

高校生による 地球科学モデル実験Part2

Modelling-based practices by K-12 Students

岡本 義雄

Yoshio Okamoto

大阪教育大学附属高等学校天王寺校舎

Tennoji high school attached to Osaka-KyoikuUniversity

yossi@cc.osaka-kyoiku.ac.jp

<http://www.cc.osaka-kyoiku.ac.jp/~yossi/>

背景

構造地質学の専門家はかつて断層や褶曲の再現に”砂箱実験”を多用した(例えばHubbert, 1951). しかし, 数値実験の興隆とともに, これら現物を用いた実験は, 一旦姿を消したかに見えた. ところが最近, これらのアナログモデル実験を再評価する動きが目覚ましい. このブームの一端は「キッチン地球科学(栗田, 2001)」と呼ばれている.

筆者はかつて”小麦粉を用いた断層実験(岡本, 1998)”を教材として開発した. これらの身近な物質を用いたアナログ実験が教材のみならず専門家の実験対象として復活してきたのを嬉しく思い, それら専門家の試みを再度, 教材として再構築できないかと考えたのがこの実践である.

専門家の実験に比較すると, はるかに貧弱で幼稚なものが多いが, 高校で継続的に行う実践としてはあまり他に例がないと考え, 今回紹介することにした.



テーマとコンセプト

最近生徒が選んだテーマは次のとおり:カルスト地形, 鍾乳洞の鍾乳石, 火山噴火, 火砕流, 隕石衝突, 地磁気測定, 断層形成, 岩石節理, 蟹気楼, CO2による温室効果などである.

この実践でもっとも重要なことはいかに複雑な自然を単純なモデルに置き換えるかという点である. またそのためのテーマ選択も同じく重要である.

材料は身近な台所にある食材を主とし, あまり複雑な試薬や実験装置を持ちいることはしない. 従ってモデルは基本的には, 安価な台所用品, 100円均一ショップ商品などで構築し, 直ぐに組み立てや解体が可能なものに限定する. すなわち「装置のローテク化」!

ただし, 実験の記録や解析には大量生産で安くなった, ハイテク民生用機器すなわちデジタルビデオカメラ, 測定機器などを用いてできるだけ厳密に定量的な測定を心がける. すなわち「測定のハイテク化」!

また, 解析や発表にはノートPCとソフトウェアを駆使する. すなわち「まとめのインテリジェンス化」!



テクニカルノート:

1. 生徒はともすれば複雑な自然現象をそのまま縮小した「箱庭」を再現しようとする。そうではなく貧弱で原始的でもよいから、単純化とモデル化のプロセスの重要性を強調。
2. 既存の実験をそのまままねるのでなく、結果が失敗しても良いからオリジナルな実験や改良を目指す(難しい!)
3. 答えがあらかじめ解っているのではないということを理解させることが大事。それでも結果はこうなるのではないかという推測をさせることも重要。
4. 再現実験のなかで、何らかの2つのパラメータを選ばせ、その定量的な関係を解析させる。
5. そのためにPC上の表計算ソフトなどを用いて、グラフ作成、関数フィット、周期解析などを行なう。
6. 研究を通じて、成果の発表と報告書の作成を義務とする。また全体の取り組みを成績評価するシステムを作る。

例その1：砂糖を使って



図1. カルメラで再現する玄武岩溶岩の発泡組織



図2. 砂糖キャンディの冷却で再現した溶岩節理

例その2:カルスト地形関連



図3. チオ硫酸塩($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$)水溶液から鍾乳石を再現.

カルスト地形

1年A組 木村 優花
白江 素子
藤野 翔香

操作方法

ホウ酸, ホウ砂, 炭酸水素ナトリウム, 砂糖, 片栗粉, 食塩をそれぞれ量り容器に入れ霧吹きで水をかける。

③

これはホウ酸でっけんして写真のある中で一番カルストっぽくなりました。

④

ホウ酸と炭酸水素ナトリウムを混ぜてみました!!!なんと!!!気体が発生しました!!!!上手く地面が持ち上がりそれなりにカルストっぽさが出ました!!!!!!

