

簡単にできるプレートテクトニクスのモデル実験

- 見通しを持った観察・実験の活動に取り組みさせる指導のあり方について -

鴻上 貴 岡本 研

火山の活動や地震，地層の形成，地形の変化，いずれの事象も生徒たちの日常生活では認識できないほど大きな時間的・空間的な広がりがある。実際にその事象を見たり，具体的にイメージするのは難しいため，モデル実験等を通して補うことが必要となってくる。本年度，北海道立理科教育センターの「中学校アドバンス講座」に参加した際に，簡単に実験できて，地球内部のマントルの動きを具体的にイメージすることができるモデル実験の開発に取り組んだ。

[キーワード] 中学校理科 第2分野 大地のつくりとその変化 プレートテクトニクス
マントル対流

はじめに

授業内容をより深く理解させるためには，単元導入部（オリエンテーション）において単元全体を見渡した課題や活動を取り入れ，それに向けた解決等，課題を意識させる形で授業を展開させることが大切である。

そこで最も大切なこととして，生徒の学習意欲を高めることがあげられ，オリエンテーションの際にその単元を象徴した実験を行うよう取り組んできた。ここでいう『単元を象徴した』とは，生徒の興味・関心が高められるだけではなく，授業内容を十分に理解することによって，その実験を通して湧いてくる疑問が初めて解けるようなもの（最初はなぞなぞのようなものもある）や，その単元全体を生徒にわかりやすくイメージさせるものである。

1 単元について

2 大地のつくりとその変化

1章 地層からわかること（露頭・地層・化石）

2章 火山活動と火成岩（火山噴出物・火山の特徴・火成岩の特徴・造

岩鉱物の種類と特徴）

3章 地震と地球内部の活動（地震のゆれの大きさと伝わり方・地震の原因と火山の成因）

中学校理科第2分野「大地のつくりとその変化」を授業で取り扱うにあたって，単元導入部で生徒に把握させたいことは，単元で行う様々な観察・実験は，自然現象の一連の流れの中でつながりを持つということである。例えば，『地球の内部は熱い』という根源的な事象によって引き起こされる自然現象として，「岩石の風化 侵食 運搬 堆積から地層が形成され，地殻変動により地上に現れ，露頭となること」，「プレートの沈み込む動きに沿って火山の分布があること」，「地球内部の活動により，マントル深く沈んでいるものが地表に現れ，火成岩や造岩鉱物となってわれわれの前に現れること」などがある。これらはすべて地球本体の熱によるマントルの対流が根本的な原因となっており，その結果として一連の様々な自然現象が起こるということを教えているのである。

つまりこの単元では，それぞれの章の学習に入る前に，まず地球の内部活動について学

び、マンツルの対流（ブルームテクトニクス）・プレートテクトニクス等の現象の概要について把握した上で、全体の内容を学ぶことが、以下の3点の理由から望ましい。

それぞれの章の観察・実験が個々に単独なものではなく、一連の流れとしてとらえることができる。

その現象が起こる理由（マンツルの対流・プレートテクトニクス）を頭に描きながら学習することができる。

日常生活の中にある地学的な現象から、地球内部の様子を想像することができる。

2 モデル実験の開発

モデル実験の開発にあたり、次の点について留意した。

材料が安価であること
 特殊な材料や器具は使わないこと
 再現性が高いこと
 生徒が実際に実験を行うことができること

特に は重要で、いくら優れたモデル実験でも成功率が低くては、かえって理解の妨げになることがある。また、ただの演示実験で終わるものと実際に自分達の手で準備してその変化を確認できるものとは大きく効果が異なる。「はじめに」でふれたように興味・関心を高めるためには、やはり実際に体験することが大切である。今回開発したモデル実験ではこの4つの条件を満たしたものができたと考えている。

実験に必要な物品は、ガスバーナーやセラミック付き金網等、実験室に常備されているものの他、ほとんどが量販店で購入できるものばかりである。ただ耐熱ガラス食器だけは

食器店で購入した。この食器はパウンドケーキを焼く際に使用する物であり、形はパウンド型（18×8 cm用）で、食器店等で一般的に取扱われている（東急ハンズ等、単価 800 円程度）。非耐熱ガラスでこの実験を行うと、ガスバーナーの加熱に耐えられない可能性がある。

モデルについては2通りのものを考案した。モデルAは、下部のマンツルを豆乳で表現するタイプである。動きがなめらかで、加熱した豆乳が固まりとして動いていくことで、上昇したマンツルを固体としてとらえて立体的に見ることができる。モデルBは、上下のマンツルをPVAのりで表現している。透明度が高く、全体の対流の様子がわかりやすいのが特徴である。

