

Development and practice of STEM/STEAM education program for elementary students at museum : Efforts on the theme of materials related to earth science

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2022-03-15 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 坂田, 尚子, 池谷, 渉, 菅原, 大助, 山田, 和芳, 熊野, 善介 メールアドレス: 所属:
URL	<a href="https://doi.org/10.14945/00028690">https://doi.org/10.14945/00028690</a>

## 論文

# 博物館における小学生を対象とした STEM/STEAM 教育プログラムの 開発と実践

—地球科学に関する素材をテーマとして—

坂田尚子\* 池谷 渉\*\* 菅原大助\*\* 山田和芳\*\* 熊野善介\*  
(静岡大学 STEAM 教育研究所\* ふじのくに地球環境史ミュージアム\*\* )

## Development and practice of STEM/STEAM education program for elementary students at museum

Efforts on the theme of materials related to earth science

Shoko SAKATA, Wataru IKEGAYA, Daisuke SUGAWARA, Kazuyoshi YAMADA,  
Yoshisuke KUMANO

### Abstract

This study discusses research on the development of two Earth Science STEM/STEAM educational programs. The purpose of this study is to explore strategies to build a STEM/STEAM educational program in museums by developing and practicing two different session programs, and to establish a model for creating programs for children focusing on the topics about earth science. The study targets students especially in the younger classes of elementary schools. These programs show great potential as a STEM/STEAM program when consciously incorporating "engineering processes", "mathematical and technological activities", while also promoting "communication / collaboration activities". Additionally, this study succeeds in demonstrating a new model for an experiential educational program, "STEM/STEAM program," at museums.

キーワード：STEM/STEAM 教育、博物館、小学生向け科学教室、4つのC

### I. はじめに

静岡県立ふじのくに地球環境史ミュージアムでは、各世代へ向けた博物館における連続講座の一環として、小学生に向けた「ミュージアムでまなぶ科学教室《3回シリーズ》」を2017年度～2018年度に、「ミュージアムでまなぶ自然科学教室」を2019年度～2021年度に行っている。STEM/STEAM教育という視座から新しい科学教育の在り方を模索し、講座開始以来17の学習プログラムを展開している(坂田ほか2021)。本論文はそのうち2018年と2019年に実施した地球科学に関する2つのプログラムについて、開発の枠組みや実践の結果と考察を述べるものである。

小学生、特に低学年の子どもたちへのプログラムのSTEM教育化においても、モデルを作ることやそれを使うことでさまざまな気付き・アイデアをもつこと、解決方法をデザインするなどといった工学的プロセス(Vesques, et. al. 2013)を取り入れる必要性は認識されていた(坂田 2019)が、地球科学のテーマでは、モデルを作ることやそれを使って検証することが難しいと考えられていた。そのため、本研究では工学的プロセスを取り入れるために、より有効な方策はないか実践を重ね模索していった成果の一部を報告したいと考えた。

### II. 研究の枠組みと方法

#### 1. STEM/STEAM 教育と4つのCについて

STEM教育とは、近年アメリカ合衆国などで実施されている教育のアプローチ方法のひとつであり、これまでの方法と比べて子どもたちの積極的に学ぶ姿勢や学力の伸長につながるものとして期待されている。科学：S、技術：T、工学：E、算数・数学：Mの領域を学ぶSTEM教育に、芸術：A (Art) の領域を加えたものが、STEAM教育である。

アメリカ合衆国において、21世紀を迎える頃からこれからの世界を生きていくための子どもたちの資質・能力についてさまざまな議論がなされ、それらは21世紀型スキルズとして示されてきた(NSTA 2011など)。それらを科学教育で育成するためにはどのような教育が必要かということで、2013年にNGSS: Next Generation Science Standardがまとめられた(NGSS Lead States 2013)。NGSSでは、これまでの科学的な探究(Scientific Inquiry)から移行して、3Dラーニングとして、「科学的工学的なプラクティス(Science and Engineering Practice)」「それぞれの領域の核となる概念(Disciplinary Core Ideas)」「領域を横断する大切な概念(Crosscutting Concepts)」の3次元の学習が示され、これまでの探究活動に工学的な手法を取り入

