

# 「フューチャー・アース」世代育成のための 地球科学教育プログラムの開発、実践と評価



実施担当者 秋田大学教育文化学部  
教授 川村 教一

## 1 はじめに

地球環境問題がますます深刻化しているため、従来の研究体制の抜本的な改善を目指す、ユネスコを初めとした国際機関による超学際的な研究フレームワークが“Future Earth”である。我が国も日本学術会議で推進に向けての議論が始まっている<sup>1)</sup>。フューチャー・アースで注目されることの一つに、持続可能な未来の実現に向けた教育と人材育成の改善・強化があり、日本学術会議は地球にかかわる教育研究に関し学校教育の再構築を提言しようとしている。これによると、中等教育の段階から国際的な場で活躍できる生徒を育成するための国内プログラムの企画・立案・実践などを積極的に推進すべきである、とされている。そこで私たちは、次世代の地球科学教育であるフューチャー・アース教育を進めるため、日本各地の地球科学を学びたい中学生・高校生を一堂に集め、専門家が現代の地球科学を指導する教育プログラムを開発、実践している。

## 2 教育プログラムの開発方針

中央教育審議会答申では、「主体的・対話的な学び」により深い学びを達成させることを主張している。いわゆる「アクティブ・ラーニング」を理科でもより積極的に導入することが求められる時代になっている。そこで本プログラムでは、地学に関心はあるが必ずしも地球科学が得意ではない生徒も、主体的に地学事象に関わりたくなるような教材や指導法の開発を主眼とした。具体的には、これまでにわが国の教材にはなかったモデル実験装置の開発と生徒実験としての教材利用法の開発、単調になりがちな地球構成物質の記載的事項を子ども同士の相互作用を通じて表現力を身につけさせる指導法の開発などが、新奇性のあるものである。実践2年目にあたり、1年目にはなかった内容を積極的に導入した。

## 3 実践した教育プログラムの概要

本年度の実施プログラムの概要は以下のとおりで、9日間(12テーマ)実施した。紙面の関係で、代表的な3テーマの実践結果について後で述べる。

1月7日(日)

講師：熊谷英憲博士(海洋研究開発機構)、題目「地球の層構造と岩石～深成岩を中心に」

内容：地球は歴史を通じて中心付近の密度が高く、外側に向かって密度が低くなるような構造を持つに至っている。授業では、そのような地球の大規模な構造を紹介し、とりわけ表面の7割を占める海洋底の構造に着目しながら地殻の岩石、とくに、深成岩について、実習を中心に学んだ。

講師：富永紘平氏(筑波大学大学院)、題目「地質図学の基礎」

内容：本講義では、地質調査で欠かせない地質図学の基本的な原理や簡単な作図の方法を解説した。地質図学を習得することにより、野外調査のルート上の観察のデータから、地層の面的な広がり、さらには3次元の地下構造まで推定することができることを学んだ。

1月8日(月)

講師：小俣珠乃博士(海洋研究開発機構)、題目「岩石観察と地質の理解」

内容：様々な岩石を観察し、その岩石がどういった場所や状況で形成するのかを理解することで、プレート沈み込みや火山活動が起こりやすい場所について考察を行い、日本列島の地質構造との関係について学んだ。

2月10日(土)

講師：佐藤侑人氏・木村皐史氏(東京大学大学院)、題目「鉱物観察のススメ・岩石観察のススメ」

内容：主要造岩鉱物と火成岩を中心とした主要鉱物について、観察のポイントと内部構造を標本を用いながら理解させた。

2月11日(日)

講師：芝川明義氏(地学オリンピック日本委員会研修委員)、題目「実習を通して太陽黒点、恒星と宇宙の進化および大気構造について知る」

内容：太陽物理学について、太陽の黒点相対数：黒点相対数(ウォルフ黒点数)の求め方を理解し、太陽活動の周期性を理解させた。恒星天文学について、HR図から恒星の種類とその性質を理解させるとともに、球状星団と散開星団のHR図から星団の性質、恒星の進化について知る考え方を紹介した。ハッブルの法則をもとに銀河系星雲の後退速度から宇宙の年齢の求め方を学んだ。高層気象について、ジェット気流を調べるために日本付近の大気断面図を描き、高層天気図、大気の大循環について理解させた。

2月12日(月)

講師：渡来めぐみ博士(茗溪学園中学校)、題目「古生物学の初歩」、内容：後述

2月17日(土)

講師：久田健一郎教授(筑波大学大学院)、題目「地質図学応用編」

内容：本講義では、地質図学の基本の理解のもと、実際の地質図の読図の仕方を実践的に行った。また、地質調査の実地の様子を紹介した。

2月18日(日)

