

## 海の成因に関する生徒研究

The student study about the origin of the sea

\*小森 信男<sup>1</sup>

\*Nobuo Komori<sup>1</sup>

1. 東京都大田区立蒲田中学校

1. Ota Ward Kamata Junior High School

筆者は、東京都区立中学校で岩石の風化変質実験に関する生徒探究活動を25年間指導している。現在は、海の成因に関する岩石の風化実験を行っている。この実験は、塩酸に代表的な火成岩6種を浸し、塩酸が中和される程度や中和後に生じる物質を調べる実験である。

この実験によって、特に玄武岩は、水中に溶け出る物質の質量が多く、塩酸を中和するはたらきも大きいという結果が得られた。玄武岩は、海の地殻をつくる主な岩石と言われており、塩酸の海が中和される大きな要因の一つになった可能性はある。

岩石の風化実験は、専門家によってあまり行われていない領域であり、生徒や指導教員の興味関心次第で、惑星科学の発展に貢献できる成果を上げることが可能と考えている。

キーワード：生徒研究、岩石の風化、玄武岩、塩酸、中和

Keywords: student study, rock weathering, basalt, hydrochloric acid, neutralization

## 実験・観察に特化した小・中学生向け地球科学教育プログラムの実践報告

Report on the earth science education program specializing activities for elementary and lower middle school students

\*川村 教一<sup>1</sup>

\*Norihito Kawamura<sup>1</sup>

## 1.秋田大学教育文化学部

1.Faculty of Education and Human Studies, Akita University

中学生を対象とした、地球科学探究に必要とされる物理・化学・生物・地学についての基本的な科学概念や、中学校理科では扱わない発展的な地球科学の内容について教材開発を行い、約半年間にわたる実践を行った。実践を通じて見られた生徒の主な反応は以下の通りである。物理領域：力の概念（MIF概念）を科学的に転換する授業は、一部には効果があった。電球で加熱した水の温度変化から熱平衡に気づかせる実験では、水温変化の特徴を適切に見出すには至らなかった。化学領域：イオンの存在に気づかせる実験を取り入れたが、上級生によるコメントが生徒の認識転換に有効であった。生物領域：魚類の分類と進化を学ぶために無顎類と魚類の観察を行わせたところ、中学生は中学校理科の分類体系の知識に基づいた発想しかできず、観察の視点が乏しくなる様子が見受けられた。生物のスケッチの技能には生徒間格差があった。地学領域：男鹿半島・大潟ジオパークにおける地層観察とモデル実験を組み合わせた学習では、児童生徒の地層変形についての理解を深める機会を提供した。ビスマスを用いた液相からの結晶の成長を例としたマグマ中の斑晶形成モデル実験、ドライアイスなどを用いた彗星の核の熱による変化についてのモデル実験ほかを実践した。学習集団（含む異学年集団）による実験結果の議論の場面では、指導者や上級学生の発言を無批判的に受け入れる様子が見られた。ただし、遅延テストを実施していないので、生徒らが科学的な概念に転換したかどうかは明らかではない。

キーワード：地学教育、中学生、実験・観察教室

Keywords: earth science education, lower middle school student, science class focusing on experiments and observations

高校における数値シミュレーションを活用した地球物理教育のカリキュラムの開発  
Learning Geophysical Phenomena by Numerical Simulations: A Curriculum of Geophysics  
Education in High School

\*丹羽 淑博<sup>1</sup>、佐藤 俊一<sup>2</sup>、鈴木 悠太<sup>1</sup>、鈴木 雅之<sup>3</sup>、安永 和央<sup>4</sup>

\*Yoshihiro Niwa<sup>1</sup>, Shunichi Sato<sup>2</sup>, Yuta Suzuki<sup>1</sup>, Masayuki Suzuki<sup>3</sup>, Kazuhiro Yasunaga<sup>4</sup>

1.東京大学海洋アライアンス海洋教育促進研究センター、2.東京都立日比谷高等学校 / 東京大学海洋アライアンス海洋教育促進研究センター連携研究員、3.昭和女子大学人間社会学部、4.東京大学/ 日本学術振興会  
1.Research Center for Marine Education, Ocean Alliance, The University of Tokyo, 2.Tokyo Metropolitan Hibiya High School / Cooperation Researcher, Research Center for Marine Education, Ocean Alliance, The University of Tokyo, 3.Faculty of Human and Social Sciences, Showa Women's University, 4.The University of Tokyo / Japan Society for the Promotion of Science

