

1 はじめに

地学は、私たちが日々生活している最も身近な地球について学ぶ科目である。地球温暖化の問題、火山活動、地震、気象現象から海流、宇宙探査など社会の注目を集める内容が非常に多く、生活に密接に関わる科目といえる。しかしながら、地学は、高等学校のカリキュラムにおいて減少傾向にあり、履修者、指導者も減少傾向が続いている。

地学で取り扱う事象は、空間スケール・時間スケールが私たちの生活するスケールと乖離しているため、実験による再現、確認が物理、化学、生物に比べ困難な面を持っている。これらが指導する者にとって、体験し実感させる授業を実施しにくいものとしている。また、教科書に掲載される実験、実習の内容も気象分野を除き、ここ20年間大きくは変化していない。更に定番の実験が少ないことが、地学実験を行いにくくし探究活動の機会を少なくしている。

そこで、本研究では、教員、生徒が容易に入手し使用できる材料、用具を用いて、体感的に観察理解する実習を提案し、その学習効果を検証する。また、宇宙分野でも体感できる実験・実習教材を提案し、実験教材を使用した授業実践を報告する。

2 研究方法

(1) 教材開発

- ア 地球表面の観察を生徒1人1人が行える実習方法の開発
- イ 入手が容易な材料を用いた実験実習方法の開発
- ウ 空間、時間スケールを生徒自身が認識できる実験実習の開発
- エ 経過観察のできる実験実習の開発

(2) 授業展開を実践する。

(3) アンケート、テスト結果から効果を検証する。

(4) 検証結果より、開発した教材及び活用方法の改良と今後に向けた課題を検証する。

3 研究内容

(1) GoogleEarthを用いた地球表面の観察

ア GoogleEarthの利用について

地学において地球の概観を知ることは、学習の基礎でありスタートである。これまでの授業においても地球儀、航空写真、衛星写真、動画など最新の情報が授業に取り入れられてきた。しかしながら、今までの教材はいずれも情報提供者の視点であり、自発的な学習を促すのは難しい面を持っていた。そこで今回、Google社が提供するソフトウェアGoogleEarthを使用し、生徒が自分の視点で地球を捉える授業実践を試みた。このソフトウェアは地球上の任意の場所の衛星画像を見ることができ、地形をあらゆる角度から観察できるソフトウェアである。これまでも衛星画像を有料で提供するサービスや地形を3次元表示させるソフトウェアは存在した。しかし、生徒が個々で使用するにはデータ準備などの点で、誰もが容易に実施できるものではなかった。

イ プレート境界，断層，リニアメントの観察

(ア) 準備

コンピュータ(CPU Intel Pentium4 2.8GHz RAM512MB OS WindowsXP SP2),マウス,GoogleEarth4.3(無料版)事前インストール,観察ポイントファイル,操作方法解説書(GoogleEarthはGoogle社が提供するソフトウェアであり,本ソフトウェアは個人での使用,非商業的な使用のみを目的としています。)

その他,授業準備時間は,使用コンピュータの準備(80分),生徒配布用ファイル作成(120分),操作マニュアル作成(3時間),演習用プリント作成(1時間),動作の検証(50分)である。機器の準備と操作マニュアル,動作の検証は初回のみである。

(イ) 実習方法

生徒フォルダ内に観察場所をまとめたファイルを転送する。ファイルをダブルクリックしGoogleEarthを起動する。

(ウ) 実習内容(抜粋)

- 日本付近のプレート境界判読(図1)
- 衛星写真による断層位置の判読(図2)
- 中央構造線の日本地図上への転記
- 断層境界付近での地形と土地利用の違い(図3)
- 跡津川断層による河道の変化(図4)



