

(19200052)
基盤研究(A)

科学リテラシーの涵養に資する科学系博物館の教育事業の開発・体系化と理論構築

小川義和

平成二十一年三月

科学リテラシーの涵養に資する科学系博物館の
教育事業の開発・体系化と理論構築

(課題番号 19200052)

平成 19 年～20 年度科学研究費補助金 (基盤研究 A)

研究成果中間報告書

平成 21(2009)年 3 月

研究代表者 小川 義 和

(国立科学博物館 展示・学習部 学習課長)

は し が き

科学技術の進展で、生活の質が向上し、便利になってきている。同時に、生命倫理問題等に見られるように、一般の人々が直接関係し、対応や判断を迫られる場面が増えるなど、科学技術と一般社会が密接不可分になってきている。一般の人々が科学技術を理解し、判断できるようにする必要がある。また BSE 感染牛の問題等、社会的文脈で取り扱われる科学的諸課題は、科学者コミュニティだけでは判断ができなくなりつつある。このような状況の中、1999 年に開催された世界科学会議では、21 世紀の科学のあり方について議論が行われ、「社会における科学」「社会のための科学」という位置づけが問われている。我が国においても平成 17 年版科学技術白書が現代社会における科学技術の在り方を論じ、科学技術と社会との対話の必要性を指摘している。このような科学の在り方に呼応して、科学教育の在り方も改めて検討する必要がある。

しかし生活が科学技術に依存すればするほど、科学技術による日常生活への恩恵は背景の中に溶け込み人々の科学技術への距離感が遠くなる傾向がある。近年の理科や科学技術に対する人々の理解度と意識に関する国際的な調査によれば、我が国においては児童・生徒の理科に関する理解度は概ね国際的に上位に位置するが、関心度は学校段階が高くなるにつれて低くなる傾向がある。成人の科学技術に関する基礎的知識は国際的に低く、その関心度も必ずしも高くない。また理科や科学技術に対する興味・関心が低い状況であることも重要な課題である。これらは就学期間における理科の知識や経験が成人段階において定着していないことを暗示している。

人々が豊かに生きることができると社会を構築するため、様々な社会的課題において人々が自立し、適切に対応し、合理的な判断と行動ができる能力が求められている。これは基礎的な知識を社会生活に活用し、課題を解決しようとする科学的な見方や態度を含む総合的な資質・能力を示している。本研究は、このような資質・能力を科学リテラシーと考え、その涵養のために科学系博物館がどのような貢献ができるかを考察するものである。科学リテラシーは総合的な資質・能力であるため、その育成には、各教育機関が連携・協力の上で就学期間以降も含めた長期間にわたる教育が必要である。科学系博物館においてその資質・能力の育成を見極めるためには、児童・生徒を含む一般の人々の科学に対する興味・関心を生涯にわたり持続させる継続的な学習環境が不可欠であると考えられる。

本研究は、過去に行った「少年クラブ活動のカリキュラム開発に関する研究」(科学研究費基盤研究(C),平成13~15年度)や「科学コミュニケーターに期待される資質・能力の分析とその養成プログラムに関する基礎的研究」(科学研究費基盤研究(B),平成16~18年度)で明らかになった課題を踏まえ、科学系博物館における科学コミュニケーション活動の目標を定め、生涯学習の観点から指針に沿った教育事業のあり方を考察するものである。本研究は、国内外における学校及び学校外における科学リテラシーの知見を統合し、児童・生徒を含む一般の人々を対象とした科学リテラシー涵養のために、博物館特有の資源の活用をも視野に入れた世代に応じた効果的な学習プログラム(以下プログラムと表記)を開発し、その体系化とモデル化を行うことを目的としている。

本研究では、国立科学博物館の研究者に加え、国内の科学系博物館の研究者および科学教育、生涯学習の研究者並びに政策研究の担当者等からなる研究チームを組織し、科学系博物館を主要な場として科学リテラシー向上に資する教育事業の研究開発と体系化を行う。

本報告書は、2年間の調査研究の成果を取りまとめたものであり、国内外の科学系博物館における科学リテラシー涵養に資するプログラムの開発とその実践報告、海外の関連する事例、研究の評価から構成されている。

第一に、プログラム実践報告として、本研究でこれまでに開発された16のプログラムのねらいと開発の背景、実施概要及び評価を報告した。第二に、海外の事例報告では、プログラム開発に関する理論的な側面として、アメリカを初め、フィンランドやスウェーデンの実践的な事例について報告した。第三に、本研究への助言・評価として、本研究に関わる研究者による内部評価及びPISA、英国の21世紀科学等の科学リテラシーの研究者等による外部評価意見を報告した。

本研究の成果の一部は、多くの関係者により様々な場面で情報発信され、科学技術政策や国立科学博物館をはじめ、他の博物館・大学等に対して有用な知見を提供しつつある。本研究が開始されてから2年間のうちに、わが国の理科教育や科学技術政策にも大きな変動があり、平成19年度末に小学校と中学校の新学習指導要領が告示された。そこでは、義務教育修了段階における科学リテラシーの必要性が示唆されている。新学習指導要領のねらいを達成するためにも、体験的なプログラムの開発と学習指導要領に応じた体系化が喫緊の課題となっている。また、第3期科学技術基本計画（平成18年3月成立）において、科学技術に関する国民の関心を高めるために、学校教育における理数教育の充実に加え、成人の科学技術に関する知識や能力（科学技術リテラシー）を高めることが重要であるとされている。この具体的な内容については、平成19年度末に出版された報告書「科学技術の智」として公開されている。さらに博物館を取りまく環境が変化し、博物館の社会的役割について改めて問われている。

このような状況も踏まえ、現在までに得られた主な成果を取りまとめたのが本報告である。ここで報告する内容が、国内外の科学系博物館における科学リテラシー涵養に資する教育事業の開発について、いささかでも参考になれば幸いである。

今後博物館に代表される学校外教育と学校教育との境目は次第になくなっていくであろう。我々はそれに備える必要がある。今後わが国が科学技術創造立国の基盤として、国民の科学リテラシーを涵養するためには、就学期間における理科教育と成人段階も含めた科学教育との連続性を構築し、学校、博物館、メディア等、様々な場面において生涯にわたり人々と科学との結びつきを維持していくことが重要である。

調査に快く対応していただいた国内外の大学・博物館の関係者、それに研究代表者を支えてくれた研究分担者、連携研究者、研究協力者、支援研究員の皆様に対し、この場を借りて御礼を申し上げる次第である。

平成21年 3月

研究代表者 小 川 義 和

【研究組織】

研究代表者

小川 義和 国立科学博物館 展示・学習部 学習課長

研究分担者

亀井 修 国立科学博物館展示・学習部学習課
ボランティア活動・人材育成推進室長

岩崎 誠司 国立科学博物館展示・学習部学習課係長

有田 寛之 国立科学博物館展示・学習部学習課専門職員

原田 光一郎 国立科学博物館展示・学習部学習課学習企画担当

連携研究者

前田 克彦 国立科学博物館展示・学習部長

松原 聰 国立科学博物館地学研究部長

若林 文高 国立科学博物館理工学研究部理化学グループ研究主幹

山本 恒夫 八洲学園大学長

北原 和夫 国際基督教大学教授

小倉 康 国立教育政策研究所基礎研究部統括研究官

渡辺 政隆 科学技術振興機構科学技術理解増進部
科学コミュニケーションスーパーバイザー

小林 辰至 上越教育大学大学院学校教育研究科教授

内尾 優子 国立科学博物館広報・サービス部広報課広報担当

田邊 玲奈 国立科学博物館展示・学習部学習課学習企画担当

研究協力者

栗栖 宣博 ミュージアムパーク茨城県自然博物館資料課首席学芸主事

小池 渉 ミュージアムパーク茨城県自然博物館資料課主任学芸員

平田 大二 神奈川県立生命の星・地球博物館学芸部部长

石井 久隆 千葉県立現代産業科学館普及課上席研究員

田代 英俊 財団法人日本科学技術振興財団/科学技術館企画広報室次長

野田 学 名古屋市科学館学芸課天文係長

高田 浩二 海の中道海洋生態科学館館長

中瀬 勲 兵庫県立人と自然の博物館副館長

嶽山 洋志 兵庫県立淡路景観園芸学校講師/景観園芸専門員

先山 徹 兵庫県立人と自然の博物館主任研究員

高安 礼士 千葉県総合教育センターカリキュラム開発部長

齊藤 有里加 国立科学博物館展示・学習部学習課ボランティア担当

斉藤 昭則 京都大学大学院理学研究科助教

矢野 真理子 京都大学大学院理学研究科修士課程2年

小椿 清隆 千葉県立現代産業科学館普及課上席研究員

中村 隆 財団法人日本科学技術振興財団/科学技術館企画広報室主任

丸山 義巨 財団法人日本科学技術振興財団/科学技術館科学技術館
事業部副主任

三宅 基裕 海の中道海洋生態科学館学習交流課長

支援研究員

高橋 みどり

国立科学博物館展示・学習部学習課支援研究員

【研究経費】

平成 19 年度 13,910 (千円) [内訳：直接経費 10,700 (千円), 間接経費 3,210 (千円)]
平成 20 年度 11,700 (千円) [内訳：直接経費 9,000 (千円), 間接経費 2,700 (千円)]

【研究発表】

論文発表

- 小川義和：国立科学博物館におけるサイエンスコミュニケーター養成実践講座，博物館研究，42 (9), pp. 8-11, 2007
- 小川義和，亀井修，中井紗織：科学系博物館と大学との連携によるサイエンスコミュニケーター養成の現状と課題，科学教育研究，31(4)，328-339，2007
- 小倉康：科学コミュニケーション支援型学習と子どもたちの理科学習への価値意識との相関，科学教育研究，31(4)，340-353，2007
- 荒井妙子，永益泰彦，小林辰至：中学生の自然事象に関わる変数の気づきに影響を及ぼす要因の検討，理科教育学研究，49(1)，印刷中，2008
- 荒井妙子，永益泰彦，小林辰至：自然事象から変数を抽出する能力に影響を及ぼす諸要因の因果モデル，理科教育学研究，49(2)，11-18，2008
- 三上戸美，小川義和，高田浩二，高安礼士：サイエンスコミュニケーションの場としての科学系博物館の現状と課題，日本ミュージアム・マネジメント学会研究紀要，12，37-45，2008
- 小川義和：科学博物館と大学との連携による大学生の科学リテラシー向上への取り組み，化学と教育，56(7)，324-327，2008
- 小倉康：2006年PISA調査における科学的リテラシーの評価，大学の物理教育，14(1)，17-22，2008
- 小倉康：科学的リテラシーを育むこれからの理科教育－2006年PISA調査の結果を受けて－，広領域教育，69，4-12，2008
- 小倉康：PISA調査の意義と背景等，調査の概要について，理科の教育，57(671)，4-7，2008
- 齊藤有里加：展示における対話活動の充実－国立科学博物館教育ボランティアによる「森の標本箱」の運営を事例にして－，博物館研究，44(1)，22-26，2009
- 小川義和：科学系博物館と大学の連携による人材養成プログラムの課題と展望～米国の科学系博物館における教員養成・研修プログラムを事例に～，科学技術コミュニケーション (Journal of Science Communication)，5，印刷中，2009
- 小倉康：カナダの科学教育における科学的リテラシーの育成，物理教育，印刷中，2009

高橋みどり, 小川義和, 原田光一郎, 松原聰, 栗栖宣博, 小池渉: 科学系博物館における科学リテラシーの涵養に資する教育活動評価法開発の試み〜 幼児向けプログラムを例として, 科学教育研究, 32(4), 印刷中, 2009

著書

小林辰至: 問題解決能力を育成する理科教育ー原体験から仮説設定までー, 梓出版社, 100 ページ, 2008

小倉康: これからのエネルギー環境教育への期待〜子どもたちに科学的リテラシーを身につけさせるために〜, 「持続可能な社会のためのエネルギー環境教育」(共著), 社団法人科学技術と経済の会監修, エネルギー環境教育研究会編, 国土社, 313 ページ, 2008

小川義和: 学校との連携を通じた科学リテラシー育成のための国立科学博物館の試み, 「教育フィールド開発〜豊かな教育体験活動のために」(共著), 河野義章編著, 学芸図書株式会社, 214 ページ, 2009

学会等発表

風間卓仁, 原田光一郎, 齊藤有里加, 中井紗織, 増井紫乃, 齋藤頭子, 津田陽一郎, 田邊玲奈, 岩崎誠司, 亀井修, 小川義和: 国立科学博物館で実施されている地震学教育普及活動, 日本地球惑星科学連合 2007 年大会 (幕張メッセ), 2007. 5

Y. OGAWA: Museum Communication-Communication Strategies in National Museum of Nature and Science, ASPAC Conference 2007 in Tokyo, 2007. 6

北原和夫: Science for all Japanese 21 世紀のデザイン (日本科学教育学会第 31 回年会シンポジウム「科学教育の転換点」), 北海道大学, 2007.8

小川義和: 国立科学博物館におけるサイエンスコミュニケーター養成の取り組み, 平成 19 年度日本科学教育学会第 31 回年会 (北海道大学) 日本科学教育学会年会論文集, 31, 151-154 2007. 8

小川義和, 関口洋美, 原田光一郎: 科学リテラシー向上における科学系博物館の役割についての考察 (1) -大学生の科学に対する印象の調査から-, 平成 19 年度日本科学教育学会第 31 回年会 (北海道大学) 日本科学教育学会年会論文集, 31, 471-472, 2007. 8

小川義和・下條隆嗣: 科学系博物館の学習資源と児童の態度変容との関連性, 平成 19 年度日本科学教育学会第 31 回年会 (北海道大学) 日本科学教育学会年会論文集, 31, 37-40, 2007.8

田邊玲奈, 岩崎誠司, 小川義和, 増井紫乃, 齊藤有里加, 佐野貴司, 堤之恭: 科学系博物館における科学コミュニケーションツールの開発と活用ー国立科学博物館特別展関連学習プログラムを事例にー, 平成 19 年度日本科学教育学会第 31 回年会 (北海道大学) 日本科学教育学会年会論文集, 31, pp. 337-338, 2007. 8

北原和夫: Situation in Japan and “Science for all Japanese” Project for Sustainable Democratic Society (Conference on National Values of Science Education), York University, United Kingdom, 2007.9

北原和夫: 「科学技術の智」プロジェクト, 第 12 回教科「理科」関連学会協議会シンポジウム「市民として身につけるべき科学リテラシー」(日本化学会), 2007. 12

北原和夫: 全ての日本人のための科学 21 世紀のデザイン (教育改革国際シンポジウム「学校教育における科学的リテラシーの現状と今後の育成方針」), 国連大学, 2008. 3

北原和夫：国民の科学力とは何か？物理オリンピックと科学リテラシー，日本物理学会年会総合講演（近畿大学），2008.3

小川義和：21世紀を豊かに生きる科学技術の智の定着に向けて，学術会議・国際基督教大学・文部科学省・国立教育政策研究所主催「21世紀を豊かに生きる科学技術の智 第2回シンポジウム」，学術会議，2008.3

小川義和：科学博物館と大学との連携による大学生の科学リテラシー向上への取り組み，初等中等教育における大学の取り組み大学教育（日本化学会年会：第15回化学教育フォーラム），立教大学，2008.3

Hiroyuki Arita-Kikutani, Midori Takahashi, Yoshikazu Ogawa, Tomotsugu Kondo, Koji Takada and Atsushi Kasao: Coloring in Pictures at Science Museum: Facilitating Sensitivity toward Science in a Creative Way, The 10th Conference of Public Communication of Science and Technology, Malmo University (Malmo, Sweden), June, 2008

Yoshikazu Ogawa, Midori Takahashi, Hiroyuki Arita-Kikutani: Development of an educational program framework for science museum to nurture public science literacy, The 10th Conference of Public Communication of Science and Technology, Malmo University (Malmo, Sweden), June, 2008

Yuko Uchio, Yoshikazu Ogawa: The issue on providing the scientific information to the public from the Science Museums, The 10th Conference of Public Communication of Science and Technology, Malmo University (Malmo, Sweden), June, 2008

斎藤有里加，熊野有祐，松澤裕子，岩崎誠司，亀井修，小川義和：国立科学博物館教育ボランティアによる森の標本箱カウンター活動実践報告，日本環境教育学会第19回大会（学習院女子大学），研究発表要旨集，257，2008.8

小川義和，高橋みどり：科学系博物館における人々の科学リテラシーを涵養する学習プログラムの評価体系構築の試み，日本科学教育学会第32回年会（岡山理科大学），日本科学教育学会年会論文集，53-54，2008.8

高橋みどり，原田光一郎，松原聰，栗栖宣博，小池涉，小川義和：科学系博物館における科学リテラシー涵養を目指した学習プログラムの可能性と評価の試み，日本科学教育学会第32回年会（岡山理科大学），日本科学教育学会年会論文集，47-48，2008.8

小川義和：科学系博物館における科学リテラシー涵養活動の創造，平成20年度科学研究費「数学教育におけるリテラシーについてのシステムミック・アプローチによる総合的研究」（研究代表：長崎栄三）研究会，国立教育政策研究所，2008.12

小川義和：「次世代リーダーの環境実践」-環境学習施設での環境教育-，平成20年度東海大学「環境教育論」，東海大学，2009.1

有田寛之，高橋みどり，佐藤大樹，川本麻代，小嶋稜子，古杉理沙子，鮫島裕子，古満れんげ，辰巳萌佑子，三浦理紗，松浦孝一：恐竜発掘ケーキをつくろう！～お菓子を通じた学習プログラムの可能性を探る～ 第4回共生のひろば，兵庫県立人と自然の博物館，2009.2

報告等

小川義和：サイエンスコミュニケーターがつなぐ子どもと科学，文部科学省教育課程課・幼児教育課編集初等教育資料，No.826，pp.66-67，東洋館出版，2007

小川義和：科学教育研究とサイエンスコミュニケーション，科学教育研究，31(4)，193-194，2007

小倉康：PISAにおける習熟度レベルの設定について，指導と評価，54(3)，46-51，2007

北原和夫（共著 小川，小倉，渡辺，高安他 22 名）：日本人が身につけるべき科学技術の基礎的素養に関する調査研究 21 世紀の科学技術リテラシー像～豊かに生きるための智～プロジェクト 総合報告書，平成 18・19 年度科学技術振興調整費「重要政策課題への機動的対応の推進」調査研究報告書，p. 214，2008

小川義和：科学リテラシーと科学系博物館，科学，岩波書店，78(3)，pp. 343-345，2008

小倉康：科学的リテラシーをどう向上させるか，Science Window，2(1)，18-19，2008

小倉康：「科学的リテラシー」って何？，Science Window，1(12)，20-21，2008

小倉康：PISA2006における科学的リテラシーとしての態度の測定，国立教育政策研究所紀要，137，59-70，2008

小椿清隆，石井久隆，吉野健一：教用レゴマインドストーム NXT®を活用した科学館における学習プログラムの開発，千葉県立現代産業科学館研究報告第 15 号，2009

目次

I 研究の概要	1
小川義和	
1. 研究の目的と背景	
2. 研究経過	
3. 研究成果の概要	
II プログラム実践報告	
1. 平成 19 年度開発プログラム(幼児・小学生向け)	
1-1. 科学系博物館の展示を活用したぬりえの開発	9
有田寛之, 高橋みどり, 高田浩二, 三宅基裕	
1-2. 展示室に宿泊する英語学習プログラムの開発	19
有田寛之, 高橋みどり	
1-3. かわらの小石で遊ぼう	27
原田光一郎, 松原 聡, 栗栖宣博, 高橋みどり	
1-4. かわらの小石で遊ぼう～小石のアートにちょうせん!	33
原田光一郎, 松原 聡, 栗栖宣博, 小池渉, 高橋みどり	
1-5. 「かたち」のはてな?	39
田邊玲奈, 田代英俊, 若林文高, 野田学, 高橋みどり	
1-6. 風車で分かる電気エネルギー	
～風車によるエネルギー変換効率改善を中心として	43
亀井修, 田代英俊, 丸山義巨, 高橋みどり, 中村隆	
1-7. 風車で分かる電気エネルギー	
～家庭で使用する電力量を導入とした省エネを中心として	49
亀井修, 田代英俊, 丸山義巨, 高橋みどり, 中村隆	
2. 平成 20 年度開発プログラム(中学生・高校生向け)	
2-1. 恐竜発掘地層ケーキをつくろう!	55
有田寛之, 高橋みどり, 先山 徹, 嶽山洋志	
2-2. 恐竜発掘地層ケーキをつくろう! 事後評価	63
有田寛之, 高橋みどり, 先山 徹, 嶽山洋志	
2-3. 火山と暮らしのおいしい関係	65
有田寛之, 高橋みどり	
2-4. めざせ砂金ハンター ～河原の砂金はどこから来るの?～	69
原田光一郎, 松原 聡, 平田大二, 高橋みどり	
2-5. めざせ砂金ハンター ～河原の砂金はどこから来るの?～ 外部からの評価	75
高橋みどり, 原田光一郎, 平田大二	
2-6. 化石は語る～化石が教えてくれる過去の環境～	77
原田光一郎, 松原 聡, 平田大二, 高橋みどり	
2-7. 鉄を取りだしてみよう	83
若林文高, 岩崎誠司, 高橋みどり, 田代英俊, 丸山義巨	

2-8. 化学反応は電子が主役 ー酸化還元反応ー	89
若林文高, 岩崎誠司, 高橋みどり, 田代英俊	
2-9. 速く正確に走るロボットをつくって, コース別タイムトライアルをしよう	95
亀井修, 高橋みどり, 小椿清隆, 石井久隆	
2-10. 大きな水の話	103
亀井修, 高橋みどり, 齊藤昭則, 矢野真理子	
III 海外調査報告	
1. 平成 19 年度海外調査	
1-1. アメリカ合衆国における科学リテラシー涵養のための学習プログラムの調査	113
小川義和, 高安礼士, 有田寛之	
1-2. 米国西海岸 科学リテラシー涵養のための体系的科学教育プログラム調査報告	119
原田光一郎, 渡辺政隆	
2. 平成 20 年度海外調査	
2-1. フィンランド・スウェーデンにおける科学リテラシー涵養のための学習プログラムの調査	129
小川義和, 高橋みどり	
2-2. 第 10 回科学・技術についての市民とのコミュニケーションに関する国際会議(PCST-10) 参加報告	139
内尾優子, 小川義和, 高橋みどり, 有田寛之	
IV 本研究に関する外部からの助言・評価	
1. 第 2 回研究会(平成 19 年度)～世代の分類とプログラムの体系化 議論のまとめ	145
小川義和, 高橋みどり	
2. 第 3 回研究会(平成 20 年度)～プログラムの体系化へ向けて 議論のまとめ	149
小川義和, 高橋みどり	
3. プログラムの体系化・評価に関する外部からの意見のまとめ	153
小川義和, 高橋みどり	
4. 第 10 回科学・技術についての市民とのコミュニケーションに関する国際会議(PCST-10) 議論の要旨	157
小川義和, 高橋みどり	
V 今後に向けて	159
小川義和	

I 研究の概要

研究の概要

国立科学博物館 小川義和

1. 研究の目的と背景

本研究は、国内外における学校及び学校外における科学リテラシーの知見を統合し、児童・生徒を含む一般の人々を対象とした科学リテラシー涵養のために、博物館特有の資源を活用し、世代に応じた効果的な学習プログラム（以下プログラムと表記）を開発し、その体系化とモデル化を行うことを目的としている。

米国、英国、カナダ、オーストラリア等においては、科学教育の目標として科学リテラシーを掲げており、一部地域においては FOSS (Full Option Science System) や GEMS (Great Explorations in Math and Science) などの特徴的なプログラム体系があるが、主として就学期間や義務教育修了段階を前提とした研究やプログラム開発にとどまっている。国内の関連する研究は、主に上記の国々の科学リテラシー研究の動向の紹介やその文化的考察等に関するものであり、結果として就学期間における科学リテラシーを対象にしており、市民一般を対象にした研究事例は少ない。

科学リテラシーは総合的な資質・能力であるため、その育成には、就学期間以降も含めた長期間にわたる教育が必要であり、科学系博物館においてその資質・能力の育成を見極めるためには、児童・生徒を含む一般の人々の科学に対する興味・関心を生涯にわたり持続させる継続的な学習環境が不可欠であると考えられる。

博物館における体験的な活動の意義については、米国において研究事例（例えば Falk & Dierking, 2000）が見られ、わが国においても小倉や小川らの報告（小倉, 2005 及び小川, 下條, 2003）等があり、総じて体験的な活動が子ども達の興味・関心を高めたり、博物館での記憶を強化したりするものと考えられている。しかしその体験の質、理論的背景、体験が人々の生活に及ぼす影響さらには各世代の特性に応じた体験活動の体系性等に関しては、十分に研究されているとは言えない。

研究代表者は、平成 13 年～15 年度において「科学系博物館における少年クラブ活動のカリキュラム開発に関する研究」(科学研究費基盤 (C))を行い、科学系博物館において児童・生徒を対象とした問題解決能力の養成を目的とした継続的な学習活動のカリキュラムを開発し、その特性を明らかにした。その結果、我が国においては学校と博物館が連携したカリキュラムを開発するための人材養成の機会がほとんどなく、博物館と大学との連携による人材養成プログラムの開発が喫緊の課題であった。また生涯学習の観点から、成人を対象にした学習プログラムの必要性、活動の適時性、階層性、順序性の考慮、さらにはそれらを踏まえた活動体系の指針の確立が大きな課題として残された。

そこで研究代表者は、平成 16 年度～18 年度において「科学コミュニケーターに期待される資質・能力の分析とその養成プログラムに関する基礎的研究」(科学研究費基盤 (B))を実施し、オーストラリア大学等と協力して、対話型科学技術社会における科学コミュニケーターの位置づけやその資質・能力並びに科学系博物館と大学が連携した養成プログラムのあり方について明らかにしつつある。この研究成果は科学技術政策にも生かされ、国立科学博物館や大学等における科学コミュニケーター養成講座に対して基本的な指針の 1 つとなっている。

一方、一般市民を対象とした科学リテラシーのあり方については、研究代表者及び連携研究

者の北原和夫・小倉康・渡辺政隆らが参画した「科学技術リテラシー構築のための調査研究」において、成人段階を念頭において日本人が持つべき科学技術リテラシー像として明文化がされている。

このように科学系博物館や大学を中心として、人々と科学をつなぐ科学コミュニケーションが浸透しつつあることを考慮して、本研究は、上記の研究経過で明らかになった課題を踏まえ、科学系博物館における科学コミュニケーション活動の目標を定め、生涯学習の観点から指針に沿った教育事業のあり方を考察するものである。その際、「科学技術リテラシー構築のための調査研究」と綿密な連携を図りつつ、以下の観点から研究を進める。

- ①一般の人々の科学リテラシー涵養に資するプログラムを開発し、関東、東海、阪神、九州の各地区の科学系博物館等において試行・実践を行う。
- ②プログラムの実践評価を通じてシステムの構築とプログラムの汎用化・モデル化を行い、最終的に教育事業の体系化と科学系博物館における学習モデルの提案と理論構築を行う。

2. 研究計画(平成 19 年度～22 年度)

本研究は、研究推進グループとプログラム開発グループ、プログラム試行・実施グループの3つから組織される(図 1)。研究推進グループは、研究全体の調整と理論的枠組み、体験活動の体系化、プログラム開発の分野や適時性、世代の区分、学校との連携、プログラム評価の観点などについて指針を策定するとともに学習モデルを提案する。プログラム開発グループは、主に分野別に世代に応じた学習プログラムの開発を行う。プログラム試行・実施グループは、開発グループと共同して、プログラムを実際の現場にて展開し、評価に寄与する。

プログラム開発にあたっては、表 1 に基づき、各年度に対象世代を設定し、分野ごとにプログラムを開発していく。その際、研究推進グループの科学的探究のプロセス等の理論的な枠組みに基づき、世代の特徴や学習指導要領の改善を踏まえながら、キーとなるプログラムを選定し、開発する。

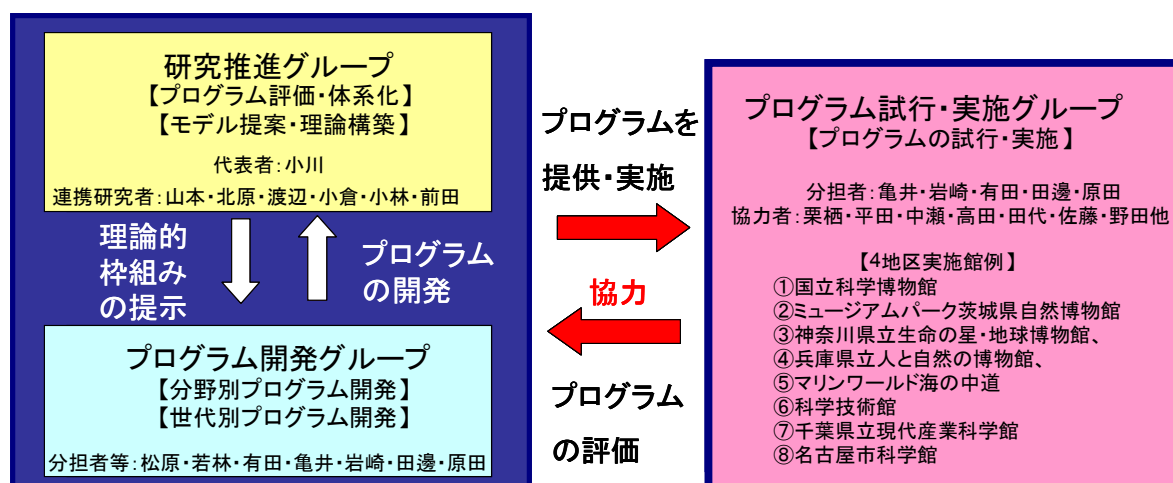


図 1 研究組織の枠組み

表1 プログラム開発の枠組み

	年度	19年度	20年度	21年度	22年度
	開発プログラム数(予定)	2世代×4分野=8	2世代×4分野=8	1世代×4分野=4	1世代×4分野=4
分野	担当/世代(暫定)	幼児と小学生	中学生と高校生	大学・成人・ファミリー	団塊
生命・人間と社会	○有田・岩崎(高田・栗栖・中瀬・嶽山・平田)	①科博 ⑤海の中道	①科博 ④人博	①科博 (③生命の星)	②茨城 (①科博)
宇宙・地球・環境と社会	○原田・田邊・松原(栗栖・平田・高田・中瀬・嶽山)	①科博 ②茨城	①科博 ③生命の星	⑤海の中道 (①科博)	①科博 (④人博)
物質と社会	○田邊・若林(野田・田代)	①科博 ⑧名古屋	①科博 ⑥科技館	①科博 (⑧名古屋)	⑧名古屋 (①科博)
技術と社会	○亀井(田代・橋本・高安)	①科博 ⑥科技館	①科博 ⑦現代	⑦現代 (①科博)	①科博 (⑥科技館)

プログラムの試行後に、参加者へのアンケート調査、自然観察法（プログラムへの参与状況の観察）等を通じて評価を行い、人々の科学への意識の変容や考え方・見方の拡張性を調査する。

平成19年度には、科学リテラシー涵養に資する教育事業のあり方に関する基本的な知見について調査・研究し、プログラムの開発と試行及び評価に関して指針と枠組みを提案する。理論的な構築の根幹となる科学リテラシーに関しては、国内外における現状を調査するとともに、先行研究をレビューし、その構造を見極める。また教授学的アプローチや内容論及び評価についても合わせて検討を進める。さらに生涯学習の観点からも調査を行い、各世代の捉え方、世代の社会的な位置づけ、世代ごとのニーズ等に関して基本的な知見を得る。

平成20年度は、プログラムの評価結果から、プログラムの内容面とマネジメント上の課題を抽出し、プログラムを効果的に展開できるモデル化を試みる。また、暫定的な開発の理論的枠組みについて、幼児～高校生のプログラムを対象に、19年度の試行、20年度の本格実施及び評価を通じて、その実効性を検証し、初年度の調査結果をより理論化、精緻化していく。

平成21年度は、大学生・成人やファミリーを対象に暫定的な開発の理論的枠組みについて、その実効性を検証し、理論的な枠組みを構築する。同時に、平成21年度までに、プログラム開発の中間的な研究成果について学会等において発表するとともに、研究会を一般公開で行い、一般の人々及び関係者から意見を聴取する。

平成22年度は、中高年・団塊の世代を中心にプログラム開発を進めていく。これまでの知見を元に、プログラムの共通性と多様性を抽出し、幼児・小学生等においては分野別プログラムを統合するなど、世代の特性を生かした連続性のあるプログラムを構築し、再評価し、プログラム体系を完成させる。また、プログラムと運営システムを統合した教育事業の体系化を行い、代表的な学習モデルを抽出するとともに、理論的な枠組みを完成させる。さらに、本研究の最終年度として、成果を明確にして、国際的なシンポジウムを開催し、研究成果を公開するとともに、報告書を印刷・公表する。

3. 研究経過

平成19年度

(1)「生命・人間と社会」「宇宙・地球・環境と社会」「物質と社会」「技術と社会」の4つの分

野で、幼児～小学生対象のプログラムを開発・実践し、評価を行った。

- ・「生命・人間と社会」では、生活場面と重なる視点で博物館の実物資料の観察を促す学習プログラムの開発・試行を行った。また、小学生を対象に、国立科学博物館の展示室を児童英語教育の場として活用する試み「恐竜キャンプ」でプログラムの開発・試行を行った。
- ・「宇宙・地球・環境と社会」では、幼児・小学生を含む親子を対象に、河原の石の観察を行った後、創造性を駆使して石の工作プログラムの開発・試行を行った。
- ・「物質と社会」では、幼児とその保護者を対象に、「もの」を拡大することを通じ、観察の基本や拡大するとものがどんな風に見えるのかを体感することをねらいとしたプログラムを行った。
- ・「技術と社会」では、科学館に来館する小学校4年生以上を対象に、家庭用電力やエネルギーについての概念を紹介し、エネルギーを利用することへの理解を図るプログラムの開発・試行を行った。また、その結果を基に、国立科学博物館の科学リテラシー涵養活動の枠組み（付録1；国立科学博物館，2008）に当てはめる形で、プログラムの体系化を試みた。

(2) 科学リテラシー涵養のためのプログラム開発の参考事例とするため、積極的な取り組みを行っている米国での科学リテラシー涵養のあり方とそれに関するプログラム開発事例の調査を行った。

調査先：American Museum of Natural History, Peabody Museum of Natural History (Yale University), Liberty Science Center, National Science Resources Center, Association of Science-Technology Centers(以上ニューヨーク州およびワシントン DC), Lawrence Hall of Science (UC Berkeley), Center for Biophotonics Science and Technology (UC Davis), Children's Discovery Museum, TheTech, Exploratorium, World Forestry Center, (以上カリフォルニア州及びオレゴン州)

平成 20 年度

(1) 「生命・人間と社会」「宇宙・地球・環境と社会」「物質と社会」「技術と社会」の4つの分野で、中学生・高校生対象のプログラムを開発・実践し、評価を行った。

- ・「生命・人間と社会」は、お菓子を通して地質・地層や食材などの丹波地域の自然、住んでいる街並みに対する理解の広がり・深まりを目指し、継続のプログラムの開発・試行を行った。また、火山との関わりを中心に、関東地方の地質を初め、暮らしや食に関する火山の恩恵を知り、火山のメカニズムをチョコレートを使って学ぶプログラムの開発・試行も行った。
- ・「宇宙・地球・環境と社会」は、砂金を切り口として、野外の河原における実習と博物館内での実習・解説を組み合わせ、中高生の動的地球観の定着と地学的概念の向上を目指すプログラムの開発・試行を行った。また、同定した化石を元に、自分の知識や資料を活用し、過去（地層堆積当時）の環境の推測・考察を行うプログラムの開発・試行も行った。
- ・「物質と社会」は、酸化や還元を概念的に理解させることをねらい、金属を燃やしたり、さびやモデル鉱物を簡単な方法で還元してぴかぴかの金属を取りだしたりするなど、いくつかの実験を行った。また、金属を取り出すもう一つの方法として、電気を通したり溶液から金属を取り出したりしてメッキをするプログラムの開発・試行も行った。
- ・「技術と社会」は、技術革新の過程で頻繁に迫られるトレードオフの関係を生徒に気付かせるため、高校生を対象に教育用レゴマインドストーム NXT®を活用した学習プログラムの

開発・試行を行った。

- (2)プログラムの評価を元に、国立科学博物館の科学リテラシー涵養活動の枠組みに当てはめる形で体系化を試みると共に、他の体系化の方法についても検討を加えた。
- (3) 第10回科学・技術についての市民とのコミュニケーションに関する国際会議(PCST-10)にて前年度の成果発表をすると共に、科学リテラシーの定義や涵養活動の一環としてのプログラム、そして体系化について議論を行った。
- (4)博物館等における科学リテラシー涵養のための取り組みについて、高い教育水準を誇るフィンランドの事例と、スウェーデンにおける世界初の野外博物館の事例を調査した。
調査先：Heureka, Tekniikan Museo, Center for School Clubs, Finnish Museum of Natural History (以上フィンランド), Skansen (スウェーデン)

4. 研究成果の概要

平成19年度

幼児・小学生を対象に8つのプログラムを開発した。また、科学リテラシー論とその実装の様子に関して、アメリカ合衆国の自然科学系博物館等において、実地調査を行った。

- (1)本年度重点的に研究を行った幼児～小学校低学年段階のプログラム実践において、科学リテラシー涵養の観点から以下の点が明らかになった。
 - ・もののかたちを理解することを目的としたプログラムにおいて、幼児には虫眼鏡を使った観察が難しかったが、ものを拡大した写真を見たときには何を拡大したものなのかを理解することが出来た。また、拡大するとものが違って見えることに気づいた子どもが多かった。
 - ・ぬりえプログラムは子どもたちに展示をじっくり見る機会を提供し、展示物を媒介とした親子の会話を促進した。
 - ・親子で参加したプログラムにおいて、保護者は、科学に限らず様々なものから幼児の豊かな感性を養いたいと思っている。
 - ・ぬりえプログラムにおいて、普段食卓に上がるものを科学的に観察することにより、子どもの日常生活や社会への関心を高めることができた。
- (2)アメリカ合衆国において科学リテラシーの実態を調査した結果、以下の知見が得られた。
 - ・科学リテラシーの定義や目的に関する研究は、動向の紹介やその文化的考察等に関するものが多数を占める。
 - ・アメリカ合衆国においては、科学教育の目標として科学リテラシーを掲げており、一部地域では特徴的なプログラム体系が開発されているが、主として幼稚園から高等学校卒業段階を対象としたプログラム開発にとどまっている。

平成20年度

- (1)試行した中学生・高校生対象のプログラム実践において、科学リテラシー涵養の観点から以下の点が明らかになった。
 - ・お菓子を通して丹波地域の自然などについて理解を深めるプログラムにおいて、学校での「学び」の枠からはみ出た「学び」は、参加者の学びへの積極的な態度を促進するということが確認され、実験や観察を初めとした体験的な学びの重要性を明らかにした。また、活動を通して、参加者は「実際の自然現象は必ずしもモデルのように規則的ではない」と自然現象の多様性に対する理解をし、プログラムが科学的な見方を育成する

ことに寄与した。

- ・教育用レゴマインドストーム NXT®を活用した継続プログラムにおいて、回が進むにつれ、評価として行ったふり返りの中に、試行錯誤の要素が多く見られるようになった。このことより、「動いた、動かなかった」という質的な着眼点から「どのくらい速く動いた」「ここを〜すると安定するが動きが遅くなる」などの量的な着眼点へと参加者の作業が変化し、科学的な考え方やトレードオフを元にした科学的判断の概念が身につけてきたことが分かる。

(2)体系化の方法として、以下の点から課題が浮かび上がり、それに代わる枠組みについて検討が加えられた。

- ・国立科学博物館の科学リテラシー涵養活動の枠組み（付録 1）に当てはめる形で、プログラムの体系化を試みたが、各プログラムは枠組みで示されている 4 つの目標に当てはめて作っているため、結局は、マトリックスは埋まる。この体系化の方法が妥当であるか、プログラム開発者から疑問が提示された。
- ・プログラム開発者から、開発したプログラムをつながりがつくようにパッケージ化したらどうかという提案が出された。複数のプログラムをパッケージ化して、世代をまたいで連続性のあるものができること、リテラシーのプログラムとして新規性があると考えられる。
- ・テーマを設定する必要がある。テーマは、「食と健康」「地球の贈り物 天然資源」「私たちの生活を支える物質」「私たちの生活を支える技術」など発達段階（世代）的に深まっていく一貫したプログラムを束ねる社会的課題を踏まえたものを考え、個々のプログラムはより具体的なテーマを持たせて開発する。（例：テーマが「エネルギー」、プログラムのテーマが「電力量」など）

(3)フィンランド・スウェーデン両国において科学リテラシーの実態を調査した結果、以下の知見が得られた。

- ・今回の調査対象の各施設では、コミュニケーションを促進する展示物が多くデザインされていた。これらの展示は学んだことや意見を発信したり他と話し合ったりするときに必要な、表現力や発信力の育成に寄与するものであるが、日本の科学系博物館の展示においては例が少ない。今後、コミュニケーションツールとしての機能を持った展示物の開発が必要である。
- ・各施設におけるプログラム開発にあたっては、国の教育カリキュラムと連携するように開発されていることが明らかになった。これらは、館の独自性を表現し、分野横断、体験的などの要素も取り入れたものである。理科に限らず、様々な切り口を持った体験的なプログラムは、柔軟なものを見方を伝えるだけでなく、科学・技術を総合的に理解する上で有効であり、科学リテラシー涵養に適している。
- ・大人を含めた教育プログラムの体系的開発については、いずれの館においても行われておらず、大人向けプログラムに関しての成功例も聞かれなかったが、いずれの館も必要性には気づいていた。大人に必要な科学リテラシーについては、新しい科学知識やメディアの情報を解釈するためのより高度なスキルであるとの意見が共通してみられた。

参考文献

Falk, J. H. and Dierking, L., D : Learning from Museums, AltaMira Press, 1-14, 2000.

独立行政法人国立科学博物館科学リテラシー涵養に関する有識者会議:「科学リテラシー涵養活動」を創る～世代に応じた教育活動開発のために～(中間報告), 2008.

小倉康: 科学への学習意欲に関する実態調査 調査結果報告書. 平成 16 年度科学研究費補助金 特定領域研究.

小川義和, 下條隆嗣: 科学系博物館における単発的な学習活動の特性—国立科学博物館の学校 団体利用を事例として—. 科学教育研究, 27(1): 42-49. 2003

付録1 科学リテラシー涵養活動の枠組み (国立科学博物館科学リテラシー涵養に関する有識者会議, 2008)

ライフステージ 科学リテラシー 涵養活動の目標	幼児 ~ 小学校低学年 期	小学校高学年 ~ 中学校期	高等学校・高等教育期	子育て期・壮年期	熟年期・老年期
感性の涵養	科学に親しむ体験を通じて、身のまわりの事象の美しさ、不思議さなどを感じる。	科学に親しむ体験を通じて、科学に対する興味・関心や実生活との関わりを感じる。	科学に親しむ体験を通じて、科学に対する興味・関心や科学の有用性を感じる。	子どもの科学リテラシー涵養のための学習を通じて科学の有用性や科学リテラシーの必要性への意識を高める。博物館の展示や資料に触れ、面白いと感じる。科学および科学に関連する分野に対して、持続的でより豊かな情報に裏打ちされた好奇心と興味を示す。	科学に対する楽しい体験や博物館の展示や資料に触れ、面白いと感じる。
知識の習得・概念の理解	わかる、できることを実感し、達成感を得る。	科学に親しむ体験を通じて、生活で直接関わる科学的知識を身につける。	生活や社会に関わる科学的知識に理解を広げる。	子どもの科学リテラシー涵養のための学習を通じて一緒に知識を身につける。生活や社会に関わる科学的知識に対する理解を深める。	生活や社会に関わる科学的知識に対する理解を深める。自身の趣味・教養など個々の興味・関心に応じて科学的知識を身につける。
科学的な見方・考え方(スキル、実践力、科学的な態度、判断力、創造性)の育成	興味・関心を持った事象を取り入れて活動する。	自然界や人間社会に興味・関心を持ち、その規則性や関係性を見いだす。	多くの不確実な情報の中から科学的な知識に基づいて行動する。学んだことを総合力として生かし、生活及び社会上の課題解決のために適切に判断する。	多くの不確実な情報の中から科学的な知識に基づいて判断し、行動する。学んだことを総合力として生かし、生活及び社会上の課題解決のために適切に判断する。	学んだことを総合力として生かし、生活及び社会上の課題解決のために適切に判断する。学んだ成果を、自身の趣味・教養に生かす。
社会の状況に適切に対応する能力(表現力、コミュニケーション能力、活用能力)の育成	興味・関心を持った事象を利用してまわりの人と一緒に活動する。	学んだことを表現し、わかりやすく人に伝える。学んだことを自分の職業選択やキャリア形成と関連づけで考える。	社会との関わりをふまえ、得られた知識・スキル等を実生活の中で生かす。学んだことを職業選択やキャリア形成に生かす。	社会との関わりをふまえ、学んだことを表現し、人に伝える。地域の課題を見出し、その解決に向けてよりよい方向性を生かす。	地域の課題を見出し、その解決に向けてよりよい方向性を生かす。自身の持っている知識・能力を、社会の状況に応じて適切に効果的に次の世代へと伝える。

II プログラム実践報告

1. 平成 19 年度開発プログラム (幼児・小学生向け)

科学系博物館の展示を活用したぬりえの開発 Coloring in Pictures at Science Museum: Facilitating Appreciation to Science

有田寛之^{*1}，高橋みどり^{*1}，高田浩二^{*2}，三宅基裕^{*2}
国立科学博物館^{*1}，海の中道海洋生態科学館^{*2}
Hiroyuki ARITA^{*1}，Midori TAKAHASHI^{*1}，Koji TAKADA^{*2}，Motohiro MIYAKE^{*2}
National Museum of Nature and Science^{*1}，Marine World Umino-nakamichi^{*2}

概要：多くの子どもに人気の高いぬりえという手法を用い、生活場面と重なる視点で博物館の実物資料の観察を促す学習プログラムを開発した。生活場面と関わる視点と参加の促進とはさほど強い関わりが示されなかったが、ぬりえという手法自体が参加を促進し、より細かい観察により生物の特徴の発見へと誘う可能性が示された。

キーワード：科学系博物館，ぬりえ，観察，感性の涵養
science museum, coloring in pictures, observation, facilitating appreciation to science

はじめに

科学系博物館は児童生徒や親子連れにとっても人気がある。科学に親しみ、自由に学ぶ場として最適の施設の一つである。しかしながら、多くの展示物に対し、学術的な展示解説コンテンツの多くは幼児や小学校低学年の子どもたち（以下、子どもたち）には難解であることが多く、敬遠されがちである。その結果、博物館の中でもハンズ・オン展示やディスカバリールームといった一部のエリアに利用が集中してしまうことが多かった。しかし、現在の博物館教育においては、博物館展示をどう解釈し、何を感じ、何を理解するかは個人ごとに異なり、知識を得ることだけが学習の成果ではないととらえられている（代表例として[1]～[4]）。学術的な知識を一方的に伝えることだけが展示を活用した学びの目的ではない。

解説が難解であることが子どもたちから展示見学を遠ざけているとしたら、博物館でじっくり観察する機会を博物館自身が減らしていることになる。科学において、観察することは子どもたちに限らず重要である。例えば人体の作りを学ぶために、解剖学では実習等においてスケッチが多用される。描くことで、正しく見ているかどうかを確認できる。また、高等教育に限らず、継続的に観察することは、子どもたちの自然認識の構成を支えることになるという指摘もある[5]。

また、感性の涵養という点で見れば、近年「大人のぬりえ」ブームに見られるように、絵を描く、色をぬるといった多くの人

にとって楽しい行為は、主体的な学びを促進するきっかけとなる。

そこで、子どもたちに博物館の展示室において実物資料の「観察」を促し、科学に親しんでもらうため、ぬりえという手法を用いることが効果的であると考え、「ぬりえシート」の開発を行うこととした。ただ、子どもたちには意識的に「観察」する経験が少ないため、子どもたちのレベルに合わせた観察の視点の提供方法を工夫する必要がある。そこで、子どもたちにとって身近である「食べる」「肌の手入れをする」といった生活場面に関連する視点から観察を行うなど、ぬりえの対象となる展示物との距離感を縮める工夫を行うことも重要であると考えた。

ぬりえプログラム開発のねらいと期待される効果

ぬりえプログラム開発のねらいは以下の通りである。

- ・子どもから大人まで身近なぬりえを用い、生活場面に関わるテーマとあわせて提供することにより、博物館展示の観察の視点を与える。
- ・展示を見ながらぬりえをすることで、何気なく見過ごしてしまうような展示をじっくり見ることを促し、新たな発見のきっかけを与える。
- ・異なる文化施設で共通に利用可能な学習資源を開発する。

これらのぬりえを子どもたちが展示室で行うことにより、子どもたちの感性を涵養

し、楽しみながら自然と標本をじっくり観察するようになる。その結果、新たな発見や感動を見だし、疑問や発見を促し、次の学びを導くことができると期待される。また、複数の施設で連携して汎用性の高いぬりえを開発することにより、同じような手法の活用を広く促進する基礎となる。

ぬりえ開発の概要

ぬりえ開発において、博物館の展示室で行うことで効果的なものとなるよう、以下のようなポイントを整理した。

1 取り上げる題材は海の生き物

海の生き物は単に子どもたちに人気が高いというだけでなく、日本人の食生活と縁が深く、日本の自然や、日本人の生活に対して興味・関心を示す入口として良い題材である。また、身近な海の生き物をぬりえの対象として取り上げることで、自然史博物館だけでなく水族館でも活用できると考えられる。

自然史博物館も水族館も、生物の進化や生態という共通のテーマのもと、身近な生き物から全く環境の異なる地域に生息する生物、絶滅が危惧される希少動物まで、幅広く展示を行っている。水族館では、目の前で生きている動物たちの生き生きとした暮らしぶりを垣間見ることができ、楽しみながら自由な学びを生み出すことができる。自然史博物館での展示標本のほとんどは生きておらず、その動きを観察することは難しいが、骨格や剥製などを詳細に観察することから、生物の生態について理解を深めることができる。このように展示手法は異なるものの、子どもたちにとっては楽しみながら実物を観察するための共通のフィールドとなり得るため、ぬりえを共通の学習素材として開発することは有意義であると考えられる。

そこでこの「ぬりえシート」を、国立科学博物館と海の中道海洋生態科学館と共同で開発することとした。

2 「食」と「美肌」という生活場面と関わる「ぬりえシート」の開発

平成 19 年の秋に、国立科学博物館では「海の『おいしい』豆知識」という小中学生向け観察プログラムを、海の中道海洋生

態科学館では企画展「生きもの美肌コレクション ―魚よ君は美しい―」を開催したため、その時期にあわせて館内で「ぬりえシート」を配布し、食や美肌といった生活との結びつきも視野にいれることにした。

3 「ぬりえシート」の中で、より深い観察の視点を与える

「ぬりえシート」を使って観察できるのは展示資料（剥製や生体）の外部形態である。ぬりえをすることで対象となる海の生き物の体の色が分かるというのに加え、他種との比較の視点を与えることで、細かな外部形態など、より深い観察につながることを期待した。

これらのポイントを元に、図 1 に示すような「ぬりえシート」のフォーマットを定めた。ぬりえを行うエリアの右上部に吹き出しを設け、観察のポイントを簡単に記すこととした。その下には他種との比較を説明するエリアを設けた。子どもたちが読んで分かるよう、あまり内容を盛り込まず、短く平易な文章となるよう心がけた。ぬりえの下部にはぬりえをしていて気づいたことを記入する欄を設けた。

また、参加者の多様な好みに合わせるよう、全て線で描かれているものだけでなく、体の一部のみの線画が描かれ、残りの部分は自分でスケッチをするもの（図 2）、全て自分でスケッチと色ぬりを行うもの（図 3）も制作することとした。

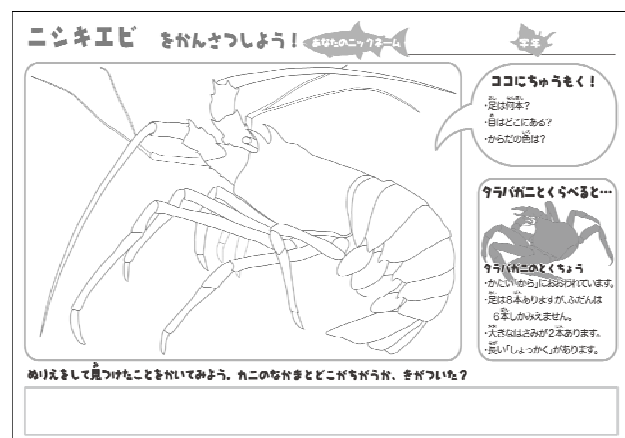


図 1 「ぬりえシート」の構成



図2 一部のみ線画が描かれた「ぬりえシート」

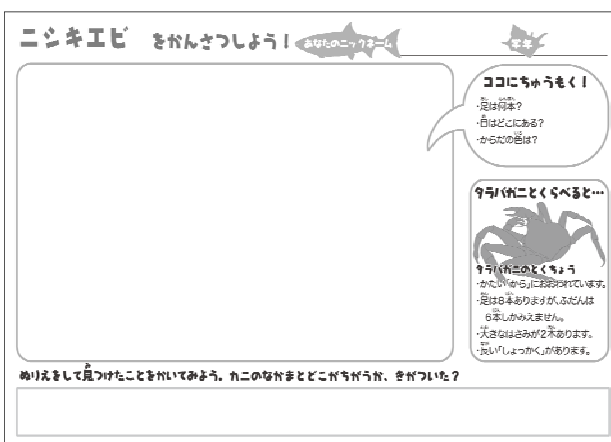


図3 全てスケッチを行う「ぬりえシート」

これらの共通フォーマットのもと、国立科学博物館と海の中道海洋生態科学館それぞれの展示に関わる生き物をピックアップし、その中から以下の視点で選抜を行った。

- ・両施設共通で展示されているもの
 - ・子どもたちの視線で観察できるように、視線の高い位置に展示されていないもの
- その結果、以下の海の生き物を対象に「ぬりえシート」を制作した。
- ・両施設兼用
タラバガニ、ニシキエビ、ミズダコ
 - ・国立科学博物館用
スケトウダラ
 - ・海の中道海洋生態科学館用
ハリセンボン、スナメリ、ゴマフアザラシ、ウミガメ

ぬりえプログラム実施の概要

以上の方針により開発した「ぬりえシート」を一般来館者に利用してもらうプログラムを両施設において2度ずつ、計4回実

施した。対象は幼児、小学生を優先としたが、年齢に関係なく希望者は全て参加できるようにした。国立科学博物館では、初回を平成19年11月24日(日)に行った。参加者は、地球館2階で行われた「海の『おいしい』豆知識」の展示室出口で使ってみたいぬりえを選択し、日本館3階の常設展示室に移動し、そこで画板と色鉛筆を借りてぬりえを行った。2回目は平成20年2月23日(土)および24日(日)に行った。この時期は「海の『おいしい』豆知識」は終了していたため、日本館3階に設置した受付で「食卓にのぼることもある身近な海の生き物のぬりえをしませんか?」といった、ぬりえと食と結びつけるような案内を行い、参加を呼びかけた。

海の中道海洋生態科学館では、平成19年12月27、28日、平成20年1月19、20日の計4日間実施した。正面入口すぐ右手にある、「生きもの美肌コレクション 一魚よ君は美しい」の入口わきにカウンターを設置して参加を呼びかけた。国立科学博物館同様、全ての来館者を対象とし、参加者がぬりえを選んだ後、画板と色鉛筆の貸出を行った。

いずれの実施日においても、参加者自身のぬりえ作品はおみやげとして持ち帰ってもらうかわりに、参加者の了解を得た上でスキャナを用いてそれぞれの作品を取り込み、保存を行った。

アンケート調査の実施

本プログラム参加者に対し、ぬりえ終了後にアンケート調査を実施した。回答を求めた項目は、性別、学年、来館の有無、楽しかったか(5件法)、ぬりえの使い勝手(5件法)、ぬりえの種類(選択式)、科学(理科)の好き嫌い(選択および自由記述)、参加の理由(選択式)であった。平成20年2月に国立科学博物館で実施したときのみ、これらに加え、海の生き物のことをもっと知りたくなったか(5件法)、博物館の展示をもっと見たくなったか(5件法)という質問を追加した。

調査結果

回収したアンケート数は、国立科学博物館(以降、かはく)における試行では88、海の中道海洋生態科学館(以降、海の中道)

における試行では213であった。また、スキャンした「ぬりえシート」は、かはくは86枚、海の中道は228枚であった。プログラムは両施設において2度ずつ実施したが、同じ「ぬりえシート」を用いた内容であったため、回収したアンケートは施設ごとにまとめて分析した。

1 参加者の属性

かはくでの参加者はほぼ男女半々であったのに対し、海の中道は女性の参加数が多かった(表1)。

表1 参加者の性別

性別	かはく	海の中道
男性	45	79
女性	42	125

参加者の学年は、どちらも幼稚園以下および小学校低学年が大半を占めた。海の中道ではとくに幼稚園児が多く、どちらも小学校高学年以上の参加者は非常に少なかった(表2)。学年と性別の関係を見ると、かはくではとくに一貫した傾向は見られないが(図4)、海の中道では低学年においてとくに女性の参加が多く(図5)、これが女性の参加数が多かった主な要因とみることができる。

表2 参加者の学年分布

学年	かはく	海の中
中学生以上	8	3
小学校6年生	0	0
小学校5年生	5	3
小学校4年生	2	11
小学校3年生	13	12
小学校2年生	10	27
小学校1年生	19	30
幼稚園以下	30	112

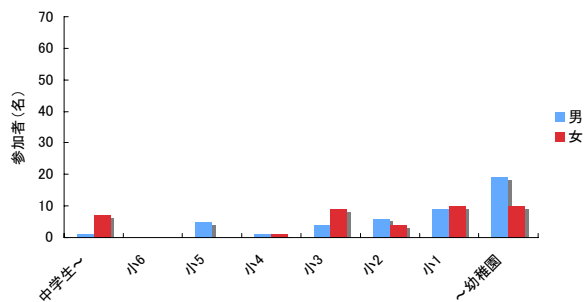


図4 参加者の性別と学年分布(かはく)

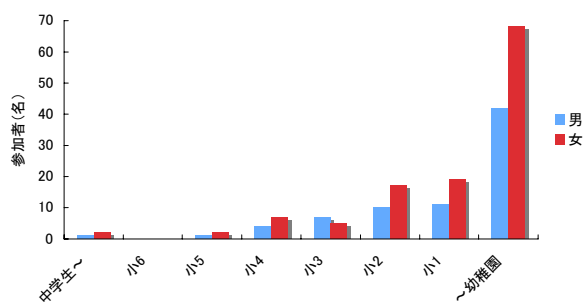


図5 参加者の性別と学年分布(かはく)

また、両施設とも、すでに利用経験があるリピーターの参加が多かったが、特に海の中道でのリピーター率が高かった(表3)。

表3 来館経験の有無

リピーター率	かはく	海の中道
割合(%)	57.0%	79.2%

2 参加の動機と満足度

本プログラムへの参加理由については、「ぬりえをしたかったから」「海の生き物が好きだから」という意見が非常に多かった。「その他」の自由記述の中でも「たのしそだったから」という回答が複数見られた。アンケートの回答からは、参加理由として「食べる」「美肌」など、生活場面との結びつきを意識した展示テーマに関連する回答はさほど多くなかった(表4,5)。

表4 ぬりえへの参加理由(かはく)

かはくでの参加理由(複数回答可)	件数
ぬりえをしたかったから	63
海の生き物が好きだから	48
無料だったから	19
食べることに注目しているところが面白	14

かったから	
おみやげを持って帰れるから	10
その他（自由記述）	
たのしそうだったから	7
子どもと一緒にうみのいきものをみながら えがかけるから	1

表5 ぬりえへの参加理由（海の中道）

海の中道での参加理由（複数回答可）	件数
ぬりえをしたかったから	155
海の生き物が好きだから	131
無料だったから	39
美肌展がおもしろかったから	23
マリンワールド海の中道にいる動物をよく 観察したかったから	81
おみやげを持って帰れるから	17
その他（自由記述）	
たのしそうだったから	7
絵がかきたかったから	2
目がくりくりしてたかわいかった	1
カメが好きだから	1
スナメリが好きだから	1
すすめられて	1
時間つぶし	1

本プログラムに参加した感想を5件法で
たずねたところ、両施設とも「とてもおもしろかった」「おもしろかった」が大半を占めた（図6,7）。

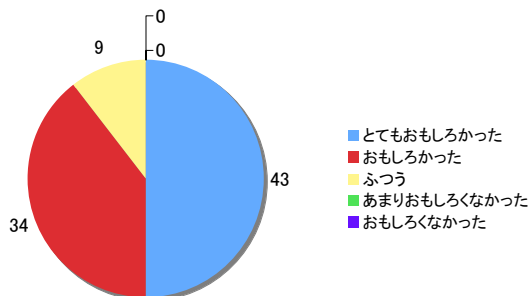


図6 プログラム参加後の感想（かはく）

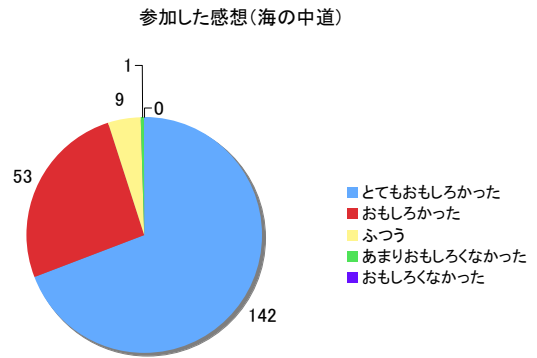


図7 プログラム参加後の感想（海の中道）

また、シートの使い勝手についてもおおむねよく、大部分の参加者はプログラムを楽しむことができたと考えられる（付録2）。

次回も同様のプログラムへの参加を希望するかどうかをたずねたところ、9割を超える参加者がまた参加したいと回答した（表6）。

表6 次回も参加したいと回答した人の割合

	かはく	海の中道
また参加したい		
割合(%)と件数	92.8% (77/83)	96.0% (190/198)

3 ぬりえの人気

本プログラムの参加者が選択したぬりえの種類を表7に示す。どのぬりえも活用されたが、海の中道では大型のウミガメ、ゴマフアザラシ、スナメリの人気が高かった。

表7 参加者が選んだぬりえの数

ぬりえの種類	かはく	海の中道
ミズダコ	17	31
ニシキエビ	20	13
タラバガニ	27	26
スケトウダラ	23	
スナメリ(1月20日のみ)		20
ゴマフアザラシ		39
ハリセンボン		28
ウミガメ		48

注：斜線を引いた部分は、提供しなかったことを示す。

ぬりえのタイプについては、両施設において、全て線画になっているものが多く選

ばれた (表 8)。

表 8 選ばれたぬりえのタイプ

ぬりえタイプ	かはく	海の中
全部	65	159
一部	15	20
まっ白	1	14

白紙にスケッチすることは、ぬりえの「枠」となる線画を自ら描かなくてはならないためハードルの高い作業となる。ぬりえという形式であることで、絵を描くのが苦手な人にも参加しやすい状況を作ると思われるが、全部線画になっているタイプを選んだ人の選択理由の中に、絵が難しいから選んだという回答がやはり含まれていた (表 9)。