⑤

これは片栗粉で作ったカルスト地形ですがすぐに固まってしまい全体的に染みてしまいカルスト地形っぽくはならなかった

☆結果☆

ホウ砂はサラサラしていて固まりにくいのでむかない。砂糖はドロドロになるだけで最悪だった。ホウ酸は適度に固まり一番むいていた。炭酸水素ナトリウムとホウ酸を混ぜたのはカルスト地形と言うより化学反応が起きてしまい隆起っぽくなってしまった。

図4. 粉体上のくぼみでドリーネを再現



例その3: 水槽と空中の蜃気楼

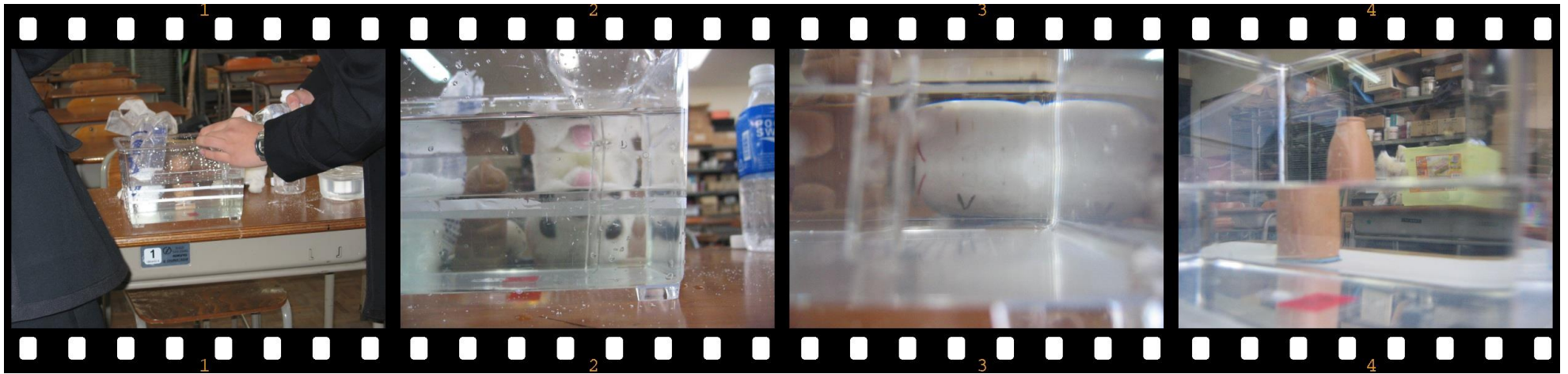


図5. 水槽の中に入れた濃度の異なる砂糖水による蜃気楼

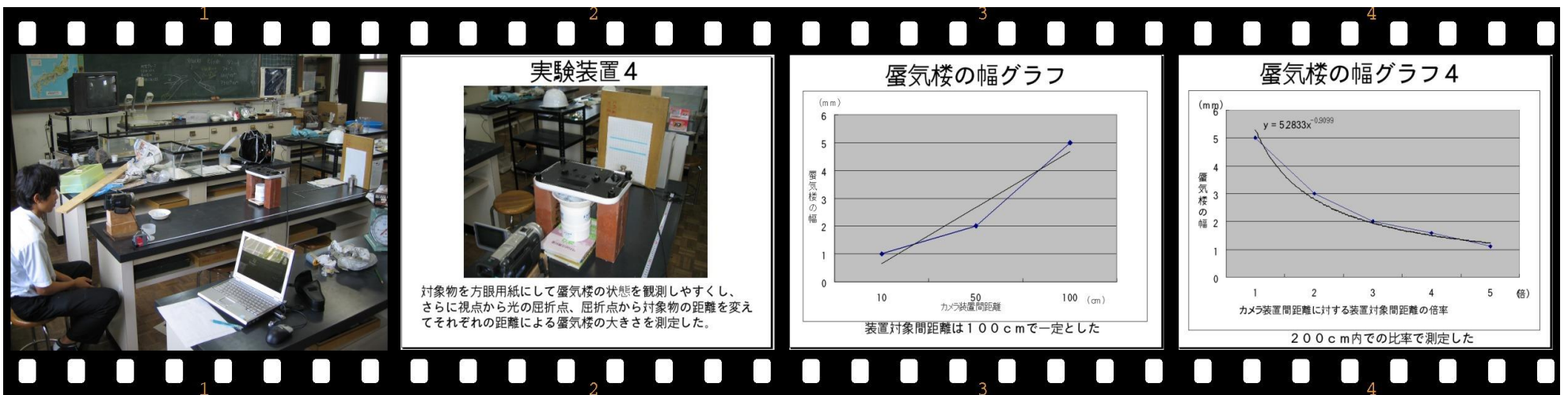


図6. 空気の温度差による蜃気楼実験. 像の変動を定量的に測定

例その4：粉を用いて――



図7. プレートテクトニクス(小麦粉を用いたヒマラヤ山脈形成)