図1 日本上空



図2 淡路島上空



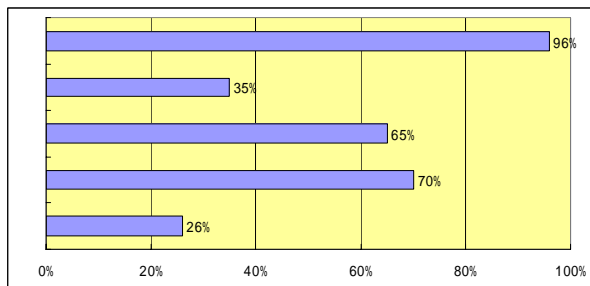
図3 愛媛県新居浜市



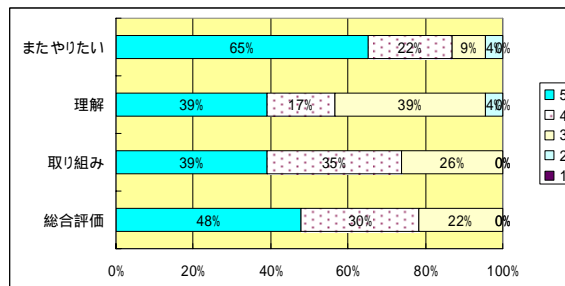
図4 跡津川断層

(エ) 実習結果

実習レポートから分析した実習内容の主な正解率をグラフ1に,授業後のアンケート結果をグラフ2に示す。



グラフ1 実習の正答率



グラフ2 授業評価

アンケート項目の「またやりたい」はコンピュータを活用した実習を今後も実施したいか,「理解」は内容理解のしやすさ,「取り組み」は自ら進んで作業したか,「総合評価」は授業展開,資料の分かりやすさなどを含めた総合評価である。生徒自身が講義形式の平常授業時の取り組みを3とし,かなりよい「5」,普段よりよい「4」,普段より悪い「2」,かなり

悪い「1」で自己評価している。

(オ) 結果

これまでプレート境界判読は教科書等の地図上に線が引いてあるものをただ受け入れるだけの学習であったが、正答率96%と自らの目で見確認できるようになった。

教科書掲載の断層図と衛星写真との対比では地形の特徴を認識できなかったが、今回は衛星写真を拡大、回転できることで、川、山地、平野の連続性が断層と同じ方向性を持っていることを35%の生徒が確認できるようになった。

65%の生徒が中央構造線を九州からフォッサマグナまで辿ることができた。これまで教科書の図で場所を示すだけであったが、自ら中央構造線を確認できるようになった。

跡津川断層による川の屈曲は70%の生徒が確認できた。これまでの写真では、河道を判別できなかったが、衛星写真を自由に拡大できるようになり可能となった。

プレート境界に特徴的に現れる褶曲山脈や地溝帯など、繰り返し見ることで、地球表面の特徴からプレート境界を判読することが可能となってきた。

自己評価については、いずれの項目も評価が高かった。実際の授業時においても、操作方法、実習方法などの質問が対応しきれないくらいにあり、予想を大きく上回る反応があった。

評価の平均は「またやりたい4.5」、「理解3.9」、「取り組み4.1」、「総合評価4.3」となった。

「理解」の項目がやや低かった。これはソフトウェアの操作方法が理解しにくい点が影響を与えていることが考えられる。今後、操作方法の解説を工夫し、繰り返し使用することで改善させていきたい。ほとんどの生徒が初め発した言葉は「すごい」「おもしろい」という反応であった。これはソフトウェアに対する評価でもあるが、何に対してであっても授業中、驚きや感動の感情をもてたことは十分な教育効果があったといえる。

ウ 日本の水系による地形及び海岸地形の観察

(ア) 準備 観察ポイント

V字谷	36°14' N 136°45' E 石川県(図5)	河岸段丘	37°14' N 138°48' E 新潟県小千谷, 十日町
扇状地	36°27' N 136°38' E 石川県手取川(図6)	砂州	35°34' N 135°11' E 京都府天橋立(図9)
蛇行	43°30' N 141°54' E 北海道石狩川中流域(図7)	砂嘴	43°37' N 145°16' E 北海道野付半島(図10)
三日月湖	43°30' N 141°54' E 北海道石狩川中流域(図7)	陸けい島	33°26' N 135°47' E 和歌山県串本
三角州	35°19' N 136°04' E 滋賀県安曇川(図8)	リアス式海岸	36°14' N 136°45' E 岩手県三陸海岸

(イ) 実習内容(抜粋)

ポイント指定された場所を観察スケッチし、その場所を日本地図上に記入する。



図5 V字谷



図6 扇状地



図7 蛇行と三日月湖



図8 三角州

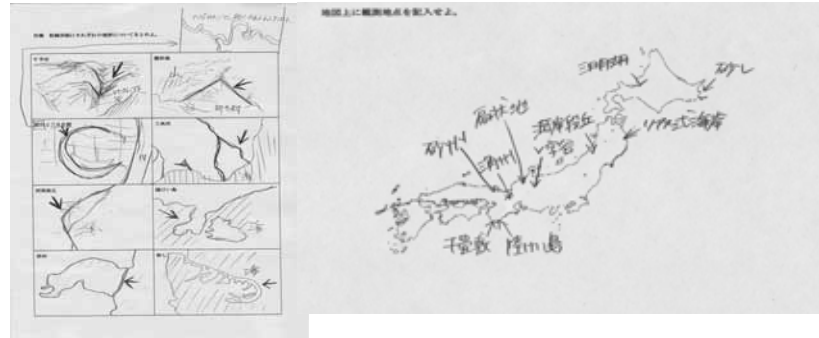


図9 砂州



図10 砂嘴

(ウ) 結果



(生徒レポート結果)

