SURE 静岡大学学術リポジトリ
Shizuoka University REpository

日本の科学教育におけるSTEM教育の導入とこれからのビジョン構築：幼児から小学生へのSTEM教育プログラムの開発と実践を通して

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 静岡大学 公開日: 2019-06-12 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 坂田, 尚子 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.14945/00026668

学位論文

日本の科学教育におけるSTEM教育の導入とこれからのビジョン構築

幼児から小学生へのSTEM教育プログラムの開発と実践を通して

５５６４４００３

静岡大学創造科学技術大学院

情報科学専攻　　坂　田　尚　子

博 士 学 位 論 文 目 次

坂 田 尚 子

論文名：

日本の科学教育におけるSTEM教育の導入とこれからのビジョン構築
－幼児から小学生へのSTEM教育プログラムの開発と実践を通して－

目　　次

第１章　はじめに　1　頁

１．１　研究背景と問題の所在　2
１．２　研究動機と研究課題　4
１．３　研究方法　5

第２章　先行研究の検討　7　頁

２．１　これまでの研究について　8
２．２　日本における動向　12
２．３　アメリカでのSTEM教育への流れ　18
２．４　研究課題の設定　24

第３章　研究方法と研究過程　25　頁

３．１　対象の選択　26
３．２　データ収集と分析　28
３．３　研究の進め方　32

第４章　「砂」をテーマとしたプログラム　35　頁

４．１　静岡市東部生涯学習センターでの実践　36
４．２　静岡科学館る・く・る「理数大好き教室」での実践　40
４．３　静岡科学館る・く・る「サイエンス・アドベンチャー」での実践　44
４．４　プロジェクトのまとめ　49

第５章　ゆりかご保育園での STEM 教室　51　頁
５．１　保育園での実践　52
５．２　「種」をテーマとしたプログラムの実践　55
５．３　「ソーマトロープ」をテーマとしたプログラムの実践　58
５．４　「糸でんわ」をテーマとしたプログラムの実践　61
５．５　「ペーパークロマトグラフィー」をテーマとした実践　65
５．６　プロジェクトのまとめ　70

第６章　ふじのくに地球環境史ミュージアムでの STEM 教室　73　頁

６．１　博物館での実践　74
６．２　「アメンボ」をテーマとしたプログラムの実践　78
６．３　「シャボン玉」をテーマとしたプログラムの実践　82
６．４　「岩絵の具」をテーマとしたプログラムの実践　86
６．５　プロジェクトのまとめ　90

第７章　結論　93　頁

７．１　研究結果のまとめ　94
７．２　STEM 教育の導入とその効果について　98

第８章　おわりに　101　頁

８．１　教育実践への提言　102
８．２　今後の展望および課題　103

文　献　105　頁

資　料　117　頁

謝　辞

論文の図と表の一覧表

図 1　科学博物館における『科学リテラシー涵養活動』の体系〈4 つの目標と 5 つの世代〉
【簡易版】小川他（2011）
図 2　平成 29 年度小・中学校新教育課程説明会（中央説明会）における文部科学省資料
文部科学省（2017）
図 3　プロジェクト＜2＞での子どもたちの活動評価シート
図 4　3 回の実践で使用したワークシート
図 5　砂の構成物調査シート
図 6　Intrinsic Motivation と 4C の変化
図 7　調査方法の発現率の比較
図 8　調査方法のデザインに続いて表れた活動・学びのサイクル
図 9　「種の工夫」プログラムチャート
図 10　子どもたちのワークシートから①
図 11　子どもたちのワークシートから②
図 12　「ソーマトロープ」のプログラムチャート
図 13　「ソーマトロープ」のワークシートから①
図 14　「ソーマトロープ」のワークシートから②
図 15　糸でんわ
図 16　「糸でんわ」のプログラムチャート
図 17　「糸でんわ」のワークシート①
図 18　「糸でんわ」のワークシート②
図 19　教師たちと作成したゆりかご STEM 教室の評価シート
図 20　「色をわけよう」プログラムチャート
図 21　「色をわけよう」のワークシートから
図 22　「色をわけよう」のワークシートから
図 23　子どもたちの活動評価シート（Daft 2）
図 24　幼児教育でのプログラムの STEM 教育化について
図 25　ワークシートの例；第 1 回
図 26　針金製のアメンボ
図 27　第 1 回アンケート結果
図 28　最良のレシピの発表
図 29　第 2 回アンケート結果
図 30　石をけずって絵の具の作成
図 31　第 3 回アンケート結果
図 32　プレテストと 3 回のポストテストとの比較

表 1　アメリカでの現地調査の日程と視察・訪問場所
表 2　対象となる子どもたちの学年と人数：「砂」STEM
表 3　対象となる子どもたちの学年と人数：ゆりかご保育園での実践
表 4　対象となる子どもの学年と人数：ミュージアムでの実践
表 5　各プロジェクトにおけるワークシートの共通項
表 6　アンケートの内容
表 7　Figure 17.2 Two types of Action Research Designs　(Creswell 2012)をもとに翻訳
表 8　生涯学習センターでの実践プログラム
表 9　参加者の学年と人数（とうぶこどもプロジェクト）
表 10　調査方法の発現率（とうぶこどもプロジェクト）
表 11　「理数大好き教室」での実践プログラム
表 12　参加者の学年と人数（理数大好き教室）
表 13　調査方法の発現率（理数大好き教室）
表 14　しずおかサイエンス・アドベンチャーでの実践プログラム
表 15　参加者の学年と人数　（しずおかサイエンス・アドベンチャー）
表 16　アンケートの内容
表 17　5 項目におけるプレ調査、ポスト調査の平均値
表 18　調査方法の発現率
表 19　デザインする際意図した活動の中の 4 つの C
表 20　「種の工夫」実践プログラム
表 21　「ソーマトロープ」実践プログラム
表 22　「糸でんわ」実践プログラム
表 23　「色をわけよう」実践プログラム
表 24　RY くんの評価の例
表 25　Y くんの評価の例
表 26　活動内容の中の 4 つの C
表 27　プログラムにおける基本の活動
表 28　参加者の数と学年構成
表 29　アンケートの項目
表 30　第 1 回の感想の述部
表 31　第 2 回の感想の述部

論文の図と表の一覧表

図 1　科学博物館における『科学リテラシー涵養活動』の体系〈4 つの目標と 5 つの世代〉【簡易版】小川他（2011）
図 2　平成 29 年度小・中学校新教育課程説明会（中央説明会）における文部科学省資料 文部科学省（2017）
図 3　プロジェクト＜2＞での子どもたちの活動評価シート
図 4　3 回の実践で使用したワークシート
図 5　砂の構成物調査シート
図 6　Intrinsic Motivation と 4C の変化
図 7　調査方法の発現率の比較
図 8　調査方法のデザインに続いて表れた活動・学びのサイクル
図 9　「種の工夫」プログラムチャート
図 10　子どもたちのワークシートから①
図 11　子どもたちのワークシートから②
図 12　「ソーマトロープ」のプログラムチャート
図 13　「ソーマトロープ」のワークシートから①
図 14　「ソーマトロープ」のワークシートから②
図 15　糸でんわ
図 16　「糸でんわ」のプログラムチャート
図 17　「糸でんわ」のワークシート①
図 18　「糸でんわ」のワークシート②
図 19　教師たちと作成したゆりかご STEM 教室の評価シート
図 20　「色をわけよう」プログラムチャート
図 21　「色をわけよう」のワークシートから
図 22　「色をわけよう」のワークシートから
図 23　子どもたちの活動評価シート（Daft 2）
図 24　幼児教育でのプログラムの STEM 教育化について
図 25　ワークシートの例；第 1 回
図 26　針金製のアメンボ
図 27　第 1 回アンケート結果
図 28　最良のレシピの発表
図 29　第 2 回アンケート結果
図 30　石をけずって絵の具の作成
図 31　第 3 回アンケート結果
図 32　プレテストと 3 回のポストテストとの比較

表 1　アメリカでの現地調査の日程と視察・訪問場所
表 2　対象となる子どもたちの学年と人数：「砂」STEM
表 3　対象となる子どもたちの学年と人数：ゆりかご保育園での実践
表 4　対象となる子どもの学年と人数：ミュージアムでの実践
表 5　各プロジェクトにおけるワークシートの共通項
表 6　アンケートの内容
表 7　Figure 17.2 Two types of Action Research Designs　(Creswell 2012)をもとに翻訳
表 8　生涯学習センターでの実践プログラム
表 9　参加者の学年と人数（とうぶこどもプロジェクト）
表 10　調査方法の発現率（とうぶこどもプロジェクト）
表 11　「理数大好き教室」での実践プログラム
表 12　参加者の学年と人数（理数大好き教室）
表 13　調査方法の発現率（理数大好き教室）
表 14　しずおかサイエンス・アドベンチャーでの実践プログラム
表 15　参加者の学年と人数　（しずおかサイエンス・アドベンチャー）
表 16　アンケートの内容
表 17　5 項目におけるプレ調査、ポスト調査の平均値
表 18　調査方法の発現率
表 19　デザインする際意図した活動の中の 4 つの C
表 20　「種の工夫」実践プログラム
表 21　「ソーマトロープ」実践プログラム
表 22　「糸でんわ」実践プログラム
表 23　「色をわけよう」実践プログラム
表 24　RY くんの評価の例
表 25　Y くんの評価の例
表 26　活動内容の中の 4 つの C
表 27　プログラムにおける基本の活動
表 28　参加者の数と学年構成
表 29　アンケートの項目
表 30　第 1 回の感想の述部
表 31　第 2 回の感想の述部

第１章　はじめに

１．１　研究の背景と問題の所在

筆者は、静岡大学大学院教育学研究科の修士課程において、幼児のための科学教育について、その現状(当時)と展望について研究をした。そして修士論文「幼児を対象とした科学教育のビジョン構築に関する研究(2003)」をまとめ、その成果を２本の論文(坂田・熊野 2004, 坂田・熊野 2006）とした。そこでは幼児期における科学教育のあるべき姿を描き出すことができ、これらを幼稚園や保育園の教員・保育士への研修あるいは保護者への講演会等で、幼児期における科学教育の必要性と重要性を伝える際の拠り所としながら、活動を続けてきた。現場の教師・保育士から園での活動の見直しに対して、アドバイスを求められることもあった（坂田他 2009)。また、静岡市清流の都創造課（現環境創造課）との協働で、幼い子ども向けの教材「子ども環境教育のてびき(2008)」を作成することもあった。2015 年に静岡科学館る・く・るへ着任してからも、科学館事業「学校等研修支援」の枠組みにおいて、教師・保育士対象の静岡市内外の研修会などでそれまでと同様に、幼児期における科学教育の必要性と重要性を伝える活動を続けてきた。

一方、静岡科学館（以降愛称「る・く・る」は省略する）において、幼児とその保護者のための「親子教室」や「めばえのかがく」を企画・実践し、実際に直接、幼い子どもへの科学的な体験を提供してきた（坂田・長澤 2016、坂田 2018)。また、静岡科学館ばかりでなく、静岡市立日本平動物園でも幼児とその保護者への体験型教室「動物園親子教室」を企画し実践した(坂田他 2011、佐渡友他 2014、佐渡友他 2015)。これらの活動を継続して行うことで、子どもが必要とする科学的な活動や科学性のめばえを支援することについて、長年考え続ける機会を得ることができた。このような活動を続けてきた十数年の間に社会の状況は変化し、これからの将来において求められる幼い時期の科学教育の姿は、私がかつてイメージしたものとは異なっていることが予想された。

2005 年に出された中央教育審議会答申「子どもを取り巻く環境の変化を踏まえた今後の幼児教育の在り方について」を受けて、2006 年には文部科学省が「幼児教育振興アクションプログラム」を示した。これは 5 年間の行動計画であるが、これによって幼児教育の充実と教員の資質向上及び専門性の向上などが謳われた。それまでも幼児を含む低学年のための科学教育について必要性が語られることはあったが、その後、幼児教育における環境教育を含めた科学的教育の領域において、井上（2009）や、小谷（2010a、2010b)、北野（2008, 2012)、月僧（2016）などにより実践と研究が進められ、日本における幼い子どもたちへのふさわしい科学的教育の在り方が模索されてきた。

この間、諸外国では 21 世紀型スキルズ（21st Century Skills）（NRC2010、NSTA 2011 など）に関する議論が、日本でも 21 世紀型資質・能力（文部科学省 2017 など）の議論がなされた。また、アメリカ合衆国においては、次世代科学スタンダード:Next Generation

Science Standards（NGSS Lead Stats 2013）が発表され、これらを具現化するために STEM 教育への取り組みが本格化する中（Yager & Brunkhorst 2014 など)、日本においても幼い子どもへの新たな科学教育の取組みや枠組みが必要で、その姿について探る必要があると考えたのである（坂田・熊野 2017)。もう一度、昨今の日本における現状を踏まえたうえで、幼い時期の科学教育について STEM 教育を取り入れた場合の新たなビジョンを確立し、何らかの教育的示唆を提案したいと考えこの研究に取り組むことにした。

１．２　研究動機と研究課題

幼児を含めた低学年の子どもたちへの科学教育に STEM 教育を取り入れることを模索する場合、まずは、先進地域の実践例を調査し、STEM 教育とはどんな教育なのか、学習内容はどんなものを課題としているのか、授業形態やレッスンフロー（授業の流れ）といった授業の方法はどうなっているかということについて、まとめていきたいと思った。STEM 教育を取り入れた結果、子どもや学校、教育の様子に変化はあるのかについても調査する必要があると考えた。

STEM 教育を日本の科学教育の文脈に適合させるためには、どのような教育のスタイルにすればよいのか、どの様な場で行うのが適切か、学習内容や授業の方法はどのようなものが適切かなど、プログラムを試作して実践と検証を繰り返しながら、日本型の STEM 教育の在り方やプログラムの開発方法を模索していこうと考えた。また、その過程において、STEM 教育プログラムで学んだりこのような活動を体験したりすることで、子どもたちはどう感じているのか、子どもたちはどのようなことを学べているのか、またどのように能力を伸ばしているのかについて検討するために、子どもたちへのインパクトを洗い出し、STEM 教育を取り入れた場合の成果と課題について議論していきたいと考えた。そして、日本の科学教育に STEM 教育を取り入れることの意義について、考えをまとめて聞くことにした。本研究では、3 つの研究プロジェクトを立ち上げ、そこで研究課題として、次の 4 点に取り組んだ。

1. STEM 教育とは、どんな教育なのか、その特徴を明らかにする。
2. 日本の文脈に適合させるためにはどのような改訂をする必要があるのか。
3. 子どもたちへのインパクトを調査し、日本の幼児から小学校低学年までの子どもたちに STEM 教育を導入することの意義は何なのか探る。
4. STEM 教育を取り入れた子ども向けの科学教育のプログラムを示し、その在り方を提案する。

実際には、子どもたちにとって身近な「砂」をテーマとした、一つのモデルプログラムを作成し、それをいくつかの場で実践して、STEM 教育の特徴をつかみ、モデルプログラムの開発を試みた（プロジェクト＜1＞）。次に、保育園というフォーマルな教育の場における、科学教育プログラムの STEM 化に取り組み（プロジェクト＜2＞）、博物館というインフォーマルな教育の場における科学教育プログラムの STEM 化に取り組んで（プロジェクト＜3＞）、それぞれの枠組み、文脈への適合に必要なものを探った。

以上のことを明らかにしたり検討したりしながら、STEM 教育を取り入れた幼い子どもへのプログラムやこれからの科学教育の姿を示し、それを幼児から小学生への科学教育として提案することをめざしたい。

１．３　研究方法

教育研究において、現場との協働関係によって推進される方法として、アクション・リサーチが用いられ、教育現場における諸問題解決のための臨床的研究が数多くなされている。本研究においてはまさに、静岡科学館、静岡市東部生涯学習センター、ふじのくに地球環境史ミュージアム、ゆりかご保育園などの教育の現場の教師・保育士・スタッフたちと筆者とのかかわりの中で、子どもたちへの新たなる教育プログラムの開発という研究を進めていこうとするものである。そこで、このアクション・リサーチという方法がふさわしいと考え、その方法論にのっとって研究を進めることとした。実践ごとに、子どもたちがどう感じているのか、何を学べているのか、どのように成長できるのかについて分析・検討を行い、また、研究の在り方を振り返りながらプログラムや実践の方法を改良しつつ進めた。

研究のためのデータとしては、子どもたちが記入したワークシートとアンケート、観察者たちによる振り返りと記録を中心に収集した。またそれらの内容を確認したり補完したりするものとして、子どもたちの発話の音声記録、写真を用いた。

データを分析する際は、子どもたちの表れを詳しく見たり、変化をとらえたりしようとした。特に子どもたちへのインパクトについての分析では、アメリカ合衆国において 21 世紀型スキルズの中でも特に基本的な 4 つの C：Creativity, Critical thinking, Communication, Collaboration を重視すべきであるとされる 4 Cs セオリー（Roekel 2015）を取り入れ、創造性、判断的・批判的思考、コミュニケーション、コラボレーションを検討項目とした。また、これらの活動が子どもたちを刺激し，夢中になって取り組み、主体的で深い学びにつながることを期待して，内なる前向きな気持ち：Intrinsic Motivation（Ryan & Deci 2000）についても検討項目として取り上げた.

第 2 章　先行研究の検討

２．１　これまでの研究について

日本において、理科教育が用意されていない幼い時期であっても、科学的活動の保障をすることや科学的な芽生えを支援するための教育は、幼い子どもたちの将来の成長と学びのために重要であるとの考えのもと、これまで十数年にわたって主に幼児を中心として幼い時期の子どもたちに向けた科学的な体験の提供と科学教育の実践研究を行ってきた。また、保育教諭対象の教員研修、保護者向けに幼児期における科学教育の大切さなどを伝える活動なども行ってきた。ここでは、これまで取り組んできた実践と研究を述べつつ、狭い範囲ながら、筆者周辺における幼い子どもへの科学教育の十数年について俯瞰したい。

幼い子どもへの科学的教育活動の基本となる、幼児期にふさわしい科学教育の在り方についての考え方は、坂田・熊野(2006)で示した、＜アクティビティの内容について＞の５つの項目、＜実施する教師のあるべき姿について＞の 7 つの項目を枠組みとして採用し、活動プログラム、研修プログラム等を作成してきた。

＜アクティビティの内容について＞

- *観察・皮革の基礎となる“見ること”をそだてることに焦点を当てたものであること*
- *教師が子どもたちの考えを深めるため意識的な言葉かけができるようなものであること*
- *子どもにとって扱いやすい素材であること*
- *日常生活の延長上にあり、グローバル・サイエンス・リテラシーや科学的リテラシー獲得につながる自然体験的活動を重視したものであること*
- *少人数で行うことを前提に組み立てること*

＜実施する教師のあるべき姿について＞

- *科学とは「考え方」の学問だということをしっていること*
- *子どもの活動をする中に、深く考える機会をつくろうと心がけること*
- *子どもが科学を学ぶとき、教師の質問・言葉かけが非常に重要な役割を果たすということをしっていること*
- *子どもの考え方、ペースを大切にして、すぐに答えを教えないこと*
- *子どもがこだわりをもち、自らしらべ適用とする態度をほめること*
- *子どもと一緒に自然を楽しみ・活動を楽しむこと*
- *子どもの施行の深まりについて敏感で、それ等を時系列で追い続けられること*

坂田・熊野(2006) 科学教育研究 Vol.30 No.1 p10

2005 年より、アースシステム教育に基盤を置いた教師・保育士教育を静岡市立安倍口幼稚園（現安倍口こども園)、私立函南さくら保育園にて行った。地球をシステムとしてとらえ、その中で地球科学を学ぶ際に育てたい子どもたちのリテラシー（グローバル・サイエンス・リテラシー）について、幼い子どもの時期からその教育を始める意義と必要性を踏まえたうえで、現場の教諭・保育士へ行った園内研修での教師教育の在り方を考察した。研修の内容や結果、考察とその後の展望については報告書としてまとめた（坂田他 2009)。この実践では、作成した子どもたちへのプログラムを幼稚園・保育園に提案し、実際に園で授業を行った。その様子を教師・保育士に観察してもらい、その後自分たちによる園での活動の見直しへとつなげ、特に自然観察・自然体験を通して科学的な芽生えを支援することに焦点を当てた園活動プログラムの再構築を支援した。

平成 17 年 1 月の中央教育審議会答申「子どもを取り巻く環境の変化を踏まえた今後の幼児教育の在り方について」(文部科学省 2005）を受けて、文部科学省は幼児教育振興アクションプログラムを発表して(2006)、幼児教育の一層の取り組みとその後の方針を示した。

7 つの施策の柱

- *幼稚園・保育所の連携と認定こども園制度の活用の促進*
- *希望するすべての幼児に対する充実した幼児教育の提供*
- *発達や学びの連続性を踏まえた幼児教育の充実*
- *教員の資質及び専門性の向上*
- *家庭や地域社会の教育力の再生・向上*
- *生涯学習振興施策における家庭や地域社会の教育力の再生・向上*
- *幼児教育を地域で支える基盤等の強化*

文部科学省(2006)幼児教育振興アクションプログラム

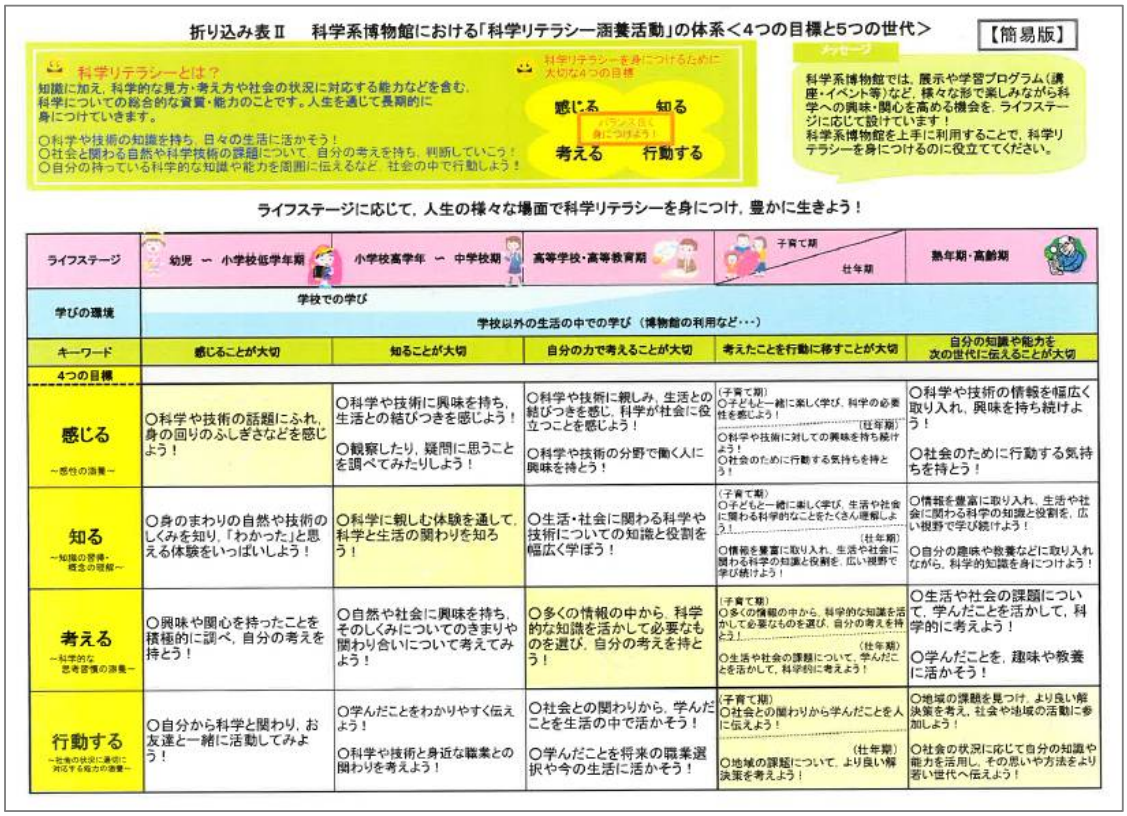
この中で、生涯学習振興施策における家庭や地域社会の教育力の再生・向上、および幼児教育を地域で支える基盤等の強化が謳われ、生涯学習振興を担う文化施設等における幼児への教育の関心の高まりが見られるようになった。

静岡市においても、生涯学習センター、科学館、動物園などで幼児とその保護者を対象とした様々な事業が企画され実施される動きのきっかけになったと考えられる。また、社会教育施設ばかりではなく、広く教育にかかわる行政も、静岡市においては環境学習ハンドブックを作成、配布する事業の中で、『「不思議」を見つけ感性をはぐくむこども環境教育のてびき』（坂田・田宮 2008）を作成し、市内の全幼稚園児・保育園児に配布を行うなど、幼児期の子どもに向けた教育的取り組みを行なってきた。人間の一生を通じあらゆる場所で様々な側面からのアプローチ（教育・学習・活動など）により環境について考え行動できる人を育てるという、環境教育の生涯学習としての枠組みの中に、幼児期での学びや活動を具体的に

示した（坂田他 2008）。

静岡市立日本平動物園では、静岡市動物園協会が軸となり、2010 年よりおおむね 4 歳の子どもとその保護者を対象とする「動物園親子教室」を実施するようになった。この取り組みは、動物園での教育活動において年齢を超えて質の高いプログラムを広めることの難しさに挑戦したものである。プログラムをデザインする際には上記の枠組みを考慮し、動物園の特性をいかし、飼育員から話を聞いたり、テーマの動物を見に行ったりという活動を組み込んだ。この取り組みを通して、保護者と幼い子どもたちの動物に対する興味・関心を増すことができたばかりでなく、活動参加後の対話が増え保護者の満足度も増すことが明らかになった。動物園を幼い子どもも学べる学びの場として位置づけ、来園者のニーズに応えることができ、リピーターも増やすことができた。（坂田他 2011, 佐渡友他 2015）

静岡科学館では、来館者の低年齢化という状況をふまえて、2015 年より、「めばえのかがく」という事業を立ち上げた。これは、「小さな子どもの初めての科学体験」というコンセプトで、小学校 2 年生までの子どもとその保護者を対象とした事業である。事業の立ち上げおよびプログラム策定に際して、上記の枠組みだけでなく、国立科学博物館の小川ら（2011）により体系化された科学系博物館における『科学リテラシー涵養活動』における幼児～小学校低学年期の目標も参考にした。



折り込み表Ⅱ　科学系博物館における「科学リテラシー涵養活動」の体系＜4つの目標と5つの世代＞　【簡易版】

科学リテラシーとは？
知識に加え，科学的な見方・考え方や社会の状況に対応する能力などを含む，科学についての総合的な資質・能力のことです。人生を通じて長期的に身につけていきます。
○科学や技術の知識を持ち，日々の生活に活かそう！
○社会と関わる自然や科学技術の課題について，自分の考えを持ち，判断していこう！
○自分の持っている科学的な知識や能力を周囲に伝えるなど，社会の中で行動しよう！

科学リテラシーを身につけるために大切な4つの目標
感じる　知る　考える　行動する
バランスよく身につけよう！

メッセージ
科学系博物館では，展示や学習プログラム（講座・イベント等）など，様々な形で楽しみながら科学への興味・関心を高める機会を，ライフステージに応じて設けています！
科学系博物館を上手に利用することで，科学リテラシーを身につけるのに役立ててください。

