

教室と教出を結ぶ

# リンク



八幡平の紅葉

## 目次

- 
- |                                        |   |
|----------------------------------------|---|
| 新しい時代に対応した理科の探究の在り方……………野添 生           | 2 |
| ―成熟した未来社会の創造に向けて―                      |   |
| モデル実験で得た見方・考え方を活用して地学現象を理解する……………川上 紳一 | 6 |
-

# 新しい時代に対応した理科の探究の在り方 —成熟した未来社会の創造に向けて—

宮崎大学教育学部 准教授  
野添 生

## 1 はじめに

2021 年度から全面実施される中学校学習指導要領は、2030 年頃までその役割を果たすことになり、この学習指導要領で学んだ生徒たちがミドルエイジとして、社会を牽引していくのは 2050 年以降の世界である。グローバル化・多極化が進展した未来社会では、複雑化した様々な課題（エネルギー、資源、食料、気候変動など）の解決に向けて、他者と協働しながら、持続可能でよりよい社会を創造していくことが求められる。この度、改訂された学習指導要領は、これからの社会で求められる資質・能力（コンピテンシー）の育成に力点を置いたものへと大きく舵を切った。

「お互いを認め合ってみんな仲よく」といった次元ではなく、利害や価値観が対立する峻厳な状況下で、粘り強く対話を重ね、妥当な納得解を共有していくことのできる次世代育成に向けて、理科教育はどのような貢献ができるのであろうか。子どもたちに育成すべき資質・能力を習得・活用・探究の学習過程全体を見渡しながら学び全体を改善していく中で、果たして教科としての理科はどこまでを範囲とし、どこまでを請け負うべきなのであろうか。

本稿では、これからの新しい時代に対応し

た理科の探究の在り方について、国際的な科学教育の潮流を踏まえながら論究していく。

## 2 対象とする生徒をどのように定義するか

中学校理科の授業は、その対象である生徒の将来像をどのように捉えるかによって、育成する資質・能力も大きく変わってくる。科学者や技術者なのか、それとも、それ以外の職種につく市民なのかである。理科教師は、（無意識のうちに）対象とする生徒を「未来の科学者・技術者」と見立てて、理科授業の構成をデザインすることが一般的である。生徒たちが学習する科学的知識・技能は、理系に進学・就職した先で主に必要となる知識・技能であり、生徒たちに育成される力も同様である。

しかしながら、未来社会は理系に進学・就職した専門家だけで創造されていくものではなく、その専門家たちの議論がもたらす社会的な含意を大まかに理解できる市民にこそ、最終的な民主的判断は委ねられている。むしろ、そのような力を身につけた市民層の厚みが成熟した未来社会の鍵を握っているといっても過言ではないであろう。であるならば、中学校理科で対象とする生徒の将来像は、「未来の科学者・技術者」と「未来の市民」の双方を指していると捉えることが望ましい。もっとも、科学者や技術者でさえ、自ら

が研究・開発した科学・技術が、社会や環境、人権といった多方面にどのような影響を及ぼすのかを理解している訳ではなく、そのようなことを学ぶ機会もほとんどないのが現状である。加えて、「科学・技術」そのものは日々多様化しており、最先端の研究は、複数の領域・分野にわたっている。どれほど知識や経験の蓄積が豊富であっても、もはや、個人が重要な課題に対して正しい意思決定を行うことは極めて困難であり、(科学・技術以外も含めて) 様々な領域・分野の専門家がチームとなり、議論を重ねて妥当な意思決定を行うこととなる。つまり、科学・技術に対する眼識を身につけた市民を育成することは、卓越した科学者・技術者を育成することと矛盾しない。両者は対立的な関係として布置されるのではなく、図1のように「科学者・技術者」も「市民」に包摂される位置付けの下、中学校理科の授業で対象とする生徒の将来像を再定義する必要があるであろう(野添, 2019)。

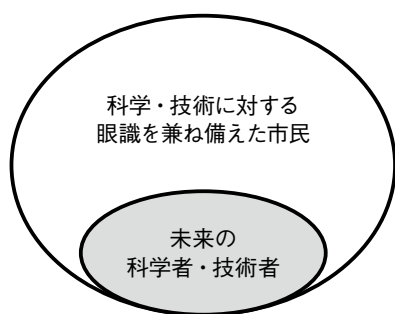


図1 中学校理科で対象とする生徒の将来像

### 3 「科学的な問い」の再考に向けて

中学校理科の探究では、「科学的な問い」を中心に据えて授業が展開される。Paul & Elder (2012) は、「科学的な問い」には確立された体系における「手続き的な問い」と、相反する体系における「判断的な問い」の2種類があることを指摘している。前者は科学的な事実や定義によって正しい答えが導き出される問いであり、例えば、「水の沸点

