2023（令和5）年度全国地学教育研究大会
日本地学教育学会第77回全国大会（滋賀・大津大会）

主　催：日本地学教育学会
共　催：滋賀大学
後　援：文部科学省・滋賀県教育委員会・大津市教育委員会・全国高等学校長協会・
　　全日本中学校長会・全国連合小学校校長会・日本私立中学高等学校連合会・
　　高等学校文化連盟全国自然科学専門部・日本理科教育学会
日　程：2023年8月24日（木）～8月26日（土）
大会テーマ：持続可能な社会をつくる地学教育
会　場：滋賀大学大津キャンパス

ごあいさつ

日本地学教育学会長　川村　教一

本年 7 月，梅雨末期の豪雨により各地で多大なる災害が発生した。被災された皆様にお見舞い申し上げるとともに，1 日も早い復旧をお祈り申し上げる。

本学会では，さる 2022 年 10 月に「地学教育」の特集号「災害多発時代の地学教育」を発刊した。特集号企画の趣旨は，当時の編集委員会によると，近年の自然災害の多発化，激甚化，広域化の現状，さらには気候変動に伴う極端気象の増加や南海トラフ巨大地震の発生が予測されていることを背景として，学会員による自然災害の学習に関する研究推進の契機の一つとするものであった。もちろん，特集号の発刊だけで研究は完結するものではなく，本年 7 月 2 日には公益財団法人河川財団との共催で，小学校理科を例として水害多発時代の学校における水害の教育に関するシンポジウムを開催し，本会会員はもとより河川管理にかかわる方々を交えた意見交換を行った。本年 7 月の豪雨災害は，主に南西諸島，九州，山陰，北陸，東北の各地方など広範囲で発生した。それぞれ地形や地質環境は異なることから，防災推進のためにも地域に根ざした地学教育の推進が欠かせないことを改めて実感した次第である。

ここで近代以降の地学教育の歴史を概観すると，明治 5 年の近代学校教育制度のスタート以来，昭和 20 年までの地学教育は，地下資源の開発と農業生産の充実であった（倉林，2000）。戦後になって土木地質学が勃興した（岩松，2002）ものの，大学教育を含め，地学教育の内容にそれが大きく取り入れられたようには見えない。20 世紀末に新世紀を迎えるにあたって地学教育の課題例として挙げられたのは，地震・火山の災害への対策であり，地球環境の破壊への対応である（倉林，2000）。このころ，地球環境問題や資源・エネルギー問題などの人類的課題はすべて地質学の扱う課題（岩松，2002）と指摘され，「人間と社会のための地質学」（岩松，2002）の重要さが指摘された。これは「環境地質学 “Environmental geology”」にほかならない。“Environmental geology” を掲げる大学教科書が出版されて久しい。教科書によって特徴に違いが見られるが，例えば，「人間と地質環境の関係を扱い，とりわけ自然災害と人間活動によりもたらされる環境問題を扱う」（Erickson，2002）。なぜ環境地質学を学ぶのかという問いに対し，理由の一つは地球に関する自然現象は興味深いものであること，そしてもう一つは解決し決定を下さないといけない身の回りの問題に直面することが多くなっており，その解決策を見出すために地球の理解が欠かせないからである」との答えが示されている（Montgomery, 2003）。そして，いま，人間活動の自然環境へのインパクトの大きさのもと，新たな地質時代区分「人新世」がカナダの湖底の堆積物を模式として設定されようとしている（例：Witze，2023）。地球科学を背景に近代以降の人間活動や人間―地質環境の関係を深く理解することで，地球環境の未来を議論することが地学教育の世界でも活発になることを期待したい。

ごあいさつの結びに当たり，滋賀大会の開催に当たり藤岡達也実行委員長ほか関係者の皆様の多大なるご努力に敬意を表するとともに，本大会の盛会を祈念申し上げる。

Erickson，J.（2002）: Environmental Geology. Facts On File, Inc, New York, 310p.

岩松　暉（2002）: 教育の危機と “ 地質学の危機 ”. 地質と調査，2002 年第 1 号，2 － 7.

倉林三郎（2000）: 日本の地学教育の歩み（1868 年～ 1945 年）―地学双書 31―. 地学団体研究会 , 250p.

Montgomery, C.（2003）: Environmental Geology. McGraw-Hill, New York, 554p.

Witze, A.（2023）: This quiet lake could mark the start of a new Anthropocene epoch. https://www.nature.com/articles/d41586-023-02234-z

日本地学教育学会第77回全国大会　兼
2023（令和5）年度全国地学教育研究大会開催にあたって

大会実行委員長　藤岡　達也

昨年は日本で初めてのGeoSciEd(国際地球科学教育学会)が松江市で開催され，引き続き日本地学教育学会第77回全国大会が大津市で開催されること嬉しく誇りに思います。

大会開催にあたり，これまで新型コロナウイルス感染症の影響もあり，様々な制限がありました。コロナから解放され，国内全体に活気が戻ってきたことは明るい展望ですが，一方で気候変動の影響からか酷暑の日々が続いています。地学教育学会が各地域で開催される意義としては，研究発表等だけでなく，エクスカーション（巡検）も挙げられます。しかし，コロナや酷暑の条件以外にも，昨今の教育現場（大学も含め）の多忙な現状からかつての夏休みのような設定には限界があるのは事実です。

滋賀県は湖として日本最大の「琵琶湖」を有し，そのため陸域は少ないように思われがちですが，あらゆる時代の地質，岩石が存在し，昔から近江八景（琵琶湖八景）と呼ばれるように数多くの自然景観の美しさが多くの人を魅了してきました。確かに現在，ジオパークに認定されている地域はありませんが，むしろ地元では敢えてジオパークをつくる必要がなかったかもしれません。学校教育においても県内の小学生全員が「うみのこ」と呼ばれる湖上宿泊体験学習を受けています。

さらに豊かな自然景観に恵まれたこの地は，日本史の各時代の舞台でもあり，数多くの歴史を生み出してきたと言えるでしょう。特に戦国時代の織田信長，明智光秀，豊臣秀吉，石田三成，蒲生氏郷，井伊直政の武将と安土城，長浜城，そして国宝彦根城などの名城は，しばし映画や大河ドラマの背景となってきました。来年のNHK大河ドラマでは，今回の巡検地でもある「石山寺」で源氏物語を綴った紫式部が主人公です。「石山寺」では地学関係者では，むしろ「珪灰岩」が有名です。

一方で，自然に恵まれた滋賀県は，災害の多い地域でもあります。記録に残る天正地震，慶長地震は日本の歴史を大きく変えたと言ってよいでしょう。近年でも東日本大震災発生後の2013年9月に「特別警報」の運用が開始されましたが，日本で最初に発表されたのが，滋賀県を含む3県でした。また，東海道新幹線が開通した時，関ケ原付近で岐阜県から滋賀県に入った時，冬場は雪のため頻繁に新幹線が遅延しました。近畿地方中央部に豪雪地帯があるとは，計画時に十分検討されていなかったからかもしれません。

現在では，近畿地方が干ばつの被害に遭うことが少ないのは水がめとして琵琶湖の存在が大きいことは述べるまでもありません。さらに琵琶湖に注ぐ河川によって形成された沖積平野は，古代から大集落をつくり（日本最大の銅鐸は野洲市から出土しています），コメの産地としても定評があり，その結果美味しい日本酒がつくられてきました。自然と歴史に育まれた食材，酒肴を，滋賀県を訪問していただいたこの時期に少しでも味わってもらえればと思います。長寿国滋賀県（男性1位，女性2位）を理解いただけるでしょう。

最後になりましたが，本大会の実施にあたっては，数多くの後援団体，協賛団体，学会事務局の方々，そして地元の教育関係者の方々や実行委員の先生方に大変お世話になりました。心から御礼申し上げます。

2023（令和５）年度全国地学教育研究大会
日本地学教育学会第 77 回全国大会（滋賀・大津大会）

主催：日本地学教育学会　　共催：滋賀大学
後援：文部科学省・滋賀県教育委員会・大津市教育委員会・全国高等学校長協会・全日本中学校長会・全国連合小学校校長会・日本私立中学高等学校連合会・高等学校文化連盟全国自然科学専門部・日本理科教育学会
日程：2023 年 8 月 24 日（木）～ 8 月 26 日（土）
大会テーマ：持続可能な社会をつくる地学教育
会場：滋賀大学大津キャンパス（〒520-0862　滋賀県大津市平津 2-5-1）

＜開催方針＞
新型コロナウイルス感染症による活動制限が解除され，今年度は，8 月に対面のみでの学会・研究大会を開催します。本大会は研究発表，講演，ワークショップ等を対面実施し，滋賀県内の巡検，懇親会も行います。

＜24 日，25 日会場＞
滋賀大学大津キャンパス（大津市平津 2-5-1）
https://www.shiga-u.ac.jp/wp/wp-content/uploads/print_otsu2.pdf

＜参加資格＞
大会への参加は，正会員，ジュニアポスター発表生徒および引率教員を基本とします（日本地学教育学会第 77 回全国大会）。地学教育および地学教育学会に興味を持つ教員・教育関係者も，所属等の情報を明示したうえで個別に参加申し込みをすることで，参加を認めます（2023 年度全国地学教育研究大会）。

＜日程＞
☆８月 23 日　14:00～15:00　ワークショップ（滋賀県危機管理センター）
　８月 23 日　15:00～16:00　評議員会（JR 大津駅前滋賀大サテライト）
☆８月 24 日　受付，口頭発表・ポスター発表，ｼﾞｭﾆｱ・セッション，
　　総会，学会賞・学術奨励賞授与式，懇親会
☆８月 25 日　口頭発表，若手学術発表賞，基調講演，
　　ワークショップ（滋賀大実験室）
☆８月 26 日　巡検２コース

＜参加費＞
（大会参加費）一般：3,000 円，県内学校教員：2,000 円，学生 1,000 円
　　高校生・引率教員無料
（懇親会費）　5,000 円
（巡検参加費）各コース　6,000 円

【滋賀大　大津キャンパス】

（駐車場は十分余裕があります：事故等の責任は負いません）

受付　上図❺入口
口頭発表・総会・講演会場（大講義室・中講義室）　上図⓬
ポスターセッション・控室（ラーニングコモンズ）　上図❺
懇親会場（学食）　上図⓫
25 日ワークショップ会場（自然棟理科実験室）　上図❻

【問い合わせ先】
滋賀大学大学院教育学研究科
　高度教職実践専攻
　教授　藤岡　達也
Mail:fujioka@edu.shiga-u.ac.jp
〒520-0862　大津市平津 2 丁目 5-1
　　(077)537-7848

＜大会スケジュール＞

<table>
<tr><th></th><th>8/23（水）</th><th>8/24（木）</th><th>8/25（金）</th><th>8/26（土）</th></tr>
<tr><td>9:00～10:00</td><td rowspan="5"></td><td>会場準備</td><td>会場準備</td><td rowspan="8">巡検
2コース</td></tr>
<tr><td></td><td>受付</td><td>受付</td></tr>
<tr><td>10:00～11:00</td><td>口頭発表</td><td rowspan="2">口頭発表</td></tr>
<tr><td>11:00～12:00</td><td>ポスターセッション
ジュニアポスターセッション（SSH 等）</td></tr>
<tr><td>12:00～13:00</td><td>（昼休み）</td><td>（昼休み）</td></tr>
<tr><td>13:00～14:00</td><td>総会，学会賞・学術奨励賞授与式</td><td>基調講演「日本の歴史を変えた近江の地学環境」</td></tr>
<tr><td>14:00～15:00</td><td>危機管理センター見学</td><td rowspan="3">口頭発表</td><td>若手学術発表賞</td></tr>
<tr><td>15:00～16:00</td><td rowspan="2">評議員会（JR 大津駅前サテライト）</td><td rowspan="2">ワークショップ
天文関係</td></tr>
<tr><td>16:00～17:00</td><td rowspan="2"></td></tr>
<tr><td>17:00～19:00</td><td></td><td>懇親会</td><td></td></tr>
</table>

8 月 24 日（木）			
9:00 ～		受付：	
口頭発表		A 会場：大講義室	B 会場：中講義室
1	10:00~ 10:15	砂粒の科学　2021 FES（フューチャーアース・スクール）online より 香田達也（甲南大学）	ボーリングコア試料を用いた地層学習の実践例 －コア試料か部分ペネ試料か、それが問題だ－ 高橋唯（慶應義塾幼稚舎）
2	10:15~ 10:30	「深成岩が地表で見られるしくみ」の学習で利用するための日本に露出する深成岩の固結深度 吉川武憲（近畿大学）・多賀優（龍谷大学）・平田豊誠（佛教大学）・小川博士（白鷗大学）	外見の類似した岩石を用いた比較観察学 岡本研（東海大学）
3	10:30~ 10:45	河床堆積物の下流方向にかけての細粒化の要因について学習前後に子どもの認識はどのように変容したのか 平田豊誠（佛教大学）・野ヶ山康弘（京都教育大学付属京都小・中学校）・小川博士（白鷗大学）	礫岩・砂岩・泥岩の識別－粒径測定による砕屑岩の理解－ 大友幸子（山形大学）
4	10:45~ 11:00	水路で波を起こして行う沿岸域の地層形成実験と地層モデル図の作成 廣木義久（大阪教育大学）	福徳岡ノ場産軽石の科学教育教材化を目指して－軽石の浮遊性への着目－ 平川尚毅（大阪教育大学）
11:00~13:00		ポスターセッション・ジュニアセッション，昼食	
13:00~14:00		2023 年度日本地学教育学会総会	
5	14:00~ 14:15	高校生の地震・津波に関する認識について 有道俊雄（須磨翔風高等学校）・川村教一（兵庫県立大学）	
6	14:15~ 14:30	福井大学総合研究棟 I における地震観測と地震応答解析に関する基礎的考察 川口雄己（福井大学）	スマホ内蔵気圧センサーの精度とそれを利用した気圧観測実習の開発 榊原保志（信州大学）
7	14:30~ 14:45	「稲むらの火」成立過程の 3 つの物語 大辻永（東洋大学理工学部）	気象観測データ取得および解析における科学系部活動の地域連携活動 神谷義一（千葉県立木更津高等学校）
8	14:45~ 15:00	千葉県館山赤山地下壕の地学教育的活用－ヴァーチャル空間による地下教材の開発－ 久田健一郎（文教大学）・矢沢勇樹（千葉工業大学）・唐田幸彦・工藤菜々子（株式会社ダンク）	タイムラプス動画を用いて雲の動きを捉える－ひとり 1 台端末の活用－ 平賀博之（広島大学附属福山中・高等学校）
15:00~15:15		休憩	
口頭発表		A 会場：大講義室	B 会場：中講義室
9	15:15~ 15:30	季節サイクルの中での「日本の気象・気候」の学習内容の再構築へ向けて（大雨の頻度や質の季節性・地域性等の防災気象リテラシー育成も意識して） 加藤内藏進・松本健吾・大谷和男（岡山大学）	国家強靭化に資する人材の育成 岡田大爾・井山慶信（広島国際大学）・張俊彦（国立台湾師範大学）・岡田寛明（広島大学大学院）
10	15:30~ 15:45	気候変動時代に求められる小学校理科の気象に関する学習とは何か 吉本直弘（大阪教育大学）	兵庫県姫路市南東部，小赤壁海岸における岩盤崩落の応用地質学的な調査と防災教育への活用に向けた方向性 毛利元紀（兵庫県立大学）
11	15:45~ 16:00	SDGs と地学関連単元との連携授業の重要性 松本一郎（島根大学）	牛伏砂岩を対象とした高校－博物館連携による学際的探究の取り組み 菅原久誠（群馬県立自然史博物館）
16:00~16:15		休憩	
12	16:15~ 16:30	地学教育を支える 教材・教具支援を図るためのシステム開発の研究 境智洋（北海道教育大学釧路校）	伊吹山と姉川を題材とした地学教材の検討 秀熊宏弥（長浜市立北中学校）
13	16:30~ 16:45	人新世に関する地球科学教育の提案 川村教一・廣瀬孝太郎（兵庫県立大学）・辻本彰（島根大学）	描いて消して実験できる火山立体地形モデルの開発と授業実践－溶岩流に関する火山ハザードマップを作成する学習での活用を例に－ 佐竹靖（近畿大学）
14	16:45~ 17:00	児童生徒の「見えない火山」の広がりに対する認識について　ゆざわジオパークを例として 田口瑞穂（秋田大学教育文化学部）	科学史を活用した総合学習の提案：日本におけるプレートテクニスの拒絶と受容を例に 林隆之（麻布中学校・高等学校）・村本ひろみ（国立天文台）

8 月 25 日（金）			
9:00 ～		受付：	
口頭発表		A 会場：大講義室	B 会場：中講義室
1	10:00~ 10:15	科学館における 3D モデルの作成とそのオープンデータ化の実践 野寺凜（黒部市吉田科学館）	Zoom とスマートフォンを用いた星の動き体験システムの開発 小泉治彦（千葉県立木更津高等学校）
2	10:15~ 10:30	地学的視点からの防災学習における防災どぼく模型の有効性 岩佐直人・藤井俊逸・杉原正樹・松本一郎・桂木瑞月（(株) 藤井基礎設計事務所）	天体分野における「学生のミスコンセプション」からデザインした問いの効果 滋野哲秀（龍谷大学）
3	10:30~ 10:45	防災教育における 3DCG 教材の作成 飯田和也・久保田善彦（駒場東邦中学高等学校）	作る，測る，計算する：貝塚市子ども博士育成事業での天文講座 富田晃彦（和歌山大学教職大学院）
4	10:45~ 11:00	STEAM 教育の視点を取り入れた自然相互のつながりと人間の関わりの学習 杉田泰一（広島大学付属中・高等学校）	若手天文教育普及ワーキンググループ（わか天）の活動 松坂怜（鹿児島大学）・桑田敦基（東京大学）・佐藤優衣（明治学院大学）・鈴木悠太（愛媛大学）・原直誉（京都大学）・松井瀬奈（名古屋大学）・松尾たま希・渡邉良介（鹿児島大学）・三浦飛未来・岩本歩夢・高橋幹弥・反保雄介・福富 和沙・増尾天佑（わか天チーム）
11:00~11:15		休憩	
口頭発表		A 会場：大講義室	B 会場：中講義室
5	11:15~ 11:30	火山防災についての STEAM 教材の開発－ MESH を活用した火山観測システムの理解を目的とした教育実践に向けて－ 佐藤真太郎（京都ノートルダム女子大学）	中高「理科」教免取得を目指す学生の日の出・日の入り観察経験の実態 根本泰雄（立命館大学）
6	11:30~ 11:45	火山噴火の減災に資する実験教材の効果検証 : 富士山を事例としたパイロット研究 三ツ井聡美（森林総合研究所）	誤答から考える大学生の「月の満ち欠け」の理解 大山真満（滋賀大学）
7	11:45~ 12:00	河川水害に関する STEAM 教材の可能性－滋賀県草津川における防災教育の視点から－ 堀道雄（河西小学校）・藤岡達也（滋賀大学）	ICT を活用した協働学習の例　－「大気圧の大きさを体験する不思議な現象」を題材として－ 中村勝（広島大学附属三原学校園）

ポスターセッション（24 日 11 時～ 13 時）

1 24-P1 海洋マイクロプラスチックの地球科学としての教材開発
竹田大樹・磯辺篤彦・木田新一郎（九州大学），鈴木一成（東洋大学），髙橋玲（慶應湘南藤沢中等部・高等部）

2 24-P2 教室で用いるスケルトン地震計－アクリル樹脂，ネオジム磁石，および ESP32 基板－
岡本義雄，根本泰雄（立命館大学）

4 24-P3 野外観察において中学生が地層から読み取った情報　大分市下郡の露頭の例
三次徳二（大分大学）

5 24-P4 南関東ガス田のかん水を用いた教材開発
中野英之（桐蔭横浜大学），後藤創紀（星野高等学校）

6 24-P5 ICT を活用した 感動を共有する地学教育の実践
山口一裕，春日二郎，齋藤亜沙実（岡山理科大学）

7 24-P6 学生は地球の大きさについて，いつどのように学習してくるか
棟上俊二（福岡教育大学）

ジュニア・ポスターセッション

JP1　福岡市上空の雲と天気の関連性
野崎芙悠・刀根佳子・池田愛梨・青柳瑞希（福岡工業大学附属城東高等学校）

JP2　流星の軌道解析Ⅱ
中島拓海・松本悠那・林あい（福岡工業大学附属城東高等学校）

JP3　岐阜県白川町で発生した氾濫の特徴
今井幹太・児玉誠志郎・平岡陸翔（岐阜県立加茂高等学校）

JP4　月食画像から求める月の大きさ
高橋絢子・富田木乃香・佐藤愛子（岐阜県立加茂高等学校）

JP5　塩竈市浦戸野々島における浦戸巡検報告・浦戸桂島から七ヶ浜地域に見られる海底火山の貫入岩体
畑山絢音・大山陽葵・佐藤琴音・佐藤宏夢（宮城県多賀城高等学校）

JP6　太陽活動を追う～第 25 周期の極大期前の太陽～
滋賀県立彦根東高等学校 GS 部地学班

JP7　古琵琶湖層群蒲生層の時代の周辺環境の復元
滋賀県立米原高等学校地学部

８月２４日（木）

砂粒の科学

Science of Sand grain

2021 FES（フューチャーアース・スクール）online より

by 2021 FES (Future Earth Science School) online

香田　達也
Tatsuya KODA
甲南大学非常勤講師
Part-time Lecturer of Konan University
e-mail: takoda@konan-u.ac.jp

概要 ： 国内の中高生を対象としたオンライン授業を「身近な砂のルーツを探る」というテーマで行った．前半は教材用の砂 6 種類を観察して「砂丘砂・火山灰・古生物」に分類し，産地と照合する実習を主とした．後半は 2 地点（熊本県・兵庫県）から採取した鬼界アカホヤ火山灰を観察し，この火山灰の実体は火山ガラスであることや，鬼界カルデラ噴火により火山灰が広域に拡散したことを確認した．これらの体験は生徒にとって，新たに身の回りの地質に興味を持つ契機になったと思われる．

キーワード：フューチャーアース・スクール，砂粒，火山噴出物，鬼界アカホヤ火山灰，鬼界カルデラ

1. はじめに

本授業は地球科学の教育プログラムである 2021 年度第 6 回「フューチャーアース・スクール」（NPO 法人地学オリンピック日本委員会主催）の一環として，11 月 28 日（日）13 時～16 時に甲南大学理工学部地学実験室からオンライン形式で行った．受講生は全国から募った中学生（7 名）と高校生（7 名）の 14 名であった．今回のテーマは「身近な砂のルーツを探る」とし，砂粒の成因を地球の歴史と関連付けて実施した．生徒は午前の部（10 時～12 時）の「火山噴出物から噴火を読み解く」（兵庫県立大学佐野恭平博士）で専門的な講義を受けたため，午後の部では地質や岩石についての説明は最小限にとどめた．目的は各自が採取した近所の砂と事前配布した砂を比較して，個々の違いを実感し自ら砂のルーツを調べようとする姿勢を育てることである．観察に用いた教材は予め事務局（東京）から郵送しておき，質疑・応答は午前・午後を通して全体の授業終了後に行った．本稿ではこのプログラムの内容とその後の展望について報告する．

2. 授業内容

(1) 事前配布物

① 砂粒を入れたサンプル管瓶

実習用に販売されている砂 6 種類と筆者が採取した広域火山灰 2 種類を用意した(表 1 , 図 1).

表 1　教材として用いた砂（8 種，各数 100mg）

No	グループ	名称	産地	詳細
1	砂丘砂	サハラ砂漠	モロッコ	カサブランカ南東約 350 km
4		鳥取砂丘	鳥取県	鳥取市気高町宝木
2	火山灰	阿蘇山	熊本県	不明
5		桜島	鹿児島県	不明
3	古生物	珪藻土	岡山県	真庭市
6		星の砂	沖縄県	八重山郡鳩間島
K	広域火山灰	鬼界アカホヤ火山灰	熊本県	阿蘇市西湯浦
T			兵庫県	神戸市垂水区日向 1－4－1

(No) 4　1　6　5　2　T　K　3

図 1　サンプル管瓶中の砂粒（No は表 1 と対応）

いずれも蓋付きのガラス製の管瓶に入れてあり，色・形・大きさに加えて手触り感を直接確かめることができる．

② その他配布物

観察用の皿（直径 12 ㎝プラスチック製）と薬包紙（アルミシート），タックシール（10 枚）と書き込み用ワーキングシート（A4 版 1 枚）をクリアファイルに入れて送付した．

(2) 授業展開

前半（90 分）は 6 種類の砂粒（No. 1 ～No. 6）を「砂丘砂・火山灰・古生物」に分類し，産地と照合することから始め，各自が家の周辺から採取した砂と比較しながら観察する時間とした．後半（90 分）は広域火山灰（鬼界アカホヤ火山灰：No. K，No. T）の観察を通して，7300 年前に発生した鬼界カルデラ噴火（福沢, 1995）による火山災害について言及した．なお観察結果や気づいた点はその都度ワーキングシートに記入して進めていくことにした（表２）．

(3) 留意点

授業はオンライン形式で進めるため，プレゼン用と観察用の 2 画面を配信した．観察用はシャーレに入れた砂粒を，実体顕微鏡でテレビ投影したものである．

3. 結果

全体に時間的な余裕があったので，前半では肉眼で個々の砂粒の観察（色・形・大きさ）や手触り感を確認するとともに，実体顕微鏡像の違いを比較した．そして前後半の間には休憩時間を含めてリサーチタイム（20～30 分間）を設けて，各自が砂粒のルーツをインターネット上の地図（グーグル・アース）で検索するまでに至った．基本的に岩石は産出地点の地質を反映していると考えられるが，砂粒は流水や風のはたらきで移動することを補足した．

後半では鬼界アカホヤ火山灰中に破片状の火山ガラス（鹿児島県総合教育センター, 2008）が含まれることを目視と手触りで確認した．非常に微細（0.2～0.3 ㎜）な火山ガラスは広域に拡散しやすいため（町田・新井, 2003），数㎝の降灰で人体や交通機関に悪影響を及ぼすといわれている（鎌田, 2019）．その被害がどの程度及ぶかは，当日の気候や気象条件に加えて，人口密集度など社会的要因も関係しているので具体的な被害想定は難しい．しかし電気や水道などのライフラインが断たれると，大都市圏ほど瞬時に機能が停止する可能性があることも伝えた．

表２　生徒用ワーキングシート

（　　）都・県　　高校・中学（　　）年　名前（　　）　2021.11.28

1. あなたが用意した砂		2. 配布された砂	肉眼観察した特徴（色・形・大きさ・手触り）
採集場所		1 モロッコ 2 熊本県 3 岡山県 4 鳥取県 5 鹿児島県 6 沖縄県	
動機思い			

3. 1～6の砂のルーツ（成り立ち）について　調べたこと・分かったこと	
（　　）について	（　　）について

4. 配布された砂	肉眼・ルーペ・顕微鏡で観察した特徴（色・形・大きさ・手触りなど）
T 兵庫県 K 熊本県	

5.講義を聞いて分かったこと	疑問に思うこと

6. 全体を通して本日のオンライン授業の良かった	改善すべき点

回答ありがとうございました。

4. まとめ

今回の授業目標は第 1 に生徒が身のまわりの砂や岩石に目を向け「場所が変れば砂の種類も異なる」ことを認識させ，地域ごとの地質に興味を持たせること，第 2 は大規模噴火が発生した場合，火山噴出物は火口周辺だけでなく細かな火山灰は偏西風に流されて数百 km 遠方まで拡散することを実感させることであった．

今回のオンライン授業の評価は生徒が記入したワークシートの内容（表 2 の 3, 5, 6）から判断すべきであるが，確認には至っていない．しかし後日ある男子生徒から「地質図との照合を行いたいので産地の詳細について知りたい」という反響があり，一部目標が達成されたと思われる．

謝辞

オンライン授業を行うにあたり，甲南大学理工学部林慶一教授から実験室や観察機具をお借りした．また事務局の河内玉希氏には教材の送付で手数をおかけした．記して謝意を表する．

引用文献

鹿児島県総合教育センター(2008)：火山と火山噴出物に関する指導の工夫－火山灰の観察を通して－，理科，270 号．

鎌田浩毅(2019)：富士山噴火と南海トラフ 海が揺さぶる陸のマグマ ，ブルーバックス, 272p.

福沢仁之(1995)：天然の「時計」・「環境変動検出計」としての湖沼の年縞堆積物，第四紀研究，34，135-149.

町田洋・新井房夫(2003)：新編火山灰アトラス－日本列島とその周辺，東京大学出版会, 336p.

ボーリングコア試料を用いた地層学習の実践例

A Practical example using boring core samples in the class
コア試料か部分ペネ試料か、それが問題だ
Core samples or penetration test samples: that is the question.

○高橋　唯
Yui TAKAHASHI
慶應義塾幼稚舎
Keio Yochisha Elementary School
e-mail: y.takahashi.geol@yochisha.keio.ac.jp

概要：本研究ではまずボーリングコアを用いて学校の中で地層を観察する手法を試み、街中の学校に通う児童にもその生活圏にある学校の土地の成り立ちを学ぶことができる授業法を提供する。さらに本研究では、その効果を検証するためボーリング試料をコア試料と部分ペネ試料に分けて授業法を実践した。ペネ試料は堆積物が抜き出されているため堆積物を見分けるのには活用しやすい反面、地層とその中に含まれる堆積物との違いが児童にとって不明瞭になりうることも分かった。

キーワード：　ボーリング試料，地層，小学校，土地のつくりと変化

1. はじめに

街中に位置する学校はコンクリートやアスファルトに囲まれ、そもそも露頭などの材料が乏しく地層の観察が困難であることに加え、野外観察のための移動時間確保の問題もあり、地層の観察を行うこと自体が難しい。小学校学習指導要領の解説では「遠足や移動教室などあらゆる機会を生かすとともに，博物館や資料館などの社会教育施設を活用することが考えられる」として、野外観察時間の捻出の問題に対しては、遠足や移動教室の利用を勧めているものの、児童たちが普段生活している土地に対する理解のないまま、初めて訪れた他地域の地層を見るだけで理解を深められるとは考えにくい。そのため、本研究ではまずボーリングコアという着眼点で学校地下の地層を観察する手法を試みた。

ボーリングコア（以下、コア試料とする）とは地層を連続的に棒状に採取した試料であり、試料ビンに収納された部分ペネ試料（以下、ペネ試料とする）とは異なる。多くの学校には校舎建設時の地盤調査によるペネ試料はあるはずで、小学校学習指導要領の解説に「土地の構成物を調べる際には，例えば，地質ボーリングの試料を利用することが考えられる」と書かれ、小学校理科の教科書にもペネ試料の写真が掲載されている。これまでに、ペネ試料を用いた教材開発も行われているが、教材開発に主眼が置かれており、それを用いることで対象にどのような効果があるのかなどの有効性は明らかになっていない。コア試料と部分ペネ試料を問わず、ボーリング試料を用い授業法の作成には、その効果を可視化し評価できるようにすることも必要であると考えた。そこで本論では、コア試料を用いるグループ（コア群）とペネ試料を用いるグループ（ペネ群）を作り、同様の授業内容を行い、事前事後のアンケートを通して評価を可視化して比較できるようにした。

2. 研究方法

2. 1 授業計画の作成

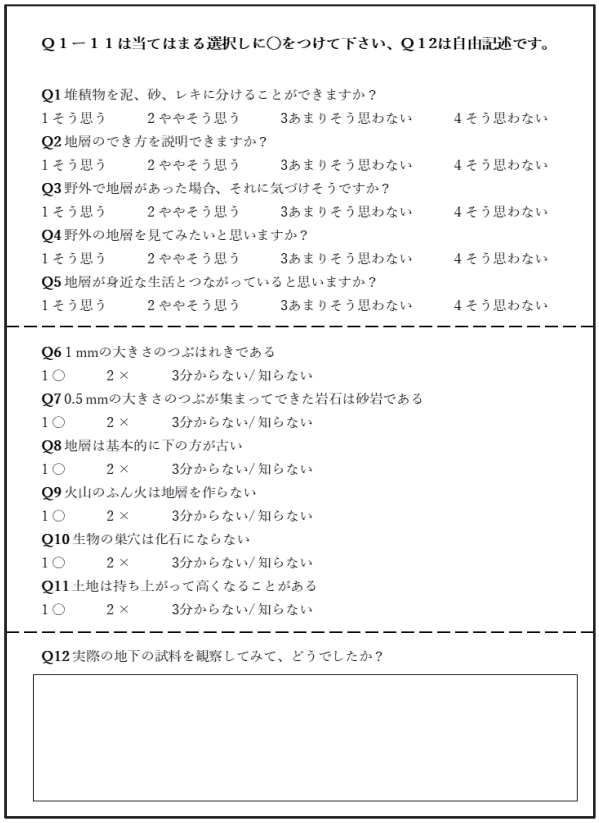
授業は２コマ分で行い、１コマ目で、まず流れる水の働きについて簡単に復習し、そして学校の校庭の土の地下がどうなっているのかを考えるように促した（導入）。実際のコア試料の観察では、堆積物の粒度を判定する練習を行い、１ｍごとに卓越している堆積物を調べた。また、コア内に見られた生痕化石についても紹介した（観察①）。そしてコア試料の表層（未固結）の泥と下層（半固結）の泥を比較することで、堆積物が石へと変わっていく過程を説明した（観察②）。さらに地層の中で最も硬い場所探し、地層中ほどに含まれる礫がとても古いものであることを印象付けた（観察③）。

２コマ目では、児童たちが調べた堆積物の粒度から水流を簡単に復元した（観察④）。堆積物から当時の環境について言及し、「地層は下からたまっていくはずなのに、どうして最も硬くて古い礫が地層の真ん中にあるのだろうか？」という点につい

て考えさせた。各自が班ごとに話し合いながら仮説を立てて、その発表を行った（仮説を立てる)。その答えを解説し、学校周囲の地形を川が削りながら形作り、その過程で学校の地層も作っていることを説明した（解説とまとめ)。そして、地層の柔らかさが建物を建てるときに影響していることを説明し、地盤調査の業者さんの調査やインタビューの動画を流した。最後に、海の地層が学校のすぐ下にあることについて、次回に繋がる疑問にしておいた（次回への繋がり)。ペネ群についても、ペネ試料を用いて同様の学習を行った。

2. 2 事前･事後のアンケートの作成

アンケートには、児童が主観的にどう思っているか、理科的な正しい知識が身についているか、観察を通して何を感じたかを調べるための事前、事後のアンケートを作成した（図に事後アンケートのみ掲載する）。



Q１－１１は当てはまる選択しに○をつけて下さい、Q12は自由記述です。

Q1 堆積物を泥、砂、レキに分けることができますか？
1そう思う　2ややそう思う　3あまりそう思わない　4そう思わない
Q2 地層のでき方を説明できますか？
1そう思う　2ややそう思う　3あまりそう思わない　4そう思わない
Q3 野外で地層があった場合、それに気づけそうですか？
1そう思う　2ややそう思う　3あまりそう思わない　4そう思わない
Q4 野外の地層を見てみたいと思いますか？
1そう思う　2ややそう思う　3あまりそう思わない　4そう思わない
Q5 地層が身近な生活とつながっていると思いますか？
1そう思う　2ややそう思う　3あまりそう思わない　4そう思わない

Q6 1 mmの大きさのつぶはれきである
1○　2×　3分からない/知らない
Q7 0.5 mmの大きさのつぶが集まってできた岩石は砂岩である
1○　2×　3分からない/知らない
Q8 地層は基本的に下の方が古い
1○　2×　3分からない/知らない
Q9 火山のふん火は地層を作らない
1○　2×　3分からない/知らない
Q10 生物の巣穴は化石にならない
1○　2×　3分からない/知らない
Q11 土地は持ち上がって高くなることがある
1○　2×　3分からない/知らない

Q12 実際の地下の試料を観察してみて、どうでしたか？

図 事後アンケート

事前アンケートは Q12 の自由記述を除いたもので、Q1－11 は共通.

３．結果と考察

3. 1　Q 6, 7 について

コア群では事前の正答率が Q6 は 43%、Q7 は 29%であり、事後はそれぞれ 82%と 62%と上昇している。ペネ群では事前の正答率が Q6 は 34%、Q7 は 33%であり、事後はそれぞれ 91%と 77%と上昇している。ペネ群の方がコア群よりもどちらもやや高いということは、堆積分の粒度をより判定できているいうことを意味し、それはペネ試料はコア試料と異なり地層の中の一部の堆積物を抜き出したものであるため、情報量が制限されていることがまず考えられる。しかしながら、実際にはペネ群自由記述ではビン内でバラバラと崩れた半固結泥と礫が区別しづらいことが挙げられており(21 人)、ペネ試料として保管される過程で地層を崩してビン詰めするということが影響していると思われる。おそらくは、ペネ群はその状態で堆積物の粒度判定を練習したため、Q6, 7 に関してより理解を深められたのではないかと思われる。

3. 2　Q 8 について

Q8に関して、コア群では事前の正答率が 78%で事後の正答率が 94%で正答率が 1..2 倍になっている。対してペネ群では、事前の正答率が 81%で事後の正答率が 60%で正答率が 0.74 倍と低下した。両群ともに教師からの発問「地層は下からたまっていくはずなのに、どうして最も硬くて古い礫が地層の真ん中にあるんだろう？」およびその後の解説により、地層形成時期よりずっと古い年代の堆積物が地層中に含まれることを学習はしたが、両群の差は実際に地層中に礫が含まれているところを観察できているか否かである。

つまりペネ群は実際に地層とその中に含まれる堆積物のイメージを混同し、明確に区別できないない児童の存在が考えれらる。実際に、ペネ群自由記述では古い地層が下に来ないことことへの疑問(7 人)を感じている児童が現れている。これは地層を崩してビン詰めすることが、泥岩からなる地層と地層中に含まれる礫を容易に識別できなくし、同じように地層とその中の堆積物を区別できないことへ繋がっていると考えられる。

「深成岩が地表で見られるしくみ」の学習で利用するための日本に露出する深成岩の固結深度

Solidification Depth of Plutonic Rocks Exposed on Japan's Surface For Using "The Mechanism of Plutonic Rocks Become Visible on the Earth's Surface"

○吉川武憲[1]，多賀 優[2] 平田豊誠[3] 小川博士[4]
Takenori YOSHIKAWA[1], Masaru TAGA[2], Toyosei HIRATA[3], Hiroshi OGAWA[4]
近畿大学[1]，龍谷大学[2]，佛教大学[3]，白鷗大学[4]
Kindai University[1], Ryukoku University[2], Bukkyo University[3], Hakuoh University[4]
e-mail:tyoshikawa@kindai.ac.jp[1]

概要：中学校理科単元「大地の成り立ちと変化」で学習する「深成岩が地表で見られるしくみ」は，大地の長大な変化を示す地質現象である．ただし，この学習を通して生徒に大地の変化を実感させるには，中学校理科教員が地元に露出する深成岩の固結深度を正しく認識しておく必要がある．そこで本研究では，日本に露出する深成岩の固結深度の文献調査を実施した．その結果，39 か所で深成岩の固結深度が明らかになった．

【キーワード】 深成岩が地表で見られるしくみ，深成岩の固結深度，中学校理科，大地の長大な変化

1．はじめに

現在中学校で利用されている 5 社の検定済み教科書には，図 1 と同様の図が掲載されている．本研究ではこれらを「深成岩が地表で見られるしくみ」を示す図と捉える．

中学校理科教員が地元の深成岩の固結深度を正しく認識しておれば，この図を利用して長大な規模の大地の変化を身近な例に基づいて学習させることができる（吉川ほか，2022）．ただし，平田ほか（2019）からすれば，多くの中学校理科教員が深成岩の固結深度を正確に理解していない可能性がある．

本研究は，日本に露出する深成岩の固結深度を文献調査によって明らかにすることで，本学習が多くの学校で実施できる環境を整えることを目的とする．

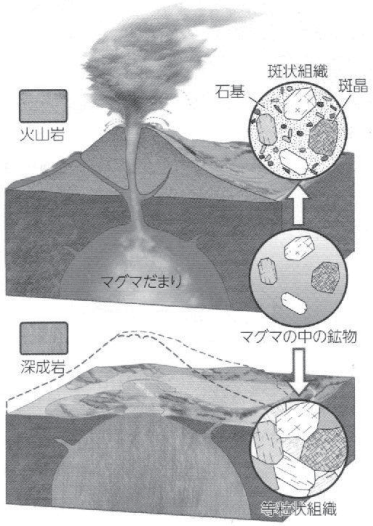


図１　深成岩が地表で見られるしくみを示す図
（大矢ほか，2021）

2．文献調査の方法

本研究では，地表に露出する深成岩の固結深度の推定法として一般的な，地質圧力計で求めた固結深度を文献調査に基づいてまとめる．本方法は地球内部で生じる鉱物間の各種の反応，元素の配列，相転移に伴う相境界などの圧力依存性を用いたものである．

ただし，伝統的な地質圧力計で求めた地下深度には，誤差が 2 ㎞～3 ㎞相当あるとの指摘があることから，以下に示す固結深度は大まかな目安と考えなければならない．

3．文献調査で得られた深成岩の固結深度

図 2 は日本に露出する深成岩類の分布状況に，今回の文献調査で固結深度が得られた深成岩体の位置と固結深度を加筆したものである．

本研究の結果，固結深度が求められた深成岩体は 39 例で，その最浅値は 2 ㎞，最深値は 25 ㎞であった（図 2）．

4．深成岩の固結深度と大地の変化の関連性

図 2 に示した深成岩の固結深度は，標高 0m を基準とした固結当時の地下深度である．海面の上下動がないと仮定すれば，現在これらの深成岩が地表に露出していることは，少なくとも固結深度以上の規模で隆起・侵食作用が行われたことを示す．このような過程やその規模を生徒に考えさせるこ

とで，大地の長大な変化を認識させる授業が可能　　となろう．

No.	岩体名	固結深度	論文
①	田野畑岩体	7～11km	奥山(楠瀬)(1999)
②	宮古岩体	7km	奥山(2001)
③	遠野岩体	7～11km	奥山(楠瀬)(1999)
④	五葉山岩体	7km	奥山(2001)
⑤	千厩岩体	2～5km	奥山(2001)
⑥	金華山岩体	11km	遠藤ほか(1999)
⑦	宮本複合岩体　有実型・石神型	25km	宮嶋(2003)
⑧	宮本複合岩体　百目鬼型	18km	宮嶋(2003)
⑨	筑波花崗岩体	12km	宮崎(1999)
⑩	ユーシン岩体	5km	井上・有馬(2007)
⑪	大滝沢岩体	5km	井上・有馬(2007)
⑫	熊木沢岩体	6km	井上・有馬(2007)
⑬	甲斐駒ヶ岳花崗岩質岩体	8～9km	Watanabe et al.(2020)
⑭	伊奈川花崗閃緑岩	12km	三宅ほか(2016)
⑮	神原トーナル岩　幡豆地域	16～20km	Masumoto et al.(2014)
⑯	新城トーナル岩	8.5-9.0km	遠藤・山崎(2013)
⑰	三都橋花崗閃緑岩	8.5-9.0km	遠藤・山崎(2013)
⑱	城立トーナル岩	12～18km	Sakakibara(1995)
⑲	畑井トーナル岩	14～18km	Sakakibara(1995)
⑳	君ヶ野花崗岩体	13～20km	Sakakibara(1995)

No.	岩体名	固結深度	論文
㉑	美杉トーナル岩	7～13km	Sakakibara(1995)
㉒	大峯花崗岩類	2～4km	村田(1982)
㉓	初瀬深成複合岩体	20km	西脇・奥平(2007)
㉔	志度花崗閃緑岩岩体	16～18km	高橋(1993)
㉕	白鳥花崗岩体	14km	高橋(1993)
㉖	高縄半島領家花崗閃緑岩類	15km	高橋(1993)
㉗	高縄半島領家花崗岩類	2～7km	下岡・齊藤 (2019)
㉘	香春花崗閃緑岩牛斬山北部岩体	13～17km	江島ほか(2019)
㉙	香春花崗閃緑岩牛斬山南部岩体	12～16km	江島ほか(2019)
㉚	平尾花崗閃緑岩	6-9km	村岡・大和田(2017)
㉛	吉部コールドロン	2km	坂本・志村(2021)
㉜	広島花崗岩類	10km	高橋(1993)
㉝	日近花崗閃緑岩体	3～11km	多賀(2006)
㉞	奥津花崗閃緑岩	8km	高橋(1993)
㉟	万成花崗岩	13km	高橋(1993)
㊱	洲本花崗閃緑岩	13～16km	高橋(1995)
㊲	野島花崗閃緑岩	5～14km	高橋(1995)
㊳	仰木トーナル岩	8-12km	高谷ほか(2009)
㊴	黒部別山花崗岩志合谷型	5～13km	Kawakami et al.(2021)

図２　日本に露出する深成岩とその固結深度　（20 万分の 1 シームレス地質図 V2（産業技術総合研究所）に加筆）

主な文献

平田豊誠・多賀 優・吉川武憲・小川博士（2019）：日本地学教育学会第 73 回全国大会秋田大会講演予稿集，39-40.

大矢禎一ほか 145 名（2021）：未来へひろがる際センス１．新興出版啓林館，東京

吉川武憲・多賀　優・平田豊誠・小川博士（2022）：日本地学教育学会第 76 回全国大会島根大会講演要旨集，24-25.

外見の類似した岩石を用いた比較観察学習

Comparative observation practice using rocks with similar appearances

岡本　研
Kiwamu OKAMOTO
東海大学生物学部海洋生物科学科
Tokai University, School of Biological Sciences, Department of Marine Biology and Sciences
e-mail：fossil@rose.ocn.ne.jp

概要：岩石の観察実習において，類似した外見を持つ２種類の岩石同士を１対１で組み合わせた比較観察により，互いの岩石の特徴を明確に認識させ，岩石の特徴を理解させる学習方法の検討を行った.

キーワード：　岩石観察，１対１の比較観察，岩石の類似性

１　はじめに

岩石の鑑定は多くの生徒が不得意であるとされ（廣木・寺戸，2017 など），様々な方法が提案されているが，本研究では，類似した岩石を１対１で比較観察させ，それらの相違点を調べる活動を通して岩石の特徴を認識させる学習方法とその教育的効果について検討した。

２　多様な岩石の比較観察法

筆者は岡本（2007）において，「岩石の学習においては，複数の素材を比較観察することにより，どこが同じであり，どこが異なっているのかを発見し，なぜ異なっているのかを考察することによって，科学的思考力を育成することが可能である」と主張した。また，岡本（2018）においては，岩相の異なる多数の同じ種類の岩石を比較観察させることにより，岩石の多様性を理解させ，共通の特徴を見いだして岩石を認識させる学習方法について提案を行った。

これらはいずれも効果的な学習方法ではあるが，指導者の高い力量が必要であったり，準備が大変であるなどの課題もある。

３　岩石観察実習のねらい

あまり興味・関心の持てない岩石観察の授業を，もっとやりがいがあるものに，もっと楽しかったと思えるものにする方法はないかと考え続けてきた。実際のフィールド調査では露頭の岩石が何の岩石なのか，悩む場面もある。この悩みこそが「面白いこと」なのではないだろうか。見分けるのが困難な岩石同士を比較観察させる実習は，やりがいがあり，楽しいと感じるのではないかと考え，新しい実習方法を考案した。

４　実習方法

今回実施した観察法は，「外見が類似している別種の岩石同士の１対１の比較観察」という方法である。例えば「白色の花崗岩と白色の閃緑岩」，「黒色の玄武岩と黒色の泥岩」などであり，一見同じ岩石にしか見えないような組み合わせを用意した（図１）。以下に組み合わせの例を示す。

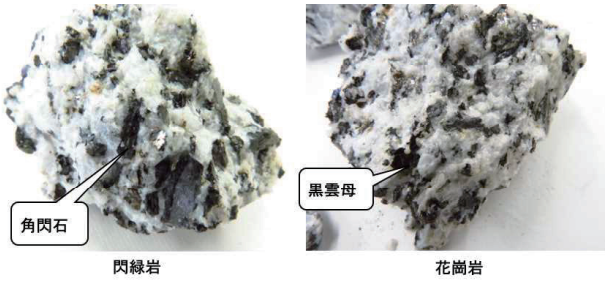


図１　花崗岩と閃緑岩の比較観察

① 玄武岩と黒色泥岩
→ 重量の違い／磁石との反応／発泡の有無／ライトの光への反応
② 花崗岩と閃緑岩
→ 構成鉱物の違い／黒色鉱物の形の違い
③ 泥岩と細粒砂岩
→ 粒の大きさの違い／手触りの違い
④ 石灰岩とチャート
→ 割れ口の鋭さの違い／酸との反応の違い
⑤ 流紋岩と凝灰岩
→ 斑晶の有無／磁石との反応／重さの違い／発泡孔の有無
⑥ 安山岩と石英斑岩
→ 斑晶の大きさの違い／石基の量の違い

観察方法は，組み合わせた２種類の岩石をいくつかトレーに入れて配布し，それぞれの違いを調べる方法である。肉眼での観察，ルーペでの観察，磁石での磁性，ライトでの反射光，重さの比較や手触り等を調べ，考察させた。

５　結果と考察

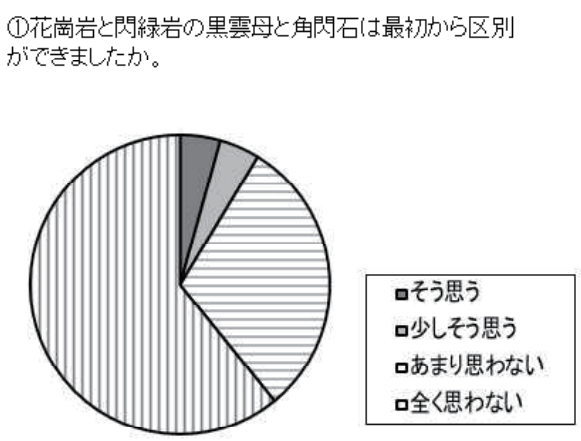


図２　花崗岩と閃緑岩（説明前）

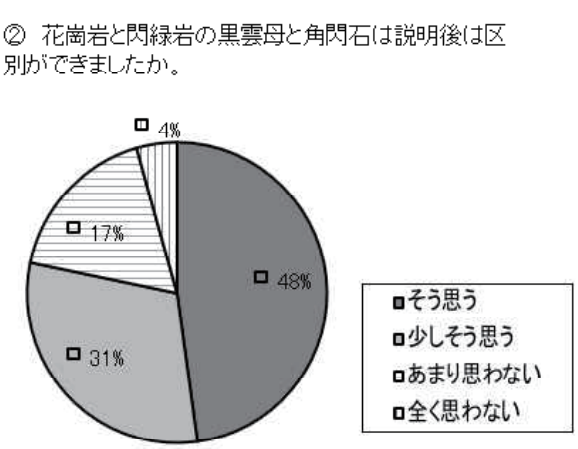


図３　花崗岩と閃緑岩（説明後）

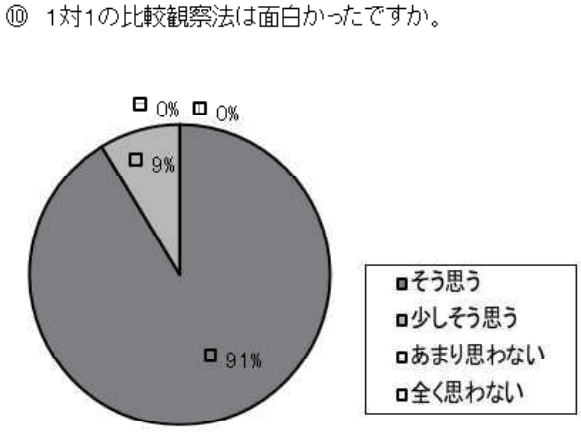


図４　「面白かったか」の回答

組み合わせにより，難易度には差があったようである。見分ける方法のヒントを与えながら実施したが，徐々に岩石の見え方が変化してきたようである（図２・３）

今回の授業のねらいでもあった「面白さ」という面では想像以上に高い評価であり，自身がこれまで実施してきた岩石観察授業の中では最も高い評価となった（図４）。以下にこの観察法に対する代表的な意見を示す。

○　見れば見るほど相同点や相違点が見つかるので、難しいが楽しかった。
○　比較しながら観察すると特徴がわかりやすく、印象に残りやすい。
○　何の情報もない状態だと区別は難しかった。ヒントをもらってからは何をすれば良いのかがわかり区別ができた。
○　「どうすれば見分けられるかな？」という問いかけでワイワイ言いながらの作業は楽しかった。
○　観察→ヒント→観察→ヒント･･･により，それぞれの岩石の情報や確認がしやすく，ワクワク感もあった。
○　肉眼，ルーペ，磁石，手触りなどの体験的な方法で，岩石を感じることができた。
○　花崗岩と閃緑岩の比較が一番難しかった。
○　判別要素について最初は答えが伏せられた状態から自分たちで調べていくのが楽しかった。
○　多くの岩石を観察するのではなく，２つに絞って観察することで視点が定まって集中して考えることができる。

参考文献

岡本研（2007）：岩石の比較観察で科学的思考力を育成する．北海道立理科教育センター研究紀要，19，66-77.

岡本研（2018）：岩石の多様性に着目した岩石観察実習．地学教育学会第 72 回全国大会講演要旨.

廣木義久・寺戸真（2017）：高校生の火成岩組織に関する知識と火成岩標本の鑑定能力に関する調査．地学教育，70，23-29.

