

地学に対する興味・関心や学習意欲を高める 教材・学習プログラムの開発

北海道立教育研究所附属理科教育センター
主査（地学研究班長） 岡本 研

1 はじめに

当センターでは、理科に対する興味・関心を高め、科学的思考力を育成する観察・実験を中心とした授業づくりのために、教材開発や指導方法の研究を実施している。当センターは、物理・化学・生物・地学の4つの各研究班から組織されており、各班員はそれぞれの領域を中心とした教材や学習プログラムの開発にあたっている。本稿では、紙面の関係で、筆者がこれまで自ら開発、または開発に関わった地学領域の教材・学習プログラムのみについて紹介する。

2 開発した教材・学習プログラム

固体地球分野，気象分野，天文分野，自然災害・環境系といった地学の幅広い領域の教材開発を行った。開発した主な教材・学習プログラムを紹介する。

(1) 岩石や地層の自然情報を読解する

【概要】 身近な岩石や地層に見られる構造を観察し，その成因を科学的に考察する学習プログラム集。

【内容】 下表のような，地域で産出する様々な特徴をもった岩石や地層（または写真）を観察し，それらの成因を段階的・科学的に推定する。成因考察後，それを確かめるためのモデル実験を行うことで，理解を深めることができる。例えば，「パン皮状溶岩」は，実際に餅を焼いてみたり，「柱状節理」は，水で練った片栗粉を乾燥させるなどの方法が考えられる。



捕獲岩の成因を考察

観察する自然素材の例	考察の観点
○ 内部に別の岩石が入っている岩石（捕獲岩）	○ 内部に別の岩石が入った理由
○ 斑晶が大きく，微量の石基がある半深成岩	○ 半深成岩のできた場所
○ 発泡孔が細長く同じ方向に伸びている火山岩	○ 発泡孔の伸長方向と溶岩の流動方向
○ 柱状節理の発達した岩石の露頭	○ 柱状節理のできる理由
○ 表面がひび割れた「パン皮状溶岩」	○ ひび割れのできる理由
○ 礫が同じ方向に斜めになって並んでいる礫岩層	○ 礫が同じ方向に斜めに並ぶ理由
○ 砂岩と泥岩が交互に重なる砂岩泥岩互層	○ 砂岩と泥岩が交互に重なる理由
○ 地層に見られる褶曲構造	○ 加わった力の推定
○ 地層に見られる断層	○ 加わった力の推定
○ 鉱物が重なって見える火成岩（他形・自形）	○ 鉱物の晶出した順番
○ 風化が進行してボロボロに崩れる深成岩	○ ボロボロに崩れる理由
○ レンズ状のガラスの含まれた凝灰岩（溶結凝灰岩）	○ レンズ状のガラスの成因
○ 薄くはがれるように割れる泥岩（頁岩）	○ 薄く割れる理由

(2) 海水準変動をモデルで調べる

【概要】 海陸立体地形モデルを作製し，水を注入して海水準を変動させ，氷期や温暖期の地形変化を再現する。

【内容】 地形モデルに，現在の海水面まで青インクで着色した水を注いでいき，海水面が現在よりも低い場合の海岸線の変動や，陸化する部分を観察する。次に，現在の海水面よりも高くなるように水を注いでいき，海水面が現在よりも高い場合の海岸線の変動や，水没する部分を観察する。温暖化により海水面がどのように変動し，地形にどのような影響を与えるかを検討させたり，氷河期における動植物（マンモス等）の移動について，地形の変化から考察させる。



温暖期を再現

(3) 岩石の風化を調べる

【概要】 風化した岩石の粉末にヒドロサルファイトNaで還元処理を行い、緑色に変化することから鉄が含まれていることを推定する。

【内容】 著しく風化した岩石をハンマーで細かく砕き、ヒドロサルファイトNaを加えてから熱湯を入れ、色の変化を観察する。風化で生じた茶色の水酸化第二鉄が二価の鉄イオンに還元され、緑色に変色する。