は何度か?」という問いのように、解決するための確立された手続きや方法が存在する。一方、後者は、現時点でのよりよい答えの模索が意図される問いであり、例えば、「どうすれば科学・技術の発展と環境保護の双方を追究することができるか?」という問いのように、多様な視点や基準を用いた評価・判断に頼ることとなる。わが国の中学校理科で扱っている「科学的な問い」とは、上述の「手続き的な問い」のことであり、「判断的な問い」はややもすると、理科教育が扱う領域ではないという認識だったかもしれない。

しかしながら、国外に目を向けてみると、近年では欧米諸国を中心に、知識観は変容しており、生涯学習社会を射程に入れ、知識は蓄積、更新され、拡大するものとされている。科学的知識に関しては、知識の量よりも知識の質的側面がより重視されているため、科学そのものの知識 (knowledge in/of science) だけでなく、科学についての知識 (knowledge about science) を教えることも求められている。そこでは、科学・技術に関する社会問題において合理的な議論に従事し、科学的根拠に基づく意思決定を行うことを視野に入れた Socio-scientific Issues (以後、SSI と略記) が積極的に扱われている。このことは、科学・技術が関連する(科学・技術を背景とする) 未解決な社会的諸問題も、「科学的な問い」として認識されていることを意味している。ただし、諸外国で SSI を取り入れた科学の教授方略が必ずしも確立されている訳ではなく、現在も開発・試行中であることは付言しておきたい。SSI の各主題は、社会的事象の一つであり、「地球温暖化」や「遺伝子組み換え」といった問題に外観的には集約されているが、実際に SSI を授業で扱ってみると、生徒の議論が多方面に展開し、「理科の学び」として制御・収束させることは非常に難しい。Chang Rundgren & Rundgren (2010) は、SSI の全体論的モ

デルとして、6領域（社会・文化、環境、経済、科学、倫理・道徳、政治）が個人の価値や知識、経験といった三つの側面と繋がったSEE-SEPモデルを提唱している。つまり、SSIは、たとえ外見上は一つのテーマであっても、実際には多くの要素を包摂している。そのSSIの特徴を理科教師は予め認識したとしても、なお、授業でどのように展開し、終結させるのが実践上では大きな課題となっているのである。

児童・生徒が、これからの社会で科学・技術とどのように対峙し、意思決定していくのかという命題は、自然科学を基盤としたわが国の理科教育では、これまで不問に付されてきた。しかしながら、今回の学習指導要領では、教育課程全体を通して育成を目指す資質・能力の一つとして、「どのように社会・世界と関わり、よりよい人生を送るか（学びを人生や社会に生かそうとする『学びに向かう力・人間性等』の涵養）」に基づく再整理が促された経緯がある。新学習指導要領において「社会に開かれた教育課程」が提唱されているように、理科は理科室の中だけで完結してよい時代ではなくなっており、ここ十数年で、世界（社会）の様相も大きく変化してきた。この時代の変化に合わせて、わが国の中学校理科で扱ってきた「科学的な問い」を、今改めて、再考する時期に差し掛かっていると考えてよいであろう。

#### 4 「科学の方法（科学観）」の再考に向けて

わが国の中等教育段階では、学習内容が専門分化し、かつ、多様性・複雑性が増していくことから、小学校理科の「問題解決」とは異なる教授方略の「探究」が行われてきた。昨今では、同義語として捉える風潮もあり、その是非は問わないが、元来、「問題解決」と「探究」は異なる指導理念であった。そもそも、「探究」とはSchwab (1962) のEnquiryの考え方を基盤としており、究極

的には安定的な探究のパターンを乗り越えて、流動的な新しい探究の創造を目指した指導理念である。具体的には、オープンエンド指向の学習が中心で、教師が問題を孕んだ事象を演示・提供し、それから先は生徒の自律的な探究に委ねるという考え方がその根底にあった（野添・磯崎, 2014）。

現在の中学校理科の授業では、旧来の科学観（帰納主義）に基づく「科学の方法」に従って、探究の学習が展開されることが一般的である。ここで扱われる「探究の過程」とは、結論を導き出すための固有の方法であり、一定の手続き（問いの設定→予想・仮説→観察・実験の立案・実施→結果→考察・結論）を辿りながら解決へと進んでいく。しかしながら、実際に科学者が辿るプロセスは、研究領域ごとに異なっており、科学者集団の合意に基づく多様な方法がある。「科学」は学問としての知識体系であると同時に、世界を理解するための一つの様式（世界を眺める眼鏡の一つ）でもある。その「科学」そのものを学ぶのが、科学の本質（Nature of Science:以後、NOSと略記）であり、例えば、イギリスのナショナル・カリキュラムのように、諸外国では学習内容として組み込まれた科学カリキュラムも既に実在する。具体的には、「新しい科学的知識は、科学者によってどのように構築されていくのか」「科学は社会とどのように関わりながら発展してきたのか」といった科学の営みを学習することで、現代的科学観の育成を図るものである。