れたプラクティスを強調している。これはまさに STEM 教育を実現することと深く関連すると考えられた (Bybee 2014, Yager 2014 など)。

STEM 教育を通して 21 世紀型スキルズを身につけることができるように教育実践がおこなわれている一方で、21 世紀型スキルズは多岐に渡るため、低学年においては、その中でも基本的で重要であるとされる 4 つの C : Creativity (創造性)、Critical Thinking (判断的(批判的)思考、Communication (コミュニケーション)、Collaboration (協働) に注目しようとする考え方が出て、実践的研究もなされている。(Roekel 2015、Lindeman & Anderson 2015 など)。

本研究は、小学生を対象とし、S、T、E、M の領域とともに芸術的側面にも注目した STEM/STEAM 教育プログラムについて議論するものであるため、子どもたちの 21 世紀型資質・能力に関してその教育的効果を分析するにあたって、この 4 つの C について議論していくことにする。

また、子どもたちが自ら学びを押し進め主体的で深い学び (文部科学省 2017) につながるものとして、Intrinsic Motivation (内在的なモチベーション) (Ryan & Deci 2000) についても同様に議論することにした。

## 2. 目的と方法

研究方法として、一般的には「計画→活動→観察→振り返り」を螺旋的に進めていくアクション・リサーチを採用した。アクション・リサーチの中でも、より小規模な範囲の研究に適しており、教師の専門性の向上、生徒の学びについての研究に適していること、行動の計画を実行する場合、教師が研究者である場合に適している

(Creswell 2012) ということから、実践型アクション・リサーチの方法論で研究を進めた。研究の流れは、「注目を明らかにする→データの収集→分析・解釈→プランを作り行動する」を螺旋的に進めていくものである。

各実践の過程において以下の観点で調査し検討した。

- 自然科学の概念の理解を促進できているのか
- 主体的で深い学びにつながる内在的なモチベーションと創造性、判断的(批判的)思考が育まれているのか
- 意図したプログラムを通して子どもたちはコミュニケーション/コラボレーションを活発に行うことができているのか

そして、今回開発したこれらのプログラムが、STEM/STEAM 教育プログラムとなり得ていたのか、開発の方法の

適切性について検討し、博物館における STEM/STEAM 教育プログラムの在り方を模索し、新たな体験型科学教育プログラムの開発方法について提案することを目的としている。

調査によるデータは主に、アンケートとワークシートへの記述を採用し、補助的に会話の記録とインタビューを使用した。アンケートは、各年とも 3 回シリーズの初回の活動前と、それぞれの回の終わりごとに行った。基本的に 3 回参加できることが応募条件であったが、2 回目から参加の場合も、活動前に前アンケートを行い、以降の回の終了後にアンケートを行った。活動前アンケートでは、これまでの学校での活動や勉強について尋ね、各回の終わりのアンケートでは、当該 STEM/STEAM 教室での活動について質問した。

表 1. アンケートの項目

項目 1	夢中になって取り組めたか (Intrinsic Motivation)
項目 2	よいアイデアを思いついたか (Creativity)
項目 3	上手くいくように考えたり試したりしたか (Critical Thinking)
項目 4	自ら発言したり人の話を聞いたりできたか (Communication)
項目 5	協力したり分担したりして活動できたか (Collaboration)

項目は前述した 4 つの C と Intrinsic Motivation (I.M. 内在的モチベーション) の 5 項目で行った。その内の Critical Thinking に関しては、本研究が小学生向けのプログラム開発であるため、子どもたちが「試行錯誤」する過程でそのスキルを多用すると考え、「上手くいくように考えたり試したり」したかどうかを尋ねることとした。質問は回ごとに、活動内容に応じて若干語尾などを変えたが基本的な内容は表にあるとおり同一になるようにした (表 1)。「とてもよくあてはまる : 5 ポイント」から「まったくあてはまらない : 1 ポイント」までの 5 段階評価で答えてもらった。

ワークシートでは、工学のプロセスを取り入れるために、STEM/STEAM ワークショップの中に「計画する活動 : 調査方法のデザイン」をプログラムに組み込んだので、計画する欄、アイデアを描く欄を設けた。また、科学概念の理解については、観察する欄、振り返りの欄の記述

からデータを収集した。

2つのプログラム実践から得られたデータを上述した調査の観点で検討することで、プログラムのSTEM/STEAM化にともなう問題点を洗い出し、博物館における教育プログラム開発と作成のモデルの確立を目指した。