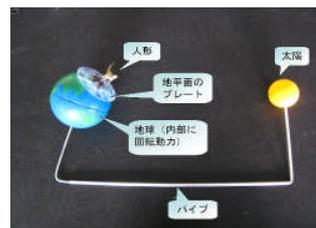


風化岩の還元処理

(4) 太陽の日周運動を調べる

【概要】 「宇宙からの視点」と「地上からの視点」を両方再現できるモデル実験装置によって、太陽の日周運動のしくみを考える。

【内容】 オルゴールを動力とする右図のような装置を作成し、宇宙から見た、季節による太陽と地球の位置関係を観察した後、観測地点を確認し、地球の自転を再現する。次に、地平線を目の高さを持っていき、手で地球を固定することによって、太陽の日周運動を再現する。また、地球を固定しているパイプの角度を変え、季節の違いによる太陽の高度変化を観察する。

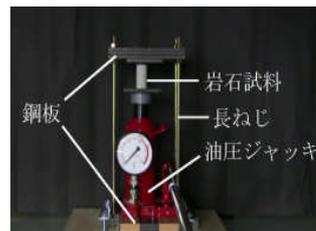


日周運動再現モデル

(5) 岩石破壊による地震発生モデル実験

【概要】 自動車用油圧ジャッキを用いて、岩石を圧縮破壊する装置を作成し、岩石を破壊する際の衝撃（地震）と、逆断層の形成を観察する。

【内容】 石膏と砂で円柱のコアをつくり、鋼板の間に置いた油圧ジャッキの上に置き、ジャッキでコアに圧力を加え、衝撃とともにコアが破壊される様子や、コアの断面（断層）を観察する。コアの破壊は逆断層の形成でもあり、小さなコアの破壊の衝撃から、大きな岩盤破壊の地震のエネルギーの大きさを実感させることができる。



岩石破壊・地震発生装置

(6) 石のおもしろ実験集

【概要】 岩石や鉱物を用いたおもしろ実験により、岩石や鉱物に興味・関心を持たせ、科学的な思考力を育成する一連の学習プログラム集。

【内容（例）】

① 鉱物に含まれる成分を調べる

マラカイト（孔雀石）やセレスタイト（天青石）等を紙ヤスリで粉末にし、暗い部屋で、ガスバーナーの火の中にマラカイトの粉末を投入し、炎の色を観察する。マラカイトには銅が含まれているため、炎は銅の炎色反応によって緑色になる。また、セレスタイトにはストロンチウムが、リシア雲母にはリチウムが含まれ、炎色反応はともに赤色を示す。※マラカイトは、粉末にして炭と混ぜて電子レンジにかけると、還元されて金属銅を取り出すことができる。



炎色反応で成分を調べる

② 黒曜石に含まれる水を調べる

黒曜石をハンマーで小さく割り、レンガの上に置き、ガスバーナーなどで直接加熱し、変化を観察する。黒曜石は天然のガラスであるが、内部に多くの水を含み、加熱することによって発泡して軽石のようなものがある。火山の軽石も融けたガラスが発泡したものであり、黒曜石に水が含まれていることがわかるとともに、火山噴出物のでき方について考えることができる。



発泡した黒曜石

③ 石英のピエゾ効果を調べる

暗い場所で、2つの石英の礫を互いに強く押しつけ、勢いよくこすりあわせると、石英の結晶内部に歪みが生じ、電圧が生じて（ピエゾ効果）石英の礫の内部が黄色に発光する。このような現



石英の発光

象は、石英を多く含むものであれば観察することができる。石英の粒をペンチでつぶしても発光を観察することができる。※逆に結晶に電圧をかけると正確に振動する現象（水晶震動）も見られ、時計などに利用されている。

