

学習意欲を高める体験的な地学の教材・学習プログラムの開発

岡本 研

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。本稿では、筆者がこれまで当センターにおいて自ら開発、または開発に関わってきた地学領域の主な教材・学習プログラムについて紹介する。

[キーワード] 地学 科学的思考力 学習プログラム 学習意欲

はじめに

固体地球，気象，天文，自然災害・環境教育といった，地学学習の様々な領域の教材や学習プログラムの開発を行った。開発にあたってのキーワードは，「体験的」，「探究的」，「興味・関心」，「学習意欲」，「科学的思考力」等であり，学習内容に応じた効果的な学習方法について検討し，観察の方法やモデル実験等，様々な学習方法を提案してきた。開発した教材や学習プログラムは当センターの教員研修講座に活用しているほか，児童・生徒を対象とする理科教育振興事業等においても活用している。開発した主な教材・学習プログラムを紹介する。

開発した教材・学習プログラム

(1) 岩石や地層の自然情報を読解する

【目的】身近な岩石や地層に見られる特徴的な構造に着目し，その成因について科学的に考察し，検証を行う。

【内容】地域で産出する様々な特徴をもった岩石や地層を観察し，それらの成因を段階的・科学的に推定する。成因の考察後，それを確かめるための検証実験を行うことで，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。

岩石や地層等の地質素材には多くの自然情報が含まれている。教科書では取り扱われていない内容であっても，これらの自然情報について科学的に解釈が可能な素材は数多く，互いの考えを話し合いながら成因を考察することは，自然に対するはたらきかけという意味において大切なプロセスである。子供達のみならず，一般市民にも，身近な自然について考察することの楽しさを伝えるために，こうした一連の学習プログラムを，岡本（2007a, 2007b, 2009）^{＊1), 2), 3)} や，冊子「石の声を聞こう」^{＊4)} にまとめて公表した（ダウンロードは下記URL）。

http://www.ricen.hokkaido-c.ed.jp/240chigaku_jikken/24038voice/voice.html



図1 「石の声を聞こう」

(2) 海水準変動をモデルで調べる

【目的】モデル実験を通して、氷期や温暖期の北海道周辺の海水準変動による地形変化について理解させ、地球温暖化問題について考えさせる。

【内容】作製した北海道周辺の海陸立体地形モデルに、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（氷期）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（温暖期）の海岸線の変動や、水没する部分を観察する（図2）。水の量のわずかな変化で地形が大きく変化することがわかる。

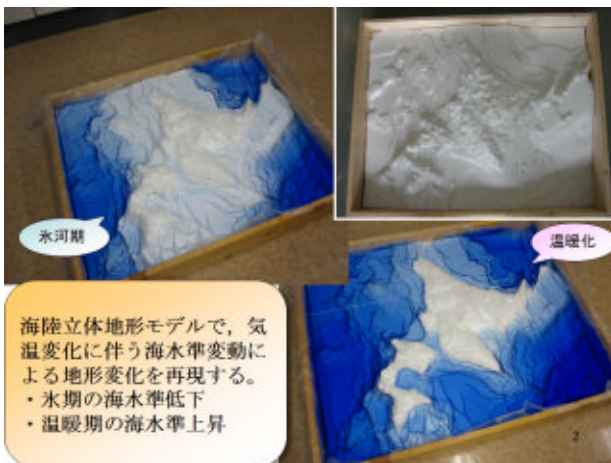


図2 海水準変動モデル実験

地球温暖化により、北海道周辺の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）の移動の経路等について、地形の変化から考察させる。

環境教育は一般に、現在の地球環境や近未来の地球環境について学ぶことが多いが、将来起きることを推定するためには、時間軸を加えた環境教育が大切である。この学習プログラムでは、モデル実験だけではなく、温暖期に水没する地域から産出する貝化石等を取り上げ、過去の温暖期の様子についても学ぶことで効果を上げている。

(3) 岩石の風化を調べる

【目的】風化した岩石の還元処理により、岩石には多くの鉄が含まれていることを推定し、地球環境への風化の影響について考察する。

【内容】著しく風化した岩石をハンマーで細かく砕き、ハイドロサルファイト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て緑色に変色することから、岩石には多くの鉄が含まれていることが推定できる。釘の赤さびを用いて同様の実験を行うことにより、その結果を検証することができる。

洪水の際の河川等の色は赤褐色であり、風化した岩石等に由来する多量の鉄が海洋に流入することとや、鉄を始めとする海水に含まれる様々な成分は岩石の風化に端を発することに気付かせることができる。また、岩石に多く含まれている長石は多くのナトリウム成分を含み、長石が風化耐性が弱いことなどから、海水中の食塩のナトリウムイオンは、岩石中の長石の風化に起因するといったダイナミックな推定に結び付けることができる。^{※5), 6)}

また、この実験方法は、化学の学習でも取り扱うことが可能であり、より広い範囲での活用も期待される。



図3 風化岩の還元処理

(4) 太陽の日周運動を調べる

【目的】「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、太陽の日周運動が地球の自転による相対運動であることを理解させる。