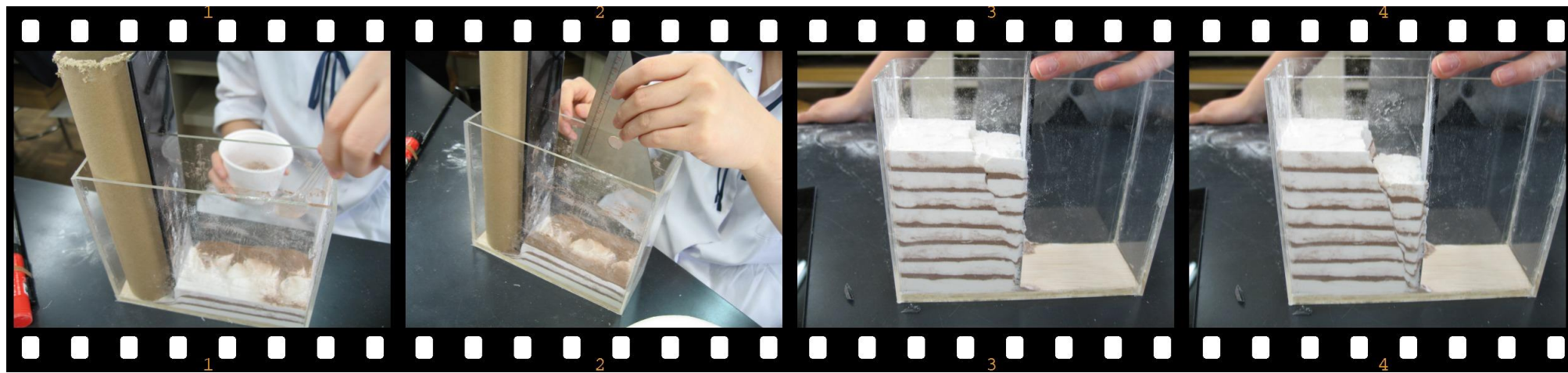


図8. 米粉(上新粉)と小豆粉を地層に用いた正断層の形成実験。

例その5: 火山噴火関連

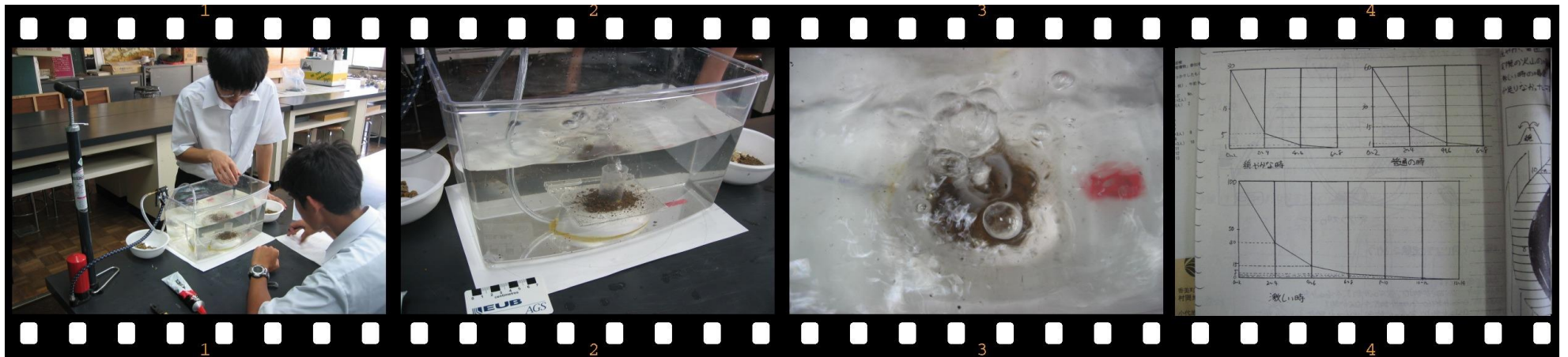


図9. 水槽の底の火山噴火. 噴出物の密集度を距離の関数で表現.



図10. バブとお湯による噴火実験. 噴水の高さが温度に比例.

例その6: 水槽の中の流れと火砕流