表 9 全て線画の「ぬりえシート」を選んだ参加者の選択理由

選択理由	かはく	海の中
簡単だから	15	58
絵を描くのが難しい	5	23
ぬりえをしたいから	1	11

4 ぬりえによる学習と、次の学習への動機付け

本プログラムでは、生き物の外部形態を観察してもらうことが目的であった。単にぬりえを楽しむだけでも参加は可能であったが、どちらもおよそ 4 割の参加者が「ぬりえシート」に、ぬりえだけでなく気づいたことを記入した (表 10)。かはくの参加者の方が、記入率がやや高かった。

また、観察のポイントを示すためにシートでは「足は何本？」といった問いかけ型の表記をしていたが、そこに答えを記入した参加者もあり、かはくでは 6 件 (7%)、海の中道では 13 件 (5.7%) であった。

表 10 気づいたことを「ぬりえシート」に記入した参加者の割合

気づいたことの記入	かはく	海の中道
割合(%)と件数	46.5% (40/86)	38.6% (88/228)

また、海の中道では生き物のぬりえだけでなく、水槽の中の様子を背景として描いた子どもの割合が、かはくよりやや高かった (表 11)。

た (表 11)。

表 11 ぬりえの背景をぬった参加者の割合

	かはく	海の中道
割合(%)と件数	8.1% (7/86)	12.7% (29/228)

気づいた点の記述内容を分類すると、図 8, 9 のようにまとめることができた。色についての発見よりも、外部構造に対する気づきが多く記された。さらに、生きている動物を観察できる海の中道でのみ、動物の動きや生活の仕方についての記述が多く見られた。

これらは断片的な結果であるが、総合すると、かはくでは動かない標本をじっくり観察し、標本そのものの形についての気づきが導かれ、海の中道では生きている標本の観察から、その動きや周囲の様子への気づきが促される可能性が示唆される。いずれにしても、観察から新たな発見に結びつく可能性が示されたと言える。

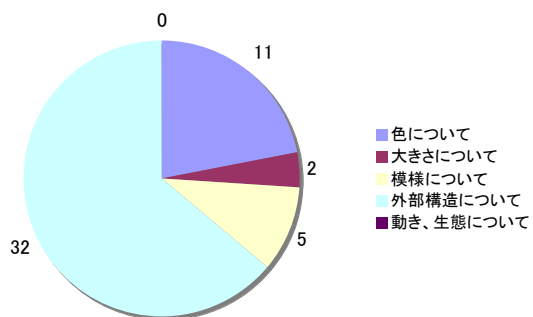


図 8 ぬりえで気づいた内容の分類 (かはく)

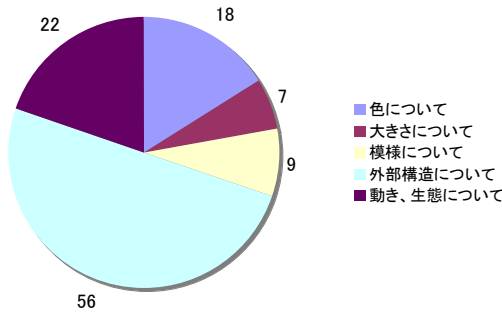


図9 むりえで気づいた内容の分類（海の中道）

また、かはくで行った2回目の調査のみ、むりえに参加したことで海の生き物のことをもっと知りたくなったり、博物館の展示をもっと見たくなったりしたかを質問したところ、大半の参加者が「とてもそう思う」「そう思う」と回答し、次の学びへつながる可能性が示された（図10，11）。

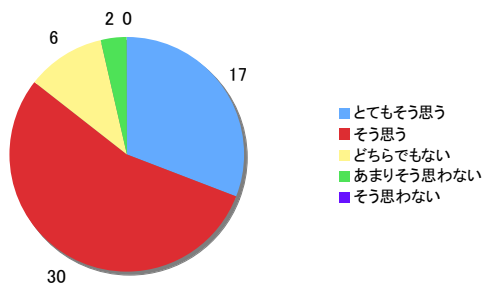


図10 海の生きものをもっと知りたくなった

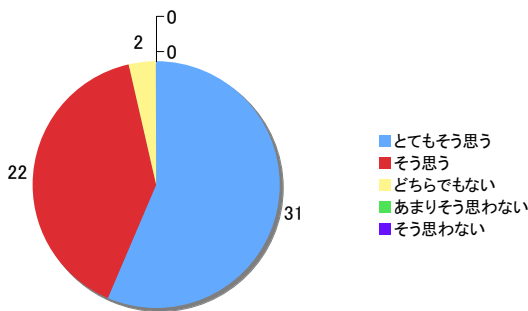


図11 博物館の展示をもっと見たくなった

5 参加者の科学（理科）の好き嫌い

参加者が、科学または理科が好きかどうかをたずねたところ、どちらの施設でも高い割合で好きだという回答が得られた（表12）。

表12 科学（理科）が好きかどうか

好きな割合	かはく	海の中道
割合(%)と件数	91.8%(67/73)	82.7%(105/127)

好きな科学(理科)の内容を分類すると、生き物全般に関する回答が多いが、実験が好きだという回答も非常に多かった（表13，図12,13）。

表13 好きな科学（理科）の分類

好きな科学（理科）	かはく	海の中
生き物全般	17	33
化学	3	1
物理	7	4
地学	2	1
薬学	1	0
観察・調べる	5	4
実験	19	27
博物館	1	1
自然	1	2

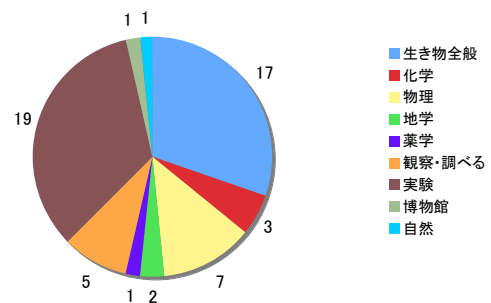


図12 好きな科学（理科）の分類（かはく）

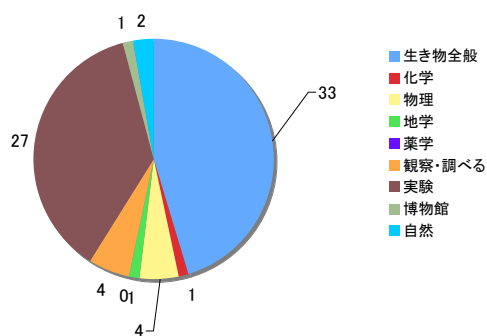


図 1-3 好きな科学（理科）の分類（海の中道）

考察

本プログラムでの実施結果は以下のよう
にまとめることができる。

1 参加者の属性

- ・幼稚園児，小学校低学年が多かった。
- ・海の中道の参加者はより低年齢が多く，
中でも女性が多かった。

2 参加の動機と満足度

- ・ぬりえ，海の生き物がもともと好きな人
が多かった。
- ・参加者のほとんどがぬりえを楽しみ，次
回も参加したいと思った。
- ・「ぬりえシート」の使い勝手はおおむねよ
かった。

3 ぬりえの人気

- ・ぬりえの対象となる生き物の選択はばら
つきがあり，幅広く利用されたが，ぬり
えのパターンは全て線画が描かれている
ものが多く選ばれた。
- ・全て線画の「ぬりえシート」を選んだ理
由は，ぬりえだけだと楽だから，という
意見が多かったが，絵が苦手な人の参加
を促すのにも有効となった。

4 ぬりえによる学習と，次の学習への動 機付け

- ・約 4 割の参加者がぬりえをしながら海の
生き物について気づいたことを「ぬりえ
シート」に記入した。
- ・両施設において，海の生き物の外部形態
に関する記述が多く，海の中道では，海
の生き物の動きや周囲の様子に気づいた
参加者も多く，単にぬりえをただだけ
ではなく，観察をきちんと行う参加者も多
かったことが明らかとなった。
- ・ぬりえをしたいというきっかけで参加し

た人が多かったが，それをきっかけに海
の生き物や展示に興味・関心が高まる結
果が得られた（かはくのみ結果）。

5 参加者の科学（理科）の好き嫌い

- ・科学（理科）が好きな参加者の割合が高
かった。
- ・生き物全般だけでなく，実験が好きな人
が多かった。

かはくと海の中道で共通利用できる「ぬ
りえシート」の使い勝手はおおむねよく，
異なる展示環境においても共通フォーマッ
トの「ぬりえシート」を使うことで，楽し
みながら海の生き物の観察が促された。両
施設が協力して学習素材を開発することで，
よりよい学習素材の製作が可能となること
が示されたと言えるだろう。

ぬりえへの参加の動機として，生活と結
びつく展示との関連を挙げた回答はさほど
多くなかったが，ぬりえをしたいという動
機の子どもたちに参加を促し，その結果展
示物を観察し，新たな発見を促し，海の生
き物や展示に興味・関心が生まれるという
流れを作り出す可能性が示された。

子どもたちにとって，ぬりえ自体が生活
の一部になっているかもしれない，このよ
うなプログラムへの参加のきっかけとして，
「食」や「美肌」といった生活場面との結
びつけをすることはさほど重要ではなかつ
たかもしれないが，この点についてはさら
なる検証が必要である。いずれにしろ，科
学リテラシー涵養という視点から，本プロ
グラムがきっかけとなって学んだことを，
知識として定着させ，家庭や社会における
生活場面で生かし，将来役立てられる仕組
み作りは重要である。今後のプログラム開
発にそのような視点を取り入れてゆきたい。

謝辞

本プログラムの試行にあたっては，東京
家政学院大学の柳川悠さん，学校法人滋慶
文化学園福岡エコ・コミュニケーション専
門学校の堀之内詩織さん，立石央さん，木
菌陽平さんにご協力いただきました。記し
て謝意を表します。

参考文献

- [1] Hein, G. Learning in the Museum.

Routledge, 1998.

[2] Hooper-Greenhill, E. (ed.) The Educational Role of the Museum Second Edition. Routledge, 1999.

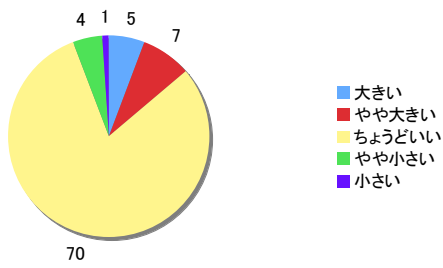
[3] Falk, J. & Dierking, L. Learning from Museums. AltaMira Press, 2000.

[4] <http://www.inspiringlearningforall.gov.uk/>

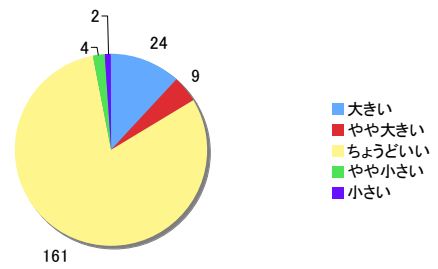
[5]小川哲夫, 子供の継続的な観察による自然認識の構成, 理科の教育, 56, 2007

付録1 ぬりえシートの使い勝手について

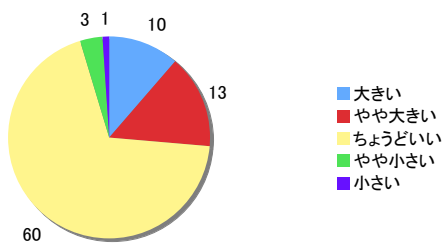
紙の大きさについて(かはく)



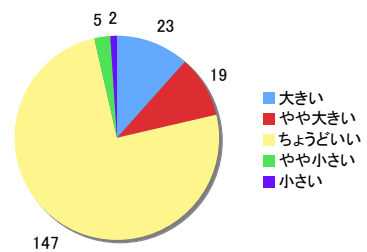
紙の大きさについて(海の中道)



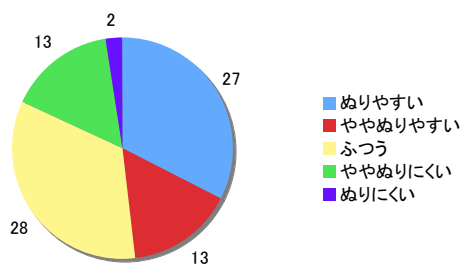
絵の大きさについて(かはく)



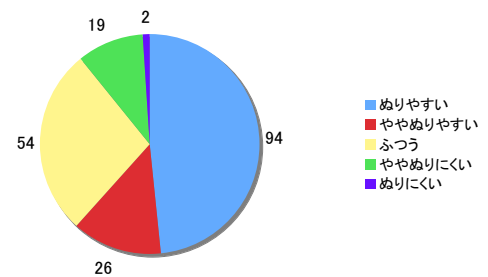
絵の大きさについて(海の中道)



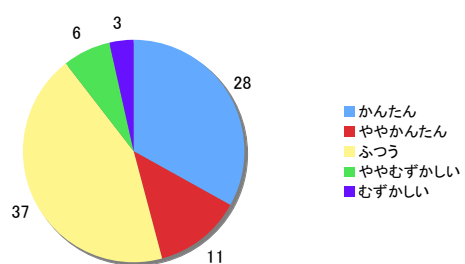
絵のぬりやすさについて(かはく)



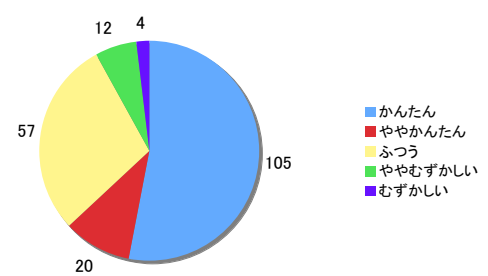
絵のぬりやすさについて(海の中道)



ぬりえの説明について(かはく)



ぬりえの説明について(海の中道)



展示室に宿泊する英語学習プログラムの開発 Learning English in Sleepover Program at Science Museum

有田寛之, 高橋みどり

国立科学博物館

Hiroyuki ARITA, Midori TAKAHASHI

National Museum of Nature and Science

概要：国立科学博物館の展示室を児童英語教育の場として活用する試み「恐竜キャンプ」を行った。博物館の研究者との交流や、展示室に宿泊して学ぶという非日常的な体験が児童にとって学習意欲を高める効果が見られたが、「恐竜キャンプ」で学んだ内容が知識として定着させる仕組みが必要であるという課題も明らかになった。

キーワード：英語学習, 非日常的な体験, 博物館と学校の連携

English learning, extraordinary experience, collaboration between museums and schools

はじめに

生涯学習施設である博物館は、学校教育と連携・協力しつつ、多様な学びを提供する場として社会から期待されている。科学系博物館は、従来から理科を学ぶ場として学校教育の中で活用されてきたが、近年は理科に限らず、小学校の国語で扱う科学的な内容に関する情報収集の場として科学系博物館が注目されたり[1]、特別展における英語の音声ガイドを高校生の英語学習に役立てる試みがなされたり[2]と、様々な科目を学ぶ機会を提供する可能性に注目が集まりつつある。

国立科学博物館は、国を代表する総合科学博物館として、地球誕生から人類の進化、人類が築き上げてきた様々な科学技術の紹介など、地球規模での様々な科学的事象に関わる展示を展開し、幅広い学習機会の提供という社会的要請に応える可能性を持っている。

また、アメリカの映画「ジュラシックパーク」「ナイトミュージアム」など、博物館の研究や展示に関連する内容を盛り込んだ作品が日本でも大変人気が高く、英語と科学と博物館を結びつけることにより、学習意欲を高める効果を生み出すことが十分予想される。

そこで国立科学博物館は、学習プログラム開発の一環として東京純心女子大学における児童英語学習の実践研究に協力し、児童が恐竜展示室に宿泊しながら英語を学ぶプログラムを実施した。

プログラム実施のねらいと期待される効果

本プログラム実施のねらいは、以下の二点であった。

1. 博物館の展示室にキャンプするという非

日常的な体験をしながら、恐竜などの展示物を使い、英語学習への意欲を高める。

2. 科学系博物館において先導的な児童英語学習のカリキュラム作りを行う。

博物館の展示室に宿泊するという非日常的な体験により、学習意欲や学習効果を高めることが期待される。また、博物館を普段利用しない子どもや保護者に、英語学習というきっかけで来館する機会を提供し、本プログラムにおける学びから、科学や自然、英語には国境がないことへの理解につながることを期待される。

プログラム開発の概要

本プログラム開発にあたって、博物館の展示や学習資源をどう活用すれば効果的かという議論がまず行われた。

児童英語教育を実践している大学側からは、子どもたちへの学習の動機付けとして恐竜を扱うことが一番であることと、英語学習を始めたばかりの児童にとって、プログラム期間中全て英語学習になるのは荷が重いという要望が伝えられた。これらの点を考慮し、様々なプログラムを体験する中で、日常生活の中で用いられる、体の部位や移動の際の方向の示し方、英語による質問の仕方など、基本的な内容を楽しみながら学ぶ仕組みを検討した。その結果、国立科学博物館と東京純心女子大学における既存の学習プログラムをアレンジし、以下のプログラムを実施することとした。

①英語表現の学習(英語):本プログラムで必要な、基本的な英語表現を来館途中のバス内で学ぶ。

- ②シアター360 (全天周映像) 鑑賞 (日本語): 博物館における迫力ある恐竜のCG映像を鑑賞し、学習への動機付けとする。
- ③恐竜の研究者による展示室案内 (日本語): 研究者と直接コミュニケーションを取ることにより学習意欲を高めるとともに、恐竜の基本的な知識を身につけ、後の英語学習に役立てる。
- ④鶏肉の骨洗浄 (日本語): 夕食のおかずに入っている鶏肉の煮込み料理を食べた後に各自で骨を洗浄し、研究活動への理解や後の骨の部位探しの導入とする。
- ⑤絵本読み聞かせ (英語): 展示に関連する内容を、絵本という親しみやすい切り口で学ぶ。
- ⑥レプリカを使った骨の部位探し「レプリカを探せ!」 (英語): 3~4人のグループごとに骨格標本のレプリカを渡し、展示されている恐竜の全身骨格と見比べながら、体の部位や、英語での質問の仕方などを学ぶ。
- ⑦恐竜のぬりえ (日本語) とニックネームゲーム (英語): ステゴサウルスが生きていた当時の姿を想像しながらぬりえを行い、各自が描いたぬりえに英語でニックネームを付け、英語表現を身につける。
- ⑧トレジャーハンティング (英語): 展示室において、展示物を目印に用いたオリエンテーリングを英語で行い、進行方向などの基本的な英語表現を学ぶ。

プログラムの実施概要

実施日程は平成19年12月1日(土)から2日(日)までの2日間であった。参加者は、八王子市立第十小学校5,6年生のうち、抽選で選ばれた計21名と、教員2名であった。

英語の指導は東京純心女子大学の教員5名と大学生18名が行った。学術的な解説およびプログラム進行における調整は国立科学博物館のスタッフ3名が行った。

参加者のプログラムは以下の通りであった。
初日 (12月1日)

- 15:00~16:30 英語表現の学習
16:30~17:00 シアター360鑑賞
17:15~19:00 展示室案内
19:00~19:30 夕食
19:30~20:30 鶏肉の骨洗浄
20:40~21:00 絵本読み聞かせ
21:00~21:40 レプリカを使った骨の部位探し

- 21:40~22:00 講評
22:00~23:00 洗面, 就寝準備
23:00 消灯 (恐竜展示室内で寝袋にて就寝)
二日目 (12月2日)
6:45 起床
7:15 朝食
7:30~8:30 恐竜のぬりえ
8:30~10:00 トレジャーハンティング
10:00~10:30 写真撮影 (自由行動)
10:40~11:15 ニックネームゲーム
11:15~11:30 終了式

また、本プログラムの実施に際し、参加した児童の持つキャンプの感想、理科に対するイメージ、英語に対するイメージ、職業観、科学の本質に対する理解を調べるため、事後アンケートを行った。アンケートの質問項目は以下の通りであった (実際に使用したシートは付録参照)。

- ・国立科学博物館への来館経験
- ・恐竜キャンプに参加を希望した理由
- ・科学(理科)の好き嫌い
- ・英語の好き嫌い
- ・恐竜について印象に残った内容
- ・恐竜キャンプの中で、面白かったこと
- ・年に何回くらい博物館や科学館へ行くか
- ・将来何になりたいか
- ・意見と観察の違いへの理解
- ・科学の本質に対する理解
- ・恐竜キャンプで、英語はたくさん学べたか
- ・学校と恐竜キャンプ、どちらの英語学習が面白かったか
- ・恐竜キャンプで学んだ英語表現のうち、良く覚えている表現

調査結果

アンケートの回収率は95%(21名中20名)であった。以下に、アンケートの回答結果を記す。

1. 博物館・国立科学博物館への訪問経験
これまで国立科学博物館に来た回数を訪ねたところ、10回が1人、3回以下が3人、全くないが16人であった。一年間に博物館を訪問する頻度は、全く行かない人が13人、年に1~2回が7人であった。

2. キャンプに関して

本アンケートでは、恐竜キャンプに参加しようと思った理由を3つまで選んで○をつけ、うち最大の理由には◎をつけてもらった。

参加理由として最も多かったものは、「博物館に泊まってみたかったから」であり、次いで「座ってする勉強ではなく、遊びの中で学ぶことができるから」、「英語で恐竜のことを学んでみたかったから」、「プログラムが面白そうだったから」の回答が多かった。また、参加を決めた最大の理由も、「博物館に泊まってみたかったから」を挙げた参加者が最も多かったことより、宿泊することに関する参加者の期待の大きさが伺えた(図1)。

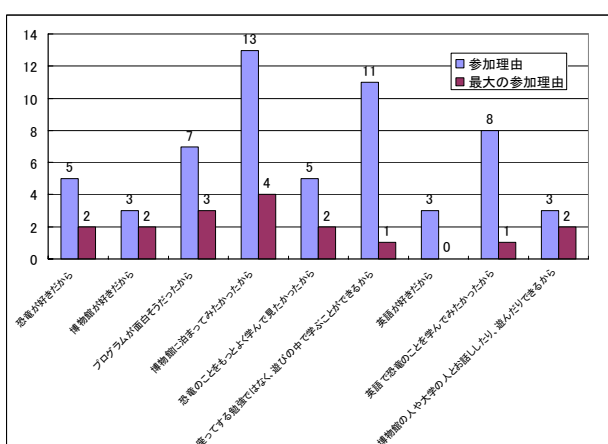


図1 恐竜キャンプに参加を希望した理由

キャンプ中参加者が面白かったと感じたプログラム内容及びその他の行動は、「シアター360を見たこと」が最も回答数が多く、次いで「恐竜博士のお話」、「レプリカを探せ!」、「博物館に寝袋で泊まったこと」、「トレジャーハンティング」と続いた。キャンプの主なプログラム内容の回答数が多い中、「博物館に寝袋で泊まったこと」の回答数も多いこの結果は、キャンプが参加者の大きな期待に応えられたことを示唆している(図2)。

また、最多ではなかったものの、「恐竜の展示をじっくり見たこと」や「英語で恐竜の名前や部位を学んだこと」の回答数もそれぞれ7件、5件となっており、恐竜キャンプの参加理由としてあげられた「座ってする勉強ではなく、遊びの中で学ぶことができるから」、「英語で恐竜のことを学んでみたかったから」の回答数と合わせて考えると、参加者の関心が「恐竜のことを英語で学ぶ」ことに集中していることが明らかになった。

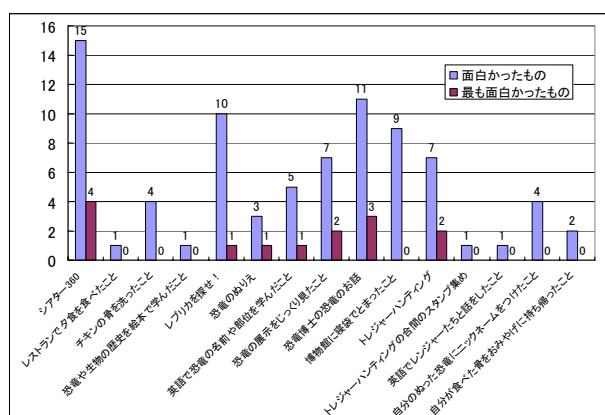


図2 恐竜キャンプ中で面白かったこと

3. 理科に関して

参加者の理科の好き嫌いは、「とても好き」「結構好き」を合わせて全回答者数中15人で、残る5人は「あまり好きではない」と答えた。科学(理科)が「とても好き」「結構好き」と答えた人に聞いた、好きな理科の分野は、「恐竜・化石」が最も多く、次いで「動物・鳥」および「生きものと環境」であった。同じ生きものでも昆虫の分野が好きと回答したのは1名で、「電気」も1名、「エネルギー」は0名であった(図3)。この結果は、キャンプの参加理由としてあげられた結果とも一致した。つまり、日頃から恐竜が好きなお子たちがこのキャンプに参加し、実際に楽しんだ内容も恐竜のことであると解釈することができる。

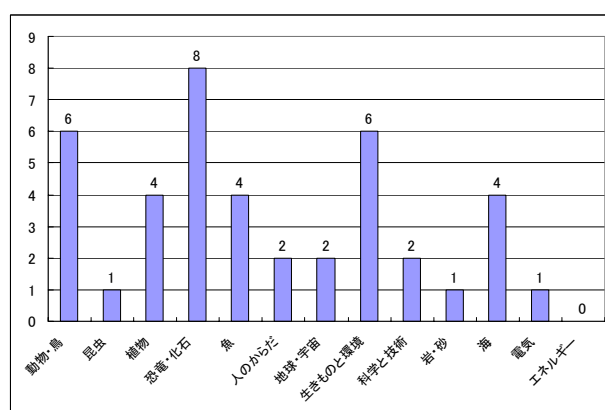


図3 好きな科学の分野

展示物を観察して渡された化石レプリカの部位を探してスケッチをしたり、ぬりえをしたりする本キャンプにおいて「観察」は重要なキーワードであった。したがって、子どもたちが観察とはどういうものか、意見や感想とどのように違うのかについて理解を得ているかを測るため、図4のような絵を提示し、4

つの選択肢から観察言明を選ぶ質問を設定した。

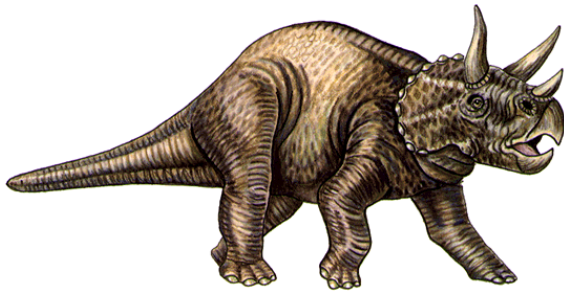


図4 質問に用いたトリケラトプスのイラスト

全回答者 17 人中 12 人が、正解「この恐竜は頭に角を 3 本持っている」を選んだ。混同しやすい選択肢「この恐竜の化石はとても大きい」を選んだのは 2 人であり、回答者は観察について意見や感想と区別できている様子が見えた (図 5)。

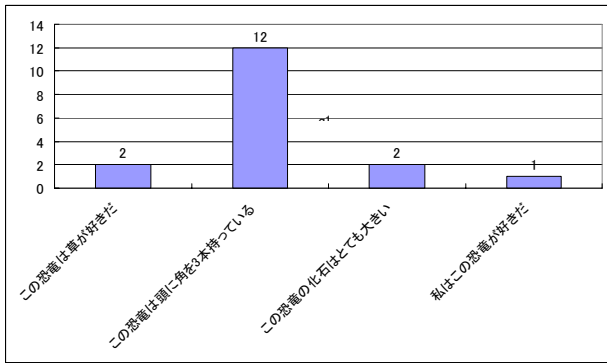


図5 観察言明を選ぶ質問の回答

4. 英語に関して

参加者の英語に対する好き嫌いは、「とても好き」「結構好き」を合わせて全回答者 20 人中 13 人であり、「好きではない」と思っている参加者は 2 人のみであった (図 6)。キャンプにおいて英語を学べたと思うか否かを聞いた項目では、回答者全員 (19 人、無回答者 1 人) が「とても学べた」「学べた」と答えた。

しかし、実際にどんな英語を学んだかの自由記述において、恐竜に関することを例示した回答は、「Hypacrosaurus」の一例のみであり、「go straight」、「hint, please」、「not yet」、「turn to the right」など、トレジャーハンティングで使った英語表現を挙げた回答者が非常に多かった。また、「分からない」や無回答も 4 人いた。

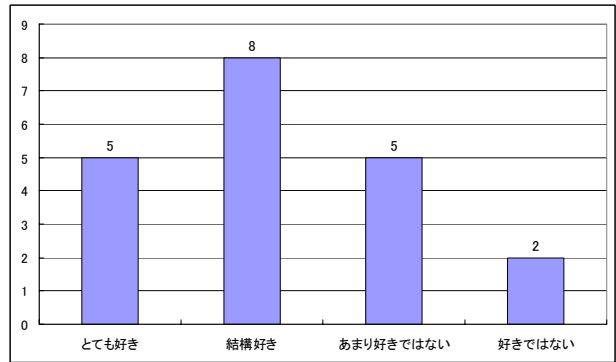


図6 英語の好き嫌いに対する回答

5. 将来なりたい職業について

参加者が将来なりたい職業について聞いたところ、なりたい職業がある回答者は全体の 79% (15 人) であった。キャンプの内容と関連する職業 (化石の発掘家や恐竜の研究者、または博物館や水族館などではたらかたい) を答えたのは回答者全体の 32%、その他の職業を挙げたのは 47% であった (図 7)。また、キャンプの内容に近い職業に分類されるものとして「真鍋先生のような恐竜に詳しい人」になりたいという回答もあった (表 1)。

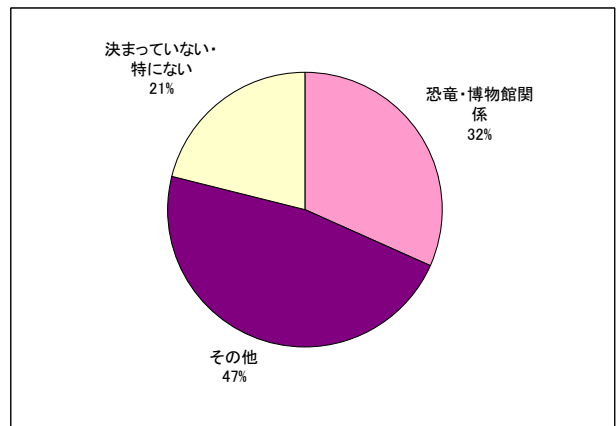


図7 将来なりたい仕事

表1 将来なりたい仕事の回答一覧

番号	職業	理由
1	まだはっきり決まっていない	
2	特に	特に
3	大阪にある海よう堂で働きたい	フィギアが作れるから
4	特にない	
5	恐竜研究者	生き物が好きだから
6	スポーツ選手	スポーツをたくさんなっているし、楽しいし、スポーツが大好きだから

7	ファッションデザイナー	自分が考えた服をきてもらいたい
8	看護師(医療関係)	人のためにはたらきたいから
9	発掘家	土・日できょうみを持ったし、まえから好きだった
10	マンガ家・イラストレーター	えをかくのが好きだから
11	今はない	
12	①歌手か②漫画家	①歌が好きだから ②絵が好きだから
13	アナウンサー	見ている人がよく分かるように伝えたいから
14	無回答	無回答
15	水ぞくかんでほたらきたい	海とか、海の生きものが好きだから
16	真鍋先生のような恐竜にくわしい人	ぼくは恐竜から鳥までの生きものが大好きだから！
17	かせきはつつ	きょうりゅうが好きだから
18	水泳のコーチか選手	プールが好きだから
19	保育士&ダンサー	小さい子が好きだから。ダンスが好きだから。
20	料理人	4年の時、母の手伝いをして、とても楽しかったから

今回のキャンプの内容に近い職業(発掘家、恐竜の研究者、博物館などの職員)を挙げた回答者は、その理由として、恐竜が好きだから、生きものが好きだからといった理由の他に、「前から好きだったが、今回のキャンプでもっと好きになったから」という理由も見られた。「真鍋先生のようにになりたい」との回答も合わせると、子どもたちの中でこのキャンプは一定のインパクトを与えたと解釈できる。

その他としてあげたものには、保育士や看護師の他に、スポーツ選手、ファッションデザイナー、漫画家、ダンサー、料理人など、創造性を発揮する職業が多く見られた(表1)。

6. その他
参加者の科学に対する意識や理解について質問を行い、「とてもそう思う」、「そう思う」、「どちらでもない」、「あまりそう思わない」、「そう思わない」の中からあてはまるものを選択させた。

「科学には解明されていないことがたくさんある」の質問に対して、全回答者20人中19人が肯定的に回答し(図8)、「博物館の展

示は、様々な科学者の今までの研究の成果が元になっている」に対しては20人全てが肯定的に回答した(図9)。これより、科学は万能ではなく、今までの成果の積み重ねで成り立っていると理解している様子がうかがえた。

また、「科学や技術は私の生活に良くも悪くも影響を与える」、「将来、科学や技術は全ての問題を解決する」に対する回答は、いずれも明確な意識の差は出なかった(図10, 11)。これらの結果は、上記の結果と合わせ、科学は必ずしも生活や社会をよい方向に導くわけではなく、使い方によっては悪影響を与えることもあること、また、科学技術の進歩は研究成果の積み重ねに依存するため、必ずしも全ての問題を解決するわけではないことを理解していると解釈することもできる。

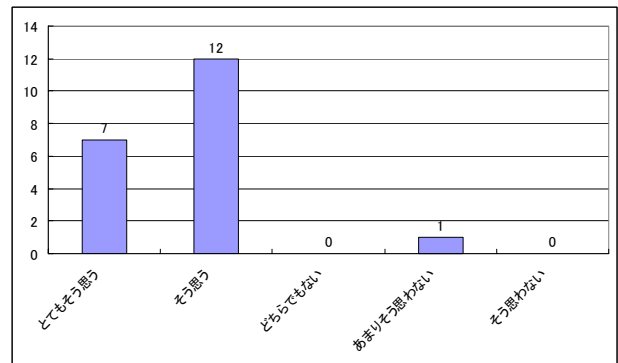


図8 「科学には解明されていないことがたくさんある」の回答

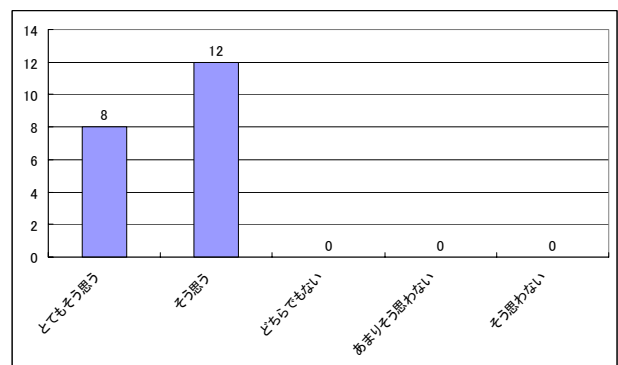


図9 「博物館の展示は、様々な科学者の今までの研究の成果が元になっている」の回答

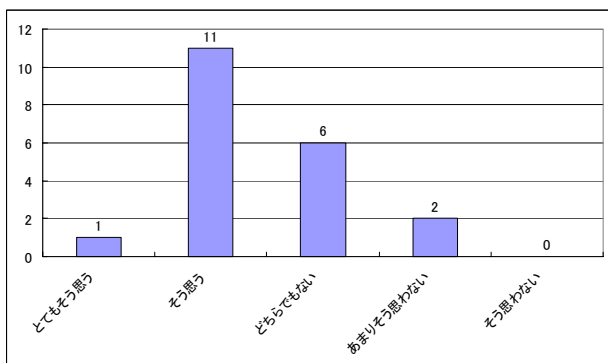


図10 「科学や技術は私の生活に良くも悪くも影響を与える」に対する回答分布

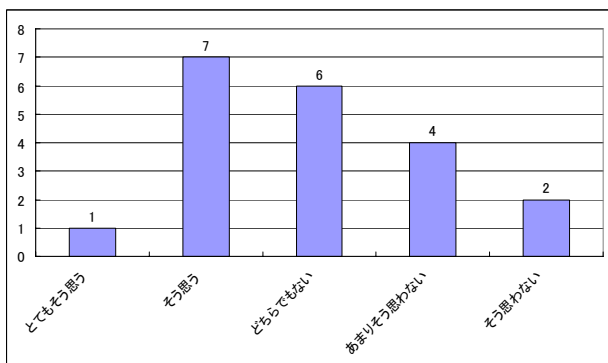


図11 「将来、科学や技術は全ての問題を解決する」に対する回答分布

考察

本プログラムの参加者に対するアンケート結果は以下のようにまとめられる。

1. 恐竜キャンプ参加者は、恐竜のことを英語で学べることを期待し、それが大きな参加理由となった。また、英語をよく学ぶことができたと感じている回答が多かったことから、その期待は満たされたと解釈できる。しかし、実際に学んだ英語を挙げてもらう質問において、恐竜に関する内容は一例のみであった。
2. 国立科学博物館のシアター360や恐竜の展示の監修を行った研究者に、展示室を案内してもらいながら話を聞いたことは、参加者にとって大きく印象に残ったようである。今回の経験に刺激を受け、将来は恐竜の研究者になりたいという回答も見られた。
3. 参加者の中には、元々恐竜をはじめ動物や環境について好きだと感じている人が多かった。また、キャンプ中の会話や、アンケートの余白に書かれたメモより、このキャンプを「一生に一度しかないす

ばらしい経験」と位置づけている参加者がいることが明らかになった。このことより、ある一定の興味レベルの人がキャンプに参加したことにより、全体的な満足度が高かったと解釈できる。

4. 科学の本質に関しては、一定の水準の理解が見られた。これは、上記3でも述べたように、元々恐竜をはじめ動物や環境について好きだと感じている参加者が多く、日頃から科学そのものや科学的な考え方に親しんでいるという理由が考えられる。

プログラム実施のねらいと比較すると、1の「博物館の展示室にキャンプするという非日常的な体験をしながら、恐竜などの展示物を使い、英語学習への意欲を高める」ことは達成されたと考えて良いが、2の「科学系博物館において先導的な児童英語学習のカリキュラム作りを行う」という点には、英語の理解増進という面で課題が残るだろう。子どもたちが学んだ英語表現に関する回答から、恐竜という子どもたちに人気の高い題材を用い、日常生活における基本的な英語表現を身につけるという点では一定の成果が見られたと考えられる。しかし、恐竜について英語で学ぶ、さらに言えば科学に国境がないことに気づくという点で見ると、今回のプログラムでは知識の定着までを望むのは難しかったのかもしれない。

今回得られた結果は、博物館における単発的な学習に関する従来の知見と一致する。国立科学博物館における教育プログラムに小学生が参加すると、「実物資料に触れる」「博物館職員との交流を図る」という体験により、博物館に対して親しみがわき、興味・関心が高まることが明らかになっている[3]。博物館特有の資源が子どもたちの学習意欲を高めることは、理科に限らず英語学習でも同様であることが今回明らかとなった。

本プログラムは、博物館に宿泊する非日常的な体験により、参加者の満足度は非常に高かった。科学的内容を英語で学習する面があまり見られなかった原因としては、英語の指導者が科学の専門家ではなく、学習プログラムも日常的な英語表現を学ぶものがほとんどだったことなどが考えられる。科学リテラシーを涵養するプログラムとして位置づけるならば、博物館職員自身が英語の指導にも関わ

るなどの、科学系博物館で英語学習を行いつつ科学的知識も身につけられる仕組みづくりが求められるだろう。

参考文献

- [1]平賀伸夫, 三ツ川章, 齊籐仁志: 教師支援を目的とした学校と博物館との連携に関する研究, 科学教育研究, 31(2), 103-113, 2007.
- [2]関口洋美, 吉村浩一: 「いのちのたび博物館」英語解説モニター調査報告書. 移動体通信を用いた新しい博物館展示解説の研究. 平成 14 年度~平成 17 年度科学研究費助成金(基盤研究(A)) 研究成果報告書, 55-70, 国立科学博物館, 2006.
- [3]小川義和, 下條隆嗣: 科学系博物館の単発的な学習活動の特性 -国立科学博物館の学校団体利用を事例として-, 科学教育研究, 27(1), pp.42-49, 2003.

かわらの小石で遊ぼう Let's Play with Pebble of Rivers

原田光一郎^{*1}, 松原 聡^{*1}, 栗栖宣博^{*2}, 高橋みどり^{*1}
国立科学博物館^{*1}, ミュージアムパーク茨城県自然博物館^{*2}
Koichiro HARADA^{*1}, Satoshi MATSUBARA^{*1}, Nobuhiro KURISU^{*2}, Midori TAKAHASHI^{*1}
National Museum of Nature and Science^{*1}, Ibaraki Nature Museum^{*2}

概要: 幼稚園児, 小学校低学年児童とその保護者を対象とした科学リテラシー涵養のための学習プログラム「かわらの小石で遊ぼう」を開発し, 国立科学博物館で実施(試行)した。その概要と成果を報告する。

キーワード: 科学リテラシー, 石あそび, 石の違い, 親子

プログラム開発の背景

河原の小石は, 岩石の成因や河原の小石と上流の地質との関連, 水や川の働きなど, 我々が生活する大地の作りや変化を理解する上で有用な素材である。幼児や小学校低学年の児童にとって, 遊びを通じて河原の石に親しむことは, 石や石の地学的な背景に興味を持つことのきっかけになると考えられる。

プログラムのねらい

対象である子ども(幼児・小学生)に対して下記の3点, 保護者に対して1点をねらいとして定め, プログラム開発と実践を行った。

【子ども(幼児・小学生)】

- ①親子で一緒に石遊びを楽しみながら, 自然(石)に親しみ, 興味・関心を持つ。
- ②石には様々なちがいが(種類)があることを知り, 身の回りの自然環境を理解するきっかけを持つ。
- ③異年齢の参加者とのコミュニケーションのなかで社会性向上のきっかけを持つ。

【保護者】

- ①親子で石の工作を楽しむとともに, 家庭において継続的に親子の自然遊び・学習を自発的に行うための, 河原の石に関する基礎知識, 学習方法の事例を知る。

プログラムの実施概要

本プログラムは, 70分程度のワークショップ形式で, 平成20年1月19日(土)に国立科学博物館にて, 親子6組17人(幼児3人, 小学1~3年生6人, 保護者8人)を対象に実施した。プログラム実施日にフロア内に参加者募集のための受付を設け, 先着順に受け付けた。そのため, 参加者は, 国立科学博物館の来館者である。

【プログラムの流れとポイント】

①石の観察

初めに, 異なる川(今回は多摩川と相模川)の河原から採集された河原の石の中から, 親子が別々の河原の小石を選択し, 観察シートに基づいて形・色や模様・手触り等に注目した石の観察と比較を行った。ここでのポイントは, 多摩川と相模川は上流の地質が異なるため, 多摩川では堆積岩(砂岩, 石灰岩, チャート), 相模川では火成岩(石英閃緑岩, 安山岩, 玄武岩)を参加者が選び出し比較することになる。特にこのふたつの川は首都圏からのアクセスも良く, また, 河原の石の違いが顕著であるため, 教材として有用である。



図1 石の観察の様子

②小石のアート工作

参加者が選び出し観察を行った, 河原の石を素材にポスターカラーペンや折り紙などを使用したアート工作を行った。ポイントとして, 元の石の形や色模様を活かし, 想像力を働かせることを促すことと, 親子それぞれひとつずつ工作を行い, 親が子どもの作業に過

度に手を出してしまわないよう特に留意した。



図2 石の工作の様子

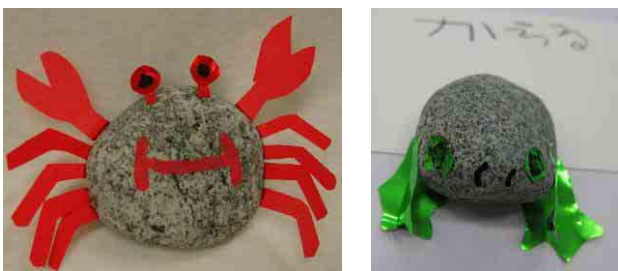


図3 完成した作品

③完成品のお披露目

参加者を半分のグループに分け、前半後半で見る側、見られる側にまわるミニ展覧会形式で参加者同士交流しながらお披露目を行った。

④解説

主として保護者を対象に「石の成因と種類」や「河原の石と上流の地質の関係」、また、参加者にとって身近な河川として多摩川、相模川、荒川のポイントをピックアップし「フィールドガイド」を行うとともに、解説シートを配布した。この解説と解説シートは保護者を対象とすることで、家庭での親子の発展的・継続的学習活動に繋げることを念頭に置いた。特にフィールドガイドでは、一般人が河原にアクセスしやすくまた、危険でない場所を選定し紹介するとともに、科博の地学展示の紹介を行った。

プログラム実施結果

家族代表の保護者6人を対象に行ったアンケートおよび、子どもの石観察ワークシート、プログラム中の参加者の様子をもとに、プログラム開発時に設定したねらいの達成を中心にプログラムの評価を行った。

評価概要

形態：アンケート調査（プログラム後）

内容：プログラムの目的（興味、工作、石の違いの理解）の定着、科学好嫌

回収率：参加者7組中6組

結果と解釈

1. 参加者について

親子7組計20人が参加申し込みをし、実際に参加したのは6組17人であった。保護者1人につき子ども1人乃至2人のグループが多かったが、保護者2人に子ども1人というグループ構成も2組見られた。

2. プログラムについて

2-1. 面白かったプログラム内容

ワークショップで面白かったプログラムは、石の工作、石くらべ、お披露目会であり、石の工作の回答数は6と最多であった。プログラム中の人との交流に関しては、親子で交流したことを挙げた回答者は2人いたが、他の参加者との交流を挙げた回答者はいなかった。また、河原の石のお話を挙げた回答者はおらず、参加者の興味がお話を聞くことよりも、ワークショップで実際に手にとって扱ったものや出来事に向いていることが分かる。

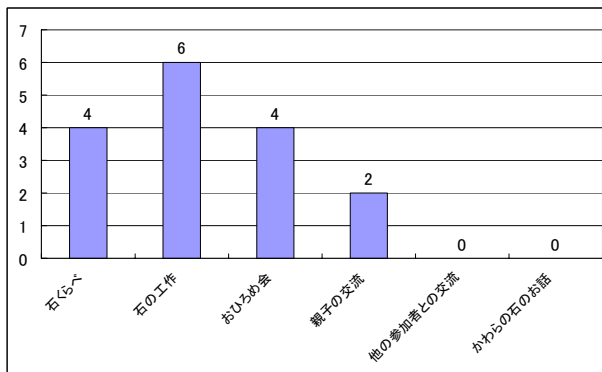


図1 お子さんはこのプログラムの中でどれを楽しんでいましたか？

2-2. ワークショップへの参加理由

この質問では、回答者はワークショップに参加を決めた理由を最大5つまで選択した。参加者のワークショップへの参加理由は、「工作が好きだから」、「受付の見本に興味を持ったから」が最多であった。また、「プログラムが面白そうだったから」との回答数が4に上り、全体的なプログラムへの関心を示した参加者もいた。「プログラムが面白そうだったから」と答えた回答者全員が「工作が好きだか

ら」の理由も選んでおり、工作への関心の高さが伺える。

「休日を過ごすのにふさわしいプログラムだったから」との回答は全回答者数中半数の3人に上ったのに対し、「家族で河原によく行くから」の理由を選んだ回答者はいなかった。これは、工作が好き、見本に興味を持ったなどと同じく、休日の一時をこのようなプログラムに参加して過ごしてみたいという直接的な理由は参加・不参加を決定する要因となりうることを示すと共に、家族でしている余暇活動に河原で遊ぶことは含まれていない、あるいは家族でよく河原へ行くことがワークショップの参加理由ではないことを示している。また、受付の見本に興味を持った回答者が多かったことと合わせると、その場で見たワークショップの内容に興味を持って参加を決めた人がほとんどであることが読み取れる。

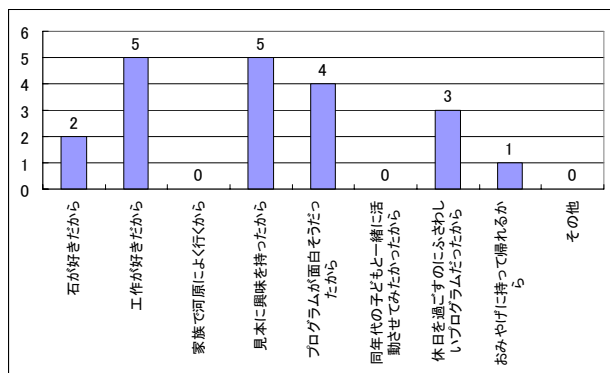


図2 このワークショップに参加した理由は何ですか？

3. 科学好嫌について

参加者の中で、科学が好きであると答えた人（保護者）は全回答者6人中4人、2人がどちらでもないと答えた。好きな科学の内容は、生物（1人）、生物と天文（1人）、全般（「子どもと一緒に楽しめるもの」も含む、計2人）であった。子どもに身につけてほしい科学的素養については、科学が好きだと答えた回答者は、なぜだろうと思う気持ちを身につけてほしいと答えており（4名中3名）、科学の好嫌がどちらでもないと答えた回答者は、2名とも観察力を身につけてほしいと答えた。

4. その他

4-1. 参加者はいかにプログラムを楽しんだかについて

この質問に関して、アンケートを記入した回答者の目には子どもはプログラムをとて

楽しんだと映っている様子が分かる。アンケート回答者である保護者自身も、子どもほどではないものの、プログラムを楽しんだようである。

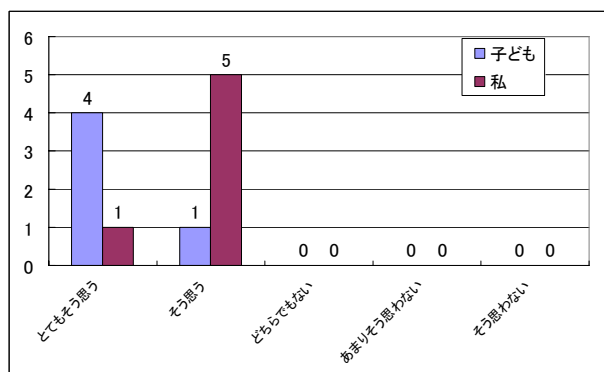


図3 「子どもはこのプログラムを楽しんでいた」、「私は、このプログラムを楽しんだ」回答状況比較

4-2. 親子間・参加者同士の交流について

プログラムにおいて親子で交流できたか否かを尋ねた質問(図4)で、「とてもそう思う」、「そう思う」の合計が全回答者6人中4人であり、回答者は、プログラム中の親子の交流について、概ね満足した様子である。一方、子どもと他の参加者との交流については、半数の3名が「どちらでもない」、また残りの半数が「あまりそう思わない」、「そう思わない」と回答している。更に、ワークショップへの参加理由を尋ねた質問において、「子どもに幼稚園・学校以外の場所で同年代の子どもと一緒に活動させてみたかったから」という理由を選んだ回答者がいなかったことより(図2)、他の子どもと交流することが参加者(保護者)の意図するものではなかったことが伺える。

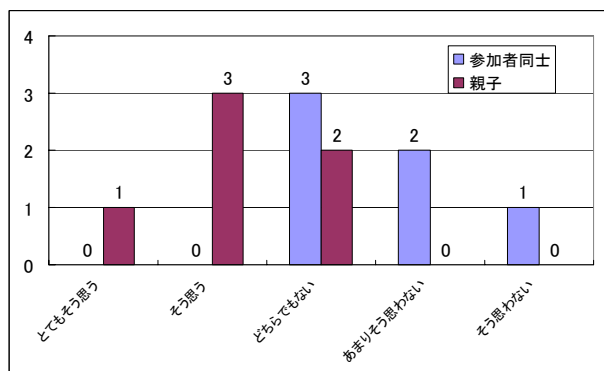


図4 「子どもは、参加していた子どもたちとの交流を楽しんだ」、「私は、プログラム内容に関して子どもと上手に交流できた」回答状況比較

4-3. 石の観察・工作について

子どもが工作や観察を上手にすることが出来たか、観察より石の違いを理解することが出来たかを尋ねた質問の回答を、石を観察することへの興味と合わせて比較した。

子どもが工作を積極的に行うことができたか否かを問う質問において、回答者全員が肯定的に答えた。また、子どもが石を観察することに興味を持ったという回答と石を上手に観察できたという回答は、同じ傾向を表した。それぞれ5人が「石を観察することに興味を持った」「石を上手に観察できた」という言明に対して肯定的に答えており、興味のレベルも観察の出来・不出来も保護者の満足いくものであったことが見て取れる。参加者の観察シートには、形、色と模様、手触りともにたくさんの観察言明が書かれており、子どもたちが積極的に観察に臨んだ様子が分かる。

一方で、観察を通して石の違いを理解できたか否かを尋ねた質問においては、「そう思う」が3人、「あまりそう思わない」が3人と、保護者の印象は二分した。いずれの場合も「とてもそう思う」「そう思わない」という強い意味合いを含む選択肢を選んだ回答者はいなかった。観察シートには、自分の石と保護者の石の観察言明が書かれており、比較の材料はそろっていたが、それをもとに違いを理解するまでには至らなかった。

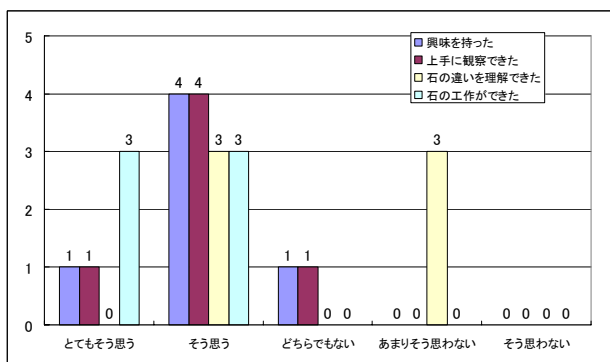


図5 「子どもは、石に意識を払って観察してみることに興味を持った」、「子どもは、上手に石を観察できた」、「子どもは、観察した内容から石の違いを理解できた」、「子どもは、石の工作を積極的に行うことが出来た」回答状況比較

D 興味・学習の発展について

ワークショップが参加者のさらなる興味や学習のありように影響を及ぼしたか否かを測るため、「科博の中の関連した展示を見てみたい」、「子どもと一緒に身の回りの石を観察し

てみたい」、「もっと石の工作をしてみたい」、「紹介された河原で石を採集してみたい」という4つの言明について、参加者の意識を尋ねた。

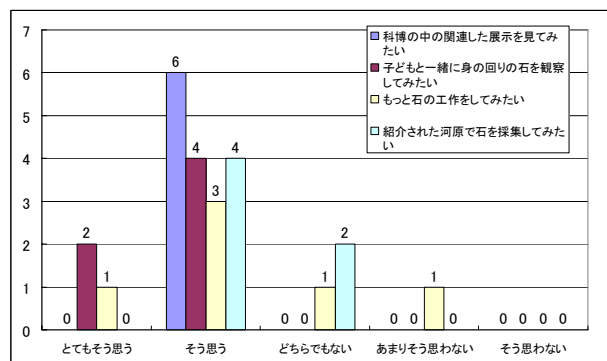


図6 「科博の中の関連した展示を見てみたい」、「子どもと一緒に身の回りの石を観察してみたい」、「もっと石の工作をしてみたい」、「紹介された河原で石を採集してみたい」回答状況比較

どの質問も概ね好意的な回答を得たが、「科博の中の関連した展示を見てみたい」、「子どもと一緒に身の回りの石を観察してみたい」という言明に関しては、否定的に回答した人はおらず、ワークショップから発展して興味が広がったことが見て取れる。「紹介された河原へ行って石を採集してみたい」との言明に対しては、4人の回答者が「そう思う」と答えた。ワークショップ参加理由や最も面白かったプログラムに河原に関するものは挙げられなかったが、ワークショップを終えてみて、参加者の興味が河原へ行って石を採集することへ向いた。

考察とまとめ

1. 科学が好きであると答えた回答者4名中3名が、子どもに身につけてほしい科学的素養を「なぜだろうと思う気持ち」と答えた。これは、能力やスキルよりも感性の涵養を重視する段階である幼児～小学校低学年の子どもを科学に触れさせるのに適切なアプローチである。
2. ワークショップにおける他との交流について、参加者は親子間の交流を楽しんだが、子どもが他の子どもと十分に交流した様子は見られなかった。他の子どもとの交流は本ワークショップの目的の一つであり、これを促進するために、何らかの方策を立てる必要がある。
3. 参加した子どもは、石をよく観察するこ

とに興味を持つと同時に上手に観察も出来た。また、参加者全員が、子どもが創意工夫を持って積極的に石の工作をすることが出来たと感じており、「親子で一緒に石遊びを楽しみながら自然（石）に親しみ、興味・関心を持つ」というねらいは達成できたようである。

しかし、観察したことをもとに石の違いを理解できていたとは言い難い結果も出ており、観察を記述することから知見を得ることが参加者には難しかったことが分かる。違いを理解することは、子ども向けの目的にも明記されていることであり、このねらいを達成しより高い次元の学びを実現するためには、子どもに気づきを促すための方策を施す必要がある。

4. ワークショップへの参加を通して興味や学習意欲に変化が見られたか否かに関する質問において、「関連した展示を見てみたい」、「石を観察してみたい」、「石の工作をしてみたい」、「河原で石を採集してみたい」の4点において積極的な回答を得た。特に、河原へ行って石を採集することに参加者の興味に向いたことは、当初の目的である「親子で工作を楽しむとともに、継続的に親子の自然遊び・学習を自発的に行うための、河原の石に関する基礎知識、遊びの方法を知る（保護者向け目的）」ことがワークショップによってある程度達成されたことを示すものである。

謝辞

本プログラムの試行にあたっては、齋藤哲也さんと北村圭さんにご協力頂きました。記して謝意を表します。

かわらの小石で遊ぼう～小石のアートにちょうせん！ Let's Play with Pebble of Rivers: Challenge Art of the Pebble!