本研究の目的は、高校物理の発展的内容として、数値シミュレーションを活用して、直感的には理解しにくい地球物理現象を学ぶことができる一連の新たなカリキュラム開発を行うことである。一昨年度・昨年度は、津波の数値シミュレーションを実行する授業の実践報告を行った(丹羽ほか, 2014)。今年度はさらに、空気抵抗を受ける火山弾の放物運動とコリオリ力が作用するフーコーの振り子の運動を学習素材に取り上げ授業を実施した。火山弾の運動の授業は高校2年生の「物理基礎」の発展として、コリオリ力の授業は3年生の「物理」の力学における非慣性系の単元において行った。いずれも2時限(1時限=45分)続きの授業案を立てた。1時限目には微分方程式としての運動方程式の意味、微分方程式を差分化し数値的に近似解を求める方法について講義を行い、2時限目には生徒二人に一台ずつノートパソコンを与え、生徒が実際にパソコンを操作し数値シミュレーションを実行する形で実習を行った。数値シミュレーションで得られた結果は、それぞれ伊豆大島・波浮湾噴火の火山弾によって形成されたbomb sagや噴石分布の観測結果(Sato, 1988)、校内にあるフーコーの振り子の実験結果と比較検証した。さらに、授業後に全生徒に対し質問紙調査を行ない、数値シミュレーションの活用が地球物理現象の理解にどのような効果を持つのか等、生徒の学びの評価を行った。(参考文献)

丹羽淑博, 佐藤俊一, 鈴木悠太 (2014), 高校における海洋物理教育のカリキュラム開発-数値シミュレーションで学ぶ津波の物理の基礎-, 第24回海洋工学シンポジウム論文集, OES24-A0068.

Sato, S.,(1988), Mechanism of causing base surge, inferred from the bomb sag's structure and its trajectory, Kagoshima International Conference on Volcanoes 1988 Proceeding, 79-82

キーワード：高校物理、地球物理教育、海洋教育、数値シミュレーション

Keywords: High School Physics, Geophysics Education, Marine Education, Numerical Simulation

## 地球惑星科学のアクティブラーニングを提供するウェブサービス

## Web service for active learning in Geoscience

\*今井 弘二<sup>1</sup>、松下 幸市朗<sup>2</sup>、海老沢 研<sup>1</sup>、齊藤 昭則<sup>3</sup>、島田 卓也<sup>4</sup>

\*Koji Imai<sup>1</sup>, Koichiro Matsushita<sup>2</sup>, Ken Ebisawa<sup>1</sup>, Akinori Saito<sup>3</sup>, Takuya Shimada<sup>4</sup>

1.宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所、2.京都造形芸術大学、3.京都大学大学院 理学研究科、4.Crosshat  
1.Japan Aerospace Exploration Agency, Institute of Space and Astronautical Science, 2.Kyoto  
University of Art and Design, 3.Kyoto University, Graduate School of Science, 4.Crosshat

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  
てきている。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（ダジック・アース; <http://earth.dagik.org>）ができるため、学生が主体的に学習  
し、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：地球惑星科学、アクティブラーニング、ウェブサービス、Cross-Cutting Comparisons、ダ  
ジック・アース

Keywords: Geoscience, Active learning, Web service, Cross-Cutting Comparisons, Dagik Earth