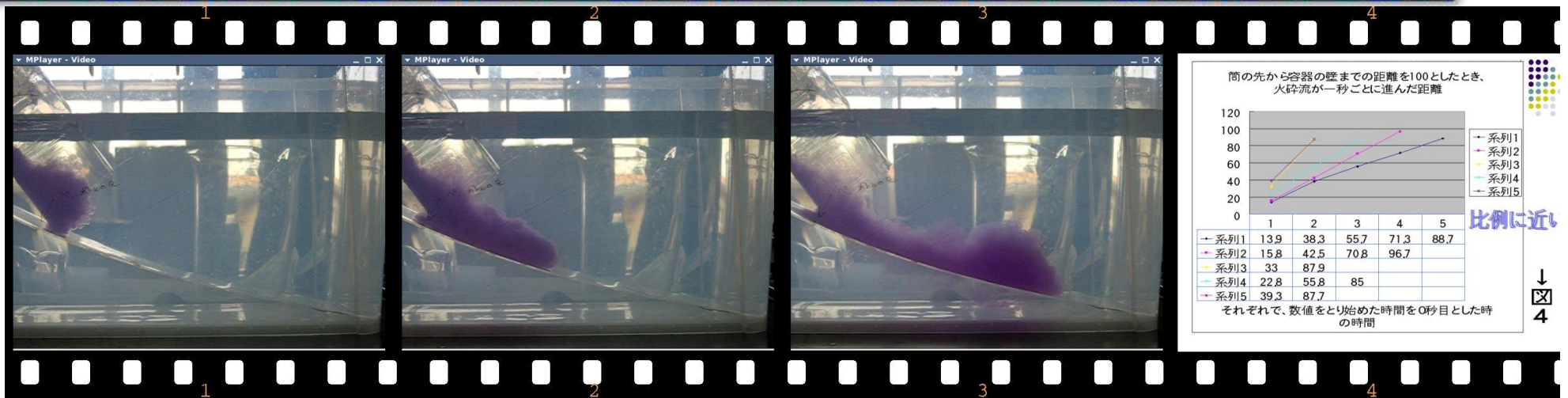


図11. 水槽に着色した砂糖水を流す. 水流の速度vs. 砂糖水濃度



図12. 漣痕, 潮汐渦の形成実験. 水中ポンプとアルミ粉で解析

例その7: 発泡スチロールやビーズを用いて



図13. プラスティックビーズと発泡スチロール球のMixを揺らす。



図14. 発泡スチロール球を用いた砂丘形成モデルの実験。

例その8: ”日本沈没” & ”K/T境界隕石衝突”

