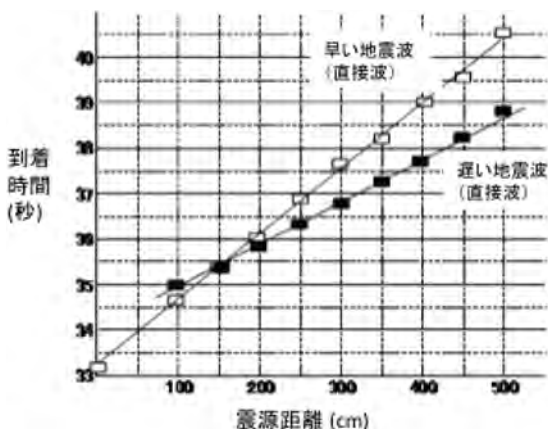
震源距離d (km)は初期微動継続時間T (秒)に比例することが大森公式の原理である。 $d = kT$ (k :大森定数)で表される。大森定数の k は、P波とS波の速度によって決まり次の式で表される。

$$k = \frac{V_p * V_s}{V_p - V_s} \quad (V_p, V_s \text{ はそれぞれP波, S波の速度})$$

ここで、速いドミノの速度を V_p 、遅いドミノの速度を V_s とし、ドミノの速度で得られるドミノの大森定数 k を求める。それにドミノの到着時間の差(初期微動継続時間)Tを掛けるとドミノを並べた距離(震源距離)



第5図 ドミノによる地震波モデル。細い破線は地殻を通る地震波を示す遅いドミノ配列で、太い破線はマントルを通る速いドミノの配列を示す。



第6図 ドミノ実験の結果で描かれた走時曲線。

ることに一本取られた。

- ・ とても楽しい実験で地学に対する興味が湧いた。大森公式も理解できて良かった。
- ・ 人の手で作ったドミノなのに計算すると、正確な値が出てくるのはすごいと思った。並べるのは大変だったけど成功して良かった。

(3) 鉛筆地殻のアイソスタシー実験

アイソスタシーとは、「地殻は、密度の大きなマントルに均衡を保って浮いている」という理論である。一般に水に木材を浮かべるモデル実験はよく行われているが、この場合、木材が地殻で水がマントルである。これと類似した実験になるが、教師による演示実験でなく生徒自身の手による実験という形で実施してみた。

地殻に仮定する棒には、最も身近にある鉛筆を用いた。表面がシールされているので水中でも密度が

変化しにくい。おもりを付けバランス良く浮くように細工して、これを鉛筆地殻と呼ぶことにした。鉛筆地殻は、1本の鉛筆を長・短の2本に切り、厚い地殻と薄い地殻のモデルにした。鉛筆地殻を浮かべる容器は、百円ショップで見つけた鉛筆立てを利用したが、水を満たした試験管でもうまくいった。

(手順1) 最初に鉛筆地殻の密度を求める。水に入れる前に、鉛筆地殻の重さを小数第3位まで求める。この際、測定には精密はかりを用いる。体積は、水を入れた25mlメスシリンダーにピンセットで鉛筆地殻を沈め水位の変化で求める。

(手順2) 長・短2本の鉛筆地殻を水(鉛筆立てに入った水)に浮かべてみる。厚い地殻は深く沈み、水面に出る高さも高く、短い鉛筆地殻はあまり沈まず水面に出る高さも低い。ここでマントルと地殻の関係を確認させる。

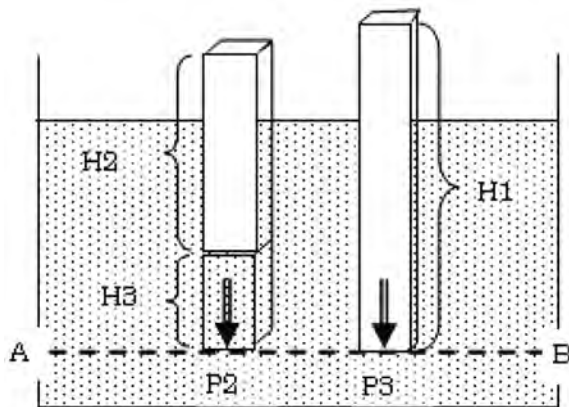
(手順3) 鉛筆地殻の水より上に出た長さ h 、水に潜っている長さ h' 、鉛筆地殻の密度 ρ 、マントル(水)の密度 ρ' として教科書の

$$h' = \frac{\rho}{\rho' - \rho} h \quad \text{式を確かめる。}$$

(手順4) アイソスタシーが成り立っている時、均衡面(A-B面; 第7図)にかかる圧力は一定になっていることを確認する。第7図のようなつり合いから(H1)(H2)(H3)の厚さを定規で測定し、密度と厚さの積の和が等しくなることを確かめる。

