

小学校における「地域の地質」への関心を高める実践事例

A Practice Report of Science Classes to Increase the Interest in Regional Geology in Elementary School

*横山 光¹、山中 大志¹、柳本 高秀²

*Hikaru Yokoyama¹, Taishi Yamanaka¹, Takahide Yanagimoto²

1. 北翔大学、2. 北海道立教育研究所附属理科教育センター

1. Hokusho University, 2. Science Education Center attached to Hokkaido Education Research Institute

小学校6年生理科の地質分野の学習において、地域の地質素材を活用した教育実践を行った。

はじめに我々は、露頭観察をする前の事前学習に注目し、既習の知識を用いて、児童の探究心を高めた上で、学校の近くにある露頭を観察することを計画した。事前学習では、観察する予定の露頭写真を印刷したワークシートに児童の気付きを記入させ、そこから露頭観察時の目標を立てさせた。活動に際しては、教師の働きかけにより、既習事項を用いて思考させた。このことにより、大地の成り立ちについて知りたいという気持ちが高まり、児童は主体的に露頭において観察を行った。

次に、地域で産出する岩石図鑑（岩石標本）を作成し、児童が自分でつくった岩石図鑑を利用して、学校周辺でみられる庭石や石碑の岩石や近所の露頭を観察するプログラムを実践した。地域の岩石を調べたり、標本をつくったりする学習や、既存の岩石標本を利用する学習は多数報告されている。しかし、児童が岩石標本を作成し、それを利用して地域の岩石や地質を調べる活動は、ほぼ見当たらない。この学習では、児童が地域の地質について高い関心を示した。

いずれの実践も共通しているのは、児童が地質素材を観察するときに、自分の目で見て、自分で考えることを促していることである。教師は知識を教えるのではなく、観察する際の視点を伝えることが重要である。このような理科教育で一般的に言われている主体的な学習をサポートする授業の方法は、地域の地質を観察する学習でも応用できることが明らかになった。

キーワード：小学校理科、地域の地質、主体的な学習

Keywords: Elementary school science, Regional geology, Active learning

「レッツ理科読！ 水がつくったものがたり」 隠岐の島図書館での科学読み物と演示実験

The scientific book and the demonstration experiment in the island library in "Oki" Let's science book! the one which was made with water is enough

*阿部 國廣¹

*Kunihiro Abe¹

1. 認定 N P O 法人自然再生センター

1. NPO corporation nature reproduction center toward

隠岐の島図書館での科学読み物とそれに付随する自然現象を実験で訴えかけ子どもたちに科学の素養を身につけてもらう試みが毎年なされている。昨年で4回目となる。昨年度はガリレオ工房の土井氏とともに「水がつくったものがたり」というテーマで隠岐の島における水がもたらす自然環境を科学読み物と演示実験で再現し、子供たちに隠岐の水にまつわる自然現象の理解を保護者とともに深めた。

扱った科学読み物と実験は昨年で4回目となる隠岐での「理科読」テーマは

レッツ理科読！ 水がつくったものがたりというものである

- ・読み聞かせ 『しずくのぼうけん』
- ・水の溶解と油の違い、実験、「水にはいろいろなものがとける」

海のタンカー事故とオイル漏れの事例

- ・水の蒸発と溶けていたものの抽出 実験、隠岐の海水の蒸発と抽出
- ・「隠岐の水がおいしいわけ」(淡水レンズ) 実験
- ・蒸発した水はどこに 実験、空気中の水をつかまえる
- ・雨になる水 実験、降雨実験

読み聞かせ『ほらあめだ 雨あめあめ』、

- ・水の密度の違い① 重い水・軽い水（溶解による密度の違い）
 - ・対馬海流(海の中の大きな流れ) 実験 1 水の密度の違い② 重い水・軽い水（水の温度差による密度の違い）
- 実験 2 海流を見る
- ・海のおくりもの1 提示・海流と隠岐の豊富な水産資源
 - ・海のおくりもの2 提示・隠岐ジオパークの海流と気団

- ・海のおくりもの3 提示・隠岐黒曜石・鉄器・陶磁器などと朝鮮の人々との交流
- ・あり難くないおくりもの 提示・漂着ゴミ

で行った。

全国の小中高校に対する海洋教育助成制度「海洋教育パイオニアスクールプログラム」2016取り組みの紹介

Introduction of “Ocean Education Pioneer Schools” Subsidy Program

*中村 修子^{2,1}

*Nobuko Nakamura^{2,1}

1. 慶應義塾大学 理工学部、2. 笹川平和財団海洋政策研究所、3. 日本財団、4. 東京大学海洋アライアンス海洋教育研究促進センター

1. Keio University, 2. The Ocean Policy Research Institute, THE SASAKAWA PEACE FOUNDATION, 3. THE NIPPON FOUNDATION, 4. Research Center for Marine Education, UTokyo OCEAN ALLIANCE