ライフステージに応じて，人生の様々な場面で科学リテラシーを身につけ，豊かに生きよう！

ライフステージ	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・高齢期
学びの環境	学校での学び				
	学校以外の生活の中での学び（博物館の利用など・・・）				
キーワード	感じることが大切	知ることが大切	自分の力で考えることが大切	考えたことを行動に移すことが大切	自分の知識や能力を次の世代に伝えることが大切
4つの目標					
感じる ～感性の涵養～	○科学や技術の話題にふれ，身の回りのふしぎさなどを感じよう！	○科学や技術に興味を持ち，生活との結びつきを感じよう！ ○観察したり，疑問に思うことを調べてみたりしよう！	○科学や技術に親しみ，生活との結びつきを感じ，科学が社会に役立つことを感じよう！ ○科学や技術の分野で働く人に興味を持とう！	（子育て期） ○子どもと一緒に楽しく学び，科学の必要性を感じよう！ （壮年期） ○科学や技術に対しての興味を持ち続けよう！ ○社会のために行動する気持ちを持とう！	○科学や技術の情報を幅広く取り入れ，興味を持ち続けよう！ ○社会のために行動する気持ちを持とう！
知る ～知識の習得・概念の理解～	○身のまわりの自然や技術のしくみを知り，「わかった」と思える体験をいっぱいしよう！	○科学に親しむ体験を通して，科学と生活の関わりを知ろう！	○生活・社会に関わる科学や技術についての知識と役割を幅広く学ぼう！	（子育て期） ○子どもと一緒に楽しく学び，生活や社会に関わる科学的なことをたくさん理解しよう！ （壮年期） ○情報を豊富に取り入れ，生活や社会に関わる科学の知識と役割を，広い視野で学び続けよう！	○情報を豊富に取り入れ，生活や社会に関わる科学の知識と役割を，広い視野で学び続けよう！ ○自分の趣味や教養などに取り入れながら，科学的知識を身につけよう！
考える ～科学的な思考習慣の涵養～	○興味や関心を持ったことを積極的に調べ，自分の考えを持とう！	○自然や社会に興味を持ち，そのしくみについてのきまりや関わり合いについて考えてみよう！	○多くの情報の中から，科学的な知識を活かして必要なものを選び，自分の考えを持とう！	（子育て期） ○多くの情報の中から，科学的な知識を活かして必要なものを選び，自分の考えを持とう！ （壮年期） ○生活や社会の課題について，学んだことを活かして，科学的に考えよう！	○生活や社会の課題について，学んだことを活かして，科学的に考えよう！ ○学んだことを，趣味や教養に活かそう！
行動する ～社会の状況に適切に対応する能力の涵養～	○自分から科学と関わり，お友達と一緒に活動してみよう！	○学んだことをわかりやすく伝えよう！ ○科学や技術と身近な職業との関わりを考えよう！	○社会との関わりから，学んだことを生活の中で活かそう！ ○学んだことを将来の職業選択や今の生活に活かそう！	（子育て期） ○社会との関わりから学んだことを人に伝えよう！ （壮年期） ○地域の課題について，より良い解決策を考えよう！	○地域の課題を見つけ，より良い解決策を考え，社会や地域の活動に参加しよう！ ○社会の状況に応じて自分の知識や能力を活用し，その思いや方法をより若い世代へ伝えよう！

図１．科学系博物館における『科学リテラシー涵養活動』の体系〈4 つの目標と 5 つの世代〉【簡易版】

体系的にまとめられたこの考え方では、幼児から小学校低学年までのライフステージにおいて、「感じることが大切」というキーワードを設定し「感じる」、「知る」、「考える」、「行動する」について、以下のように目標を示している。

〇科学や技術の話題にふれ、身の回りの不思議さなどを感じよう！

〇身のまわりの自然や技術のしくみを知り、「わかった」と思える体験をいっぱいしよう！

〇興味や関心を持ったことを積極的に調べ、自分の考えを持とう！

〇自分から科学と関わり、お友達と一緒に活動してみよう！

「めばえのかがく」では、およそ月に 2 回の割合で、13 プログラム（内 12 プログラムを新たに作成もしくは既存プログラム見直し）、計 19 回を実施し、実践的研究を積み上げた（坂田 2018）。そこでは、これからの科学教育の流れにも意識を向けて、科学館等における親子向けプログラム開発への提言をすることができた。

①五感を使うこと，つまり一つのプログラムの中にいろいろな活動，芸術的な活動や実験なども盛り込むこと

②日常生活で目にすることがあり，なじみがある物や現象を盛り込むこと

③子どもが扱っても危険でない扱いやすい素材を使用すること，

④多層的な活動であっても文脈依存性を確保する必要があること

⑤少人数で実施できるような内容にすること

坂田(2018)日本サイエンスコミュニケーション協会誌　Vol.8 No.1 p34

幼児期における科学教育で何が必要なのか、その時の状況、与えられた場においてどんなことができるのかということについて、幼児のための科学教育を考え、デザインし、実践してきたが、このような活動をしていた十数年の間に社会の状況は変化し、これから求められる幼い子どもへの科学教育も、これまでにイメージされたものとは異なってくることが予想される。そこで、もう一度幼い子どもが置かれている教育環境とくに、科学教育や幼児教育を取り巻く状況を把握することで、これからの時代に向けて新たなビジョンを持ちたいと考えた。その際、先ずは科学教育の新たな流れである STEM 教育を中心に据え、幼稚園、保育園、こども園での科学教育だけでなく、博物館、科学館での幼い子どもへのワークショップを中心とした体験型科学教育についての研究に取り組むことにした。

２．２　日本における動向

平成 17 年 1 月の中央教育審議会答申「子どもを取り巻く環境の変化を踏まえた今後の幼児教育の在り方について」（文部科学省 2005）を受けて、文部科学省は七つの柱からなる施策の柱、「幼児教育振興アクションプログラム」を発表(2006)して、幼児教育の一層の取り組みとその後の方針を示した。

7 つの施策の柱

・幼稚園・保育所の連携と認定こども園制度の活用の促進

・希望するすべての幼児に対する充実した幼児教育の提供

・発達や学びの連続性を踏まえた幼児教育の充実

・教員の資質及び専門性の向上

・家庭や地域社会の教育力の再生・向上

・生涯学習振興施策における家庭や地域社会の教育力の再生・向上

・幼児教育を地域で支える基盤等の強化

文部科学省（2006）幼児教育振興アクションプログラム

この中で、発達や学びの連続性を踏まえた幼児教育の充実も謳われ、幼児期における教育への関心がより高まり、その重要性が改めて見つめなおされることにつながったと思われる。そうした研究の中から科学教育に関するものやそこで積み上げられた成果の一部を紹介したい。

深田・隅田ら（2007）は、『8 歳までに経験しておきたい科学』と題して、Science Experiences for the Early Childhood Years（Harlan, & Rivkin 2004）の第 8 版を翻訳した。 訳本の題名を決めた経緯として*「本書で紹介されている活動が、全米乳幼児協会の指針や全米科学教スタンダードに準拠しながら、主に 4 歳から 8 歳の子どもたちを対象に書かれているため」*と説明している。そして、その特徴を（原書の）*「著者らが子どもたちと実際に行なってきた体験活動が、身近な素材を使って簡単に行える形で、とてもわかりやすく示されていること」*で*「本書中の体験活動の一部を子どもたちと実践してみたところ、熱心な探究活動を引き出すことができた」*とし、教師や保育士、保護者に、子どもたちとこのような体験活動をすることを勧めた。日本での、その後の幼い子どもへの科学教育に関する実践や研究において、参考にした文献や引用した文献のリストを見てみると、この訳本は多くの影響を与えていることがわかる。

井上は、環境教育における幼児期の位置づけについて、*「生涯にわたる実践の必要性が常に述べられながらも開始期として幼児期が示されるだけで、幼児期の実践のあり方は具体*

的にされてこなかった」と述べ、幼児期の環境教育にだけ限るものではないとした上で、「*新たな実践の提案・評価・反省という作業をする必要がある*」とし、環境教育における幼児期での更なる教育の取り組みの必要性を明らかにした(2009)。

幼稚園・保育園におけるフォーマルな幼児教育の場において、小谷は、幼児期に科学教育を導入する根拠を述べつつ、科学的プロセス・スキルという考え方を紹介し、これらを「*幼児独特の考え方・興味・学びのスキルに対応させることができれば意味のあることになる*」と主張した。そして幼児期におけるプロセス思考探求型科学教育の実践を提案した（2010a)。また、幼児期から小学校期への学びのつながりを考える上で、幼大教員の連携を図り幼小を一貫した保育開発をする中で、幼い時期の科学教育の取り組みについて研究をまとめた(2010b)。幼児期の「保育」と低学年児童期の「教科」をスムーズに接続するため、要素（科学的プロセス・スキルなどの認知的要素、情意的要素、規範的要素）に注目したモデルを提案し、科学教育としての保育の構成を試み子どもたちの変容を確認したりして、幼児期における科学教育について実践的研究を進めた。

北野は、「*根拠に基づく科学的探究心をはぐくむ幼児教育の実践の重要性が指摘されている*」とし、保育実践におけるおもちゃ作りなどを通して、「音」を探究するものなど科学的な教育を奨励したり(2008)、「*幼児の興味関心に応じた絵本を選択し読み聞かせることは、科学探究のきっかけとなる*」とし、幼児の科学的探究を促す教材としての科学絵本の活用の実態を調査して、その活用について提言したりしている(2012)。

板橋は、幼い時期では取り扱いがむずかしいとされているエネルギー教育について、日本では事例が少ないと指摘しながらも、幼児教育の場で実践することをめざし(2015)、アメリカにおける取組みや教材について分析した。そして、日本での教育に生かせるか検討をした。

また、生涯学習振興を担う文化施設等および幼稚園・保育園などにおける、サイエンスショーの演示や各施設における科学実験遊びを通じて、子どもへの科学教育を実践してきた月僧は、保育園、幼稚園、科学館での「浮き沈み」をテーマとしたプログラムの作成と実践において、子どもの様子などを多角的とらえようとし、プログラムの評価について考察した(2016)。幼い子どもたちが、科学的な実験や活動に強い興味をもつことを明らかにし、それが子どもたちにとって楽しい活動であることを示した。活動の中で、「予想する」という科学的思考を行う子どもの姿も報告し、それを観察していた保育士にも「*科学を意識した言葉かけをしたり科学を意識した保育内容に取り組むようになったりした*」という変化が表れたと報告している。

これらの研究の流れは、幼児期における科学教育の在り方を、主にフォーマルな場（公教育）で追究し、どのような学びが行われているのか、あるいは行うことができるのかといった可能性について考察したり、また、その教育を支える教師・保育士へのインパクトや教師教育はどうあるべきかについて議論がなされたりしてきたものである。そして、それらの議

論の結果を踏まえて、幼児期だけでなくその後の子どもたちの学びにも言及し、幼い時期の科学教育・科学的体験が、その後の発達や学習に資するという重要性を明らかにしたものであった。これらの研究に積み重ねは、幼児から小学校低学年が、科学的活動を行うことだけでなく、その世代における科学教育がその存在を社会的に確かなものにしてきたことを示していると考えられるのではないだろうか。

一方、博物館等の社会教育施設の側から見た幼児への科学教育に関する研究についてもまとめてみたい。

「イマドキ・キッズの遊び場、学び場　どのようなチルドレンズミュージアムを創るか？」（2006）という、東京大学大学院の BEAT（ベネッセ先端教育技術学講座）での討論で、様々な学びと遊びをつなぐ取り組みやアイデアが出されたが、そこで国内外のチルドレンズミュージアムの事例などとともに、子ども向けのプログラムをいかにつくるかといったことや、科学展示やハンズオン展示について語られた。齊藤は、このような展示と学校教育との違いを示したうえで、学びと遊びの支援を考え、学校ではできない学び例えば科学的な実験なども提供すべきであるとした。この討論会でなされた幼児も含めた子ども全般にかかわるこういった話題は、上述した平成 17 年 1 月の中央教育審議会答申「子どもを取り巻く環境の変化を踏まえた今後の幼児教育の在り方について」（文部科学省 2005）や、「幼児教育振興アクションプログラム」(2006)により誘発されたものと考えられる。そこで科学的な領域に関して触れられるということは、幼児期における科学教育についての社会の注意が向き、認識され始めたということだと考えられる。

国立科学博物館では、小川が、「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と理論構築」と題して、平成 19 年から 4 年間の研究成果を報告書としてまとめた(2011)。この研究は、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おり、中でも、「科学リテラシー涵養の目標」「世代」「社会とのつながり」という三つの要素に基づいたプログラムの体系化を成したことが評価される。科学リテラシーの涵養活動の目標を四つ掲げ、目標ごとにさらに四つの観点を示したうえで、五つのライフステージに即した形に一覧表としてまとめた(表に関しては、本論文第 2 章　2．2 で示した)。世代およびライフステージとしては、「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・高齢期」として区切っている。この「幼児～小学校低学年期」において、求められる四つの目標ついて、以下のように示している。

感性の涵養*「科学や技術に親しむ体験を通じて、身の回りの事象の不思議さ等を感じる」*

知識の習得・概念の理解　*「身の回りの自然現象や技術の仕組みを体験的に知*

り、わかることを実感する」、

科学的思考習慣の涵養　*「興味・関心を持った事象について積極的に調べ、活動し、自分の考えを持てるようになる。」*

社会の状況に適切に対応する能力の涵養　*「興味・関心を持った事象について自分の考えを持ち、一緒に活動できるようになる」*

小川他（2011）研究報告書　11，付録２　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,2000）より抜粋

その上で、この時期にふさわしい活動として七つのプログラムの開発と実践、さらには評価を試みている。これらの科学リテラシーの涵養に資するという科学系博物館の教育事業における目標を実現するために、ライフステージに対応した体系的な枠組みを示したこと、目標と目標の具体的な観点を挙げたことは、その後の国内の科学系博物館におけるプログラム開発の指針となった。特に、幼児～小学校低学年期におけるプログラム開発と実践においては、これまで、その重要性や必要性は理解されながらも、この枠組みのように目標や観点を明示したものがなかったので、それが発表されたという意義は深いものだった。

科学系博物館のみならず社会教育施設において、来館者の低年齢化が目立つようになってきたのもこのころからで、子どもたちへの一層のサービス充実と学びのプログラムの開発が注目されてきた。科学系博物館においては、幼児期から小学校低学年期における科学教育の必要性とそのプログラムの充実が広く議論されるようになった。

2015 年には、「先進事例の紹介～国内の国立・県立博物館の教育普及コーナー～」という報告書が、株式会社トータルメディア開発研究所から出された。これは、沖縄県立博物館が研究所に要請し調査されたもので、調査個所は科学系博物館だけではないが、社会教育施設として共通する課題の指摘などが随所にあった。この報告書では、教育普及コーナーの先進的事例として、日本科学未来館「”おやっ？“こひろば」、国立歴史民俗博物館「たんけんれきはく」、九州国立民俗博物館「あじっぱ」、三重県立総合博物館「MieMu こども体験展示室」、滋賀県立琵琶湖博物館「ディスカバリールーム」、大阪市立自然史博物館「ミュージアムサービスセンター」、萩博物館「萩学コーナー」、北九州市立いのちのたび博物館「こどもミュージアム」の 8 施設のレポートと、専門家として佐藤優香氏、染川香澄氏へのヒアリングの内容が記載されている。この中で、教育普及事業の利用者ターゲットはほとんどが「子ども」であるが、更にその年齢を細分化するようになってきていることが報告されている。乳児と小学生では発達段階により運動機能や経験値に大きな差があり、細分化することで、より細やかなニーズを把握し運営に生かすことができるとしている。博物館側として、利用者の「居場所」機能があるかどうかが、運営上大きな問題となることが指摘された。そして「遊びに満ちた学びの場」であることが期待されているとしている。

また、出利葉らは、博物館における体験型プログラムが、幼児の学びにとってどのような活用可能性や意義があるのかについて北海道開拓記念館における取り組みを検討し、体験型展示を主体的に楽しむことを通して、生活や文化環境に親しむことができたという点において、幼児の学びに適しているとした。そして、環境とのかかわりを通じて学ぶという、幼児の学び方にとって、博物館でのプログラムは多くの可能性を有していると述べた(2015)。このように、来館者の低年齢化が進む中、博物館側として、幼児や小学校低学年を対象とした、プログラム開発や問題点の洗い出し、評価などに注目する実践的研究が見られるようになった。

静岡市においても来館者の低年齢化が進むといった状況は同じで、前述（第 2 章　2．1）したが、日本平動物園では幼児向けのプログラム（佐渡友他 2015）が、静岡科学館では幼児から小学校低学年対応のプログラムが実施され（坂田・長澤 2016）ている。両者とも、事業を開始して以来、参加者の興味や関心度は高く、前者では募集定員に達するまでの時間が年を追うごとにだんだん短くなってきたことや、後者ではプログラム内容によるかもしれないが年間を通して、毎年のように到達目標の人数をかなり超えるほどの参加者を得て、途中で到達目標を上方修正するようになってきている。これらは、これからの動物園・科学館の在り方を模索する中から、生まれた事業であるが、親世代の市民のニーズに、幼い子どもでも科学に触れ何らかの学びを得る機会を与えたいという思いが存在していることを示していると考えられる。これまでは、来館してただ見ているだけ、展示物を体験しているだけで満足が得られていたが、これからはそこに「学び」が存在するような質の高い体験型プログラムが要望されているということをあわらしているのではないかと思われる。このことからも、幼児期から小学校低学年の、理科を学習していない子どもたちへの科学教育の場としての博物館・科学館のあり様を考えていかなえればならないところにあると考えた。

幼い子どもたちへの科学教育がこれまでどのように実践・研究されてきたか述べたが、ここからは、幼い子どもたちが成長し学校教育において科学教育(理科)を学び始めた後の、子どもたちの学習について、これからの方向性はどうなっているのかについて述べたい。

日本において、平成 29 年（2017 年）に出された新たな学習指導要領に、これからの子どもたちの学び・学習の在り方の方向性が示された（図２）。「何ができるようになるのか」「どのように学ぶのか」「何を学ぶか」という 3 つの柱がその方向性として明示されたのである。そして、これらがお互いにかかわりあって、*「より良い学校教育を通じてよりよい社会をつくるという目標を共有し、社会と連携・協働しながらこのなかで、未来の創り手となるために必要な資質・能力を育む『社会に開かれた教育課程』の実現」*を目指していくことになるとしている。

それぞれを見てみると「何ができるようになるのか」では、新しい時代に必要となる資質・

能力の育成と学習評価の充実として、学びを人生や社会に生かそうとする学びに向かう力・人間性等の涵養、生きて働く知識・技能の習得、未知の状況にも対応できる思考力・判断力・表現力が示されており、「何を学ぶか」では、新しい時代に必要となる資質・能力を踏まえた教科・科目等の新設や目標・内容の見直が示された。また、「どのように学ぶのか」では、主体的・対話的で深い学び（「アクティブ・ラーニング」）の視点からの学習過程の改善として、生きて働く知識・技能の習得など、新しい時代に求められる資質・能力を育成と、知識の量を削減せず、質の高い理解を図るための学習過程の改善が示された。

幼い子どもへの活動・教育であっても、その子どもたちが将来学ぶ教育の姿を見据えたうえで、その内容、活動の形式を考えなければならいとすると、「新しい時代に必要となる資質・能力の育成」を目指し、「主体的・対話的で深い学び」を実現していくことが求められていると考えるのは妥当であろう。

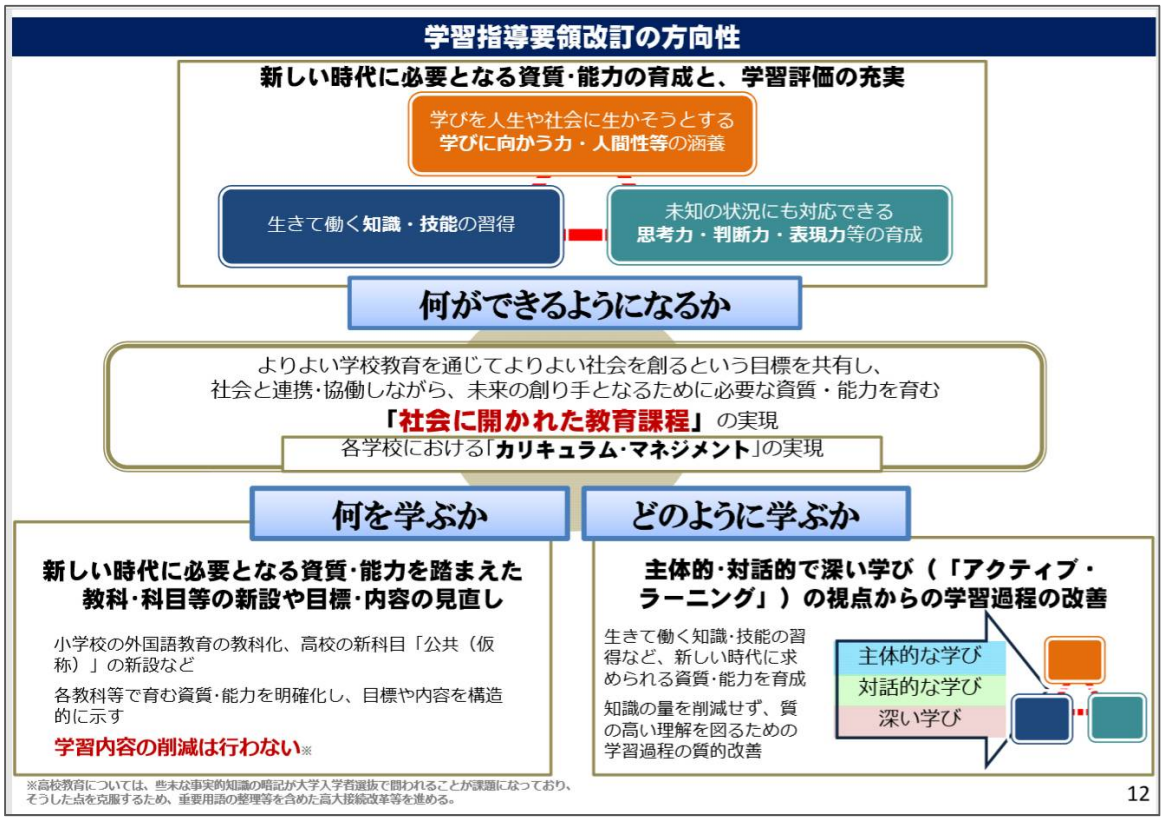


図２．平成 29 年度小・中学校新教育課程説明会（中央説明会）における文科省説明資料

幼児から低学年を含めた児童たちへの科学的教育において,それらを実現するためには、現在諸外国で推進されている STEM 教育のあり様が参考になるのではないか、また、アメリカでの調査（2016 年 9 月、2018 年 1 月）で見いだされた STEM 教育における効果が、日本の文脈においても同様の効果が望めるのでないかと考えたのである。

２．３　アメリカでの STEM 教育への流れ

現在、諸外国での STEM 教育への動きの中で、先導的な役割をしているアメリカ合衆国においては、今世紀が近づいたころから、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、21 世紀型スキルズとして、様々な学問・産業領域において、議論されてきた。その領域ごとに、多様なスキルズが示され、Partnership for 21st Century Skills: P21 や、National Research Council：NRC を含む国家機関による議論では、21 世紀型スキルズの特定と定義、教育システムへの統合、主となる学習内容との関わりについての検討が行われた（P21 2009; NRC2010）。National Science Teachers Association（全米科学教師協会）は、2011 年にそのポジション・ステートメントにおいて、質の高い科学教育と 21 世紀型スキルズについて宣言を表明するにあたって、P21 と　NRC の示した 21 世紀型スキルズを支持するとしている（NSTA 2011）。それらは、「学習とイノベーションのスキル」、「情報、メディアと技術のスキル」、「人生とキャリアのスキル」「適応性」、「複雑なコミュニケーション／社会スキル」「非日常的な問題解決」「自己管理／自己開発」と「システム思考」の八つのスキルであり、人間の知識基盤が拡大し、学んだことを伝え共有するための現代的ツールを理解して使用する必要性が増すにつれ、これらのスキルは不可欠なものとなるとしている。そして、科学教育のコミュニティーがカリキュラム、教授法、科学教師育成、科学教師の質的向上などの最善の実践と合致する 21 世紀型スキルズを支持することを推奨した。

一方、それらのスキルズを科学教育において育成するためにはどのような教育が行われなければならないのかということで、NGSS： Next Generation Science Standard（NGSS Lead States,2013）がまとめられた。　NGSS では、これまでの科学的な探究（Scientific Inquiry）から移行して「プラクティス(Practices)」が推奨され、「領域を横断する大切な概念(Crosscutting Concepts)」、「それぞれの領域の核となる考え方(Disciplinary Core Ideas)」とあわせて、3 次元の学習（ 3 Dimensional Learning）が示された。「領域を横断する大切な概念(Crosscutting Concepts)」として、①パターン　②原因とその影響　③スケール・比・量　④システムとそのモデル　⑤エネルギー　⑥構造と機能　⑦安定性と変化が示され、「それぞれの領域の核となる考え方(Disciplinary Core Ideas)」では、物理学、化学、生命科学、地球・宇宙科学、工学・技術・応用科学が取り上げられている。特に、科学のプラクティスと工学のプラクティスを同じレベルとして扱い、①質問(科学)と問題(工学)の定義　②モデルの開発と使用　③調査の計画と実施　④データの分析と解釈　⑤数学と計算的思考の使用　⑥説明の作成(科学)と解決策（工学）のデザイン　⑦科学的根拠に基づく議論　⑧情報の入手、評価、伝達の 8 つの活動を示した。そして NRC のフレームワーク（NRC、2012、p．218）を引用しながら、科学および工学のプラクティスと学問的なそれぞれの領

域の核となる概念を組み合わせることの重要性について、探究の実践（科学のプラクティス）や、学ぶべき科学的なアイデアが生まれ、洗練されていく状況にかかわらなければ、真に理解したことにならないし、実践することなしに学んだり能力を発揮したりできないとした。

その後、学校教育への導入に関する研究や、実践へとつながる研究(Bybee 2013 など)が行われ、NSTA は NGSS に関するポジション・ステートメントを発表した(2013)。NGSS を導入する際の教師教育に関する研究（Bybee 2014)もなされ、科学教育界において NGSS の受け入れ態勢が整えられていった。そして、NGSS に適応することで、21 世紀型スキルズの育成がなされ、それはこれまでも一部で行われていた STEM 教育を、学校教育などで新ためて実践することで育成されるだろうと考えられた。21 世紀型スキルズの育成と NGSS を受け入れ STEM 教育を実施することの強い関連性を示しながら、Vasque ら(2013)や Yeager ら(2014)などは、学校等で実践することを目指して STEM 学習について論じたり、効果的と思われる STEM 教育プログラムを提示したりした。

21 世紀型スキルズの議論において、幼児期の科学教育の大切さについても議論され、Katz(2010)などによって、幼い時期の STEM 教育に関する研究と実践が行われ始めた。そして、Sneideman(2013)は、子どもにとって早い時期から STEM 教育に触れることへの意義について述べた。

さらに、2015 年には、連邦政府レベルで STEM 教育法が制定され、アメリカ国内で広く STEM 教育に取り組まれることになったのである。

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り 18 ものスキルがあるとも言われているため、低学年においては、それらのスキルズの中から「4 つの C」すなわち創造性（creativity），判断的・批判的思考（critical thinking），コラボレーション（collaboration），コミュニケーション（communication）に注目し、重点的に育成しようとする考え方が出てきている（Roekel,2015)。実際に、幼児のための科学教育において、Lindeman と Anderson（2015）は、ブロックを使った活動において、「4 つの C」が刺激されるような、場の設定や教師の問いをはじめとする働きかけについて提案し、実践を報告している。本研究は、主に幼児から小学校低学年を対象とした STEM 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 世紀型スキルズに関しては、この「4 つの C」について議論していくことにする。