### 3. 枠組み

この実践は、博物館において新しい科学教室の姿を模索する研究プロジェクトという位置づけで企画、実施された。とくに、これまでの実践的な先行研究から、子どもたちのモチベーションが高い水準で維持できると考えられ、より探究活動が活発化し、4つのCを伸ばす可能性がある(Lindeman & Anderson 2015、Sakata&Kumano 2018 など)と考えられるSTEM/STEAM教育プログラムの開発に挑戦した。

表2. 博物館で実施したSTEM/STEAM教育プログラム

実施日	内容
2017年11月3日	アメンボが水に浮く秘密
2017年12月23日	われにくいシャボン玉づくり
2018年3月31日	岩絵の具
2018年9月29日	自然の形に注目
2018年11月24日	種子の工夫
2019年1月19日	砂を科学する

講座名: ミュージアムで学ぶ科学教室

対象: 各回 小学生 30名

会場: ふじのくに地球環境史ミュージアム実習室

実践日・内容: 表2のとおり

時間: 各回とも10:30~12:00頃

スタッフ: 実践者(ファシリテーター)1名

博士(研究者)1名、

参与観察のための補助スタッフ3名

計5人

ここで示すSTEM/STEAM教育プログラムは、これまで重視されてきた科学的探究活動と体験型の科学教育プログラムをもとに、活動の中に、より工学的なプロセス(Vasques, et.al 2013)や、その中でも活動を組み立てたり作品を作ったりするときのデザイン思考を取り入れるよう目指したものである。活動の中にそれらを取り入れることで、子どもたちの体験的な学びが従来の探究型の科学教育プログラムを超えて、より主体的・

対話的で深い学びにつながることを期待した。

プログラムをSTEM/STEAM化する場合、具体的には、まずS(科学)、T(技術)、E(工学)、M(算数・数学)のそれぞれの領域の活動を取り入れるだけでなく、意識的に「E:工学のプロセスを取り入れる」、「M:算数・数学の動と技術の活用を取り入れる」、また、「コミュニケーション/コラボレーション活動を促す手立てを施す」ことを重視した(坂田・熊野 2018)。

試行錯誤したり仕上げをする段階で芸術的な側面も関係していると考え、美しく仕上げたり整えたりするA(Art:芸術)活動も取り入れることにした。科学教室の中で、STEM/STEAMの活動を重点的に行う場面として、STEM/STEAMワークショップを設定することにしたので、各プログラムにおける基本の活動とその流れは、①観察を通して見つける活動・気付く活動→②STEM/STEAMワークショップ:計画する活動(調査方法のデザイン)、試してみる活動、より良いものを追究する活動、アイデアを表現する活動→③博士の話、④質問コーナーの4段階の構成となった。活動の流れにおける細かい内容は、それぞれテーマにより表3のように適応させている。

### 4. プログラムの内容

両プログラムとも、前述の基本の活動の流れ①~④にあてはまる4段階の活動を組み立てた(表3)。プログラムの最後に用意した博士への質問コーナーは、時間が足りない場合、活動が終わった後で質問しても良いということにし、博士とのふれあいの場を確保しようとした。プログラム1の「石をけずって絵を描こう」は、静岡科学館・く・るでのワークショップ(橋本2013)を、プログラム2の「砂を科学する」は、静岡科学館と静岡市東部生涯学習センターでのワークショップ(Sakata & Kumano 2018)を参考に、博物館ならではのプログラムとして再構築したものである。

### III. 実践結果

本研究では、男女の区別にはとらわれず均一の集団として扱うことにし、結果や考察についてもその差に注目しなかった。プログラム1(P-1)、プログラム2(P-2)とも、3年生までの小学校低学年が多く、また、募集する際、保護者の見学を勧めたので多くの保護者が参観することになった。当日の出席者は表4のとおりである。