河床堆積物の下流方向にかけての細粒化の要因について学習前後に子どもの認識はどのように変容したのか

Transformation of Children's Perceptions before and after Learning about the Causes of Grain Size Distribution in Rivers

○平田　豊誠[1]，野ヶ山　康弘[2]，小川　博士[3]
Toyosei HIRATA[1]，Yasuhiro NOGAYAMA[2]，Hiroshi OGAWA[3]
佛教大学[1]，京都教育大学附属京都小中学校[2]，白鷗大学[3]
Bukkyo University[1]，Kyoto Compulsory Education School attached to Kyoto University of Education[2]，Hakuo University[3]
e-mail: t-hirata@bukkyo-u.ac.jp[1]

概要：本研究では河床堆積物の下流方向にかけての細粒化について，「流れる水の働きと土地の変化」の単元の学習前と後で，児童 32 人の認識がどのように変容したのかを調査した．その結果，学習前と後ともに認識が変容しなかった児童は 13 人（40.6%），学習前と後で認識が変容した児童は 19 人（59.4%）だった．また学習後には破砕摩耗説を支持する児童が 14.7 ポイント増える結果となった．児童にとって破砕摩耗説か選択運搬説かの認識には，単元における教科書記述や教師の指導内容の影響があることが示唆された．

キーワード：流れる水の働きと土地の変化，選択運搬説，破砕摩耗説，河床堆積物，小学校理科

1．問題の所在と研究目的

河床堆積物における粒径の下流方向への細粒化には，次の 2 つの主な要因が挙げられてきた．1 つは流送砂礫の破砕・摩耗作用（破砕・磨耗説）であり，もう 1 つは流水による砂礫の選択運搬作用（選択運搬説）である．

破砕・摩耗説として，小玉ほか（1989）があげられ，選択運搬説として山本（2010）があげられる．山本（2010）では，日本の河川において，上流から下流に向かって礫が細粒化するのは，流水による砂礫の選択運搬作用による原因が大きく，流送砂礫の破砕・摩耗作用や化学的風化作用による粒径変化はほとんどないとしている．廣木（2019）では堆積環境において形成される地層はその水理学的エネルギー（流速の変化の範囲）によって決まるとし，河川における選択運搬作用の重要性を指摘している．同様の主張は平田ほか（2022）でも示されている．

河床堆積物における粒径の下流方向への変化の学習は小学校第 5 学年でなされる．平田ほか(2022)では 8 割を越える児童が破砕・摩耗説をその第一要因として認識しているが，小学校教員では，第一要因として破砕・摩耗説を 57.1%，選択運搬説を 36.7%と認識していることを報告し，教員と児童に第一要因についての認識のズレが生じていることを指摘している．また，使用されている教科書では，6 社中 4 社の教科書では選択運搬説が取り扱われておらず，選択運搬説のみを取り扱っている教科書は 0 との報告がなされている．

ただし，平田ら（2022）では，学習前の児童の認識の割合が示されているが，児童がなぜそのような認識をしたのかという理由は述べられておらず，また学習後にどのような認識に変容したかの追跡調査はなされていない．そこで本研究では，河床堆積物の下流方向にかけての細粒化について，「流れる水の働きと土地の変化」の単元の学習前と後で，児童の認識がどのように変容したのかを調査することを目的とする．

2. 調査対象と方法

日本国内の国立大学附属小学校 5 年生 32 名を対象とした．ななお倫理的配慮に関して学術研究への参加についての承諾を対象者所属機関より得ている．

事前調査として質問紙による調査を 2022 年 6 月下旬に実施した．その後，当該単元「流れる水の働きと土地の変化」の授業を 10 月に実施し，単元終了後に事後調査として質問紙による調査を 10 月下旬に実施した．なお対象学校において使用されている教科書は大日本図書であり，平田ら（2022）では破砕摩耗説での説明を行っていると報告されている．単元の授業では，教科書およびその指導書に沿った授業を行った．

事前・事後調査には同じ内容の調査用紙を使用した. 質問内容は次の通りとし, 回答にあたっては自由記述形式とした.（実際の質問紙には写真も貼付してある.）

「下の写真はある川の写真です. 一番左の写真が川の一番上流の写真で, 右に向かって, より下流の写真になります.

写真を見ると, 川原の石の大きさが下流（右）に向かって小さくなっています. 川原の石の大きさが下流に向かって小さくなるのはなぜだと思いますか. そのわけを下の四角の中に書いてください.

上の段の写真に写っているものさしの長さは 50cm です（10cm ごとに水色のテープをはっています）.」

3. 調査結果

事前事後調査の認識結果を表 1 に示す.

表 1　事前事後調査の結果（n=32）
数値は人数,（　）内は割合%を示す.

	事前調査	事後調査
破砕摩耗説のみ	17 (53.1)	24 (75.0)
選択運搬説のみ	3 (9.4)	2 (6.3)
両論併記	2 (6.3)	2 (6.3)
その他のみ	8 (25.0)	4 (12.5)
その他＋破砕磨耗説	2 (6.3)	0 (0.0)
合計	32 (100.0)	32 (100.0)

細粒化の成因について，事前調査の段階で破砕摩耗説を回答した児童は，両論併記とその他との併記も合わせて 21 人（65.6%）だった．選択運搬説を回答した児童は両論併記も合わせて 5 人（15.6%）だった．また，その他に分類される回答は 10 人（31.3%）であり, 破砕摩耗説との重複が 2 人（6.3%）いた.

事後調査の結果は，破砕摩耗説を回答した児童は 26 人（81.36%），選択運搬説を回答した児童は 4 人（12.5%）であり，そのうち 2 人（6.3%）は破砕摩耗説と選択運搬説の両論を回答していた．また，その他に分類される回答は 4 人（12.5%）だった.

今回は学習の事前事後において各児童の認識がどのように変容したかの追跡調査を行った．その結果を表 2 に示す．事前事後ともに認識が変容しなかったのは 13 人（40.6%），事前と事後で認識が変容したのは 19 人（59.4%）だった.

変容しなかった児童 19 人は全て「破砕摩耗説」を支持しており，学習後も破砕摩耗説との認識だった．事前調査で「その他のみ」だった児童 8 人は全て破砕摩耗説へと変容した.

表 2　事前事後調査の変容の結果（n=32）
数値は人数（人）

変容の有無	事前		事後
変容なし	**13**		
破砕摩耗説のみ	13	→ 破砕摩耗説のみ	13
変容あり	**19**		19
破砕摩耗説のみ	4	→ 両論併記	1
		→ その他	3
選択運搬説のみ	3	→ 破砕摩耗説のみ	2
		→ 両論併記	1
両論併記	2	→ 破砕摩耗説のみ	1
		→ 選択運搬説のみ	1
その他のみ	8	→ 破砕摩耗説のみ	8
その他＋破砕摩耗説	2	→ 破砕摩耗説のみ	1
		→ その他	1

4. 考察

単元の授業では，教科書およびその指導書に沿った授業を行った. その結果, 破砕摩耗説を支持する児童が増える結果となった．特に両説とは関係の無い考え方を持っていた児童は全て破砕摩耗説へと認識が変化し，選択運搬説を支持していた児童も破砕摩耗説へと認識を変容させた．このことから，児童にとって破砕摩耗説か選択運搬説かの認識には，単元における教科書記述や教師の指導内容の影響があることが示唆された.

謝辞

本研究は JSPS 科研費 21K02505 の助成を受けている.

引用文献

・廣木義久（2019）: ユールストロームダイアグラム―流水による砕屑物からなる地層の形成の理解―. 地学教育，71，97-107.
・平田豊誠・別所良馨・片井ふく実・小川博士 (2022): 河床堆積物の下流方向への細粒化の成因についての認識－小学生・中学生・大学生・小学校教員への調査－，地学教育，75，59-66.
・小玉芳敬・池田　宏・伊勢屋ふじこ（1989）: 渡良瀬川における粒径別岩種構成比の縦断的変化－沖積礫床河川における礫の破砕・摩耗効果の重要性. 筑波大学水理実験センター報告，13，13-25.
・山本晃一(2010): 沖積河川-構造と動態-, 技報堂出版.

礫岩・砂岩・泥岩の識別−粒径測定による砕屑岩の理解−

Identification of conglomerate, sandstone, and mudstone
- Understanding clastic rock by grain size measurement -

大友幸子
Yukiko OHTOMO
山形大学地域教育文化学部[1]
Faculty of Education, Art and Science, Yamagata University
e-mail: yukiko@e.yamagata-u.ac.jp[1]

概要：「理科の基礎」の地学領域の授業で，川砂の粒度表作成と礫岩，砂岩の砕屑粒子の粒径測定を行った．粒度表の作成では礫や砂がさらに細かく細分されていること，どの粒度の範囲までが礫，砂，泥に相当するかの理解が明確になった．また砕屑粒子の粒径の測定は，時間をかけて１つ１つの粒子測定することを通して観察することになり，砕屑岩についての理解が向上したと考えられる．

キーワード：　礫，砂，泥，粒度，粒径

1.　はじめに

山形大学地域教育文化学部の授業「理科の基礎」は，小学校の教員に必要とされる理科の専門的知識，観察・実験・野外巡検の基礎的なスキル、探究のプロセス、科学的な思考等の諸能力を習得し、理科の教材研究の基本的な資質を育成することを目的にしている(シラバスより)。小学校理科６年の「土地のつくりと変化」では，流れる水によって運搬された礫，砂，泥および礫岩,砂岩,泥岩を学習する．そこでは，「岩石の標本で，粒の様子を虫眼鏡で観察して，礫か砂か泥かたしかめてみよう」と実際に観察することが求められている．教科書には明らかに違いのわかる粒度の砕屑岩が掲載されているが，礫，砂，泥はどのくらいの粒度で判断するのかということを理解するために砕屑粒子を実際に測定する実験を行った．履修学生は７人である．

2.　授業の流れ

1 回目(90 分)：6 種類の砕屑岩（図１）の岩石名を考える．次に，ふるいを使用して川砂を粒度別（細礫〜シルト）に分け，礫,砂,泥の粒度を目で見てわかるように粒度表（図２）を作成する．粒度表は，公文･立石（1998）の表 III-1 砕屑性堆積物の粒度階区分と命名を元に作成した．

2 回目(180 分)：図１の a〜ｄの 4 種類の堆積岩の砕屑粒子の粒径（長軸,短軸）を測定する．1 班 3〜4 人で 100 個の粒子を測定し，excel に入力する．

3 回目(180 分)：excel 表を使って，平均粒径を計算し，サンプルごとの粒度階区分ごとの個数を数えてグラフを作成する．最後に，それぞれのサンプルの肉眼観察，測定した砕屑岩の特徴，粒度階区分グラフの考察，3 回の授業で得られた事などをレポートにまとめる．

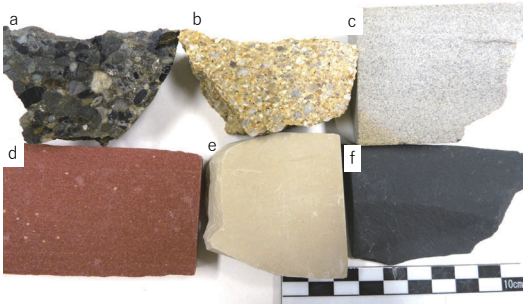


図１　6 個の砕屑岩試料

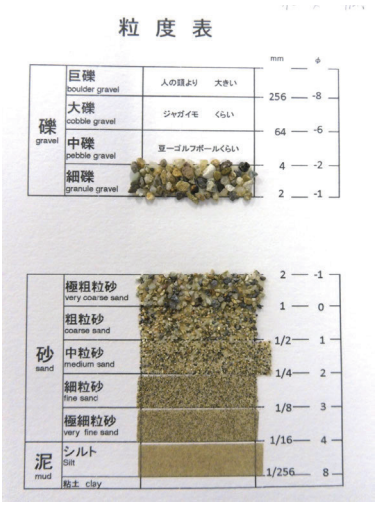


図 2　川砂で作成した粒度表

3.　サンプルの概要

授業で使用したサンプル（図１）は下記の通りである．

a. ジュラ紀来馬層の礫岩(糸魚川市糸魚川海岸で採取)：

b　中期中新世月山沢層の砂岩（西川町大井沢）
c　天草の砂岩（石材）
d　赤色砂岩（石材）
e　前期中新世温海岳層のシルト岩（鶴岡市）
f　領家変成帯弱変成部のスレート（長野県辰野町横河川）

4.　粒径測定の結果

サンプルａ，ｂはスラブ試料をスキャナーで読み取った画像（1200dpi）を拡大したもの，c，d は顕微鏡写真を使って粒径を測定した(図 3)．1, 2 班の合計の測定結果を粒度別にグラフにしたものが図４である．それぞれ測定した 200 個の平均粒径の値をグラフタイトルに示した．

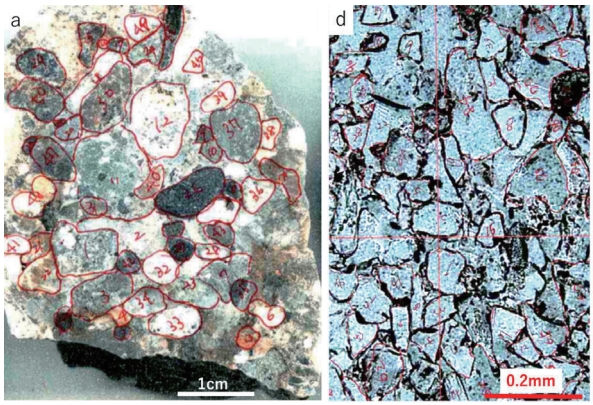


図３　粒径測定例．a:来馬層礫岩，d:赤色砂岩

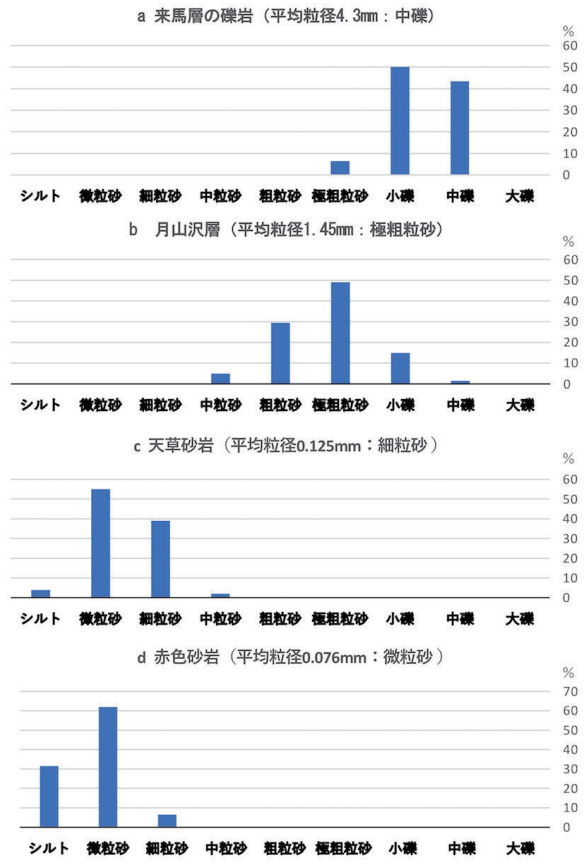


図４　a～d の平均粒径分布

5.　まとめ

履修学生のレポートには，３回の授業を通して砕屑岩の見え方の変化や今回の授業で得られた事について読み取れる（図 5）．各自教科書に載っているような礫、砂、泥の分類は簡単にできると思っていたのが，実際にサンプルを判定するとなると，明確な基準がなかったのではないだろうか．それが今回の授業を通じて砕屑岩の粒度による分類を知り，また砕屑粒子の粒径計測を通じて，特に砂岩の内部の構造を垣間見ることになったと考えられる．また，大部分の学生は excel に苦手意識があり，粒径データの簡単な計算や作図ができたことも成果と感じているようである．

6. 文献

公文富士夫･立石雅昭編 (1998) : 地学双書 29 新版 砕屑物の研究法．地学団体研究会，399 p．

＜レポートからの感想の抜粋＞
・礫、砂、泥の分類は知っていたが、授業を通して、より細かい分類の仕方を知ることができた。

＜レポートからの感想の抜粋＞
・礫、砂、泥の分類は知っていたが、授業を通して、より細かい分類の仕方を知ることができた。
・初めの授業ではどれが何だか不明であったが授業を通して岩石の分類を見極めることができた。
・授業の最初に泥岩だと思っていたものが砂岩だったので驚いた。粒土表を用いることで実際の大きさを知ることができるのでとても分かりやすかった。
・様々な岩石を観察してそれぞれの特徴や粒度の分布についても詳しくなることができて満足だった。
・4 種類の岩石について、観察したり粒度を測ったりして、今まで見たことなかった岩石の内部の構造について知ることができた。
・Excel を用いた岩に含まれている粒子を整理する仕方を学んで、データの整理の仕方を学ぶことができたので良かった。

図５　レポートからの感想の抜粋

水路で波を起こして行う沿岸域の地層形成実験と地層モデル図の作成

Experiments on Strata Formation in a Coastal Area under the Waves in a Flume and Creation of a Stratigraphic Model Diagram

廣木　義久
Yoshihisa HIROKI
大阪教育大学
Osaka Kyoiku University
e-mail: hiroki@cc.osaka-kyoiku.ac.jp

概要：水路で波を起こして行う沿岸域の地層形成実験を行った．水路内に設けた斜面形状の異なる実験A（直線状）と実験B（S字状）について，傾斜角度を変えた6つの実験を行った．斜面の初期形状は実験結果には影響せず，傾斜角度が7度以上あれば，沿岸域の地層形成を再現できることがわかった．また，実験結果をもとに沿岸域における地層モデル図を作成する方法を提案した．

キーワード：　中学校，地層形成，沿岸域，実験，波，水槽，地層モデル

1. はじめに

中学校理科第2分野の「地層の重なりと過去の様子について」の学習に関わって，沿岸域における地層形成実験として，水路で波を起こして行う実験を実施し，学術的に妥当な地層が形成されるかについて考察した．また，妥当と考察された実験について，その実験結果を用いて沿岸域の地層モデル図を作成する方法を提案した．

2. 実験方法

(1) 実験装置

直線型水路と発泡スチロール製の三角板（厚さ3.0 ㎝）を用いて，沿岸域における地層形成を再現する，造波を伴う地層形成実験を計画した．水路内に水を入れ，三角板の等辺部の一辺を水路の端の壁に沿うように上下に動かして波を起こした．

水路は厚さ5 ㎜のアクリル板を用いて製作し，水路の寸法は高さ35 ㎝，長さ200 ㎝，内幅4.4 ㎝である．水路の両端は閉じてある．水路内には極細粒砂からなる斜面を設けた．斜面の形状は直線状（実験A）もしくはS字状（実験B）とした．試料の供給には1.5 Lのペットボトルを切断したものとポリロートとゴム管を用いて製作した試料供給装置を用いた．

(2) 投入試料

細粒砂と泥を用いた．細粒砂は篠澤珪砂工業社製珪砂7号を60メッシュと119メッシュのふるいを重ねてふるい，119メッシュのふるいに残った砂を用いた．泥はグリーンメール社製栃木県鹿沼産黒土を235メッシュのふるいで水洗し，ふるいを通過したもの（泥水）を用いた．

(3) 実験工程と実験条件

造波開始から0分後，4分後，8分後に細粒砂と泥を投入し，12分後に実験を終了した．1回に供給する試料はいずれの実験も細粒砂300 g，泥200 mLとした．斜面の形状の異なる実験Aと実験Bのそれぞれについて，水路の傾斜を変えて実験を行った．各実験における極細粒砂の斜面の傾斜は以下のようである（実験Bについては最大傾斜部の値）；実験A-1：4度，実験A-2：7度，実験A-3：9度，実験B-1：18度，実験B-2：20度，実験B-3：21度．

3. 結果

(1) 実験A-1

細粒砂の投入場所付近に細粒砂からなる山状の高まりが形成され，その陸側と海側に泥が堆積した．細粒砂からなる高まりの内部には地層が順次上方向に重なるような構造が発達した．

(2) 実験A-2・A-3

海岸線付近の水深の浅い部分には波状の内部構造を示すくさび状の砂体が形成され，その海側には，海側に傾斜するフォーセット状の構造を示す砂体が形成された．フォーセット状の構造を示す砂体は海方向に砂層と泥層の互層，さらに泥層に漸移する．

(3) 実験B-1・B-2・B-3

海岸線付近の水深の浅い部分には波状の内部構造を示すくさび状の砂体が形成され，その海側には，海側に傾斜するフォーセット状の構造を示す砂体が形成された．フォーセット状の構造を示す砂体は海方向に，砂層と泥層の互層，さらに泥層に漸移する（図1，2）．

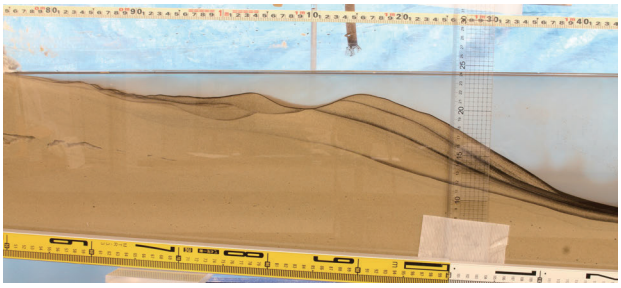


図１　実験 B-2 で形成された地層の写真
初期の S 字状の斜面は侵食により直線的になっている．

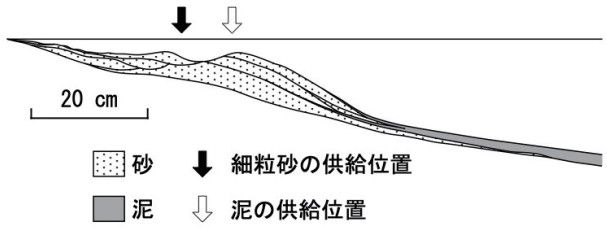


図２　実験 B-2 で形成された地層のスケッチ

4. 考察

(1) 実験結果の評価

実験 A-1 においては，もともとの斜面の傾斜角度が小さいために，砕波による侵食・運搬作用が弱く，投入された細粒砂はあまり運搬されず，投入場所付近に山状の高まりを形成するように堆積した．一方，実験 A-1 以外の実験では，もともとの斜面の傾斜角度が大きく，砕波による侵食・運搬作用が強いために，投入された細粒砂は投入場所の陸側あるいは海側に容易に運搬された．投入場所付近よりも陸側では砕波による侵食・運搬を受け，波状の地形を発達させながら，くさび状の砂体が堆積し，投入場所付近の海側では，砕波により運搬されてきた細粒砂が高まりを形成しながら，海側に付加するように堆積したことにより，海側に傾斜するフォーセット状の構造を示す砂体が形成された．

実験 A-1 以外の実験で形成された地層の特徴（陸側より，海岸線付近の水深の浅い部分の波状の内部構造を示す砂体，海側に傾斜するフォーセット状の構造を示す砂体，砂層と泥層の互層～泥層）は沿岸域における地層モデルに認められる海浜～上部外浜相，下部外浜相，沖合相に対応するものであり，これらの実験は沿岸域の地層形成を再現する地層形成実験となっていると考察される．

一方，実験 A-1 によって形成された地層は沿岸域における地層モデルの構成要素である海側に傾斜するフォーセット状の構造が認められず，実験 A-1 は沿岸域の地層形成を再現する地層形成実験とはなっていない．

本実験の結果によれば，斜面の初期形状（直線状，S 字状）は実験結果には影響を与えず，傾斜角度が 7 度以上あれば，海側に傾斜するフォーセット状の構造を示す砂体が形成される．

(2) 沿岸域における地層モデル図の作成

沿岸域の地層形成を再現する地層形成実験として妥当と考察された実験 A-1 以外の実験結果をもとに，沿岸域における地層モデル図を作成する方法を以下に提案する．

1）実験によって形成された地層の断面をデジタル撮影し（図 1），ドローイングソフト等を用いて地層境界をトレースする（図 2）．

2）1）で作成した図の縦方向を任意の割合で拡大し，海浜～上部外浜相をオレンジ色，下部外浜相を黄色，沖合相を黄緑色で着色する．

3）2）で作成した図のうち，地層形成の初期の部分を除いた海浜～上部外浜相，下部外浜相，沖合相を構成する部分のみを抜き出す．

4）2）で作成した図の海側，かつ，水平方向に，3）で作成した図を少しずつずらしながら貼り付けていく．

このようにして作成した地層モデル図（図 3）は海岸平野システムやデルタシステムの地層モデルに類似しており，地層が海側に付加していること，堆積体は上部の海浜～上部外浜相，中部の下部外浜相，下部の沖合相からなること，地層境界線と岩相境界線が斜交すること，という沿岸域における地層の重なり方の規則性がよくわかる．したがって，本論文で開発した実験（実験 A-1 以外の実験）を実施し，その実験結果から沿岸域における地層モデル図を作成することによって，沿岸域における地層の重なり方の規則性を地層形成実験の結果と関連付けて理解できるようさせることができるものと考えられる．

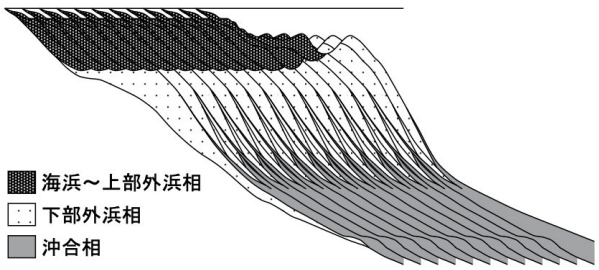


図３　実験結果をもとに作成した地層モデル図

福徳岡ノ場産軽石の科学教育教材化を目指して

Development of a teaching material for science utilizing pumice from the 2021 Fukutoku-Oka-no-Ba eruption

軽石の浮遊性への着目

Focus on the floating nature of pumice

○平川　尚毅[1]，桐野　杏[1]，坂田　成駿[1]
Naoki HIRAKAWA[1]，Momo KIRINO[2], Seishun SAKATA
大阪教育大学[1]
Osaka Kyoiku University[1]
e-mail: hirakawa-n88@cc.osaka-kyoiku.ac.jp[1]

概要：本研究は 2021 年の福徳岡ノ場噴火によって生じた軽石を用いて，科学教育教材の作製に取り組むものである．軽石の持つ性質の一つに水への浮遊性があり，これは見かけ比重が 1 よりも小さいために生じる．しかし，軽石自体は大部分がガラス質によって形成されており，真比重は 1 よりも大きい．軽石は，見かけ比重と真比重の違いがはっきりした自然物の一つであり，この特徴を活用した教材の開発に取り組んだ．具体的には，安価で容易に作れる減圧器の作製とそれを用いた実験の提案を行う．

キーワード：　福徳岡ノ場，沖縄漂着軽石，比重，減圧実験

1.　はじめに

2021 年 8 月，日本の海底火山福徳岡ノ場において大規模噴火が生じた．この噴火に伴って発生した大量の軽石（図 1）は，10 月頃に沖縄県に漂着し，漁業や観光業に大きな打撃を与えたことでメディアに取り上げられ，話題になった．(吉田ほか, 2022; Yoshida et al. 2022)．現在では漂着した軽石のほぼ全てが回収されたものの，回収後の軽石をどのように処理するかが問題である．また日本は世界有数の火山大国であり，今後同様な軽石噴出と被害がいつ起こるともわからない．本研究は，軽石を科学教育に有効活用することを目指して，軽石の持つ様々な性質・特徴を切り口に教材化することを目指している．本発表では，軽石の持つ浮遊性に着目した教材作製について取り上げて示す．

2.　軽石の浮遊性

軽石が水に浮くのは，その見かけ比重が 1 よりも小さいためである．軽石の見かけ比重とは，軽石の気孔の体積も含めた全体としての密度を水の密度で割った値を指す．具体的には福徳岡ノ場産軽石の場合，軽石の暗灰色部で 0.35，灰白色部で 0.46 程度の値を示すことが知られている(加藤, 2009)．見かけ比重に対して，真比重があり，これは軽石の気孔を考慮せず，物質としての密度を水の密度との比で表示したものである．軽石はその大半がガラス質物質であり，具体的に真比重は暗灰色部で 2.50，灰白色部で 2.51 (加藤, 2009)と，

図1 沖縄漂着軽石

火山岩程度の値を示す．すなわち，軽石を細かく粉砕した時に気孔の体積を無視できる程度にできれば水に沈むと言える．もしくは，軽石に存在する気孔に水が浸透し，見かけ比重が 1 をこえれば水に沈む．軽石を活用することにより比重の学習に結びつけることが可能であると考えられる．そこで，軽石の浮き沈みを観察でき，比重を測定できる実験方法や教材の開発を行うこととした．

3．教材開発

福岡工業大学の久保准教授，下條講師らは，環境負荷の少ない軽石の処理方法として，軽石を減圧下においた後海水に浸し，大気圧に戻すことで軽石内部に水を吸収させ，見かけ比重を増加させることで，水に沈める技術を開発した（特願 2021-197541 軽石の処理方法，及び軽石の投棄方法).しかし，真空ポンプや水の供給機構を組み込んだ装置を組み立てることを教育現場で行うには，労力と費用が非常に要求される．そこで本研究では，久保・下條の方法を参考に，100 円ショップなどで手

に入る材料を使って，簡単に軽石の浮き沈みを観察できる実験装置の作製に取り組むこととした．装置の概略図を図 2 に示す．なお，本減圧器では，瓶内に水を入れて，はじめから軽石を浮かべておく．手動ポンプで減圧操作を行うことで，軽石の開気孔から空気を引き出す．開気孔とは，軽石の気孔のうち，外気と通じる気孔のことを指す．減圧操作を止めて瓶の蓋を開けることで大気圧に戻し，周囲の水を開気孔内部に吸引させる仕組みである．

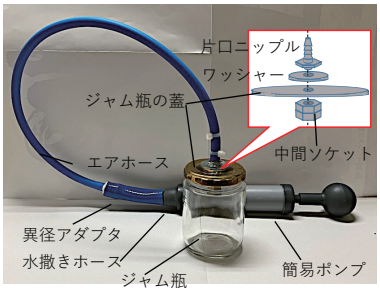


図2 装置の概略図

４．実験

作製した減圧器を用いて，(1)浮き沈みを観察できる軽石の種類の選定，(2)減圧時の軽石の挙動の観察，(3)軽石の比重の測定を行った．なお，真空ゲージを挟んで到達した圧力を測定すると 0.0093 MPa を示した．

(1) 浮き沈みを観察できた軽石の種類

沖縄県恩納村の海岸にて 2022 年 9 月に筆者が採取した軽石及び，2021 年の漂着後に地学教育学会を通じてネコのわくわく自然教室から寄贈された軽石を用いて観察を行った．Yoshida et al. (2022)に基づいて，軽石の分類を行ったところ，飴色類型の軽石でのみ，減圧後の沈降が観察された．これは類型ごとに，軽石内部に存在する開気孔と閉気孔の量と大きさが異なることに由来していると考えられる．閉気孔とは，軽石の内部に存在する気孔のうち，外気に通じない閉じた状態の気孔のことを指す．顕微鏡による観察からは，飴色類型の軽石で，他の類型よりも大きな気孔がたくさん存在し，閉気孔の少ない様子が確認された．すなわち，瓶内を大気圧に戻した際に周囲の水を軽石内部に引き込みやすい構造となっていたと言える．これに比べて，例えば灰色類型の軽石では，飴色類型軽石よりも細かな気孔がその内部にまで無数に存在している様子が観察された．内部の気孔が閉気孔となっているために，実験後の大気圧下で外部から水を取り込めず，沈降しないことが考察された．

図3 実験の様子

(2) 減圧時の軽石の挙動

飴色類型の軽石を用いて減圧実験を行った際，減圧開始後即座に軽石表面からの激しい発砲が確認された．減圧を続け発砲があまり見られなくなったところで操作を止め，蓋を開けた後，沈没する様子が観察された．また，再度減圧操作を行うと沈んでいた軽石が再び浮かび上がる挙動を示した．減圧操作を続けても，発砲は少ししか見られず，操作を止めた後，蓋を開けると再度水に沈んだ．この挙動については，発表時に議論する予定である．

(3) 比重の測定

飴色類型軽石 3 個を用いて沈没実験を行う際に，瓶に水位を記録し，水に沈めた軽石が押し除けた体積を計る．これと十分乾燥させた時に測定した軽石の質量を用いて，密度を算出し，比重を算出する．見かけ比重の測定時には，軽石におもりを取り付けて沈めることで体積を測定し，真比重の測定時には粉体に加工して水に沈めることで体積を測定する．また，減圧器で減圧することにより軽石内部に水が流れ込む現象によって，見かけ比重がどの程度増加するのか調べるために，減圧操作で沈没した時の水位も記録することで，この時の体積を求めた．実験の結果，見かけ比重は 0.3-0.7 程度を示し，減圧操作によって沈没した時の比重は 1.1-1.8 程度を示した．真比重の結果については，発表時に表示する予定であり，結果の議論も行う．

文献

加藤祐三 (2009): 軽石 海底火山からのメッセージ．八坂書房, 264p.

久保裕也・下條光浩 (2021): 特許権 軽石の処理方法，及び軽石の投棄方法．出願番号特願 2021-197541 出願日 2021 年 12 月 6 日．https://researchmap.jp/3910/industrial_property_rights/36411089 (2023 年 4 月 20 日参照).

吉田健太・丸谷由・桑谷立 (2022): 2021 年福徳岡ノ場噴火由来のチョコチップクッキー様軽石と SNS を利用した地球科学の可能性・課題について，岩石鉱物科学, 51, gkk.220412.

Yoshida, K., Tamura, Y., Sato, T., Hanyu, T., Usui, Y., Chang, Q., Ono, S. (2022): Variety of the drift pumice clasts from the 2021 Fukutoku-Oka-no-Ba eruption, Japan. Island Arc, 31, e12441.

高校生の地震・津波に関する認識について

High School Students' Perceptions Related to Earthquakes and Tsunamis

○有道 俊雄[1,2]，川村 教一[2]
Toshio ARIMICHI[1,2]，Norihito KAWAMURA[2]
神戸市立須磨翔風高等学校[1]，兵庫県立大学大学院地域資源マネジメント研究科[2]
Kobe Municipal Sumashohu High School[1]，
Graduate School of Regional Resource Management, University of Hyogo[2]
e-mail: ta54angel@gmail.com

概要：近畿地区と関東地区の高校生を対象に地震・津波に関するアンケート調査を行った．高校生の地震・津波に関する知識・理解，地学系科目の履修状況，および地震・津波研究に対する意識の実態について近畿地区・関東地区の高校生の調査結果を分析する．本発表では，調査結果の一部（地震エネルギー蓄積の原因，津波発生の原因の認識状況）を紹介する．

キーワード：地震，津波，高校生，質問紙調査，地学教育

１．はじめに

南海トラフ沿いの大規模地震（M8 からM9 クラス）は，今後 30 年以内に発生する確率が 70 から 80%であり，切迫性の高い状態である（気象庁，2023）．南海トラフ地震が発生した場合，近畿地区に大きな被害が及ぶことが想定される．地震防災の推進のために，学習者の実態を踏まえた学習指導が必要である．高校生を例として，東日本大震災後に実施された地震に関する理解状況についての報告がある．川村（2016）によると，生徒の反応には地域差が見られ，東北地区と比較して四国地区の高校生の地震・津波防災対策に対する学習意欲が低かった．また，近畿地区の生徒は関東地区と比べ，海溝型地震や液状化現象についての無認識率が高かったことも見出した．川村（2017）では，関東地区と四国地区では地学系科目の履修率の差が反応に影響していることを示した．

2011 年の東日本大震災以降，理科で震災は必ず取り上げられるなど地震の学習は強化されていると思われる．先述の高校生の認識は改善されたのだろうか．近畿地区の高校生の地震に関する認識について，地学系科目履修の関係，また関東地区との比較を行うことにより，学習指導上の課題を抽出するための基礎資料とする．

２．目　的

近畿地区と関東地区の高校生を対象にアンケート調査を行った．高校生の地震・津波に関する知識・理解，および地震・津波研究に対する意識の実態について，調査結果の一部を分析する．

３．方　法

調査は近畿地区及び関東地区の高校生を対象とし，2022 年 10 月～12 月に実施した．実施校の教員を通じて生徒に調査票を配布・回収した．アンケート調査で用意した項目は，回答者情報，学習歴，地震・防災知識の情報源，地震およびそれに伴う現象の理解，地震・津波・防災研究の評価と研究推進希望項目などである．

調査票の回収枚数は，回答記入を承諾いただけなかった生徒数，無効回答数を除き，5,718 名分（近畿地区 4,165 名，関東地区 1,553 名）の調査票を集計対象とした．

４．結　果

回答生徒のうち，地学系科目（地学基礎，地学）の履修者は，関東地区 87.8%，近畿地区 26.7%であった．

表１　回答生徒数及び地学系科目履修者数

地区	回答者数	学年別生徒数			地学系科目履修者	
		1年	2年	3年	数	%
関東	1,553	670	165	718	1363	87.8
近畿	4,165	1,891	1,233	1,041	1111	26.7
計	5,718	2,561	1,398	1,759	2,474	43.3

地震や地震防災に関する何らかの知識を高校入学前に持っていましたか．持っていた場合，主に何から知識を得ていましたか．（複数回答可）

ア　特に知識は持っていなかった　　イ　新聞記事
ウ　ラジオ番組　　エ　テレビ番組　　オ　雑誌記事
カ　書籍　　キ　インターネットの Web サイト
ク　学校の先生から聞いた話　　ケ　友人から聞いた話
コ　家族から聞いた話　　サ　その他

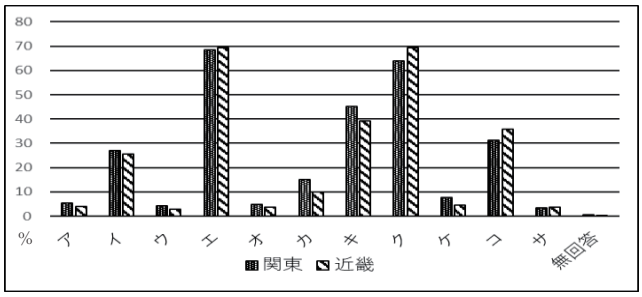


図１　地震・地震防災の知識（高校入学前）

太平洋の東北地方沿岸を震源として大地震が起きましたが，この震源付近に地震のエネルギーがたまった原因は何だと考えますか．あなたの考えに最も近いものを１つ選んでください．

ア　断層が多数ある地域だから
イ　過去に大地震があり，たまりやすくなっている地域だから
ウ　岩盤がやわらかく変形しやすい地域だから
エ　岩盤が固くもろい地域だから
オ　地下にマグマがたまっている地域だから
カ　日本海溝があり海底での水圧が高い地域だから
キ　より沖合いの岩盤から押されている地域だから
ク　なぜエネルギーがたまったのか思いつかない

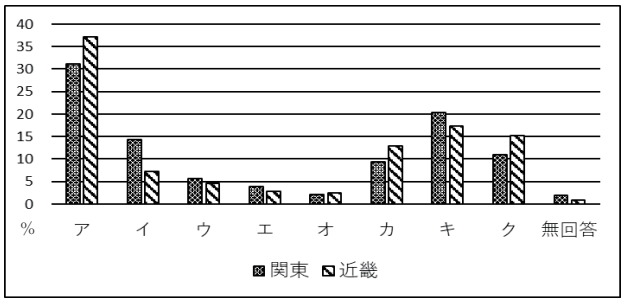


図２　地震エネルギー蓄積の原因

2011 年に太平洋の東北地方沿岸で発生した地震に伴い，なぜ津波がおこったのでしょうか．あなたの考えに最も近いものを 1 つ選んでください．

ア　この大地震のために津波が起こるとは思わなかった
イ　この大地震のために津波が起こるとは思ったが，そのしくみは想像もつかなかった
ウ　大きな地震の揺れが海底表面を伝わってきて，海岸付近で津波を起こした
エ　大きな地震の揺れが地球内部を伝わってきて，海岸付近で津波を起こした
オ　大きな地震の揺れが震源の上の海面を動かして高い波を発生させ，それが海岸にやってきた
カ　大きな地震の揺れが震源の上の海底をずらせ，海水中をその動きが伝わり海岸にやってきた

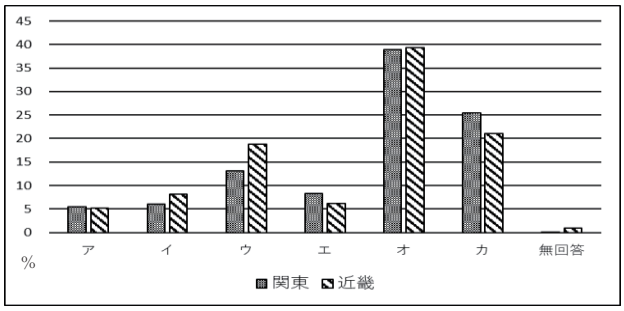


図３　津波発生の原因

５．まとめ

地震やそれに伴う現象に関する理解として，海溝型地震発生にかかわるエネルギー蓄積の理由について，適切に理解している生徒の割合は約 2 割である．

津波発生の仕組みの理解について，約半数の生徒は海面現象という認識を持っている．正しい理解を持っている生徒は 2 割強である．

液状化現象については，正しく理解している生徒の割合は関東地区で 22.0%，近畿地区で 15.6 %である．噴砂現象と誤認する生徒は約 4 分の 1 である．

謝辞

本研究は，令和 4 年度 JR 西日本あんしん社会財団，研究助成による経済的支援を受けた．

引用文献

川村教一（2016）：高校生の地震に関する認識の実態:2011 年東北地方太平洋沖地震を例としたアンケート調査から．秋田大学教育文化学部研究紀要，教育科学部門，71，77-86.

川村教一（2017）：四国地区在住の高校生が持つ地震に関する認識:2011 年東北地方太平洋沖地震を例としたアンケート調査から．秋田大学教育文化学部研究紀要, 教育科学部門, 72, 11-20.

気象庁（2023）：南海トラフ地震関連解説情報．https://www.data.jma.go.jp/eew/data/nteq/index.html　（2023. 7. 15 アクセス）

福井大学総合研究棟Ⅰにおける地震観測と地震応答解析に関する基礎的考察

Earthquake Observation and Response Analysis of Science Tower 1, University of Fukui
建物の振動特性の推定
Identification of Vibrational Characteristics

○川口　雄己[1]，大堀　道広[2]，小嶋　啓介[3]
Yuki KAWAGUCHI[1]，Michihiro OHORI[2]，Keisuke KOJIMA[3]
福井大学大学院原子力安全工学コース[1]，滋賀県立大学環境科学部[2]，福井大学工学部[2]
University of Fukui[1]，University of Shiga Prefecture[2]，University of Fukui[3]
e-mail: ohori.m@ses.usp.ac.jp[2]

概要：2020 年 9 月 4 日 9 時 10 分に福井県嶺北地方で最大震度 5 弱の地震（M5.0）が発生した．震源の深さが 7.1km の浅い地震で，震源距離約 5km に位置する福井大学総合研究棟Iでは地震観測を行っており，この地震ではこれまでで最も大きい記録が得られた．引き続く余震においても記録が得られたことから，これらを用いて建物の振動特性の推定を行ったので報告する．

キーワード：　建物，地震観測，振動特性，地震応答解析

1.　はじめに

2020 年 9 月 4 日 9 時 10 分に福井県嶺北地方で M5.0 の地震が発生した．震源の深さが 7.1km の浅い地震であった．この地震では，坂井市で最大震度 5 弱を記録し，福井市で震度 4 を観測した．福井県は国内では地震活動が低い地域であり，震度 5 以上の揺れを記録したのは福井県内で 57 年ぶり，福井県嶺北地方では 72 年ぶりであった．

本研究では，この地震の際に，震央距離約 5km に位置する福井大学総合研究棟Iで観測された観測記録を用いて，建物の振動特性の推定を行ったので，ここに報告する．

2.　建物と地震観測の概要

福井大学総合研究棟Iは，13 階建ての高層建物で，鉄骨鉄筋コンクリート造（西棟）と鉄骨造（東棟）で構成されている．地震観測は，2006 年 6 月より実施されている．地震計は西棟の屋上階と地下階の 2 点に設置された．その後，2005 年 1 月に西棟 6 階に増設した．今回の地震から 1 か月余り経過した 2020 年 10 月には東棟 13 階に追加設置した．

2020 年 9 月 4 日 9 時 10 分に発生した M5.0 の地震（本震，Eq.1）は．20 分後に最大余震（M3.6，余震 1，Eq-2）を，9 月 7 日にも余震（M3.3，余震 2，Eq-3）を伴った．本研究では良好な記録が得られた西棟の EW 成分（長辺方向）を対象とした．本震時に観測された加速度波形を図 1 に示す．屋上階（RF），6 階（6F），地下階（BF）における最大加速度は，順に 110.3 cm/s^2，65.7 cm/s^2，61.2 cm/s^2 であった．同図より，建物の地下階よりも上層階で揺れが大きくなり，継続時間も長くなっていることがわかる．なお，本震ではこれまでの観測記録の中で最も大きな揺れが観測された．

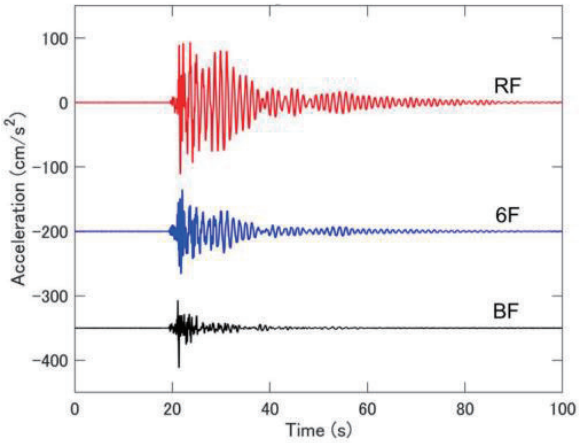


図 1　各階で観測された加速度波形

3．スペクトル解析の結果

観測された加速度波形について，スペクトル解析を行ったので概説する．本震と 2 つの余震についての屋上階と地下階のフーリエスペクトルを図 2 に示す．屋上階のフーリエスペクトルでは，0.8～0.9Hz にピークが表れている．屋上階の振幅は，本震では余震に比べて 10 倍ほど大きいことがわかる．

フーリエスペクトルには地震動を特徴づける震源特性や地盤増幅特性が含まれるため，図 3 に示すように，地下階のフーリエスペクトルに対する

屋上階のフーリエスペクトルの比を取り，建物のみの振動特性を抽出した．これより，3 地震に共通して，屋上階の振幅は地下階の 10 倍以上になっていることがわかる．0.8～0.9Hz に見られるピークは建物の 1 次固有周波数に相当すると考えられる．ピーク周波数は，低い方から本震，余震 1，余震 2 の順となっており，振幅依存性が観察される．

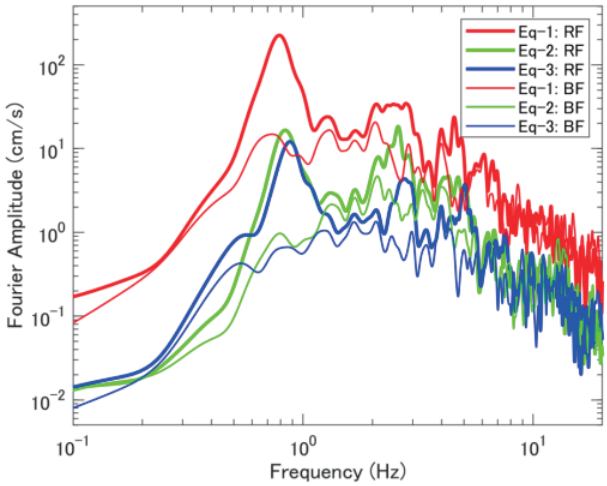


図 2　本震と 2 つの余震のフーリエスペクトル

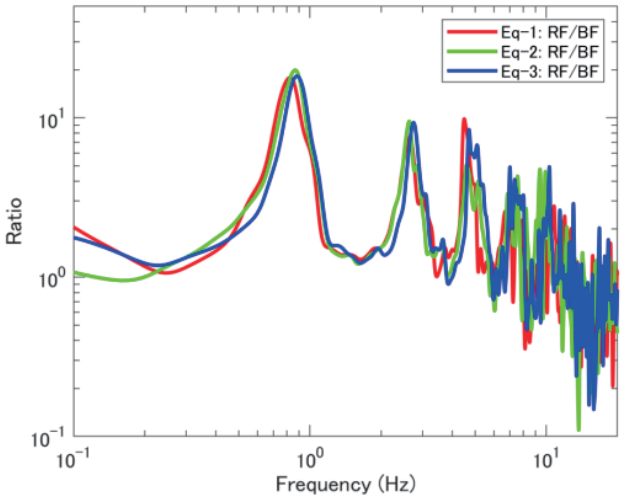


図 3　本震と 2 つの余震における地下階に対する屋上階のフーリエスペクトル比

4.　振動特性の推定

図 3 に示すフーリエスペクトル比より，低い周波数側から数えて，1 次～5 次に相当するピーク周波数が観察される．ただし，4 次以上の固有周波数はピーク近傍において振幅変化が滑らかではないことがわかる．

屋上階と地下階で観測された観測記録を用いて同建物の基本的な振動特性として，各次の振動モードに対する固有周波数，減衰定数，屋上階における刺激関数の推定を行う．検討する次数はスペクトル解析の結果より 1～3 次とした．

振動特性の推定は，Mcverry の方法を用いて，設定した振動モデルに地下階で観測された地震動を入力波として，周波数領域における屋上階の地震応答の計算値が観測値と一致するように振動特性を探索した．ここでは，地震応答解析法にモーダルアナリシスを用いて，1 次から 3 次までの各振動モードに対する固有周波数，減衰定数，屋上階における刺激関数を推定した．本震に関して得られた各モードの推定結果を表 1 に示す．1 次固有周波数として約 0.8Hz が得られたが，これは設計値の 1.0Hz よりもやや低い．各モードの減衰定数は 1.7%～2.5%の範囲で求められており，設計値の 2%と概ね対応した．なお，紙面の都合から図の掲載は省略するが，地下階に対する屋上階のフーリエスペクトル比の計算値は観測値と良く一致した．

表 1　各モードにおける推定結果（本震）

モード次数	固有周波数	減衰定数	刺激関数
1 次	0.805	0.020	1.400
2 次	2.600	0.025	−0.640
3 次	4.550	0.017	0.380

5.　まとめ

2020 年 9 月 4 日に福井県嶺北地方で発生した M5.0 の地震の際に福井大学総合研究棟Ⅰの西棟で得られた地震観測記録を用いて，EW 成分（長辺方向）の振動特性の推定を行った．なお，今回の地震は建物が非線形性を示すレベルではなかった．今後，大振幅の地震動に対して建物の損傷がどのくらいになるかを検討するために，非線形地震応答解析を行いたいと考えている．

謝辞

本研究における地震観測は，東京大学地震研究所と福井大学との共同研究として行われたものです．観測にご支援を頂きました東京大学地震研究所の三宅弘恵先生，坂上実先生，宮川幸治先生，安藤美和子先生に感謝申し上げます．

文献

Mcverry, G. H. (1980): Structural identification in the frequency domain from earthquake records, Earthq. Eng. And Struct. Dyn., **8**, 161-180.