また、著者らは 2016 年 9 月下旬と 2018 年 1 月上旬に、アメリカ合衆国の STEM への取組が先進的に行われている地域での現地調査を行った。第 1 回は、ワシントン州、ミネソタ州、アイオワ州を訪問した。第 2 回は、アイオワ州とミネソタ州を改めて訪問した。視察・

訪問場所と内容の概略は下表のとおりである。本論文末に資料として、報告書を添えている。

表１　アメリカでの現地調査の日程と視察・訪問場所

<table>
<tr><th></th><th>年月日</th><th colspan="2">視察・訪問場所</th><th>調査内容</th></tr>
<tr><td rowspan="12">第1回</td><td rowspan="2">2016 年
9 月 21 日</td><td colspan="2">Washington STEM</td><td>ワシントン州における STEM 教育の普及の状況と普及するための方策について</td></tr>
<tr><td colspan="2">University of Washington</td><td>STEM 教育と教師教育について</td></tr>
<tr><td>9 月 22 日</td><td colspan="2">West Hills STEM Academy</td><td>公立小学校での STEM 教育の取り組みについて（成功例）</td></tr>
<tr><td rowspan="2">9 月 23 日</td><td colspan="2">Western Washington University</td><td>STEM 教育と大学における教員養成について</td></tr>
<tr><td colspan="2">Future of Flight Aviation Center</td><td>ボーイング社の航空博物館における STEM 教育のプログラムについて</td></tr>
<tr><td rowspan="4">9 月 26 日</td><td colspan="3">Minnesota Owatonna School District　訪問</td></tr>
<tr><td></td><td>Mckinley STEM Elementary School</td><td>ミネソタ州の STEM 教育導入の際に教師から全面的な協力が得られ順調に進んでいる、すべての学年で STEM 化、教師同士の授業研究を実施している事例調査</td></tr>
<tr><td></td><td>Willow Creek Intermediate ESTEM School</td><td>ミネソタ州の環境教育に特化した ESTEM 実践校の調査</td></tr>
<tr><td></td><td>Owatonna ESTEM Middle School</td><td>ミネソタ州の ESTEM を実践している高等学校の調査</td></tr>
<tr><td rowspan="2">9 月 27 日</td><td colspan="2">Hoover High School</td><td>アイオワ州の高校、2012 年より STEM 教育を導入している実践校の調査</td></tr>
<tr><td colspan="2">Saint Theresa Catholic School</td><td>アイオワ州の私立小学校での STEM 教育、STEM フェステイバル開催について調査</td></tr>
<tr><td>9 月 28 日</td><td colspan="2">Iowa Governor’s STEM Advisory Meeting XVI</td><td>STEM 教育に関する政策アドバイザー会議への参加と視察</td></tr>
<tr><td></td><td>2018 年
1 月 4 日
～1 月 6 日</td><td colspan="2">Iowa Children‘s Museum</td><td>展示場での子どもたちの活動の様子の観察
STEM Exhibition への展示更新について</td></tr>
</table>

第2回			STEM キャンプ（Weather）での子どもたちの様子について観察 STEM キャンプ（Brain Art）での参与観察、子どもたちとの関わり プログラム作成スタッフ、館長、館運営者との話し合い
	1 月 8 日	Minnesota Department of Education	担当者との情報交換会およびミネソタスタンダード作成委会の会場訪問と見学
		Minnesota University Northrup Hall	ホールにて数百人の小学生とともに Physics Force Show を観覧
		STEM Education Center	センターの見学および STEM 会議
	1 月 9 日	Bakken Museum	科学教室参観およびプログラム担当者との会議
		Fransworth Aerospace Magnet Middle School	校内施設見学（一部生徒の活動を参観）質問、話し合い、情報交換など
	1 月 10 日	196 School District 訪問	
		Apple Valley High School	E^3STEM 教育の取り組みについての説明と校内見学等
		Valley Middle School	デザインプロセスを重視した STEM 教育の取り組みについて調査
		Owatonna Middle School	訪問校内 STEM 関連施設の視察、先生方との意見交換会

2016 年 9 月の第 1 回の現地調査において、ワシントン州の STEM 教育普及のための取り組みについて、ワシントン STEM という研究施設、ワシントン州立大学、ウエスタン・ワシントン大学、大学付属の博物館、ウエスト・ヒルズ STEM アカデミーという公立公立小学校での調査ができた。ワシントン STEM では、ワシントン州全体の STEM 教育の普及状況について調査ができた。ワシントン州の有権者の多くは、STEM 教育が「機会」であることを知っており、94%の人々が、公立学校の K-12 のすべての子どもが良質な STEM 教育を受けるべきだとしており、92%人々が次世代を担うワシントンの子どもたちが力強い STEM スキルを身につけるためには、もっと機会が必要だとしている。また、「ゆりかごから職業（キャリア）まで続く STEM 教育」ということで、71%が幼稚園に入るまでに行う学習プログラムとして STEM 教育は良いアイデアだとしており、生徒たちが 21 世紀に活

躍できるようなスキルと知識を得るためには、86%が K-12 の基盤となる教育においてSTEM 教育が必要だとしている（2015 報告）。

大学での調査では、教員養成の場から、現職教員および学校へのサポートについて聞き取りができた。ウエスト・ヒルズ STEM アカデミー（公立小学校）では、STEM 教育を取り入れようとし始めてから、段階的に数年をかけて学校全体（K-8）で STEM 教育を行えるように移行してきており、STEM 教育導入から 1 年で子どもたちの州の成績アセスメントが約 30 パーセント上昇したことが報告された。ここでは、STEM の授業が毎日行われており、子どもたちも参加する STEM フェアが学校行事として行われている。これは、K-2 では、クラスで、第 3 学年はグループで、4 - 5 は 2 人組で、6 - 8 では、個人で何かしら研究プロジェクトに取り組み発表することになっていた。

ミネソタ州のオワトナ地区は STEM 教育の先進的学校区であるが、そこで小学校から高校まで訪問し、視察調査することができた。マッキンリー小学校では、すべての学年で STEM 教育が取り組まれており、低学年（K-1）のクラスでも基礎力を育むとともに興味を育てることを目的として、おとぎ話を STEM の教材として作り上げることをしているそうである。また、とくに「数」に関する基礎力を育てることに力を入れている。中学校や高校では、ESTEM として特に環境に特化した STEM 教育を実践している学校を訪問した。STEM 教育の 1 つのカテゴリーとしてこのように、E を最初につけて「ESTEM」とするようなネーミングをしていた。実際に、この学区では ESTEM 教育を行う様子を視察することができた。

アイオワ州のセント・テレサ・カソリックスクールでは、教室を回って STEM 学習をしている様子参観することができた。その後の教師との話し合いの中では、STEM 教育を取り入れることで、子どもたちの学習内容や概念の理解が進むこと、更に女子が参加しやすくなったことなど知ることができた。ジャーナルや書籍として STEM 教育実践の研究成果が報告されてきてはいるが、実際に学校で行われている教育の様子を見ることができて、このような成果が表れてきていることが確認でき、現実としての STEM 教育の成果を実感することができた。アイオワ州では、STEM 教育に関する政策アドバイザー会議への参加と視察もでき、州レベルでの STEM 教育を推進するための方策について知ることができた。

2018 年 1 月の現地調査では、はじめにアイオワ州のチルドレンズミュージアムを訪問し、3 日間ではあったが終日博物館に滞在し、子どもたちの様子や保護者の様子を観察し、STEM キャンプへ参与観察などすることができた。また、STEM キャンプのプログラム開発スタッフ、館長、プレイオロジスト（館内で子どもたちとかかわる幼児教育の専門家）たち、ボランティアの人々へインタビューができて大変意義深いものであった。この訪問により、プログラム作成に関する基本的な理解ができたといってもいいだろう。

ミネソタ州でも、大学で行われているサイエンスショーを見学したり、ペースメーカーの開発者が建てた電気の博物館（バッケン・ミュージアム）に行ったりすることができ、子どもたちが学校から団体で来館し、電気にかかわる STEM 授業を受ける様子を参観することができた。他にも、航空に特化した中学校や学校区訪問を 2 か所（196 校区、オワトナ校区）行え、2016 年に訪問した中学校に再び訪問することができ、その後の様子などくわしく話を聞くことができた。

これらの訪問と調査では、STEM 教育を推進するために実践している学校、教師教育をしている大学、教師の学びを支えている学校区、研究施設、教育省などを訪れることができ、STEM 教育を取り入れた時の現実について話を聞くことができたのは大変意義深かった。これらの州は、K-12 すべての学年で STEM 教育がなされており、そのための教師教育の仕組みも出来上がっていた。研究所や学校区大学からはサポートがあり、STEM 教育を行っている教師をしっかりと支えていることが印象に残った。

２．４　研究課題の設定

これまでの、先行研究の検討や現地調査での知見から、日本の文脈における STEM 教育導入とこれからのビジョン構築に関する研究において、以下のように研究課題を設定した。

１）STEM 教育とはどんな教育なのか。
STEM 教育を取り入れることを模索するために先進地域の実践例の調査、文献調査を参考にしながら、学習内容はどんなものを課題としているのか、授業形態やレッスンフロー（ながれ）といった授業の方法はどうなっているのか、子どもや学校、教育の様子に変化はあるのかということをまとめながら、STEM 教育の特徴を明らかにする。

２）日本の文脈に適合させるためには、どのような教育のスタイルになればよいのか。
どの様な場で行うのが適切か、学習の内容はどのようなものがふさわしいか、授業の方法はどのようなものが適切かなど、どのようなことをする必要があるのか検討する。

３）子どもたちへのインパクトの調査をし、STEM 教育を取り入れることの意義を探る。
子どもたちがどう感じているのか、子どもたちはどの様なことを学べているのか、このような活動を体験し学ぶことでどのように成長しているのかなど、成果を探し検証する。

４）STEM 教育を取り入れた幼い子どもへの科学教育プログラムを示し、その在り方を提案する。
プログラムを STEM 化するために、「S、T、E、M 各領域の活動を盛り込む」や「体験型の授業を作っていく」「活動は少人数のグループ、チーム学習にする」などのように必要な項目を具体的に示し、幼児から小学生への STEM 授業の在り方、科学教育の在り方を示す。

第 3 章　研究方法と研究過程

３．１　対象の選択

本研究は、はじめに「砂」をテーマとしたプログラムを一つ作成し、同じテーマのプログラムをいくつかの場で実践し STEM 教育導入の可能性をさぐった（プロジェクト＜１＞）。次に、インフォーマルな場（博物館）とフォーマルな場（ゆりかご保育園）という学びの場の違いにおいて、どのようなプログラムが実践可能なのかということで、それぞれ「ゆりかご STEM 教室」（プロジェクト＜２＞）と、「STEM 教室：ミュージアムで学ぶ科学教室」（プロジェクト＜３＞）の二つの事業を行う中で、プログラムを開発し、実践して研究を進めた。そのため、研究対象である子どもは主に幼児から小学生であるが、中学生も含み（表２）、それぞれの実践において参加した子どもたちの学年の幅は違うことになった。

３．１．１　「砂」をテーマとしたプログラム開発のための実践

この実践は、静岡市東部生涯学習センターと科学館において三つの事業で行った。いずれも、数回の連続講座として募集をかけて応募があった子どもたちからなる集団である。科学や科学的な活動および学びの活動が、好きな子どもたちあるいは、子どもにそのような活動に参加してほしい保護者のある子どもたちということができる。その意味では、学ぶことに熱心であると言える。それぞれの連続講座の中の一プログラムとして、STEM 化を図った「砂」をテーマとしたプログラムを組み込んでいった。

表２　対象となる子どもたちの学年と人数：「砂」STEM

	事　業　名	場　所	対　象	参加者数
①	とうぶこどもプロジェクト	東部生涯学習センター	小学校１年生～6 年生	18 人
②	理数大好き教室	静岡科学館	小学校４年生～中学校１年生	10 人
③	サイエンス・アドベンチャー	静岡科学館	小学校３年生～6 年生	35 人

３．１．２　ゆりかご保育園での実践

ゆりかご保育園は、2016 年の静岡県保育所連合会中部支部の職員研修会の際、支部長を務めておられた園長先生の園で、STEM 教育についてご理解いただき、実践的研究の場を提供していただいたところである。職員研修会では、幼い子どもへの科学教育の意義と重要性について話をし、これからの新たな科学教育の流れということで、アメリカにおける STEM 教育を紹介して、STEM 教育プログラムの幼児教育への導入について述べたのであ

るが、その際いち早く賛同をいただいて、保育園での実践が実現することになった。保育士や保育職員たちは教育熱心で穏やかな保育が行われており、子どもたちは落ち着いていて、その年頃の子どもとしては人の話がよく聞けるという印象を受けた。この子どもたちへは四つのプログラムを開発し実践した。

名称：社会福祉法人ゆりかご福祉会　ゆりかご保育園
園長：神野博行　氏
住所：静岡市駿河区曲金七丁目４‐36

表３　対象となる子どもたちの学年と人数：ゆりかご保育園での実践

事　業　名	対　象	参加者数
ゆりかご STEM 教室	年中児	15 人
	年長児	10 人

３．１．３　静岡県立ふじのくに地球環境史ミュージアムでの実践

当該博物館は、開館して間もない（2016 年 3 月開館）博物館であったため、2017 年の初め頃のこの実践的研究の計画段階においては、ソフト事業の充実が急がれていた。単発の講座や講演は最初の一年間でもある程度確保できており、質も保障できていたが、連続講座がまだ行われていなかった。そこで、小学生を対象とした科学教室「STEM 教室：ミュージアムで学ぶ自然科学《3 回シリーズ》」として企画し、博物館とともに共同研究として実践的研究を始めた。広報をし、電話での募集受付とした。広報からわずかな日数で募集予定数を超え、最終的には 30 名定員のところ 35 名まで受け付けた。子どもたちはこのような教室に参加するのが好きもしくは興味があるため、大変熱心に活動に取り組んだ。この子どもたちのために三つのプログラムを開発して実践した。

表４　対象となる子どもの学年と人数：ミュージアムでの実践

事　業　名	対　象	参加者数
STEM 教室： ミュージアムで学ぶ科学教室	小学 1 年生～6 年生	35 人

３．２　データ収集と分析

３．２．１　ワークシート

プロジェクト＜１＞、プロジェクト＜２＞、プロジェクト＜３＞の実践ごとにワークシートの書式を少しずつ変えた。しかしながら、プログラム作成の際に意図して入れ込んだ「領域の核となる概念」や「共有する大切な概念」について理解しているかという点と、「調査のデザインと実践」について書けているかという点はすべてのワークシートに共通して設定した。例えば、プロジェクト＜1＞では、「概念の理解」については、砂について理解しているかその特徴を書く欄を設けたり、「調査のデザインと実践」に関しては、見つけ方を考えて書く欄を設けたりした（表３．２．２）。共通して設定したのは以下のとおりである。その他は、プログラムのテーマによって内容を適応させた。

表５　各プロジェクトにおけるワークシートの共通項

	概念の理解	調査のデザインと実践
プロジェクト１	砂について記述する欄	見つけ方を記述する欄
プロジェクト２	発見したことを絵で描く欄	アイデアを絵に描く欄
プロジェクト３	発見理解したことを記述する欄	アイデアを記述する欄

３．２．２　アンケート

プログラムの STEM 化を図り、科学的な活動に入れ込んでいこうと試みたプロジェクト＜１＞では、最後の３回目の実践でのみアンケートを取った。また、プロジェクト＜２＞、プロジェクト＜3＞では、プロジェクトの最初に活動前アンケートを取り、各３回のセッションごとに活動後アンケートを取った。アンケートでは、21 世紀型スキルズの中の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（コラボレーション）　に注目して、それぞれ、中心的な子どもたちの表れとして、表６のような質問を用意した。創造性ではアイデアを思いつくかどうか、判断的・批判的思考ではいろいろ考えたり試したり（試行錯誤）するかどうか、コミュニケーションでは発言したり話を聞けるかどうか、コラボレーションでは協力・分担して活動に取り組めるかどうかということを聞いてみたいと考えた。また、主体的で深い学びにつながるものとして、内なる前向きな気持ち Intrinsic Motivation（内在的なモチベーション）についても質問を試みて、全部で 5 項目のアンケートの枠組みができた。これをもとに、活動に合わせて、語尾を若干変えながらアンケートを取った。回答は５者選択で，1:ま

ったくあてはまらない、2：あてはまらない、3：ふつう、4：あてはまる、5：とてもあてはまるとし、1～5 ポイントで集計した。

表６　アンケートの内容

	活動前アンケート （学校での活動や勉強について）	活動後アンケート （今回の活動について）
Intrinsic Motivation	いつも夢中になって取り組みますか	今日の活動は夢中になって取り組めましたか
Creativity	いつもいろいろなアイデアを思いつきますか	今日の活動ではよいアイデアを思いつきましたか
Critical Thinking	いつもより良い答えや方法が見つかるようにいろいろ考えたり，試したりしますか	より良い答えや方法が見つかるようにいろいろ考えたり，試したりしましたか
Communication	いつも自分から発言したり，人の話を聞いたりすることができますか	自分から発言したり，人の意見を聞いたりすることができましたか
Collaboration	いつもお友達と協力したり，分担したりしながら活動できますか	グループの人と協力したり，分担したりしながら活動できましたか

３．２．３　実践者と補助者たちの振り返り

プログラム実践において、実践者や補助者、観察者による振り返りを行った。子どもたち学びの様子、活動の進行上の際こうすべき点などを共有し、次へつなげるデータとした。

３．２．４　保育士による評価シート

プロジェクト＜2＞では、子どもたちへのアンケートの実施について保育教諭たちと話し合いをしたが、実施は難しいとの判断から、アンケートに代わる教師たちが評価できるものを作成することにした。評価表は４つの C と子どもたちの内なる前向きの気持ちを表す Intrinsic Motivation を項目として採用して施策の評価表を作り上げ、保育士たちが何人かの子どもを抽出して、その活動での表れを評価することを試みた。試行する中で、保育士たちから、「理解」の項目を設けたいということで、6 項目、5 段階の評価表で評価することに

なった（図３）。表中の太文字は保育士たちとの話し合いの中で、文言を見直し変更したところである。現在も実践的な研究は続いており、今後も改善の可能性があるが、現段階では、この評価表を使用している。

子どもたちの活動評価シート（Draft２）

先生方のニーズ　4 Cs　Intrinsic Motivation

理解力	創造力	試行錯誤・判断的思考	コミュニケーション	協働・共同	熱心さ・意欲
□ するべきことがよく分かって活動できている	□ 問題解決につながるような確かな考え・アイデアをつくりだせる	□ 解決策が提案できたり他の子どもと共有ができたりする	□ 他の子どもたちと考えを共有することができる	□ 役割分担をして一緒に活動をする（何かを作り上げる）ことができる	□ 夢中になって取り組むことができ楽しんでいる
□ するべきことがほぼ分かってじぶんから活動しようとしている	□ いくつかのアイデアを統合して別のアイデアにできる	□ より良いものを見つけようと粘り強く取り組む（失敗してもがんばれる）	□ 自分の考えを表現して伝えることができる	□ 見通しを共有し、合意形成を図ることができる	□ 意欲的に楽しみながら活動のとりくめている
□ 他の子どもたちの活動についていけている	□ **自分の考えをもつあるいは、アイデアを思いつくことができる**	□ いくつかの方法などを試してみる	□ 人の表現を理解し考えを受け取ることができる	□ お互いに助け合うことができる	□ **興味のあるところは楽しそうに活動している**
□ 少し補助すると活動できる	□ 友達の様子を見て真似をすることができる	□ **同じ方法を繰り返し試してみる**	□ 人の考えをあまりうけとることができない	□ グループの一員として活動にいることができている	□ あまり意欲的に活動できない
□ 活動についていくのに困難がある	□ アイデアがうかばない	□ 取り組もうとはする**（ちょっとやってみる）**がすぐにやめてしまう	□ 自分だけの活動をしてしまう	□ 他の子どもと助け合ったり、協力したりできない	□ 意欲的でなく、楽しそうでもない

図３　プロジェクト２での子どもたちの活動評価シート

３．２．５　音声データ

プロジェクト＜３＞では、活動中の子どもたちの音声データを録音し、実践者と補助者たちの振り返りの際に補助的なデータとして使用した。

３．２．６　データの分析について

データは以下の視点で検証した。プロジェクト＜1＞、プロジェクト＜3＞では、(1)、(2)、(3) を採用し、プロジェクト＜2＞では (1)、(3)、(4) を採用した。

(1) ワークシート…概念を理解しているかどうか
研究のデザインを実行しているかどうか
算数・数学の活動をしているかどうか

試行錯誤しているかどうか
発見したことや感想から、どのような学びであったか

(2) アンケート…プログラムを体験することで子どもたちが感じる 21 世紀型スキルズの 4 つの C の使用、Intrinsic Motivation （内在的モチベーション）の変化
どの項目に変化が大きかったのか
何が伸びたのか、何が伸びなかったのか
内容の影響か、進め方の影響か
感想から活動をしながら子どもたちは何をどう感じたのか

(3) 実践者と補助者たちの振り返り…子どもの活動の様子
他の子どもとのかかわりの中から→Communication、Collaboration
試行錯誤、主体性（Intrinsic Motivation）の表れを読み取る
プログラムの難易度・時間配分等の適正さ
準備が十分であったか

(4) 評価表…抽出児の変化について
どの項目が変化したか
何が伸びたのか、伸びなかったのか
子どもたちの育ちの追跡
プログラムの適切さ

３．３　研究の進め方

３．３．１　研究方法

教育研究において、現場との協働関係によって推進される方法として、アクション・リサーチが用いられ（Reason et.al.2001)、教育現場における諸問題解決のための臨床的研究が数多くなされている。アクション・リサーチのとらえとして、佐藤ら（2004）は、下記のように述べている。

> *実践の現場において、実践者とともに課題を共同で探求し、研究成果を共有することをつうじて、研究者もまた問題の解決にむけて実践の担い手となり、現場との関係性を発展させていくという双方向のプロセスをともなった研究方法論*
>
> 佐藤一子, & 北田佳子. (2004). 東京大学大学院教育学研究科紀要, 44.

本研究においてはまさに、静岡市東部生涯学習センター、静岡科学館る・く・る、ゆりかご保育園、ふじのくに地球環境史ミュージアムなどの教育の現場と筆者とのかかわりの中で新たなる教育プログラムの開発という研究を進めていこうとするものである。そこで、このアクション・リサーチという方法がふさわしいと考え、その方法論にのっとって研究を進めることとした。アクション・リサーチは基本的には Planning(計画)→Action(活動)→observation(観察)→Reflection（振り返り）という流れを螺旋的に繰り返しながら進めていく研究方法である。またアクション・リサーチは、基本的な研究デザインとして、Practical Action Research と Participatory Action Research がある(Creswell 2012)とされ、その中でも、実践型（プラクティカル）アクション・リサーチの研究デザインを参考に研究を進めることにした。

アクション・リサーチの二つの種類	
Participatory：参加型 ◇個々の生活を制約する社会的問題の研究 ◇同等の共同協力を推進する ◇人生を向上させる変化に焦点を当てる ◇結果から研究者は解放される	Practical：実践型 ◇地域の小さな範囲の研究に適している ◇個人またはチームでの研究に適している ◇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 ◇行動の計画を実行する場合 ◇教師が研究者である場合

表７　Figure 17.2 Two types of Action Research Designs（Croswell 2012）をもとに翻訳

これは Mills(2011)によると、以下のように四つのステップからなる。

Step1.　Identify an area of focus　（注目するところを決める）

Step2.　Data collection　（データを集める）

Step3.　Analyze and Interpret data（データを分析して解釈する）

Step4.　Develop and Action plan　（行動プランを作る）

そして、1→2→3→1→2…2→3というように螺旋的に進み、最終段階で調査結果を踏まえて、奨励されるアクションを含む行動の計画を完成させる（→4）というものである。本研究は、範囲は小さく個人またはチームの研究であること、幼児・児童の学びについての研究であり、プログラム実践にあたっては関わる博物館、科学館、生涯学習センターのスタッフ、および保育士との振り返りを行うことから、彼らのプログラム提供者としての専門性の向上につながると考えられること、研究者が教師（この場合プログラム提供および実践者）であることからこの実践型アクション・リサーチが適応すると考えたからである。

３．３．２　フィールドとの関係

（1）プロジェクト＜1＞

このプロジェクトでは、静岡市東部生涯学習センター、静岡科学館で実践を行った。ここの 2 か所は、静岡市文化振興財団が指定管理している市の社会教育施設である。筆者は、静岡科学館でエデュケータとして働いており、科学館での実践における協力者は同僚であり、静岡市東部生涯学習センターで協力して実践を進めたスタッフも同じ静岡市文化財団内の職員で元同僚である。そのため、実践に対しては非常に協力的であった。

参加した子どもたちは、それぞれの施設で行われている子どものための連続講座に参加している子どもたちなので、子ども同士は互いに顔見知りで協力しながら活動することが容易であった。東部生涯学習センターでは子どもたちと筆者は初対面であったが、特にコミュニケーションに困難を感じたことはなかった。静岡科学館の子どもたちは、両方の講座の副担当として筆者が関わっていることを知っているので、筆者とも顔見知りで、こちらもコミュニケーションに困難を感じなかった。

（2）プロジェクト＜2＞

このプロジェクトは、静岡県保育所連合会の研修で会長をしていた園長と講師として参加した筆者が、STEM 教育の話をしたところから始まった。興味を持たれた園長が、実践の場を提供してくださり、保育士たちと共同研究をすることで、このプロジェクトを実施した。保育士にとっては初めての STEM 教育であったので、最初に保育士への研修を行い、保育士を交えて研究計画を立てた。そのことにより、プログラムや活動内容を楽しんでくれて、

徐々に研究する仲間として議論が行える関係になっていった。

参加した子どもたちは、はじめは知らない人だった筆者が、何回か保育園に出入りすることで、顔見知りとして認めてくれ、また保育士たちとの関係性が良好なのを見て、次第に打ち解けてくれた。実践において、コミュニケーションに困難を感じなかった。

（3）プロジェクト＜3＞

このプロジェクトは、博物館で行った。ここは、それまで筆者が非常勤ながらインタープリターとして活動をしているところなので、こちらも教育普及担当者とは意思疎通ははかれている。第 6 章でも述べるが、博物館側のニーズとして、「博物館における科学教育の新しい姿を模索する研究プロジェクト」として位置付けていただいたため、全面的なサポートの元で研究することができた。その関係性は現在も続いている。

子どもたちは、募集により集まってきており、科学的なことが好きな子どもであり、活動することに対して楽しみにしながら参加してくれた。また、それをサポートする両親も熱心であり、実践に当たっては、プロジェクトの意義を理解していただき、子どもたちの送迎を行ってくれ、実践中は子どもたちの活動の様子を参観していた。

第４章　「砂」をテーマとしたプログラム

４．１　静岡市東部生涯学習センターでの実践

すべての研究のもっとも初めに行ったこの実践では、日本におけるプログラムの STEM 化に挑戦するものであった。STEM 化には何が必要で、どのような取り組みが適切なのか、文献調査、アメリカ合衆国の先進地域での情報収集から、S、T、E、M のそれぞれの領域の活動を単に取り入れるだけでなく、活動の中で、「工学のプロセスを位置づける」、「数学と技術の活動を意識的に取り入れる」、「コミュニケーション／コラボレーション活動の場を設定する」を入れ込むことが必要であると考えた。そこで、以上の枠組みにおいて、次のことがらをプロジェクトの課題としてプログラムを開発、実践することにした。