表3. 2つのプログラムの内容

プログラム1 「石をけずって絵を描こう」		STEM/STEAM の領域
①	同じ河川（安倍川）の、4地点の川原の石の写真から石が小さくなるを見つけ、その後小石はどうなるのか考える【10分】	S M
②	石から絵の具を作ることに挑戦する【70分】 <ul style="list-style-type: none"> <li>石をけずって絵具を作るためのアイデアを出しあう(10分)</li> <li>絵の具作りの方法を決める(10分)</li> <li>いろいろな石で試してみて、塗りやすい絵の具を作る(30分)</li> <li>作った絵の具を使って作品を描く(20分)</li> </ul>	S E T E S E M T (Art)
③	石にはいろいろな種類があり、それぞれ違う色があることについて博士からお話を聞く【10分】	S
④	博士への質問【+α分】	S
プログラム2 「砂を科学する」		STEM/STEAM の領域
①	砂には何が含まれているのか 砂の観察【20分】	S T M
②	砂を採取した海岸を探そう【60分】 <ul style="list-style-type: none"> <li>候補地の中からあてはまる海岸を探すための方法を考える(10分)</li> <li>実際に探す活動をする(15分)</li> <li>調査結果をまとめ発表する(15分)</li> <li>気に入った砂を使って、色が混じらないよう工夫して、砂絵をつくる(20分)</li> </ul>	S E S T E S M T E (Art)
③	砂の色味を決める鉱物について博士からお話を聞く【10分】	S
④	博士への質問【+α分】	S

※右欄のSTEM/STEAMの領域では、関連していると思われる領域を表示することで、各領域のバランスを見える化して偏りがないようにした

表4. 出席した児童の数と学年構成

学年	1	2	3	4	5	6	計
P-1	8	8	3	3	1	0	23人
P-2	1	3	7	2	2	2	17人

### 1. プログラム1

石をけずって絵の具を作るという活動は、日本画家であり岩絵の具の研究家でもある橋本弘安氏が、静岡科学館・く・るで行ったワークショップ(2013年1月)を参考に再構築した。あらかじめ博物館側で地元の川(安倍川)の石を採集しておき、岩石カッターで切断し平らな面を作っておいた石を用意した。用意した石の種類は、蛇紋岩(緑色)、砂岩(薄茶色、灰色)、泥岩(あずき色)の4種類である。子どもたちは、少しのアルミナ粉(白色)と水を使い、それらの石の平らな面をタイルにこすり合わせることで石を削り石の色をしたペーストを作り、これに水溶きボンド(工作用)を加えて絵の具とした。石から絵の具を作ることに挑戦する活動において、子どもたちが自ら削り方などの方法を工夫し自分たちの活動をデザインして取り

組むこと、できた絵の具を使って絵を描く活動を取り入れることで、プログラムのSTEM/STEAM教育化が図れるのではないかと考え実践した。

出席者は23人で、内容の計画通りに、①写真を見比べ、川原の石の変化を捉える→②岩絵の具を作り、絵を描くSTEM/STEAMワークショップ→③博士の話、④質問コーナーと活動を進めた。②段階でのより良いものを追究する活動、アイデアを表現する活動では、岩絵の具の色を濃く出すためにどうするか、色をいくつか用意するにはどうするか、何をどう描くのかなどについて考え、工夫し作品を作り上げることができた。

#### (1) ワークシートより

実験の仕方・アイデアを書く欄に記述があったのは、20名で、記述がなかったのは2名であった。絵の具づくりに関して改良点を書く欄に記述があったのは6名で、粉(アルミナ)や水、ボンドの使い方、こすり合わせる方法などを工夫していた。中には改良点1、2、3と複数の改良点を記述した児童も

いた。考えをまとめる欄では、記述があったのが18名、無かったのが4名だった。岩石は割れたり削れたりして小さくなるという概念理解も進んだことが分かった。博士の話や子どもたちからの質問で、石に色があることで石をけずって細かい粒にしても色が見えることへの気づきがあった。

(2) アンケートより

I.M.(内在的モチベーション)は3.87→4.62で0.75ポイントと平均値のスコアは大きく増加し、コラボレーション(協働)に関する質問に対しては3.80→4.27で0.47ポイント、コミュニケーションに関する質問に対しても3.57→3.94で0.37ポイントとスコアの増加が見られた(表5、図1)。T検定(片側)の結果、危険率5%以下(0.039)で有意差が認められた。

感想欄(回答数17)には、「楽しかった」(2人)、「おもしろかった」(1人)、「知らない事が知っているとむすびついてわからなかったなぞがとけた」(1人)、「よくできてうれしかった」(2人)、「いろいろなことが知れてよかった」(1人)などと前向きな回答が書かれていた。