【内容】①オルゴールを動力とする、モデル実験装置（名称“お巡りSUN”）を作成する（図4）。②宇宙から見た、季節による太陽と地球の位置関係を観察する。③観測地点を確認し、地球の自転を再現する。④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。⑤地球を固定しているパイプの曲げる角度を変え、季節の違いによる太陽の高度変化を観察する。

このモデル実験装置は、地球からの視点と、宇宙からの視点を同時に再現できるモデル実験装置であり、空間概念の形成に役立てることができる。



図4 太陽の日周運動再現モデル

この教材と学習プログラムは、天体の運動を三次元的に理解させる上で効果的であるが、子供達に天体の運行を、宇宙と地上の両方の視点に立ってイメージさせることは、科学的思考力の育成のために非常に重要なプロセスであり、安易に初めからこの教材を用いるべきではないと考えている。児童・生徒には十分に思考させた後に本教材を用い、その思考結果を確かめさせるよ

うな学習の流れが効果的である。なお、このモデル実験装置は、「平成19年度東レ理科教育賞」の奨励賞受賞作品であり、すでに岡本（2008a, 2008b）^{※7), 8)}等で発表している。

(5) 岩石破壊による地震発生モデル実験

【目的】岩石を圧縮力によって破壊することにより、断層の形成と地震発生のメカニズムを理解させるとともに、地震のエネルギーの大きさを実感を持って理解させる。

【方法】①自動車用油圧ジャッキを用いて、図5のような岩石を圧縮破壊する装置を作成する。②岩石を切断してつくったコア、または石膏と砂でつくったコアを油圧ジャッキの上に置き、油圧ジャッキでコアに圧力を加える。③圧力によって大きな衝撃とともにコアが破壊される様子や、コアに生じた断層を観察する。

コアの破壊は逆断層の形成でもあり、小さなコアの破壊による大きな衝撃から、岩盤破壊による地震のエネルギーの大きさを実感させることができる。この実験装置は、筆者が開発し、試作品（第1号機）を作製したものを、当センターに在籍していた宮古昌地学研究室研究員が、産業技術総合研究所の高橋学主任研究員の指導の元、改良を加えて完成させたものである。

油圧ジャッキをどの程度の耐圧のものにするかによって、破壊できるコアの強度やサイズが異なるが、耐圧4t以上のジャッキを用いると爆発的な大音響とともにコアが破壊されるため、教育的効果はさらに高くなる。岩石の破片が周囲に飛び散り、危険性があるため、アクリル板のついたてを使用すべきである。この装置は、教員研修講座で活用しているほか、「地震のサイエンスショー」においても活用した。なお、本教材は宮古・岡本（2009）^{※9)}において詳細が紹介されている。



図5 岩石破壊・地震発生装置

(6) 鉱物に含まれる成分を調べる

【目的】 鉱物の炎色反応実験によって、鉱物に含まれている元素を推定する。

【内容】 マラカイト（孔雀石）、セレスタイト（天青石）、リシア雲母等の金属を含む鉱物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鉱物の粉末を投入し、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を示し（図6）、セレスタイトにはストロンチウム、リシア雲母にはリチウムが含まれており、炎色反応はともに赤色を示す。

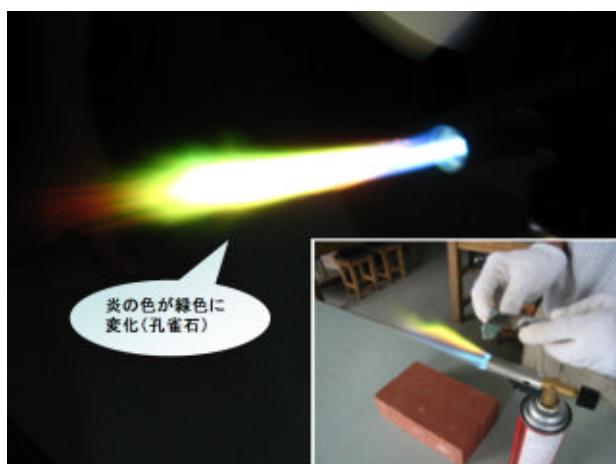


図6 炎色反応で鉱物の成分を調べる

なお、マラカイト等の金属鉱物を粉末にして炭（備長炭）と適量混ぜて電子レンジ

にかけると、還元されて金属を取り出すことができる。硫化鉱物等は有害な気体が発生するため、この実験においては酸化鉱物を用いるのが望ましい。電子レンジを用いた鉱石から金属を取り出す実験は、北海道滝川西高等学校の加藤識泰教諭が精力的に開発・研究を行い、その普及に努めている（加藤，2006）。^{※10)}