原田光一郎^{*1}, 松原 聡^{*1}, 栗栖宣博^{*2}, 小池 渉^{*2}, 高橋みどり^{*1}
国立科学博物館^{*1}, ミュージアムパーク茨城県自然博物館^{*2}
Koichiro HARADA^{*1}, Satoshi MATSUBARA^{*1}, Nobuhiro KURISU^{*2}, Wataru KOIKE^{*2}, Midori TAKAHASHI^{*1}
National Museum of Nature and Science^{*1}, Ibaraki Nature Museum^{*2}

概要: 幼稚園児, 小学校低学年児童とその保護者を対象とした石遊びを通じて科学リテラシーを涵養をねらう学習プログラム「かわらの小石で遊ぼう 小石のアートにちょうせん！」を開発し, ミュージアムパーク茨城県自然博物館にて実施した。

キーワード: 科学リテラシー, 石あそび, 石の違い, 親子

プログラム開発の背景

河原の小石は, 岩石の成因や河原の小石と上流の地質との関連, 水や川の働きなど, 我々が生活する大地の作りや変化を理解する上で有用な素材である。幼児や小学校低学年の児童にとって, 遊びを通じて河原の石に親しむことは, 石や石の地学的な背景に興味を持つことのきっかけになると考えられる。

プログラムのねらい

対象である子ども(幼児・小学生)に対して下記の3点, 保護者に対して1点をねらいとして定め, プログラム開発と実践を行った。

【子ども(幼児・小学生)】

- ①親子で一緒に石遊びを楽しみながら, 自然(石)に親しみ, 興味・関心を持つ。
- ②石には様々なちがひ(種類)があることを知り, 身の回りの自然環境を理解するきっかけを持つ。
- ③人前で自分の作品を紹介することを通じて, 表現力向上のきっかけを持つ。

【保護者】

- ①親子で石の工作を楽しむとともに, 家庭において継続的に親子の自然遊び・学習を自発的に行うための, 河原の石に関する基礎知識, 学習方法の事例を知る。

先に国立科学博物館で実施したプログラムにおいて, 参加者は観察シートには石の違いを記述しているのに事後アンケートでは石の違いがあることを理解しなかったと答え, 何を以て「石の違い」とすべきなのかが理解しきれていない様子が見て取れた。また, 親子間の交流は良好な結果が出たが, 子ども同士の交流に関してはできたと答えた参加者はほとんどいなかった。そこで, 今回実施のプロ

グラムでは以下の2点を改良した。

1. 石には違いがあることを理解させるために, 石の工作のお披露目会において, 川によって石の違いがあることを強調した。
2. 「石に興味を持って観察や工作をし, 結果を他に向かって表現する」という一連の流れを押さえることに特化した。そのため, 子ども同士の交流を図るよりも, 自分の作品を上手に表現するという項目をねらいに入れた。

プログラムの実施概要

本プログラムは, 70分程度のワークショップ形式で, 平成20年3月1日(土)にミュージアムパーク茨城県自然博物館にて, 親子8組24人(幼児8人, 小学1～3年生4人, 小学6年生1人, 保護者11人)を対象に実施した。プログラム実施日にフロア内に参加者募集のための受付を設け, 先着順に受け付けた。そのため, 参加者は, ミュージアムパークへの来館者である。

本プログラムは, 以下の流れで行った。

①石の観察

初めに, 異なる川(今回は多摩川と相模川)の河原から採集された河原の石の中から, 親子が別々の河原の小石を選択し, 観察シートに基づいて形・色や模様・手触り等に注目した石の観察と比較を行った。ここでのポイントは, 多摩川と相模川は上流の地質が異なるため, 多摩川では堆積岩(砂岩, 石灰岩, チャート), 相模川では火成岩(石英閃緑岩, 安山岩, 玄武岩)を参加者が選び出し比較することになる。

②小石のアート工作

参加者が選び出し観察を行った河原の石を

素材に、ポスターカラーペンや折り紙などを使用したアート工作を行った。ポイントとして、元の石の形や色模様を活かし、想像力を働かせることを促すことと、親子それぞれひとつずつ工作を行い、親が子どもの作業に過度に手を出してしまわないよう特に留意した。

③完成品のお披露目

家族グループごとに前に出て、発表会形式で作品の紹介を行った。ひとりでは前に出ることをためらう子どもでも、家族揃ってなら頑張ることを期待した。特に、このお披露目は、子どもの表現力の向上をねらいとするため、子どもが自分の言葉で作品を紹介できるよう、指導者と保護者が励ました。



図1 投影機を使った作品のお披露目

④解説

主として保護者を対象に「石の成因と種類」や「河原の石と上流の地質の関係」、また、ミュージアムパーク来館者である参加者にとって身近な河川として、久慈川、那珂川、多摩川、相模川、荒川のポイントをピックアップし「フィールドガイド」を行うとともに、解説シートを配布した。この解説と解説シートは保護者を対象とすることで、家庭での親子の発展的・継続的学習活動に繋げることを念頭に置いた。特にフィールドガイドでは、河原にアクセスしやすくまた、危険でない場所を選定し紹介すると共に、ミュージアムパークの地学展示の紹介をした。



図2 河原の石の解説

プログラム実施結果

家族代表の保護者7人を対象に行ったアンケートおよび、子どもの石観察ワークシート、プログラム中の参加者の様子をもとに、プログラム開発時に設定したねらいの達成を中心にプログラムの評価を行った。

評価概要

形態：アンケート調査（プログラム後）

内容：プログラムの目的（興味、工作、石の違いの理解）の定着、科学好嫌

回収率：参加者8組中8組（アンケート数は7）

結果と解釈

1. 参加者について

親子8組24人がプログラムに参加した。8組中5組が親1人につき子ども1人ないし2人の構成で、残りの3組は、両親ともに参加していた。子どもの参加は全13人で、うち幼稚園児が8人、小学校低学年が4人、小学校高学年が1人であった。

アンケートに回答した参加者8組のうち、2組は共同でアンケートに回答したため、回収したアンケート数は7となった。

2. プログラムについて

ワークショップで面白かった内容は、石の工作と石くらべであり、また、ワークショップにおいて親子で交流したことが面白かったという回答も一つあった。石の工作を挙げた回答者は6人であった（図1）。

ワークショップへの参加理由を尋ねたところ、「工作が好きだから」との回答が6と最多であり、次いで「石が好きだから（回答数3）」、「見本に興味を持ったから（回答数3）」、「ブ

プログラムが面白そうだったから(回答数2)」、「休日を過ごすのにふさわしいプログラムだったから(回答数2)」の回答が続いた(図2)。これより、もともと工作が好きな人がこのプログラムに参加し、工作が満足度の高いプログラム内容となったことが分かる。

また、普段から家族で河原へ遊びに行っているという回答はなく、プログラムへの参加の指向が、河原の自然よりも工作へと向いていたと解釈できる。

ワークショップにおいてどんなことを学んだかを問う質問において、4組から回答が得られた。それぞれの回答は、「川による石の違い」、「石をきっかけに遊びと共に学習できることの楽しさ」、「想像する考え」、「自然のものから、その素材をうまく利用して、何かを表現することの楽しさ」となっている。

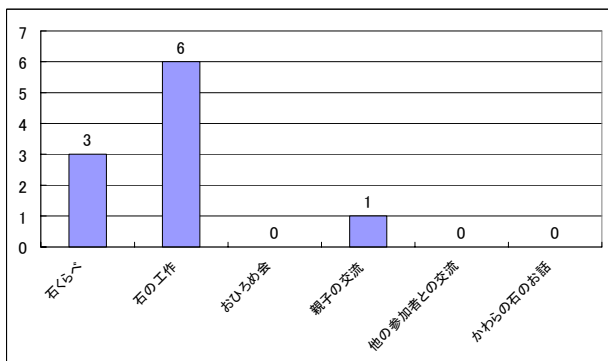


図1 お子さんはこのプログラムの中でどれを楽しんでいましたか？

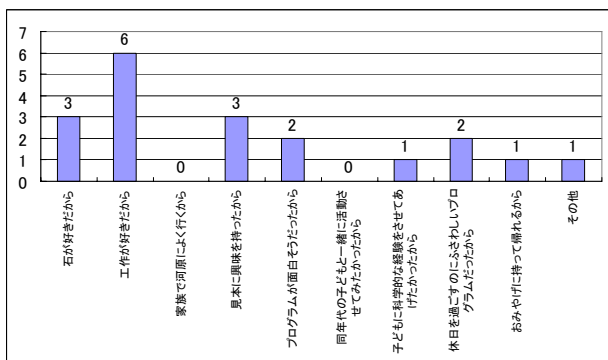


図2 このワークショップに参加した理由は何ですか？

3. 科学好嫌について

参加者の科学に対する好嫌は、7組中2組が科学が好き、残りの5組はどちらでもないと回答した。好きと回答した人は、好きな科学の内容をそれぞれ「実験」、「地学や宇宙」と回答した。また、これらの「科学が好きで

ある」と回答した人たちは子どもに身につけてほしい科学的素養として、「自分が気になったものを全て吸収してもらいたい」、「身の回りの自然に対する興味」を挙げた。科学を好きでも嫌いでもないと回答した人のほとんどは無回答で、唯一の回答が「想像力」であった。

4. その他

A 参加者がいかにプログラムを楽しんだかについて

この質問に関して、子どもも親も概ね肯定的に回答した。親の方の回答はやや分散しており、子どもの回答の方は肯定的ではあるが、「とてもそう思う」ではなく「そう思う」に回答が集中した。親が子どもの様子を見たうえで回答なので、肯定・中立・否定のみで判断をした可能性もある(図3)。

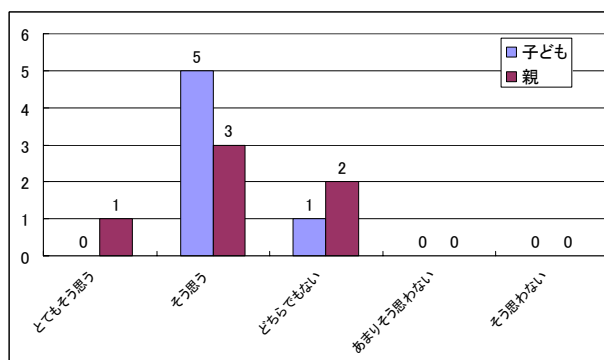


図3 「子どもはこのプログラムを楽しんでいた」、「私は、このプログラムを楽しんだ」回答状況比較

B 石の観察・工作について

参加した子ども向けに設定したねらいがどの程度達成できたのかを、工作や観察を上手にすることができたか、観察より石の違いを理解することができたか、自分の作品を他に表現することができたかの質問により測った。

石の工作や石の違いに関する質問においては、全回答者6組中5組がそれぞれ肯定的に答えており、ねらいは達成されているようである。自分の作品を他に表現することができたかについては、肯定的な回答はやや低くなるが、3組がそう思うと回答した。石の違いの理解を尋ねた質問においては、同じ質問を前回のプログラムでも行ったが、前回の参加者は観察シートに違う石の様子を記述したものの、それを違いと認識している参加者はあまりいなかった。今回は同様のプログラムの流れでその部分の定着を重点的に図った結果、

子どもたちが「石には違いがあるんだ」と改めて認識した様子が見られた(図4)。

更に、これらの達成度を子どもの石に対する興味と比較したところ、興味に関しては肯定的な回答が多かったが、「とてもそう思う」、「そう思う」、「どちらでもない」の回答数がそれぞれ2と分散した。一方で、石の工作や石の違いの理解の回答にはより肯定的な傾向が見られた。

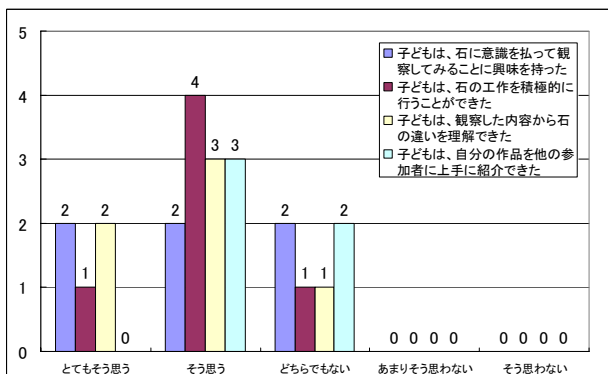


図4 「子どもは、石に意識を払って観察してみることに興味を持った」、「子どもは、上手に石を観察できた」、「子どもは、観察した内容から石の違いを理解できた」、「子どもは、石の工作を積極的に行うことが出来た」回答状況比較

C 興味・学習の発展について

ワークショップが参加者の興味の発展にどのように寄与したかを図るため、ミュージアムパークの展示を見る、身の回りの石を観察する、石の工作をする、紹介された河原へ行って石を採集する、の4つの項目に関して、どのくらいしてみたいかを尋ねた。

「身の回りの石を観察してみたい」、「石の工作をしてみたい」の項目に関しては、全回答者6組中それぞれ5組が肯定的に回答しており(図5)、観察、工作の点において興味を持続させられたことが見て取れる。「紹介された河原へ行って石を採集してみたい」の項目では、2組が肯定的に、残りの4組はどちらでもないと回答した。プログラム中の「河原の石のお話」で、安全に河原遊びや石の採集が行えるところを紹介したが、あまり参加者の印象には残らなかった。これは、ワークショップの参加理由や面白かったプログラムとして石の工作を挙げた参加者が最多であったことより、参加者はワークショップの時間中に工作や観察を行うことが主な目的で、ワークショップ後に改めて河原へ行って石を採集することまでは意識していない可能性もある。

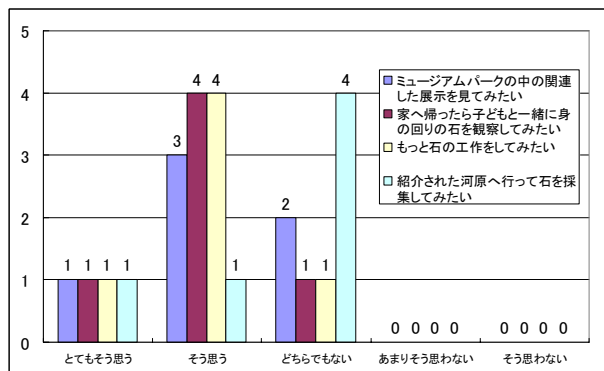


図5 「ミュージアムパークの中の関連した展示を見てみたい」、「子どもと一緒に身の回りの石を観察してみたい」、「もっと石の工作をしてみたい」、「紹介された河原へ行って石を採集してみたい」回答状況比較

考察とまとめ

- この回のワークショップ参加者は工作が好きな人が多く、工作ができるからワークショップに参加したと答えた人も多かった。また、石の工作はワークショップで行ったもののうち最も満足度が高く、もっと工作をしてみたいとの回答も最多であった。一方で、面白かったプログラムとして「かわらの石のお話」を挙げた回答者はおらず、今後どんなことをしてみたいかを尋ねた質問においても、紹介された河原へ行って石を採集してみたいとの回答は低かった。このことより、参加者は、プログラム単体を楽しむのが目的で参加し、その目的は満たされた、また、逆にそこから発展的に何か新しいことをしてみたいとまでは思っていないと解釈できる。
- 石の違いに関する理解は、前回の改善点を受けてしかるべき対応策をとった結果、理解が深まった。ワークショップにおいて、逆に石には違いがあることを強調したかたちになったが、その結果、何を以て違いとするかの理解と共に、違うのか同じなのかを考えるきっかけも提供し、より深い理解が得られた。この点において、プログラムのねらいは達成された。アンケート結果には現れていないプログラム中の出来事であるが、参加者の1人が、石のお披露目会で「自分の石はお母さんの石とくらべて何も変わらない」と発言した。他の参加者が選んだ石は保護者の石と全く違うことが分かるものであったが、その参加者が選んだ石は、偶然に保護者の石と見かけが同じでざらざらの

ものであった。お披露目会で講師が石の違いを強調していたが、その子どもはそれに流されずに「同じに見える」と問題提起し、お披露目会を「何を以て違うとするかを確認する場」へと変えていった。

3. 前回のプログラムの課題を踏まえ、今回は、他の子どもとの交流よりも興味→作業（観察・工作）→発表の流れの中で自分の作品を表現することにねらいを置き換え、プログラムの修正と評価を行った。自分の作品についての表現の形を取ったことで、前回の結果との比較では向上が見られたが、この部分はさらに工夫を行う余地があると考えられる。

謝辞

本プログラムの試行にあたっては、日本獣医生命科学大学の荒金有衣さん、山本圭さん、西佐織さんにご協力いただきました。記して謝意を表します。

「かたち」のはてな？ Investigate the Micro World

田邊玲奈^{*1}, 田代英俊^{*2}, 若林文高^{*1}, 野田学^{*3}, 高橋みどり^{*1}

国立科学博物館^{*1}, 科学技術館^{*2}, 名古屋市科学館^{*3}

Rena TANABE^{*1}, Hidetoshi TASHIRO^{*2}, Fumitaka WAKABAYASHI^{*1}, Manabu NODA^{*3},
Midori TAKAHASHI^{*1}

National Museum of Nature and Science^{*1}, Science Museum^{*2}, Nagoya City Science Museum^{*3}

概要：幼児とその保護者を対象に、「もの」を拡大することを通じ、観察の基本や拡大するとものがどんな風に見えるのかを体感することをねらいとした。このプログラムに参加した幼児は、ものを見るのに虫めがねや顕微鏡をのぞき込むのは不得手であり、写真を見せるとよく理解できた。また、このプログラムにおいては、拡大するということ（スケールを動かすこと）に対する理解も促進することに成功した。

キーワード：観察、物質の構造、拡大、保護者の支援

プログラムのねらい

このプログラムでは、「もの」を拡大してじっくり観察することによって、拡大するとものが違って見えることを体感させることを目的とした。同時に、普段「もの」を観察する機会がないであろう大人（保護者）も一緒に興味を持って、「もの」の観察に取り組んでもらうことも目的に含めた。その目的を達成するため、本プログラムでは幼児・保護者それぞれについて、以下のようなねらいを設定した。

幼児：「もの」を拡大し、じっくり観察することを通じ、もののかたちを知る。

保護者：「もの」を観察する際の幼児への接し方を通じ、物質のかたちや構造について理解を深める。

プログラムの実施概要

都内の幼稚園にワークショップの告知をし、事前に参加者を募った。実施は平成 19 年 11 月 25 日（土）に約 40 分間行った。参加者は保護者子計 7 組で、中には兄弟を伴っての参加もあったため、参加人数は、保護者 7 人、幼児 9 人であった。

プログラムの流れは表 1 に示した。

表 1 プログラムの流れ

ものを拡大(おおきく)して見る？

- ①フレンネルレンズの下敷きあそび
- ②拡大写真クイズ

<詳細>

*フレンネルレンズの下敷きあそびの際には、保護者子

で顔を見合うなどをしてもらう。
*拡大写真クイズには、袋や花などを使用

虫めがねを使ってみよう

- ①虫めがねの使い方の練習
- ②3つの“もの”をよく観察してみよう
- ③どんなかたちに見えたかおはなししてね

<詳細>

- *虫めがねを使う際には、保護者が上手に子どもをサポートできるようにする。
- *観察は「1.砂」、「2.塩」、「3.砂糖」とし、シャーレには番号だけをふり、参加者に何か考えてもらう。
- *保護者が子どもの話を聞き取り、1, 2, 3について拡大した形や色、特徴など観察した内容を記録できるようなワークシートを用意する。
- *砂、塩、砂糖の拡大写真を用意する。
- *保護者向けにカメラのマクロ機能が使えることを紹介。
- *ワークショップ終了後に時間のある保護者子には、実体顕微鏡で塩、砂糖、砂の拡大を見てもらう。

身の回りのものや自然界をもっと見てみよう&拡大してみる便利な道具のお話

身近なものから、より空間的に広がりを持たせ、自然の中で見られるものの観察に目をむける。雪の結晶の写真(太陽を直接虫めがねで見ちゃだめだけど、雪の結晶の写真を例に、自然を観察する気持ちを持つとう)月のもようは何に見えるかな？

<詳細>

- *帰宅後も自分で色々ものを観察してみることを促す。
- *虫眼鏡を使用する際には、空や太陽を見たりしないことを厳重注意する。
- *観察は研究の第1歩であることも伝える。
- *虫めがね+星砂をおみやげに持ち帰る。星砂の説明プリントおよび関連展示も紹介するプリントを作成



図1 フレンネルレンズの下敷き遊び



図2 虫めがねによる観察



図3 雪の結晶の観察

調査結果

参加者全体の傾向

1. 参加理由

このワークショップに参加しようと思った理由は何ですか？

回答数 5：

- ・プログラムが面白そうだったから
- ・親子で参加できるプログラムだったから

- ・子どもに色々な経験をさせてあげたかったから

回答数 4：

- ・自分が参加してみたかったから
- ・子どもが参加したかったから

回答数 3：

- ・「かたち」に焦点を置いた内容が興味深かったから

回答数 0：

- ・両保護者とも、あるいはどちらかの保護者が科学が好きなので、子どもにも科学的な活動に参加させたいと考えたから
- ・両保護者とも、あるいはどちらかの保護者が科学が苦手だからこそ、子どもには科学的な活動に参加させたいと考えたから
- ・子どもに、幼稚園以外の場所で幼稚園のお友達と何かをさせたかったから

保護者が本プログラムへ参加を決めた理由は、内容に興味を持った、あるいは子どもが参加したかったという直接的な理由が多く見られた。また、子どもに色々な経験をさせてあげたかったという理由を挙げた保護者も多く、この結果は、質問「子どもが科学を学ぶ目的は意義、そして具体的に身につけてほしい科学的素養についてお書き下さい」に見られる結果(後述)と一致する。

2. プログラムの効果

プログラムの中の何が一番面白かったですか？(3つまで回答可)

- 4人が回答：下敷き遊び、雪の結晶の写真、月の模様の写真
 3人が回答：拡大写真クイズ、虫眼鏡を使ったこと
 2人が回答：食塩の形の観察
 回答なし：砂糖の形の観察、砂の形の観察

プログラムの内容で参加者の印象に残ったものは、下敷き遊び、雪の結晶や月の模様の写真、あるいは拡大写真クイズなど、虫眼鏡の中を「のぞき込む」ものよりも、より大きな対象を「眺める」ものの方が、回答数が多かった。これは、子どもが虫眼鏡を使って上手に観察できたと感じた保護者が少なかったこと(後述)とも一致する。

参加者のプログラムへの印象

表2 プログラムへの印象回答

	とても そう 思う	そう 思う	どち らで も ない	あ ま り そ う 思 わ ない	そ う 思 わ ない
子どもは、拡大して みるとものが違っ て見えることに気 づいた	6	1	0	0	0
子どもは、ものを 拡大してみることに 興味を持った	5	2	0	0	0
全体を通して、子 どもはこのプログラ ムを楽しんでいた	5	2	0	0	0
全体を通して、こ のプログラムは面白 かった	5	1	1	0	0
科博の中の関連し た展示を見てみた い	5	1	1	0	0
家へ帰ったら、虫 眼鏡を使って子ども と一緒に色々なもの を観察してみた い	4	2	1	0	0
子どもは、虫眼鏡 を使って上手に観察 できた	2	3	1	1	0
子どもには、早いう ちから科学的素養 を身につけてもら いたい	2	2	2	1	0

もっとも顕著なあらわれは、「拡大してみるとものが違って見えることに気づいた」ことであり、「ものを拡大してみることに興味を持った」ことがそれに続いている。また、「科学的素養を子どもたちに獲得してほしい」という質問においては、肯定的であるとはっきりと言える結果は出なかった（表2）。

子どもが科学を学ぶ目的や意義、そして具体的に身につけてほしい科学的素養は何ですか？

- A 広い視野、何にでも疑問、興味を（回答数 4）
- B 物事をよく観察して、自分で考える（回答数 2）

自由記述の質問だったが、回答は大きく二つに分かれた。一つは、広い視野でものごとに興味を持ってもらいたいというもの（上記A）、もう一つはものごとをよく観察して自分で考えてもらいたい（上記B）というものである。Bの回答群は、Aに比べ、よりプログラム内容を意識したものと考えられる。また、その他の回答は、「子どもの興味のあるものを保護者子で学びたい」というものであった。

以上より、本プログラム参加者(保護者)には、以下のような傾向が見られた。

1. プログラムに参加した理由は、直接的な理由が多く見られた。
2. プログラム内容については、注視する作業よりも眺める作業の方が、参加者の印象に残った。
3. 拡大すると「もの」が違って見えることに気づいた子どもが多かった。これは、科学に限らず様々なものから子どもの豊かな感性を養いたいと思っている保護者が多く、本プログラムに興味を持って参加したことと共に本プログラムの大きな成果である。

考察

1. プログラムへの参加を決めた理由として、保護者は内容がおもしろそうだったなどの直接的な理由を挙げている。また、子どもに身につけて欲しい科学的素養として、何かに限定せずに幅広く興味を持ち、自分で考えることとしている。幼児期は知識や概念の獲得よりも、豊かな感性を育むことが重視され、これらの保護者のねがいはそれと合致する。結果、プログラムの満足度が高かったことより、このプログラムはねがいを合致させることが出来たと解釈できる。
2. 参加者の印象に残ったプログラム内容は、下敷き遊びや拡大写真クイズであり、のぞき込むことよりも眺めることに集中した。5～6才の幼児の観察スキルの限界がこの部分にあるかもしれないという推測も成り立つ。この点については、今後詳細な調査が待たれる。また、プログラムから学んだこととして、「拡大するとものが違って見える」ことを最も多くの人が挙げており、学びの観点からも強く印象に残ったことが分かる。幼児に対するねらいとして、本プログラムでは、ものを拡大することが挙げられており、この点で本プログラムは幼児にとって効果的であったと言える。

謝辞

本プログラムの試行では、日本獣医生命科学大学の荒金有衣さんと山本圭さんにご協力頂きました。記して謝意を表します。

風車で分かる電気エネルギー ～風車によるエネルギー変換効率改善を中心として Investigate Electric Energy through a Pinwheel: Improvement of Energy Efficiency by a Pinwheel

亀井修^{*1}, 田代英俊^{*2}, 丸山義巨^{*2}, 高橋みどり^{*1}, 中村隆^{*2}

国立科学博物館^{*1}, 科学技術館^{*2}

Osamu KAMEI^{*1}, Hidetoshi TASHIRO^{*2}, Isao MARUYAMA^{*2}, Midori TAKAHASHI^{*1},
Takashi NAKAMURA^{*2}

National Museum of Nature and Science^{*1}, Science Museum^{*2}

概要：科学館に来館する小学校4年生以上を対象に、家庭用電力やエネルギーについての概念を紹介し、発電の仕組みやエネルギーを利用することへの理解を図る実験教室を行った。また、エネルギー確保の観点より、省エネに関して一人一人が行えることについても考察を行った。

キーワード：エネルギー，仕事，消費電力，風力，発電

はじめに

このプログラムは、エネルギーが国際的な関係の下で安定して確保され、持続可能な成長をもたらすべきものであることを前提に、家庭での消費量に着目し、そこから、電力を得るのに必要なエネルギー変換や、ソフトパスの利用の可能性についての理解を図ろうという試みである。全体の取組みを通じて、電力確保や省エネルギーへのイメージを持たせることを意図した。

プログラムのねらい

家計に直結する電気料金は、電気を使った量によって決まっている。例えば、「kWh」や「A」などの単位と、電球や蛍光灯に書いてある「W」の数字は関係があるが、では、20Wの蛍光灯を一時間つけていたら、電気代いくら分になるのだろうか。また、エアコンと電子レンジを同時に使っているとき、他に何を使ったらブレーカーが落ちるのだろうか。

このプログラムで、参加者は風車を回して「仕事」をさせたり電気を起こしたりすることで、エネルギーやそれらを扱う単位について学ぶ。また、風車の構造を調節し、効率がどのように変わるかも実験を通して理解することを目指す。

プログラムの実施概要

本プログラムは科学技術館との連携プログラムであり、平成20年1月27日に科学技術館のサイエンス友の会会員17人を対象に行った。プログラムは、以下の流れで行った。

表1 プログラムの流れ

<p>1 「電気ご使用量のお知らせ」に出てくる単位を知ろう</p> <p>料金内訳のうち、「電力量料金」が、電気エネルギーを使った量に関わる料金である。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・kWhとは：電力・消費・消費電力・消費電力量の用語について解説 ・消費電力の限界：各家庭ごとに契約で限界が決められている（電気料金表やブレーカーに書いてある「〇〇A」という数字）。 ・コンセントの電気と電池の電気のちがい：電池は、つないでいるときに＋と－が入れかわることはない。これを「直流」という。コンセントの電気は、東日本では1秒間に50回、西日本では1秒間に60回＋と－が入れかわる。これを「交流」という。交流だとたくさんの電気を遠くまで伝えやすい。 <p>2 電気エネルギーを作るのに必要な力を体験しよう</p> <p>電流を流すには、電線の中の電子を押して動かす必要があるが、電子は小さいので直接押すことができない。発電機を使い、手や足で押した力を電子に伝えて動かすことを体験させる。</p> <p>3 風力を使ってみよう</p> <p>①水入りペットボトルがついた棒に風車をつけ、扇風機の風をあてて、何が起きるか観察する。</p> <p>②風車をモーターにつけかえて扇風機の風をあて、モーターに接続されている電球を観察する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・これによって、風力エネルギー(力学エネルギーの一種)が電気エネルギーに変換される。 ・電気エネルギーが、光エネルギーおよび熱エネルギーに変換される。 <p>③モーターに風車をつけ、隣のグループのモーターにはペットボトルがついた糸をつける。発電した電気が、隣のグループのモーターに流れるように接続し、扇風機の風をあてた時に、後のグループのモーターがどうなるか、様子を観察する。</p>

4 風車を改良してみよう

- ① 風車をモーターにつけて、モーターと電流計、電圧計、電球を正しく接続する。
- ② 羽根の角度を変えて扇風機の風を当て、電流計と電圧計から電力を計算する。これらを繰り返して、なるべく電力が大きくなるようにする。

5 まとめ

- ① 電力量 (W 時) は、電力(W)×時間。
- ② 電力量の値段は、1kWh あたり約 20 円。
- ③ 100V の電気を使っている場合、ブレーカーや電気料金表に〇〇A と書いてあったら、使える電力は $〇〇 \times 100(W)$ まで。
- ④ 60W 発電するだけでも、人力ではけっこう大変。一方で、軽自動車のエンジン最大出力：約 40000W、大井火力発電所の出力：1050000000W

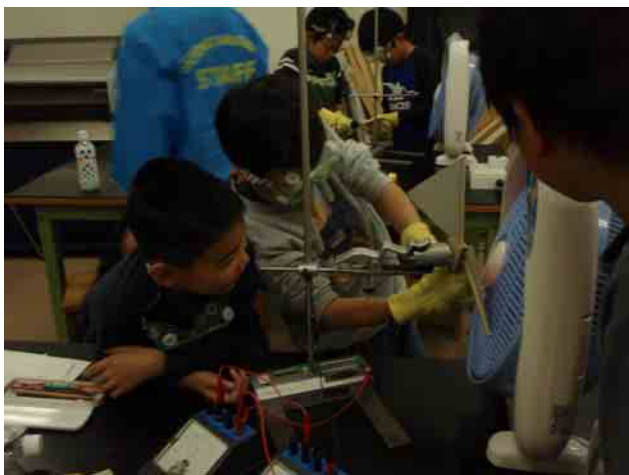


図1 プログラム実践の様子

プログラム終了後、参加者に対して、エネルギーの理解、科学・技術の好嫌、キャリアに対する意識に関してアンケート調査を行った。

調査結果

① 参加者について

参加者 17 人中、小学 4 年生は 8 人、5 年生は 5 人、6 年生は 3 人、中学 1 年生は 1 人、また、男が 13 人、女が 4 人であった。サイエンス友の会の教室への参加経験は、5 回未満が 4 人、5 回以上 10 回未満が 6 人、10 回以上が 10 人であった。

② プログラムについて

このプログラムに参加を決めた理由について(図 2)、「興味があった・よく分かりたかったから」、「苦手だったから」、「面白そうだったから」とその他の 4 つに分類された。「興味

があった・よく分かりたかったからとの回答は 8 人、苦手だったからとの回答は 2 人、面白そうだったからとの回答が 2 人であった。その他の回答として、日付が合ったから、勧められたから、実験が好きだからなどが挙げられた。

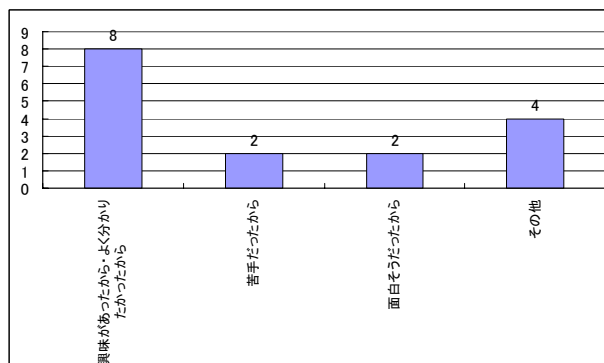


図2 ワークショップへの参加理由

全体を通してプログラムが楽しかったか否かを聞いた質問において、全員が「とても楽しかった」、「楽しかった」と答えた(「とても楽しかった」=8人、「楽しかった」=9人)。また、楽しかった内容は、全回答者 17 人中 14 人が風車の改良とそれに関すること(AとVを出す、最後の競争の実験、風車の良く回る角度を調べたことなど)を答えている。その他の回答者は、「風力の勉強」、「ペットボトルを巻き上げるところ」、「扇風機を回して風車を回したときの電流計の目盛りの変化があったこと、実験の結果と扇風機を使うときの電気の量の比を求めたこと」と答えた。

プログラム参加中に新たに学んだことは、電流や電力の単位に関するものが 3 名、電流計の読み方や計算に関するものが 4 名、人による発電は大変であることが 3 名、節約をしなければいけないことが 2 名と、多岐に渡った。

エネルギーについての理解を、例示した現象についてエネルギーの種類を答えてもらうことにより測った。質問ごとの得点状況を見てみると(図 3)、「太陽電池に光を当てる」に関して得点状況が良いことが分かる。また、誤答を検証した結果、「力学エネルギーから電気エネルギー」にするところを「電気エネルギーから力学エネルギー」と逆に記述している例が多く見られた。

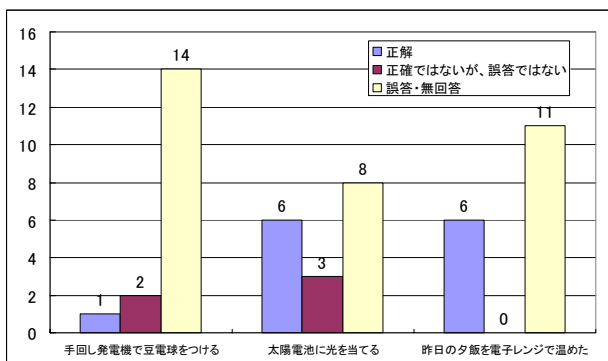


図3 次の例は、何エネルギーが何エネルギーに変わったものですか？（問題別回答状況）

同様に、プログラムを通してエネルギーについて良く理解できたか否かを尋ねた質問において、全回答者17人中15人が肯定的に回答した(図4)。このことは、プログラムで扱った事例についてはエネルギーへの理解が定着したが、その他の事例への応用は不十分であることを示している。特に、力学エネルギーをエネルギーであると気づくことは知識がない状態では難しく、それが自分で認識している理解度の様子と、実際の得点とのずれになっていると推測される。

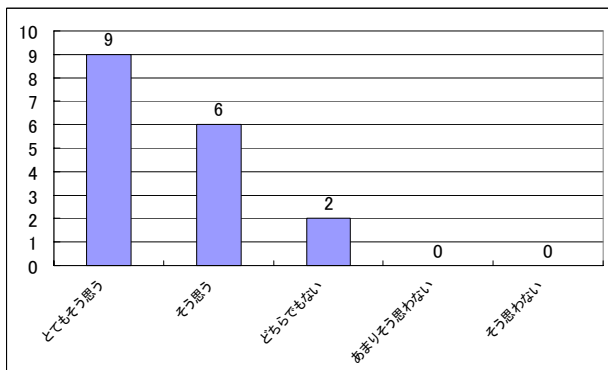


図4 エネルギーについて良く理解できた

③ 興味・学習の発展について
A 発展的学習

「もっと電気やエネルギーの仕組みについて勉強してみたい」、「科学館や博物館の関連のある展示を見てみたい」について5段階でマークしてもらった質問において、双方の記述とも肯定的な結果が得られた。このことより、プログラムが参加者のさらなる学習意欲を呼びかけとなったことが見て取られる。

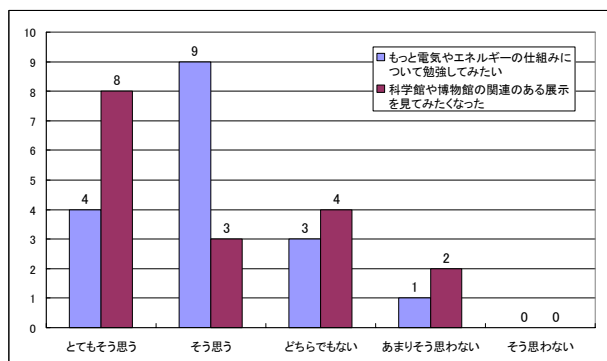


図5 「もっとエネルギーの仕組みについて勉強してみたい」、「科学館や博物館の関連のある展示を見てみたい」回答状況比較

B 興味の発展（家族で共有する）

「今日学んだ内容を家族に教えてあげたい」、「家族で省エネについて話し合ってみたい」については、非常に多くの参加者が肯定的に思っていることが明らかになった。全回答者17人中14人が「今日学んだ内容を家族に教えてあげたい」と、13人が「家族で省エネについて話し合ってみたい」と回答した。それぞれについて否定的に回答したのはわずかに1人だった。

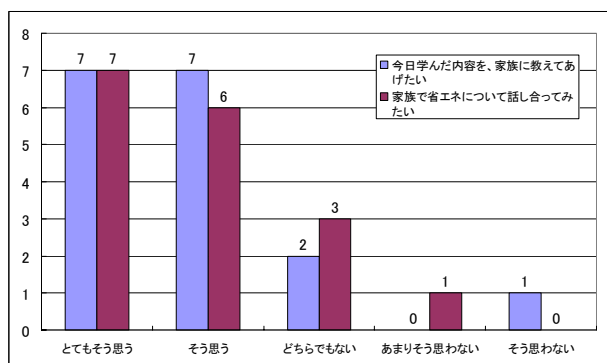


図6 「今日学んだ内容を家族に教えてあげたい」、「家族で省エネについて話し合ってみたい」回答状況比較

C 興味の発展（意欲）

「持ってきた電気の料金表を見て『思ったより電気を使っていないな』と思った(reverse question)」に関しては、とてもそう思う(=ほとんど使っていないと思う)と回答したのは2人、そう思う(=使っていないと思う)が3人、あまり思わない(=使っていると思う)が3人、そう思わない(=とても使っていると思う)が7人であった。これは、各家庭の構成や生活スタイルにもよるものであり、一定の基準があるものではないが、電気の料金表を見て、使用量に関して危機感を持った参加者

が多いことが分かる。

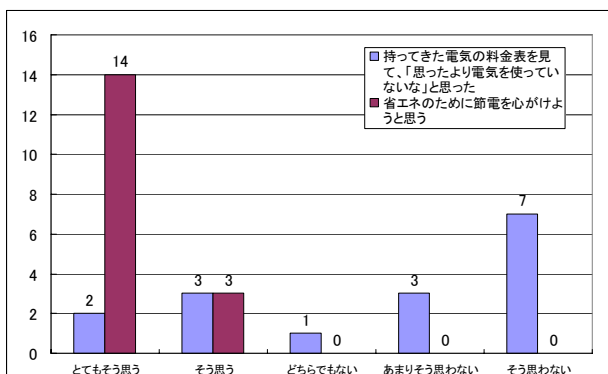


図7 「持ってきた電気の料金表を見て、『思ったより電気を使っていないな』と思った」「省エネのために節電を心がけようと思う」回答状況比較

④ 科学・技術の好嫌について

参加者と保護者の双方について、科学・技術に関する好嫌を尋ねたところ、参加者は軒並み好意的に回答し、保護者についてはどちらかといえば中立的な回答を得た。但し、保護者の好嫌は参加者から見た印象を答えてもらっていることに留意する必要がある。また、参加者の好きな科学・技術の分野は、実験、物理(力学)、水溶液、生物など多岐に渡った。

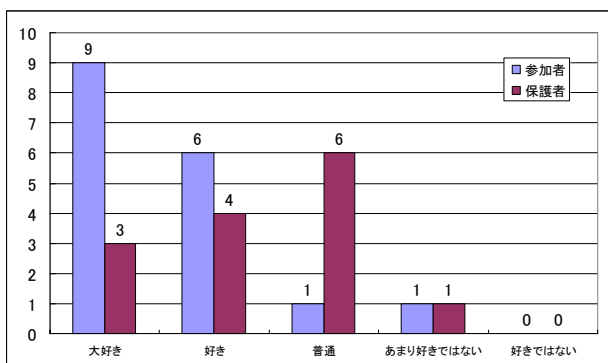


図8 「科学は好きですか？」参加者、保護者比較

参加者の科学・技術に関する好嫌と共に学校理科に関する好嫌も質問したが、明らかな差は出なかった(図9)。しかし、学校理科に加わった方が良い内容として、「もっと実験や観察する時間がある」、「どうして?何で?を解決する時間がある内容」、「応用問題や科学の思考面」など、示唆に富む内容も見受けられた(表2)。

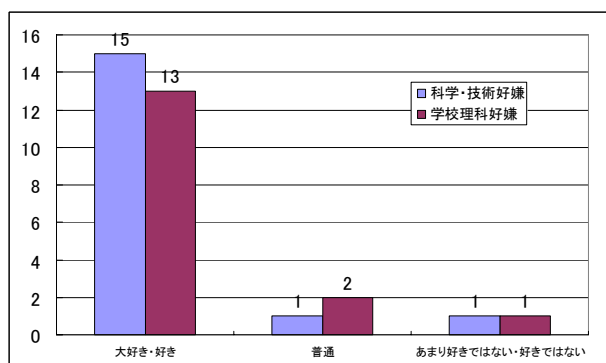


図9 科学・技術好嫌, 学校理科好嫌の回答比較

表2 あなたは、学校の理科に、どんな内容が入ると良いと思いますか?(素データ)

1	電気エネルギーなど
2	生物の解体
3	モーターの使った工作
4	もっとたくさんの実験や、物を観察する時間を作ってほしい。
5	自然の力をつかって、発電しよう
6	ない
7	風車を作る
8	どうして?なんで?を解決させる時間がある内容
9	生物のかいぼう
10	星:気体の発生のしかた
11	(無回答)
12	工作
13	応用問題や、科学の思考面
14	・生き物の実験や観察 ・人体のことについて
15	やるのは嫌だけど、勉強のためになるなら、テスト等?
16	いろいろ
17	自然エネルギー

⑤ 将来の職業について

将来なりたい職業がある参加者は、全回答者17人中12人であった。うち、科学や技術、数学に関する職業を挙げたのは8人であった。この8人はいずれも科学・技術に対する好嫌においては「とても好き」、「好き」と回答している。将来なりたい職業として科学系・技術系の職業を挙げた回答者の理由の中に、「わくわくするから」、「タイムマシンを作りたいから」、「理科が大好きだから」といったものもみられた。

表3 科学・技術に対する好嫌と将来なりたい職業の回答

	科学・技術好嫌	将来なりたい職業	理由(素データ)
1	とても好き	野球選手	野球の試合を見て楽しそうだったから
2	とても好き	医者	人体が好きな分野だから
3	とても好き	(無回答)	(無回答)
4	とても好き	気象予報士	気象のことに興味があるから
5	好き	科学者	地球温暖化をくいとめる
6	とても好き	会計士	算数が好きだから
7	好き	じっけんする人	ワクワクするから
8	とても好き	科学者	実験が好きだから
9	普通	極秘	
10	とても好き	技じゅつ者	タイムマシンを作りたいから
11	好き	野球選手	野球を習っているから
12	とても好き	科学の先生	理科が大好きだから
13	好き	?	
14	あまり好きではない	?	
15	好き	?	
16	とても好き	きまってない	
17	好き	数学者か歴史学者	(無回答)

考察

1. 「手回し発電機で豆電球をつける」の正答数が少なかった理由は、参加者の多数が小学生で、学校でエネルギーについて学んでいないこともあり、発電機を手で回すことにより生み出されるエネルギーがあるということに思い至らなかったことが考えられる。答えを逆に書いてしまった回答者が多かった理由は本結果からは明らかに出来なかったため、次の調査においては方策を立てる必要がある。
また、エネルギーの種類を答えてもらうこの問い自体が、ワークショップ内でエネルギーについて十分扱っていなかったため、適切な質問ではなかった。そこで、今回はワークショップで参加者が実際に行った事例について、「()エネルギーから()エネルギー」という回答フォーマットを与えて、括弧内を埋めてもらう質問に変える。
2. 現在学校で割かれる時間の少ない実験や

疑問を解決するための作業に対し、全回答者17人中5人がこれらを含めてほしいと明確に回答した。博物館は時間の制限や分野の境界、学習の深度が学校に比べて緩やかで、このような参加者の期待に応えやすい環境にある。プログラムにこのような要素を盛り込み、考えさせる機会を与えることにより、科学的なもの見方・考え方を身につける一助となるのではないか。

3. 本プロジェクトの主目的は世代ごとに体系化された目標に基づいて開発されたプログラムにより、人々の科学リテラシーを涵養することであり、プログラムの評価は、参加者の科学リテラシー涵養に寄与したかどうか、また、どのように寄与したかを明確に図る必要がある。そこで、プログラムの前後での理解や関心の伸びを図るような質問を多く含めることが有効である。今回は「～してみたくなった」、「今日の内容をもとに～」、「もっと～してみたい」などの質問や「プログラムで～を学んだ」のような質問を中心に構成する。また、これに関し、家庭での科学学習、素養の得かたなどに関する質問も作成する。

おわりに

今回の実践にあたっては、参加者の理解と協力によって得られたものが大きい。このような、教育プログラムの研究・開発にあたっては、単に開発者側からのアプローチだけではなく、学習活動に参加する側からの働きかけも重要な役割を果たすことを再度確認することができた。今後の研究を進展させることをもって、謝意を表したい。

風車で分かる電気エネルギー ～家庭で使用する電力量を導入とした省エネを中心として Investigate Electric Energy through a Pinwheel: Energy Conservation Starting from Home Electricity Usage

亀井修^{*1}, 田代英俊^{*2}, 丸山義巨^{*2}, 高橋みどり^{*1}, 中村隆^{*2}

国立科学博物館^{*1}, 科学技術館^{*2}

Osamu KAMEI^{*1}, Hidetoshi TASHIRO^{*2}, Isao MARUYAMA^{*2}, Midori TAKAHASHI^{*1},
Takashi NAKAMURA^{*2}

National Museum of Nature and Science^{*1}, Science Museum^{*2}

概要：小学校4年生以上を対象に，エネルギーについての概念を紹介し，理解を図るために実験教室を行った。

キーワード：エネルギー，仕事，消費電力，風力発電，省エネ

はじめに

本稿は，工作型の科学技術実験教室として，科学技術館で行われた取り組みに基づいている。先のプログラム「風車で分かる電気エネルギー ～風車によるエネルギー変換効率改善を中心として」は，家庭の電気料金表を切り口として，風力発電を例にとりて，発電の仕組みを体験を通じて理解を深めた。今回の「風車で分かる電気エネルギー ～家庭で使用する電力量を導入とした省エネを中心として」では，社会における電気の有用性，位置づけをより強調することを目的として，切り口とした家庭の電気料金表を元に，いかに省エネに貢献することが出来るのかを考えていくことまで含めた。

プログラムのねらい

このプログラムで，参加者は風車を回して「仕事」をさせたり電気を起こしたりする作業を通じ，エネルギーの概念や単位を学んだ。また，風車の構造を調節し，電力量を大きくする試行錯誤を行い，効率がどのように変わるかも，体験的に理解させることを目指す。更に，省エネの観点より作業結果をふり返り，社会や日常生活においてどのくらいの電力が使われているかや，節電のために出来ることは何なのかを考えるきっかけを与える。

プログラムの実施概要

本プログラムは，科学技術館との連携プログラムであり，平成20年2月23日に科学技術館のサイエンス友の会会員7人を対象に行った。プログラムは，以下の流れで行った。

表1 プログラムの流れ

<p>1 「電気ご使用量のお知らせ」に出てくる単位を知ろう</p> <p>料金内訳のうち，「電力量料金」が，電気エネルギーを使った量に関わる料金である。</p> <p>電力，消費，消費電力について，単位と共に解説し，エネルギーの量と関連させて理解をさせる。</p> <p>コンセントの電気と電池の電気の違い，エネルギーは形態を変えることが出来る性質も合わせて解説する。</p> <p>2 電気エネルギーを作るのに必要な力を体験しよう</p> <p>電流を流すには，電線の中の電子を押して動かす必要があるが，電子は小さいので直接押すことができない。発電機を使い，手や足で押した力を電子に伝えて動かすことを体験させる。</p> <p>3 風力を使ってみよう</p> <p>発電機を回す力(力学エネルギー)さえあれば発電できる。風の力で発電機を回すと石油を使わなくてすむなど，利点がいくつかあるので，風力発電はさかんに研究されている。</p> <p>①水入りペットボトルがついた棒に風車をつけ，扇風機の風をあてて，何が起きるか観察する。</p> <p>②風車をモーターにつけかえて扇風機の風をあて，モーターに接続されている電球を観察する。 (これによって，風力エネルギー(力学エネルギーの一種)が電気エネルギーに変換される) (電気エネルギーが，光エネルギーおよび熱エネルギーに変換される)</p> <p>③モーターに風車をつけ，隣のグループのモーターにはペットボトルがついた糸をつける。発電した電気が，隣のグループのモーターに流れるように接続し，扇風機の風をあてた時に，後のグループのモーターがどうなるか，様子を観察する。</p> <p>4 風車を改良しよう</p> <p>①風車をモーターにつけて，モーターと電流計，電圧計，電球を正しく接続する。</p> <p>②羽根の角度を変えて扇風機の風を当て，電流計と電圧計から電力を計算する。これらを繰り返す。</p>

て、なるべく電力が大きくなるようにする。

5 まとめ

- ①電力量(W時)は、電力(W)×時間。
- ②電力量の値段は、1kWhあたり約20円。
- ③100Vの電気を使っている場合、ブレーカーや電気料金表に〇〇Aと書いてあったら、使える電力は〇〇×100(W)まで。
- ④60W発電するだけでも、人力ではけっこう大変。一方で、軽自動車のエンジン最大出力：約40000W、大井火力発電所の出力：1050000000W
- ⑤帰宅したら、家の中の家電製品の消費電力を調べてみよう。おどろくほど電気を使うものもある。
- ⑥電気エネルギーを節約する方法について考えよう。

例：「同じ機能でも消費電力の少ない家電製品を使う」「人力や自然の力でできることは、機械を使わないでやる」



図1 プログラム実践の様子

本プログラム終了後、エネルギーについての理解、科学・技術の好嫌に加え、プログラムを通して身についた省エネへの意識についてアンケート調査を行った。また、エネルギーの理解については、プログラム参加前に持っているエネルギーの概念と学んだことを元にしたエネルギーに関する理解を、事前・事後アンケートを用い、合わせて測った。

調査結果

1. 参加者について

プログラムに参加した7人の内訳は、小学校4年生が4人、5年生が2人、6年生が1人で、男子が3人、女子が4人であった。全員が科学技術館のサイエンス友の会の会委員であり、友の会で行われる実験教室への参加経験は、3～5回が6人、6回以上が1人、3回未満は1人もいなかった。

2. プログラムについて

「プログラムは楽しかったか」の質問には、全回答者7人中全員が肯定的に回答した。内訳は、「とても楽しかった」が4人、「楽しかった」が3人であった。プログラムのどれが楽しかったかという質問（自由記述）においては、6人が風車の改良を挙げ、1人が人力発電機を挙げた。

プログラムへの参加理由は、「楽しそうだったから」と記述したのは3人、「風力発電や電気のことを知りたかったから」、「科学やエネルギーの実験だったから」あるいは「電気のことをよく知らなかったから」と内容により参加を決めたと見える回答が3人であり、1人が「ブレーカーが落ちることがあり、どうしてか知りたかったから」と普段の生活の中に参加理由を見いだした。

プログラムに参加して一番学んだことは、電気料、省エネ、人力や自然の力、単位など、プログラムで扱った内容のキーワードを挙げている回答者が多かった一方で、「羽などの角度を少し変えただけでモーターが回るようになる」、「発電するのは大変だと思い、省エネをもっとしたい(原文通り)」のように何を学んだのか明確に記述する回答者もいた。参加理由と学んだことの関係は全てに見られたわけではないが、「科学やエネルギーの実験だったから」と答えた回答者は「人力や自然の力」について学んだ、また、「電気のことをよく知らなかったから」と答えた回答者は「電気の単位のこと」と回答し、わずかに関連を見せている。ブレーカーが落ちることに関して疑問を持っていた回答者は、プログラムより学んだこととして「羽などの角度を少し変えただけでモーターが回るようになる」と答え、直接の関連は見られないが、もしインタビューなどを行い詳細に検討する機会があれば、何らかの関連を見ることができたであろうことを予感させる内容である。

3. エネルギーへの理解

エネルギーについての理解を深めたか否かについて、事前アンケート、事後アンケートを組み合わせて調査した。

事前アンケートにおいては、「エネルギーについて知っていること・頭に浮かんだことを全て書いてみてください。うろ覚えの内容で

も、ことばだけでも構いません。」と質問し、どのような概念を持っているかを探った。うる覚えの内容でも構わないと明記したのは、間違っているかもしれないと思ったときにも躊躇せずに記述してもらうためである。また、これにより、正しいか否かにかかわらずエネルギーをどのように思っているのかを把握することができた。また、事後アンケートでは、エネルギーについて良く理解できたかについて5段階のスケールに○をつけてもらうことで自分が認識している理解度を測り、更にワークショップで行った実験についてエネルギーの変換の様子を記述する質問を通して実際の理解度を測った。

事前アンケートの質問に関して、単語を挙げた回答者が非常に多く、7人中6人に上った。単語以外を挙げた回答者は、「エネルギーでもものが動いたりする。」と記述した。単語を記述した回答の中では、電気や発電に関する単語を挙げたものが多く、「～発電」や「ボルト、アンペア」などであった。エネルギーに直接関係するものでは、太陽から得る光エネルギーのみが挙げられた。

表2 エネルギーに関して持っている概念の事前調査の結果

	エネルギーについて知っていること・頭に浮かんだこと(素データ)
1	火力発電, 風力発電, 水力発電, ちようせき発電, 地熱発電, 電気, 原子力発電
2	電気, 風力発電, 火力発電, 水力発電
3	発電, 太陽光発電, 電気の節電, 電力, ソーラーパネル, ソーラー
4	エネルギーでもものが動いたりする。
5	光電池, ソーラーカー, 光エネルギー, 熱エネルギー
6	ソーラーエネルギー
7	V(ボルト), A(アンペア)

事後に行ったアンケートのうちエネルギーについての理解度を自己評価してもらう質問において、全回答者7人中6人が肯定的に回答した(図2)。一方で、実験の例を用いてエネルギーの種類を答えてもらう質問では、正解は、「電気エネルギー(扇風機)から力学エネルギー(おもりが上がる)」と、「力学エネルギー(風)から力学エネルギー(おもりが上がる)」の二通りあるが、このいずれかの回答をしたのは2名であった(表3)。不正解の回答の中で、風力エネルギーから電気(電力)エネルギーと

答えた回答者が4人に上ったが、これは、例示したこのステップの次に、風車とモーターを付け替えてその先に接続した電球をつける作業をしたが、それと混同している可能性がある。いずれにしても「エネルギーが変換される」というイメージを参加者は持っていることが見て取れる。

エネルギーについての理解と共に電気を作る大変さや電気の料金表の見方についても、理解度を自己評価してもらった(図2)。双方の項目共に、全員が理解できたと答えており、特に電気を作る大変さを理解できたとの項目に対しては、6人が強い肯定を示した。

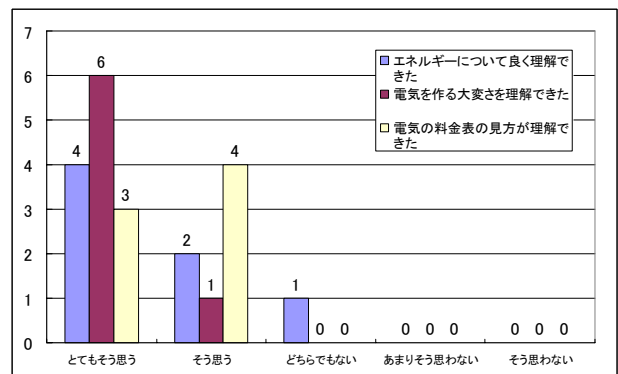


図2 「エネルギーについて良く理解できた」、「電気を作る大変さを理解できた」、「電気の料金表の見方が理解できた」回答比較

表3 エネルギーに対する理解に関する事後調査の結果

	「水を入れたペットボトルの棒を風車に取り付け、扇風機の風を当てたらペットボトルが上へ巻き上げられた。」(このワークショップでやった実験です。)これについて次の()を埋めてください。これは、()エネルギーから()エネルギーに変わったものである。
1	(風力)エネルギーから(人力)エネルギー
2	(風力)エネルギーから(電気)エネルギー
3	(風力)エネルギーから(電気)エネルギー
4	(風力)エネルギーから(電力)エネルギー
5	(風力)エネルギーから(電気)エネルギー
6	(電気)エネルギーから(力学)エネルギー
7	(電気)エネルギーから(力学)エネルギー

4. 学習・興味の発展

A 発展的学習

「科学館や博物館で関係のある展示を見てみたい」、「もっと電気やエネルギーのしくみについて勉強してみたい」の項目において、それぞれ全回答者7人中5人が肯定的に回答した。特に「もっと電気やエネルギーのしくみについて勉強してみたい」に対して5人全員が「とてもそう思う」と回答したことより、ワークショップが当該分野に関して更なる学習意欲を促進することができたと解釈できる。

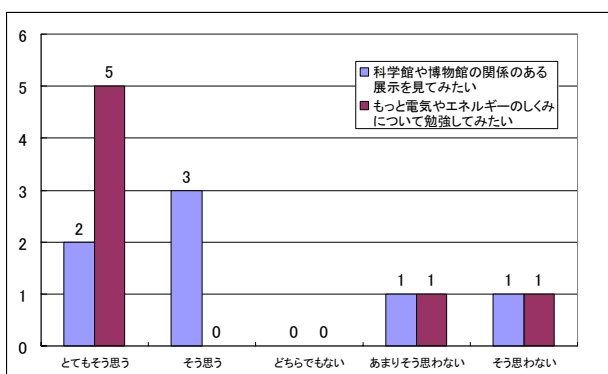


図3 「科学館や博物館の関係のある展示を見てみたい」、「もっと電気やエネルギーのしくみについて勉強してみたい」回答状況比較

B 興味の発展(家族で共有する)

「今日学んだ内容を家族に教えてあげたい」、「家族で省エネについて話し合ってみたい」の各項目に関して、それぞれ6人、5人が肯定的に回答しており、プログラムを通して関心が広がった様子が見て取れる。一方で、「家族で科学や技術について話し合うことがある」の項目では、「そう思う」、「どちらでもない」との回答が2人ずつ、その他の回答が各1人と分散した。これより、プログラムの参加によりプログラムの内容や省エネについて家族での話題に上らせてみよう意識が向上したと解釈することができる。

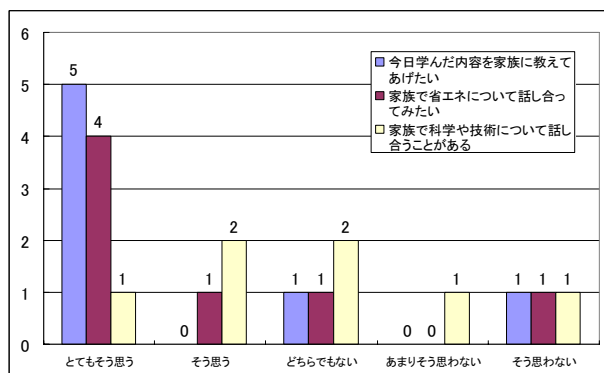


図4 「今日学んだ内容を家族に教えてあげたい」、「家族で省エネについて話し合ってみたい」、「家族で科学や技術について話し合うことがある」回答状況比較

C 興味の発展(意欲)

「持ってきた電気の料金表を見て『思ったより電気を使っていないな』と思った(reverse question)」に関しては、そう思わない(=たくさん使っていると思う)と回答したのは2人、あまりそう思わない(=使っていると思う)が3人であった。また、どちらでもないとの回答も3人に上った。一方で、「省エネを心がけようと思う」の項目に関して、7人全員が肯定的に回答した。

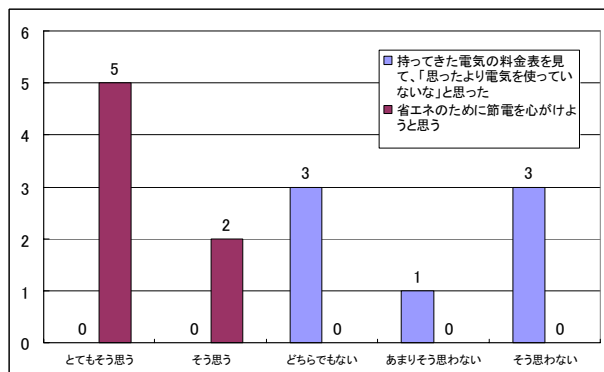


図5 「持ってきた電気の料金表を見て、『思ったより電気を使っていないな』と思った」、「省エネのために節電を心がけようと思う」回答比較

5. 科学・技術の好嫌

参加者の科学の好嫌の度合いを尋ねたところ、参加者7人中5人が肯定的に答え、残りの2人は普通と答えた。また、肯定的に答えた5人に好きな科学の内容を尋ねたところ、4人が実験と答え、1人が生物学と答えた。更に、学校理科にどんな内容が入ればいいのかの質問には、2人が「実験」と答え、それぞれ1人が「日常生活との結びつき」、「環境・温暖化」などと答えた。

ここで「日常生活との結びつき」を挙げた

参加者は、プログラムへの参加理由を「プレーカーが落ちることがあり、どうしてか知りたかったから」と答えている。また、「環境・温暖化」を挙げた参加者は、職業観の変化を尋ねた事後アンケート（後述）において、「地球を守るために温暖化を防ぐことをしたくなった」と答えている。これらより、一部の参加者の意識の中に生活や職業と科学の関連が根付いたことが見て取れる。

表4 あなたは、学校の理科に、どんな内容が入るといいと思いますか？(素データ)

1	もっと実験をふやしてほしい
2	ロボットを造りたい
3	自然環境や、地球温暖化などについて
4	雲のこと
5	家庭生活との結びつきや、くわしいことまで、もっとしっかりやっていった方がいいと思う。
6	静電気
7	色々な実験

6. 将来の職業

将来の職業への意識に関して、事前アンケートと事後アンケートにより比較を行った。事前アンケートでは、将来つきたい職業とその理由、そして補足的な自由記述を行い、事後アンケートではワークショップに参加してその意識にどのような変化があったかを質問した。

参加者が将来なりたい職業は表5のようになっており、将来科学や技術に直接関係する仕事を選んだ回答者はいなかった。プログラム後に行った職業観の変化を問う質問では、1人が変化したと答えた。この回答者は、事後アンケートでは「科学の勉強について。地球の温暖化について。地球のために、省エネや、節電など。(原文通り)」と答え、プログラムの内容を通して省エネや地球を守ることへと職業観が変化した様子がうかがえる。

表5 将来の職業に関する事前調査「あなたは将来どんな職業につきたいですか？どうしてその職業につきたいのですか？」回答と事後調査における職業観の変化

	なりたい職業(事前)	理由(多肢選択式)	自由記述	職業観の変化
1	けいさつ	人の役に立てるから		なし
2	演劇関係	それが好きだから	お客さんを感じたいです。	なし

3	ラリーカーの選手	考える仕事だから給料が高から科学や技術に関する仕事だからそれが好きだから	車の運転や、外国に行ける体力などをつける	ある
4	音楽の先生	人の役に立てるからそれが好きだから	生徒が音楽を楽しんでもらえるよりうな人になりたい	なし
5	幼稚園の先生	人の役に立てるから考える仕事だから重要だからそれが好きだから子どものかわいい笑顔が見られるから	失敗してもくじけずに前向きにがんばっていききたい	なし
6	クレープ屋	それが好きだから		なし
7	電車の運転士	人の役に立てるから	お客さんを安全に運べる運転士になりたい	なし

考察

アンケートより、「もっとエネルギーのしくみについて勉強してみたい」「今日学んだことを家族に教えてあげたい」という質問において、概ね良好な結果が得られた。このことは、弱い証拠ながら、当プログラムが今後参加者の自発的な学びにつながっていく可能性があることを示している。

また、「家族で省エネについて話し合ってみよう」という質問に対する回答も、肯定的なものが多かった。本プログラムにおいて、作業から学んだことと絡めて社会や日常生活において使われている電力についても考えていったことが、効果的に参加者の印象に残ったのではないかと推測される。

エネルギーについてなど、プログラムで扱ったことへの理解は、概ね良好であった。一方で、ワークショップで行った作業について、どのようなエネルギー変換が起きていたのかを問う質問では、正解した人は少なかった。このことより、エネルギーのような概念的なものを理解することの困難さが明らかになったと同時に、感覚的には理解したのではないかという推測が成り立つ。

II プログラム実践報告

2. 平成 20 年度開発プログラム

(中学生・高校生向け)

恐竜発掘地層ケーキをつくろう！ Let's Make a Dino-digging Cake

有田寛之^{*1}、高橋みどり^{*1}、先山 徹^{*2}、嶽山洋志^{*3}

国立科学博物館^{*1}、兵庫県立人と自然の博物館^{*2}、兵庫県立淡路景観園芸学校^{*3}

Hiroyuki ARITA^{*1} Midori TAKAHASHI^{*1}, Tohru SAKIYAMA^{*2}, Hiroshi TAKEYAMA^{*3}

National Museum of Nature and Science^{*1}, The Museum of Nature and Human Activities, Hyogo^{*2}

Awaji Landscape Planning & Horticulture Academy^{*3}

概要：生活の身近なところに位置するお菓子を通して地質・地層や食材などの地域の自然、そして住んでいる街並みに対する理解の広がり・深まりを目指し、4回継続の中高生向けプログラムを開発した。

キーワード：科学系博物館、ケーキ、地域の自然、生活と科学の結びつき、実験

はじめに

本プログラムは、自然と触れ合うことが少ないニュータウンの中高生が、洋菓子・恐竜という身近な切り口をきっかけに生活と自然科学との関わりを学ぶことを目的として実施する継続学習プログラムである。

「恐竜発掘地層ケーキ」に興味を持って参加した中学生と高校生は、ケーキを作るまでのプロセスとして、丹波竜や丹波栗、地層の成り立ちや防災と暮らしの関係といった話題を絡めながら、地域の自然を総合的に学ぶ。また、地域の自然に合わせたまちづくり、そしてまちづくりと洋菓子文化の関わりについても学び、郷土の自然や文化への理解も深める。

さらに、これらの学習を通して食や防災といった日常生活の課題と科学技術との関わり、さまざまな職業と科学との関わりへの認識を深めることも目指した。そのための対象地域として、兵庫県三田市・神戸市周辺を設定し、その地域で学ぶ中高生を対象とした。

プログラム開発のねらい

本プログラムの開発にあたり、以下の4つのねらいを設定した。

- ・地域の自然や文化に関心を持ち、日常生活の中で自然と共存しようという心が育まれる。
- ・生態系や地質といった地域の自然に対して理解を深める。
- ・自然現象による暮らしへの影響は、悪い面だけでなく良い面もあることを理解する。
- ・食や科学に関わる人々との交流を通し、科学が将来の職業選択に関わることに気づく。また、各回のねらいは、上記のプログラム

全体のねらいをもとに、内容に応じて設定された。

第1回目：

- ・地域の自然史に関わる最近の話題を知り、興味・関心（恐竜発掘のロマン）を高める
- ・地域の自然と、自然に関わる暮らしにおける恩恵を理解する

第2回目：

- ・暮らしの土台となる、地域（兵庫県）の地質の特徴を理解する

第3回目：

- ・「災害文化」（災害とうまくつきあう暮らし）を理解する
- ・まちづくりの文化と自然との関わりを理解する

第4回目：

- ・学んだことの振り返り（ケーキを作りながら）
- ・学んだことを表現することの練習（新作ケーキの企画・プレゼンテーション）

プログラムの概要

第1回目：

三田のニュータウンにも元々あったであろう、自然と調和したくらしの原風景の特徴として丹波を紹介した。プログラムの趣旨を理解し、和やかな雰囲気の中で交流することを第一の目標として、食を通して地域の自然を理解することを主に座談会形式で行った。