これまで通り、理科で基本型としての「科学の方法」を学ぶことは勿論のことながら、同時に、その方法が唯一絶対のものではなく、全ての科学者がいつも必ず同じプロセスで探究をしているのではないことを学ぶことも生徒にとっては大切である。さらには、新しい科学的知識がどのように構築され、科学の成果が社会の中でどのように位置付けられていくのかについて理解することも、これか



らの理科で育成すべき資質・能力となってくるであろう。その意味で、わが国の理科授業で展開される「科学の方法（科学観）」を、上述したNOSの視点を取り入れながら再考することは、重要な視点となってくる。例えば、「社会的展望」、「倫理的受容」、「持続可能性」といったこれまでにない観点も視野に入れた新しい科学的探究を通して、それまで学習した科学的知識を統合したり、新たに構築したりする学習活動も考えられるであろう。先述したSSIとNOSは、親和性が高いことが先行研究でも明らかにされている（例えば、Zeidler, 2014）。加えて、科学の最新の研究成果からもわかるように、「新たな知」は専門分化された最先端の部分のみで生み出されるのではなく、各専門領域の境界となるところで生み出されるケースも非常に多いことから、将来的には、物・化・生・地という既存の枠組みを超えて、より融合・統合化された科学的知識・技能というものが生み出されるかもしれない。そのような未来社会を考慮した上で、理科で育成すべき「科学の方法（科学観）」を再考する必要があると考える。

## 5 おわりに

わが国の理科教育は、小・中・高等学校へと教育段階が進むにつれて、螺旋状に教育内容が積み上げられていく系統的な理科カリキュラムが確立されており、この世界的にも優れた教育課程が、今の科学技術立国の礎を支え続けてきた。理科は、教科の特性上、ある程度の系統的な積み上げがやはり必要であり、足腰の基礎が強くなければ高くは跳べないという真理は、未来社会がどのように変化しようとも変わらない。ただ、これまでは、より高次の科学的知識や技能を習得するための「積み上げ」に主眼が置かれていた。しかしながら、国際的な科学教育の潮流を踏まえると、これからは、科学的知識や技能を活用

して、よりよい社会を創造するための新しい解決策やアイデアを生み出すための「積み上げ」という視点も加味されていくことが望ましいと考える。

これまでのわが国の伝統的な中学校理科の指導理念を大切に継承しながら、これからの時代に対応した新しい理科の探究へとどのようにアップデートさせていくかが、今改めて問われている。小稿での提案が、たとえ画餅に帰すとしても、未来を拓く次世代育成の理科教育を議論する上での契機に繋がることを願っている。

## 【引用・参考文献】

- Chang Rundgren, S., & Rundgren, C. (2010) SEE-SEP: From a separate to a holistic view of socioscientific issues. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 11 (1, article 2), pp.1-24.
- 野添生・磯崎哲夫（2014）「小学校・中学校の理科学習指導要領における成立背景に関する研究—昭和40年代の『問題解決』と『探究』を中心に—」『日本教科教育学会誌』Vol.37, No.1, pp.95-108.
- 野添生（2019）「これからの時代に対応した新しい理科の問題解決－わが国の伝統と国際的な科学教育の潮流を踏まえて－」『理科の教育6月号』Vol.68, No.803, pp.44-46.
- Paul, R., & Elder, L. (2012) *The thinker's guide to scientific thinking*. Tomales: Thinker's guide library.
- Schwab, J. J., & Brandwein, P. F. (1962) *Teaching of Science As an Enquiry*. Massachusetts: Harvard University Press.（佐藤三郎訳（1970）探究としての学習，明治図書。）
- Zeidler, D. L. (2014) Socioscientific issues as a curriculum emphasis. In N. G. Lederman., & S. K. Abell. (Eds.). *Handbook of research on science education volume II* (pp.697-726). New York: Routledge.