講師：西川 治講師(秋田大学大学院)、題目「構造地質学」、内容：後述

3月3日(土)

講師：西谷忠師名誉教授(秋田大学)、題目「地球の内部構造を明らかにする」

内容：地球の内部構造を知るには直接掘って確かめればよい。しかし、深い部分、あるいは広い範囲にわたって内部構造を知るには限界がある。そこで、地震の波、電気、磁気、重力などの物理現象を用いて、地球の内部構造を明らかにする方法を説明した。観測されたデータを用いて構造の解析実習を行い、物理現象を巧みに利用して構造を導き出す手法を理解させた。

講師：安曾潤子氏(日本大学)、題目「よく見てみると!? 形からみる古生物」

内容：腕足類を題材として、軟体動物の分類学の視点を理解させた。

講師：中井咲織氏(立命館宇治高等学校)、題目「化石からわかる堆積環境」

内容：化石の産状からどのようなことが分かるかについて理解させた。

3月4日(日)

講師：関澤偲温氏(東京大学大学院)、題目「気象学の基礎 流体とカオスと季節予報」、内容：後述

## 4 開発した教育プログラムの概要とその実践（抜粋）

### 4-1 古生物学実習

テーマ名：「化石の観察、スケッチ及び同定」（開発者：渡来めぐみ）

開発内容：指導法開発

教材：化石標本（ラン細菌が形成する岩石：ストロマトライト；無脊椎動物：アンモナイト、カヘイ石、スピリファー、レプトダス、フズリナ、コケムシ、イノセラムス、三葉虫、モノチス、ウミユリ、ウニ、ベレムナイト；脊椎動物化石：マンモスゾウ；シダ植物：カラミテス、ネオカラミテス、クラドフレビス；種子植物：ブナ）

概要：参加者のアイスブレイキングとして、自己紹介を兼ねた「私は誰でしょうゲーム」から始めた。これは参加者の古生物についての知識の保有状況を確認する診断的評価の性格も持っている。次いで、古生物学についての概論、特に古生物学研究の意義（時代決定、古環境推定、生物進化・地球の歴史の考察）を解説したのち、古生物学の各論として化石の観察と同定作業に取り組ませた。

指導法：33種類の化石を、1標本につき3分間観察、スケッチ、同定を行わせた（計約100分間）。

指導法の評価：化石は一般的に生徒の関心が高いと想像され、本講座は新鮮味がないといった評価がなされるのではないかと心配であった。しかし、実践したところ標本を見る機会が十分でない生徒がいるようで意外と高好評であった。感想文を見ると、標本観察について評価された例は以下の①、④、⑥、⑧～⑩である。より進んで、化石分類の際の形態的な特徴について理解したという記述例もみられる（⑤）。さらに重要なのは、何のために化石を同定する必要があるのか、その意義を理解したという記述である（②）。この生徒は古生物学についての理解を深めることができている。

感想文例：①「もっと色々な標本を見てみたいと思いました。（高2）」、②「（略）化石の見分ける意義がわかりました。（中2）」、③「個人的には微化石もやってほしいです。（中2）」、④「今まで教科書でした見ることのできなかつた化石を見れたので参考になった。（中3）」、⑤「化石同定の着眼点がわかり、安心した。（高1）」、⑥「（略）教科書でのってる説明や写真だけでなく、実物を見るのはやっぱり違う！（高1）」、⑦「結構知らない標本があったので勉強になった。（高2）」、⑧「実物がたくさんあって分かりやすかった。（略）（中1）」、⑨「化石についてここまでまじまじと見る機会がなかったので、参考になった。（高2）」、⑩「とても勉強になりました。学校などで化石の観察や分類をする機会が今までなかったのでとても良かったと思います。（略）（高1）」

感想文例：①「もっと色々な標本を見てみたいと思いました。（高2）」、②「（略）化石の見分ける意義がわかりました。（中2）」、③「個人的には微化石もやってほしいです。（中2）」、④「今まで教科書でした見ることのできなかつた化石を見れたので参考になった。（中3）」、⑤「化石同定の着眼点がわかり、安心した。（高1）」、⑥「（略）教科書でのってる説明や写真だけでなく、実物を見るのはやっぱり違う！（高1）」、⑦「結構知らない標本があったので勉強になった。（高2）」、⑧「実物がたくさんあって分かりやすかった。（略）（中1）」、⑨「化石についてここまでまじまじと見る機会がなかったので、参考になった。（高2）」、⑩「とても勉強になりました。学校などで化石の観察や分類をする機会が今までなかったのでとても良かったと思います。（略）（高1）」