表5. プログラム1のアンケート結果

	I. M.	創造性	判断的	コミュ	協働
Pre-T	3.87	3.60	3.97	3.57	3.80
Post-T	4.62	3.73	3.90	3.94	4.27

I. M. ⇒ Intrinsic Motivation 創造性 ⇒ Creativity  
 判断的(批判的)思考 ⇒ Critical Thinking  
 コミュ ⇒ Communication 協働 ⇒ Collaboration

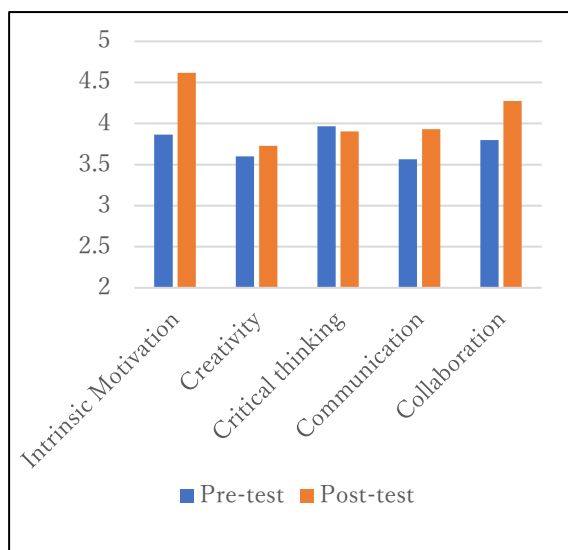


図1. プログラム1の結果

2. プログラム2

教材としての有用性(龍・渡邊 2014、酒井 2012、柿崎 2012、福田・神田 2009、など)が示されている「砂」を使ったプログラム(坂田・熊野 2018)をもとに、博物館ならではの内容になるように、研究者とのかかわりを持つ機会をつくった。併せて科学的概念の理解が進むことをねらって博士からの話、博士への質問の場を設定して、再デザインした。また、②段階のSTEM/STEAMワークショップにおける計画する活動(調査方法のデザイン)や、試してみる活動、より良いものを追究する活動、アイデアを表現する活動では、試行錯誤の繰り返しが起こっているのか、慎重に観察しながら実践した。

(1) ワークシートより

ワークシートでは、砂の特徴を書く欄に記載したのが13人、見つけ方を書く欄に記載したのが7人で、活動①の砂の観察と関連付けて、観察する項目、手順など探究の進め方を見出していた。また、考えをまとめる欄での記述は一部の子どものみに限られていた(8人)が、発表内容を班ごとに決める場では、ほとんどのグループの子どもたちが、砂に含まれる鉱物の種類やそれらの数を比較しながら採集場所を推定しており、科学的根拠をもって結論付けている事が分かった。

(2) アンケートより

I. M.(内在的モチベーション)の値が3.63→4.59で0.96ポイントと大きく増加し、判断的(批判的)思考の値が3.78→4.47と0.69ポイント、創造性については3.77→4.31と0.54ポイント平均値が高くなった。コミュニケーション、コラボレーションのスコアも上昇しており、すべての項目でスコアは高くなった(表6、図2)。T検定(片側)の結果、危険率1%以下(0.003)で有意差があった。

感想欄(回答数15)には、「砂についてよく知れた」(5人)、「砂を集めてみたい」(1人)、「楽しかった」(6人)、「役割分担ができて良かった」(1人)などと書かれていた。