具体的にはパティシエが提示した恐竜発掘ケーキの試食をして最終回で発表する恐竜発掘ケーキのイメージをふくらませたり、近年発掘された丹波竜に関する解説をもとに、丹波の地質・地層へと理解を広げたりした。

そして三田で取れる食材についての講義を聴き、米の白濁米の含有率を実際に見たりすることにより、環境についても意識を広げた。

第2回目：

人間が暮らす地面の下の話として、兵庫県の地質の特徴（火山岩）を理解し、火山岩を生み出した火山活動を理解するために、食材（ココア、チョコレート、ケーキ台、蜂蜜など）を使ってモデルを作る実験をしながら理解を深めた。

作ったモデルは、火山の噴火の外観、マグマ活動、カルデラなどであった。それらの実験を通して、兵庫の地質は白亜紀の火山岩が大部分を占めること、恐竜化石が出る篠山群層との対比、そして火山岩に化石が出ない理由などを解説を交えながら行った。

第3回目：

この回では、よりマクロな視点から、兵庫県の地質の特徴（海と山が近い）が人々の生活へ及ぼす影響について、街を歩いてその証拠を見つけながら学んだ。

地域の大学で建築や街づくりについて研究している教員を講師に招き、実際に街を歩いて街並みや石垣に使われている石、天井川などの珍しい地形、そして災害の傷あとを間近で観察した。それを通して、海と山が近くて山が急峻であることが神戸に水害が多い背景として存在すること、一方で海と山が近いことから恩恵も受けていることを体感した。



図1 街歩きの様子

また、街歩きの経験を元に、神戸のコミュニティ形成と洋菓子の関係を、自然をかたどったお菓子（御影石のチョコレートや、栃木の大谷石の和菓子）を通して学び、また、災害と建築物の構造の関係を、ミルフィーユ

を使った実験を通して学んだ。

第4回目

学んだことのふり返りとして、初回で紹介した恐竜発掘地層ケーキを作って地層の構造を学び、学んだことを表現することの練習として自分の企画したケーキを発表した(図2)。

新作ケーキの発表は、A3の紙一枚にこのプログラムで学んだ地域の自然について、企画の中にどう取り入れたかを見る目的で行った。初回で講師を行ったパティシエの前で発表し、創造性や実現の可能性についてアドバイスをもらった。また、参加者1名につき3名程度までゲストを呼ぶことを促し、ケーキの試食会を全員で行ってプログラムの成果を身近な人と共有した。

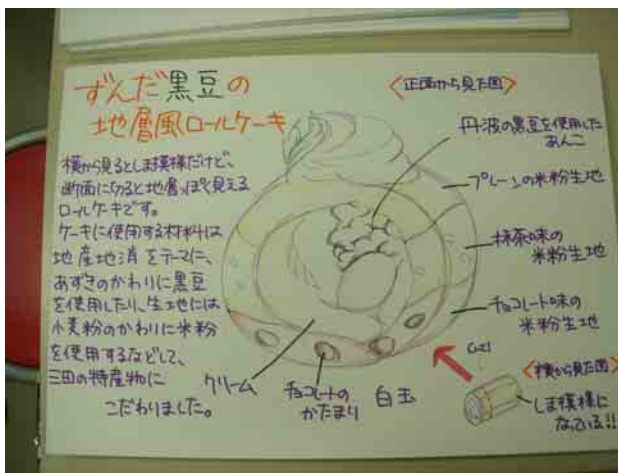


図2 ケーキ企画の例

プログラム実施の概要

当プログラムは4回継続のプログラムであり、平成20年10月、11月の週末に実施した。連携機関である兵庫県立人と自然の博物館の学習クラブ「石ころクラブ」の参加者と兵庫県立三田祥雲館高等学校（以下祥雲館高校）の生徒を対象に、事前に募集した。応募者は、石ころクラブから中学2年生2人、祥雲館高校から1年生3人、2年生3人の計6人となり、総計8名のプログラムとなった。このうち高校2年生の1人は第3回目、第4回目のみの参加となった。高校1年生のうち1人は男子生徒、その他はすべて女子生徒であった。これらの学校・博物館は、いずれもニュータウン内に立地し、そこで学ぶ中高生も、一般には自然の少ないと思われる地域に居住している。

実施にあたっては、第1回目、第2回目は

兵庫県立人と自然の博物館で、第3回目の街歩きは神戸市街で行い、そして第4回目のケーキ作りは、祥雲館高校で行った。

当該プログラムのケーキや街歩きに関する部分では、外部講師として、三田市内のパティシエにと建築や街作りが専門である大学教員に依頼した。

評価の実施

プログラム評価として、コンセプトマップとインタビューを行った。

コンセプトマップは、参加者の地域の自然や自身の生活との関わりに関し、プログラム全体を通して理解がどのくらい広がり、深まったかを測るために行い、各参加者は「生活」というキーワードを中心としたコンセプトマップをプログラムの事前（第1回目開始時）と事後（第4回目終了後）に作成した。

各回終了後に参加者全員に対して個別に行ったインタビューでは、参加者の各回の学びの内容や印象に残ったこと、生活との関わりを調査した。

評価結果

1. 事前のコンセプトマップ

この調査では、参加者に「生活」というキーワードを中心としてコンセプトマップを作成してもらった。参加した全員がコンセプトマップを作成するのが初めてであったため、参加者には、作成方法を簡単に説明した後で、この調査には正解・不正解がない旨、思ったことを自由に書いてほしい旨を伝え、できるだけたくさんの言葉を書くように促した。

この調査において、キーワード「生活」から直接挙げられた語彙数と挙げたすべての語彙数との関係は、表1のようになった。

表1 直接挙げた語彙数とすべての語彙数(事前コンセプトマップ)

参加者	「生活」から挙げられた語彙数	すべての語彙数
1	7	46
2	5	25
3	5	24
4	6	44
5	5	24
6	8	16
7	9	16
8	欠席のためデータ無し	

また、挙げられた語彙の頻度は、表2のようになった。(これは、全員のコンセプトマップに出てきた語彙ごとに、頻度を数えたものである。)

表2 挙げられたすべての語彙の使用頻度

頻度	語彙
5回	食事 学校
4回	家族 勉強 睡眠(寝ること) 遊ぶこと
3回	-
2回	家人 休み(休日)
1回	家庭科 時間 金 創作 運動 塾 風呂 仕事 規則 掃除 社会 衣住

ここで挙げられた語彙には、日常していることに関するものや、好きなマンガや食べ物に関するものがあつた。キーワード「生活」から語彙がつながってはいるが、この段階では、プログラム内容に関わる内容でまとまっている例はあまり見られなかった。

また、語彙同士のつながりは、挙げた語彙の数に関わらず、中心に近い語彙から派生した語彙が直線的に構成されており、派生した語彙同士が互いに関連している様子はあまり見られなかった。また、その直線もたくさんの語彙を経由している様子は見られなかった。(付録1参照)

2. インタビュー調査

インタビュー調査では、各プログラムで印象に残った内容とその詳細、そして自分の生活と関わる部分や生かせそうな部分があるか否かを尋ねた。

第1回目のプログラムの後のインタビューは、試作ケーキそのものに対する感想や、プログラムで扱った内容に関する発言が多数を占めた。また、魚竜や翼竜は恐竜とは違うことが参加者にとっては新しい知識であったようで、それに対する発言も多く見られた。

第2回目のプログラムでは、「実際に何が起きているかを実験で見ることができて実感がわいた」「写真よりも理解できた」「マグマがどう動いているのかなど、知識としては知っているが、見られたからよかった」など、視覚的に確認できたのがよかったとする意見が多く聞かれた。

この回の実験では、生クリームを挟んだケ

ケーキの台に溶かしたチョコレートを下から注入して火山のモデルを作ったが、各グループで様々な形に出来上がった(図3)。これに対して講師は、実験でできた現象に即した写真や資料を提示してそのメカニズムを解説していった(図4)。



図3 ケーキで作った火山のモデル

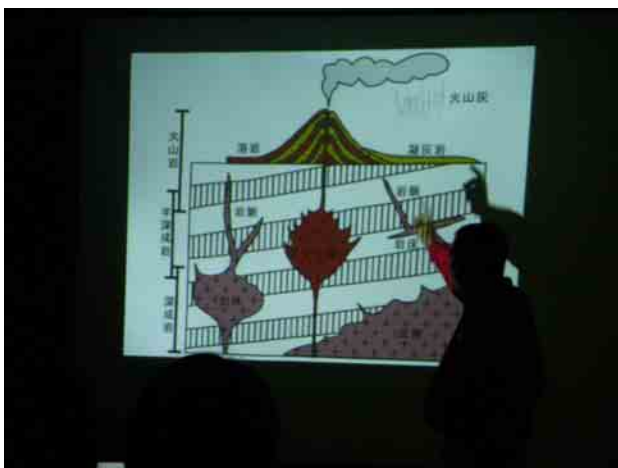


図4 実験を元に資料を使って解説する講師

また、ココアの山で作ったカルデラが講師の予想よりもはっきりとできなかったが、これに対しても講師は使用したコンデンスミルクやココアの量などから説明を加えていった。

これにより、モデルによる再現は必ずしも教科書や図鑑に載っているようにはいかないということ、そして自然にできる地層もカルデラも同様に、様々な例外があるということに触れる機会にもなった。

これを受け、参加者の1人はインタビューにおいて「学校でも溶岩の種類などを習うけれど、学校の授業では、話を聞くだけですぐに忘れてしまう。・・・中略・・・(一方で、)

色などを覚えても例外があったりするので、実際に見て経験することが必要(と感じた)」と、体験的に理解することの重要性と共に、自然現象の多様性に対する理解をも示す発言をした。

第3回目プログラムでは、街歩きを通して地域の地形や街並みなどを実際のスケールで観察した。この回のインタビューでは、岩石の見分け方が難しかったという意見が3人から聞かれた。一方で、同じ種類の石でもできた場所で色や形、粒の大きさが違う(御影産の御影石と中国産の御影石など)ことが分かったという意見も4人から聞かれた。

また、神戸の水害の際に上流から流れてきた岩が水が引いた後もその場に留まって記念碑となったものを見学し、「あんなに大きな岩が流れてきたのか」と驚いたという意見や「天井川は授業でしか知らなかったが、初めて見た」などの意見もそれぞれ1人から聞かれた。

この回では、「石の中のマグマの層が見られたので、前回の実験とつながりがあった(同様の記述他1名)」「前回の実験が石のでき方に関わっているのが分かって理解が深まった」「山とセットで見て歩いてみたい」など、前回の火山の成り立ちに関する実験とのつながりを実感できた参加者が多かった。

第4回目のプログラムでは、4回すべてを通して学んだことや印象に残ったことを尋ね、学んだことが今後の生活にいかに関わると思ふかを合わせて尋ねた。

参加者のコメントは、火山の実験、街歩き、ケーキ作りに集約された。各参加者は、インタビューにおいて表3のことに言及した。

表3 「プログラムで印象に残ったこと」結果

参加者*1	火山の実験	街歩き	ケーキ作り
1	○	○	-
2	○	○	-
3	早退のためデータ無し		
4	○	○	○
5	-	○	○
6	○	○	○
7	-	-	○
8	-	-	○

*1: 表中の参加者の番号は、表1の番号と同一人物を指している。

火山の実験、街歩きに関しては、「実際に見て興味が増した」「知識にプラスアルファがで

きた」というように体験を伴った学びが有効であったことが示された。水害の恐ろしさに触れた参加者は、「自分の家のそばの川があふれたらと思うと怖い」と身近な環境を意識してコメントを加えた。また、実験を通して「自然現象は教科書に載っているようなきれいなモデルばかりを示してはいない」ことに言及した参加者は、このインタビューにおいても同様のことに触れた。このことより、自然現象が必ずしも規則的には行かないということが大きく印象に残った様子が分かる。

ケーキ作りに関しては、「ケーキの企画を通して地層の積み方が気になるようになった」「ケーキの層の具合を（学んだことをどう取り入れようかと）考えながら作るのが楽しかった」と、学んだことと有効に結び付いた様子がうかがえる。

このインタビューより、参加者がプログラムを通して学んだことを包括的に理解した様子が見て取れるが、先述のプログラム開発における4つのねらいのうち「自然現象による暮らしへの影響は、悪い面だけでなく良い面もあることを理解する」「食や科学に関わる人々との交流を通し、科学が将来の職業選択に関わることに気づく」についてはプログラムで直接扱った内容ではなかったこともあり、インタビュー結果からはこれらに関しての効果は見い出せなかった。

3. 事後のコンセプトマップ

この調査でも、事前の調査と同様に「生活」というキーワードからコンセプトマップを作成してもらった。ここでも前回同様に、思った通りに作成してもらう旨、そしてできるだけたくさんの語彙を書いてもらう旨指示をした。

表4 直接挙げた語彙数とすべての語彙数(事後コンセプトマップ)

参加者*1	「生活」から挙げられた語彙数	すべての語彙数
1	4 (7)	49 (46)
2	5 (5)	26 (25)
3	2 (5)	13 (24)
4	6 (6)	32 (44)
5	8 (5)	28 (24)
6	4 (8)	17 (16)
7	7 (9)	20 (16)

8	6 (データ無し)	39 (データ無し)
---	-----------	------------

*1: この表中の参加者の番号は、表1の番号と同一人物を指している。

()内は事前コンセプトマップでの語彙数

表5 挙げられたすべての語彙の使用頻度

頻度	語彙
6回	食べ物 (食べること)
5回	学校
4回	-
3回	地面 (土地) 家 (住居)
2回	寝ること 音楽 マンガ・テレビ
1回	地震 石 三田 人博 地域 海 社会 家族 友達 遊ぶこと 人 時間 挨拶

事前のコンセプトマップ(表1)に比べ、ほぼ全員においてプログラム内容を踏まえた語彙数が増えた(表5)。しかし、その語彙同士のつながりは見られても、他の語彙とのつながりまでは見いだせなかった。

前回は見られなかったが、事後調査では食材や食べることに関する語彙、地層や地震に関する語彙など、関連する語彙のクラスター(かたまり)が見られ、学んだことが参加者の中で系統立てて整理されていることが分かった(付録2)。

一方で、学んだことに関する語彙は主にそれだけでクラスターをなしており、学んだこと以外の語彙との関連はあまり見られなかった参加者もいる(付録3)。

考察

本プログラムの総合的な評価は、以下のようによまとめることができる。

1. 参加状況から
 - ・事前申込は必要だったものの、参加費は無料で、各回の出席も強制ではなかった。それにもかかわらず、途中で参加を取りやめる人はおらず、最終回のオリジナルケーキの企画まで全員が行い、一連のプログラムに楽しみながら参加していたことが明らかとなった。
2. コンセプトマップから
 - ・事前調査では、日常的な行為や趣味に関するものが多かった。キーワード「生活」からの語彙のつながりは直線的であり、プログラム内容に関わる内容でまとまる例はあま

り見られなかった。

- ・事後調査では、ほぼ全員においてプログラム内容に関連する語彙数が増え、かつまとまりが見られた。しかし、プログラム内容に関連しない語彙とのつながりまでは見いだせなかった。

3. インタビューから

- ・実験や街歩きを盛り込んだことにより、体験的に理解することの重要性が明らかになった。
- ・実験を通して、自然現象は教科書に載っているようなきれいな事例のようにになっていることは少ないという、自然現象の多様性に対する理解が深まった。
- ・街歩きを通して、地域の自然の特徴をより身近な環境という視点で意識することができた。
- ・火山の成り立ちを学ぶ実験を行った後で火成岩の実物を街歩きにおいて見るといった構成にしたことにより「石の中のマグマの層が見られたので、前回の実験とつながりがあった」「前回の実験が石のでき方に関わっているのが分かって理解が深まった」といったような、各回のつながりを実感できた。

4. オリジナルケーキ企画から

- ・学習の成果を確認する機会としてオリジナルケーキの企画を行ったが、ケーキのタイトルや形状を考える際にプログラムの中で学んだ内容を参考にしており、学んだことと課題への取り組みが有効に結び付いていた。

これらの評価より、参加者が継続的な学習プログラムを通して与えられた情報を包括的に理解した様子が見て取れる。

多くの中学生、高校生にとって日々の生活で最も多くの時間を費やす場所は学校であり、その点においても、学校が生活の中心に位置していることは明らかである。今回のコンセプトマップでも、事前事後ともに「学校」という語彙の出現頻度は高かったことから、その様子は見て取れる。本プログラムで行ったような学校での「学び」の枠からはみ出た「学び」は、参加した中高生に大きな刺激を与え、実験や観察といった体験的な学びの重要性や、自然現象は簡単にはモデル化できないということへの理解などが印象に残ったこ

とが明らかとなった。

学校理科では主に原理・原則を学ぶが、それを理解するために提示される例は、その原理・原則を最も分かりやすく表現しているものである。しかし、インタビューでも見られたように、自然現象は必ずしも教科書で示されているように規則的には行かないことが多い。そのため、博物館における学びは学校理科で扱う周辺、あるいは学校理科で補いきれない部分を扱うことが多く、自然現象の多様性に触れることにもなる。そしてこのことは、博物館が扱う多様性を学校教育とうまく対比させながら活用できたことを示していると考えられる。

また、本プログラムでは各回様々な講師が指導したが、普段学校などでは会うことのできない専門家に直接指導を受けたことも、参加者にとっていい刺激になったようである。例えば、第3回目の街歩きで指導した建築・街歩きの専門家である大学教員は、研究の一環としてケーキを毎日1つずつ買い、スケッチをした後食べているという話をした。また、その研究を何年も続けているということ、そしてそのケーキは「今年はミルフィーユのみ買う」というようにテーマを決めて研究をしているということであった。その話に触れ、参加者はインタビューにおいて「変わった先生だった。しかし、ケーキをスケッチして食べるということも、長年続けていれば立派な研究となるんだ」と新たな認識を持つことができた。

今回のプログラムは、実地にて必ずしも規則通りではない様々な例を見たり、自分の経験とは全く違う経験をしている様々な人とふれあったりすることにより様々な多様性を提供したが、参加者は、まさにそこに学びの意味を見出したと言えるのではないだろうか。

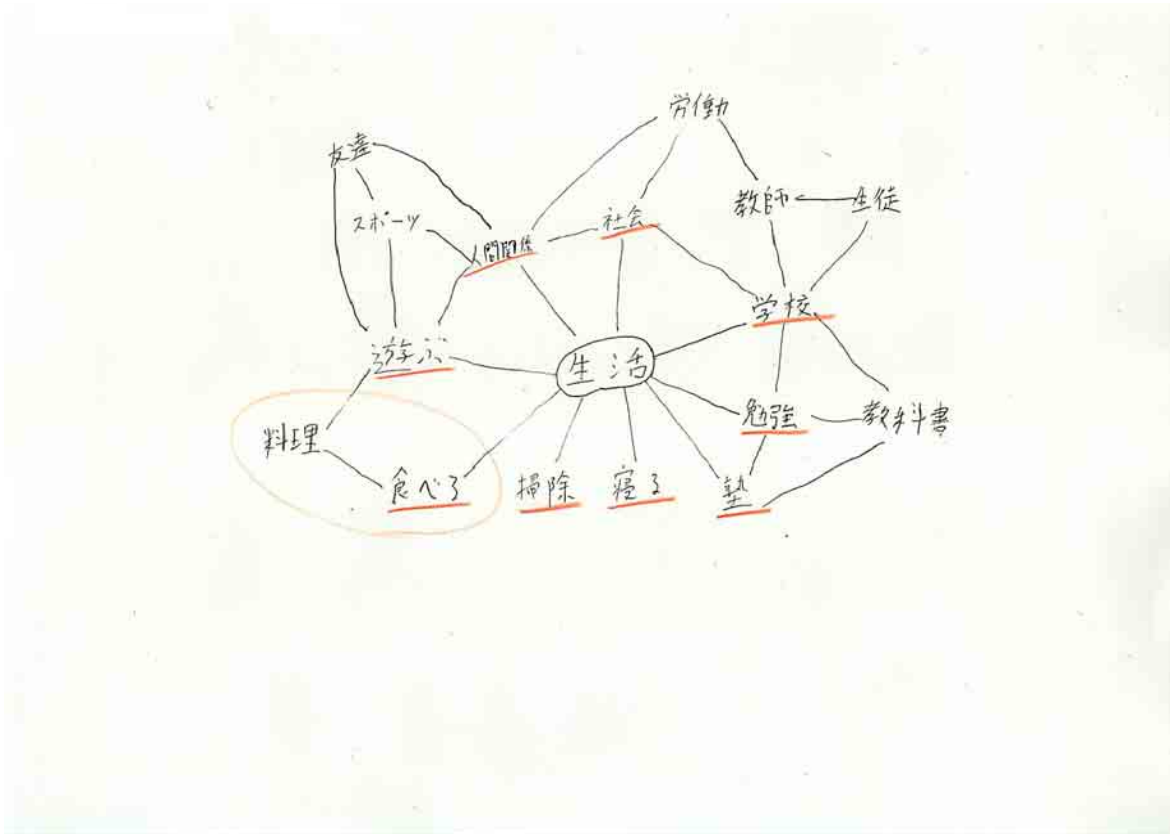
謝辞

本プログラムの企画・実践にあたっては、ル・パティシエ プチ・ムッシュの松浦孝一氏、兵庫県立三田祥雲館高等学校教頭高橋敬介氏、武庫川女子大学生活環境学部准教授三宅正弘氏にご協力、ご指導を頂きました。記して謝意を表します。

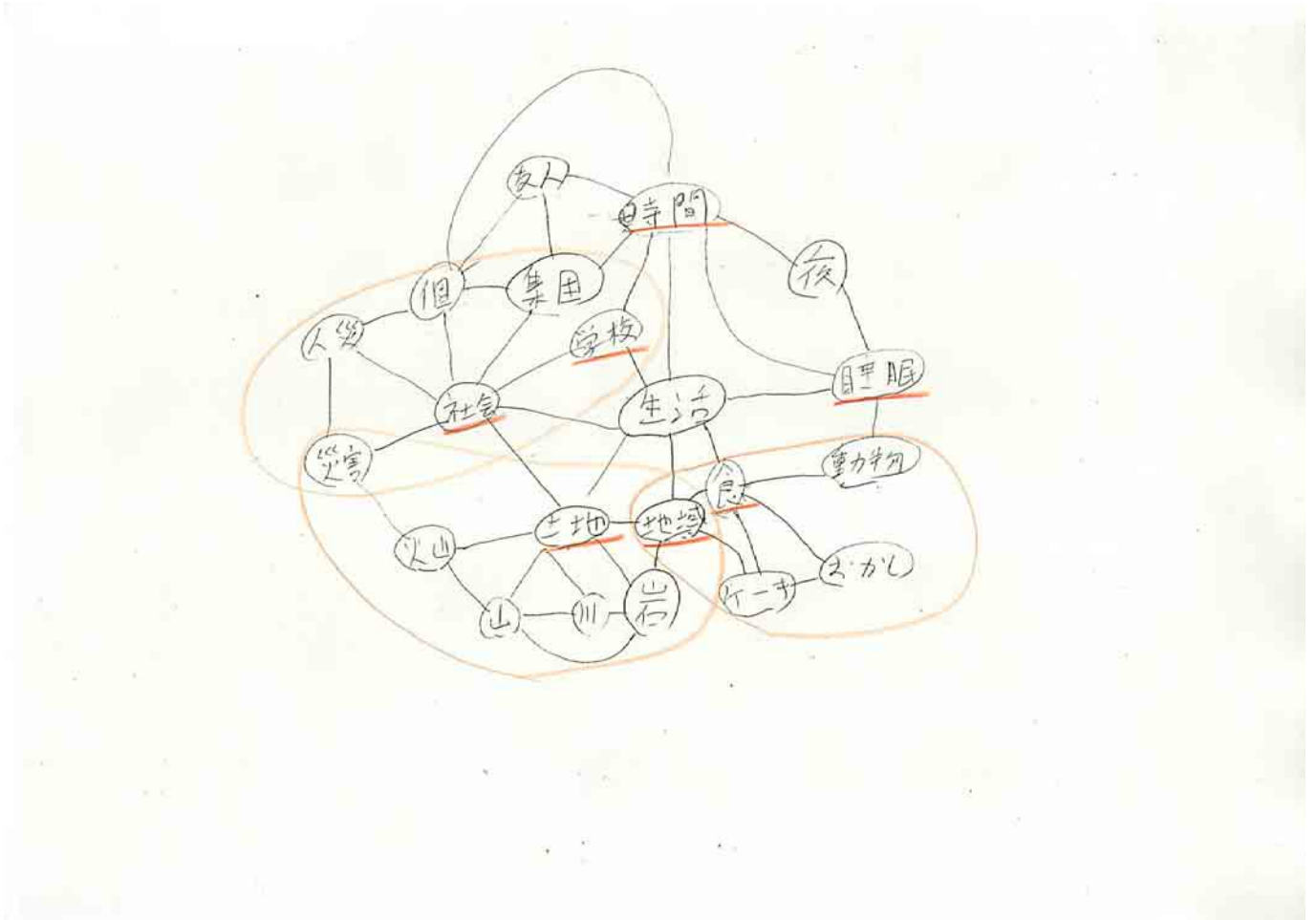
参考文献

林信太郎：世界一おいしい火山の本，小峰書店，127ページ，2006

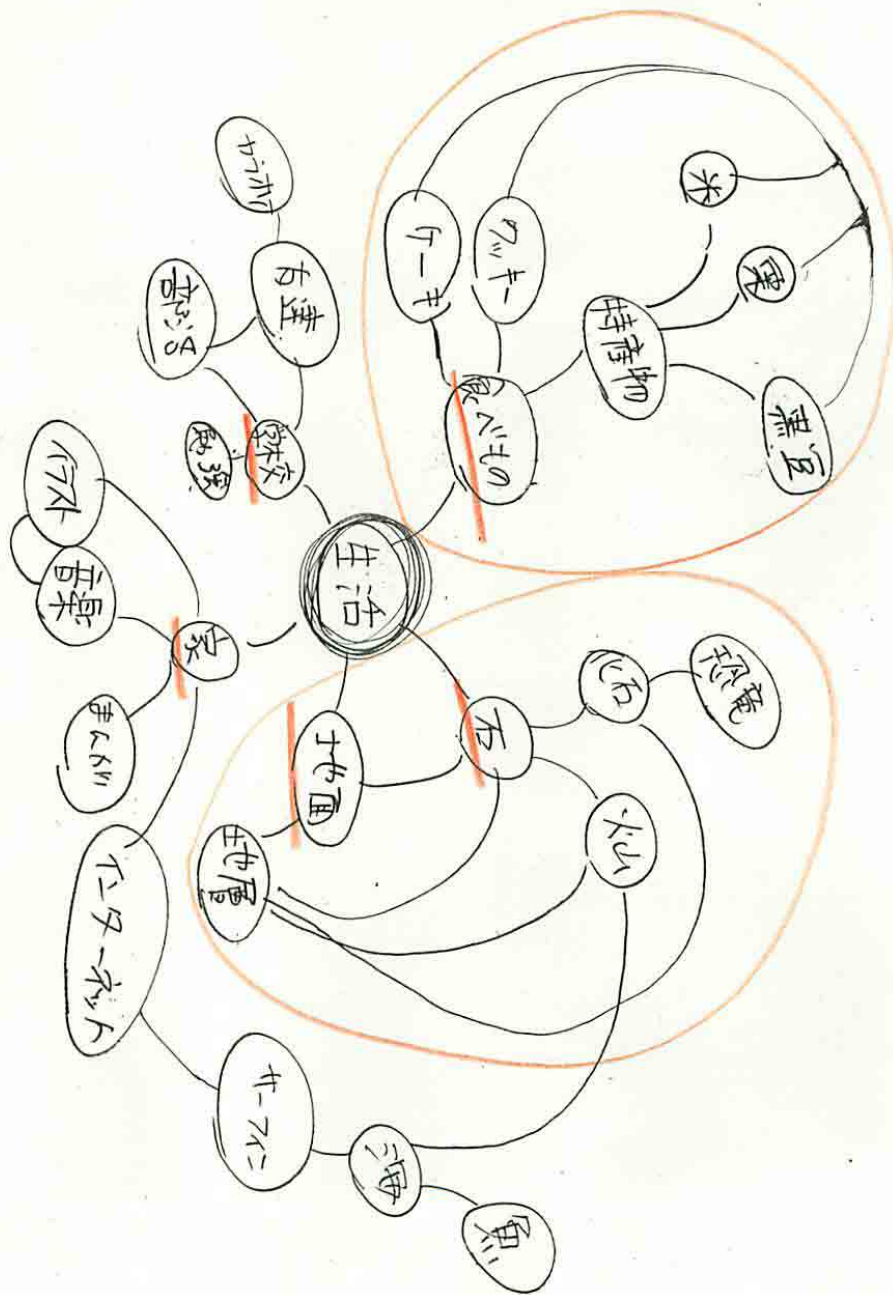
付録1 事前コンセプトマップ(例)



付録2 事後コンセプトマップ(例, 付録1と同じ参加者のもの)



付録3 事後コンセプトマップ(例)



恐竜発掘地層ケーキをつくろう！ 事後評価 Let's Make a Dino-digging Cake: An Additional Evaluation

有田寛之*¹, 高橋みどり*¹, 先山 徹*², 嶽山洋志*³

国立科学博物館*¹, 兵庫県立人と自然の博物館*¹, 兵庫県立淡路景観園芸学校*³

Hiroyuki ARITA*¹ Midori TAKAHASHI*¹, Tohru SAKIYAMA*², Hiroshi TAKEYAMA*³

National Museum of Nature and Science*¹, The Museum of Nature and Human Activities, Hyogo*²

Awaji Landscape Planning & Horticulture Academy*³

概要：4回継続で行った「恐竜発掘地層ケーキをつくろう！」の参加者を対象に、プログラム終了3週間後に郵送にてアンケートを行い、最終回に企画・発表したケーキについての自己評価、プログラムに参加した後での地域の自然への認識の変化（深化）について尋ねた。

はじめに

「恐竜発掘地層ケーキを作ろう」では、洋菓子を切り口に地域の地質・自然や産業について理解を深めることを目的とし、お菓子を使った火山の再現実験や街歩きなどを通して、それらについて体験的に理解を深めた。また、ケーキをデザインし、発表することで、学んだことをまとめ、表現した。

事後に行った当アンケートでは、プログラムで学んだことのうち、どのようなことが印象に残っているか、そして、自分の住む地域に対する認識がどのように広がりや深まりを見せたのかを図ることを目的として行われた。そこで、企画したケーキの概要、プログラムで学んだことのうち元になった内容、こだわりの他、プログラムでいまだに印象に残っている内容、地域（丹波地方）についての認識について尋ねた。

質問の回答は自由記述を指定し、アンケートは郵送で行った。参加者8名にアンケートを依頼し、4名が回答した。

アンケート結果

1. 企画したケーキについて

回答者が企画したケーキは、全てが火山がモチーフになっており、その中でチョコレートやゼリーでマグマを表現したり、岩盤をタルトで表現したりしていた。

企画したケーキの元になっているのは、プログラムの第2回目で行ったチョコレートやケーキを使った火山の実験や、第3回目で行った街歩きであった。その中で、マグマがどのようにたまって吹き上がるかや、深成岩がどのように出来るかの知識が高い頻度で使われていた。

ケーキをデザインした際のこだわりとして、地層を模したスポンジの各層の違いや、チョコ

レートの中に生クリームをふんだんに使い、マグマのどろっとした感じを舌で感じる事が出来るなど、どの企画も素材の材質を生かして自然の再現を行っていた。

2. プログラムで印象に残っていること

プログラムで印象に残ったことを挙げてもらったところ、学んだこととしては以下の5点が挙げられた。

- ・翼竜は恐竜ではないこと
- ・国産の御影石と中国産の御影石は違うこと
- ・断層と天井川
- ・丹波竜の発掘の話
- ・神戸の川が氾濫したときのこと

また、ケーキを食べながら学んだことや、実験を多く行ったこと、実験で見られた火山の事象について、実際の写真を見ながら解説を聞いたことも、印象に残ったこととして挙げられた。

3. 地域（三田、丹波地方）の自然についての認識

参加者の住む地域はどのようなところだと思うか、自由に書いてもらったところ、全回答者4名中全員が「自然が多い」ことを挙げ、3名が「三田はニュータウンであるため、街（都市部）と自然がうまく共存している」との観点を挙げた。特に、田んぼや畑がすぐ近くにあるが、季節ごとの変化を感じることが出来る、色々な体験ができる。しかしその一方で、そのような風景を「昔の風景」「昔の〇〇」と特別に捉えるのではなく、「今の姿」であることを教えてもらえるとの指摘もあった。

また、丹波特産の農産物で全国的に有名なものもあることや、大水害や震災などに見舞われても、その都度住民が力を合わせて街を復興し

てきたことが誇らしいと、プログラムを通して自分の住む地域を見直す声も聞かれた。

考察

当アンケート結果より、プログラムで体験したことが時を経ても印象に残っていることが分かる。一方で、プログラム実施中に行ったアンケートでは、火山の再現実験が印象深かったとの記述が非常に多く見られたが、この事後アンケートでは、翼竜と恐竜の違い、断層と天井川、神戸の水害など、多様な内容が挙げられた。これより、他の事項に対する印象も参加者の中に定着してきていることが分かった。

また、三田に自然と都市部が共存しているのは、参加者が日々の生活の中で経験していることであるが、他の都市部ではほとんど見られなくなった田園風景も三田においては「今の姿」であることを認識できたことや、過去に住民が災害を乗り越えてきたことに誇りを感じたことなど、プログラムで扱ったことを総合的に学び取り、地域の自然に対する認識に深まりを見せていることが分かる。

このように、洋菓子を切り口として地域の自然や産業、防災について総合的に学ぶこの試みは、自分の住む地域に対する参加者の認識を改めることに寄与した。プログラムの各回でケーキやお菓子を試食することや、ケーキの企画案・ケーキ作りという誰もが注目する活動を入れたが、参加者はそれらに終始することなく、提供されたきっかけを有効に使い、プログラムでねらった学びを吸収した。

このプログラムにおいては、地質学を専門とした博物館職員や街作りを専門とする大学教員、そして自然を模した洋菓子作りに興味を持ったパティシエなど、個々の講師の持つ知見がプログラム内容に効果的に合致し、参加者の学びがより促進された。そのような特定の人材はいつも確保できるわけではなく、その意味で、このプログラムの成功は特別な例であるかもしれない。しかし、地域の特性を抽出し、それに見合った資源を選び出すことは、どの地域やテーマのプログラムでも十分可能であると思われる。

火山と暮らしのおいしい関係 Sweet Relationship between Volcanoes and Our Life

有田寛之, 高橋みどり

国立科学博物館

Hiroyuki ARITA, Midori TAKAHASHI

National Museum of Nature and Science

概要：お菓子を使った火山の再現実験を通して火山のメカニズムを体験的に学ぶと共に、関東地方にある火山が人々の暮らしにどのような影響を与えているのかについて、地域の農産物を初めとした諸資源を参考に考察していくことにより、理解を深めた。

キーワード：火山, お菓子, 関東ローム層, 実体験

はじめに

本プログラムは、平成 20 年度に行った洋菓子を切り口として地域の自然について学ぶプログラム「恐竜地層発掘ケーキをつくろう！」を元に、火山と関東地方における暮らしの関係に着目したものである。

東京都及び近隣に住む中高生を対象に、火山と私たちの暮らしには深い関係があり、様々な恵みも受けていることを理解させることを目的として、火山の成り立ちを実験を通して体験的に理解をし、関東ローム層の地質について学んだ。また、農産物、観光資源など、火山が生活にもたらす恩恵についても考察を深めた。

プログラムのねらいと期待される効果

プログラム開発にあたり、以下の 2 つのねらいを設定した。

- ・火山活動の元である地下のマグマの動きを目で見ると共に、地殻変動によりどのように地表に出てくるかについても理解を深める。
- ・火山と暮らしの関わりを知る。(自然現象による暮らしへの影響は、悪い面だけでなく良い面もあることを理解する。)

本プログラムでは、これらを、食材を使って実験をすることにより、楽しみながら学ぶことを目指した。

プログラムの概要

本プログラムは、(1) 火山の成り立ちと溶岩・火山岩の種類、(2) 食材を使った火山の再現実験、そして (3) 生活との結びつき、

恩恵：関東ローム層と農業、火山と温泉の 3 つの要素で構成した。

(1) 火山の成り立ちと溶岩・火山岩の種類

ここでは、ハワイ島にあるキラウエア火山の火口付近やマグマが沿岸部まで流れている様子の空中映像を元にして、マグマの粘度や流れる様子を実際に見て学ぶとともに、富士山や昭和山の新山の成り立ちを通して、様々な火山の形態やマグマの粘性との関係、そして火山岩についての理解も深めた。

また、北アルプスの写真を元に、火山と火山ではない山の違いについての解説や、なぜ火山ではない山において火山岩が見られるのかについての解説から、地殻変動についても学んだ。

(2) 食材を使った火山の再現実験

ここでは、解説で扱ったものを実際に観察して理解を定着させることを目的として、チョコレートやココア、ケーキを使ったモデルを通して、マグマの流出の様子やカルデラのでき方を体験的に学んだ。

本プログラムの元になったプログラム「恐竜地層発掘ケーキをつくろう！」で洋菓子を切り口としたのは、ココアやケーキを使うと、火山活動の様子が安全に、かつ臨場感を持って再現することが出来る(林, 2006) ことに加え、神戸に古くから洋菓子文化が存在し、三田には個人が営業する洋菓子店が多いことが全国的にも知られているため、地域の産業や街づくり・防災とも絡めて行うことが出来たからである。本プログラム「火山と暮らしのおいしい関係」では、火山活動の過程と結

果の双方を、臨場感のある実験を通して小さいスケールのものを俯瞰することにより全体像を実感して理解することができるという利点に注目し、同じく食材を使って実験を行うことを取り入れた。

湯せんで溶かしたチョコレートをマグマに見立て、ココアで作った山に下から注入してマグマ流出の様子を観察した実験では、粘度の異なるチョコレートを用意し、流出の仕方の違いを観察した。また、最も粘度の低いマグマの例として、ハチミツを使って同様の実験を行い、それぞれが解説で扱ったどの火山のモデルであるかを話し合った。



図1 ハチミツを使った火山の噴火実験



図2 実験結果を元にした考察・議論

次に、クリームや砕いたナッツ、オレンジピールを挟んだ二層のケーキを山に見立て、同様にチョコレートを注入して様子を観察した。そこでマグマだまりや岩脈・岩床がどのようにになっているのかについて理解を深めるとともに、砕いたナッツやオレンジピールの部分をチョコレートのマグマがどのように通

過・浸透するか、そしてナッツとオレンジピールはそれぞれ何がモデルになっているのかについて考察を加えた。

最後に、カップに入れた練乳の上からココアを振りかけて山を作り、カップの底から練乳を抜いてカルデラを再現した。ここで、カルデラが出来る過程や出来たものを詳細に観察することにより、実寸では大きすぎてイメージがわきにくいカルデラの生成過程や形を理解していった。



図3 ココアと練乳を使ったカルデラの再現

(3) 生活との結びつき，恩恵：関東ローム層と農業，火山と温泉

ここでは、解説・実験のまとめ及び火山と人々の暮らしとの関わりを学ぶため、火山のどんな側面が人々の生活を制限しているのか、あるいは生活に恩恵を与えているのかについて考えていった。

具体的には、火山のある地域の地質の特徴やその利用法をはじめ、特に関東ローム層で取れる農作物の種類や、その作物を作ることの利点について参加者があらかじめ持っていた知識や本プログラムで学んだことを元に議論をした。さらに、観光資源としての火山という側面から、火山の恵みの一つである温泉やカルデラがある長野・群馬両県にまたがる浅間山や熊本県阿蘇山の地形と照らし合わせ、人々の暮らしとどのような関係があるのかを話し合ったりした。

評価の実施

本プログラムにおいては、参加者が火山についてどのような既存の知識を持っているかをはじめに尋ね、プログラム終了後に、学んだ内容や活動の中でどんなことが印象に残っ

たのか、そして、火山と生活はどのように関わっているのかについて尋ね、学びの伸びを検証した。

参加者が3人と少数であったこともあり、既存の知識を問う質問も、印象に残ったことや学びの伸びを問う質問も、プログラムの流れに組み込んで行い、自由な雰囲気の中でプログラム内容に即した生の声を拾うようにした。一方で、プログラム後に行った質問は、まとめの議論という形で行った。このため、得られたデータは一人一人というよりもむしろ、3人が議論した内容であると位置づけられる。

評価結果

1. 参加者の既存の知識

プログラムのはじめに火山について知っていることを尋ねたところ、マグマ、火山帯、溶岩、火砕流、温泉、地熱発電のキーワードが挙げられた。これらは学校の理科の授業で火山について学んだ時に出てきたものであるということだった。挙げられたキーワードについての理解は定着しているようであったが、同じく理科の教科書で扱っている火山が出来るメカニズムや火山岩との関係に関する事項は挙げられなかった。

また、東京都とその近郊に住んでいる参加者の身近に火山がないためか、生活に関わるものなど、授業で扱ったもの以外の事項は挙げられなかった。

2. プログラムで印象に残ったこと

プログラム後にまとめの議論として行った評価において、参加した全員が、カルデラの実験とチョコレートやハチミツを使った火山の実験が印象に残ったと答えた。実験によってカルデラの出来る過程を実際に確認することができたため、「こういうふうに見えるんだ」と認識を新たにし、カルデラが出来る過程も出来上がったものもとてもリアルでおもしろかったということであった。また、ココアの山が割れてマグマが地表に出てくる様子についても同様に、本物のようでおもしろかったとの声が聞かれた。

山の成り立ちについても議論がなされた。一つは、「恐竜発掘地層ケーキをつくろう！」で扱った兵庫県の山の資料を比較材料として本プログラムにおいても扱ったところ、現在火山として有名である山以外にも火山由来の

山があるということが、参加者にとって新しい知識だったようであった。もう一つは、火山ではない北岳の頂上付近に火山由来の岩石である花崗岩が帯状に存在している写真より、火山由来の岩石が参加者の思いも寄らない場所で見られるのは、火山活動そのものによるものではなく、長い年月をかけた地殻変動によるものであることにも興味を持ったようであった。それらの事項より、どの山が火山でどの山が火山ではないのか、どういうところからそれが分かるのかなどについて研究をしてみるとおもしろそうとの意見が聞かれた。

また、マグマを模したチョコレートを山の下から上へ向けて注入しても、ココアの山の具合やケーキの層に挟まれているものによってマグマが真上に出るとは限らないことが印象に残ったということであった。参加者は、実際の火山においても、山の構造や地層に含まれている岩石の大きさ・固さによりマグマの噴出の方向や流れ方が異なるということに気づき、現在ある山の姿は様々な要因が互いに作用し合った結果のものであり、回答が必ずしも一つではないことがおもしろかったとする意見や、そういうことを研究してみるのもおもしろそうという意見が聞かれた。

上記に関連して、昭和新山が出来たときにどのように記録が取られたかについての話もおもしろかったとの意見が出た。昭和新山が一望できる近隣の郵便局で、局員が窓に紙をおいて定期的に山の輪郭を写していき、それが後に貴重なデータ（ミマツダイヤグラム）となったというプログラム中の解説は、参加者の印象に大きく残ったようである。このことも、火山の研究がおもしろそうであるという意見につながったようであった。

ハワイのキラウエア火山の話は、写真や実験で扱ったようなモデルではなく実際の火山の映像であったために、火口から出てくる噴火の煙やいまだに赤くくすぶっているマグマ、道路に溶岩が流れて観光スポットになっている場所、そして粘性の低いマグマが流れて海岸に達した時に、その熱のために海水が瞬時に水蒸気へと変わる様子を見ることができ、参加者にとって大きなインパクトがあった。

3. 生活との関わり

プログラムを通して生活と火山の関わりについて何を考えたのか、どのように理解が深まったのかを尋ねたところ、参加者全員が、

これまで火山を野菜などにつなげて考えたことがなかったと答えた。また、関東地方の畑における野菜の栽培に火山灰(関東ローム層)が関係していることもこれまで知らず、大変興味を持ったということであった。

考察

本プログラムの試行を通して、最も参加者の学びに効果的であったのは、食材を使った火山の再現実験によって、参加者の火山に対する理解に大きく貢献したことである。また、写真や映像を使った火山の様々な側面に関する解説も、学校の理科の授業で扱う範囲を超えて火山活動のメカニズムや諸現象を理解させることに貢献した。これより、プログラムでねらいとした「火山活動の元である地下のマグマの動きを目で見ると共に、地殻変動によりどのように地表に出てくるかについても理解を深める」ことが達成されたと言える。

また、昭和新山の観測の話や、地殻変動の作用により火山岩が火山ではない山のあたりに現れることより、このようなことを深く研究したらおもしろそう、と参加者の更なる興味を引き出すことも出来た。

解説時に用いた写真や映像も、参加者が手を動かして体感的に理解することを目指した火山の実験を効果的に補足した。プログラムで行った火山の実験では、参加者は、実寸ではイメージがしにくい現象を俯瞰してイメージすることができたが、実際の映像で見た火山活動の様子からは、逆に本物の臨場感を感じさせることができ、スケールとメカニズムの両面から参加者の理解を深めることが出来た。

関東ローム層と農作物の関わりの解説により、参加者は先に挙げられた観光資源としての火山という関わり以外の知見を得、興味を促すことも出来た。一方で、この解説においては、火山と農作物との関わりについての新しい知識を得るに止まってしまい、もう一つのねらいである「火山と暮らしの関わりを知る」ことに関しては、十分踏み込んで扱うことが出来なかった。これは、火山の再現実験が予定外に時間を取ったことと、参加者にとって、火山は人々の暮らしに脅威となるということは知っていたが、もたらず恩恵についての知識がもともとなかったため、解説した内容が実感しきれなかったこと、そして、参加者の住む東京都やその近郊では、地産地消

や産地直売を目指していても、需要が供給を上回る上、輸入品などに押され、関東地方において地元で生産された野菜を入手できることをイメージしにくいことが原因として考えられる。

参考文献

林信太郎：世界一おいしい火山の本，小峰書店，127 ページ，2006

めざせ砂金ハンター ～河原の砂金はどこから来るの？～ Let's Become a Gold Hunter ~ Where Do Gold Dusts Come from?

原田光一郎^{*1}, 松原 聡^{*1}, 平田大二^{*2}, 高橋みどり^{*1}
国立科学博物館^{*1}, 神奈川県立生命の星・地球博物館^{*2}
Koichiro HARADA^{*1}, Satoshi MATSUBARA^{*1}, Daiji HIRATA^{*2} Midori TAKAHASHI^{*1}
National Museum of Nature and Science^{*1}, Kanagawa Prefectural Museum of Natural History^{*2}

概要：中・高校生を対象とした科学リテラシー涵養のための学習プログラム「めざせ砂金ハンター ～河原の砂金はどこから来るの？～」を開発し、平成20年10月4、5日に国立科学博物館で実施した。本プログラムは、野外の河原における実習と博物館内での実習・解説を組み合わせ、中高生の地学的概念の向上を目指すものである。ここでは、本プログラムの概要と実施後の評価を報告する。

キーワード：科学リテラシー，地学教育，中高生

プログラムの目的とねらい

本プログラムは、河原の砂金を切り口に、中高生の地学的概念、中でも特に大地の成り立ちに関する知識・認識を向上させるとともに、ここから生み出されるレアメタル等、我々の生活を潤す大地の恵みについて理解を深めることを目的とする。

上記目的の達成のため、下記3点のねらいを定め、プログラムの開発・評価を行った。

- ①砂金・河原の石の地学的生い立ち「岩石・金鉱床の生成～風化浸食と運搬～河原への堆積の過程」を知る。(→大地の成り立ちの理解へ繋がる)
- ②砂金採集において、金の性質(比重)、川の流れの特徴等、地学的要素を意識し・活用する。(→大地の成り立ちの理解へ繋がる)
- ③身近な電子機器に金を始めとするレアメタルが使用されており、現在の便利で快適な生活を支えていることを感じる。(→大地の恵みの理解へ繋がる)

プログラムの実施概要

参加者は中高生6名、プログラムは2日間連続の日程で、初日の平成20年10月4日(土)は東京都昭島市の多摩川河原で終日実習を行い、2日目の5日(日)は国立科学博物館内にて半日の実習と解説を行った。

【プログラムの流れ】

- 10月4日(初日) 多摩川河原にて
- ①イントロダクションとして河原で砂金たまりやすい場所とその理由を意識しな

ら作業を促すための砂金採集のコツを解説。

- ②多摩川河原で砂金採集を行う中で、砂金(実際には現場では砂鉄を中心とした重砂の採集を行う)の多い場所の特徴の記録を取る。ここでは砂金の比重に注目したパンニングテクニックについて指導者が見本を見せながら指導を行う。



図1 砂金採集の様子

○10月5日(2日目) 博物館にて実習・解説

- ①比重による砂金の挙動を意識しながら、お椀とタライを使ったパンニングと実体顕微鏡観察を併用し、重砂の中から砂金のピックアップを行う。ここで、採集した砂金は採集データとセットにすることで価値が高まることを意識させる。
- ②岩石・金鉱床の生成～風化浸食と運搬～河原への堆積という河原の石および砂金の生い立ちの過程を、現地で採集して

きた石と参加者各自が野外で記録をした砂金採集ポイントの特徴の意見交流・ふりかえりを行いながら、解説を行う。

- ③科博の地学展示を見学しながら、なぜ日本は金の産出が多いのか。日本列島の地盤（岩石）の成り立ちから考えていく。
- ④中高生に馴染みのある電子機器を中心に、金を始めとするレアメタルを大地の恵みと捉え、現在の便利で快適な生活を支えている事を解説する。



図2 砂金のピックアップの様子

【指導・引率】

2日間のプログラム実施に当たっては平田、松原、原田、高橋に加え、国立科学博物館教育ボランティアで、国立科学博物館の特別展金展に関わり砂金採集・解説経験のある2名（内久根・匹田）が指導・引率を行った。

調査結果

a. 参加者について

本プログラムは、過去に国立科学博物館のプログラムに参加した経験のある中高生を対象に募集チラシを配布し、事前申し込み制で行った。プログラムに参加したのは、中学1年3人、中学2年1人、高校1年2人の計6人であった。このうち、高校1年の1人は2日目のプログラムのみに参加した。

b. プログラムへの参加理由について

このプログラムへ参加した理由として、A「砂金採集をしてみたかったから」B「砂金がどこから来るのかについて興味を持ったから」C「国立科学博物館での活動に参加してみたかったから」D「東京で砂金が

取れるなんて信じられなくて、確かめてみたかったから」そしてE「その他」の5つの選択肢を挙げ、2つまで選んでもらった。このうち、C「国立科学博物館での活動に参加してみたかったから」は、国立科学博物館で行うから興味があったのか、それとも当該プログラム自体に興味があったのかを測るために設定し、D「東京で砂金が取れるなんて信じられなくて、確かめてみたかったから」という選択肢は、募集チラシにあった「砂金の採集場所は、なんと東京都の多摩川！ほんとに多摩川で砂金が採れるの？」を受けたものである。

この問いにおいて、6人全員がA「砂金採集をしてみたかったから」を選択し、3人がB「砂金がどこから来るのかについて興味を持ったから」、2人がC「国立科学博物館の活動に参加してみたかったから」を選択した。

c. プログラムで学んだ内容について

プログラムで学んだ内容について尋ねた質問において、2日間参加した5人（表中の参加者1～5）のうち4人が学んだ内容を具体的に記述した。この具体的な回答の中で、2人が「金は重い」「金はさびず、伸びる」と、金の物性について記述し、3人が「金は山（上流）から流されてくる」「東京（身近な川）でも砂金が取れる」「金は長い年月をかけて作られる」と、金や砂金に関わる地学的要素について記述した。

表1 質問「今日のプログラムの中で、どんなことを一番学びましたか？」に対する回答（素データ）

参加者	学んだ内容
1	金は重く、さびなくとても伸びることを知った。
2	金はどこでできるのか。どのくらいの大きさなのかがよく分かりました。
3	金は上流からやってくる 金はとても重い 東京でも砂金が取れる
4	身近な川などから「金」がとれるなんて思ってもいなかったので、とても驚いた。しかも金がとても遠くの山から流されてきたということを初めて知った。

5	砂金というのは、長い年月をかけて自然が作ってくれた天然物の鉱石であること
6	砂金の流れてくる場所 金の取り方

d. 参加者の学びの自己評価

プログラムのねらいを受け、アンケートでは A「川のどんなどころに砂金がたまりやすいかを理解できた」 B「お皿を使って砂金を効率よく採集する方法が分かった」 C「金はどのように自然界に出てくるのかを理解できた」 D「日本で金がたくさん取れる理由が分かった」 E「なぜ電子機器に金が使われているかを理解できた」との言明を設定し、それぞれについてどう思うかを問う質問（5段階のライカートタイプ）を作成した。

表2 参加者の学びの自己評価結果

	A	B	C	D	E
とても思う	1	4	4	2	5
思う	5	2	2	3	1
どちらでもない	0	0	0	1	0
あまり思わない	0	0	0	0	0
思わない	0	0	0	0	0

どの質問においても肯定的な回答が多く、参加者はプログラムの内容を理解できたと感じていることが見て取れる。

また、興味や学びの発展を図ることを目的として、F「もっと河原で砂金を採集してみたい」 G「もっと金の生成や河原への堆積について学んでみたい」 H「今日学んだ内容を家族に教えてあげたい」の3つの質問を同様に作成し、どう思うかを尋ねた。

表3 参加者の興味・学びの発展自己評価結果

	F	G	H
とても思う	4	2	3
思う	2	3	2
どちらでもない	0	1	1
あまり思わない	0	0	0
思わない	0	0	0

どの質問もほぼ肯定的な回答を得たが、G「もっと金の生成や河原への堆積について学んでみたい」との質問への回答は、はっきりと肯定的であると言える結果とはなかった。

e. 日本と金の関係について

ここでは、プログラムで扱った日本と金の関係について家族や友達にどう説明をするかという設定で、自由記述の質問を行った。前述の参加者の学びの自己評価の質問では、C「金はどのように自然界に出てくるのかを理解できた」 D「日本で金がたくさん取れる理由が分かった」 E「なぜ電子機器に金が使われているかを理解できた」と尋ねたが、実際にどのくらい理解しているのかを測ることを目的としたものである。

表4 日本と金の関係回答

参加者	日本と金の関係
1	日本の金の需要は高い
2	金はどんな色をしていて、どうやってできているのかを説明したいです。
3	宝飾品だけではなく、パソコンや携帯電話などにもタップリ金が使われている
4	日本でたくさん使われている携帯電話にも金が使われているということ
5	金は火山のマグマからできる鉱脈からできる 日本は火山国なので、金がよく採集できる
6	今は電子機器が多く輸出されたりするので、金はとても必要である

この質問においては、4人が金の需要について触れ、日本列島に多く存在する火山や金鉱脈との関係を記述したのは1人に留まった。

f. 砂金採集について

ここでは、参加者の学びの自己評価を尋ねた A「川のどんなどころに砂金がたまりやすいかを理解できた」の質問に対応させ、実際の理解度を測るために、実習時に川のどんなどころで砂金を採集したのかを、その場所を選んだ理由と共に自由記述にて尋

ねた。第1日目の実習に参加した5名がこの質問に回答した。

表5 砂金採集の場所と選定理由結果

参加者	選んだ砂金採集の場所（上段）
	選んだ理由（下段）
1	草の根の中（採集できた） 高くて砂だけのところ（失敗） 教えてもらったから
2	雑草の根っこ（ひげ根）のところを採集しました たくさん金が取れると思ったので
3	①流れのあるところの砂→失敗 ②草の根元→一粒 ①少し黒っぽかった（砂鉄ではなく、石の色だった） ②根に金が引っかかっていると思ったから
4	砂鉄などがたくさん取れたところ ・草木の根やその近く全然取れなかったところ ・岩と岩の間や、小石があるところ ・土の上の方は石がたくさんあって砂がなかった。 ・草の根に金などが引っかかっている
5	・くぼみに草が生えていて、砂がたまっているところ 地層の上と下 ・くぼみに砂が多くたまっている、砂鉄が多く取れたから ・地層は、ふとありそうだったから
6	実習を欠席したため、無回答

この質問に対して、3人が砂金を採集できなかったところも含めて記述した。採集場所を選んだ理由の記述もほぼ具体的であった。記述の内容も川の流れや金の比重を意識していることが分かる。

g. 砂金のピックアップについて
砂金のピックアップ方法とその方法を行った理由を尋ねた。

表6 砂金のピックアップ方法と選定理由結果

参加者	ピックアップ方法（上段）
	それをした理由（下段）
1	軽い砂をたくさん落とす 教えてもらったから
2	上下左右をしました+回す それをやると軽い石も早く取れるから
3	お皿をゆらした 軽いものをとぼすため
4	皿の中の砂を指で混ぜた 下の方にたまっている小石などを出すため
5	・皿を大きく回す時と小さく回す時は使い分けをした ・砂がすべて流れてしまった 最初、皿を大きく回していたが、砂がすべて流れてしまったので、ある程度流れたら小さく回してみた。
6	実習を欠席したため、無回答

砂金のピックアップをする際にはほぼ全員がパンニング皿を揺らすことを挙げたが、上下左右に動かしたり、大きく回すのと小さく回すのを使い分けたりするなど、個人で工夫した様子が見て取れる。また、「軽い石を取るため」にパンニング皿を回すとの記述をした人が3人おり、金の比重を意識してピックアップを行ったことが分かる。

考察

本プログラム実施の参加者アンケートには直接表れていないが、実施後の振り返りとして、下記2点が課題として挙げられる。①中高生の試行錯誤を通じた地学的概念の習得のアプローチ

本プログラムでは、大地の成り立ちの理解を促すために、「岩石・金鉱床の生成～風化浸食と運搬～河原への堆積の過程」について講師が解説を行った。しかし、一方的

解説になりがちであり、より効果的に中高生の理解を促すためには、中高生が自ら考えたり、議論の中で答えを導き出すような試行錯誤をさせるアプローチを検討する必要があると考える。

例えば、砂金と共に河原の石を採集し、参加者が石の同定と、川上流部における石の起源を地質図上で推測する中で地学的サイクルを意識させるなどのアプローチの可能性はある。

②扱う内容の精選の必要性

本プログラムの目的として、大地の成り立ちに関する知識・認識を向上させることとレアメタルの産業利用から生活を潤す大地の恵みについて理解を深めることの二つの視点を掲げたが、短い実習時間の中では両方を深めるにはやや無理があったのではないか。

特に、後者のねらいを達成するためには、前者を達成した上で、さらにレアメタルの物性等についてのベースとなる知識・理解が必要であるため、今回のプログラムでは、前者の大地の成り立ちの理解に絞り、よりプログラムの内容・アプローチ方法を検討するほうが効果的プログラムとなったと考えられる。

めざせ砂金ハンター ～河原の砂金はどこから来るの？～ 外部からの評価 External Evaluation on “Let’s become a gold hunter ~ Where do gold dusts come from?”