(7) 黒曜石に含まれる水を調べる

【目的】 黒曜石を加熱し、膨張の様子を観察することにより、内部に含まれる水の量を推定する。

【内容】 黒曜石をハンマーで小さく砕いたものをレンガ等の上に置き、ガストーチで直接加熱し、膨張変化を観察する。

黒曜石は天然のガラスであるが、加熱することによって発泡して軽石のようになるものがある。この実験により、黒曜石の内部には水が含まれていることがわかる。また、火山の軽石も溶岩のガラス成分が水蒸気やガスによって発泡したものであり、火山噴出物のでき方についても考えることができる。

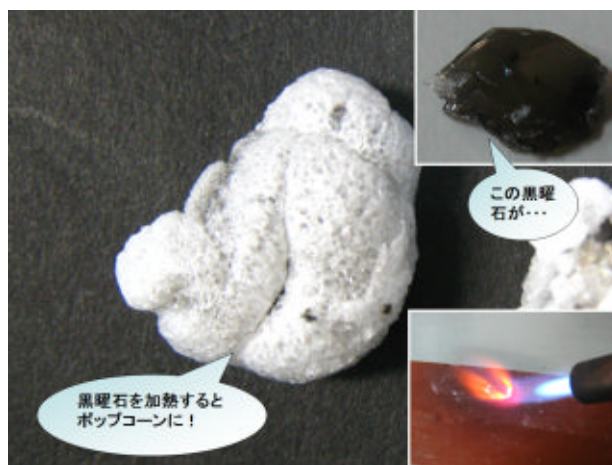


図7 黒曜石の発泡実験

図7は、北海道奥尻島に産出する黒曜石を加熱したものであり、発泡して膨張した人工パーライトとなったものである。奥尻島には黒曜石周囲に天然パーライトが産出

する。なお、全国的にも有名な北海道遠軽町白滝の黒曜石は、加熱しても全く発泡しない。各地の黒曜石を探究的に比較実験してみるとよい。

(8) 石英のピエゾ効果（圧電効果）を調べる

【目的】石英同士をこすり合わせたときの発光現象を観察し、その原因や、現象と人間生活との関わりについて学ぶ。

【内容】暗い場所で、2つの石英の礫や水晶を互いに強く押しつけ、勢いよくこすりあわせるとオレンジ色に発光する現象が観察される。この発光現象は、圧力が加えられた石英の結晶内部に歪みが生じ、ピエゾ効果（圧電効果）により電圧が生じて石英の礫の内部がオレンジ色に発光したためである（図8）。このような現象は、石英を多く含むものであれば観察することができるほか、氷砂糖でも同様の現象を確認することができる場合がある。

圧電効果を高めた人工の物質は、圧電素子として電子ライターやガスレンジ等の着火装置に用いられている。また、水晶等の結晶に電圧をかけると結晶に歪みが生じ（逆ピエゾ効果）、そのため結晶が振動する（水晶震動、水晶発振）。この性質を利用して作られた水晶震動子は、デジタル時計などに利用されている。

実験に用いる石英の礫は、ホームセンターや百元ショップ等で販売されている庭石の白色（大理石は不可）のものが適している。また、川原の礫にも石英を主体としたもの（石英片岩、珪岩等）は多数見つけることができ、野外においても入手は比較的容易である。

この簡単な実験は、児童・生徒や大人でも手軽に実施することができる。初めて体験すると、火打ち石とってしまうことが多いが、実際は発電であるという意外性が科学に対する興味・関心を高めるのに効果

を発揮する。非常に身近で平凡な石が人間生活と深く結びついており、さらにハイテク産業との結びつきへと発展する題材であり、様々な場面で活用が可能である。



図8 石英のピエゾ効果による発光

(9) 火山灰（軽石）からガラスづくり

【目的】火山灰中の軽石からガラスをつくり、自然素材の人間生活との関わりについて学ぶとともに、軽石に含まれる成分について考察させる。

【内容】①火山灰中の軽石を鉄製乳鉢の中に入れ、砕いて粉末にする。②粉末に融点降下剤として硼砂や食塩を適量混ぜ、砕いた炭とともに耐熱容器に入れる。③簡単な炉を組み、強力なガストーチで約20分間加熱溶解する。炭を入れた七輪で加熱する方法



図9 火山灰でガラスをつくる実験

もある。④冷えてから容器に打撃を加えると緑色のガラス破片を取り出すことができる。

緑色に変化したことから、軽石に微量に酸化鉄が含まれており、この酸化鉄が還元されたことがわかる。鉄分が多すぎたり、空気に触れる状態で加熱した場合は、黒色のガラスができる。

(10) コリオリのカモデル実験

【目的】水を用いたモデル実験によって、低気圧や高気圧周辺の風を再現し、コリオリの力について理解させる。

【内容】①バケツの内部に、上部を切り取り側部に6個の穴を開けたペットボトルを接着した実験装置を作製する。②高気圧周辺の風を再現するために、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。③次に、装置を手に持ち、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回転系から観察する。



図10 コリオリのカモデル実験

回転により水流の向きが変化する様子が観察される。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。生徒に観察させるときは、必要以上に回転させないように注意が必要である。