スマホ内蔵気圧センサーの精度とそれを利用した気圧観測実習の開発

Precision of the built-in atmospheric pressure sensor in a smartphone and development of an activity about air pressure observation

○榊原保志[1]
Yasushi SAKAKIBARA[1]
信州大学教育学部防災教育研究センター[1]
Disaster Prevention Education Research Center, Faculty of Education, Shinshu University[1]
e-mail: ysakaki@shinshu-u.ac.jp[1]

概要：本研究では，スマホの気圧測定精度を検討した．今回用いた iPhone では 0.65hPa の補正を行えば標準気圧計との差異は±0.2hPa になった．スマホの機種による気圧の測定値の違いは見られたが，校舎を利用した鉛直気圧分布の特徴を調べるには気圧の相対値で良いので問題はなかった．スマホを利用した気圧観測実習の試行授業を行ったところ，興味・関心に関する授業前と授業後の比較では，本授業は天気番組が好きになり，気圧について詳しく知りたくさせるのに効果が認められた．

キーワード：　気象観測，大学，地学教育，気圧，スマホ

1. はじめに

馬場 (2022) はスマホやタブレットに気圧センサーが内蔵されるようになったことに着目し，気圧学習にスマホを利用する提案をした．校舎の階の高度差を利用し，1 階との気圧の変化量に注目した気圧実習で，スマホ利用により簡単に気圧の変化を調べる実習が行える．この実習について 71%の学生が「非常に満足」や「満足」と回答し，実験後の気象学のイメージや関心も向上したことを示した．さらに気圧センサーを内蔵するデータロガーやスマホはアネロイド気圧計より精度がよいと述べている．ただし，スマホで得られる気圧値そのものの精度を検討したものではなかった．また，気圧の実習が，気圧や気圧観測，気圧と関係が深い天気予報に対する興味関心，実習が気圧の理解に有用であったのかを調べた調査ではない．

そこで標準気圧計とスマホで気圧の比較観測を行い，スマホの気圧センサーの測定精度を明らかにし，気圧を用いた授業プログラムを開発する．大学生を対象とした試行授業を通して，授業プログラムの評価を行ったのでここに報告する．

2. スマホの気圧センサーの精度

(1)使用した機器

今回用いたスマホとタブレットはいずれもスマホ（Apple 社製，iPhone14 Pro14max 2022）とタブレット（無印 iPad　2019（第 7 世代））である．標準気圧計として，デジタル気圧計　(Vaisala 社製，PTB330TS) を用いた．この機器は現場校正を高精度で行うことが可能な気圧標準器とされ，内蔵センサー部と測定値の表示付きロガー部の 2 つからなる．

(2) 比較観測の方法

iPhone，iPad，標準気圧計の 3 機器を同標高の場所に並べて示度を直読し，示度を用紙に記録する方法で，異なる標高すなわち気圧の異なる場所に移動し，それぞれの気圧を読み取った．移動ルートは①標高差約 1800m の 2 つの峠を登る群馬県安中市から長野県軽井沢町を経由し高峰高原に至る碓氷峠・車坂峠ルート，②標高差約 100m の軽井沢町内ルートの二つである．

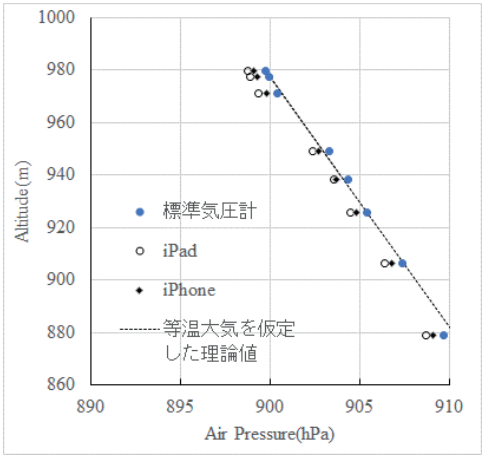


図 1　軽井沢町内における気圧と標高の関係

(3) 軽井沢町内での観測ルートにおける観測結果

図 1 は軽井沢町内を貫く国道 18 号沿いの観測点における気圧と標高の関係を示したものである．観測日は 2023 年 6 月 4 日であり，10 時 24 分から 12

時 52 分にかけての移動観測を行った．12 時の天気は晴れ，南西の風 2.6m/s であった．観測地点の標高は 880m から 980m の範囲である．いずれの機器においても，標高が高くなるにしたがい気圧が低くなることが分かる．なお，破線は標高 980m付近にあるアメダス軽井沢における当日 12 時の気温を利用し，等温大気を仮定した場合の気圧と高度の理論値である．いずれの観測機器においても標高が高くなればなるほど気圧が小さくなり，理論値と比べても大きな違いはない．

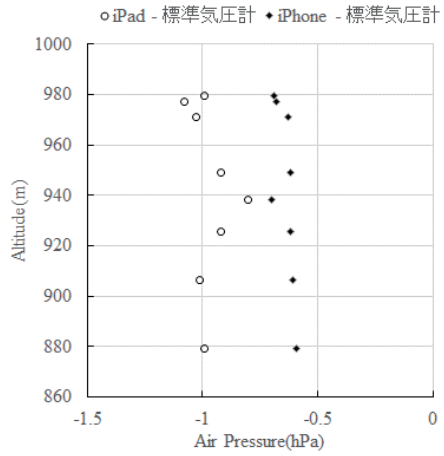


図２　軽井沢町内における気圧差と標高の関係

軽井沢町内の観測地点における iPhone と iPad の気圧を標準気圧計の気圧から引いた気圧差と標高の関係を図 2 に示す．すべての値はマイナスであり，iPhone と iPad の気圧は標準気圧計の気圧より低い．iPhone では−0.6 から−0.7hPa，iPad では −0.8 から−1.1hPa の気圧差となった．iPhone では 0.65hPa の補正，iPad では 0.95hPa の補正をすれば，正しい値（標準気圧計の値）に±0.2hPa 以内に観測値はおさまる．市販のデジタルデータロガー（T&D 社製，おんどとり TR-73U）の気圧の精度は公表値が±1.5hPa であることを考えると気圧観測にスマホやタブレットは十分使用できると思われる．

３．試行授業

調査を行った学校は長野県にある国立大学法人Ｓ大学の教育学部である．理科教育コースの必修科目「地学実験」を履修する 23 人を対象として授業を行った．対象の学生は 2 年生と 3 年生で，高等学校で「地学基礎」および「地学」を履修していない．高等学校では理系コースに所属し，地学系科目の選択ができなかったと答えていた．

４．結果と考察

授業前後で興味関心に関する質問を行い，本授業が有意に影響を与えたのか検討する．天気番組が好きだ（表 1a），気圧について詳しく知りたい（表 1c）についてはそう思う（大変そう思う＋そう思う）の回答はそう思わない（全くそう思わない＋そう思わない）の回答より有意に多かった．一方，天気予報番組をよく見るようになる（表 1b）とか，気象観測を行ってみたい（表 1d）については，授業の効果は認められない．

表１ 興味・関心に関する授業前と授業後の比較

a 天気番組が好きだ

	大変そう思う	そう思う	そう思わない	全くそう思わない
事前	0	10	10	3
事後	1	16	6	0

p=0.0356　* (p<.05)

b 出かける前に天気予報の番組（TVやスマホで）をよく見る

	大変そう思う	そう思う	そう思わない	全くそう思わない
事前	12	6	5	0
事後	10	9	3	1

p=0.5000　ns (.10<p)

c 気圧について詳しく知りたい

	大変そう思う	そう思う	そう思わない	全くそう思わない
事前	0	13	10	0
事後	3	17	2	1

p=0.0236　* (p<.05)

d 気圧の観測を行ってみたい

	大変そう思う	そう思う	そう思わない	全くそう思わない
事前	4	12	7	0
事後	4	14	4	1

p=0.3691　ns (.10<p)

５．おわりに

本研究では，以下のことが明らかになった．

１）標準気圧計とスマホを用いて気圧の比較観測を行ったところ，気圧値が小さくなれば両者の差は大きくなった．しかし，100m 程度の標高差すなわち 10hPa ぐらいの違いでは，その傾向は明瞭でなかった．今回用いた iPhone では 0.65hPa の補正を行えば標準気圧計との差異は±0.2hPa になった．スマホの機種による気圧の測定値の違いは見られたが校舎の鉛直気圧分布の特徴を調べるには相対値で良いので問題はなかった．正確な絶対値を利用するには，機種毎に補正値が異なるので，標準気圧計と比較観測を行い，補正値を求めれば，精度は高くなる．今回の観測実習程度の標高差であれば問題はない．

２）興味・関心に関する授業前と授業後の比較では，本授業は天気番組が好きになり，気圧について詳しく知りたくさせるのに効果が認められた．

「稲むらの火」成立過程の3つの物語

How the story of *Inamuranohi* was developed?
小泉八雲がねらったこと
The message of Lafcadio Hearn

大辻　永
Hisashi OTSUJI
東洋大学
Faculty of Science and Engineering, Toyo University
e-mail: otsuji@toyo.jp

概要：1937～1947 年に使用された国語の津波教材「稲むらの火」に 2 つの地震（安政南海地震，明治三陸地震）が係わっていること，小泉八雲（ラフハディオ・ハーン）による A Living God（生神）が原作であることは周知のことである．しかし，そのモデルである濱口梧陵翁が体験した激震の状況，A Living God，そして「稲むらの火」の 3 つの物語を詳細に比較検討した研究は見当たらない．原作のキリスト教的な色彩，津波に関して与えた可能性のある誤概念などを再検討した．

キーワード：小泉八雲，稲むらの火，A Living God，生神，Lafcadio Hearn，濱口梧陵

1．はじめに

地域連携事業（大辻 , 2023）をきっかけとして，以前手がけた仕事に盲点を見いだした．地震津波教材として有名な「稲むらの火」には，濱口梧陵というモデルがいて，その成立過程には性質の異なる 2 つの地震が関与し，A Living God という小泉八雲による英文の原作がある．大地震が起こる度にこの教材の価値は見直され，地元，和歌山県の旧広村には「稲むらの火の館」が 2007 年に開館している．濱口の偉業は多様であり，その手記を基に，濱口が小さな経済をまわして村を復興したこと，堤防造りを途中で切り上げた謎，濱口の置かれた状況や生い立ちといった切り口から，以前，濱口に迫った（大辻, 2008）．

今回，小泉八雲の原作との対訳をまとめる作業を通して，①濱口が実際に被災した状況，②小泉八雲の原作 A Living God，③教材「稲むらの火」の三者の違い，特に小泉八雲の原作について詳細に検討されていないことに気づいたので，人文学的な比較検討を行った（表１）．

2．小泉の原作と「稲むらの火」の位置

A Living God は『大西洋評論』に発表されたのち（田部，1926），“Gleanings in Buddha-Fields” (1897) という 11 章からなる書籍の第１章として掲載された．小泉が言わんとしたメッセージを捉えるには，いちどは，本書一冊をまるごと検討しておく必要がある．New York Times 誌に発表当時掲載された書評を引用した紹介文がある．

Gleanings in Buddha-Fields is a volume of philosophical essays and sketches inspired by the teachings of Buddha. Through a series of loosely connected essays, the author offers readers a wealth of insights into Japanese life, art and religion. When the book was first published in 1897, it attracted the attention of the New York Times: ...it is only Mr. Hearn who has made us understand something of the Japanese way of looking at life and things, something of that religion which is the very soul and substance of Japanese existence, thought, and action. Today’s readers are sure to recognize the elegance and depth of thought which have made the work a classic. (Routledge, 2005)

Gleanings は我々にはミレーの「落ち穂拾い Des glaneuses」を想起させ，聖書の中での意味合いまで遡る余地があるが，ここでは「点描」といった意味あいで受け止めて良さそうである．小泉は日本文化を様々な角度から描写する中で，その一事例として濱口を取り上げた．巨大地震の様態を報告することを主たる目的にした作品でもなければ，ましてやその後大戦中に強調された自己犠牲の精神を中心に謳ったようなものでもない．

この第１章 A Living God は，実質４つのパートから成っている．「稲むらの火」はその第３パートのみを訳したものである．訳書の多くは，第３パートのみの訳出をもって A Living God すべてであるかのようにしているので注意を要する．削除された部分を含めて読み解く必要がある．

第１パートでは生前に神格化された例として濱口を取り上げている。またよく考えると，なぜ村中

の人々が火を見て集まってくるのか，その原理を説明しておく必要がある（大辻，2008）．小泉八雲はその点を第２パートで周到に記述している（小泉，1990）．

３．具体的なポイント

(1) キリスト教的な色彩

「稲むらの火」では削除された，10 歳くらいの孫，忠（ただ）が A Living God には登場しており，おじいさんの頭がおかしくなったと泣きながら訴える．ところが津波だと分かると，Little Tada ran to him, and caught his hand, and asked forgiveness for having said naughty things. となる．また，「稲むらの火」の最後の場面で，村人たちは庄屋の老人，五兵衛の前にひざまづいてしまう．助かったという安堵に加えて，脱力感や，この先の絶望感な不安感が読み取れる．ここが小泉の原文では，the headmen prostrated themselves in the dust before Hamaguchi Gohei, and the people after them. と表現され，邦訳では「ひざまづく」のほか「土下座をする」や「地面に手をついて頭を垂れる」と訳されている．原作では，村人を救うという奇蹟を起こした Living God 五兵衛を頂点とする，ある種キリスト教的な構図として描かれている．孫の忠を登場させたのも，このためであったと推測できる．複雑な幼少期を過ごしたハーンはキリスト教嫌いとされているが，原作では宗教色がにじみ出ており，教材の「稲むらの火」ではそれがぬき去られている．

(2) 藁葺きか茅葺きか

藁には稲わらと麦わらがあるが，屋根を葺くときは茅を使う．村長，庄屋の大きな屋敷 thatched farmhouse であれば茅葺きとすべきでろう．

(3) 前兆

A Living God で熱気を地震の前兆とする点は，科学的には受け入れがたい．

(4) 大規模な引潮と鐘

村人が引潮に気づいたかどうかは，「稲むらの火」では気づかないが，A Living God では気づいている．高台に呼び寄せることがさらに困難になるが，お寺の大鐘（「稲むらの火」では早鐘）が鳴り，火とあわせて「二重の警告」として機能するとしている．

(5) 原作と教材の共通点

「蟻のようなあゆみ」，「後へとうのいた」，「うっちやっておけ（Let it be!）」など，「稲むらの火」に直接引き継がれている原作の表現も枚挙にいとまがない。

４．おわりに

原作の小泉八雲の思い入れを踏まえ，教材成立の経緯を把握することによって，この過去の国語教材は生きた理科教材になる．そのカギは我々理科教員が握っている．

文献

Hearn, Patrick Lafcadio (1897) : A Living God, in *Gleanings in Buddha-Fields - Studies of Hand and Soul in the Far East* -, Boston and New York: Houghton Mifflin Co.

大辻永（2008）:「稲むらの火」のモデル濱口梧陵～人間愛と機転に満ちたハードとソフトの適応策，三村信男・伊藤哲司他(編著)『サステイナビリティ学をつくる』新曜社, 173-182.

大辻永（2023）: 人間と自然～理科の視点から国語教材を考える～（文京アカデミー ３回講座），②6/28: 稲むらの火.

Routledge (2005) : Gleanings in Buddha Fields https://www.routledge.com/Gleanings-In-Buddha-Fields/Hearn/p/book/9781138975200（2027.7.27 アクセス）

田部隆司（1926）: あとがき『小泉八雲全集 5』，p.547.

小泉八雲著・平川祐弘編（1990）: 生き神様『日本の心』，講談社学術文庫, 209-233.

表１ 「稲むらの火」への３つの物語

	濱口儀兵衛の実話	A Living God	稲むらの火
地震の揺れ	安政南海地震（激震） M8.4 1854.12.24 明治三陸地震 M8.5 1896.6.15	百年前 1896.6.17 長くゆったり	長くゆったり
主人公	ヤマサ醤油七代目 濱口儀兵衛　34 歳 腰まで津波に浸かる	濱口五兵衛　老人 村長　被害なし	庄屋　老人 五兵衛　被害なし
他の登場人物		孫・忠（10 歳）	
場所	広神社（標高約 10m）	高台	高台
村人の数	1200 人 400 軒	400	400
松明，着火	使用人に着火させた	孫が準備し五兵衛が着火	五兵衛が準備し着火
季節・時刻、風		秋、蒸し暑い．前兆	秋
山寺		大鐘　二重の警告	早鐘
村人　引き潮 ひざまづく		気づく 土下座ほか	気づかない ひざまづく

気象観測データ取得および解析における
科学系部活動の地域連携活動

Regional cooperation of science club through getting and analyzing meteorological data

Raspberry Pi を用いた気象観測機器の開発と教科横断的な情報活用能力

Meteorological observation equipment using Raspberry Pi and information literacy

○神谷　義一 [1]
Yoshikazu KAMIYA[1]
千葉県立木更津高等学校 [1]
Chiba Prefectural Kisarazu High School[1]
y.kmy18@chiba-c.ed.jp[1]

概要：近年，異常気象により冠水や洪水などが多発している．本校地学部では少しでも地域貢献をするために，局地的な気象予測をすることに挑戦している．Raspberry Pi を用いた気象観測機器を作成し，木更津市内の小・中学校でデータを取得している．さらに設置した小・中学校の児童生徒にそのデータを使ってプログラミング教室を開講する予定である．安価な装置からのビッグデータに触れる機会により，データサイエンスや気象分野に興味関心をもってもらいたいと考えている．

キーワード：　地域連携，気象予測，Raspberry Pi，プログラミング，情報活用

1. はじめに

近年, 異常気象により冠水や洪水などの災害が多く発生している．令和元年房総半島台風をはじめ，木更津市でも大雨や冠水による被害が多発している．異常気象の原因は地球温暖化が原因であると言われているが(川瀬宏明, 2021)，本校地学部では，局地的な気象予測をすることで少しでも地域貢献をしたいと考えている．安価で消費電力の少ない Raspberry Pi を用いて気象観測機器を作成し，データ解析をしている．装置は気温・湿度・気圧を測定できる機器(以下，ラズパイ観測器と呼ぶ）と，Raspberry Pi にカメラを取り付け，天気をリアルタイムで記録する機器（以下，ラズパイカメラと呼ぶ）の２つを開発した．ラズパイ観測器は近隣の小・中学校に設置をして観測している．

木更津市は令和４年度にプログラミング協定を締結した．本校千葉県立木更津高等学校も木更津市と連携をしてプログラミング事業を企画している．そこでラズパイ観測器を設置した小・中学校の生徒に気象観測データを使ってプログラミング教室を開くことにした．

2. ラズパイ観測器の作成

BME280 という機器で気温・気圧・湿度を計測し，Raspberry Pi に取り付け，データ取得している．図１は本校屋上で実際にラズパイ観測器を稼働させた様子である．右側の黒い機器はウェザーステーションであり，このデータをチャンピオンデータとして，ラズパイ観測器の精度を検証した．比較した結果から，ラズパイ観測器の取得データは有効であると考えられた．現在，木更津市の小・中学校に協力をしていただき，観測器を設置し，観測をしている．図２はラズパイ観測器の設置場所(a)と鎌足小学校での設置の様子(b)である．

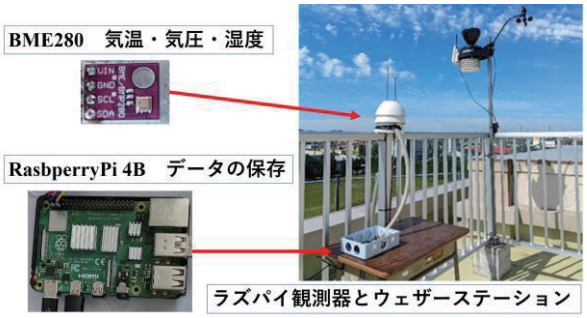


図１　ラズパイ観測器の観測の様子.

図２　ラズパイ観測器の設置場所(a)と小学校での設置の様子(b).

3. ラズパイカメラの作成と機械学習

視野角 130°のカメラモジュールをラズベリーパイに取り付け，雲の画像を撮影している．その画像を２値化して雲の割合を求めることで，自動的に天気を判断する．図３は 2022 年 10 月 30 日に撮影したラズパイカメラ(a)と空の画像(b)である．

２値化をする方法は BI(Brightness Index)と SI(Sky Index)の方法を使用した．どちらも画像の各画素値を処理して数値化する．BI は 0～1 の範囲をとり，0 ほど暗く，1 ほど明るいことを示し，以下の式で表される．

$$BI = (DN_R + DN_G + DN_B)/255 \times 3$$

SI は−1 から 1 までの値をとり，1 ほど青く 0 ほど白である雲を示し，以下の式で表される．

$$SI = (DN_B - DN_R)/(DN_B + DN_R)$$

これら数値化した画素を適当な閾値で２値化をしたものが，図３の BI による２値化画像(c)と SI による２値化画像(d)である．BI と SI にはそれぞれのデメリットがあるが，両方の方法を使うことにより，より高い精度の２値化ができる(山下恵，吉村充則， 2008)．BI と SI による閾値曲線は以下の式で表され，本校地学部ではkの値を適当に決め，天気判断をしている．

$$BI = e^{-k} \times SI$$

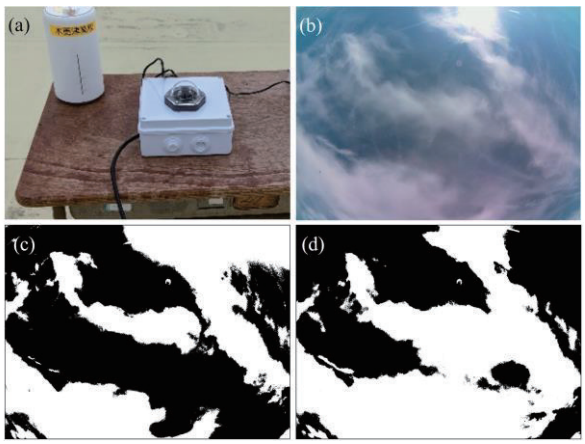


図３ ラズパイカメラ(a)とラズパイカメラでのカラー画像(b)，BI による２値化画像(c)，SI による２値化画像(d)．

４．教科横断的な情報活用能力の育成

高等学校学習指導要領の情報編には，学習の基盤の情報活用能力は，中学校までの教科等横断的な視点から育成され，情報活用能力を生かし高めることができるよう，他の各教科・科目等との連携を図ることとある(文部科学省，2019a)．そのためには，理科における情報処理の分野を考え，かつ情報活用をするためのデータが必要である．また，高校学校学習指導要領の理科編の地学分野では，思考力，判断力，表現力等を育成するに当たっては，地球環境を対象に，探究の過程を通して，情報の収集やデータの分析・解釈などの探究の方法を習得させるとともに，科学的に探究する力を育てることが重要であるとしている(文部科学省，2019b)．地学部が活動している内容が情報科と理科の地学分野の教科横断的な情報活用に用いることが可能であるため，積極的な授業実践にも活用していきたい．

５．地域連携とプログラミング教室

前述したように，学習の基盤の情報活用能力は，中学校までの教科等横断的な視点から育成される．本校地学部の活動を小・中学校に広め，身近な自然現象から情報活用能力を図るとともに，気象観測について興味関心を持ってもらいたい．ラズパイ観測器で取得したデータを使い，Python によるデータ解析をする予定である．昨年度は小学校６年生を対象に，高等学校教員が Scratch を使った物理分野のプログラミング授業を実践した（図４）．この活動は木更津市のプログラミング協定において，理科でプログラミングを使う事例を小・中学校の先生方に紹介したものである．

図４ 木更津市の小学校理科でのプログラミング授業実践

６．まとめ

地学部の活動では地域貢献のために始めたものである．この活動を広めていくことが教科横断的な学習だけでなく，小・中学校での連携にもつながり，一層児童生徒の興味関心につながっていく効果があると期待できる．

７．文献

川瀬宏明(2021)：極端豪雨はなぜ毎年のように発生するのか，DOJIN 選書， 226.

山下恵，吉村充則(2008)：全天カメラを用いた空の状態観測手法の開発

文部科学省(2019a)：高等学校学習指導要領（平成 30 年告示）解説情報編，61.

文部科学省(2019b)：高等学校学習指導要領(平成 30 年告示）解説理科編，150.

千葉県館山赤山地下壕の地学教育的活用
ーヴァーチャル空間による地下教材の開発

Geoscience Educational Utilization of Tateyama Akayama Underground Bunker in Chiba Prefecture
- Development of underground teaching materials in virtual space -

○久田健一郎[1,2]，矢沢勇樹[2]，唐田幸彦[3]，工藤菜々子[3]
Ken-ichiro HISADA[1], Yuuki YAZAWA[2], Yukihiko KARATA[3], Nanako KUDO[3]

文教大学[1]，千葉工業大学[2]，株式会社ダンク[3]
Bunkyo University[1], Chiba Institute of Technology[2], Dank Co., Ltd.[3]
e-mail: spinel512@gmail.com[1]

概要：本研究では，千葉県館山赤山地下壕の全面露頭をヴァーチャル空間に仕立てたので紹介する．これにより実際の野外観察と同じような空間体験が可能となった．すなわち，露頭に接近して詳細な観察を行ったり，露頭からやや離れて全体を見渡すことが可能となった．また鍵層の追跡をヴァーチャル空間の中でできるようになった．このようなヴァーチャル空間の作成は，これからの地学野外実習に代わるものとして注目される．

キーワード：ヴァーチャル空間，地層観察，地学野外実習，赤山地下壕

1. はじめに

館山市指定史跡「館山海軍航空隊『赤山地下壕跡』」は千葉県館山市にある戦争遺跡のひとつで，太平洋戦争末期に地下壕の一部が館山海軍航空隊の防空壕として使用されていた．地下壕の総延長約1.6㎞にも及ぶが，一般公開はその一部である．赤山周辺には前期鮮新世の砂勝ち砂岩シルト岩互層の鏡ヶ浦層が分布する（川上・宍倉，2006）．

千葉工業大学工学部では教職課程として，野外実習を含む地学実験を開講している．野外実習では房総半島南端の館山周辺で沼サンゴの観察や赤山地下壕跡の地層見学などを実施している．とくに赤山地下壕跡の地層観察は，30°前後で北北東傾斜しているものの，断層による変位が少なく，成層構造が明瞭であることから，地層の対比の概念醸成を鍵層の追跡という実際の行動で体感できる優れた点を有している．

赤山地下壕跡の地学教育的活用の研究は，飯田ほか(2007)や高橋(2017)によって行われている．飯田ほか（2007）は，赤山地下壕跡での教育実践案として，地層の観察，ブロックダイアグラムの作成，模型教材の組み立て，地層の対比，立体地質図の展開を構築した．また高橋（2017）は，赤山地下壕及び周辺地区で，大学生の野外地層観察学習を行い，これが学校教育における野外観察を実践する意欲を持たせることに重要な役割を果たすことを論じた．

そこで本研究では，赤山地下壕の明瞭な地層の積み重なりをヴァーチャル化した．

図1　赤山地下壕内の地層観察

2．ヴァーチャル巡検アプリ教材の概要

本教材は，コンピュータ内に構築したヴァーチャル空間やメタバース（インターネット上のヴァーチャル空間）上に地下壕内の地層の様子を再現し，各自のPCやスマホで地下壕内を歩き回り地層観察を行う，といった擬似巡検を行うことを目的としている．

このような3D教材を製作するには，オープンソースのGISソフト，モデリングソフト，開発ツールが提供されており，やや高性能のPCがあれば，特に費用がかかることなく開発は行える．ただし，地質図の作成を行える知識や技術が必要となる他に，

GIS，３D モデリングや VR 製作といった IT ツールを扱えることが必要となる．

また，インターネット上に仮想空間を公開するにはメタバースプラットフォーム（公開用サーバー）が必要となるが，今回は，一般に公開されているクラウドサービスを利用した．

３．アプリ開発の手順

ヴァーチャル巡検アプリ教材の開発手順をまとめると以下のようになる．まず，アプリ教材の対象となる地層の積み重なりの観察記録が必要である．赤山地下壕跡では，ストリートヴューによる地層観察が可能であることから，地層の連続観察記録が容易である（図 2①）．

観察記録を仮想空間の３D モデルとして作成するには，まず QGIS を用いて地下壕内の３D 地質図を作成する（図 2②）．続いて，作成した３D 地質データを Blender や Unity などの VR 作成ツールに取り込み，編集加工を行い，メタバース空間に表示するための VR モデルを作成する（図 2③，④）．

作成した VR モデルはアプリとしてインストールしたり，メタバースプラットフォームで公開することにより，PC やスマホなどからヴァーチャル空間を体験することができる（図 2⑤）．

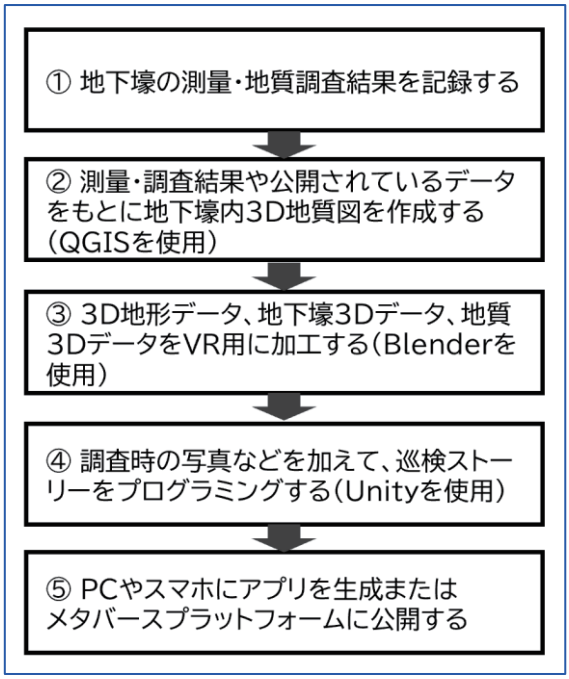


図２　アプリ開発の手順および開発環境

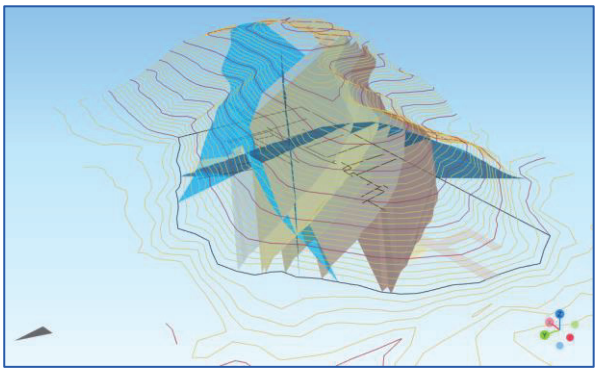


図３ QGIS で作成した地質３D モデル

４．アプリ教材を用いた想定される活動

完成したヴァーチャル巡検アプリ教材を用いて，以下の内容のような仮想空間内での観察を想定している．

① 馬の蹄鉄と天使の輪；地層の切り方次第で色々な模様に見えることを理解する
② ひときわ目立つ地層；地下壕内には３枚の鍵層が観察でき，実際地下壕内で追跡できる
③ 地層のずれ；壁面にみられるずれを立体的に観察でき，断層面はつながることを理解する
④ 地層の追跡；灰色層と黒色層の境界を追跡することで，地層の対比が可能となる
⑤ タービダイト層の堆積構造；灰色層の詳細な観察可能で，堆積環境が推定できる

5. 今後の課題

本研究で示したように，ヴァーチャル巡検アプリ教材の研究はその端緒に過ぎない．今後は，層序・構造がはっきりしている地域の３D 地質図の表現，さらにはヴァーチャル化を目指し，巡検アプリ教材としてその教育的意義を吟味する必要があると考える．

６．文献

飯田和也・中條圭一・富川奈津子・山崎良雄・高橋典嗣（2007）： 館山赤山地下壕跡を利用した立体的地学教材．科教研報 22 巻 3 号 p.49-5.

株式会社ダンク（2019）：QGIS による地質図の作り方： QGIS プラグイン「地質図ツール」使用ガイド．Amazon.co.jp

川上俊介・宍倉正展（2006）：館山地域の地質．地域地質研究報告 （5 万分の 1 地域図幅）．産業技術総合研究所地質調査総合センター，pp 82.

高橋典嗣（2017）：野外地層観察学習の実践的指導力を身につけるための教育実践 ： 理科教員養成課程における野外地層観察学習の取り組み．武蔵野教育學論集，2 号，p.57－68.

タイムラプス動画を用いて雲の動きを捉える

Capturing Cloud Movement with Time-lapse Video

ーひとり1台端末の活用ー

ーUsing One PC per Personー

平賀　博之
Hiroyuki HIRAGA
広島大学附属福山中・高等学校
Hiroshima University Junior and Senior High School, Fukuyama
e-mail: hhiraga@hiroshima-u.ac.jp

概要：理科におけるひとり１台端末の活用方法として，雲のタイムラプス動画を生徒に作成させた。その結果，生徒は雲の消長のようす，高さ（雲の種類）による雲の動きのちがい，雲の動きから風向・風速を推定が可能であることなどを見いだした．また，飛行機雲のタイムラプス動画からは，偏西風の風向・風速を推定することができ，意欲的に探究する姿が見られた．

キーワード：　雲の動きを捉える，タイムラプス動画，ひとり１台端末，偏西風の風向・風速の推定

1．はじめに

中学校ではひとり１台の端末が導入されたが，理科ではどのような活用が求められているのだろうか．文部科学省による例示は次の３点である．（文部科学省, 2020）（以下，傍線は筆者による）

・観察、実験を動画等で記録することで、現象を科学的に分析し、考察を深める
・観察、実験のレポートやプレゼンテーション資料などを、写真やグラフを挿入するなどして、一人一人が主体的に作成する
・シミュレーションを活用して、観測しにくい現象を可視化し、理解を深める

また，理科の指導において ICT を活用する際のポイントとして，「「観察、実験の代替」としてではなく，理科の学習の一層の充実を図るための有用な道具として ICT を位置付け，活用する場面を適切に選択し，教師の丁寧な指導の下で効果的に活用することが重要.」（文部科学省，2021）と示している．

PC を活用することで初めて捉えられる現象を教材化していくことで，理科の学びが深まり，こどもたちに新たな見方や考え方を育むことができるものと考えている．「ひとり１台端末」がその機会を与えてくれたと感じる．本稿では，その一つの方法としてタイムラプス動画の活用について試行した．

2．タイムラプス動画について

タイムラプス動画は，低速度撮影や微速度撮影とも呼ばれる．「時間（time)」「経過（lapse)」の名のとおり，時間経過とともにゆっくり変化する，肉眼では捉えることの難しい現象を，時間を短縮することで認識できるようになる．専用のアプリを用いれば，生徒用の端末でも容易に撮影可能である．

広島県福山市の国立大学附属中学校第３学年の生徒 122 名を対象として，2022 年度の夏休みの自由課題として，科学的な題材をテーマにタイムラプス動画の撮影を課した．夏休み前の授業で，ソフトウェアの設定方法や具体的な使い方を確認し，実際に雲の動画を撮影させ，使い方を習得させた．

以下に使用した機器とソフトウェアを示す．

HP Chromebook x360 11 G3 EE（2020 年モデル）
ソフトウェア：Framelapse
（https://sites.google.com/view/framelapse）

3．雲のタイムラプス動画から見いだせる現象

理科の授業でタイムラプス動画の活用が有効な素材として，雲の動画が思い浮かぶ方も多いであろう．これまでにもデジタルカメラのインターバル撮影の機能などを利用してパラパラ漫画の原理で雲の動画の教材化が行われている（名越, 2009 など）．近年はひとり１台端末を利用してタイムラプス動画を生徒に撮影させる実践も実施されている（亀田・瀧本，2022　など）．

夏の自由課題は 103 名の生徒から提出があり，そのうち 37 名が雲に関する動画をテーマとしていた．思いつくテーマがない場合は雲を撮ることを推奨したため，このような数になったと考えられる．この中で，生徒の記述から気づきや動画の見どころを拾ってみると，生徒がおもに次の３点を見いだしていることがわかる．

図１ 偏西風の風向・風速の推定に用いた画像　2022/09/13　08:16:38～08:31:38 の動画からキャプチャー

① 雲の消長のようす
記述例：「小さい雲が発生してすぐに消える様子が見えました．途中からは雲が一気に押し寄せて迫力満点です．」
② 高さ（雲の種類）による雲の動きのちがい
記述例：「動画の左側が東、右側が西なので右（西）から左（東）に雲が流れていく様子を見ることができる．高層雲と低層雲では雲の流れるスピードが全く違う．」
③ 雲の動きから風向・風速を推定する
記述例：「雲の動きを見ることで、風の動きが分かるのではないか、と思った．」

課題提出後の授業で，③の気づきを取り上げ，雲の動きから風向・風速を推定するための手続きについて考察した．生徒は，画面にうつる範囲（画角）や雲の高度がわかれば，風向・風速が計算できそうだということを見いだすことができた．

4. 偏西風の風向・風速の推定

本研究でタイムラプス動画の撮影中に飛行機が通過し，飛行機雲が記録されることが何度もあった．生徒の撮影した動画にも，そのようすが記録されているものがあった．

飛行中の民間航空機の現在位置や高度は，Flightradar24（https://www.flightradar24.com/）のウェブサイトやスマートフォン・アプリなどで知ることができる．タイムラプス動画による飛行機雲を残した旅客機の飛行高度がわかれば，その高度における風向・風速を推定することができる．

図１は，撮影したタイムラプス動画からキャプチャーした２枚の画像である．授業ではこれを用いて，生徒たちはこのときの飛行高度（13000m）付近の風向・風速を推定することができた．

5. 実戦の結果と今後の展望

授業後の生徒のコメントでは，「飛行機雲が意外と高いところにあるのに驚いた．」「雲の動きが気になるようになった．」など，本実践が雲や大気に対する関心を高める効果があると考えられる．また「偏西風といってもいつも西風ではなく，北西や南西の風のこともあることがわかった．」など，偏西風の蛇行の内容につながる発見をした生徒もいた．

手の届かない上空の風の動きを，地上からの観測で明らかにする体験は，偏西風を身近な存在として生徒に捉えさせる効果が期待できる．今後は効果的な指導計画を作成するとともに，生徒の変容など実践の効果を検証していきたい．

引用・参考文献

亀田直記・瀧本家康（2022）：高校生は雲の動きと発生を１人１台端末で撮影したタイムラプス動画から見いだせるか，理科教育学研究，**63(2)**，415-423.

名越利幸（2010）：Web カメラによるインターバル撮影を利用した映像観察システムの教材化：中学校理科「地上からの雲の観察」に関する授業実践を通して，岩手大学教育学部研究年報，**69**，59-71.

文部科学省(2020)：各教科等の指導における ICT の活用について【概要】
https://www.mext.go.jp/content/20200911-mxt_jogai01-000009772_19.pdf
（2023．7．17 アクセス）

文部科学省(2021)：理科の指導におけるＩＣＴの活用について
https://www.mext.go.jp/content/20210616-mxt_jogai01-000010146_004.pdf
（2023．7．17 アクセス）

季節サイクルの中での「日本の気象・気候」の学習内容の再構築へ向けて（大雨の頻度や質の季節性・地域性等の防災気象リテラシー育成も意識して）

Toward re-construction of the study contents on the weather and climate systems around Japan with attention to promoting the meteorological literacy such as seasonality and regionality of the characteristics of heavy rainfall events for the disaster prevention education

○加藤　内藏進[1]，松本　健吾[2]，大谷　和男[3]
Kuranoshin KATO[1]，Kengo MATSUMOTO[2]，　Kazuo OTANI[3]
岡山大学（名誉教授・特命教授）[1]，岡山学芸館高校[2]，テレビせとうち(株)[3]
Okayama University[1]，Okayama Gakugeikan High School[2]，
TV Setouchi Broadcasting Co., LTD.[3]
e-mail: kuranos@okayama-u.ac.jp[1]

概要：
中緯度でかつアジアモンスーン・サブシステム間の接点にあたる日本付近では，季節・地域により，災害に繋がる現象の特徴や出現傾向も大きく違いうる．そこで，広域気団の実態や侵入過程や，1 時間降水量・10 分間降水量から大雨の「質」の季節的・地域的多様性も把握すること等を組み込んだ，防災気象リテラシー育成と「日本の気象・気候の理解」をセットとする学習内容の再構築へ向けた検討を行う．

キーワード：　日本の天気，防災気象教育，大雨の季節的・地域的多様性，多彩な季節サイクル，ESD

1. はじめに

日本付近では，中緯度共通の因子とアジアモンスーン双方の影響を強く受け，しかも，季節進行のタイミングも含めて特徴が大きく異なるアジアモンスーン・サブシステム間の接点として，卓越気圧配置型の短いステップでの大きな変化に伴う多彩な季節サイクルが見られる．そのため，季節が少し違うだけで，災害に繋がる現象の特徴や出現傾向も大きく違う可能性が示唆されるとともに，同じ季節でも，広域的な気候因子との位置関係に関連した，日本列島付近での顕著な地域差も生じうる．

例えば，梅雨最盛期の西日本側と東日本側の梅雨前線の大気構造の違いに伴いに伴う，総降水量や「大雨日」（例えば，降水量 50㎜ 以上の日）の寄与，及び，「大雨日」における降水特性の特徴の気候学的違い等は，その典型的な例である．従って，防災気象教育を，「季節サイクルの中での日本の気象・気候の学習」とセットで行う意義は大きい．

また，気象・気候系の変動性は大きく，その平均的な振れ幅や多様性も捉えて初めて，「気候学的平均像」を把握出来る．いわば，この程度の変動が普通に起きる中で，「更に，強調された振れ幅」を示した結果が，「極端現象」であると考え得る．従って，「平均的な変動」の一環として振れ幅が比較的大きくなる現象を，災害に繋がるような現象の起き得るポテンシャルにも関連する「準極端現象」として，その季節的特徴，地域的特徴に注目する意味も大変大きいであろう（なお，このような変動性も含めて詳細な季節サイクルを捉えることは，季節感などを接点とした学際的な文化理解教育の取り組みでも大変有用である（加藤・加藤 2014；2019））．

ところで，季節サイクルの中で見た「日本の気象・気候」の学習においては，単に「言葉」や「イラスト図」だけでなく，重要な事実関係をデータに基づき把握する学習が必要である．特に，中学校での学習では広域的な「気団」との関連にも注目するが，それらの「気団」の「実態と侵入過程」，及び，「広域季節サイクルの中での位置づけ」という事実の把握のための教材開発も必要になる．

また，種々のタイプの大雨と防災意識の教育の際には，関連する大気過程で総降水量だけでなく，降水特性への影響の把握も併せて重要であるが（いわば，積乱雲のような雲からの対流性降水か，乱層雲からの層状性降水か，等の降水の「質」），その際に，広域的な気団やその侵入過程の季節的・地域的多様性という背景の理解が，まさに，上述の視点での日本の気象・気候の学習と密接に結びつき得る点に注意したい．こういった降水の「質」も含めて把握する上で，1 時間降水量や 10 分間降水量データの利用は大変有用である（加藤他（2020）も，教材開発の視点から例示）．

そこで本講演では，加藤他（2020），加藤（2021，2022）等を更に再体系化し，特に，1 時間降水量や 10 分間降水量のデータから大雨の「質」の季節的・

地域的多様性を捉えることにより，平時からの防災気象リテラシー育成も意識した「日本の気象・気候」学習内容の再構築へ向けた検討を行う．なお，現段階では，具体的な教材作成や授業実践には至っていないが，教材化の際に，現象論的に注目すべき点などを整理したい．

２．日本付近の季節サイクルを特徴づける広域的な気候系の因子に関して

南アジアの大陸域，熱帯西太平洋域，ユーラシア大陸高緯度域，北太平洋高緯度域，という各アジアモンスーン・サブシステム間の季節進行のタイミングの大きなずれを反映して（最大数ヶ月以上），日本列島付近では卓越気圧配置型が細かいステップで大きく季節的に変化する．このことで，西日本以西の梅雨前線での多量の降水や冬の強い寒気吹き出しへのアジアモンスーン全体の役割だけでなく，オホーツク海気団とオホーツク海高気圧の実態や振る舞いの特徴，台風の発生が日本列島の秋になっても大きくは減らないこと，台風接近時の日本付近での風や降水分布の夏と秋での大きな違い，時雨の季節感に通じるシベリア気団・高気圧の季節的発達等が，個別的知識としてではなく，（海洋の役割も含めた）広域的な季節因子と絡めた系統的な知見として深まりうるからである．

３．１時間雨量や 10 分雨量から見る大雨の多様性（教材化へ向けた事例の検討）

梅雨最盛期の西日本（特に九州）の大雨は，線状降水帯など，組織化された積乱雲の集団に伴う集中豪雨に関連したものが多いが，松本他（2013）などが示したように，強雨ではなく 10mm/h 未満の「そこそこの強さの雨」の大きな寄与で総降水量を稼ぐ大雨も多い．秋雨期には秋雨前線と台風が絡み合う大雨も多くなるが，日本列島に停滞している秋雨前線に，台風の東側の南風により多量の水蒸気が流入する場合，2mm/10 分未満（12mm/h 未満）の「そこそこの強さの降水の持続による広範囲での大雨」になる事例も少なくない（例えば，2017 年 10 月の台風 21 号など）．

また，集中豪雨タイプの激しい雨だけで比較しても，事例による違いは大きい．例えば，2017 年 7 月における九州北部の朝倉などでの豪雨では，九州での梅雨前線に伴う集中豪雨の中ではかなり狭い雨域であったが，15mm/10 分（90mm/h）を超える極めて激しい降雨が強弱は繰り返しながらも半日以上持続し，総雨量が 500mm を超えた．

一方，2018 年 7 月豪雨では，7 月 5 日～7 日の 3 日間の総雨量が，広島・岡山～京都・滋賀県にわたる広範囲で 350mm 程度に達した．この事例では，4mm/10 分を超える強雨による寄与も小さくなかったが（線状降水帯などに伴う強雨），強雨の間隙を埋める 2mm/10 分未満の「そこそこの強さの雨」の寄与が，総降水量の 35～45%程度も稼いだ点も注目される．つまり，2018 年 7 月の西日本豪雨では，梅雨期に頻出する線状降水帯が広範囲に出現しただけでなく，その間隙を埋めるように，東日本の梅雨期の大雨をしばしば特徴づける（層状性降水的な）「そこそこの強さの雨」の大きな寄与も加わり，広範囲で総降水量を押し上げていた点も注目される．

４．初夏から盛夏期への季節進行の中での大雨（梅雨最盛期以外の注目点）

日本付近では，梅雨期を挟んで１ヶ月単位程度の短い間隔で季節の特徴が大きく遷移する．それに関連して，総降水量だけでなく大雨の起こり方や降水特性（対流性か層状性かなど）も大きく変化する．そこで，梅雨最盛期以外の各時期の大雨・強雨についても，日本の春や梅雨，盛夏期の学習を踏まえ，今後，教材化へ向けた検討を行う予定である．

文献（紙幅の都合で一部省略）

加藤晴子・加藤内藏進：『気候と音楽―日本やドイツの春と歌―』(2014)，及び，『気候と音楽―歌から広がる文化理解と ESD―』（2019），いずれも協同出版．

加藤内藏進，2020：2018（平成 30）年西日本 7 月豪雨などの特徴も意識した防災教育の教材化への視点―日本付近の暖候期の大雨の特徴の季節的・地域的多様性の中で―．『近年の自然災害と学校防災（Ⅰ）』（兵教・連大・防災教育研究プロジェクトチーム，協同出版），82-98.

加藤内藏進，2021：種々の極端現象の季節的背景への視点も意識した「日本の気象・気候」の学習へ向けて．『同（Ⅱ）』，196-206.

加藤内藏進，2022：大雨の頻度と質を例とする防災気象のリテラシー育成へ向けて（多彩な季節サイクルの背景を意識して）．『同（Ⅲ）』，19-37.

国家強靭化に資する人材の育成

Develop human resources that contribute to national resilience

○岡田　大爾[1]，井山　慶信[1]，張　俊彦[2]，岡田　寛明[3]
Daiji OKADA[1]，Yoshinobu IYAMA[1]，Chun Yen CHANG[2]，Hiroaki OKADA[3]
広島国際大学[1]，国立台湾師範大学[2]，広島大学大学院[3]
Hiroshima International University[1]，National Taiwan Normal University[2]
Graduate School of Hiroshima University[3]
e-mail: d-okada@hirokoku-u.ac.jp[1]

概要：小中高に比べて減災教育を学生全体に浸透させるのが遅れていた大学において地域防災に貢献できる力を養成することでソフト面の国家強靭化の促進を図る．生涯に渡り，減災に主体的に取り組む人材を育成するために，大学生に自ら問いかけて課題を発見し，調べ，結果をまとめ，発表し，議論させる．その際に大学内外の人々と積極的にコミュニケーションを取っていく能動的学習を広げていくことが重要であることが分かった．

キーワード：　防災教育，国家強靭化，大学，専門職連携，地学実験，防災リーダー

1．はじめに

必修の防災教育は小～高が中心で，防災リーダーが期待できる大学生に BLS や専門職連携を含む防災教育を行う大学は見られない．東日本大震災や広島土砂災害を受けて広島国際大学では，毎年の水害や南海トラフ地震に備えて大規模災害に対応可能な人材を育成する為，大学での必修の総合防災教育カリキュラムを開発し，その教育効果の分析を行う．さらに，地震や水害が多い台湾等モンスーン地域への国際協力も積極的に行う．

2．方法

必修科目「専門職連携 I-IV」と「地域創生と危機管理」や選択科目の「地学実験」等の防災教育に加えて，「労災病院との大規模訓練」，「学生主体のプロジェクトに予算を支給する制度」に参加した学生の行動観察と学生が記入したアンケートや感想文等の主観調査を行う．

3．結果

広島国際大学総合防災教育カリキュラムを図 1 に示す. 1 年次の地域創生と危機管理の第 1 回目で東日本大震災時の石巻赤十字病院の全スタッフによる専門職連携の話をし，就職面接で私は災害時にお役に立てますと言えるレベルを目指して学修に励むように伝えている. 地学実験では，土石流跡の GigaPan 高精細画像(図 2)を自由に拡大して a. 土石流が過去何回起こっているか, b.どの高さまで到達したか, c.破壊力を示す箇所について仮説を立てた上で現地で仮説を検証する．広島湾の岸に津波が到達後，都心の地下街まで約 50 分かかることがシミュレーションから気づき，その上で地下街から地上に避難するために，階段では避難できない車椅子の方は避難方向が異なり危険なため，まず車椅子の方を避難させ,その後健常者が避難したとしても余裕を持って地上への避難を完了できることに気づいた．基礎を踏まえて，専門職連携ⅢやⅣの中では，病院スタッフ全分野の各学科 1 名ずつでチームを作るため，他のメンバーは専門外で各自責任を持って調べてきて熱心に議論していた．

図 1　広島国際大学防災教育カリキュラム

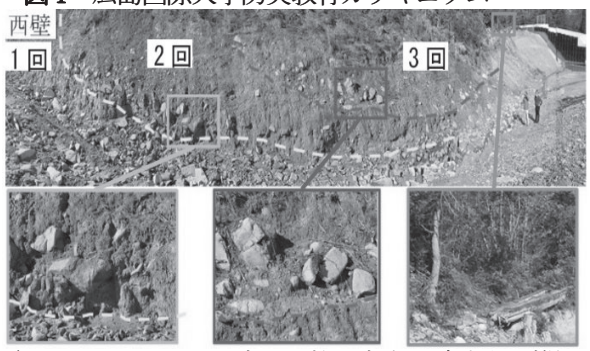


図 2　GigaPan で土石流の回数，高さ，破壊力を推測

４．減災教育改革の成果と課題

このような減災教育の改革によってどのような成果と課題が見られたかについて１科目ごとに以下に議論する．

毎年約 1000 人の大学生が受講する「地域創生と危機管理」，「IPEI～IV」については，現在，コロナ感染症の関係でオンライン授業を行っている．2023 年度には対面授業に戻る可能性はある．特に，少人数グループで各自が作成してきたマイタイムラインについて発表して，周囲からの助言や質問を受け，改良してきた地域創生と危機管理の授業やIPEIII～IVにおいては，対面で白熱議論とオンラインでの議論ではどうしても大きな差があるため，あらかじめデータについては低めの数値になっていることを前提として考える必要がある．

なお，IPEI・IIは実施後公開予定である．

2022 年度の共通質問は以下のとおりである．

１．【学修時間】あなたは，この授業の学修を１週間で平均どの程度しましたか？
　① 0.5～1.5 未満(約１時間)
　② 1.5～2.5 未満(約２時間)
　③ 2.5～3.5 未満(約３時間)
　④ 3.5～4.5 未満(約４時間)
　⑤ 4.5～5.5 未満(約５時間)
　⑥ 5.5～6.5 未満(約６時間)

２．【学修意欲】あなたはこの授業の到達目標を意識し，目標達成に向けて意欲的に学修に取り組みましたか？

３．【アクティブラーニング】自分の考えや疑問を他者に発信する機会はありましたか

４．【パフォーマンスの変化】この授業を通して新しい知識や技能，態度が身に付いたと感じますか？

５．【満足度】総合的にみてこの授業に満足しましたか？

２３４５については，①全くそう思わない，②あまりそう思わない，③どちらかといえばそう思わない，④どちらかというとそう思う，⑤そう思う，⑥強くそう思うを選んだものに対して，①を１点，②を２点，③を３点，④を４点，⑤を５点，⑥を６点として平均値を出したものを表１に示す．

表１を見ると，オンライン授業に比べて科学実験bのように野外学修を含めた対面式の授業の方が全体的に数値が高いことがわかる．しかし，地域創生と危機管理は，その場で挙手して質問や意見表明できる１年次の科学実験bに比べると意欲はわずかに低いものの，学生同士の話し合いを中心としたIPEIII・IVは他の 100 名を超える大人数のオンライン授業と比べて，意欲・発表・成長・満足の項目の数値が異例の高さで，Ⅲ→Ⅳでさらに高まる．これらは，各学科から一人ずつの 10 人弱の小集団をつくり，その中で，災害時におけるシナリオ等をもとに専門職連携で解決を図る状況が原因と考えられる．さらに，自由記述では，各学生が学修する全科目について大変多くの科目を入力するため，平均するとコメント率が大変低い中にあって，数多く寄せられた．発表時に紹介する．

表１　各授業に対する学習の振り返り

	時間	意欲	発表	成長	満足
地域創生と危機管理	2.0	4.7	4.2	5.0	5.1
科学実験b(地学実験)	2.3	5.0	5.0	5.3	5.0
専門職連携III	1.6	4.8	4.9	4.9	4.9
専門職連携IV	3.6	4.9	5.2	5.3	5.2

上記以外に広島国際大学では，国立労災病院と協定を結んで逃げ遅れた避難者や逃げようとしない住民やその説得をする医療関係者，災害時の医療チーム等のそれぞれの立場を学生たちが演じながら，病院関係者と一体となって大規模災害訓練や消防署との災害訓練，福祉協議会とともに福祉避難所運営訓練等を経験している．

5. 終わりに

GeoSciEd2022 の際に台湾やタイの研究者と防災教育のソフト・ハード両面の共同研究を進めている．本研究の一部は JSPS 科研費 JP22H01069 と JP20 K20850 の助成を受けている．本研究にご支援いただいた皆様に深く感謝する次第である．

文献

Chang, C. Y. & Cheng, P. H. (2022)：Overview of Disaster Prevention Education in Taiwan, Proceedings of the 9th International Conference on Geoscience Education., 103-104.

Okada, D. et al. (2022)：Research on promoting national resilience. Resouce Manegement Special Issue of International Symposium on Natural Disasters and Education., 24-36.

気候変動時代に求められる小学校理科の気象に関する学習とは何か

What is Teaching and Learning about Weather in Primary School Science in the Era of Climate Change?