高橋みどり^{*1}, 原田光一郎^{*1}, 平田大二^{*2}
国立科学博物館^{*1}, 神奈川県立生命の星・地球博物館^{*2}
Midori TAKAHASHI^{*1}, Koichiro HARADA^{*1}, Daiji HIRATA^{*2}
National Museum of Nature and Science^{*1}, Kanagawa Prefectural Museum of Natural History^{*2}

概要：宇宙・地球・環境と社会グループ中高生向けプログラム「めざせ砂金ハンター～河原の砂金はどこから来るの？(以下、「めざせ砂金ハンター」)」について、同様のプログラムに参加した小学校・中学校の教師3名から意見を聴取した。

はじめに

本研究の宇宙・地球・環境と社会グループのメンバーであり、本報告の筆者の一人である平田は、理科教師のための研究グループ「あしがらNST研究会」の事務局を担当している。あしがらNST(Natural Science Teacher)研究会とは、科学研究費「子どもが主体的に学び、科学を好きになるための教育システムの開発に関する実証的な研究」(研究代表：五島政一 国立教育政策研究所, No.17200046)の研究グループである「あしがらグループ」が組織した研究会であり、神奈川県立生命の星・地球博物館の学芸員と神奈川県西湘地区小中学校の教員が連携し、足柄地域における教材開発の研究や研修を実践している。

ここでは、「めざせ砂金ハンター」実施後の2008年12月、第2回理科研修会「パンニング技術の習得と鉱物の採集—砂金、宝石」が行われ、4人の小学校・中学校教師と4人の中学生が、神奈川県河内川(こうちがわ)河床よりパンニング技術を使って砂金やガーネットなどの鉱物を採集し、同定のコツを学んだ。

この理科研修会にオブザーバーとして参加し、教師の取り組みの様子を観察すると共に、実際に砂金採集を行った立場から「めざせ砂金ハンター」を評価してもらった。理科研修会に参加しなかったあしがらNSTメンバーにも書面で評価を依頼し、計3名から回答を得た。なお、「めざせ砂金ハンター」の評価と合わせて、理科授業において地学を扱う際の難しい点、そして扱う理科の内容と社会の仕組み・現象を絡めて教える際の工夫についても尋ねた。

両プログラムの違い

「めざせ砂金ハンター」では、砂金を切り口に、大地の成り立ちに関する知識・認識を

向上させるとともに、ここから生み出されるレアメタル等、我々の生活を潤す大地の恵みについて理解を深めることを目的とした。そのため、参加者が採集した砂金がどこから来ているのか、なぜ日本には金が多く産出するのかを理解するために、金の性質(比重)、川の流れの特徴等、地学的要素を意識し活用することに重点を置いた。また、貴金属としての価値とは別に、現代社会において金がどのように利用されているのかについての理解を図るために、身近な電子機器に金を始めとするレアメタルが使用されていることにも触れた。

一方、「あしがらNST」で行った理科研修会では、パンニング技術を使って、砂金やガーネットなどの鉱物を採集し、同定できるようにすることが目的であった。そのため、砂金に限らず、採集した鉱物全般について、観察を通してその特徴を学ぶことに重点が置かれていた。

「めざせ砂金ハンター」の評価結果

回答した3名の教師は、経験14年の小学校教師、経験32年の小学校教師(専門は理科)、そして経験38年の中学校理科教師であった。「めざせ砂金ハンター」は中高生向けプログラムであったため、小学校に勤務している教員には、分かる範囲で答えてもらった。

「めざせ砂金ハンター」が生徒の科学的能力を伸ばすのに実際に有効だと思うかの問いに対して、3名全員がそう思うと答えた。伸ばすことの出来る科学的能力として、知識(回答数2)、科学的な見方や考え方(同2)、実生活との関わり(同2)、積極的に学ぶ態度(同1)、スキル(同1)が挙げられた。

回答した3名全員が「めざせ砂金ハンター」が中高生プログラムとして適切であると評価

した。実際にこのプログラムを行う場合、どの単元とどのように結びつけるかを尋ねたところ、「地学単元において、導入として使う」「1年生の第一分野・比重の単元において、砂金が見つかる場所の条件。そして1年生の第二分野において、パンニングによって得た他の鉱物への興味・関心の深化」「大地の成り立ちと変化の単元において深成岩の組織と結びつける」との回答を得た。

「めざせ砂金ハンター」のプログラム案を検討した感想を尋ねたところ、以下のようになった。

教師	感想
1	<ul style="list-style-type: none"> ・自然体験ができ、金という印象が、子どもにとって興味を持ちやすい。 ・子どもが抱くであろう疑問を予想し、それを元に追究する場面が必要。追究の視点が必然的に岩石やその起源、地質や大地の生い立ちに発展していく学習の場が保証されると良いと思う。 ・追究する場面が、予想される子どもの思考過程を元に単元構成される必要、さらに、学習指導要領の指導内容に関わって、系統的に発展するように整理される必要がある。
2*	<ul style="list-style-type: none"> ・夢がある上、学習への関連もある良いプログラムであると思う。博物館主導型であると思うが、学校では、2時間続きで実施できるものもある。
3	<ul style="list-style-type: none"> ・砂金ということで、生徒の興味・関心を高めることが出来るが、確実に誰にも取れると言うことが必要だろう。 ・はじめから砂鉄も視野に入れて考えたかどうか。

*：中学教師の回答

理科授業に関する質問の結果

理科の授業で地質に関わる内容を教えるときの難しい点を尋ねたところ、小学校教師の2名が地域の素材の教材化と回答した。その理由として、2名が時間的制約、1名が教材としての価値を見出すための専門知識の不足を挙げた。中学校教師は、岩石や鉱物の同定を回答した。この教師は合わせて、この点についてはとにかく実習をたくさん行うことにしていると記述した。

また、理科の授業において扱う内容と関連する社会の仕組みや現象を絡めて教える際の工夫を尋ねたところ、最新科学ニュースの蓄積、録画したテレビ番組の利用の他に、例え

ば「電気は使う側だけでなく、作る側のこと(発電の工夫)を扱う」などと、多面的なものの見方を提示することも挙げた。

まとめ

「めざせ砂金ハンター」と類似のプログラムである「あしがらNST」の第2回理科研修会に参加した理科教師に「めざせ砂金ハンター」を評価してもらったところ、広範な内容を扱っており、中高生にとって効果的なプログラムであるとの評価を受け、また、以下の点において助言を受けた。

- ・「めざせ砂金ハンター」は、知識をはじめ、科学的な考え方や実生活との関わりなど広範な観点から参加者の学びを促進することを目指しており、参加者の総合的な科学的能力を育成するのに有効である。
- ・学校で「めざせ砂金ハンター」を使用する場合には、細切れにして部分を使うことも考えられる。
- ・一方で、自由な枠組みで行っているため、じっくり全てを行うことが出来れば、ものごとを広範に扱うこと、じっくり学ぶ場を提供することにおいて有効である。
- ・プログラムの効果について万全を期すためには、系統的に発展する内容になっていることが必要になってくるとの指摘があった。この指摘は、このプログラムは、中高生が対象であっても、内容が十分整理されていれば、広範な内容を扱うことが無理なく効果的に出来ることを示唆している。
- ・実際の授業において、地域の自然を教材化することの難しさが指摘されたが、このプログラムは砂金を切り口として地域の地質や砂金の由来を扱っており、この点において効果的であることが分かる。時間的制約を挙げた教師もいたが、時間の確保が可能ならば、このプログラムを理科の授業で扱うことにより、他の単元との関連を深めることが出来、互いに有効な学びとなるのではないだろうか。

おわりに、今回の理科研修会にて、「めざせ砂金ハンター」を実施していただくとともに、アンケートにご回答いただいた、あしがらNST研究会メンバーの方々にお礼申し上げます。

化石は語る ～化石が教えてくれる過去の環境～ Fossils Give the Past Environment

原田光一郎^{*1}, 松原 聡^{*1}, 平田大二^{*2}, 高橋みどり^{*1}
国立科学博物館^{*1}, 神奈川県立生命の星・地球博物館^{*2}
Koichiro HARADA^{*1}, Satoshi MATSUBARA^{*1}, Daiji HIRATA^{*2}, Midori TAKAHASHI^{*1}
National Museum of Nature and Science^{*1}
Kanagawa Prefectural Museum of Natural History^{*2}

概要：中・高校生を対象とした科学リテラシー涵養のための学習プログラム「化石は語る ～化石が教えてくれる過去の環境～」を開発し、国立科学博物館で実施した。本プログラムは、化石を元に過去（地層堆積当時）の環境を推測する実習を通じて、探究活動における中高生の科学的なものの見方・考え方を育み、また大地の成り立ち・歴史（地史）に関する認識を向上させることを目指すものである。ここでは、本プログラムの概要と実施後の評価を報告する。

キーワード：科学リテラシー、動的地球観、化石、地史

プログラムの目的とねらい

本プログラムは、化石や地層の観察を基に過去の環境を推測する実習を通じて、探究活動における中高生の科学的なものの見方・考え方を育み、また大地の成り立ち・歴史（地史）に関する認識を向上させることを目的とする。さらに、日常生活に関連付けた動的地球観育成のために、自身の生活地域の地質学的背景の理解を深める。

上記目的の達成のため、下記4点のねらいを定め、プログラムの開発と実践を行った。

- ①地層と化石の分析から、過去（地層堆積当時）の環境を推測できることを知る。
- ②過去の環境の推測をするために、化石と地層の観察を基に、図鑑等資料を活用する。また、それを通して、観察データの意味や有用性を認識する。
- ③身近な地域の過去の環境と、その後どのようにして現在の環境に変化してきたか地史を知る。
- ④グループワークおよび他のグループとの意見交流の中で、コミュニケーション能力を向上する。

プログラムの実施概要

平成21年2月1日に行われた本プログラムには、高校生1人、中学生6人が参加した。参加した7人は、中学校での告知に応募してきた人や以前国立科学博物館の活動に参加した人である。また、がプログラムに参加したため、中学生の引率の教師や保護者など大人3人オブザーバーとして、一つのグループを

作ってプログラムに参加した。

プログラムは、以下の流れで行われた。

①化石の同定作業

始めに準備された複数の種類の貝化石を、同じ種類（似ている）だと思うもの同士でグループ分けし、化石図鑑を用いて種名の同定を行う。準備された化石は、全て千葉県印旛地域で採集されたものである。



図1 化石の分類と同定作業の様子

②過去の環境の推測・考察

この地域の貝化石の大半が現在でも日本近海に生息している種類（現生種）であることから、現在の貝の生態が掲載された図鑑と中高生の既知の知識を活用し、これらの貝が生息していた環境の推測・考察を行う。

③推測・考察結果の発表と意見交流

グループごとに推測・考察した過去の環境について、スケッチなどを用い発表し、質疑

応答など意見交流を行う。

その後、当時から現在までの地史について指導者が解説を行う。このプログラムは参加者達の住む関東地域の地史をテーマとすることで、参加者の興味・関心を高め、実習で学んだことの定着を促すことを念頭に置いた。

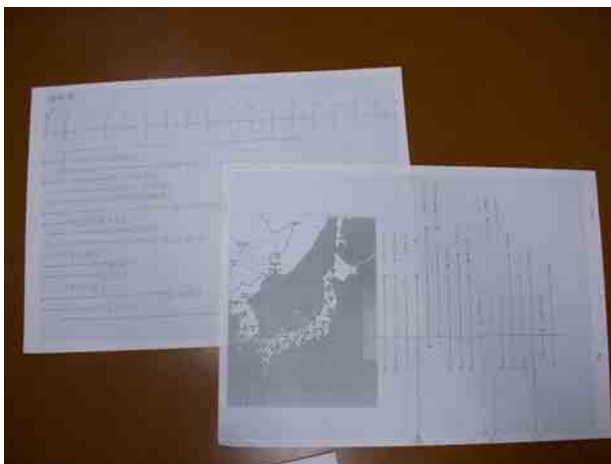


図2 過去の環境の推測のためのデータ



図3 参加者の発表の様子

評価の概要

本プログラムにおいて、印象に残ったことや学んだことその他、化石から古環境を推測する際にどんなことに着目したのかという作業のふり返りを参加者に尋ねることで、アンケート調査による評価を行った。また、共に参加した大人に対しては、感想を自由に記述してもらい、大人の立場からプログラムを評価してもらった。

調査結果 1—中高生用アンケートより

1. プログラムへの参加理由

当プログラムへの参加理由として最も多かったのが、「前から化石に興味があったから」

(回答者数 5 人)というものであった。次いで、「化石から昔の環境を調べることがおもしろそうだったから」(同 3 人)「化石を深く調べてみたかったから」(同 2 人)の理由が挙げられた。「自分の地域の化石を扱うことに興味があったから」は、当プログラムで一番重要なねらいとしているところであるが、それが明確に参加理由につながったのは 1 人であった。

2. プログラムにおいて印象に残ったこと

参加者の印象に残ったこととして、アンケート調査では、学んだことと活動そのものに分けて、印象を尋ねた。

プログラムで学んだことの中で印象に残ったものとして、3 人が貝の捕食と回答し、2 人が貝類の分別と回答した。また、化石を詳しく調べることにより古環境を推測することと回答したのは 2 人であった。

また、プログラムで行ったことの中で一番おもしろかったこととしては、3 人が貝の分類と回答し、それぞれ 1 人が「貝の捕食のあとを見つけたこと」「みんなで調査をしたこと」「貝の生息域の調査をしたこと」と回答した。これより、化石の同定作業中に見つけた貝の捕食の跡を示す貝殻の穴が、参加者の興味をひいたことが分かる。

3. プログラムの内容に即した理解度

プログラムで扱った内容やねらいとした事項について、参加者の理解度や発展的興味に対する意識を尋ねた(5 段階ライカートタイプ)。この質問には、全参加者 7 人中 5 人が回答した。

表 1 プログラムの理解度や発展的興味回答

	とても そう 思う	そう 思う	どちら でもない	あまり そう 思わない	そう 思わない
A.古生物学者がどのように研究をしていくのかが分かった	1	3	1	0	0
B.どのように化石を調べていくのか、方法が分かった	1	4	0	0	0
C.化石はどのように地上に出てくるのかを理解できた	1	3	0	1	0
D.なぜ化石が重要なのか、理由が分かった	3	1	1	0	0
E.自分が住んでいる街の昔の様子が分かった	1	3	1	0	0
F.自分で化石を採集してみたい	4	1	0	0	0

G.もっと化石と過去の環境について学んでみたい	3	2	0	0	0
H.グループの人と協力して作業・考察が出来た	1	4	0	0	0

上記の質問とプログラムのねらい・興味の発展との関連は、以下のようになっている。

ねらい①「地層と化石の分析から、過去（地層堆積当時）の環境を推測できることを知る」と関連した質問

D.なぜ化石が重要なのか、理由が分かった

ねらい②「過去の環境の推測をするために、化石と地層の観察を基に、自分の知識や資料を活用する」と関連した質問

A.古生物学者がどのように研究をしていくのかが分かった

B.どのように化石を調べていくのか、方法が分かった

ねらい③「身近な地域の過去の環境と、その後どのようにして現在の環境に変化してきたか地史を知る」と関連した質問

C.化石はどのように地上に出てくるのかを理解できた

E.自分が住んでいる街の昔の様子が分かった

ねらい④「グループワークおよび他のグループとの意見交流の中で、コミュニケーション能力を向上する」と関連した質問

H.グループの人と協力して作業・考察が出来た

興味・学びの発展を測る質問

F.自分で化石を採集してみたい

G.もっと化石と過去の環境について学んでみたい

どの質問に対しても、参加者は概ね肯定的な回答をした（表1）。中でも、F「自分で化石を採集してみたい」の質問には4人がとてもそう思うと回答したが、この結果と、参加理由として5人が挙げた「前から化石に興味があったから」を合わせると、化石そのものに対して最も関心があることが見て取れる。

ねらい①に関連した質問D「なぜ化石が重要なのか、理由が分かった」に対しては、3人がとてもそう思う、1人がそう思う、1人が

どちらでもないと回答した。

ねらい②に関連した質問の中で、A「古生物学者がどのように研究をしていくのかが分かった」に対しては、1人がとてもそう思う、3人がそう思う、1人がどちらでもないと回答した。また、B「どのように化石を調べていくのか、方法が分かった」に対しては、1人がとてもそう思う、4人がそう思うと回答しており、良好な結果を得た。これらに関して、プログラムへの参加理由を尋ねた質問において、3人が「化石から昔の環境を調べることがおもしろそうだったから」、2人が「化石を深く調べてみたかったから」と回答しており、この結果を考慮すると、化石に興味のある参加者がプログラムを通して古生物学的な化石の扱い方を学ぶことができ、更に化石を使って古環境を推測する体験をしたことは、参加者の期待を十分満たすことが出来たと解釈できる。

ねらい③に関連した質問C「化石はどのように地上に出てくるのかを理解できた」に対して、1人がとてもそう思う、3人がそう思うと回答した。しかし、あまりそう思わないと回答した人も1人いた。実際のプログラムにおいては、化石の同定・分類に予定よりも長く時間がかかったため、昔の海底がどのように陸地化に至ったかの解説に十分な時間が取れず、参加者の反応に応じた解説を行うことも不十分となった。このことが、1人があまり理解できているとは思わないという原因となったと考えられる。

また、同じくねらい③に関連した質問E「自分が住んでいる街の昔の様子が分かった」に対して、1人がとてもそう思う、3人がそう思う、1人がどちらでもないと回答した。この結果と上述の「化石はどのように地上に出てくるのかを理解できた」の回答状況を比べると、自分が住んでいる地域の古環境については理解が定着しているが、それがどのようなメカニズムでそうなったのかに対する理解があまり定着していない様子が見て取れる。これより、「地史を知る」というねらいは十分達成できてはいないようである。

プログラムを通じて興味や学びがどう発展していったのかに関連した質問の中で、F「自分で化石を採集してみたい」に対しては、4人がとてもそう思う、1人がそう思うと回答し、良好な結果となった。また、G「もっと化石と過去の環境について学んでみたい」に

対しても、3人がとてもそう思う、2人がそう思うと回答し、こちらも良好な結果となった。プログラムへの参加理由として、5人が「前から化石に興味があったから」と挙げ、また、プログラムにおいて印象に残ったこととして、貝の捕食を挙げた人が多かったが、化石採集や、化石と古環境との関連への興味にも発展が見られたことより、参加者の期待は満たされ、興味が効果的に発展していった様子が分かる。

4. 古環境推測を通じた参加者の科学的意識

当プログラムにおいて化石から古環境を推測することを通じ、参加者の科学的な見方・考え方・スキルを習得させること、そしてそれを通して観察データの意味、図鑑等資料の有用性を認識し活用することがどのように達成されたのかを測るため、化石の同定・分類作業において一番重要だと思ったこととその理由を尋ねた。この質問には、全参加者7人中4人が回答した。参加者の回答は、表2のようになった。

表2 古環境の推測で一番重要なこととその理由

重要なこと	理由
データをきちんと調べること	きちんとしたデータがないと、どんなものかも分からないし、きちんとした自分の考えも出せないから
住んでいる場所の様子(砂、泥などや深さ)	見つけた地層の土との比較で、そこに波によって運ばれたのか、貝塚だったのかなどが分かりそうだから
当時の状況を決めつけたい	今時の常識通りか分からないから
現代の生物を調べる	生き方が分かるから

上記の結果より、参加者は、化石の観察や現生生物の情報を元にして、住んでいる場所やくらし方などのデータを取ることが重要であることを理解したようであった。また、データの正確さや詳細さが分析・考察においては欠かせないものであることも、理解が出来ている様子が分かる。これらの結果より、本プログラムは、現生生物と比較する手法は古生物学研究において重要であるとの理解のきっかけを提供したのではないだろうか。

調査結果2－保護者用アンケートより

当プログラムには、中高生7人の他、中学生を引率してきた教師1名と保護者2名がオ

ブザーバーとして参加し、大人同士で共同して同じ作業をしてもらった。作業後に自由記述式のアンケートを実施し、プログラムに参加した感想を尋ねた。

表3 本プログラムへの保護者の感想

引率教師	<ul style="list-style-type: none"> ・貝の化石は、化石というイメージが薄いですが、作業を通して、化石としての認識が高まると思う。貝の同定の難しさが、パズルを解く感じで生徒も楽しめるのではないかな。 ・全体的に時間がかかるので、短縮できると良いかもしれない。 ・貝の分布をグラフ化し、どんな生活をしていったのか、どんな環境だったのかを創造させる方法は大変良い。 ・発表をもっと授業でやらせなければいけないと感じた。
保護者	<ul style="list-style-type: none"> ・全く知識がなかったが、詳しい説明で作業もやりやすかった。貝の同定の方法が少し分かった。 ・実験実習のプログラムは、大人と一緒に参加してしまうと、子どものやることに手を出してしまうことが多いが、今回は少人数の上大人だけで作業が出来、子ども同士も協力をできてよかった。 ・実習が多く充実していた。 ・最後の発表と考察はよかった。
保護者	<ul style="list-style-type: none"> ・きちんと考察をする時間があり、とてもよかった。 ・もう少し時間があるとよかった。 ・子どもとは別に作業が出来てよかった。 ・レジュメがあれば、今後同様のプログラムに参加するときに予習が出来て良い。 ・同様のプログラムを継続して参加し、フォローアップできるようになっていると良い。

表3に示された結果より、全体として、化石の同定・分類作業に関する記述が多く、大人も化石の同定・分類方法を楽しみながら行った様子が分かる。また、作業を通して考察した内容を発表することに対して高い評価を得、中学校の教師からも、自らの授業において発表の機会を増やさなければいけないとの記述が寄せられた。このように、作業だけで終らず、考察とまとめをしっかりと行った当プログラムは、保護者や教師にとって重要な要素であることが分かる。

また、特に保護者からは、普段は大人が手を出してしまうため、子どものグループと大人のグループに分けたことで、双方にとって効果的に学ぶことが出来たとの声が聞かれた。時間に関しては、長すぎるとの評価があった一方でもっとほしかったとする評価もあり、さらに、同様のプログラムを継続して行って理解を深めたいとの記述も見られた。これより、化石の同定やそれを元にした古環境

の推測が参加した大人の印象に残り、中高生向けに開発されたプログラムではあったが、大人にもふさわしいプログラムであったことが分かる。

考察

当プログラムの実践を通して、以下の3点が特筆すべき点としてあげられる。

1. 当初、参加者は、古環境の推測よりも化石そのものに興味を持っていたが、プログラムにおいて実際に化石を扱うことを体験し、化石の扱い方や古生物学における役割を学んだ。これより、参加者の興味のあり方に深みを増すことができ、プログラム後も化石を採集したり調べたりしてみたいと発展させることにも寄与した。
2. 全ての参加者にとって、化石を扱うのも、化石の同定・分布データより古環境を推測するのも初めてのことであったが、もっと化石や過去の環境について学んでみたいとの回答が多かったことより、それらの活動が効果的に学びを促進することが出来たことが分かる。一方で、昔の海底がどのような経緯で現在の陸地となったのかについて、参加者が自信を持って理解したとは言えない状況が明らかになった。これより、プログラムの時間配分や、個々人の理解に応じた解説の仕方など、修正を加える余地があることが分かる。
3. 共に参加した大人(保護者と引率した教師)に向けたアンケートより、当プログラムが、当初対象となった中高生だけでなく、大人の興味や学びを満たすのにも十分効果的であることが明らかとなった。更に、このプログラムを単発で行うだけではなく、同じテーマで継続して行い、化石の同定作業の経験を積み、化石や古環境の推測についてより深く学んでいきたいとのねがいが見て取れる。

鉄を取りだしてみよう

Let's Make Brilliant Metal from Rust or Mineral Ores

若林文高^{*1}, 岩崎誠司^{*1}, 高橋みどり^{*1}, 田代英俊^{*2}, 丸山義巨^{*2}
国立科学博物館^{*1}, 科学技術館^{*2}
Fumitaka WAKABAYASHI^{*1}, Seiji IWASAKI^{*1}, Midori TAKAHASHI^{*1}
Hidetoshi TASHIRO^{*2}, Isao MARUYAMA^{*2}
National Museum of Nature and Science^{*1}, Science Museum^{*2}

概要: 「物質の変化」という観点から基礎的にも実用的にも重要な「酸化・還元反応」を取り上げ、酸化や還元概念を体感的に理解させることをねらい、金属を燃やしたり、さびやモデル鉱物を簡単な方法で還元してぴかぴかの金属を取りだしたりするなどいくつかの実験を行った。このプログラムでは、酸素との結びつきから酸化・還元をとらえた。

キーワード: 酸化, 還元, さび, 燃焼, テルミット反応

プログラムのねらい

実験を通して以下の事項を体感的に理解させることを目的として行った。

- ・金属が酸素と結びつくとさびる (酸化)
- ・さびた金属から酸素を取り除くとぴかぴかになる (還元)
- ・燃焼も酸化の一種である。
- ・酸化・還元は同時に起こる (酸化・還元反応)
- ・酸化は自然に起きやすいが、還元は起きにくい。金属の還元には工夫が必要である。
- ・鉱物などから金属を取り出すことは、社会の重要な技術である。

プログラムの実施概要

本プログラムは科学技術館と連携して、平成20年8月23日に科学技術館のサイエンス友の会会員 (小学校3年生以上対象) 15人を対象に行った。男11人、女4人であり、学年ごとの内訳は3年生1人、4年生8人、5年生4人、6年生2人であった。

本プログラムは、以下の流れで行った。

1. 導入として、鉄、アルミや銅などの金属はさびやすく、地中では酸化物などの形 (鉱物) で存在している。その例として「さび」に触れ、酸化物の概念と、身の回りで見かける「さび」を結びつけた。そして、人は鉱物から金属をどのようにして取り出し、利用しているのかと問いを投げかけた。
2. 導入の内容を受け、酸化については、火をつけて金属を燃焼させる実験と、空気

中で金属が自然発火する実験を行った。前者では、スチールウールに火をつけて燃焼させ、燃焼過程やできたものを詳細に観察させることにより、酸化や「さび」について理解を深めた。後者では、シュウ酸鉄から作成した鉄の微粒子を空气中に落下させると自然に燃焼する実験をおこない、経過を観察させるとともに、できたものをスチールウールの燃焼でできたものと比べてみた。ここでは、粒子を細かくすると反応性が高まることを強調し、砂糖や小麦粉でさえも爆発することを強調した。

3. 還元を体感的に理解させる取り組みとして、さびたもの (銅鉱物、銀鉱物) から金属を取り出す試みをした。銅のモデル鉱物として酸化銅を使い、木炭に開けた穴の中につめ、吹管で炎を吹き付けることにより還元した。この過程では、吹き付けた炎の色の変化を観察させ、炎色反応についても触れた。また、銀のモデル鉱物として硝酸銀水溶液と食塩水から塩化銀をその場で作り、銅の場合と同様の手順で銀の結晶を取り出した。できた銅や銀の結晶を肉眼で観察するとともに、虫眼鏡や簡単な実体顕微鏡で拡大して観察した。

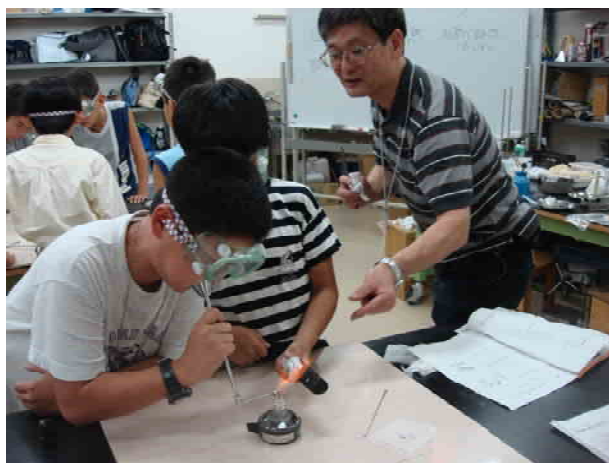


図1 酸化銅の還元の様子

4. 上記2, 3の実験を、「酸化」「還元」ということばと結びつけて解説し、理解の定着を図った。また、実験で扱った物質（炭素、酸化銅、塩化銀など）の特性の話から、酸素との結びつきやすさにも触れた。その解説を踏まえ、鉄よりも酸素と結びつきやすい（酸化しやすい）アルミニウムを使って酸化鉄を還元させる「テルミット反応」を演示実験で見せた。反応で生成した物を手にとって観察したり、磁石に近づけたりして特性を調べた。
5. すべてのまとめとして、テルミット反応を例に取り、還元されるものがあるれば必ず酸化されるものがあること、つまり、酸化と還元は同時に起こること（酸化・還元反応）を強調した。また、社会や経済活動との結びつきとして、鉄が最も大量に使われているのは建築材であること、取り出した金属をリサイクルすることの重要性にも触れた。



図2 テルミット反応の生成物の観察

プログラム終了後、参加者に対して、プログラムの印象、酸化や還元についての理解、生活や社会における鉄の役割についての理解、興味や学びの発展に関してアンケート調査を行った。

調査結果

プログラムの印象

1. 参加理由

このワークショップに参加しようと思った理由は何ですか？

楽しそう・おもしろそう	7人
学ぶ必要があった	2人
疑問に思った	1人
興味があった	1人
理由無し・無回答	4人

プログラム参加理由は、全参加者15人中7人が「募集要項を見ておもしろそうと思い、参加した」という理由を挙げた。その他、「夏休みの自由研究などのために学ぶ必要があった」というニーズに基づいた理由や「鉄が本当に取り出せるのか疑問に思った」「かねてから興味があった」などの回答が続いた。

2. プログラムの効果

このプログラムでどんなことが一番勉強になりましたか？（複数回答）

還元（テルミット反応含む）	7人
酸化	3人
酸化と還元の関係	2人
くらしの中の鉄	1人
その他	2人
無回答	2人
誤答	1人

参加者が最も学んだことに関して、「酸素を取ると、さびから金属に戻る」など還元についての記述が7人と多く見られた。続いて、酸化に関する記述や「酸化と還元はいつもセットになっている」などの酸化と還元の関係についての記述がそれぞれ3人、2人から回答された。鉄の社会的有用性に関しては1人が記述した。

酸化・還元についての理解

ここでは、酸化、還元それぞれについて説明できるか否かを自己評価（5段階ライカートタイプ）する質問と実際に説明をしてもら

う質問を設定した。

1. 酸化についての理解

表1は、酸化という現象について説明できると思うかどうかを尋ねた質問と、実際に酸化について参加者が行った説明についての結果を示している。

表1 酸化についての理解の自己評価と実際の説明

酸化について説明できる	酸化についての説明	
とてもそう思う (4人)	さびること	1人
	質問の意図を誤解	3人
そう思う (4人)	酸素と結び付く	2人
	誤答	1人
	質問の意図を誤解	1人
どちらでもない (4人)	さびること	1人
	酸素と結び付くこと・還元と一緒に起こる	1人
	不十分な記述	1人
	分からない・無回答	1人
あまりそう思わない (3人)	分からない・無回答	3人

「酸化について説明できる」との言明に対して、肯定的に回答したのは全参加者15人中約半数の8人、あまりそう思わないとやや否定的な傾向を示したのは3人であった。

酸化についての説明では、参加者の回答は以下ようになった。

酸素・アルミニウムと結び付くこと	3人
さびること	2人
不十分な記述	1人
誤答	1人
質問の意図を誤解	4人
分からない・無回答	4人

この質問においては、6人が正しい説明をすることができた。酸化についての説明の質問に対し、3人が「金属と酸素（アルミニウム）が結び付くこと」と回答し、続いて2人が「(金属が酸素に触れたときに)さびること」と回答した。

1人が還元と一緒に起こると回答したが、この参加者は、先の質問「このプログラムの中でどんなことが一番勉強になりましたか？」で酸化と還元の関係について言及した参加者とは違う人であった。このように、自

己評価の結果と、説明の正しさには関連は見られなかった。

2. 還元についての理解

表2は、還元という現象について説明できると思うかどうかを尋ねた質問と、実際に還元について参加者が行った説明についての結果を示している。

表2 還元についての理解の自己評価と実際の説明

還元について説明できる	還元についての説明	
とてもそう思う (3人)	酸化物から酸素を取り除く、酸素が金属から取れる	1人
	分からない	1人
	質問の意図を誤解	1人
そう思う (5人)	酸化物から酸素を取り除く、酸素が金属から取れる	2人
	分からない	1人
	質問の意図を誤解	2人
どちらでもない (3人)	酸化物から酸素を取り除く、酸素が金属から取れる	2人
	さびが他の物質に移動	1人
あまりそう思わない (4人)	酸化物から酸素を取り除く	1人
	さびたものを戻してきれいにする	1人
	分からない	2人

「還元について説明できる」との言明に対して肯定的に回答したのは8人、やや否定的な傾向を示したのは4人であった。どちらの言明についても、「そう思わない」と明確な否定を示した参加者はいなかった。

酸化物から酸素を取り除くこと	
酸素が金属から取れる、など	6人
さびが他の物質に移動	1人
さびたものを戻してきれいにする	1人
分からない	4人
質問の意図を誤解	3人

この質問においては、全回答者15人中6人が還元について正しい記述をした。また、2人が「さびが他の物質に移動する」「さびたものを戻してきれいにする」などのように、部分的にはあってはいるが、不正確な記述をし

た。正しい記述をした回答者のうち1人は、「酸素と結び付きやすいものと結び付きにくいものでは難しさが異なる」との記述もしており、プログラムのねらいより一歩踏み込んだ理解を得ている様子が分かる。

「還元について説明できる」の回答状況と「還元についての説明」の回答状況を比較したところ、説明に対する自信の有無にかかわらず、還元について正確に説明できている記述が見られた。「とてもそう思う」では1人、「そう思う」では2人、「どちらでもない」では2人、「あまりそう思わない」では1人)

3. テルミット反応についての理解

酸化・還元についての理解と共に、テルミット反応についての理解を測るため、テルミット反応について説明をする質問を設定した。あなたが「テルミット反応」について家族や友達に説明するとしたら、どう説明しますか？

- アルミニウムにより酸化鉄が還元 2人
- 酸化と還元が同時に起こる (還元→酸素→別の金属と酸化) 3人
- 不十分な記述 1人
- 分からない 4人
- 質問の意図を誤解 4人
- 無回答 1人

この質問において、テルミット反応について正確に記述できたのは全回答者15人中2人に留まった。また、3人が「酸化と還元が同時に起こる」と酸化還元反応の一般的な記述をし、1人が「火をつけると酸化鉄から酸素をうばいとる」と不十分な記述をした。

酸化・還元やテルミット反応についての理解を測るこれらの質問においては、質問の意図を誤解した「紙に書いて説明する」などという回答が目立った。今後は、意図を誤解されないような質問表現を検討する必要がある。

4. 生活や社会における鉄の役割

社会に深く関わる物質としての鉄について、説明できるか否かを5段階ライカートタイプにより自己評価する質問も合わせて設定した。

「私たちの生活や鉄について説明できる」との言明に対して、5段階で自己評価をする質問を作成し、以下のような回答を得た。

- とてもそう思う 2人

- そう思う 5人
- どちらでもない 2人
- あまりそう思わない 2人
- そう思わない 4人

生活や社会と鉄の関わりについてはプログラム終盤で軽く触れるに留まったため、参加者の自己評価は分散し、かつやや否定的な傾向が見られた。ここでは実際に説明をさせる質問は作成しなかったため、参加者が実際にどんな内容の説明を想定して自己評価を加えたかは明らかにできなかったが、プログラムにおける扱いを考慮し、自己評価に留めた。

5. 興味や学びの発展

表3は、酸化・還元に対する参加者の興味や今後の学びへの意欲を尋ねた質問の結果を示している。

表3 参加者の興味や学びの発展

	とても そう 思う	そう 思う	ど ち ら も な い	あ ま り さ う 思 わ な い	さ う 思 わ な い
鉄や酸化・還元について もっと知りたくなった	9	2	3	1	0
今日学んだ内容を、家族 に教えてあげたい	5	5	3	1	1

「鉄や酸化・還元についてもっと知りたくなった」との言明に対して、全参加者15人中11人が肯定的に回答した。うち、「とてもそう思う」と強い肯定を示したのは9人であった。また、今日学んだ内容を家族に教えてあげたいとの言明に対しては10人が肯定的に回答した。

考察

金属は酸素と結び付くことでさびるという酸化についての理解は、酸化について説明できるかどうかの自己評価に関わらず15人中6人に見られた。また、酸素を取り除くとさびた金属がびかびかになること、つまり還元については、15人中6人が理解した。こちらも、還元について説明が出来るかどうかの自己評価との関連は見られなかった。

酸化・還元は同時に起こる反応であることに対する理解は、1人の記述においてみられたのみであった。しかし、「酸素と結び付きやすいものと結び付きにくいものでは(還元の)難しさが異なる」との記述も見られ、ねらい以上の理解を示した参加者もいた。

今回実施した酸素との結びつきからの理解は、酸化・還元の定義の第一歩であり、さらに酸化・還元を広くとらえるプログラムをさらに1, 2度実施する必要がある。

化学反応は電子が主役 —酸化還元反応—

Electrons play the leading parts in chemical reactions: Redox reactions

若林文高^{*1}, 岩崎誠司^{*1}, 高橋みどり^{*1}, 田代英俊^{*2}

国立科学博物館^{*1}, 科学技術館^{*2}

Fumitaka WAKABAYASHI^{*1}, Seiji IWASAKI^{*1}, Midori TAKAHASHI^{*1}, Hidetoshi TASHIRO^{*2}
National Museum of Nature and Science^{*1}, Science Museum^{*2}

概要： 砂鉄のかたち、金属をさびさせたり取り出したりする酸化・還元反応に続くステップとしてめっきを取り上げ、酸化や還元概念の理解に深みを持たせることをねらった。このプログラムでは、「電子の受け渡し」という観点から酸化・還元をとらえ、一連の実験で体験しながらイメージできることをめざした。

キーワード：酸化, 還元, 電子, めっき

プログラムのねらい

酸化・還元反応は、酸・塩基反応と並んで重要な化学反応で、この2つで化学反応の大部分を占める。そのため、物質の変換を理解するにあたっては、酸化・還元反応を理解することが重要となる。

小中学校レベルでは、酸化・還元反応を酸素のやりとりで理解するが、中学校を超えたレベルでは、一歩進んで「電子のやりとり」から理解することにより、より広い現象を統一的に理解することができる。現行の中学校学習指導要領では、原子の構造や電子については学んでいないが、この基礎を説明することにより、電子のやりとりから酸化・還元反応を理解することができる。

そこで、本プログラムでは、酸素の授受による酸化・還元概念を踏まえ、電子の授受により酸化・還元反応が起きることを二つのめっきの実験を通して体感させることを目的とした。まず、電極及び溶液に電気を流して電子の授受をさせ、直感的にもわかりやすい「電気めっき」の実験を行い、次に電気を使わなくても電子を授受させる方法として、還元剤（化学の力）を使う「化学めっき」の実験をおこなった。この化学めっきの手法では、電気伝導性のないプラスチックにもめっきでき、実生活においては、高密度ハードディスク製造に利用されるなど、応用範囲が格段に広がっている。

また、酸化・還元反応における電子の授受を説明するため、目で見て美しいシュウ酸エステル発光反応や、色が時間的、空間的に変化する「振動反応」についても実験し、幅広い事例から酸化還元反応についての理解を深めることをねらった。

プログラムの実施概要

本プログラムは、中学校の生徒16人を対象として、平成21年3月3日に1回2時間のプログラムとして行った。参加者の多くは中学校の科学部に所属しており、定期的に様々な科学的な活動をしている。参加者の男女別内訳は、男12人、女4人であり、学年ごとの内訳は2年生13人、3年生3人である。また、引率の理科教師3人がプログラムを見学し、指導補助を行った。

本プログラムは、以下の流れで行った。

実験1 銅の電気めっき

酸素は電子を引きつけようとする力が強く、酸化還元反応における酸素のやりとりの本質は、実は電子をやりとりであり、酸素が関与しなくても酸化・還元ができることを理解させるため、銅パイプと銅板を電極として銅溶液に電気を流して銅イオンを還元し、銅金属を取り出す実験（めっき）をした。ここでは、プラスの電極では銅が溶液に溶け、マイナスの電極では溶液から純粋な銅が析出していくことを確認するとともに、プラスの電極では他の物質から電子を奪い（酸化）、マイナスの電極では電子を受け取っている（還元）ことを理解させる。

実験2 無電解めっき

電気を流さなくても、化学の力を使って電子をやりとりができることを理解させるため、プラスチック板表面を触媒化してめっき浴に浸すことにより、電気を使わなくてもめっきができることを実験で体験する。これにより、めっき浴に入っている還元剤が金属イオンに電子を与える働きをしていること、そして電子を受けとることを還元と呼ぶことを理解させる。



図1 基板（プラスチック板）の触媒化の作業



図2 めっき浴の作業

また、酸化・還元反応が関与している視覚的にも興味深い反応を、ひとつは生徒実験で、ひとつは演示で見せた。

実験3 振動反応

ペローゾフ・ジャボチンスキー反応により、時間的・空間的に色が繰り返して変わる様子を観察する。ここでは、色の変化は鉄イオンが酸化・還元反応を繰り返している（鉄の2価イオンと3価イオンが行ったり来たりしている）ために起きていることを理解させる。

実験4 シュウ酸エステルの発光

この実験は演示実験で行った。この実験により酸化反応を利用して光を出すことができることを理解させる。ここでは、燃焼により酸化するときにはエネルギーが熱と光として出るが、エネルギーが光としてのみ出る反応もあることを理解させる。なお、この反応の発光原理は、2008年度ノーベル化学賞を受賞した下村 脩博士が発見した発光タンパク質の発光原理と同じであることを説明した。



図3 ペローゾフ・ジャボチンスキー反応

プログラム終了後、参加者に対して、酸化・還元や電子、めっきについての既存の知識、印象に残った実験や学んだこと、更に学んでみたいことに関してアンケート調査を行った。全参加者16人のうち、15人がアンケートに回答した。また、引率の教師のうち2人に対しても、理科教師の立場からプログラムの印象及び感想をアンケート調査にて尋ねた。

調査結果—生徒向けアンケートより

1. 酸化・還元や電子、めっきについての既存の知識

本プログラムで扱った酸化・還元や電子、めっきについて、これまでどんなことを知っていたかについて尋ねた。

酸化・還元については、2人が還元についての既存の知識を記述し、10人は酸化についての記述をした。また、無回答は3人であった。

何らかの記述をした回答のうち、4人が酸化銅や酸化鉄、カイロなどと例示をした。また、9人が「酸素と結び付いて変化する」「酸化したものが元に戻る」などの現象についての説明をした。1人がことばや原理を知っていると答えたが、具体的な記述は見られなかった。

電子については、「マイナスの電気を帯びる」「原子核の外側を回っている」「マイナスからプラスに移動する」等の性質について記述したのは8人に上り、電子顕微鏡、携帯電話等のような例を示したのは5人であった。ここでは、2人が無回答であった。

めっきについては、1人が「さび防止のために行う」と用途について記述し、5人が「物質にはり付けること」「薄い金属の膜」等の

定義について記述した。また、電解めっきと無電解めっきがあることを知っている、あるいは電解めっきの仕組みを知っていると記述した人が3人いた。

2. 印象に残った実験や学んだこと

プログラムで行った実験の中でどれが一番おもしろかったかを理由と共に答えてもらったところ、表1のような回答が得られた。

表1 おもしろかった実験とその理由

参加者	おもしろかった実験とその理由
1	<u>無電解めっき</u> 最初はプラスチックだったのに、いろんな液につけてニッケルの溶液につけるとぴかぴかになったのがおもしろかった。
2	<u>無電解めっき</u> 時間をきっちり測って、決まった温度に設定してやるのが理科っぽかった。他の実験よりも現実感や身近さを感じた。理科は苦手だったけれど、ちょっとは好きになれたと思う。
3	<u>振動反応</u> ひとりで化学反応するのはとてもふしぎだった。
4	<u>振動反応</u> 決められた液体を混ぜていくことによって、色の変化などが見られたということがおもしろく、また不思議に思い、おもしろいと思ったから。
5	<u>振動反応</u> 色々な高価な薬品を使って混ぜて、色が変わり、不思議な模様が出来ておもしろかった。
6	<u>無電解めっき</u> 唯一やったことのない実験で、仕組みを知ることが出来たから。
7	<u>振動反応</u> 二つの色が、何もしていないのにどんどん変わったりするのが不思議だと思った。
8	<u>振動反応</u> 色が変わったことがとてもすごいと思った。
9	<u>シュウ酸エステルの発光</u> 反応が長く続いたから。
10	<u>無電解めっき</u> 金属だけではなく、プラスチックなどにもめっきが付くことに驚いた。
11	<u>無電解めっき</u> 一つ一つの工程を自分でやる事が出来、出来たものもきれいだったから。
12	<u>電気めっき</u> 科学を楽しみながら学習できた。
13	<u>無電解めっき</u> 完全に均一にめっきが出来ないので、どうすれば均一にめっきが出来るか考えられたから。
14	<u>無電解めっき</u> めっきがどのようにして出来るのか知ることが出来たから。銅はできなかつたけど、めっき浴により色が変わる(ニッケルでめっきした上に銅でめっきをしたところ、銅めっきが微かに出来た：筆者注) ことがおもしろか

15	った。 <u>無電解めっき</u> プラスチックが見た目鉄みたいに見えるのがおもしろい。一回失敗したけど、逆に完成させたくなくて、出来たときはおもしろくてうれしかった。
----	--

この結果より、おもしろかった実験として、8人が無電解めっきを挙げ、5人が振動反応を挙げた。シュウ酸エステルの発光と電気めっきはそれぞれ1人が挙げた。

振動反応は、それ自体が酸化と還元を繰り返す反応であり、この実験を挙げた5人全員が、ひとりで反応することや色の変化・模様に対して不思議だと思ったと回答した。

無電解めっきを挙げた8人が示した理由のうち、「プラスチックにめっきが出来ることがおもしろかった(驚いた)」との理由は3人に見られ、「仕組みを知ることが出来た」との理由は2人に見られた。また、めっきを完成させるために試行錯誤をしたり、めっきの上に違うめっきを施すことによって自分の考えを試してみたりすることが楽しかったとの理由も2人に見られた。また、無電解めっきの技術はボールペンの先など普段目にするところにも応用されているとの説明を受けたためか、「他の実験よりも身近に感じたから」との理由を挙げた人も1人いた。

本プログラムの実験では、薬品を混ぜたり、時間を計りながら反応させるなど、参加者が自ら「科学的な」作業を行うことが多かった。そのようなことが印象に残ったようで、それをおもしろかった実験の理由に挙げた人も4人見られた。

プログラムで新たに学んだことの中で印象に残っていることを理由と共に尋ねたところ、表2のような回答が得られた。

表2 印象に残った内容とその理由

参加者	印象に残った内容とその理由
1	<u>シュウ酸エステルの発光</u> シュウ酸エステル自体は光を出さないので、エネルギーで光ること。
2	<u>シュウ酸エステルの発光</u> ノーベル化学賞と同じようなものを目の前でやってくれたから、すごい印象に残った。
3	<u>無電解めっき</u> 電気を使わないでめっきする方法は知らなかった。
4	<u>電子の作用</u> 電子の正負によって同じ銅でも起こる結果が変わるということが印象に残り、学んだと思っている。
5	<u>めっきは電気を使わなくても出来る</u>

	めっきは電気を使わないと出来ないはず と思っていた。
6	<u>無電解めっきの仕組み</u> 電解めっきの仕組みは分かっていたが、電気を流さない無電解めっきでどのようにめっきしているかが知れたから。
7	<u>電子は様々なものにはたらいている</u> 電子のイメージがあまりわからないから。
8	無回答
9	<u>金属以外にもめっきできること</u> 意外だったから。
10	<u>めっき</u> プラスチックにもめっきが付くことに驚いた。
11	<u>振動反応</u> 青色になったり赤紫になったりを繰り返して、おもしろかった。
12	<u>電子を動かすことによるめっき</u> 身近なものに使われている技術の奥深さを知った。
13	<u>薬品について</u> 異なる種類の薬品を混ぜることで、エネルギーが発生し、色が変化したり光が出ることが不思議に思えたから。
14	<u>酸化が電子を失うことであること</u> 酸化は加熱したことで空気中にある酸素がその物質に取り込まれることかと思っていたが、身の回りのさびも酸化であることや電子が酸素と相性がいいことに驚いた。
15	1. <u>めっきが日本語であること</u> ずっと英語だと思っていたので、日本語だと分かったときに驚いた。何か自分の常識がひっくり返されたみたいで。 2. <u>プラスチックにめっきが出来ること</u> プラスチックにめっきをつけることが出来るのを知ったときも驚いた。シャープペンとかの鉄だと思っていたのが本当はプラスチックだと知って驚いたし、おもしろいと思った。

以上の結果より、3人が電子のはたらきを、3人が金属以外のものにもめっきできることを挙げ、それぞれ2人がシュウ酸エステルの発光実験および無電解めっきを挙げた。また、1人が薬品を混ぜるとエネルギーが発生し、様々な現象が見られることを挙げた。

この質問においては、電子のやりとりに関して記述した参加者が多く見られ、本プログラムの主なねらいである電子の授受について、参加者の理解が深まった様子が分かる。一方で、参加者4の回答に見られるように、電気めっきの実験において「電子の正負により同じ銅でも起こる結果が変わる（+極につないだ銅パイプと-極につないだ銅板でそれぞれ違うことが起きている）」ために、「電子の作用」について印象に残ったと記述するなど、電子と電気を混同している様子も見られた。

3. 更に学んでみたいこと

このプログラムを受けて、更に知りたいこと・調べてみたいことはあるか否かについて理由と共に尋ねたところ、表3のような回答が得られた。

表3 更に知りたいこと・調べてみたいこととその理由

参加者	更に知りたいこと・調べてみたいこととその理由
1	<u>シュウ酸エステルの発光</u> この発光が、ペンライトなどで使われているのも初めて知り、もっと調べたいと思った。
2	<u>シュウ酸エステルの発光</u> お祭りで売っている光るものは、すごくおもしろいものと考えたと思うし、もう一回やる事が出来るのならやってみてみたいと思った。
3	<u>還元</u> とても不思議で、一度物質を変えたのにそれを元に戻せるというのがすごかった。
4	<u>電子について</u> 今回の実験は全て電子が関係して起きたものなので、電子にはどのような性質があるのかなどを知りたいと思った。
5	<u>金属を更に更にきれいにしてみたい</u> そうすれば、空気と触れただけで何か起きるのではないかと考えたから。
6	<u>金属以外のめっきはどのようにやっているのか</u> 電子を受け取れるプラスイオンになれば、非金属をめっきできるのかと思ったので。
7	<u>電子はどのように私たちの生活に役立っているのか</u> 理由記述無し
8	無回答
9	無回答
10	<u>めっき</u> めっきが他にどんなものに付くか
11	<u>プラスチックにめっきをすること</u> 銅やニッケルだけではなくもっと色々なものでやってみたい。
12	<u>電子の動き</u> 電子の運動によって他にどのようなことが出来るのか。
13	<u>めっきが日常の中でどこに使用されているか、等</u> 日常の中で自分たちがどれだけの科学技術に頼っているのか気になったから。
14	<u>酸化には他に何があるか</u> さびや物質が変わることだけではなく、もっと身近にある酸化の例にはどのようなものがあるか知りたいから。
15	<u>めっきの種類</u> 今まで簡単に考えていたから、興味が出てきた。それに知らないことを知るのは楽しい。

この質問では、5人がめっきに関する事柄を挙げ、3人が電子に関する事柄、そして2人がシュウ酸エステルの発光（ペンライトなど）を挙げた。酸化や還元についてもそれぞれ

れ1人が挙げたが、参加者5の「金属を更に更にきれいにしてみたい。そうすれば、空気と触れただけで何か起きるのではないかと考えたから。」というのは、酸化を意識した記述である可能性もある。

めっきと回答した5人が挙げた理由として、2人が「色々なもので試してみたい」と記述し、それぞれ1人が「知らなかったので興味が出てきた」「生活でどのような科学技術に頼っているのか気になったから」と記述した。関連して、「金属以外のめっきはどのように起こっているか」を学んでみたいと記述した参加者がいたが、その理由を「電子を受け取れるプラスイオンになれば、非金属をめっきできるのかと思ったので」としており、電子の授受の概念とめっきの出来る過程を結びつけて考えることが出来ている様子が分かる。

調査結果－教師向けアンケートより

本プログラムの実践にあたり、見学及び指導補助を行った理科教師2名に対し、プログラムの難易度、最もおもしろかった実験、そしてプログラムの感想を尋ねたところ、表4のような回答が得られた。

表4 教師のアンケートへの回答

このプログラムは、参加した生徒にとって簡単でしたか、それとも難しかったですか？	
教師1	普通（ちょっと難しいところもあったと思うが、結構理解していると思う。）
教師2	難しい
今日のプログラムで行った中で、どの実験が一番おもしろかったですか？理由も教えてください。	
教師1	<u>振動反応</u> 今までに経験したことがない実験であったから。
教師2	<u>振動反応</u> 時間変化があり、目で見て楽しい。各班で模様の違いがあり、個別化が図れる。
このプログラムの感想を教えてください。	
教師1	<ul style="list-style-type: none"> ・4つの実験全てを一回で行うことは時間がかかるが、それぞれ興味を持って出来る。結果を予想させてみると意欲が高まるのではないか。 ・中学3年くらいだと、プリントに操作手順がしっかり書いてあると、自分たちでかなり出来る。 ・最後にモデル図で説明する方法もあるのではないか。
教師2	<ul style="list-style-type: none"> ・反応に時間がかかる実験、短時間で反応する実験を組み合わせると、興味・関心を惹きつけ続ける工夫は素晴らしい。 ・酸化・還元は3年生、イオンは高校での学習範囲だが、分かりやすく、そして少し難しい内容も織り交ぜた解説も非常にすばらしかった。

・中学生でも実験手順などは、驚くほど簡単に、出来れば図解するとベストだと思う。

以上の結果より、以下の点が主な特徴として挙げられる。

どちらの教師も、自分が日々接している生徒には少し難しいとしている一方で、扱った実験が興味をひくものばかりで生徒は意欲的に活動したと感じている。

また、多くの参加者は中学2年生であったが、酸化・還元は中学3年生、イオンは高校での学習範囲であるために、どちらの概念もほとんどの生徒は知らないと思われるものであった。しかし、視覚に訴えるめっきや振動反応などの実験を目の前に行った解説により、参加した生徒の酸化・還元への理解が深まったと感じている教師もいた。

一方で、教師1は、結果を生徒に予想させたり、モデル図を使って行ったことのまとめをしたりなどをして考察の部分を充実させることを示唆した。

考察

本プログラムにおける主な成果は以下の4点である。

1. 電子の働きについての参加者の理解が深まった。

目に見えない電子を理解するためには、概念化に頼る他はないが、電気を流してめっきをする実験に続いて、電気を使わずにプラスチック板に金属のめっきを施す実験を行ったことは、参加者に「電子」に注目させ、それぞれの実験でどんなことが起きているのかを考えさせるきっかけになった。特に、絶縁体であるプラスチック板がニッケルによってめっきされたのを実際に見たことにより、参加者は驚き、次の学びへの意欲につながったようである。

参加者の約半数は、電子についての既存の知識として「マイナスの電気を帯びる」などの電子の性質を挙げており、基本的な理解は出来ていた。しかし、プログラムで学んだ中で印象に残ったことを挙げる際にも電子の働きに言及しており、電子が様々なものの反応に関わっていることを意識化した様子が分かる。

2. 生活（技術製品）との関わりを考えるきっかけになった。

上記に関連して、ボールペンの先にめっき

されたプラスチックの素材が使われていたり、縁日などで売られているアクセサリにシュウ酸エステル発光の原理が使われていたりすることを知り、参加者は本プログラムで行ったことは身近にあるものにも応用されていることに驚いたようであった。

おもしろかった実験を挙げてもらった質問においては、条件を制御したり薬品や器具を操作したりするなど科学の手法を使ったことが、「理科っぽい」と表現した参加者もいたが、「身近なものに使われている技術の奥深さを知った」という参加者の回答にも象徴されるように、乖離していた作業のイメージと実際の生活における応用のイメージとがうまくつながったようである。

3. 参加者の興味・関心の喚起と概念の理解が効果的になされた。

生徒向けのアンケートより、参加した生徒は実験を自分で行った満足感と現象を目にした不思議さ、そして、身近にあるものにも同じ原理が使われていることへの驚きが見て取れた。また、教師向けのアンケートからは、生徒は興味を持って意欲的に活動しており、難しい内容も実験と解説により理解していたと感じていることが分かった。

これより、本プログラムは興味・関心をはじめとして生活へと参加者の視点を変えて総合的に理解することが出来たと考えられる。一方で、1人の教師が、生徒が科学的に考える機会をプログラムに組み込む旨助言をした。この部分を充実させれば、より包括的な科学リテラシーの涵養に資することが出来るのではないだろうか。

4. 生徒主体の実験においては、実験手順の資料と実地での指導の双方が必要である。

教師向けアンケートにおいて、どちらの教師も、実験手順を詳細に記述した資料があれば、生徒はある程度は自分で実験を進めることが出来ると記述した。しかし実際には、電気めっきの実験において、電源装置の接続は生徒自身で出来たが、接触が悪く電気が流れない班がいくつか見られた。その原因を自分たちで見つけることが出来ず、指導者が指示をしていた。

また、扱う薬品の性質上、吸い込んだり目に入らないように注意をしたりしなければならぬこともあるが、実験の経験が少ないた

めか、つい顔を近づけて作業を行ったり、安全めがねを外したりする参加者もいた。

電源装置の操作や薬品の扱いは、本プログラムで扱った実験に特有のものではなく、どの実験にも必要な基本操作である。実験の手順の詳細を示すと同時に、このような基本操作についても注意を喚起したり実地にて指導したりする必要があると思われる。

おわりに

平成24年から実施される新しい中学校学習指導要領(理科)では「イオン」が高校での学習内容から中学校3年での学習内容に移行されることになり、この内容は平成21年4月より先行実施されることが決定している(文部科学省, 2009)。これにより、今後は中学でもイオンの概念を習得することになり、本プログラムで扱う内容や核実験の意味合いの理解がより深まるとと思われる。

謝辞

本プログラムの試行にあたっては、筑波大学大学院生命環境科学研究科の熊谷現さん、東京農工大学大学院工学府の長澤慎之介さん、東京理科大学大学院基礎工学研究科の土屋博之さんにご協力いただきました。記して謝意を表します。

参考文献

文部科学省：生きる力(中央教育審議会教育課程部会「審議のまとめ」教師用パンフレット)
(http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/pamphlet/20071108/001-008.pdf) (2009.3.10)

速く正確に走るロボットを作って、コース別タイムトライアルをしよう Time Trial Using MINDSTORM NXT® ~ Designing a Robot and Writing a Program

亀井修^{*1}, 高橋みどり^{*1}, 小椿清隆^{*2}, 石井久隆^{*2}

国立科学博物館^{*1}, 千葉県立現代産業科学館^{*2}

Osamu KAMEI^{*1}, Midori TAKAHASHI^{*1}, Kiyotaka KOTSUBAKI^{*2}, Hisataka ISHII^{*2}
National Museum of Nature and Science^{*1}, Chiba Museum of Science and Industry^{*2}

概要：技術革新の過程で頻繁に迫らせるトレードオフの関係を生徒に気付かせるため、高校生を対象に教育用レゴマインドストーム NXT® を活用した学習プログラムを開発した。生徒は「ロボットの構造」と「速度」等のトレードオフの関係を最適化していく活動を意欲的に取り組んだ。

キーワード：トレードオフ, 技術, 教育用レゴマインドストーム NXT®

はじめに

『技術能力とは、端的に言えば、「人が豊かに暮らせるようになる」ための「問題解決能力」』である⁽¹⁾。生徒の「問題解決能力」を高めるためには、技術革新の過程において頻繁に迫られるトレードオフの問題に接し、その問題を最適化する活動が有効であると考えた。

そこで、「トレードオフの問題を最適化」する活動を体験するために、今回は豊富なパーツで自在に形を作ることができ、プログラムを自作して動かすことができる教育用レゴマインドストーム NXT® を教材として活用することにした。

本教材の操作を通して、自らの思考を外在化し、失敗を繰り返しながら工夫を重ね問題解決能力の育成していくことが、科学リテラシーの涵養につながると考えた。

プログラムのねらいと期待される効果

I. プログラムのねらい

本プログラムは、教材(教育用レゴマインドストーム NXT®)を活用し、組み立て・プログラミングの活動を行い、様々なトレードオフの関係を気付かせ、その課題を最適化する活動を通して問題解決能力を育てることをねらいとした。

II. プログラム開発の概要

今回のプログラムでは、「トレードオフの問題を最適化する」活動を体験させるための課題として、「ロボットによるコース別走行タイムトライアル」を採用した。タイムトライアルのコースは、難易度を段階的に上げて3コ

ース設定し、3回のワークショップに分けて実施することとした。ワークショップでは毎回、課題のコースをクリアし、タイムを競わせることとした。

それぞれのワークショップの内容は、下記のように計画した。

- ①コース別タイムトライアル(難易度☆☆)
直線コースとクランクコースの両方で速く動くロボットをつくり、ロボットの構造と速度とのトレードオフの関係を解決する。
- ②車庫入れタイムトライアル(難易度☆☆☆)
3箇所の車庫をより速く正確に移動するロボットをつくり、軌跡制御と速度のトレードオフの関係を解決する。
- ③障害物タイムトライアル(難易度☆☆☆☆)
速く確実に障害物を乗り越えて動くロボットをつくり、難しい条件でのロボットの構造・軌跡制御と速度のトレードオフの関係を解決する。

III. ワークショップ実施の概要

千葉県立市川工業高等学校と千葉県立現代産業科学館で連携し実施している高等学校単位認定支援事業の講座(休日を中心に年間13回実施)に本プログラムを組み込み、3回実施した。参加者は、3回とも同じ生徒で行い、ワークショップ実施後のアンケートで生徒の意識等の変容を考察するよう計画した。しかし、生徒の都合(部活動等)により、3回のすべての講座に参加した生徒は3名で、1回目・2回目の参加が1名、1回目と3回目の参加が2名、1回目のみ参加が3名、3回目のみ

参加が1名となった。

ワークショップの進め方(3回とも同様の流れで実施)は、テーマに沿って「組み立て」、PCによる「プログラミング」の流れで行い、課題のコースで繰り返しロボットを試走させ、正確に速く動くように調整させた。その時に、生徒は他の生徒の良いところを参考にす等情報交換を行った。

また、生徒の試行錯誤の道筋を追うために、生徒が活動中に考えたロボットの構造やプログラミングの構想をワークシートに随時記入させた。課題を達成した生徒には、さらに速いタイムが出せるように考えさせた構想をワークシートに記入させ、ロボットの構造やプログラミングの改良を行わせた。

ワークショップの最後には、各生徒の成果を発表させ、相互評価を行った。

a. 「コース別タイムトライアル」

実施日:平成20年6月28日(土)13:00~16:00

【コース選定のねらい】

直線とクランクの2種類のコースを設け、走行タイムを競う(図1)。直線コースでは、車の構造や動力の伝達方法を工夫し、動力を最大にすることで記録を短縮することが可能であるが、クランクコースでは、軌跡制御の方法も工夫しなければゴールもできず、記録の短縮も難しい。そこで、あえて2つのコースを設け両方のコースでよりよい記録を残すことを目指すことで、構造と軌跡制御のトレードオフの関係に気付かせ、最適な方法を導き出す。

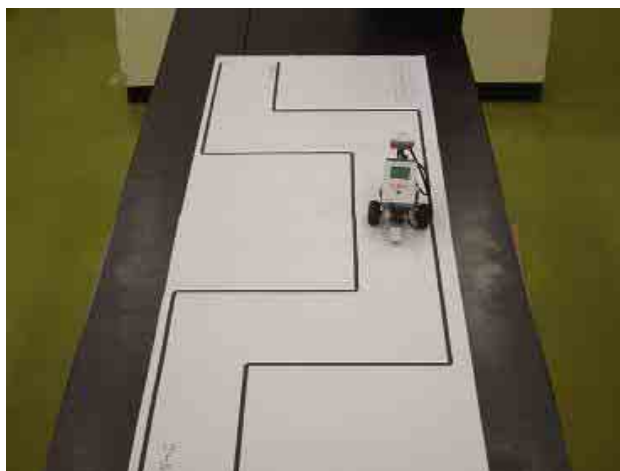


図1 クランクコースと作成したロボット

b. 「車庫入れタイムトライアル」

実施日:平成20年8月23日(土)13:00~16:00

【コース選定のねらい】

開口方向の異なる車庫を3ヶ所設け、その間を移動するタイムを競う(図2)。車庫の移動経路や車庫への入れ方等、生徒の独創性を高める。また、ロボットの車庫入れでタイムトライアルを実施することで、速度と軌跡制御のトレードオフの関係に着目させ、「コース別タイムトライアル」よりも精度の高いロボットの動きを実現させるために、最適な方法を導き出す。

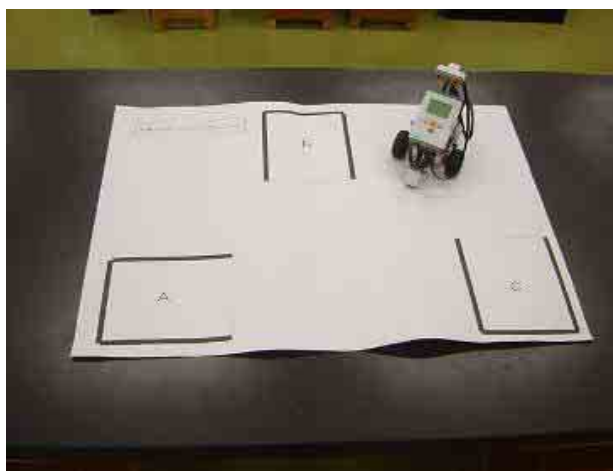


図2 車庫入れコースと作成したロボット

c. 「障害物タイムトライアル」

実施日:平成20年9月14日(日)13:00~16:00



図3 障害物コースと作成したロボット

【コース選定のねらい】

高低差のある直線、S字の曲線、トンネルのある直線の3パターンを組み合わせたコースを走行し、タイムを競う(図3)。また、

モーターの動力をどのような形で動作化すれば障害を乗り越えられるのかロボットの構造や動きを工夫させることで、創造力を養う

とともに、「速度」と「軌跡制御」だけでなく「安定性」など、様々なトレードオフの関係を最適化する場面を体験しながら問題解決能力を高める。

IV. プログラムの期待される効果

本プログラムを実施するにあたり、学習テーマである「速くて、正確に走るロボット」をつくるために、「ロボットの構造」と「軌跡制御」と「速度」のバランスをとることに注目し、活動計画をたてた。「コース別タイムトライアル」では主に「ロボットの構造」と「速度」、「車庫お入れタイムトライアル」では主に「軌跡制御」と「速度」、「障害物タイムトライアル」では主に、難しい条件での「ロボットの構造・軌跡制御」と「速度」のトレードオフの関係を生徒に着目させ、段階的に難易度を上げたプログラムに取り組みさせることで、生徒の問題解決能力を高められることが期待される。

また、ワークショップの実施をトライアルゲーム形式にして「速さ」と「正確さ」を競わせ、生徒の意欲的な活動に結びつける。その活動を通して生徒は、試行錯誤を繰り返し、各自のコミュニケーション能力を高めていくことが期待される。

さらに、課題に取り組む中で、データ、なぜそのような結果になったかの考察、改良すべき点、そして改良を加えるとどのようなようになるかの予測を記録として取ることを、ワークシートを用意して生徒に促すことにより、情報をもとにした科学的思考の育成を図る。

調査結果

I. コース別タイムトライアル

第1回目のコース別タイムトライアルの参加者は9人であった。教材セットは4つ用意し、参加者を2人のグループ3つと3人のグループ1つに分けて活動を行った。

a. プログラム効果について

ワークショップが楽しかったか否かを尋ねた質問において、とても楽しかったとの回答が6人、楽しかったとの回答が2人で、概ね肯定的な回答が得られた。この肯定的な回答の理由として、「組み立てがよかったから(2人)」「プログラミングが楽しかったから(2