# モデル実験で得た見方・考え方を 活用して地学現象を理解する

岐阜聖徳学園大学 教授  
川上 紳一

## 1 はじめに

科学教育、理科教育、地学教育では、知識の詰め込みではなく、学習者が主体的にさまざまな事象に関わり、探究的に学習することで、問題解決の方法を学ぶと同時に、科学的な概念を用いて現象を分析する力を身につけることが求められるようになっている。新しい学習指導要領では、理科学習における探究的な学びがより一層重視されるようになっている。地球環境の変動とその歴史を理解するには、地球科学のさまざまな分野の学習が必要となるが、学習内容の体系化に加えて、それぞれの学習内容が学習者にとって面白く、理解しやすく、さらに深く学びたいという欲求を促すような工夫が必要である。筆者は、地球科学の諸分野の融合や総合化に向けた学際的な研究として縞々学（川上，1995）を提案する一方で、学習者の興味・関心を高める目的で、広く理科教育分野のデジタルコンテンツを開発し、web サイト教材「理科教材データベース」として公開する取り組みを進めてきた。地学事象の探究に対する学習意欲を高めるには、デジタルコンテンツを核とした ICT 活用に加えて、実物標本やモデル実験を組み合わせた学習プログラムが必要であると考えている（川上，2011, 2016）。

以下に紹介する実物標本やモデル実験器は、こうしたニーズに対し、筆者の最近の取り組みを紹介するものである。探究的な学びについては、いろいろな考え方があるが、ここでは、単なる協同的な学習やテーマに対する調べ学習ではなく、自然の事象に対する疑問を解決するために、実験や観察を行って、見方・考え方を獲得し、新たな課題を解決する過程を通じて、知識や技能、地学リテラシーを身につけるような学習活動と考える。

## 2 探究学習を促す教材の具体例

### 1) 縞々地層実験器

地層の構成とでき方の学習は、小学6年「土地のつくりと変化」および中学1年「大地の成り立ちと変化」の単元で扱われている。地層は大地を構成する要素の一つであり、その存在を認識する第一歩としての地層学習が位置づけられている。地層は、地球システムの変動の記録であり、地層の重なりや含まれる化石から過去の環境や出来事を解説する手がかりを与える。こうした地層の学習に、時間スケールの視点を入れることで、地質時代や地質学における時間の概念を育むことができる。筆者は、2004年のロシア白海の化石発掘調査の際に、24億年前の年縞をもつ小石を集め、地層の重なりから地質学的

時間スケールの概念形成のための授業実践を提案してきた(川上・西田, 2009)。この小石に刻まれた縞の枚数を数えると、その数が経過した年数を表しており、地層の厚さから地層が堆積するのにかかった時間の長さを推論させることができる。この授業実践では、水を流すたびに堆積物が運ばれて一つの地層ができることを事前に理解しておく必要がある。しかし、過去に行った授業実践では、実験でつくった地層は、きれいな水平成層をしておらず、事象提示で用いた年縞のある小石の縞模様とは対応はしていなかった。今回、これまでに使ってきた地層実験器(川上ほか, 2018)に更なる改良を加え、アクリルケースとウレタンシートを用いて、水槽の底面が滑らかに傾斜した地層実験器を開発した(図1)。



図1 縞々地層実験器

この実験器に、比重と粒径が比較的大きい黒色の桜島火山灰と、白色で細粒の多治見産陶土の混合物を水で流して、1回の水流で、黒色層と白色層からなる地層の縞模様ができるように工夫した。この実験を繰り返すことで、事象提示に用いた小石の年縞とよく似たほぼ水平成層した地層をつくることができた(図2)。学習者の探究場面では、同じ厚さの地層を重ねてつくるには、流す水の量、黒色と白色の砂泥の量をそろえることが必要であるという考察ができ、実際の地球でそうした現象が起こる状況を推論させることで、地層の縞模様が雨季と乾季、夏季と冬季によるものであることを理解することができた。さら

に、問題の地層は1年に白黒1セットできることから、地層の枚数(厚さ)を調べると、経過した時間の長さを求めることができるという見方を学びとることができた。

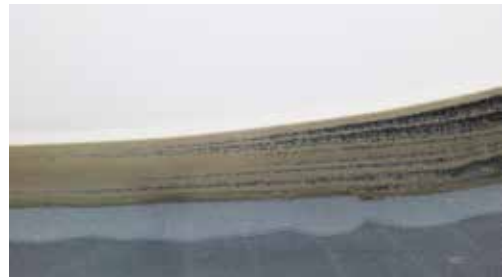


図2 縞々地層実験器でつくった地層の縞模様

## 2) 火山灰鉱物標本セット

火山噴火で噴出した火山灰には、マグマが冷えて固まってできた鉱物が含まれている。火山灰を採集し、洗浄したものを実体顕微鏡で観察し、造岩鉱物に関する理解を深めることが中学1年「大地の成り立ちと変化」の単元で位置づけられている。火山灰としては、桜島、霧島山の最近の噴火で降り積もったものが扱われることが多いが、岐阜県では、2014年の御嶽山の水蒸気爆発で生じた火山灰が授業に使われるケースがあった。御嶽山の噴火で生じた火山灰は、マグマの熱で地下水が急激に蒸発して、山体を構成する岩石が粉末化して飛散したものであり、この火山灰にはマグマが冷えて固まったできた新鮮な鉱物は含まれておらず、細かい粒子のほとんどは岩片すなわち、石が砕けて粉末化したもので、鉱物はほとんど含まれていない。中学校の理科の教科書では、主な鉱物の写真が掲載されているが、教科書には、鉱物のほかに岩片が多く含まれているといった記述はなく、学習者の鉱物同定に誤りがみられる授業がみられた。

