

3 プレートテクトニクスの説明モデルの開発 —アイスランドにおける現地調査をもとにした研究—

1 研究の動機と目的

2010年3月、アイスランドの火山が噴火して、ヨーロッパの航空事業に大きな影響が出ているというニュースが入ってきた。今年の夏休みにアイスランドへ旅行する予定だったのでとても気にかかった。アイスランドは島国で、火山が多くあり、プレートの境目にあるという点が日本と似ている。地震活動も盛んなはずなのに地震の被害は聞いたことがない。アイスランドは日本と何が違うのだろうか。

現地で調査をしたり、現地在住の人に聞いたり、書籍やインターネットで調べたりすることにした。

プレートテクトニクス論によると、日本のプレートの境目はプレートが沈み込んでいくタイプの収縮型境界であり、プレートが沈むことによって地震が起きる。それに対して、アイスランドのプレートの境目はプレートが離れていく発散型境界であり、ひずみができないため、大きな地震が起きにくいことが分かった。

アイスランドの地面にはプレートの境目にできるギャウと呼ばれる裂け目があり、多数のギャウが南北方向に見られることが分かる(図1)。ギャウは幅数 cm のものから 5 km のものまで様々である。ハプニル周辺で橋が架けられる幅のギャウを見た(図2)。

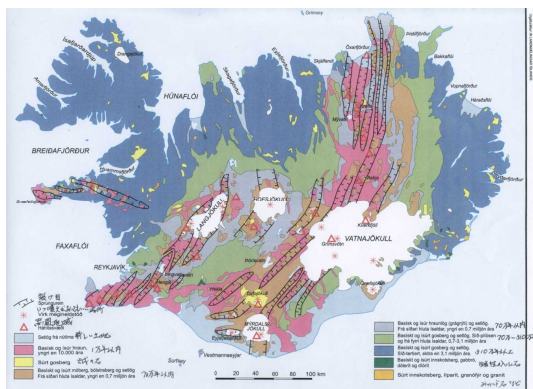


図1 アイスランドの地殻の地図
(KORTABOK 地図より引用)
黒い線がギャウのあるところを示している。



図2 ハプニル周辺のギャウ
向かって左側が北アメリカプレート、
右側がユーラシアプレート

ギャウは地球の奥深くからマントルが昇ってきて、プレートが離れていくためにできる。ギャウに関わるマントル対流とプレートの動きの実験を調べたところ、プレートテクトニクスの実験モデル「簡単にできるプレートテクトニクスのモデル実験」(北海道立理科教育センター 鴻上貴岡本研)が見つかった。これは中学生を対象にした簡単な実験で、地球内部のマントルの動きを具体的にイメージできるモデル実験である。それ以外の事例も調べてみたが、ギャウが形成される様子を具体的にイメージできるものではなかった。そこで、プレートテクトニクスの理論に則って、ギャウの実験モデルを開発することにした。

2 実験方法

(1) 実験の材料と方法

地殻形成の実験モデルのイメージを図3に示した。実際の地球の構造と、実験のしやすさを考えて、常温では固体、温めると簡単に液体になるパラフィンワックスを実験に用いることにした。