人)」「自分の考えと実際のプログラムで違う動きをしたから(1人)」「友達と協力したから(1人)」が挙げられた。

また、何が楽しかったのかを尋ねた質問(複数回答)においては、ロボットを作ったこと(回答数5)、プログラムを組んだこと(同4)、そしてロボットを走らせたこと(同3)が挙げられ、作業そのものを楽しんだ様子が見て取れる。しかし、自分の考えを試したこと、試す中で苦しんだこと、自慢できる工夫をしたことを選んだ参加者はいなかった。

このワークショップが楽しくなかったと答えたのは1人であったが、その理由は最後までできなかったからというものであった。

このワークショップで印象に残ったことを自由に記述してもらった質問において、参加者の回答は、プログラミングをしたこと、タイヤ選び、プログラミングが簡単だった/難しかったこと、ロボットを動かしたことなど、多岐に渡ったが、詳しい記述はあまり見られなかった。また、プログラミングについて記述した生徒が5人いた。先の「何が楽しかったか」の質問において、プログラミングを必要とする自立型ロボットの製作、もしくはロボット製作自体をしたことがないという記述が見られることより、プログラミングについての印象が強かった様子が見て取れる。

b. ロボットの性能について

ここでは、ロボットの性能、ロボットの形、プログラミングの3点について、満足度を自己評価してもらった(表1)。

表1 満足度の自己評価結果

	ロボットの性能	ロボットの形	プログラミング
とても満足した	2	1	2
満足した	1	3	3
ふつう	1	2	2
あまり満足しなかった	4	2	2
満足しなかった	1	1	0

ロボットの性能に関しては、課題を達成できた人ほど、満足度が高い傾向が見られた。満足度に関わらず、5人が「センサーが機能しなかった」「車高がよくできなかった」「プログラミングが思い通りにいった」など、具体的に理由を述べた。

ロボットの形についての満足度は、肯定的に回答したのは全参加者9人中4人であった。

そのうち2人が「斬新な形になった」と答えた。一方で、肯定的な回答をしなかった5人のうち3人が「説明書と同じ形になってしまった」と答えた。これは、グループで協力して試行錯誤するうちに時間が足りなくなってしまう、見本と同じ形になってしまったことによる。

プログラミングに関しては、満足度が分散した。それぞれの参加者が選んだ満足度の理由として、「言葉、単位で違う動きをする」などの具体的分析をしていたのは2人であった。

また、「自分で作ったものではないからあまり満足しなかった」との記述もあったが、これは、先述のように、ロボットの組み立てが自らのアイデアを反映させたものではなく見本を使ったものであったため、プログラミングにも満足ができなかったためである。また、講師によれば、このグループのロボットは、形に懲りすぎていて機能性の考慮が甘かったと言うことであった。

c. トレードオフの関係について

「クランクコースで速く正確に走るロボットを動かすには、どんなことが大切だと思いますか？」の質問に対して、6人が「車高を平らにする。安定性を高めすぎない」など、トレードオフについて言及した。うち、1人は「速さは100固定。カーブは角度をMAXで時間を小さく」と具体的に記述した。また、「プログラムを正確に作る」「自由に動く後輪」「車高を平らにする。安定性を高めすぎない」などロボットの形/プログラミングを修正することに言及したのは3人であった。これらのことより、「トレードオフの関係に気づかせる」というねらいの達成度は高いと言える。

d. ロボットと社会との関わりについて

「ロボットは、世の中のどのようなところで実際に使われていると思いますか？」の問いに対して、6人が「工場（オートメーション）」「福祉（生活支援）」「災害救助（危険な作業）」「医療（人間の手では出来ない細かい作業）」と答えた。作る人次第で無限の可能性があると答えた人も1人いた。

e. 参加者同士の協力・コミュニケーションについて

「同じチームの友達と協力して作業ができた」「自分たちで問題点を見つけることができた」

については肯定的な回答を得た。「他のチームとの話し合い」は回答が分散し、否定的な回答に傾いた（表2）。

表2 参加者同士の協力・コミュニケーション結果

	同じチームの友達と協力して作業ができた	自分たちで問題点を見つけることができた	他のチームと話し合いができた
とても思う	5	3	1
思う	1	4	1
ふつう	2	1	2
あまりそう思わない	0	0	1
そう思わない	0	0	3

f. その他

- ・記述の具体性に差はあるものの、自らの活動をふり返って、それを元に感想や満足度を判断できている。
- ・各質問の記述に示されている感想や満足度の判断の観点は、ロボットの出来・不出来といった活動の成果についてのものが多い。これは、本ワークショップの課題にフォーカスできていると言える。

II. 車庫入れタイムトライアル

今回のワークショップでは欠席者が多く、参加者が4人であったため、主に1人で行う作業が多かった。そのため、アンケート中の質問「あなたは、今日のワークショップの中で何が楽しかったですか？」の中の項目「友達と一緒に作業したこと」および「同じチームの友達と協力して作業ができた」の質問は割愛した。

a. プログラム効果について

前回の試行以降マインドストーム、ロボット、プログラミングについて事前に調べたり学んだりしたか否かを尋ねたところ、全参加者4人中1人がロボットの作り方について学ぶに留まった。

「プログラムは楽しかったですか」の質問（5段階ライカートタイプ）において、3人が「とても楽しかった」、1人が「楽しかった」と回答し、全体的な満足度は高かった。

また、楽しかった理由として、「1人1台で作れたから。しかし、もう少し時間が欲しかった」

た」「1人1台で自分の好きなようにパソコンをいじれたから」「今回は、自分のペースでできたから」などの回答を得た。前回のワークショップでは2人ないし3人1組で作業をしたが、共同作業の中で自分のアイデアを試しきれなかった不満がアンケートや講師の話から見られた。今回は、参加人数の関係上、1人1台ずつロボットを割り当てて作業を行った。そのため、自分のアイデアを存分に試すことができ、それがこのような結果につながったと考えられる。

ワークショップ中のどんなことが楽しかったのかについて尋ねた質問（複数回答）において、「ロボットを作ったこと」「プログラムを組んだこと」の回答数がそれぞれ3、自分の考えを試したことの回答数は1であった。今回のワークショップでは、前回と同様「自慢できる工夫をしたこと」「試行錯誤をしたこと」が楽しかったとの回答はなく、作業そのものを楽しんだ様子が見て取れる。

「自分の考えを試したこと」と回答した生徒も1人いた。この生徒は、この項目の他に、プログラムを組んだことにも○をつけており、その理由を「自分の考えがフルに生かして、プログラミングに生かした」からであると答えている。この回答からも、1人1台ロボットを与えて自由に試行錯誤をさせることが、このワークショップでねらいとした3つのうちの「課題を解決するためのロボットの構造、プログラムを主体的に考えさせる」「創造力を用いて試行錯誤する」に対して効果的であったことが見て取れる。

このワークショップで印象に残ったことを尋ねた質問において、2人が課題を達成したこと、1人が達成感を得たこと、そして1人が自分で作ったことと回答した。

課題を達成したことと回答した参加者は、具体的には「タイムを計測できたこと」（つまり、コースアウトせずに完走したこと）と「車庫入れに成功したこと」と記述した。第1回目のアンケートでは、ロボット製作をしたことがないと回答した参加者がほとんどであったが、第1回目の試行でロボット製作のコツをつかみ、今回の試行では組み立て作業が前回よりもスムーズにできたため、より多くの時間を試行錯誤に当てることができた。その結果、全員がロボットを完走させることができた。

「出来上がったときの達成感」が印象に残

ったと答えた回答者は、見本や説明書を参考にせず、初めから創造性を用いて自分のロボットを設計していた。車庫入れを成功させるためにロボットのデザインを変更したが、そのために製作に時間がかかり、タイムトライアルの試行錯誤に十分な時間を割くことができなかった。しかし、自分の力で作ったロボットが完成したことに達成感を感じたためにこのような回答になったと考えられる。

b. ロボットの性能について

ロボットの性能、ロボットの形、プログラミングの3点についての満足度の自己評価は、以下のようになった（表3）。

表3 満足度の自己評価結果

	ロボットの性能	ロボットの形	プログラミング
とても満足した	0	3	1
満足した	3	0	2
ふつう	1	1	1
あまり満足しなかった	0	0	0
満足しなかった	0	0	0

ロボットの性能、形ともに、全参加者4人中3人が肯定的に回答した。特に、ロボットの形に関しては3人が「とても満足した」と回答した。また、プログラミングに関しては、1人が「とても満足した」と回答し、2人が「満足した」と回答した。これらの回答に関し、作業やロボットの動き、または試行錯誤を例に具体的に理由付けした回答は見当たらなかった。

c. トレードオフの関係について

「車庫入れタイムトライアルで速く正確にロボットを動かすには、どんなことが大切だと思いますか？」の質問において、2人が「プログラミングとロボットの性能」、2人が「ロボットの機能を最大限に生かすこと」と回答した。この質問は、トレードオフの関係に気づくことと、試行錯誤から見出したトレードオフの関係を具体的に記述してもらうことが目的であったが、トレードオフの具体的な例については「プログラミングと、動きやすいロボット」「プログラミングと車の性能」と、2人が記述したのみであった。

d. ロボットと社会の関わりについて

「車庫入れが速く正確にできるロボットは、どんなことに役立つと思いますか？」の質問において、全参加者4人中3人が回答し、「ハンズフリーの車庫入れ」「介護用」「工場で荷物を運ぶ」との回答が上がった。

III. 障害物タイムトライアル

このワークショップには、6名が参加した。前回は参加したが今回欠席した者や、今回初めての参加者などが混在し、第2回目から続けて参加したのは3名であった。今回のワークショップでは、第1,2回目で試行錯誤した内容をもとにより高度なコースを完走・タイムトライアルするという課題が課されており、前回参加した人は、その時に製作したロボットを引き続き使用した。今回も、参加者1人につき1台ずつロボットが割り当てられた。

a. プログラムの効果について

前回の試行以降マインドストーム、ロボット、プログラミングについて事前に調べたり学んだりしたか否かを尋ねたところ、前回も参加した人全員が何もしなかったと答えたが、今回初めて参加した1人が以前よりC言語を勉強していたと回答した。

「プログラムは楽しかったですか」の質問(5段階ライカートタイプ)において、とても楽しかったと回答したのが2人、4人が楽しかったと回答した。その理由として、2人が「自分で行ったから」と記述し、各1人が「初めてだったから」「色々な動きがあったから」「難易度が上がったから」「ロボットを簡単に作れたから」と記述した。

前回の車庫入れタイムトライアル試行時の評価と同様、「自分の思うように行うことができた」ことが楽しかったとの回答があったと同時に、過去に2回試行錯誤をしており、今回もより難しい課題に挑戦できたから楽しかったという回答が見られた。

具体的にどんなことが楽しかったのかを尋ねた質問(複数回答)において、「ロボットを作ったこと」(回答数4)、「自分の考えを試したこと」(同3)、「障害物コースに挑戦したこと」(同2)「プログラムを組んだこと」(同1)「試す中で苦しんだこと」(同1)との回答が見られた。

今回の試行では、「自分の考えを試したこと」と回答した人が3人おり、第1回目の0

人、第2回目の1人から増加傾向にある。また、「試す中で苦しんだこと」と回答した人が1人おり、今回初めてこの選択肢が選ばれた。これは、前回同様1人1台ロボットを割り当てることができたため、試行錯誤の機会が増えたこと、そして直線・クランクコース、車庫入れ、障害物コースと段階的に難易度が上がっており、その中で試行錯誤をすることにより参加者のモチベーションも上がっていったことが原因であると推測される。

ワークショップで印象に残ったことを尋ねた質問において、それぞれ1人が「ロボット作成とプログラムの難しさ」「物事は計算では動かない」「ものづくりの楽しさ」と回答した。今回は、2人が試行錯誤の末に得た見解(「物事は計算では動かない」)や楽しさ(「ものづくりの楽しさ」)を挙げた。このことから、今回のワークショップでは組み立てや操作よりも高い次元で参加者が活動していたこと、つまり試行錯誤が参加者の活動の中心にあったことが見て取れる。

b. ロボットの性能について

ロボットの性能、ロボットの形、プログラミングの3点についての満足度の自己評価を尋ねた(表4)。

表4 満足度の自己評価結果

	ロボットの性能	ロボットの形	プログラミング
とても満足した	1	2	0
満足した	1	0	2
ふつう	0	1	2
あまり満足しなかった	0	0	0
満足しなかった	2	1	0

ロボットの性能については、課題を達成できた人ほど満足度が高かった。「とても満足した」と回答した人は、他のロボットとの比較を通して自分のロボットの満足度を判断していた。また、「満足した」と回答した人は、「動きはよかったが段差が攻略できなかった」と、自分のロボットの機能のバランスから満足度を判断していた。第1回目、第2回目にあった「センサーが機能しなかった」「プログラミングが思い通りにいった」のようなある部分に特化した回答から、複合的に判断する人が増えていることが見て取れる。

プログラミングについては、難しいという

回答と簡単という回答に分かれた。これは、課題を達成するためのプログラミングが難しかったという回答と、今回初めてワークショップに参加し、直進や右左折などのアイコンを配置して数値を指定していくプログラミングが、想像よりも簡単であったという回答に分かれた可能性がある。

c. トレードオフの関係について

「このワークショップで行った障害物タイムトライアルで速く正確にロボットを動かすには、どんなことが大切だと思いますか？」の質問においては、「予想できる力、様々な動力の動き方を見て考えられる力」の他、「プログラムと作り」「動かして微調整」「集中力」が挙げられた。

d. ロボットと社会の関わりについて

このワークショップは3回シリーズの最終回であったため、総括として「このワークショップで学んだことは、あなたの生活や社会にどのように役立つと思いますか？」との質問をした。この質問においては、2人が「他の製品に応用できるか」「少子高齢化社会で役に立つ」などロボットの有用性について、2人が「一つずつこつこつとやっていく」「根気よくがんばる」と作業から学び取ったことを記述した。

e. その他

今回のワークショップでは、試行錯誤の視点が各変数の一対一対応ではなく、全体的にバランスを取って課題を達成しようとしている様子が見て取れ、全体的により高次の試行錯誤が行われていることが分かった。そのようなことから、試行錯誤に幅や深みが出てきたようであることが分かる。

その結果、今回のワークショップでは、前回までのような課題が達成できたか否かから発展し、自分の考えを試したことや試行錯誤において苦しんだことが印象に残り、そして根気よく一つずつ行っていくことを学んだという回答が多く見られた。内容に特化した振り返りだけではなく、そこから何か別のものを学び取ったのは、このプログラムの大きな成果であろう。

考察

①初回は、各参加者とも作業内容をもとに満

足度を判定する傾向が見られたが、回が進むにつれ、アンケートの回答中に試行錯誤の要素が多く見られるようになった。このことより、「動いた、動かなかった」という質的な着眼点から「どのくらい速く動いた」「何秒でコースを完走した」「ここを～すると安定するが動きが遅くなる」などの量的な着眼点へと参加者の作業が変化したことが分かる。

②本ワークショップでは、トレードオフの関係に特化して着目したため、技術や技術製品（ロボット）の社会的役割、意義については触れなかった。3回のワークショップを通してトレードオフについて学ぶことはできたものの、科学リテラシーを涵養する上で、「社会との関わりを踏まえ、得られた知識・スキル等を実生活の中で生かす⁽²⁾」という段階まで踏み込むことができなかった。

③観察結果を詳細に記述すること、そしてそれをもとに自らの作業をふり返ったりトレードオフについて体感的・具体的に理解したりすることが本ワークショップの目的の一つであったが、参加者のワークシートからは、自分のアイディアや改良点などについての情報はあまり読み取ることができなかった。これは、参加者が課題に取り組むのに集中するあまり、記録を取るのをしばしば忘れてしまったためであり、講師が折に触れて記録を取ることを促したが、あまり効果が見られなかった。参加者がこれほど集中して課題に取り組んだのはよい傾向ではあるが、データや試行錯誤の過程を記録することの大切さを伝えるためのより効果的な方策については検討の必要がある。

参考文献

- (1) 科学技術の智プロジェクト 日本人が身につけるべき科学技術の基礎的素養に関する調査研究 21世紀の科学技術リテラシー像～豊かに生きるための智～プロジェクト 技術専門部会報告書 平成18・19年度科学技術振興調整費「重要政策課題への機動的対応の推進」調査研究報告書, 2008
- (2) 独立行政法人国立科学博物館科学リテラシー涵養に関する有識者会議「科学リテラシー涵養活動」を創る～世代に応じたプログラム開発のために～(中間報告), 2008

大きな水の話 A Story of Water

亀井修^{*1}、高橋みどり^{*1}、斉藤昭則^{*2}、矢野真理子^{*2}

国立科学博物館^{*1}、京都大学大学院理学研究科^{*2}

Osamu KAMEI^{*1} Midori TAKAHASHI^{*1}、Akinori SAITO^{*2}、Mariko YANO^{*2}

National Museum of Nature and Science^{*1}、Graduate School of Science, Kyoto University^{*2}

概要：本プログラムは、産業で利用されている科学技術の規模の大きさに伴う課題について、「水」を題材として体験的に学ぶ、科学技術リテラシー涵養のための中高生向け体験的学習プログラムである。このプログラムは、科学技術に関する仮想社会科見学、科学技術に関する社会科見学、学習成果の発表、学んだことを生活に生かすことの4つから構成されているが、本研究ではそのうち仮想・実地の社会科見学の部分を行った。

キーワード：科学技術、水、量的視点、水の大循環

はじめに

本プログラムは、産業で利用されている科学技術の規模の大きさに伴う課題について、「水」を題材として体験的に学ぶ、科学技術リテラシー涵養のための中高生向け体験的学習プログラムである。科学技術に関する仮想社会科見学、科学技術に関する社会科見学、学んだことを表現すること、学んだことを生活に生かすことの4部からなり、地球規模での水の循環や、人間社会における水（飲料水）の安定供給について学ぶことに加えて、学んだ知見を社会に還元することも視野に入れて仕組みを作った。

プログラムの概要とねらい

この試行においては、科学技術に関する仮想社会科見学、科学技術に関する社会科見学、学んだことを表現すること、学んだことを生活に生かすことの4部のうち、科学技術に関する仮想社会科見学と科学技術に関する社会科見学の2つを実践し、地球規模での水の循環についての理解や大量の飲料水を供給するために必要な科学技術についての理解を図った。

1. デジタル地球儀（科学技術に関する仮想社会科見学）

これは、上記の「科学技術に関する仮想社会科見学」に相当する部分である。「くももくもく」と「オーロラってどんなもの？」の二つからなり、地球を模した半球上に衛星からの雨や雲の時間軸を持つ情報をグーグルア

ースの地図上に重ね合わせて投影し、雲の発生の様子や動き、オーロラの見え方を地球の外からの視点で観察するとともに、ゲーム機のリモコンで操作できる2つのソフトウェアを作成した。



図1 半球上に投影したオーロラの画像

この科学技術に関する仮想社会科見学では、投影した画像を自在に動かし、地球上において雲はどこで発生してどこへ流れていくのか、オーロラはどこで最もよく見えるのかなどについて、参加者は自分の見たい地域に画像を動かしながら体験的に学んだ。

参加者にはワークシートを配付し、展示を見て気づいたことやプログラムで体験したり解説を受けたりしたことを記入して、体験的な学びの支援ツールとして使うように促した。

また、プログラムの内容に関する簡単なクイズを用意した。

この部分では、以下の3点を目的とした。

- ・世界各地の雲の様子から、淡水（真水）の循環が限られた地域に偏在して行われていることを理解する。
- ・オーロラを地球規模で見ることにより、太陽活動が地球で起こる事象と深く結びついていることを理解する。
- ・上記を通して、地球の表面のほとんどが水に覆われていることと、水の循環をはじめとする環境に関わる事象が地球規模の大きさを持つことに気づく。

上記の目的を達成するため、この科学技術に関する仮想社会科見学では、以下の3つの目標を設定した。

- ・地球規模における雲とオーロラの分布及び変化を理解する
- ・地球規模の視点を育成する
- ・地球の外から地球を見る視点を養う

このプログラムは2008年12月5日～11日と2009年2月21日、22日の計2回にわたって行われた。



図2 プログラムの様子



図3 プログラムの様子（雲の解説）

2. 一度は見たい！大きな施設（科学技術に関する社会科見学）

東京都下水道局芝浦水再生センターの見学と現場での学習を通し、下水処理の仕組みの他、飲料水に適した水質に関する科学的基準と都条例との関連、大量の水を処理する施設を支える科学技術について総合的に学んだ。

この部分では、以下の点を目的とした。

- ・都市部にもう一つの大きな水資源を得ることに至っていることを意識化する。
- ・農業・工業・生活に使用される水の量が非常に大きいことを知ると共に、水を大量に利用する技術や大量に水を扱うことによって発生する問題を解決するために科学技術に頼らなければならないことを意識化する。
- ・環境保全が問題化されたことにより、対応する技術が開発され、問題を解決してきていることを理解する。

上記の目的を達成するため、以下の2つの目標を設定した。

- ・個人の生活において使用する水の量と内訳を推測することにより、個人レベルでの水の量について考える。
- ・見学して得たことを元に社会における水の量を鑑み、その量を個人レベルで処理するシミュレーションを通して、地域で処理されている水の量を意識すると共に、水再生センターの役割と価値について考える。

この科学技術に関する社会科見学は、2009年1月6日に行われた。



図4 下水処理施設（反応槽）遠景



図5 下水処理施設（反応槽）近景

参加者の概要

デジタル地球儀（科学技術に関する仮想社会科見学）では、館内に設置したデジタル地球儀展示前にやってきた来館者に向けて、展示を体験してもらいながら解説を行うという形で行った。主な参加者は小学生や成人であったが、特に制限を設けないプログラムであったため、様々な世代の人が参加した。2回の試行において、展示を体験してアンケートに回答した人は全277人であり、その内訳は、幼児38人、小学生107人、中学生4人、高校生3人、大学生10人、成人115人であった。一度は見たい！大きな施設（科学技術に関する社会科見学）では、過去に国立科学博物館で実施されたプログラムに参加した人から参加を募り、高校生2人が参加した。

評価の概要

本試行の評価は、以下のように行った。デジタル地球儀（科学技術に関する仮想社会科見学）では、地球規模での水の循環についての学びや地球上での視点から地球への視点へと移動させることがいかに効果的になされたかを測るために、事後に参加者に対してアンケートを実施し、オーロラや雲についての既存の知識およびプログラムで行ったこと・学んだことの中で最もおもしろかったことを尋ねた。一度は見たい！大きな施設（科学技術に関する社会科見学）では、アンケート調査を通して、東京都下水道局芝浦水再生センターの見学で印象に残ったことを尋ね、合わせて生活と水との関わりや、水再生センターの生活における役割について思うことを尋ねた。生活と水との関わりについては、一日に使う水の量とその内訳を尋ねる質問を、そして水再

生センターの生活における役割については、もし水再生センターが壊れて使えなくなったとしたら、汚れた水をどうするかという質問を作成した。この質問より、個人や家庭のレベル、地域のレベルで生活に必要な水がどのように供給されているか、そして使われた水はどのように処理されているかに対する理解度を測ることを目指した。

評価結果ーデジタル地球儀（科学技術に関する仮想社会科見学）

1. 雲についての既存の知識

雲についての既存の知識を自由記述にて尋ねたところ、表1のような結果が得られた。表中の「その他」には、解読不能や意味不明の回答、質問の意図を捉えていない回答などが含まれている。

表1 雲についての既存の知識（カッコ内は回答数）

幼児 ・水・水蒸気から出来ている (7) ・色について (4) ・雷と関係がある (2) ・知らない (9) ・その他・無回答 (7)
小学生 ・水が蒸発して出来た (28) （上記の内、水の循環と絡めた記述 (2)） ・雲の種類について (10) ・色について (8) ・氷の粒のかたまり (3) ・雨を降らす、暖かいところから冷たいところへ行く、季節による (各1) ・知らない (24) ・その他・無回答 (20)
中学生 ・水蒸気から出来ている (2) ・風で流される、雪や雨を降らせる (各1) ・無回答 (1)
高校生 ・知らない (3)
大学生 ・水・水蒸気から出来ている (6) （上記の内、「水蒸気が上空で冷やされる」 (1)） ・西から東へ移動する、気圧の低いところから出来る、雲の種類について、チリも混ざっている (各1)
大人 ・水蒸気から出来ている (32) （上記の内、「水蒸気が上昇し、冷やされて出来る」 (5)、(飽和)水蒸気と気圧の変化について (2)、水の循環と絡めた記述 (1)） ・赤道周辺で発生する (6) ・海で出来る、海水が蒸発して出来る (11) ・雨を降らせる (11) ・雲の流れについて (8) ・雲の種類について (5) ・気温と気圧が関係している、季節によって違う (各2)

<ul style="list-style-type: none"> ・都内でも小さな雲が急に出来ることがある、氷の粒 (各 1) ・知らない (12) ・その他・無回答 (35)

高校生を除くどの世代においても、水蒸気との関連について言及した人がいた(幼児 7人、小学生 28人、中学生 2人、大学生 6人、大人 32人)。水蒸気との関連についての記述のほとんどは、「雲は水蒸気からできている」というものであったが、そのうち、地球規模でも水の大循環に触れた人は、小学生で 2人、大人で 1人であった。また、小学生 1人、大学生 1人と大人 5人は、「水蒸気は上空で冷やされて雲になる」と、メカニズムについて述べた。

雲に関するその他の事柄として、小学生から大学生にかけては、西から東に移動する、雲には様々な種類があるなどをはじめとして、学校の理科で扱う内容を記述した参加者が多かった。一方で、大人の回答には、赤道付近で発生する、海水が蒸発してできる、都内でも小さな雲が急にできることがあるなど、学校で扱う内容を越えた事柄を記述した人もいた。

また、気圧との関連に触れた参加者は、大学生 1人と大人 4人であった。

2. オーロラについての既存の知識

オーロラについての既存の知識を自由記述にて尋ねたところ、表 2 のような結果が得られた。表中の「その他」には、解読不能や意味不明の回答、質問の意図を捉えていない回答などが含まれている。

表 2 オーロラについての既存の知識(カッコ内は回答数)

<p><u>幼児</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・色がきれい (5) ・アラスカで見られる (2) ・寒いところで見られる (2) ・カーテンみたい (2) ・ドーナツみたい (1) ・知らない (8) ・その他・無回答 (8)
<p><u>小学生</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・色について (22) ・寒いところで見られる (6) ・極地付近で見られる (5) ・アラスカ、北で見られる (5) ・カーテンみたい (5) ・丸い (4) ・日本でも見られる (3) ・夜に見られる (2) ・知らない (23)

<ul style="list-style-type: none"> ・その他・無回答 (29)
<p><u>中学生</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・カーテンみたい (2) ・色が変わる (2) ・磁気関係している、イオンが変わる (各 1)
<p><u>高校生</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・寒いところに出来る (2) ・太陽と磁気の関係で出来ている (1)
<p><u>大学生</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・寒いところで見られる (5) ・空気がきれいなところで見られる、電気で出来ている、太陽風に関係がある、紫外線などの波が地球の表面に当たると見える現象 (各 1)
<p><u>大人</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・カーテンみたい (19) ・太陽風と地磁気の影響で出来る (20) (上記の内、プラズマに言及 (2)、電磁波のみに言及 (1)) ・寒い地域で見られる (17) ・アラスカ(高緯度地方)で見られる (12) ・極地域で見られる (10) ・太陽の周期に左右される (4) ・冬に見える、寒いと見える (2) ・日本でも見られる、南北で見える、南北でペアになって見える (各 1) ・知らない (6) ・その他・無回答 (29)

高校生と大学生を除く世代において、カーテンみたいとの記述や色についての記述など、見た目についての記述が見られた(幼児 6人、小学生 27人、中学生 4人、大人 19人)。また、中学生を除く全ての世代において、寒い地域で見られるとの記述が見られた(幼児 2人、小学生 6人、高校生 2人、大学生 5人、大人 17人)。一方で、極点(付近)で見られるとの記述は小学生 5人、大人 12人に、そして高緯度地方で見られるとの記述は、大人 10人に見られた。

太陽や地磁気との関連について記述した人は、幼児・小学生には見られず、中学生 1人、高校生 1人、大学生 1人、大人 24人(太陽風と地磁気の影響でできると記述した 20人と太陽の周期に左右されると記述した 4人の合計)であった。うち、プラズマに言及したのは、大人 2人であった。また、オーロラの色をイオンと結びつけて捉えている記述(中学生 1人)も見られた。

この既存の知識に関する回答には、「紫外線などの波が地球の表面に当たると見える現象(大学生 1人)」「寒いと見える(大人 2人)」「冬に見える(大人 2人)」,そして「極地付近で見える(小学生 5人、大人 10人)」などの科学的に正しくない記述も見られた。

3. プログラムでおもしろかったこと・新たに学んだこと

プログラムでおもしろかったことおよび新たに学んだことを自由記述にて尋ねたところ、表3のような結果が得られた。表中の「その他」には、解読不能や意味不明の回答、質問の意図を捉えていない回答などが含まれている。

表3 おもしろかったこと、新たに学んだこと（かつこ内は回答数）

<p><u>幼児</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・雲はアメリカまで流れる (1) ・雲の種類 (1) ・オーロラはドーナツみたい (6) ・オーロラはアラスカで見られる (1) ・クイズ (5) ・迷路 (4) ・リモコンで画像を動かすこと (4) ・ワークシート (1) ・その他 (11)
<p><u>小学生</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・雲は日本からアメリカへ流れる (6) ・砂漠の上で雲が消える (3) ・雲は極地で渦を巻く (2) ・オーロラの出来る場所 (14) (上記の内、アラスカで見える (9)、北極点を中心にして見える (1)) ・オーロラのかたち (15) ・オーロラの仕組み (6) (上記の内、プラズマについて言及 (1)、磁力と絡めた記述 (1)) ・プラズマは遠回りをして地球に届く (5) ・磁気圏のかたち・磁気圏が吹き飛ばされる (5) ・オーロラの色・かたち (3) ・日本でもオーロラが見られる(2) ・太陽の影響 (1) ・リモコンで画像を動かすこと・半球 (7) ・クイズ (9) ・迷路 (3) ・なし (1) ・その他・無回答 (36)
<p><u>中学生</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・オーロラのかたち (1) ・説明、クイズ (各1) ・無回答 (1)
<p><u>高校生</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・オーロラはスウェーデンで見える、日本で見える オーロラは赤色をしていて、酸素が関係している (各1) ・クイズ (2)
<p><u>大学生</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・雲の移動するスケールの大きさ (1) ・オーロラのでき方 (5) (上記の内、磁力について言及 (1)) ・オーロラのかたち、北極点では見えない (各1) ・分かりやすい図 (1)
<p><u>大人</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・雲の消える場所 (7) ・雲の流れ方 (7) ・雲のできる場所 (2) ・雲の種類、でき方 (各1)

- ・オーロラの仕組み (17)
- ・オーロラの見える場所 (10)
(上記の内、寒いところでなくても見られる (1)、極点では見にくい (1)、日本でも見られる (1)、南半球でも見られる (2)、北極よりもアラスカで見られる (2))
- ・オーロラのかたち (8)
- ・オーロラがプラズマだったこと (6)
- ・磁気圏・磁気について (5)
- ・太陽風、色について (各3)
- ・太陽から電磁波が出る、太陽の力により見え方が違う (各1)
- ・半球の画像・動かしたこと (11)
- ・解説 (9)
- ・ワークシート、クイズ (各3)
- ・立体の地球を使って全体のスケールで眺めたこと (3)
- ・その他・無回答 (14)

この質問において、どの世代においても、オーロラについての記述の数が雲についての記述の数を上回った。

雲について参加者に伝えたい事柄は、雲は赤道付近で活発に発生すること、砂漠で消滅すること、そして身近な事柄として、日本で見られる雲のかたまりは太平洋を渡ってアメリカまで到達することであった。雲のできる場所についての回答は大人2人に見られ、雲の消える場所についての回答は、小学生3人、大人7人に見られた。日本で見られた雲のかたまりが太平洋を渡ってアメリカまで到達することについては、幼児1人、小学生6人が回答し、雲の流れ方と答えた大人7人のうち、アメリカまで行くことと具体的に記述したのは1人であった。また、雲の流れ方に関連して、立体の半球に投影された画像を見て、雲が移動するスケールの大きさ(を実感した)と答えた大学生もいた。

オーロラに関して参加者に伝えたい事柄は、主にオーロラの見える場所、オーロラのかたち、オーロラの発生する仕組みであった。オーロラの見える場所(極点付近よりも、スウェーデンやアラスカなどの、すこし緯度の低い領域で最もよく見られることを理解した)に関する記述は、幼児1人、小学生14人、高校生1人、大学生1人、大人10人であった。オーロラの見える場所についての既存の知識と学んだことの記述の数を比較したところ、表4のようになった。なお、記述の数は、具体的な記述のみを抜粋して集計した。

表4 オーロラの見える場所に関する既存の知識(事前)と学んだこと(事後)の比較

	アラスカ		寒い所		極点付近		日本	
	事前	事後	事前	事後	事前*1	事後*2	事前	事後
幼児	2	1	2	0	0	0	0	0
小学生	4	9	6	0	5	0	3	2
中学生	0	0	0	0	0	0	0	0
高校生	0	1	2	0	0	0	0	0
大学生	0	0	5	0	0	1	0	0
大人	12	0	17	1	10	1	1	1

*1: 「極点付近で見える」との記述の数

*2: 「極点付近では見えない」との記述の数

既存の知識(事前)に関しては、表中の回答の他に、「北で見える」と答えた小学生が1人と「空気のきれいなところで見える」と答えた大学生が1人いた。学んだこと(事後)に関しては、「北極点を中心にして見える」と答えた小学生が1人と「南半球でも見える」と答えた大人が3人いた。また、学んだこと(事後)において「アラスカで見える」と答えた小学生9人のうち2人は、「北極点よりもアラスカでよく見える」とより具体的に回答した。

この比較より、誤概念であった「寒いと見える」「空気のきれいなところで見える」「極点付近で見える」との回答がなくなり、「極点付近では見えない」との回答は逆に増えていることが見て取れる。しかし、「北極点を中心にして見える」と回答している参加者も1人おり、この参加者においては、誤概念を正すことができなかった。

実際には、地磁気緯度の高いところでオーロラが見えているのだが、それが偶然寒いところであった。プログラムで学ぶ前にはそこが誤概念として表れていたが、プログラムにより寒いから見えるのではなく、磁気との関係でその場所に見えることを学んだ。

オーロラのかたち(地上で見るとカーテンみたいであるが、宇宙から見るとドーナツ型をしている)に関する記述は、幼児6人、小学生15人、中学生1人、大学生1人、大人8人であった。オーロラの発生する仕組み(太陽から吹いてくるプラズマ粒子が、地球の磁気圏を通して大気にあたり光を発する)に関しての記述は、小学生6人、大学生5人、大人17人であった。オーロラの発生と直接からめて記述していないが、プラズマ、磁気圏や太陽風についての記述は、小学生11人と大人

10人に見られた。しかし、これは専門性の高い内容であるため、プラズマや磁力を元に具体的に記述したのは、小学生2人と大学生1人に止まった。また、日本でオーロラが見えることがあることに言及したのは、小学生2人、高校生1人であった。また、「紫外線が地球の表面にあたると見える現象」という記述がここでは見られなかったため、この誤概念も正されたと考えられる。

プログラムを運営するための装置として、半球に画像を投影したこと、リモコンで画像を動かしたこと、クイズの宝箱(図6)、ワークシートを用意した。どの世代においても、それらは効果的に作用したようで、それぞれの回答は表5のようになった。

表5 おもしろかったこと(装置)

	半球	リモコン	クイズ	ワークシート	その他
幼児	2	1	4	5	0
小学生	0	5	9	4	0
中学生	0	0	3	0	0
高校生	0	0	0	0	0
大学生	0	0	0	0	0
大人	8	5	4	3	7



図6 プログラムで使用したクイズの宝箱

高校生、大学生では、装置そのものを挙げた人は見られなかった。何らかの装置を挙げた常時、小学生、中学生、大人のうち、クイズを挙げた人はどの世代においても最多であった。

幼児、小学生ではワークシートを挙げた人が多く、大人は半球に画像を投影してみたことを挙げた人が多かった。また、リモコンを使って画像を自在に動かすことは、小学生5人と大人5人に見られた。これは、昨今流行しているゲーム機のリモコンを体験することによる効果と、逆にリモコンが通常ゲームで

行う使い方とは異なるため、幼児には扱いづらいものであったことによると思われる。

評価結果—一度は見たい！大きな施設（科学技術に関する社会科見学）

1. 見学で印象に残ったこと

ここでは、「この水再生センターの大きさや、センターで使われている技術について印象に残っていること、おもしろいと思ったことを何でも書いてください」と質問し、参加者には自由記述にて答えてもらった。

表6 見学で印象に残ったこと回答

参加者	印象に残ったこと
1	<ul style="list-style-type: none"> 大都市である東京の主要4区を一つの下処理場の設備で賄っていたのは驚いた。 よく知られている塩素による処理やオゾンでの浄化の他に、複雑な道のりをたどって海へ至ることを知り、新たな知識を得られた喜びを持った。 世界でも最古の技術が利用され、開発されていることを知り、日本の技術力の高さを再確認した。 アジア諸外国への技術の紹介が行われていること。
2	<ul style="list-style-type: none"> 薬は使わずに、全て活性汚泥できれいにすること。 少し汚い水でないと活性汚泥は活動しないこと。 水と空気の割合が1:6であること！（第二沈殿）。 この水再生センターでも4区しか処理できない→区部ではたくさんの土地が再生センターとして利用されていること。

参加者1、参加者2共に水再生センターの規模について言及した。たくさんの土地を使って建設され、実際に見てその大きさを実感した水再生センターをもってしても、東京都の4つの区の排水しか処理できないことから、利用されている水の量がいかに大きいか気づいた様子が分かる。しかし同時に、参加者1は芝浦水再生センターが大都市の主要4区を一つの処理場で賄っていることに驚き、参加者2はこの規模の水再生センターでも四つの区しか賄うことが出来ないと感じているように、逆の印象を持ったことが分かる。

参加者1は下水処理過程の詳細を初め、日本の下水処理の技術が国際的にも水準が高くアジア諸国にも使われているということが大きく印象に残ったようであり、参加者2は芝浦水再生センターで行われている下水処理の各ステップにおいて、活性汚泥が使われていること、そして下水処理における活性汚泥の特性利用（少し汚い水でないと活性汚泥は活

動しないこと、水と空気の割合）が印象に残ったようであった。

2. 生活と水との関わり

生活と水との関わりについて、参加者の一日に使う水の量を推測してもらい、内訳を示すことで推測した理由を書いてもらった。

表7 一日あたりの水使用量と内訳回答

参加者	一日あたりの使用量と内訳
1	使用量：30L 内訳： ・飲料水：2L ・食事含有水：10L（ヴァーチャルウォーター） ・洗面など水道水：3L ・シャワーや風呂：15L
2	使用量：500Lくらい？ 内訳： ・トイレ ・飲み水 ・洗面 ・お風呂 ・料理 ・洗濯

国土交通省土地・水資源局水資源部の報告書¹⁾によれば、一日に使う生活用水の量は、1人あたり307Lである（2005年度実績）。また、その使途の内訳は、トイレ（28%）、風呂（24%）、炊事（23%）、洗濯（17%）、洗顔・その他（8%）である（東京都水道局調査平成14年度実績²⁾）。

参加者の回答より、生活用水の使用量は実際よりも大きな開きがあったが、内訳はほぼ実情に近いものが挙がった。

3. 水再生センターの生活における役割

水再生センターが壊れて使えなくなったら暮らしはどうなるか、汚れた水をどう処理するかを尋ねたところ、表8のような回答が得られた。

表8 水再生センターの生活における役割回答

参加者	もし、あなたの街の水再生センターが壊れてしまい、使えなくなったとしたら、あなたは家から出る汚れた水をどうしますか？そう答えた理由と、それをするとどうなるかも教えて下さい。
1	案1 どうする：ためる(自宅の中でもよいが、空き地や工場などの倉庫にタンクを設置し、住民コミュニティの中で問題解決まで管理する。汚物水、生活排水は区別する) 理由：汚水を何らかの方法でため、田舎の農家に処理をお願いするシステムを、住民のコミュニティから形成し、役所に届

	<p>け、市町村主体の都市→田舎の汚水処理システムを構築するため。 <u>どうなる</u>：うまく行けば問題解決となるが、課題は、過疎化が進む農村地区の農地不足である。問題の範囲が一市町村であれば、大きな問題ではないかもしれないが。 案2 <u>どうする</u>：ためて、大気中に蒸発させる(ためる場所は、家か宅地かは分からない) <u>理由</u>：住民には慣れを要するが、既存のもので解決できる。 <u>どうなる</u>：一部住民から苦情が出るかもしれない。あくまでも一時的な策。</p>
2	<p><u>どうする</u>：お風呂は水をかえないで使う。トイレは災害用の簡易トイレを使う。他は流す(土にやる、川に流す) <u>理由</u>：たくさんのお水を家でためておくことは無理だが、水を全く使わない、出さないことも無理なので、なるべく使わず、使ったものは流そうと思った(土にやる方が、川に流すよりもいいような気がする)。 <u>どうなる</u>：みんなが流し続けたら、いつか海に流れていって(垂れ流し)、汚染されてしまう。しかし、トイレには限界があるので、結局は流れてしまう。</p>

この質問のねらいは、社会の基幹設備を使わず、自助努力により家庭排水を処理する手だてを考えてみることにあり、そしてそれを考える過程において、自助努力にも問題点や限界があることに気づき、暮らしにおける処理場の役割や大切さを認識してもらうことであった。ここでは、可能な限り実現可能な方法を考えてもらうようにしたが、真に実現可能か否かよりもむしろ社会における状況や地域の人々など、いかに様々な要因を考慮して考えているかに着目して回答を分析した。

表8に示した結果より、参加者は、もし浄水施設が壊れたら、汚れた水をためて他地域(田舎)に処理を依頼する、汚れた水をためて蒸発させる、もしくは水の使用量を最小限に抑え、使った分は環境に付加の少ない方法で流すとの回答に分かれた。

参加者1が回答した案1は、水再生センターの故障が重度なもので、長期にわたる対策が必要である場合のものであるということであった。ここでは、壊れてしまった水再生センターに代わって、汚水を田舎に送り農地の肥料へと有効利用するための新しいシステムを市町村も巻き込んで構築することを目指し、自分の使った汚れた水をためて、肥料として使える有機的な汚水と洗剤など化学合成成分の混ざった汚水とに分け、新システム完成までの間に地域単位で保管しておくこと

であった。

これは、水の処理が出来ないという都市部の問題と農地の肥料が足りないという田舎の問題の双方が同時に解決できることをねらった案であり、社会を比較的大きな範囲で捉えている。また、この参加者は、都市の問題の規模によっては成功するのではないかと推測している一方で、汚水を処理する田舎の農地不足により案がうまくいかないことにも気づいている。

案2は、ためて大気中に蒸発させるとして、一人一人が汚れた水を集めて処理する自助努力の範囲で書いてあり、新規に何かを開発・調達しなくても問題が解決できると考えている。しかし、住民から苦情が出るかもしれないという点で方法の限界を感じており、あくまでも一時的な策としている。

参加者2の回答は、水の使用を最小限に抑えるといった、まずは個人レベルで出来ることを実行し、それでも出てしまった汚れた水については、自然の自浄作用の範囲で流すことによって処理をすることを提案するものである。しかし、少しの水でも多くの人汚れた水を流し続けたり、簡易トイレの限界を超えて使い続けたりしたら、最終的には海に達して汚染されてしまうとして、この方法では解決しきれないことに気づいている。

考察

本プログラムにおける科学技術に関する仮想社会科見学と科学技術に関する社会科見学の実践より、以下の4点が明らかとなった。

1. デジタル地球儀(科学技術に関する仮想社会科見学)において雲について学んだことを記述した回答のうち、どの世代の参加者も、地球上での雲のできる場所や消える場所、雲の流れを理解した。
2. デジタル地球儀(科学技術に関する仮想社会科見学)においてオーロラについての参加者の既存の知識からは、誤概念と判断されるものがいくつか見つかったが、プログラムを体験したことによってほとんどが正された。
3. デジタル地球儀(科学技術に関する仮想社会科見学)において半球の映像やリモコンでの操作、クイズ、ワークシートなどの装置が効果的に作用し、スケールの移動(自分の目で見える実際の雲や天気予報などで見る雲から、地球規模での雲の動きへの視点の変化)や視点移動(地上から空を見上げ

る視点から宇宙から地球を見る視点への変化)が達成された。

4. 一度は見たい！大きな施設（科学技術に関する社会科見学）において、既存の知識を有効に利用して、社会の様々な要因を考慮しながら自分なりに水の処理に関する考えを表現することができた。また、どの参加者が考えた方法も限界に行き当たった。それにより、社会基幹設備の一つである水再生センターの役割と価値（社会で水再生センターを持っていることが大事なのだという視点）を再認識したと思われる。

なお、デジタル地球儀（科学技術に関する仮想社会科見学）においても一度は見たい！大きな施設（科学技術に関する社会科見学）においても、限られたサンプル数における実践であり、特にデジタル地球儀（科学技術に関する仮想社会科見学）では各世代におけるサンプル数が3から115と大きなばらつきがあるため、一回答数の重みに違いがある。分析においては重みを考慮せず実回答数のみを用いて行ったことを、本報告の限界点として記しておく。

謝辞

本プログラム中のデジタル地球儀（科学技術に関する仮想社会科見学）においては、京都大学大学院理学研究科の五井紫さん、西憲敬先生、国立科学博物館サイエンスコミュニケーション養成実践講座平成19年度「サイエンスコミュニケーション1」修了生の森本美奈子さん、東京大学大学院の豊田丈典さんにご協力頂きました。また、一度は見たい！大きな施設（科学技術に関する社会科見学）では、東京都下水道局芝浦水再生センター見学担当の益子さんにご協力いただきました。記して謝意を表します。

参考文献

- 1)国土交通省 土地・水資源局水資源部 平成20年版日本の水資源について ～総合的水資源マネジメントへの転換～
<http://www.mlit.go.jp/tochimizushigen/mizsei/hakusyo/H20/index.html> (2009.2.19)
- 2)東京都水道局公式ホームページ 「水の上手な使い方」
http://www.waterworks.metro.tokyo.jp/life/g_jouzu.htm (2009.2.19)

III 海外調査報告

アメリカ合衆国における科学リテラシー涵養のための学習プログラムの調査 A Research of Learning Programs for Nurturing Science Literacy in United States

小川義和^{*1}, 高安礼士^{*2}, 有田寛之^{*1}

国立科学博物館^{*1}, 千葉県総合教育センター^{*2}

Yoshikazu OGAWA^{*1}, Reiji TAKAYASU^{*2}, Hiroyuki ARITA^{*1}

National Museum of Nature and Science^{*1}, CHIBA Prefectural General Education Center^{*2}

概要：科学リテラシー涵養のためのプログラム開発の参考事例とするため、積極的な取り組みを行っている米国東海岸での事例を調査した。

キーワード：科学系博物館，科学リテラシー，現職研修，批判的思考

1. 調査の目的・調査期間・調査先

博物館等における科学リテラシー涵養のあり方とそれに関するプログラム開発事例の調査を行った。

調査期間は、2008年1月22日～30日で、調査先はアメリカ合衆国のニューヨーク、ニューヘイヴン、ワシントンDCであった。

調査日程

日程	訪問先
1月23日 (水)	American Museum of Natural History
1月24日 (木)	Peabody Museum of Natural History・Yale University
1月25日 (金)	Liberty Science Center
1月28日 (月)	National Science Resources Center
1月28日 (月)	Association of Science-Technology Centers Incorporated

2. 調査の概要

2.1 American Museum of Natural History

「Pipeline」：世代に応じた継続的な学び

(1) 対応者：

Jane Rohan Kloecker 氏

Rosamond J. Kintzler 氏

Steve Gano 氏

Jim Short 氏

(2) 日時：2008年1月23日 10:00-17:00

(3) 調査結果概要

・アメリカ自然史博物館は1869年に設立された、ニューヨークの中心部、マンハッタン

に位置する世界最大級の自然史博物館。

・教育部門に3つのセンターがあり、世代に応じた幅広い学習をサポートしている。

Gottesman Center for Science Teaching and Learning

→Formal Education に対応

Center for Lifelong Learning

→Informal Education に対応

National Center for Science literacy, Education & Technology

→教材開発

・今回は Gottesman Center for Science Teaching and Learning と National Center for Science literacy, Education & Technology の担当者に取材を行った。

学校教育への対応：Gottesman Center for Science Teaching and Learning

・このセンターは、初等中等教育（K-12）において博物館資源の活用を広げるために設置されている。

・スタッフは現在25名。今後拡充の方向。

・対象はニューヨークを中心に、アメリカ全国を視野に入れている。

・学校教育向けの活動は、教員向けの現職研修（professional development）、展示を使った学習活動支援、アウトリーチなど、幅広く行っている。

・現職研修では、博物館の展示に対する理解を深めるための研修プログラムを用意し、年間6000名以上の教員が参加している。この中には、校長、副校長向け（理科に関する教員に限定しない）の研修プログラムや、大学（Brooklyn and Lehman Colleges）と連携し、夏休み期間を利用した10日間の研修プログラム、研究者の元で学ぶ8週間のインターンシップなどがある。

- ・展示を使った学習活動支援では、展示室を活用するための教員向けガイドの開発、展示室でガイドとして活躍するボランティアの研修などを行っている。
- ・アウトリーチでは、学校期間中（9月から6月までの平日）大型バスによる移動展示を提供しており、この展示を利用するための教員向け研修、展示見学前後の学習も含めたワークシートの開発及び提供を行っている。

教材開発：National Center for Science literacy, Education & Technology

- ・このセンターでは、博物館展示に関連する紙媒体のワークシート及びインターネット上に公開されているデジタルコンテンツの開発を行っている。
- ・教員向けガイドは Gottesman Center for Science Teaching and Learning と連携し、ウェブ上のコンテンツは Communication Department と連携して開発を行っている。このセンターでは特に、効果的な学習資源となるよう、博物館のサイトと様々な学習資源を持つ博物館以外のサイトとのリンク、既存のデジタルコンテンツ間のリンクを構築している。
- ・このセンターだけで全てを開発しているわけではないため、もっとセクション間が重なりを持って活動すべきとスタッフも感じている。
- ・教材開発においては、プロデューサー、デザイナー、ライター、教育専門家や科学者がチームを組んで開発を行っている。
- ・展示とリンクしたインタラクティブなコンテンツを開発している。展示室でのゲームや映像と同じものを、インターネット上で見ることができ、展示の意味を再確認することができる。
- ・代表的なウェブサイトとしては、家庭でも学校でも活用可能な「Ology」がある（7才から11才対象）
（<http://www.ology.amnh.org>）。
- ・直近の特別展「Water」のウェブ上での学習資源の開発には、750万ドルの予算をかけたという。

特別展 Water:H₂O = Life

- ・担当者への取材以外に、現在開催されている特別展の見学を行った。

- ・この展示は、水の科学的な性質から地球上での水の役割、現代の環境問題や食糧問題なども取り上げ、生命にとって貴重な資源である水を守り続けなくてはならないというメッセージを発しており、科学リテラシー涵養という視点からも大変興味深い構成となっていた。



特別展 Water:H₂O = Life の様子

(4) 所感

- ・開発している学習資源、指導者向け研修とも徹底してこの博物館の資源と関連づけており、独自性が非常に高い。
- ・デジタルコンテンツは展示更新に合わせて膨大な量となっているが、クオリティのコントロールや開発方針の統一が難しそうである。

2.2 Peabody Museum of Natural History · Yale University

「Ladder Program」：継続的な人材育成

(1) 対応者：

Jane Pickering 氏

Terry Stern 氏

(2) 日時：2008年1月24日 11:00-12:00

(3) 調査結果概要

- ・ピーボディ自然史博物館は、コネチカット州ニューヘイヴンのイェール大学内にある大学博物館。
- ・人材育成に力を入れており、教員向け研修プログラム「Peabody Fellow Program」や高校生向けのアフタースクールプログラム「EVOLUTIONS」を展開している。

- ・「Peabody Fellow Program」は、コネチカット州の学習指導要領に合わせたもので、夏休み期間に開催される。これは継続教育単位 (CEU) に認定される。
- ・「EVOLUTIONS」は、イェール大学の大学生、大学院生の指導の下、8年生から12年生が、大学入学の準備や、博物館の展示作り、参加者同士の教えあい (peer teaching) などを通じて科学について学ぶプログラムである。National Science Foundation からの援助を受けている。
- ・ニューヘイヴンの公立学校に通う生徒は参加が無料で、このプログラムへの参加により単位が取得できる。また、生徒の参加状況は、学校に報告される。
- ・当博物館では現在、「science career ladder program」という構想がある。これは、アフタースクールプログラムを発展させ、経験を積むとともに展示のインタープリター、フェローというようにステップアップできるシステムである。ステップがあがるとともに責任が重くなっていくが、参加者に給与を払う。フェローがアフタースクールプログラムでメンターになる、ということも考えている。このような人材育成の仕組みにより、博物館利用者の展示への関わりが強くなり、よい博物館体験を提供できるようになるという博物館側のメリットも考えている。



アフタースクールプログラムの様子

(4) 所感

- ・大学博物館の特性を活かし、地域の学校教員や生徒を、大学の研究者や学生が指導し、継続的な人材育成につなげようという意欲が感じられた。

2.3 Liberty Science Center

「Vehicle of the Society」 : 社会の乗り物

(1) 対応者 :

Emlyn Koster 氏
Wayne KaBar 氏

(2) 日時 : 2008年1月25日 9:30-15:00

(3) 調査結果概要

- ・マンハッタン島とハドソン川を挟んで隣り合う、ニュージャージー州のリバティパーク内にある大型科学館。2年間の休館を経て、昨年7月に増築と展示改修が終わったばかりである。
- ・館長曰くこの館は社会の乗り物 (vehicle of the society)。単なる科学館 (science center) ではなく、学習だけでなく生活や労働、地域のための「science resource」と考えている。そのため、展示内容は社会との関わりを意識したものが多い。



館長の Emlyn Koster 氏と展示担当 Wayne KaBar 氏背景に見えるのはロウアーマンハッタンの高層ビル群

- ・たとえば、最新の常設展示である「Skyscraper」では高層ビルの技術を伝える展示であるが、その中に2001年9月の同時多発テロで崩壊したワールドトレードセンターの熱で折れ曲がった鉄骨をシンボリックに展示していたり、エネルギー、コミュニケーション、感染症など社会性の高いテーマを取り上げたりしている。地域の自然の代表としてハドソン川をテーマにした展示があり、ここでは自然と人間の関わりについて IT を用いてインタラクティブに学ぶことができる。



大陸移動からネイティブアメリカンの進出、ヨーロッパからの渡来までを体感的に理解できる展示

- ・最新の特別展は人種（タイトルは RACE）を取り上げており、人種を科学的に解説するだけでなく、アメリカ人の人種に対する理解の歴史や文化的背景に触れている。
- ・また、里親を待つ子どもたちの写真をホールに展示するなど、ソーシャルサービスの一環としての活動も積極的に行っている。

(4) 所感

- ・科学館という以前は科学の原理をハンズオン展示等によりわかりやすく説明する、という印象が強かったが、この館は徹底して社会との関わりを第一に考えている。そのため各展示室のテーマは社会性が高いが、個々の展示の中には従来の科学の原理を解説するものが多く、社会と科学の関わりを展示で子どもたちに伝える難しさがよく分かる。展示は頻繁に更新されるようなので、今後の開発に注目したい。

2.4 National Science Resources Center (NSRC)

「Reform of Science Education」：科学教育のリフォーム

(1) 対応者：

Claudia Campbell 氏
David Marsland 氏

(2) 日時：2008年1月28日 10:00-11:00

(3) 調査結果概要

- ・このセンターは、ナショナルアカデミーとスミソニアン協会により 1985 年に設立さ

れた。現在はスミソニアン協会主導になりつつあるという。

- ・大学も含む科学教育の改善のために、米国だけでなく世界を視野に入れて活動を行っている。
- ・中心となっているのは、教材開発による生徒の学習の改善と教員研修であり、スミソニアン博物館群の展示開発にも関わる。
- ・センターのスタッフは 12 名のみで、各博物館や大学等外部の専門家と共同で教材開発などを行っている。
- ・予算は企業支援と教材の売り上げからなり、カリキュラム開発に関しては National Science Foundation から支援を受けている。彼ら曰く、政府からの予算はないので政策の変化には影響されない。
- ・このセンターでは、教材ベースで科学教育のリフォーム (reform) を行いたいと考えており、「Science and Technology for Children Program (STC Program)」という 24 種の教材ユニットを開発した。
- ・従来の教科書では教えて覚えさせる (didactic) ものであったものを、STC では inquiry-based, hands-on based なものにしていく。この方法により科学に対してより深い理解ができると彼らは考えている。
- ・STC では科学的な推理力の発達のための以下の 4 段階の learning cycle を考えている。
Focus (既存の知識と学習の目標の設定)
Explore (既有知識を基礎とする探究)
Reflect (観察やデータから説明を導き出す)
Apply (新しく理解した概念の活用)
(→Focus に戻る)
- ・STC は、全米の約 10% の学校で使われており、特にデラウェア州とワシントン州で良く活用されている。スペイン語 (中南米で活用) とスウェーデン語に翻訳されている。中国では独自に翻訳したものを使っているという。
- ・STC は National Science Education Standard に沿って開発されており、各州での学習指導要領に合わせて適しているものを選択して使ってもらえるようになっている (オンラインで確認可能)。
- ・STC の各ユニットは教員用ガイド (Teacher's Guide) と生徒用のテキスト、30 人分の実習用素材 (Science Kits) から構成される。これとは別に、STC と同じ科学に関するテーマを使い、読解能力を高めるための読み

物を収録した本 (STC BOOK) もある。

- STC の活用については、出版社 (Calorina) による教員向け研修, NSRC がトレーナーを派遣して地域のリーダー的な存在の教員に対する研修といった制度がある。
- その他 NSRC ではスミソニアン博物館群の展示を学校教育でより活用するための教員研修として、博物館のキュレーターとエデュケーターが指導にあたるプログラム「Smithsonian Science Education Academy for Teachers」を行っている。所蔵する資料と展示、独自のカリキュラムを用い、一日約 8 時間の研修を 5 日間行う。



NSRC にて、Claudia Campbell 氏 (写真手前右)、David Marsland 氏 (同左) と調査チーム

(4) 所感

- 科学者の集まりであるナショナルアカデミーと世界的規模の博物館群を運営するスミソニアンとが知的資源を出し合い、学校教育のリフォームに取り組むということであるが、近年はスミソニアン主導になりつつあることもあり、博物館の持つ資料や展示といった資源の活用に対する注目の高まりが感じられた。

2.5 Association of Science-Technology Centers (ASTC)

「Informal Science Education」 非公式科学教育?