(エ) 結果及び期待される効果と今後の課題

すべての生徒が観測点を日本の地図上に記入し地形の特徴を捉えられた。これまで、写真や図などを使用した実習は行ってきたが生徒には理解しきれない部分もあった。動画を使用した授業も多く提案されているが、生徒個人が個々に使用するものではなかった。今回の試みは、これまでのメディアでは実現できなかった新たな視点を生徒に与え、理解を容易にした。

さらに GoogleEarth は Googlesky (図 11) と連動し、宇宙の学習に適したチュートリアルも充実している。YouTube (動画共有サービスサイト) とも連動して天文現象の動画を見ることも可能である。地球全体の雲画像との連動 (図 12) もでき気象の単元での利用も可能である。これまで、各教員が作りためてきた教材すべてが盛り込まれているといっても過言ではない充実した内容である。加えて多くの利用者同士のコミュニティが世界中に誕生し、新たな利用方法も提案されている。今後もこのソフトの授業利用の方法について研究が必要である。

また、授業展開の上で生徒が同時に回線とソフトウェアを使用した際、正常に動作するのも検証した。今回は最大 29 名であったが使用上の問題は全くない。初期設定ができれば準備は 3 時間程度であり、日常の実験準備と比べて大きな負担とはならない。



図 11 Googlesky

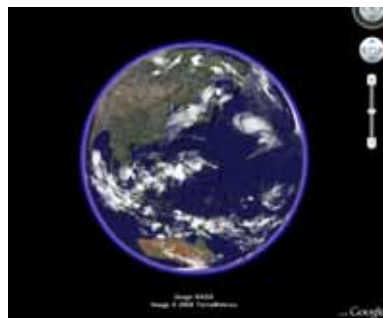


図 12 雲画像合成

(2) Mitaka を用いた宇宙の観察 (国立天文台 4次元デジタル宇宙プロジェクト 提供)

ア Mitaka の利用について

これまでの宇宙分野での実験, 演習は HR 図の作成, シミュレーションソフトを使用した地球上の天体の動きの観測, 太陽黒点の観察など地球から観測する視点に立つものだった。Mitaka は最新の観測データに基づき, 宇宙空間を自由に移動し視点を変えて観測できる画期的なシミュレーションソフトウェアである。これまで宇宙での距離を求める方法は, 年周視差を用いるか変光星の変光周期を用いるなど計算によるものだった。これでは 2 点間の直線距離しか認識できず, 3次元, 4次元としての宇宙空間を認識することは極めて難しいことであった。Mitaka を使用して宇宙の学習をすることは, これまでの宇宙像を確立させていく学習とは異なり, 現代科学が解明した宇宙像の上で学習を始めるものである。

イ 宇宙のスケールの認識

(ア) 準備

コンピュータ (CPU Intel Pentium 4 2.8GHz RAM512MB グラフィック GeForce FX5200 OS WindowsXP SP2), マウス, 4次元デジタル宇宙ビューワー “Mitaka”

(イ) 実習方法 (抜粋)

“Mitaka” を起動し, 太陽系, 銀河を観察する。(図 13)



図 13 地球付近から太陽系外への移動

(ウ) 実習 (抜粋)

- 10 天文単位の範囲に入る軌道を持つ惑星を答えよ。
- オールの雲は何天文単位まで広がっているか。
- 太陽系のサイズはどのくらいか。
- 太陽から 1 番近い恒星までの距離はどのくらいか。
- 太陽系は銀河系のどのあたりにあるか。

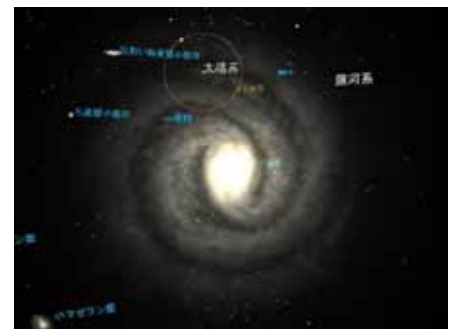


図 14 銀河系と太陽系

(エ) 結果

表 1 回答率と正答率

回答率	84.1%	72.7%	18.2%	45.5%	100%
正答率	79.5%	72.7%	15.9%	40.9%	68.2%

回答率, 正答率とも解答人数全体に対する割合

に対して高い回答率, 正答率となった。 の回答率が非常に低かったのは生徒の一部に太陽系の外縁がオールの雲までと知らぬ者もいて, 境界をどの辺りで区切っていいか判断できなかった為である。 の一番近い恒星 ケンタウリまでの距離の読み取りも回答率が低い。 は設問の設定をさらに工夫する必要がある。それぞれを何天文単位か, 何光年か