吉本　直弘
Naohiro YOSHIMOTO
大阪教育大学
Osaka Kyoiku University
e-mail: yoshimo@cc.osaka-kyoiku.ac.jp

概要：次期学習指導要領の改訂を見据えて，気候変動時代における小学校理科の気象に関する学習のあり方について考察した．平成元年（1989 年）告示の小学校学習指導要領以降，理科の気象に関する学習の内容は，主に「太陽と地面の様子」「自然界の水の様子」「天気の様子」「天気の変化」で構成されており，大きくは変化していない．児童にとって身近な気象が扱われているが，その仕組みの理解は難しく，気象学的な知識を要することや，観察の難しさ，水の状態変化の扱い方が課題である．観察の内容を精選し，気象情報の見方や活用方法に関する学習の充実を図るとともに，身近な気象と気候変動問題や自然の恵み，気象災害とのつながりを児童が考察できる学習の設計が望まれる．

キーワード：　気象，防災教育，気候変動教育，ESD，SDGs，小学校理科

1. はじめに

人間の影響が大気，海洋および陸域を温暖化させてきたことには疑う余地はなく，大気，海洋，雪氷圏および生物圏において，広範囲かつ急速な変化が現れている（IPCC，2021）．これが気候変動の現状と原因に関して国際的に合意された最新の科学的知見である．

気候の変化が進行していく中で，持続可能な社会の創り手となることが期待される児童生徒が，気候変動問題を含む地球環境問題について理解を深め，環境を守るための行動をとることができるよう，地球環境問題に関する教育のさらなる充実が求められている（文部科学省・環境省，2021）．学校における地球環境問題に関する教育については，教科等横断的に取り組むことが求められている．その中で，理科では地球環境に関する事物・現象の性質や仕組みの理解を図ることが期待される．

ここで気候変動問題に関する教育（以下気候変動教育）の国際的な動向について述べる．「持続可能な開発のための教育（以下 ESD）」の主要領域として位置付けられている気候変動教育は，国際的に重要度が増している．国際連合教育科学文化機関（ユネスコ）は，ESD の旗艦プログラムとして，持続可能な開発のための気候変動教育プログラムを立ち上げ，推進している．また，「持続可能な開発目標（SDGs）」の目標 13「気候変動に具体的な対策を」では，気候変動教育について具体的な学習目標が設定されている．さらに，イタリアやカンボジアなどの一部の国では，気候変動教育を学校教育のカリキュラムに含める取り組みが始まっている．しかしながら世界全体としては，気候変動教育は啓発が中心であり，学校教育および訓練（教員養成や教員研修）の体系的な取り組みが課題である（UNESCO, 2019）．

各国の教育の実態に合わせて，具体的にどの校種で何をどう学べば良いか，その枠組みを作ることが世界的に共通する課題である．そこで本研究では，次期学習指導要領の改訂を見据えて，気候変動時代における小学校理科の気象に関する学習のあり方について考察することを目的とする．

2. 小学校理科の気象に関する学習の変遷

平成元年（1989 年）告示の小学校学習指導要領では，第 1 学年と第 2 学年において生活科が新設され，理科の学習が第 3 学年から開始されるようになった．これ以降，現行の学習指導要領までの小学校理科の気象に関する学習の変遷を整理する（図 1）．図 1 より，いずれの学習指導要領においても，第 3 学年から第 5 学年において，日なたと日影の様子や太陽の位置の変化を扱う「太陽と地面の様子」，水面や地面などからの水の蒸発や空気中の水蒸気が物体の表面で水に変化する結露を扱う「自然界の水の様子」，天気と 1 日の気温の変化の関係を扱う「天気の様子」，雲の様子の観察や映像などの情報の活用による天気の変化の予想を扱う「天気の変化」で構成されている．一部で内容や学年の変更が行われているもの，学習内容に大きな変更はない．平成元年（1989 年）告示と平成 29 年（2017 年）告示のものを比較すると，後者では雲や雨のでき方と風が扱われていない．

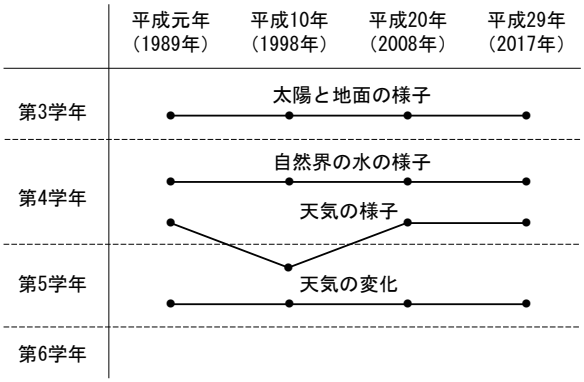


図１　小学校理科の気象に関する学習の変遷

3.　気象に関する学習の課題

名越（1999）が指摘するとおり，小学校理科では身近な気象が扱われている．しかし，これは児童にとって理解しやすい現象が扱われていることを意味しない．例えば，1 日の気温の変化は生活と密接に関係している身近な気象である．しかし，その仕組みを理解するためには大気の放射や熱力学，運動などの気象の素過程に関する知識を要する．よって，晴れの日には気温の変化が大きく，雨やくもりの日には気温の変化が小さいという事実を捉えるだけに留まり，なぜ天気によって 1 日の気温の変化の仕方が違うのかという児童の疑問を生かした学習を展開することは難しい．また，観察日の選定や児童による継続観察の難しさも指摘されている（馬場，2022）．

「天気の変化」では，児童が学校で観察可能な時間に，雲の量が変化して天気が変化する事例の出現頻度が低く，観察を通して天気の変化を学習することが難しいという課題がある（岡・吉本, 2019）．

生命領域の項目であるが，第 6 学年「生物と環境」では，地球上の水の循環を扱う．第 6 学年でも気象に関する内容を学習することの良さはあるものの，第 4 学年では身近な水の蒸発や結露しか扱われていないため，ここで雲や雨の形成に触れることにやや唐突な印象をもつ．また，第 5 学年において雲の観察を行うことから，水蒸気から雲が形成されることを第 6 学年で学習することは整合性に欠ける．高等学校段階における気候システム（図 2）の理解を目指して，水の状態変化や地球上の水の循環について，つながりをもって系統的に学習できるよう内容を配置することが望まれる．

4.　気象に関する学習のあり方

名越（1999）は，気象の教育内容を「天気予報の科学」として捉えることを提案した．これは，気象情報が情報ネットワークを通して収集され，スーパーコンピューターによる処理を経て，配信される時代を迎え，情報の適切な解釈能力や有効活用

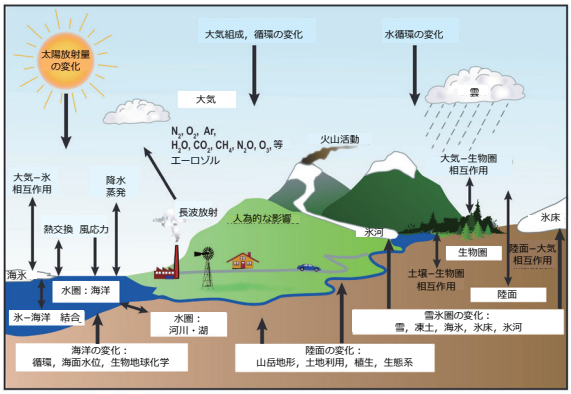


図 2　気候システムを構成する要素とその中における過程，要素間の相互作用
IPCC（2007）を改変．和訳は気象庁による．

が今後の社会生活でより重要になるとの見通しに基づくものである．それから 20 年以上経ち，その見通しは現実のものとなり，さらに加速している．気象の観察の難しさを踏まえれば，観察の内容を精選し，気象情報の見方や活用方法に関する学習の充実を図るとともに，身近な気象と気候変動問題や自然の恵み，気象災害とのつながりを児童が考察できる学習の設計が望まれる．小学校理科における気象を含む地球領域の学習のあり方について，本学会内で活発に議論されることを期待する．

謝辞　本研究は JSPS 科研費 20K03228 の助成を受けたものです．

文献

馬場賢治（2022）: 2020 年度からの小学校学習指導要領における気象学関連事項．細氷，No. 68，1-10.
IPCC（2007）: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Cambridge University Press, 996p.
IPCC（2021）: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Cambridge University Press, 2391p.
環境省（2023）: 環境白書 循環型社会白書/生物多様性白書 令和 5 年版．日経印刷，345p.
文部科学省・環境省（2021）: 気候変動問題をはじめとした地球環境問題に関する教育の充実について（通知）．6p.
http://eco.env.go.jp/files/material05_r30602.pdf
（2023.7.28 アクセス）
名越利幸（1999）: 気象教育カリキュラムの開発と科学リテラシー．科学教育研究，**23**，229-237.
岡　雄介・吉本直弘（2019）: 1 日における天気の変化の仕方とその出現頻度の調査 −小学校理科第 5 学年「天気の変化」に関連して−．日本理科教育学会全国大会発表論文集，No. 19，311.
UNESCO（2019）: Country progress on climate change education, training and public awareness: An analysis of country submissions under the United Nations Framework Convention on Climate Change. 14p.
https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000372164
（2023.7.28 アクセス）

兵庫県姫路市南東部，小赤壁海岸における岩盤崩落の応用地質学的な調査と防災教育への活用に向けた方向性

Applied Geological Survey and Direction for Using as the Teaching Materials for Disaster Prevention Education of Rock fall in the Shousekiheki Coast, Southeast part of Himeji City, Hyogo Prefecture，SW Japan

毛利　元紀[1]
Motoki MOURI[1]
兵庫県立大学[1]
University of Hyogo[1]
e-mail: motokimouri@outlook.jp[1]

概要：姫路市南東部，小赤壁海岸に分布する白亜紀火山岩類(四郷層：後藤・井上，1998；後藤・井上，2001)の強溶結凝灰岩体に対して岩盤崩落に関する応用地質学的調査をおこなった．その結果，調査地域では先行研究(山本ほか，2002)の亀裂や節理への根系の進入モデル(タイプ B)，根系による岩盤の部分風化モデル(タイプ C)が頻出することが明らかとなった．岩盤崩落の防災教育はヒマラヤ山麓の学校における斜面・土石流災害を対象としたもの(村山・八木，2014)があり，今後は中生代火山岩類の岩盤崩落の教材開発と防災教育への活用をおこなう必要がある．

キーワード：　白亜紀火山岩類，岩盤崩落，落石，亀裂，根系，小赤壁海岸

1. はじめに

近畿地方西部に位置する兵庫県下には白亜紀～古第三紀にかけての火山岩類が広く分布する．これらの火山岩類は相生層群，生野層群，有馬層群，矢田川層群など模式地ごとに層群単位で層序区分されてきた．火山岩類はカルデラを埋めた厚い火砕流の堆積物からなり，溶結凝灰岩を主体とする．この時代の溶結凝灰岩は塊状・無層理で硬質な岩盤からなり，不規則な冷却節理が発達し，しばしば節理面に沿ったブロック状の岩盤崩落を引き起こすことが知られる(沖村ほか，2016)．岩盤崩落災害の問題は古くて新しいと言われ，近年では1996年2月に古平町で起きた豊浜トンネル坑口斜面の事例で，北海道では過去に幾たびとなく岩盤崩落の災害に見舞われている(大西・西山，2002)．また落石の問題は身近な災害としてとらえられている(大西・西山，2002)．本報告では兵庫県姫路市南東部，小赤壁海岸に分布する強溶結凝灰岩体の岩盤崩落現象について応用地質学的な調査をおこない，その防災教育への活用に向けた方向性を指摘する．

2. 結果

(1)強溶結凝灰岩の岩相記載

四郷層(後藤・井上，1998；後藤・井上，2001)の強溶結凝灰岩は野外では硬質な塊状岩盤をなし，連続性に乏しく不規則な垂直に近い高角度の柱状節理が認められる．色調は風化部は黄土～灰白色，新鮮部は灰褐色を呈する．扁平度の大きい淡緑灰～暗灰色の本質レンズを多く含み，肉眼で明瞭な溶結構造が認められる流紋岩強溶結ガラス質凝灰岩である(後藤・井上，1998)．本質レンズの長径はふつう5～9 ㎝程度で，含有率は多くが10～20%である．本質レンズの縦横比は7～14程度である．結晶片として斜長石(長径＜2 ㎜)・石英(径＜2 ㎜)と少量の黒雲母を含む．石質岩片の含有率は多くが5%程度で礫径は通常１～3 ㎝，平均最大粒径の最大径は約 6 ㎝である．石質岩片の岩種は流紋岩溶岩および流紋岩質凝灰岩の類質岩片を主体とし，先白亜系由来の砂岩・頁岩の異質岩片を少量含む．

(2)強溶結凝灰岩体の応用地質学的調査

①現地踏査による崩落跡斜面の状況の記載

斜面は不規則な柱状節理が発達した硬質岩盤で，強溶結凝灰岩からなる．崩落跡の斜面の傾斜は概ね高角度で，多くが南傾斜である．節理面の走向・傾斜はN15～50°E60～85°SEの場合が多い．まれにN65°W85°NEやN20～24°E 75～85°SWのデータが得られた．植物体の茎や根は既存の亀裂に進入しているような産状を示す．節理内における根の形状は扁平化が認められない．木場ヨットハーバー周辺の遊歩道沿いでは崩落したブロック状の岩塊群が崖錐堆積物を形成する．また遊歩道沿いには落石危険の看板があり，階段沿いにはコンクリート工が施されている．

②亀裂幅，植物体の茎の周径，根の径および節理の開口幅

岩盤の亀裂幅(定規を用いた亀裂幅の測定；宇多

ほか，2019）を調査した．亀裂幅（測点：1〜36）はふつう 3〜15 ㎝で，最大値は 103 ㎝である．亀裂は節理面に沿う調和的なものと，節理面と無関係で非調和的なものとがあり，前者のほうが多い．植物体の茎や根の周径（測点：1〜25）は茎で 2〜5㎜（最大径＜10 ㎜），根で 1〜3㎜（最大径＜3.5 ㎜）といずれも短い．節理の開口幅（測点：1〜25）は 3〜10 ㎝程度がふつうで，開口幅の最大値は 58 ㎝である．

３．考察

(1) 樹木の根系による節理の開口モデルとの照合

樹木の根系による節理の開口に関する先行研究（山本ほか，2002）を参考に節理を押し広げている根系に着目して調査した．山本ほか(2002)によれば根系に起因する岩盤崩落は 4 つのタイプに分類される．このうち調査地域では茎や根の径が短く，岩盤に存在した亀裂中に根系が進入し成長したために，根が扁平にならない産状，根系の周辺が部分的に風化している産状から，タイプ B またはタイプCが頻出する．山本ほか(2002)の解釈に従うと，根系によって岩盤全体がほとんど風化せず，根系の周辺が部分的に風化し，風化した節理面が弱面となって豪雨時などに岩盤崩落が発生したものと推定される．

(2) 運動様式と崩落の要因

小赤壁では硬質で緻密な強溶結ガラス質凝灰岩が不規則で連続性に乏しい柱状節理を発達させる．溶結凝灰岩の節理面は高角度で南方向に傾斜し，斜面の方向に傾斜する．一方で溶結凝灰岩中の本質レンズがつくる葉理面の傾斜方向は斜面の方向とは逆の緩い北傾斜を示す．この火山岩体は比較的安定な地質構造をしているといえる．このような地質状況下で透水性に乏しい溶結凝灰岩体に発達する割れ目系から浸透した地下水が岩体内部に集積し，徐々に岩盤の劣化が進行したものとみられる．これが調査地域で引き起こされる岩盤崩落の素因であると考える．柱状節理が発達する溶結凝灰岩における斜面上での物質の移動様式としては，節理面が関係するすべり，崩落，転倒，座屈が一般的とされる(田近ほか，2015 など)．このなかで調査地域の地質状況から判断すると，岩体から脱落したブロック状の岩塊が散在することや木場ヨットハーバー側の遊歩道沿いでブロック状の岩塊群より構成される崖錐堆積物が認められることから，斜面における物質移動様式として崩落(一般に落石，転石などから面的に起こる崩壊，崖崩れなど；遠藤・小林，2012）が適当であるとみられる．

４．防災教育への活用に向けて

岩盤崩落災害を防止するためにはハード対策を講ずることに加え，安全管理について地域住民参加による防災対策の仕組みや土地利用の制限，住家屋の移転など新しい社会システムと合意形成手順を構築する必要があることが指摘される（大西・西山，2002）．地域住民参加による防災教育をおこなうことが重要で，自然災害の学習指導に意欲的に取り組もうとする理科教員のための，地域の自然災害の教材開発推進の必要性が指摘された（川村，2020）．岩盤崩落の防災教育はヒマラヤ山麓の学校における斜面・土石流災害を対象としたもの（村山・八木，2014）がある．今後は中生代火山岩類の岩盤崩落の教材開発と防災教育への活用をおこなう必要がある．

謝辞：本報告をまとめるにあたり親族の毛利信子氏と熊田進一氏には野外でのデータ収集の際に大変お世話になりました．ここに謝意を表します．

引用文献：

遠藤邦彦・小林哲夫（2012）：フィールドジオロジー9 第四紀，フィールドジオロジー刊行委員会，共立出版，81-82．後藤博弥・井上剛一（1998）：2 地質．姫路市史編集専門委員会（編）姫路市史第七巻上[自然]，姫路市，39，64-69，86-91．後藤博弥・井上剛一（2001）：1 姫路市とその周辺の地質，姫路市史編集専門委員会（編），姫路市史第一巻上[自然本編]，姫路市，80-87．川村教一（2020）：自然災害の誘因と自然素因の視点を踏まえた理科教育の課題，防災教育学研究，1(1)，93-105．沖村孝・中川渉・北田憲嗣・伊藤正美・嵯峨根朋子（2016）：兵庫県下酸性火山岩類分布地域における表層崩壊機構と崩壊予測モデル化，建設工学研究所論文報告集第 58 号〔報告〕2016 年 11 月．大西有三・西山哲（2002）：岩盤崩壊と落石問題に関する現状と課題，地すべり，39(1)，1-13．田近淳・石丸聡・渡邊達也・石川勲・志村一夫（2015）：溶結凝灰岩急崖の岩盤崩壊：2013 年 9 月北海道層雲峡の例，日本地すべり学会誌，52(3)、146-151．宇多高明・安藤詳平・森田陽弘・具志堅善郎・五十嵐竜行・大木康弘・菅原健太郎・五味久昭（2019）：宮古島南東端に伸びる東平安名崎の岩盤崩落に関する調査，土木学会論文集 B3（海洋開発），75(2)，611-616．山本哲朗・五藤久美子・笹西孝行・松下英次（2002）：樹木の根系による節理の開口と岩盤崩落，地盤工学研究発表会発表講演集 JGS37，2077-2078．村山良之・八木浩司（2014）：ヒマラヤ山麓の学校における防災教育実践，日本地理学会発表要旨集，2014 s，100225．永田秀尚（2002）：岩盤崩壊の機構と運動についてのレビュー，地すべり，39(1)，53-61．

SDGs と地学関連単元との連携授業の重要性

The Importance of Linked Classes Between SDGs and Earth Science Units

○松本　一郎[1]
Ichiro Matsumoto[1]
島根大学[1]
Shimane University[1]
e-mail: chromim@edu.shimane-u.ac.jp[1]

概要：本研究では，SDGs 全体の目標を達成するにあたり，地学関連の単元を中心に，野外学習を取り入れた教科連携型の授業が有効であることについて，筆者の過去 23 年におよぶ実践教育をもとに理論化し報告する。SDGs の目標を達成するにあたり，大地，海，大気に関わる環境保全が，社会のより良い構築，産業や経済の発展にとっての基礎となり，私たちの生活に大きく影響するという内容を地学教育の一部として，他教科と関連づけて教材化，授業づくりに繋げることが重要である。

キーワード：　SDGs，地学教育，生態系，防災・減災教育，科学技術，社会

1. はじめに

SDGs は 2015 年の国連総会にて採択され，2016 年からその取組みが始められ，今年で７年目を迎える。日本においても SDGs という言葉を聞かない日がないほど，新聞やテレビ・ラジオ，SNS 上で取り上げられている現状である。また，平成 29 年度告示の新学習指導要領に準じた小学校および中学校の理科教科書には，SDGs が紹介されるようになり，理科学習の中においても理科を中心とした持続可能教育について学ぶ機会ができた。加えて，総合的な学習の時間などを中心に，教科を超え，地域社会とも関わりを有したような学習機会が増えてきた。

松本 (2022) は，SDGs をそのまとまり，階層構造の中で，「自然環境の保護と人の行動の関する５つの目標」として解説し，自然環境の保全(SDG13，14，15) とそれに取り組むための人の行動としての平和や公正（SDG16）やグローバルパートナーシップ（SDG17）の関わり・関係性を意識して取組むことが重要であることを示した。

本発表では，自然環境の保全に取組にあたり，地学教育の果たすべき意義とその役割の重要性について議論するとともに，SDGs 全体への関わりを解説し，授業づくりの一助となることを目指す。

2. 研究方法

本研究は，当研究室が過去23年にわたり実施してきた幼稚園，小学校および中学校での主に理科授業の中でも地学関連単元の中で，持続可能教育（ESD，SDGs）を意識し，実践，教材化（主に野外学習の構築など）した内容について報告する。それをもとに，SDGsと地学関連単元との連携の重要性を指摘するとともに，SDGsの目標達成にとって，地学関連単元の学びの有効性について整理・理論化する。

3. SDGs と地学関連単元との連携授業の重要性

地学領域でも主に大地の学習は小学校４年生～中学１年生の４年間にわたって学ぶ機会が単元として用意されている。気象や海洋に関わる地球科学的内容もまた，小学校，中学校の単元学習として配置されている。また，教科書会社により異なるが小学６年生，中学 3 年生の最終単元近くには理科学習と SDGs との関連について学ぶ項がある。これら単元において単元目標の達成を目指すことは言うまでもない。それに加え，野外学習を中心に実際の大地をはじめとする実空間での学びを実現することで，自然の恵みと災いについて，実感を伴って理解しやすくなること，そしてそれらが伝統文化や産業活動とも密接に関わっていることを学びやすくなると考える。つまり，社会科や総合的な学習の時間などと連携することで，より持続可能な自然の捉え方，人の社会のあり方などが学びやすくなることが期待される。

4. 文献

藤岡達也(2021)：SDGs と防災教育，大修館書店.
松本一郎(2022)：SDGs 実践における見方・考え方についての一考察, 学校教育実践研究, 5, 53-59.

牛伏砂岩を対象とした高校–博物館連携による学際的探究の取り組み

The approach of transdisciplinary research on the Ushibuse sandstone by the collaboration between high school and museum

菅原　久誠〇[1]，島津　康行[2]，酒井　陸人[3]，長谷川　堅[2]，伊藤　恭吾[2]，
前橋東高等学校理科部[2]
Hisanari SUGAWARA[1]，Yasuyuki SHIMAZU[2]，Rikuto SAKAI[3]，Ken HASEGAWA[2]，
Kyogo ITOH[2]，Science Club in Maebashi Higashi High Shcool[2]
群馬県立自然史博物館[1]，群馬県立前橋東高等学校[2]，金沢大学理工学域数物科学類[2]
Gunma Museum of Natural History[1]，Maebashi Higashi High School[2]，
College of Science and Engineering, Kanazawa University
e-mail: sugawara@gmnh.pref.gunma.jp[1]

概要：
群馬県立前橋東高等学校と群馬県立自然史博物館は，多胡石などの名称で知られる牛伏砂岩の石材利用について連携し，普及，調査，研究を行なっている．石材利用に関する調査は，地質・岩石分野だけでなく，文化・歴史分野や地域住民の価値観なども関係するため学際性が高い．同校理科部員たちは，連携したイベントに参加することで自発的に学際的探求を行い，フィールド調査を協働することで初めて得られる成果をあげた．

キーワード：　牛伏砂岩，石材，高校地学，博物館，探求学習，学際的な探求

1. はじめに

(1)牛伏砂岩とは

群馬県高崎市吉井町の牛伏山を模式地とする牛伏層は、新生代新第三紀中新世の海成堆積岩で構成される。牛伏層は，埼玉県北部から下仁田町まで連続的に分布しており，主な構成岩石である砂岩は，小幡石（甘楽町の雄川流域産），天引石（甘楽町の朝日岳周辺産），麩石（高崎市吉井町の朝日岳東麓周辺産），八束石（高崎市吉井町の八束山周辺産），そして丸山石，赤石，平井石（いずれも藤岡市産）など，採石する場所によって異なる石材名がつけられている（秋池，2017）．

牛伏砂岩は，産地周辺の複数の古墳の石室や，中世、近世、近現代の多くの石造物に用いられている．例えば，世界遺産の富岡製糸場の旧官営時代に建てられた建造物の礎石や，ユネスコ世界の記憶に認定された上野三碑の一つである多胡碑も牛伏砂岩製である(菅原，2018)．ただし，現在では，かつて複数あった牛伏砂岩の採石場はいずれも操業を停止しており，地元の石材業者の在庫に切り出した石材またはその加工品を残すのみとなっている．牛伏砂岩が古くから石材として多用されてきた背景には，砂岩泥岩互層の露頭における砂岩と泥岩の風化状況の違いによる砂岩の採石のしやすさ，加工しやすい砂岩の固結度，褐色から濃褐色の鉄酸化物が脈状および墨流し状に産する石材としての見栄えなどが考えられる。

(2) 牛伏砂岩研究の学際性

牛伏砂岩は古くから石材として活用されてきた背景があるため，他の石材に関する研究意義と同様に，その分布や岩石的特徴などの地質・岩石学分野のみならず，多用されてきた文化的背景が重要である．牛伏砂岩は，前述のとおり世界遺産や重要文化財の石材としても利用されているため，文化財保護的観点からの研究も期待される．また，産地周辺では，牛伏砂岩の用途が多様であるだけでなく，それに代わる他の石材が流通してからも選択的に牛伏砂岩を利用している例が見られる（菅原，2019）．地域住民の牛伏砂岩に対する価値観に関する研究も期待される．

(3) 群馬県立自然史博物館における地学教育分野の活動

群馬県立自然史博物館（以下，当館）では，小学5年から中学３年生までを対象とした「ミュージアムスクール」，高校生を対象とした「高校生学芸員」，大学生等を対象とした「博物館実習」や「インターンシップ」，大人対象の「大人の自然史倶楽部」，資料整理ボランティアを対象とした技術講習等で主体的に幅広い年齢層や技術レベルに応じた地学教育を行なっている．また，群馬県の「出前なんでも講座」，富岡市の「生涯学習出前講座」，その他個別の講師派遣（例えば，ジオパークのジオガイド養成

講座やエコパークのインタープリター講習）など，オンデマンドでの対応も行なっている．

2. 前橋東高等学校と当館連携の経緯および内容

群馬県高校地学部会から菅原が依頼された講演およびワークショップの実施ならびに菅原が当館の広報誌「デメテール」に執筆した牛伏砂岩利用調査に関する記事がきっかけとなり，前橋東高校理科部顧問の島津から理科部で行う文化財の岩石に関する研究に関して相談を受けた．理科部員を対象に菅原がそれまでに行った国指定天然記念物「岩神の飛石」や牛伏砂岩などに関するいわゆる文化地質学的研究について講演を行なった．その後，理科部に「多胡石班」ができるとともに，理科部員から当館の通年イベントである「高校生学芸員」に牛伏砂岩をテーマとした研究で申し込みがあり，毎年理科部員１名を受け入れ 2023 年度で３年目となる．

2021 年度から群馬県の「出前なんでも講座」経由で前橋東高校理科部員全員を対象とした牛伏砂岩の石材利用調査のフィールドワークショップもこれまでに３回行なっている． フィールドワークショップでは，牛伏砂岩の石材利用が最も多く見られる高崎市吉井町市街地で，牛伏砂岩の岩石学的特徴，同定方法および同定が難しいケースについて講習と観察を行い，その後目的地を定めてグループごとに牛伏砂岩の石材利用調査を行った．石材利用調査のルートは，地理院地図や古地図が閲覧できる無料アプリを利用してかつての街道を読み解き選定するように指導した．調査の際に発見した牛伏砂岩製物件は，それぞれ種別，緯度経度，年代，備考のデータを記録し，所有者に詳細な情報の聞き取りが可能な場合は，雑談をする中で聞き取ることを勧めた．また，調査終了時には各グループの発見や印象に残った調査内容を共有する時間を設け，他のルートの情報や他グループの異なる見方（価値観）にも気付けるような構成とした．

３．連携の成果および考察

理科部員による「高校生学芸員」の研究において，2021 年度は高崎市吉井町周辺の牛伏砂岩の利用調査（分布，年代，用途）および石材の風化度調査といった多岐にわたる研究を行なった．この研究は，第 69 回群馬県理科研究発表会の地学部門で審査員奨励賞（3 位）を受賞した．同様に 2022 年度は牛伏砂岩の利用された年代別の風化に関する研究と風化実験の内容を第 70 回群馬県理科研究発表会の地学部門で発表し，後者の研究が２位を受賞した．

フィールドワークショップで最も利用物件数を記録したグループは，歴史のある旧姫街道（国道 254 号線）沿いの酒屋の店先の敷石について，酒屋の主人に聞き取り調査を行っていた．その結果，敷石がかつて井戸として使われていた牛伏砂岩を再利用したものであることなど，所有者に聞き取ることで初めて得ることができる地域知を記載した．生徒が回答した実施後のアンケートで最も多かったのは牛伏砂岩の石材利用のされ方が多様であるという感想であり，それに次いで分布の不均質性および牛伏砂岩に対する地域の人々の思い入れを実感したことに関する感想が多かった．その他の感想には，同定技術を習得した実感，同定の難しさの実感，風化の度合いと用途，調査を通して自らが牛伏砂岩を魅力的な石材と感じたこと，他学年の部員との交流が深まったなどがあった．これらの感想はいずれも自らが時間をかけてフィールドで学際性の高い協働調査行うことで初めて実感できることであった．

文献

秋池 武（2017）：多胡石の美と歴史 −日本を代表するピクチャーストン−，高崎検定資料．

菅原久誠（2018）：世界遺産富岡製糸場の礎石の岩種および分布，文化地質研究会 第１回総会・研究発表会講演要旨集．

菅原久誠（2019）：ジオツーリズムにおける活用を目的とした多胡石の利用調査，文化地質研究会第２回総会・研究発表会講演要旨集．

地学教育を支える
教材･教具支援を図るためのシステム開発の研究

Research on system development to support teaching materials and tools for earth science education.

○境　　智洋
Chihiro　SAKAI
北海道教育大学釧路校
Hokkaido University of Education Kushiro Campus.

概要：アラスカ州で行われてる「サイエンスキット」配送システムをヒントに、地質に関する教材・教具を学校で管理するのではなく、地域の拠点に管理するシステムを構築し、教材教具が入手しにくいという状況を改善することに取り組んでいる。

キーワード：　教材教具、アラスカ、教育支援、地学教育、サイエンスキット

1　はじめに

筆者らが北海道内で調査した小学校教育において「指導が難しいと感じる学習内容」で常に上位に挙げられているのが「天気・土地の変化」であった。さらに「地域性を生かした授業を行う場合に資料や情報が入手しにくいもの」で 8 割以上の教員が「地質分野」と回答している（2011 境）。この状況を少しでも改善していくことが、地学教育の振興を図る上で重要である。本稿では、地質に関する教材・教具を学校で管理するのではなく、地域の拠点に管理するシステムを構築し、教材教具が入手しにくいという状況及び地学を指導する際の苦手意識を改善することを目的とする。

2　教材整備の実態に関する調査から

学習指導要領が改定されるごとに「理科教育振興法」及び「理科教育のための設備の基準に関する細目を定める省令」によって新単元の教材・教具が整備されている。教材整備の実態に関する調査（文部科学省、2020）では、実験支援器具の配置状況は小中ともに 98%と高い。(注1) しかし、筆者の学校訪問による理科備品に関する聞き取りでは、顕微鏡の配置状況について備品台帳上は基準の配置になっていても「カビが発生し見ることができない」、「接眼・対物レンズが不足」などの状況が伺え、使えるのは数台という学校もあった。今後、詳細な調査が望まれる。理科は、観察・実験を主体とした教科である。1 人が満足できる観察実験ができる環境とともに、より理解が深まる身近な素材を使った教具がどの学校でも使うことのできる環境になっていることが理科教育振興には必要である。

3　アラスカ州フェアバンクスノーススター学区　サイエンスキットの取り組み

アメリカ合衆国アラスカ州フェアバンクスノーススター学校区 (注2) では、図書館（Media Services）(注3) に理科・社会・数学・美術等に関する教材・教具が集められている。この教具は、約 400 種以上になり、必要な教具を教員は自由に借りて授業を行うことができる。サイエンスキットは、以下の特色がある（基本的に他の教科も同様のシステムである）。

(1) 貸出システム
A:メディアサービス・ホームページにある教材一覧から教員が必要な教材・教具を選択する。
B:教育委員会から各学校へ必要な物資を送る輸送便が毎日運行されている（朝食サービスの運送も含む）。予約された学校の教員に輸送便で配送される。
C:授業で実施後、メディアサービスへチェックアウトの申請を行う。輸送便に乗せて返却できる。

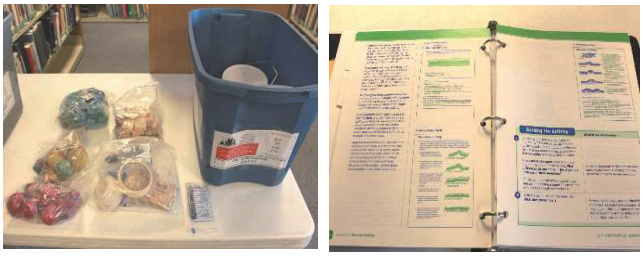


図１　人数分用意された地球プロセスボックス
左：実験キット　右：教師用指導書

(2) サイエンスキットの内容
A:すべての児童生徒が実施できる必要数が入っている（図１）。
B:授業に必要な教師向けの指導書があり、教師は指導書通りにおこなうと観察実験ができる。
C:児童生徒へ配付するプリント類も必要部数印刷されている。
D:関連書籍がいくつか入っている。
E:返却後、不足分や修理が必要な部分はメディアサービスが補充、修理する（図２）。

サイエンスキットは、郡部の小規模校にも同様に配送されるシステムとなっている。（アンカレッジ学校区ではアンカレッジと道でつながっていない学校のために小型飛行機でも配送されている）。また、フェアバンクスの小学校にはほとんど理科室はなく、備品も少ない。さらに、サイエンスキットの購入及び製作は教育委員会が主体となって管理運営している。このように、サイエンスキットは、理科教育における教材作成、授業準備など教員をサポートするシステムとして位置づいている。

図２　補充用の消耗品
左：補充用棚　右：補充用の実験素材

(3)サイエンスキットの購入・製作
A:教材会社のサイエンスキットを教育委員会が購入し活用する。
B:学区内の教員や理科関係の職場の職員（自然保護官など）が集まり、新しい地域教材教具を製作する。アラスカに関する素材は充実させる（図３）。

図３　地域教材「アラスカの野生動物キット」

4　本別理科教育プロジェクト（Hossp）

2019 年北海道本別高等学校・本別町内小中学校に本別理科教育プロジェクトが立ち上がった。本別町内の児童生徒の理科教育を支援するために高校・小中学校・教育委員会・教育大学・理科関係グループが１つになって町内の理科教育を支えるシステムである。その中に、教材・教具の共有システムを作り上げる取り組みも取り入れた。2019 年は「地層の剥ぎ取り標本」2020 年は「堆積実験セット」2021 年は「月の満ち欠け実験セット」を図書館に保管し、町内の小・中学校で共有して使うこととした。町内３校の小学校で教材教具を共有するとりくみを始めた。

５　釧路市こども遊学館「DOTO ねっと」

2009 年道東科学教育支援ネットワーク「DOTO ねっと」が立ち上がり、釧路の理科教育を支えるために、月１回の理科研修講座を行ってきた。コロナ禍により一時中断したが、2023 年度より新たなメンバーで再開する。その中で「教材・教具」の貸出システムを構築することを目指している。現在「地層の剥ぎ取り標本」「堆積実験器（図４）」「道東の火山灰とその観察」「ダジック・アースによる雲の動き[注4]」などを配置し、月１回の研修に合わせて先生方に使い方を伝える活動を行う予定である。貸出は 2019 年度からすでに行っている。昨年度は４校の貸出があった。今後、先生方がよい使いやすい貸出システムを構築し、より充実したシステムとして運用できるよう検討を行っている。

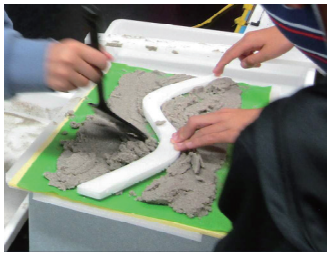


図４　流水のはたらき実験器

５ おわりに

理科教育振興法は、「理科の備品は学校が単独で保有する」ことを目指していた。ゆえに、日本のカリキュラムが規定され、ほぼ同じ時期に同じ単元が実施されることを可能としてきた。しかし、今後、少子化により小規模校が増えて行く。その中で、学校ですべて理科備品を管理することは予算もあるが、理科免許保持者がいないためにメンテナンスができないなどの理由で難しくなることが予想できる。教材教具の共有を図ることは、どの学校でも必要に応じて、しっかりした理科授業ができることにつながると筆者は考えている。アラスカの教材キット方式を日本式独自の方式に改め、個別最適な理科授業を実現できるシステムづくりを目指したい。

参考文献及び資料

境　智洋（2011），「北海道における理科教育の充実を図るための調査研究」調査報告書
文部科学省（2020），令和元年度　学校における教材整備の実態に関する調査結果，https://www.mext.go.jp/content/20200131-mxt_zaimu-100002591_2.pdf（2023.7 閲覧）

(注１)理科教育のための設備の基準に関する細目を定める省令は以下のページに詳しく掲載されている。https://elaws.e-gov.go.jp/document?lawid=329M50000080031
(注２)アラスカノーススター学校区　教育委員会の情報は以下のページを参考にした。https://www.k12northstar.org/
(注３) アラスカノーススター学校区図書メディア・サービスの情報は以下のページを参考にした。 https://www.k12northstar.org/Page/8698
(注４)　ダジック・アースの情報は以下のページが詳しい。https://www.dagik.net/

伊吹山と姉川を題材とした地学教材の検討

Earth Science Teaching Materials Using Mt.Ibuki and the Anegawa River as Subjects
中学校理科における STEAM カリキュラム開発の観点から
Perspectives on STEAM Curriculum Development in Junior high school Science

秀熊　宏弥
Hiroya HIDEKUMA
長浜市立北中学校
Nagahama Kita Junior High school
e-mail:　hidekuma.hiroya-ktms@giganagahama.ed.jp

概要：　環境教育・ESD では地域素材の活用による自然の二面性の取扱いが重要であり，各地域での教材開発が求められてきた．本稿では，滋賀県長浜地域の生活や自然環境との関わりが深い伊吹山と姉川(姉川地震を含む)の地学的な特色が，中学校理科の学習内容を取り扱う教材となるだけでなく，持続可能な開発を見据えた探究教材となる可能性について検討した．また，他教科等の見方・考え方との関連を通して STEAM 教育実践への発展が期待できることについても言及した．

キーワード：　　姉川地震，　伊吹山，　自然の二面性，　ESD，　STEAM 教育

1．はじめに

学習指導要領では，理科や総合的な学習の時間において，探究的な学習を目指している．特に，近年では学習者を主体とする課題解決型の協働的な授業づくりが求められており，探究教材の開発が喫緊の課題である．加えて，複数の教科等から「持続可能な開発」が取り扱われることが多く，地域の素材を題材とした ESD 実践には探究的で総合的な教育展開が期待できる．その際，地域教材の活用によって自然の二面性の再認識を通した環境教育・ESD の展開が可能であり，地域素材の発見と教材開発が課題とされてきた(藤岡,2008).

また，総合的な文理融合教育とされている STEAM 教育には，探究的な学習を通じた開発者としての資質・能力育成が含まれており，ESD と類似する方向性を目指す視点であるともいえる．

そこで，本稿では，滋賀県長浜地域の地学的な特色を題材として自然の二面性を取り扱う理科学習の展開について整理するとともに，ESD や STEAM 教育の観点から総合的な探究教材としての活用の可能性について検討する．

2．地球領域の学習内容と長浜地域の特色

中学校第 1 学年理科の地球領域では，大地の成り立ちと変化を地表にみられる様々な事物・現象と関連付けて地層や火山，地震などについて理解させることをねらいとする(文部科学省, 2018)．

滋賀県長浜地域は，琵琶湖と伊吹山の間に位置し，市内を流れる姉川は琵琶湖へと流れ込んでいる．伊吹山は中古生層の堆積岩と活断層によって形成されており，鉱石や化石も産出する．姉川の教材化では河川堆積物や河川災害だけでなく，付近の活断層による姉川地震の取扱いも重要である．

このように，伊吹山と姉川は，中学校理科で堆積岩，地層，化石，地震，断層などを取り扱う教材としての活用が期待できる．

3．地域素材を用いた地学教材の例

(1) 伊吹山の地形・地質と化石

伊吹山の地質は，下半分は中生代三畳紀～ジュラ紀の丹波・美濃帯の堆積岩からなる付加体，上半分は中生代ペルム紀の石灰岩と推定されている．滋賀県北部の鍛冶屋断層と醍醐断層は互いに平行な左横ずれ断層であり，これらの断層のはたらきによって隆起したと考えられている．山頂は風化侵食による台地状の地形が広がっている．また，石灰岩の溶食により鍾乳洞やカルスト地形，ドリーネが確認できる．伊吹山およびその周辺の堆積岩からは，中生代三畳紀中期～中生代ジュラ紀の放散虫化石，寺林層では植物や昆虫の化石が発見されている(阿部ら, 2015)．

伊吹山では石灰石が採掘されており，産業との関わりも深い．一方で，自然景観の保護の観点から，1972 年以降，緑化にも取り組まれている．

先行授業では，伊吹山を題材に堆積岩の特徴や断層による地形の変化，さらには地層から当時の年代と環境を推測する活動を行った．さらに，地域に伝わる昔話や石灰岩資源や観光資源としての利用，緑化などの取組と関連付ける展開は，科学–技術–社会相互関連の視点など多角的に持続可能

な開発について考えさせる機会となった.

(2) 姉川地震を題材とした地震教材

姉川地震(江濃地震)は明治 42(1909)年に滋賀県北東部姉川付近を震源として発生したマグニチュード 6.8 の直下型地震であり，柳ケ瀬断層によるものと考えられている．震度は長浜で震度 6 であり，被害は死者が 315 名，全壊家屋が 972 戸，伊吹山の山崩れ，琵琶湖での高さ 1.8 m の波などが報告されている(阿部ら, 2015)．

姉川地震を教材として取り扱うことで，滋賀県内にも活断層があることをふまえた上で科学的な災害理解を身近なものとし，日常生活と関連させながら思考力・判断力等を育成できる．

先行授業では，本教材をとおして，学習者にとって地震が「いつ起こってもおかしくない現象」であるという認識を促し，その後の避難訓練・防災教育において，科学的な根拠を意識した避難行動や発言につなげることができた．また，防災・減災教育のとの連携や当地域の歴史との関連付け，実際の観測データから震源や地震発生時刻を予測させるなどの活動では，他教科の見方・考え方も用いて多角的な考察が展開できた.

4. 教科等横断的な教育実践の視点から

STEAM 教育実践の基本型となる PBL(Project Based Learning)の教材開発では，学習者にとって関連性のある挑戦的な学習課題を設定し，その問題に関わる当事者としての役割を学習者に与える(L.トープ・S.セージ,2021)．伊吹山では石灰石の採掘が行われる一方，自然環境の保護に向けた取組も行われており，「持続可能な開発」の視点から必要な取組を考察させることは，単元を貫く学習課題としての要件を満たすものと考えられる.

また，長浜付近の活断層の活動によって伊吹山が形成され，人々は豊かな鉱物資源と生態系，観光資源といった恩恵を受けてきた．しかし，断層帯の活動による姉川地震では家屋の倒壊だけでなく，伊吹山の山崩れなど甚大な被害を受けた．姉川についても，同様に自然の二面性の視点から捉えることができ(図 1)，理科教育を中心とした環境教育・ESD 実践への発展が期待できる（藤岡 2008).

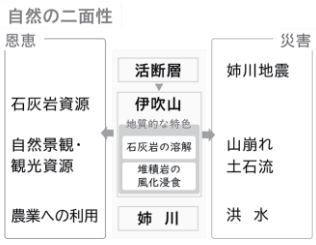


図 1　自然の二面性の例

さらに，災害史や防災・減災教育，人々の生活・歴史との関わり，緑化活動等の取扱いでは社会科や技術・家庭科との関連も深い．加えて，地震の震源や緊急地震速報の発表時刻を推測する活動では数学的な手法を用いることも考えられる.

このように，伊吹山と姉川(姉川地震を含む)を題材とすることで，STEAM の視点から持続可能な開発を取り扱う展開も可能であり，多角的・総合的な探究教材としての活用が期待できる.

5. まとめと今後の課題

長浜地域の素材ともいえる伊吹山と姉川は，中学校理科で取扱う地震，岩石，地層などを学習する題材となり得るだけでなく，自然の二面性の再認識を通した環境教育や SDGs・ESD を意図した教科等横断的な展開を可能にすることを明らかにした．特に，本教材では STEAM 教育の視点から各教科等の見方・考え方を整理することで，総合的・探究的なカリキュラムの構想が期待できる.

学校現場においては，総合的な学習の時間や ESD 実践の重要性が周知されてきた一方，探究的な学習の定着に課題がある．加えて，防災・減災教育の理論的手法や SDGs・ESD，STEAM 教育への関心が十分に高いとはいえない．しかし，教科等横断的な授業の実践では，理科の時間に限った取組には限界があり，他教科等での共通する題材の取扱いや，総合的な学習の時間を中心として各教科等をつなぐ展開が不可欠である.

ESD や STEAM 教育の実践には教員どうしの連携が欠かせず，必要に応じて野外研修と校内研究等を通した体系的な取組が必要である. 今後は，まず指導計画をより具体的に体系化し，カリキュラム・マネジメントを行うことで，段階的に多角的・総合的な授業の実践へとつなげたい.

文　献

阿部勇治ら(2015)：伊吹山を知るやさしい地学の本，伊吹山ネイチャーネットワーク，75p.

藤岡達也(2008)：環境教育と地域観光資源，学文社，pp.1-9.

文部科学省(2018)：中学校学習指導要領(平成 29 年告示)解説　理科編.

Linda Torp・Sara Sage(2011)：PROBLEMS AS POSSIBILITIES：Problem-Based Learning for K-16 Education (2nd ed.), ASCD（L.トープ・S.セージ　伊藤通子・定村誠・吉田新一郎(訳) (2021)：PBL 学びの可能性をひらく授業づくり ―日常生活の問題から確かな学力を育成する―，北大路書房，pp.17-22）.

人新世に関する地球科学教育の提案

Proposal for Earth Science Education Related to the Anthropocene

○川村　教一[1]，廣瀬　孝太郎[1]，辻本　彰[2]
Norihito KAWAMURA[1], Kotaro HIROSE[1] and Akira TSUJIMOTO[2]
兵庫県立大学[1]，島根大学[2]
University of Hyogo[1]，Shimane University[2]
e-mail: norihito@rrm.u-hyogo.ac.jp[1]

概要：人間活動が環境にどのような影響を与えてきたか，そしてこれから与えうるかを真に理解し，将来を予測するための知識や技能を身につけることが，持続可能な社会の実現のために必要だと演者らは考える．そのためには，近・現代（人新世）の堆積物の記録を分析し，そこから環境の変化を読み取る活動を行うことが重要である．地球システムのしくみの理解を踏まえ，将来の地球を考察する，主体的に学ぶ科学教育プログラムの開発がわが国には必要である．

キーワード：人新世，第四紀，環境，中等教育

1．人新世という地質時代区分をめぐる議論

カナダ，オンタリオ州，クロフォード湖の年縞堆積物は，人新世を西暦 1950 年を基点とする地質年代区分「世」／年代層序区分「統」として定義するために，国際標準模式層断面及び地点 (GSSP) に提案された（McCarthy, F. MG, et al., 2023）．人新世という地質時代区分は，ノーベル化学賞を受賞した Crutzen が，完新世（1 万年前以降から現在まで）が終わり，今や人類の時代「人新世」だと述べたことに始まる（Crutzen and Stoemer, 2000）．その起源は，産業革命（蒸気機関の発明）と彼は考えた．人類は地球の大気と海の組成，地形と生物圏を変化させ，プラスチック，コンクリート，炭素微粒子，放射性物質を陸地や海にまきちらしたことにより，これらが堆積物中に残ることを，人新世を定義する根拠としている．この定義を念頭に置いた近・現代の人間活動の履歴の復元が，世界各地の水域に堆積する地層を対象として行われている．

2．欧州の中等教育レベルの科学教育に登場した人新世

地球科学に関する高校生の世界的コンペティション，国際地学オリンピックの 2014 年スペイン大会の筆記試験問題に人新世が出題された．出題した欧州の研究者は高校生が地球科学領域で人新世について理解しておくべきだと考えていることが窺える．加えて，ドイツにおいて 2022 年には人新世の理解についての社会教育実践が，マックスプランク研究所により展開されている（‘Anthropocene Curriculum’：「人新世カリキュラム」）．このような欧州の科学教育における人新世の取り扱いに比して，わが国における人新世に関する科学教育は始まってすらおらず，自然環境と人間の関係を考える欧州の地球科学教育の潮流に大きく遅れをとっている．そのため，近・現代の堆積物（人新世堆積物）に関する教育プログラムをわが国でも早急に導入する必要がある．一方で，人新世境界の指標とされる地質記録や，その背景となる自然環境・人為的環境改変のプロセスには，地域性を有するものが多いことも指摘されている（例えば Edgeworth et al., 2015）．そこで，自然・人為の環境やその変遷から我が国の将来を考えさせるような人新世に関する教育を展開する時，そのような地域的な要素を盛り込んだわが国独自の独自の教育プログラムの設計が必要である．

3．わが国における人新世の研究の進展

わが国は人新世堆積物の研究では国際的にリードしている（例：Kuwae et al., 2022）．これまでに，微化石や有機分子，同位体など，人新世の人間活動の痕跡を特徴づけるさまざまな情報を含む堆積物がわが国の水域に堆積していることがわかってきた．例えば，堆積物中に含まれるマイクロプラスチック量の時間変化を明らかにすれば，地理で扱うような工業製品生産統計に基づいた議論ではなく，環境への負荷の度合いを直接知ることができる（Matsuguma, Y. et al., 2017）．このような堆積物中の人為起源物質をもとにして，環境変化を推測する教材の開発が可能であると考える．

４．人新世に関する地球科学教育の特徴

(1) 時間軸のある近・現代の自然環境の変化の学習

先述のように自然と人間の関係を考察する際，自然環境の時間変化がわかる近・現代（人新世）堆積物の科学的なデータを探究的な学習の教材とすることは，過去―現在―未来を貫く環境の学習と言える．現行の教科書に見られる環境科学に関する学習では，現時点での地球環境の実態を取り上げることに終始していたり，環境に関する社会事象を年表で示すにとどまっている．近・現代の環境に関する１次データ（地形・水質・人為起源物質の有無など）の時間変化が読み取れる教材を用意することで，それをもとに今後の環境変化を科学的に予測させる学習が可能になる．

(2) わが国独自の近・現代の環境変化の教材化

わが国では明治維新以降急速に近代化が進んだと言われており，わが国の自然環境の時間変化がわかるものを教材化することで，生徒は身近な課題を考えることができる．

(3) 持続可能な社会と環境の関係を考える地球科学の学習

人新世の教育実践は，高等学校では「地学基礎」の「エ　地球の環境」，あるいは「総合的な探究の時間」が導入可能な領域だと考える．これらの領域で地球科学を主としつつ持続可能な社会の在り方を生徒に考えさせる科学教育の研究はまだ展開されていない．本教育の目標の一つは，持続可能な社会構築に貢献する市民育成である．

5. 今後に向けて

(1) 教員研修の展開

人新世の概念が提示されて20年を経過しているが，地球科学教育における認知度は低いと思われる．他方，ニュース報道や，いわゆる文系の論説でも取り上げられる場面が見られることから，理科教員向けに人新世に関する教員研修を行い，科学的な知識を提供するとともに学習の意義を伝えることが必要である．

(2) 教材開発

内湾や湖沼が生徒の生活圏にある学校では，地元で得られる堆積物の記録は，地域の未来を地球システムの理解を踏まえて予測させる絶好の教材となりうるだけでなく，生徒の環境への関心を高めるだろう．そのような教材の開発がまず必要である．

(3) 指導法の開発

前述のような堆積物の記録から展開する地域の未来予測は，いわゆるオープンクエスチョン形式の問いである．その際，議論の論点はその地域の将来像をどのように描くかということと切り離せないものと考える．地域社会の在り方を考えるために地球科学が視点を提供する学習であるが，その際，科学教育としての評価の在り方を研究する必要がある．

文献

Crutzen, P. J. and Stoemer, E. F. (2000): The Anthropocene, IGBP Global Change Newsletter, **41**, 17–18.

Edgeworth M., et al. (2015): Diachronous beginnings of the Anthropocene: the lower bounding surface of anthropogenic deposits. Anthropocene Rev., **2**, 33-58.

Kuwae, M. et al., (2023): Beppu Bay, Japan, as a candidate Global boundary Stratotype Section and Point for the Anthropocene series. The Anthropocene Review, **10(1)**, 49–86.

Matsuguma, Y., Takada, H., Kumata, H., Kanke, H., Sakurai, S., Suzuki, T., Itoh, M., Okazaki, Y., Boonyatumanond, R., Zakaria, M.P., Weerts, S., Newman, B. (2017): Microplastics in sediment cores from Asia and Africa as indicators of temporal trends in plastic pollution. Arch. Environ. Contam. Toxicol., **73(2)**, 230-239. doi: 10.1007/s00244-017-0414-9.

McCarthy, F. MG, et al. (2023): The varved succession of Crawford Lake, Milton, Ontario, Canada as a candidate Global boundary Stratotype Section and Point for the Anthropocene series. Anthropocene Rev., **10(1)**, 146-176.