- 工学の活動を取り入れるために、「調査方法のデザイン」を組み込むことで、子どもたちの活動がどのように推移するのか
- 活動のなかに技術の使用、数学の活動を多層的に取り入れることができるのか
- この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るのか

それぞれの実践から得られたデータを検討することで、プログラムの STEM 化における問題点を洗い出し、再考すべき点やさらなる改善点などを探りつつ、STEM 教育プログラムのモデルの確立を目指した。

また、この「砂」をテーマとした活動において、3 回の実践すべてで子どもたちに下記のようなワークシート(図４)を記入してもらった。子どもたちの科学的活動の結果を見るために、「砂への理解」について記述する欄と、工学的プロセスへの取り組みを見るための「調査方法のデザイン」について記述する欄を設けた。

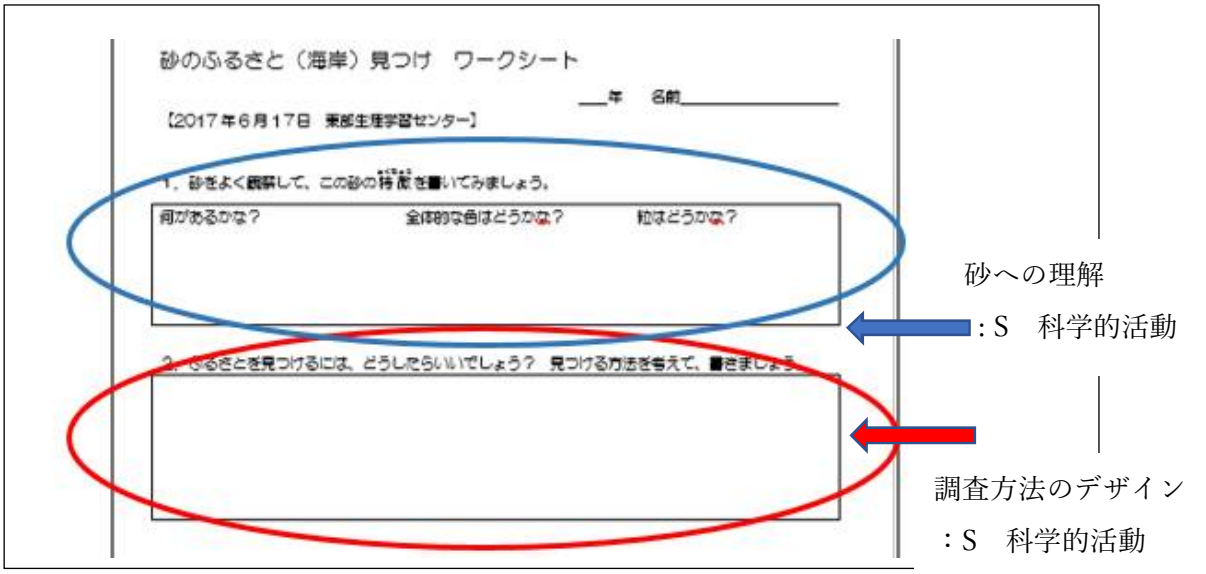


図４　３回の実践で使用したワークシート

特に、最初の実践である東部生涯学習センターでの実践においては、低学年で書くことが苦手な子どももいたので、保護者にサポートをお願いした。また、終了後に、記入内容について何人かにインタビューをして意図を確かめることもあった。

４．１．１　実践の枠組みと結果

生涯学習センターで事業としての枠組みは以下のとおりである。また、プログラム内容は筆者らが提案し(表１)、①から順に実施した。表中の S、T、E、M はそれぞれ Science(科学)、 Technology(技術)、 Engineering(工学)、 Mathematics(数学)の頭文字でそれぞれを表し、Art は美術(芸術)を表している。

場　所：静岡市東部生涯学習センター
講座名：とうぶこどもプロジェクト
日　時：2017 年 6 月 17 日(土)　10：00～11：30
対　象：小学校 1 年生～小学校 6 年生
内　容：表８のとおり

表８　生涯学習センターでの実践プログラム

	Activities	S　T　E　M
①	「砂」って何からできてるの？何が含まれているの？	S
②	調べてみよう(調べる方法は？)	S　T
③	この「砂」のふるさとを見つけよう	
	ⅰ)見つけ方を考えよう　(調査方法のデザイン)	S　　E
	ⅱ)ルーペ、双眼実体顕微鏡などの観察の道具をつかう	S　T
	ⅲ)粒の大きさ、形で比べる　　何が多いか、少ないかで比べる	S　　M
④	根拠をもとに結果を発表する	S
⑤	自分の好きな「砂」を使って、絵を描こう	E　　Art

参加者は 1 年生～3 年生までの低学年が多く、ほとんどの子どもは保護者同伴であった（表９）。プログラムについて、テーマの「砂」は身近ではあるけれど、詳しく知らないという子どもたちだったので、「砂」と一言で言ってもいろいろな物質が含まれているということを、まず観察を通して理解することに挑戦した。その後、採取場所のわからない海岸の「砂」を提示して、その採集場所（「ふるさと」という言い方をした）を、4 つの候補地から採集したサンプルとの比較の中から見つけるという課題に取り組んだ。子どもたちは、保

護者と自分というペアごとに見つけ方を考えるために方法や手順を話し合い、方針を決めてから探究活動を始めた。自分の調査結果をペア内で確認した後、全体で結果を分かち合った。最後に、自分の好きな砂を使って、砂絵作りをした。作品作りにあたって、砂が混じらない方法を考えて取り組んだ。

表９　参加者の学年と人数（とうぶこどもプロジェクト）

学年	1 年	2 年	3 年	4 年	5 年	6 年	合計
人数	5	7	4	1	0	1	18
%	(28)	(38)	(22)	(6)	(0)	(6)	(100)

ワークシートを提出してくれた子どもは参加者全員の 18 人で、「砂（構成物）への理解」の欄を記述していたのは 17 名であった。「調査方法のデザイン」の欄を記述できていた子どもは、15 人であった。そのうち虫眼鏡を使うなど方法については 7 名、粒の色や形、大きさなど調査項目については 13 名、手順については 2 名であった。この中で 3 項目について複数回答していたのは 7 名だった。

ルーペや双眼実体験顕微鏡の使用については、保護者の手助けもあって、調査の道具として使用することができた。砂を構成する鉱物や貝の破片などの種類と粒の大きさや形については、記述している子どもが全員で、それを手掛かりに 5 種類の砂を比較し、自分なりの調査結果へと導けていたが、それぞれの種類ごとの量に注目した記述はなかった。

親子でペアを組んだ活動であったので、親子間のコミュニケーション／コラボレーションは大変活発に行えた。最後の砂絵作りでは、ペアを超えて、材料を分け合ったり作品を鑑賞しあったり、テーブルを片づけたりする場面で協力し合う様子が見みられた。

４．１．２　東部生涯学習センターでの実践の考察

本研究ではプログラム実践に当たって、意図的に「調査方法のデザイン」を取り入れ、子どもたちがそれについて、考えたことを記録する時間を確保した。はじめは戸惑う様子が見られたが、ほとんどの子どもが講師側の誘導がなくてもワークシートに調査項目を記述することができた。その後の、「ⅱ）ルーペ、双眼実体顕微鏡などの観察の道具を使う」「ⅲ）の粒の大きさや形で比べる」活動が、自然な流れの中で移行し、活発に行えた。そして再び、ⅱ）の活動へ戻り、ⅲ）の活動へと移行しながら探求的な活動が深まっていく様子が見られたことから、「調査方法のデザイン」の組み込みは可能であったし、また有効であったことが分かった。

最後に、砂絵を作成したことで、砂の美しさを十分理解できたと思う。砂絵を美しく仕上

げるには、試行錯誤があった。

表 10　調査方法の発現率

	記述あり	複数記述	方法	調査項目	手順
生涯学習センター	15（100）	7 (46)	7 (46)	13 (86)	2 (13)

※表中の数字表記は、人数（%）となっている

親子のペアによる活動で、大人のサポートがあったので、子どもたちの科学的な活動がスムーズに行えたことが考えられる。サンプルの砂のふるさとの海岸を決める際、子どもたちは判断の根拠となる事柄に、「ⅲ）粒の大きさ、形で比べる　何が多いか、少ないかで比べる」活動の結果を挙げていたが、大きさや形についてだけ言及し、何が多いか少ないかという量について言及していなかった。次の活動では、子どもたちだけでグループによる活動となるので、砂に含まれる物質の種類と数に注目できるような、科学的な調査活動の助けとなる集計表などが必要なのではないかと考えた。調査したデータをもとに結論付けるためにも、そのようなツールを用意することにした。

４．２　静岡科学館「理数大好き教室」での実践

４．２．１　実践の枠組みと結果

静岡科学館では、館独自に展開している二つの事業「理数大好き教室（全 12 回)」と「しずおかサイエンス・アドベンチャー（全 9 回)」の中で、2 回の実践を行った。

「理数大好き教室」での実施の枠組みは以下のとおりである。プログラム内容は前述の東部生涯学習センターでの実践を受けて、修正したものである（表 11)。①から順番に実施し、特に③の活動に時間を多く割いた。 また、前回からの改善点として、砂に含まれる物質の種類や量により意識が向くように、結論付けるときの根拠として使えるようにと考え「砂の構成物調査シート」（図５）を新たに③の活動の際取り入れ、これを調査の道具として位置付けた。

サンプル番号

砂の観察　チェックシート

構成物		あったらチェック	多いものから◎、○、△	特徴など
岩石のかけら	黒っぽい			
	白っぽい			
	色：			
	色：			
鉱物	透明			
	白			
	色付き(　　)色			
	色付き(　　)色			
その他	貝がら			
	サンゴ			
	木片			
	海藻			
	プラスチック			
	？			

＜観察して気がついたこと＞

図５　砂の構成物調査シート

場　所：静岡科学館る・く・る　実験ルーム
講座名：理数大好き教室「ふじのくに科学の学校」
日　時：2017 年 9 月 23 日(土)　10：15～12：00
対　象：小学校 4 年生～中学校 3 年生
内　容：表 11 のとおり

表 11　「理数大好き教室」での実践プログラム

	Activities	S　T　E　M
①	「砂」って何からできているの？何が含まれているの？	S
②	調べてみよう(調べる方法は？)	S　T
③	この「砂」のふるさとを見つけよう	
	ⅰ)見つけ方を考えよう　(調査方法のデザイン)	S　　E
	ⅱ)ルーペ、双眼実体顕微鏡などの観察の道具をつかう	S　T
	ⅲ)粒の大きさ、形で比べる　何が多いか、少ないかで比べる	S　　M
④	根拠をもとに結果を発表する	S

参加者は、小学校高学年が多かった(表 12)。生涯学習センターでの実践同様、まず砂を観察し「砂」について理解を深めた。その後、採取場所のわからない海岸の「砂」のふるさとを、候補地の中から見つけるという課題に取り組んだ。2 人ずつのグループを作って探究活動をした。まずは、調査方法を考えて方針を決め、6 つのサンプルについて、「砂の構成物調査シート」を使用しながら詳細に観察を続けた。調査結果をもとに、グループ内での話し合いをしながら「砂」のふるさとの海岸を特定する作業に取り組み、全体で結果を報告し合い結論付けた。

表 12　参加者の学年と人数　(理数大好き教室)

学年	4 年	5 年	6 年	中 1	中 2	合計
人数	1	4	2	3	0	10
%	(10)	(40)	(20)	(30)	(0)	(100)

ワークシートは全員の 10 名が提出した。「砂への理解」の欄を記入していたのは 9 名、「調査方法のデザイン」の欄を記述できていた子どもは、10 名であった。調査方法のデザインに関しては、特徴を比べる、双眼実態顕微鏡で見るなどの方法について 4 名、鉱物、構成物、粒子の大きさ、どの色が多いかなどの調査項目について 8 名、手順について 3 名が

記述していた。この中で方法と手順、方法と調査項目など複数回答していたのは 4 名だった。

ルーペや双眼実体験顕微鏡の使用については、調査の道具として使用することができた。また、「砂の構成物調査シート」は 8 名が調査の道具として使用できていた。砂を構成する鉱物などの種類と粒の大きさや形、量を手掛かりに 5 種類の砂を比較し、自分なりの調査結果へと導くことができていた。

二人でペアを組んで活動に携わったので、お互い意見を伝え合ったり協力し合ったりたりなどしてペア内のコミュニケーション／コラボレーションは大変活発に行えた。また、最後の結果発表でも、グループごと協力して発表することができたし、他のペアの発表も聞くことができた。

４．２．２　実践の考察

科学館における「理数大好き教室」での実践では、生涯学習センターでの実践と比べて子どもの構成年齢が高かった（表 11)。参加者の数が少なかったので一概には言えないが、調査方法のデザインでは「方法」や「調査項目」に関して、あまり差はなく、「手順」に関してだけ、理数大好き教室に参加した子どもたちでの発現率は高くなった（表 7)。手順を記述できた子どもの割合が多かったことは、子どもの年齢や、「砂の構成物調査シート」の使用と関係があるかどうか今後さらなる調査と検討が必要である。

調査方法のデザインの記述によって、その後の活動が自然な流れの中で活発に行え、ⅱ）からⅲ）そして再びⅱ）の活動に戻り、ⅲ）へというように何回か繰り返し活動サイクルが現れ、これによって子どもたちの探究活動は深まったが、これは試行錯誤を繰り返す工学的プロセスと似ているように思えたが、異なるものであると考えられた。

サンプルの砂のふるさとの海岸を決める際、子どもたちは判断の根拠となる事柄に、「ⅲ）粒の大きさ、形で比べる　何が多いか、少ないかで比べる」活動の結果を挙げていたが、生涯学習センターの実践では、大きさや形についてだけ言及し、何が多いか少ないかという量について言及していなかった。そこで科学館の実践では「砂の構成物調査シート」を調査の道具として取り入れ、構成物のそれぞれの量に注目するかどうか検証した。「砂」のふるさとを特定する判断の根拠として、砂の構成物の何が多いか少ないかという量について記述している子どもが 4 名いた。また、「④根拠をもとに結果を発表する」の活動では、構成物の量の比較を根拠の一つとするグループが見られた。数や形、量に注意を向けることで算数・数学的な活動を促進したいと考えて導入した「砂の構成物調査シート」であるが、導入したことで、活動を促すことができたと言える。しかし、今回の実践ではその効果が限定的で、全員が注目したわけではないのでまだまだ改善の余地はあるだろう。

表 13　調査方法の発現率

	記述あり	複数記述	方法	調査項目	手順
理数大好き教室	10 (100)	4 (40)	4 (40)	8 (80)	3 (30)

※表中の数字表記は、人数（%）となっている

「砂の構成物調査シート」を調査の道具として導入したが、今回の実践では参加人数が少なく限定的であったので、次回の「サイエンス・アドベンチャー」では、参加人数が多くなると考えられるので、どの程度使用することができ、効果的なのかその結果を待って、有効であるのか有効ではないのかを結論付けたい。また、今回は子どもの構成年齢が高かったので、「③この砂のふるさとを見つけよう」という活動に時間を多く割き、生涯学習センターでの活動で取り入れた、「砂で絵を描く」活動を行わなかった。時間的な余裕もあって、探究活動がしっかりと行えていた。次回の「サイエンス・アドベンチャー」では「砂で絵を描く」活動をしたい。

４．３　静岡科学館る・く・る「しずおかサイエンス・アドベンチャー」での実践

４．３．１　実践の枠組みと結果

静岡科学館での 2 回目の実践となった「しずおかサイエンス・アドベンチャー」での枠組みは以下のとおりである。最後に砂で絵を描くという作業を取り入れた(表 14)。

場　所：静岡科学館る・く・る　実験ルーム
講座名：しずおかサイエンス・アドベンチャー
日　時：2017 年 12 月 10 日(土)　10：00～11：45
対　象：小学校 3 年生～小学校 6 年生
内　容：表 14 のとおり（東部生涯学習センターでの実践内容と同じ）

表 14　　しずおかサイエンス・アドベンチャーでの実践プログラム

Activities		S　T　E　M
①	「砂」って何からできてるの？何が含まれているの？	S
②	調べてみよう(調べる方法は？)	S　T
③	この「砂」のふるさとを見つけよう	
	ⅰ)見つけ方を考えよう　（調査方法のデザイン）	S　　E
	ⅱ)ルーペ、双眼実体顕微鏡などの観察の道具をつかう	S　T
	ⅲ)粒の大きさ、形で比べる　　何が多いか、少ないかで比べる	S　　M
④	根拠をもとに結果を発表する	S
⑤	自分の好きな「砂」を使って、絵を描こう	E　Art

前述の二つの実践と同様、砂の観察をして、採取場所がわからない「砂」のふるさとを候補地の中から探し出すという課題に取り組んだ。この回のプログラムは、最初の生涯学習センターでの

ワークシートの記述では、「砂への理解」の欄に記入があったのは 34 名で、「調査方法のデザイン」の欄に記述できていた子どもは全員の 35 名だった。調査方法のデザインでは、鉱物を調べる、特徴を調べる、同じ種類を探すなど方法について記述していたのは 28 名、色や形、何があるか、貝が入っているかなど調査項目については 19 名、手順については 6 名で、方法と調査項目、方法と手順など複数回答していたのは 16 名であった。

この回は、参加者が多かったので、少人数の 3 人～4 人の 9 グループで行った。複数人だったがこれまで何回かアドベンチャーの科学教室に参加していて顔見知りだったので、グループ内で協力しながら役割分担して、調査したり検証したり、話し合ってまとめたり、発表を行うなどコミュニケーション／コラボレーションをすることができた。

表 15　参加者の学年と人数　（しずおかサイエンス・アドベンチャー）

学年	3 年	4 年	5 年	6 年	合計
人数	8	9	15	3	35
%	(23)	(26)	(43)	(8)	(100)

この実践では、活動に入る前と活動後にアンケートを行った。質問内容は表 7 のとおりである。これによって、この活動で子どもたちの気持ちがどのように変わったかを明らかにしたいと考えた。質問の内容については、前述（第 3 章第 2 節）したように、21 世紀型スキルズ育成の観点から、NEA(2012)によって、基本的で重要であるとされ、また、実際に活動をデザインするときに使われている（Lindeman & Anderson、 2015） 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（コラボレーション）を調査項目として選んだ。また、この STEM 化をめざした活動が子どもたちを刺激し、夢中になって取り組むことを期待して、前向きな内なる意欲の高まり：Intrinsic Motivation(Ryan & Deci、2000）についても、主体的な学びにつながるものとして調査項目として取り上げた。

回答は 5 者選択で、 1:まったくあてはまらない　2：あてはまらない　3：ふつう　4：あてはまる　5：とてもあてはまる　とした。

表 16　アンケートの内容

	活動前アンケート （学校での活動や勉強について）	活動後アンケート （今回の活動について）
Intrinsic Motivation	いつも夢中になって取り組みますか	今日の活動は夢中になって取り組めましたか
Creativity	いつもいろいろなアイデアを思いつきますか	今日の活動ではよいアイデアを思いつきましたか
Critical Thinking	いつも、より良い答えや方法が見つかるように、いろいろ考えたり試したりしますか	より良い答えや方法が見つかるように、いろいろ考えたり試したりしましたか
Communication	いつも自分から発言したり、人の話を聞いたりすることができますか	自分から発言したり、人の意見を聞いたりすることができましたか
Collaboration	いつもお友達と協力したり、分担したりしながら活動できますか	グループの人と協力したり、分担したりしながら活動できましたか

普段の学校での生活などと比較して、今回の STEM 学習活動では子どもたちは、自分のことをどう感じたのか（自己への評価）について聞いたところ下表のようになった。T 検定で統計的有意差があるかどうか分析したところ、統計的には有意差は認められなかったが、夢中になって取り組んだかどうか（Intrinsic Motivation）ということでは約 3．86 から 4．13 へ 0．27 ポイント増え、創造的にいろいろなアイデアを思い付いたか（Creativity）どうかという問いでは 3．70～約 3．86 へ 0．16 ポイント増えた(表 16、図 5)、そのほかの項目では、コラボレーションでは 0．08 ポイント微増だったが、判断的・批判的思考では 0．09 ポイント、コミュニケーションでは 0．05 ポイントと両者ともわずかだが減少した。

表 17　　5 項目におけるプレ調査、ポスト調査の平均値

	Intrinsic Motivation	Creativity	Critical thinking	Communication	Collaboration
pre	3．86	3．70	3．89	3．76	3．85
post	4．13	3．86	3．80	3．71	3．93

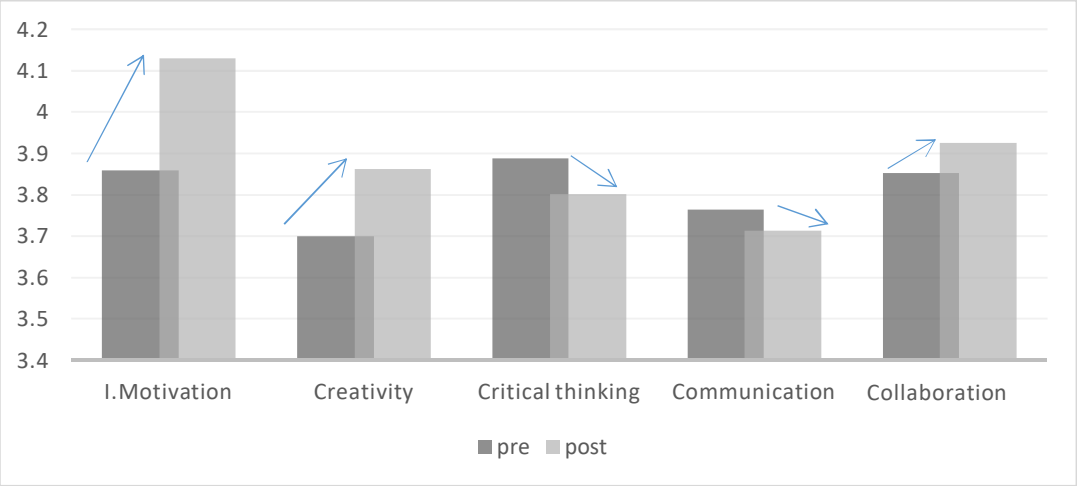


図 6　Intrinsic Motivation と 4C の変化

４．３．２　実践の考察

科学館での実践では、生涯学習センターでの実践と比べて年齢が高い子どもの割合が多かった（表 8、表 11、表 14)。「砂への理解」の欄には、35 人中 34 人が記述しており、砂というものを理解できたことがわかった。「調査方法のデザイン」の欄では、「項目」に関しての記述の発現率はむしろ低く（表 17)、一方何を使うかという「方法」に関しての記述が多く出現したことがわかった。このグループの方がより、道具や技術について注目していることがわかった。これは、「砂の構成物調査シート」の使用や小学校 3、4 年生には目新しい双眼実態顕微鏡を使用したことと関係があるかどうか今後さらなる調査と検討が必要である。

表 18　調査方法の発現率

	記述あり	複数記述	方法	調査項目	手順
アドベンチャー	35 (100)	16 (46)	28 (80)	19 (54)	6 (17)
生涯学習センター	15（100)	7 (46)	7 (46)	13 (86)	2 (13)
理数大好き教室	10 (100)	4 (40)	4 (40)	8 (80)	3 (30)

※表中の数字表記は、人数（%）となっている

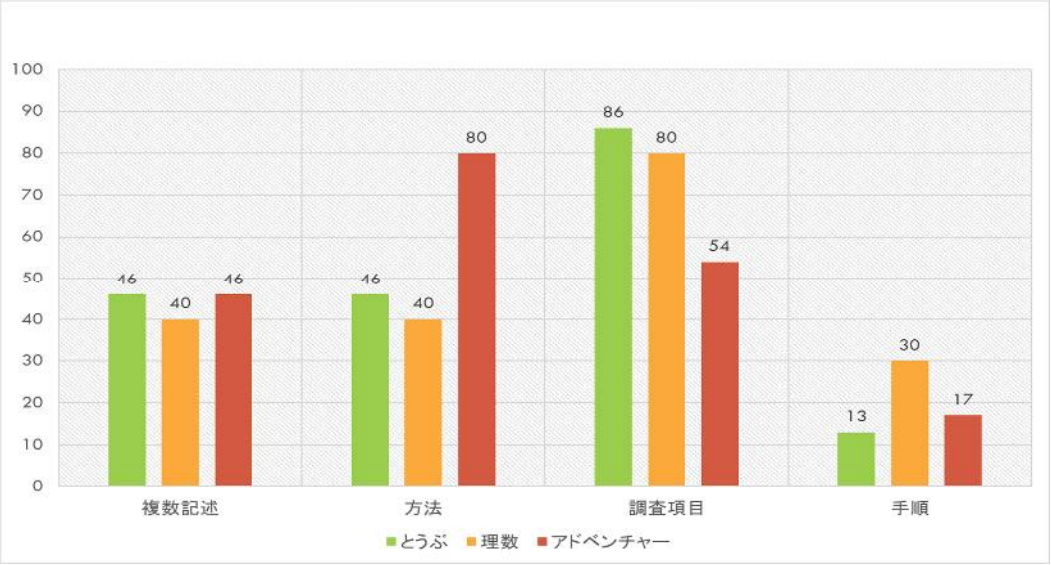


図 7　調査方法の発現率の比較

サンプルの砂のふるさとの海岸を決める際、子どもたちは判断の根拠となる事柄に、「ⅲ）粒の大きさ、形で比べる　何が多いか、少ないかで比べる」活動の結果を挙げていたが、「砂」のふるさとを特定する判断の根拠として、砂の構成物の何が多いか少ないかという量について記述している子どもが今回の実践では 3 名いた（理数大好き教室では 4 名）ので、その効果が少なからず望めることが分かった。また、「④根拠をもとに結果を発表する」活動

では、構成物の量の比較を根拠の一つとするグループがいくつか見られた。数や形、量に注意を向けることで算数・数学的な活動を促進したいと考えて導入したシートであるが、導入したことで、活動を促すことができたと言える。しかし、2回の実践だけではその効果が限定的であることは否めない。今後もこのプログラムを実践する場合には、その効果についても検証していきたい。

普段の学校での生活などと比較して、子どもたちは、自分のことをどう感じたのか（自己への評価）について聞いたところ、夢中になって取り組んだかどうか（Intrinsic Motivation）ということと、創造的にいろいろなアイデアを思い付いたか（Creativity）どうかという問いでは、明らかに数値が増え(表8、図2)、活動に対する前向きな内なる意欲が高まり、創造性が高まったことが分かった。これは、このプログラムが子どもたちにとって興味がもて、楽しみながら行えるものであることを表していると考えられる。また、グループの人と協力したり、分担したりしながら活動すること（Collaboration）に関しては、若干の高まりがみられた。これは実践する際「協力するように」と声かけはしたが、役割分担をして作業を進めることを意識させるところまではできなかったからだと思われる。これからの実践では、意図的に役割分担を呼びかけてみたいと考えている。

一方、よりよい方法や答えを見つけるためにいろいろ考えたり試したりし試行錯誤（Critical Thinking）することや、自分から発言したり人の意見を聞いたりすること(Communication)はわずかながら数値が減った。「いろいろと考えたり試したりする」ことは、十分「考えられた」と子どもの自覚が生まれるには時間が必要なのかもしれないと考えられ、プログラムの内容によって、異なる結果が出ることも考えられるので、今後も内容や時間配分に関して注意深く継続して調査したい。しかしコミュニケーションに関しては、「話すこと」と「聞くこと」だけ問うたので、このような結果となったと思われる。ワークシートへの書き込み、発表、活動への取り組み、アイデアの表現としての作品作りを踏まえると、コミュニケーションとしては非常に盛んにおこなわれていたことは明らかである。