と質問していれば回答率が上がったと予想される。

(オ) 効果と課題

本実習において宇宙に対するスケール感の変化を調査するために以下のアンケートを実習前後に実施した。項目の選択肢を数値 1 2 3 に置き換えて平均値を計算した。正解はいずれもに設定している。また数値が 3 に近ければ正解に近づくと同時に宇宙がより広いと認識したことになる。

アンケート項目

太陽の大きさを 1 円玉 (2 c m) とすると地球までの距離はどのくらいか？

20cm 200cm 2000cm

太陽の大きさを 1 円玉 (2 c m) とすると太陽系の果てまではどのくらいか？

2m 200m 20000m

太陽の大きさを 1 円玉 (2 c m) とすると一番近い恒星まではどのくらいか？

6 k m 60 k m 6000 k m

海王星の軌道半径を 1 円玉 (2 c m) とすると銀河系の大きさはどのくらいか？

教室 東京ドーム 月までの距離

個々の生徒のスケール感にはばらつきがあり、縮小した者もいたが全体の平均値は表 2 となり生徒の宇宙スケールはより広がった。このことから実習の目的の一つは達成したといえる。

表 2 スケールの変化

	実習前	実習後
数値	2.22	2.44

これまでの宇宙の大きさを認識する方法は生徒アンケートにあるようなスケールを身近な対象物に置き換えた説明を行ってきた。その際に宇宙での方向を認識する視点は薄かった。恒星や銀河がどこに分布しているかは年周視差からの計算では到底解るものではなかった。しかし、本ソフトの使用はこれらの視点を補い、生徒自身が空間を認識することを可能にした。その例としてベガとアルタイルは天の川 (銀河中心) の両側にあるのでは無いことに気がつけた。これは今までの実習ではできなかった内容である。

ウ Mitaka を使用して会合周期を実測する

これまで太陽系の惑星の運動を学習する時、その運動は作図と計算によって会合周期を計算していた。地球の公転周期を E、惑星の公転周期を P とするとその会合周期 S は $1/E - 1/P = 1/S$ (外惑星) $1/P - 1/E = 1/S$ (内惑星) で求められる。しかし、実際に何年何月何日に会合するかはこれでは求められない。そこで本ソフトウェアを用いて実際の会合の年月日を知り、カレンダー上で会合周期を求めてみた。

(ア) 実習内容 (抜粋)

Mitaka を起動し、天の北極側から太陽系を見る視点に移動する。(図 15) 年月日を変更して惑星を公転させ会合する年月日を表示、確認する。(画面右上の + をクリックすると設定時間ごとにジャンプする)

火星と水星との会合日時を見つけよ。

次の会合の日時を求め会合周期を求めよ。

木星と土星について を行え。

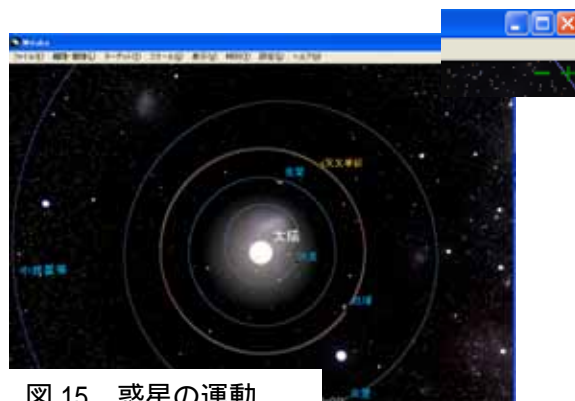


図 15 惑星の運動

(イ) 結果

表3 会合年月日と会合周期(カッコ内は計算により求めた会合周期)

	地球と火星	地球と水星	木星と土星
最近の会合	2010年2月1日	2008年10月5日	2020年11月30日
次回の会合	2012年3月5日	2009年1月20日	2040年11月30日
会合周期	763日(779.9日)	106日(115.9日)	20年(19.86年)

(ウ) 期待できる効果と課題

4次元デジタル宇宙ビューワー“Mitaka”は東京天文台4次元デジタルプロジェクトによって作成されたものである。研究結果を可視化するために作成された優れたソフトウェアである。ダウンロードして使用でき、インストールの必要がなく、機器の保守契約やライセンス上の問題等が生じない。唯一の問題点は、高いコンピュータ性能が必要であり、学校によっては、動作に問題が生じることである。今回紹介した以外にも「惑星の自転周期の実測」(図16)「銀河の泡状構造の観察」(図17)、「星団と星座の違い」「星団と星雲」「HR図と恒星の一生」など天文分野での活用ができる。