表6. プログラム2のアンケート結果

	I. M.	創造性	判断的	コミュ	協力
Pre-T	3.63	3.77	3.78	3.85	4.00
Post-T	4.59	4.31	4.47	4.29	4.29

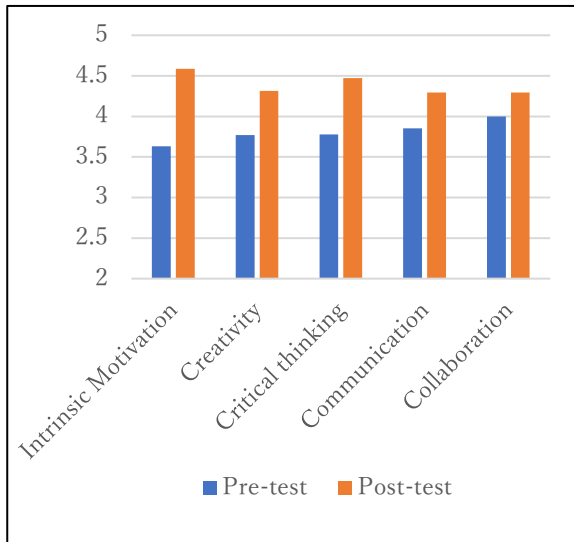


図2. プログラム2 の結果

#### IV. 考察

##### 1. 科学的概念の習得について

ワークショップに先立つ①観察して見つける活動・気付き活動と、終盤の③、④での博士とのかかわりの中で、子どもたちがより深く対象物を理解しようとし、理解できた喜びを感じていることがワークシートの自由記述から見えた。また、プログラム1では、「絵の具づくりの方法を決める活動（計画する活動）」を行う場をワークショップの最初の段階に取り入れたことによって、子どもたち自身が活動をデザインすることにつながった。それによって、効率よく石を削る方法についてのアイデアや手順を考えることにつながり、その後の活動の展開をスムーズに進めることができた。

プログラム2でもワークショップの初めに、何をどのように調査するのかなど自分たちの活動をデザインする場面を取り入れたことにより、どこに焦点を絞って調査するのか工夫のしどころが明確になった。そのため、それに続く活動が主体的でスムーズに運ぶことが確認された。このような工学的なアプローチである「計画する活動」を経ることで、主体的に活動に取り組むことができ、より深く継続的な科学的探究活動につながり、結果として科学的理解を深める手助けとなっていることが言える。

##### 2. I. M. と 4 つの C の育成についての振り返り

###### (1) I. M. (内在的モチベーション)について

夢中になって活動できたとする子どものスコアが両プログラムで大きく増加したため、これらは内在的なモチベーションをもつことができるプログラムであったと言え

る。感想部分の記述では、いずれのプログラムも、「たのしかった」「うれしかった」「おもしろかった」「よかった」と肯定的な感情が表現されており、このことも内在的なモチベーションが増加したことを示していると考えられる。また感想欄で、「しった・しれた」「わかった」「やった・できた」とする子どもも多くいて、内容理解につながったことを示すだけでなく、できたことへの達成感や満足感を感じている可能性がうかがえ、これも内在的なモチベーションに繋がると解釈できる。これらから、本実践のように一連の学びの過程の中に STEM/STEAM ワークショップを埋め込むことで、活動を通して、子どもたちの興味・関心や意欲が高いレベルで維持され、より体験的で主体的に学ぶことができると推測される。その結果、これらの活動が子どもたちのスキルの伸長に資することが見込まれるので、STEM/STEAM ワークショップの導入の有用性が示されたといえることができるものと考えられる。

###### (2) 創造性や判断的（批判的）思考について

プログラム2では両者ともスコアが上昇した。プログラム1では創造性のスコアは若干高まったものの、判断的(批判的)思考はスコアが低下した(図1、図2)。これは、プログラムの内容による違いだったり、創造的な活動や判断的(批判的)思考の体験を自覚していなかったりすることが理由なのではないだろうか。判断的(批判的)思考のスキルに関しては、本研究が小学生向けのプログラム開発であるため、子どもたちが「試行錯誤」する過程でそのスキルを多用するとの考えのもとに、参与観察で、子どもたちの「試行錯誤」に注目したところ、STEM/STEAMワークショップの過程で、試行錯誤をしている様子が観察できたので、子どもたちの自覚に関わらず、判断的(批判的)思考のスキルを使用していることが確認されたと判断したい。

感想部分の記述では「みんなといっしょに『こんなことをしたらどうかな?』とおもしろいことを発言したりしたからよかった」という記述(判断的(批判的)思考)も見られ、また、「知らない事が知っていることとむすびについてわからなかったなぞがとけた」という記述(創造性)も見られたので、このような活動に慣れていくと、徐々にこれらは育成されていくのではないかと考えられる。

###### (3) コミュニケーション/コラボレーション(協働)について

今回開発されたこれらの活動は、グループで行うようにデザインされ、活動の中に意図的に、「作業を分担して行う場面」「グループ内で意見をまとめる場面」「グループでの結果