## アンドロイド・スマホを活用したマルチGNSS測位衛星群の電波望遠鏡観測 Radio Telescope Observation for Multi-GNSS Satellites Using Android Smartphones

\*高橋 富士信<sup>1</sup>、衣笠 菜月<sup>2</sup>

\*Fujinobu Takahashi<sup>1</sup>, Natsuki Kinugasa<sup>2</sup>

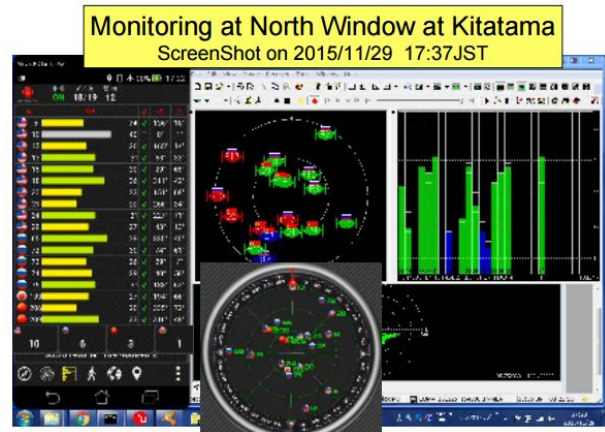
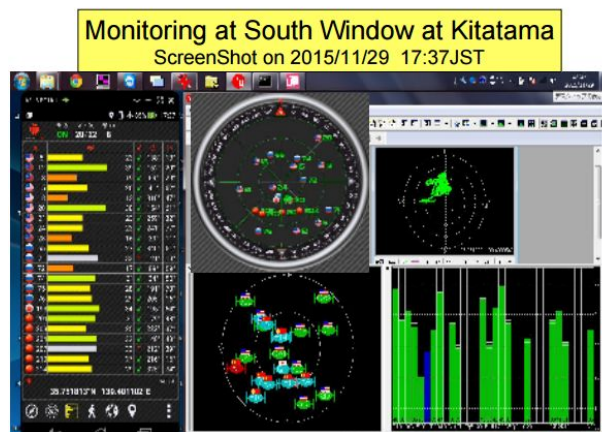
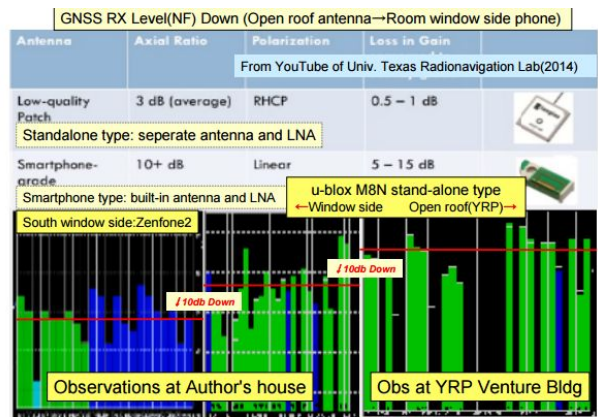
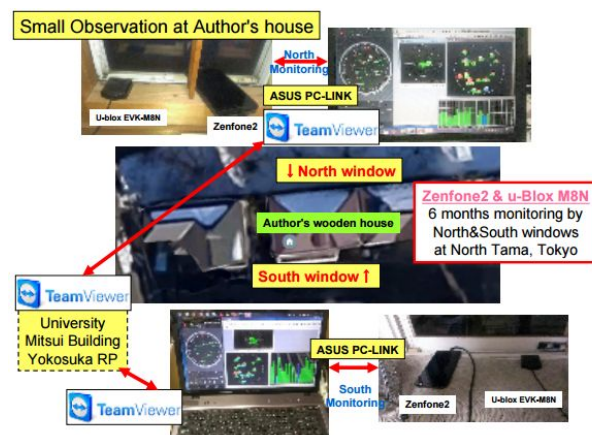
1.横浜国立大学 Medical ICT Center、2.横浜国立大学

1.Medical ICT Center, Yokohama National University, 2.Yokohama National University

2014年以降、東アジア上空では米・露・中・日の測位衛星が常時30機近く飛翔している。アンドロイド・スマホでは測位衛星の受信状況のスカイプロットを実時間で表示するアプリが利用可能である。スマホでの各種ナビの利用者は激増しているが、多くはネット接続しか意識せず、飛翔する衛星について関心を持つことは少ない。高価な機器を購入しなくても所有しているアンドロイド・スマホを活用することで実時間の測位衛星の情報を容易に取得することができる。自分のスマホがあたかも微弱な電波天体の運動や受信強度を測定できる電波望遠鏡として活用できることを紹介する。残念ながらiPhone系ではGNSSシミュレーターはあるが、測位衛星GNSS天体からの電波を受信できるアプリやスカイプロット用のアプリは用意されていない。

キーワード：測位衛星、電波望遠鏡、スマホ

Keywords: GNSS, Radio telescope, smartphone



高大連携の高高度発光放電発光現象の観測ネットワークによる冬季雷スプライトの研究  
Study of winter lightning by TLE observation network operated by high school and university

\*小名木 すみれ<sup>1</sup>、鈴木 裕子<sup>1</sup>、鴨川 仁<sup>1</sup>、鈴木 智幸<sup>1</sup>、高校生 高高度放電発光現象観測ネットワーク

\*Sumire Onagi<sup>1</sup>, Yuko Suzuki<sup>1</sup>, Masashi Kamogawa<sup>1</sup>, Tomoyuki SUZUKI<sup>1</sup>, TLE observation network high school students

