

身近な材料を用いた溶岩流モデルの作製をめざして

Making lava model by using familiar materials

生嶋 芽依 岩部 あみ 二宮 栄梨
Mei Ikushima, Ami Iwabu, Eri Ninomiya

1. 要旨

これまでの研究では、小麦粉と水を用いて作製した溶岩流モデルを斜面上に流し、速さを求めて三原山の溶岩流の速さに近いものを作製しようとしていた。しかし、実際に作製した溶岩流モデルを流してみると、毎回結果が違ったことから、溶岩流モデルを作製する際、毎回均質のものを作製するのが難しいということがわかった。また、スライムでも同様の実験を行ったが、毎回均質な溶岩流モデルを作製することが困難だった。

そこで、より均質な溶岩流モデルを小麦粉と水を用いて作製するために、これまでの実験方法の改善策を考え、改善策を施したものと施していないものとの比較実験を行う。その結果から、有効な改善策を見つけ、より均質な溶岩流モデルの作製をめざす。

2. これまでの研究について



図1 三原山を上から見た様子



図2 三原山を横から見た様子

小麦粉と水を混ぜて作製した溶岩流モデルを用いて、1986年伊豆大島三原山における溶岩流（図1, 2）を再現することにより、溶岩流の速さを体験させることを可能にし、実際の溶岩流の速さを具体的に想像しやすくすることで、小・中学校での教材として用いてもらうことを目的としていた。

モデルを作製するにあたり、まず、等高図から三原山の傾斜を、過去の三原山の噴火記録から三原山の溶岩流の速さを求めた。次に、小麦粉と水を用いて作製した溶岩流モデルを三原山の傾斜と同じ角度に設定した斜面上を流し、速さを求めた。そして、その速さと三原山の溶岩流の速さを比較して、値が近いときの溶岩流モデルの質量パーセント濃度を探した。

溶岩流モデルを作製する際、当初は混ぜ方や混ぜる回数を決めた上で、小麦粉と水をガラス棒を用いて同じ人が混ぜて作製していた。しかし、それでは混ぜ方を統一したとはいえないのではないかと指摘を受けた。また、実験を重ねていくにつれて、実験を行った際の湿度により、同じ質量パーセント濃度で作製した溶岩流モデルであっても速さに違いが出ることがわかった。

これに対して、ミキサーを用いれば小麦粉と水を混ぜる時間や混ぜ方を統一することができるのではないかと、また、小麦粉と水を混ぜることができれば、湿度に多少の違いがあったとしても、ほぼ均質な溶岩流モデルが作製できるのではないかと助言をいただいた。さらに、小麦粉と水の代わりにスライムを用いれば、湿度の影響を受けないのではないかと助言もいただいた。

そこでまず、小麦粉と水を混ぜた溶岩流モデルとスライムが、ミキサーを用いても作製できるのかを調べたところ、どちらも作製可能であるとわかった。しかし、それぞれを用いて予備実験を行ったところ、スライムも湿度の影響を受けることがわかった。さらに、スライムでは、溶岩流モデルを作製する際の変数が、ホウ砂、水、洗濯のりと、小麦粉を用いた溶岩流モデルよりも多くなってしまい、扱うことが困難だった。そこで、インターネットで小麦粉やスライム以外のものを用いて溶岩流モデルを作製できないかを調べたところ、参考文献では生クリームやホットケーキミックスを用いたものが紹介されていた。しかし、それらを用いた場合準備が容易でないことや小麦粉を用いるよりも多く費用がかかることから、私たちの研究ではひきつづき小麦粉を用いた溶岩流モデルを使用することにした。