(1) 対応者:

Ellen McCallie 氏
John Baek 氏
Bonnie Vandorn 氏
Walter Staveloz 氏

Wendy Pollock 氏

(2) 日時: 2008 年 1 月 28 日 14:00-16:00

(3) 調査結果概要

- ASTC は 1973 年に設立された、米国を中心とする世界の科学系博物館の連合組織である。現在 40 カ国から 540 館が加盟している。
- ASTC では、National Science Foundation の援助を受け、Center for Advancement of informal science education (CAISE) を立ち上げた。ここでは博物館やデジタルメディアなど、informal science education の実践の発展を目指している。
- アメリカでは教員向け研修プログラムはあるが、国立科学博物館におけるサイエンスコミュニケーター養成実践講座のような informal なプログラムは少ないとのことで、高い評価を受けた。

3. 全体の所感

- 科学リテラシーを涵養する、高める (enhance, promote), という議論の中で、各施設の担当者から共通に聞かれたのは、critical thinking や relevant といったキーワードである。
- 科学的知識だけでなく、科学的な見方、考え方や、社会と科学との関係など、本科研費が科学リテラシーの涵養において目指している方向性に注目が集まっていることが再確認できた。
- 課題としては、「学校教育との連携」については有効な手法が確立しているとは言えない状況が見て取れた。科学協会等が提示している「学習基準」(日本で言う学習指導要領)に準拠した「学習プログラム」はある程度できているとはいえ、初等中等教育の多様性から来る困難さが推定された(実施段階での課題は調査できなかった)。
- 「サイエンスカフェ」については、アメリカではこれからの取り組みという状況であった。その内容として、「新しい科学的な知識」の他にどのようなものがあるか、逆に質問された。科学コミュニケーションの中身の検討がさらに必要と思われる。

米国西海岸 科学リテラシー涵養のための体系的科学教育プログラム調査報告 Systematic Education Programs to Foster Science Literacy in the United States

原田光一郎^{*1}, 渡辺政隆^{*2}

国立科学博物館^{*1}, 科学技術振興機構科学技術理解増進部^{*2}

Koichiro HARADA^{*1}, Masataka WATANABE^{*2}

National Museum of Nature and Science^{*1}

Japan Science and Technology Agency Department of Public Understanding of Science and Technology^{*2}

概要: 米国における科学リテラシー涵養のための体系的科学教育プログラムについて、大学、科学系博物館等の視察、担当者とのミーティングにより調査した結果を報告する。

キーワード: 科学リテラシー, 体系的科学教育プログラム

調査目的・調査期間・調査先

調査目的

米国において先進的・特徴的な科学リテラシー涵養のための体系的科学教育プログラムについて調査を行う。調査方法はプログラム開発担当者とのミーティングおよび施設の視察を行う。

調査日程: 2008年1月31日～2月8日
調査先

- ・ UC Berkeley Lawrence Hall of Science (カリフォルニア州)
- ・ UC Davis Center for Biophotonics Science and Technology (カリフォルニア州)
- ・ World Forestry Center (オレゴン州)
- ・ UC Berkeley 自然史博物館 (カリフォルニア州)
- ・ TheTech Museum of Innovation (カリフォルニア州)
- ・ Exploratorium (カリフォルニア州)

調査の概要

2.1 UC Berkeley Lawrence Hall of Science

対応者

- ・ Steven Dunphy (Marketing and Promotions Director, GEMS)
- ・ Susan Gregory (GEMS)
- ・ Kimi Hosoume (FOSS Specialist, FOSS)
- ・ Linda De Lucchi (Curriculum Developer, FOSS)
- ・ Larry Malone (Curriculum Developer, FOSS)

訪問日: 2008年1月31日(木)

調査者: 原田光一郎

Lawrence Hall of Science (以下 LHS) は 1968 年設立。カリフォルニア州バークレイの小高

い丘の上に位置し、科学・数学教育の研究をはじめ、科学館として展示室やプラネタリウム、講義室、実験室を備える。

LHS が研究開発している科学教育プログラムは様々なものがあるが、その中でもここでは、Great Explorations in Math & Science (GEMS)、Full Option Science System (FOSS) に焦点を当て報告する。



LHS 入口外観



左から原田, Linda 氏, Larry 氏, Kimi 氏

■ Great Explorations in Math & Science (GEMS)

GEMS は科学と数学の探究学習プログラムで、K（幼稚園）から Grade8(中学生)の世代を対象として、プログラムごとに対象学年が設定された、およそ 70 種類の指導者用ガイドブックという形でリリースされている。対象学年については指導者の工夫によって、設定されている年齢層以外にも応用することを勧めている。

探究活動を主体とした参加体験型プログラムで、子ども達が自発的に活動を楽しみ、想像力や好奇心を持ってテーマの科学分野の知識を身につけることはもちろん、プログラムを通じて体験的に科学的・論理的なものの見方・考え方・態度や様々なスキルを習得させることがねらいとなっている。

取り扱う分野は数学、物理、化学、生物、地学、数学、環境と幅広く、必ずしも特定分野だけでなく、複数の分野にまたがるようなテーマが設定されたプログラムが多い。例えば Grade2~4 向けの「On Sandy Shores (砂浜)」というプログラムでは、砂から岩石・鉱物、海の生き物の生態・生態系、波や海流、汚染と保護等、科学のあらゆる分野に関わり、それらを総合的・体系的に関係性をイメージできる。さらに計測作業などで数学的要素も扱う。

プログラムのガイドブックは、指導者が効率的・効果的にプログラムを実施できるよう配慮されており、準備すべき教材（多くの物は入手しやすい物）、プログラム進行の時間配分の目安、重視されるスキル、コンセプト、評価方法などが明記されている。



GEMS ガイドブックの一例 Acid Rain

そして、このプログラムは理系のバックグ

ラウンドを持たない指導者でも、効果的なプログラムの実施ができるよう内容・ガイドブック構成・附属資料等、工夫されている。

また、これらプログラムの開発に当たっては、科学分野専門の研究者と教育専門のカリキュラム開発担当者が協力するとともに、実際に学校でプログラムを実施した結果を踏まえ改良を加えることで常にブラッシュアップしている。

このガイドブックは安価のため、学校の教師や博物館等の教育施設の指導者が個人レベルでも実習に導入することが可能であり、またそのような使用が想定されている。

■ GEMS の新しいプログラム体系 Seeds of Science / Roots of Reading (Seeds / Roots)

Seeds / Roots は、G2~5 を対象とした基本的レベルの科学探究学習カリキュラムで、カリキュラムごとに対象学年が設定されている。数種類の科学読み物と実習用の教材、指導者用ガイドが 1 クラス分セットになった形でリリースされている。学校での使用が想定されているが、中に入っている科学読み物は 1 種類ずつ単体でも購入でき、家庭で親子で気軽に楽しむことができるようになっている。

まだ、開発されたばかりで、現在 G2~3 対象の「Soil Habitats」「Shoreline Science」の 2 種類がリリースされており、他のプログラムもこれから順次リリースされる予定（全部で 12 プログラム）だという。

Seeds / Roots の最も特徴的な点は、「Bringing inquiry science and literacy learning together」というキャッチコピーにあるように、科学の探究学習と文字を読む（+書く）能力育成を同時に行うことである。開発の背景には「Do-it, Talk-it, Read-it, Write-it」と呼ばれるマルチモーダル教育モデルが存在する。

この科学読み物の中ではキーワードとなる専門用語が積極的に使われ、巻末で各用語の解説を掲載するような特徴も見られる。特に移民の多い米国において、英語の読み書きの能力の育成は重要であるという考えもあるようだ。

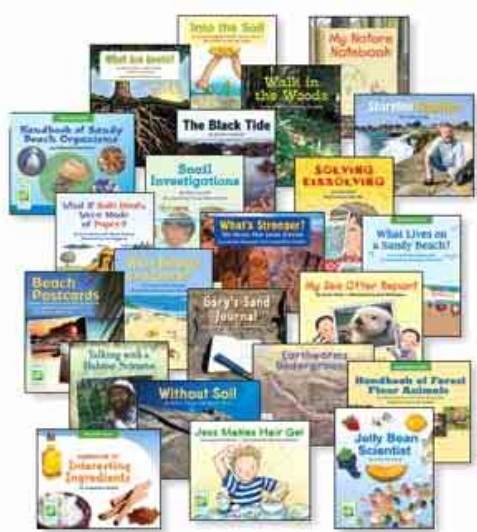
■ Full Options Science System (FOSS)

FOSS は、K~G6, Middle School (G6~8) を対象とした体系的な科学の探究学習カリキュラムで、主に学校の授業のカリキュラムとして使用されることが想定され開発されてい

る。(各地域の教育委員会や学校単位で導入する事が多い。)

分野は K~G6 で「生命」,「物理」,「地球」, Middle School になると「科学的推論」と「テクノロジー」が加わる。

教師用ガイドブック・DVD と生徒用ストーリーブック(プログラム内容に即した読み物, テキストとは若干位置づけが異なる), プログラムに必要な教材(実験器具や観察用資料, 素材など)がセットになっており, 32名のクラスでそのまま使用できるようになっている。



Seeds / Roots の実習用教材と科学読み物

各カリキュラムは「Module」と呼ばれ, Module の中に複数の「Investigation」と呼ばれるセッションに分かれた探究活動があり, 段階的に学習活動を進めていく形になっている。

K から G6 向けの Module は 26 種類, Middle School 向けは 9 種類リリースされている。また, 各 Module 間に直接的なリンクはないが (Module ごと個別に購入, 運用できる), 同じ分野の Module を段階的に学習していくことで, 共通の学習理念に沿って (受け入れや

すく) 発展的に学習をすることができる各 Module の対象年齢とテーマ, 活動内容・ねらいは, 各年齢層の児童生徒の発達レベル (認知発達, 科学的思考) に関する研究と, 各年齢層がどのような内容に興味を持ちやすいか (子ども達がわくわくできるか!), 社会情勢 (例えば酸性雨など) を踏まえた上で, 米国の科学教育スタンダードと州ごとに異なる教育ガイドラインに適合するように入念に検討され設定されている。

また, 2007 年にカリフォルニア州の教育ガイドライン (全米でも高いレベルとのこと) に合わせた, K から G5 を対象とした, 物理, 生命, 地球分野の 21 の Module からなる California Edition の FOSS をリリースした。

GEMS 同様, 指導者が科学的なバックグラウンドを持っていなくても効果的かつ効率的な運用ができるよう, 詳細なプログラムの進行手順, 留意点, 各セッションにおける評価方法, 配布用資料, 各ポイントにおける保護者へのメッセージ等が教師用ガイドブックに入れられる等工夫されている。



FOSS の教材 (Earth Materials)

FOSS の目的

FOSS は下記の 2 点を目的に開発された。

①科学的リテラシー

全ての生徒達に「彼らの認識発達段階にふさわしく」, 「ますます科学的・テクノロジー的に複雑化する世界で生きていく備えとしての, より高度な考え方の基礎となる」科学の経験を提供すること。

②指導上の効率

完璧, 柔軟で使いやすい「最新の教育・学習に関わる研究成果を反映し」, 「参加体験型学習や探究学習など効果的教育手法を用い

た」科学教育プログラムを提供すること。

FOSS の開発理念

小・中学生レベルで科学を学ぶに当たり、重要なのは「Doing Science」であり、教材を使って、さわる、実験する、飼育する、クラスメイトと議論する等の「Doing」がこの FOSS プログラムには的確に反映されている。

この「Doing」によって、与えられた答えではなく、自分で答えを発想・発見する力を養い、このような訓練によって、論理的な考え方ができるようになり、大人になってからも問題が起きたときに的確に対処できる人材を育てるのだ。というのが FOSS 担当者の考える開発理念である。

FOSS 担当者の考える科学リテラシーとは

自然界の中で「科学」がどのように我々の生活に関わっているのか、年齢に応じたレベルで理解し、レベルに応じて議論をする。

科学リテラシーは教育期間の最終ゴールではなく、継続的に大人になってからも芯になって人生を歩んでいくことができるものである。大人世代において、社会生活の中で科学がどういう役割を果たしているのか、人間の歴史の中で科学がどう流れてきてどう流れていくのか興味を示すことが重要である。

科学リテラシーの要素は二つ、「事実を学ぶ、原則原理を学ぶ、知識を身につける」ことと、「科学的に考える力、つまり自然界（生活の中）の様々なデータを元にして、論理的に考え、論理的疑問を持ち、論理的に結論を導き出すこと」であるという。

■ 考察

GEMS, FOSS ともに、全ての指導者が効率的な科学教育を行うことができるプログラムの開発、指導者の研修を行うことで、(間接的に) 青少年の科学リテラシー涵養を行うという哲学に則っている。直接専門家がプログラムを実施する機会もあるが、必ずしも専門性を持たない現場の多くの指導者が効率的指導をできることによって裾野の広がりを狙う。

例えば国立科学博物館でも必ずしも専門性を持たない教育ボランティアが科学学習プログラムを指導するような事例はあるが、より高度な科学リテラシー涵養を狙うプログラムでは専門家が直接プログラム指導を行うという概念が強いのではないか。指導者養成という方向性も取り組んでいるが、誰でもが効果的学習プログラムを指導できるプログラムを

開発するという視点も重要だと考える。

課題など

GEMS, FOSS ともに非常に素晴らしいプログラムであることは間違いがないが、課題としては、どんなに素晴らしいプログラムでも、現場の先生、もしくはカリキュラム採用の決定権をもつ各教育委員会の担当者が、このような手間がかかる、教室が整然としない(グループで作業したり、床に教材セットを並べて実習したり) 指導形態を好まない場合は本プログラムを採用してくれない状況があるという。日本でわれわれの身の回りでも同様の課題は耳にする。

2.2 UC Davis Center for Biophotonics Science and Technology (CBST)

対応者

Marco Molinaro (Chief Education Officer, CBST)

Michelle McCombs (Curriculum and Evaluation Coordinator, SBST)

訪問日：2008年2月1日(金)

調査者：原田光一郎

Center for Biophotonics Science and Technology (以下 CBST)は、UC Davis の機関で NSF のファンデーションにより運営されている(現在 10 年間の 6 年目)。バイオフォトリクスの研究と研究者を目指す学生養成と一般へのバイオフォトリクス普及のための教育活動を行う。CBST の予算のうち教育部門が占める割合は 18%前後である。施設は UC Davis のキャンパス内と新しくサクラメントにできたメインビルディングがある。



CBST の新しいオフィス入り口(サクラメント)

■CBSTにおける教育活動

表3(本稿末尾に掲載)にCBSTの教育活動体系を示す。低年齢向けから、大学生、大学院生用の研究者養成コースと一般への普及活動があり、キーワードとして「エデュケーション」と、「サイエンス・アンド・テクノロジー(科学技術研究)」、「ナレッジトランスファー(身に付けた知識等を外に向けて発信, 世代を越えて知識を伝達する)」の相互に関連を持っている。

一般を対象としたもの

①Public Outreach

博物館, 地域グループ, 大学のオープンキャンパス等において, バイオフォトニクスに親んでもらうことをねらいとした参加体験活動を行う。内容は, レーザーポインターや赤外線体温計, モバイル顕微鏡などバイオフォトニクス機器を使った楽しい実験など。

②BPWorld.com

研究者, 産業界, 一般を結びつける目的のWEBサイトを一般向けに公開している。

学生・学校を対象としたもの

③High School Academies

高校向けの活動で下記のような種類がある。

- ・ sacramentの高校で実施するカリキュラム。年間200~300時間×2年間。高校教師, バイオフォトニクス研究者, CBST教育者が連携して進行するカリキュラムで, 内容はバイオフォトニクスを中心とした科学の学習カリキュラム。カリキュラム開発自体を3者が協力するとともに, 学校での指導も3者が適宜連携する。
- ・ デービスや, ベイエリアの高校向けにはバイオフォトニクスの学習キットの貸出を行っている。このキットのコンセプトはバイオフォトニクスを中心とした科学の基礎を教材を使ったグループ実験・学習を通じて学習する。「Doing」が大切だと。キットの中身はモバイル顕微鏡, モバイルスペクトル分析機などバイオフォトニクス機材が入っており, 貸出先のニーズに合わせて組み換えている。このキットはFOSSキットより専門性に特化した物であり, また, カタログ販売のFOSSとは異なり, 相手に合わせて柔軟に組み換えて提供できることがこだわりであるという。ちなみに, マルコ氏は数年前まで3年間LHSのFOSS開発に携わ

っていた。

- ・ ティーチートレーニングでは高校の教員を対象に, 3つのレベルの研修を行っている。

レベル1では3日のバイオフォトニクスの基礎的イントロダクション研修。レベル2では5日間の参加体験型のバイオフォトニクスの実験を通じた研修。レベル3は4~8週間の研究インターンシップでバイオフォトニクスの高度な研究手法の研修を行う。この研修の参加者は主に物理や生物の教員が多く, 化学, 数学の教員の参加もある。

④Internships

短大生・大学生を対象に将来の研究者養成を目的とする。8~12週間程度研究所でインターンしながら研究スキルだけでなく, 科学の二面性, 自分の研究をPRするスキル, レジューメの作り方, そして最も重要な科学研究者としてのものの考え方, 態度, 一般とのコミュニケーションスキルを身につける。

⑤Courses/DE

大学・大学院生へのカリキュラム。バイオフォトニクス専門のコース。もちろんここでも, 科学研究者としてのものの考え方, 態度, 一般とのコミュニケーションスキル習得にも力を入れている。身につけた専門性は一般に積極的に普及することが大切だという考え。

DEはバイオフォトニクス以外でドクター, PhDを持っているような人が+αでバイオフォトニクスの専門性を身につけるというコース。

CBSTの哲学

CBSTにおける全ての研究・教育活動はバイオフォトニクス中心で, バイオフォトニクスの研究者を育てたいということが主目的。

バイオフォトニクスは「生物学」「物理学」「化学」「数学」など科学のあらゆる分野に関わるものであり, バイオフォトニクスを切り口に科学分野全体に関わる科学リテラシーを涵養するという考え。

①→⑤まで, 発展的にレベルが上がっていくのだが, 最も重要なのは, CBSTの研究・教育で科学の専門性を身につけた後, その専門性を社会一般にフィードバックするサイクルを構築すること。

そのため, 研究だけができればよいという研究者ではなく, 社会一般や後継者指導へとフィードバックできるサイエンスコミュニケ

ーションのスキルを身につけることが重要だと考えている。ここでフィードバックを受けた子どもや学生が、このサイクルに乗って行くことが理想だと考えている。

表4の「Engagement」「Capacity」「Continuity」はそれぞれ単体だけを突き詰めるのではなく、それぞれがリンクすることが重要なのだということであった。

また、CBSTの教育において「Diverse（多様）」「Team-Based（チームワーク）」「Interdisciplinary（学際的な）」「Authentic Research（真の研究）」の4本柱が大切で、これにより、様々な情報を収集し、分析して、的確な判断をする能力を養う。これは、科学分野に限らず日常生活の様々な場面で重要な能力である。

CBST (Marco 氏) が考える科学リテラシーとは

今サイエンスの社会で何が起きているのか何がフォーカスポイントなのか理解すること。一般人がサイエンスというものがどういうものなのか、どういう風に実社会に位置付けているか理解すること。どんな、分野でも何かしらサイエンスに関わる知識に触れていくことが科学リテラシーであると考えをうかがった。

2.3 World Forestry Center (WFC)

対応者

Rick Zen (Education Director)

Sara Wu (WFI Director)

訪問日：2008年2月4日（月）

調査者：渡辺政隆・原田光一郎



WFC Discovery Museum 外観

オレゴン州ポートランドに拠点を置くNPOであり、1905年に発足し、1986年にポートランドのワシントンパークに Discovery Museumを設置した。1986年から現在のWFCの名称となった。

NSFからの資金援助により運営されている。WFCは、持続可能な将来の構築のために、世界の森林や樹木について、また、それらと生物の関わり合いについて、教育活動と情報提供を行うことを使命としている。

Discovery Museum

Discovery Museumは森林をテーマにした参加体験型の展示施設である。

森林のジオラマがあり、砂場に木を植える展示や、地下に潜って森林の地下を覗くことができる展示、クレーンで10メートル以上までつり上げられ、森林を見渡すことができるような展示の他、世界の森林の役割や現状をツアー形式でめぐる展示、森林や森林の生態系について学べる展示など、森林について多面的に興味と理解を深めるような展示が設置されている。



左から Sara 氏, Rick 氏, 渡辺

WFC の教育活動

地元の小中学生向けから、一般成人まで様々な年齢層に対し、Discovery Museumや周囲の森林へのフィールドトリップによる教育活動を行う。理念として、教室での講義よりも、実際のフィールドでの学習活動がより効果的だと考えている。

また、森林や環境について児童生徒を対象に実施できる教育プログラム集の冊子を制作し、教員向けに発行し、教員のトレーニングに力を入れている。

WFC の特別研究員プログラム

1989 年に、WFC は世界の林業問題に対する関心の高まりを受け、World Forest Institute を設置し、国際的な特別研究員プログラムを行うようになった。

世界各国から若手の林業や林産業の研究者が集まり、半年から1年程度研究を行う。研究に関しては、それぞれの母国や政府や森林関連の企業などがスポンサーとなっている場合が多いようだ。

2.4 カリフォルニア大学バークレー校 (UCB) 自然史博物館

対応者

Roy L. Caldwell (UCB 古生物学博物館館長)

日時：2008年2月6日(水)

調査者：渡辺政隆

個別の科学館があるわけではなく、理学部の自然史学系のものが一緒になったオフィスをミュージアムと称している。建物、踊り場などに、ティラノザウルスの化石が置いてあったり、主立った講座(各々が博物館を名乗っている)の事務室の一隅が展示室になっていたりする。<http://bnhm.berkeley.edu/>

古生物学博物館は、Web サイトで Understanding Evolution というとても良いサイトを運営している。

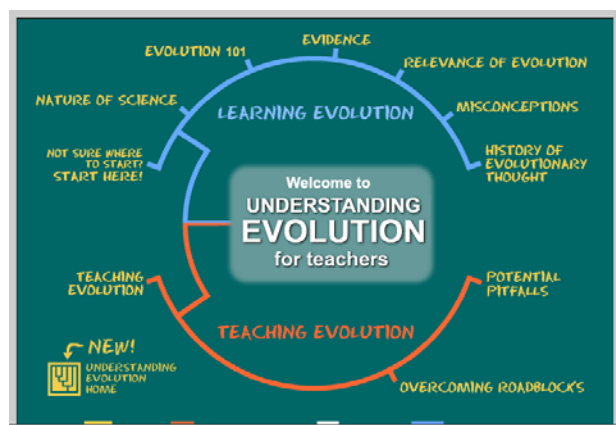


図1 Understanding Evolution

その設立経緯をコールドウェル教授に聞いたところ、もともと12~13年前に古生物学部門が独自のサイトを開設していた。その運営は主に大学院生が担当していた。その活動に注目したNSF(米国国立科学財団)から進化に関する教育サイトをやらないかという提案があり、資金の提供を受けて5年前から進化

論教育サイトの運営を開始した。現在は専任スタッフを一人置いて、あとは大学院生などと協力しながらやっている。

<http://evolution.berkeley.edu/>

サイトの内容は、進化学の教科書などを参考にしてウェブの内容の充実を図っている。すでに何カ国語かに訳されている。

米国ではキリスト教原理主義者による反進化論キャンペーンが盛んに行われており、理科教育へのマイナスが大きい。特に生物学教育は被害を被っており、全米の科学教育関係者、生物系研究者が団結して進化論教育に力を入れている。このサイトも教師向けの情報提供に力を入れている。

自然史博物館の主催で半年前からサイエンスカフェを開始した。大学の近くのピザショップを借り、月に1回の割合で開催している。きわめて好評で、90人ほどが集まる。米国ではサイエンスカフェはまだ新しい試みである。

9月から Understanding of Science という新しいサイトを開始する。これは科学とは何か、どのように研究するものかを学ぶためのサイト。これも NSF の支援を受ける。

<http://undsci.berkeley.edu/>

現場では、リテラシー云々よりもまず科学教育の向上、教員の質の向上が最優先事項。そのための教育ツールの充実に力を入れている。

GK-12 プロジェクト：サンフランシスコ湾エリアの中学、高校を対象に、UCB の大学院生がチューターとなり、環境教育プログラムを実施している。

<http://gk12calbio.berkeley.edu/>

2.5 TheTech Museum of Innovation

対応者

Greg Brown

Vice President

Content Development

日時：2008年2月6日(水)

調査者：渡辺政隆

1970年にシカゴ産業科学技術館を訪れた女性が感激し、サンノゼに同様の科学館の創立を提案し、1998年に建設された。

年間予算は1200万ドル。100万ドルは市が負担し、残りの半分は民間からの寄付、後の半分は入場料収入でまかなっている。

主要なプログラムの1つが Tech Challenge。

5年生から12年生の子どもがチームを組み、ハンズオン展示を制作する。毎年5組を表彰し、科学館に展示する。

2001年からThe Tech Awardを毎年5組選定し、表彰している。その業績紹介展示もする。

地元のカレッジセンターで教師教育のトレーニングプログラムを実施している。内容は主に、館の展示を教育にどう活かすか。

当初は1組8人のグループでトレーニングを実施していたが効果が上がらないため、現在は1組2人のグループ編成で実施している。

学校の生徒を対象としたField Tripsプログラムを実施している。1回のプログラムは2時間。

展示は、アイマックスシアター、コンピュータを使ったいろいろなゲーム的なもの、あるいは遺伝子関係だと発光するクラゲの遺伝子をバクテリアに入れて、その結果を培養してくれて、帰ったらWebサイトで見られるといった双方向的な展示が目をつけた。

整備したい展示は、単位に関するもの。キログラム、ワット、馬力などを実感できるもの。

- ・ ボランティア登録数は300人。
- ・ 専任の展示デザイナーが1人いる。
- ・ 来館者のリテラシー涵養よりも教師教育が優先課題。

2.6 Exploratorium

対応者

Sam Dean (Director ExNet)

Kua Patten (Director, Exhibit Services)

訪問日：2008年2月8日

調査者：渡辺政隆

NSF（米国国立科学財団）の支援を受けていることから、展示内容に関する外部評価を実施している。そこではWho Whom When Howの4つが重視されている。

証拠に基づいた評価を行う評価チームも内部にある。展示ホールとコミュニティ活動の2つを別々に評価する。

教師教育としてはTeachers Instituteがあって、特に数学の教師を対象としたワークショップを夏に実施している。

展示はデザインが命。科学者、技術者との軋轢もあるが、デザイナーの意見を尊重する。その他、アートとサイエンスに関する意見交

表 1 Seeds/Roots のプログラム体系

GRADES	LIFE SCIENCE	EARTH SCIENCE	PHYSICAL SCIENCE
2-3	Soil Habitats (Long Unit)	Shoreline Science (Long Unit)	Designing Mixtures (Short Unit) Gravity and Magnetism (Short Unit) (available Summer 2009)
3-4 (available Summer 2009)	Variation and Adeptation (Short Unit) Digestion and Body Systems (Short Unit)	Weather and Water (Long Unit)	Light Energy (Long Unit)
4-5 (available 2010)	Aquatic Ecosystems (Long Unit)	Planets and Moons (Long Unit)	Models of Matter (Short Unit) Chemical Changes (Short Unit)

(Seeds/Roots ガイドブックより引用)

表 2 FOSS のプログラム体系

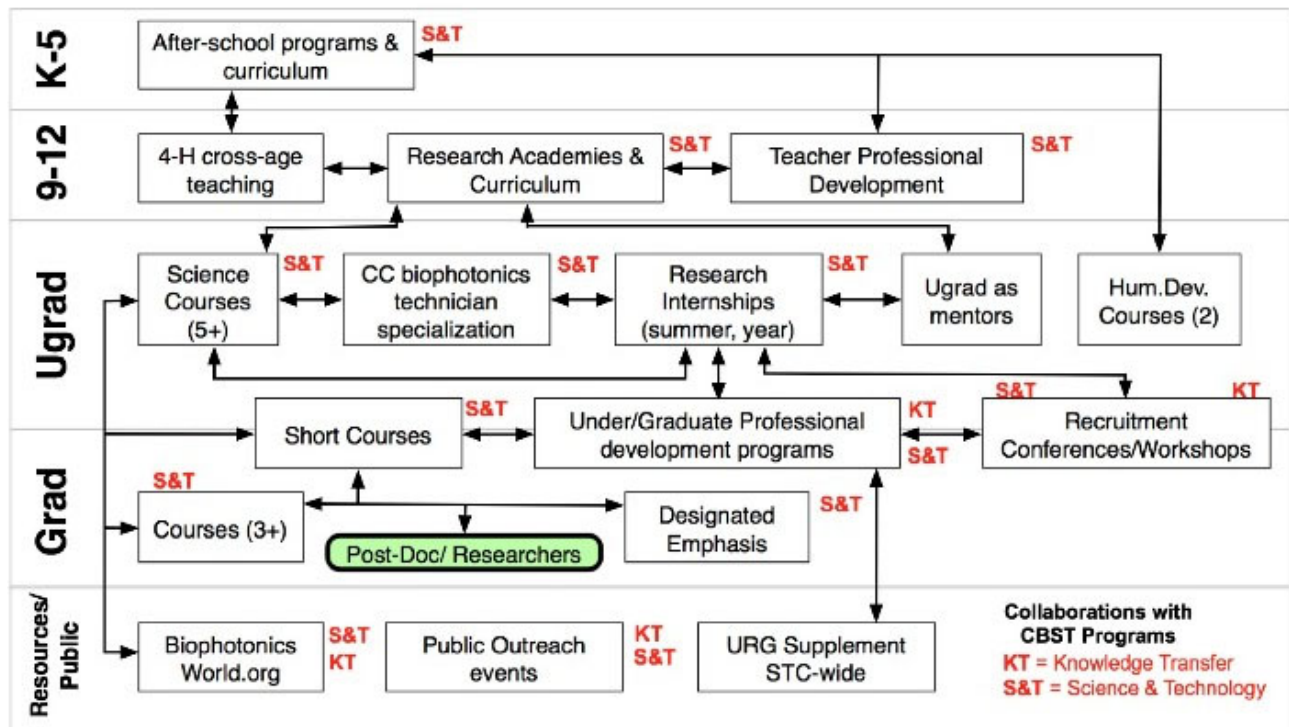
FOSS [®] K-6 Scope and Sequence				
Grade	Life Science	Physical Science	Earth Science	Scientific Reasoning and Technology
5-6	Environments Food and Nutrition	Levers and Pulleys Mixtures and Solutions	Landforms Solar Energy	Models and Designs Variables
3-4	Human Body Structures of Life	Magnetism and Electricity Physics of Sound	Earth Materials Water	Ideas and Inventions Measurement
1-2	Insects New Plants	Balance and Motion Solids and Liquids	Air and Weather Pebbles, Sand, and Silt	
K	Animals Two by Two Trees	Fabric Wood and Paper	Trees (Tools for Observing Weather)	

FOSS [®] Middle School Courses		
Life Science	Physical Science	Earth Science
Human Brain and Senses	Electronics	Planetary Science
Populations and Ecosystems	Chemical Interactions	Earth History
Diversity of Life	Force and Motion	Weather and Water

(FOSS ガイドブックより引用)

表3 CBSTの教育活動体系

Educational Programs Map



(CBST ホームページより引用)

表4 CBSTの教育活動



(配付資料より引用)

フィンランド・スウェーデンにおける科学リテラシー涵養のための学習プログラムの調査
Learning Programs to Foster Science Literacy in Finnish and Swedish Science Museums

小川義和, 高橋みどり
 国立科学博物館
 Yoshikazu OGAWA, Midori TAKAHASHI
 National Museum of Nature and Science

概要：科学リテラシー涵養のための取り組みについて、高い教育水準を誇るフィンランドの事例と、スウェーデンにおいて世界初の野外博物館の事例を調査した。

キーワード：科学リテラシー, 科学系博物館, 学校連携, 教育カリキュラム

1. 調査の目的・調査機関・調査先

フィンランド, スウェーデン両国において, 博物館等に於ける科学リテラシー涵養のあり方とそれに関するプログラム開発事例の調査を行った。調査機関は 2008 年 6 月 23 日及び 6 月 28 日で, 調査先はフィンランドのヘルシンキ, スウェーデンのストックホルムである。

調査日程

日時	訪問先
6 月 23 日	
10:00-12:00	Heureka
12:45-14:45	Tekniikan Museo
15:15-16:15	Center for School Clubs
6 月 24 日	
9:00-11:00	Finnish Museum of Natural History
6 月 28 日	
10:00-14:30	Skansen



Heureka 外観

2. 調査の概要

2.1 Heureka

日時：2008 年 6 月 23 日 10:00～12:00
 対応者：Dr. Per-Edvin Persson (館長), Ms. Mirja Rosenberg (School Relations Manager)
 入館料：大人 14.5 ユーロ, 子ども 9.5 ユーロ (6～15 才)

調査結果概要：

(1) 概要

本サイエンスセンターは 1989 年 4 月に開館し, ヴァンター市, ヘルシンキ大学など 5 つの機関からなる Finnish Science Centre Foundation を運営委員会に持つサイエンスセンターである。ヴァンター市から 26% あまり, 教育省から 37% あまりの資金援助を受け, 残りの 37% あまりを入館料, 場所のレンタルなどの自助努力によって賄っている。

(2) コンセプト

本サイエンスセンターには 3 つの「コアアイデアオロジー」があり, すべての運営計画はそれによって立案されている。「コアアイデアオロジー」は「私たちは発見の喜びをすべての人にもたらしめます」「私たちは刺激的な学習経験を作り出します」「私たちは科学, 革新, 質を大切にします」の 3 つである。また, 本センターにおける科学, 革新, 質のそれぞれの価値を提示している。それらをもとに, 目標と達成すべき価値からなる 2008 年～2010 年までの運営計画を立案した。コアアイディアの体系図を参考資料 1 に示す。

(3) 展示

展示関係は Experience Department で行っており, Production Manager がワークショップ及びデザインの監修, 館内の展示構築のプロセス管理などの他, 展示自体の運用性やメンテナンスの管理も行っている。展示は, Main Exhibition の他, Ships and the Sea, Me Games, Sense of Silence, Move and Play!, Science Changing the World, そして野外に位置する Galilei Science Park などに分かれており, 手

を動かすことや体験を重視した展示が数多く配置されている。中には、バルト海の海運事情を学ぶ展示や冬のフィンランドで安全に運転をする方法を体験する展示などもあり、地域に根ざした取り組みも見られた。また、それぞれの展示は、友達同士、他人同士にかかわらず、来館者が展示を通してコミュニケーションをとることを促進することも目的としている。



コミュニケーションを促進する体験型展示

(4) プログラム

本サイエンスセンターで行われる最大のプログラムは、Finnish Society of Scientific Information と共同で行われる Night of Chemistry であり、期間中訪れた 3700 人の人が研究者や大学教授の話の聞いたり、デモンストレーションを見たり、専門家によりワークショップに参加したりする。多様な見方を提供すれば、化学は参加者にとって面白く、刺激を受ける分野となる。

2007 年春まで、毎週末に Finnish LEGO と共催で子どもたちがブロックを扱うプログラムも行った。また、Café Scientifique が、フィンランドにあるフランスの文化センターと共同で行われていた。さらに、展示と関連のあるプログラムが開発された。

これらに加え、Senior Sunday, Senior's Science Days, Veteran's Day などのシニア向けのプログラムや、若い世代向けの Hiking and Wilderness Skills, Risks of Life and Study-Experiment- Development days などのプログラムも開発された。また、移民向けの他文化をテーマとしたイベントも行われた。ここでは、フィンランド流の科学の楽しみ方を紹介するプログラムが組まれた。ヴァンター

に住むスウェーデン人、フィンランド人のために講義も行った。

2007 年から 2008 年の国際極年では気候変動が重要なテーマになっているのを受け、Autumn Storm というイベントを開催し、自然環境の保護を子どもたちに訴えると共に大人向けに専門家による講義を行った。

(5) ラーニングセンター

本サイエンスセンターでは、教育省の資金援助を得てラーニングセンターを準備している。現在、プロジェクトマネージャーなどの人材は雇用しており、2008 年末までにディレクターを雇用、2008 年にはオープンする予定である。ラーニングセンターの社会における目的は、若い世代の自然科学や技術への関心を増やし、社会における知識基盤を豊かにすることである。ラーニングセンターでは、様々な科学の分野における教育的な実験、デモンストレーション、プロジェクトを企画、試行する。企画の際、学校教科を横断する統合的なテーマを扱うことが非常に重要であると考えている。2007 年には、本サイエンスセンターの展示と関連のある教材の電子媒体を開発した。例えば、リサイクルの内容を扱う教材を、環境に優しい DVD に記録してフィンランドの学校に配布した。更に、ラーニングセンターでは、Finnish National Board of Education やヘルシンキ大学の Palmenia Centre for Continuing Education と共同で教師教育も行っている。

ラーニングセンターのプロジェクトは、拡張予定の教育施設のために立案されるなど、本サイエンスセンターの将来的なプロジェクトと連動して行われている。学校からの訪問は広い地域からあり、2004 年から 2006 年の間には、59%の訪問者が、ヘルシンキ市外の居住者であり、44%がヘルシンキのあるウーシマー県の居住者である。年間およそ 1000 の異なる学校が本サイエンスセンターを訪問する。

(6) 科学リテラシー

本サイエンスセンターでは、科学リテラシーの定義は特別に使用しておらず、先述のコアイデオロギーが教育活動の方向性を決定している。フィンランドでは教育省の強力な活動により、本サイエンスセンターが市民の科

学リテラシーを活性化・支援することができるようになっている。科学リテラシーの涵養を目的としたプログラムの例は、Water Chemistry と呼ばれる実験室での活動であり、そこでは、生徒は実験について指導を受け、科学について考えていく。

本サイエンスセンターでは、幼児期の科学リテラシーは、水、光、色、音などの様々な自然現象について興味を持つこと、そして基礎的な操作のスキルを習得することであると考えている。子どもの科学リテラシーを涵養するための保護者の役割は、遊びの要素がたくさんある学びの可能性を提供すること、子どもに身の回りの世界を探究することを許すことなどである。

大人が保持しているべき科学リテラシーは、科学の現在的话题や議論されている内容に関する知識、新しい技術に適応するためのスキル、職業の成功の元となる革新が重要であると考えている。そのための館内の教育活動については、大人一般をターゲットにした活動はまだ成功していない。一方で、教師教育が重要であると考えており、そのためのプログラムを用意している。また、本サイエンスセンターにおける展示の主要な目的の一つは、家族を伴った大人を取り込むことである。

科学リテラシーを涵養するために今後必要となる世代は、十代から青年期(14~21才)の世代と幼児期(3~6才)である。館で行うプログラムには科学リテラシーの要素は常に入っているが、館の目的に適う今後のプログラム開発として、国の学校カリキュラムに沿った分野横断的なプログラムを考えている。しかしサイエンスセンターならではの要素や、新しい技術と、その背後にある科学についても取り入れていく予定である。

2.2 Tekniikan Museo

日時：2008年6月23日 12:45-14:45

対応者：Ms. Leenu Juurola (Project Manager), Ms. Leena Tornberg (Senior Coordinator)

入館料：大人6ユーロ、子ども1ユーロ (7~17才)

調査結果概要：

(1) 概要

本博物館は、1969年に開館し、フィンランドの技術と産業を主に扱っている。建物は当初、水質浄化施設であった。展示のテーマは、

木材工業、冶金工業、通信、情報技術、家庭、ビルの建設やエネルギーなどである。近年、現在の場所に移設されたが、展示は従来型の目で見るとタイプのもものがほとんどで、ハンズオンの展示やデモンストレーションなどは行っていない。展示物も基本的な技術製品や機械などが主であり、これらを通して展示物の説明をすることを主な目的としている。



Tekniikan Museo 展示室

基本的な技術製品や概念に注目はしているが、スタッフは何か不足していると感じており、それを本博物館とサイエンスセンターとの違いに起因しているとした。その違いとは、サイエンスセンターはハンズオン展示があるが、本博物館にはないこと、本博物館では、展示物の説明を通して基本的な技術の理解を深めることである。また、スタッフは、受け身である展示の内容を理解することを主な目的とする本博物館においては、シンプルな技術の原理を扱った展示物を採用すること、そして効果的な展示プランニングが生涯学習につながると考えている。これをもとに、本博物館では、展示と学びを効果的に結びつけることを目指し、2006年より3年間の予定でInnoApajaというプロジェクトを立ち上げた。

(2) InnoApaja プロジェクト

InnoApaja プロジェクトは、新しい学習環境、革新的な学習方法を構築するために、展示をメディアとしてとらえてそれを使って創造的な思考と問題解決の方法を育成することを目的としている。その背景には、故事の「温故知新」によく似た考えの”Researching old creates something new”がある。革新的な学習方法のモデルとして、pre-learning, learning path on-site, post-learning からなる3時間の

learning pathを設定した。このモデルの中で、何か新しい革新的なものを学んでもらうことを目指している。この learning path では、教師の役割は非常に重要であると考えられており、教師は何を考えているのかを知ること、教師を learning path 中のすべてのプロセスに取り込むことが成功につながるとし、教師を対象に訪問の目的と訪問計画を調査することを計画している。同時に、生徒に対しても創造的な思考を探るための調査を計画している。

フィンランドでは、教師は国の教育カリキュラムに沿って授業を計画するものの、自由度はかなり高い。また、小学校の教師は日本と同様にほとんどすべての教科を担当教師が担当するため、授業の中に博物館の活動を組み込むことは可能な状況にある。また、教育省も、博物館活動を取り入れることを推奨している。一方で、教師は博物館の活動をどのように取り入れるべきかについて明確な方策は持っておらず、博物館側も、教師に何をどのように提供できるかについての有効なアイデアは、館独自には持っているが、異なる館共通のアイデアは持っていない。更に、教師は技術の分野を授業に使用することに不安を感じている。InnoApaja プロジェクトでは、そのような課題の原因を明らかにし、教師が博物館を利用しやすいような情報提供などの解決策を提供していく。

本プロジェクトでは、展示プランニングの改善の一環として、説明に特化した展示からコミュニケーションの要素を取り入れ、考える過程を重視した展示も開発が進んでいる。



コミュニケーションの促進もねらった展示

また、本博物館のスタッフは、生徒にとって科学の方法屋科学的試行に注目することの方が展示の内容に注目するよりも楽であると

感じており、教師は、なぜ、どのような目的で創造的思考を使うのかをもっと理解しなければならないと考えている。しかし、本博物館では内容に注目しているため、創造的思考を取り入れた学びは行われていない。

InnoApaja プロジェクトは、実践を通して learning path の検証をしていくが、最終的には受け身である展示に関する生徒の「理解」に着目し、革新的な学習方法について検証していく。本博物館のスタッフは、科学リテラシーとはシンプルな造りをした技術の原理を理解し、更にその歴史や背景を社会の文脈の中で包括的に理解することなのではないかと感じている。最終的には参考資料2で示したようなシステムを構築し、本プロジェクト、展示、収集・研究の三者を有効に連携させ、本博物館の教育的機能を向上させることを目的としている。

本プロジェクトにおいて、博物館展示に関して、館の展示物の中で重要であり、カリキュラムに沿っており、かつ教師が使えるようなものを 50 Key Innovation として選定することも計画している(例:フィンランドの重要な技術革新とは何か?)。館の中で活動することと同じく、外に向かって情報を発信していくことも重要であると考えている。一方で、活動の評価についてはほとんどなされていない状態なので、上述の観点に沿って評価を進めていくのがさしあたっての課題である。

2.3 Centre for School Clubs

日時：2008年6月23日 15:15-16:15

対応者：Ms. Merike Kesler (Project Manager)

調査結果概要：

(1) 概要

Centre for School Clubs はフィンランドの学校においてカリキュラム上のクラブ活動や課外活動、趣味・文化や科学に関する他の教育活動を展開するためのセンターである。クラブ・課外活動以外の教育活動には、市民教育、メディア教育、職業教育などが含まれる。若い年齢層のための活動、趣味、健康的な生活と前向きな思考を促進するために、1947年に設立された。第二次世界大戦後、多くの命が失われ、家族は家計を助けるものを失い、若い世代は将来への可能性が絶たれた。当センターは、若い世代が参加できる活動を創り、家族を支援するために設立された。運営は、

主にフィンランドの教育省から支出された資金でまかなわれている。当センターは、子どもたちの福祉に関する政治的議論や意志決定にも参画している。

(2) クラブ活動

クラブ活動普及においては、教材やプログラムを開発し、その指導法と共にポータルサイトに掲載している。都市部の学校では複数のクラブ活動を展開して生徒はその中から自分にあったクラブ活動を選択することができるが、地方の学校では、一つの学校に一つのクラブ活動しか配置されず、生徒に選択の余地はない。隣の学校まで80キロメートルほど離れているため、隣の学校のクラブ活動を選択することもできない。

(3) ヤングサイエンティスト

ヤングサイエンティスト促進に関しては、当センターは以下の7つの目標を定めている。

- ・フィンランドの子どもたちのどんなことにも対応できる科学的な習慣を培う
- ・活動や教育方法を改善する
- ・科学クラブ、サイエンスキャンプ、科学週間などを組織する
- ・才能のある子どもたちが長期間にわたって支援されるような活動の基準を作り、普及させる
- ・仕事において科学教育に興味を持った大人を教育し、支援する
- ・様々な機関を連携させ、国レベルで科学教育のネットワークを構築する
- ・あらゆる協力体制のモデルを模索する

(4) 市民教育

科学関連の活動と並んで、当センターでは市民教育に関する活動も行っている。市民教育においては、ユースパーラメントと呼ばれる活動を2年に一度行っている。これは、子どもたちが本物の国の議会の合間に、社会的な問題に関して議員と議論をすることを通して、議員の仕事や民主主義について理解を深めると同時に、子どもたちが影響を及ぼすことで市民としての自覚を育成することを目的としている。議員のほぼ全員が、このユースパーラメントに参加する。

参加している子どもたちはフィンランド式の意志決定のモデルと意志決定がいかになされるかの方法を学ぶ。議員への質問を作成する際には広範な周辺知識が要求され、自ら学

んでいく過程で積極的な市民がどう行動するのかを学んでいく。更に、すべてのメンバーが議員との議論に参加できるわけではなく、その選考課程において、子どもたちは民主主義がいかに機能するかについても学ぶ機会がある。

(5) メディア教育

メディア教育に関しては、当センターは教育省を初めとして4つの機関と合同で”Media Muffin”と呼ばれるプロジェクトを立ち上げている。ここでは、違法なコンテンツや有害なメディアの理解を初めとして、コミュニケーションの改善やメディア教育の新しい側面、質の高いコンテンツ作りの促進、地域の政策とのバランス、家族や親子におけるメディア利用の支援などを活動対象としている。

本プロジェクトの主な対象は幼児などの極低年齢層から小学生までであり、加えてそれらの子どもの保護者に対して周知することも目的としている。本プロジェクトでは主にメディア教育の教材を作成しているが、教師を対象として、メディア教育をいかに行うかについてやメディアの安全な使用法について、国レベルでトレーニングセッションも行っている。本プロジェクトでは、メディア教育のみに注目するのではなく、政府が定めた幼児教育や小学校とも融合させた、より総合的な教育を提供することも目指している。

(6) 科学リテラシー

当センターで使用している科学リテラシーの定義は、PISAで示されている「個々人の科学的知識、科学的課題への知識の応用、科学的現象の説明、証拠に基づいた結論」の各能力としている。

このうち、科学的思考やそのプロセスについては、現行のすべてのプログラム(社会科学・自然科学双方)で扱っている。総合的な科学リテラシーを育成するための自然科学の特別プログラムは時に応じて開発している。科学リテラシーが最も必要であると考えている世代は小学校、中学校、高等学校であるが、同時に国の教育政策や科学技術政策に影響を与えるような国際的なネットワークも大切ではないかと感じている。

当センターで展開されているプログラムの主な目的は、生徒の思考力の育成や科学的な議論をいかに促進し、支援できるかを教師に理解させることである。これらのプログラム

は国の教育政策，経済政策(将来の職業，勤労の本質，加齢による問題など)，学校外教育(学校外教育の役割，役者(アーティスト)などの共同作業など)の影響を受ける。幼児に対しては，観察及び親子間の質問をベースとした会話，ばかげた様に感じられる質問をする自由，そして親子一緒に答えを見つけていくことをプログラム中で促進している。また，成人向けのプログラムは開発されていないが，成人段階では，マスメディア(特に商業メディア)で伝えられた情報を解釈するためにより高度なスキルが必要となる。科学リテラシーは自らの行動の結果や地域規模，地球規模での環境に対する意志決定の結果を理解するためにも必要である。

当センターでは，フィンランドの社会において科学リテラシーのスキルを広く普及させることが何よりも大切であり，更なる教師教育の機会や生徒のクラブ活動の機会のために非常に具体的なプログラムを開発するだけでなく，フィンランドの教育科学において積極的な役割を果たすことが必要であると考えている。



Centre for School Club のスタッフと

2.4 Finnish Museum of Natural History

日時：2008年6月24日 10:00-12:00

対応者：Ms. Satu Jovero (Educational Curator)

入館料：大人5ユーロ，子ども2.5ユーロ（7～18才）

調査結果概要：

(1) 概要

この博物館はヘルシンキ大学に付属した施設であり，動物，地学と古生物学，植物の3分野があり，それぞれの博物館の他，植物園

や年代測定ラボラトリーが併設されている。また，分子環境学とシステムティクスのラボラトリーは大学の生物・環境科学学部と共同で運営されている。本調査では，自然史博物館を訪問した。

自然史博物館は2008年5月に改装され，一般公開されたため，調査時においてはまだ展示・プログラムとも完成はしていなかったが，一部を除いて展示は公開されており，プログラムは学校の夏休みが終了した後の9月に向けて開発中とのことであった。ガイドツアーはパートタイムで勤務する主に大学生・大学院生により夏期に行われ，イベントも随時行われている。主なイベントは，毎年8月にヘルシンキで開催されるNight of the Artsに合わせて行われるものを初め，Animal's Winter, Winter Holiday Happeningsなど，多岐に渡る。



Finnish Museum of Natural History 外観

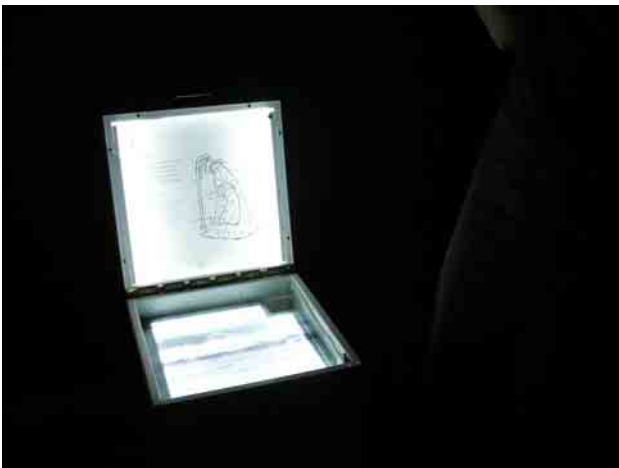
(2) 展示

館内には主にフィンランド国内から集められた動物，化石などが展示されており，現在4階中3階が一般に公開されている。展示のテーマは「フィンランドの自然」「生命の歴史」「骨が語ること」の3つである。「フィンランドの自然」は一般家庭の台所にどのような害虫・害獣がいるのかから始まり，フィンランド南西部，北東部のそれぞれ冬と夏を，標本などを使って再現している。ケースに展示されている標本以外に，ケースに据え付けてある引き出しの中にも標本が入っており，来館者が自由に引き出しを開けてみるができるようになっている。しかし，実際にはその存在に気づく来館者は少なく，気づいてもらえるように何らかの工夫をする必要があるということであった。

展示室内の16カ所に30cm四方×高さ70cmほどの金属製の箱が設置されており、ふたを開けると各ポイントの説明や簡単なクイズなどが書かれていて、スタンプラリーのように回ることができるようになっている。また、フィンランドに生息する鮭について学ぶ展示では、実際の持った感触と重さを再現して作ったぬいぐるみを来館者が抱いて体験できるほか、冬のフィンランドに特有の雪について学ぶ展示においては、吹雪の音や雪の上を歩いていく音を再現した展示が設置されているなど、来館者の様々な感覚を使って体感して理解することができるように工夫されている。



標本ケースに据え付けられた引き出し



各ポイントの説明

(3) プログラム

本博物館は大学博物館であるため、研究が主な目的である。そのため、展示や教育専門のスタッフは、今回対応していただいた Ms. Jovero を含む2名しかいないということであった。知識を一般に広める役割も担う教育のスタッフは2名とも教師経験があり、国の教

育カリキュラムに沿ったプログラムを開発している(改装後のプログラムは夏休み終了後より実施)。本博物館では、展示が一般の理解を促進するために最も重要であり、社会へ向けた窓であると考えている。しかし、展示の開発は多大な時間がかかる上、科学や技術、社会が進歩するにつれてだんだんと遅れてくるため、展示の利用のみで知識を伝達することに限界も感じている。一方、プログラムは展示とのつながりを意識して開発され、国の教育カリキュラムにも対応するように意識されている。ここではハンズオン活動をたくさん取り入れ、視覚障がい者対象のプログラムも用意されている。ハンズオン活動を取り入れている理由は上述の展示の工夫と同じで、様々な感覚を使って学ぶことはより深い理解をもたらすという信念から来ている。

大人向けのプログラムに関しては子ども向けのものと同じく興味を引き出すことが大切であると感じている。Ms. Jovero によると、大人は子どもに比べて知識を理解する力が備わっているため、現行の大人向けプログラムは知識注入型に構成されているものが多い。一方で、大人は刺激の少ない生活をしている。従って、そのような大人向けプログラムはあまり人気がなく、館でもあまり行われていない。しかし、子ども向けに開発された興味を引き出すようなプログラムが大人に対しても人気があったという経験があり、大人も興味・好奇心を刺激されるような機会が必要なのではないかということであった。本博物館では、次のプログラムのターゲットは退職後の老年期であるということであった。この世代は、孫を連れて来館することが予想され、自らの経験に基づいた説明を孫にすることが可能である。身近な人がする話はより臨場感があり、それによって、展示が示す自然現象への理解も深まることを期待している。

2.5 Skansen

日時：2008年6月28日 10:00-14:30

入場料：大人 40～120 ユーロ、子ども 20～50 ユーロ (6～15 才) *入場料は、季節や時間帯によって異なる。

調査結果概要：

(1) 概要

Skansen は、1891年に民俗学者アットゥール・ハセーリウスによって創設された、世界

最初の野外博物館である。ここでは、スウェーデンの全国各地から移築された 150 以上の代表的な家屋や農園を見学することができ、これらと関連する各イベントが日常ベースもしくは季節ごとに開催されている。

Skansen は文化省からの補助金により運営される財団であり、約 170 人のスタッフが働いている。活動内容は政府が定める規定により決定され、活動のミッションは、次のように定められている。

「Skansen 財団は、野外博物館という Skansen の特徴を十分に考慮した上で、スウェーデン文化と自然を活かすための活動や、文化遺産を中心に据えた様々なレジャー活動への関心に沿う生き生きとした環境を作り上げる活動を通して、現在の Skansen をさらに拡大し開発する事業を行うことを目的としている。Skansen は、北欧博物館財団との緊密な文化的科学的協力関係を保ちつつ、その活動を推進する。Skansen は文化・歴史的建築物の存在を保護するもので、その活動は、利潤追求を目的としてはならない。」

(2) 展示

それぞれの展示は、1600~1900 年頃のスウェーデンの様々な地域や町並みを特徴付ける。主なものには、ストックホルム南の工房街、ダーラナ地方や北スウェーデンの農園、貴族の農園、山小屋、サーメ人の住居などがある。各展示にはその土地や時代特有の衣装を着たガイドが配置され、訪問者に当時の生活様式を見せて背景を説明したり、訪問者の質問を受け付けたりしている。



スウェーデンの伝統的衣装を着たスタッフ

また、敷地の一角には動物園があり、スカ

ンジナビアに棲息する動物たちが集められている。オオカミ・オオヤマネコ・アナグマ・ヒグマ・大鹿・フクロウ・鷲・ヨーロッパンバイソン・狐・イノシシ・アザラシ等の他、純粋種の羊・山羊・豚・牛などもある。これらの展示やイベントを通して、Skansen では文化的・自然的遺産や生物多様性に関する知識や理解を求める人のニーズに応えると同時に、コミュニティーの意識を育てることを目的としている。

Skansen では、科学リテラシーという言葉で活動を説明してはいないが、過去から現在へ至る流れの中での人間・社会・自然の相互作用を切り口とした理解の提供を行っている。ここでは本研究で目的としている科学リテラシー涵養活動よりも広範なものを扱っているが、個々人が何をどの程度理解し、社会の中でいかに行動すべきかを含む教育活動を考える上で、重要な参考となる。



サーメ人の住居の再現

3. まとめ

(1) 展示について

本調査で訪問した科学系博物館において、ハンズオン展示と従来のスタイルである説明中心の展示が特徴としてあげられる。どちらも来館者の深い理解をねらったものであるが、説明中心の展示はそこに込めた意図をよりの確に伝えることができ、ハンズオン展示は見るだけでなく、触ること、聞くことなどを通して学ぶことができるという特徴がある。Tekniikan Museo で行われている説明中心の展示は、シンプルな技術の原理を理解させることを目的としており、より深い理解を提供することにより、知識の定着を図ることができるのではないのだろうか。

コミュニケーションを促進する展示物が多くデザインされているのも、今回の調査対象より明らかになった特徴である。Heureka では、主に一緒に遊ぶことや意思の疎通を目的とした展示物、Tekniikan Museo では、一緒に課題に挑戦することを目的とした展示物があった。科学の知識や科学的ものの見方・考え方の習得、それらを応用する能力のみならず、学んだことや意見を発信したり他と話し合ったりすることも科学リテラシーの涵養のためには必要である。これらの展示はそういった表現力や発信力の育成に寄与するものであるが、日本の科学系博物館の展示においては例が少ない。例えば、国立科学博物館では、「森の標本箱」など、展示物と関連づけたコミュニケーションツールが開発されている。今後、コミュニケーションツールとしての機能を持った展示物の開発が必要であろう。また、これを日本の科学系博物館の展示及び教育活動にどう取り入れていくかを考慮することは有益なのではないだろうか。

(2) 国の教育カリキュラムとの関わり

本調査より、プログラム開発にあたっては国の教育カリキュラムと連携するように開発されていることが明らかになった。これらは、館の独自性を表現し、分野横断、体験的などの要素も取り入れたものである。これらの展示は自由度が高く、来館者が何を学ぶかは必ずしも展示に込められた意図に限定されない。フィンランドの学校教育は授業の立案においては自由度が高く、教師の裁量で行うことが認められているため、分野横断的で体験的なプログラムは、学校理科の状況に柔軟に対応することができる。

日本でも、科学系博物館は学校理科との連携を様々な形で提供しているが、カリキュラム上・スケジュール上の理由などにより、教師にとって利用しにくいのが実情である。理科に限らず、様々な切り口を持った体験的なプログラムは、柔軟なものを見方を伝えるだけでなく、科学・技術を総合的に理解する上で有効であり、科学リテラシー涵養に適している。日本の状況の中でどのように学校と博物館が効果的な連携を保っていくかが今後の課題となるのではないだろうか。

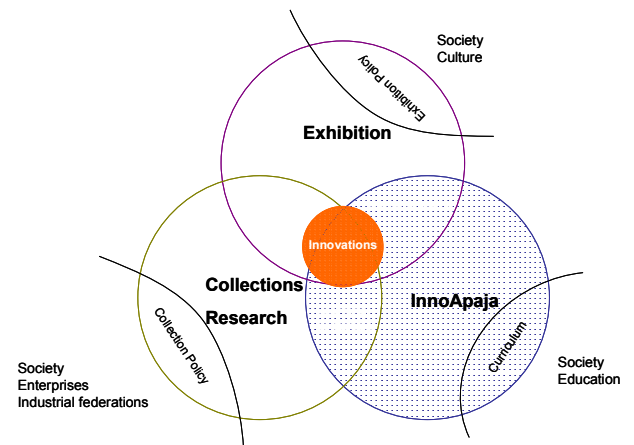
(3)大人向けプログラム

大人を含めた教育プログラムの体系的開発

については、いずれの館においても行われておらず、大人向けプログラムに関しては成功例は聞かれなかったが、三館いずれも必要性には気づいていた。大人に必要な科学リテラシーについては、新しい科学知識やメディアの情報を解釈するためのより高度なスキルであるとの意見が共通してみられた。その実装において特筆すべきなのは、Finnish Museum of Natural History で聞かれた、大人も興味・好奇心を刺激される機会は必要で、現に子ども向けプログラムが大人にも人気があった経験があるということである。好奇心や感性、疑問は、どの世代でも持っているものであり、大人のプログラムでもそれらを切り口にするのは有効である。国立科学博物館の科学リテラシー涵養活動の枠組みにも感性の項目があり、それらを大人向けのプログラムにていかに有効に取り入れるかを考慮する必要がある。



Heureka のコアイデオロギー (Heureka 館長プレゼンテーションより)



Tekniikan Museo InnoApaja プロジェクト (プレゼンテーションより)

第 10 回科学・技術についての市民とのコミュニケーションに関する国際会議(PCST-10)参加報告
The 10th International Conference on Public Communication of Science and Technology

内尾優子, 小川義和, 高橋みどり, 有田寛之
 国立科学博物館
 Yuko UCHIO, Yoshikazu OGAWA, Midori TAKAHASHI, Hiroyuki ARITA
 National Museum of Nature and Science

概要: 当会議において昨年度の成果報告をするとともに, 科学リテラシー涵養のための科学系博物館の教育事業や評価のあり方を議論した。

キーワード: 科学リテラシー, 科学系博物館, 学校連携, 教育カリキュラム
 Key words: science literacy, science museums, partnership with schools, national curriculum

1. 会議の概要と参加目的

1.1 PCST-10 の概要

Public Communication of Science and Technology の略で, 世界中の科学館・サイエンスシアター関係者, 科学ジャーナリスト, 科学広報担当者, 科学技術コミュニケーション研究者, コミュニケーションに関心を持つ科学者等が個人の資格で参加している国際的ネットワークである。

2~3年おきに国際会議が開催され, 前回の第9回大会は初めてアジア, 韓国(ソウル)で開催された。PCST10回目となる2008年のPCST-10はスウェーデンとデンマークで開催された。

会場は, コペンハーゲンビジネススクール(デンマーク)とマルメ大学, ルンド大学(スウェーデン)である。主要な会議はマルメ大学で行われた。初日夕方の懇親会はルンド大学で, そして2日目の午後に開催されたコペンハーゲンチャレンジと題した環境問題討論コペンハーゲンビジネススクールで行われた。

(公式ホームページ: <http://www.vr.se/pcst>)
 主催: スウェーデン研究協議会, ルンド大学, マルメ大学, およびオームル大学, デンマーク大学の科学コミュニケーション, スウェーデンの政府の革新システム開発機構, 仕事生活のためのファスウェーデン語協議会, 就業, 生活および社会研究, スウェーデン協議会, スウェーデン王立科学アカデミー
 後援: 農業科学開発スウェーデン研究協議会(スウェーデン政府研究資金機構及び幾つかの省庁), 持続型開発省, 農業食料省, 教育文化研究省。

(前回の第9回の主催・後援: 科学技術の韓国のアカデミー, 韓国科学財団, PCST-9組織

委員会, 科学技術省, 文化観光省, ユネスコ韓国国家委員会, 韓国国家観光組織)

1.2 テーマ

メインテーマ「未来への架け橋」
 サブテーマ ●「科学と社会を巡る新しい課題」 ●「科学者と一般市民が参加し, 社会的(科学の)力をつけるには」 ●「影響と成果の評価」 ●「メディアとの対話の手法や機会の開発」

会議では, これらのサブテーマに基づいて53のプログラムが生まれ, 約70のセッションが開催された。

1.3 期間とメインコンファレンスの日程

	6月25日	6月26日	6月27日
午前	Opening Reception Plenary Session Plenary Session	Communicating Science in Social Contexts Parallel Sessions 3, 4	What did Copenhagen Challenge tell us? Parallel Sessions 5, 6 Poster Session 2
午後	Parallel Session 1 (小川発表) Poster Session 1 (有田発表) Parallel Session 2 (内尾発表)	Copenhagen Challenge	Parallel Session 7 Closing Session Plenary Session
夕刻	Physics Show and Dinner in Lund		

プレコンファレンス: 2008年6月23~24日
 メインコンファレンス: 2008年6月25~27日
 ポストコンファレンス: 2008年6月28日

1.4 参加目的

- 当科研費プロジェクトの成果（評価体系と科学リテラシー涵養のためのプログラム実践）を報告し、更なる情報収集にあたる。
- 世界中の博物館・科学館，研究機関等の広報活動において，科学・技術の理解の普及に関して，国際的にどのような現状かを把握し，国際的にネットワークを広げる。
- 科学博物館において，科学的内容を情報提供する際に生じた様々な例をもとに，正確に情報提供するにはどのような工夫が必要か議論する。
- 国立科学博物館において，科学・技術リテラシーについて考慮した広い観点からの広報活動を行っていることのアピールをし，他館・組織の新しい工夫などの情報を得る。

2. 実施報告

2.1 2008年6月24日

19時よりマルメ大学にて，ウェルカムレセプションが開催された。



図書館横というユニークな場所で行われた



参加者との情報交換，議論の様子

2.2 2008年6月25日

メインコンファレンス初日。開会式はマルメ大学のロビーにて行われた。



開会式の様子



開会式に続く全体セッション

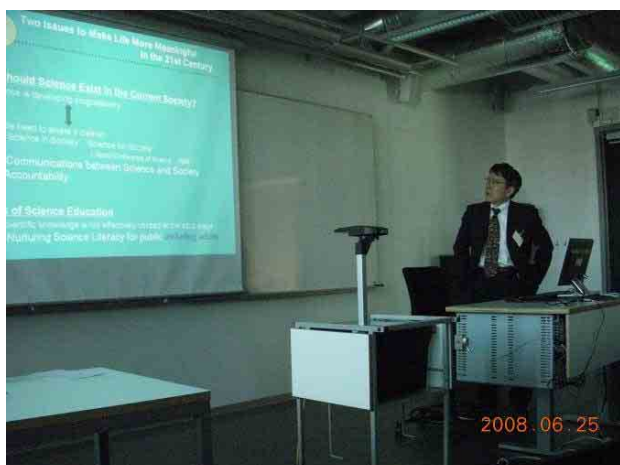
■ PARALLEL SESSION での発表・議論

○Science museums and science festivals I (E 439) 口頭発表

Development of an Educational Program Framework for Science Museum to Nurture Public Science Literacy

Yoshikazu Ogawa, Midori Takahashi, and Hiroyuki Arita-Kikutani (National Museum of Nature and Science)

このセッションは科学系博物館における各取り組みの紹介が中心であった。ここでは，小川が当科研費研究の概要と科学リテラシーの涵養を測る評価の体系について発表した。



発表の様子（小川）

○POSTERS I ポスター発表

Coloring in Pictures at Science Museum: Facilitating Sensitivity toward Science in a Creative Way

Hiroyuki Arita-Kikutani, Midori Takahashi, Yoshikazu Ogawa (National Museum of Nature and Science), Tomotsugu Kondo (National Institute of Multimedia Education), Koji Takada (Marine World Umino-nakamichi) and Atsushi Kasao (Tokyo Polytechnic University)

ポスターセッションでは、サイエンスコミュニケーションの取り組み紹介や学生・市民等の科学への印象の調査報告などがなされた。ここでは、有田が科学系博物館におけるぬりえを使った展示観察の手法について検討した。



発表の様子（有田）

○Science Museums and Science Festivals II (E 340) 口頭発表

The issue on providing the scientific information to the public from the Science Museums

Yuko Uchio and Yoshikazu Ogawa (National Museum of Nature and Science)

科学系博物館がメディア等を通じて、どのようにして情報を一般大衆に的確に提供するかについて、メディア等に行ったアンケートのまとめを中心に内尾が発表を行い、メディアに向けてのアンケートの手法についての質問を受け、メディアへの科学的情報の提供について、様々な国での状況についてのコメントなどがあり、議論となった。