全国の学校における海洋教育への支援（助成）制度「海洋教育パイオニアスクールプログラム」が、日本財団・東京大学海洋アライアンス海洋教育促進研究センター・笹川平和財団海洋政策研究所の共同で立ち上げられた。初年度である2016年度は北海道から沖縄まで28都道府県64校（小・中・高校・特別支援学校）が参加している。プログラム公募には、「海洋と地球温暖化・気候変動の関係」、「海洋という視点から考える国際理解」、「海洋と民俗・文化の関わりについての探求」など12の特定テーマを取り扱う単元開発部門と、海を主題とする学習活動全般を対象とする一般部門の2つの部門について行われた。

各学校は、防災、漂流物調べ、漁港見学と魚食、干潟観察といった全国共通に設定可能なプログラムから、北域でのサケ学習、地域連携のアマモ場再生活動、伝統製塩、海山の繋がったイカ漁床づくり、サンゴ礁の伝統漁船サバニによる追い込み漁体験など地域の特性を活かしたプログラムまで多種多様なテーマに取り組んだ。アクティブ・ラーニングとしての効果も大きいこれらのプログラムは、海洋教育カリキュラム開発の実践例として蓄積され、公表・共有を予定している。

「パイオニアスクールプログラム」の制度と実施状況を紹介し、次期学習指導要領改訂を見据えて、自然科学・地球惑星科学としての海洋教育を考える機会としたい。

キーワード：海洋教育、パイオニアスクールプログラム、支援（助成）制度

Keywords: Ocean Education, Ocean Education Pioneer Schools program, Subsidy System

An Exploration of Measures of Citizens' Ocean Literacy in Taiwan

*Guan-Ying Liu¹, Cheng-Chieh Chang², Zhe-Wen Zheng¹, Ting-Kuang Yeh¹

1. National Taiwan Normal University, 2. National Taiwan Ocean University

One important objective of ocean education is the enhancement of learners' ocean literacy, including, but not exclusive to ocean conceptual understanding, problem-solving ability, attitude toward ocean, and care about the ocean public issues. Ocean literacy may be a key to (1) link public with the understanding of ocean and ocean's influence, (2) applying ocean knowledge to solve problems and issues regarding the ocean and its resources, and (3) to inform and taking actions to public issues. However, previous studies have rarely surveyed citizens' ocean literacy, and to confirm the impact of ocean literacy on citizens' willingness to take action. This study attempted to fill this gap by conducting such an inquiry. This study explored public ocean literacy in Taiwan. To measure ocean literacy in terms of ocean concept understanding, attitudes toward the ocean, and interesting in studying ocean issues, Ocean Conception Test (OCT, multiple-choice question), Attitudes toward Ocean Inventory (AOI, 5 point Likert scale), and the Interesting in Studying Ocean Issues Instrument (ISOI) were constructed. Totally 324 subjects participated in this study.

The OCT is a 75 questions questionnaire to measure ocean concept understanding. The mean score was 45.02 (SD = 11.03). Three major misconceptions were: (1) what is the major mechanism causing sea level rise; (2) what is the major mechanism causing storm surge; (3) The reason why Kuroshio is called 'black current'. The mean score of AOI is 3.48 (SD = 0.52), shows subjects have a positive attitude toward marine science. With respect to ISOI, the analysis revealed that the top 3 most interesting topics of marine issues subjects would like to study were: 'coral reef ecosystem', 'dead zones', and 'ocean resource conservation'. Besides, attitudes toward ocean explained significantly more variance in willingness to take ocean action than of ocean concept understanding.

To conclude, this study may be of importance in providing researchers with a better understanding of citizens' ocean literacy. It is our hoped that this analysis and discussion will encourage the inclusion and replication of the public understanding of ocean.

Keywords: Ocean Literacy, Ocean Conception, Attitudes toward Ocean, Interesting issue of Ocean

地学データを用いた地学現象アニメーションの作成

The making of animations of geological phenomena in JAPAN using global geological data.

*加藤 忠義¹

*Tadayoshi Kato¹

1. 横浜市立もえぎ野中学校

1. Moegino Junior High School

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震以降も、日本列島各地で地震活動や火山活動などに伴う地殻変動が観測されており、日々変動を繰り返している。2016年4月14日には熊本地震が発生し、改めて地震が頻発する日本に生活する私たちの、地震に対する備えや日本列島の地球科学的な知識が必要であるということが明確になった。しかし、ベクトル図で示されることの多い地殻変動図は、一般の人が理解しにくいという問題点がある。また、現在の義務教育において「日本列島における地震活動や地殻変動」についても、日本列島に着目して学習する単元がほとんど無く、日本列島で地震が繰り返し起こる原因を考える機会が少ないといった現状がある。このような現状において、日本列島の地殻変動や地震分布を可視化したアニメーションを作成し、教育現場で活用することは極めて重要であるだろう。日本列島における水平時間変動アニメーションは、国土地理院がGNSS連続観測システム（GEONET）の観測結果から得られた結果をもとに可視化されたアニメーションが公開されているほか、加藤（2011）によって、地殻変動アニメーションの有用性が示唆されている。また、これらの地殻変動データや地震データは国土地理院や気象庁、USGSなどが一般公開しており、誰でもこれらの地学データを用いて地球規模の自然現象を連続的にとらえることができる。