また、湿度がほとんど変わらない日に実験を行ったにも関わらず、結果に違いが見られたことから、湿度以外にも毎回均質な溶岩流モデルが作製できない原因があると考えた。

そこで、三原山の溶岩流を再現する実験を行うための前段階として、均質な溶岩流モデルを作製するという事に私たちの研究目的を変更して研究を行うことにした。

3. 研究目的

本研究は、小麦粉と水という身近な材料を用いて、より均質な溶岩流モデルを作製するための方法を見出すことを目的とする。これまでの研究から、均質な溶岩流モデルを作製することが困難であることがわかっている。その原因として湿度といった環境条件だけでなく、実験方法にも問題点があることが考えられる。湿度は私たちの設備では制御することが難しい。そこで、これまでの実験方法を見直し、改善策を考えることとした。そして、その改善策がより均質な溶岩流モデルを作製するための方法として有効であるかの評価を行う。

4. これまでの実験方法の問題点と改善策

①溶岩流モデルの作製手順について

これまでの研究では、小麦粉と水をミキサーで混ぜる際、ミキサーの壁面に小麦粉のかたまりが付着してしまうため、1分ごとにミキサーを止め、ガラス棒を用いてかたまりを落とすという作業をしていた。しかし、ミキサーを止めておく時間や落とし方を細かく決めていなかったため、溶岩流モデルを作製するためにかかった時間や混ぜ方が毎回変わっていたと考えられる。そこで、ミキサーを止める時間を20秒と決め、かたまりの落とし方を上下運動のみと統一した。

②混ぜきれているかどうか

これまでの研究では、予備実験として何分で小麦粉と水が混ざるのかを調べるための実験を行い、3分で混ざっているように見えたため、ミキサーで混ぜる時間を3分に設定して実験を行っていた。予備実験では、1分ごとにミキサーを止め、ミキサー内にかたまりが残らないことを混ぜきれたという基準として目視とガラス棒でミキサー内にかたまりが残っていないかを確認した。しかし、主観的な方法での確認であったため、正確ではないと思い、混ぜきれたということの評価する方法を考えることにした。ある時間で小麦粉と水が混ぜきれたならば、混ぜきれた時間から溶岩流モデルが一定距離を流れるのにかかる時間が一定になると考えた。そこで、小麦粉と水を混ぜる時間を3, 4, 5, 6, 7分と変えて溶岩流モデルを作製し、それを傾斜20°に設定した斜面上を流し、溶岩流モデルが一定距離を流れるのにかかった時間を調べる実験を行うことにした。

③流し方について

これまでの研究では、溶岩流モデルを入れた容器のふたが斜面に対して横向きに開くようにして流していた。しかし、この方法ではふたが開く側から少しずつ溶岩流モデルが流れ始めるため、図3右のように溶岩流モデルが偏った流れ方をしてしまった。また、斜面の壁面を沿うようにして流れることから壁面からの影響を受けていると考えた。そこで、ふたが開く向きを図3から図4のように斜面に対して横向きから縦向きに変更した。



図3 ふたが斜面に対して横向きに開く様子(左) 流れる様子(右)



図4 ふたが斜面に対して縦向きに開く様子(左) 流れる様子(右)

④斜面について

これまでの研究では、軽くて加工しやすいうえ、耐水性もあり丈夫であるという理由から住宅の断熱材として利用されるスタイロフォームで作製した斜面を使用していた（図 5）。溶岩流モデルを流すにあたっては、スタイロフォームの表面の凹凸が流れ方に影響を与えると考えたため、斜面にラップを敷いた。しかし、毎回斜面の幅に合わせてラップを敷く準備に手間がかかることや、ラップのごみが増えてしまうことなどの問題があった。そこで、凹凸の少ないプラスチック段ボールシートを斜面として用いることにした（図 6）。これにより、これまでの手間のかかる作業を省き、効率よく実験を行えるようにした。



図 5 スタイロフォームで作製した斜面



図 6 プラスチック段ボールシートで作製した斜面

⑤ミキサーの刃の形状について

ミキサーの刃は、本来食材を細かく刻みながら混ぜるため、図 7 のように刃が鋭利になっている。よって、ミキサーの鋭利な刃は、小麦粉と水を混ぜることに適していないと考えた。そこで、ミキサーの刃を図 8 のように輪ゴムで覆うことで、刃の形状の鋭利さを和らげ、より均質な溶岩流モデルが作製できると考えた。