また、この実験における風向は、低気圧・高気圧共に実際の風向と同じ方向になるが、曲がり方については、低気圧では同じ曲がりにはならない。

(11) ロケットで雲のでき方を調べる

【目的】ペットボトルと空気入れを用いて、断熱膨張による雲の発生について学ぶ。

【内容】①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。②次に、シリコン管のもう一方の端を、空気入れにつなぎ、装置を完成させる(図11)。③空気入れでペットボトル内に空気を送り込む。④内圧が上昇し、ペットボトルが勢いよく飛んだら、ボトル内に発生した雲の様子を観察する。

空気を送り込むことによってボトル内の圧力が上昇し、温度も上昇していくが、栓が抜けてボトルが飛ぶと同時に、ボトル内は急激に減圧され、断熱膨張が起きて温度が低下し、多量の「雲」がボトル内に発生する。

雲発生のモデル実験には様々な方法があるが、この方法は圧力の変化が大きいため、線香の煙を入れなくても「雲」によって、ボトルの内部は真っ白になる。ロケットのように爆発的にボトルが飛び出す様子などから、非常に印象に残る実験であり、教育



図11 雲ロケット実験装置

的効果は高い。

この実験は、元々当センターが児童・生徒を対象として実施してきている移動理科教室のメニューである「水ロケット飛ばし」の、水を用いない方法（空気ロケット）であるが、ロケットが飛ぶことはもちろん、飛ばした後のペットボトルの内部が白くなることに対して強い興味・関心を持つ子供達が非常に多かったことから、雲発生実験としての活用を思いついたものである。

(12) 酸性雨発生モデル実験

【目的】大気中の放出された酸性物質が雨に溶けることにより発生する酸性雨を再現するモデル実験を行い、酸性雨発生のメカニズムについての理解を深めさせる。

【内容】①水槽の内部に湯を置き、上部にのせたパットに氷と食塩を入れ、水槽内で水滴（湯気）を対流させ、降雨と水の循環に見立てる。②水槽の壁の内側と外側には、十分に湿らせた万能試験紙を貼り付ける。③次に、丸めたティシュペーパーを入れた蒸発皿を入れ、人間の化石燃料の消費に見立ててティシュペーパーを燃焼させる。④水槽の中の水滴の様子と万能試験紙の色の変化を観察し、水滴のpHの変化を調べる（図12）。⑤数分で内側の万能試験紙がオレンジ色に変色してpH4程度を示し、酸性

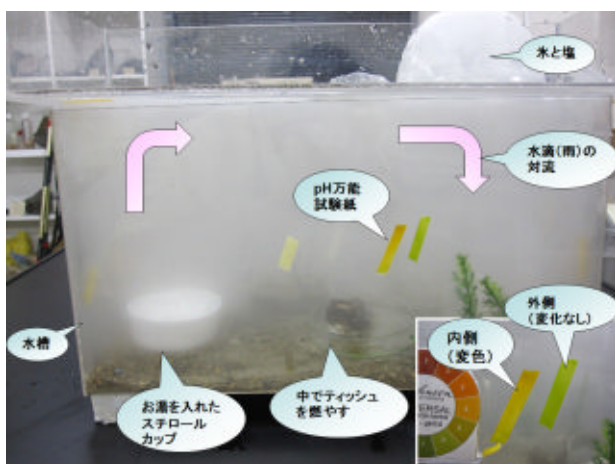


図12 酸性雨発生モデル実験

雨が発生したことがわかる。

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)が溶け込むことが原因となっており、石油等を水槽内で燃焼させる方法も考えられるが、その際は毒性を持つ気体が発生するため、通常の実験室では取り扱わないようにすべきである。

(13) カードゲーム“雲衰弱”

【目的】雲のカードを作製し、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興味・関心を持たせながら学習する。

【内容】野外で様々な形状の雲の写真を撮影し、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。ゲームを通してカードの雲をよく観察することになり、雲の形状の多様性や類似性を理解し、雲に対する興味・関心を向上させることができる。



図13 カードゲーム“雲衰弱”

ゲームのルールは様々に工夫することができ、例えば雲形の名前を書き込まない「上級者バージョンカード」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カード」を作製したり、雲の高度ごとの得点配分の工夫などが考えられる。

このようなカードを活用した学習は、動植物や岩石等、識別が困難な自然素材に対して用いると効果的である。

(14) 実習による岩石の観察

【目的】 様々な岩石の光の反射の様子を調べたり、強力な磁石と岩石との反応を調べる実習を通して、火成岩と堆積岩を見分けさせる。

【内容】 LEDライトを用いて、岩石に光を当てて反射光を観察し、「ほとんど反射光が見られないもの」「ところどころ反射光が見られるもの」「全体的に反射光が見られるもの」に区別する。