1.東京学芸大学教育学部物理学科

1.Department of Physics, Tokyo Gakugei University

中間圏における放電・発光現象である高高度放電発光現象の1つに位置づけられるスプライトは、大きな対地落雷放電が引き金となって雷雲の上空で発生する。本現象は1925年にC.T.R.ウィルソンによって予言され、ウィルソンのQEモデルによれば落雷位置（電荷中和位置）とスプライト発生位置は雷放電の特性（落雷位置や雲放電電路の伸展方向）に依存するとされている。1990年代になってようやく科学的に発見されたこの現象は、近年の多種多様な観測により雷雲上部の正電荷が落雷により大地と中和されることによりその上空で発生するというメカニズムが考えられている。しかし、スプライトと落雷位置はしばしば水平方向に50 km程度離れているという報告もあり、未解決な問題も残されている。

我々はスプライト発生位置標定精度をより高めるため、大学におけるスプライト研究と高校生のスプライト稠密光学観測網を生かし冬季多点光学観測を行った。さらに、光学観測にはスプライトと落雷の発光を同時に撮影することができるため、両位置関係が把握できるという利点がある。さらに、多数の雷会社により標定された落雷位置を比較することにより多数の研究者により報告されているスプライト発生メカニズムと観測結果の不一致の解消と、スプライトの形状がなぜ多様に存在するのかの解明を目指し、本研究をスタートした。以上の観測より、スプライト発生に起因した落雷の放電経路に依存してスプライト発生位置と落雷位置のずれが生じたという結果が考えられ、スプライトの形状や大きさもこの放電経路に依存しているのではないかという結果が得られた。

大学や研究機関のみでは事実上難しいこの多点での稠密光学観測は、高校生多点観測の連携によりスプライト研究進展の可能性を生み、高校生も研究の最先端に貢献できる理想的な高大連携プログラムの1つであるといえよう。また、高校生の世界最高スプライト稠密光学観測と大学における研究のコラボレーションにより、今後もスプライト研究の更なる発展が見込まれる。

キーワード：スプライト、冬季雷、雷雲

Keywords: Sprite, Winter Lightning, Thunderstorm

## 学校で地学を学ぶ理由

### Some reasons why pupils learn Earth Science in schools

\*磯崎 哲夫<sup>1</sup>

\*Tetsuo ISOZAKI<sup>1</sup>

1. 広島大学大学院教育学研究科

1. Hiroshima University Graduate School of Education

第二次世界大戦後、他の物理、化学、生物とともに地学は新制高等学校の理科の一科目として開設された。しかしながら、地学を履修する生徒の数は、高等学校学習指導要領の改訂に影響され減少している。この地学の選択履修者の少ない理由としてはいくつもの理由が考えられる。例えば、地学を教える教師の不足がある。また、生徒が地学に魅力を感じていないこともある。しかしながら、最も重要なのは、一般の人はもとより、理科教師までも、地学は他の理科の科目と同様に当然あるべきものとして信じて疑わなかった。そのため、理科教師や政策決定者は、学校で地学を学ぶ理由について深く、公的に議論をする機会を逸してきた。一般的に、理科教育では、目的・目標について明確に述べるのが求められる。それは、児童・生徒がなぜ理科を学ぶことに価値があるのか、理科を学んだ経験から何を獲得することが期待されているのか、を明確にする必要がある (Millar and Osborne, 1998)。

本研究は、科学教育の目的・目標論を分類した J. Osborne (2000) の言説を援用し、地学教育の目的・目標論について検討した。まず、地学を学ぶ価値に関する最初の議論は、「実用的・功利的」価値である。それは、児童・生徒が地学を学ぶことにより科学的知識やスキルを獲得し、将来何らかの役に立つという見方である。第二は、「経済的・国家的」価値である。高度科学・技術社会であり知識基盤社会では、国際社会においてその国の地位を維持し、ハイテク産業を背景とする国際経済競争の勝者になるために、地学に関する科学者や技術者を必要とするという見方である。第三は、「教養的・文化的」価値である。地学は他の科学と同様に、人類が営々と築いてきた文化であるとする見方である。第四は、「民主主義的」価値である。科学的リテラシーを有する市民として、エネルギー資源や地球温暖化といった地学に関する科学・技術を背景とする社会的諸問題に対して、科学的証拠に基づいて意思決定をする必要があるとする見方である。とりわけ、「科学的リテラシー」の観点からすれば、「文化的・教養的」価値と「民主主義的」価値は、他の価値よりも強調されるべきである。もちろん、この四つの価値は、時代により一長一短がある。