図 7 輪ゴムなし



図 8 輪ゴムあり

これらの方法がより均質な溶岩流モデルを作製するための有効な方法であるかを調べるために、次の実験を行った。

5. 実験

<目的>

改善策の有効性と、小麦粉と水を何分間混ぜれば溶岩流モデルが一定距離を流れるのにかかる時間が変わらなくなるのかを調べる。

<仮説>

改善策①、⑤を行うことで、同じ方法で作製した溶岩流モデルが一定距離を流れるのにかかる時間の差が小さくなり、より均質な溶岩流モデルが作製できるのではないかと考えた。また、ある時間で小麦粉と水が混ぜきれたならば、混ぜきれた時間から混ぜる時間をどれだけ長くしても溶岩流モデルが一定距離を流れるのにかかる時間が変わらなくなるのではないかと考えた。

<準備物>

小麦粉 210g, 水 390g, ミキサー, ガラス棒, ストップウォッチ, ビーカー, 湿度計, 温度計, デジタルはかり, ビニール袋, トレイ, クックポット, 斜面, プラスチック段ボールシート, ビデオカメラ, 三脚, パソコン

<実験方法>

- ① 小麦粉 210g と水 390g を量り、ミキサーに水、小麦粉の順で入れた。
- ② 小麦粉と水をミキサーで混ぜ、質量パーセント濃度が 35% の溶岩流モデルを 600g 作製した。その際、1 分間混ぜるごとに 20 秒間ミキサーを止め、ガラス棒で壁面についた小麦粉を落とした。
- ③ クックポットに作製した溶岩流モデル 500g を量りとり、3 分間放置した。
- ④ 溶岩流モデルを傾斜 20 度に設定した斜面上に流し、その様子をビデオカメラで撮影した。
- ⑤ 流れる様子を撮影したものをパソコンで再生し、図 9 に示した計測開始の地点から計測終了の地点までの 100cm を流れる時間をストップウォッチで 6 回計測し、そのデータの平均値を結果として記録した。

- ⑥ ミキサーの刃の形状や混ぜる時間が溶岩流モデルにどの程度影響するのかを調べるために、刃を輪ゴムで覆ったものと覆っていないもの、混ぜる時間を 3, 4, 5, 6, 7 分と条件を変えて①～⑤を繰り返した。この際、輪ゴムあり、輪ゴムなしのそれぞれで湿度を統一し、2 回ずつ実験を行った。

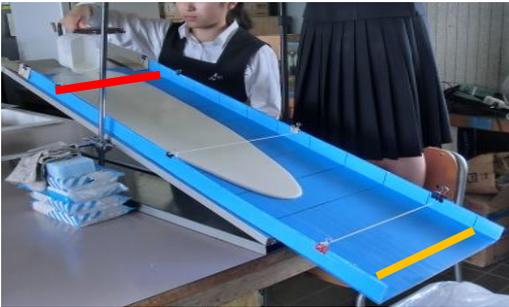


図 9 実験の様子

斜面上部の赤線が計測開始の地点，斜面下部の黄線が計測終了の地点，斜面の傾斜は 20° に設定した。

<結果>

3, 4, 5, 6, 7 分と混ぜる時間を変えた 5 つのデータ (時間 1) と、それとの差をとるために前述同様に 5 つのデータ (時間 2) を取った。これを輪ゴムありと輪ゴムなしの状態で行った実験を行い、合計で 20 個のデータを得た。これを実験 A とする。しかし、実験 A は放課後に行ったため、時間の制約があり同日に輪ゴムあり、輪ゴムなしの実験ができなかった。それにより、輪ゴムありと輪ゴムなしで実験を行った際の湿度が変わってしまった。そこで、湿度が同じ状態での結果を比べるために、輪ゴムあり、輪ゴムなしの実験を同日に行った。これを実験 B とする。実験 B でも、実験 A と同様に 3, 4, 5, 6, 7 分と混ぜる時間を変えた 5 つのデータ (時間 3) と、それと差をとるために 5 つのデータ (時間 4) を取り、合計で 20 個のデータを得た。