3 モデル実験の実施

次の手順でモデル実験装置を組み、実験の準備を行う。

モデルA（マンツル下部が豆乳）

【準備するもの】

- ・PVAのり（上部マンツル原料）
- ・豆乳（下部マンツル）
- ・水（海洋部）
- ・緑色食用色素（PVAのりに着色）
- ・青色食用色素（水に着色）
- ・耐熱ガラスの器（耐熱ガラス食器パイレックスを使用）
- ・ガスバーナー（一般的に実験に使用しているもの）
- ・三脚（2台）
- ・セラミック付き金網（一般的に実験に使用するもの）
- ・ピーカー（300ã 2個，100ã 1個）
- ・ろうと（PVAのり，豆乳を注入）

300ã のビーカーを 2 個 (A , B) と 100ã のビーカーを 1 個 (C とする) 用意する。

A のビーカーに水を 70ã 入れ , 食用色素 (緑色) で着色する。十分攪拌した後 , PVA 糊を 230ã 入れてさらに攪拌する。(この際に液中に気泡が入るが , 少し置いておくとなくなる。)

B のビーカーに豆乳を 5ã 入れ , 水 25ã と PVA のり 120ã を混ぜる。

C のビーカーに水 60ã を入れ , 食用色素 (青色) を加えて攪拌する。

三脚を 2 つ並べてその上に金網を置く (図 1)。金網はバーナーで加熱しやすいように長方形に切り取っておく。片方にセラミック付き金網を置き (図 2) , その上に耐熱ガラスの器をまたがるように置く。

耐熱ガラスの中に , まずビーカー C の液体を入れる。これが海洋にあたる (図 3)。

次にビーカー A の液を , ろうとで C の下に注ぐ。これが上部マントルにあたる。

さらにろうとで丁寧にビーカー A の液の下にビーカー B の液を注入していく。これが下部マントルにあたる。

大陸側のプレートのモデルになる木片を斜めにセットしたら準備完了 (図 4)。

ガスバーナーに着火し , 容器内の変化を観察する。

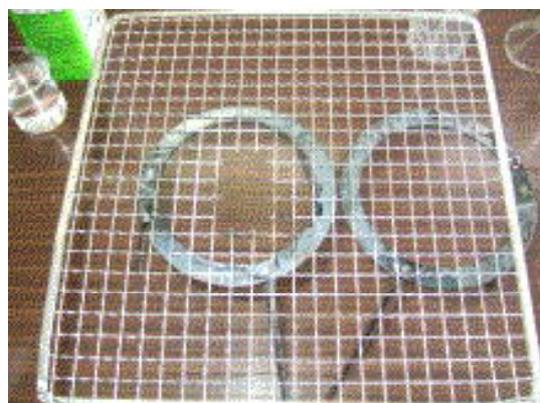


図 1 三脚と金網の設置



図 2 セラミック付き金網の設置

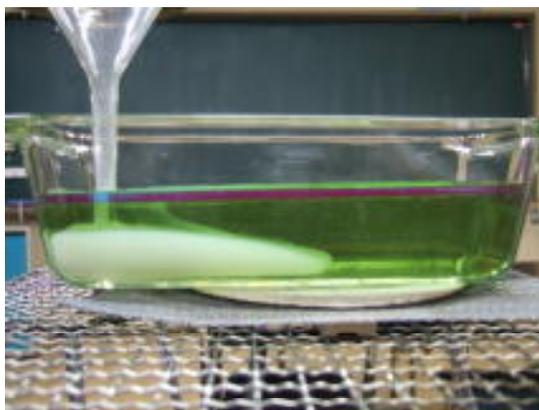


図 3 順に液を下に入れる

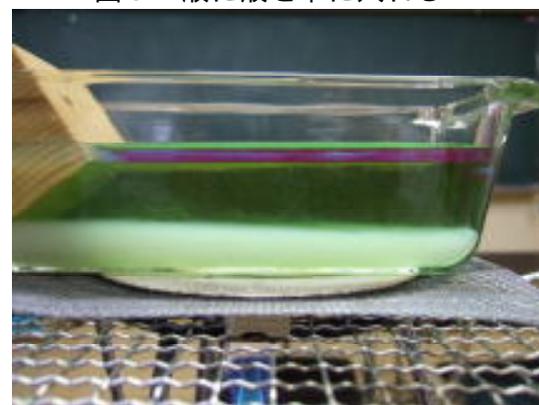


図 4 大陸 (木片) のセット

加熱を開始すると , しばらくして容器中央部から豆乳を含んだ液が上昇し始める (図 5)。これはマントルの上昇 (プルーム) を表している。上昇したマントルはやがて中央海嶺下部に達し , 左右に広がり始める (図 6 , 7)。マントルはさらに広がり , 海溝付近に到達し (図 8) , 大陸の下に潜り込む (図 9)。このようにして , 地球内部で起きているマントル対流の様子が再現される。