学校において地学を学ぶ価値について分析した結果、筆者は、上述の四つの価値に加えて、「教育的」価値についての議論が必要であることを主張した。専門家による知的大系である地学を、子どもの知的発達や学校文化等の文脈に合わせる必要がある。地学を学ぶ経験は、児童・生徒が科学的リテラシーを有した将来の市民になることや自然の事物現象に直接接触れることを通して、生命を尊厳する態度、科学・技術が背景にある諸問題への洞察力、環境保全への知的興味、などを育成するとともに、職業選択への決定を促進することもできる (Isozaki, 1996)。そのため、地学の教育的価値は、上述の四つの価値の議論に加えられるべきである。地学の教養的・文化的価値、民主主義的価値、及び教育的価値を強調するためには、文脈を基盤とするアプローチが、内容を基盤とするアプローチと適切に組み合わせられるべきである。

#### 文献

Isozaki, T. (1996). A survey of earth science education in Japan. In D. A. V. Stow and G. J. H. McCall (Eds.), *Geoscience education and training: In schools and universities, for industry and public awareness*, (pp. 93-107). Rotterdam: A.A. Balkema.

Millar, R. and Osborne, J. (Eds.) (1998). *Beyond 2000: Science education for the future*. London: King's College London.

Osborne, J. (2000). Science for citizen. In M. Monk and J. Osborne (Eds.), *Good practice in science teaching: What research has to say* (pp. 225-240). Buckingham: Open University Press.

キーワード：地学、地学を学ぶ価値、科学的リテラシー、文脈を基盤とするアプローチ

Keywords: Earth Science, values of learning Earth Science, scientific literacy, context-based/led approach



## 地球惑星科学における教育支援の重要性

## Importance of educational support in earth and planetary sciences

\*藤本 光一郎<sup>1</sup>\*Koichiro Fujimoto<sup>1</sup>

1.東京学芸大学

1.Tokyo Gakugei University

理科は小学校段階において子どもたちの最も好きな科目の一つであり、宇宙や星、化石、恐竜など地球惑星科学的な内容はとりわけ人気が高い。しかし中学校段階では理科の好きな生徒の割合は下がり、教科の勉強が大切、わかる、役に立つというような肯定的な回答も大幅に割合を減らしている。この状況の改善は、欧米に比較して低いと言われる日本の科学リテラシーの向上などにとって重要である。

学校教育における地球惑星科学領域の問題点として、苦手意識を持つ教員の多さや専門性の高い教員の不足があげられる。小学校で理科を教える教員を対象とした全国調査で15%以上の教員が「月と星」「土地のつくりと変化」を教えるのが苦手な3つの単元の1つにあげ上位を占めており、また、前者は41%、後者は30%の教員が観察・実験の実施が困難な単元としてあげている（日本科学技術振興財団、2011）。中学校については、「地学」を苦手あるいはやや苦手とする教員はおよそ42%であり、「物理」の32%、「化学」の14%、「生物」の28%に比べて高い数字となっている（科学技術振興機構、2013）。これは、高校時代に地学を履修しておらず、大学時代にも地学を専攻していない教員が多いことが要因と考えられる。特に地球惑星科学において大切な野外観察や標本の観察などを指導するには経験が必要であり、多くの教員にとってハードルは高いと言える。

このような教員側の状況の中で、地学系の教員でなくても実験や観察の困難さを軽減して教育効果をあげるための学習支援を充実させることが求められる。多くの学習支援がすでに実践されているが、宮下(2009)は、学習支援者と担当教員の両者が主体的に教育に関わるやり方において、児童生徒にとっての専門性の高い教育効果が得られるとともに教員自身の指導力向上にも資すると述べている。また、学校からの学習支援の要請を受け、教材提供や指導方法の支援や野外学習支援者の派遣などを行う専門性の高い人材からなる「野外学習支援センター」を提案している。

さらに、博物館やジオパークは学習支援の拠点となりうる。博物館においては以前に増して学校教育との連携の重要性が強調され、学校との窓口や学習指導要領に沿った教育プログラムを設け、学校側が利用しやすい工夫がなされている博物館も増えている。館内での催しだけでなく、学校への出張展示や出前授業、野外見学会の実施など内容も多岐にわたっており、学校側の多様な要望に合わせた取り組みが行える体制が整ってきている。さらに近年盛り上がりを見せるジオパークにおいても、①教材に適するジオサイトが設定され、観察路や案内板、パンフレットなどが整備されていること、②専門性の高い職員が多くの場合常駐し、研修を受けたボランティアのガイド組織が発達していることなどから、野外学習支援の拠点となる可能性を持っている。