図16 木星



図17 銀河の分布

(3) 身近な物質を用いた結晶成長の観察

ア 結晶成長過程の観察について

ミョウバンや塩化ナトリウムを用いた結晶を観察する実験は小中学校の理科でも何度も取り入れられてきた。大きな結晶の作成法や結晶の外形に関する実験方法は多数報告され、実施されている。しかし、これらの方法は必ずしも授業時間内に収まるものではない。今回は時間内に完結し、結晶の成長過程と成長速度と組織の関係を観察できる実験を提案する。これは「地学」岩石組織の違い(等粒状組織、斑状組織)がマグマの冷却の仕方により生じること再現するものである。教材の開発の過程において最も効果の出る材料を選定するために予備実験を行い、ミョウバンが最適である結論に達した。ミョウバンは温度による溶解度の違いが大きいことを利用し結晶を短時間で生成させることができる。

(ア) 準備(予備実験)

ビーカー(100mL)4個、ガラス棒4本、温度計、ホットプレート、焼きミョウバン、食塩、重曹、硝酸カリウム、生物顕微鏡、スライドガラス、カバーガラス、穴あきカバーガラス、デジタルカメラ、ストップウォッチ

(イ) 予備実験(抜粋)

- 作業1 ミョウバン、食塩、重曹、硝酸カリウムを80℃の湯に溶かし飽和水溶液を作成する。
- 作業2 ホットプレートで各水溶液を保温する。(ガスバーナー代用可)
- 作業3 スライドガラスにガラス棒で数滴の水溶液をとり、生物顕微鏡で観察する。

(ウ) 結果 室温 34 *注

・カリウムミョウバン水溶液 (×40 顕微鏡 ×2 カメラ 写真幅 0.1mm) 静置し自然冷却

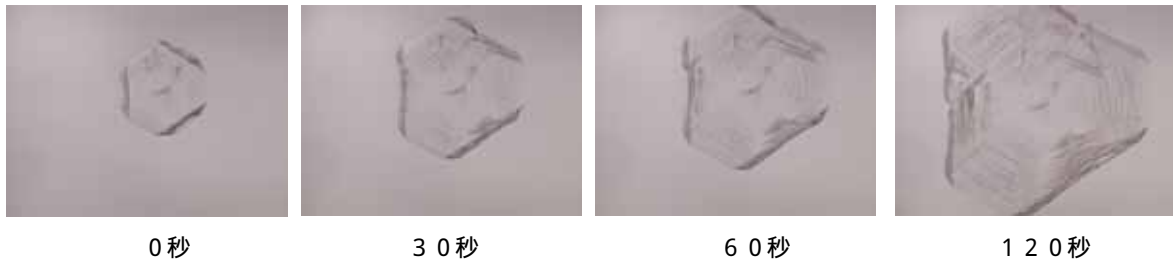


図 18 ミョウバンの成長 (単結晶)

*注 室温によって冷却速度が変化する。顕微鏡下の画像をデジタルカメラで撮影

カリウムミョウバン水溶液 (×100 顕微鏡 ×2 カメラ) 多数, 結晶核を作った場合

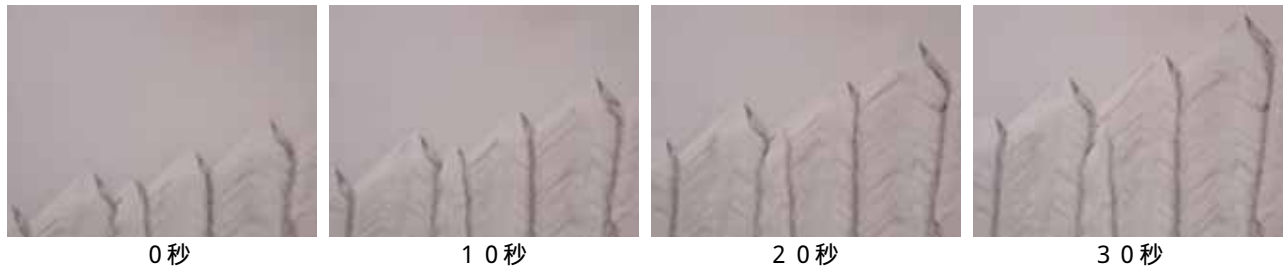


図 19 ミョウバンの成長 (多核結晶)