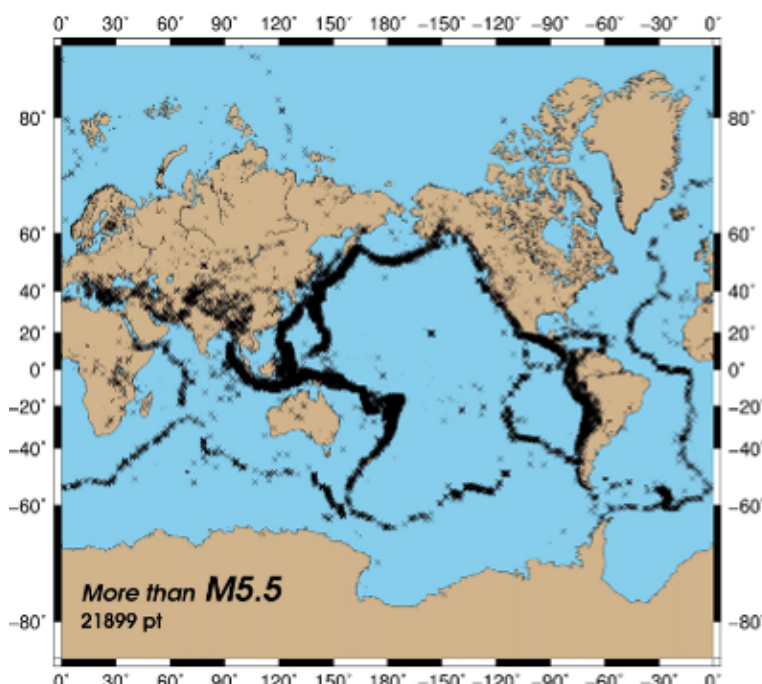
本研究では、GEONETの観測結果から得られた結果を用いて、1996年から2017年までの公開されているデータをもとに、東北地方太平洋沖地震発生前後の日本列島の地殻変動を可視化し、巨大地震発生前後の地殻変動の変化をそれぞれアニメーションで表現することができた。また、加藤（2011）の研究を改良し、GEONETの観測結果に含まれる人為的な座標値のずれを補正することで、より長期的な地殻変動アニメーションを作成することができた。また、USGSが公開している世界の震央データを用いて、1973年1月から2017年1月までの震央分布アニメーションを作成することができた。

次期の学習指導要領改定に向けて、理科教育で設定されている「地球」の分野における特徴的な見方として“地球や宇宙に関する自然の事物・現象を主として時間的・空間的な視点で捉える”が示されている。今回作成した地殻変動アニメーションを用いれば、日本列島全体の地殻変動や、地域に即した変動も直接的にとらえることができ、生徒がとらえにくい「空間的・時間的に大きなスケールでの変動＝大陸をはじめとして地球表面は、長い期間を経て連続的に変化している」という認識に加え、「日本列島も同様に絶えず変動している」という認識が増え、地学的な視点を養うとともに日本列島で発生する巨大地震に対する防災意識への関連付けもできるに違いない。これらの認識は日本に生活する人々に必須の知識として持つべき内容であり、義務教育で必ず学習すべき内容であるといえるだろう。

今後は、世界で観測されているGNSSデータを用いた全地球規模での最近の地殻変動や、地震による地域別の地殻変動を可視化した教材を作成することで、より地域に即した教材、資料として学校教育の現場や一般の人が、日本列島や地球全体の変動を理解する助けになるだろう。また、本研究で作成したようなアニメーションが学校教育の現場で取り入れられていくことで「日本列島の地球科学的な知識」の向上につながるだろう。