生徒の感想

- ・ 地殻とマントルの関係を単純な姿で見ることができて良かった。
- ・ アイソスタシーを確認できて良かった。



第7図 試験管を用いた鉛筆地殻のアイソスタシー実験。



第8図 生徒が作ったミニ造岩鉱物セット。

- ・革新的だ！視覚的に分かると理解しやすい。
- ・鉛筆の長さが極端に違っていても正しい結果が出ることが分かった。次の実験が楽しみです。

3. 地域性を取り入れた実験

岩石・鉱物の学習は、地域の標本を教材化して行うことで、教科書や図解だけでは得られない学習効果を生む。地域の鉱物・岩石をどのように教材化するか、また、それをどのように実験や授業に展開するかを示したい。3つの実験の概略を以下に述べる。詳しくは、杉山(2009)や岩高教研理科部会(2009)を参照したい。

(1) ミニ造岩鉱物セットの製作

ミニ造岩鉱物セットとは、地域から採集した造岩鉱物を1枚のスライドグラスに並べたものである(第8図)。これを生徒一人一人が自作することによって、鉱物への関心が高まる。生徒全員の自作標本となると多量の鉱物標本の準備が事前に必要となるが、地域から採集することでこれを解決する。

岩手県では以下のようにして鉱物を準備している。黒雲母は花こう岩のマサの中から単体結晶で採集できる。石英も流紋岩の高温石英として単体結晶で採集できる。他の鉱物は、火山岩の斑晶をそのまま用いた。例えば、角閃石斑晶を含む火山岩を小さく砕いて、斑晶を含む岩石片をそのまま用いるといった方法である。

岩手県三陸沿岸には斜長石斑晶の著しい「ゼニ



第9図 岩手県三陸沿岸の「ゼニボ」と呼ばれる斜長石はん岩。斜長石の長さは大きいもので約3cm。

ポ」と呼ばれる斜長石はん岩が分布する(第9図)。これは斜長石のよい標本になる。特に、宮古市南方の山田町豊間根に産地がある。

読者の住むそれぞれの地域には、様々な教材となり得る標本が必ずある筈である。よって、それぞれの地域で独自のミニ造岩鉱物セットの実験が必ず展開できると私は思う。

生徒の感想

- ・造岩鉱物についてはほとんど知らなかったが、鉱物の特徴がよく分かって良かった。実際に見て、イメージしていたものと違って、感動しました。
- ・教科書や図表ではなく実際に手にとって見られたので良かった。楽しみながらそれぞれの鉱物を覚えられたし、家に帰ってみんなに見せたい。

(2) 火山灰砂の鉱物観察実験

顕微鏡で観察する火山灰中の鉱物にも、特別な美しさがある。それらは、中高の教科書にも写真入りで紹介されている。しかし、全ての鉱物を観察する方法までは教科書には書かれていない。また、そのような教材は市販されてもいない。多くの学校では、火山灰や軽石からの洗い出し作業と、洗い出された一部の鉱物の観察で終了している場合が多いのではなかろうか。鉱物には個々に特徴があり、全ての鉱物粒子の観察は地学にとって重要な実験テーマであると私は考えている。

この実験を難しくしているのは、鉱物観察に適する火山灰を地域から採集する必要があることである。また、1時間という限られた時間内で全ての鉱物を確認する手順も検討しなければならない。

顕微鏡の視野に異なる鉱物が複数ある場合、初めて観察する生徒達にとってどれが何の鉱物なのか、



第10図 火山灰鉱物砂の観察用プレパラート。(上) カナダバルサムで封入したもの、(下) 厚紙に穴を開け各種鉱物砂を入れたもの。

図版と見比べても識別は難しい。そこで、私は視野に1種類の鉱物だけを観察できるようなプレパラートを作成した(第10図)。プレパラートは、左からかんらん石、輝石・・・磁鉄鉱と順に視野に入るように配列させた。それぞれの視野の鉱物標本には、その鉱物を特徴的に含む火山灰砂そのものを封入した。例えば、かんらん石の場所にはかんらん石だけを含む火山灰砂を、輝石のところには輝石だけを含む火山灰砂を封入した。