火山灰中の鉱物を調べて、火山の種類やマグマの性質と結びつけるには、鉱物同定に関する正しいスキルが必要である。しかし、主

要な造岩鉱物を分離して観察するような教材は学校現場にはほとんど普及されていなかった。岐阜県高山市周辺に分布する約 30 万年前の高山軽石層（田村・鈴木，2001）に、典型的ともいえる石英，長石，黒雲母，角閃石が含まれていることから，この火山灰中の鉱物を種類ごとに分類した鉱物標本セットを作成することにした。高山軽石層にはみられない輝石と磁鉄鉱については，鹿児島県志布志湾の砂鉄が，磁鉄鉱 80%と紫蘇輝石 20%の比率で混ざっていることがわかり，これらを弱い磁石を用いて分離した。かんらん石は火山灰中にわずかしかな産しないため，アリゾナ州サンカルロス産ダナイトを粉碎して，かんらん石からなる鉱物片を採集し，全部で 7 種類と，それらを混合した標本からなる火山灰鉱物標本セットを作成した（図 3，4）。現在までに約 300 セット作成し，岐阜市教育委員会および飛騨教育事務所が所轄する全中学校に配布した。火山灰中の鉱物の観察は，学習指導要領に位置づけられていることもあり，今後も作成を継続し，岐阜県のすべての中学校に火山灰鉱物標本セットを配布する予定である。探究学習においては，まず本研究で開発した鉱物標本セットを用いて，鉱物同定のスキルを定着させたあと，桜島，霧島山などの火山灰を観察して，どのような鉱物種で構成されているのかを調べるといった活用が考えられる。



図3 火山灰鉱物標本セットの解説書



図4 火山灰鉱物標本観察セット（8セット）

### 3) スコリア丘形成実験

中学校の理科では，火山の形をマグマの粘り気と関係づけて理解することが求められている。参照する火山の例としてハワイのマウナロア火山，富士山，雲仙や昭和新山が取り上げられているが，これらの火山は一回の火山活動で形成されたわけでない。理科授業における実験ではセッコウなどでつくった粘性の異なるマグマを下から流出させているが，マウナロア火山や富士山は長い年月をかけてマグマの流出や爆発的噴火を繰り返して形成されたものであり，授業で行う実験は火山が長い年月をかけて成長してできたことを理解することを目指してはいない。火山の形とマグマの性質には関連性がみられるものの，こうした対応関係は火山の形成過程を反映したものではないことに留意する必要がある。

一方，スコリア丘は，ストロンボリ式火山における一連の小規模噴火によってできる円錐形をした火山体である。玄武岩質ないし安山岩質の細かい岩塊が降り積もったものであり，黒っぽい色の多孔質の小石（スコリアとよばれる）でできている。スコリア丘の大きさは直径数 100 メートルから 1 キロメートル程度であり，その形成の時間スケールも数週間から 1～2 年程度である。国内では，阿蘇山の米塚や伊豆大島の大室山が代表的なスコリア丘として有名である。阿蘇山の米塚



(図5)は今から1700年前のストロンボリ式噴火で、数週間～数ヶ月で形成されたとされている。



図5 阿蘇山の米塚

スコリア丘の斜面勾配はほぼ30度であり、スコリア丘を構成する粒子(岩塊)の安息角に一致しているものと一般的に考えられてきた。土質工学の分野では、安息角とは、砂や礫などの粘着性のない土砂(粉体)を降り積もらせたときにできる斜面の状態で、安定を保ちうる最も急な勾配をいい、斜面の勾配は粉体のせん断抵抗が関係している。スコリア丘の形成では、火口から飛散した岩塊が周辺に降り積もって円錐形をした火山体が成長していくが、火山噴火が継続すると、新たに降り積もったスコリアは斜面勾配が安息角に達し、斜面が雪崩のように崩壊することによって角度がほぼ30度に維持される。