発表の様子（内尾）

■ PHYSICS SHOW AND DINNER IN LUND

ルンド大学へバスで移動し、サイエンスショー及び懇親会に参加した。

サイエンスショーでは、レーザー光線を使用して様々なデザインやライン画を表現したショーが行われた。単純な物理現象の実験ショーが演劇仕立ての演出で行われ、興味を持ちやすく面白く表現されていた。手元の実験は大きなスクリーンで映し出された。



ルンド大学の教授・学生によるサイエンスショー

続く懇親会は、ルンド大学ステューデントユニオンのボールルームまで徒歩で移動し、スウェーデンの正式なディナーが供された。民族舞踊などのアトラクションとともに、テーブルには科学のクイズとパズルの用意が有り、アイスブレイキングとして、簡単なゲームを行った。



クイズに答えながらパズルを組み立てるゲーム

2.3 2008年6月26日

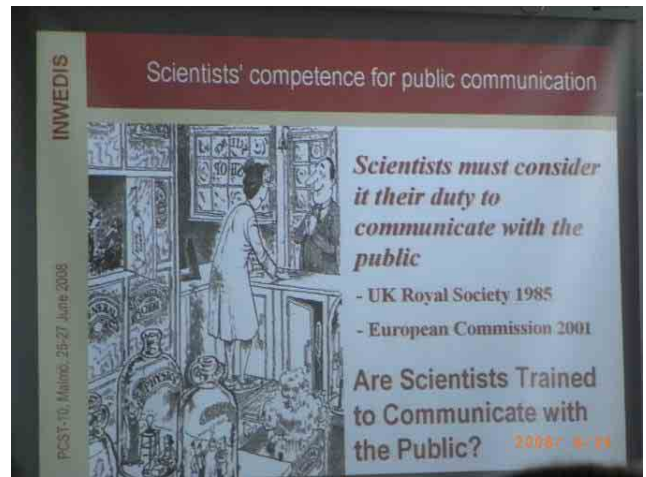
■ 各テーマによる PARALLEL SESSION

会議のサブテーマに基づいて設定された Science museums and science festivals, Science journalism, Evaluation, Science in Society, Risk Communication, The participation of scientists, Science theater, The new media, Communication in science education curricula などのプログラムがあった。



Science theater I 発表の様子

演じるタイプの発表等表現に工夫されていた



Science and the media 発表の様子

国ごとの違いなど比較検討した内容など

■ COPENHAGEN CHALLENGE

環境問題について様々な観点から話合うイベントが行われた。デンマークの環境省大臣の話の後、約 20 のグループに分かれて環境問題について様々議論を行った。



Copenhagen Challenge の様子

■ 懇親会 (デンマーク国立博物館)



化学者ポーアについての戯曲を役者が演じたサイエンス・シアター

■ デンマーク国立博物館内の見学



2.4 日本からの参加者

ジャーナリズムの分野からの参加者，大学等（サイエンスコミュニケーションをテーマとした方々）の参加者，科学館，研究機関の広報関係者などの約 20 名の参加者が見られた。

3. まとめ

(1) 科学リテラシーについて

PCST-10 会議でなされた発表において科学リテラシーの概念を明示しているのは，小川や有田の発表を初めごく少数であった。

発表タイトルやアブストラクトには明示されていないが，発表の中で科学リテラシーに触れているものは少数見られた。それらの発表において，科学リテラシーは「先端の科学の知識を説明できること」「新聞や他のメディアで扱う科学の内容が理解でき，他者と意見交換ができたり，自分の意見を発信できたりすること」などと様々な定義がそれぞれなされていた。これらの定義は多様であり，科学リテラシーについての理解が統一されていない状況が明らかになった。

その中で，小川の発表で示したように，科学リテラシーを知識に限らず科学的考え方や意思決定なども含めて広範に捉え，体系化しようという試みは新規性を持って受け入れられたようであった。

(2) 一般大衆に対する科学リテラシー向上の間接的手法について

一般に，科学に関する情報について一般大衆が影響を受けやすいのが，テレビ，新聞，ウェブなどのメディアからであるが，今回のセッションにおける議論では，個々の科学的 content（例えば医学的内容，先端科学技術の高

度な内容）についての一般に対する理解についての議論は見られたが，総合的なメディアの影響などについての広い視点かつ具体的な議論は少ないようであった。近年メディアから科学博物館に対して情報提供が求められる件（写真などの具体的な情報提供のみならず，内容の確認）が増加しつつあると思われる。内尾の発表は，科学博物館からの情報提供という立場での内容であったことから，メディアについてのセッションではなく，**Science museums and science festivals II** のセッションにて発表をおこなった。メディアにおいて科学の情報を実際に扱う人々がより詳しく理解することで，科学博物館からの情報提供をより活用してもらいやすく，また的確な情報の配信が可能となると考えられる。それによって，活用するメディアの担当者の科学リテラシーのみならず，間接的に情報を得る一般大衆の科学リテラシー向上にも影響があると考えられるため，より一層丁寧な議論が必要と思われた。こういった議論は，科学博物館における科学リテラシーについての具体的役割を検討して行く上でのテーマの一つになると考えられる。

(3) 小川の発表より

科学リテラシーおよび評価体系の発表において，時代の流れとともに変容する科学観に科学リテラシー涵養活動の枠組みおよび評価の枠組みがどのように対応していくのかという質問を受けた。また，この枠組みを実際にどのように使っていくのか（政府に提言するのか，実践者レベルに普及していくのかなど）との質問も受け，有意義な議論となった。

電気料金表を切り口としたプログラムに対して，社会との関連のあり方としてとても良いと評価する声があった。評価の枠組みを実際にどのように使用していくのかといった具体的な質問や，この研究成果を政府にどう提言していくのかという質問などもあり，本研究に対する関心は高かったようである。

IV 本研究に関する外部からの助言・評価

第2回研究会(平成19年度)～世代の分類とプログラムの体系化 議論のまとめ

小川義和, 高橋みどり
国立科学博物館
Yoshikazu OGAWA, Midori TAKAHASHI
National Museum of Nature and Science

研究会開催概要

日時：平成20年3月10日(月)午後1時～午後2時45分

場所：国立科学博物館上野本館

出席者：小川義和, 山本恒夫, 北原和夫, 渡辺政隆, 栗栖宣博, 平田大二, 石井久隆, 田代英俊, 野田学, 高田浩二, 嶽山洋志, 高安礼士, 前田克彦, 亀井修, 岩崎誠司, 有田寛之, 原田光一郎, 松原聰, 若林文高, 高橋みどり, 小堀幸子(編集者・オブザーバー), 森美樹(日本放送協会・オブザーバー)

議論のまとめ

1. 本研究で参考にした科学リテラシーと研究の方針について

○「国立科学博物館科学リテラシー涵養に関する有識者会議」が平成18年に立ち上がった。本研究では、その成果をある程度踏まえて、科学リテラシーの涵養に資する具体的なプログラムを幾つかの博物館が共同して作っていく。

○科学リテラシーの諸定義については、北原教授が研究代表者となっている「すべての日本人のための科学技術リテラシー」(日本学術会議)という定義があり、3月19日にシンポジウムが開かれて、全体についての共通理解を図っていこうという動きがある。本研究では、厳密な定義を設定してはいないが、このような既存のものがある程度踏まえながら体系化をする中で、定まっていくものと考えている。

○本研究では、幼児・小学生, 中学生・高校生, 大学生/成人・ファミリー, 中高年・団塊の世代という4つの世代に分けて、年度別にプログラムの開発をしている。平成19年度は幼児, 小学生を対象に、分野ごとに、プログラムを開発した。幼児には、科学リテラシーを網羅することよりも、楽しむことに重点を置いて開発した。平成20年度は中高生向けプログラムを開発し、今後、同様に世代別の分け方と分野別の分け方でプログラムの体系化を進めていく。

2. 生涯にわたる学習・知の循環について

○本研究の特徴は、高校で終わらずに大学や子育て期, 壮年期, 老年期まで扱うことなので、ただ教材を作って終わりではない。生涯学習答申で出ている知の循環型社会や、CBST*で言っているような、自分が得た知識を下の人たちに教えていくようなプログラム(knowledge transfer), またエール大学の同様なアイデア(ラダーシステム)も、取り入れていく必要がある。例えば、年齢の上の方に対しては、ただこちらから提供するだけでなく、向こうが知識などを提供してプログラムが成長していくようなものも、考える必要があるのではないかと。

*CBST: Center for Biophotonics Science and Technology。UC Davisの機関でNSFの助成を受けて運営されている。パイオフォトリクスの研究, 研究者を目指す学生の養成, そして一般へのパイオフォトリクス普及のための教育活動を行っている。2007年度調査を行い、本研究会で報告された。

○現在ではまだ知の循環をするようになっておらず、文科省の生涯学習政策局の中でも、学習したことを生かす仕組みの提示が貧弱。また、教育基本法の第3条に生涯学習の理念が入っていて、その最後で「学習した成果を生かすことのできるような社会」と言っているが、「成果を生かす部分」の仕組みがまだ確立されていない。

○本研究で開発したプログラムにおいて、学習したことをどう生かしていくかというところは、

まだ完成していない。プログラムを体系化していく時、その部分が入ってくると、すごいプログラムになる。この部分は、国際的に見てもまだあまり進んでいないと思う。

- 学力のことでNHKがテレビでやっていたが、中学生ぐらいになってくると理科も含め授業が面白くないという。それを社会や生活で活用できるところまで見通せるようなプログラムになってくると、面白さが全然違ってくと思う。何か生活で生かせるだけではなくて、サイエンス、あるいは科学リテラシーは社会でどう生かして、それはどういうことなのか。そのあたりまで見込むプログラムになってくると、全く新しいものができるのではないだろうか。

3. プログラムの体系化について

- 国立科学博物館の「科学リテラシーの涵養に関する有識者会議」で枠組みが提示されているので(付録 1)、それをある程度踏まえ、感性の涵養、知識の習得・概念の理解、科学的な見方・考え方の育成、社会の状況に適切に対応する能力の育成といった目標を元に体系化する。実際にプログラムを開発するときは、1つのプログラムで4つぐらいの目標を持つかもしれないし、2つかもしれないし、それで世代が変わってくる。そういう流れの中で、今後どのようにプログラムの体系化をしていくのかを考える必要がある。

- 国立科学博物館のサイエンスコミュニケーター養成実践講座の4つのラーニングサイクル**をアメリカの調査の際に示したところ、非常に興味を持って見ていただいた。これより、本研究においても、目的を4つに分けるなどの形で科学リテラシーの構造化を示した方がいいか。

**サイエンスコミュニケーター養成実践講座の4つのラーニングサイクル:「深める」「伝える」「つなぐ」「活かす」の4つから構成されている。国立科学博物館では、実際のサイエンスコミュニケーションの場において「試行錯誤」を繰り返すことで、より深く考え、人々に知を伝え、人々の知をつなぎ、知を社会に還元することが重要であり、これらの過程を通じ、サイエンスコミュニケーターとしての確かな資質能力と自信を身につけることができると考えている。

- 一方で、例えばビッグバンから始まって、生命が始まって、文明が発達してきて、最後は家が建って、今、生活しているところまでのような歴史的な軸で体系化していくのも一つの方策か。
- そのような体系化の方法は博物館らしいが、同時に、科学リテラシーを個人の関心に合わせて体系化していく視点も重要。幾つかの領域は、同じような内容を扱って行って、いずれ重なっていくのかもしれないが、最後に体系化をする時に、領域の扱いはどうするのか。

4. 世代の分け方とプログラム体系について

- 幼児と小学生を一くくりに、また中学生・高校生を一くくりにすることが、果たして妥当なのか。これに関しては、プログラム開発・実践段階で既に話があった。

- 幼児・小学生向けプログラムに関しても、小学校の3年生以降になってくると、徐々に自分のやりたいことをやりだす時期に入ってくる。それに応じてプログラムのありようも変わってくるのではないかとも思うので、検討が必要かと感じる。

- 現行の世代の分け方は国立科学博物館の科学リテラシー涵養に関する有識者会議が提示した5つの世代の分け方を応用したものだが、実際のプログラムを作るときにこれでいいかどうかという問題がある。目標も、感性、知識、態度、社会などの4つの目標を設けているが、この4つでいいのかというところもあるのではないかと思う。

- 子どもたち向け、幼児向けのプログラムはいろいろとやっているが、今回は初めて科学リテラシーの涵養を観点としてやった。幼児向けの場合には、これまでだと興味・関心を持ってもらうことをねらいとして、それで満足してやっていたが、今回初めて、一緒に来た親についても少し考えよう、また、幼児にはどこまで本当にできるか分からないが、人の前で自分の作った作品を発表するとか、この後の学びにつながっていくことも、観点としてやってみた(かわらの

小石で遊ぼう)。そのために、プログラムそのものとしては散漫な感じになってしまったが、実際にやってみると、このぐらいなら子どもたちはできるのだなというのが分かってきた。

- 本研究で開発したプログラムは、博物館をベースにしていることをポイントにしなければならないが、報告のあったプログラムの中で、博物館ならではのプログラムがどこまであるのかということには、少し疑問がある。ただ、博物館とはどこまでか範囲も決められないし、幾つかの博物館が集合すれば、かなりの分野はカバーできるのではないか。しかし、博物館という特徴は出しておく必要があり、展示を活用したプログラムが非常に分かりやすいと思う。その教材を作っていくことが一つの方向性かと思う。

5. プログラム評価について

- 2006年現在のPISAで行っている科学リテラシーの構成図が本研究における評価の枠組みになる。PISAでは、状況、能力、知識、態度などがどれぐらい到達できたかというので評価をしているので、本研究の課題としては、プログラムの体系化の際に評価を絡めて詰められたらいい。
- 各プログラムや各世代に共通の科学のバックグラウンドを知るような、あるいは学びのバックグラウンドやモチベーションを知るようなアンケート調査などがあった方がいいのではないか。
- 上記のようなことを探る質問は、『かたち』のはてな?」や「風車で分かる電気エネルギー」の中に少し入っているが、博物館に来る人がどういう人たちなのかを正確にとらえきれていない。漠然と小学生、中学生、あるいは大人を一くくりにしてしまっていて、ではその人たちが科学に対してどういう意識でいるのか、学びに来ているのか、単に楽しみに来ているのか、子どものために来ているのか、自分のために来ているのか、両方なのかなどが不明である。しかし、それによって、提供するものをどれだけ受け取れるかが変わってくると思う。そのあたりについて、ある程度つかんでおくべきではないかと思う。
- それぞれのところでどこまでやったら、これが到達したとするかという問題もある。中高生向けプログラムの開発・実施に際しては、学習指導要領との関連も含めて、この評価をどのようにしていくかという問題があるのではないか。

6. 平成20年度の中高生向けプログラム開発について

- 指導要領との整合性は課題となる。学校の先生たちと話をする際、いろいろな分野に展開したいと博物館側は思うが、博物館で思っていることと、現場で思っていることにギャップが相当ある。博物館側は、教材として使えるようなものをそろえて、その中から、先生たちや学校の教育側が選ぶことが出来るような仕組みができていけば、そこで何か協力関係ができるのかと思う。
- 特に自然に興味なくなってくるのは中学生、高校生が多いが、高校生に関しては進路や将来設計に影響してくるので、しっかりしたアプローチをするべきだ。

第3回研究会(平成20年度)～プログラムの体系化へ向けて 議論のまとめ

小川義和, 高橋みどり
国立科学博物館
Yoshikazu OGAWA, Midori TAKAHASHI
National Museum of Nature and Science

研究会開催概要

日時：平成20年12月17日(月)午後2時～午後4時

場所：国立科学博物館上野本館

出席者：小川義和, 北原和夫, 小倉康, 渡辺政隆, 栗栖宣博, 平田大二, 石井久隆,
田代英俊, 高田浩二, 高安礼士, 前田克彦, 亀井修, 岩崎誠司, 有田寛之, 原田光一郎,
松原聡, 若林文高, 千葉和義(お茶の水女子大学サイエンスアンドエデュケーションセン
ター長, オブザーバー)

議論のまとめ

1. 科学リテラシーについて

- 科学技術リテラシーは、大きく三つに分けられる。一つは、まず学問体系があり、それを一般の方が分かればいいのだという、理学部系の方中心のグループと、二つ目は、学問体系ではなく、実社会のレベルでどんな科学技術が使われているか、有効かということを示すべきという、比較的工学部系の方の発想。三つ目は、市民がタッチできる科学技術、社会リテラシーのようなもの、新たな体系のようなもので、コンシューマーのような立場で科学技術リテラシーを考えるべきだとしている。
- 最終的には社会の状況に応じた能力を科学リテラシーとして身に付けることが重要だと思う。社会の中でより良く生きていくための知識として何が必要なのか。既存の科学的な体系、あるいは技術的な体系というものは、ある程度学ばなければならないと思うが、社会性のところに最終的には還元されるようなプログラムづくりが、本研究においてまず目指すべきところなのではないか。
- 例えば、今日予防注射をしようと思うのだけれども、これが3500円に見合う効果があるのだろうかとか、あるいはもっと切実に、受けさせた方がいいのだろうか、よくないのだろうかという答えを自分で出せるようにしていくというのが上記にあてはまる。
- 自分が知らないことに気付くチャンスがなかなかない。気付く場面を作っていくことが必要なのではないか。そこで面白いと思ったり、「そんなことだったのだ」と気づくことで初めて興味・関心がわいてくるし、「そういうつながりがあるのだ」と理解も深まる。今度は自分たちが生きている社会や自然がどういう仕組みになっているのだろうかとまた気が付いていく。それはどの世代でも共通して言えることである。そういうプログラムを、科学リテラシーの涵養というところでつなげていくようなものができればいい。

2. プログラムの体系化について：プログラムのパッケージ化

- プログラムは国立科学博物館科学リテラシー涵養に関する有識者会議が提示した「科学リテラシー涵養活動の枠組み」の中の4つの目標*にうまく当てはめるように作っているので、結局は、入れていけば当然枠組みは埋まる。このような体系化のやり方でいいのかと、実際のプログラムを開発した者から疑問が提示された。

*「科学リテラシー涵養活動の枠組み」の4つの目標：「感性の涵養」「知識の習得・概念の理解」「科学的見方・考え方(スキル, 実践力, 科学的な態度, 判断力, 創造性)の育成」「社会の状況に適切に対応する能力(表現力, コミュニケーション能力, 活用能力)の育成」

- 年代別にプログラムを開発し、目的や分野を意識した枠組みで今までやってきたが、もう少し違う体系化があるのかと思う。
- 誰のため、何のための体系化か。最終的には一般の人々がこの体系から提供されるプログラムを享受するが、本研究が目指しているものは、直接的には他の博物館に対してモデルとして提供することなのではないだろうか。
- 既存のプログラムと本研究におけるプログラムに違いがあるのかどうかはまだ明確ではない。本研究で何を持って新規性とするか、プログラム担当者の認識をある程度共有していく必要がある。
- プログラムの体系化において、「科学リテラシー涵養活動の枠組み」に当てはめるのではなく、開発したプログラムをグループ内でつながりがつくようにパッケージ化したらどうかという提案がプログラム開発者から出ている。プログラムに新規性がそれほどなくても、複数のプログラムをパッケージ化して、世代間で連続性のあるものができること、科学リテラシーのプログラムとして新規性があるのではないか。
- パッケージ化の例として、物質グループでは、酸化・還元という切り口で流れを作っていくと、自然に世代間にもなる。個々の内容は特にオリジナルなものではないが、ばらばらにやっているものを組み合わせると一つの見通しができる。例えば、酸素との結び付きで付けたり離したりするプログラムから、電子を動かしていくというプログラムへと流れていくと、小学生ぐらいから始めても、その後中学生、高校生になっても続いていく。そのような基本的な概念をとらえれば、いろいろな社会の現象や、太陽電池なども基本に戻って考えられる。そういう基盤が作られればいいと思っている。その意味で、いろいろな応用が可能な、見方によっては大人も出来るし、中学生、高校生も参加できるといったものを考えている。

3. プログラムの体系化について：グランドテーマ

- 体系化に際し、グランドテーマを設定する必要がある。グランドテーマとしては、生活に結び付いたテーマもあるし、スケールや科学の性質的なテーマのように、学問的な体系でビッグアイデアといわれるものもあるかもしれない。
- 一般の人に厳密な理解を求めるのは難しいが、必ずしも科学者と同じ追体験をしなくても、いろいろなことを推計できるような体系性を作ることが大事ではないか。生きる、食べる、住まうなど日常生活に近い形でのテーマ性も一つあるし、科学技術から出てくる法則の法則性みたいなもので科学をもう一度チェックしてみるというのも、良いアプローチではないか。
- 例えばエネルギー問題と言うとき、エネルギーとは何なのかという理解を国民にしてもらいたい。産業でなぜ苦勞しているかや、節電をなぜしなくてはいけないのかなどは、結局、エネルギー問題や資源をどのように考えるかという問題になるので、そのようなものを大きなテーマにしてはどうか。
- グランドテーマを設定しても、実際のプログラムは具体的に開発する必要がある。例えばエネルギーという大きなテーマのプログラムでは、電気料など、身近なものでエネルギーにかかわるプログラムをやっていく。

4. プログラムについて

- 科学リテラシーの涵養を目指しているが、これまでのプログラムが社会や生活との関連が弱いので、それを強く意識して開発する必要がある。しかし、短時間でやると社会性のところまでなかなか踏み込めないというのが、開発の担当者からも話があった。
- プログラムは、1回やると科学館からいったん手が離れてしまうが、持続・継続・発展してい

くプログラムが必要。科学館が地域に種をまき、それを持続・発展させてくれるのが保護者や地域の方であると考え、プログラムにオプションをたくさん付けておいて、科学館での実践に地域の方を巻き込んで発展していくというような作り方をしておくと、社会性との関連まで学ぶには短期間すぎてできなかったという問題が克服できるのではないかと。

- 今後団塊の世代や高校生・大学生のレベルになったときには、地球全体での環境の問題についても考えられるようなプログラムを作る必要がある。そうすると、食の安全や食べ物となる生物と人のかかわりとか、物質と社会だとリサイクルの問題とか、そういったところにつなげていかななくてはならない。そこに行き着くことを見通して、子どもや中学生のプログラムを考えていかななくてはならない。
- 本研究は、博物館としての特色が反映しているというところが一つの売りだと思うが、開発・試行したプログラムからは、博物館でなければできないという印象はあまり受けなかった。まさにこれは博物館の特色を生かしたプログラムだなというものも、今後開発されるプログラムとしてはあっていいのではないかと思う。予算が許せば、そのプログラムに特化した資料性というか、展示というか、そういうものも付随していくと、博物館の特色化ができるのではないかと。
- 展示を利用するというのが博物館の一つの大きな特徴である。ただ、展示も定期的に入れ替わりがあるので、そこをどうするか考えなければいけない。

5. サンプル(参加者)の設定方法について

- 本研究のプログラムは、ある程度科学に対して興味・関心があるという子どもたちを対象に試行した。しかし、本来ならば、科学リテラシーとは、幅広く多くの人々の科学的能力を向上させることと考えているので、関心のない子どもたちをどのように取り込むかというのが、次の大きな課題。
- 中学生・高校生になると、どちらかという自然科学というか科学館や博物館から遠ざかってしまうところが課題の中で、彼らに科学リテラシーを涵養するきっかけというか、プログラムをどう提供するかというのは非常に大事なテーマだ。
- 少なくとも首都圏に関しては、中高生の参加・不参加の意思決定しているのは保護者。従って、そちらに訴求するようなプログラムでないと、多分子どもたちはなかなか参加しない。また学校は、土日でやることについては基本的には全く関与しないと思う。その意味でも、保護者や地域の方を上手に巻き込んだプログラムづくりをしていった方が逆にいい。

6. 評価について

- 来る人が違って来たり、非常に興味・関心の高い子どもたちが来たり、土日に試行したりという状況もあって、実践が必ずしも原案どおりにいかない場合がある。こういうものをどう精査していくか。
- 週末や夏休みには、保護者や地域の方がプログラムに関わることが出来る。週末とか休みのときにやるのであれば、保護者や地域の方がどれほど関わられたのか、保護者や地域の方にも何か役割があったのかを調査しても良い。保護者や地域の方が自分が参加したプログラムを見てどう評価するかということも大事。
- 昨年試行したプログラム「かわらの小石で遊ぼう」や「かたちのはてな」では、子ども(幼児)にアンケートを記入してもらうことが出来ないということで、子どもからは感想を聞き、保護者にアンケート調査に協力してもらった。「おいしいぬりえ」「美肌コレクション」においても、アンケート記入が難しい幼児には、親に回答を手伝ってもらった。

7. トレードオフ(技術と社会グループ・マインドストームプログラム)について

- トレードオフは、例えば開発と環境保全というような違う価値観の下にどちらを優先すべきかという様な一つの回答がない状況で、それにどう対処していくかという、相反するような価値観の間の関係のようなこと。従来、理科教育では扱ってこなかったが、社会で起こっている事柄を科学と結び付けるときには、そうしたところが非常に重要な視点だと、今、理科の授業にもトレードオフの内容が加わりつつある。しかし、今の工学的なアプローチの中では、トレードオフではなく、最適解がありそうだという気がした。つまり、軌道制御と運動が相反するのではなくて、どこかに一番効率のいいところがあるのではないか。
- 一般的に、トレードオフというのは、二つの異なる要件を両立させるということであるが、工学の分野では、例えば運動と軌道制御などは大きく対立する概念で、そういうところから始めてステップ・バイ・ステップでいかないと、より大きな対立要素が見えなくなる。いきなり社会の中でAとBが対立して、それをどうにかバランスを取ろうというところから入るという方法もあるかもしれないが、やはりある程度ステップを刻んでいくことは有効な手法だと思う。
- 環境問題でも基本的にはどこかに最適解があり、その要素が幾つあるかという違いではないのか。このプログラムの場合には、運動と制御とデザインぐらいしか要素がないが、実社会においては、例えば産業活動と経済と環境保全とか、生活の中での富の分配とか、いろいろなものを絡めてトレードオフという形になってくる。数の違いはあるが、全く同じものを扱っている。
- 環境問題についても、やはり工学的なアプローチを取る限り、最適解は一つではないが、幾つかはある。言葉上、最適解というのはただ一つであるが、取り得る選択肢は幾つもあり、また最適解同士のトレードオフというか選択も、何らかの価値によって行わなければならないと思う。
- 短期間でトレードオフを扱ったプログラムをやるとなると、かなり目に見えてできるところから始めるのが最初のステップかということで、技術と社会グループはそれに取り組んだ。子どもたちにとって、普通の学校の理科で、いつもある程度答えがあるところを目指しているものに対して、どちらか迷うというところから、自分でここら辺に落とし込もうとかいうような体験ができることが重要ではないか。

プログラムの体系化・評価に関する外部からの意見のまとめ

小川義和, 高橋みどり

国立科学博物館

Yoshikazu OGAWA, Midori TAKAHASHI

National Museum of Nature and Science

意見聴取の詳細

平成20年3月8, 9日に国連大学で行われた教育改革国際シンポジウム（主催：国立教育政策研究所, 文部科学省, プリティッシュ・カウンシル）へ招聘された講演者が国立科学博物館を訪れ, 本研究のテーマである科学リテラシーの涵養について, 本研究担当者と意見交換を行った。

日時：平成20年3月7日（金）午前10時～午後2時

場所：国立科学博物館上野本館

出席者：

ロジャー・バイビー：PISA2006科学的リテラシー国際専門委員会議長, 米国BSCS（生物科学カリキュラム研究所）名誉所長

メリケ・ケスラー：フィンランド学校クラブ活動センター 科学教育スペシャルコーディネーター

ジョン・ホルマン：英国ヨーク大学教授, 全国理科学習センター長

ロバート・ローリー：カナダブルンスウィック州教育省教育統計部長, PISA 2006科学的リテラシー国際専門委員

ロビン・ミラー：英国ヨーク大学教授, PISA 2006科学的リテラシー国際専門委員

ヒュー・ウィリーツ：英国セトルカレッジ理科主幹教諭

小倉 康：国立教育政策研究所総括研究官

辛島美香：プリティッシュカウンシル科学教育担当

浅海範明：山口県教育研修所理科指導主事・通訳担当

対応：小川義和（研究代表者）前田克彦, 亀井修, 有田寛之（以上研究分担者）, 高橋みどり（支援研究員）



意見聴取の様子



意見聴取の様子

意見聴取要旨

1. サイエンスコミュニケーションについて

○イギリスの National Science Learning Center では, 科学者のコミュニケーション能力を高めるためのトレーニングコースがある。ここでは, 科学者が学校に出向いて行って, 自分の研究を説

明する。この科学者たちに3日間泊まりで訓練をする。これから自分が話をする子供たちが何を学んでいる最中なのかが分かるようにカリキュラムを教え、実際にコミュニケーションの練習をし、最終日には14歳の子どもたちが来て実践をして、その場で面白かったか、面白くなかったなど、フィードバックを受ける。

- 科学者がカリキュラムを知るといのはとても大切であるが、カリキュラムが焦点化してデザインされていないと、科学者の負担が増えるという点に注意が必要である。
- イギリスでは、サイエンスコミュニケーションに関して日本の科学研究費補助金に相当する政府からの助成金がある。その援助を受ける場合は、サイエンスコミュニケーション的な何かのツールを使って、自らの研究結果を国民に向けて発信するということが義務付けられている。その結果をまた政府に報告しないと次の助成研究に移れないのだが、実際には、そのサイエンスコミュニケーションの上手な人と下手な人との差がすごく広がってしまっている。
- イギリスでも、インペリアル大学（修士課程）と科学系博物館が協同でやっているサイエンスコミュニケーション講座がある。そこでは、ジャーナリスト志望者やテレビのプロダクションに入りたい人などを対象に行っている期間は1年であるが、授業時間数はかなり多い。

2. 科学リテラシーの涵養について

- 国立科学博物館で、サイエンスコミュニケーションの大切さや科学リテラシーの大切さを挙げているのが非常に興味深い。何かを見せられたときにうのみにするのではなく、何でそういうことが分かるのか、その結果は信用できるのか、論理付けは信用できるのか、どういう過程でこういう結果になったのか、というような質問をする授業を学校でもしていくべきだというのが、科博のスタンスであるように感じる。科学的事実をそのまま受け入れると受け身の学習になってしまうが、自分と展示が相互に問いかけ、問いかけ返されながら、考えるように仕向けていくことが大切なのではないか。
- 科学リテラシーを向上させるということは、生活上の問題に適切に対応できること、あるいは豊かに生きる社会が実現することであり、そのリテラシーを涵養するには、学校だけではなく、博物館や企業、NPOなど、さまざまな主体が連携することが大切である。また、科学リテラシーを向上するには、世代別に対応するなどの新たな手法や考え方で育てることが大事ではないか。

3. 科学リテラシー涵養活動の枠組みについて

- 国立科学博物館が提示している科学リテラシー涵養のためのマトリックスの目標（国立科学博物館、2008）は、当該研究の方向性を明確にする上で大切なものである。3つめの目標（科学的な見方・考え方の育成）は、どちらかというところ認知的であり、どのように展開していくかは注目すべきである。4つめ（社会の状況に適切に対応する能力）は、英語の文言を検討する必要がある。また、将来的には、学習者の達成度をいかに測るか、どの観点で測るか、何を以てその証拠とするか、ということを明確にしなければならない。特に、感性をどのように、どのような証拠を以て測るのか？これらに関する議論を深めるために、科学リテラシー涵養活動の枠組みの各項目の英訳をしてはどうか。
- 「感性」を表す英語は、"appreciation", "awe toward nature", "worship"。"nature"は生物だけではなく、無生物も入る。このような感情を表すことばは、文化に依存する。西洋では、自然には聖なるものが宿っていると、ごく少数ではあるが考えられているので、実用的、実践的な意味において「保護すべきもの」との意味合いがある。

4. 本研究のプログラム評価について

- 現在この研究で行われているような、数値をもとに、現場に証拠や理由を求める評価分析方法は、時に逆説的な証拠にたどり着いてしまう危険がある。例えば、環境や自然の物質の利用に

関して危惧を抱いている子どもが、学校中に平気でゴミをまき散らすこともある。従って、子どもたちの環境観について何を使って明らかにするかと子どもたちが環境について何を言っているかの間にはギャップがあるので、そのギャップはなぜ起こったかに注目することも大切である。また、良い質問を設定することも大切な基本である。

- 各世代に適切な質問のしかたを考えることも大切である。質問の種類によってはあまりにも幅が大きすぎて、例えば10歳の子供に「環境に興味がありますか」といっても、環境自体が抽象的なので、ちゃんとした答えは出てこないが、博物館で展示を見ている子供たちに「これを見たときに考えることは何ですか」と、言葉を幾つか挙げて、一つではなくたくさんの言葉を渡して、それについて考えてもらう。また、例えば100円の入場料がかかるのであれば、100円をもらったときにまたこれを使って戻ってくるか、ジュースを買ってしまうのか、その後の行動をそういうふうに評価対象にしていくこともできるのではないかな。
- プログラムを通して参加者が感性を実際に身に付けたかどうかを評価するための質問を、「(感性やある能力が)ある程度身に付いたのなら、この質問の答えはAではなくBの方が多くなる」などのように、見通しを持って測るように作成していくと、何を達成してほしいのかというのも焦点化されてくるのではないかな。評価も含めて定義付けをしたり日本語から英語にしたりするのも大切だが、どのように評価するかを考えると、実際に何を達成してほしいのかが分かってくるのではないかな。
- 普通の展示やハンズオンの展示を見ている間に子供たちがなにを思ったか。大人の場合も、展示室にいる間に、どういう質問が浮かんできて、何を思ったのかをぜひ評価したい。
- 博物館を回る1~2時間で、来館者が得る知識は限られているが、まず興味をわかせる、その後に関心を持てるという観点より、どういう展示が有効なのかを見ていくことができるのではないかな。

第10回科学・技術についての市民とのコミュニケーションに関する国際会議(PCST-10) 議論の要旨

小川義和, 高橋みどり
国立科学博物館
Yoshikazu OGAWA, Midori TAKAHASHI
National Museum of Nature and Science

議論の要旨

1. 科学リテラシーの定義について

PCST-10 会議でなされた発表においては、発表タイトルやアブストラクトに明示はされていないものの、科学リテラシーに関する発表はいくつかあった。しかし、科学リテラシーの概念を明示しているのは、小川^{*1}や有田^{*2}の発表を初めごく少数であった。

科学リテラシーに関する他の発表において、科学リテラシーは「先端の科学の知識を説明できること」「新聞や他のメディアで扱う科学の内容が理解でき、他者と意見交換ができたり、自分の意見を発信できたりすること」などと様々な定義がそれぞれなされていた。本学会が主にサイエンスコミュニケーションをテーマとしているためか、他に説明できること、意見のコミュニケーションが取れることとの定義が多かった。しかし、これらの定義は多様であり、科学リテラシーについての理解が統一されていない状況が明らかになった。

その中で、小川の発表で示したように、科学リテラシーを知識に限らず科学的考え方や意思決定なども含めて広範に捉え、体系化しようという試みは新規性を持って受け入れられたようであった。

*1: Yoshikazu Ogawa, Midori Takahashi, Hiroyuki Arita-Kikutani: Development of an educational program framework for science museum to nurture public science literacy, The 10th Conference of Public Communication of Science and Technology, Malmo University (Malmo, Sweden), June, 2008

*2: Hiroyuki Arita-Kikutani, Midori Takahashi, Yoshikazu Ogawa, Tomotsugu Kondo, Koji Takada and Atsushi Kasao: Coloring in Pictures at Science Museum: Facilitating Sensitivity toward Science in a Creative Way, The 10th Conference of Public Communication of Science and Technology, Malmo University (Malmo, Sweden), June, 2008

2. 科学リテラシーの枠組み・評価体系について

科学リテラシーおよび評価体系の発表において示した評価の体系と方法は、新しい取り組みであるとの意見を頂いた。また、時代の流れとともに変容する科学観に科学リテラシー涵養活動の枠組みおよび評価の枠組みがどのように対応していくのかという質問を受けた。また、この枠組みを実際にどのように使っていくのか（政府に提言するのか、実践者レベルに普及していくのかなど）との質問も受け、有意義な議論となった。

また、科学リテラシー涵養に資するプログラムの一つである電気料金表を切り口としたプログラムに対して、社会との関連のあり方としてとても良いと評価する声があった。科学リテラシーを涵養する目的であっても、家庭で実際に受け取る電気料金表を使ってプログラムを展開するといったことは、諸外国ではあまり行われていないようであり、本発表で報告したプログラムのアイデアに対する関心は高かった。

3. 一般大衆に対する科学リテラシー向上の間接的手法について

今回のセッションにおいての議論では、個々の科学的 content（例えば医学的内容、先端科学技術の高度な内容）についての一般に対する理解についての議論は見られたが、総合的なメディアの影響などについての広い視点かつ具体的な議論は少ないようであった。近年メディアから科学博物館に対して情報提供が求められる件（写真などの具体的な情報提供のみならず、内容の確認）が増加しつつあると思われる。内尾^{*3}の発表において、メディアにおいて科学の情報を実際に扱う人々について、より詳しく理解する事で、科学博物館からの情報提供をより活用してもらいやすく、また的確な情報の配信が可能となると考えられ、それによって、活用するメディアの担当者の科学リテラシーのみならず、間接的に情報を得る一般大衆の科学リテラシー向上にも影響があると考えられ、より一層丁寧な議論が必要と思われた。こういった議論は、科学博物館における科学リテラシーについての具体的役割を検討して行く上でのテーマの一つになると考えられる。

*3: Yuko Uchio, Yoshikazu Ogawa: The issue on providing the scientific information to the public from the Science Museums, The 10th Conference of Public Communication of Science and Technology, Malmo University (Malmo, Sweden), June, 2008

V 今後に向けて

VI 今後に向けて

国立科学博物館 小川義和

1. 体系化の意味

体系とは「個々別々のものを統一した組織。そのものを構成する各部分を系統的に統一した全体」(広辞苑)である。本研究のねらいは、科学リテラシーの涵養を目的とした教育事業を開発し、それを体系化することにある。従来、博物館はそれぞれの使命に基づいて、教育事業を開発し、一般の人々の学習機会を提供してきた。これまでの、個々に開発・実施されてきたものも含め、本研究では、教育事業を科学リテラシー涵養という考え方で系統的に統一していくことを求めている。

科学リテラシーは「人々が自然や科学技術に対する適切な知識や科学的な見方及び態度を持ち、自然界や人間社会の変化に適切に対応し、合理的な判断と行動ができる総合的な資質・能力」である(国立科学博物館, 2008)。科学リテラシーは総合的な能力であり、その涵養に当たっては継続的に行う必要がある。また、従来のような学問体系で体系化したのでは、科学と人々をつなぐ科学リテラシーとしての体系化には不十分であると考えられる。第4章の第2回研究会(p.145)、第3回研究会(p.149)及び外部有識者からの意見聴取(p.153)で検討されたように、本研究における体系化についていくつかの論点が提案された。これらを整理すると、体系化において以下のようないくつかの系統が考えられる。

- ・対象となる参加者から見た系統
- ・扱う内容から見た系統
- ・科学リテラシーの目標から見た系統
- ・社会的な文脈から見た系統

以下にそれぞれの系統について本研究における現状と課題について考察する。

(1) 対象となる参加者から見た系統

本研究においては、対象となる参加者を「幼児と小学生」「中学生と高校生」「大学生・成人・ファミリー」「団塊」として年代別に体系化して示している(表1)。今後もこの世代を基本にプログラムを開発していく予定であるが、第4章の第2回研究会(p.145)での議論であるように、例えば幼児と小学生をひとくくりにして良いのか、中学生と高校生がひとくくりでよいのかなど、最終的にこの4世代の分け方が妥当かどうかは今後検討する必要がある。

また、参加者の科学への関心や関与の度合いによる分類も考えられる。同じ小学生でも、頻繁に博物館を利用している子どもとあまり利用しない子どもでは、プログラムへの関与や興味・関心も異なってくるであろう。また、成人のプログラムにおいても、博物館を頻繁に利用し科学に興味がある成人の場合は、基本的な知識に加え、学んだことを次の世代に伝えるという社会的役割を担うことが期待される一方、あまり科学に興味のない成人については、科学に慣れ親しんでもらい、身近な課題に対し自分で判断できるようになることを目標とすることも考えられる。このようなことも考慮し、プログラム開発においては、基本となるプログラムとより発展的な内容を取り入れたプログラムを開発することが重要である。または、基本となるプログラムに発展的な内容を部分的に取り入れ、必要に応じて発展的な内容が

展開できるような拡張性のあるプログラムの開発が必要であろう。その際、基本となるプログラムと発展的なプログラムを有機的につなげることも配慮すべきである。

表1 世代と開発プログラム

	幼児・小学生	中学生・高校生	大学・成人・ファミリー	中高年・団塊の世代
生命・人間と社会	・おいしいぬりえ ・生きもの美肌コレクション	・恐竜発掘地層ケーキをつくろう！ ・火山と暮らしの美しい関係		
宇宙・地球・環境と社会	・かわらの小石で遊ぼう ・かわらの小石で遊ぼう～小石のアートにちょうせん	・めざせ砂金ハンター～かわらの砂金はどこから来るの？ ・化石は語る～化石が教えてくれる過去の環境		
物質と社会	・“かたち”のはてな？	・鉄を取りだしてみよう ・電気めっきと化学めっき		
技術と社会	・風車で分かる電気エネルギー：風車によるエネルギー変換効率改善を中心として ・風車で分かる電気エネルギー：家庭で使用する電力量を導入とした省エネを中心として	・速く正確に走るロボットをつくって、コース別タイムトライアルをしよう ・大きな水の話		
その他	・恐竜キャンプ			

(2) 扱う内容から見た系統

学問体系に基づく体系化は、従来行われてきているものである。本研究においても、「生命・人間と社会」「宇宙・地球・環境と社会」「物質と社会」「技術と社会」と暫定的に学問分野にもとづく領域を定め、その領域に基づきプログラムの開発を行っている。しかしこれらの領域はあくまでも開発母体であり、それぞれの領域で開発されたプログラムを、今後科学リテラシー涵養という観点から体系化することを検討する必要がある。

また、プログラム開発に当たっては、学問の発達段階と参加者の理解段階を踏まえた系統を軸とすることも考えられる。例えば、「物質と社会」グループでは、酸化・還元という科学的な概念をキーワードにプログラム開発を行っており、参加者の理解の段階と科学的な基礎概念を組み合わせた体系化として期待できる(図1)。最終的には社会生活との関連が図られるようにしたい。

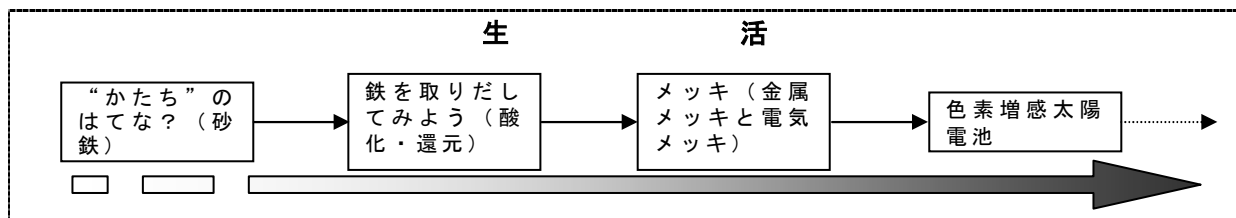


図1 物質グループのプログラムのイメージ

○例：「物質と社会」グループ

個々のプログラムを集めて1つの見通しを持たせる(図1)。基本的な概念を捉えれば社会現象が理解できるような基盤を作る。それにあたり、社会の状況に対応することができるような応用可能なプログラムを開発していく。

さらに第4章の第2回研究会での議論で見られるように、内容とする素材の歴史的発達をもとに体系化することも検討した。これは、現在ある地球環境・社会生活が何故このように存在するのかを歴史的にたどり、過去を見つめ、現在を認識し、将来を見通す作業となる。このような体系化は博物館にとって得意分野であるが、従来、宇宙誕生から現在の社会生活までを自然科学だけでなく社会生活の範囲まで見据えたプログラムは、あまり開発されていない。例えば、「宇宙・地球・環境と社会」グループで開発が進んでいる「めざせ砂金ハンター」や「化石は語る」は、地球がどのように形成され、我々が住んでいる現在の土地はどのような特徴を持ち、社会生活にどのような影響を与えているか、将来その土地を有効活用するためには、どのような技術が必要かなどに発展する可能性があるプログラムである。このようなプログラムを開発し、他のグループとの有機的な接続を行うことにより、歴史的な側面からの体系化が可能であろう。いずれにしても、過去と現在の認識から今後の地球環境や社会生活の将来の有り様を俯瞰していくことは、科学リテラシーを涵養する上で重要な系統となる。

(3) 科学リテラシーの目標から見た系統

国立科学博物館(2008)が示した「科学リテラシー涵養活動」の枠組みには、教育目標として「感性の涵養」「知識の習得・概念の理解」「科学的な見方・考え方(スキル, 実践力, 科学的な態度, 判断力, 創造性)の育成」「社会の状況に適切に対応する能力(表現力, コミュニケーション能力, 活用能力)の育成」がある(表2)。これは科学リテラシーを構成する要素でもあり、これらが段階的に存在するわけではない。また世代やその人の科学への関心度などによって目標とすべき内容は異なっている。平成19, 20年度において、本研究ではこの目標に基づきプログラムを開発し、体系化を行ってきた。

表2 「科学リテラシー涵養活動」の目標

感性の涵養	感性・意欲を育む体験的な活動を通じ、科学や自然現象への興味・関心を高められるようにする。
知識の習得・概念の理解	科学的な知識・概念を定着させる活動を通じ、科学的な知識を広げられるようにする。
科学的な見方・考え方(スキル, 実践力, 科学的な態度, 判断力, 創造性)の育成	事象の中の疑問を見出し分析し、課題解決のための探究活動を行ったり、科学的な知識を実生活に活用したりすることを通じ、科学的な事柄や、環境問題などの現代的課題について総合的にとらえ、自ら学び、独自の解釈・判断をできるようにする。
社会の状況に適切に対応する能力(表現力, コミュニケーション能力, 活用能力)の育成	学んだことを適切に表現し、人に伝える。社会の状況に基づいて、科学的な知識・態度を活用して意思決定する。自らの持っている知識・能力を次の世代へと伝えるなど、社会への知の還元を行う。社会と対話し、豊かに生きる社会作りに参画する。

しかし、プログラムの体系化は、科学リテラシー涵養活動の枠組みに当てはめる方法で行っているが、プログラムは科学リテラシー涵養活動の四つの目標を極力網羅すべく開発されているため、多くのプログラムがマトリックスのすべての欄を埋めてしまう(図2, 3)。この方法では各プログラムの特徴を洗い出すことができないため、体系化の方法としては適切ではないのではないだろうか。

この体系化の枠組みは、第4章の外部有識者からの意見聴取（p.153）において、PISAの科学的リテラシー国際専門会議のメンバーや、英国・カナダ・フィンランドの科学教育担当者から、開発したプログラムの評価の枠組みとして十分価値のあるものと評価された。この枠組みは、プログラム開発における体系化の指針であり、開発したプログラムの評価の観点として活用できるとの指摘を受けた。今後は、この四つの目標をもとに各プログラムを評価できるような枠組みを策定し、より効果的で汎用性の高い評価体系を構築する必要がある。

感性的涵養	りえ おいしいぬ	生きもの の美肌 コレクション	恐竜 キャンプ						
知識の習得・ 概念の理解				かわらの小石で遊ぼう	かわらの小石で遊ぼう	“かたち”のはてな？	風車で分かる電気エネルギー 風車によるエネルギー変換効率改善を中心として	風車で分かる電気エネルギー 家庭で使用する電力量を導入とした省エネを中心として	
科学的な見方・考え方（スキル、実践力、科学的な態度、判断力、創造性）の育成	りえ おいしいぬ	生きもの の美肌 コレクション		かわらの小石で遊ぼう	小石のアートにちようせん				
社会の状況に適切に対応する能力（表現力、コミュニケーション能力、活用能力）の育成									

図2 平成19年度開発プログラム

感性的涵養	恐竜地層発掘キーキを作ろう	火山と暮らしの おいしい関係	めざせ砂金ハンター						
知識の習得・ 概念の理解				化石は語る	鉄を取りだしてみよう	電気めつき、化学めつき	速く正確に走るロボットを作ってみよう コース別タイムトライアルをしよう	大きな水の話	
科学的な見方・考え方（スキル、実践力、科学的な態度、判断力、創造性）の育成									
社会の状況に適切に対応する能力（表現力、コミュニケーション能力、活用能力）の育成	キーキを作ろう 恐竜地層発掘	火山と暮らしの おいしい関係							

図3 平成20年度開発プログラム

(4) 社会的な文脈から見た系統

社会的な課題について、PISA2006では、科学的リテラシーについて以下のような理論的な枠組みを提示している（図4）。これは、中心となる能力をどのように養成

していくかをいくつかの側面から示したものである。この中で状況には個人, 社会, 地球のレベルにおいて「健康」「天然資源」「環境」「災害」「科学とテクノロジーのフロンティア」等の社会的課題が提示されている。

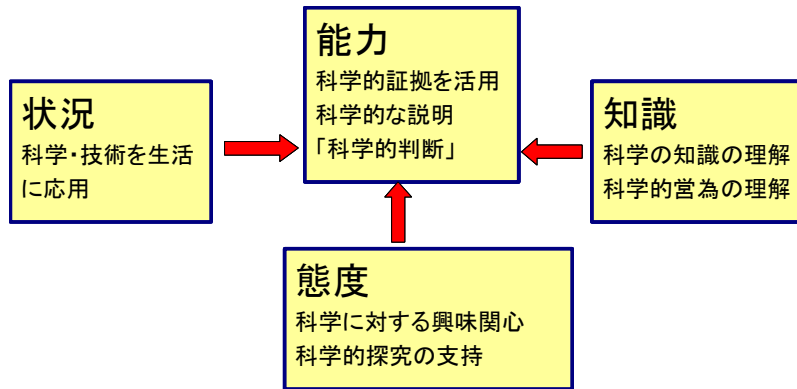


図4 PISAの枠組み

「科学技術の智」（「日本人が身に付けるべき科学技術の基礎的素養に関する調査研究」, 平成18・19年度科学技術振興調整費「重要政策課題への機動的対応の推進」研究代表者：北原和夫）の報告書では、現在の学術的な領域を再編成し、既存の学問の枠組みを超えて、社会的課題に挑戦するために必要と思われる七つの領域が示されている。その七つの領域とは、「数理科学」「生命科学」「物質科学」「情報学」「宇宙・地球・環境」「人間科学・社会科学」「技術」である。また、プロジェクトの総合報告書では、「第5章 科学技術の智の活用：四つの話題」として、「水」「食料」「エネルギー」「地球と人間圏」の四つの現代的課題を取り上げている。これらは横断的なテーマである。「科学技術の智」は、わが国の科学者と教育者が共同で作った歴史的に意義のある成果であり、科学系博物館においても十分活用可能な知識・科学的な見方・考え方であると思われる。

本研究では、これらを参考にして、四つの領域「生命・人間と社会」「宇宙・地球・環境と社会」「物質と社会」「技術と社会」においてプログラムの開発を行ってきた(図5)。「～と社会」とした意味は、各学問領域における社会的課題を踏まえて科学リテラシーを涵養すること念頭にしているからである。今後もこの領域を開発母体としてプログラムの開発を行う予定であるが、四つのグループにおいて開発したプログラムを有機的に接続・融合し、科学リテラシーの涵養のためにどのようなプログラムが必要であるかを精査し、体系化する必要がある。

2. 今後のプログラム開発の方針

以上のような体系化の観点から、今後のプログラム開発の方向性について以下に提言したい。

(1) 体系化のあり方についての方針

- 本研究において「教育事業の体系」とは、「発達段階（世代）的に深化・拡張する一貫した系統によるプログラム群の事例」と仮にとらえておく。
- プログラムの開発母体である各領域グループにおいて、「発達段階（世代）的に深

まっていくな貫した系統によるプログラム群」を開発・整理する。

- プログラム内容そのものに新規性を求めるのは難しい。そこで、科学リテラシーの涵養を念頭にメッセージ性を加えてグループ内のプログラムをパッケージ化することにより、新規性を担保する。最終的に世代やグループをまたいで連続性のあるものができれば、それを以て「新規性」と言うこともできる。
- 体系化のために、テーマを設定する。グループ内でテーマを1つ設定し、個々のプログラムはより具体的なテーマを持たせて開発する。(例：テーマが「エネルギー」、プログラムのテーマが「電力量」など)
- テーマは「発達段階（世代）的に深まっていくな貫したプログラムを束ねる社会的課題を踏まえたテーマ」を考え、このテーマのもとに開発を進める。
- 現在四つに分けている分野ごとに、テーマを設定する。テーマは、四つの分野それぞれの中で、現代社会で課題となっていることから選ぶ。そして、その課題に対応できる人を育てていくことをプログラムの最終目標とする。
- 科学リテラシーに関するすべての分野を網羅しようとせず、テーマを四つに設定し、対応する現代的課題についてはさらにしぼり、プログラムが例示できればよい。
- 各課題について対応できるように、成人の段階で最終的に身につけておくべき知識、科学的な態度・判断力、社会の状況に適切に対応する能力を明らかにする。さらに、それに迫るために、幼児と小学生、中学生と高校生の各段階でどのような能力を育成しておく必要があるか、ねらいを設定する。
- 個々のプログラムを集めて1つの見通しを持たせることを通して、基本的な概念を捉えれば自然現象が理解できるような基盤を作る。それをもとに、社会の状況に対応することができるような、応用可能なプログラムを開発していく。
- これら体系化の観点は、プログラムの対象・内容等によって親和性が微妙に異なると思われる。これらを試行的に当てはめて、いくつかの体系化のモデルを提示することが重要である。

(2) プログラム開発の方針

- 科学リテラシーの涵養を目指しているため、各プログラムは、生活や社会との関連性を強く意識して開発する必要がある。
- プログラムのテーマはオープンエンドにして、多様な答えを用意する。
- これまでに開発したプログラムは、博物館の特徴を生かしてはいるが、博物館でなければできないというものはなかった。今後は、博物館でなければできないものの開発も進めていく必要がある。
- 開発したプログラムは、持続・継続・発展していく必要がある。そのために、開発したプログラムにオプションを付け、博物館で開発したのち、博物館と学校や保護者、地域の人などとも連携して発展させていく。特に、これまでの試行における参加者は、博物館活動に対して経験のある人が多かったので、博物館に関心のない人に対するアプローチを考える必要がある。
- プログラム開発にあたっては、プログラムを実行・普及していくことも考えて、対象と目標を明確に開発する必要がある。
- テーマと開発プログラムの関係について図5に示す。これは開発のイメージであ

り、今後ねらいと内容について検討を重ねる必要がある。

図5 グランドテーマと開発プログラムの関係(暫定版)

<p>生命・人間と社会グループ「食と健康」 生物を、生命の営みの根本である「食」の対象として捉えることでより身近に感じ、その形態や生態の理解、人間の暮らす環境との関わりについて理解を深める。</p>		
H19	おいしいぬりえ	<ul style="list-style-type: none"> 子どもから大人まで身近なぬりえを用い、生活場面に関わるテーマとあわせて提供することにより、博物館展示の観察の視点を与える。 展示を見ながらぬりえをすることで、何気なく見過ごす展示をじっくり見ることを促し、新たな発見のきっかけを与える。 普段食卓に上る海の生き物を、展示物のぬりえを通してじっくり観察して外部形態の特徴を知る。
	生き物美肌コレクション	
H20	「恐竜発掘ケーキ」で科学しよう！	<ul style="list-style-type: none"> 地域の自然や文化に関心を持ち、日常生活の中で自然と共存しようという心が育まれる。 生態系や地質といった地域の自然に対して、理解を深める。 自然現象による暮らしへの影響は、悪い面だけでなく良い面もあることを理解する。 食や科学に関わる人々との交流を通し、科学が将来の職業選択に関わることに気づく。
	火山と暮らしの面白い関係	<ul style="list-style-type: none"> 火山活動の元である地下のマグマの動きを目で見ると共に、地殻変動によりどのように地表に出てくるかについても理解を深める。 火山と暮らしの関わりを知る。(自然現象による暮らしへの影響は、悪い面だけでなく良い面もあることを理解する。)
<p>宇宙・地球・環境と社会グループ「地球の贈り物 天然資源」 「私たちはどこから生まれ、今どこにいて、これからどこに行くのか」という疑問に自分なりに答えるために、地球環境の課題に対し、科学的に認識し、知識を活用して判断する。</p>		
H19	かわらの小石で遊ぼう	<ul style="list-style-type: none"> 親子で一緒に石遊びを楽しみながら、自然(石)に親しみ、興味・関心を持つ。 異年齢の参加者とのコミュニケーションのなかで社会性を向上する。 石には様々な種類(ちがひ)があることや、発展として河原の石は上流から流れてくることを知り、身の回りの自然環境を理解する。
	かわらの小石で遊ぼう 小石のアートにちょうせん！	<ul style="list-style-type: none"> 親子で一緒に石遊びを楽しみながら、自然(石)に親しみ、興味・関心を持つ。 石には様々な違い(種類)があることを知り、身の回りの自然環境を理解するきっかけを持つ。 人前で自分の作品を紹介することを通じて、表現力向上のきっかけを持つ。
H20	めざせ砂金ハンター～河原の砂金はどこから来るの？～	<ul style="list-style-type: none"> 砂金・河原の石の地学的生い立ち「岩石・金鉱床の生成～風化浸食と運搬～河原への堆積の過程」を知る。(→大地の成り立ちの理解へ繋がる) 砂金採集において、金の性質(比重)、川の流れの特徴等、地学的要素を意識し・活用する。(→大地の成り立ちの理解へ繋がる) 身近な電子機器に金を始めとするレアメタルが使用されており、現在の便利で快適な生活を支えていることを感じる。(→大地の恵みの理解へ繋がる)
	化石は語る～化石が教えてくれる過去の環境	<ul style="list-style-type: none"> 地層と化石の分析から、過去(地層堆積当時)の環境を推測できることを知る。 過去の環境の推測をするために、化石と地層の観察を基に、自分の知識や資料を活用する。これは、ひいては科学的な見方・考え方・スキルの習得に繋がる。 身近な地域の過去の環境と、その後どのようにして現在の環境に変化してきたか地史を知る。

		・グループワークおよび他のグループとの意見交流の中で、コミュニケーション能力を向上する。
物質と社会グループ「私たちの生活を支える物質」 物質の形態や特性、変化を詳細に理解することで、諸物質により形作られている世界をとらえ直す。		
H19	“かたち”のはてな？	・「もの」を拡大し、じっくり観察することを通し、もののかたちを知る。(幼児) ・「もの」の観察の際の幼児への接し方を通し、物質の形や構造について理解を深める。(保護者)
H20	鉄を取り出してみよう	・金属が酸素と結びつくときさびる(酸化) ・さびた金属から酸素を取り除くとぴかぴかになる(還元) ・燃焼も酸化の一種である。 ・酸化・還元は同時に起こる(酸化・還元反応) ・酸化は自然に起きやすいが、還元は起きにくい。金属の還元には工夫が必要である。 ・鉱物などから金属を取り出すことは、社会の重要な技術である。
	電気めっきと化学めっき	
技術と社会グループ「私たちの生活を支える技術」 自然の力を利用したり、自然を理解し仕組みを整えて制御したりすることによって、豊かになった生活や社会を総合的に理解する。		
H19	風車で分かる電気エネルギー 風車によるエネルギー変換効率改善を中心として	・風車を回して「仕事」をさせたり電気を起こしたりすることで、エネルギーやそれらを扱う単位について学ぶ。 ・風車の構造を調節し、効率がどのように変わるかも実験を通して理解することを目指す。
	風車で分かる電気エネルギー 家庭で使用する電力量を導入とした省エネを中心として	・風車を回して「仕事」をさせたり電気を起こしたりする作業を通じ、エネルギーの概念や単位を学ぶ。 ・風車の構造を調節し、電力量を大きくする試行錯誤を行い、効率がどのように変わるかも、体験的に理解させることを目指す。 ・省エネの観点より作業結果をふり返り、社会や日常生活においてどのくらいの電力が使われているかや、節電のために出来ることは何なのかを考えるきっかけを与える。
H20	速く正確に動くロボットをつかって、トライアルゲームをしよう	組み立て・プログラミングの活動を通して、様々なトレードオフの関係を最適化することの大切さに気づかせ、問題解決能力を育てる。
	大きな水の話	
その他		
H19	恐竜キャンプ	・博物館の展示室にキャンプするという非日常的な体験をしながら、恐竜などの展示物を使い、英語学習への意欲を高める。 ・科学系博物館において先導的な児童英語学習のカリキュラムづくりを行う。

3. 今後に向けて

本研究では、いくつかの系統で体系化を行いつつある。最初は世代や領域を中心に行ってきた。この基本的な枠組みを持って開発をしていくことは変わらないが、最終的なアウトプットとしてどのようなプログラム体系が相応しいか定めるのが、今後の課題である。それは、誰のためのプログラム体系なのかという視点を設定することから始まる。究極的には、プログラム体系は、一般の人々が科学リテラシーを涵養するのを支援するためのものであるが、本研究の目的を鑑みたとき、直接的には、様々なプログラムを開発・提供する科学系博物館が効果的に活動を整理（枠

組みのどこに、各プログラムが入るのかということをつかりやすく提示する)・展開する指針とすることを目的として開発をすることである。

人々が豊かに生きることが出来る社会を構築するために、人々が自立し、社会的課題に対して意思決定できる総合的な能力である科学リテラシーが必要である。科学リテラシーは「人々が自然や科学技術に対する適切な知識や科学的な見方及び態度を持ち、自然界や人間社会の変化に適切に対応し、合理的な判断と行動ができる総合的な資質・能力」(国立科学博物館, 2008)である。科学リテラシーを涵養するためには、解決すべき社会的課題を踏まえ、その解決のためにどのような最低限の知識と能力が必要なのかを提示する必要がある。特に、分野と領域を超えて共通する概念と能力に注目する必要がある。例えば、モデル、システム、トレードオフ、恒常性(変化, 平衡, 安定), 時間, 空間(規模)などがあるが、これらは各領域に共通する概念であり、科学的な見方や考え方を習得するために必要な基礎的な概念でもある。また、科学的見方や考え方, 判断力, 表現力, 活用能力, 意思決定についても、分野に共通する能力として養っていく必要があるだろう。分野や領域が変わると知識と概念は変わるが、それらに適切に対応できる感性や基礎的な対応能力と分野ごとに変わる最低限の知識・概念から構成されるものが科学リテラシーなのではないだろうか。

社会的課題は時代と共に変化するということを前提に、10年後ぐらいの将来を見通し、プログラム体系を構築することが重要である。社会環境が変われば社会的課題が変化し、科学的知識も増大し、新たな科学的な概念が創造されるかもしれない。しかし、科学リテラシーは「自然界や人間社会の変化に適切に対応する能力」であることから、これらの時代変化に対応し、新しい知識と概念を活用して科学的な見方や考え方に基づき判断, 表現, 意思決定できる能力を持った人材を養成することを目標にプログラムの開発を行うことが肝要である。

参考文献

独立行政法人国立科学博物館科学リテラシー涵養に関する有識者会議:「科学リテラシー涵養活動」を創る～世代に応じた教育活動開発のために～(中間報告), 2008.

科学リテラシーの涵養に資する科学系博物館の教育事業の開発・体系化と理論構築
平成 19 年～20 年度科学研究費補助金（基盤研究 A） 課題番号 19200052
研究成果中間報告書

研究代表者 小川義和（国立科学博物館 展示・学習部 学習課長）
2009 年 3 月 発行 国立科学博物館
東京都台東区上野公園 7-20