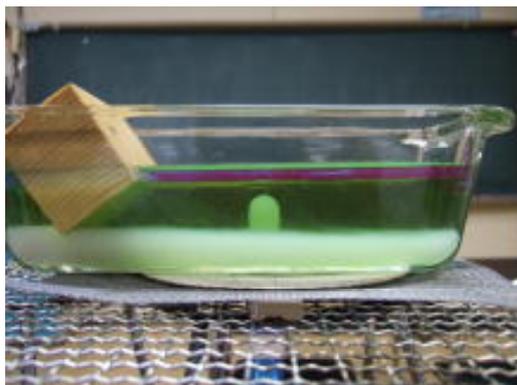


図5 マントルの上昇開始

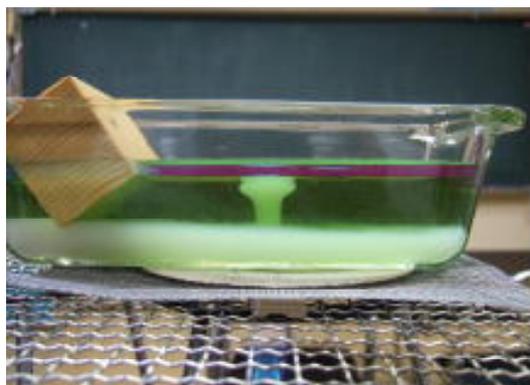


図6 マントルの広がり



図7 マントルの広がり

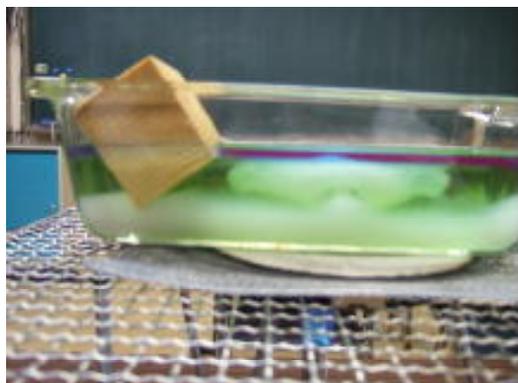


図8 海溝付近に到達

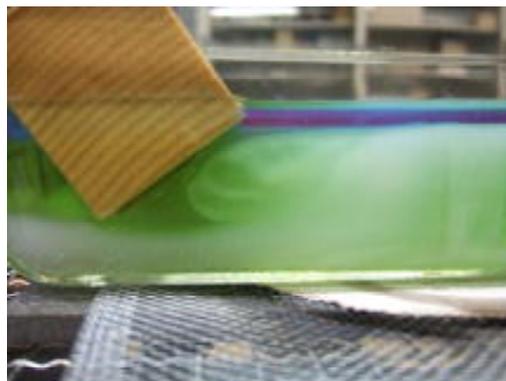


図9 大陸の下に潜り込む

モデルB (マントル下部がPVAのり)

300ã のビーカーを2個 (A, B) と100ã のビーカーを1個 (Cとする) 用意する。

Aのビーカーに水を50ã 入れ, 食用色素 (緑色) で着色する。十分攪拌した後, PVAのりを250ã 入れてさらに攪拌する (この際に液中に気泡が入るが, 少し置いておくとなくなる)。