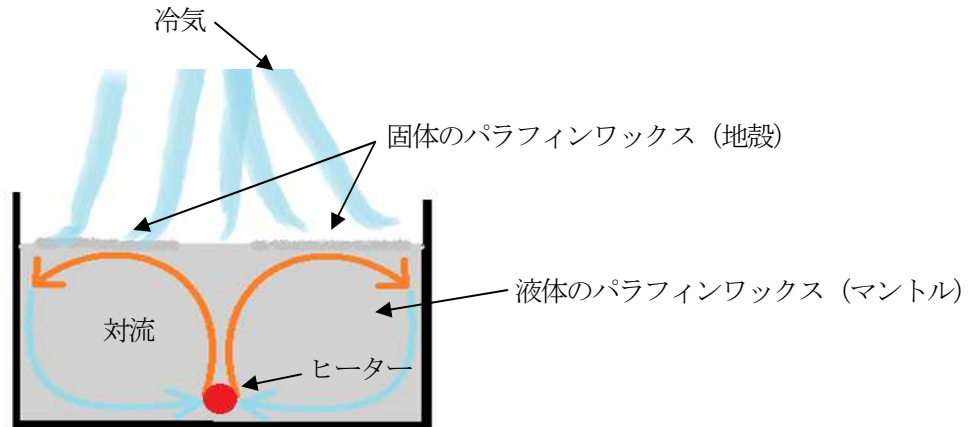


図3 地殻の形成の実験モデルのイメージ

(2) 実験装置

パラフィンワックスを内側から温めるために、自分で電気コンロに使用するニクロム線 (100 V-300W) を用いてヒーターを作った。パラフィンワックスは絶縁物質のため、電気コードを直接入れてニクロム線で加熱することができる。温度調節のために電源装置・AD S 20 V (YAGAMI) を使用した (図4)。500ml ビーカーに湯煎して液体となったパラフィンワックスを入れる。その中に自作したニクロム線ヒーターをビーカー底面の中心になるように入れ、クリップで固定する。最後に、電源装置にワニ口クリップで接続する (図4)。

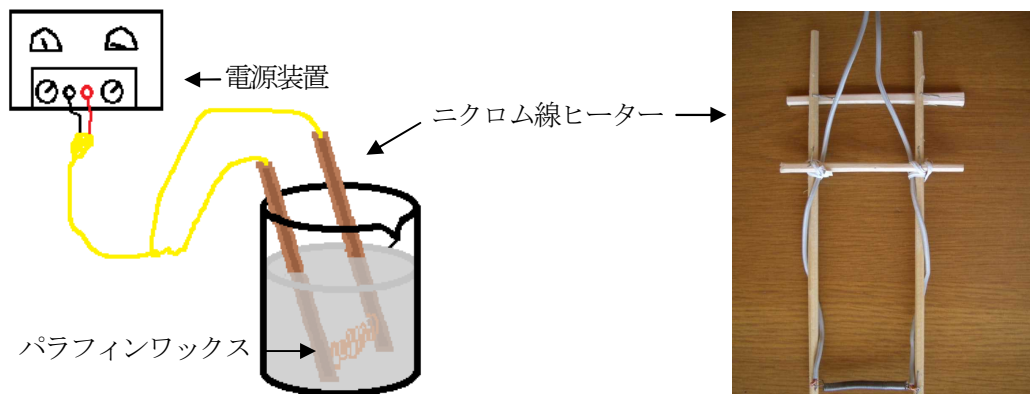


図4 作成した実験装置

(3) 観察の方法

観察はヒーターに対して左右が分かるように、ヒーターを前後方向に横からと上から観察し、実験結果をビデオカメラで録画した。

対流を観察しやすくするために、背景の紙に色や模様をつけた。また、パラフィンワックスの中に、色のついたミシン糸 (ポリエステル) をほぐして作った糸屑を入れ観察しやすいように工夫した。

(4) 地殻の作成と移動

地殻に相当するものを作るため、溶かしたパラフィンワックスをキッチンペーパーの上で薄くのばし、固めた。作成したパラフィンワックスの地殻を液体のパラフィンワックスの表面に置き、対流による移動の様子を観察した。

(5) 地殻の形成

対流によって上昇したマグマが冷やされ地殻が形成される様子は、ドライアイスによる冷気を利用した。パラフィンワックス表面が冷やされ、地殻が形成する様子を観察できた。

3 結果と考察

(1) 対流

色画用紙を置くと、パラフィンワックスのモヤモヤする様子がよく見えなかった。縦縞の紙をおくと線のゆがみでどこに対流が起きているかが分かったが、下降してくるものは分かりにくかった。糸屑を入れることで、上昇だけでなく、下降してくる動きが確認できた(図5)。

ヒーターにかかる電圧を上げると、ヒーター近くのパラフィンワックスの温度が上がり対流が大きくなり観察しやすくなった。しかし、すぐにビーカー全体のパラフィンワックスも温まり、対流が起こりにくくなった。15Vの交流電圧で維持すると強い対流が持続して観察できた。



図5 ①後ろに色画用紙を置く

②後ろに縦縞の紙を置く

③糸屑を入れる

(2) 地殻の移動

パラフィンワックスをそのまま浮かべると2個同時に置くことが難しいので、ドライヤーで表面に薄い膜を作ってからその上に地殻を置くことにした。パラフィンワックスを思った通りの位置と間隔に、沈ませることなく設置することができた。