火山灰層とその構成鉱物との関係は、それぞれの地域の地質情報を事前に文献などから得る必要があるが、可能であれば地域の大学の専門教官から指導を受けることが早道であろう。

岩手県では、かんらん石は、岩手火山噴出物の石花突出スコリア層、輝石は雪浦軽石層や十和田川口軽石層を使用している。十和田川口軽石には斜長石も特徴的に多く含まれる。高温石英は岩手町沼宮内地域の火山灰に含まれる。角閃石と黒雲母は岩手山周辺の火山灰にはほとんどない。角閃石は一戸町の傾城峠安山岩の凝灰岩(新第三系)から、黒雲母は久慈層群中の凝灰岩(上部白亜系)から採集できる。第四系以外からでも良質な鉱物が採集できる場合もある。

授業では最初に乳鉢で軽石を粉碎し、乳鉢をそのまま水槽に入れて鉱物を洗い出す作業を行う。この際、雪浦軽石や十和田川口軽石の風化して軟らかくなったものを使っている。軽石は、火山灰と違って泥が出ないので、瞬時に鉱物質を残すことができ時間

短縮にもなる。次に一人一人に観察用プレパラートを配布し生物顕微鏡を使って鏡下観察する。

この時、実物投影機などで鉱物をスクリーンに写し出しながら、プレパラートの左側(かんらん石)から順に、生徒と一緒に確認していくとさらに理解が深まる。また、図解や教科書の鉱物写真なども見比べながら進めると、生徒は鉱物の違いを確認しやすい。

生徒の感想

- ・ いろいろな鉱物が見られて、とても楽しかった。写真でしか見たことがなく、実際に理解しながら見たのは初めてだったので感動がありました。
- ・ それぞれの鉱物の特徴を理解することができました。

(3) 岩石薄片の製作と薄片観察

岩石薄片製作を授業で行う場合は、完成までに時間がかかりすぎることが課題であった。しかし、今日では岩石を接着させる方法もレークサイトセメントから2液混合型接着剤に変わり、さらに岩石の二次切断という方法もあってかなり時間短縮することができるようになった。以下の実験授業は生徒一人一人が2時間で完成できるように私が工夫したものである。

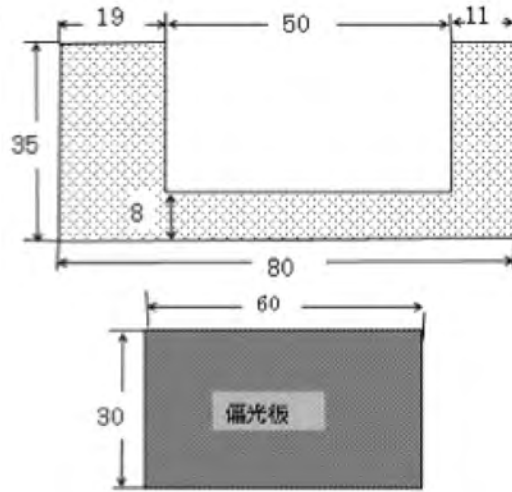
(a) 薄片製作の流れ

生徒実験の薄片は、研究に用いるというものでないので、高度な精度は求める必要はない。研磨の時間短縮のため岩石チップは1辺が1~1.5cm程度のものとする。この際、片面だけは、カーボランダム320番で研磨したものを配布する。生徒は鉄板上でカーボランダム500番を用い約5分研磨する。

次にガラス板上でカーボランダム800~1000番を用い約5分研磨する。スライドガラスへの接着は、2液混合型のボンドを用いる。ボンドの混合を教卓で教師が行い、片面研磨が完了した生徒から順に少量のボンドを付けて接着させる。ここまで完了したら提出させ1時間目は完了する。

完全に接着した時間を見て、二次切断を行い1mm以内の厚さで切り取る。二次切断は簡易的なホルダーを自作して行っている。簡易的なものであるが、1時間に40枚ぐらい切断できる。

2時間目は、カーボランダム320番を用い鉄板上で、黒い有色鉱物が茶色に変化するまで研磨する。水洗い後、ガラス板でカーボランダム800~1000番を用い



第11図
クロスニコルの完成品(左)
および設計図(右).