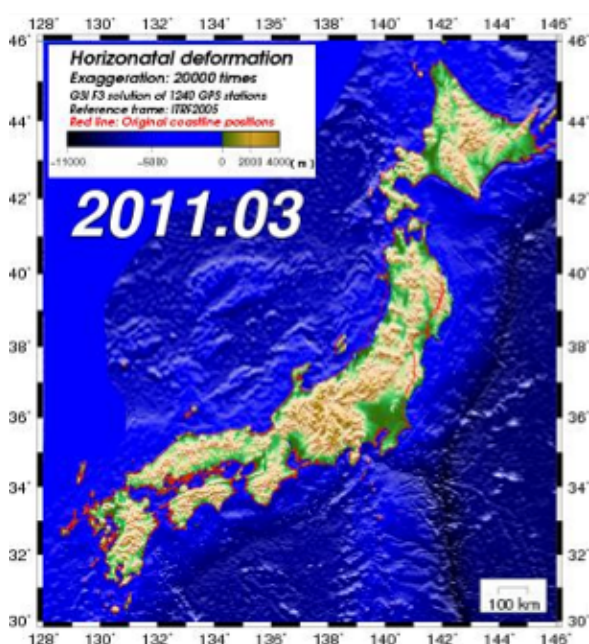
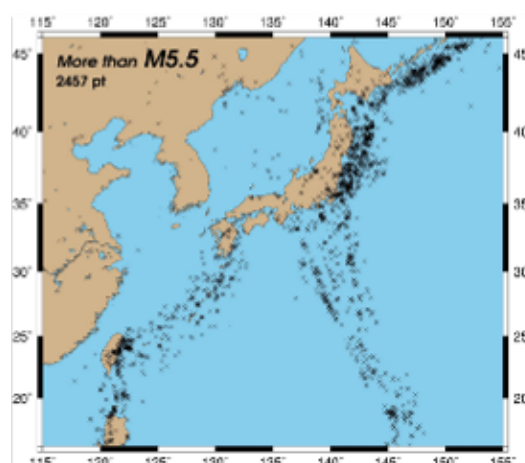
キーワード：GNSS、日本列島、地殻変動、GEONET、震央分布

Keywords: GNSS, JAPAN, crustal deformation, GEONET, epicenter



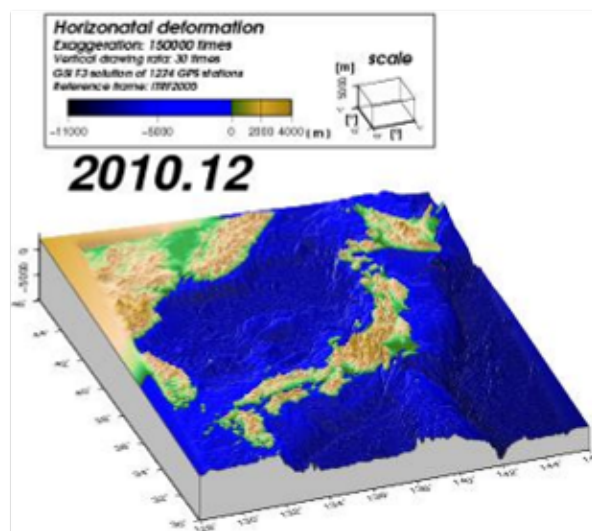
Epicenter map

Earthquake catalog by USGS



Crustal deformation map

GNSS data by GSI



地球惑星科学におけるアクティブ・ラーニングを支援するウェブサービス Web service for active learning in Geoscience

*今井 弘二¹、村山 泰啓¹、松下 幸市郎²

*Koji Imai¹, Yasuhiro Murayama¹, Koichiro Matsushita²

1. 情報通信研究機構、2. 京都造形芸術大学

1. National Institute of Information and Communications Technology, 2. Kyoto University of Art and Design

温暖化やそれに伴う異常気象がますます問題視される中、地球環境に関する教育は、より一層重要となってきた。一方で、近年の教育では、学生に知識や情報を与えるだけでなく、学生が課題を見つけ結論までを導き出す、能動的な学習方法（アクティブラーニング）が重視されている。そこで我々は、地球惑星科学における新しいウェブサービス、C3（Cross-Cutting Comparisons; <https://darts.isas.jaxa.jp/C3/>）を開発した。C3の特徴は、対話形式の操作性である。入力フォームは誘導的であり、初学者でも簡単に地球惑星科学のデータを確認することができる。また、作成した図はスケールの調整や、クエリ文字列を用いたグループ学習、そして立体表示ができるため、学生が地球上における様々な現象の理解を深めるのに有用である。本発表では、そのC3を用いたアクティブラーニングの実践方法について紹介する。

キーワード：アクティブ・ラーニング、ウェブサービス、Cross-Cutting Comparisons

Keywords: Active learning, Web service, Cross-Cutting Comparisons

教員養成課程の学生における火成岩岩石組織の理解に関する予察的調査と地学教育との関連

Preliminary survey about understanding of the volcanic rock texture in students of faculty of education and related discussion in the earth science instruction