＜実践者たちの振り返りから＞

子どもたちが「調査方法のデザイン」を考えることで、その後の活動が自然に活性化されており、③ⅱ）の活動から③ⅲ）の活動へ、さらに③ⅱ）の活動から③ⅲ）の活動へと活動が繰り返され、ここに学びのサイクルが見られた。これにより子どもたちの探究活動は深まったと考えられる。「調査方法のデザイン」は、当初、工学的プロセスが現れることを意図して設定したのだが、工学的プロセスが現れているように見えたが、ほとんどが探究活動であり、ここでの活動は工学的なプロセスになり得ていないように思えた。

今回の実践では、最後に砂絵を制作したが、砂が混じらないようにするにはどうしたらいいのか、思い通りの絵を描くにはどうしたらいいのか方法を見つけるという場面で、試行錯誤が行われ、子どもたちが自分なりのアイデアを考えることができ、作品作りに活かされた。

４．４　プロジェクトのまとめ

今回は、小学生から中学生を対象とした三つの科学教室での試みについてまとめた。プログラムの STEM 化を考えるとき、S、T、E、M の活動を単に取り入れることばかりでなく「調査方法のデザイン」を組み込むことは、その後の活動へのスムーズな移行と活動の活発が促されたという理由により、必要であることが分かった。そして調査・探究活動が活発に行われたことで、結果として活動の中で技術（双眼実態顕微鏡、ルーペ）の使用が多く認められ、「砂の構成物調査シート」の使用から算数・数学的な活動を多層的に取り入れることができた。また、このプログラムはいずれもペアや 3～4 人の少人数グループで行ったので、活動への取り組みを通してチーム内でのコミュニケーションが盛んに行われ、コラボレーションも部分的に促進された。そればかりでなく、砂絵を作ったり調査結果を発表したりする活動を入れたことで、チームを超えてコミュニケーション／コラボレーション活動が活発に行われること、活動後の片付けなどでも協力して行う姿が見られることが分かった。また今回、三つの実践で活動③の「「砂」のふるさとを見つけよう」という活動に入る際、課題を講師側が与えた形をとった。 子どもたちは、それでも楽しんで課題解決に挑戦していたが、この課題が子どもたちから出てくるような仕組みがあれば、もっと子どもたちの活動が活発になり、より主体的で深い学びにつながった可能性もあったと考えられる。「砂」が身近な素材であること、地域教材としての特性があることだけでなく、プログラムの STEM 化を意識するなら、子どもたちにとって調べてみたくなるような必然性のあるストーリーを設定し、文脈に依存した学習の形がとれるようにした方が良かったと考えられる。今回このプログラムによる学習で、意図した活動③において、工学的なプロセスを体験することはできなかったが、探究のプロセスが現れ、深い探究活動につながり、学びが深まった（図８）。この際、活動・学びのサイクルが現れ（図８の右側）、何度か繰り返すことになったがこれは探求の深まりをもたらしたものであり、工学的なプロセスに似ているがそうではなかったと考えられる。

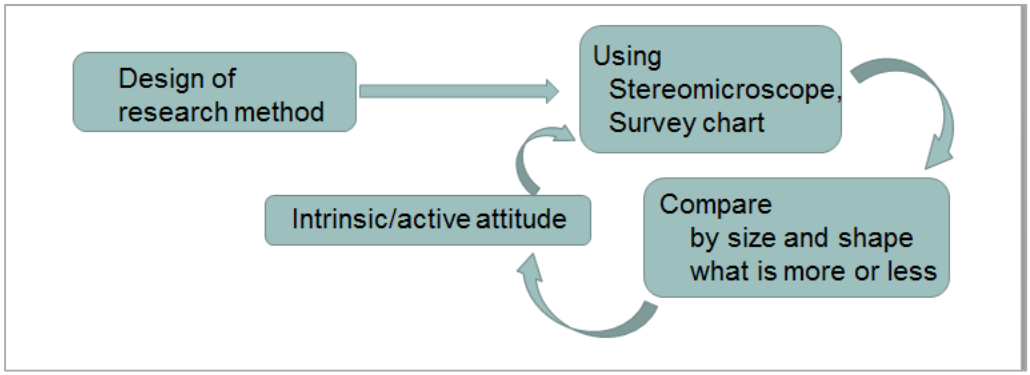


図８　調査方法のデザインに続いて現れた活動・学びのサイクル
Sakata S.　& Kumano Y.　2018 EASE　conference

しかし、工学的プロセスを意図していなかった活動⑤では、子どもたちが美しい作品を作ることを追求するとき、試行錯誤する様子が現れた。試行錯誤の末に何かしらアイデアを具現化するものを手に入れることが、工学的なプロセスにつながるものであると考えられるので、これは、ものづくり、美しさの追求、完成度を上げたいという欲求が、よりよいものを作ろうとする初歩的・基本的な工学のプロセスを導いたと言える。

STEM 教育は NGSS で描かれている科学教育の姿を具現化するものであるので、最後に３D（プラクティス、領域を横断する概念、領域での核となる考え方）ラーニングになっているかどうかという点を検討したい。完全な工学的プロセスを取り入れることはできなかったが、調査方法のデザインを組み込むこと、「砂絵」という作品を作ることでプラクティス（体験的な活動）になっていた。前者では探究が深まり、後者では試行錯誤がおこり工学的なプロセスも体験できた。また、地球科学の分野での、岩石などに言及し、細かく砕かれて粒が小さくなること、生物を含む砕屑物の多様性について（領域での核となる考え方）も学ぶことができた。しかし、岩石のリサイクルというシステムや変化（領域横断的な大切な科学の概念）については、子どもたちに伝えたいと考えたが、十分に言及することができなかった。スケール・比・量について、2 回目以降新たなツールの使用により、子どもたちに意識させることができたと考える。

今後の研究では、低学年の生活科に内在する科学も含め、その領域で核となる概念を学べるかについて、プログラム開発段階で検討し、領域横断的な大切な科学の概念を学べているか、実践を振り返りながら議論していきたいと考えている。そうすることを通して、また、そうすることを重ねて日本の文脈に適応した日本型の STEM 教育の姿が見えてくるだろうと予想している。 STEM 化する場合考慮すべき事柄として、これらは以下のようにまとめられる。

- S、T、E、M の活動を取り入れる
  - 活動の中に「調査方法のデザイン」を組み込む
  - 「砂の構成物調査シート」のような数、量、長さなどに意識が向く仕組みを取り入れる
- チーム内やチームを超えて、発表したり表現したりするような場面を設定する
- 子どもたちにとって、取り組んでみたくなるような必然性やストーリーを設定する
- 活動からどんな概念を学ぶのか、何を学べるのかということを意識して活動を構成する
- ものづくりなど試行錯誤が生まれるような場を作る

第５章　ゆりかご保育園での STEM 教室

５．１　保育園での実践

５．１．１　背景と目的

幼児のための科学教育に関する実践を行ってきた中で、2016 年に静岡県保育所連合会中部支部の研修会を行う機会を得た。そのとき、はじめて幼児教育に携わる教諭・保育士の方に STEM 教育について話をした。もともと、幼児教育では教科がなく、領域に分かれているといっても活動は領域横断的であることから、幼児教育での STEM 教育の導入が容易なのではないかと考えていたので、いくつかの興味を示していただいた子ども園、保育園で研究協力を打診した。その後、協力いただける園が決まり、2017 年より「ゆりかご STEM 教室」が開始されることになった。

幼児教育での実践では、保育園側の思いを大事にしたいと考えて、研究に入る前に何度か保育士への研修や意見交換を行ない、共通認識を作り上げることができた。そして「幼いころに体験させたいこと」として 5 項目抽出することができた。それは、次のとおりである。

・興味・関心がもてる活動
・考える機会がある活動
・発見・気付きのある活動
・繰り返し・発展性のある活動
・五感を使った活動

プロジェクト＜１＞において得られた、STEM 教育プログラム作成の視点を基に、上述の「幼いころに体験させたいこと」5 項目を取り入れながら、また、これまで科学館等で実践してきた幼児のための体験的活動を STEM 教育化することを目的として、プログラム作成の際に考慮したいことを以下のように設定した。さらに、坂田・熊野（2006）が示したように、子どもにとって扱いやすい素材であること、日常の活動の延長線上にあることなども留意し、身近でなじみのある素材を用いることにした。

・科学、技術、工学、算数(数学)の活動を多層的に取り入れる
　・S: 何かを発見する、見つける活動
　・T: 道具、技術を使う活動
　・E: デザイン、手順を決める、試行錯誤をする活動
　・M: はかる、数える、比べる活動
・Art（美術、芸術）の側面も取り込む
・少人数で行い協力して作業する場面を設定する
・子どもにとって扱いやすい素材を使用する
・身近でなじみがある素材を用いる

保育園におけるプログラムの STEM 教育化には、以上の事柄が必要だと考えてプログラ

ム開発と実践を行った。それぞれのプログラムによる子どもたちの表れを、実践者たちで吟味し検討することで、プログラムが子どもたちにとって適切であったかどうか、発展性のあるものになっていたかどうか、子どもたちにとってどのようなインパクトを与えたのかについて明らかにしていくことを目的とした。そして、幼い時期の公教育における、継続的なSTEM 学習活動の在り方を探ることにした。

５．１．２　実践の枠組み

実践の枠組みは以下のとおりである。

実践園：社会福祉法人　ゆりかご福祉会　ゆりかご保育園
規　模：定員 80 名　（0 歳児～5 歳児）
住　所：静岡市駿河区曲金七丁目
実施日：おおむね第 3 水曜日
2017 年　9 月 13 日、10 月 23 日、11 月 15 日、2018 年 2 月 23 日
時　間：10：00～11：00　（1 時間のプログラム）
場　所：ランチルーム、講堂、グラウンド
対　象：年長児 10 人・年中児 15 人の縦割り（5 人× 5 グループ）
実践者：プログラム提供者 1 人、補佐 1 人
クラス担当保育士 2 人、主任保育士 1 人　　計 5 人

プログラムは、「種」「ソーマトロープ」「糸でんわ」「色分け：ペーパークロマトグラフィー」とテーマを変えて四つ作成し実践した。それぞれの活動の中で、４つの C をどの場面で体験できるのかを下の表（表 19）のように設定した。

データは、子どもたちのワークシートの吟味と実践者たちの振り返りの話し合いの中から収集する。振り返りでは、21 世紀型スキルズの４C セオリーを基準とした項目で行い、Creativity（創造性：アイデアを思いついたか）， Critical Thinking（試行錯誤していたか）, Communication（コミュニケーションできていたか）, Collaboration（協力できていたか）について検討することにした。また、子どもたちの主体的で深い学びにつながる Intrinsic Motivation（内なる前向きの気持ち：熱中していたか）についても同様に検討することにした。

表 19　デザインする際意図した活動内容の中の４つの C

	① **種**	② **ソーマトロープ**	③ **糸でんわ**	④ **色分け**
Creativity 創造性	種の広がりについてのアイデア	作品作りのアイデア	つなぎ方のアイデア	色の展開についてのアイデア
Critical Thinking 判断的(批判的)思考	上手く飛ぶまで工夫を続ける試行錯誤	アイデアを絵に描くときの試行錯誤	上手く聞こえるための工夫と試行錯誤	きれいに展開するための工夫と試行錯誤
Communication コミュニケーション	話す・描く 遊ぶ	話す･描く･作品を作る・遊ぶ	話す・描く 遊ぶ	話す・描く 作品を作る
Collaboration コラボレーション	他の子どもにアイデアを伝える 手伝う	他の子どもにアイデアを伝える 手伝う	アイデアの共有・グループで取り組む	他の子どもにアイデアを伝える 手伝う

５．２　「種」をテーマとしたプログラムの実践

５．２．１　実践の結果

種の散布の工夫について学ぶプログラムを作成した。これ以降作成したプログラムにもそれぞれに、右図のようなプログラムチャートを作成した。その中の S,T,M,E の記号は、それぞれ、科学（Science），技術（Technology），工学（Engineering）、算数・数学（Mathematics）的な活動を表している。

実施日：2017 年 9 月 13 日

まず、子どもたちには、身の回りにあるいろいろな種ついて、実物を提示して触ってもらったり、割ってもらったりしながら、種の役割について、話をし、子どもたちからのアイデアを聞いたりした。

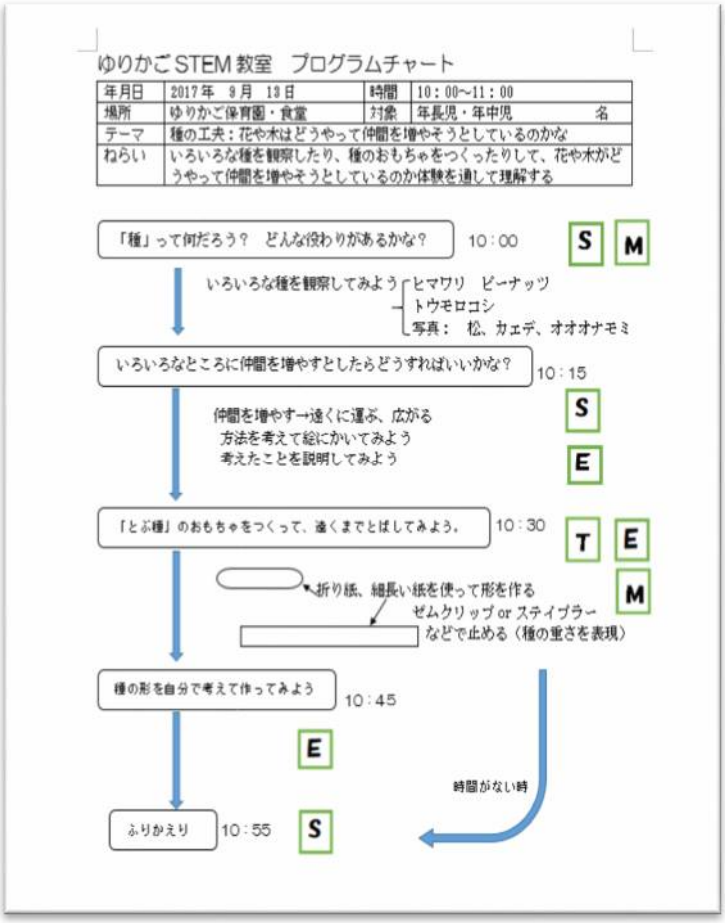


図９　「種の工夫」プログラムチャート

表 20　「種の工夫」実践プログラム

	Activities	S　T　E　M
①	「種」って何だろう？どんな役割があるかな？	S　　M
②	いろいろな所に仲間を増やすにはどうすればいいかな？	S　　E
③	「飛ぶ種」のおもちゃを作って、遠くまで飛ばしてみよう	
	ⅰ)基本の作り方を知る	S　　E
	ⅱ)紙やハサミを使って、自分のオリジナルを作ってみる	S　T
	ⅲ)滞空時間長くするにはどうすればいいかな？	S　　E　M
④	ふりかえり：気づいたことを発表する	S

子どもたちは、スーパーで売られているピーナッツやトウモロコシ、ピスタチオが種だとは知らなかったようで、おいしい種があることに気づいて、それだけでも楽しそうにしていた。また、通称「ひっつきむし」や「タンポポの綿毛」も種だと知って驚く子どももいた。その後の活動は表 19 のように進めたが、時間の関係で③ⅱ）の活動は省略して、③ⅰ)で作った基本形をもとに③ⅲ）の活動ではそれぞれが工夫して遊んだ。

②の課題については、絵を描くという方法で、ワークシートに記入してもらった。ワークシートには、丘とその上にある実のついた木、川、草原、遠くの山々をあらかじめ描いておいた。植物はどうやって仲間を増やすのかということについて絵を描き、そのことについてお話をしてもらい、指導者たちが聞き取りをして、絵の中に、メモをしていった。

鳥、風、川の流れなど、いろいろなことに注目することができた。

動物散布に注目することができた。鳥が種を広める様子について絵にかいた。

図 10、図 11　子どもたちのワークシートから

子どもたちは、観察した種から得た知識をもとに、自分なりのストーリーを考えることができた。

実践者たちの振り返りからも、子どもたちがこんなに自分なりのストーリーを描けると思わなかったという反応があった。また、観察をしてから話を聞く→自分のアイデアをもつ→おもちゃ作りをするという流れは、子どもたちが飽きずに活動に取り組めていたとの指摘があった。ワークシートの記入方法を、絵を描くことにしただが、この絵を描く方法は、子どもたちは自分の考えを表現することができて楽しむことができていたので良かったとの指摘があった。

５．２．２　実践の考察

ワークシートで、子どもたちに種の散布についてのアイデアを絵にかいてもらうことは当初難しいと考えられ、できる子どもはごくわずかかもしれないと危ぶんだのだが、ほとんどの子どもたちは描くことができた。年長児は詳しく、いくつかの方法を描くことができた。年中児は一つか二つアイデアを書くことができた。

このプログラムを体験することで、子どもたちと指導者、子どもたち同士間で、活発な言語によるコミュニケーションを行うことができた。ワークシートへの記入についても書くこと、描くことによるコミュニケーションととらえるならば、これからも活発に行えたと言える。そして、この活動に参加することを嫌がる子もおらず、保育士が強い誘導をしなかったにもかかわらず、全員による取り組みが実現できた。

種のモデルを使って、実際に滞空時間を長くすること：回転数を多くする工夫をすることができた。アイデアを共有し、さらに工夫するなど協力・協働する姿があった。それは、子どもたちにとってとても楽しそうであり、学びというより遊びに近かったが、「種が遠くに移動して仲間を増やす」ことについて実感を伴って学ぶことができた。その後、フィールドワークに出かけることがあったそうだが、野外で、草の種や、ドングリなどから刺激を受けたのか、誰からともなく植物の種子散布の工夫について「風に飛ばされて」や「転がって」などの話が出てきて盛り上がったそうである。

これらから、この STEM の活動は、子どもたちにとって良い刺激となり、楽しい学びにつながったと考えられる。

５．３　「ソーマトロープ」テーマとしたプログラムの実践

５．３．１　実践の結果

ソーマトロープとは、イギリスのヴィクトリア時代に一般的だった玩具の一種である。2 枚の円形の紙などに絵を描いて、素早く裏表させることで残像現象により、絵が変化する様子を楽しむものである。紙の両側に糸を付けて、勢いよく引いて回転させるものもあるが、今回は、2 枚の絵でストローを挟むことにより、キャンデーのような形にして、手でこすりあわせながら回転させるタイプ（右図参照）を使って活動を行った。子どもたちには絵の見え方の不思議を感じてもらうようなプログラムとして作成し、絵のたし算として紹介した。

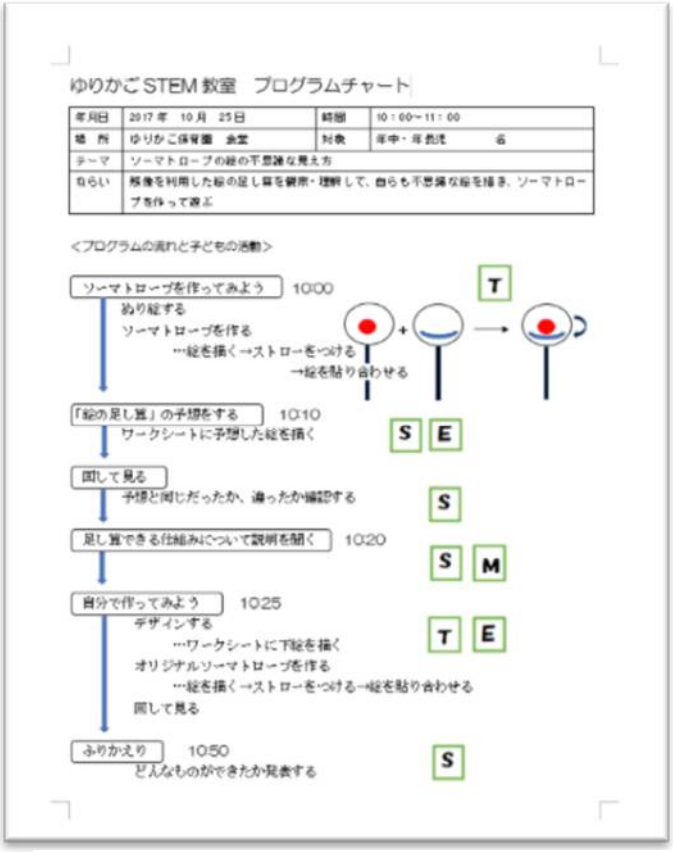


図 12「ソーマトロープ」のプログラムチャート

実施日：2017 年 10 月 23 日

表 21　「ソーマトロープ」実践プログラム

	Activities	S　T　E　M
①	「ソーマトロープ」を作ってみよう。	T
②	「絵のたし算」どうなっているのかな、予想しよう。	S　E
③	自分で作ってみよう。	
	ⅰ)絵のたし算のデザインをワークシートに描いてみる 。	S　M
	ⅱ)紙やハサミ、テープを使って、自分のオリジナルを作ってみる。	T　E
	ⅲ)回してみよう。思った通りになったかな。	S　E　M
④	ふりかえり：工夫したこと、気づいたことを発表する。	S

まず、子どもたちに一つソーマトロープを作ってもらって、絵がどのように見えるか予想してもらい、ワークシートに自分の考えを描いてもらった(図 13、図 14　上段)。その後、子どもたちは実際に回転させてみて、自分のアイデアを確かめた。活動の流れは表 20 のとおりである。

材料の紙やストローなどは、円形の紙を切っておいたり、張り合わせる場所に両面テープを張っておいたり、長さを調整したりしてあらかじめ用意しておいた。これは、子どもたちが絵を描くことに集中できるように、ソーマトロープの制作作業は最小限になるように準備するためである。学習する概念の難易度が高い可能性があったが、子どもたちは楽しく取り組めていた。

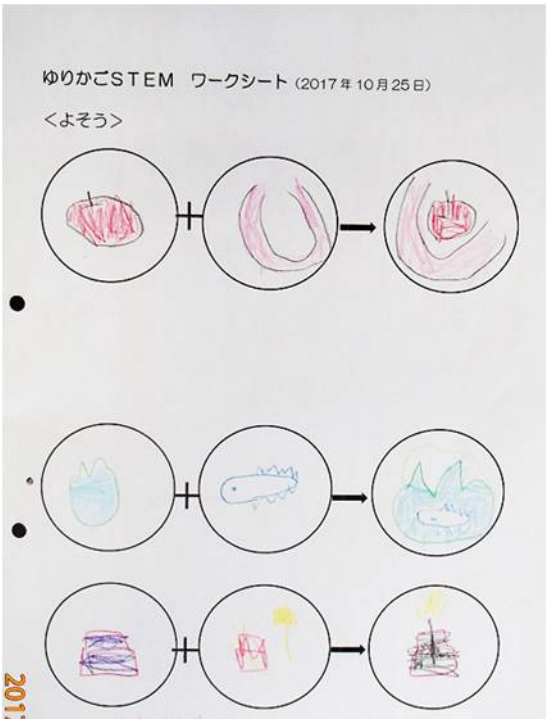


図 13、図 14「ソーマトロープ」のワークシートから
上段は初めに作ったソーマトロープの見え方を予想したもの、
下段は自分でデザインしたオリジナル作品

5．3．2　実践の考察

ソーマトロープの不思議な見え方を体験することから始まった、この STEM の活動は、最終的に、自分が思い描くソーマトロープを作り上げるところまで到達することを目的とした。何人かは思ったものができなかったと言っていたが、基本のタイプを参考にそれをアレンジする形で、多くの子どもは自分の作品を作ることができていた（上右図　図 14)。「ま

ねる」「再現する」から「新しいものを作り出す」という工程は、工学の手法につながるものであると考えられる。上左図、図 13 は、「猫」と「魚」絵のたし算で「猫が魚をくわえている」絵になるというオリジナルのものをデザインし、作成することができた。幼い子どもたちなので、完全に工学の手法を使用できているとは言い切れないが、アイデアを形にし、改良を加えてより良いものを作るという工学的手法を体験することができたということは言えると考える。この、工学的手法を使って問題解決を図ることは、STEM 教育にとっては大変重要で根本的なことなので、このようなプログラムは STEM 教育のプログラムとしては適したものであると言えるだろう。

最初に行った不思議を見つける体験では、グループのなかで子どもたち同士がお互いに自分の考えを述べ合う場面が見え、お互いの話も聞けていたので、幼い子どもの活動の時によく見受けられる誰か一人が自分の気づいたことや意見を述べ、みんなが聞いているだけという一方向のコミュニケーションではなく、多方向に広がって成立していたと考えられる。また、デザインする際絵を描くこと、工夫した点など発表することも含めるとコミュニケーション活発に行われていたと言える。作業するときに、道具を順番に使ったり材料を配ったり、年長児が年中児を手伝ったりできた。そのような場面では、子どもたちなりのコラボレーションが行われていると考えられる

この活動での制作物だけでなく、STEM 教室で作ったものは家に持ち帰り、家の人とお話をする機会もあったようで、後に家庭からのお便りにその様子が書かれている子もいたと保育士から聞くことができた。そのように、活動当日だけでなく後日も思い出しながら活動できたことは、子どもたちにとって発展性のある良い活動であったと言えるだろう。

５．４　「糸でんわ」をテーマとしたプログラムの実践

５．４．１　実践の結果

制作した糸でんわは、一つの紙コップにタコ糸を通したもので、他の電話とつなぐために、糸の端にはクリップを取り付けたものにした。

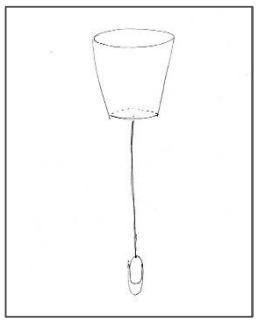
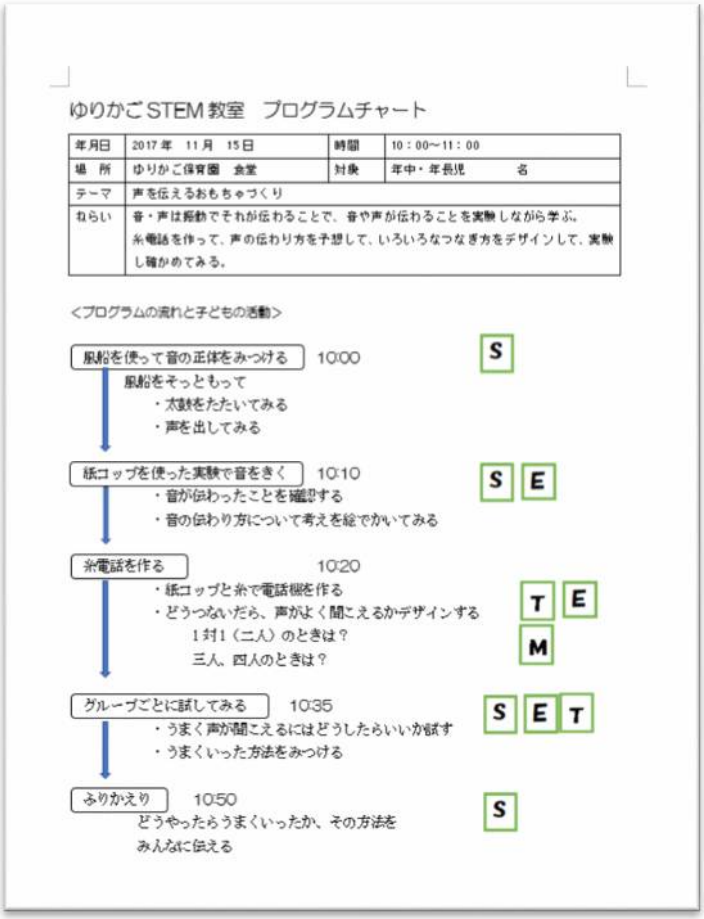