描いて消して実験できる火山立体地形モデルの開発と授業実践

Development of Volcanic Three-dimensional Topography Model and Class Practice
溶岩流に関する火山ハザードマップを作成する学習での活用を例に
Example of Use in Learning to Create a Volcanic Hazard Map for Lava Flows

○佐竹　靖
Yasushi SATAKE
近畿大学
Kinki University
e-mail: yasushi.satake@kindai.ac.jp

概要：本研究は，佐竹（2020）で開発した「描いて消して実験できる火山立体地形モデル」を，溶岩流に関する火山ハザードマップを作成する学習で活用し，その効果と課題を明らかにすることを目的として行った。実践の結果，地形図で判読が難しい生徒も，地形の特徴を根拠に溶岩の流下範囲を推定する議論ができた。また，ハザードマップの限界性に気づかせることに一定寄与したことが示された。

キーワード：火山立体地形モデル，ハザードマップ，火山災害，溶岩流，防災教育

1．研究の背景と目的

火山災害の特徴として，土砂災害などに比べて低頻度で大規模であることや，火山ごとに想定される災害の種類が異なること，同じ火山でも災害規模が変化することを理解しておく必要がある（宇井, 2015）。従って，火山災害に対する防災リテラシーを向上させるためには，火山噴火に関する深い理解と，起こりうる災害を根拠を持って想定する力が重要であると考える。

中学校理科における火山災害に関する実践事例では，映像教材やハザードマップ，モデル実験を組み合わせた学習がある（例えば，宮永・早川, 2007，田中ほか，2018）。しかし，火山災害のしくみの理解やハザードマップから読み取られることの理解が中心であり，災害が想定されている根拠について考察を深める展開にはなっていない。そのため，居住地と関係しない場合は災害を自分事化できないことや，ハザードマップの限界性（被害想定区域と災害の発生が必ずしも一致しないことがある）に気づかせることが難しい（三次，2012）。

そこで佐竹(2020)では，伊豆大島三原山の溶岩流による災害を対象とし，次の４点を実現する教材を開発した。

・根拠をもって溶岩の流下範囲を想定できる
・立体的に地形を捉える
・実験によって確認できる
・ハザードマップの限界性に気づかせる

溶岩流による災害を対象としたのは，流下範囲が地形と溶岩の粘性，噴出量から想定が可能であり，中学生でも扱えると判断したためである。本報告では，佐竹(2020）の教材を用いた授業を構想，実践し，その効果と課題を報告する。

2．研究方法

研究方法は，以下の通りである。

①教材の作成
・伊豆大島での現地調査
・観察標本や映像教材の作成
・「描いて消して実験できる火山立体地形モデル」，「立体火山防災マップ」の作成
②授業デザインと授業実践
③授業の評価検証
・ワークシートへの記述
・生徒が作成したハザードマップ
・対話プロトコル
・アンケート

3. 教材について

本研究では，以下の３点の教材を作成した。

（１）実物標本，映像教材

観察標本用に，溶岩・スコリア・火山弾を採取した。無人航空機（以下，ドローン）を用いた映像教材は，三原山を中心に俯瞰できるように撮影し，正確なスケール感や地形を観察できるようにした。

（２）描いて消して実験できる火山立体地形モデル

３Dプリンタで立体地形を作成し，白色のアクリルスプレーで表面の凹凸を埋め，さらに高耐久ラッカースプレー（ニトロセルロース）でコーティングした。これにより，ホワイトボード用マーカーとイレーザーを用いて，描いて消すことが可能となった。また，三原山火口付近に穴を開け，小型注射器（1ml）を差し込めるようにした。これにより，溶岩に見立てた物質を噴出させるモデル実験が可能となった（図１）。

（３）立体火山防災マップ

３Dプリンタで立体地形を作成し，伊豆大島火山防災マップを印刷した水転写デカールを貼って作成した。

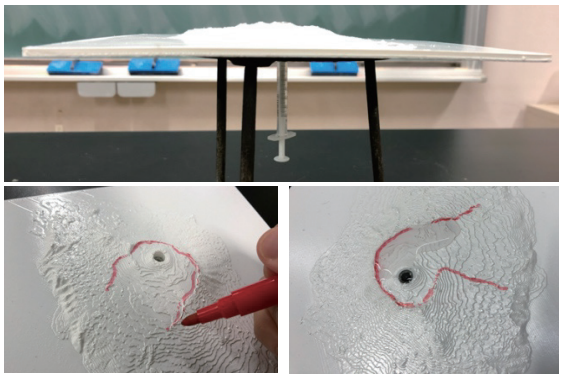


図１ 描いて消して実験できる火山立体地形モデル

4. 授業実践について

授業実践は，筆者の前任校であるA中学校第１学年（n=125）で実施した。火山の学習の最後に実施した。学習内容の概要は表１の通りである。

表１ 学習内容の概要

	学習内容
第１次	○桜島，三宅島，富士山のハザードマップを比較し，それぞれの火山で想定されている災害を確認する ○火山災害について概要をまとめる ○伊豆大島の地形図に溶岩の流下想定範囲を予想する ○描いて消して実験できる火山立体地形モデルを用い，班で溶岩の流下範囲を推定する ○PVAを流して推定結果を検証する ○立体火山防災マップとの相違点を見出し，その原因について考察する
第２次	○伊豆大島の地形図に溶岩の流下想定範囲を予想する ○アンケート兼まとめ

5. 結果と考察

（１）火山立体地形モデルを用いたメリット

表２は，アンケート結果である。表中の①は「地形図を見て地形の特徴を読み取ることができましたか？」，②は「立体地形モデルを使うことで，地形の特徴をつかみやすくなりましたか？」である。地形図で判読が難しい場合でも，多くの生徒が火山立体地形モデルから地形の特徴を捉えられたことが示された。また，ワークシートの「班で溶岩流の流れる範囲を予想するときに根拠にしたこと」という問い対して，例えば「火口付近の地形の凹凸，傾斜の具合」といった記述が見られた。また，火山立体地形モデルを触りながら試行錯誤する様子や，地形を根拠に議論している様子も見られた。さらに，ワークシートの「ハザードマップを活用する上で，注意すべき点は何だと思いますか？」という問い対してに，例えば「全てが正しいとは限らないこと。災害が起きたらどうするか考える。」といった記述が多く見られた。

表２ アンケート結果（値は%，n=110）

① ＼ ②	まったくつかむことができなかった	あまりつかむことができなかった	どちらともいえない	まあまあつかむことができた	よくつかむことができた
まったく読み取ることができなかった	0	0	0.9	0	3.6
あまり読み取ることができなかった	0	0.9	2.7	13.6	20.9
ある程度読み取ることができた	0	0	0.9	18.2	33.6
よく読み取ることができた	0	0	0	0	3.6

従って，火山立体地形モデルを用いた火山ハザードマップを作成する学習は，生徒が地形の特徴を根拠に溶岩の流下範囲を推定する議論を促し，ハザードマップの限界性に気づかせることに一定寄与したと考えられる。

6. 今後の課題

課題として，火山立体地形モデルのスケールに対して，溶岩として流したPVAの量や粘性が適切であったか検証が必要である。

附記：本研究は科研費(19H00105)による助成を受けている。

文献

三次徳二（2012）：ハザードマップを活用した理科地学領域の指導者(1)-中・高等学校理科教科書におけるハザードマップの扱い-，大分大学教育福祉科学部研究紀要，35(1)，73-80.

宮永忠幸・早川由紀夫（2007）：中学理科の火山学習プログラム，群馬大学教育学部紀要自然科学，55，95-115.

大崎章弘・川島紀子・露久保美夏・貞光千春・里浩彰・榎戸三智子・竹下陽子・千葉和義（2018）：減災どこでも理科実験パッケージの開発と検証～3D プリンタを活用した簡易な地形・地域教材の開発～，日本理科教育学会全国大会発表論文集,16，452.

大島町（2005）：伊豆大島火山防災マップ

佐竹靖（2020）：描いて消して実験できる火山立体地形モデルの開発-火山災害に対する防災リテラシー向上をねらいとした学習での活用を例に-，日本理科教育学会第70回全国大会発表論文集，18，399.

田中健二朗・川上紳一・武藤正典（2018）：御嶽火山ハザードマップとの比較が可能な火砕流モデル実験教材の開発と中学校での授業実践，日本科学教育学会研究会研究報告，32(10)，47-52.

宇井忠英（2015）：火山ハザードマップ火山災害の軽減に向けた課題を探る，災害情報，13，2-7.

児童生徒の「見えない火山」の広がりに対する認識について

About the Students' Perception of the Spread of "Invisible Volcanoes"

ゆざわジオパークを例として

Yuzawa Geopark as an Example

田口　瑞穂
Mizuho TAGUCHI
秋田大学教育文化学部
Faculty of Education and Human Studies, Akita University
e-mail: t_mizuho@ed.akita-u.ac.jp

概要：ゆざわジオパークのキーワードの一つに「見えない火山」がある．ゆざわジオパークについて小学校から学習している児童生徒は，この見えない火山の位置や大きさ，形をどのように考えるのであろうか．このことについて，立体模型を用いた授業実践を通じて明らかにした結果，全面型，準全面型，広域型，スポット型，スポット連結型，網目型，に分類できることが分かった．

キーワード：　地学教育，小学校理科，中学校理科，ジオパーク学習，高温岩体，立体模型

1．はじめに

秋田県のゆざわジオパークは，「見えない火山」をキーワードとして挙げている．これは，ジオパークの地下にある高温岩体を指し，2 箇所の地熱発電所，温泉，農業等に利用されている．地熱について湯沢市の児童生徒は学習している（湯沢市ジオパーク推進協議会，2020）が，その高温岩体の位置や大きさや形（以下，広がり）についてはどのように考えているのだろうか．ゆざわジオパーク案内書（湯沢市ジオパーク推進協議会）や学習副読本である「見つけて知ってじまんしよう!ゆざわの大事な宝物」（湯沢市ジオパーク推進協議会，2016）には地下の構造が描かれており，一塊のマグマが表現されている．水谷（2012）の物理探査では固結マグマとして，ジオスタ☆ゆざわ（湯沢市郷土学習資料展示施設）の展示模型の表示は，固化しつつあるマグマだまりである．このように資料により表現が異なることから，以下，高温岩体に統一する．このような地下の高温岩体を教材とした小中学校理科の授業報告は見られないが，教員研修等を通じて，高温岩体を理科学習に導入できることが示唆されている（田口，2018）．このことから，授業を通じて，児童生徒が高温岩体の広がりをどのように考えるのか，について調べることにした．

2．授業実践とその結果

(1)授業内容と対象校について

湯沢市の地下にある高温岩体を教材として，授業を構想した．対象は，小学校第 6 学年（45 分）と中学校第 1 学年（50 分）であった．授業のねらいは，小学校，中学校ともに「湯沢市の地下にある高温岩体の広がりについて推論し，根拠を示して説明できる．」とした．授業は 2019 年 1 月に，小学生 53 名（2 校それぞれ 1 クラス）と中学生 37 名（1 校 1 クラス）で実施した．授業は，①個人で考える，②班（3〜4 人）で議論する，③全体で共有する，という流れで行った．児童生徒は地図を参照しつつ，高温岩体を赤い紙を用いて表現し，模型上に置きながら議論を行った．

(2)教材について

地下の高温岩体の広がりについて推論したり，議論を促進したりするための模型を製作した．模型は，各班で 1 個用いることとした．模型の縦×横×高さはそれぞれ約 460×910×155mm で，6 層とした．層の厚さは一番下から上に向かってそれぞれ，約 50，30，15，15，30，15mm とした．一番下を基盤岩とし，濃いこげ茶色で塗装し，その上に茶色と黄色の互層を 4 層，一番上に表土として横を黒く塗装し，上面を緑に塗装した．基盤岩である一番下を残し，上 5 層は両面テープで張り付けた．これにより，模型を組み立てた後に，基盤岩を残して上部 5 層を容易に取り外せるようにした（図 1）．模型の上部には，熱水が噴出する小安峡から上の岱地熱発電所，山葵沢発電所，小安・泥湯・秋ノ宮の各温泉を配置（図 1 上面の白い物）し，児童生徒が距離や位置関係を想起しやすくした．模型の長辺は，約

12km に相当する.

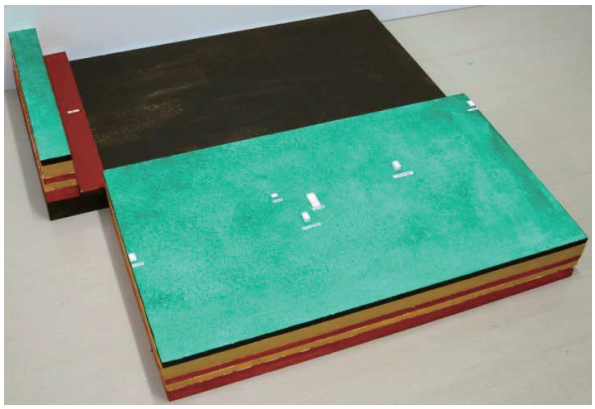


図 1　立体模型の上部 5 層をずらした様子

(3)結果

児童生徒が班で議論した結果を分類した（表 1）. 結果は記録写真と発表内容から判断した. これらの類型は，班で話し合う前の，個人で考える，という段階でも見られたものである.

全面型：基盤岩上全面を覆う（100%）
準全面型：基盤岩上ほぼ全面（80%以上）
広域型：一塊で長辺方向に広がる（30～80%）
スポット型：2 つ以上の塊が点在
スポット連結型：上記スポットが各々連結
網目型：基盤岩上に網の目のように存在

表 1　班で議論した結果の類型別班数

類　型	小学生の班	中学生の班
全面型	1	0
準全面型	1	1
広域型	5	3
スポット型	8	5
スポット連結型	1	1
網目型	2	0

一番多いのは，スポット型であった. 班で話し合う前の個人の考えでも，一番多いのはスポット型であった. スポット型の場合は，地熱発電所の真下や温泉の真下など，それぞれの施設の下に高温岩体が独立してあると考えていた. また，広域型では温度勾配を等温線状に表現したものがあった.

児童生徒は，班で議論した後に，お互いの考えを発表，共有しあうことで，より考えを深めたり，考えを修正したりしていた.

3. 考察

児童生徒は，副読本や資料，展示模型等で地下の高温岩体を目にする機会はあったであろうが，広域に一塊で分布するものではなく，スポット的な考えが多かった. 副読本を見ると，地図上に「地熱地帯」という記述とともにその広がりが図示されているページがあるが，地下の様子の断面図的なものでは，スポット的に描かれているものが多かった. 後者の図の印象が強いと，各施設の真下にスポット的に高温岩体がある，と考える児童生徒が多い可能性がある. このことから，副読本や資料で使用される図の改善を提案したい.

場所により温度が違うと考える班があり，温泉よりも地熱発電所の方が高いと考えていた. 各施設で使う熱量の違いから，このように考えたのだと思われる. 温泉の直下にあると熱くなり過ぎるという記述もあり，根拠を明らかにした上で温度勾配を考えたり，高温岩体を配置したりしていたと考える.

謝辞

この研究は，平成 30 年度湯沢市ゆざわジオパーク学術研究等奨励補助金による助成を受けて実施した. 関係各位に感謝申し上げる. また，多忙の中，小・中学校の先生方や児童生徒，特に佐藤教諭からは，多大なご協力をいただいた. 模型製作，授業補助には本学部の山下清次技術専門職員から尽力いただいた. 皆様に深く感謝の意を表する.

文献

水谷滋樹（2021）：秋ノ宮・山葵沢地熱地帯に於ける弾性波探査と物理検層の対比と地質学的解釈，日本地熱学会誌，34，1，21-35

田口瑞穂（2018）：地熱の広がりに着目した理科学習の可能性，日本科学教育学会研究会研究報告，33 巻，1 号

湯沢市ジオパーク推進協議会（2020）：令和元年度ゆざわジオパークを活用した学習報告書

湯沢市ジオパーク推進協議会（2016）：見つけて知ってじまんしよう!ゆざわの大事な宝物

湯沢市ジオパーク推進協議会（記載なし）：ジオサイト案内書 5｜奥小安／小安

科学史を活用した総合学習の提案

Proposal for Integrated Learning based on the History of Science.

日本におけるプレートテクトニクスの拒絶と受容を例に

Rejection and Acceptance of Plate Tectonics in Japan

○林　隆之[1,2]，村本　ひろみ[1]

Takayuki HAYASHI[1,2]，Hiromi MURAMOTO[1]

麻布中学校・高等学校[1]，国立天文台[2]

Azabu Junior and Senior Highschool[1]，National Astronomical Observatory of Japan[2]

e-mail: t.hayashi@azabu-jh.ed.jp[1]

概要：高等学校理科では，2003 年度より科学史を取り入れた科目「理科基礎」が開設され，プレートテクトニクスに関わる科学史が取り上げられた．2012 年度をもって「理科基礎」は廃止されが，科学史を取り入れた理科教育の有用性は普遍的である．本講演では「理科基礎」の内容を発展させ，「総合的な探究の時間」の題材として，日本におけるプレートテクトニクスの拒絶と受容を扱う実践を検討する．

キーワード：　高等学校，地学教育，科学史教育，総合的な学習，プレートテクトニクス

1. はじめに

科学史を理科教育に活用する試みの象徴的なものとして，2003 年度から 2012 年度まで実施された学習指導要領における高等学校「理科基礎」が挙げられる．この科目は，細胞・分子・原子の発見や，地動説の実証など，我々が自然界の階層構造を把握する過程を理解し，生徒の興味・関心を引き出し，科学的な考え方を養うことを狙っていた．地球科学分野の題材としては，プレートテクトニクスに関わる科学史が取り上げられた（文部科学省，1999）．

科学史教育の有用性が認識され，科学史を活用した理科教育が「理科基礎」という形で広く実践された一方で，当該科目を履修した高校生の割合は約 10%に留まった（都築，2022）．この背景としては，現場の理科教員が社会科の知識を要求されたことからの戸惑い（河野，2003）が考えられる．結果，2013 年度からの学習指導要領で「理科基礎」は廃止された（文部科学省，2009）．現在の中等教育では，科学史を活用した科目は存在しない．

本研究では，従来の「理科基礎」で扱われた内容を発展させ，日本におけるプレートテクトニクスの拒絶と受容（泊，2008）を扱った実践計画を報告する．本計画は，著者の本務校である麻布高等学校における「総合的探究の時間」にて実践される予定である．科学史という教科横断的な題材は「総合的探究の時間」の題材として恰好である．

2．麻布中学校・高等学校の総合学習

麻布高等学校では「総合的な探究の時間」として，「教養総合」と称する連続２時間の選択講座を各学期に開講している．これは高校１，２年生を対象としたもので，生徒は全８回からなる講座を学期ごとに１つずつ選択する．これまで「教養総合」では，科学史に関わる講座も開講されてきた．たとえば，著者ら（地学を専門科目とする理科教諭，林と世界史を専門科目とする社会科教諭，村本）によるチームティーチングで天文学史を扱う「天動説から地動説へ」を，この 10 年で２度開講した経験がある．科学史を授業に取り入れるにあたって他教科との連携という課題があるが，我々は，チームティーチングで授業を運営することで克服してきた．今年度は新たな試みとして，地球科学史を扱う講座「科学革命における抵抗勢力～日本におけるプレートテクトニクスの拒絶と受容～」を開講する．

3. 日本におけるプレートテクトニクスの拒絶と受容

1910 年代に提唱された大陸移動説は，世界的にはプレートテクトニクスとして 1970 年代に定説となった．しかし，日本の地質学界は，プレートテクトニクスに抵抗し，これを 1980 年代に入ってようやくこれを受容した．この背景には，

- 明治維新に始まった日本の地質学が富国強兵・殖産興業を背景とした鉱床探索を目的とし，地域主義的・記載主義的なものに留まり，地球全体を俯瞰するグローバルな視点を持たなかったこと
- 戦後の民主化運動の中で誕生した地学団体研究会が，アメリカを中心として発案されたプレートテクトニクスに対し，左翼的なイデオロギーから嫌悪感を示したこと

が挙げられている（泊，2008）．

自然現象は政治や宗教などの人間活動によらないためか，自然現象を明らかにする営みである自然科学も同様だと思われがちである．実際，天動説と地動説という２つの体系に関わる論争にキリスト教が関与したことは，過去の汚点として語られがちである．その背景に，科学技術に支えられた現代社会では，行為の主体である人間の思想によって科学的知見が歪められることは稀有だという進歩主義的な歴史観が潜むと考えられる．しかし，1970 年代の日本では「日本沈没」などの SF 作品に触れた一般市民がプレートテクトニクスを受容したのに対し，地質学界は左翼的イデオロギーからプレートテクトニクスを拒絶した．人間の営みが自然科学の知見を歪めることは過去の話ではない．市民社会として科学的に妥当な意思決定を下すためにも，日本におけるプレートテクトニクスの拒絶と受容の科学史を学習することは有意義だろう．

4. 実践計画

現時点では次の講義内容を計画している．

第１回（キリスト教と科学１）：宗教と科学の関係について，天動説から地動説への転換を通じて学ぶ．アリストテレスによる地上と天界の区分，惑星運動とそのモデルを学ぶ．これがスコラ哲学の中でキリスト教に受容された歴史を踏まえ，コペルニクス，ブルーノ，ガリレオらが異端とされたりされなかったりした背景を考える．

第２回（キリスト教と科学２）：市民革命を経て政教分離の原則が確認されると，自然科学は社会の基盤となってゆく．キリスト教は従来の禁忌とどのように折り合いをつけたか，近現代においても宗教と科学がときに不可分であることを学ぶ．地球収縮説から大陸移動説への変遷，ダーウィンの進化論の登場を，激変説と斉一説の観点で学ぶ．

第３回（軍事と科学）：大陸移動説は，第二次世界大戦後に海洋底拡大説を経て，プレートテクトニクスとして学界に受け入れられる．ここでは，大戦中に軍事技術として発達したソナーや磁気探査が役割を果たした．この例をもとに軍事と科学が不可分であったことを学び，昨今の安全保障に関する議論と対比してもらう．また，プレートテクトニクスが「アメリカ的」とみなされた背景も学ぶ．

第４回（近代日本の学術黎明期）：明治期に西洋の学問が日本に導入されることでもたらされた近代化を学ぶ．学術が富国強兵や殖産興業の政策の中で発展したことを学ぶ．特に地球科学分野における発展を扱い，地域主義・記載主義をもとにした地質学と，グローバルな視点を持った地震学 との違いを比較する．

第５回（戦後日本の改革）：戦後日本の民主化・非軍事化と左翼運動の隆盛を学ぶ．特に，当時の知識階級層で左翼的イデオロギーが流行り，その中で発展した地学団体研究会がプレートテクトニクスに拒絶感を抱いた背景を扱う．戦後日本の教育改革が経験主義と系統主義の間で揺れ動いており，生徒が当事者として影響を受ける教育改革も戦後から続く改革の延長線上にあることを考えて貰う．

第６回（政治イデオロギーと科学）：資本主義と社会主義というイデオロギーの対立が自然科学にも影響を与えたことを学ぶ．特に地学団体研究会が団体研究という方法論を重視した歴史背景や，地向斜造山論がプロレタリアート的として評価された背景を学ぶ．また，地質学以外の事例としてルイセンコ論争を扱い，比較する．

第７回（戦後左翼の衰退）：1980 年代の放散虫革命により日本の学界においてプレートテクトニクスが受容されたことを，日本列島形成史とともに学ぶ．また，社会的には同時代以降，戦後左翼運動が衰退したことを政党の隆盛などとともに学ぶ．

第８回（まとめ）：第１回に扱った天文学における学説の転換，第２回から第７回まで扱ってきた地質学における学説の転換を振り返り，身の回りの事例を含め，班ごとに自由に考察してもらう．

5. 謝辞

本研究は一般財団法人日本全国私学教育研究所による令和 5 年度の委託研究員（研究課題名：科学史を活用した探究的な総合学習の実践）として助成を受けた．

6. 引用文献

河野俊哉 (2003)：〈化学史と教育〉シンポジウム「理科基礎をめぐって」報告，STS-NJ News Letter, 52 http://stsnj.org/nj/essay2003/kouno01.html （2023.7.13 アクセス）

文部科学省 (1999)：高等学校学習指導要領

文部科学省 (2009)：高等学校学習指導要領

都築功 (2022)：戦後の高等学校における総合的な理科の科目の変遷，日本科学教育学会年会論文集, 46, 251-254

泊次郎 (2008)：プレートテクトニクスの拒絶と受容―戦後日本の地球科学史，東京大学出版会

海洋マイクロプラスチックの地球科学としての教材開発

Development of Educational Materials on Marine Microplastics as Earth Science

○竹田大樹[1,2]，磯辺篤彦[3]，木田新一郎[3]，鈴木一成[4]，髙橋玲[2]
Hiroki TAKEDA，Atuhiko ISOBE, Shinichiro KIDA, Issey SUZUKI and Rei TAKAHASHI
[1]九州大学大学院総合理工学府，[2]慶應義塾湘南藤沢中等部・高等部，[3]九州大学応用力学研究所，
[4]東洋大学文学部教育学科
[1]Kyushu University Interdisciplinary Graduate School of Engineering Sciences,
[2]Keio shonan-fujisawa Jr. & Sr. High School,
[3] Kyushu University Research Institute for Applied Mechanics, [4]Toyo University
e-mail: thiroki@sfc-js.keio.ac.jp[1]

概要：海洋マイクロプラスチック（海洋 MP）に関する教材開発について報告する。海洋 MP は環境問題として注目されている。最近はプラスチック削減や海洋ごみ対策が盛んであり、一般市民にも広く知られるようになっている。しかし、中学校理科において海洋 MP を科学的に扱う教材は不足している。本報告では、海洋 MP に関する採取・分類・測定の観察・実験方法を，実際の地球科学の研究手法に即した形で，学校に合うように考案した。

キーワード：　海洋マイクロプラスチック，教材開発

1．研究の背景と目的

近年環境問題として注視されている海洋マイクロプラスチック（以下，「海洋 MP」と称する）は，5 mm 以下のプラスチックの総称を指している。観測船を用いた海洋 MP 観測は国内外で実施され，その分布や量に関するモニタリングや将来予測などが行われている（e.g. Isobe et al., 2014）。

最近は，国・自治体・NPO 法人・慈善団体などによる広報・教育活動が盛んで，プラスチックに関する環境問題は一般市民に広く知られるようになった。この環境問題への解決のためには，市民一人一人がどのように考えていくかの科学的リテラシーの獲得が必要だろうと考えられる。そのためには，海洋 MP に関する事実や科学的知見の構築が必要である。

しかしながら，近年の海洋 MP の注目度合いに対して，学校はその知見がない現状があるように考えられる。すなわち，海洋 MP に関する地球科学的な理解を置き去りになりがちな現状は，家庭科や社会科でも同様であり，海洋 MP に関する理科の教材や授業を開発することは，科学的リテラシーの育成のために，価値のある取り組みであると考えられる。そこで，本報告では，海洋 MP について地球科学としてどのように教材として扱えば良いかの検討とその方略を発表する。

2．提案する教材の概要

本報告では，学校における海洋 MP の採取・分類・測定に関する観察・実験を提案する（図 1）。これは，実際に海洋 MP の研究に取り組む研究所での手法にできるだけ沿うようにして開発した。本報告では，その詳細の手法について報告する。

図 1　海洋 MP を砂浜で採取する様子
（左：採取区域，右：採取方法）

参考文献

Isobe, A., Kubo, K., Tamura, Y., Nakashima, E., & Fujii, N. (2014). Selective transport of microplastics and mesoplastics by drifting in coastal waters. Marine pollution bulletin, 89(1-2), 324-330.

教室で用いるスケルトン地震計
Skeleton Seismometer for Classroom

–アクリル樹脂,ネオジム磁石,および ESP32 基板–
Using Acrylic Plates, Neodymium Magnet and ESP32 Board

○岡本　義雄[1],根本　泰雄[2]
Yoshio OKAMOTO[1],Hiroo NEMOTO[2]
退職地学教員[1],立命館大学[2]
Retired Geoscience Teacher[1],Ritsumeikan University[2]
e-mail: yossi.okamoto@gmail.com[1]

概要:
教室で用いることのできる,簡易型の地震計をアクリル樹脂板をベースにネオジム磁石などを用いて製作した.筆者らの過去の地震計の構造等を参照し,上下動振り子に新たな改良も行った.記録システムとして,小型マイコンの ESP32 基板を試行した.合わせて地震観測へ用いる可能性について,過去製作のものと比較検討を行った.

キーワード:　地震計,アクリル樹脂,ネオジム磁石,ESP32

1. 目的

i) 教室で見せる地震計の原理と構造が,わかりやすい地震計の開発
ii) 実用的な自然地震観測,常時微動観測,環境振動観測にも用いることができる.
iii) 工作のレベルは高校生でも自作可能なように,極力簡素化する.
iv) 材料はアクリル樹脂端材とネオジム磁石その他で,費用は 1 成分地震計製作で 1 万円以下に.
v) アンプと記録システムの update に挑戦する.

2. 地震計の製作(全体構造を Fig.1 に示す)

(1) 振り子部

<水平動> スイングゲート型(Paschwitch 型)を採用.端材の 5mm 厚アクリル樹脂板(以降アクリル板と表記),接着材および 4mm ビスで固定.重錘はネオジム磁石で兼用,鉛板で補助.

<上下動> 従来モデル(岡本 b,2022)の Kirnos 型を採用.筐体の製作は水平動に準じる.違いは,従来の支点の複雑な十字バネ構造を,主スプリングの張力ベクトル方向に置いた,薄板バネ 1 枚で代替.工作が簡単になった(Fig.1 を参照)

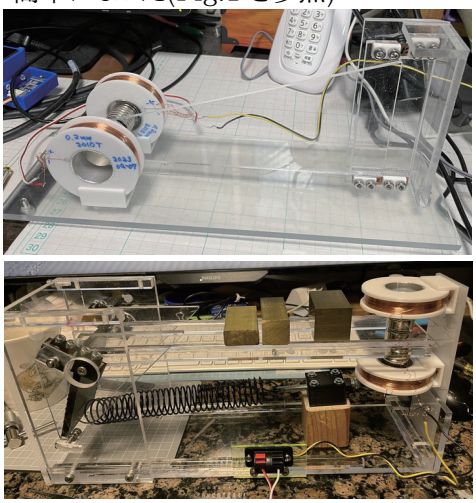


Fig1. Skeleton seismometers

<支柱部> アクリル板で接着.ボルト止め.

<支点部> バネ用リン青銅薄板(C5210P-H)幅 4mm,厚さ 0.1mm を採用.3D プリンタ製作の留具で 3.5～4mm のギャップを開けて 4mm ビスで固定.

(2) 磁気回路

<磁石部> 振り子の重錘を兼ねる円形ネオジム磁石(φ20mm,5mm 厚)を重ね,アクリル板に磁力だけで接着.磁界の向きは2組で同じ方向にする.

<コイル部> ウレタン線(径 0.2mm～0.26mm)を 2000 回程度巻く.ボビン(内径 30mm,外径 60mm,内幅 10mm)は 3D プリンタで製作.2 個で 1 組となる.手動コイル巻機(ネット通販で約 5000 円)の使用で,製作や巻数確認は簡単になった,Fig.2 にコイルを巻く様子を示す.

<磁気回路の構成> 同一磁極方向の磁石を左右(水平動)あるいは上下(上下動)に配置.同一巻方向のコイルと組み合わせる.これで 2 組の磁気回路の信号が倍加される.また振り子の基準線からのずれに対して,信号強度の補填が期待される(Fig1,3 参照).

(3) 本体(筐体)部

これもアクリル板を,上記手法で組み立て.8x8mm 材を床材の下部に補強のために接着.床材に傾きの調整機能をボルトで付加.これにより,水平動,上下動ともに,固有周期 3 秒程度を目標とする.これは長周期が卓越する,海外の地震をある程度の感度で捕捉しうる,最低の条件とする.

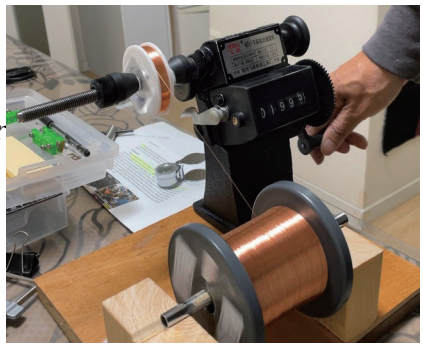


Fig2. Coil winder: with a counter

3. アンプと記録装置

アンプには単電源 OP アンプ使用の積分アンプを流用した（岡本，2015）．さらに全体の低価格化，工作の簡易化を目指して下記の試行を行った．

(1) Arduino+RaspberryPi と M5Stack

これは筆頭筆者の微気圧計（岡本 a，2022）での実績がある．しかし液晶モニタまで揃えると価格が1万円を越える．次にこれも微気圧計で用いた M5Stack をテスト．価格やサイズは十分であるが，地震計としてはモニタの小ささ，サンプリング速度に難があった．最後に ESP32 という MC（マイクロコントローラ）を使用した液晶パネル付きの基板を試した．

(2) ESP32+LCD 付き基板

マイクロコントローラ ESP32 と表示用の LCD を組み合わせた基板は中国通販で幾つか見られる．そのうち次の2つを試行した．

・ESP32-3248S035（3.5”LCD320x480 付き，約 2400-2800 円，LCD タイプにより価格に差）
・ESP32-8048S043（4.3”LCD800x600 付き，約 3400-3800 円，LCD タイプにより価格に差）．

解像度が異なるほか，ピンアサインなどが少し異なり，使用には注意を要する．小型の基板であるにもかかわらず，A/D 変換，wifi 受信（JST 時計合わせ），SD カードへのデータ保存機能などを有する．.

製作費用が大幅に下がるメリットは大きいが，製作情報が少ないこと．サンプリング速度と SD 書き込み速度が遅いことなどの欠点が分かった．しかし高校生などが 1ch 観測を行うには，20～30Hz のサンプリング速度が出せるので，試行する価値はある．

ただ，本製作では 3ch の観測をテストしたかったので，現在は従来の Arduino+PC の記録に戻した．

本論では，ArduinoIDE+ESP32 を用いた，アンプ回路とソフトウエアの詳細は省略し，筆者の Web サイトで，のちに紹介する予定にしている．

4.観測記録例

筆頭筆者自宅2Ｆのクローゼットに置いた1ch水平動計とロガー，この機材での記録波形を次に示す．

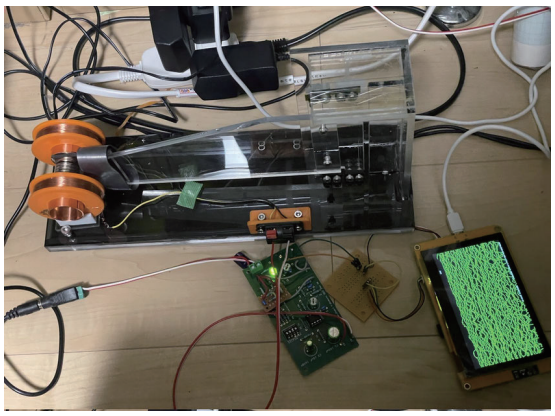


Fig3. ESP32+LCD data logger

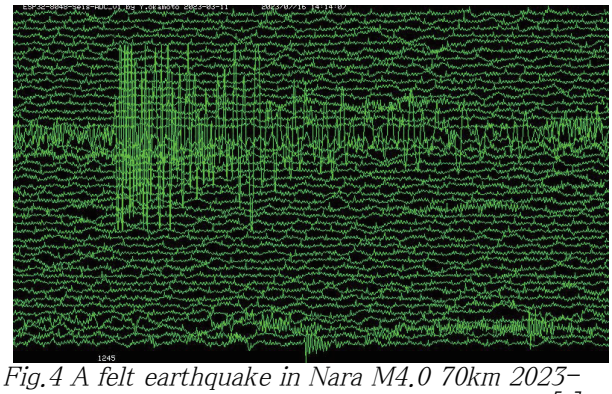


Fig.4 A felt earthquake in Nara M4.0 70km 2023-07-16 with ESP32+800x480LCD. Time mark 1 [s].

さらに従来の Arduino+PC による記録波形例を次に示す．2023 年5月 14 日の八丈島付近の地震である．

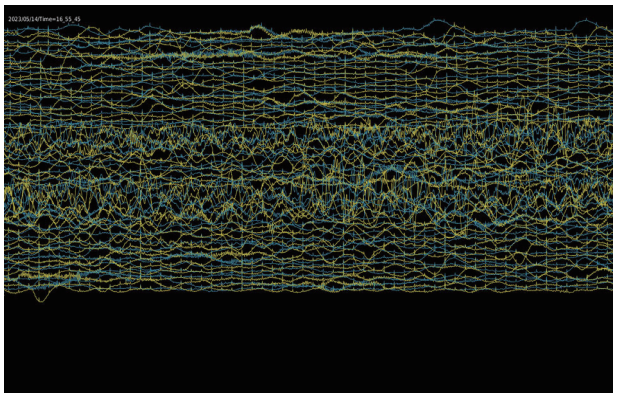


Fig.5 Near Hachijojima M5.6 and M5.9 2023-05-14 recorded with Arduino+PC system. Time mark 1[s]

5. 議論と結論

アクリル板の切断と接着剤の工作は高校生でも実行可能である．部品数も大幅に少なくなった．しかしアンプと記録システムにはまだ試行の余地がある．ただ ESP32 基板を用いた記録システムは，高校生でも購入可能な低価格であり，1ch 観測には期待できる精度を持つと考える．今後も試行を行いたい．

6. 文献

岡本義雄 a.：Raspberry Pi と高感度気圧センサを用いた微気圧計の製作，日本地学教育学会島根大会 2022 講演予稿集，2022
岡本義雄 b.：3Dプリンタ印刷パーツで製作する学校教材用地震計，日本地球惑星科学連合大会 2022，e-Poster,2022
岡本義雄：やや本格的な教材用地震計の製作，日本地学教育学会第 69 回全国大会福岡大会講演予稿集，2015
岡本義雄：教室でできる地学実験「ANB 地震計を作ろう！ その2」，日本地震学会広報紙「なゐふる」No.103，6-7，2015

筆頭筆者 Website：http://www.yossi-okamoto.net/

野外観察において中学生が地層から読み取った情報

Information Read by Junior High School Students from Strata during Field Observation

大分市下郡の露頭の例

Example of an Outcrop in Shimogori, Oita City

三次　徳二[1]
Tokuji MITSUGI[1]
大分大学教育学部[1]
Faculty of Education, Oita University[1]
e-mail: tokuji@oita-u..ac.jp[1]

概要：大分市下郡の大分層群滝尾層とその上に段丘堆積物が不整合でのることが観察できる露頭を例に，中学生が地層からどのような情報を実際に読み取ることができるのか（あるいはできないのか）について分析を行った．断層の存在から過去の地震発生についてはほとんどの生徒が，火山灰層の存在から過去の火山活動については半数程度の生徒がそれぞれ気付くことができた．一方で，まだ習っていない不整合については，スケッチには表れているものの，ほとんどの生徒が気付くことはなかった．

キーワード：　野外観察，地層，断層，不整合，観察記録，中学校

1. はじめに

理科（地学）の学習においては自然に直接かかわることが重要であり，地域の自然の事物・現象を教材化し，積極的に活用することが求められている．地層についても，各学校の実態に応じて野外観察をすることが求められている．

児童・生徒は，野外観察で地層からどのようなことを読み取れるのだろうか．特に中学校１年においては，第２分野「(2) 大地の成り立ちと変化」のア「(ｱ) 身近な地形や地層，岩石の観察」での観察記録を「(ｲ) 地層の重なりと過去の様子」や「(ｳ) 火山と地震」の学習で活用することが考えられるとされており（文部科学省，2018），生徒の観察記録は後の学習でも重要な資料となってくる．

本発表では，大分市下郡の露頭（**図１**）で行われた野外観察の記録から，生徒が何を読み取った（読み取れなかった）のか分析した結果を報告する．

図１．大分市下郡の露頭全景

2. A中学校の野外観察の概要

大分市内のＡ中学校では，１年生で理科野外観察を実施している．クラスにより順番は異なるが，借り上げバスで，①大分市下郡（地層，断層の観察，**図１**），②豊後大野市三重町宮野（大野川の河岸段丘の観察），③豊後大野市緒方町原尻（阿蘇溶結凝灰岩の観察），④豊後大野市緒方町草深野（地層の観察，化石の採取）を半日かけてまわる．例年 11 月上旬に実施しており，「単元４　大地の変化」（有馬ほか，2021）の導入に位置付けられている．

3. 観察した露頭の地質学的な特徴

地質学的な位置づけは，吉岡ほか（1997）においてまとめられている．ここでは礫層，砂層，シルト層の互層からなり，火山砕屑物層を挟んだ大分層群滝尾層がみられる．年代としては，観察した層準より下位の由布川火砕流の FT 年代が 0.60±0.10Ma とされている．また，滝尾層はほとんどが淡水成とされている．この露頭の南側に丸尾山断層の存在が推定されており，その副断層と推測される断層が観察できる．露頭の上部には，中礫～大礫大の亜円～亜角礫を主体としている河川成の段丘堆積物が不整合に載っているのが観察できる．なお，断層は段丘堆積物を変位させていない．

4. 生徒の観察結果

2022 年 11 月に実施した野外観察については，まず教師から簡単な説明があった後，「理科野外観察

のしおり」に沿って,「地層のスケッチ」をし,「Q. この地層からわかることはどのようなことだろうか?」と「地層について気づいたこと・疑問に思ったこと・調べたこと・感想」の文章記述欄に記入をした. 生徒が実際に観察できる時間は約 30 分であった. 参加した 155 名の観察記録（地層のスケッチ, 文章記述欄の内容）を確認し, 分析したところ以下の(1)～(5)のようなことが分かった.

(1)断層, 過去の地震

図２～３のように, スケッチに１つ以上の断層を記載している生徒が 152 名いる. また, 文章記述欄に, 何かしらの力→断層の形成→地震の地震発生のメカニズムのいずれかを記述している生徒が 149 名いる. これらのことから, 断層については, その存在のみではなく, 生じる原因も含めて読みとれていたと考えられる.

図２のように, 断層のずれを認識するための鍵層をスケッチ中にはっきりと書き入れている生徒は 132 名いる.（ただし, **図３**のように一部のみ書き入れている生徒が 42 名含まれている.）そのため, スケッチの記載をもとに, 断層による地層の変異方向が推定できるが, 文章記述欄に正断層が生じていると記述した生徒は 17 名であった.

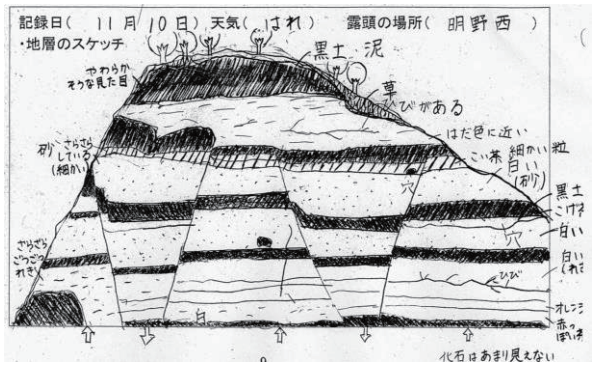


図２. 主要な断層の存在を示し, 対比可能な地層を明瞭に表現しているスケッチ

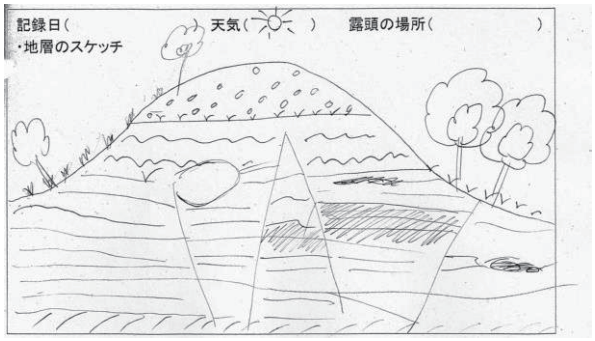


図３. 主要な断層の存在は示しているものの, 断層の末端や対比可能な地層を表現していないスケッチ

(2)火山灰層, 過去の火山活動

火山灰層（あるいは凝灰岩層）の存在をスケッチ中あるいは文章記述欄に記載している生徒が 40 名いる. これとは別に, 火山噴火→火山灰の運搬・堆積→火山灰層（凝灰岩層）の形成のいずれかについて文章記述欄に記述している生徒は 78 名いる. これらのことから, 過去の火山活動については, 半数程度の生徒が気付くことができたと考えられる.

(3)地層の不整合

図２のように, スケッチに示した断層の上限を, 不整合面で止めている生徒は122名いる. 一方で, 不整合の存在や, それに類する気付きを記入していた生徒は 19 名であった. まだ習っていない不整合については, スケッチには表れているものの, ほとんどの生徒がその存在に気付くことはなかった.

(4)岩石名

岩石名をスケッチ中あるいは文章記述欄に記載している生徒が 127 名いる. 観察時に各層の構成物の粒径や種類を気にしている生徒が多い.

(5)堆積場所

主に滝尾層について, 堆積場所を海と記述した生徒が 79 名いる. 実際には淡水成であるが, 小学校の学習から地層形成＝海と考える生徒が多い可能性がある. なお, 段丘堆積物については堆積場所を川と記述した生徒が 42 名いた. 大きな丸い石の存在から気づいたものと考えられる.

5. おわりに

今回の発表では, 2022 年度に実施した野外観察の結果のみを用いたが, 他の年度の資料もあるので, 分析を深めていきたい. また, 大分市内の他の小・中学校でもこの露頭の観察は行っている. 比較が可能であれば検討したい.

謝辞：本研究にあたり, 多くの先生方, 特にA中学校の先生方の協力を得た. 科学研究費補助金 20K02769 の一部を用いた. 記して謝意を表する.

文献

有馬朗人ほか 70 名(2021)：理科の世界１. 大日本図書, 293p.

文部科学省(2018)：中学校学習指導要領（平成 29 年告示）解説理科編. 学校図書, 183p.

吉岡敏和・星住英夫・宮崎一博(1997)：大分地域の地質（地域地質研究報告５万分の１地質図福）. 地質調査所, 65p.

南関東ガス田のかん水を用いた教材開発

Making a Teaching Material Using Formation Water in Minami-Kanto Gas Field

○中野　英之[1,3]，後藤　創紀[2,3]
Hideyuki NAKANO[1,3]，Soki GOTO[2,3]
桐蔭横浜大学[1]，星野高等学校[2]，相馬中村層群研究会[3]
Toin University of Yokohama[1], Hoshino High School[2], Association of the Somanakamura Group[3]
e-mail: nakatee@toin.ac.jp[1]

概要：わが国は，チリに次いで世界第２位のヨウ素の生産国であり，その大部分が千葉県を中心に分布する南関東ガス田のかん水から天然ガスとともに産出する．かん水の教材としての利用は ESD の視点から見ても大変に興味深いが，これまでかん水を題材とした教材開発はあまり行われてこなかった．著者らは，かん水の理科教育での活用を目指し，かん水からヨウ素液や偏光板を作製する教材開発を行ってきた．これまでの研究の経過と，課題となっている実験方法の簡略化について報告する．

キーワード：　地球・資源工学教育，南関東ガス田のかん水，ヨウ素，偏光板，理科教育

1．はじめに

チリに次いで生産量世界第２位を誇るヨウ素は，わが国にとって貴重な資源である．わが国では，ヨウ素は天然ガスとともに汲み上げられるかん水中に含まれるヨウ化物イオンから製造されている．その約 8 割は千葉県を中心に分布する南関東ガス田のかん水から製造されている(海宝，2015)．ヨウ素は液晶ディスプレイに使用されている偏光板に代表されるように，非常に多くの工業製品の原材料として使用されているだけでなく，私たち人間にとっても必要不可欠の元素でもある．

学校現場で行われているヨウ素に関する実験は少なくなく，ヨウ素デンプン反応やヨウ素の昇華，ヨウ素滴定などが挙げられる．しかし，これまでに行われてきた学校現場におけるヨウ素に関する実験は，市販の試薬や海藻を用いたものであり，ヨウ素の含有量の高いかん水を用いた教材開発は，高校生向けに開発したかん水を用いたヨウ素定量実験の教材開発(井上,2018)の先行研究が見られるものの，これまであまり検討がなされてこなかった．そこで本研究では，南関東ガス田のかん水を用いて，かん水を用いてヨウ素液や偏光板を作製する教材開発を行った（中野・後藤,2023）．

2．方法

(1)かん水からヨウ素液を作成する実験

かん水 9 L を木製の枠上に敷いたビニールシート上に流し込み，常温下で蒸発させ，3 倍程度に濃縮させる．次に，その半量を電気鍋で加熱して更に 50 倍程度に濃縮させ，濃縮させたかん水を取り出し，ろ過してかん水濃縮液を得る．このような方法により，かん水 9 L からかん水濃縮液 200 mL を得る．さらに，薄く切ったジャガイモにかん水濃縮液を滴下してヨウ素デンプン反応が見られるかどうか確認する．次に，江田（1985）の方法を参考に，かん水濃縮液 50 mL あたり 10%の希硫酸 2 mL，5%過酸化水素 2 mL を順に加えて色の変化を確認する．ここでは酸処理を行ったかん水を酸処理済かん水濃縮液とよぶ．酸処理済かん水濃縮液を薄く切ったジャガイモに滴下しヨウ素デンプン反応が見られるか確認する．

(2)かん水から偏光板を作製する実験

米山の方法を参考にして偏光板の作製を行った．(http://www.chem.yamanashi.ac.jp/taiken/28/theme08.pdf)

合計約 200 mL の酸処理済かん水濃縮液から蒸留によりヨウ素を取り出した試験管 4 本にヘキサンを適量加え，ヨウ素をヘキサンに溶解させる．試験管内に溜まっている水溶性成分とともに全量を分液ろうとに移す．水溶性成分を排出させて除いた後に，50 mL の水に 0.5 g のヨウ化カリウムを溶かしたヨウ化カリウム水溶液を分液ろうとに入れ，よく攪拌した後，全量を蒸発皿に移し，ドラフト内でヘキサンを蒸発させる．残留物を 500 mL の 4%ホウ酸水溶液に加えて染色液を得る．

米山の方法では PVA 試薬の重合度について触れておらず不明であったので，本研究では市販の PVA 洗濯のり「カネヨノール」20 mL をそれぞれ 10 cm×10 cm のガラス板上に均質に伸ばして 2 日間乾燥させたものを使用した．ガラス板からフィルムをはがしたものを切り取り，PVA フィルムとして使用した．染色液を入れたシャーレの中に

PVA フィルムを 30 秒程度浸す. 青く変色したことを確認した後に，キムワイプで染色液をふき取り，3 倍程度にゆっくり延伸させてスライドガラスを載せた木片上に延伸させた状態で輪ゴムを用いて固定する．ドライヤーを延伸させた PVA フィルムに軽く当てながら乾燥させ，偏光板を作製する.

３．結果

(1)かん水からヨウ素液を作成する実験

酸処理済かん水濃縮液を薄く切ったジャガイモに滴下しヨウ素デンプン反応が見られるか確認したところ，ヨウ素デンプン反応を確認することができた. 18 L のかん水からかん水濃縮液 400 mL 程度を得て，これを１つのクラスを 8 班程度に分けて酸処理や蒸留を行い，ヨウ素デンプン反応を確認したり，ヨウ素を取り出すことが可能であることが分かった.

(2)かん水から偏光板を作製する実験

作製中に PVA フィルムが破れやすくなる場合が見られたが，偏光板を作製することができた．１人１枚の偏光板を作製すると仮定すると，18 L のかん水から 1 クラス分の人数の偏光板を作製することは十分に可能である.

４．課題と実験方法の改良

(1)かん水からヨウ素液を作成する実験

実験はいずれも成功したが，小・中学生向けの教材としては実験方法がやや複雑であるため，より簡略化し安易な内容にする必要があるだろう. 実験を簡略化することを考えた場合，小学生向けには，酸処理済かん水濃縮液を用いたヨウ素デンプン反応のみの実験を行うことも想定される. かん水の濃縮するプロセスは現場の小学校教員にとって負担が大きいことから，かん水を濃縮させずに酸処理をしてヨウ素デンプン反応を確認することができないかと疑問を持ち，追実験を行った．実験を行ったところ，かん水をそのまま使用した場合でもヨウ素デンプン反応を確認することができた．ました．また，希硫酸の代わりに穀物酢を，5%過酸化水素水の代わりに市販のオキシドール相当の濃度（3%）の過酸化水素水を用いた場合でもヨウ素デンプン反応を確認することができた (図１).

(2)かん水から偏光板を作製する実験

実験に要する時間の短縮化，安全性の向上を目指し，ヘキサンを使用せずに迅速に偏光板を作製できる方法を検討しているところである．現段階では好結果が得られているので本発表で紹介する予定である. 今後は，小中学校における実験方法を確立し，具体的な教育実践に向けて検討を進めてまいりたい.

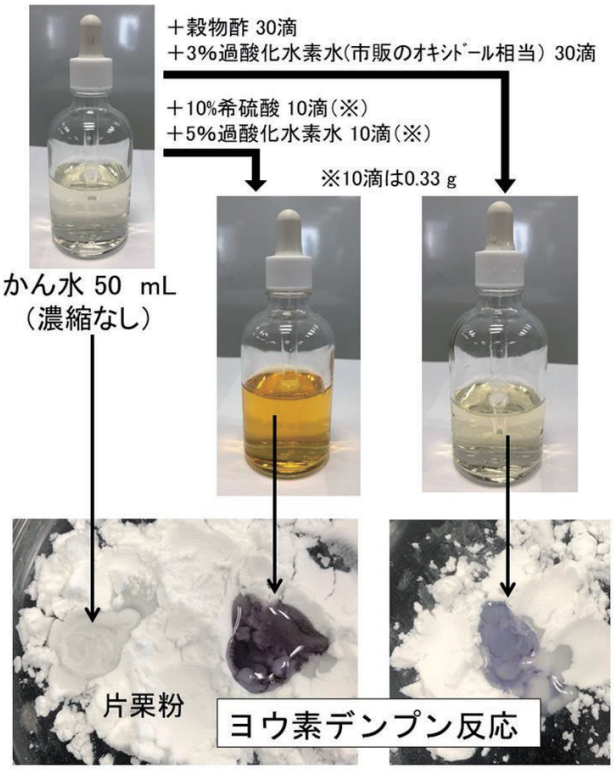


図１　ヨウ素液の作製に関する実験方法の改良

謝辞

かん水のサンプルは関東天然瓦斯開発（株）より提供していただきました．本研究は，MEXT/JSPS KAKENHI Grant JP22K02643（代表：中野英之）の助成を受けて実施したものです．これらの支援に謝意を表します.

文献

海宝龍夫（2015）：とことんやさしいヨウ素の本，日刊工業新聞社 ,160 pp.

井上みどり（2018）：ヨウ素を学び地域や世界に目を向ける - ヨウ素定量実験と輸出統計を使った文理融合教材の開発ー，平成 30 年度日本大学理工学部学術講演会予稿集，A-1, 9-10.

中野英之・後藤創紀（2023）：地球・資源工学教育を意図した理科におけるかん水の活用方法の検討，工学教育，**71(3)**, 45-50.

江田稔（1982）：海藻からヨウ素を分離する，図解実験観察大事典化学(長倉三郎・武田一美監修)，東京書籍，83.