(7) 火山灰（軽石）からガラスづくり

【概要】 火山灰の中の軽石を粉末にし、硼砂を混ぜて容器に入れ、七輪等で加熱することにより、緑色（還元色）のガラスをつくる。

【内容】 軽石を鉄製乳鉢の中に入れ、砕いて粉末にして、砕いた炭とともにるつぼに入れ、強力なガスバーナーで、上下から加熱する。炭を入れた七輪で加熱してもよい。緑色のガラスが出来上がり、酸化鉄が還元されたことがわかる。※鉄分が多すぎると、黒色のガラスになる。



火山灰でつくったガラス

(8) 低気圧・高気圧周辺の風の吹き方を再現する

【概要】 バケツ内に上部を切り取って側部に穴を開けたペットボトルを接着し、水を入れて回転イス上で回転させて低気圧や高気圧周辺の風を再現する。

【内容】 高気圧周辺の風を再現するため、ペットボトルの中にインクで着色した水を入れ、6個の穴から勢いよく水がペットボトルの外に出て行くようにする。次に、作製した装置を手を持ち、回転イスに座り、自分で反時計回りに回転しながらペットボトルから出て行く水の動きを観察する。低気圧の風を再現するためには、ペットボトルの外側に水を入れるとよい。※風の向きは低気圧・高気圧共に実際と同じ方向になるが、曲がり方は低気圧は同じにはならない。



高気圧の風を再現

(9) 雲のでき方を調べる

【概要】 ペットボトルに自転車用の空気入れを接続し、空気ロケットとして飛ばした後、ボトル内に生成した「雲」を観察する。

【内容】 ペットボトルに少量の水を入れ、シリコン管をつけたゴム栓をペットボトルにしっかりと取り付ける。次に、シリコン管のもう一方の端を、空気入れにつなぎ、装置を完成させ、空気入れからペットボトル内に空気を送り込む。ペットボトルが飛んだら、ペットボトル内に発生した雲の様子を観察する。



雲ロケット実験装置

(10) 酸性雨発生のメカニズムをモデル実験で調べる

【概要】 水槽の内部に湯を、上部に氷を置き、水滴を対流させる中で、紙を燃焼させ、万能試験紙で水滴のpHの変化を観察する。

【内容】 バットの上に氷をのせ、水槽の中に、pH試験紙を入れたペトリ皿とお湯を入れたペトリ皿を入れる。水槽の中の様子を観察し、湯気の様子を観察する。次に、丸めたティシュペーパーを入れた蒸発皿を入れ、ティシュペーパーに火を着け、水槽の中の湯気の様子を観察し、生じた水滴によって湿ったpH試験紙の色を読み取り、水滴のpHを調べる。※実際の酸性雨は、二酸化炭素の他に窒素酸化物（NO_x）や硫黄酸化物（SO_x）が溶け込んでおり、強い酸性を示す。これらは毒性を持つため、モデル実験では取り扱わない。



酸性雨モデル実験装置

(11) カードゲーム“雲衰弱”

【概要】 様々な雲の写真を撮影し、トランプの神経衰弱の要領でゲームを行い、楽しみながら雲の形態について学習する。

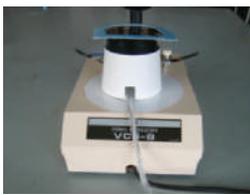
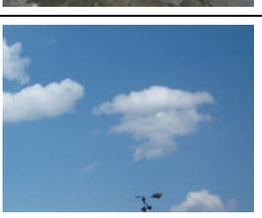
【内容】 野外で様々な雲の写真を撮影し、それぞれの雲形の名前を書き込み、同じ雲形のカードをそれぞれ2枚ずつつくる。カードゲームの“神経衰弱”のルールで、ゲームを行う。雲形の名前を書き込まない「上級者バージョン」や、合わせる写真を異なるものにする「最上級者バージョン」なども考えられる。