図 15　糸でんわ

子どもたちはまず、風船や、紙コップにつないだスプーンを使って音はどうやって鳴っているのか、音の正体は何なのかみつける活動を行ってから、紙コップを使って糸でんわを制作した。



ゆりかごSTEM教室　プログラムチャート

年月日	2017年　11月　15日	時間	10：00～11：00
場　所	ゆりかご保育園　食堂	対象	年中・年長児　　名
テーマ	声を伝えるおもちゃづくり		
ねらい	音・声は振動でそれが伝わることで、音や声が伝わることを実験しながら学ぶ。 糸電話を作って、声の伝わり方を予想して、いろいろなつなぎ方をデザインして、実験し確かめてみる。		

<プログラムの流れと子どもの活動>

風船を使って音の正体をみつける　10:00　S
風船をそっともって
・太鼓をたたいてみる
・声を出してみる

紙コップを使った実験で音をきく　10:10　S E
・音が伝わったことを確認する
・音の伝わり方について考えを絵でかいてみる

糸電話を作る　10:20
・紙コップと糸で電話機を作る
・どうつないだら、声がよく聞こえるかデザインする　T E M
1対1（二人）のときは？
三人、四人のときは？

グループごとに試してみる　10:35　S E T
・うまく声が聞こえるにはどうしたらいいか試す
・うまくいった方法をみつける

ふりかえり　10:50　S
どうやったらうまくいったか、その方法をみんなに伝える

図 16「糸でんわ」のプログラムチャート

実施日：2017 年 11 月 15 日

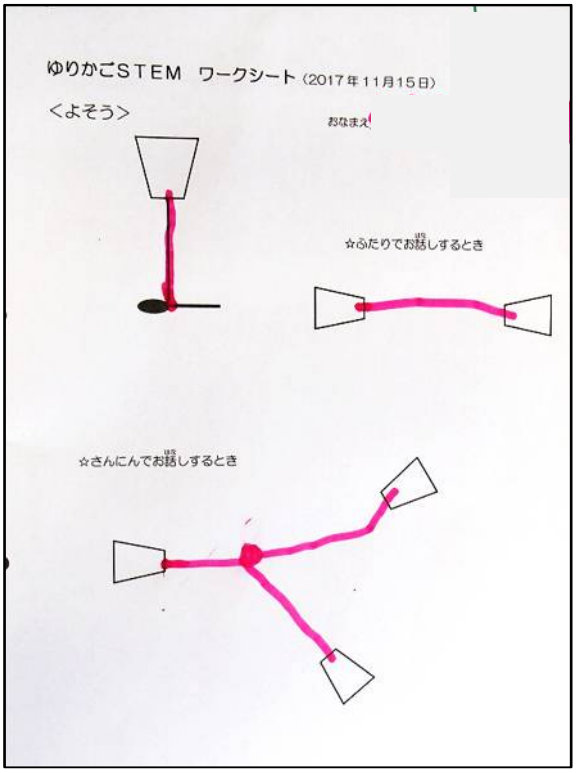
プログラムの流れは下表 22 のとおりである。

制作した後で、子どもたちは「二人でお話をするにはどのようにつなげばいいのか」や「三人でお話をするにはどうつなげばいいのか」という課題に取り組んだ。グループごとにいろいろなつなぎ方を試したりした。この活動では一人あたり糸でんわを一つだけ使ったが、家庭でもできるように、もう一セット（2 個）作って持ち帰らせた。

表 22「糸でんわ」実践プログラム

	Activities	S　T　E　M
①	風船を使って音の正体を見つける	S
②	紙コップとスプーンを使った実験で音の伝わり方を考える	S　　E
③	「糸でんわ」を自分で作ってみよう	
	ⅰ)紙コップに糸や、クリップをつなぐ	T　E
	ⅱ)1 人の時はどうつないだらいいかな、デザインしよう	T　E
	ⅲ)3 人、4 人、それ以上の時はどうする？　デザインしよう	E　M
④	うまく伝わる方法を考えて試す。うまくいった方法を見つける	S　T　E
⑤	ふりかえり：工夫したことを発表する。みんなに伝える	S

子どもたちには、ただ線（波線、直線、曲線）を引くだけの方法で、ワークシートに考えを記入してもらった。ワークシート上段左側の図は、糸でんわを作る前に行った実験の予想である。紙コップとつないだスプーンをたたくとコップから大きな音が聞こえるが、音はどこから来ているのか予想して描いた。下図右の子は音が出ている様子をコップの中に描いている。



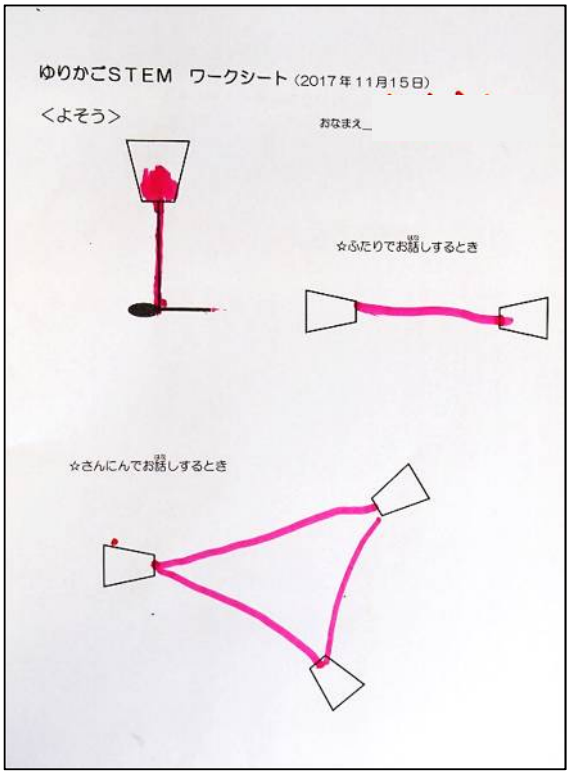


図 17、図 18　「糸でんわ」のワークシート

指導者たちの振り返りから、アイデアがなかなか浮かばない子どもも、友達が描いているのを見てまねして描いたりして、それを試したりしていたことがわかった。あるグループは、一人の子どものアイデアを取り上げて、うまくいく、いかないは別としてみんなで試していた。他の子どもたちも、自分の考えたものも含み、いろいろなアイデアを試すことができた。つなぎ方を考えて試すとき、よりはっきり聞こえるように、グループごと試行錯誤が盛んにおこなわれている様子があった。

５．４．２　実践の考察

子どもたちのワークシートから、「概念の理解」をしているかどうか描く欄では、ほとんどすべての子どもが、スプーンから糸に振動が伝わっていることを描くことができていた。自分のアイデアついて描く欄では、ほかの子どものアイデアから学んで描いた子どももいたが、参考にした（まねた）かどうかは別として、すべての子どもがアイデアを描く欄にアイデアを描くことができた。そして、それぞれのアイデアを確かめる活動をしたり、よりよく聞こえる方法を見つけたりしようと、試行錯誤をしているグループもいた。これは、本研究で特に注目したい４つのＣの１つである、Critical Thinking のスキルを、初歩的な段階であるかもしれないが、使用し発達させる機会を持っていることになると考えられる。

子どもたちの活動評価シート（Draft１）

理解力	創造力	試行錯誤・判断的思考	コミュニケーション	協働・共同	熱心さ・意欲
□ するべきことがよく分かって活動できている	□ 問題解決につながるような確かな考え・アイデアをつくりだせる	□ 解決策が提案できたり他の子どもと共有ができたりする	□ 他の子どもたちと考えを共有することができる	□ 役割分担をして一緒に活動をする（何かを作り上げる）ことができる	□ 夢中になって取り組むことができ楽しんでいる
□ するべきことがほぼ分かって活動できている	□ いくつかのアイデアを統合して別のアイデアにできる	□ より良いものを見つけようと粘り強く取り組む（失敗してもがんばれる）	□ 自分の考えを表現して伝えることができる	□ 見通しを共有し、合意形成を図ることができる	□ 意欲的に楽しみながら活動のとりくめている
□ 他の子どもたちの活動についていけている	□ 自分の考えをもつことができる	□ いくつかの方法などを試してみる	□ 人の表現を理解し考えを受け取ることができる	□ お互いに助け合うことができる	□ 楽しそうに活動している
□ 少し補助すると活動できる	□ 何かしらアイデアを思いつく	□ ちょっと取り組んだり試したりする	□ 人の考えをあまりうけとることができない	□ グループの一員として活動にいることができている	□ あまり意欲的に活動できない
□ 活動についていくのに困難がある	□ アイデアがうかばない	□ 取り組もうとはするがすぐにやめてしまう	□ 自分だけの活動をしてしまう	□ 他の子どもと助け合ったり、協力したりできない	□ 意欲的でなく、楽しそうでもない

図 19　教師たちと作成したゆりかご STEM 教室の評価シート

保育士たちは、子どもの活動の評価について、振り返りの参考になるような何か規準となるものが欲しいと考えるようになり、この後、４Ｃ：Creativity,　Critical Thinking,

Communication, Collaboration の表れと主体的で深い学びにつながる Intrinsic Motivation を 5 段階で抽出し、評価を実験的に行うことにした。保育士たちはさらに、理解力についても基準が欲しいとのことだったので、一項目付け足した（図 19）。次回の 2 月 23 日の活動の際、評価に使えるかどうか試みることにした。

授業後の振り返りでは、風船を使って、自分の声の振動を感じる実験では、振動を体感することができて、「音は振動である」あるいは「音がするときは振動する」が分かりやすかったと思うと、述べる保育士が何人かいた。

年中児では、絵で描いてみる活動は少し難しいと感じる指導者もいて、何パターンかあるものの中から、一つを選ぶ選択式のものが良いとの意見をいただいた。確かに、何もないところからのイメージは、幼い子どもほど難しいことなので、このような記述を求める場合には、ワークシートの作成にこの考え方を参考にしようと考えた。また、クリップを付けるという作業は、細かくて大変だったようだが、お互いに助けあう姿が見えたことは、グループ活動の良さであると考えられる。

後日、年長児はお土産の糸でんわを家庭で作り、家族とやってみたと報告してくれた。発展性のある活動になっていたようだ。

５．５　「ペーパークロマトグラフィー」をテーマとしたプログラムの実践

５．５．１　実践の結果

ペーパークロマトグラフィーの方法を使ったマーカーの色分け実験を通して、色はいくつかの色を混ぜ合わせて作られていることを発見できるようなプログラムを作成した。 子どもたちは活動の最後に、小さな円形濾紙に模様を描き染み出し絵を作り、しおりに仕上げて卒園の記念品にした。

実施日：2018 年 2 月 23 日

子どもたちは、色を混ぜて他の色を作り出せることは知っていたが、一つの色からいくつかの色が分かれていく様子を興味深く観察した。プログラムの流れは、下表（表 21）のとおりである。

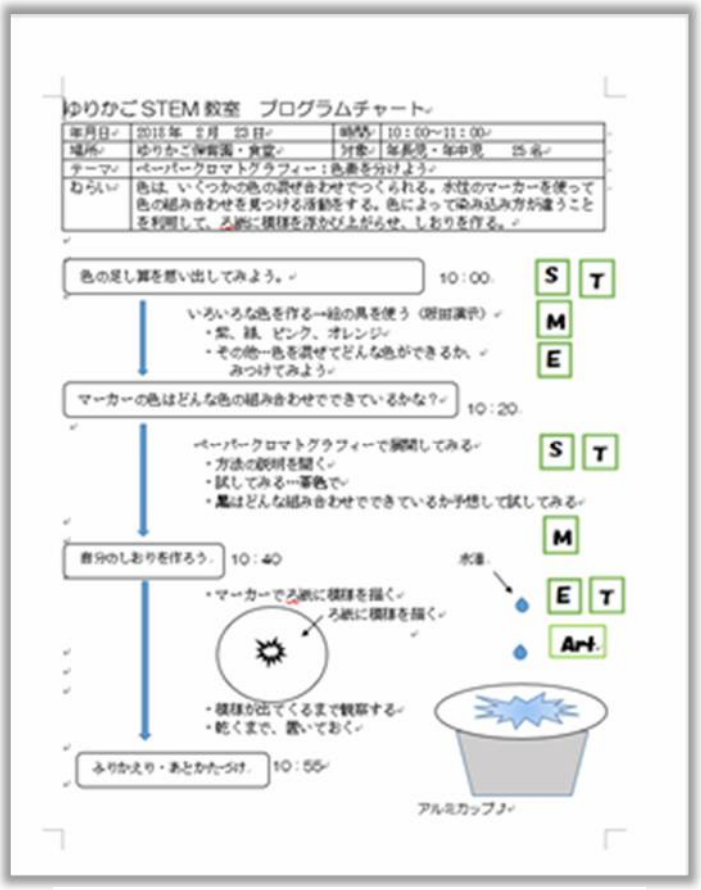


図 20　「色をわけよう」プログラムチャート

表 22　「色をわけよう」実践プログラム

	Activities	S　T　E　M
①	色のたし算を思い出してみよう	S　T　E　M
②	色はどんな色の組み合わせできているのかな？	
	ｉ）マーカーの色はどんな色の組み合わせでできているかな？	S　T
	ii）自然の色はどうかな？(ほうれん草)	S
③	自分のしおりをつくろう	
	ｉ)どんな模様を描くか、デザインを決める	S　　E
	ii)円形濾紙とスポイドを使って浮き出る模様を観察する	S　T　　M
④	ふりかえり：気づいたことを発表する しおりづくり（乾燥後）	S （Art）

図 21、図 22、「色をわけよう」のワークシートから

色のたし算をまず思い出すことから活動は始まった。子どもたちが予想をした後、指導者の手元の大きなパレットで絵の具を混ぜた。「赤と青」、「きいろと青」「きいろと赤」という色の組み合わせはシンプルなものだったので、どの子も予想することができて、どの子も正解だった。ただ、子どもたちの持っているマーカーに紫色とオレンジ色が入っておらず、ワークシートに自分で答えの予想の色を塗ることができなかった。保育士が子どもたちの発話を聞いて、斜線で色を塗ってくれた。中段の緑だけは、子どもが塗ったものである。

次に黒にはどんな色が混じっているのか、混じってないのかを予想して、ワークシートに記入した。そして濾紙の中央に黒いマーカーで点を描き、水を垂らすことによって色を展開した。黄色や茶色、青が混じっていることを発見できた。

そしてほうれん草の緑色にはどんな色が混じっているのか、実験をした。ほうれん草のすりつぶしたものを濾紙に染み込ませ、エタノールで展開した。緑のクロロフィルの線が 1 本と黄色いカロテンの線が 2 本見えて、緑の野菜もただ緑だけではなく他の色も混じっていることが分かり、子どもたちも保育士たちも驚いていた。

最後に、自分でどんなにじみ絵ができるか予想しながら、濾紙に模様を描き、水で展開してしおりを制作した。

５．5．２　実践の考察

子どもたちは、ほうれん草の色が分かれたことに大変驚いて、植物の色もいくつかの色素の組み合わせてできていることを知り、自分たちが目にする色はいろいろな色が合わさってきていることを改めて学ぶことができた。色をわけることから、含まれる成分の抽出方法について説明をしたところ、いろんなものでやってみたいという声が聞こえた。発展的な活動をデザインすべきかもしれない。

前回の活動終了後作成した、「子どもたちの活動評価シート」(図を使って子どもたちの様子を捉えることができるか、評価を行った。各項目とも、小さい子どもができるだろうレベル１からちょっと難しいかなというレベル５まで評価内容を用意した。年長児３名（RY くん、RE くん、RI くん）と年中児２名（H くん、Y くん）の５名について、保育士の先生に活動中から注目してもらい、評価シートに記入してもらった。すべて男子だったのは意図的ではなく偶然である。年長児の RY くん、年中児の Y くんの例は以下のとおりである。年長児の RY くんは、今回の活動ではレベル４からレベル３の表れが、年中児の Y くんはレベル３からレベル２の表れが認められたということである。

表 24　RY くんの評価の例

RY くん（年長児）		レベル
理解力	するべきことがほぼ分かって活動できている	4
創造力	自分の考えを持つことができる	3
試行錯誤・判断的思考	いくつかの方法を試してみる	3
コミュニケーション	自分の考えを伝えることができる	4
協働・共同	見通しを共有し、合意形成を図ることができる	4
熱心さ・意欲	意欲的に楽しみながら活動に取り組めている	4

表 24　Y くんの評価の例

Y くん(年中児)		レベル
理解力	他の子どもたちの活動についていけている	3
創造力	何かしらアイデアを思いつく	2
試行錯誤・判断的思考	ちょっと取り組んだり試したりする	2
コミュニケーション	人の表現を理解し、考えを受け取ることができる	3
協働・共同	グループの一員として活動の場にいることができる	2
熱心さ・意欲	楽しそうに活動している	3

授業後の振り返りにおいて、このデータを利用しながら、子どもの表れから 4 つの C と Intrinsic Motivation、理解力について検討を行うことができた。また、この方法での評価の本研究における目的は、子どもたちの表れを的確にとらえ、子どもたちが、活動のレベルをより上げていけるようなプログラム内容を作っていくということにあるので、今後も継続して評価し、子どもの変容を見ていかなければならないだろう。

また、この評価の過程で、保育士たちは、いくつかの提案をしてくれた。例えば、創造力において、「レベル 2：何かしらアイデアを思いつく」と「レベル 3：自分の考えをもつことができる」は区別しにくいので、統合してレベル 3 とし新たに「友達の様子を見て真似をすることができる」をレベル 2 にしたらどうかといったことである。このような提案は、3 件あり、それらを踏まえて、評価シートを改良し「Draft 2」とした。太字部分が改変した評価内容の箇所である。

子どもたちの活動評価シート（Draft２）

理解力	創造力	試行錯誤・判断的思考	コミュニケーション	協働・共同	熱心さ・意欲
□ するべきことがよく分かって活動できている	□ 問題解決につながるような確かな考え・アイデアをつくりだせる	□ 解決策が提案できたり他の子どもと共有ができたりする	□ 他の子どもたちと考えを共有することができる	□ 役割分担をして一緒に活動をする（何かを作り上げる）ことができる	□ 夢中になって取り組むことができ楽しんでいる
□ するべきことがほぼ分かってじぶんから活動しようとしている	□ いくつかのアイデアを統合して別のアイデアにできる	□ より良いものを見つけようと粘り強く取り組む（失敗してもがんばれる）	□ 自分の考えを表現して伝えることができる	□ 見通しを共有し、合意形成を図ることができる	□ 意欲的に楽しみながら活動のとりくめている
□ 他の子どもたちの活動についていけている	□ **自分の考えをもつあるいは、アイデアを思いつくことができる**	□ いくつかの方法などを試してみる	□ 人の表現を理解し考えを受け取ることができる	□ お互いに助け合うことができる	□ **興味のあるところは楽しそうに活動している**
□ 少し補助すると活動できる	□ 友達の様子を見て真似をすることができる	□ **同じ方法を繰り返し試してみる**	□ 人の考えをあまりうけとることができない	□ グループの一員として活動にいることができている	□ あまり意欲的に活動できない
□ 活動についていくのに困難がある	□ アイデアがうかばない	□ 取り組もうとはする**（ちょっとやってみる）**がすぐにやめてしまう	□ 自分だけの活動をしてしまう	□ 他の子どもと助け合ったり、協力したりできない	□ 意欲的でなく、楽しそうでもない

図 23　子どもたちの活動評価シート（Draft 2）

2017 年度には、この回を入れて 4 回 STEM 教室をすることができたので、子どもたちも今度は何をするのかと、興味津々で近づいてくれるようになった。子どもたちも発展的な活動を望むようになり、成長が実感できた。STEM 教室開始から約半年で、子どもたちとこういった関係性を持てるようになってきた。

現在、2018 年度においても、ゆりかご STEM 教室は継続して行われており、保育士たちもこの評価シートを使って子どもたちの育ちを追跡していくことができるかという新たな試みに挑戦しているところである。

５．６　プロジェクトのまとめ

このプロジェクトでは、幼児教育の現場において定期的に STEM 教室を開催するとしたらどんなことができるのか、どんな方法で行うのが良いのか、について実践的な研究を行った。保育士たちと園長も含めた職員との協力関係が構築できており、実践はスムーズに行うことができた。4 つのプログラムを実践していく中で、プログラムデザイン、プログラムの内容については、当初掲げた 3 項目：科学、技術、工学、算数(数学)の活動を多層的に取り入れる、美術、芸術の側面も取り込む、少人数で行い協力して作業する場面を設定する、と身近でなじみのある素材を用いることの、4 点についてはおおむね実現したということができるが、ただ算数(数学)の活動は大きさ、形、数などを含めても最小限しか取り込めず、一つの活動において多層的にはならなかった。絵を描く、美しさを追求するという Art の側面は、子どもたちのやる気（Intrinsic Motivation ）を引き出すことにつながっているのではないかと考えられた。様々な内容の STEM の活動を多く体験することで、算数（数学）についても体験が蓄積していくことが予想されるので、数回で終わるのではなく、長期間実践し続ける必要があると考える。ゆりかご保育園における STEM 教育化については下図（図 24）にまとめた。

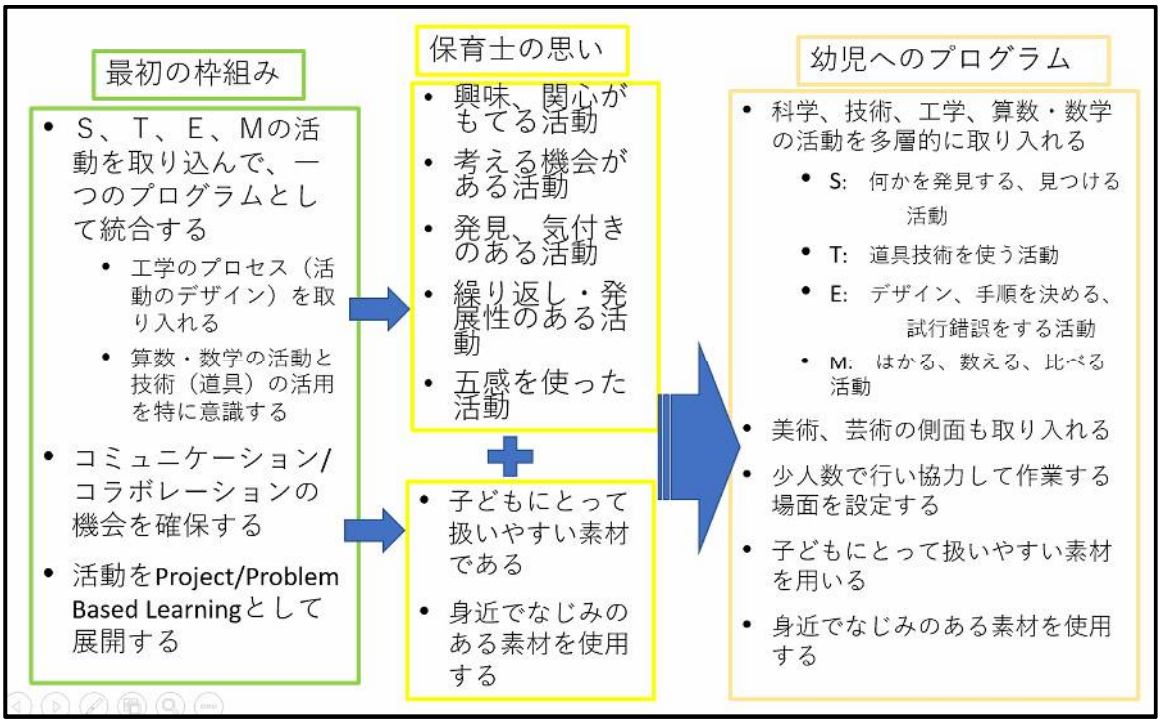


図 24　幼児教育でのプログラムの STEM 教育化について

NGSS を具現化するたに行われる STEM 教育であるならば、３D ラーニングになってい

るのかという検討も必要であろう。領域における重要な考えを学べたかということと、実践的であるのかということでは、プログラム作成時から考慮したので、今回の四つのプログラムは条件を満たしていると考えられる。領域を超えた概念をまなべたかということに関しては、教科横断的に活動を組み立てたが、概念として学べたかどうかということはわからなかった。今後さらなる検討が必要である。

子どもたちへの影響に関しては、アメリカでの現地調査において、アイオワ・チルドレン・ミュージアムで「4つの C を評価に使うことは可能であるか」についてたずねてみた。彼らは、プログラムを作成するときは使えるが、評価に使うことは難しいと答えてくれた。そこで、プログラムを開発する段階で、前述の表 19（5．1．2）にあるようにそれぞれの活動の中で 4 つの C を使って活動するようにデザインしたので、このプログラムの体験を通して程度の差こそあれ、創造性や判断的(批判的)思考、コミュニケーション、コラボレーションは体験できた(表 26)。このような体験を積み重ねることで、それぞれのスキルが向上していくことにつながっていくのだろうと考えられる。また、活動の観察から、活発な言語活動、アイデアの発現、様々な表現などが見いだされ、これらの活動が子どもたちに刺激を与えていることは確かめられた。

表 26　活動の中の 4 つの C

	① 種	② ソーマトロープ	③ 糸でんわ	④ 色分け
Creativity 創造性	種子散布のアイデアを絵に描けた	自分の作品をつくろうとアイデアを考えた	三人で話せるためのアイデアを考えた	模様を予想して色を使って絵を描いた
Critical Thinking 判断的(批判的)思考	滞空時間を伸ばそうと角度を変えたりして試行錯誤した	アイデアを形にしより良いものを作ろうとした	よりよく聞こえるようにするために工夫し挑戦した	試しに何度かにじみ絵を作ってより美しくなるよう工夫した
Communication コミュニケーション	子ども⇔子ども 子ども⇔保育士の活発な会話、ストーリーを話す	グループ内で考えを伝える、話し合う 作品を作る	二人。三人で話ができる 制作物を使ってグループで遊ぶ	作品を制作する 披露する
Collaboration コラボレーション	工夫を共有し、新しい方法・アイデアを考える	道具を順番に使う、材料を配る、	二人組、3 人組で活動する	使いたい色のマーカーを順番に使う、ゆずる

今後の見通しとしては、子どもの発言・行動観察に関する評価について、評価シートの手直し・完成へと進むことが重要と考えられ、評価シートを使って子どもの育ちの評価するためには、さらなる保育士・研究者の合意形成が必要となってくると考えられる。また、園・子どもの実情を考慮したうえで、プログラム内容の質的向上を図るための検討も必要である。そして、その先には保育士によるプログラム作成とその支援という課題があるように思える。

第 6 章　ふじのくに地球環境史ミュージアムでの STEM 教室

６．１　博物館での実践

６．１．１　背景と目的

2017 年 11 月から実践した「ミュージアムでまなぶ科学教室《3 回シリーズ》」において、博物館における新しい科学教育の在り方を STEM 教育という視座からプログラムを開発し検討を行ったものである。