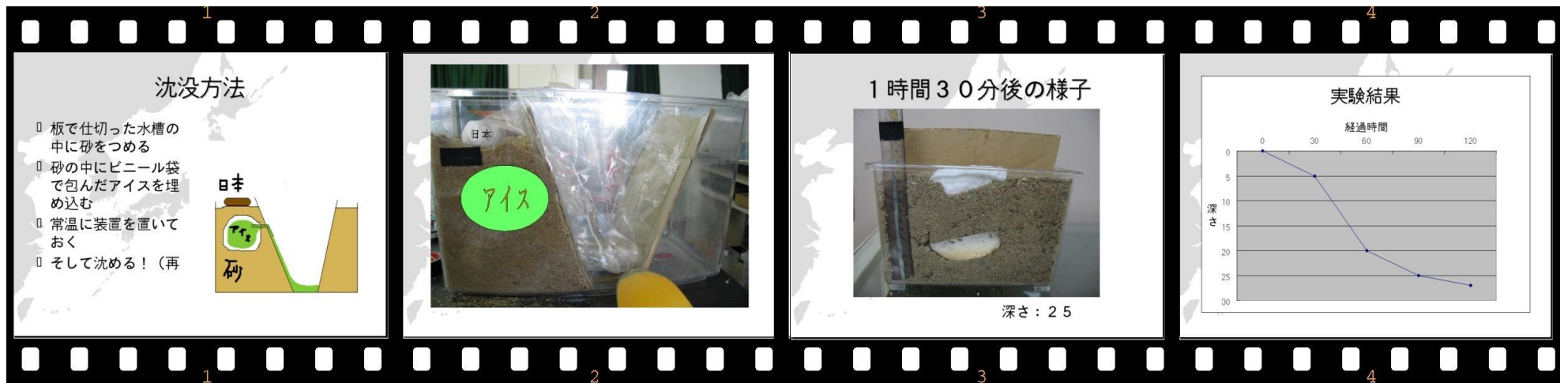


図15. 沈没する日本列島をアイスクリームの溶融で再現?



図16. 隕石衝突による日射の減少をベビーパウダー+麩+光電池で再現

例その9:コーンスターチ液を用いて

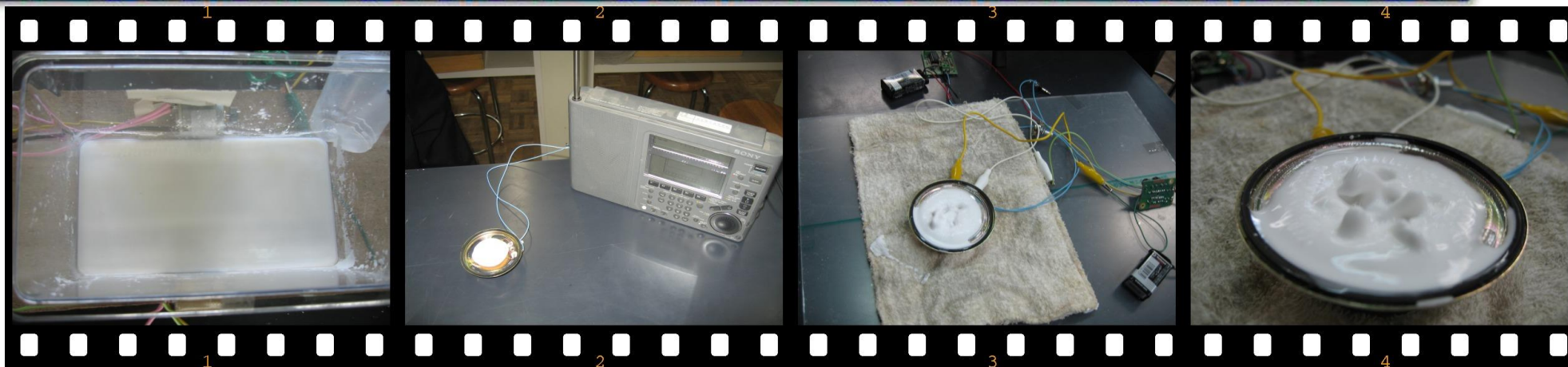


図17. コーンスターチ液に振動を与えスターチフィンガーの実験.



図18. コーンスターチ液の物性を鉄球を抜く力と時間で測定.