雲衰弱のゲーム

3 その他の開発教材・学習プログラム

その他にも、次のような地学の教材・学習プログラムを開発し、研修講座にて活用した。

<p>①実習による岩石の観察 光を当てて反射光を観察したり、ネオジム磁石との反応を調べるなど、実習を通して火成岩と堆積岩を見分け、岩石の鑑定を行う。</p>		<p>②縞状鉄鉱層を考える 加熱沸騰させた水と、空気を溶かし込んだ水を用意し、鉄粉を入れ、両者の酸化鉄のでき方の違いを観察し、縞状鉄鉱層のでき方を考える。</p>	
<p>③火山ガラスと石英の見分け方 火山灰に含まれる石英とガラスを、水を入れた容器に入れ、2枚の偏光板ではさんでルーペで観察し、両者を見分ける。</p>		<p>④砂利の中の褶曲・断層の観察 高圧変成帯（神居古潭帯等）に由来する結晶片岩の片理を観察し、褶曲や断層について学ぶ。</p>	
<p>⑤地層と化石をつくる 石膏と砂を混ぜ、枯れ葉や貝殻を用いて擬似的に“地層と化石”をつくり、硬化後にハンマーやタガネで化石発掘体験を行う。</p>		<p>⑥造岩鉱物標本づくり 石英斑岩（石英）、ランプロファイアー（黒雲母）、粗粒玄武岩（輝石）、斑禰岩（斜長石）等から、それぞれの造岩鉱物を取り出して標本を作る。</p>	
<p>⑦立体大陸移動モデル 3つの透明半球と、同サイズの発泡スチロール球を用いて「立体大陸移動モデル」を作製し、大陸移動を立体的に理解する。</p>		<p>⑧洪水の力を実感する（流水実験装置「流石くん」） 河原で採取した大きめの石を地面に置き、プラスチック板の樋を壁に立てかけて水を流し、石を動かす水流の力を調べる。</p>	
<p>⑨カルデラ形成実験 小麦粉でつくった山の中に小型風船を仕込み、風船が割れるまで空気入れて膨らませ、噴火とカルデラ形成のモデル実験を行う。</p>		<p>⑩雲のでき方を考える（「消える雲を探せ！」） 消滅すると推定される雲を探し、しばらく観察して消滅した後、その雲が消滅すると推定できた理由を考える。</p>	

4 まとめ

開発した教材や学習プログラムは、校種別研修講座のメニューとして活用された他、理科教育振興事業においても広く活用されている。いくつかのメニューは当センターWebサイトにおいて公開され、また、小冊子としてまとめた学習プログラム集は、ダウンロードできる (<http://www.ricen.hokkaido-c.ed.jp/340chigaku/index.html>)。今後も様々な開発研究を行い、成果を普及させていきたい。

5 参考文献

岡本研（2009）：探究活動を通して地質素材の自然情報を読解する学習プログラム。北海道立理科教育センター研究紀要21号。

岡本研（2008）：自走式太陽日周運動再現モデルの開発。平成19年度第39回東レ理科教育賞受賞作品集。

岡本研（2008）：岩石・鉱物を用いた面白実験“石って面白い”の実践。北海道立理科教育センター研究紀要20号。

岡本研（2007）：地質素材から自然情報の読解力を育成する学習プログラム。都道府県指定都市教育センター所長協議会地学部会（第45回）研究発表大会要旨集

岡本研（2007）：理科教育における“岩石の風化作用”の重要性。日本地質学会第114年学術大会講演要旨

岡本研（2007）：岩石の比較観察で科学的思考力を育成する。北海道立理科教育センター研究紀要19号

岡本研（2006）：自然に興味を持つ子供達を育成するための岩石・鉱物の実験の研究。日産科学振興財団 理科・環境教育助成成果報告書，2006。

岡本研（2005）：岩石の風化現象の教材化。都道府県指定都市教育センター所長協議会地学部会（第43回）研究発表大会要旨集。