輪ゴムあり、輪ゴムなしそれぞれの中で、実験 A では時間 1 と時間 2、実験 B では時間 3 と時間 4 の差の絶対値を求め、実験 A の輪ゴムあり・輪ゴムなし、実験 B の輪ゴムあり・輪ゴムなしそれぞれで差の平均値を計算した。その差の平均値が小さいほどより均質な溶岩流モデルが作製できていると考えた。

表中の「時間」は溶岩流モデルが一定距離を流れるのにかかった時間を、「差の平均値」は 3, 4, 5, 6, 7 分の 5 つの差の平均値を表している。

【実験 A】

- ・輪ゴムあり 湿度 38%

小麦粉と水を混ぜる時間	3 分	4 分	5 分	6 分	7 分
時間 1 [s]	11.13	10.93	10.39	11.23	11.37
時間 2 [s]	10.94	10.61	11.63	11.14	9.95
差 [s]	0.19	0.32	1.24	0.09	1.42

差の平均値は 0.65 [s]

10 個の結果の平均値は 10.93 [s]

- ・輪ゴムなし 湿度 46%

小麦粉と水を混ぜる時間	3 分	4 分	5 分	6 分	7 分
時間 1 [s]	9.98	10.27	9.52	9.96	9.57
時間 2 [s]	10.53	10.39	11.72	10.33	9.86
差 [s]	0.55	0.21	2.20	0.37	0.29

差の平均値は 0.72 [s]

10 個の結果平均値は 10.21 [s]

※1. 時間 1 は 1 回目の結果，時間 2 は 2 回目の結果

※2. $|\text{時間 1} - \text{時間 2}| = \text{差 [s]}$

【実験 B】

・ 輪ゴムあり 湿度 50%

小麦粉と水を混ぜる時間	3分	4分	5分	6分	7分
時間 3 [s]	8.36	9.46	9.32	8.55	9.28
時間 4 [s]	10.45	9.91	8.78	9.83	10.10
差 [s]	2.09	0.45	0.54	1.28	0.82

差の平均値は 1.04 [s]
10 個の結果の平均値は 9.40 [s]

・ 輪ゴムなし 湿度 50%

小麦粉と水を混ぜる時間	3分	4分	5分	6分	7分
時間 3 [s]	10.99	10.36	8.72	9.64	10.66
時間 4 [s]	8.66	8.93	9.20	9.69	9.51
差 [s]	2.33	1.43	0.48	0.05	1.15

差の平均値は 1.09 [s]
10 個の結果の平均値は 9.64 [s]

※3. 時間 3 は 1 回目の結果, 時間 4 は 2 回目の結果

※4. $| \text{時間 3} - \text{時間 4} | = \text{差 [s]}$

結果から縦軸を溶岩流モデルが一定距離を流れる時間, 横軸を小麦粉と水をミキサーで混ぜる時間として散布図 (図 10, 図 11, 図 12, 図 13) を作成した。