対流や液体パラフィンの表面の熱で、送風によって作った膜はすぐに溶けだした。2つの地殻を置く間隔と位置を適切にすることで、地殻が離れてゆく様子を観察できた(図6)。



図6 ① 膜を張る。

② 地殻を置く

③ 2分後 地殻が離れていく

(3) 地殻の形成

ドライアイスの二酸化炭素ガスの流れで地殻を動かさないように、ドライアイスをビニール袋に入れた。液面を冷やすと、パラフィンワックスの表面が固まり、地殻が形成された。

(4) 地殻の拡大

対流を起こすことと表面に膜を張ることは、別々には観察できた。しかし、両方同時には観察できなかった。温度が低いと、固まった表面が厚くなり、下から溶けたパラフィンワックスが上に出てこなくなった。逆に、温度が高いと、表面に膜が張りにくくなり、膜が張ってもす

ぐに溶けてしまった。ちょうどよい温度に保つことはとても難しかった。そこで、ドライアイスによる冷却と冷却中断を交互に行うことにした。

ア 液の表面を冷却→地殻ができる。

イ 液の表面の冷却中断→パラフィンワックスの対流により地殻の真ん中が溶け出し、左右に2つに分かれる。

ウ 冷却の再開→2つの地殻がつながり、大きくなる。

エ 再び冷却中断→パラフィンワックスの対流により地殻の真ん中が溶け出し、左右に2つに分かれる。

この操作を繰り返すことにより、島の出現と移動を示すモデルになった。

4 まとめ

- ・ ギャウに興味を持ち、地殻とマントルを同じ組成による実験モデルを作ってみた。
- ・ 背景の模様を縦縞にし、糸屑をパラフィンワックスに混ぜたところ、はっきりとした対流を観察できた。
- ・ 固めたパラフィンワックスを地殻として用い、地殻が離れていく様子が観察できた。
- ・ ドライヤーで薄い膜を張っておくと、地殻を適切な位置と間隔に置くことができた。薄い膜はすぐに溶けて地殻が移動した。
- ・ パラフィンワックスをドライアイスで冷やすことで、表面に地殻を作ることができた。また、冷却、冷却中断を繰り返すことで、地殻の大きくなっていく様子が観察できた。

以上のように、プレートテクトニクス理論に即してギャウの実験モデルを作ることができた。

5 今後の課題

ビーカーの底面積が小さいため、対流がうまくできずに乱れた可能性がある。ビーカーの壁に地殻がくっついたり、ヒーターのコードや支えの棒も邪魔になったりしたため、横に幅の広い直方体の透明な容器を用いて実験してみたい。容積が大きく壁面も大きくなると、周辺のパラフィンワックスが固まってしまう見えないかもしれない。室温を高くするなどの条件も必要となる。

設定条件を整え、液の表面温度をうまく保つことができれば、冷却の繰り返しを行わなくても、地殻の誕生の様子、ギャウの出現・拡大の様子が再現できてうれしい。

6 謝辞

この研究をするにあたり、ご指導いただいた、Yamomoto Sayu さん（アイスランド）、静岡大学教育学部 熊野善介先生、静岡大学工学部 藤間信久先生、蜷塚中学校 細田昭博先生、仲村篤志先生に感謝します。

7 参考文献

- 1) 地震と火山の島国 極北アイスランドで考えたこと 島村英紀著 岩波ジュニア新書
- 2) 大地の躍動を見る 新しい地震・火山像 山下輝夫編著 岩波ジュニア新書
- 3) 地球の歩き方 アイスランド 地球の鼓動が聞こえる ヒーリングアイランドへ ダイヤモンド社
- 4) 「KORTABOK」地図 (アイスランド Grunn 学校)
- 5) 簡単にできるプレートテクトニクスのモデル実験 鴻上貢・岡本研 北海道立理科教育センター
- 6) プルームテクトニクスと全地球史解説 熊澤峰夫・丸山重徳編 岩波新書
- 7) プレートテクトニクスの基礎 瀬野徹三 朝倉書店