*棟上 俊二¹

*Shunji Tojo¹

1. 福岡教育大学

1. Fukuoka Kyoiku Daigaku

教員養成課程に入学する者の学修履歴は比較的多様である。そこで共通なカリキュラムを学んだ中学校までの理科（地学）に関する質問紙法での調査を行い、地球を柱とする内容についての理解普及の度合いの測定を行った。対象には福岡教育大学の初等教員養成課程3年の授業（必修）実施体制上26に班分けされた中から4班を無作為に選び、その計48名に調査を行った。時間の制約もあり、質問は8項目のみだが地球科学に関する多様な内容を質問している。その中に含まれる火成岩に関するものについて分析した結果、斑状組織の石基部分を認識できた学生は約13%であった。これは全く同様の検査を行った棟上(2006)での20%に比べやや減少している。この設問は鏡下における斑状組織を想定した比較的単純な線画を提示し「安山岩のスケッチを示します。石基を塗りつぶして下さい」と問うものである。このスケッチはガラス基流晶質をイメージした石基組織となっている。今回の結果では、56.5%の学生が斑晶を塗りつぶしたのはごく単純な勘違いとしても、21.7%の学生は、細粒な石基鉱物のみを塗りつぶしている者がおり、この原因についてより詳細な分析が必要と考えられる。中学校の理科教科書に立ち返ると、出版元により多少の文言の差異はあるが、全般的には「石基は細粒な粒やガラス（の集合）からなる」という説明がなされている。これが原因となって「小さい粒が石基」という誤解が生じているのではないだろうか。教科書中の斑状組織の説明の原型は例えばTomkeieff(1983)にほぼ同じ説明がなされているが、そこではさらにRosenbusch(1887)も引用されている（同じ鉱物で異なる2つの世代のものが含まれる岩石組織として）。彼らはすでに偏光顕微鏡で観察をしていたので石基中の細粒鉱物に言及することは当然と推察されるが、それに引き替え現代の中学校の教育現場において偏光顕微鏡を用いた薄片観察の可能性はあるのだろうか。あるいは中学校内に偏光顕微鏡の使用法に習熟した教師は果たしてどのくらい配属しているのか、系統的なデータは今のところ見当たらない。恐らく多くの中学校では写真を利用するであろうが、偏光顕微鏡の用法を知らなければ得られる情報はごく僅かである。すなわち中学校での岩石学は19世紀後半の科学段階で苦戦している状況と捉える事が出来るだろう。中学校学習指導要領解説理科編にも書かれているように、火成岩を扱う上で鏡下観察は本質的に重要なものである。教員養成・研修・評価に携わる関係者は中学校での理科（地学）の岩石学分野の教育についてさらなる支援を行うべきである。

棟上俊二（2006）：教育実践研究，福岡教育大学教育学部附属教育実践総合センター刊，no. 14，31 - 38.

キーワード：斑状組織、石基、アンケート、石基組織

Keywords: porphyritic texture, groundmass, questionnaire, groundmass texture

伊豆諸島の玄武岩質火山島列と流紋岩質火山島列の成因を結晶分化作用と関連づけて考察させる授業の試み

An attempt to relate magma's crystal differentiation with formation of basaltic and rhyolitic volcanic island arcs of the Izu Islands as the learning material

*佐藤 俊一¹

*Shunichi Sato¹

1. 東京大学海洋アライアンス海洋教育研究センター

1. UT Ocean Alliance

1. 背景と目的

伊豆諸島は、海洋性火山島であることから、本来、すべて玄武岩質火山島列となるはずと思われるが、意外にも、新島、式根島、神津島は流紋岩質火山島列を成している。そして、その東側に、大島、利島、三宅島、御蔵島、八丈島などの玄武岩質火山島列が横たわるという一見奇妙な2列の配列構成になっている。何故、結晶分化作用の最終段階に出来る流紋岩質マグマから形成された火山島列が玄武岩質火山島と洋上に並行して存在するのか、その起源や典型的な玄武岩質火山島である西ノ島新島の誕生・成長・拡大など、身近な東京都の地域に属する伊豆諸島を題材に、マグマの「結晶分化作用」や島弧形成について理解を深め考察できる好材料と考え、自身の地学の授業で取り上げ話題にしてきた実践事例を紹介する。その一端を報告する。