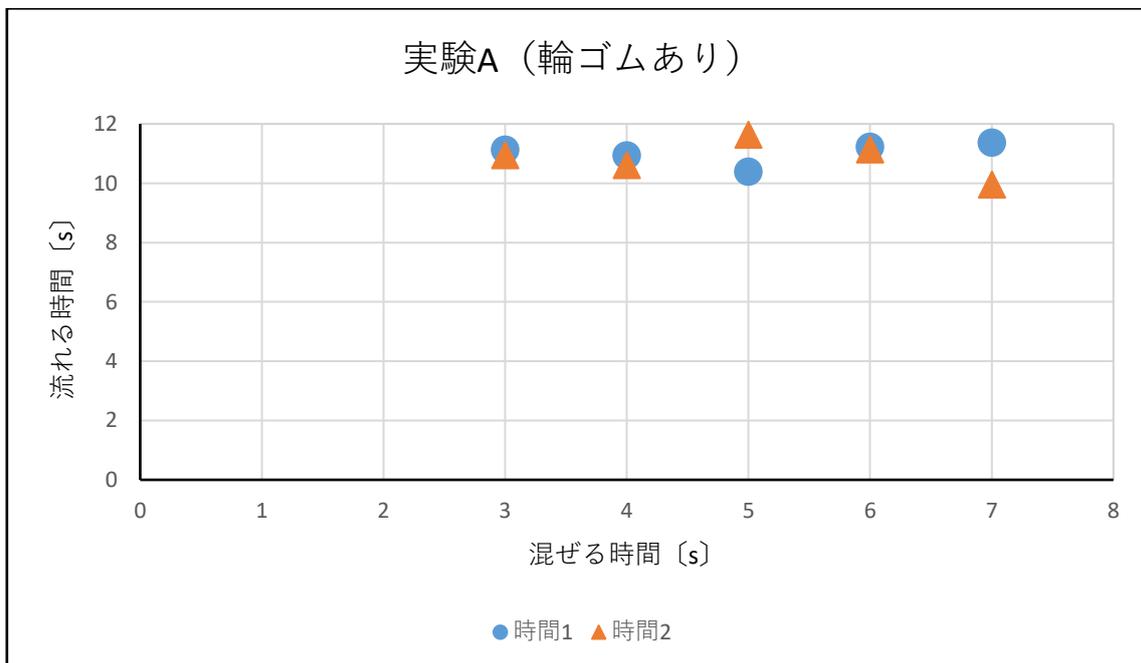


図 10 実験 A (輪ゴムあり) の結果

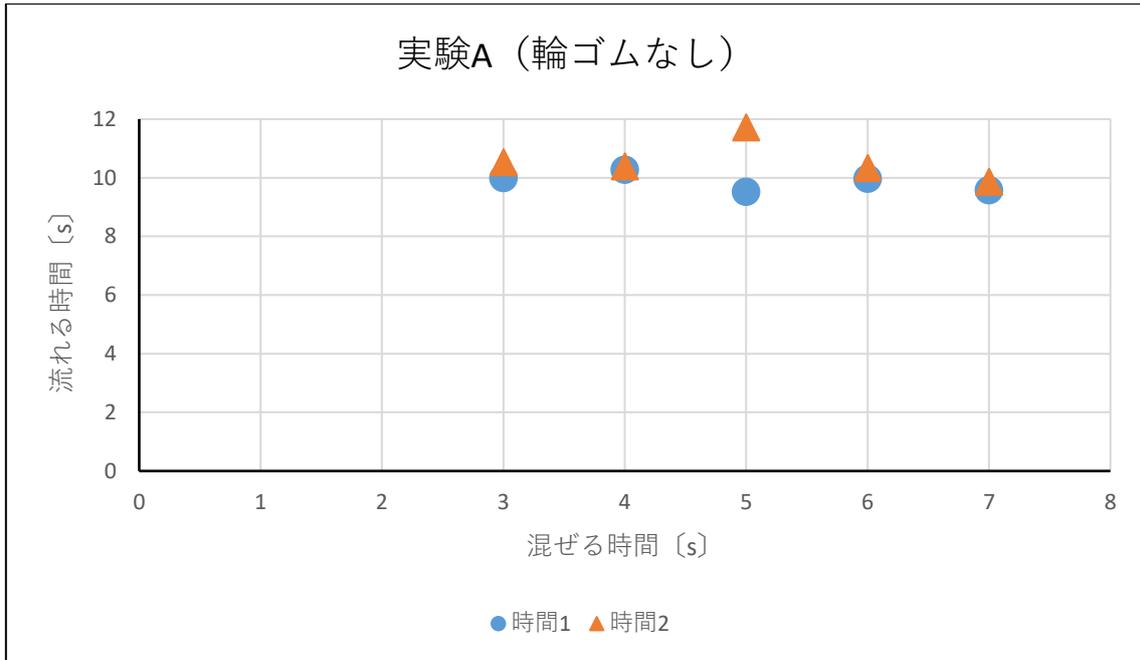


図 11 実験 A (輪ゴムなし) の結果

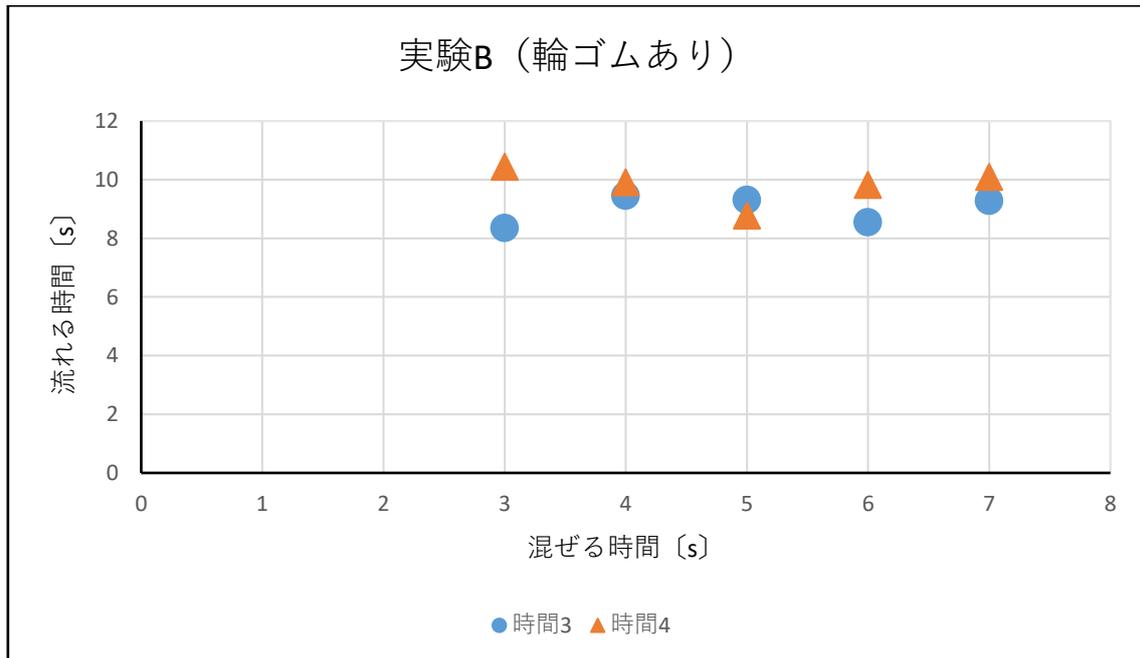


図 12 実験 B (輪ゴムあり) の結果

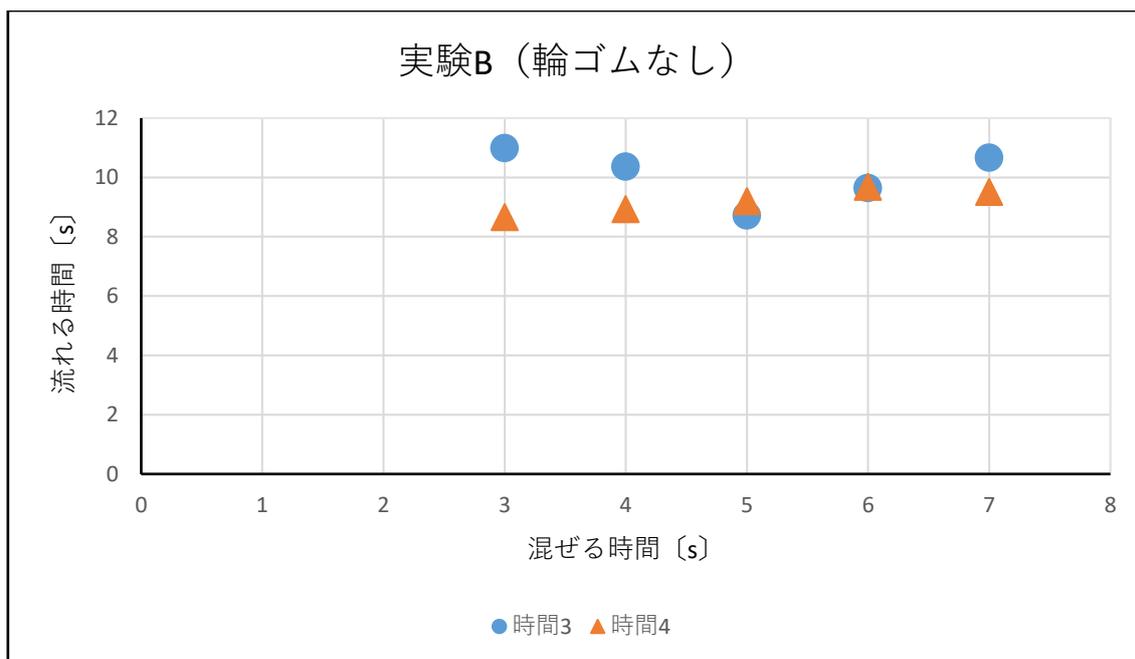


図 13 実験 B (輪ゴムなし) の結果

<考察>

刃の形状の違いによる溶岩流モデルが一定距離を流れる時間や差の平均値への影響は見られなかった。よって、ミキサーの刃を輪ゴムで覆うだけでは刃の鋭利さを和らげるのに不十分である、または、刃の形状は均質な溶岩流モデルが作製できない原因ではないと考えられる。

4つの散布図より、小麦粉と水を混ぜる時間と流れる時間には相関はないと考えられる。