近年、児童生徒の教育を学校内部で閉じずに、様々な専門家や地域社会などと連携協働して行う教育支援の重要性が指摘されている。その中で高い専門性を持つ教育支援者を職業として確立させることも課題となっている。カウンセラーやソーシャルワーカーなどは次第に職業として確立されつつあるが、教科教育に関する教育支援・学習支援は専門家のサイドワークかボランティア的位置づけにとどまっているのが実態と言える。学校を中心として博物館やジオパーク、地域社会、行政、専門家集団、企業など様々な領域間の連携を組織的に深めていくことが効果のある学習支援を行ううえで不可欠である。そのためには、学問的な専門性のみならず学校現場にも精通し、様々な領域の連携調整を図ることのできる支援者の育成や職業としての確立を進める必要がある。

キーワード：学習支援、博物館、ジオパーク、連携

Keywords: educational support, museum, geopark, collaboration

## 教科書使用用語課題解決への道

The way to overcome problems associated with technical terms in textbooks within the Earth Science

\*根本 泰雄<sup>1</sup>、藤原 靖<sup>2</sup>、小林 則彦<sup>3</sup>、田口 康博<sup>4</sup>、川手 新一<sup>5</sup>、宮嶋 敏<sup>6</sup>、畠山 正恒<sup>7</sup>、佐々木 晶<sup>8</sup>

\*Hiroo Nemoto<sup>1</sup>, Yasushi Fujiwara<sup>2</sup>, Norihiko Kobayashi<sup>3</sup>, Yasuhiro Taguchi<sup>4</sup>, Shinichi Kawate<sup>5</sup>, Satoshi Miyajima<sup>6</sup>, Masatsune Hatakeyama<sup>7</sup>, Sho Sasaki<sup>8</sup>

1.桜美林大学自然科学系、2.神奈川県立向の丘工業高等学校定時制総合学科、3.西武学園文理中学高等学校、4.千葉県立銚子高等学校、5.武蔵高等学校、6.埼玉県立深谷第一高等学校、7.聖光学院中学・高等学校、8.大阪大学大学院理学研究科宇宙地球科学専攻

1.Division of Natural Sciences, J. F. Oberlin University, 2.Evening Classes; Integrated Course, Kanagawa Prefectural Mukaino'oka Technical Upper Secondary School, 3.Seibu Gakuen Bunri Secondary School, 4.Chiba Prefectural Choushi Upper Secondary School, 5.Musashi Secondary School, 6.Saitama Prefectural Fukayadai'ichi Upper Secondary School, 7.Seikou Gakuin Secondary School, 8.Department of Earth and Space Sciences, Graduate School of Science, Osaka University

小学校および中学校で使用されている「理科」の教科書中、地球惑星科学の内容が書かれている箇所で用いられているいくつかの用語には課題が存在している。高等学校で使用されている「地学基礎」および「地学」の教科書でもいくつかの用語には同様の課題がある。

これらの課題は次の通りである。

(1)【嫌疑用語（仮称）】の使用

例：<希ガス>か<貴ガス>か

(2)【複数使用用語（仮称）】の使用

「同じ事柄に対して複数の用語が使用されている。」

例：<初期微動継続時間>、<P-S時間>、<PS時間>、<PS時>

(3)【複数意味用語（仮称）】の使用

「複数の意味を持っている用語が一つの意味だけで使用されている。」

例：<アスペリティ>

(4)【絶滅用語（仮称）】の使用

「近年は使われなくなっている、あるいは使わないことになっている用語が使用されている。」

あるいは

「使用が不適切である図表が使用されており、その図表中で適切な使い方をされていない用語がある。」

例：<火成岩分類の図表>

(5)【カタカナ表記嫌疑用語（仮称）】の使用

「原語の発音と異なっているカタカナ表記の用語が使用されている。」

例：<リソスフェア>

例えば、(2)の用語を入試問題に使用する場合など、同一意味の用語を列記する必要が生じ不便である。このような、学校教育や報道で用いる場合の不都合を解消するため、教科書にて使用されている地球惑星科学に関する用語にまつわる諸課題の解決を目指すワーキンググループを、(公社)日本地球惑星科学連合教育検討委員会と日本学術会議地球惑星科学委員会人材育成分科会とで立ち上げることとなった。

本講演では、解決に向けて現在考えている道程を示し、調査研究から提言作成を行うまで、および結果の提出先に関する議論を行いたい。

キーワード：地学、教科書、用語

Keywords: Earth Science, textbook, technical term