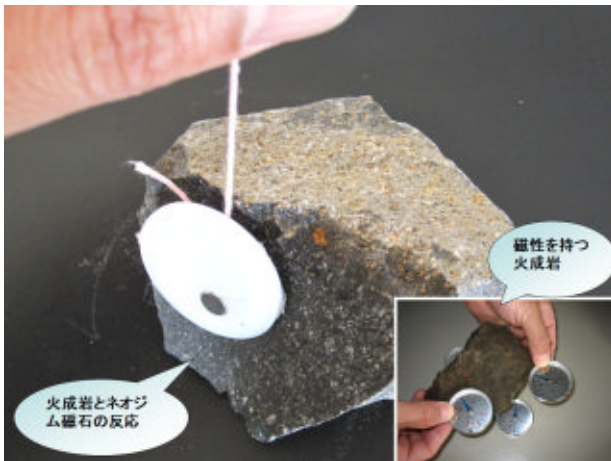


図14 火成岩と磁石の反応

また、図14のように、強力な磁石を糸でつり下げたもの（名称“マグマグネット”）を用いて磁石と岩石との反応の強さを調べ、反応のあるものと、ほとんどないものに区別する。この2つの実習において、「反射光が見られ、磁石に反応するもの」は火成岩である可能性が高く、その逆は堆積岩である可能性が高い。

このように、生徒自身が手を動かし、探究的な実習を通して火成岩と堆積岩を見分けることにより、「どうしてだろう?」「もっと他のものでもやってみたい」という意欲が高まり、岩石学習が魅力あるものに生まれ変わる。

□参考1：岩石の反射光

鉱物は結晶であり、結晶面という平坦面を持っている。火成岩に含まれる鉱物は初生的な形状を保っているため、結晶面により光をよく反射する。特に大型の鉱物ほど反射光が強くなるため、火山岩は斑晶部分が輝き、深成岩は全体的に輝くことになる。

一方、堆積岩では、その粒子は運搬される過程で表面が傷ついたり摩耗したりしてしまうことが多いため、光が反射しにくい傾向がある。ただし、中生代の砂岩など、古い堆積岩は続成作用が進行し、粒子間の隙間に新たな鉱物が生じているため、よく光を反射するものが多くなるため、観察させる際には注意が必要である。

□参考2：磁石との反応

マグマは鉄を多く含み、火成岩には鉄鉱物である磁鉄鉱（magnetite）という磁性を持つ鉱物が多く含まれており、火成岩は磁性が強くなる傾向がある。しかし、単に磁鉄鉱が多いという理由だけで火成岩の磁性が強いわけではない。1000℃以上の温度のマグマが冷却される過程（火山岩の生成）において、磁鉄鉱のキュリー温度（578℃）を通過する際に地球磁場が岩石中の磁鉄鉱に記録され（熱残留磁気）、すべての磁鉄鉱の磁性が同じ方向となる。そのため岩石全体としての磁性はさらに強くなる。

一方、堆積岩をつくる地層では、水流によって粒子は重量ごとに分離されやすく、非常に比重の大きい磁鉄鉱は選別されてしまう傾向がある。また、火成岩のように熱残留磁気を獲得する機会もない。しかし、海底や湖底等で粒子が堆積する際に、わずかに含まれる磁性鉱物は、そ

の時の地球の磁場の向きに並んで堆積する確率が高く、堆積岩にも極めて弱い残留磁気は残っている。

沈殿したものと考えられている。全世界の鉄鉱石埋蔵量の大半がこの縞状鉄鉱床である。

(15) 縞状鉄鉱層を考える

【目的】古代の海底で多量の鉄が沈殿し、縞状鉄鉱床を形成した過程について、実験を通して理解させる。

【内容】加熱沸騰させて溶存酸素を少なくした水と、酸素を十分に溶かし込んだ水をそれぞれ容器に入れ、同量の鉄粉を入れて容器を密封し、両者の酸化鉄のでき方の違いを観察する(図15)。

酸素を溶かし込んだ水では、鉄を投入して数分後に変色を確認でき、黄色っぽくなる。時間経過と共に水の色が濃くなるとともに酸化鉄がコロイドとなって沈殿していく様子が観察されるが、酸素の少ない水ではほとんど変化が起きず、時間の経過とともにさらに両者のちがいが明確になっていく。



図15 縞状鉄鉱層の成因を考える

□参考：縞状鉄鉱床

縞状鉄鉱床は、先カンブリア紀に、シアノバクテリアの光合成によって生成した遊離酸素が、当時海水中に大量に溶解していた鉄イオンと結びつき、不溶化・

(16) 偏光板を用いた鉱物の観察

【目的】様々な鉱物の破片を偏光板に挟んで観察することで、肉眼ではわからない鉱物の光学的性質や内部構造を調べることができることを学び、偏光顕微鏡の仕組みについての理解を深める。

【内容】白雲母やトパーズ等を薄い破片にしたものを偏光板で直交ニコルの状態で挟んで観察すると、干渉色によって、鉱物の内部構造がわかる。同様の方法で、薄くした氷柱を観察すると、氷柱の内部構造も見える。また、無色透明で区別しにくい、石英粒と火山ガラスを含んだ火山灰を、水を入れたペトリ皿に入れ、2枚の偏光板ではさんで回転させながらルーペや双眼実態顕微鏡で観察すると、ガラスは変化しないが、石英は明るさが変化し、両者を見分けることができる。