湿度が高くなるにつれて、10個の結果の平均値が小さくなっていることから、溶岩流モデルが一定距離を流れる時間が短くなっていることが分かる。このことから湿度が高いと空気中の水分が多いため溶岩流モデル内の水分が蒸発しにくくなると考えた。それにより、湿度が低い日より溶岩流モデルが内部に多くの水分を含んでいるため、粘りが弱くなり、流れる時間が短くなったのではないかと考えられる。

結果の表より、混ぜる時間に関わらず、流れる時間の差にばらつきがみられることから、差の平均値が小さいことをより均質な溶岩流モデルが作製できたという判断基準にすることは、妥当な方法ではないと考えられる。

<結論>

ミキサーの刃を輪ゴムで覆うことはより均質な溶岩流モデルを作製するための有効な方法とはいえない。また、流れる時間の差の平均値が小さいことから、より均質な溶岩流モデルが作製できたと判断することはできない。そのため、混ぜきれたという時間を見つけることはできなかった。また、湿度が高いと溶岩流モデルの粘りが弱くなる。

6. 今後の課題

小麦粉と水が混ぜきれたといえる判断基準を探す。また、溶岩流モデルを作製する際に形成されるグルテンが、溶岩流モデルの流れ方に影響していると考えた。そこで、油脂やレモン汁などグルテンの形成を阻害する物質を入れて同様の実験を行う。また、夏・冬と湿度の変化がさらに大きくなったときの溶岩流モデルへの湿度の影響を調べるため、同様の実験を年間を通して行う。

7. 参考文献

食材を使った火山実験の研究 高柳慎一郎(2006)
www.hayakawayukio.jp/school/report/takayanagi/

8. 謝辞

本研究を進めるにあたり、丁寧かつ熱心にご指導をいただいた担当の増田裕明先生、岩澤圭希先生、実験方法などのアドバイスをくださった佐藤哲也先生、四茂野志音先生をはじめとする高松第一高等学校の先生方に感謝いたします。