結晶サイズ, 成長速度とも良好な結果を得られた。

・塩化ナトリウム水溶液 (×100 顕微鏡 ×2 カメラ) 結晶サイズは良好であったが (図 20),

塩化ナトリウムは温度による溶解度の差が大きく出ない物質なので, 蒸発による過飽和状態を作る必要があった。カバーガラスをかけることで, カバーガラスの淵で過飽和状態を作り出すことができる。穴あきカバーガラス (図 21) を使用することで結



図 20 塩化ナトリウム



図 21 穴あきカバーガラス

晶を視野の中央で観察できるようにした。ドライヤー等で水を蒸発させたが組織の違いを生み出せなかった。スライドガラスを加熱すると細かな結晶を多数作れるが本実験には適さない。

・炭酸水素ナトリウム水溶液 (×100 顕微鏡 ×2 カメラ) (図 22)

針状結晶でサイズが小さく観察に適さない。

・硝酸カリウム水溶液 (×40 顕微鏡 ×2 カメラ) (図 23)

結晶サイズは大きく肉眼観察も可能である。成長速度は顕微鏡で観察するには速く適さない。



図 22 炭酸水素ナトリウム

(補足) 温度低下による再結晶法では, 純水, 試験試薬, 新品のスライドガラスで行った場合, 過飽和状態でも結晶成長は始まらない。少量の不純物や傷が存在した方が生徒実験は良好な結果が得られた。



図 23 硝酸カリウム

イ 生徒実験

上記実験結果より, ミョウバンを使用し岩石組成の観察実験を実施

した。岩石と鉱物の関係，岩石組織の違いは事前に学習済みである。

(ア) 準備

ビーカー (100mL)，ガラス棒，飽和ミョウバン水溶液，生物顕微鏡，スライドガラス，水晶，岩石薄片，ポララーペ (偏光器つき拡大鏡)

(イ) 実験内容 (抜粋)

作業1 鉱物の外形をスケッチする。

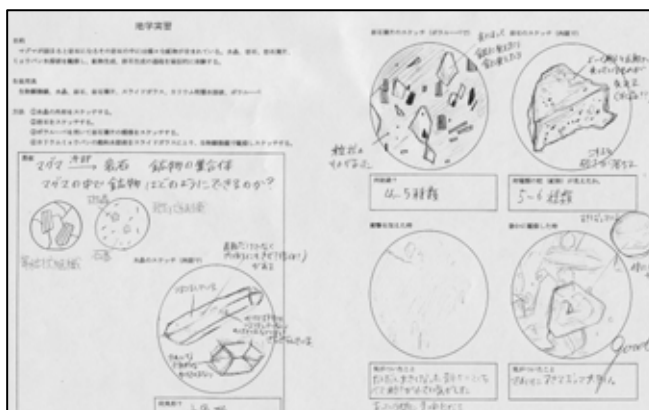
作業2 ポララーペで岩石薄片を観察スケッチする。

作業3 生物顕微鏡でミョウバン結晶の様子を観察し，スケッチする。

(1回目は静置して結晶成長を観察し，2回目はガラス棒でかき回す)

(ウ) 結果及び期待される効果

生徒は最初，水晶は削って磨かれたものだと思っていたが，実験後，自然に結晶が生成されたという認識を持った。結晶の成長に感動していた。ゆっくり成長すると大きな結晶に，急冷または多核形成した場合，細かな結晶になることを知った。このことから火成岩における深成岩の等粒状組織と火山岩の斑状組織の違いがマグマの固化の仕方の違いによって生じていることを実感した。また，自形，他形の関係とも関連させることができるようになった。



生徒レポート

費用対効果を考える時，サリチル酸フェニールを使用した実験は高価で生徒実験には不向きであった。その点でミョウバンは安価で安全であり生徒実験に大変適している。また，既存の理科設備で実施が可能である。

(4) 身近な物質を用いたマグマの上昇の観察

ア マグマの上昇と火山噴火

高校地学において，火山活動は，マントル上部を構成する岩石が融解して上昇し，地表に噴出する現象として説明される。教科書では図24のように図示される。噴火は，マグマに働く「浮力」とマグマ中の発泡現象で発生する。本実験では発泡しないため地表近くでの噴火の様子を演示することはできない。しかし，マントルや地殻下部について考えれば，液体状態でゆっくりと上昇してくるマグマ