例その10: 他の実験例



図19. 炭酸飲料を入れた容器を振って地面に置いたけど-----



図20. 溶融チョコレートによる扇状地？甘い？？？



例その11: うまく行かなかった実験や装置

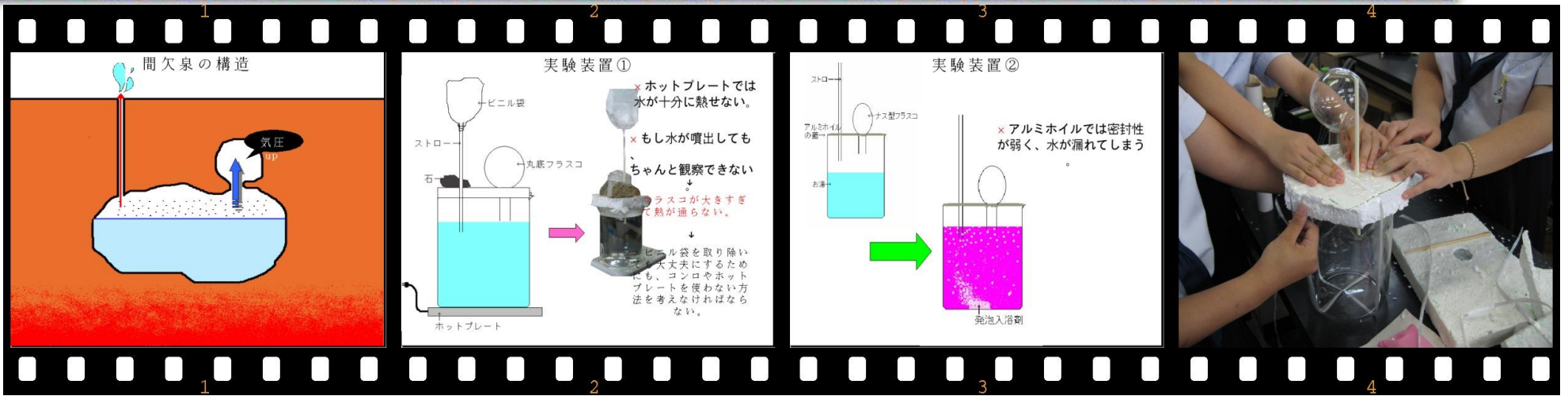