て完成させる。完了の時期は適宜教師が見て回って判断する。

研磨が完了した薄片は、表面に透明マニキュアを塗り、ラベルも貼って完了となる。

(b) 薄片の観察

岩石の薄片観察は、クロスさせた偏光板2枚を組み合わせた装置とルーペで行う。この装置によって、窓の光を光源とするだけで、きれいな干渉色を見ることができる。この偏光板装置を我々は「クロスニコル」と呼んでおり、簡易的であるが、生徒一人一人が観察できるので、授業に効果的である(第11図)。

ここで、クロスニコルの作り方を解説したい。まず、厚さ5mmの発泡スチロール板を使用しカッターで切り取る。偏光板は直交関係にして2枚(30mm×60mm大)準備し、スチロール板の前後に貼り付ける。この偏光板の接着には、製本テープを使うと良い(第11図左)。

(c) 授業の進め方

授業では、花こう岩の薄片(この場合購入した薄片を使用)を配布し、最初は薄片をそのまま観察させる。花こう岩の薄片はほとんど透明で黄褐色の黒雲母がいくつか見えるだけである。これをクロスニコルに入れると様子が一変し、多くの鉱物で構成された等粒状組織が突然現れ、多くの生徒から「すごい」と歓声が聞こえてくる(第12図)。さらに、これをルーペで拡大して観察すれば、鉱物粒子の自形や他形の関



第12図 クロスニコルに入れた花こう岩の薄片。

係までも理解できる。

これまで顕微鏡を用いて観察実験を行ってきたが、生徒達は鏡下観察に慣れていないことが多く、顕微鏡のピントや反射鏡、偏光板の関係などが適切にはなされていないことが多かった。しかし、このクロスニコルを用いた授業では、全員が同じ観察ができるという利点がある。例えば安山岩の場合は、結晶が小さくなるが斑状組織であることを、生徒はこの授業で容易に理解できる。

(d) クロスニコルの活用

クロスニコルは変成岩や堆積岩の薄片観察にも有効である。

口絵1eは、岩泉町で採集できる紅柱石ホルンフェルスである。変成岩に含まれる紅柱石・らん晶石・け

い線石の多形関係は大変重要であるが、現状ではどの教科書にも写真での説明はない。この場合、3種類の鉱物は肉眼でも観察できるほど大粒なこともあり、クロスニコルで簡単に観察できる。私の授業では岩泉産の薄片を多数準備して観察している。こうすることで鉱物に対する印象は大きなものになる。

口絵1aは生徒自身が作った岩石薄片をクロスニコルに入れて観察したものである。自分の薄片を自身で確認できる点が重要である。さらに、デジカメで接写して画像化すれば、生徒に薄片製作の記録として手渡すことができる。口絵1bに示す結晶質石灰岩の薄片もクロスニコルで、方解石の結晶が集まったモザイク組織を観察できる。さらに、ルーペで拡大して観察すると方解石の劈開もよく分かる。口絵1cは雫石町産の玄武岩の薄片である。この岩石には大粒のかんらん石が含まれていて、クロスニコルを用いると美しい干渉色を見ることができる。口絵1dは上部白亜系の礫岩(ノジュール)の薄片である。礫の基質部を方解石が埋めていることが理解できるので、堆積岩の続成作用を学ぶことができる。

生徒の感想

- ・最近の授業で『石』がだいぶ好きになっていたのですが、今日の組織を見ますます石に魅了されました。偏光板を当てて光にかざして見たあの瞬間の感激、もう忘れません。
- ・どちらもとても美しかった。肉眼では組織が分からないけど、ルーペで見ると、深成岩と火山岩の違いがはっきり見えた。

4. おわりに

(1) 地学教育における実験のあり方について

シャドウゾーン、ドミノと地震波、アイソスタシーのモデル実験は、演示実験でなく生徒が手元で行う実験として考案した。シャドウゾーン実験は水を入れたビーカーだけで行う簡単な実験であるが、授業の流れの中で行うと効果的である。ドミノ実験は、生徒達は大はしゃぎになり、ともすれば地震波の実験であることを忘れ、遊びに走る場合もあるので注意を要するが、そこは実習教諭の協力もいただきながら実験のねらいがぶれないように行いたい。楽しみながら行える実験でもあるが、計算により震源距離が正しく出くことで、生徒は納得できる。特に、ドミノを使ったモ

デル実験は地震波を目で追える形で学ぶ効果を示していると私は考えている。

アイソスタシー実験は、小さい鉛筆を地殻としたものであるが、実は鉛筆をバランス良く直立させることは難しく、水に直立して浮く素材を開発できれば、普及することができる実験だと思う。また、水だけでなく密度の異なるマントルモデルを工夫すれば、さらに多様な実験に発展するであろう。