米山直樹： 偏光フィルムをつくろう, Web ページ, http://www.chem.yamanashi.ac.jp/taiken/28/theme08.pdf，参照日：2022-11-16

ICT を活用した
感動を共有する地学教育の実践

Practice of empathy-based geoscience education using ICT

○山口一裕[1]，春日二郎，齋藤亜沙実
Kazuhiro YAMAGUCHI[1]，Jirou KASUGA、Asami SAITO

岡山理科大学
Okayama University of Science
e-mail: kyamaguchi@ous.ac.jp[1]

概要 : 我々は ICT を活用した地学教材開発を行っているが、光学顕微鏡のかわりにデジタルマイクロスコープを活用した学習者の感動と共有を大切にした地学教育を実践したので報告する。WiFi 対応デジタルマイクロスコープを活用したシステムの構築は、学習者に未知の自然に触れた感動と共感を育むことができるとともに、顕微鏡観察が抱えている学習の問題点も解決でき、学習者の自然科学への関心が高まるとともに理解が深まることが分かった。

キーワード：　デジタルマイクロスコープ、システム構築、感動・共感，教材開発

１．　はじめに

地学教育においてミクロな対象物の観察には、ルーペから実体顕微鏡、偏光顕微鏡が利用される。化石の表面構造の観察には、ルーペや実体顕微鏡が用いられる。岩石薄片の観察には、偏光顕微鏡が用いられ、岩石の学習では欠かせない。岩石薄片の観察により、岩石の生い立ちを考えることで、学習者はダイナミックスに生きている地球を感じることができる。しかし、偏光顕微鏡観察だけでなく、実体顕微鏡での観察においても共通して挙げられる問題として、観察者が、鏡下で何を観察しているのかが、指導者に分からないこともあり、適切な指導ができないことが指摘されている（後藤ほか,2022　小林,2019　吉川 (2019)。アクティブラーニングが取り入れられ、授業でのコミュニケーションが重視される中、顕微鏡観察では、個人個人の観察になるため、同じ映像をみんなと共有できず、同じ画像を見ながらの話し合いによる学びが困難である。

一方、20020 年度から始まった GIGA スクール構想で、一人一台の端末の普及が急速に進んでいる。理科の授業にも ICT の活用が求められている。そこで、最近安価で販売されている Wi-Fi 対応デジタルマイクロスコープ (以下、デジタル顕微鏡) の活用を検討した。ここでは、これらの ICT 機器を活用した実践として、岡山理科大学で実施した理科教室における実践結果、高校での出張講義で実施した岩石薄片の観察の実践結果について報告する。

２．　システムの構築

デジタル顕微鏡は、実体顕微鏡として利用でき、画像・動画が保存できる。三脚に設置すれば屋内用、本体だけで野外用実体顕微鏡として利用できる。外部光源を設置すれば生物顕微鏡として利用できる。アタッチメントとして偏光装置を設置すれば偏光顕微鏡として利用できる。

Wi-Fi 対応デジタル顕微鏡は、付属のアプリによってタブレット・スマートホンに簡単に接続でき、親子グループのような小グループで画像・動画を共有できる。大型液晶モニターおよび液晶プロジェクターと接続できれば、クラス全体で画像・動画が教室全体で共有できる。このようにこれまでの光学顕微鏡に比べて活用範囲が広く、Wi-Fi 対応デジタル顕微鏡をコアに多様な利用方法を考えることができる。一人一台タブレット・スマートホンが利用できる環境が整えばさらに有効な活用方法を考えることができる。我々は、360° デジタルカメラ (Insta360ONE X2) や３D スキャンを使ったバーチャルリアリティ技術を用いて、地学初心者

向けのフィールドガイドの作成にも取り組んでいる（山口ほか,2022）が、デジタル顕微鏡システムとの組み合わせによってよりリアルな教材開発が可能になると考えられる。

３．実践結果と考察

3.1　自然教室での実践

岡山理科大学科学ボランティアセンターの環境教育プログラムとして、地域の親子を対象に「岡山理科大学で学ぶ自然教室」を１５年続けている。学習内容は、岡山理科大学の授業科目「現代人の科学C（実験・観察で知る身近な科学）」とリンクしており、「自然教室」の講師は教員と学生が担当している。本研究は、地域の親子を対象とした岡山理科大学で実施する全７回の自然教室において、ICT を活用した自然教室の実践とSDGｓの推進に繋がる環境教育プログラムの構築を目指す事業である。岡山理科大大学で学ぶ自然教室には県内の小学生から中学生の学習者とその親が参加している。全7回シリーズで、山や植物や海の生き物をテーマに自然の不思議さや巧妙さを学び、感動とより深く考える力を育てることを目標に行っている。第3回目には、星砂の表面構造の観察、第７回目が、化石発掘とレプリカ作りを行っている。岡山県産のフズリナの化石の表面構造の観察を行った。参加した子どもの「感動した」「熱中した」などのコメントがあり、親子の共同作業で感動を共感していた。

3.2　出張講義での実践

出張講義に授業内容としては、①福徳岡ノ場での噴火現象について説明②デジタル顕微鏡による実物の軽石の観察③偏光板の性質が分かる簡単な実験（偏光の性質を学ぶ）④岩石薄片のつくり方⑤偏光板に岩石薄片を挟んで光に透かして観察（例：花こう岩の観察）を行った。⑥偏光顕微鏡を使うことの説明さらにデジタル顕微鏡を利用することの利点について説明した。⑦造岩鉱物と鏡下での性質を説明した。花こう岩、輝石安山岩、玄武岩を観察し、グループで観察画像について話し合いながら授業を進めた。

３D プリンターによる偏光装置の作作成した偏光装置を開発した。偏光装置の設計図は、円と正方形の組み合わせだけで構成されるので、３D ビルダーで簡単に作図することができる。偏光板は、偏光フィルムを活用した。平行ニコルでの観察と直交ニコルで干渉色の観察ができる。薄片は360°回転できるので、消光と消光位を観察することができる。光源としてデジタルカメラの照明用のLEDランプを活用した。

授業中の学習者の態度から、同じ画像を見ながら積極的に話し合いが行われ、きれいな画像をみんなで共感できた。そのことで岩石への関心が高まり、構成鉱物や生い立ちについて考えることができた。また、指導をしていても、質問を受けても同じ画像を見ながら解説ができるので学習者に理解力が向上したと考えられる。

岩石薄片を観察した感想「岩石の組織の違いや色の違いがよく見えた。」「細かいところまでよく見えて、マグマの流れまで分かるのがすごいと思いました。」などのコメントがあった。また、デジタル顕微鏡についても「普通の顕微鏡より簡単で見やすかった」「使いやすくて便利でコスパが良いと思った。」「とても綺麗で良く見えピントも調整しやすかった」という意見があった。光学顕微鏡と比較するとデジタル顕微鏡は学習者でも簡単に取り扱えることが分かった。

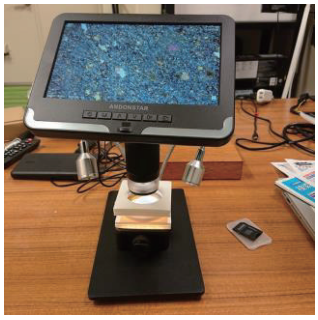


図１　偏光装置付きのデジタル顕微鏡

４．まとめ

自然観察の情報を瞬時に共有できるデジタル顕微鏡のシステムの構築は、未知の自然に触れた感動と共感を育むことができるとともに顕微鏡観察が抱えている学習の問題点も解決できる。義務教育機関、高等教育機関での Wi-Fi 対応デジタル顕微鏡のシステムの導入は、自然科学教育全体に影響を与えると考える。

5. 文献

後藤太一郎他（2022）三重大学教育学部研究紀要 第 73 巻 自然科学，9-14

小林　秀明（2019）「教育学部紀要」，文教大学教育学部　第 52 集別集，171-178

吉川武憲　（2019）近畿大学教育論叢，第３０巻第２号 99-12.

山口一裕他（2022）IX GEOSCIED 2022 SHIMANE, JAPAN

学生は地球の大きさについて，いつどのように学習してくるか

How and When Do the Undergraduate Students Learn Scale of the Earth?

学生アンケートの結果と学習指導要領の乖離について

Disjunction between the Questionary Answers from Students and the Standard Curriculum by MEXT Japan

○棟上　俊二[1]
Shunji TOJO[1]
福岡教育大学[1]
Fukuoka Kyoiku Daigaku[1]
e-mail: stojo@fukuoka-edu.ac.jp[1]

概要：地球の大きさと大気の厚さについて今まで学んだことを説明させるアンケートを行った。7.4%の学生から中学校教科書に則した回答が得られた。地球の大きさについてはほとんどの学生が太陽系の惑星に関する学習の中で学んだと証言した。大気の厚さに関する有意な回答数は極めて少ない結果となった。中にはその内容は習っていないという回答も１例あり，授業で扱われていない可能性が示唆される。

キーワード：　地球の大きさ，地球大気の厚さ，中学校理科，大きさの比較

1.　はじめに

地球の大きさと大気の厚さについて学んだことがあるか，というアンケートを学生対象に行ってみた。と，いうのも地学基礎の一番最初の話題として「地球の形と大きさ」が扱われているので，対応する高等学校学習指導要領解説・理科編理数編（文部科学省，2018）を見てみると，資料１のように，中学校で学習済みと記載されている。つまり義務教育段階で学習した以上，大学生としては知っていて当然と，発表者は思ってしまった訳である。しかしそれは私の単なる思い込みであって，現実はかなり厳しいものである，というのが本発表の顛末である。

2.　アンケート

アンケートであることは知らせずに，テスト問題の中に設問を融合させたものを使用した。強制的に回答させるための方策であり，後日の授業で当該問題はアンケートなので回答を拒否できる点を周知している。設問の文章は資料２のとおりである。テストということは，講義の受講生が対象である。講義は中高理科免許の，免許法上の必修科目の「地学」に相当するもので，受講者は全員理科免許取得予定者である。

３．中学校の課程での扱い

中学校の学習指導要領を資料２に示す。後述するようにかなり多数の学生は大気をどのレイヤーまで捉えるかを捉え切れていない。「気象とその変化」の単元である以上，気象現象の起こる範囲の「対流圏」を扱えば良いので，高度としては約 10km までの範囲となる。これは地球の平均半径 6371km に対しては約 1/637 となる。これは地球のおよその偏平率 1/298 よりもかなり小さい。

教科書の中では，例えば大日本図書では地球の大きさをリンゴに例えると大気の厚さはりんごの皮よりも薄いと述べている。

4. 結果

回答は自由記述のみで行わせた。回答者数 98 名，有効回答数 95 であった。これらのうち，リンゴの例え話などの中学校教科書の説明に由来すると覚

資料１　アンケートの設問

⑵ 文部科学省発行の高等学校学習指導要領（平成３０年告示）解説の「理科編・理数編」の152頁（地学基礎）には，下記のように記載されている。¶

¶
¶
¶
¶
¶
¶
¶

> ㋐　地球の形と大きさについて
>
> 中学校では，第２分野「(4) 気象とその変化」で，地球の大きさや大気の厚さについて学習している。
>
> ここでは，地球の形や大きさに関する観察，実験などを行い，観察や測定の結果などから地球の形の特徴と大きさを見いだして理解させることがねらいである。

そこで，あなたが中学校時代の理科の「気象とその変化」の単元で，地球の大きさと大気の厚さについてどのように扱われていたか当時の様子を思い出して説明し，さらにその時の授業の感想について書け。なお，平成２１年の旧課程でも上記部分については全く同様である。¶

しき文言を回答した者は７名であった。もし，これがアンケートではなく，ほんとうに問題として出題されたなら，正解できたのはこの７名のみということになる。

数値を用いた説明がなされたのは 11 名であった．説明文が要求されている訳であるから，具体的数値は説得力ある説明には必要なものである．設問では数値を用いる事は特に制限していないが，学生は具体的な数値を用いる事を『避けている』ようにも思われる。数値を回答できた学生の中でも，５名の者はあり得ない値を答えている。例えば大気の厚さは何千キロメートルとあり，と答えているものもあり，まるで磁気圏まで含んでいるかのような回答があった．地球の赤道半径と極半径は当然本講義の中で暗記するよう指示されているので，その数字を回答する事も可能であったはずだが，中学校授業の説明という指示に縛られ過ぎているようにも思われる。

地球の大きさについて説明しようとしている回答の中で，太陽や月・他の惑星との比較で地球の大きさを示そうとしている回答はかなり大きい割合を示している．この点については，全ての回答のうち半分程度までしか精査できていないが，15 名以上の学生がそのように回答している。これも数値を用いず，太陽や，各惑星の比率を学習したと主張している。しかし，教科書で見る限りは小学校第６学年の月と太陽の単元で，太陽を直径 1.2m の運動会の大玉に例えると，地球は 1.1cm のビー玉，月は 3mm のビーズ玉に例えられる（実際の直径もすぐ横に記載されている）と説明しているので，小学校の学習が記憶に残っている事の１つの事例ととらえることが出来るだろう。但し学生の記述には地球の大きさが１円玉に例えられていたというものが複数見られた。

最後に，１名の学生はそのようなことは授業で扱っていないという回答をしている事をとりあげるが，詳細は発表で述べるものとする．

5. 議論

なぜ地球に対して大気が薄く存在している事が注目されるようになったのか。一時期，日本人宇宙飛行士が地球に帰還して，宇宙から見える地球には薄い大気が見える，といったことを述べていたのがマスコミなどで報じられていたように記憶している（例えば，若田，2003）。地球の環境は有限であるという戒めを込めた言葉として印象深いものがあったことを記憶している。ひょっとして教育審議会のメンバーにもその報道に接した委員がいたのかもしれないとも考えてみるのだが，それはあくまでも想像に過ぎない。

文献

文部科学省(2018)：高等学校学習指導要領解説・理科編理数編，http://www.mext.go.jp/より入手(2018.6.18 アクセス)

若田光一(2003)：シリーズ「九大人」，九大広報，No.28，P.6

資料２ 中学校学習指導要領解説の抜粋

ら東へ偏西風が吹いていることに気付かせることなどが考えられる。その際，地球を取り巻く大気の動きや地球の大きさに対して気象現象の起こる大気の層の厚さがごく薄いことにも触れる。

8月25日（金）

科学館における 3D モデルの作成とそのオープンデータ化の実践

Creating Open Data 3D Models in a Science Museum
月と惑星の地形模型の事例
Lunar and Planetary Solid Terrain Models

野寺　凜
Rin NODERA
黒部市吉田科学館
Kurobe Yoshida Science Museum
e-mail: nodera@kysm.or.jp

概要：3D モデルは，立体物の電子媒体の記録であり，3D プリンターを用いて立体物を造形する際の元データとなる．すなわち，博物館資料の 3D モデルのオープンデータ化は，実質的に立体物の博物館資料のオープンデータ化を意味する．黒部市吉田科学館は，月や惑星の 3D モデルを作成し，3D プリンターを用いて造形するだけではなく，その 3D モデルをオープンデータとして公開した．したがって，公開された 3D モデルは，同科学館外での利用も期待される．

キーワード：　クレーター，デジタルアーカイブ，博物館，展示，レプリカ，3D プリンター

1. はじめに

国内の博物館が所蔵する様々な資料は，コンピュータの発達とともに，画像や文書を初めとしてデジタルアーカイブ化が進んでいる．デジタルアーカイブは，多様な資料を収集し後世に伝える使命を持つ博物館において，活動の一助となり，個々人の趣味における資料の利用から，教育の高度化までを可能にする（井上，2021）．また，博物館資料のデジタルアーカイブ化とそのオープンデータ化は，2023 年 4 月から施行された改正博物館法において明記されており，国内の博物館において喫緊の課題である．また同改正博物館法には，他の博物館との資料の相互貸与等を通した協力を行う旨も明記されており，複数の博物館間におけるデジタルアーカイブの相互利用を重要視する方向性が示唆されている．

黒部市吉田科学館では，以前より立体物の 3D モデルを作成し，資料として利用する取り組みを行っている．本稿では，同科学館が作製した月や惑星の地形模型について，館内の活動における利用事例と，そのオープンデータ化に関する事例を報告し，博物館学的な意義について考察する．

2. 3Dモデルの入手・作成

3D モデルは，数多くのウェブサイトで公開されている．月や惑星の 3D モデルは，アメリカ航空宇宙局が提供するウェブサイトである Moon Trek や Mars Trek において，任意の範囲を設定してダウンロードできる．ただし，これらのウェブサイトから入手できる 3D モデルは，平面を基準面としているため，実際の地形に対して歪みのある形状となる．

本研究では，月ならびに地球型惑星の数値標高モデルや，木星型惑星の可視光画像を基に，月や惑星の全球の 3D モデルを作成した．本手段によれば，緯度経度を指定した場合は，球面を基準面とした部分的な 3D モデルが作成される．本手段によって作成された 3D モデルは，上記 Moon Trek や Mars Trek で入手可能な 3D モデルと同様な部分的な地形模型でありながら，実際の地形に対して歪みのない形状となる．なお，地表面の凹凸を強調する場合は，3D モデル作成の際に，強調したい倍率となるよう，高度の数値に数を乗ずればよい．一方で，木星型惑星を作成する場合には，可視光の輝度の強弱を起伏の大小に見立てているため，実際の形状とは異なっている点について注意が必要である．

3．3Dプリンターで造形された模型の利用事例

（1）展示における利用

黒部市吉田科学館では，2023 年 7 月現在，水星，金星，地球，月，火星の全球模型が常設展として展示されている．また，同科学館において 2022 年に開催された企画展「ふしぎな地図展」では，海底地形を含む日本列島周辺の，球面を基準面とする地形模型が展示された．これらの展示は，自由に触ってよいハンズオン型の展示とされている．

（２）ワークショップにおける利用

2022 年度に黒部市吉田科学館で実施されたワークショップである「月面クレーターで遊ぼう」では，月面の地形模型が利用された．本ワークショップは以下の手順で行われた．①参加者が月面の部分的な模型にライトを当て，特定の方向からライトを当てた時に，地形の起伏が生み出す影によって生ずるアルファベットの模様を探す．②①について答え合わせをし，指導者が通称「月面X」などと呼ばれる現象について解説する．③指導者が月の全球模型を持って参加者の周りを回る．参加者が月の満ち欠けと共に生ずるクレーターの見え方の違いについて観察する．④参加者が月面の部分的な模型を観察し，指定した３つのクレーターの形成順序を予想する．⑤指導者が鉄球と砂を用いたクレーター生成実験を行う．参加者がクレーターの「切った切られた」の関係を観察し，④について答え合わせをし，その際に生じた様々なクレーター地形と，月面の部分的な地形模型を見比べる．

参加者は，主に小学 1 年生〜小学 4 年生と，その親の計 23 名であり，そのうち 17 名からアンケートの回答が得られた．アンケートは，本ワークショップ満足度について 5 段階評価で問う項目が設けられ，5（おもしろかった）が 10 名，4（まあまあおもしろかった）が 4 名，3（ふつう）が 2 名，2（あまりおもしろくなかった）が 1 名の結果となった．また，参加者がライトで模型を照らしながら，能動的に模型を観察する様子が見られた．

４．３Ｄモデルの公開

上記の手段で作成された 3D モデルは，Thingiverse というソーシャルネットワークサービスを通じて公開されている．Thingiverse は，3D モデルの送受信に特化したサービスである．Thingiverse の特徴としては，ユーザー同士で交流できる機能が充実しており，他のユーザーのモデルを 3D プリントした場合に，そのユーザーのページに紐づけて報告できる機能が設けられている点などが挙げられる．なお，Thingiverse は，各ユーザーが 3D モデルをアップロードする際に，ライセンスを必ず指定する仕様になっているため，ダウンロードの際にもライセンスを参考にできる．

5. 考察

先述の地形模型を用いた展示とワークショップは，参加者が地形を自由な視点で観察できる機会となった．水藤（1998）は，複製品や模型の意義について，展示や教材としてのあり方自体に目的があるのではなく，資料の正確な記録が目的であるとした．水藤（1998）の分類によれば，3D プリンターで作製された地形模型は，実物に対して色や質量，肌触りなどの諸情報を無視した縮尺模型である．このような地形模型は，実物に対して情報量が少なくなるものの，視点を変えながら観察できる点で，実物にはない機能を持つ資料である．

また，伊藤（1993）の博物館世代論では，将来に向けて目指すべき次世代の博物館のあり方として，展示における「参加・体験型の展示」や「資料の多様な見方を可能にする，観察力の育成をめざした比較資料の充実」などが，必要な項目として位置づけられている．前述の展示とワークショップは，地形を様々な視点から観察し，能動的に情報を得る参加・体験型の学習機会を提供できたと考えられ，伊藤（1993）で述べられている第三世代型博物館の展示のあり方に近いと考えられる．

従来は，博物館において，ある博物館が独自の課題を解決するために立体物の資料を自主作製した場合，その資料を他の博物館において複製するにあたり，資料の貸借や作製のノウハウの伝達が必要であった．そこで，3D プリンターを用いた手段は，電子媒体の 3D モデルを基にするため，立体物の資料の複製に有効である．すなわち，資料の 3D モデルの共有は，実質的に立体物の資料の共有を意味する．また，博物館資料の 3D モデルのオープンデータ化は，個人に対しても，博物館資料の立体物としての利用機会を提供する．反対に，博物館は，他者が作成した 3D モデルの利用も可能であり，より多くの博物館，教育機関および個人が 3D モデルを作成し共有するほど，幅広い活動が可能となる．以上から，3D モデルのオープンデータ化の促進は，立体物の資料を幅広く共有し，能動的な学習の機会を多くの人に提供するために有効である．

文献

井上　透 (2021)：博物館は何を目的として発信するのか，小川義和・五月女堅司 (編)，発信する博物館，ジダイ社，52-75.

伊藤寿朗 (1993)：市民のなかの博物館，吉川弘文館，52-75.

水藤　真 (1998)：博物館を考える，山川出版社，96-100.

Zoom とスマートフォンを用いた星の動き体験システムの開発

Development of a star movement experience system using Zoom and smartphones

小泉　治彦
Haruhiko KOIZUMI
千葉県立木更津高等学校
Chiba Prefectural Kisarazu High School
e-mail: koijun@tbj.t-com.ne. jp

概要：オンライン会議システム Zoom とスマートフォンを用いて，回転椅子で回転する自分と自分から見える周囲の情景を同時に表示することで，自転する地球から見える星の動きを再現するシステムを作成した．地上から見える自分視点の星の動きと外側から見た全体視点での地球の自転の間の視点移動を容易にするための簡易な手法として，中学校の授業等での活用を期待する．

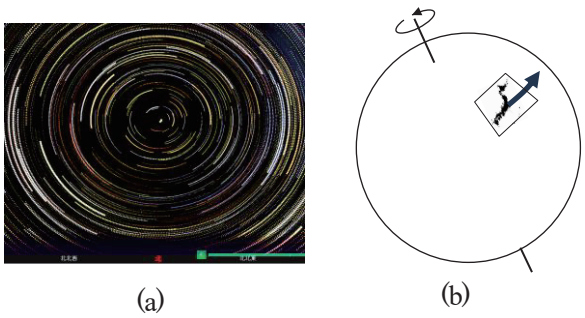
キーワード：　Zoom，スマートフォン，星の動き，相対運動，視点移動

1.　はじめに

Zoom を始めとするオンライン会議システムにおいては，自分を含めた会議参加者の画像が PC の画面上に並んで表示される．このとき，会議に参加している別の端末で自分の姿を撮影すると，同じ画面上に自分視点の画像と全体視点で外側から見た自分の姿が同時に表示されることになる．

一方，中学 3 年における「星の動き」および「天体の動き」の学習においては，地上の観察者（自分）からみた星の動きと地球を外側から見た時の自転する地球を結び付け，この相対運動によってなぜ星の日周運動が起こるのかを地動説の立場から理解することが求められる（図 1）．

星の動きの学習において，自分視点と全体視点の間の視点移動が重要であることは（松森, 1981）を始めとして以前より指摘されてきたところであり，そのための教具も天体シミュレーションソフトの開発（林・三崎, 2019）やウェアラブルカメラを用いる方法（吉田ほか, 2018）など数多くの手法が提案されている．



(a)　(b)

図 1 (a) 星の日周運動（自分視点）　ステラナビゲータ Ver.9 で作成
(b) 地球の自転（全体視点）

今回の発表においては，誰もが容易に使うことのできる Zoom とスマートフォンを用いて，このような視点移動を体験できるシステムを紹介する．

2.　星の動きと視点移動

中学校の学習指導要領解説（文部科学省, 2017）には「観察記録を地球の自転と関連付けて考察させるためには，観察者の視点（位置）を，自転する地球の外に移動させる必要があることから，天球儀や地球儀を用いたモデル実験を行い，考察させることなどが考えられる．また，コンピュータシミュレーションを用いて視覚的に捉えさせるなどの工夫が考えられる」とあり，視点移動の重要性と難しさを指摘している．

この視点移動の難しさは，古来からの天動説から地動説へのパラダイムシフトと同様のものであり，理解するのに困難を伴う．そのため，授業の中で実験・考察を通して生徒に理解させるには相応の工夫が求められる．

3.　システムの概要

システムの概要は以下のとおりである．

≪準備するもの≫

・Zoom と画面録画ソフトをインストールした PC（カメラを内蔵）およびスマートフォン
・スマートフォンのホルダー，クリップボード
・回転椅子

≪手順≫

・スマートフォンに回転制御のアプリをインストールし，画面を横向きに固定する．（スマートフォン本体で自動回転を off に設定しても，Zoom アプリ上では回転してしまうことがあるため）

・ホルダーを使って，スマートフォンをクリップボードに横向きに固定する．

・Zoom を開始し，スマートフォンで参加する．

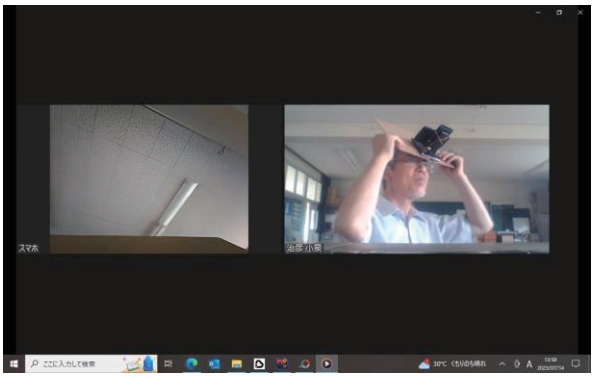


図２　Zoom の画面

・Zoom のビデオ設定で，ミラーリングを off に設定する．

・PC の Zoom 画面に，スマートフォンから見た自分視点画像と PC カメラで撮影した全体視点画像の２つを表示させる．

・クリップボードの板を地表に見立てて様々な向きに向け，その状態で椅子を回転させて，Zoom 画面を録画する（図２）．

・録画された画面を視聴して，地球に見立てた自分が椅子と一緒に回転する様子とスマートフォンから見た周囲の風景が動く様子を比較する．

4.　星の動きのシミュレーション

①自分視点と全体視点の違い

スマートフォンを自分に対して外側に向けて持ち，回転椅子を地球と同じ向きに回転させてこの運動の様子を録画する．自分が右から左に向かって回転するにつれ，周囲の情景はそれとは逆に左から右に動いていくことを確認し，その状況が地球の自転と夜空における星の動きに対応していることを認識する．

②北極・赤道における星の動き

クリップボート（地表）に対してスマートフォンを真上に向け，そのクリップボードを頭の上に水平に載せる．この状態は，北極において天頂方向を見ていることになる．①と同様に椅子を回転させて Zoom の画面を録画し，北極の天頂方向の星の動きを確認する．

次に，クリップボードを胸の前に縦にかざす．この状態は赤道上の観察者に相当する．この状態でスマートフォンをクリップボードに対して垂直にすると地表付近を見ることになり，クリップボードの向きを 90° ずつ回転させることで東西南北の方角における星の動きが確認できる．例えば，スマートフォンを天井の向きにすると赤道上で北の空を見ていることになり，周囲の風景がクリップボードの縁（地平線）を中心に回転して見える．

③日本での星の動き

クリップボードを斜め上 35° の向きに向けると，日本における星の動きを再現できる．スマートフォンのカメラを東西南北の向きに向けることにより，自分が観察した星の動きが再現されていることを確認し，改めて自分視点での星の動きと全体視点での地球の自転の様子の関係について考えを深めることができる．

5.　まとめと今後の展望

Zoom とスマートフォンという簡易な道具を用いて，地球上の各地における星の動きを再現するシステムを開発した．実際の授業においては，多人数の生徒が Zoom に接続するために，画面表示の問題など解決しなければならない課題が考えられる．実際の授業での実践を通して，さらに改善を加えていきたい．

引用文献

林　康成，三崎　隆（2019）：星の動きと方位の理解のための天体シミュレーションの開発．日本科学教育学会第 43 回年会論文集 505-507

松森靖夫（1981）：児童・生徒の空間認識に関する考察－回転・対称概念を中心として－，日本理科教育学会研究紀要，**21**,3,19-26

文部科学省（2017）：中学校学習指導要領（平成 29年告示）解説理科編,105

吉田はるか，上地飛夢，吉田安規良（2018）：自分が観察している視点からも天体の動きを確認できる天球儀の開発と教具としての使用可能性の評価－ウェアブルカメラを内蔵した天球儀の開発による ICT 機器と古典的教具との連携－，琉球大学教育学部教育実践総合センター紀要，第 25 号，165-179

地学的視点からの防災学習における防災どぼく模型の有効性

Effectiveness of “Disaster Prevention DOBOKU Model “for Disaster Learning from a Geological Perspective

○岩佐　直人[1]，藤井　俊逸[1]，杉原　正樹[1]，松本　一郎[2]，桂木　瑞月[2]
Naoto IWASA[1], Shunitsu FUJII[1], Masaki SUGIHARA[1], Ichiro MATSUMOTO[2], Mizuki KATSURAGI[2]
（株）藤井基礎設計事務所[1]，島根大学大学院教育学研究科[2]
Fujii Consulting & associates[1], Graduate School of Education at Shimane University[2]
e-mail:iwasa@fujii-kiso.co.jp

近年「これまでに経験したことがない豪雨」による土砂災害が多発している中で，地域防災の役割が高まっている．また地域の将来を担う子どもたちを対象に防災学習が実施されているが，地形や地質の観点から理解する防災学習用ツールは少ない．今回防災どぼく模型を用いた防災学習を行った結果，土砂災害を視覚・聴覚・触覚で理解できるとともに，日常生活における防災活動を考えるツールとして有効性が高いことを確認できた．

キーワード：土砂災害，地域防災，防災学習，防災どぼく模型

1．はじめに

近年「これまでに経験したことがない豪雨」による土砂災害によって多くの被害が発生している．平成 13 年土砂災害防止法が施行後，「命を守る」ことを目的として住民の警戒・避難を率先する防災事業に舵が切られ，ハザードマップの公開がなされると共に，防災気象情報・避難警戒情報等の発信体制が整備されてきた．しかしバイアスによって，主体的な警戒・避難行動を起こすまでには至っていない．この状況を打開すべく，地域毎に地域防災活動が行われている．一方将来の地域を担う子供たちにも，防災学習が行われるようになってきている．土砂災害は，地域の地形や地質を素因としており，降雨や地震を誘因として発生するものであるが，地形や地質の観点から理解する防災学習ツールは整備されていない状態にある．筆者らは，100 円ショップ等で購入できる安価な材料で作る「防災どぼく模型」を用いた防災学習に取り組んできている．本発表では，地学的視点を取り入れた防災どぼく模型について紹介するとともに，実際の防災学習における防災どぼく模型の有効性について考察した．

2．防災どぼく模型について

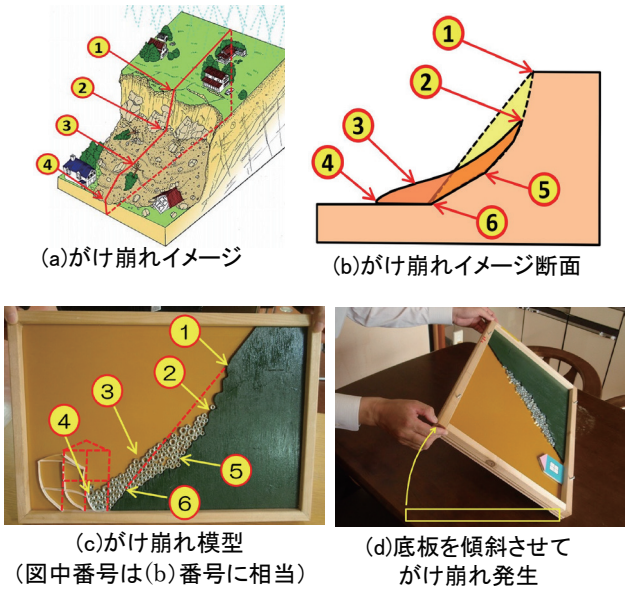


図 1「がけ崩れ」に関する防災どぼく模型

土砂災害は，がけ崩れ・地すべり・土石流に大きく分類できる．そのうちがけ崩れは，勾配が 30 度より急な斜面で，降雨や地震によって突発的に発生する土砂災害である．図 1 に，「がけ崩れ」を説明した防災どぼく模型を示す．(a)はがけ崩れの全体イメージを示しており，その中央線における断面が（b）である．（c）はこの移動土塊部分を径

(a)降雨による斜面崩壊実験と発表状況（6 年生）　(b)がけ崩れ実験と発表状況（5 年生）

図 2 防災授業の状況

の異なるナットでモデル化しており，図中番号は(b)に記載している番号の位置に相当する．

この底板全体を傾けることによりナットが崩落してがけ崩れを表現することができる（d)．底板角度 30～35° でナットが崩壊するため，がけ崩れとして指定されている斜面角度 30° と一致する．

3.防災どぼく模型を用いた防災授業

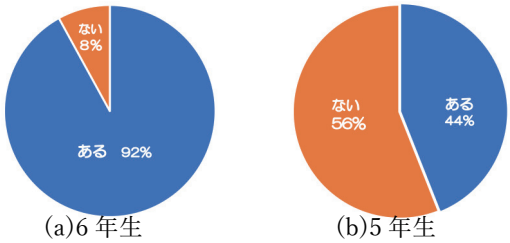
対象は小学校 5 年生 31 人と小学校 6 年生 25 人で，前者は水の流れ，後者は地形・地質の学習が終了した 11 月に実施した．この地域の地質はまさ土で，斐伊川・久野川（いずれも天井川）が中国山地から北流しており，昔から，がけ崩れ・洪水によって多くの被害が発生している．

授業では，最初に土砂災害の実態について動画を交えて説明し，その後 5 つの班に分かれて模型を作成して実験を行い，その結果を整理して班ごとに発表した．図 2 に授業時の状況を示す．また図 3 に授業前に児童を対象に実施したアンケート結果，図 4 及び表 1 に授業後に実施したアンケート結果を示す．両学年とも身近な材料で行った実験に興味を持ち，非常に楽しく取り組んでくれたことがわかる．特に 6 年生は家族や周辺の人に話したいという回答もあり地域防災に期待される．

4.まとめ

児童の表情，発表内容やアンケートから，「防災どぼく模型」は，土砂災害を視覚・聴覚・触覚で理解できるとともに，日常生活における防災活動について考えるツールとして有効性が高いことを確認できた．今後は，児童が取り扱いやすい仕様やメニューを整理していく予定である．

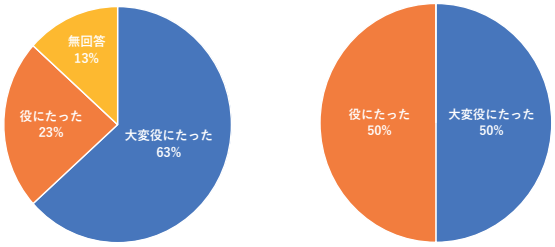
問い：防災について普段行っていることはありますか？(2 択)



(a)6 年生　(b)5 年生

図 3 事前アンケート結果

問い:今日の防災授業はどうでしたか？（4 択）



(a)6 年生　(b) 5 年生

図 4 授業後のアンケート結果

表 1 防災学習へのアンケート結果

6年生		5 年生	
実験に対する表現	回答数	実験に対する表現	回答数
他のグループ	7	楽しかった、面白かった、びっくりしたゲームみたいに感じた、すごかった、ふしぎだった	9
家族に話す、生活で生かす 災害に備える、周囲を調べる	6	興味があった	2
何かものに例える	5	人や滑り台に例えてわかりやすかった	2

参考文献

1) 岩佐直人・藤井俊逸・杉原正樹・永海飛鳥・松本一郎・堀田賢也：防災どぼく模型を用いた小学生を対象とした防災授業(2023)，令和5年度砂防学会研究発表会概要集, 159-160,

2) 防災模型じっけん楽会，（2023.6.30アクセス）
https://bosaimokeijikken.wordpress.com

天体分野における「学生のミスコンセプション」からデザインした問いの効果

Effectiveness of Questions Designed from "Student Misconceptions" in the Field of Astronomy
—月・惑星・星座など天体の位置と見え方に関する学習の事例から—
From the case study of learning about the location and visibility of the moon, planets, constellations, and other celestial objects

○滋野　哲秀
Tetsuhide Shigeno
龍谷大学
Ryukoku University
e-mail: shigeno3256@gmail.com

概要：小学校 4 年生の「夏の夜空」「冬の夜空」「月や星の動き」6 年生の「月と太陽」。中学校 3 年生では「地球と宇宙」を学習する。高校で地学を履修しなければ、地学の学習は中学校が最後となる。学生の理解度調査からみえてきた天体分野のミスコンセプションは、それを問いとしてデザインすることとシンプルな思考法で飛躍的に理解を深めることが明らかになった。その概要を報告する。

キーワード：　天体分野，ミスコンセプション，惑星，月，星座

1. 学生の天体分野におけるミスコンセプション

天体に関する学習は、小学校 4 年生の「夏の夜空」「冬の夜空」「月や星の動き」そして 6 年生の「月と太陽」。中学校では 3 年生で「地球と宇宙」を学習することになっている。高校で地学を履修しなければ、天体をはじめ地学に関する学習はここまでとなる。

滋野（2020）は、大学の授業で調査した学生の天体分野のミスコンセプションが、義務教育での学習に起因するのではないかという仮説のもとで行った大学生、高校生対象の調査において、義務教育段階に起因する天体・気象分野におけるミスコンセプションの形成過程を明らかにした。

特に、月や惑星など天体の運動や見え方、恒星の日周・年周運動といった模式図から運動を理解するという分野が特に理解度が低く、授業アンケートで学生は「中学校の学習でよく理解できなかった」「この分野から全く理解できなくなった」「理科の苦手分野である」と答えている。

(1)　月の出に関するアンケート事例

Q 1：ある日、月が 19 時ごろに昇ってきました。翌日、月が昇ってくるのは次のうちどれが正しいでしょうか。一つ選んでください。
（正解は○印）
（　）翌日は 19 時より早い時刻に月が昇ってくる
（　）翌日もほぼ同じ時刻に月が昇ってくる
（○）翌日は 19 時よりも 30 分以上遅い時刻に月が昇ってくる
正答率は、高校生 16.1%、大学生 19.3%
（回答数　高校生 647 名、大学生 114 名）

平安時代の人々に、このアンケートを行えば、ほぼ全員が正解したのではないかと推定される。教科書の模式図は、満ち欠けを理解しやすいように描かれている。こうした図では、満ち欠けは理解できたとしても、見上げた空のどの位置に月が見えるかという理解は難しい。

筆者が、学生に提示した考え方は、図を見て月が太陽を基準にして、東（左側）にあるのか西（右側）にあるのかを考える。というものである。太陽よりも東側（左側）にあれば太陽が日没したとき、月はまだ沈んでいないことがわかる。東側に 45 度離れていれば、日没時に太陽から 45 度東側に月があることになる。模式図から翌日の月の位置はさらに東側に移ることが理解できる。

Q2：京都で右の写真のような月が、ほぼ真南の空に見えていました。この月が見えたのは一日のうち、いつ頃でしょうか。一つ選んでください。

（　）お昼の 12 時頃　（○）日没の頃
（　）真夜中頃　　（　）日の出前
（正解は○印）
正答率は、高校生 38.3%、大学生 33.6%

これも理解度は低い。模式図から太陽を中心とした月の位置を、実際の空でイメージできるようになれば、理解しやすいはずである。

⑵　惑星の見え方について

中学校の教科書の模式図は、金星の形と公転軌道の模式図が掲載されている。この図から金星がいつ頃どの方向に見えるかという問いが理解できていない学生はとても多い。この場合も、模式図から、太陽を中心にして金星が東側（左側）にあるのか西側（右側）にあるのかを考えれば、日中の空をイメージして、太陽のどちらにあるのかが理解でき、シンプルに理解できる。本来、ケプラーがティコ・ブラーエの膨大なデータから惑星の軌道図を描き出した方法で考えるという原点に立つことが必要である。

⑶　冬の星座、夏の星座

中学校の教科書には、黄道12星座の模式図が描かれていることが多い。学生が季節によって見える星座が変わることを説明する際、「冬の星座は夏には見えません」と説明したことがあった。これについて受講生に聞くと、全員が頷いた。その理由をグループワークで考えてもらうと、「夏には冬の星座は太陽の方向にあるから見えない」と答えた。星座早見盤を使ってみれば、日没直後の西の空にはふたご座など冬の星座が、8月中旬になれば明け方にはオリオン座などが見えることはすぐに理解できるはずである。

２．ミスコンセプションからデザインした問い

高校生及び大学生の中学校までの学習範囲において、月・惑星・星座など天体の位置と見え方に関する学習の理解度はかなり低いことが明らかになった。これを改善するためには、模式図から実際の空のどこに天体が位置するのかをイメージできるようにすることが重要である。

大学の教養の授業と理科教育法の授業において、模式図の天体の位置を実際の空をイメージして考えるようにすると、飛躍的に理解度が高まった。

さらに、対話型論証の三角ロジック（松下2021）を用いて、「図の金星は、どの方向にいつ頃見えるか」という問いを出し、グループで答えを出すという方法で、授業を展開すると、金星の見える位置について、「中学校で全く分からなくなったがすんなりと理解できた」「こういう学び方を教えてほしかった」という声が多数寄せられた。

また、星座の見え方については、研究協力校（中学校）で、「冬の星座は夏には見えるのか。夏の星座は冬に見えるのか」を問いとして、教科書にある黄道12星座の模式図をもとに三角ロジックを用いてグループワークで考えるという授業を行った。どのグループも活発に学び合うことができた。

こうした学習は、研究協力校の小学校4年生で、「冬の星座」の学習において、担当教員が質問づくりを行ったところ児童が考えた問いの中に「冬には夏の星座は見えないのか」という問いがあり、これをもとに、星座早見盤で調べてみようという課題を出すと、夕方の西の空に夏の星座である白鳥座など夏の大三角形が見えることを子どもたちは理解した。

先述した月の見え方についてのアンケート（Q1,Q2）もこれを問いとして使用し、教科書の模式図をもとに考えるという授業方法を行うと、月の位置と見え方の理解は高まるはずである。

模式図は理解しやすいように工夫しているように見えるが、模式図だけで理解することは学生の経験を踏まえると困難である。

３．模式図から天体を実際の空にイメージすること

こうした天体の位置と見え方に関する理解を深めるためには、模式図から実際の空に天体の位置をイメージするというのがすんなりと理解できる方法であることが実証された。天体について興味はあるが、難しいという児童生徒を、この分野は面白いと実感できるようにこうした学習方法を普及させたい。

本研究はJSPS科研費18K02596及び21K02616の助成を受けたものである.

４．文献

松下佳代（2021）：対話型論証による学びのデザイン: 学校で身につけてほしいたった一つのこと, 勁草書房

滋野哲秀（2023）：ミスコンセプションからシチズンサイエンスへ―教育を変える 天体・気象分野の事例から―, 2022年度 龍谷大学 里山学研究センター年次報告書, 83-90

滋野哲秀（2020）：地学分野におけるミスコンセプション形成のメカニズムー学生の天体・気象分野の苦手意識はどうして生じるのか, 龍谷紀要, 第42巻　第1号, 69-80

多賀優・荒川忠彦・滋野哲秀（2022）：地学領域のミスコンセプションリストとその特徴ー地球システムやSDGsとの関連とその意味ー, 龍谷教職ジャーナル第9号, 49-64

防災教育における 3DCG 教材の作成
2023 年滋賀・大津大会

Creation of 3DCG teaching materials for disaster prevention education

○飯田　和也[1]，久保田　善彦[2]
Kazuya IIDA[1]，Yoshihiko KUBOTA[2]
駒場東邦中学高等学校[1]，玉川大学[2]
Komaba Toho Junior and Senior High School[1]，Tamagawa University[2]
e-mail: kazuya.iida@komabajh.toho-u.ac.jp[1]

概要：本授業実践では、地形と災害リスクの関係を理解できる教材の作成を目的とした。具体的には、水害ハザードマップや確率的地震動予測地図を 3DCG 化した教材作成を開発した。本教材の作成手法は、費用がかからず、およそ３時間程度でオンライン上に 3DCG 教材を公開できる。作成した 3DCG 教材は、地形と災害リスクの関係を表現しており、防災教育において地形と災害リスクの関係を理解する上で有用な可能性が示唆される。

キーワード：防災教育、ハザードマップ、水害、確率的地震動予測地図、教材開発、3DCG

1. はじめに

防災教育において、リスクの程度を理解することは重要である。近年では、ハザードマップの整備が進み、地震、火山、水害など、さまざまなリスクの把握が容易になり、学校教育などにおける使用も増加した。一方で、ハザードマップのみに基づいたリスクの理解は、不十分であることが指摘されている(宇根・村山、2021)。

ハザードマップの不十分さを補う要素として、地形の理解が重要であることが指摘されている（村山ほか、2021)。地形とハザードマップを組み合わせる手法の一つには、3DCG を利用した手法がある（飯田・久保田、2023)。3DCG を利用した手法では、ハザードマップなどを 3D 化することができるため、地形とリスクの関連が理解しやすいという特性がある。

そこで、本研究では、ハザードマップを 3DCG 化した教材を作成し、地形とリスクの関連を理解できる授業実践の開発及び検証を行うこととした。

2. 教材の作成

本研究で作成した 3DCG 教材を図１と図２に示す。図１は渋谷駅周辺の水害ハザードマップ、図２は滋賀大学大津キャンパス周辺の確率的地震動予測地図である。3DCG ハザードマップの作成には、飯田・久保田(2023)の手法を用いた。教材作成は、以下のサイトを参照した。
(https://sites.google.com/site/jouetsuargroups/ トップ/07 立体ハザードマップ)

地理院地図ウェブサイトから、3DCG ファイルと地図をダウンロードし、Blender 上で 3DCG の矢印や説明を追加した。その後、Sketchfab にアップロードし、USDZ ファイルに変換した。

縦方向の縮尺は、地形がわかりやすくなるよう、水害ハザードマップは 15 倍、地震動予測地図は 10 倍に設定した。

3. 結果と考察

(1)教材作成にかかるコスト

教材の作成は、作成する領域が決まってからおよそ３時間程度だった。費用に関しても、使用しているアプリや web サービスは無料であるため、かからなかった。これらのことから、本手法による 3DCG 作成は、時間的・金銭的なコストが小さい手法であることがわかる。時間的・金銭的コストが少ないという本教材の特徴は、対象とする地域やリスクが変わっても本手法が有用であることを示している。

(2)授業における 3DCG 教材の利用

授業における 3DCG の利用方法は以下の２点である。１点目は、Sketchfab などを利用し、オンラインコンテンツとして閲覧する方法である。この方法は、一人一台端末が配備されていれば、時間がかからずに実施できる。また、URL を共有することにより、誰でも 3DCG にアクセスすることが可能となる。

２点目は、iPad など、iOS を搭載した端末に、USDZ ファイルをダウンロードする方法である。この手法は、授業の前に端末へデータをダウンロードする時間が必要となるが、オフラインで使用

できるメリットがある。なお、40 台の iPad にデータを送信する時間は、およそ 30 分程度だった。

このように、本 3DCG 教材は教室環境によって柔軟な対応をすることが可能である。

(3)3DCG 水害ハザードマップの教材的特徴

図１を見ると、水害ハザードマップに表示された浸水想定区域は、周囲よりも標高が低い場所であることが読み取れる。このことから、地形と浸水想定区域の対応が理解しやすい教材であることがわかる。この特徴は、読図ができない小学生を対象とした場合でも、浸水が想定される場所を理解することに有用であると考えられる。

(4)3DCG 地震動予測地図の教材的特徴

図２を見ると、今後 30 年間に震度 6 に見舞われる確率が、標高と相関している様子が読み取れる。地形は地質と密接な関係があり、河川沿いの低地は比較的新しい地層が分布しており、山地は比較的古い地層が分布している。そのため、標高と地盤の安定性が相関しているように見える。この特徴は、地質と地形の関係を考える際に、有用な可能性がある。

付記

本研究の一部は、東邦大学額田奨学金、下中助成金、JSPS 科研費 23H05098(代表者：飯田和也)の援助を受けた。また、教材作成方法は、右図のリンク先のサイトを参照した。

https://sites.google.com/site/jouetsuargroups/トップ/07 立体ハザードマップ

文献

飯田和也・久保田善彦(2023) ：都市部における浸水域の地形要因を理解するための 3DCG 教材の開発とその評価. 科学教育研究, **47(4)**,印刷中

村山良之, 桜井愛子, 佐藤健, 北浦早苗, 小田隆史, 熊谷誠 (2021) ：地形とハザードマップに関するオンライン教員研修プログラムの開発── 学校防災の自校化のために──. 季刊地理学, 73(2) , 94-107

宇根寛, 村山良之 (2021) :地域の災害リスクをどう教えるか: 地形を踏まえてハザードマップを読む. 科学, 91(5) , 444-448

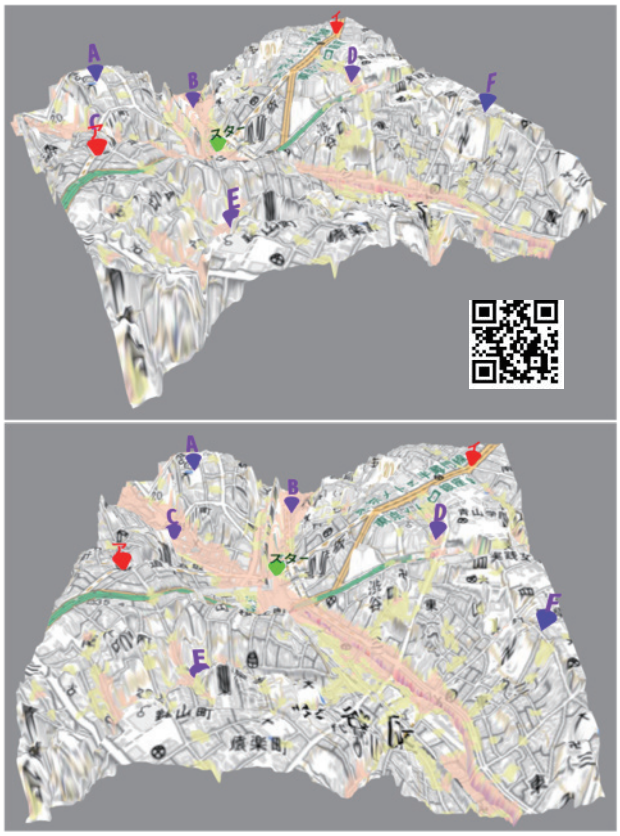


図１　渋谷周辺の水害ハザードマップ（https://skfb.ly/oHNWx）

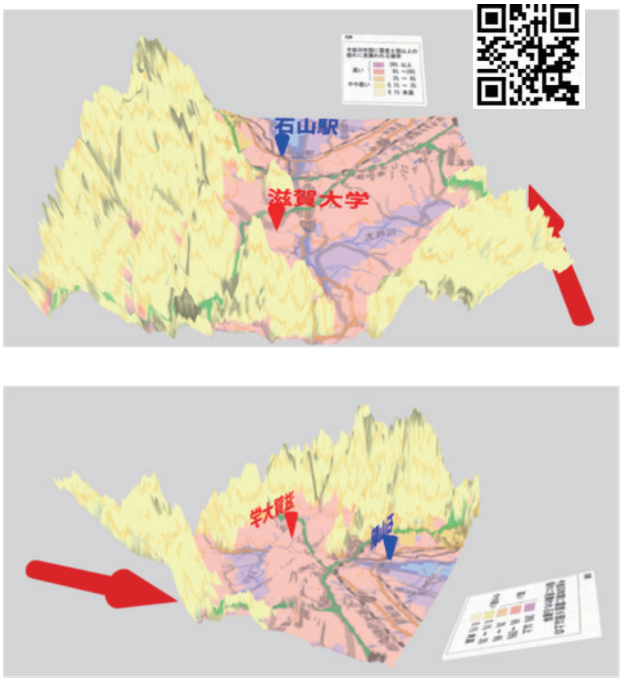


図２　滋賀大学大津キャンパス周辺の確率的地震動予測地図（https://skfb.ly/oJCVQ）

作る，測る，計算する：貝塚市子ども博士育成事業での天文講座

Make, Measure, and Calculate: Astronomy Course at the Kaizuka City Little Science Program

○富田晃彦[1]，秋山演亮[2]
Akihiko TOMITA[1]，Hiroaki AKIYAMA[2]
和歌山大学[1,2]
Wakayama University[1,2]
e-mail: atomita@wakayama-u.ac.jp[1]

概要：貝塚市子ども博士育成事業での天文講座で，天体の観測の基礎となる角度の測定やそれをもとにした物体の大きさの測定，そして天体の動きについて，模型や機器を作り，その操作と計算から体験的に時空間を把握する実践を行った．小学校 5,6 年生 5 人を対象とした 2023 年の実践を報告するとともに，自由記述の感想から，どのようにねらいが達成されたのか考察する．

キーワード：貝塚市子ども博士育成事業，善兵衛ランド，天文教育，宇宙教育

1． はじめに

関西国際空港の近くにある大阪府貝塚市は，将来専門分野で活躍できる人を育てようと「子ども博士育成講座」を 2022 年度から始め，貝塚市の子どもたちを対象に，天文学などの分野において外部による講座を開いている．講座全体は，貝塚市教育委員会教育部社会教育課がお世話をくださっている．このうち天文学の講座は，貝塚市にある望遠鏡博物館「善兵衛（ぜんべえ）ランド」を会場に開かれている．善兵衛ランドは，江戸時代後期に活躍した貝塚市出身の科学者，岩橋善兵衛を記念した博物館である．岩橋善兵衛は望遠鏡の製作法を研究し，多数の望遠鏡を製作し，そして天体観測を行った．善兵衛ランドには口径 60 cm の反射望遠鏡があり，観望会を始め，多様な科学教室が開かれている．2023 年度の子ども博士育成講座の天文学の講座は 5 月から 7 月にかけて土曜日不定期に 5 回のワークショップで行われ，講師はこの発表の著者 2 人が担当した．講座でじっくり体験してもらうために 5 人の定員で，2023 年度は小学校 5,6 年生の男子 1 人と女子 4 人が受講生となった．いずれの回も午前 10 時から 2 時間の時間で開催し，保護者の方が参加された場合が多く，実質的に親子での講座の形になった．

この講座では，天体の観測の基礎となる角度の測定やそれをもとにした物体の大きさの測定，そして天体の動きについて，模型や機器を作り，その操作と計算から，「天の文」を読んで，体験的に時空間を把握することを目指した．これは宇宙空間内での自分の位置の把握という点で，宇宙教育としても大変重視しているものである．この発表では，2023 年度の「作る，測る，計算する」体験的活動を通した天文・宇宙教育の実践を報告する．

2． 体験活動の内容

5 回のうち，前半 2 回は秋山が担当で，離れたところから物体を見込む際の角度に焦点を当て，その測り方を体験させたり（図 1），善兵衛ランドの構内の照明をノーモンとして使った日時計（図 2）で時刻，そして観測地の経緯度を知る方法について体験的に説明した．また，火星を例にとり，惑星軌道を描く実践も紹介した．科学史的な観点を含め，いかにして私たち人類は，手の届きようがない「天」に対し，その「文」を読んで時空間の図を描いてきたかを体験してもらうことをねらった．

図 1 物体を見込む際の角度を測る体験

後半 3 回は富田が担当で，特に 2 回は，簡単な工作で測定機器や模型を作ることを取り入れた．国際天文学連合の教員研修プログラム NASE（ナセ）での体験的教材から，星座の日周運動と太陽の日周運動を，観測地の緯度に応じて模型を操作して理解するものの作成と実践の回と，角度測定器や簡易四分儀を作成して，実際に部屋の中のもの

の大きさを離れたところから測る実践の回を持った（図 3,4）．三角比は使わないが，測った角度で相似形の図形を作図し，そこから対象物の大きさを算出した．親子含めて受講生が独立に測定し，そのデータセットから，もっともらしい値を得る工夫も紹介した．図工と算数や統計を取り入れた STEAM 教育の例にもなった．