図17. 失敗した間欠泉実験装置. みかけは立派なのですが、――

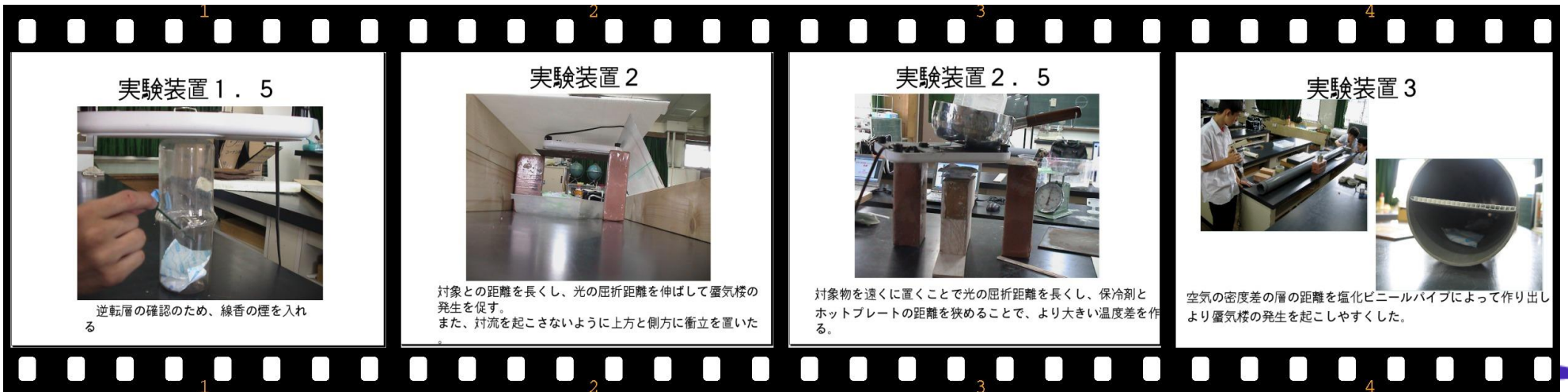
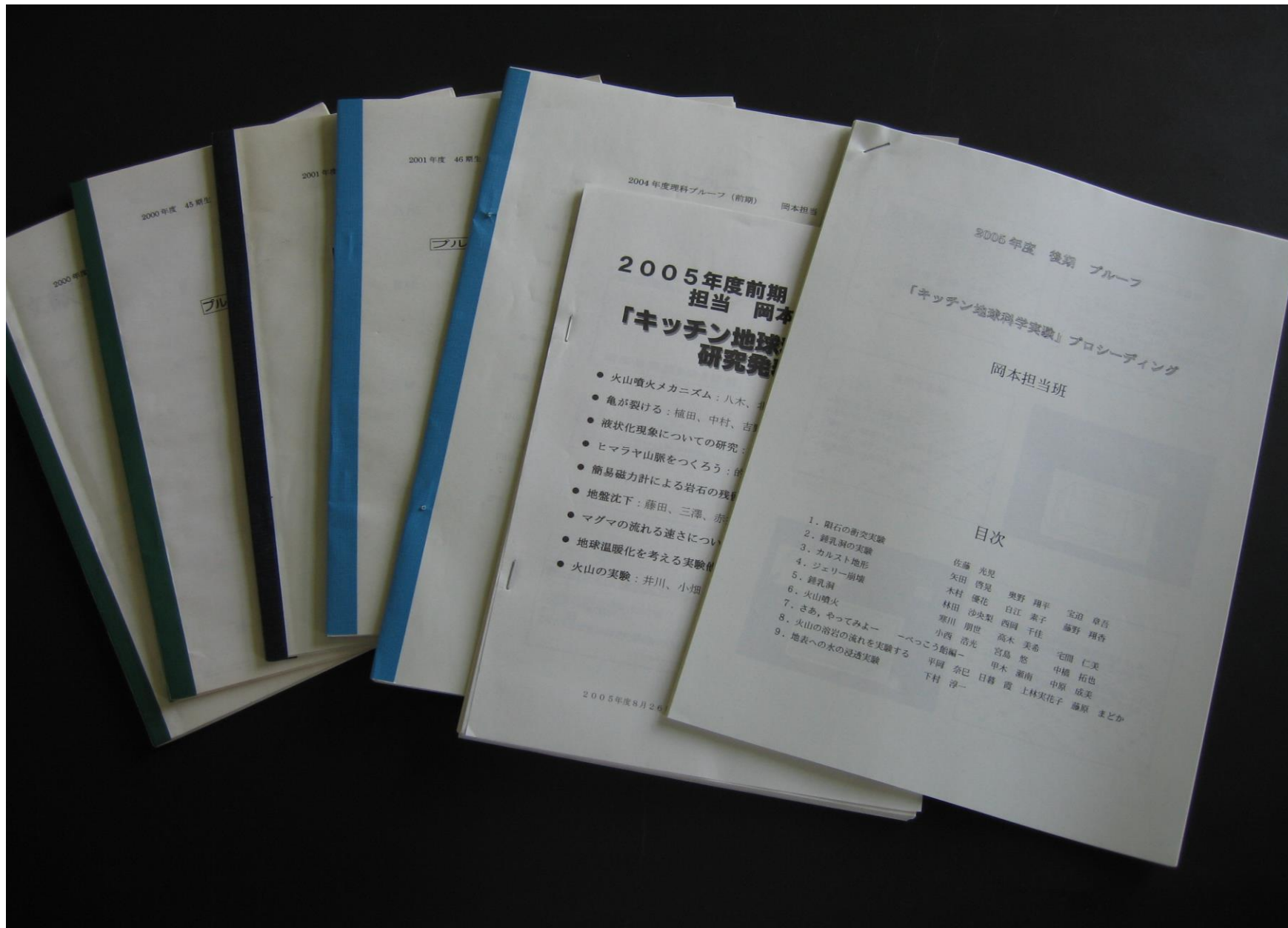


図18. 逆転層実験と失敗した装置例. 大変苦勞した装置ばかりです.