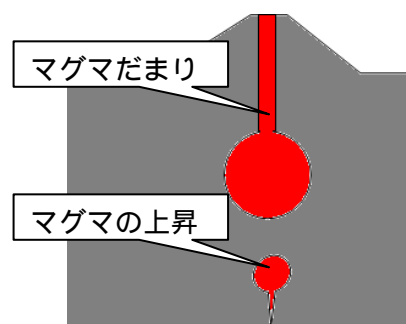


図24 マグマだまりの形成

の運動は浮力と粘性力が釣り合っていると考えることができる。深所においてマグマは「密度差」×「重力加速度」の上向きの力を受けると考えられる。岩石の密度を s ，マグマの密度を m ，重力加速度を G ，力を F とすると $F = (s - m)G$ となる。粘性力は物質内のすべり面に関する摩擦抵抗のようなものなので，接触面を通して働き，接触面積に比例する。変形している物質の速度勾配を (V/L) と粘性係数 (μ) の積に火道壁の接触面積 (S) をかけて近似できる (L は火道の径)。浮力は「密度差」×「重力加速度」×「体積」(SL) なのでマ

グマの上昇速度を計算できる。密度差によって上昇，停止すると近似できる。これらの現象を油とのりという身近な物質を用いて擬似的に視覚化することを試みた。

(ア) 準備

PET ボトル (500mL) , ストロー , 接着剤 , 水 , PVA のり , なたね油 , 鉱油 , 注射器 (スポイト)

(液体の選定) 食用菜種油 $0.91 \sim 0.92 \text{ g/cm}^3$, エンジンオイルは 0.88 g/cm^3 のものを使用している。市販のエンジンオイルは $0.85 \sim 0.90 \text{ g/cm}^3$, 食用油は $0.90 \sim 0.94 \text{ g/cm}^3$ 位であった。他 , 白灯油は $0.79 \sim 0.83 \text{ g/cm}^3$ である。密度以外に , 色も大切である。(ゴマ油 : 褐色 , ブドウ油 : 緑色 , オリーブ油 : 緑色 , コーン油 : 黄色) マグマの代わりにする液体の色が目立つこと (着色すれば何でもよい) , 地殻の代わりにする物質は透明である必要がある。



図 25 実験装置

(イ) 実験内容 (抜粋)

ストローにエンジンオイルを注入し , ストロー先端からの鉱油粒の上昇を数え , スケッチする。境界面で停止し , 再上昇する油滴数を数える。これを 5 回繰り返す。

(ウ) 結果

油滴は境界付近で上昇を停止し , 20 滴ほどの集団となった後 , 再上昇した。(図 26)

表 4 再上昇までの油滴の数 (全体の平均)

1 回目	2 回目	3 回目	4 回目	5 回目
18.8	17.9	16.8	17.1	17.4

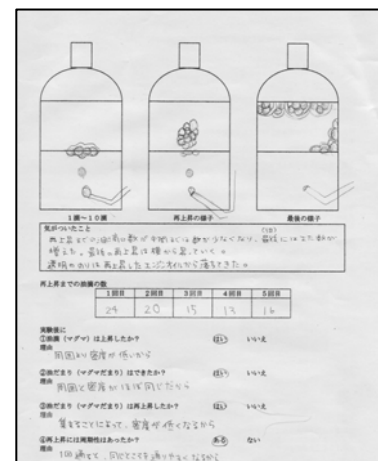
1 回目の再上昇には 2 回目以降より 1 ~ 2 滴多く集団となる必要があったが , 平均値からは油の量が一定値に達すると浮力が勝り上昇することが確認された。



図 26 マグマ (油滴) だまりの形成と再上昇

(エ) 結果及び期待される効果

生徒に実験の前後に表 5 の 4 項目の質問をした。多くの生徒は鉱油が上昇することは予想していた。しかし , 油だまりが再上昇することは 3 分の 1 の生徒が疑念を持っていた。その理由は同じ油なので混ざる。または留まったままと考えていた。生徒には , 鉱油と菜種油の密度を実験前に知らせていないので , 再上昇すると考えた根拠が存在しない。3 分の 2 の生徒は単に , マグマの上昇の実験なのだから上昇するに違いないと考えたにすぎない。再上昇の周期性については実験前に意見が分かれたが , 実験結果はマグマが一定量集まると再上昇するという結果になった。生徒たちの認識も実験後 , 「はい」と答えたものが 100% となり修正されている。「周



生徒レポート結果

期性」は17%の生徒には実験結果のばらつきが生じ、発見には至らなかった。しかし、実験後の授業で平均値を示し、すべての生徒が再上昇の周期性を確認できた。

これまで、マグマだまりがなぜ存在するかなど考えたこともなかった生徒たちがこの結果から、地球内部でマグマが上昇し、地下数キロの所でマグマと周囲の岩石の密度が同じになり上昇が停止することを類推することができたことは最も大きな効果であった。