図 2 構内の照明をノーモンとした日時計

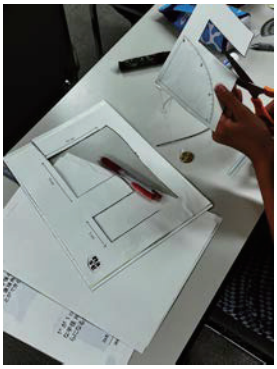


図 3 受講生が簡易四分儀を作成しているところ

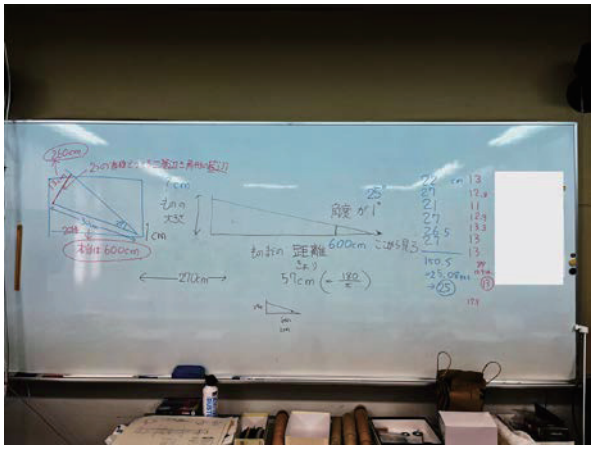


図 4 角度測定器で幅を計ったホワイドボード

３． 参加児童からの意見をもとにした議論

毎回の講座終了後，自由記述で簡単な感想を受講の小学生からもらっている．秋山の担当の回では「六分儀についてもっとくわしく知りたいと思った．ギリシャ時代が現代と比べてどのように発展しているかを知りたいと思った」といった感想があり，科学史的な観点での興味喚起があったことがうかがえる．また，「地球とわく星の関係がわかった」「今回は火星だったけれど，他の惑星についてもやりたいです」など，小学生には難解な課題だったにもかかわらず，体験を通した満足度の高さがうかがえる．

富田の担当の回では「工作がたのしかった．緯度で星ざや太陽の位置が分かるからおもしろい」「自分たちから見て何があるかとか，他の国から見るというのがおもしろかった」という感想があり，NASE の教材の特徴がここに出ている．NASE は世界を回って実践している教員研修であり，違う場所（緯度）では天体の動きがどう違うのかにも焦点が当てられている．簡単な教具だが，グローバルな教材であることが小学生の感想からもうかがえる．また，「四分儀を作るのが楽しかったです」「メジャーとかではかるんじゃなくて，遠くから見れるのがおもしろかった」といった感想から，離れたところから物の大きさを計る方法への興味喚起，そしてその技能獲得の手ごたえがあったことがうかがえる．

講座では毎回，親子が一緒に活動しており，保護者が受講生の小学生にとって，いい助言者なっていた．また，保護者も，角度を測る，観測地の緯度に応じた天体の動きなど，あらためての発見を楽しんでいただいていた．大人が楽しんでいるということが，小学生にとってもいい環境だったように観察できた．

直接手にすることができない時空間でも，工夫によって計ることができるということは，地学教育において，その中の分野を越えて共有できる基盤的なものだろう．高校理科で地学がなかなか選択されない状況下，小学校段階からのこのような体験的活動が，地学教育への支持の助けとなることも期待したい．

NASE（Network for Astronomy School Education）は国際天文学連合の中等教育向け教員研修のプログラムのひとつで，スペインの Rosa M. Ros 氏を代表，アルゼンチンの Beatriz García 氏を副代表とし，世界の多くの学校教員や天文教育の研究者で組織されている．2009 年の世界天文年 2009 の時から活動を開始し，これまでに 300 回を超える研修会を世界各地で開き，1 万人近い学校教員が参加している．
http://sac.csic.es/astrosecundaria/en/Presentacion.php

STEAM 教育の視点を取り入れた自然相互のつながりと人間の関わりの学習

Learning about Natural Connections and Human Relationships from the Perspective of STEAM Education

杉田　泰一
Taiichi SUGITA
広島大学附属中・高等学校
Hiroshima University High School
e-mail:tsugita@hiroshima-u.ac.jp

概要：STEAM 教育の視点から「変動する地球に生きるための素養」を構成する 3 つの素養を捉え直し，身近な地形が複数の自然事象のつながりの中で形成されたことのほか，そのつながりと人間の関わりを可視化する学習活動を行った．地球システムの認識をもたせ，地学の学習を生活・社会に引き寄せたものへと転換することができた．

キーワード：　STEAM 教育，変動する地球に生きるための素養，地球システム，三角州，エネルギー

1．背景

地球環境の成り立ちは複雑だが，中学校へ入学した生徒は，単純な因果関係で認識していることが少なくない．また，地学に関する学習について「覚えるだけだから簡単だけど面白くない」，「自分と遠くてあまり関りがない」「堅苦しく，研究者しか入っていけない分野」等のイメージをもち，本来身近な自然を遠い存在として捉えている．このような実態の改善と日本学術会議(2020)が提言した「変動する地球に生きるための素養」の育成を目指し，筆者はかつて身近な地域の大地（三角州）や食物（おにぎり）をテーマに，それらを通して地球システムを認識させる中学校理科の授業実践を行ってきた(杉田，2021・2022)．

一方，文部科学省(2021)は，実社会での課題解決を目指す各教科等の横断的な学習において STEAM 教育の推進を謳っている．STEAM 教育の S（Science）の部分に地球システムを位置付け，A（Art）を Liberal Arts と捉えれば，地球システム（自然相互のつながり）と人間の営みの関係を学習することが明確になる．また，その関係の中で自然の恵みの管理・活用，防災減災の対策を考えると，それらは T(Technology)や E(Engineering)とも関係した学習として捉えることもできる．つまり，地球システムの認識育成をベースとした「変動する地球に生きるための素養」は STEAM 教育と関連付けることが可能で，地学教育における STEAM 教育の一つの形を見出すことができる．

そこで，身近な地域の大地（三角州）をテーマにして，STEAM 教育の S をベースにしながら T や E との関連を意識しながら A の要素を加え，地球システムを認識させる中学校理科の授業実践を再構築した．

2．STEAM 教育の視点で捉える「変動する地球に生きるための素養」

「変動する地球に生きるための素養」は，①自然に親しみ，地球のしくみや営みを理解すること，②自然がもたらす恵みを適切に管理し，活用できるようになること，③災害から身を守る対策と行動を自己判断できるようになることである．これらについて，STEAM 教育との関連を暫定的に整理したものが**表１**である．

表１　STEAM 教育と「変動する地球に生きるための素養」の関係（暫定的整理）

		STEAM教育の要素				
		S科学	T技術	E工学	A芸術	M数学
素養	①地球のしくみ	○				○
	②自然からの恵み	○	○	○	○ 長期的	△
	③災害	○	○	○	○ 断続的	○

3．授業計画

広島県広島市の国立大学法人附属中学校第 2 学年の生徒 120 人を対象とした．対象生徒は，第 1 学年「大地の成り立ち」と第 2 学年「気象とその変化」の各単元において，地球システムを構成する各サブシステムを学習した．その際，次の学習を取り入れた．本発表は《ステップ６》の実践である．

《ステップ１》身近な大地の観察（1 年時・全員）

広島市の三角州について地形・地質の観点から観察し，そのでき方を推測する．

《ステップ２》花崗岩に関する講話（1 年時・全員）

広島大学名誉教授の林武広氏を講師として招き，中国地方に分布する花崗岩の多様性に関する話を聞き，中国山地には磁石を引き寄せる（磁鉄鉱を含む）花崗岩があること等を教わる．

《ステップ３》花崗岩の露頭観察（1 年時・希望者）

広島市の三角州の南端，元宇品における風化した花崗岩の産状等を観察する．

《ステップ４》広島市の産業・交通（2 年時・全員）

「気象とその変化」学習後，広島市内に本社を構える自動車製造会社のヘリテージ動画（一般公開）を視聴し，たたら製鉄→ヤスリやハリの手工業→造船→自動車工業の発展史，広島市への原爆投下等について理解を深める．その後，江戸時代から今日までの広島市の特産品，交通網の発達を調べる．

《ステップ５》三角州拡大の開発（2 年時・全員）

広島市の三角州の形成に，たたら製鉄の鉄穴流し，干拓，埋立が関係してきたことを調べる．

《ステップ６》三角州の形成と人間（2 年時・全員）

「広島市の三角州に見る自然どうしのつながりと人間のかかわり」をテーマにして，ワークシートに示した「三角州」と「太陽のエネルギー」・「地球内部のエネルギー」の間に関連する要素を付箋で加え，結ぶ（グループ活動・2 時間扱い）．

4. 実践結果

《ステップ６》で作成した作品（**図１**），学習後の生徒の感想を示す．また，「大地の成り立ち」の学習前，「気象とその変化」の学習後に，①アースシステム教育の理解目標（例えば，五島，2013）を一部改変した質問紙，②地学の学習イメージに関して質問紙による調査を行った．本稿では②の結果のみを示す（**図２**）．7 件法で回答させ，「とてもあてはまる」を 7，「どちらとも言えない」を 4，「まったくあてはまらない」を 1 として回答させた．両調査に回答した数は 119 で，事前の平均値と事後の平均値の差について，清水 (2016)の HAD を用いて，対応のある *t* 検定（有意水準 0.05）による処理をした．いずれも，*df*=118 である．

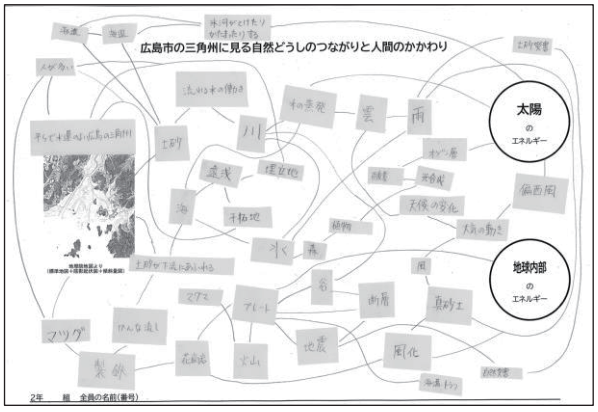
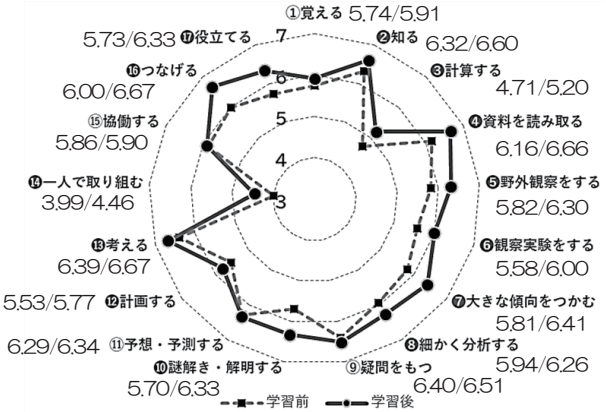


図１　ワークシート完成例

学習後の感想例（点線は筆者による）

地学は日々の日常生活に密着していて，生活に役立つことがたくさんあるなと感じました．また，地球全体の自然のつながりや働きを知ることができて，そんな奇跡のような星で今僕たちはここにいるんだなと感じました．気象のことや地形のことなど，太陽と地球内部の熱からたくさんのことが派生して，すべてが円環をなしてこの地球を作っていると分かりました．（中略）地学には，ストーリーやドラマがあるなと思いました．僕は，そっちのほうがただ覚えるだけでなく想像ができるので好きです．日本に住んでいるからには，日本の地形の多くのことをこれからも教養として知っていきたいなと思いました．



学習前の平均値／学習後の平均値　を示す．
●の項目番号は，$p<.05$ で有意差があったことを示す．

図２　学習前後における地学の学習イメージ

5. 成果と今後の展望

三角州の形成に関わる複数の自然事象を太陽や地球内部のエネルギーへ帰着させてつなげることができた．また，STEAM 教育の T や E と関連した学習を取り入れ，自然（S）と人間（A）の関わりを具体的に整理することができた．そして，地球システムの認識のみならず，地学の学習を「身近なもの」，「考えるもの」，「役立てるもの」等として捉えることができた．本学習は，素養を身に付けた市民育成という点では有効であろう．しかし，T や E に関する革新・創造に特化した専門家育成の点においては，今後，他教科等との連携が必要である．また，生徒が描いたつながりが今後の学習によって，修正されたり深められたりすることが望まれる．

引用文献・参考文献

五島政一(2013)：問題解決能力を育成するアースシステム教育とその教師教育プログラムの開発に関する実践的研究，東洋館，39-41.

文部科学省(2021)：STEAM 教育等の教科等横断的な学習について，https://www.mext.go.jp/content/20230515-mxt_kyouiku01-000016477.pdf（2023.7.24 アクセス）

日本学術会議(2020)：初等中等教育及び生涯教育における地球教育の重要性；変動する地球に生きるための素養として，iii−iv.

清水裕士(2016)：フリーの統計分析ソフト HAD；機能の紹介と統計学習・教育，研究実践における利用方法の提案，メディア・情報・コミュニケーション研究，*1*，59-73.

杉田泰一(2021)：「変動する地球に生きるための素養」を育む身近な大地の探究，日本理科教育学会中国支部大会発表論文集，70，32.

杉田泰一(2022)：中学校理科における「変動する地球に生きるための素養」の育成；「おにぎりは何からできているのか？」を問う，日本地学教育学会第 76 回全国大会島根大会講演予稿集，66-67.

若手天文教育普及ワーキンググループ（わか天）の活動

Activities of Working Group for Education and Popularization of Astronomy in Early-career Stages

○松坂 怜[1]，桑田 敦基[2]，佐藤 優衣[3]，鈴木 悠太[4]，原 直誉[5]，
松井 瀬奈[6]，松尾 たま希[1]，渡邉 良介[1]
（～2022 年[7]：三浦 飛未来，岩本 歩夢，高橋 幹弥，反保 雄介，福富 和沙，増尾 天佑，わか天チーム）
Ren MATSUSAKA[1]，Atsuki KUWATA[2]，Yui SATO[3]，Yuta SUZUKI[4]，Naotaka HARA[5]，
Sena MATSUI[6]，Tamaki MATSUO[1]，and Ryosuke WATANABE[1]
鹿児島大学[1]，東京大学[2]，明治学院大学[3]，愛媛大学[4]，京都大学[5]，名古屋大学[6]，わか天チーム[7]
Kagoshima University[1]，The University of Tokyo[2]，Meiji Gakuin University[3]，
Ehime University[4]，Kyoto University[5]，Nagoya University[6]，Wakaten Team[7]
e-mail: astroforyoung.wg@gmail.com[7] | website: https://wakaten-wg.studio.site/

概要： 天文学や他の基礎研究の教育普及活動は重要である．特にこれらの活動に若手の段階から携わることで，恒久的な教育効果の向上，基礎研究を行う業界全体の意識向上が見込まれる．しかし，若手を対象としたアンケートの調査の結果，教育普及活動に興味はあるが実際に参加経験が少ないのが現状である．そこで，若手天文教育普及ワーキンググループ(わか天)では，若手のスキル向上とコミュニティ構築を目指した，様々なプロジェクトを実施している．

キーワード：天文教育，若手による活動，天文分野

1. はじめに

天文学や他の基礎研究における教育普及活動は，科学の普及と興味喚起，社会への還元，科学的な思考の促進に欠かせない活動である．また，若手がアウトリーチ活動を実施することで，新しい視点やアイデアの構築，活気が生まれ，天文・宇宙のアウトリーチ分野における更なる発展が期待される．

一方で，2021 年度の第 51 回天文・天体物理若手夏の学校で行われたアンケート調査（総回答数 118）によると，「天文・天体物理に関する科学コミュニケーション活動」に興味を持つ若手は 80%以上だが，実際に活動に携わった経験がある若手の割合は 30%以下というのが現状である（図１）．その理由として，「アウトリーチ活動に参加するきっかけがない」「仲間が見つけられない」「活動をどう探せばいいのかわからない」という意見が多くあった．

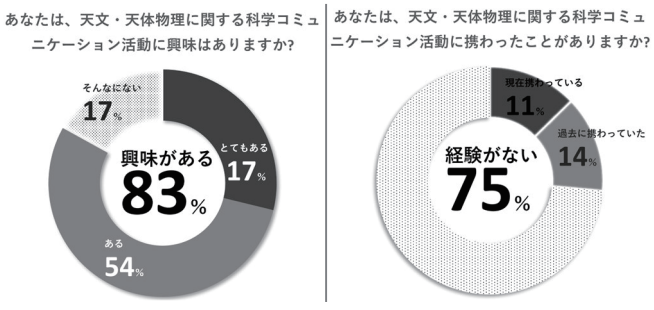


図１ 2021 年度 第 51 回 天文・天体物理若手夏の学校 全体企画「アウトリーチ 2020 年代!」アンケート(回答数:118)の結果．回答者の内訳は B3:1 人，M1:71 人，M2:32 人，D1:9 人，D2:4 人，D3:1 人(2021 年度 第 51 回 天文・天体物理若手夏の学校 全体企画より引用．）

このような実情から，一般社団法人天文教育普及研究会の若手天文教育普及ワーキンググループ（以下，わか天）では，若手同士が研鑽しスキル向上が期待できる環境作りを目指した活動を行っている．具体的には，「天文教育普及活動における若手のスキル向上」，「若手同士のコミュニティの構築」，「ベテランとのコネクション強化」という 3 つの目標を掲げて活動を行っている．本講演では，わか天の設立背景と，これまでの活動を紹介する．

2. わか天，設立の背景

現在，学生などの若い世代が中心となり様々天文や宇宙関連の団体が存在している（例えば，わか天主催の団体交流イベント「宙への扉」などで紹介 ： https://soratobira.studio.site/groups-2023）．熱意ある若手が集まり作られた団体は活発な活動と向上心が見受けられる．さらに，天文・宇宙に関連する活動を志す若手は私たちの想像を超え，潜在的に存在していると考える．

しかしながら，そういった若手は有識者に比べ天文分野の知識の低さと天文教育普及活動関係者のコネクションの低さから，活動への第一歩を踏み出すことに抵抗を感じている人も少なくない．また，星空案内人講座，宇宙教育リーダープログラムといった天文・宇宙教育普及活動の基礎的な力をつける機会はあるものの，そこで得た学びを生かせる機会は依然として多くはない．

自ら企画したり立ち上げたりする若手もいるが，知識や経験の不十分から大変な時間と労力を費やす．それは天文分野に限らず「科学コミュニケーションや広報」などのスキルの必要性が伴うからである．これらの背景より，天文や宇宙関連の活動に携わる若手が自立して活動の質を高めていく(スキルアップできる)環境を構築したいという思いから 2020 年 5 月に本WG(わか天)が設立された(三浦ほか 2019)．

3. わか天の活動

わか天の主な活動は天文教育普及活動に携わる，または携わろうとしている若手を対象にした研修(勉強)会及び交流の機会を設けることである．研修会では毎回テーマを変え，専門性に特化した内容設定を行い，講師を招いて講座を行う．また，研修会のプログラムのなかに若手同士が交流し意見交換ができるものを組み込む．さらに若手同士のコネクション構築のため，研修会だけでなく年会などで若手対象のオンライン情報交換会も設けていく(図 2 を参照)．

図 2 わか天の活動に関する概念図．わか天が誰にどの様なアプローチをするか簡単に示している．

これらの目的を達成するために，「企画交流プロジェクト」「研修会運営プロジェクト」「意識調査プロジェクト(2021 年度まで)」「若手合宿プロジェクト(2023 年度より)」を立ち上げ，様々なイベントを実施してきた．その中でも得に企画「研修会運営プロジェクト」と「交流プロジェクト」について紹介する．

3.1 「研修会運営プロジェクト」

研修会運営プロジェクトでは“天文教育普及活動に必要なスキルの修得”を目指して様々な活動を行ってきた(表 1)．それぞれの研修会では，より専門的な内容を扱うために外部講師を招いて講演会を 1 時間～2 時間程度実施した後に，テーマに沿った議論を行っている．非常に白熱した議論が繰り広げられ，天文教育普及活動に関する新たな視点の発見や，ノウハウの共有ができた．これまでの研修会は一部，映像としてアーカイブ化され誰でも視聴することが可能である．

3.2 「企画交流プロジェクト」

企画交流プロジェクトでは，天文教育普及に関わる若手個人や団体に焦点を当て，その活動を気軽に話す・聞く場や交流機会の提供をするためのイベントを開催している．中でも「若手の天文〇〇を聞いてみよう！」(表２中)では，幅広い分野・年齢層の交流・コラボレーションを生み出すために，定期的なオンラインイベントを実施してきた(詳しくは，高橋ほか2022)．これらの内容に関しても，アーカイブ化され誰でも視聴することができる．また，企画交流プロジェクトで開催してきたイベントにより，異なる団体間での新しい企画の立案なども行われている．

表 1 これまでに，わか天で実施してきた研修会の一覧

	開催日	イベント名	講師(敬称略)	参加者(人)	アーカイブ動画
研修会	2021/2/22-23	若手のためのオンライン研修会～天体観望会をデザインしよう～	伊藤うらら	22	○
	2021/7/5	第1回わか天研修会「観望会のユニバーサルデザイン化を考えよう」	野寺凜	20	×
	2021/9/24	第2回わか天研修会「学生から始める地域連携観望会」	わか天	16	×
	2021/11/28	第3回わか天研修会「オンラインでの天文教育・普及活動」	鈴木雄大	13	×
	2021/12/19	オンライン講演「ビジターサーベイの勧め：天文教育普及活動に参加する市民をより深く理解するために」	加藤直子	33	×
	2022/9/24	オンライン講演「学校教育から生涯(社会)教育へ、学びの継続のために」～天文教育普及活動における、教育の方法と役割～	宮本孝志,前田昌志	40	○
	2023/4/24	オンライン講演「社会は研究者に何を求めるか」～アウトリーチ活動を通して感じたこと～	島袋隼士	20	○
	2023/5/20	「〇〇 × 宇宙 = 無限大!? ー 2023 revision ー」	新井総	17	×

表 2 これまでに，わか天で実施してきた交流イベントの一覧

	開催日	イベント名	講師(敬称略)	参加者(人)	アーカイブ動画
交流イベント	2021/4/24	宙への扉 -全国宇宙系合同新歓-／第2回全国宇宙系団体交流会	-	-	×
	2021/8/3	第3回全国宇宙系団体交流会	-	-	×
	2021/12/17	若手の天文〇〇を聞いてみよう！ 第1回「研究」	反保雄介,高橋幹弥,鈴木雄大	44	○
	2021/4/17	第2回 宙への扉 -全国宇宙系団体の学園祭- /宇宙系団体交流会	-	-	×
	2022/5/6	若手の天文〇〇を聞いてみよう！第2回「様々な視点からの研究」	増尾天佑,澤田幸輝	30	○
	2022/10/21	若手の天文〇〇を聞いてみよう！第3回「研究」	平野佑弥,リコット	30-40	○
	2023/3/17	若手の天文〇〇を聞いてみよう！第4回「研究&地域創生」	鈴木悠太,塩田成陽	30-40	○
	2023/3/29,30	宙への扉 -全国宇宙系団体の学園祭-	-	25-30	×

4. おわりに

わか天では「学校教育から生涯教育へ、学びの継続のために」というテーマでの教育に特化した研修会も行っている(表 1)．このような活動を通して得た知識や情報をもとに将来的には“教育論文”として出版することができるよう活動を行いたい．

参考文献

三浦飛未来(2019)：天文教育普及で生きていく～日本天文教育普及研究会で若手を育てる～，2019 年天文教育普及研究会年会集録，47-49.

高橋幹弥・松岡義一・反保雄介・鈴木雄大(2022)：若手の天文〇〇を聞いてみよう！開催報告，天文教育, 34 (4), 28-31,

過去の参加メンバー

伊藤心, 岩渕陽太, 太田明日夏, 奥雄大郎, 菊地原正太郎, 鈴木雄大, 妹尾梨子, 谷口加奈子, 敏蔭星治, 贊仁美, 沼のりか, 野寺凜, 橋山らん, 若月久夢

火山防災についての STEAM 教材の開発

Development of STEAM teaching materials on volcano disaster prevention

ーMESH を活用した火山観測システムの理解を目的とした教育実践に向けてー

-Educational Practices for Understanding Volcano Observation Systems Using MESH-.

○佐藤真太郎
Shintaro　SATO
京都ノートルダム女子大学
KYOTO NOTRE DAME UNIVERSITY
e-mail: ssato@notredame.ac.jp

概要：
本研究では，火山噴火を STEAM の各要素から捉え，カリキュラム・マネジメントを意図し，再構築した学習計画の基，火山観測システムの理解を目的とした授業を行うための教材を開発した。学習計画は，Technology と Engineering で火山の観測方法を扱い，観測データの理解には， Mathematics で獲得した力を活用する。そして，Science で火山噴火の現象面を理解する。
今後，開発した教材及び学習計画を通して，小学校及び中学校で，授業実践を行い，その教育的効果を検討する予定である。

キーワード：火山防災教育，STEAM 教育，プログラミング教育

1. 研究の目的

STEAM 教育とは， Science （理科・科学），Technology （工学）， Engineering （技術），Mathematic（算数）の頭文字である STEM に ARTs（芸術・リベラルアーツ）を加えた，文理融合的な教育のことである。近年，STEAM 教育は，学校教育においても注目されている。令和 3 年 1 月 26 日「令和の日本型学校教育」の構築を目指して～全ての子供たちの可能性を引き出す，個別最適な学びと，協働的な学びの実現～（答申）」では，カリキュラム・マネジメントを踏まえ，実社会の課題解決に向けて必要な資質・能力育成のため，高等学校だけでなく，小・中学校においても STEAM 教育に取り組む必要性が述べられている（中央教育審議会，2021 ）。

また，自然災害に関わる STEAM 教育の取組も報告している。佐藤・藤岡（2022）は，水門など，水害やその防災に関連した内容を STEM の特性から捉えた授業計画の基，自然災害に関連したプログラミング教育で育む資質・能力の育成をねらいとした教育を実施し，プログラミング教材を活用することで体系的な防災教育が可能であることなどを報告している。

一方，国内における火山防災教育上の課題として，防災と連動した知識が求められており，噴火警戒レベルの意味を正しく理解するなど，カリキュラム・マネジメントを意図した教育内容の再構築を行う必要があるなどの課題が考えられる。実際に，中学校学習指導要領（平成 29 年告示）解説理科編には，噴火警戒レベル等も取り扱うことが新たに記載されている（文部科学省，2018）。その課題解決方法の一つに，火山活動に関わる STEAM 教育に期待できる。

以上のことから，本研究では，火山防災についての STEAM 教材を開発することを研究の目的とした。

2. 研究の方法

火山の防災・減災システムを理解するためのプログラミング教材を開発した。具体的には，プログラミング教材「MESH」を活用して，火山モデル上に，火山噴火からの被害を減らすための火山観測機器を設置し，プログラミングを行う授業である。

次に，カリキュラム・マネジメントの視点から，火山について，Science（理科・科学），Technology（工学），Engineering（技術），Mathematic（算数），ARTs（リベラルアーツ）の 5 つの観点から捉えた授業計画を作成した（表 1）。具体的には，Technology については，火山観測について取り扱う。監視カメラによる「遠望観測」，地震計による火山体及び周辺で発生する火山性地震や火山性微動で捉える「震動観測」，地盤の傾斜変化等を捉える「地殻変動観測」，地中温度の観測など，「熱観測」について学習する。

表１　火山防災についての STEAM 教育の学習計画

STEAM	時間	学習内容
Science	2	火山の噴火現象について理解を深める。
	1	火山噴火からの被害を減らす方法について理解を深める。
Technology	1	フィールドワークを通して火山観測について理解する。
Mathematic	1	火山観測データについて理解する。
Technology	1	火山観測の方法について考える。

Mathematic では，火山観測データを読み取る活動を行う。そして，Science では，従来から学習してきた火山活動取扱いの内容に加え，火山性地震や火山性微動についても理解する。その上で，Engineering（技術）として，ARTs（リベラルアーツ）の要素を踏まえ，火山の防災・減災システムを理解するプログラミング教育に取り組む。

3. 教材の開発

開発した，火山の防災・減災システムを理解するプログラミング教育を行うための火山噴火モデルは，MESH 及び，火山噴火モデルから成る（図 1）。

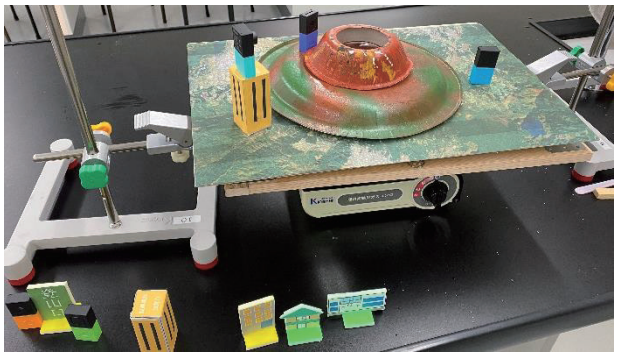


図１　MESH を活用した STEAM 教育教材

火山噴火のモデルは，ビーカーに油とポップコーン（爆裂種）を入れて加熱することでポップコーンを爆ぜさせた。ポップコーン（爆裂種）は，加熱により，内部で水蒸気が発生し，皮を破り爆ぜるが，これは，マグマ内の水蒸気が膨張し，新鮮なマグマ物質を上空に放出し，空中飛行中に表面が冷却固結し，回転楕円形で飛ばされる火山弾の形成過程と類似する。

このポップコーン（爆裂種）が噴出する（噴火）を察知するためにMESHブロック（火山観測システム）を活用する。

MESH ブロックは振動を感知するセンサー（震動観測），焦電型赤外線センサー，温度・湿度センサー（熱観測）等を使用する。

火山性地震など，噴火の現象を踏まえて児童・生徒が MESH ブロックを選択し，火山噴火モデルに MESH ブロックを設置し，プログラミングを行い，噴火現象を捉える授業である。

4. 結果と考察

まずは，教員養成課程に所属する大学生を対象に MESH を設置し，プログラミングを実施している時の学習者の対話を IC レコーダーと iPAD で記録した情報を基に分析した。その結果，火山性地震や地表温度の高まり，噴火した火山弾（ポップコーン）など，火山噴火に関わる現象を踏まえて，災害からの被害を減らしたり，災害の状況を伝えたりする手立てを考えることができていた。

5. まとめと今後の課題

今年度，東京都内の小学校及び中学校での授業実践を行うことが既に決まっている。

今後は，授業実践を通した教育的効果を検討し，改めて教材を活用した授業の教育的効果について報告を行いたい。

文献

文部科学省(2018)：中学校学習指導要領（平成 29 年告示）解説理科編，学校図書,183.

佐藤真太郎・藤岡達也（2022）：自然災害に関わるプログラミング教材の活用－防災教育と連動した STEM 教材の開発と実践による教育的効果の検討－,理科教育学研究,62 巻 3 号，611-620.

中央教育審議会（2021）：「令和の日本型学校教育」の構築を目指して～全ての子供たちの可能性を引き出す，個別最適な学びと，協働的な学びの実現～（答申）」1-92.

中高「理科」教免取得を目指す学生の日の出・日の入り観察経験の実態

The actual conditions of sunrise/sunset observation experiences
of the teacher-training course students to obtain a teacher's license of RIKA

○根本　泰雄[1]
Hiroo NEMOTO[1]
立命館大学[1]
Ritsumeikan University[1]
e-mail: nemo@fc.ritsumei.ac.jp[1]

概要：中高「理科」教員免許状取得を目指す学士課程学生の自然体験の実態を把握するためアンケート調査を行った．日の出，日の入り観察経験に関しては，有効回答数 93 名に対して，日の出を１回も見たことがない学生が 13.8%，日の入りを１回も見たことがない学生が 8.5%であった．一方で，日の出を８回以上見たことがある学生が 43.6%，日の入りを８回以上見たことがある学生が 64.9%であった．しかしながら，日の出，日の入りの季節による方位の認識は不十分である学生がほとんどであった．

キーワード：　自然体験，日の出，日の入り，学士課程学生，方位認識

1.　はじめに

小中学生の日の出，日の入り観察体験に関して例えば川村学園女子大学子ども調査研究チーム（2004）は，日の出や日の入りを見たことが１回もない児童生徒の割合が，

小学５年生 53.6%，小学６年生 49.1%，

中学１年生 50.7%，中学２年生 47.0%，

であると報告している．

金井・久保田（2017）は，季節による太陽の日周運動の変化を学習した中学３年生を対象とした調査を行い，日の出，日の入りの方位と季節との関係を正しく理解している生徒の割合が 32.6%であったと報告している．

その後，学年が上がるとどのような変化が生じるのであろうか．そこで，日の出，日の入りの体験を問う質問も含めた，中学校・高等学校「理科」教員免許状の取得を目指す学士課程学生の自然体験の実態を把握することを目的としてアンケート調査を行った．本講演では，地学領域に関係する質問のうち，この日の出，日の入りに関しての結果を報告する．

2. アンケート調査

アンケート調査は複数年に亘り R 大学の学生を対象として実施し，中高「理科」教員免許状取得を希望している学士課程２回生 74 名，３回生以上 19 名が回答した．年度別の内訳は**表１**の通りである．

表1　年度別アンケート調査対象学生の学年構成

	2020	2021	2022	2023
２回生（人）	16	8	21	30
３回生以上（人）	6	9	2	2

調査に用いた質問文を以下に示す．

質問：

これまでの人生において，日の出を見た回数，日の入りを見た回数をそれぞれ選んでください．

1. １回もない
2. １回ある
3. ２～４回ある
4. ５～７回ある
5. ７回以上ある

（注：７回と思う人は４，８回以上と思う人は５と答えるように指示を出した．）

3. 調査結果

アンケート調査の結果を**表２**，**表３**に示す．日の出を１回も見たことが無いと答えた学生が 93 名中 13 名（13.8％）（**表２**），日の入りを１回も見たことが無いと答えた学生が 93 名中８名 (8.5％) (**表３**) であった．ちなみに，いずれも見たことが無いと答えた学生は，2020 年度は０名，2021 年度は２名，2022 年度は２名，2023 年度は１名で合計５名 (5.4%) であった．

表2　年度別アンケート調査結果（日の出）

	2020		2021		2022		2023		合計	
	人数	割合 (%)	人数	割合 (%)	人数	割合 (%)	人数	割合 (%)	人数	割合 (%)
1	1	4.5	3	17.6	7	30.4	2	6.3	13	13.8
2	2	9.1	1	5.9	3	13.0	4	12.5	10	10.6
3	7	31.8	4	23.5	5	21.7	6	18.8	22	23.4
4	3	13.6	2	11.8	0	0.0	3	9.4	8	8.5
5	9	40.9	7	41.2	8	34.8	17	53.1	41	43.6

表3　年度別アンケート調査結果（日の入り）

	2020		2021		2022		2023		合計	
	人数	割合(%)	人数	割合(%)	人数	割合(%)	人数	割合(%)	人数	割合(%)
1	1	4.5	3	17.6	2	8.7	2	6.3	8	8.5
2	1	4.5	0	0.0	0	0.0	1	3.1	2	2.1
3	5	22.7	1	5.9	3	13.0	5	15.6	14	14.9
4	1	4.5	2	11.8	2	8.7	4	12.5	9	9.6
5	14	63.6	11	64.7	16	69.6	20	62.5	61	64.9

4．考察

川村学園女子大学子ども調査研究チーム（2004）による小学５年生から中学２年生の結果と比較するなら，日の出も日の入りも見たことが１回もない学生の割合は約5.4%と1/10程度となっているように読み取れる．一方，８回以上見たことがある学生の割合を比較すると，日の出 43.6%，日の入り64.9%と 20%強の違いが生じていることが読み取れる．高校生以上になるとクラブ活動などにより下校時間が中学生までより遅くなるため，西の空が開かれた学校などで生活していた学生は日の入りを見る機会が増えたことが原因の一つとして考えられる．一方で，日の出は起床時間と関係することから，日の出前に家を出る生活を送る経験のある学生以外は，自然に（意図せず）観察する機会が限られると考えられる．また，日の出も日の入りも，中学３年生時に天文の授業を受けたことが影響している可能性もあり得る．よって，日の出，日の入りを見た経験が生じた理由を知りたい場合は，どのような場面で経験したのかも併せて質問することが必要であると考えられる．

2021年度，および2022年度には，本アンケート調査実施後に，冬至の日の日の出，日の入りの方位，夏至の日の日の出，日の入りの方位を尋ね，数人のグループで議論して貰った後に発表して貰った．発表内容からは，季節により方位が異なることは，恐らく知識として持ち合わせているようではあるが，方位の違いは，真西，真東からみてせいぜい10度前後南，および北にずれているだけとの認識であった．もちろん，育った（観察した）地域で方位は異なるが，R大学の所在地で考えて貰ったところ，経験知から答えられた学生は皆無であった．計算により求められる自信があるかを尋ねたところ，挙手した学生は皆無であった．

授業を行っている教室を中心として，冬至の日の日の出，日の入り方向の図（**図1**，原図はカラー）を示し，同時に夏至の日の日の出，日の入り方向の図（**図2**，原図はカラー）を示したところ，想像以上に方位が異なっていることに驚いている様子を

図1　R大学から見た冬至の日の日の出，日の入りの方向（上が北）地図はGoogle Mapより

図2　R大学から見た夏至の日の日の出，日の入りの方向（上が北）地図はGoogle Mapより

見せる学生が大半であった．定量的に日の出，日の入りの方位に関する認識を把握するためには，アンケート調査の方法を改善する必要があることを示していると考えられる．また，教員養成段階にて，正しく認識できるようにするための教材開発等を行うことが今後求められているといえる．

5．まとめ

中高「理科」教員免許状の取得を目指す学生の自然体験の実態を把握するため，複数年度に亘りアンケート調査を行った．本調査中に含めた日の出，日の入り体験の回答をまとめた結果，小学５年生から中学２年生と比べると，未体験の人の割合が1/10程度となっていることが判明した．一方で，季節による日の出，日の入りの方位の違いに関する経験知からの認識が不十分であることも示唆された．この認識の程度を定量的に調べ，教員養成時に必要となる教材を開発していくことが今後の課題である．

文献

金井 司・久保田義彦（2017）：季節による太陽の日周運動の変化の認識に関する研究，日本科学教育学会研究会研究報告，31(6)，35-40.

川村学園女子大学子ども調査研究チーム（2004）：子どもたちの体験活動等に関する調査研究のまとめ，66p.

火山噴火の減災に資する実験教材の効果検証

Testing the Effectiveness of Experimental Materials for Volcano Disaster Prevention
富士山を事例としたパイロット研究
A Pilot Study at Mt. Fuji

○三ツ井　聡美[1, 2]，久保　智弘[2]，亀谷　伸子[2]，本多　亮[2]，林　龍樹[2]，
篠原　良典[2]，藤巻　桂吾[3]，吉本　充宏[2]
Satomi MITSUI[1,2], Tomohiro KUBO[2], Nobuko KAMETANI[2], Ryo HONDA[2], Tatsuki HAYASHI[2],
Yoshinori SHINOHARA[2], Keigo FUJIMAKI[3], Mitsuhiro YOSHIMOTO[2]
森林総合研究所[1]，山梨県富士山科学研究所[2]，富士河口湖町教育センター[3]
Forestry and Forest Products Research Institute[1]，Mount Fuji Research Institute, Yamanashi Prefectural Government[2]，Fujikawaguchiko Town Education Center[3]
e-mail: mitsuisa@ffpri.affrc.go.jp[1]

概要：
火山噴火の減災には，火山現象の知識をもとに的確な避難行動をとれるようにする教育が重要である．本研究では富士山を例に，実験教材を使った授業がこの意図に寄与するのかを検証するための質問調査を実施した．その結果，授業後は噴火への過度な恐れが減少傾向にあった．また，授業で火山現象の基礎知識が伝達された一方，危機回避能力や災害への備えに対する態度にはほとんど変化が見られなかった．知識と自身の行動を結びつけるためには授業内容の更なる工夫が必要だと考えられる．

キーワード：　火山防災，防災教育，実験教材，富士山，科学コミュニケーション

1. はじめに

(1) 背景と目的

自然災害の減災には，主体的に行動する態度を育成する教育が重要である（文部科学省,2019）．しかし火山噴火に関する教育では，火山現象と的確な避難行動をイメージし難いという課題が指摘されている（永田・木村，2016）。この状況を改善するためには，模擬実験を使った授業が有効である可能性がある（佐藤・境，2010；田中ほか，2018）。

そこで本研究では，模擬実験を使った授業を小学校で実施し，アンケートおよびクイズ形式の設問を用いて授業による火山現象の理解と避難行動の効果を評価することを試みる．これにより，授業内容の改善策を考察し，火山噴火の減災に寄与することを目指す．

2. 方法

(1) 授業の実施対象と効果検証の概要

実験授業は，2022 年 11 月 11 日に富士山の麓に位置する富士河口湖町立勝山小学校 6 年生の児童を対象に，山梨県富士山科学研究所の研究員が講師となって実施した．児童には各自のタブレット端末より，授業前の 11 月 10 日と授業後の 11 月 24 日に Google Forms を用いたアンケートとクイズに回答するよう求めた．

(2) 実験教材を使用した授業の流れ

授業は，富士山科学研究所が提供するプログラムに沿って行われた（Kubo et al., 2022）．まず写真を使いつつ溶岩流や火山灰，火砕流などの火山現象を紹介後，富士山の写真や赤色立体地図から火口の場所を見つけるといった座学を通し，火山に関する基礎知識を学んだ．その後 5~6 人の班に分かれて富士山立体模型上で想定した任意の火口から溶岩流の流れを予測し，溶岩流に見立てたシャンプー液をスポイトで垂らす模擬実験を行った（図 1）．どういったところに溶岩流が流れるのか，どう避難すれば良いのかを考察した．また，地質図と比較して過去の噴火で流れた溶岩流の到達範囲を確認した．続いて，火山の垂直断面の模型を 2 枚のアクリル板で挟んだ簡易水槽に水を張り，比重の異なる入浴剤を用いて火砕流と火山灰を再現する実験を行った（図 1）．火砕流の早い流れや広範囲に降る火山灰の動きを確認した．その後，全体で集合して，振り返りと噴火への備えや噴火発生時の避難行動を考えるまとめの時間がとられた．

図 1　溶岩流（左）と火砕流・火山灰（右）の模擬実験

(3)　アンケートとクイズの設計

授業前後の富士山の噴火に対する認識を把握するために 5 段階評価のアンケートを 5 問提示した（表 1）．また，主体的に行動する態度の育成に関する教育効果を評価するために，a. 現象を理解する基礎知識, b. 危機を予測し回避できる能力, c. 日常的な備えや防災活動への意欲を持つこと，という 3 つの軸を設定し, 関連する内容の 2 択または 3 択のクイズを合計 15 問提示した．クイズについては最も望ましい回答をした場合を 1 点とし，その他の回答および無回答には 0 点を割り当て，a, b, c の 3 軸の得点を各 5 点満点で算出した．授業前後の得点差を確認し, 有意水準 5%でウィルコクソンの符号付順位検定を実行した．

3.　結果

授業前後のアンケートおよびクイズの回答が揃って得られた 34 名分を分析に用いた．富士山の噴火に対する認識については，表 1 の①，②より，「5. とてもそう思う」,「4. そう思う」と答えた人の割合が授業前後ともに 8〜9 割と高く，噴火への不安感を抱いていることが示された. 一方, 授業後は，死と直結する過度な恐れを感じる児童の割合は減少傾向が見られた（表 1③）．防災の意義や対策への意識に関する設問（表 1④，⑤）は授業後に分散が高まった．主体的に行動する態度に関連した a. 基礎知識に関するクイズの得点は，授業前後で有意な差が認められたが, b. 危機回避能力，　c. 備えでは，有意差は認められなかった（図 2）．

4.　考察

児童の富士山の噴火への不安感は高いものの，授業後は過度な恐れが減少傾向にあったことから（表 1①〜③），適切な避難行動で身を守れるという認識をもつ児童が増えたことが示唆される．一方で，噴火への備えによる減災への期待感は必ずしも高まっているわけではなく（表 1④），防ぎきれない被害に対する印象が強く残った児童がいた可能性がある．危機回避能力に関するクイズの得点の詳細を確認すると，得点が上昇した児童がいる一方で，火砕流と溶岩流を混同している児童や火山灰の被害をこちらの意図よりも甚大に捉えている児童の得点が下がっていた．授業実施の際には, 実験ごとの区切りを明確にするなどして, 情報の混乱をさける工夫が必要である．また, 備えに関する結果は授業前後でほぼ変化がなく，知識と行動を結びつけるには，授業内容の更なる工夫と実践事例の蓄積が必要だと考えられる．

表１　アンケートの設問と結果

アンケート設問	実施時期	5段階評価※（%） 1	2	3	4	5
① 富士山はいつ噴火しても	授業前	0.0	0.0	11.8	38.2	50.0
おかしくないと思う	後	2.9	0.0	0.0	17.6	79.4
② 富士山が噴火するかも	授業前	0.0	2.9	17.6	44.1	35.3
しれないと不安に思う	後	5.9	0.0	8.8	47.1	38.2
③ 富士山が噴火したら自分	授業前	0.0	8.8	32.4	38.2	20.6
は死ぬかもしれないと思う	後	8.8	11.8	50.0	14.7	14.7
④ 富士山の噴火に備えること	授業前	0.0	8.8	26.5	14.7	50.0
で被害は小さくできると思う	後	5.9	8.8	17.6	35.3	32.4
⑤ 自分は富士山の噴火にどのよう	授業前	5.9	5.9	44.1	32.4	11.8
な備えをすれば良いか知っている	後	2.9	14.7	20.6	38.2	23.5

※ 5段階評価の1〜5は，「1. 全くそう思わない，2 そう思わない，3 どちらとも言えない，4 そう思う，5 とてもそう思う」を表す
・セルの塗りつぶし箇所は，5%，10%，20%以上の数値の増減があったところを表す

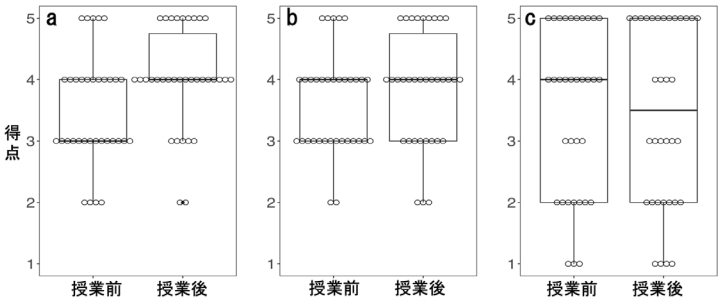


図２　a. 基礎知識，b. 危機回避能力，c. 備えに関するクイズの授業前後の得点（図中の○は児童数を表す）

文献

Tomohiro Kubo, Mitsuhiro Yoshimoto, Ryo Honda, Yasuhiro Ishimine, Yousuke Miyagi (2022) : Development of disaster prevention education support system and disaster response plan for elementary and junior high schools considering regional characteristics, Japan Geoscience Union Meeting 2022

佐藤真太郎・境　智洋(2010) : 児童の火山噴火イメージを変える火山減災教育，北海道教育大学釧路校研究紀要, 42, 109-115.

文部科学省 (2019) : 学校安全資料「生きる力」をはぐくむ学校での安全教育，文部科学省.

永田俊光・木村玲欧 (2016) : 火山災害から「生きる力」を高めるための火山防災教育プログラムの開発，地域安全学会論文集，29, 175-184.

田中健二朗・川上紳一・武藤正典 (2018) : 御嶽火山ハザードマップとの比較が可能な火砕流モデル実験教材の開発と中学校での授業実践，日本科学教育学会研究会研究報告，32(10), 47-52.

誤答から考える大学生の「月の満ち欠け」の理解

University students' understanding the phases of the moon based on their erroneous answers

○大山　真満
Masamitsu Ohyama
滋賀大学
Shiga University
e-mail: ohyama@edu.shiga-u.ac.jp

概要：教員養成課程の大学生に対し，半分色分けした球を中心に置き８方位の位置それぞれから球がどのようにみえるかについて見え方の調査をした．その結果，誤答者の半数以上が極概念が不足していることが分かった．また，回答者と観察者のそれぞれの視線方向が逆向きになると，明暗位置的概念の不足が増えることが分かった．

キーワード：　天文教育，月の満ち欠け，空間認識，球，極，概念

1. はじめに

「月の満ち欠け」に伴う月のみかけの形については，小学６年では太陽と月の位置関係によって月の見え方の形が変わることを学習し，中学３年では月の公転運動も考慮し学習する．この「月の満ち欠け」の単元は，児童・生徒だけでなく，大学生の多くも科学的に理解していないことが報告されている（萩原・小林，2010）．

岡田・松浦(2014）は球に光が当たる方向と逆の半分が陰になることを理解できる概念として半球概念を、図内の観察者を中心にして球を移動させ、半分が光ってみえる２つの月の位置で陰が左右逆になることを理解できる概念として左右概念を、半分が光って見える月の位置から 45 度ずれた月の位置において明暗の境界が曲線になることを理解できる概念を球形概念と定義し、学習指導要領改訂前後の 1985 年と 2007 年当時の小・中学生に対し比較調査を実施した．その結果，球形概念は小学校の天文学習によっても大きく伸び，学習後の定着率も比較的よい一方で，1985 年・2007 年の調査ともに中学３年の約半数が球形概念や左右概念が理解できていないことを示した．

そこで、本調査では，教員養成学部学生を対象として月のみかけ形に関する調査を行い，大学生の「月の満ち欠け」に関する概念形成の現状を探ることを目的とした。

2. 調査と方法

(1) 調査対象

本研究は，国立 A 大学の教員養成課程大学生のうち，2018 年度前期に実施した小学校教員免許取得には必修科目である「初等理科内容学」の受講生を対象とした。

(2)調査内容

左半分が青色、右半分が赤色をした球体を中心に８方位に人（観察者）を配置した図を見せ，各問では８方位の位置から１つの位置を指定し、観察者から球体がどのように見えるかを選択肢から選ぶ問題．選択肢は 24 個の球の姿と「わからない」という選択肢を加えた 25 個である．選択肢に加えた 24 個の球の選択肢は，2017 年度までに大学生が回答してきた誤答から作成した．次に各問のすぐ後に「問題の意味は理解できましたか」と「問題の答えに自信はありますか」の２つを問うた．

(2)調査方法

はじめに問題文および図を講義室のスクリーンに 60 秒提示し，その後，選択肢の画面に切り替えた．選択肢の画面の右上側には，８方位のどの位置から見た姿を問う問題かが分かるように図を表示した．球体問題は計 8 問実施し，同じ思考が続かないように３問，２問，３問のグループに分け，グループ間には別の問題を加えた．回答用紙は調査直前に講義室で配布し，調査後すぐに回収した．選択肢から選ぶ回答時間を各問とも 60 秒とした．

(3)調査時期

調査対象科目は受講生数の関係で２グループに分け，異なる講義室で異なる授業スケジュールで実施していたため，2018 年 4 月 18 日にグループ１を 4 月 25 日にグループ２を調査した．

３．調査結果と分析

(1) 被験者数と分析者数

被験者数は２グループ合計で 201 人であった．本調査では問題の意味を理解し，思考した上での誤りのポイントを探るため，球体の問題文の意味を「理解できなかった」「あまり理解できなかった」を１問でも選択した被験者を除き，残った 182 人を分析対象者とした．分析対象者の内訳は，３回生６人，２回生 23 人，１回生 153 人である．

(2) 球体の概念

本研究では次の４つの概念を定義した．

①赤と青の境界が球の極を通ることを理解できている場合，極概念が形成されていると定義．

②球の赤と青の位置を正しく理解できている場合，明暗位置的概念が形成されていると定義．

③球の赤と青の量の大小を正しく理解できている場合，明暗量的概念が形成されていると定義．

④球の赤と青の色の量の少ない側を見て，色の境界が三日月形であることを理解している場合，凹凸概念が形成されていると定義．

(3) 正面から左右同角度の位置の比較

正面から観察者から左に位置しているか，右に位置しているかで正答者数に違いが見られるか調べるため，左右同角度で McNemar 検定を行った．その結果，左右 45 度間では p=0.70，左右 90 度間では p=1.0，左右 135 度間では p=0.52 となり、左右で有意差がなかった．

(4) 正面から 45 度の位置

左右 45 度の位置から見た球の姿を両方とも正解した人は，182 人中 132 人(72.5%)であった．その他の 50 人の誤答では，赤と青の境界が球の極を通らない球の姿を右 45 度の位置では 34 人，左 45 度の位置では 32 人が選択し，極概念の不足が最も多いことがわかった．次に凹凸概念の不足が多く，右 45 度の位置では 16 人，左 45 の位置では 10 人であった．明暗位置的概念の不足は左右ともに 4 人であった．

正答・誤答と回答の自信について調べた．両問とも正答している 132 人の中で両問とも回答に「自信がある」「少し自信がある」と解答した人は 83 人（全体の 45.6%），両問とも「自信がない」「あまり自信がない」と回答した人は 33 人（同 18.1%）で正答者の４人に１人が両問とも自信を持っていないことが分かった．一方，両問に「自信がある」「少し自信がある」と回答した人の内，11 人（同 6%）はどちらか１つを間違い，９人（同 5%）は両問とも間違いであった．

(5) 正面から 135 度の位置

正面から左右 135 度ずれた位置から見た球の姿を両方とも正解した人は，182 人中 107 人(58.8%)であった．その他の 75 人の誤答では，赤と青の境界が球の極を通らない球の姿を右 135 度の位置では 39 人，左 135 度の位置では 41 人が選択し，極概念の不足が最も多いことがわかった．次に明暗位置的概念の不足が多く，左では 20 人，右では 25 人であった．凹凸概念の不足は，右では 13 人，左では 17 人であった．

正答・誤答と回答の自信について調べた．両問とも正答している 107 人の中で両問とも回答に「自信がある」「少し自信がある」と解答した人は 70 人（全体の 38.5%），両問とも「自信がない」「あまり自信がない」と回答した人は 20 人（同 11.0%）であった．一方，両問に「自信がある」「少し自信がある」と回答した人の内，18 人（同 9.9%）はどちらか１つを間違い，７人（同 3.8%）は両問とも間違いであった．

5. まとめ

半分色分けした球体を８方位それぞれから見える球の姿を考える際，極概念の不足が一番影響していることが分かった。また，回答者の視線と観察者の視線の視線方向が同方向である 45 度と逆方向になる 135 度を比較すると，逆方向では明暗位置的概念の誤りが増えることが分かった．

5. 文献

荻原庸平・小林辰至 (2010)：月の運行モデル教材と観測を組み合わせた学習が月の見え方の理解に及ぼす効果－初等教員養成課程の学生を対象として―，理科教育学研究, Vol.50 No.3, 43-56.