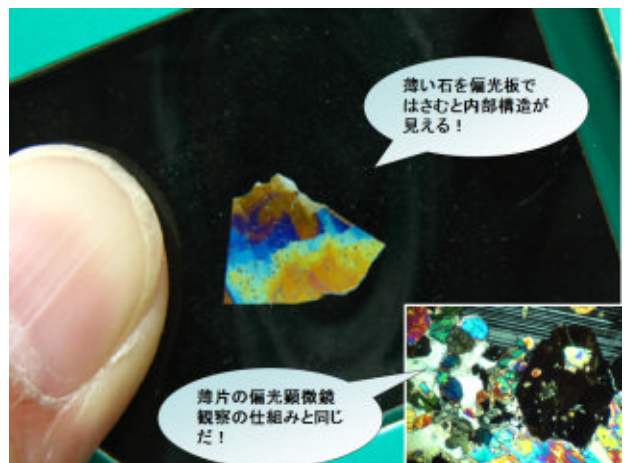


図16 偏光板で鉱物を観察

この実習により、肉眼では見えない自然情報を知る方法があることについて学ぶとともに、鉱物がそれぞれ異なった光学的性質を持つことについて学ぶことができる。また、鉱物の研究には欠かせない偏光顕微

鏡の仕組みについても理解を深めることができる。なお、本稿の石を用いた各種実験(3), (6), (7), (8), (9), (14), (16)の内容は、岡本(2006, 2008c)^{*11), 12)}や、実験書「石って面白い」^{*13)}にまとめて公表している。

(17) 砂利の中の地層・褶曲・断層の観察

【目的】地層・褶曲・断層について学ぶ際に、写真やモデル実験ではなく、実物を観察し、そのでき方について考察させる。

【内容】深海底堆積物や湖底堆積物等の地層では、非常に細かな縞模様が見られる場合がある。このような地層が河川の侵食・運搬作用によって、小さな礫(“石ころ”)になったものは、一人一人が手に取って地層を観察する素材として活用することができる。中には、図17のように、ミニ断層が見られる礫もある。



図17 石ころや庭石の地層・褶曲・断層

また、北海道でもよく見られる、高压変成帯(神居古潭帯等)に由来する結晶片岩には片理が発達しており、これを褶曲に見立てることができる。これらの“石ころ”の褶曲を観察し、どのような力が加わって褶曲や断層ができたのかを考察する。

中学校の新学習指導要領では、「褶曲・断層」の学習が復活した。野外の露頭観察ではよく見かける構造であるが、授業におい

て野外観察の実施は困難である場合が多く、本物を観察させることができる学校は多くない。こうした状況の中で、この単元は写真やモデル実験のみで学習することが多くなることが予想されるが、褶曲や断層の構造を持った礫や庭石を活用することで、小さいながら「実物」を観察させることができるようになる。モデル実験とは異なり、実物は様々な方向から応力を受けており、力の方向を簡単に割り出すことができない場合もあるが、それがまた自然の複雑さを学ぶことにもなる。写真は二次元的であり、応力の解析には情報が不十分である。

(18) 地層と化石をつくる

【目的】地層と化石のでき方を再現し、教室で疑似的な化石発掘体験を行う。

【内容】①石膏と砂を1:1に混ぜ、水を加えて容器に流し込み、地層に見立てる。②その地層の上に、生物遺骸として枯れ葉や貝殻を“堆積”させる。③さらに石膏と砂の地層を堆積させていく。④何層か堆積させて、疑似的に“地層と化石”をつくり、硬化後にハンマーとタガネを使って、化石発掘体験を行う。

枯葉は、初冬の黒色化したものを押し葉にしておくといよい。また、貝は二枚貝が比較的割り出しやすく、ホタテガイのように



図18 作製した“化石”

細かな肋があるような貝が適している。この実習においては、事前に植物や貝の本物の化石を観察させておき、化石に対するイメージを持たせておくことが大切である。

(19) 造岩鉱物標本づくり

【目的】中学校の教科書等に掲載されている、各種造岩鉱物の標本づくりを通して、各鉱物の特徴をとらえるとともに、どのような状態で岩石に含まれているのかについて学ぶ。

【内容】北海道各地から産出する、比較的大型の造岩鉱物が含まれている岩石から各鉱物を取り出し、鉱物の形状や岩石の構造について観察し、鉱物標本を作製する。自形鉱物を得るためには、半深成岩などの斑晶部分が適しており、また、やや風化した岩石の方が鉱物を取り出しやすい。実習に用いた岩石を下表に示す。

岩石	鉱物	産地
石英斑岩	石英	北海道札幌市
ランプロファイアー	黒雲母	北海道浦河町
粗粒玄武岩	輝石	北海道根室市
斑禰岩	斜長石	北海道士別市
角閃岩	角閃石	北海道士別市
かんらん岩	かんらん石	北海道様似町