を発表する場面」を設定した。活動の内容によって、コラボレーションが行われる程度に差があったが、それでもアンケートによるとコミュニケーションとコラボレーションを普段より活発に行ったとする子どもたちが多く(図1。図2)、普段より協力したり分担したりして活動できたという子どもが増えたと言える。意図的にグループで活動する場を多めに設定することで、コミュニケーション、コラボレーションは盛んに行えることがわかった。逆に言うと、これらの場を設定することこそが、子どもたち同士の学びあいを引き出す鍵になり、子どもたちの主体的で深い学びにつながる重要な要素になるのではないかと考える。このことはまた、学習指導要領(文部科学省 2017)で示された学校教育での学びにおける3つの柱「何ができるようになるのか」「どのように学ぶのか」「何を学ぶのか」の1つ「どのように学ぶのか」の学習スタイルへの示唆を与えているとも言えるだろう。

以上のことから、プログラム作成の段階で、本研究での実践のように、4つのC(スキル)を体験する場面を意識的に取り入れることは可能であり、各スキルを多用できるような場を配置することで、スキルの伸長に寄与すると言いうことができる。

### 3. STEM/STEAM 教育プログラムの在り方と方法論

本研究で実践したプログラムは、①観察して見つける活動・気付く活動→②STEM/STEAM ワークショップ→③博士の話と④質問コーナーという大きな流れで作成した。この流れに沿ったプログラム展開、活動の配置が、子どもたちの基本的な4つのスキルの伸長に有効であることが明らかになった。筆者らはこのようなプログラム展開・研究者を巻き込んだ活動の配置ができることが博物館でのSTEM/STEAM教育プログラムの一つの有効性を示していると考えている。特に、第2段階のSTEM/STEAMワークショップでは、活動として「計画する活動・調査方法などのデザイン」、「試してみる活動・より良いものを作る活動」を取り入れることと、後者において、算数・数学的な活動や技術の活用を意識的に導入することが有効性を高めることに繋がると考えられる。これは、結果に関して、あいまいになりがちな言葉であらわすだけではなく、数値で明確に表すことにより、低学年においても考えることへの促進や次なる活動への推進、試行錯誤をくり返すことへの手助けになることが見えたためである。さらには、個人で考え活動する場だけではなく、コミュニケーション/コラボレーション活動を促す、2人以上のグループで考え行動する場を設定する事も留意すべきことが明らかになっ

た。

第2段階のSTEM/STEAMワークショップを重視し、時間を確保することで、この学びのプログラムが子どもたちのスキルの伸長と科学的内容の理解をサポートできること、特にSTEM/STEAMワークショップを内在させた今回開発したプログラムのような流れで行うと、主体的で対話的な深い学びを誘うような場の設定を比較的容易にできることが分かった。

### V. おわりに

本研究では、2017年11月から2019年1月までにふじのくに地球環境史ミュージアムで実施した「ミュージアムで学ぶ科学教室」で実践したSTEM/STEAM教育プログラムの中から、地球科学的内容をテーマとした2つのプログラム開発に関する研究について記したものである。このプログラムは、博物館における科学教育プログラムの新たな姿を模索するために、プログラムのSTEM/STEAM化の方策を探るものであり、特に低学年を含む児童へのプログラム作成の指針を見つける目的で開発・実践されたものである。

今回の実践研究プログラム中にSTEM/STEAMワークショップを内在させ、子どもたちが自ら活動のデザインをする「工学のプロセス」、子どもたちの探究活動の結果を明らかにする「算数・数学の活動と技術の活用」、対話的で深い学びにつながるように「コミュニケーション/コラボレーション活動を意識的に位置づける」ことで、新たな科学教室プログラムの形態としてのプログラムのSTEM/STEAM教育化とその実践は十分可能であることが見いだされた。博物館で行う新たな体験型教育プログラム(STEM/STEAM教育プログラム)作成に関して以下のように提言する。

- ・基本の活動として、①観察を通して見つける活動・気付く活動→②STEM/STEAMワークショップ→③博士の話→④質問コーナーという流れで行う
- ・②のSTEM/STEAMワークショップでは、まず「活動のデザイン」を取り入れる
- ・②のSTEM/STEAMワークショップの試してみる活動、より良いものを追究する活動において、算数・数学の活動と技術の活用を取り入れる
- ・個人、グループ、全体での活動と、いろいろな形態の活動を取り入れ、コミュニケーション/コラボレーション活動を促す場面を設定する

今後の課題としては、プログラムの中に盛り込んだ「博士からお話を聞く」という活動が、子どもたちを科学の世界に誘う



ことにつながり内発的モチベーションをより高める可能性と、質問コーナーの意義等の検討をすることがある。また、科学教育により多くの工学的な要素を取り入れるため、工学者との触れ合いの場を設定することも視野に入れて、今後とも実践と研究を続けていきたい。