2017 年度当初、静岡県初の県立自然系博物館であるふじのくに地球環境史ミュージアムは、2016 年 3 月に開館し 1 年を経過したばかりの若い博物館であった。ポストバブル期に設置された博物館のあり方に一石を投じるべく、ソフトパワーを重視した教育普及事業の展開を目指し、来館者各世代へのニーズに合わせた対応と、それぞれに向けた連続講座という形態のソフト事業を確立する必要があった。そのため、教育普及事業担当として、現職の中学校・高等学校籍の教師が二人配置されており、中等教育に関しては専門的に対応することができ、また、一般向けには 6 人の研究者がそれぞれの研究を生かし対応することができた。その一方、小学校とそれ以前の幼い子どもへの対応が専門職員の不在等により急務の課題となっていた。そこで、各世代へ向けた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》」を企画することになった。その際、博物館の特性を生かしながら、これからの科学教育を見据えて実施することを考えたとき、近年アメリカ合衆国などで実施され、日本でも取り組みが始まっている STEM 教育（森ほか　2017a 2017b、奥村・熊野　2017 など）を取り入れようと考えた。

そこで，本研究ではプログラム開発・実践の過程で、次のことがらについて調査することとした。

- 開発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)思考が育まれるようなプログラムになっているのか

三つのプログラム実践から得られたデータを上記の観点で検討することで、プログラムの STEM 化における問題点を洗い出し、博物館における STEM 教育プログラム開発と作成のモデルの確立を目指した。

６．１．２　実践の枠組み

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された。プログラムを STEM 化する場合，まずは、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ことが必要条件である。そしてただ、それらの活動を取り入れるだけでなく、意識的に「工学のプロセスを取り入れる」、「算数・数学の活動と技術の活用を取り入れる」,「コミュニケーション／コラボレーション活動を促す」ことが重要であると考えた（坂田・熊野　2018)。枠組みは以下のとおりである。

講座名：ミュージアムで学ぶ科学教室　《3 回シリーズ》
対　象：小学生　３０名　原則３回参加できること
開催日：第１回　２０１７年１１月３日(土)
　　第２回　２０１７年１２月２３日(土)
　　第３回　２０１８年　３月３１日(土)
時　間：各回とも 10：30～12：00
会　場：ふじのくに地球環境史ミュージアム　３F 実習室
申込期間：10 月 17 日(火)～10 月 26 日(木)　10：00～17：00
実践者：プログラム提供者、博士（研究者）
　　参与観察および補助のためのスタッフ３名　　計５名
プログラムの内容：いずれのプログラムも以下に①～④として示している種類の活動を基本の形とし組み立て、S，T，M，E の各領域の活動を取り入れた。この活動の流れは、NGSS の Science and engineering Practices の「8 つのプラクティス」を参考にしたものである。最後に用意した質問コーナーは、時間が足りない場合活動が終わった後で質問して良いということにした。

表 27　プログラムにおける基本の活動

活　動		S　T　E　M
①	観察を通して見つける活動・気付く活動	S
②	STEM ワークショップ	S
	計画する活動（調査方法のデザイン）	S　E　M
	試してみる活動	T　E
	より良いものを追究する活動	S　T　E　M
	アイデアを表現する活動	(A)
③	博士のお話	S
④	質問コーナー	S

※A は Art：芸術手的な活動を表す

申込先着順で参加者を募集し決定したところ、第 1 回から第 3 回までの回ごとの参加者とその学年構成は表 3 のとおりであった。小学生対象で、原則 3 回参加できる児童を募集したが、募集開始から 3 日ほどで予定数に達したので、あと 6 名ほど追加し、定員を 36 名とした。低～中学年の参加者がほとんどで、4 年生までで全体の 9 割を超えた。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。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。

表 28　参加者の数と学年構成

	1 年	2 年	3 年	4 年	5 年	6 年	計
総数	10	13	7	3	2	1	36
第 1 回	8	10	6	3	1	0	29
第 2 回	10	8	6	3	1	1	28
第 3 回	8	8	3	3	1	0	23

データとして、子どもたちの記述したワークシート、アンケート、子どもたちの会話の録音記録を採用した。

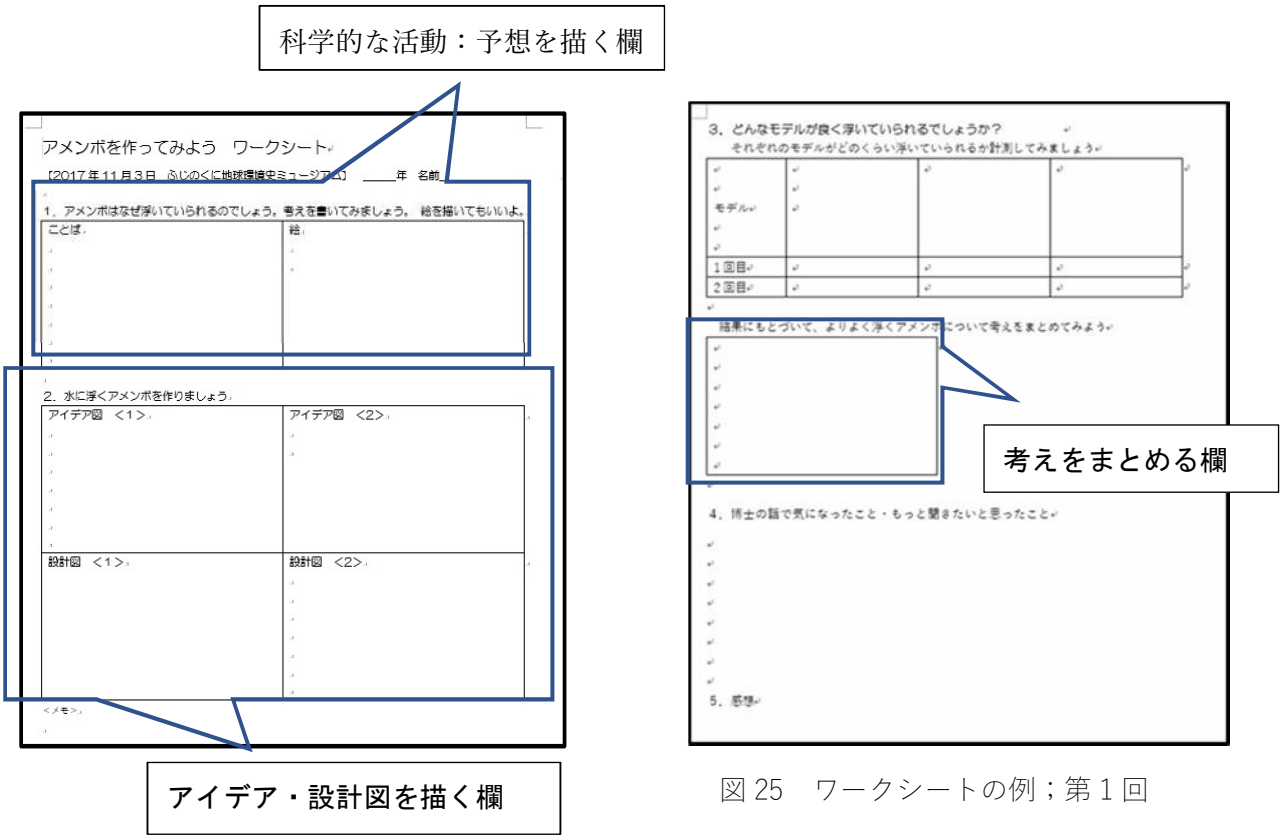


図 25　ワークシートの例；第 1 回

ワークシートでは、これまで同様、テーマとして取り上げた事物・生物を理解しているかどうか、科学活動の欄をもうけた。また、本研究では特に、工学的プロセスを取り入れるため「計画する活動：調査方法のデザイン」として、第 1 回では、モデルづくりの設計図を描く欄、第 2 回と第 3 回では、実験の仕方・アイデアを書く欄を設けた。また、第 1 回と第 2 回では自分の考えをまとめる欄、第 3 回では下絵・アイデア画を描く欄を設けその後に続く活動で、コミュニケーション／コラボレーションを活発に行えるようにと配慮した。

アンケートは初回の活動のはじめと、それぞれの回の終わりごとに行った。活動のはじめでは、「あなたの学校での活動や勉強についておしえてください」ということで尋ね、各回の終わりでは、「今日の STEM 教室での活動についておしえてください」ということで尋ねた。項目は前述した 4 つの C：Creativity, Critical thinking, Communication, Collaboration と Intrinsic Motivation（内在的モチベーション）の 5 項目で行った。回ごとに、活動内容に応じて若干言い回しの違いを作ったが、基本的な内容は以下の表にあるとおりである。「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。

表 29　アンケートの項目

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

また、各回とも、各グループの机上にレコーダーを置いて、活動中の子どもたちの会話を録音した。ワークシートとアンケートの結果を検討する際に、情報を補完するために使用した。そして、実践者による振り返りを行い、子どもたちの様子やプログラムの内容・流れなどについて、次の実践へとつながるよう検討した。

６．２　「アメンボ」をテーマとしたプログラムの実践

６．２．１　実践の結果

第 1 回のプログラムについて、基本的な枠組みを抑えつつ、具体的な流れを以下のように計画した。

①アメンボが水に浮いている姿を観察しよう（15 分）

②基本の針金製アメンボ（図 26）を水に浮かべることに挑戦しよう（65 分）

・アイデアを出し合う

・アイデアを絵にする

・グループで分担してモデルを作る

・試してみて、改良を加える

・すべてのグループ対抗で、最良のモデルを使って「浮いている時間コンテスト」をする

③アメンボという昆虫の生活の様子と体のつくりについて博士のお話を聞く

④博士への質問（③と合わせて 10 分）

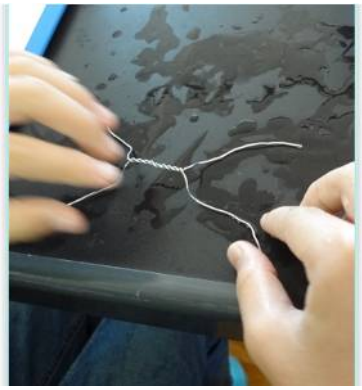


図 26　針金製のアメンボ

参加者は 29 名で、①アメンボの観察→②針金製のアメンボを水に浮かせる STEM ワークショップ→③, ④博士の話・質問コーナーという流れでプログラムを計画内容のとおり実践した。②の最後のアイデアを表現する活動では、班ごとに代表者を決めどのように工夫をしたのか発表して、どれくらい長く浮いていられるのか全体で一斉に計測した。

表 28－1　参加者の数と学年構成

	1 年	2 年	3 年	4 年	5 年	6 年	計
総数	10	13	7	3	2	1	36
第 1 回	8	10	6	3	1	0	29

a. ワークシートより

アイデア・設計図をかく欄に全員記述があった。そのうち 24 名は、2 つ以上のアイデアをかくことができた。①の観察から足に秘密があると考え、足先のつくりに工夫するものがほとんどだった。

考えをまとめる欄に記述があったのは 24 名で、5 名はなかった。

b.　アンケートより

この活動を通して、子どもたちの意識についてアンケートをした結果、t 検定を行ったところ統計的には 10 パーセント以下の危険率で有意義な差を推測できた。内在的モチベーションに関する質問について 3.87→4.55 に、創造性に関する質問に対して 3.60→4.18 に平均値の増加が見られた。コラボレーションは 3.80→3.59 と微減だった。

感想では、「アイデアがたくさん思いついてよかったです」「かんがえてつくるのがたのしかった」というものがあった。述部（前部および後部）に注目したところ以下の表 29 のようになった。「たのしかった」、「わかった」、「しった・しれた」、「よかった」と前向きな表現が多かった。

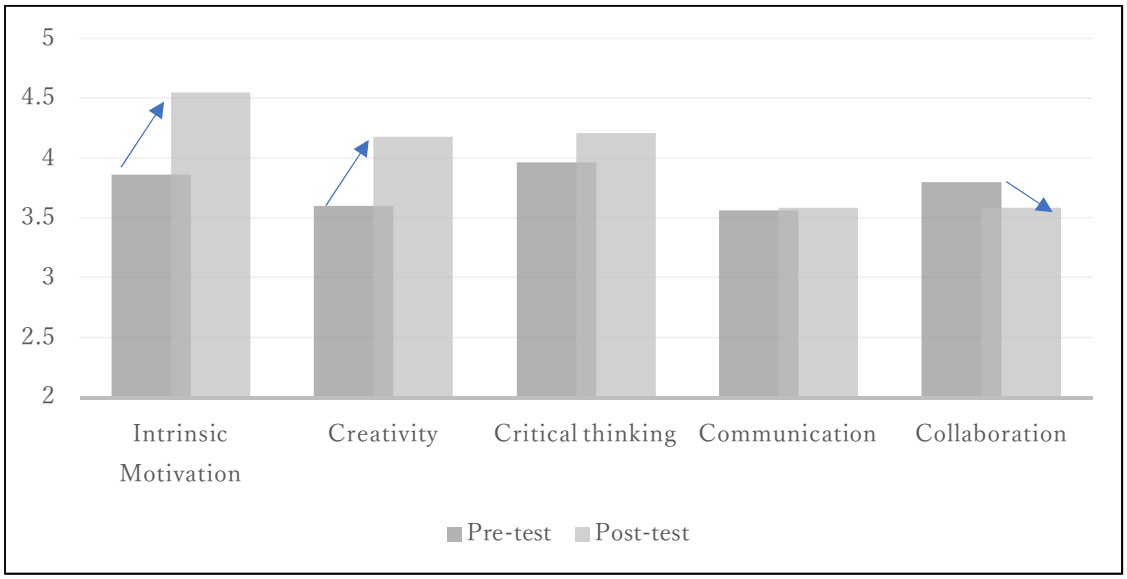


図 27　第 1 回アンケート結果

表 30　第 1 回の感想の述部

記述	数	記述	数	記述	数	記述	数
たのしかった	11	勉強になった	2	ふしぎがあった	1	しらべたい	1
わかった	6	やった・できた	2	きょうみをもった	1	またきたい	1
しった・しれた	5	うれしかった	1	おもいついた	1		
よかった	3	おどろいた	1	じっけんした	1		
おもしろかった	2	すごい	1	しらなかった	1		

６．２．２　考察

(1) 計画する活動：調査方法のデザインの取入れについて

第 1 回では、あらかじめアイデアを明確にしておくことで、その後の実験など確かめるための活動をスムーズに進行することができた。プログラムの中に、「計画する活動：調査方法のデザイン」を行う場を取り入れたことで、子どもたち自身が活動のデザインをしたため、どこに焦点をあてて活動の工夫をするのか明確になった。このことにより、その後の活動が主体的でスムーズに運ぶことが分かった。

(2)　技術の活用と算数・数学の活動の取入れ

「浮いている時間を計る」「時間の長さを比べる」という活動を算数・数学的な活動として取り入れた。活動のゴールである「より性能の良いものを作る」ことについて、これらの活動を取り入れたことで比較が容易に行え、判断がやりやすく次にどういう手立てするのか考えやすかったのではないかと考えられる。低学年であっても、結果をあいまいになりがちな言葉であらわすだけではなく、数値で表すことにより、考えることや活動推進の手助けになることがわかった。

(3) コラボレーション／コミュニケーションについて

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。アンケートによるとコミュニケーションは普段より盛んに行ったとする子どもたちが多かった。第 1 回は個人の活動が主であったが、会話の記録から、同じグループの子ども同士でアイデアの交換が行われていた。

(4) 内在的なモチベーションについて

第 1 回では、夢中になって活動できたとする子どもが増えたため、内在的なモチベーションを感じていたことが分かった。感想部分の記述では、いずれの回も、「たのしかった」「よかった」「おもしろかった」「うれしかった」と肯定的な感情面が表れており、このことが内在的なモチベーションにつながったのではないかと考えられる。また、「わかった」「しった・しれた」「やった・できた」とする子もいて、理解できたことへの達成感や満足感を感じている可能性があり、これも内在的なモチベーションにつながると考えられる。

(5) 創造性や判断的（批判的）思考について

創造性については、アンケートから増加したことが分かった。「アイデアがたくさん思い

ついてよかったです」などの記述があったことから、この活動は「浮く」という明らかな結果を求めるものであったので、子どもたちにとってアイデアを作り出す、刺激のある活動となったものと思われる。

判断的（批判的）思考について、子どもたちにとって、試したり失敗したりを繰り返しながら、より良い結果に向けて何回も試行錯誤をすることやまたその過程が、判断的（批判的）思考を行っているとすると考えられるので、アンケートでは微増であったが、この活動で判断的（批判的）思考を体験できたと言えるだろう。

６．３　「シャボン玉」をテーマとしたプログラムの実践

６．３．１　実践の結果

第２回のプログラム「われにくいシャボン玉をつくろう」の流れは以下のように計画した。

①基本となるシャボン玉液（水 200ml＋洗剤 20ｍｌ）を作り、シャボン玉を黒いシートの上で膨らませ、観察する（30 分）

②われにくいシャボン玉液をつくろう（50 分）

・アイデアを出し合う

・方法を決める

・グループで協力してシャボン玉液をつくる

・試してみて、改良を加える

・最良のレシピで作ったシャボン玉液を使って、われるまでに何分かかるかグループごとに競う

③シャボン玉の膜の特性とシャボン玉の形について博士からお話を聞く

④博士への質問（③と合わせて 10 分）

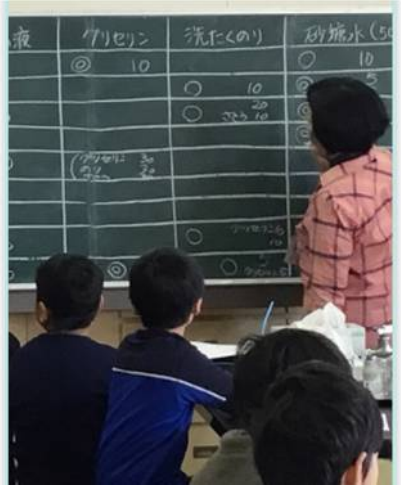


図 28　最良のレシピの発表

参加者は 28 人で、①シャボン玉の観察→②われにくいシャボン玉液をつくる STEM ワークショップ→③, ④博士の話・質問コーナーという流れでプログラムを計画内容のとおり実施した。子どもたちは、基本となるシャボン玉液をもとに、われにくくなるよう何種類かの物質を混ぜて、より良いシャボン玉液作りに挑戦し、われにくさを競い合った。

表 27－２　参加者の数と学年構成

	１年	２年	３年	４年	５年	６年	計
総数	10	13	7	3	2	1	36
第２回	10	8	6	3	1	1	28

a. ワークシートより

実験の仕方・アイデアをかく欄に記述があったのは 25 名で、全員だった。多くが、われにくいシャボン玉を作るためのレシピづくりをする過程で、何をどれだけ混ぜるか書いて

おり、混ぜる物質の種類を変えて試すアイデアが多かった。混ぜるものが同じ物質でも量を変えるというアイデアを書いている児童もいた。
考えをまとめる欄に記述があったのは 2 名で記述がなかったのは 23 名だった。

b.　アンケートより

この活動を通した子どもたちの変化について、 t 検定を行った結果、5%以下の危険率で有意差が認められた。全体として、平均値は微増だが、コミュニケーションに関する質問に対して、平均値の増加が 3.57→4.08 で少し大きかった。

感想では、「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」「みんなといろんなことができてよかったです」「よくしゃぼん玉の話がわかった」というものがあった。

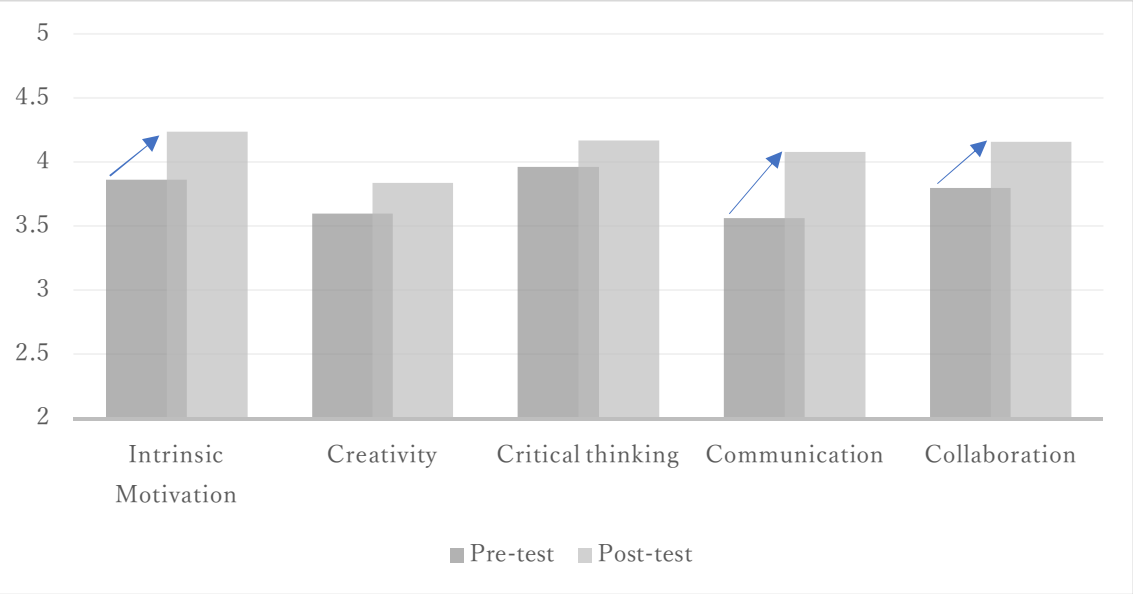


図 29　第 2 回アンケート結果

表 31　第 2 回の感想の述部

記述	数	記述	数	記述	数
たのしかった	6	できた	2	かわった	1
分かった	6	うれしかった	1	つくれる	1
よかった	5	おもった	1	グリセリンだった	1
しった・しれた	3	はつげんした	1		
びっくりした	2	できなかった	1		

６．３．２　考察

（1）計画する活動：調査方法のデザインの取入れについて

プログラムの中に、「調査方法のデザイン」を行う場を取り入れたことで、子どもたち自身が活動のデザインをしたため、何をどれくらい混ぜるのか事前に決めておくことで、何をすればいいのか分かり、主体的に動けていた。どこを工夫すればいいのか明確になったことにより、その後の活動が主体的でスムーズに運ぶことが分かった。

（2）技術の活用と算数・数学の活動の取入れ

「シャボン玉の大きさを測る」「われるまでの時間を計る」という活動を算数・数学的な活動として取り入れた。活動のゴールである「より性能の良いシャボン玉の液を作る」ことについて、これらの活動を取り入れたことで比較が容易に行え、判断がやりやすく、次にどういう手立てをするのかアイデアを出しやすかったのではないかと考えられる。この場合でもまた、数値で表すことにより、考えることや活動推進の手助けになることがわかった。

（3）コラボレーション／コミュニケーションについて

この活動も、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。アンケートによるとコミュニケーションは普段より盛んに行ったとする子どもたちが多く、コラボレーションも微増であるが、このような場を設定することが、子どもたち同士の学び愛を引き出すことにつながる可能性を示していると考えられる。

（4）内在的なモチベーションについて

第 2 回は、第 1 回に比べてテーマが非常に身近な「シャボン玉」だったためか、アンケートに、「すべて知っていたけど、やってみれば楽しかった」と書いている子どももいて、身近過ぎてはじめは興味がもてなかったのかもしれなかったが、「たのしかった」「うれしかった」「よかった」と肯定的な感情面が表れており、内在的なモチベーションをふやすことにつながったのではないかと考えられる。また、「わかった」「しった・しれた」とする子もいて、理解できたこと、発見できたことへの満足感を感じている可能性があり、これも内在的なモチベーションにつながると考えられる。

（5）創造性や判断的（批判的）思考について

両者とも、微増であった。アイデアを出して、実験を準備したらその後は実行して結果を記録する。そしてその結果を吟味して、次なるアイデアを出すという探究活動のサイクルに

より、アイデアを出す場面が子どもたちにとっては少なく感じたのであろう。試行錯誤も、一回の実験結果が出て次に移るときに行えたのだが、やはり時間の関係で実験そのものが何度もできなかったことが、アンケートの判断的（批判的）思考が伸びなかった原因だと考えられる。

６．４　「岩絵の具」をテーマとしたプログラムの実践

６．４．１　実践の結果

第３回のプログラム「石をけずって絵を描こう」の流れは以下のように計画した。

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ことを見つけ、その後小石はどうなるのか考える（10 分）

②石から絵の具を作ることに挑戦する（70 分）

・アイデアを出しあう

・絵の具作りの方法を決める

・いろいろな石で試してみて、塗りやすい絵の具を作る

・作った絵の具を使って作品を描く

③石にはいろいろな種類があって、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

④博士への質問（③と合わせて 10 分）

図 30　石をけずって絵の具の作成

参加者は 23 人で、内容の計画通りに、①写真を見比べる→②岩絵の具を作り、絵を描く STEM ワークショップ→③, ④博士の話・質問コーナーと活動を進めた。②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や自分は何を描くのかについて考え、工夫することができた。

表 27－3　参加者の数と学年構成

	１年	２年	３年	４年	５年	６年	計
総数	10	13	7	3	2	1	36
第３回	8	8	3	3	1	0	23

a. 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。改良点を書く欄を設けたが、ここに記述があったのは６名で、中には改良点１、改良点 2、改良点 3 と追加で記述した児童もいた。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。

考えをまとめる欄では、記述があったのが 18 名、なかったのが４名だった。

b.　アンケートより

この活動を通して子どもたちがどのように変化したかについては、 t 検定の結果統計的に 5 %以下の危険率で有意差が認められた。その中でも内在的モチベーションとコラボレーションに関する質問に対して、3.86→4.62、3.80→4.27 と平均値の増加が見られた。コミュニケーションに関する質問に対しても 3.57→3.93 と微増の傾向があった。

感想では、「知らない事が知っていることとむすびついてわからなかったなぞがとけた」「とてもよくできてうれしかった」などが書かれていた。

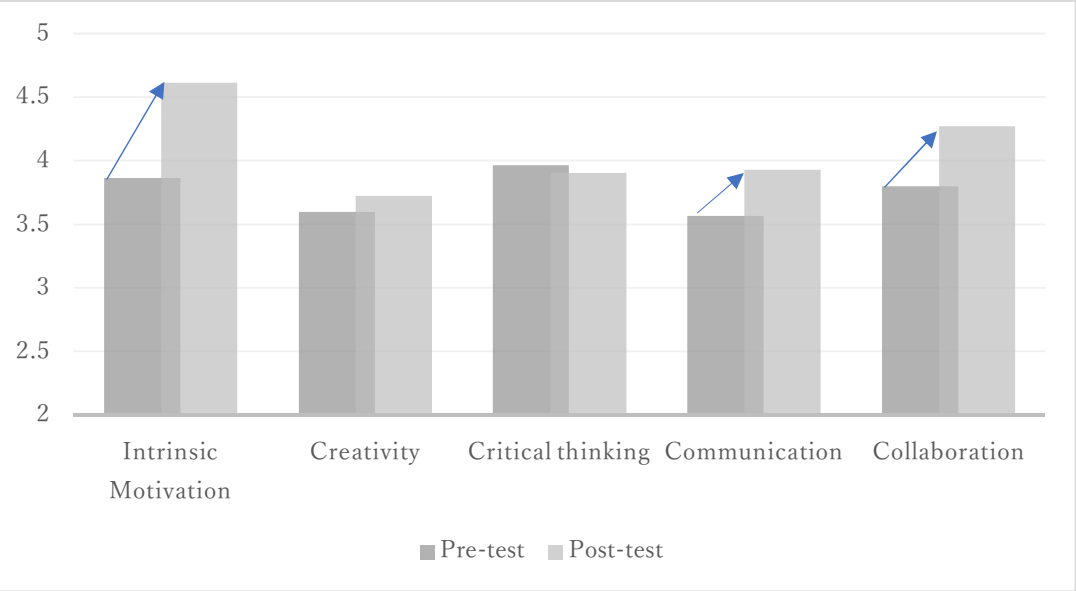


図 31　第 3 回アンケート結果

表 32　第 3 回の感想の述部

記　　述	数	記　　述	数	記　　述	数
たのしかった	3	分かった	1	つかなかった	1
うれしかった	3	なぞがとけた	1	良いけいけんになった	1
しった	3	びっくりした	1	ありがとうございました	1
よかった	1	すごい	1	きたい	1
おもしろかった	1	できた	1		