2. 方法・内容

流紋岩質マグマの発生メカニズムについては、教科書には、モデルとして①本州への太平洋プレートの沈み込みに伴う成因解説図と②大陸地殻内（本州）の伸張場（亀裂など）に伴うマグマ貫入や部分的溶融による成因解説図の2通りの考えを併記した模式図がよく掲載されている。伊豆諸島の岩質の違いの成因についても、同様の考えを適用すれば、フィリピン海プレート下への太平洋プレートの沈み込みが明らかにされていることを踏まえ、＜案1＞フィリピン海プレート下へ太平洋プレートが潜り込み沈降することにより発生するとする考え。あるいは、＜案2＞伊豆半島や伊豆諸島を載せるフィリピン海プレートの本州側プレート下への衝突・潜り込み沈降に伴い発生する伸張力場（亀裂など）による“部分溶融”により生じたとする考え、の主に2通りの考えが想起されようである。＜案1＞は、上昇経路が長くなるにつれマグマが発生してから経過時間が長くなるなどして、それだけ結晶分化作用が先へ進行する結果、マグマだまりのマグマの性質が玄武岩質→安山岩質→デイサイト・流紋岩質に変化していくというもの。＜案2＞は、大陸地殻の内部（深部）で何らかの原因（圧力現象または温度上昇）により、部分溶融が起こり、その位置に留まりつつも時間の経過とともにSiO₂ %に富む花崗岩質（流紋岩質）マグマが形成されやがて地表（海面上）に現れるというもの。以上2つの説のいずれかの立場にせよ、現在も学術的に完全に解明はされていないようである。しかし、いずれの立場でも、プレートや地殻の部分的溶融により生じたマグマが結晶分化作用により最終的に流紋岩質マグマに辿り着くというシナリオの大筋の根幹部分はほぼ同じであると言えるのではないだろうか。そこで、授業で話題にし、教科書的な記述事項をより身近に感じられるようにと教材化して活用を図ってきた次第である。現地への地学巡検を行う場合にも、東京港（竹芝桟橋）から大島・利島（玄武岩質）、新島・式根島・神津島（流紋岩質）の双方へは、東海汽船で往路・復路とも同じ航路で結ばれているため一度に容易に溶岩性質と火山島形の関係などを比較しながら見て廻り学習に大変便利で好都合であり、私自身、希望生徒を募り夏季になるとしばしば実施してきた経験を有する。

3. 結果・考察

資料を基にした授業の中で、生徒たちから出される主な疑問や論点を紹介しておく。＜案1＞に対するものは、「なぜ、安山岩質マグマの生成が見られないのか?」、＜案2＞に対するものは、「新島・式根島・神津

島は海洋上にあり、果たして大陸性地殻と言えるのか？」といった類のものである。一連の学習過程に要する総時間はグループ検討、発表活動を含め、30分程度を予定している。繰り返しになるが、正解は用意されていない。しかし、「結晶分化作用」という学習事項について、地域に関する素材・教材を用いて教科書的な記述事項と関連付け、身近なものとして感じ捉え考究するメリットは大きいと感じて行ってきた。

現在、教育界で関心事の“*Active Learning*”で大事なことの一つに、知識を既成のものとして受け身で単に覚えるために学ぶのではなく、答えが見当たらないあるいは未解明の問題・課題に既知の知識を駆使し、「科学の方法」（仮説、推論、検証）を用いながら如何に能動的にアプローチしていくかという点にあるとすれば、本発表で紹介したような試行も一つの参考事例になるのではないかと考えている。

キーワード：マグマの結晶分化作用、流紋岩質火山、プレートの沈み込み、伊豆諸島、新島・式根島・神津島

Keywords: magma's crystal differentiation, rhyolitic volcano, plate sinking, Izu Islands, Niijima/Shikinejima /Kouzujima

地学教育で扱われる火成岩分類の問題点 —沈積岩の識別とマグマ冷却過程の復元—

Problems concerning the classification of igneous rocks dealt with in earth science education -A practical educational program using cumulate rocks-

*岡村 聡¹、山内 優萌¹、東 将士²

*Satoshi Okamura¹, Yume Yamauchi¹, Masashi Higashi²

1. 北海道教育大学札幌校、2. 石油資源開発株式会社

1. Hokkaido Education University, Sapporo Campus, 2. Japan Petroleum Exploration Co., Ltd.

はじめに

火成岩の分類について、高等学校学習指導要領「地学基礎」では、造岩鉱物の種類による色調（色指数）の違いが化学組成（ SiO_2 ）と関連することを取り上げている。国際地質科学連合（IUGS）の火成岩分類委員会（Le Maitre, 2002）は、深成岩の分類は実際の鉱物組成（モード）に基づき、火山岩の場合は細粒結晶～ガラスを含むことから化学組成（ SiO_2 wt%）による分類法を推奨している。したがって、「地学基礎」教科書では、IUGSに準拠して、色指数と SiO_2 wt%が対応する火成岩分類図表が使われていることになる。しかしこの分類表は、様々な種類のマグマが、その組成を維持したまま冷却固化した火成岩について適用されることに留意する必要がある。深成岩の場合、玄武岩質マグマは粘性が低いため、マグマ溜まり内で結晶化が進む際、結晶の分離が容易に起こり、結晶だけが濃集して沈積岩ができやすい。この場合、玄武岩質マグマの初期晶出のかんらん石・輝石が濃集するとかんらん岩などの超マフィック岩が形成されるが、この沈積岩の化学組成はマグマ組成を反映しない。本発表では、超マフィック岩～マフィック岩からなる岩体の実例をもとに、沈積岩の識別方法を紹介し、火成岩の分類の問題点とその発展的活用の例を提案する。