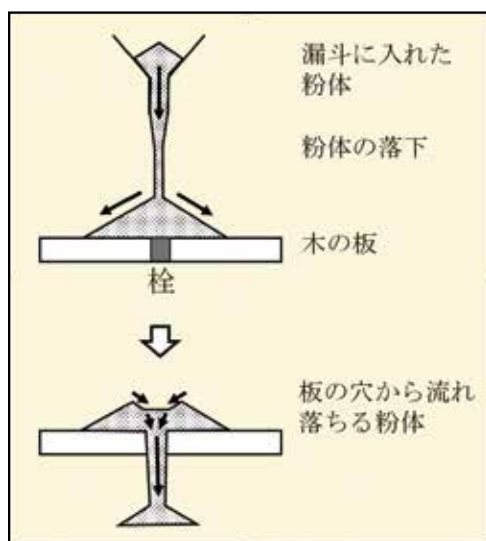


図6 実験方法の概念図



図7 用いた実験器具

図6と図7に、スコリア丘の斜面勾配がおよそ30度になる理由を実験的に探究するための教材を示す(後藤ほか, 2018)。ここでは、身近な粉体をスコリア丘の形成のモデル実験に使うこととし、予備実験によって用いる粉体の安息角がスコリア丘の安息角と一致するかどうかを調べた。実験は、粉体を漏斗の末端から自由落下させて、円錐形に堆積させる落下法を採用し、その角度を計測した。いろいろな粉体を調べた結果、グラニュー糖やカラーサンドを用いると、斜面勾配がほぼ30°のきれいな円錐形の山が形成されることがわかった。

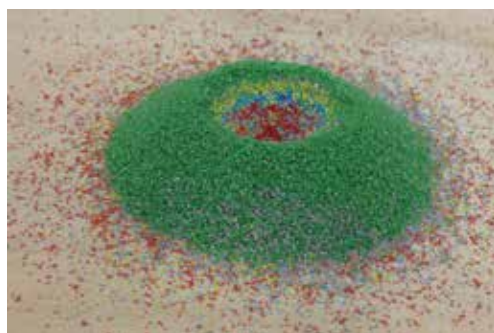


図8 カラーサンドを用いた実験結果の例

粉体の落下実験のように、ただ粉体を漏斗の末端から落下させただけでは、実際の火山のスコリア丘のようなカルデラを伴う火山体の形態は再現されない。すなわち、実際の火山ではスコリア丘の中央にマグマを噴出させ

た火口があり、くぼ地となっている。粉体を用いたモデル実験において、火口をつくる工夫としては、Riedel (2003) が、形成された円錐形の火山体の底部の中央に小さい穴をあけ、そこから粉体の一部を抜き取ることで、カルデラ様のくぼ地をつくっている（図6の下図）。さらに、自然界のスコリア丘の内部が成層構造していることに着目して、モデル実験でも粉体が成層して火山体が成長することを示す目的で、カラーサンドを使用することにした（図8）。用いたカラーサンドは石灰岩を粉碎して色をつけたものである（新見化学工業製）。実験では色の異なる5種類のカラーサンドを使っている。カルデラ内の斜面におけるカラーサンドの露出からスコリア丘が成層構造であることが読み取れる。

#### 4) 偏西風波動モデル実験

日本列島が位置する中緯度では、季節変化が大きく、天気の変り変わりが激しいが、こうした変化には地球規模の大気大循環が深く関わっている。冬季の寒波の周期的な到来は、極気団の低緯度への張り出しが関係しているし、春や秋の温帯低気圧の通過も偏西風の蛇行が関係している。こうした天気の変り変わりの原因を実験的に探る目的で、回転台の上に水槽を設置して、流体運動の様子を調べる偏西風波動モデル実験が行われている。回転台に載せる水槽は三重構造になっており、中心部に氷水、外側の水槽に温水を入れ、その間にある水槽での対流運動を観察する。アルミ箔を用いて流体運動を可視化すると、偏西風波動に類似した、水槽の回転速度に対して先行する蛇行した流体運動が出現する。本研究で使用した実験器はケニス（株）が販売しているものを使用しているが、流体の運動が水槽の回転に先行していることを視覚的に捉えるため、回転水槽に小型カメラを取り付けて撮影できるように工夫した（沼野・川上, 2018）。今回は、こうした実験の様子を、

サーモカメラ（Chino-CP2300）を用いて撮影し、内側の冷水と外側の温水が交わる様子を熱画像として撮影した。サーモカメラは回転水槽に対して大きく、回転系に設置することはできなかった。そこで、ビデオ編集ソフトを用いて、回転系で撮影した場合と等価になるように動画データを編集した。作成したビデオ映像から、冷水と温水が混じる流体運動には、コリオリの力が関係していることが読み取れる。偏西風波動実験器によるシミュレーションは、大気大循環や中緯度における気象変化の理解に役立つものと考えられるが、サーモカメラを用いた映像を活用することで、こうした流体運動にコリオリの力が働いていることを理解させることにつながるものと考えられる。