生徒たちの報告書：



これらのモデルのメリット

- 1) 答えや手法があらかじめ解っていない問題に対して、どのようにモデルを組み立てるかという思考を通して科学的な考え方を体験させることができる。
- 2) モデルの製作や測定の過程は科学実験のよいトレーニングになる。また生徒はその過程をクッキングやおもちゃを作るように楽しむことができる。
- 3) これらの実験は理系コースの生徒のみならず文系コースの生徒にも科学の発想や実験の考え方の一部を学ばせることができる。
- 4) モデル作りを通して、逆に地球の様々な現象に対して今までと少し異なった見方や新鮮な興味を与えることができる。



制限事項と将来の発展

- 1) 実験準備と評価はやっぱり大変なエネルギーを要する.
- 2) 生徒はしばしば自分のテーマを決められなかったり, 実現不可能なモデルの提案をしがちである.
- 3) そこで, 最初から代替の面白そうな幾つかの実験テーマをあらかじめ準備しておく必要がある.
- 4) モデルを構築するには大変多くの時間を必要とする.
- 5) 教室はしばしば実験装置や道具に占領され, 匂いまで立ちこめてしまう. 費用も結構馬鹿にならない.
- 6) 今年度カリキュラム改訂で全員履修の学校設定科目から希望者対象の土曜講座に追いやられた.
- 7) 将来的には我々の実験を大学の教員など共同開発し, より洗練されかつ定量的な実験となるよう改良をしていきたい.

地学教育との関連

現在の科学離れの原因は、すでに岡本(2002)で総括したが、より教科としての特性に着目すると、

1. 高校レベルの物理, 化学の教科書の内容は20世紀前半でほぼ固まり, 授業で習う内容が古典化して新鮮さが失せたこと.
2. 物理, 化学ではすでに発見されている法則やメカニズムを再現する実験がほとんどで, 高校生レベルで新たな発見がなされる可能性は乏しいこと. などが挙げられる.

それに対して, 地球科学分野では

1. 学説がまだ定説となっていない分野も多く, 高校地学レベルでも多様なシナリオや論争が数多く存在する.
2. 身近な実験や観察からでも, 十分に最先端の研究につながる面白さや新鮮さが残っていること.
3. 研究に挑む人口が少なく, 科学賞や研究対象のAO入試などの狙い目であること.

などが大きなインセンティブと言える.



地学教育への提案(何にお金をかけるか)

現在のすでにSPPなどで、科学教育に関するてこ入れがさかんになされているが、ここで我々の大胆な提案を書くと、

1. 偉い先生から見せてもらう高尚な実験より、**チープでも自分たちで試行錯誤して楽しめる実験観察**の開発を。
2. その瞬間だけ面白い科学マジックより、時間を賭けて興味が湧き出てくる実験とテーマ選び→**FunからInterestへ!**
3. 100の「プロジェクトX」より1つの「青色LED裁判」
→**”夢や根性物語”よりもまず研究者の豊かな生活の保証.**
4. 実験観察や自由研究を評価するAO入試の採用拡大と自由研究専門のジャーナルや表彰の制度を(高安, 2000)
→**MotivationからIncentiveへ**
5. 科学そのものの方法論を学校教育で教えること(同上).
6. 実験や野外実習の実施には危険, 事故の責任を担保できる保険とのセットが必要不可欠(予算化の必要性). など



謝辞と参考文献:

これらの実験は大阪教育大学附属高等学校天王寺校舎の学校設定科目「プルーフ」選択生徒との共同作業によるものです。数多くの実験を工夫、改良し、実践してくれた生徒たちに感謝します。また、これらの実験の詳細は筆者の個人Websiteで公開中予定です。

〈参考文献&サイト〉

栗田 敬: <http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/kurikuri/Kitchen/KitchenConcept1.html>

岡本 義雄: 地学とりわけ地震教育, 次の10年, 日本地震学会2002年秋季大会予稿集

Yoshio Okamoto: A tiny fault model in a slide case using flour and cocoa, GeoSciEd4 conference proceedings, 2003

Yoshio Okamoto: Some Modelling-based Practices in Geoscience Classes, GeoSciEd5 conference proceedings, 2006

高安秀樹ほか: 経済・情報・生命の臨界ゆらぎ/ダイヤモンド社, 2000