岡田大爾・松浦拓也 (2014)：天文分野における自動・生徒の空間認識に関する比較研究，図学研究，**48(2・3)**, 3-10.

河川水害に関する STEAM 教材の可能性

Possibility of a STEAM teaching material about river flood damage

―滋賀県草津川における防災教育の視点から―

From the Perspective of Disaster Prevention Education in Kusatsu River, Shiga Prefecture

○堀　道雄[1]，藤岡　達也[2]

Michio HORI[1]，Tatsuya FUJIOKA[2]

守山市立河西小学校[1]，滋賀大学教職大学院[2]

Moriyama Municipal Kawanishi Elementary School[1]，

Shiga Graduate School for Teacher Education[2]

e-mail: yomiron@gmail.com[1]

概要：近年，頻発する水害により防災教育の必要性が高まってきており，小学校理科で実施する意義は大きい．本研究では滋賀県草津川を題材に，理科第５学年「流れる水のはたらき」を軸として， STEAM 教育としての学習プログラムを作成し，期待できる効果の検討を行った．身近な河川の治水を STEAM 教育として取り組むことで，どのような資質・能力が育成できるか評価基準を今後検証していく予定である．

キーワード：　滋賀県草津川，STEAM 教育，河川水害，防災教育，治水

1．理科教育における新たな防災教材の開発

近年，地球温暖化等が原因により，水害，とりわけ河川での水害が頻繁に発生している状況にある．2023 年だけでも九州北部や秋田県などで記録的豪雨により水害で被害をもたらしている．

このような状況の中で，水害に対しての防災・減災教育の必要性がより一層高まっている．河川の働き等については，小学校理科学習指導要領の中でも第４学年「雨水の行方と地面の様子」や，第５学年「流れる水のはたらき」「天気のはたらき」等の単元において自然災害との関連を取扱うことが明記されている．現行の教科書においても水害についての記述が，表１のように記載されており，理科で水害に対する意識を高めることの重要性が示唆されている．

児童が防災への実感をもって河川水害や治水について理解できるためには，地域にある身近な河川を基に，教科等横断的に取り扱い，複合的な見方をできるようにすることが求められる．このように，児童が複合的な見方をするための手立てとして，STEAM 教育が挙げられる．STEAM 教育は Science（科学），Technology（技術），Engineering（工学），Mathematics（数学），それに Art を連動させた総合的な理系教育のことを指す．河川水害と治水については，「S」「T」「E」「A」「M」どの項目においても関連が深く，STEAM 教育として実践するのに適していると考えられる．

2．先行研究の省察

防災教育（水害）を STEAM 教育と関連した研究

表１．小学校理科教科書における水害の取扱い

会社名	A 社	B 社	C 社	D 社	E 社	F 社
ページ数	3	3	4	7	6	3
取扱っている内容（図表）	・被害 ・護岸工事 ・護岸ブロック ・砂防ダム ・河川敷 ・遊水地 ・水害防備林 ・ダム ・水源林 ・水田	・増水時の川 ・被害(2) ・遊水地 ・地下調節池 ・砂防ダム ・ハザードマップ ・ダム ・ライブカメラ ・魚道 ・護岸工事	・護岸工事 ・護岸ブロック ・増水時の川(3) ・被害(6) ・ダム ・砂防ダム ・ハザードマップ ・防災マニュアル	・被害(4) ・ダム ・護岸ブロック ・砂防堰堤 ・堤防 ・流路工 ・調整池 ・川の事例(2) ・ハザードマップ ・災害に関する標識板(2) ・恵み	・被害(4) ・雨量グラフ ・雨の量の目安 ・増水時の川 ・護岸ブロック ・堤防 ・砂防ダム ・遊水地 ・地下放水路 ・水位計 ・防災マニュアル ・ハザードマップ ・災害資料 ・大河津分水路	・被害(5) ・砂防ダム ・護岸ブロック ・堤防 ・浚渫

や実践をレビューした.

佐藤・藤岡(2022)が，自然災害に関連したプログラミング教育で育む資質・能力をねらいとした教育プログラムの開発し，実践を行っている．また，安影・中山(2023)が，小学校第５学年理科で，対象校の校区内で発生した水害でどのような行動をするかというプログラミング体験を取り入れた理科学習を実施している．どちらも，プログラミングで育成を目指す資質・能力と理科・防災教育で育成を目指す資質・能力と整合することがこれらの研究から読み取れる．しかしながら，防災教育で身に付ける資質・能力をねらいとして STEAM 教育を実践している研究がまだ多くは見られない.

3. 研究の目的

本研究では，滋賀県草津川を題材に，理科第５学年「流れる水のはたらき」を軸として， STEAM 教育としての学習プログラムを作成し，期待できる効果の検討を行った．ここでは，児童にとって身近な河川の治水を題材にし，STEAM 教育として取り組むことで，従来の理科での河川の働きを理解することに加え，これまで取り組まれ今後も継続される水害（防災）対策についてより一層理解し，VUCA 時代を生きる子どもたちに必要となる資質・能力を育成できるプログラムの開発を目指した.

4. 滋賀県草津川について

滋賀県南部を流れる草津川（図１）は大津市南東部の標高 491m の鶏冠山を源流として，草津市街を南北に流れる河川である．この草津川は上流部の花こう岩地帯の風化により，かつてから多量の土砂が流され，水害の原因となっていたため，対策として浚渫・堤防の築造が繰り返され，結果として人天井川化したことで有名である．現在は放水路が完成し，新河川となったことにより，被害が軽減しているが，水害に対する警戒は依然として必要な河川である．明治時代にはヨハネス・デ・レーケの指導の下，砂防堰堤（図２）も築造されたという歴史を持つ.

図１．草津川上流

図２．砂防堰堤

5. STEAM 教材化の検討

本研究では,滋賀県草津川の最大の特徴である，頻繁に繰り返されてきた水害と治水対策，自然環境と人間活動との相互作用によって形成された天井川について焦点を当て，流れる水のはたらきの三作用（侵食・運搬・堆積）を学習した後の発展学習として設定する.

草津川の治水を主題として STEAM 教育のそれぞれの項目における学習内容を以下の表２に示す.

表２．滋賀県草津川の STEAM 教材化

項目	学習の関連及び内容
S(Science) E(Engineering)	流れる水の働きの「侵食」「運搬」「堆積」，その結果生じる水害を理解し，治水対策として浚渫工事，堤防の建設以外他の方法について実験を通して考える.
T(Technology) M(Mathematics)	人間の治水対策によって生じた天井川の形成について，学んだことを基に Scratch 等でプログラミングしながら，設計した防災と関連付けて表現する.
A(Art)	草津の宿場町の歴史を学びながら天井川や生じた水害がどのように生活と関連していたか，浮世絵をもとに考える.

6. 今後の課題

本研究で開発した STEAM 教育のプログラムを実施するために，その学習効果を確かめる評価規準を明確にし，その効果を検証する.

文献

草津市史編さん委員会(1981)：草津市史第一巻，22-49.

佐藤真太郎・藤岡達也 (2022)：自然災害に関わるプログラミング教材の活用―防災教育と連動した STEM 教材の開発と実践による教育的効果の検討―，理科教育学研究，62 (3)，611-620.

安影亜紀・中山迅(2021)：STEAM 教育の土台としてのプログラミング体験を組み込んだ小学校理科の実践，日本科学教育学会研究会研究報告，37(5)，131-134.

ICT を活用した協働学習の例

Example of collaborative learning using ICT

―「大気圧の大きさを体験する不思議な現象」を題材として―

Based on the theme of "learning through experiences of atmospheric pressure"

中村　勝
Masaru NAKAMURA
広島大学附属三原学校園（三原中学校）
Hiroshima University Junior High School, Mihara
e-mail: namuru@hiroshima-u.ac.jp

概要：ICT を活用した教育実践は，現在，様々な場面で行われ，その事例も多岐にわたり紹介されている．理科では観察，実験の場面で直接的に ICT 機器が活用されることが多いが，今回は，大気圧を題材とした生徒実験を行いながらも，その結果や考察を協働しながらまとめるツールとして ICT を活用した．この取組により，ICT の活用による効果など，その一長一短性を見いだす機会ともなった．

キーワード：　ICT の活用，主体的・対話的で深い学び，多様性，協働，創意工夫，不易流行

1.　はじめに　～本校での ICT の活用について

三原中学校では，GoogleClassroom 等により ICT を活用した取組（例えば，動画や各種資料等の教材提示をはじめ，グループでの意見を集約したり，計算結果を集約したり，さらにそれらの情報をクラス等で共有したり，アンケート調査をしたりなど）を日常的に行っている．

今年度も本校では情報活用能力の育成に注目し，特に，情報を収集し正しく活用する力を各教科の授業を通して身に付けさせることを目標に取り組むこととしている．さらに，協働学習におけるタブレット端末の利用，特に，即座に情報を共有することで，どのような学びの深まりが起き得るのか，全員の情報を一度に見ることが，個人の考えにいかに変化をもたらすのかについても検討を試みることとしている．

2.　授業実践の例

この度，中学２年生で学習する単元「大気の中ではたらく力」のうち「大気圧（気圧）」を題材に授業を計画した．また，８年生（中学２年生）２クラスを対象に，それぞれ２時間連続で授業を行った．本単元の指導目標等については表１のとおりである．今回は，この第３時から第４時の取組を中心に紹介する．

第２時では，前時で学んだ「圧力」について振り返りながら，これから大気の重さによって生じる圧力「大気圧（気圧）」について学習した．

第３時では，これまで学んできた大気圧（気圧）について，その大きさを捉えることのできる実験（表２）を紹介し（まずは指導者により演示実験を行い），後に，生徒実験として表２の実験①～④すべてを取り組ませた．

第３～４時にかけて，生徒には表２のいずれかの実験でみられる現象のしくみについて，興味を持ったものを１つ選び，各班，Jamboard を用いながら，班員で協力しながらまとめさせた（図１）．

第４時には交流発表会として，各班Jamboardにまとめたことを発表し，クラスで共有した（図２）．

表１　単元計画と目標

単元	気象とその変化 大気の中ではたらく力 第１時　圧力　　第２時　大気圧 **第３時　大気圧の大きさを体験しよう(生徒実験)** **第４時　大気圧のまとめ（交流発表会）**
目標	前単元までは，天気，気温，湿度，露点など様々な気象要素について学習してきた．本単元では，圧力が単位面積あたりの力の大きさで表されることを踏まえ，気象要素の１つである大気圧（気圧）について，大気による圧力が大気圧（気圧）であることを捉えるとともに，高度により気圧の大きさがどのように変化するかを考察し，その規則性について理解する．また，大気圧（気圧）に関する様々な実験を協力して行い，大気圧の存在や空気の重さについて捉える．さらに，それらの実験で見られた現象のしくみについてグループでの協働作業を通して考察，発表し，クラス全員で共有し，主体的・対話的で深い学びをめざす．

表２　大気圧の大きさを体験する不思議な現象の例

①　**空き缶つぶし** 概要：空いたアルミ缶の中に少量の水を入れ，加熱する．水が沸騰したら，アルミ缶の口を下にして，水の入った水槽の中に入れる．
②　**こぼれない水** 概要：コップに水を満たし，下敷きなどでふたをする．静かにコップを逆さに持ち替え，下敷きから手を離す．
③　**とれないフタ** 概要：簡易真空保存容器の中の空気を，真空ポンプで抜く．フタは容器の上に乗せただけなのに，フタをとろうと力を入れてもとれない．
④　**はりつく吸盤** 概要：吸盤を壁や机などの平面に押し付けると，はりついて取れなくなる．

図１　生徒（ある班）のスライド作成の様子（Jamboard を利用）

図２　交流発表会の様子（Jamboard を利用）

表３　振り返りアンケート(ITC の活用に関する５件法の設問)の回答　n=76

質　問	平均値	4&5 の割合
１．ICT 機器を用いたよさをどのくらい感じましたか.	4.4	89.5%
２．今回は Jamboard を用いながら班でまとめていきましたが，学びの深まりが感じられましたか.	4.5	93.4%
３．交流発表会を通して，自身の考えに参考になる学びの機会となりましたか	4.4	86.8%

3.　成果と課題　～振り返りアンケートをもとに

交流発表会後，Google フォームを活用して，生徒を対象に，振り返りアンケートを実施した．（回答結果を表３に示す）．５件法における平均値も，４と５を合わせた割合も高い水準となっているが，３番目の質問に対して若干弱含んでいるのは人前で発表することに苦手意識をもつ生徒もいたからと考えられる．また，本学校園では，生徒の変容を想定した評価基準表を策定し，それに基づき，生徒の資質・能力を見取っている．それらの設問（５件法により回答）においても，いずれも平均値が４を超えていたが，特にポイントが高かったのは「自分とは違う考え方をもった他者の価値を認めることができた」「集団で共有した課題を解決することができた」であり，この度の協働学習によりそのような学びを育む機会とすることができたと考える．

併せて，ICT の活用に関する自由記述の回答では，いろいろな意見や感想が見られ，キーワードとして「楽しく学べる，（視覚的に）分かりやすい，利便性が高い，手軽さ・手短さがある，効率的である，自由度が高い，深く調べられる，比較できる，分類・整理しやすい，まとめる力がついた，共有・交流しやすい，役割分担できた，協力できた，多様性を知れたり認め合える」などが挙げられ，ICT を活用した実践としての成果や有益性が少なからず見られた．

一方，「アクセス数が多くて作業が滞った」，「学びの深まりを感じることができるのは，アナログだと思う」などの意見や感想もみられ，ICT の活用ならではの課題も見つかる．「分からなかったらすぐにネットで調べられる」という意見がある一方，「インターネットに頼っていて教科書などであまり調べられていなかったので改善したい」という意見もあるので，ネット上にある情報を適切かつ的確に捉える情報リテラシーも，ICT を通した学習の中で身に付けていくことが大切である．

興味深いのは，普段寡黙な人との交流が図れたという趣旨の意見がいくつか見られ，（普段の生活でのコミュニケーションが潤沢にいかないというのも課題ではあるが，）ICT がそういった課題を抱える生徒へのアプローチを見いだす一つのきっかけとなり得る可能性が示唆される．

4．おわりに　～ICT の活用にあたって

この度の生徒たちの協働学習を取り入れた授業実践により，当初の目標のとおり，生徒たちは創意工夫を図りながら，主体的・対話的で深い学びに取り組めていたものと捉えている．

理科には観察，実験といった実体験・実物体験を通してアナログの世界ならではの味わいやあたたかさ，五感に働きかける大切な営みがあり，これは ICT のみによって，いわゆるデジタルの世界だけでは適えられないものである．今回は，大気圧を題材とした生徒実験（アナログな世界の体験）を行いながらも，その結果や考察を協働しながらまとめるコミュニケーションツールとして ICT を活用し，理科での体験的な学びと ICT とが結び付くよう配慮した．

以上のような ICT の活用や特性によって切り開かれる新たな地平を鑑みつつも，本来，理科によって培われるべき体験的な学びが ICT の導入により損なわれることのないよう，今後も創意工夫を図りつつ，教育にとっての不易流行を見据えながら取り組みたい．

謝　辞

本稿の作成にかかわり，日頃より本学校園のご指導をいただいています広島大学大学院人間社会科学研究科の山崎 敬人 先生，木下 博義 先生，そして本学校園の風呂 和志 先生，伊藤 正統 先生よりご助言やご示唆をいただきました．ここに感謝の意を表します．

福岡市上空の雲と天気の関連性

The relationship between clouds and weather over Fukuoka City

○野崎　芙悠，青柳　瑞希，池田　愛梨，刀根　佳子
Fuyu NOZAKI, Mizuki AOYAGI, Airi IKEDA, Konomi TONE
福岡工業大学附属城東高等学校　科学部
Fukuoka Institute of Technology Affiliated Jyoto High School Science Club
e-mail:tuboi@jyoto.ed.jp

概要：災害が起きた時,インターネットが使えなくなり天気予報を確認することが困難になると知った.そこで私たちは,十種雲形と観天望気を結びつけることで個人での天気予測を可能にすることで,被害の拡大を防ぐことができると考えた.本研究では,観天望気の一つであるハロや十種雲形を用いて分類した雨巻雲,層積雲の半透明雲の発生が降水の予兆となることが分かった.

キーワード：観天望気,ハロ,十種雲形,前線,

1. 目的

天気と十種雲形,観天望気との関連性を明らかにする.

2. 研究方法

①学校の屋上から 13 時に空の様子を撮影する.外で撮影が出来ない日は自作の全天撮影装置で撮影を行う.

②雲カレンダーを作成し，十種雲形に分類をする.合わせて観天望気が発生した日もまとめる.

③気象庁の気象要素・天気図などの様々な気象データから雲と天気の関連性を明らかにする.

○使用した機材

（魚眼カメラ）
カメラ：Canon EOS 6D
レンズ：SIGMA8 ㎜ Fish Eye

（全天撮影装置）
カメラ：OLYMPUS OM-D E-M5
レンズ：4 ㎜ Fish Eye

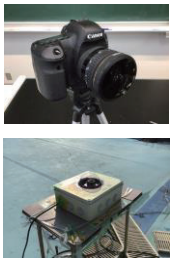


図 1 魚眼カメラ(上)
全天撮影装置(下)

〈城東高校所在地〉
北緯 33 度 41 分 45 秒　東経 130 度 26 分 31 秒

3. 結果 I :1 日 1 回観測

①観天望気

観天望気の一つであるハロは観測期間内に合計 21 回観測することが出来た.そのうち 13 回はハロが観測されてから 2 日以内に降水を記録した.

※ハロとは雲の中にある氷の粒に太陽の光が屈折して太陽の周りに光の輪ができる現象のことを指す.

②雲と前線

▭：前線が接近した日　○：快晴を表す

寒冷前線

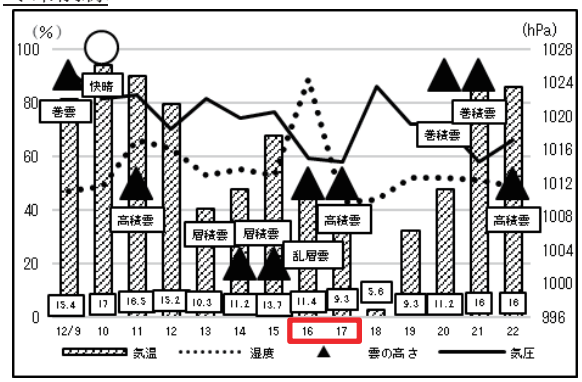


図 2 寒冷前線通過時の気象要素と雲の高度

12 月 9 日に巻雲(上層雲)が観測された後に中層雲・下層雲の順に 1 週間かけて雲の高度を下げるように発生した.12 月 16 日から 17 日にかけて寒冷前線が通過する際は,乱層雲(中層雲)が発生し降水をもたらした.その後,中層雲・上層雲の順に高度が変化し晴れを観測した.

停滞前線

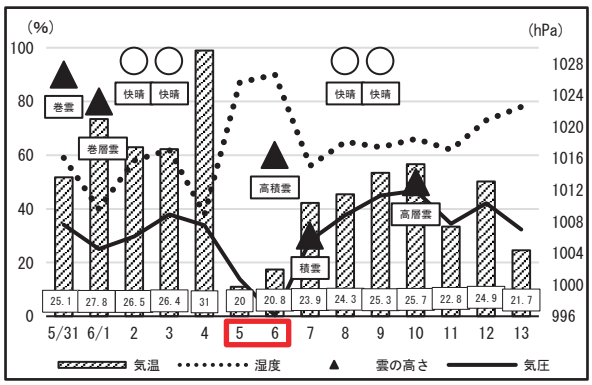


図 3 停滞前線通過時気象要素と雲の高度

5 月 31 日に巻雲(上層雲)が観測された後に中層

雲へと変化し 6 月 5 日から 6 日にかけて停滞前線が通過した際は積雲が降水をもたらした.その後雲は発生せずに快晴を観測した.

天気を崩さない巻雲

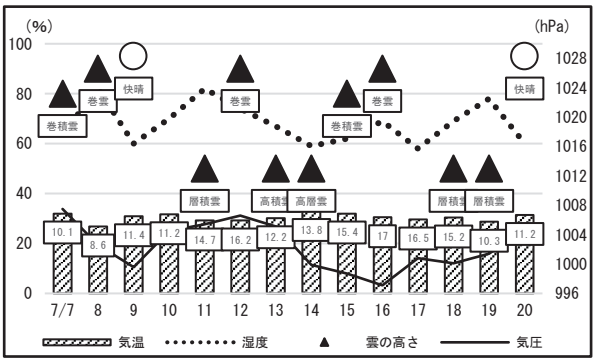


図 4 気象要素と雲の高度

7 月 8 日から 2 週間かけて見られた巻雲は,数日経っても雲の高度を下げず降水は見られなかった.このことから,十種雲形によって分類した同じ巻雲には数日後に降水をもたらす雲ともたらさない雲があることが分かった.

4. 結果Ⅱ:1 時間に 1 回観測

短い間隔の雲と天気の変遷を調べるために自作の全天撮影装置の撮影間隔を 1 日 1 回から 1 時間に 1 回の撮影に変更し,短い間隔での雲の移り変わりを分析した.その結果,寒冷前線・停滞前線が通過する前後のデータを得ることが出来た.寒冷前線・停滞前線ともに前線が接近する際に,乱層雲・層積雲・高層雲が共通して発生することが分かった.

寒冷前線

降水の予兆となる雲の特徴を捉えるために雲の細分化を行った.すると層積雲の半透明雲(図 5)と呼ばれる変種が,降水を観測する 1 時間前に発生することが分かった.半透明雲は発生後 1 時間で層積雲の降水雲(図 6)へと変化し,降水を観測した.
その後降水雲は巻雲や積雲へと変化し前線が通過し終えたことを示した.

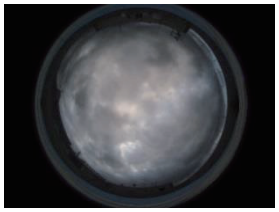


図 5 半透明雲

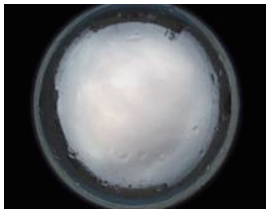


図 6 降水雲

停滞前線

停滞前線が現れ降水が見られる 1 時間前までに,寒冷前線と同様に層積雲の変種である半透明雲が見られた後,層積雲の降水雲が発生した.1 月 14 日は降水を観測する 1 時間前までは高層雲の変種である不透明雲が見られその後層積雲の降水雲へと変化し降水を観測した.

5. 考察

停滞前線　　寒冷前線

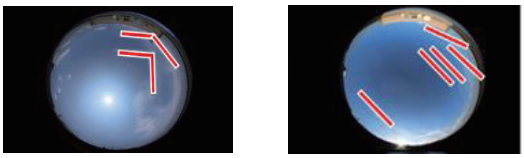


図 7 雨巻雲と形状の特徴

結果Ⅰから,巻雲には数日後に前線が通過することによって降水をもたらす兆候となる雨巻雲と巻雲発生後も数日間晴れをもたらすその他の巻雲の 2 つに分けられると考えられる.この 2 つの巻雲の違いは形状にあると考える.雨巻雲は図 7 のように放射状と鉤状であり,その他の巻雲はこのような特徴を見つけることは出来なかった.このことから雨巻雲は特異的な形状が見られ前線の通過を予兆する際に有効であると考える.また,結果Ⅱより前線が通過する日は半透明雲が降水の予兆になる傾向があり,同じ層積雲においてもその雲が果たす役割は大きく異なっていると考える.そのため十種雲形から,さらに変種に分類をすることで天気の予測の精度を上げることが出来る可能性があると考える.

6. まとめ

ハロや十種雲形を用いて分類した雨巻雲,層積雲の半透明雲の発生が降水の予兆となることが分かった.このように発生した雲を十種雲形に分類し,雲の形状や色,高度の時間的変化,さらに観天望気の情報を合わせて読み取ることで天気の予測は可能である.

7. 今後の展望

今後は自作の全天撮影装置を改善し,日中だけでなく夜間にも撮影が行えるようにして,連続的な雲の移り変わりを観測していく.また本校の屋上に設置したデータロガーを用いて雲や空の様子から分かる天気の予測の正確性を高めていく.

8. 参考文献

・気象庁 https://www.jma.go.jp/jma/index.html
・100 年天気図データベース
・岩谷忠幸(2011): 気象・天気図の全てがわかる本(ナツメ社)
・村井昭夫・鵜山義晃(2011):雲のカタログ(草思社)
・荒木健太郎(2021):すごすぎる天気の図鑑(KADOKAWA)

流星の軌道解析（Ⅱ）

Orbit analysis of meteors
流星の起源を探る
search for meteor origin

○中島　拓海，松本　悠那，林　あい
Takumi　NAKASHIMA，Yuna MATSUMOTO，　Ai HAYASHI
福岡工業大学附属城東高等学校　科学部
Jyoto High School，Fukuoka Institute of Technology
g-mail：kagaku15@gmail.com

概要：本研究の目的は流星の観測を行い流星の母天体を特定することである．今回はしぶんぎ座流星群散在流星の観測を行い，解析の結果しぶんぎ座流星群の母天体は小惑星，流星Ⅳ散在流星の母天体はリニア彗星，流星Ⅴ散在流星の母天体はストーンハウス彗星ということが分かった．

キーワード：独自の数式，ステレオ撮影，しぶんぎ座流星群，散在流星，リニア彗星

1. 動機，目的

私たちは流星の観測を行った際，「流星はどこから流れてきたのか」が気になり，流星の起源となる母天体を特定しようと考えた．

2. 研究目的

独自の方法で観測を行い，現在も母天体が不明である「しぶんぎ座流星群と散在流星の母天体特定を行うこと」を目的とした．

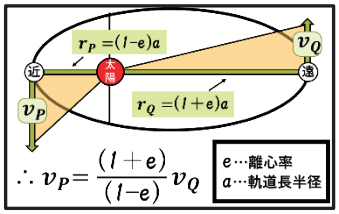
3. 研究方法

Ⅰ．二地点から同じ流星を同時に撮影する方法（ステレオ撮影）を動画と静止画で行う．
Ⅱ．正弦定理から流星の始点，終点の三次元直交座標と発光距離を求める．
Ⅲ．流星の進行方向から輻射点を求め，流星群に属するものかを調べる．
Ⅳ．動画から発光時間を求める．
Ⅴ．流星の対地速度を軌道速度に変換し，軌道長半径を独自の数式から出す．
Ⅵ．作図した軌道の中から条件の合致する離心率を選びその軌道要素と合わせて流星の軌道を求める．

$$E=\frac{1}{2}mv_{遠}^{2}-\frac{GMm}{a(1+e)}$$

a；軌道長半径
e；離心率

（図 1）遠日点における軌道エネルギーの数式



（図 2）楕円軌道における速度等式

$$V=V_e\sqrt{2-\frac{r_e}{r}}$$

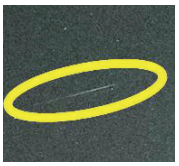
V …地球軌道での天体の速度［m/s］
V_e…地球の公転速度［m/s］
r_e…地球の公転半径［m］
r …天体の軌道長半径［m］

（図 3）軌道長半径の算出式

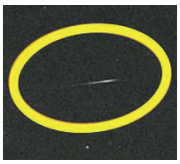
4. 結果と考察

観測 A［2022 年しぶんぎ座流星群］

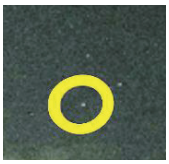
静止画と動画合わせて流星を 36 個観測，ステレオ撮影に 3 個成功した（図 4，5，6）．



（図 4）流星Ⅰ
1 月 4 日 03：32



（図 5）流星Ⅱ
1 月 4 日 03：33



（図 6）流星Ⅲ
1 月 4 日 04：34

（表 1）流星Ⅰ，Ⅱ，Ⅲ（しぶんぎ座流星群）観測結果

	距離	時間	対地速度	軌道速度	軌道長半径
流星Ⅰ 03:32	27.2km	0.70秒	38.9km/s	37.7km/s	2.5AU
流星Ⅱ 03:33	27.9km	0.73秒	38.0km/s	37.3km/s	2.3AU
流星Ⅲ 04:34	21.5km	0.58秒	36.9km/s	35.9km/s	1.8AU

解析の結果からしぶんぎ座流星群の母天体は遠日点が火星と木星の間を通る小惑星であると考えた(表 1)．その中でも特に軌道要素から太陽系小天体 2008AH4 である可能性が高いと考えている(表 2)．

(表 2) 流星Ⅰ，Ⅱ，Ⅲ(しぶんぎ座流星群)軌道要素

	軌道長半径	離心率	近点距離	軌道傾斜角	昇交点	近日点引数
流星Ⅰ 3:32	2.25AU	0.68	0.80AU	66.2°	103.4°	59.0°
流星Ⅱ 3:33	2.32AU	0.65	0.81AU	66.2°	103.4°	52.9°
流星Ⅲ 4:34	1.85AU	0.5	0.92AU	63.9°	103.4°	57.2°
2008 AH4	2.29AU	0.64	0.83AU	67.3°	117.2°	66.4°

観測 B[散在流星]

観測が困難である希少な散在流星に関してステレオ撮影で2個観測することに成功した(図 7, 8, 9, 10)．

(図 7)流星Ⅳ［静止画］
8 月 9 日 03:34

(図 8)流星Ⅳ［動画］
8 月 9 日 03:34

観測 C[散在流星]

(図 9)流星Ⅴ［静止画］
4 月 23 日 03:15

(図 10)流星Ⅴ［動画］
4 月 23 日 03：15

(表 3) 流星Ⅳ(散在流星)観測結果

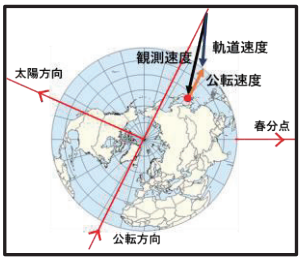
	距離	時間	対地速度	軌道速度	軌道長半径
流星Ⅳ 3:34	20.4km	0.33秒	64.5km/s	39.4km/s	4.0AU

(表 4) 流星Ⅴ(散在流星)観測結果

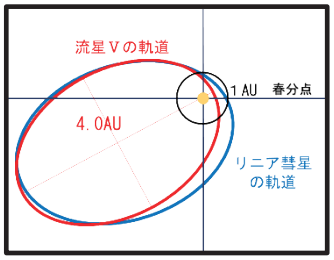
	距離	時間	対地速度	軌道速度	軌道長半径
流星Ⅵ 3:15	28.7km	0.50秒	57.4km/s	40.3km/s	37.7AU

(表 5) 流星Ⅳ(散在流星)軌道要素

	軌道長半径	離心率	近点距離	軌道傾斜角	昇交点	近日点引数
流星Ⅳ 3:34	4.0AU	0.80	0.80AU	98.6°	135°	45°
リニア彗星 (333P)	4.2AU	0.74	1.10AU	138°	115°	26°



(図 11)流星Ⅴの軌道方向



(図 12)リニア彗星の軌道と比較した流星Ⅴの軌道

解析の結果から流星Ⅴの母天体は地球の公転と逆向きに突入してきているため逆行小惑星であると考えた(図 11)．

逆行小惑星の数は少なく，詳細な軌道要素から候補が一つに絞られたため軌道が類似しているリニア彗星(333P)が母天体であると考える(表 5，図 12)．

5. 結論

独自の方法により軌道要素，軌道の算出に成功し母天体の特定を行うことが出来た．

そして軌道を求めたところしぶんぎ座流星群の母天体は小惑星であり，更に軌道要素が類似したことから母天体は太陽系小天体 2008AH4 であると考える．そして流星Ⅴ(散在流星)は流星の方向から珍しいとされる地球近傍逆行小惑星であると分かった．さらに軌道が類似したことから流星Ⅳ(散在流星)の起源はリニア彗星(333P)である可能性が高い．

6. 今後の展望

本研究方法により母天体の予測を立てることができたため今後は精度の向上を目指した観測や母天体の信頼性の低い流星群の観測，また本研究で観測したしぶんぎ座流星群，散在流星についての調査を行っていきたい．特にリニア彗星(333P)は他に流星物質を放出している可能性があり調査の必要があると考える．

7. 引用文献

ⅰ．中野繁，誠文堂新光社(2000)：全天恒星図
ⅱ．誠文堂新光社(2021)：天文年鑑
ⅲ．宝島社(2018)：美しすぎる星たち 見る，知る，撮るの星の教科書
ⅳ．月刊星ナビ(2021)：アストロアーツ No(8)
ⅴ．藤井旭誠文堂新社(2015)：流星群観察ガイド
ⅵ．ステラナビゲータ 10
ⅶ．アメリカ航空宇宙局 NASA
URL. Center for Near Earth Object Studies

岐阜県白川町で発生した氾濫の特徴

Characteristics of flooding that occurred in Shirakawa Town, Gifu Prefecture

○今井幹太，児玉誠志郎，平岡陸翔
Kanta Imai，Sishirou Kodama，Rikuto Hiraoka
岐阜県立加茂高等学校
Gifu prefectural Kamo High School
e-mail: c27323@gifu-net.ed.jp

概要：2020 年 7 月 8 日に岐阜県加茂郡白川町の飛騨川と白川の合流部で河川氾濫が発生した．白川流域で降雨量が少なかったにもかかわらず，氾濫は合流部の白川側で発生した．その原因として飛騨川の合流点の下流に狭窄部があり，大雨により合流点の水位が上昇して白川の合流・流下が妨げられるバックウォーター現象が考えられた．同じ場所で増水・氾濫が発生した 2018 年 7 月と 2021 年 8 月の降水と水位の変化を比較した結果，バックウォーター現象による氾濫であると確認した．

キーワード：　氾濫，バックウォーター現象，狭窄，豪雨，飛騨川，白川

1.　はじめに

岐阜県加茂郡白川町河岐（以下，白川口と表記）では，2020 年 7 月 8 日と 2021 年 8 月 14 日に，飛騨川と白川の合流地点で氾濫が発生した（図 1）．2018 年 7 月 8 日にも増水し，氾濫寸前の状態となった．氾濫・増水は飛騨川に合流する白川で発生したが，2018 年，2020 年には白川流域では激しい降雨が確認されておらず，氾濫の原因はバックウォーター現象によるものだとされている．そこで，2018 年，2020 年，2021 年の氾濫・増水について調査を行い，その発生の条件を解明することを目標とした．

図 1　2020 年 7 月 8 日　白川町で発生した氾濫
岐阜県白川町（2020）に加筆

2.　方法

白川口の氾濫は，飛騨川上流で降雨が多かったこと，合流点下流の飛騨川に狭窄があるため水位が上昇し，合流する白川の水の合流・流下が妨げられ滞水する（バックウォーター現象）ことで生じたことが考えられた．そこで，飛騨川上流域と白川流域の降水量と，飛騨川上流の上呂観測所，洪水が発生した地点の白川口観測所の降水量・水位記録を用いて氾濫発生前後の上流の降雨と白川口の水位との関係を調べた（図 2）．

図 2　氾濫場所と観測点位置

3.　結果

3−1.　2018 年 7 月増水

7 月 3 日台風第 7 号が東シナ海を北上し，4 日には日本海を北東に進んだため，台風に吹き込む湿った空気の影響により，梅雨前線に沿って岐阜県北西部の奥美濃地域から飛騨地域で豪雨が発生した．飛騨川上流域で 4 日から降雨があり，7 日 22 時から 8 日 4 時の間は 8 か所で総雨量が 100 ㎜を

超えた．上呂観測所では 7 日から 8 日の総降雨量が 304 ㎜であった．白川流域では，4 日～6 日まではまとまった降雨が見られたが，7 日にはあまり降雨がなく白川口観測所で 8 日 6 時に 23 ㎜が観測されている程度である．白川口観測所の水位は 4 m 程度であったが，8 日の 2 時から 5 時にかけて急上昇し，その後 10 時まで 10 m以上となったが氾濫には至らなかった．

3－2. 2020 年 7 月氾濫

本州に停滞する梅雨前線に向かって暖かく湿った空気が流れ込み，飛騨地方や美濃地方の山地を中心に雨が降り続き， 6 日～8 日の降水量は飛騨川上流の上呂観測所で 570 ㎜，白川口観測所では 299 ㎜であった．上呂観測所の水位は 7 日 24 時までは 5.5 m で 8 日 2 時に 7.4 m まで上昇したが，その後下降している．白川口観測所の水位は 7 日 13 時の 5.5 m 程度から上昇し，8 日 8 時に 10 m を超え，9 時に 11.3 mとなり氾濫した．氾濫の直前の 8 時に白川口観測所付近で 41 ㎜の激しい降雨があった（図 3）．

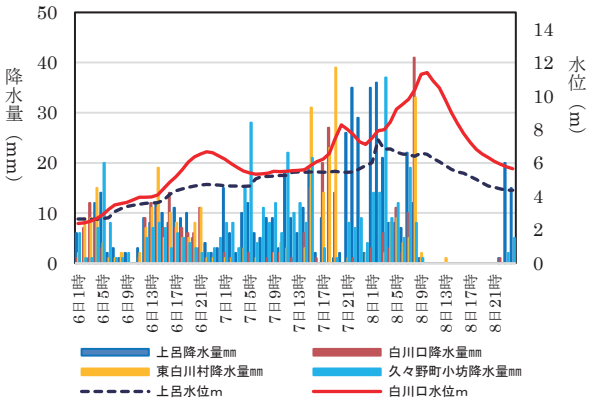


図 3　2020 年 7 月 6 日～8 日の降水量・水位変化

3－3. 2021 年 8 月氾濫

8 月 12 日～15 日にかけて，前線が本州付近に停滞し，南から暖かく湿った空気が流れ込み大気が非常に不安定となりの前線が活発化し，飛騨南部や東濃地方を中心に記録的な大雨となった．8 月 13 日～14 日の降水量は上呂観測所で 422 ㎜，白川口観測所で 346 ㎜であった．上呂観測所で 14 日 20 時に時間雨量 33 ㎜，白川口観測所で 21 時に時間雨量 35 ㎜の降雨があった．白川口観測所の水位は 14 日に入って急速に上昇し，16 時には 10 m を超え，23 時には 11.3m となり氾濫した．

4. 考察

白川口観測所の水位の上昇は，上流の上呂観測所と比較して著しく大きい（図 3）．上呂付近では飛騨川の川幅が比較的広いのに対し，白川口から下流には「飛水峡」と呼ばれる狭窄部となっている（図 2）．そのため，河川流量が増加すると水位の上昇が生じる．飛騨川上流での降雨により飛騨川の水位が上昇することにより，合流する白川の水は合流・流下が妨げられる．2018 年の白川口での増水は飛騨川の上流の降雨による．2020 年の氾濫は，飛騨川上流の降雨により氾濫寸前まで水位が上昇しているところに，白川流域で激しい降雨があり氾濫を生じた．2021 年の氾濫は，飛騨川流域，白川流域ともに大雨となり，飛騨川の水位が上昇し，白川の水が滞水したためと考えられる．

5. まとめ

白川口での増水・氾濫は，

1．飛騨川上流で大雨が降る．
2．上流からの雨水が白川口へ到達し，飛騨川の狭窄部にて水位が上昇する．（第一のバックウォーター）
3．合流点にて水位が上昇した飛騨川に白川からの水が流れ込むことができず白川の水位が上昇する．（第二のバックウォーター）

といった順序で氾濫が発生したと考えられる．

6. 文献

岐阜県，清流の国ぎふ防災・減災センター（2020）：平成 30 年 7 月豪雨災害と令和 2 年 7 月豪雨災害の気象状況の比較
岐阜県，清流の国ぎふ防災・減災センター（2020）：令和 2 年 7 月豪雨災害検証報告書
岐阜県，清流の国ぎふ防災・減災センター（2021）：令和 3 年 8 月 11 日からの大雨の概要
岐阜県白川町（2020）：白川町 7/8 豪雨災害まとめ
国土交通省・気象庁：過去の気象データ，https://www.data.jma.go.jp/stats/etrn/index.php/（2023.7.21 アクセス）
国土交通省・国土地理院：国土地理院地図，https://www.gsi.go.jp/（2023.7.21 アクセス）
国土交通省：水文水質データベース，http://www1.river.go.jp/（2023.7.21 アクセス）
下舵秀則・遠藤彰博・世良賢司・山下大輔・家木光晴(2021)：飛騨川周辺における令和 2 年 7 月豪雨災災害調査報告，全地連「技術フォーラム 2021」大阪

月食画像から求める月の大きさ

The size of the moon obtained from the lunar eclipse image

○高橋絢子，富田木乃香，佐藤愛子
Ayako Takahashi，Konoka Tomita，Aiko Satou
岐阜県立加茂高等学校
Gifu prefectural Kamo High School
e-mail: c27323@gifu-net.ed.jp

概要：月食の画像の地球の影と月の大きさを比較して月の大きさを求めた．月食の画像では半影から本影へ移り変わる境界が明瞭でないため，画像処理ソフトを利用してポスタライズ処理をすることで本影の境界を抽出した．処理した画像をもとに画像処理ソフトの画面上の座標を読み取り，表計算ソフトを用いて月の中心と地球の影の中心を求め，月の大きさを求めた．月食の進行にともなう食分の程度によって最も精度が高い条件を調べた．

キーワード：　月食，月の大きさ，食分，画像処理ソフト，表計算ソフト

1.　はじめに

月食は地球の影が月に投影される現象であり，月食画像の地球の影と月の大きさを比較することにより月の実際の大きさを推定することができる．月食の進行にともないどの程度食分が進んだ時の画像が適切なのかを確認することを行った．

2.　方法

画像処理ソフトを使用して画像上の月や地球の影の輪郭の座標位置を読み取り，表計算ソフトで月や地球の影の中心を求める．

(1) 月食画像のポスタライズ処理

月食には太陽光が地球の裏側に入り込む半影と完全に地球の影になる本影がある（図１）．半影と本影の境界が明瞭でないため，画像処理ソフトでポスタライズ処理をして境界をはっきりさせる必要がある「岐阜県立加茂高等学校理数科 TEAM KAGUYA（2014）」．そこで，月食の画像を，画像処理ソフト JTrim を用いてポスタライズ処理し，明るさを階調に分けることで本影の輪郭をはっきりとさせる．

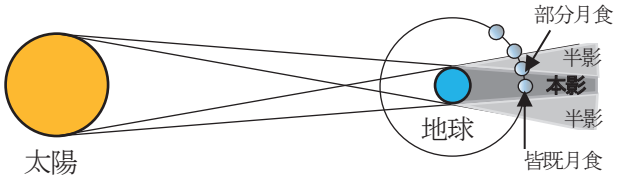


図１　月食による半影と本影

(2) 月，地球の影の座標の計測

画像ソフト Microsoft Paint を用いて月の円周や地球の影の輪郭にカーソルを移動させると画面左下に画像の座標が表示される．１つの画像ファイルにつき月の円周上，地球の本影の輪郭の上のそれぞれ任意の４点の座標の計測を50回ずつおこなう．

(3) 月の中心と半径を求める．

月の画像の円周上に任意の点 a，b，c，d をとり，直線 a b，直線 c d それぞれの垂直二等分線の交点を求めると，月の中心 O を求めることができる（図２）．この中心 O から月の円周上までの距離が画像上の月の半径 r となる．表計算ソフト Microsoft Excel を用いて(2)で計測した座標から月の大きさ距離を求める．

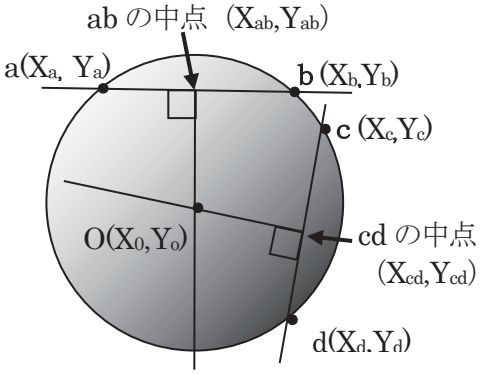


図２　月の中心の求め方

(4) 地球の影の中心と半径を求める．

地球の本影の上に任意の点A，B，C，D をとり，(3) と同様に地球の本影の画像における半径 R を求める（図３）．

(5) 月の大きさを求める．

月食では半影が生じる分，本影の大きさは月の大きさ一つ分小さくなっている「高校生天体観測ネットワーク（2011）」．

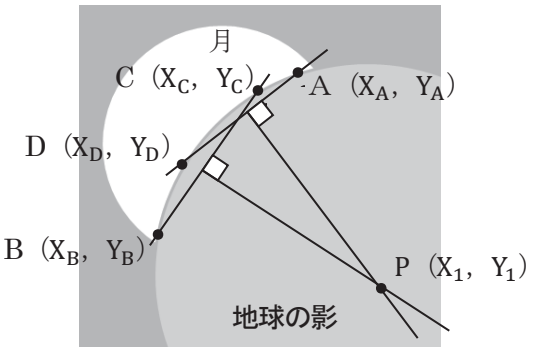


図３　地球の影の中心の求め方

地球の半径を 6,370 km して，(3)，(4)求めた画像上の月の半径ｒと本影の半径Ｒから，月の半径を求める．

6,370 km ： 月の半径 ＝ Ｒ＋ｒ ： ｒ

$$\text{月の半径} = \frac{6{,}370\ \mathrm{r}}{\mathrm{R}+\mathrm{r}}$$

3. 結果

2022 年 11 月 8 日 21:15 に国立天文台が撮影した画像（図４）をポスタライズ処理した画像（図５）を用いて計測･計算した結果, 月の半径は 1,731 km となった.

図４　月食画像　　図５ ポスタライズ処理画像

同様に 2018 年 1 月 31 日 21:34 にぐんま天文台が撮影した画像を用いた計測・計算では，月の半径は 2,298 km となった.

岐阜県立加茂高等学校(2014)による 2014 年 10 月 8 日 21:12 撮影の画像から 1,766 km が求められている.

４．考察

2022 年 11 月 8 日 21:15 の画像から求めた月の半径は 1,731 km で，月の大きさ 1,737 km に非常に近い値となった. 月食画像を用いて月の大きさを推定することができる.

本影によって覆われた月の直径の度合いである「食分」に注目した．食分が大きくなるほど月食の割合が大きく，皆既月食中は食分が 1 を超える．2022 年 11 月 8 日 21:15 では食分が 0.51，2018 年 1 月 13 日 21:34 では食分が 0. 79，2014 年 10 月 8 日 21:12 では食分が 0.33 であった．月の半径の誤差が大きくなった 2018 年の画像では, 食分が 0.79 と大きいため, 隠されていない月の円周の弧が短くなり, 月の中心を求めたときに誤差が大きくなったと考えられる. 食分が小さいときには，地球の影の輪郭はわずかであり，地球の中心を求めたとき誤差が大きくなる.

クレーターや月の海によって地球の影の輪郭が滑らかな曲線とならないことも誤差を生じる原因となっている．また，撮影の露出時間によっては，地球の大気によって屈折した光が本影部分にあたっている部分まで写っていて本影との境界が分かりにくくなることも誤差を生じる.

5. 文献

岐阜県立加茂高等学校理数科 TEAM KAGUYA（2014）:「月食から求める月の大きさと月までの距離」，武蔵野大学数理工学コンテスト第 1 回受賞作品 https://www.musashino-u.ac.jp/academics/faculty/engineering/mathematical_engineering/mathematical_engineering_contest.html（2023.7.24 アクセス）

ぐんま天文台 : 過去の天文ニュース, 皆既月食観察会を行いました 2018 年 1 月 31 日, https://www.astron.pref.gunma.jp/news/180131lunareclipse.html（2023.7.27 アクセス）

国立天文台（2022）: 国立天文台が撮影した 2022 年 11 月 8 日の皆既月食と天王星食 https://www.nao.ac.jp/news/blog/2022/20221110-lunar-eclipse.html　（2023.7.24 アクセス）

国立長野高専天文部（2022）: 画像処理による月食時の地球の影の境界の抽出と月までの距離測定, 日本天文学会 2022 年春季年会　第 24 回ジュニアセッション予稿集，33

高校生天体観測ネットワーク（2011）:「月食観測マニュアル　解析，研究ガイド」

大西浩次（2007）:「月食観測による月までの距離測定」，2007 年度 FITS 画像教育利用ワークショップ

大西浩次（2011）:「日食・月食を使った物理量の測定」，2010 年度 FITS 画像教育利用ワークショップ

仙台天文台 : おすすめの天文現象の記録,天文情報, https://www.sendai-astro.jp/observation/blog/cat20/ (2023.7.26 アクセス)

巡検（8 月 26 日）　参加人数によって，実施が変更する場合もあります。（いずれも近江牛弁当付きの予定）。

コース１　多賀町立博物館（天然記念物アケボノゾウ骨格化石・館長講演）と河内風穴（古生代石灰岩鍾乳洞）」（地質学雑誌 NL に掲載）　マイクロバス使用

アケボノゾウ化石を産出した発掘地点の露頭（古琵琶湖層・富尾火山灰層等）の観察。多賀町立博物館の見学。博物館と地域との活動実践紹介，学校教育との連携についての館長講演。また古生代石灰岩に発達した鍾乳洞(河内風穴)の見学

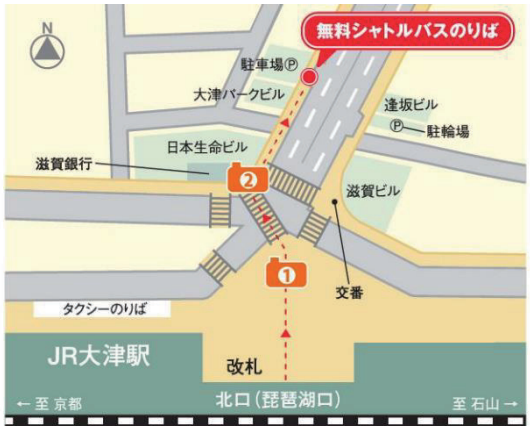
９：３０　JR 彦根駅東口ロータリー出発
（彦根駅改札を出て、右側の通路を渡って降りる。）
１０：１０　河内風穴　鍾乳洞観察
１１：５０　多賀町立博物館着
展示見学　昼食
講演（アケボノゾウ化石発掘記・博物館と学校教育との連携事業）
１４：００　多賀町立博物館発
１４：０５　アケボノゾウ発掘地点観察（滋賀鉱産多賀鉱山部）
１４：５０　赤石谷　チャート層観察
１５：１０　鞍掛橋　枕状溶岩観察
１６：３０　JR 彦根駅到着

多賀町立博物館 Web ページより

コース２　「石山寺の硅灰石と滋賀県立琵琶湖博物館」マイクロバス使用

石山寺の硅灰石は国の天然記念物にもなっており国宝五重塔との調和も見所。石山寺は来年度 NHK 大河ドラマ紫式部「源氏物語」とのゆかりが深い。世界有数の「古代湖」である琵琶湖をテーマとする総合博物館であり，学校教育との連携も特色である。館長による講演等も予定。

9:00　JR 大津駅北口側、シャトルバスのりばバス停から出発
（大津駅北口を出て横断歩道を渡り、日本生命ビルの建物から北側に約 50m 直進すると「ホテル専用無料シャトルバスのりば」と書かれた青い看板を設置しているバス停があります。そのバス停付近での集合・乗車になります（下図を参照してください)。



9:20　石山寺　珪灰石露頭の観察、座主さんによる案内
10:30　石山寺発
11:00　琵琶湖博物館　琵琶湖博物館館長（高橋啓一さん）講演「琵琶湖とその生き物たちのおいたち」
12:00 ～ 13:00　昼食（セミナー室）
13:00 ～ 14:30　館内展示見学・自由時間
14:30　琵琶湖博物館発
15:00　JR 草津駅到着・解散

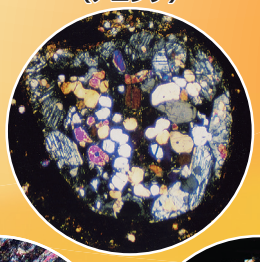
※琵琶湖博物館内の観覧について

巡検費用には常設展の観覧料が含まれますが，企画展示の観覧も希望される場合は，当日窓口にて個別にご購入ください。

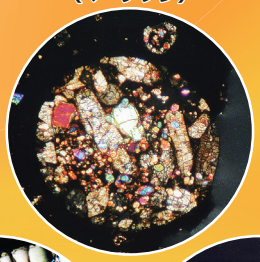
偏光顕微鏡観察・岩石プレパラート

生徒実習用
偏光拡大鏡ポラスター POK-Ⅱ 台付 30倍
日本地学教育学会推薦品（1970）

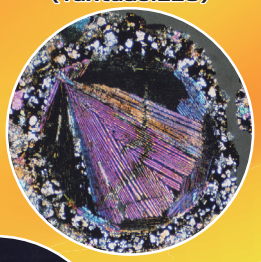
炭素質コンドライト（アエンデ）

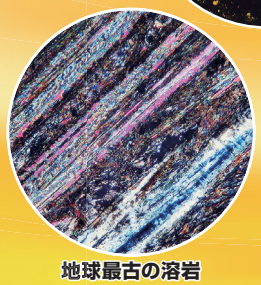


炭素質コンドライト（マーチソン）



石質隕石コンドライト（Tuxtuac.LL5）





地球最古の溶岩（komatiite）

恐竜の卵殻断面

アンモナイト（プラミコラセラス）

取扱い品目

- 教育実習用岩石プレパラート
- 化石プレパラート
- 各種岩石薄片受託加工
- 隕石プレパラート

有限会社 北辰光器製作所

本社・工場 〒168-0082 東京都杉並区久我山3丁目29-27
電話・FAX (03)3334-7959 E-mail hokushin1969@keb.biglobe.ne.jp

2023（令和５）年度全国地学教育研究大会　兼
日本地学教育学会第 77 回全国大会（滋賀・大津大会）
実行委員会

委員長　藤岡達也（滋賀大学）

委　員　大山真満（滋賀大学）
多賀　優（龍谷大学）
荒川忠彦（龍谷大学）
中田聖月（龍谷大学）
荻原　彰（京都橘大学）
根本泰雄（立命館大学）
平田豊誠（佛教大学）
佐藤真太郎（京都ノートルダム女子大）
澤田一彦（大津市立志賀中学校）
堀　道雄（守山市立河西小学校）
桑原康一（栗東市立治田東小学校）
秀熊宏弥（長浜市立北中学校）
原田雅史（滋賀大学教育学部附属中学校）
有道俊雄（神戸市立須磨翔風高等学校）