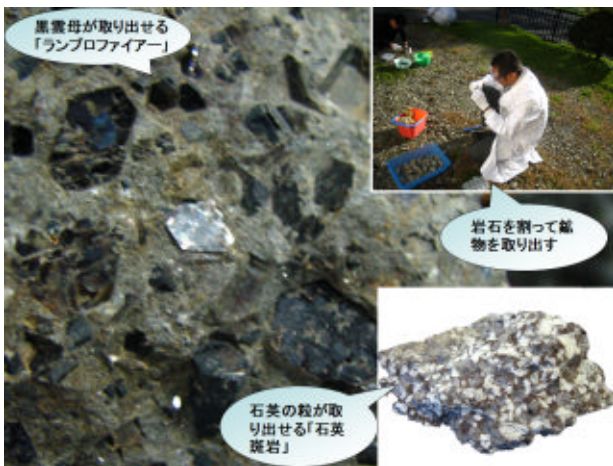


図19 岩石から鉱物を取り出す

(20) 立体大陸移動モデル

【目的】教科書等では二次元的に図示されている大陸移動について、立体的に理解させる。

【内容】3つの同じサイズの透明半球それぞれに、北アメリカ大陸、南アメリカ大陸、アフリカ大陸を別々の色で描き、これらを同じサイズの発泡スチロール球にかぶせて「立体大陸移動モデル」を作製する。

自分の手で大陸を自由に移動させることによって、過去にどのように大陸が移動していったのかを立体的に理解することができる。

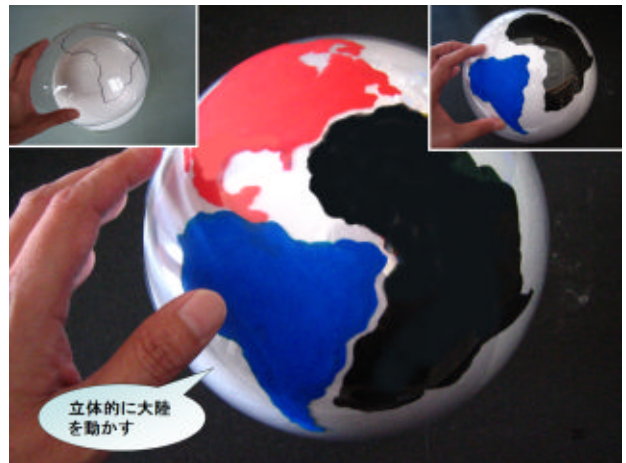


図20 立体大陸移動モデル

(21) 洪水の力を実感する流水実験

【目的】川原で採取した礫を用いた流水実験によって、洪水発生時の河川の流水の力の大きさについて実感を伴った理解をさせる。

【内容】川原の野外観察において採取した大きめの石（礫）を地面に置き、図21のように、大型のプラスチック板の樋を壁に立てかけた装置（名称“流石くん”）に、バケツで水を流し、どのくらいの勢いで水を流せばどのくらいの大きさの石が動くのかを調べ、洪水時の流水のエネルギーを実感を持って理解する。



図21 流水実験装置“流石くん”

(22) カルデラ形成実験

【目的】カルデラのでき方について、モデル実験を通して理解させる。

【内容】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て爆発させ、火山噴火とカルデラ形成のモデル実験を行う。または、膨らませた風船を埋め込み、針金などで割って爆発させる。小麦粉の火山を手で固めるときの加減によって、様々な形態のものをつくりだすことができる。砂場でスケールの大きい実験を行う方法もあるが、風船の上の砂が崩れ落ちてくるため、砂を適度に湿らせる必要がある。

支笏湖、洞爺湖、阿寒湖等、北海道に数多く見られるカルデラ湖や、札幌市周辺にも厚く堆積している支笏火砕流堆積物等と関連させて学ばせるとより効果的な教材である。

□参考：支笏湖カルデラ

支笏湖は4万年前の噴火によって生じた巨大なカルデラ湖であるが、この噴火の際に100km³にも及ぶ多量の火山灰が噴出し、大規模な火砕流が発生した。この火砕流は石狩地方や胆振地方を広く覆い、南方に流れていた当時の石狩川の流路を、

北方の石狩湾へ注ぐ流路へと変更させた。現在も札幌市南部を中心とした山岳地を広く覆っている支笏火砕流堆積物は、「札幌軟石」という溶結凝灰岩の厚い地層を形成している。

カルデラ形成と火山の大規模な爆発的噴火の関連を実感させる出来事である。



図22 小麦粉“カルデラ”

(23) 実習「消える雲を探せ！」

【目的】雲の形態の変化の観察から、雲の生成と消滅のメカニズムについて考察させる。

【内容】直後に消滅すると推定される雲（底面が不規則になっている雲）を探し、その雲が縮小・消滅するまで数分間観察させる。その後、その雲が消滅すると推定できた理由を考えさせる。