秋田県の掘削コア中の超マフィック岩の岩石記載的特徴

本坑井（槻田SK-1）では深度900～1200 mにおいて、台島—西黒沢期（新第三紀中新世）の火山岩・堆積岩中に超マフィック岩～マフィック岩の貫入岩がみられる。この貫入岩の起源については、オフィオライト的性格、すなわち、上部マントル～下部地殻がプレート運動によって上昇した岩体の可能性や、かんらん石ドレライトの沈積岩である可能性が指摘されている（大口・千葉, 1984, 千葉・大口, 1984）。本超マフィック岩は、かんらん石と単斜輝石を主要造岩鉱物とするかんらん岩であり、マフィック鉱物の集積組織とともに、 MgO 、 FeO 含有量の規則的変化が認められる。かんらん石の Mg 値（ $\text{Mg}/(\text{Mg}+\text{Fe})$ ）は、マントルかんらん岩の化学組成とは非平衡であり、玄武岩質マグマから晶出したことを示す。さらに、近接して貫入するマフィック岩（ドレライト）の全岩化学組成は、超マフィック岩の全岩化学組成とその構成鉱物であるかんらん石と単斜輝石の化学組成が描く組成トレンドの延長線上にプロットされる。これらを総合すると、本坑井の超マフィック岩は、玄武岩質マグマからつくられた沈積岩であり、その残液マグマがドレライトを形成したと考えられる。本坑井の事例研究によって、超マフィック岩がマントルかんらん岩なのか玄武岩質マグマからの沈積岩なのかを区別することが可能となり、マグマだまりにおける冷却過程をよりダイナミックに理解できることが明らかとなった。

引用文献

Le Maitre (2002) Cambridge University Press, 236 pp.

大口健志・千葉とき子（1984）日本地質学会第91年年会講演要旨集。

千葉とき子・大口健志（1984）日本火山学会講演要旨。

キーワード：火成岩、超マフィック岩、沈積岩

Keywords: Igneous rocks, Ultramafic rocks, Cumulate

Digital Classroom, light microscopy, mineralogy

*Graham Shaun¹, Hill E.¹, Tordoff B.¹

*Shaun Graham¹, E. Hill¹, B. Tordoff¹

1. Carl Zeiss Microscopy

1. Carl Zeiss Microscopy

Digital Microscopy in a Digital World

The world we are living in is changing rapidly, as digital technology is more and more integrated into our everyday lives. Smart phones are common possessions for most, big data is shared, analysed and interpreted around the world using “Cloud” technology and people are continuously connected via the world wide web. It is therefore safe to say, that in the last 10 years, we have truly undergone a third industrial revolution; the digital revolution.

Digital technology is now revolutionising the way we educate and communicate. These digital capabilities are now being applied to Geoscience education and specifically, in this paper, for the microscopy and mineralogy education.

Optical Mineralogy Education with the ZEISS Digital Classroom

The digital classroom allows the supervisors to connect to all Primotech microscopes in the classroom. Using the Zeiss Matscope iPad application, the supervisor is able to view all the images from the microscopes at any time, giving him a comprehensive overview of the students microscopes. The supervisor has the capability to select and share anyone of the student's microscope images by projecting the image onto the screen.

A simple example of the application of this technology, may be the following scenario. A supervisor is showing his class the features characteristic of an olivine on his light microscope. Now the students will aim to recreate the steps in search for the same features that are used to distinguish an olivine. Whilst overseeing the students microscopes, using the Zeiss Matscope iPad application, the supervisor notes one of the students has an olivine which has been cut perpendicular to the c axis and is showing maximum birefringence. This student's microscopic image can be easily selected and projected on the front screen, to show the rest of the students this example. Another student may have, in plane polarised light, what appears to be an olivine with high relief, fractured texture and colourless pleochroism; the birefringence is black-grey in colour.

Both examples can be projected live from the students' microscopes and be used to provide examples of the difference in birefringence based on the orientation of the crystal relative to the crystallographic axis. This is not just a better way of sharing information but also, by involving the students in such exchanges the supervisor can invoke an element of peer-on-peer teaching and greater student engagement with what is being taught.

In addition, students have the benefits of having iPads, which can wirelessly be connected to the microscope. Typically, students within the lecture make observations with the microscope, taking notes and making sketches based on their observations. This is a time intensive process and can result in students spending more time drawing and making notes than interacting with the microscope and the samples. The Zeiss Matscope iPad application therefore allows students and supervisors to acquire and

save images, so they are able to build their own library of images. With the Zeiss Matscope iPad application students have the ability to perform measurements, annotate the images or record short videos based on their observations. Therefore, supervisors can create practical exercises, where measurements can be taken to ensure students note the relevant features and observe specific details within the sample. The Matscope iPad application thus allows the students to spend more time focused on the sample and its features and acquiring data from the samples.