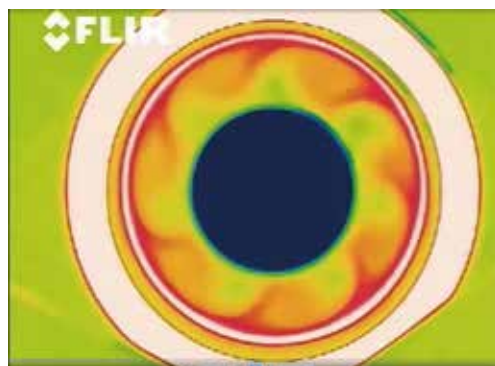


図9 偏西風波動モデル実験の熱画像

### 3 考察

#### 1) 地学現象におけるモデル実験の役割

地学分野の事象は、空間スケール、時間スケールが大きく、通常の理科の授業では再現が不可能なものが多い。そのため、地球科学では、現象を模擬したモデル実験やシミュレーションが使われてきた（例えば、小屋口, 2008）。地球惑星科学におけるモデリングは、対象とする現象について本質を失わない範囲で単純化し、客観的な方法で定式化したアナログ実験または数値シミュレーション

が行われる。アナログ実験は、現象をどのように理解しようとしているのか、実験の意図によってさまざまな仕様のものが考えられる。縞々地層実験器は、これまでの理科授業で使われている地層実験器と異なり、再現しようとする事象が具体的で特定の地層の重なり方を探究するために開発したものである。

同様に、スコリア丘形成実験や偏西風波動実験器は、火山の形成過程や、大気大循環に対する見方・考え方を獲得することを目指しており、授業の前半部で探究すべき地学現象を明確にしたあとに用いることが重要である。

## 2) 地学分野における実物標本の役割

児童・生徒に探究的な学びをさせるには、探究過程で必要となる知識やスキルを身につけ、獲得した知識やスキルを新たな課題の解決に活用させることも重要である。火山灰中の鉱物の観察から火山の形、マグマの性質、噴火の様式などを考察させるには、鉱物同定のスキルが必要である。岩石や鉱物は、種類が同じでも結晶の大きさや色に違いがあり、同定には実物標本を多く観察して、それぞれの質感をつかむことが求められる。実体顕微鏡下における造岩鉱物の同定には、実際にいろいろな鉱物を顕微鏡下で観察し比較するという経験が観察力を高めるので、学習者一人ひとりに試料を与え、じっくり観察する時間を確保するような配慮が必要である。

## 4 おわりに

本論では、地学分野について学習者が主体的に学習するうえで、地学分野の内容の体系化、興味・関心を高める事象提示に加えて、探究学習を支える実験・観察教材の開発の必要性を述べ、その具体例を示した。これらの教材を活用した授業実践によって、学習者が地学の事象に関して、探究的に学習し、理解が深まったのか検証していく必要がある。

## 【参考文献】

- 1) 川上紳一 (1995), 『縞々学-リズムから地球史に迫る』, 東京大学出版会, 270p.
- 2) 川上紳一 (2011), 「魅力的な教材開発・アウトリーチ活動を通じた地球惑星科学と理科教育学の連携」, 第四紀研究, 50 (別冊号), S59-S66.
- 3) 川上紳一 (2016), 「地学分野における探究学習のための教材開発」, 日本科学教育学会研究会研究報告, 31, no.8, 13-18.
- 4) 川上紳一・西田香 (2009), 「地層の縞模様のでき方と地学的時間スケールをテーマにした実験・観察学習-洗足池小学校での実践」, 岐阜大学教育学部研究報告 (自然科学), 33, 31-37.
- 5) 川上紳一・林優子・道下美子・篠田耕祐・森本真紀・勝田長貴 (2018), 「地層の縞模様のでき方と地学的時間スケールの概念獲得を目指した実験・観察教材の工夫」, 岐阜大学教育学部研究報告 (自然科学), 42, 23-30.
- 6) 後藤安吾・早川貞幸・川上紳一 (2018), 「スコリア丘の形成に関する探究的学習プログラム」, 日本理科教育学会第64回東海支部大会発表要旨集.
- 7) 小屋口剛博 (2008), 『火山現象のモデリング』, 東京大学出版会, 637p.
- 8) 沼野理人・川上紳一 (2018), 「偏西風波動のモデル実験のビデオ撮影」, 日本理科教育学会第64回東海支部大会発表要旨集.
- 9) Riedel, C., G. G. J. Ernst, and M. Riley (2003), 「Controls on the growth and geometry of pyroclastic constructs」, Journal of Volcanology and Geothermal Research, 127, 121-152.
- 10) 田村糸子・鈴木毅彦 (2001), 「中期更新世広域テフラ Ng-1 と飛騨地域に分布する高山軽石層との対比」, 第四紀研究, 40, no.4, 295-305.



第17回

まもなく締め切り!!