Bのビーカーに水100ã とPVAのり150ã を入れて混ぜる (着色しない)。

Cのビーカーに水100ã を入れ, 食用色素 (青色) を加えて攪拌する。

モデルAと同様に, ガラス容器の中にC B Aの順にろうとを使って液を入れていく。以下の手順もモデルAと同じである。

教師が補助しながら1名の生徒が準備したところ, 約10分であったが, 生徒のみの場合はもう少し時間を要するかもしれない。



図10 モデルB

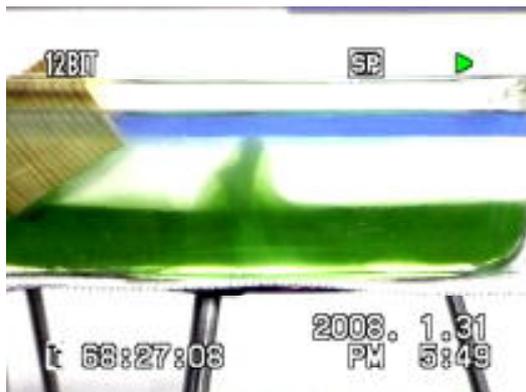


図11 マントルの上昇開始

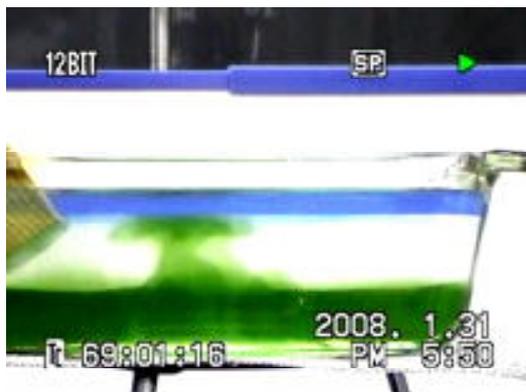


図12 マントルの広がり

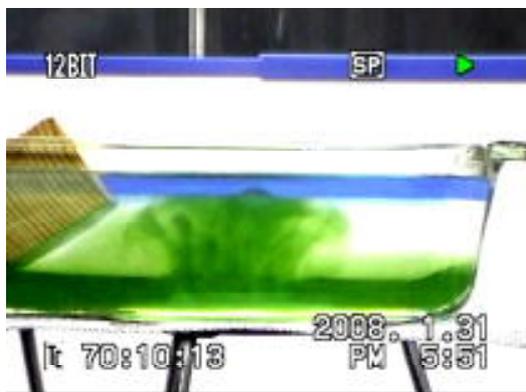


図13 マントルの広がり

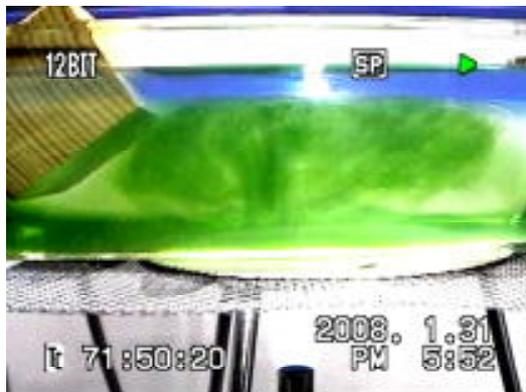


図14 マントルの対流

この実験において、生徒に観察させたいポイントとして、次のようなものがある。

核に熱せられた下部マントルが上部マントルを破って地表に出てくる様子
下部マントルが上昇する際の形状(きのこのような形状)

地表に出てきた下部マントルが続いて噴出するマントルに押されて移動していく様子

端まで来て冷えたマントルが沈み込み、上部マントルと下部マントルの境目にとどまっている様子

マントル全体が循環している様子(これはビデオ撮影しておき、後で早送りするとわかりやすい)

マントル深く沈んでいる岩石が地表に現れる様子

4 授業実践

中学1年生の授業の最初のオリエンテーションの時間に、生徒の学習意欲を高める場面でこのモデル実験を行った。今回はモデルBを使用した。それは授業の導入部において、映画『日本沈没』の一部(約10分間)を視聴させており、その映像とモデルBが酷似していることからである。日本沈没の映像は、地球の内部の様子をCGでわかりやすく表現しており、地球内部を知る実験方法と視覚的に重ねやすいことから採用した。

映画の視聴によって地球内部の構造とその動きについてイメージをつかみ、そのイメージに重ねる形で、このモデル実験を行った。最後にこの单元の中でどのような学習をしていくのかを表にしたもの(学習計画)を説明して、これからの学習の流れをつかませて授業を終了した。生徒の感想としては、「映画の中での日本が沈没するまでのマントルの動き



図15 『日本沈没』のCG

と、モデル実験の中でのマントル対流イメージを重ね合わせて見ることができ、非常にわかりやすかった」「今後の授業の流れもつかむことができた」などと、好評であった。



図16 授業の様子

5 成果と課題

マントルと地殻の素材や比重差を出すことに苦労したが、ようやく安定した結果を得ることができるようになった。実践の中にもあるように、従来のプレートのみが動くプレートテクトニクスだけではなく、地球内部のマントルの動きをイメージさせることができた。また地殻の隆起や沈降、岩石や火山形成の根源的な自然現象を単元内容に加えることで、

内容と実験のつながりを持ちやすくなり、理解も深まったと考える。

素材の混合割合や体積比など、工夫改善すべき点がまだ数多くあり、多くの生徒に実験をしてもらい、感想等を聞きながら改良を加えていきたい。また、加熱部をもっと狭くして横一列に加熱できるようにすると、さらに良い結果が得られるのではないかと考えられる。さらに、大陸プレートを工夫し、液体の対流によって、振動するような細工をして地震のメカニズムについても触れられるようなモデルに発展させることができればと考えている。

おわりに

本研究は、本年度の北海道立理科教育センター「中学校アドバンス講座」に参加し、3日間の日程の中、早朝から深夜まで行ったものであり、さらに学校で内容について検討を加えたものである。詳しい資料を提供いただいたり、実験に対する適切なアドバイスをいただくなど、本研究にご協力をいただいた北海道立理科教育センター職員の皆様に対し、この場を借りてお礼申し上げます。

(こうかみ たかし 平成19年度中学校アドバンス講座受講生 美深町立仁宇布中学校)
(おかもと きわむ 地学研究室長)