地球物理的内容は、理論や計算が先行しがちであるが、モデル実験を導入することで興味を持って考えることができるし、理解度も増していることが生徒の感想からも分かる。地学の教科書では、上記の地球物理的な内容が終わると、次に岩石や鉱物の学習に入る。この授業では、実験室にある標本を広げたりして楽しく学習したいと思って取りかかったことがある。しかし、実験室にあるどんな美しい鉱物を並べても生徒の反応は期待したほどでなかった。逆に、並べた標本を覚えるという意識がはたらく、地学は暗記科目なのだというイメージを与えてしまったようだ。

地域から採集した鉱物や岩石でも、生徒にただ見せるだけでは意味がない。地域から採集する鉱物や岩石は、多量に準備できるので生徒一人一人が自分達で行う実験ができる。ミニ造岩鉱物セットの製作は、鉱物岩石学習を見て覚える形から本物の鉱物に触り、マイ標本を作るという楽しさと実益を兼ね備えたものになっている。生徒の感想にある「それまでイメージしていたものと違っていた」は、本物で学ぶ大きな成果である。図解や教科書の写真だけでは得られないものを得たという感想もある。実験に使った鉱物の採集地点も話すことで、鉱物・岩石は教科書の中だけのことでなく、周囲の自然にあるという意識に変わり、地学に対する考え方も変化するのではないかと私は考えている。火山灰中の鉱物砂の観察もこれと同じような効果があると思う。

岩石薄片製作実験は、地学の定番の実験として再度復活させることを提案したい。体力も要するこの種の実験は他に例もなく、苦勞して完成させた薄片への愛着も大きく、感動も伴うと言えよう。火成岩・変成岩・堆積岩(化石など)の学習では必ず薄片写真が教科書に出てくるが、薄片の製作過程を一度経験することは地学を学習する上で重要と私は考えている。

これに関連して、岩手県の実験書に、盲学校の生徒3人がこの岩石薄片製作実験を実践した報告があ

る(栃内, 2009). 薄片製作を行った生徒の感想を以下に示す.

- ・まず、自分で作れることにビックリしました。作る過程でも楽しいことばかりで、とてもおもしろかったです。最後に見た光る石の変化もきれいで、自分が作った岩石プレパラートだなんて信じられませんでした。また、機会があったら今度はもっときれいな薄いものを作りたいです。
- ・岩石プレパラートを作るのは初めてであまりやったことがない作業で、厚い岩石がどのように薄くなるのかなど、いろいろ疑問がありました。プレパラートができて顕微鏡で見ると、そのような疑問もどこかに飛んでいきました。なぜならとても美しかったからです。疲れる作業もありましたが楽しかったです。
- ・最初は岩石が厚かったので、本当に薄くなるのかなと思っていましたが、最後は消えてしまわないように気を付けなければならぬくらいになって、驚きました。薄くするのは結構疲れましたが、楽しかったです。顕微鏡を見た時は、たくさんの色があったきれいでした。作って良かったなと思いました。またいつか作りたいです。

(2) 地学は教えにくい科目か?

昨年末の岩手県総合教育センターで行われた研究発表会において、“地学分野は教えにくい”という内容の報告が中学校教諭からあった。地層が教えにくいので、“身近に教材となる地層はないでしょうか?”などと聞かれた経験もある。地学で扱う教材や標本が身近にないとか、教材の扱い方が分からないといったことではないかと思っている。地域に教材を見い出せないとなると、授業の展開は、自ずと図解や教科書が中心となる。時にビデオを見せたとしても納得のいく地学の授業にならないのは必然であろう。やはり、本物の標本を見たり触れたりすることで地学がよく理解されると私は思う。

地域にどんな地学教材があり、どこで採集できるのかといった地質情報は、一部にとどめることなく広く公開し、教育現場で活用できるようにすることが望ましいが、岩手県の地学実験書はそのような情報提供の場も担っている。

岩手県には岩手県地学教育研究会(矢内桂三会長、事務局は岩手大学教育学部土谷信高教授研究

室)という組織がある。小学校・中学校・高校の教諭、大学教官、そして一般の方で構成されるこの会は、毎年研究会や地質巡検を実施し、会誌「岩手の地学」を発刊している。特に今年度は、“地学が教えにくい”という中学校の先生方の声に応じて、盛岡周辺の地質巡検を実施した。しかし、中学校から参加された教諭は1名だけだった。クラブ指導などで当日も多忙だったかもしれないが、我々としては実に残念な結果であった。研究会や巡検に参加できる体制作りが、我々の当面の課題と言えよう。