Summary Remarks

The digital world we now live in provides us with a great opportunity to revolutionise our education provisions. The ZEISS Digital Classroom is one such evolution taking advantage of the digital technology available today. The capabilities of the ZEISS Digital Classroom lead the future of how optical mineralogy and microscopy education are evolving.

コリオリ力を「体感」できる実験 Experiments to "feel" Coriolis Force

*中島 健介¹

*Kensuke Nakajima¹

1. 九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門

1. Department of Earth and Planetary Sciences, Faculty of Sciences, Kyushu University

はじめに：コリオリ力は納得しにくい？

コリオリ力は気象学・海洋学をはじめとする地球惑星科学において極めて重要な概念であり、これを、数式上にとどまらず実体験として認識することは、極めて望ましいと考えられる。しかし、教科書などに書かれている多くの実験、たとえば、回転台上のボールの運動からコリオリ力を見いだすことは、運動と力の関係（ニュートンの第二法則）が前提となっており、直感的に初学者が納得することは容易でない。この困難に、コリオリ力がかかけの力（慣性力）の一種であることが加わり、多くの混乱が生じているように思われる。

本発表では、教室や一般家庭でコリオリ力を体感することができるいくつかの実験設定があることに注意を喚起し、その理解の増進の一助としたい。

目標：身近な実験で「体で感じる」

「力」は本来、物体の運動の観察以前に、自分の体で感じとることができるはずのものである。実際、コリオリ力と同様に慣性力でありながら、加速度運動に伴う慣性力や遠心力は、加減速あるいは曲線運動する乗り物の中で自分に働く力（あるいは体を支えるのに必要な力）として、子供にも直感的に認識される。そこでコリオリ力についてもこれらの慣性力と同様に「体感」することを目指す。さらに、学校等の教室や一般家庭でも安価で容易かつ安全に行えることを条件にする。

実験その1：回転椅子上で物を振り回す

回転系に対して静止した実験者が、手に持った物体を直線運動させる。このとき、物体に働くコリオリ力を手で感じることができる。たとえば実験者が回転する椅子に座り、手に軽く持った杖を頭上で振ってみると、運動に伴って杖の速度に横向きに作用するコリオリ力を「手応え」として感じることができる。椅子の回転方向を逆にすれば、コリオリ力の向きが反転することも感じ取れる。問題点は、「回転酔い」のために長時間は実験ができないことである。

実験その2：ジャイロスコープの実験の再解釈

「ジャイロスコープの実験」を回転しながら行い、得られるトルクをコリオリ力に基づいて解釈する。たとえば、車軸を延長した自転車の車輪を用意する。これを回転させて、回転椅子に座らせた実験者に持たせる。その車軸を固定する努力を命じておき(特に、傾けないように注意する)、椅子を回転させると、車軸を傾けるトルクを感じることができる。

このトルクは通常、慣性系上において、地球ごまの歳差運動などを例として、いわゆる「ジャイロスコープの原理」として説明される。しかしこのトルクは、回転系から見ると、車輪の各部の回転系に対する相対運動(のうち椅子の回転軸に直交する成分)に関わるコリオリ力(車軸の上側と下側で逆向きになることに注意せよ)がもたらすものとしても説明できる。

おわりに： 大きな回転台の必要性

実は、最も直感的かつ有効な設定は、大きな回転台（たとえば気象研究所の回転実験装置）の上で「直線的」に歩くことであり、これを回転台の「外」から観察すると、コリオリ力の起源(例えば Feynman ほ
か,1961;山岸,2013)を正確に理解することもできる。しかし、そのような回転台は、各地の科学館等で散発的に
作られつつも有効に活用されずに廃止されがちである。危険性のために学校や児童公園などの回転遊具がほぼ
全廃され、子供が回転を体感する機会が激減していることを考えると、科学館や大学などで大型回転台を設置す
ることは、フーコーの振り子と同程度に意義深いと考える。

References:

山岸(2013): コリオリ力の「ユリイカ」一つの試み, 天気, 60, 85-88.

Feynman, Leighton, and, Sands (1961) : The Feynman Lectures on Physics, Vol.1, Section 19.4.

キーワード：コリオリ力、回転座標系、地球力学、地球流体力学

Keywords: Coriolis force, rotating frame of reference, geodynamics, geophysical fluid dynamics

Space Science outreach of National Space Organization Taiwan

*蕭 俊傑¹

*Chun-Chieh Hsiao¹

1. National Space Organization

1. National Space Organization

Space science is one of the most popular subjects for the young students and general publics. However, the material of space science is much less than the other subjects in the elementary/junior high school textbook. Students learn the space knowledge from museum, book, movie and educational TV program. National Space Organization (NSPO, Taiwan) hold the space science camp, competition, exhibition and TV program for the young students to further realize the knowledge about space science and satellite technology. More than 3 years of space science outreach experience and results will be seen in this paper.