# 地球となかよし メッセージ

## 作品募集 (2019年度)

「地球となかよし」という言葉から感じたり、考えたりしたことを、  
写真 (またはイラスト) にメッセージをつけて表現してください。

応募者全員に  
参加賞が  
もらえるよ!

|           |                                                                                                                                              |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 応募資格      | 小学生・中学生 (数名のグループ単位での応募も可)                                                                                                                    |
| 応募期間      | 2019年7月1日～9月30日<br>詳細は「優秀作品展示室」とあわせてホームページをご覧ください。                                                                                           |
| 作品<br>テーマ | ①身のまわりの自然が壊されている状況を見て感じたことや、自然環境<br>や生き物を守るための取り組み<br>②さまざまな人との出会いを通して、友好の輪を広げた体験、異文化交<br>流、国際理解に関すること<br>③その他、「地球となかよし」という言葉から感じたり、考えたりしたこと |

◎主催／教育出版 ◎協賛／日本環境教育学会  
◎後援／環境省、日本環境協会、全国小中学校環境教育研究会、毎日新聞社、毎日小学生新聞  
※協賛・後援団体は昨年実績で、継続申請中です。

応募の決まりなど詳しくはホームページを見てね

<https://www.kyoiku-shuppan.co.jp/>



教育出版

「地球となかよし」事務局

TEL 03-3238-6862 FAX 03-3238-6887  
〒101-0051 東京都千代田区神田神保町2-10

入  
選  
作  
品



地球を救う花

この地球を救う花は、まずお花なので二酸化炭素を吸って、酸素を出します。それに葉と花びらは太陽光パネルになっているので、発電も出来ます。さらに花びらの部分が風で回って、風力発電も出来る花です。

みんなが大好きな自然と地球が私達の何代も先の未来でも、愛されて続けるように、こんなお花が地球中にたくさん色鮮やかに咲くといいと思いました。(中学3年)

中学理科通信 リンク (2019年 秋号) 2019年8月31日 発行

編集：教育出版株式会社編集局

印刷：大日本印刷株式会社

発行：教育出版株式会社 代表者：伊東千尋

発行所：教育出版株式会社

〒101-0051 東京都千代田区神田神保町2-10 電話 03-3238-6864 (内容について)

URL <https://www.kyoiku-shuppan.co.jp> 03-3238-6901 (配送について)



なかよし宣言

わたしたちをとりまく自然や社会は、科学技術の進展や国際化、情報化、高齢化などによって、今、大きく変わろうとしています。このような社会の変化の中で、人間や地球上のあらゆる命がのびのびと生きていくためには、人や自然を大切にしながら、共に生きていこうとする優しく大きな心をもつことが求められています。

わたしたちは、この理念を「地球となかよし」というコンセプトワードに込め、社会のさまざまな場面で人間の成長に貢献していきます。

|       |           |                                                                               |
|-------|-----------|-------------------------------------------------------------------------------|
| 北海道支社 | 〒060-0003 | 札幌市中央区北3条西3-1-44 ヒューリック札幌ビル 6F<br>TEL: 011-231-3445 FAX: 011-231-3509         |
| 函館営業所 | 〒040-0011 | 函館市本町6-7 函館第一ビルディング3F<br>TEL: 0138-51-0886 FAX: 0138-31-0198                  |
| 東北支社  | 〒980-0014 | 仙台市青葉区本町1-14-18 ライオンズプラザ本町ビル 7F<br>TEL: 022-227-0391 FAX: 022-227-0395        |
| 中部支社  | 〒460-0011 | 名古屋市中区大須4-10-40 カジウラテックスビル 5F<br>TEL: 052-262-0821 FAX: 052-262-0825          |
| 関西支社  | 〒541-0056 | 大阪市中央区久太郎町1-6-27 ヨシカワビル 7F<br>TEL: 06-6261-9221 FAX: 06-6261-9401             |
| 中国支社  | 〒730-0051 | 広島市中区大手町3-7-2<br>あいおいニッセイ同和損保広島大手町ビル5F<br>TEL: 082-249-6033 FAX: 082-249-6040 |
| 四国支社  | 〒790-0004 | 松山市大街道3-6-1 岡崎産業ビル 5F<br>TEL: 089-943-7193 FAX: 089-943-7134                  |
| 九州支社  | 〒812-0007 | 福岡市博多区東比恵2-11-30 クレセント東福岡E室<br>TEL: 092-433-5100 FAX: 092-433-5140            |
| 沖縄営業所 | 〒901-0155 | 那覇市金城3-8-9 一粒ビル 3F<br>TEL: 098-859-1411 FAX: 098-859-1411                     |

本資料は、文部科学省による「教科書採択の公正確保について」に基づき、一般社団法人教科書協会が定めた「教科書発行者行動規範」の通り、配付を許可されているものです。