図1 化石の観察中の様子

### 4-2 構造地質学実習

テーマ名：「構造地質学」（教材開発者：川村教一、授業者：西川 治）

開発内容：教材開発、教材：断層・褶曲モデル実験装置

概要：可搬性のある地層変形モデル実験装置を開発した。実験装置は分解してコンパクトにまとめることができ、移動教室における使用が可能である。実験装置は実験槽中に岩石粉末とココアパウダーを利用した水平なモデル地層をセッティングし、圧縮することにより地層変形の様子を観察するものである。



図2 モデル実験中の生徒の様子

指導法：3～4人のグループ実験とする。まず実験装置の構成と機能について説明した後、モデル地層を形成させる。次に実験結果の観察と分析を行わせる。

教材の評価：モデル実験を通じて理解を深めること、また変形した岩石標本は一般的には目にすることがないので、この点で受講生徒からは評価が高かった。

感想文例：①「実験も途中ではさんでとても分かりやすく理解ができ、勉強になりました。（高1）」、②「実験やサンプルを踏まえての説明だったので分かりやすかったです。（中1）」、③「断層をつくる実験はしたことがなかったので新鮮でおもしろかった。（高2）」

### 4-3 気象学実習

テーマ名：「気象学の基礎—流体とカオスと季節予報」（開発者：関澤偲温）

開発内容：教材開発、教材：オリジナルテキスト

概要：身近な天気予報・季節予報であるが、その原理は学校教育の理科では取り上げられていない。その理由の一つは、物理学（特に力学）の理解が必要であることと、科学の探究の方法としてデータをもとに予測する方法（特に外挿）を学ぶ機会が乏しいことにある。そこで、気象学を専門とする大学院生により、高校程度の数学と物理をもとに、予報原理の解説を行った。

指導法：講義並びに問題演習による。

教材の評価：受講生の感想文（一部抽出）によると、大気現象の予報は非線形であり、長期間の予報には工夫が必要であることが伝わったと思われる（①、②、⑤）。また、授業を通じて、気象の理解には物理と数学が大切であることも実感させることができたようである（③、④、⑦、⑨）。また、事後のインタビューでは、気象に関心がなかったが大学で学びたいという生徒が現れ、本教育活動の目標を大きく達成できた例となった。

感想文例：①「気象のカオスさについてよくわかりました。気象（天気）予報におけるカオスさは非線形性に依るものですが海洋も非線形性（高2）」、②「カオスの平均を考えて長時間の予報をするアンサンブル予報に関する内容が面白かったし、よく理解できた。（高2）」、③「もう少し力学的なことを詳しく知りたい（流体力学やってみたい）と思った。（高2）」、④「普段している気象の計算よりかなり難しい計算をできてよかった。（高2）」、⑤「はじめてアンサンブル予測の原理を理解した。（高2）」、⑥「気象についてなぜそうなるのかわかんなかったことについていろいろしれた。（高1）」、⑦「細かい式の部分は理解できなかったが、結果は理解できた。誤差が指数関数的に増幅するというのは実生活でもよくあることなので納得できた。（中3）」、⑧「自分一人で学習する時は理解が難しいな・・・と感じていた箇所もいくつか理解することができました。（中3）」、⑨「流体力学がここまで応用できるのは面白いと感じた。（中2）」、⑩「（略）コンピュータの大切さを知った。（中1）」

### 謝 辞

本プログラムの実施にあたり、秋田大学名誉教授 西谷忠師氏、地学オリンピック日本委員会研修講師 芝川明義氏、筑波大学大学院生命環境科学研究科教授 久田健一郎氏、海洋研究開発機構主任技術研究員 熊谷英憲氏、同技術主任 小俣珠乃氏、秋田大学国際資源学部附属鉱業博物館講師 西川 治氏、立命館宇治高等学校教諭 中井咲織氏、日本大学非常勤講師 安曾潤子氏、茗溪学園中学校教諭 渡来めぐみ氏、東京大学大学院理学研究科後期博士課程 佐藤侑人氏、同 木村阜史氏、同 関澤偲温氏、筑波大学大学院生命環境科学研究科後期博士課程 富永紘平氏には、教育実践講師としてお世話になった。財政的支援は、公益財団法人 中谷医工計測技術振興財団の助成によった。関係各位に御礼申し上げる。

### 参考文献

- 1) 安成 哲三 (2013) Future Earth —地球環境変化研究における新たな国際的な枠組み—。季刊「環境研究」、特集：地球環境科学とグローバルガバナンス、170、5-13.
- 2) 安成哲三 (2014) 持続可能な地球社会へむけてのあらたな国際的枠組み—Future Earth の取り組み。特集：地域と世界をつなぐ学知、SEEDer、No.10、p.6-13.