今年、宮古市の高校1年生に“観光地「浄土ヶ浜」の白い岩は何岩か?(浄土ヶ浜流紋岩)”とか“宮古層群(白亜紀の化石を産出する地層)や宮古花こう岩を知っているか?”についてアンケートで聞いてみたが、多くの生徒は知らないという結果であった(杉山ほか, 2010)。地域にすばらしい教材があっても、それが生かされていないことは残念である。教科書の内容と地域の教材との関係を話題にしながら、標本を作ったり、薄片を製作したりすることで授業は大きく変わる。生徒は地学のみならず地域にも関心を抱くようになってくる。決して地学分野は、“教えにくい科目”ではない筈である。

(3) 地学実験の重要性を再確認

2003年5月、日本地球惑星科学関連学会2003年合同大会特別公開セッション「地学教育の昨日・今日・明日-地球惑星科学は理科・地学離れを救えるか?-」が幕張メッセ国際会議場で開催され、理科離れの中でも地学離れの著しい現状や高校における地学履修者が長年にわたり減少傾向にあることなど、地学が抱えている今日の問題が話し合われた。特別公開セッションはその後も継続され、その対策の一つとして地学教材のあり方や地学実験のあり方が話題になった。そのような中でキッチン火山学実験も紹介されてきた。生徒や一般に向けた地学実験の必要性が周知されたことは良かったと思う。

高校地学を担当して、長年、工夫しながら地学実験を行ってきた。決して十分な授業単位数があったわけではなかったが、生徒達からはもっと実験をやりたいと言われたりもした。実験をすると授業は楽しいものになり、教科書理解にもつながる。盛岡一高では、年に1~2回の地学野外実習も実施した。実習は休日に行ったが、多くの生徒が参加した。バス1台賃

し切りで盛岡市周辺に行くのであるが、化石の産出地点では採集に熱中してなかなか帰ろうとしないほどであった。生徒達は、野外実習や実験にすごく関心を持っていると私は思っている。

地学実験はもっと重要視されるべきであると思う。ビデオやスライド、既製の標本を見せるだけでは物足りない。実験より受験指導にこだわっているのであれば、今以上の地学の発展は望めないだろう。

実験は、授業を活気あるものにし、そしてまた教科書理解を助ける。実験で現象を確認・検証しながら進める形が理科であると私は思っている。物理・化学・生物は、定番の実験をプログラムし成果を上げている。総合科学的な地学であるが、実験で現象を裏付けていく授業展開が望まれよう。

地学実験に併せて設備・備品の見直しも必要と私は思っている。例えば、天文では、太陽観測が可能な装置を充実すべきで、プロミネンス、彩層などが授業と並行して観測できることが望ましい。地磁気は身近な現象であるが、授業では磁力線を意識して学習するので説明が難しいところである。伏角測定が昔からある唯一の実験機器なのである。実験室を見ると旧態依然とした感じで、地磁気の機材のみならず教育機材の更新をヒシヒシと感じている。

校舎新築ということで、地学実験室を設計してみたことがある。天井は丸天井にして、時にフーコーの振り子を振らせ、時にプラネタリウムを動かし、岩石薄片製作のできる水回り、岩石・鉱物・化石の標本展示コーナーの設置、偏光顕微鏡の生徒数完備といったことを提案した。これは実現されなかったが、地学の実験体制が確立し全国的な実践に発展していけば夢ではなくなると私は思っている。

参考文献

- 岩手県高等学校教育研究会理科部会地学部会(2009): 岩手の地学教材と実験-手彫りの地学実験書, 1-136.
- 日本地震学会(2007): 社団法人日本地震学会ニュースレター, 19, no.2, 表紙および2-2.
- 杉山了三(2009): 地域を生かした生徒自作標本による岩石・鉱物学習. 平成20年度東レ理科教育賞受賞作品集, 第40回, 1-5.
- 杉山了三・横田明広・小野寺弘幸(2010): 八重樫七兵衛先生と宮古の地質. 岩手の地学, 40号(印刷中).
- 柄内裕文(2009): 盲学校における岩石薄片の製作実践例. 岩手県高等学校教育研究会理科部会地学部会編, 岩手の地学教材と実験-手彫りの地学実験書, 8-10.

SUGIYAMA Ryouzou (2010): Practical experiments and their importance for Earth science education in high school.

<受付: 2010年2月5日>