雲が上昇気流によって発生する場合、雲の底面は平坦になっている。このような形状の雲は成長していくことを示しているが、底面が不規則になっている雲は、上昇気流に支えられていないことを示しており、消滅していく可能性が高い。このことを生徒に十分理解させた上で、生徒自身に「消える雲」を発見させると効果的である。また、雲の画像からその後の成長や消滅を推定させ、実際の結果の画像を見せることで“トレーニング”することもできる。

この実習では、「自然の事物・事象は、その姿形によって様々な情報を伝えてくれている」という、「自然情報の読解」という観点を子供達に伝えて欲しいところである。なお、この実習は当センター地学研究室（現地学研班）に長年伝えられてきたものである。



図23 消える雲探し



図24 風景写真のその後を推定

(24) 気象要素のグラフ化と天気の変化

【目的】気圧，風力，気温，風向等の気象要素をグラフ化し，その日の低気圧の移動経路等について考察する。

【内容】①気象庁のサイトから，低気圧が通過する前後の気圧，風力，気温，風向等の気象データを調べ，表計算ソフトに貼り付けてグラフを作成する。②グラフの形状か

ら，低気圧が観測地に対してどのような経路で移動していったのかを推定する。③別地点において，グラフがどのような概形となるのかを推定する。④推定の結果を，実際のデータによって検証する。

グラフを自分で作成したり，グラフから低気圧の経路を推定するなどして，自らデータに対してはたらきかけを行い，自然情報を読み取ることは，理科における言語活動の充実に結びつく。なお，この実習は，北海道防災教育資料（北海道防災教育資料作成委員会発行）※14）に掲載されている。

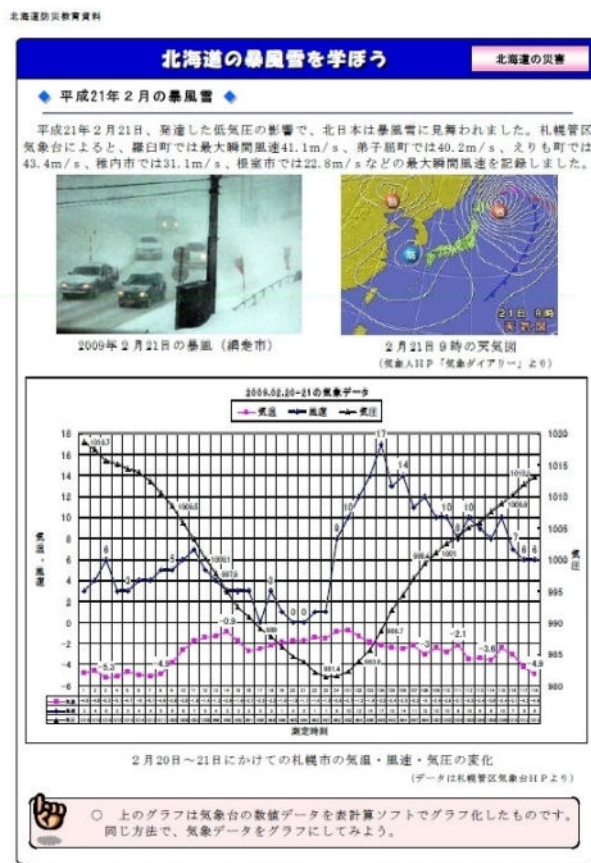


図25 気象要素のグラフを読む
(北海道防災教育資料より)

おわりに

開発した教材や学習プログラムは，当センターの教員研修講座のメニューとして活用されている他，児童・生徒を対象とした理科教育振興事業においても広く活用されている。

いくつかの実習メニューは、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、理科教育センターのホームページの下記URLにてpdfファイルでダウンロードすることができる。

<http://www.ricen.hokkaido-c.ed.jp/340chigaku/index.html>

参考

- 1) 岡本研 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 2007a
- 2) 岡本研 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 2007b
- 3) 岡本研 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 2009a
- 4) 岡本研 石の声を聞こう. 北海道立教育研究所附属理科教育センター発行物 2009b
- 5) 岡本研 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 2005
- 6) 岡本研 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 2007c
- 7) 岡本研 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 2008a
- 8) 岡本研 自走式太陽日周運動再現モデル実験装置“お巡りSUN”の開発. 北海道立理科教育センター研究紀要20号 2008b
- 9) 宮古昌・岡本研 岩石破壊により地震発生のメカニズムを探究する. 北海道立理科教育センター研究紀要21号 2009
- 10) 加藤識泰 電子レンジによる鉱石の還元. 理科教育ニュース第649号 株式会社少年新聞社 2006
- 11) 岡本研 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
- 12) 岡本研 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 2008c
- 13) 岡本研 石って面白い. 北海道立教育研究所附属理科教育センター発行物 2007d
- 14) 北海道防災教育資料作成委員会 北海道防災教育資料(風水害編) 2009

(おかもと きわむ 地学研究班)