## 文献

- Bybee, R. W. (2014): NGSS and the Next Generation of Science Teachers, *Journal of Science Teacher Education*, 25(2), 211-221.
- Creswell, J. W. (2012): *Educational research. Planning, conducting, and evaluating quantitative and qualitative research*, Pearson English Inc..
- 福田修武, 神田光史 (2009) : 生物遺骸を豊富に含む海砂の教材化とその指導法—和歌山県東牟婁郡串本町における海砂を中心として—, 和歌山県教育センター学びの丘研究紀要6, 1-8.
- 橋本弘安 (2013) : 見るから描ける, 描くから見えてくる—絵の具作りで豊かな感性を育む—, *Science Window* 春号 (4-6月), 18-19.  
<https://sciencewindow.jst.go.jp/backnumber/>
- 柿崎榮 (2012) : 授業実践例 砂の教材化について, *教科研究理科*, 194, 4-7.
- Lindeman, K. W., Anderson, E. M. (2015): *Using Blocks to Develop 21st Century Skills*, NAEYC, [www.naeyc.org/yc](http://www.naeyc.org/yc)
- 文部科学省 (2017) : H29 年度小・中学校新教育課程説明会 (中央説明会) における文科省説明資料,  
[http://www.mext.go.jp/a\\_menu/shotou/new-cs/1396716.htm](http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/1396716.htm)
- National Science Teachers Association (2011): *Quality Science Education and 21<sup>st</sup>-Century Skills*, NSTA Position Statement.
- NGSS Lead States (2013): *Next Generation Science Standards for States by States*. Washington, D.C.
- Roekel, D. (2015): *An Educator's Guide to the "Four Cs", Preparing 21st Century Students for a Global Society*, National Education Association,  
<http://www.nea.org/tools/52217.htm>.
- Ryan, R. M., Deci, E. L. (2000): *Self-Determination Theory and the Facilitation of Intrinsic Motivation, Social Development, and Well-Being*, *American Psychologist* 55(1), 68-78.
- 龍智将, 渡邊重義 (2014) : 小学校理科教材としての海岸・河口の砂—「色」に注目した理科教材の研究—, *日本科学教育学会研究会研究報告*, 29(1), 13-18.
- 酒井智子 (2012) : 海岸の砂の地学教材としての可能性と授業への提案—見直しをもって学習に取り組ませる指導の工夫—, *上越教育大学教育実践研究*, 22, 153-158.
- 坂田尚子, 熊野善介 (2018) : インフォーマルな教育施設における「砂」をテーマとした STEM/STEAM 教育の試み—静岡科学館る・く・るでの実践を通して—, *地学教育学会年会予稿集*, 72, 31-32.
- Sakata, S., Kumano, Y. (2018): *Attempting STEM/STEAM Education in Informal Japanese Educational Facilities Through the Theme of "Sand"*, *K-12 STEM/STEAM Education*, 4(4), 401-411.
- 坂田尚子 (2019) : 幼児から小学生への STEM/STEAM 教育プログラムの開発と実践, *JST 事業平成 30 年度ジュニアドクター育成事業「静岡 STEM/STEAM アカデミー報告書」*, 研究代表 熊野善介, 15-21.
- 坂田尚子, 池谷渉, 菅原大助, 山田和芳, 熊野善介 (2019) : 博物館における小学生を対象とした STEM/STEAM 教育プログラムの開発と実践—地球科学に関する素材をテーマとして—, *地学教育学会年会予稿集*, 73, 2A-A, 89-90.
- 坂田尚子, 池谷渉, 菅原大助, 山田和芳, 熊野善介 (2021) : 博物館における小学生を対象とした STEM/STEAM/STEAM 教育プログラムの開発と実践—博物館ならではの科学教室の在り方の模索—, *静岡県博物館協会 研究紀要*, 2021 年 3 月 p56-61.
- Vasques, J. A. et al. (2013): *STEM/STEAM Lesson Essentials—Integrating Science, Technology, Engineering, and Mathematics*, Heinemann.
- Yager, R.E., Brunkhorst, H. (Eds.) (2014): *Exemplary STEM/STEAM Programs: Designs for Success*. NSTA Press.