表5 実験前後の認識の違い

	実験前			実験後		
	はい	いいえ	無回答	はい	いいえ	無回答
油滴（マグマ）は上昇する？	94%	0%	6%	100%	0%	0%
油だまり（マグマだまり）はできる？	84%	6%	9%	100%	0%	0%
油だまり（マグマだまり）は再上昇する？	66%	22%	13%	100%	0%	0%
再上昇に周期性はあるか？	47%	42%	11%	78%	17%	5%

補足（水＋菜種油での実験）

油滴は境界付近で上昇を一度停止し、5秒ほどで水の膜がなくなり、1粒でも再上昇を始める。再上昇の際は図27のようにダイアピルを形成することが観察された。また、上昇した経路が残され、繰り返し同じ場所から上昇が起こることが観察された。本実験はマグマだまりの実験としては適さないが、プルームの上昇を説明するには有効な実験といえる。



図27 プルームの上昇

(5) 試験と本実験・実習の効果について

表6に平成19・20年度1学期試験問題の項目と試験結果をまとめた。平成19年度は地学選択者2年生47人、20年度は3年生68人に対して授業を担当している。19年度は3学期に(2)の実習を行い、20年度の1学期に(1)(3)(4)の実験を行った。

表6 試験内容及び解答率

平成19年試験問題項目	平均	配点	得点率	平成20年試験問題項目	平均	配点	得点率
マグマと火山活動	12.4	20	62%	マグマと火山活動	11.8	23	51%
岩石組織	5.5	15	36%	岩石鉱物と組織	10.6	21	50%
岩石と鉱物	2.1	9	23%				
ケイ酸塩	2.9	7	41%				
火山分布とプレート運動	4.6	6	77%	火山噴火	3.7	5	74%
				火山噴火と災害	5.5	8	69%
変成岩	5.2	6	87%				
変成岩とプレート運動	3.1	5	63%	多形	5.8	8	72%
				様々な岩石	2.4	6	40%
様々な岩石	4.7	11	43%	海岸地形	3.3	6	55%
				流速と地形	6.8	11	62%
流速と地形	3.0	13	23%				
造山帯	4.0	8	50%	層序	1.6	6	27%
				化石	3.7	6	61%
	47.4	100	47%		55.2	100	55%

2年と3年の違いはあるが、母集団としてマグマと火山活動、様々な岩石の正解率などから、等価な集団であると考えられる。出題内容は同じ範囲、レベルで出題している。19年度の「岩石組織」・「岩石と鉱物」の設問と20年度の「岩石鉱物と組織」の問題と本研究(3)身近な物質を用いた結晶成長の観察が対応している。結果は正答率が上昇している。流速と地形の設問は問題自体が酷似し、本研究(1)GoogleEarthを用いた地球表面の観察に対応する。結果は大幅な正答率の上昇が見られる。火山噴火については19年度に対応する問題を出題できなかったが20年度に出題したところ74%と高い正答率を示している。宇宙分野は、20年度の試験を実施していないため、表6には記載していない。全体の平均では47%から55%に正答率が向上した。

この結果から、視覚化ツール・教材を用いた地学学習は一定の学習成果を生んでおり、有効性が認められる。今回の取り組みが生徒の学習上での動機づけや学習の定着に役立ったことは確かである。

4 おわりに

本研究では、地学現象を視覚化する実験・実習により効果的な学習を行うための教材の工夫を試みて授業を実践した。一方で、科目「地学」において安全かつ安価で、容易に実験ができることが実験・実習の機会を増やし生徒の学習意欲の向上に繋がると考え検証した。その結果は、生徒の学習意欲の向上に確実に繋がっており、今回どの内容においても視覚化された実験・実習を自ら行うことによって生徒個々の理解に変化と深化をもたらし、学習の定着に有効であることが確かめられた。また、理科教育においての生徒自らの活動が如何に重要であるかを再認識できた。今後も新たな視覚化ツールの教材化に取り組み、活用していきたい。

最後に、本研究を進めるにあたり、御指導、御助言をいただいた教育庁教育振興部指導課の小芝一臣先生、渡邊敏樹先生、近藤克之先生、高野義幸先生及び教科指導員の谷口哲也先生、岡田実先生、橋本尚先生、中山正彦先生並びに教科研究員の先生方に心より御礼申し上げます。

5 参考文献及び参考サイト

高等学校学習指導要領 文部科学省

理科年表 丸善

天文年鑑 誠文堂新光社

Google Earth ユーザー ガイド http://earth.google.co.jp/userguide/v4/ug_toc.html

国立天文台 4次元デジタル宇宙プロジェクト <http://4d2u.nao.ac.jp/top.html>