６．４．２　考察

（1）計画する活動：調査方法のデザインの取入れについて

効率よく石を削る方法について、あらかじめいくつかアイデアをもつことができて、その後の活動の展開をスムーズに進めることができた。このような活動をプログラム中に取り入れたことで、子どもたち自身が活動のデザインをしたため、工夫をする点が明確になり、その後の活動が主体的でスムーズに運ぶことができた。

（2）技術の活用と算数・数学の活動の取入れ

第 3 回では、「川原の石の大きさをスケールと比べる」活動を取り入れることができた。これは、算数・数学の活動であり、また、スケールとの比較から、川の上流から下流にかけてだんだんと岩石が小さくなっていくことが視覚的にとらえられ、科学的な推論の活動にもつながった。

岩絵の具を作る場合、岩石をかたいものとこすり合わせて粉々にしていく過程において、アルミナの粉の使い方、水の使い方、力加減など工夫しながら取り組むことができた。これは、人間が古来より使っていた手法でありそれを体験することで、子どもたちも技術を活用することができた。

（3）コラボレーション／コミュニケーションについて

この活動も、一人が作る岩絵の具は 1 種類であるが、グループ内で分担して何色か色を作り出す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」「協力し合う場面」を設定した。アンケートによるとコミュニケーションは普段より盛んに行ったとする子どもたちが多く、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。意図的に場を設定することで、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この活動からも明らかとなった。

（4）内在的なモチベーションについて

第 1 回と同様第 3 回も、夢中になって活動できたとする子どもが増えたため、内在的なモチベーションを感じていたようであった。感想部分の記述では、いずれの回も、「たのしかった」「うれしかった」と肯定的な感情面が表れており、このことが内在的なモチベーションを高めることにつながったのではないかと考えられる。また、「しった」とする子もいて、理解できたことへの達成感を感じている可能性があり、これも内在的なモチベーションにつながると考えられる。

（5）創造性と判断的（批判的）思考について

この活動では、アンケートから創造性の高まりはあまり見られなかった。これは、プログラム内容にもよるだろうが、自分たちで作った岩絵の具を使って絵を描いたところまで行ったことが、子どもたちにとっては、創造的な活動であると自覚できなかったからかもしれない。しかしながら、「知らない事が知っていることとむすびついてわからなかったなぞがとけた」という記述もあり、ある事柄とある事柄を結び付けられた（創造性）様子も見られたので、このような活動に慣れていくと、徐々に創造性は育成されていくのではないかと予想される。

判断的（批判的）思考は、試行錯誤として現れると考えられるが、最初に活動の計画を立て、途中で工夫しながらも粘り強く活動を続けるだけだと子どもたちは感じたのかもしれない。だから、「うまく行くように試したり考えたりした」と思えなかったと考えられる。確かにこの活動は、子どもたちにとって試行錯誤がしにくい活動であったかもしれないが、岩を削る作業の途中で工夫することもあったので、試行錯誤の体験はできたと考えられる

６．５　プロジェクトのまとめ

本研究では、2017 年度にふじのくに地球環境史ミュージアムで実践した「ミュージアムで学ぶ科学教室」のために行った 3 つの STEM 教育プログラムの開発に関する研究について記したものである。それらのプログラム開発と実践の過程で、博物館における教育プログラムの STEM 化の方策を探り、特に低学年を含む児童へのプログラム作成のモデルを確立することを目的とした。

計画をする活動：調査方法のデザインの取入れについて、プログラムの中に、「調査方法のデザイン」を行う場を取り入れたことで、子どもたち自身が活動のデザインをしたため、どこに焦点を絞って工夫をするのか明確になった。このことにより、その後の活動が主体的でスムーズに運ぶことが明らかになった。技術の活用と算数・数学の活動の取入れおいては、低学年では、結果をあいまいになりがちな言葉であらわすだけではなく、数値で表すことにより、比較することや考えることや活動の推進の手助けになることがわかった。

４Ｃについて、３回の実践を見通してみたい。まず、コラボレーション／コミュニケーションについて、3 回の活動はともに、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」「グループ内で協力する場面」を設定した。初対面の１回目より２回目、３回目と協力したり分担したりして、活動を進められるようになっていった(図 32)。また、活動の内容によって、コミュニケーションが行われる程度に差が認められたが、それでもアンケートによると普段より盛んに行ったとする子どもたちが多く、これらの場を設定することが、子どもたち同士の学びあいを引き出す鍵になると思われる。そしてこの様な学びのスタイルが、子どもたちの主体的で深い学びにつながるものになるのではないかと考えられる。文部科学省が新しい教育要領の考え方として示している 3 つの柱の 1 つ「どのように学ぶか」の学習スタイルへの示唆が行える可能性も見えてきた。

さらに、創造性、判断的(批判的)思考については、第 1 回の創造性の高まりを除いて、微増してはいてもアンケートからは明らかに増加しているとまでは言い切れなかった。これは、プログラム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かとも考えられる。感想部分の記述では判断的（批判的）思考の表れとも思える表現があったり、創造性の表れともとれる表現が見られたりしたので、この STEM 学習のような活動に慣れていくことで、徐々にこれらは育成されていく側面もあるのではないかと予想される。文部科学省が示した「主体的な学び」いつながるものであると捉えている内在的なモチベーションについては、毎回高い数値は示しているが、やはり、プログラムのテーマ設定や内容によって差が生じていることが分かった。

一つのプログラムだけで４Ｃ＋I.M.のすべての項目について効果を上げることは難しかった。つまり、これさえやればよいというプログラムは今のところ見いだせていない。したがって、多様なプログラムを用意し、幅広く STEM 教育を体験することで、基本的で重要なスキルや学びに向かう意欲を高めていくことができるのではないかと思う。

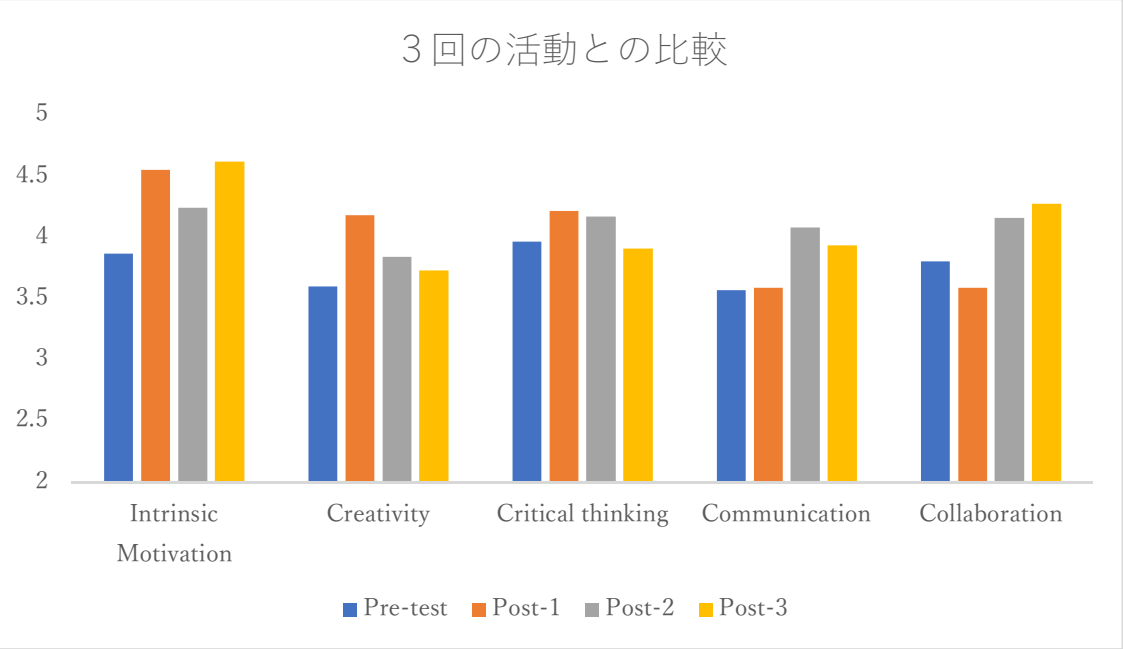


図 32　プレテストと３回の活動後のポストテストとの比較

今回の実践において、子どもたちが自ら活動のデザインをすることで「工学のプロセスを取り入れる」，子どもたちの探究活動の結果を明らかにするために「算数・数学の活動と技術の活用を取り入れる」，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促す」ことをプログラム開発の際、意識的にプログラムの中に位置づけた。そうすることにより、科学教育プログラムの STEM 化とその博物館における実践は十分可能であることが見いだされた。そして、博物館で行う新たな体験型教育プログラム、「STEM 教育プログラム」作成のモデルを以下のように示すことができた。

１．S,T,E,M の活動を取り入れ以下の様な流れで行う

①観察を通して見つける活動・気付く活動→

②STEM ワークショップ→

：「計画する活動：調査方法などのデザイン」を取り入れる

：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・数学的な活動と技術の活用を意識的に取り入れる

：ものづくり、モデルづくりなどで試行錯誤が生まれるような場を作る

③博士の話→④質問コーナー

2．グループでの活動を中心に行うが、その中に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

3．子どもたちにとって、取り組んでみたくなるような必然性やストーリーを設定する

また、今回は明らかにできなかったが、プログラムの中に盛り込んだ「博士からお話を聞く」という活動は、子どもたちを科学の世界に誘うことにつながり、このことが内在的モチベーションをより高めるのではないかということの検証、質問コーナーの意義等の検討も合わせて、今後のさらなる実践と研究につなげていきたい。

第 7 章　結論

７．１　研究成果のまとめ

プロジェクト＜1＞として第 4 章では、「砂」をテーマとした小学生を対象としたプログラムの STEM 教育化に挑戦した。そこで、STEM 教育化を図るときに、留意すべき点を予想して、最初の枠組みを示した。それに従ってプログラムを作成し 3 回の実践を行い、検討と改善を行ってきた。結果的には、体験したのは小学校低学年から一部中学生にまでに及んだが、ほとんどが小学校低学年から中学年の子どもたちであった。この実践と検討、改善の議論により、科学教育プログラムの STEM 教育化には以下の点について考慮することが必要であるというプログラム作成の方針を示すことができた。

１．S、T、E、M の活動を取り入れる

・活動の中に「調査方法のデザイン」を組み込む

：子どもたちの活動の主体性化、活発化を図るため

・「砂の構成物調査シート」のような数、量、長さなどに意識が向く仕組みを取り入れる

：算数・数学的な活動を積極的に取り入れるため

２．チーム内やチームを超えて、発表したり表現したりするような場面を設定する

：コミュニケーション／コラボレーションを活性化するため

３．ものづくりなど試行錯誤が生まれるような場を作る

：工学的なプロセスの体験につなげるため

４．子どもたちにとって、取り組んでみたくなるような必然性やストーリーを設定する

：子どもたちの Intrinsic Motivation（内なる前向きの気持ち）を高め主体的な学びにつなげるため

５．活動からどんな概念を学ぶのか、何を学べるのかということを意識して活動を構成する

：確実な科学の学びにつながるよう、科学の領域の核となる概念、領域横断的な大切な概念を学ぶため

この、研究成果をもとにして後に続くプロジェクト＜2＞、プロジェクト＜3＞ではプログラムの STEM 教育化を図り、幼児期における公教育の場、学童期におけるインフォーマルな教育の場での実践的研究を行った。

プロジェクト＜２＞では、幼児教育の現場で定期的に STEM 教育の実践を行うとしたらどんなことができるのか、どんな方法で行うのが良いのかを明らかにするために、ゆりかご

保育園でアクション研究を行った。保育園の状況を踏まえた上で、保育士たちの積極的な関与を得て、保育士との研究プロジェクトとして研究を計画し、プロジェクト＜１＞で得た方針を基盤とし、プログラム作成と実施を行った。これまでの幼児への科学教育に関する研究と成果から、身近でなじみのある素材を用いることにし、とくに幼児への教育であること、1 時間の活動であることを配慮し、上述の第 1 項目「S、T、E、M の活動を取り入れる」ことに重点を置いた。S、T、E、M それぞれの活動について、S：何かを発見する、見つける活動、T：道具、技術を使う活動、E：デザイン、手順を決める、試行錯誤をする活動、M：はかる、数える、比べる活動とした。そうすることで、第 3 項目に関連させた。そして、少人数で行い協力する場面を設定することで第 2 項目にも関連させた。さらに、Art：美術芸術の側面も取り込むことにした。これは絵をかいたり作品を作ったりするとき、子どもたちは、より美しいものより良いものを作ろうとし、子どもたちのやる気（Intrinsic Motivation）が引き出されるのではないかと考えたからである。また、21 世紀型スキルズの 4 つの C については、第 5 章（５．６）に示したように、これらを使って活動できるようにデザインしたところ、これらの枠組みによって作られたプログラムを体験することで、子どもたちは、創造性、判断的(批判的思考)：試行錯誤、コミュニケーション／コラボレーションを促進する活動を体験できた。また、活発な言語活動や、アイデアの発現、様々な表現が見いだされ、これらの活動が子どもたちにインパクトを与え、スキルや能力開発にかかわるさまざまな経験をもたらしていることが予想できた。これらの活動を通して、幼児期におけるプログラムの STEM 教育化の方針を以下のように示すことができた。

１．科学、技術、工学、算数(数学)の活動を多層的に取り入れる
　・S: 何かを発見する、見つける活動
　・T: 道具、技術を使う活動
　・E: デザイン、手順を決める、試行錯誤をする活動
　・M: はかる、数える、比べる活動
２．Art（美術、芸術）の側面も取り込む
３．少人数で行い協力して作業する場面を設定する
４．子どもにとって扱いやす素材を使用する
５．身近でなじみがある素材を用いる

プロジェクト＜３＞では、博物館における連続講座の一環である「ミュージアムで学ぶ科学教室」において、プログラムの STEM 教育化を図り、プロジェクト＜1＞で得た方針を基盤としながら、開発したプログラムで、子どもたちが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（Intrinsic Motivation）と創造性、判断的（批判的）思考が育まれるのかに注目して研究を

行った。3 回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「分担して作業する場面」「協力する場面」「グループ内で意見をまとめる場面」「グループごとに結果を発表する場面」を設定することにより、コラボレーションに関しては、徐々に活発に行われる傾向が見られた。コミュニケーションも、回ごとの差異は認められたが、普段の学校生活より多く行われたことが分かった。プログラム中にこれらの場を設定することが、子どもたち同士の学びあいにつながり、主体的で深い学びにもつながるものと考えられた。創造性と判断的（批判的）思考については、回ごとに差異が見られ、時系列の変化としては捉えにくいものであった。この差異は、プログラムで取り上げるテーマによる違いだったり、子どもたちがそれらの体験を自覚していなかったりしたからかも知れず、感想の分析からは、それらの活動や思考を体験している様子がうかがえた。

前述の二つのプロジェクト同様、「計画する活動：調査方法のデザイン」を取り入れたことで、子どもたち自身が活動のデザインをしたので、どのように活動を進め、どこに焦点を当てて工夫をすればよいのかが明らかとなり、その後の活動が順調に進んでいった。このことは探究的なプロセスのみならず、工学的なプロセスも体験できることを示唆すると考えた。そして博物館における「STEM 教育プログラム」作成の方針を以下の様に示した。

1. S、T、E、M の活動を取り入れ以下の様な流れで行う
   ①観察を通して見つける活動・気付く活動→
   ②STEM ワークショップ→
   :「計画する活動：調査方法などのデザイン」を取り入れる
   :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・数学的な活動と技術の活用を意識的に取り入れる
   :ものづくり、モデルづくりなどで試行錯誤が生まれるような場を作る
   ③博士の話→④質問コーナー
2. グループでの活動を中心に行うが、その中に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
3. 子どもたちにとって、取り組んでみたくなるような必然性やストーリーを設定する

研究者・科学者が直接かかわることができ、専門性の高い科学教育が行えるという博物館ならではの利点を活かすことができるプログラム作成モデルを示すことができたと思う。

以上、プロジェクト＜1＞で得られた STEM 教育プログラム作成の枠組みを基本の方針として、プロジェクト＜2＞では、公教育の場における幼児教育へのプログラムとして、プロジェクト＜3＞では、博物館における小学生へのプログラムとして、それぞれの方針を示

すことができた。またこれらのアクション研究を通して、実際に行うことが可能な STEM 教育のモデルプログラムを８つ提示することができた。それらのテーマは「砂」「種」「ソーマトロープ」「糸でんわ」「色分け：ペーパークロマトグラフィー」「アメンボ」「シャボン玉」「岩絵の具」である。

７．２　STEM 教育の導入とその効果について

本研究により見えてきた、STEM 教育の日本の文脈への導入とその効果につて、当初設定した研究課題を検討する形で述べたいと思う。

まず、STEM 教育を導入すると、S：科学、T：技術、E：工学、M：数学（本研究は低学年に子どもたちが対象なのであえて算数・数学とした）を統合した学習を目指し、NGSS が示しているように子どもたちの学びを 3 つの側面、プラクティス（科学的かつ工学における実践的な学び)、領域における重要な考えの学習、領域を超えた共通した核となる概念の学習、から作り上げていくことになる。そして、STEM 教育は 21 世紀型スキルズを科学教育で実現するために行われるべき教育の在り方なので、21 世紀型スキルズが育成されることがその目的となる。しかしながら、第 2 章（２．３）で述べたが、21 世紀型スキルズは多岐にわたるため、本研究では基本的で重要とされる 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：コラボレーションに注目した。

STEM 教育の先進地アメリカ合衆国のミネソタ州、アイオワ州、ワシントン州においては、授業をアメリカのそれぞれの州の文脈の中で STEM 化するだけではなく、学校のカリキュラム全体を大きく STEM 教育へとシフトしている実例を見ることができた。また、博物館等で行われている短期間で、単元のまとまり程度の量の STEM 授業（サイエンスキャンプなど）の実例を見たり、アイオワ・チルドレンズ・ミュージアムではスタッフとしてかかわったりすることができた。日本において STEM 教育を取り入れるとしたら、後者つまり、博物館等で行われている短期間で、単元のまとまり程度の量の STEM 授業（サイエンスキャンプなど）が、現実的ではないかと考えられた。そこで、プロジェクト＜2＞、プロジェクト＜3＞では、そのような授業のスタイルをイメージして、プログラムを開発したのである。

本研究そのものが試行錯誤の連続であったが、その試行錯誤により、本章（７．１）で　前述したように研究の成果として、日本における、今回の研究対象の文脈での STEM 教育の姿、作成の方針、８つのモデルプログラムを示すことができた。博物館や科学館、生涯学習センター等では単発、あるいは連続どちらのスタイルの STEM 教育プログラムも導入が可能であること、また幼児教育の現場でもどちらのスタイルでも導入が可能であることが示せた。しかしながら、体験的に学ぶということは、同じ考え方で開発されたプログラムの回を重ねることで学びやスキルが深まるものだとするならば、単発で行うプログラムよりは、連続講座のほうがよりのぞましいと考えられる。その点において、幼児教育での連続講座は継続が可能でありさらなる実践とその結果から得られる成果に期待が持てるものである。また、科学館・博物館等の社会教育施設でも、今実現している連続ものの科学教室を STEM

教育化できるとしたら、日本の文脈において STEM 教育の導入は可能であると言えるだろう。

静岡大学が実施している STEM アカデミーの枠組みで、筆者が実践した「ミニロボットをテーマとした STEM 教室」(藤枝市、牧之原市)、「色素発電をテーマとした STEM 教室」（静岡科学館）では、より高学年から中学生を対象としたプログラムを実施した。本研究では、幼児から低学年を中心対象とした実践であったが、これからはより高学年も視野に入れて、幼児から高校生までに対応できる STEM 教育の在り方を模索していきたいと考えている。しかしながら、学校教育への導入については、単発ではなく連続講座という形での導入は今の段階では難しいかもしれないので、どのような形態ならば導入が可能なのかということを検討することは、これからの課題と言えるだろう。

STEM 学習における学習内容に関して、日本の文脈において、学校教育では、生きて働く知識・技能を習得していくことが求められるが、これはこれまでの教科の内容に準拠している。今回研究対象とした幼児教育の場とインフォーマルな教育の場においては、学校教育の内容を参考にして、逸脱してしまわないように配慮しながら、広く科学的な事柄をテーマとして採用することができた。子どもたちの興味や関心、日本における教育の基本的な方針を配慮しさえすれば、いろいろな内容のプログラム開発が可能であると言えるだろう。

STEM 教育プログラムの体験による子どもたちへの影響について、本研究では、21 世紀型スキルズの中の基本的な 4 つの C：創造性、判断的（批判的）思考、コミュニケーション、コラボレーションと、Intrinsic motivation：内なる前向きな気持ち（内在的なモチベーション）について検討した。それぞれのプログラムの活動の中には、4 つの C を体験することをねらう活動の設定を行った。それらの体験と習得に関して、プログラムのテーマや内容の違いによりばらつきが見られ、一つのプログラムで、4 つの C のスキルすべてが同時に子どもたちに活用され、子どもたちの習得につながっているということは示せなかった。しかし、プログラムによっては、あるスキルをより多く活用していたり、また別のプログラムでは他のスキルを多く活用していたりすることを示すことができた。このことは、プログラムを一回程度体験するだけでは、スキルの習得までにはつながらず、また領域が偏ってしまったのでは、これも 4 つの C のスキルにわたるバランスの良い発達、習得につながるとは言いきれない。このことは、幅広く多様な STEM 教育プログラムを用意することで、STEM 教育は子どもたちのスキル向上に資することができることを表しており、将来理科や科学を学ぶ子どもたちへの導入には意義があることを示している。これはまた、幼児から高校生まで、このような取り組みが可能であることを示しており、広げていく必要があることを示唆している。

また、Intrinsic motivation ：内なる前向きな気持ち（内在的なモチベーション）については、アンケートを取ったどの活動でも数値は増加しており、このようなプログラムが子ども

たちのやる気を引き出していることが分かる。アンケートを取らなかったゆりかご保育園での実践においては、実践者たちの振り返りとその検討からも、「子どもたちが飽きずに最後まで活動できた」「いろいろなことに挑戦してみようと積極的に活動できた」など挙げられ、教師用の評価シートからも「意欲的に取り組めている」ことが明らかになったので、ここでの活動もまた、子どもたちのやる気と熱心さを引き出すことができたと考えられる。したがって、子どもたちへのインパクトとして、このような学びが、主体的で深い学びにつながるような教育活動になっているということができるだろう。これもまた、STEM 教育導入の意義と言える。

最後に、今回の研究では STEM 化された科学教育プログラム開発ということで、「砂」をテーマとしたもの、ゆりかご保育園での 4 つの実践プログラム、博物館での 3 つの実践プログラムとあわせて 8 つのプログラムを示すことができ、それぞれの教育の場における具体的な STEM 教育の有り様を描くことができた。これらは、日本において既に実施しているあるいは実施可能な科学教育プログラムを、このアクションリサーチを通して STEM 教育化を図り開発したものである。STEM 教育の導入においては、まったく新しい授業を作るというよりは、第 4 章で得た知見を考慮すべき点・方針としてとらえ、STEM 教育化を試みることがより現実的ではないかと考えられる。その場合でも教師側の積極的な取り組みが求められることは明らかであり、これからは教師への啓発活動や研修が必要になるのではないかと考えられる。ゆりかご保育園では、評価シートを作成したり、プログラムテーマのアイデアを出し合ったりなど保育士たちとの協働の中から、保育士側の要望で保育士への研修が行われており、すでに STEM 教育導入の次の段階へと進んでいる。ここでの研究の進み方が、これからのモデルケースになるのではないかと考えている。そして、今後も継続的にアクション研究を展開することにより、さらなる発見が見いだせるとと言えるだろう。

第８章　おわりに

８．１　教育実践への提言

これまで述べてきた、幼児から小学生への STEM 教育プログラムの開発と実践から、教育実践に関して以下のことを提案する。

1．STEM 教育は、これからを生きる子どもたちへの科学教育として、新たな一部分となり得る。
2. STEM 教育化を図る場合、一つの学習活動プログラムの中で、S,T,E,M 各領域の活動を行うことを目指すだけではなく、技術の活用、数学・算数的な活動を多層的に組み込むように意識する。
3．プログラムの一連の流れにおいて、工学的な手法で子どもたちの活動が深まるように試行錯誤の場を設定する。また、デザインを伴う活動を取り入れる。
4．活動は基本的に少人数のグループで行う。しかし、グループ学習を行うだけではなく、一人で取り組むことやグループを超えて全体で取り組むことなど、文脈に対応したいくつかのスタイルを組み合わせで行う。
5．プログラムのテーマと、領域を超えた大切な概念を意識したプログラムを作成する。
6．子どもたちにとって、取り組んでみたくなるようなストーリーや必然性を設定し、子どもたちが意欲的に取り組めるように工夫する

また、このようなプログラムを体験することで、「領域を横断する大切な概念（Crosscutting　Concepts）」としてどんな概念を学べるのか、「各領域の核となる考え方（Disciplinary Core Ideas）」として何を学べるのかということを意識して活動を構成することが必要であることを申し添えたい。これにより、これまでの体験型の教育にありがちな、体験重視だけであるとの批判、楽しいだけの活動ではないかとの批判も当たらない質の高い科学教育プログラムになると考えるのである。

更に、子どもたちにとって、ものづくりの場面で体験するような試行錯誤を繰り返し、その結果として何かしらアイデアを具現化するようなものを手に入れる活動が、工学的なプロセスの体験につながり、そのプロセスが科学的探究のプロセスと同様、新しいアイデアや考えを手に入れることに役立つものと考える。したがって、子どもたちのこれからの学びになくてはならず、教育において十分重視されるべき事柄であると考えるのである。

しかしながら、これからの日本の科学教育において、STEM 教育は必要条件になり得ると考えられるが、必要十分条件になるとは考えていない。これまで行われてきた学校教育の枠組みにおいては、その一単元あるいは一部を STEM 教育化していくことが望ましいと考えるのである。

８．２　今後の展望および課題

本研究によって、日本の幼児教育およびインフォーマルな場における科学教育へのSTEM 教育導入の可能性を示すことができた。そして、学習指導要領によって明示された、学習の方向性における三つの柱「何ができるようになるか」「何を学ぶが」に相当する資質・能力を高める可能性と、「どのように学ぶか」に相当する学び方のスタイルを示唆するかの可能性についても示すことができた。

しかしながら、これまで、行ってきた実践は、プロジェクト＜1＞では３回、プロジェクト＜2＞では８回、プロジェクト＜3＞では６回であるが、今回研究としてまとめたものは、それぞれ、プロジェクト＜1＞が３回分、プロジェクト＜2＞が４回分、プロジェクト＜3＞が３回分と、まだまだ少ないのが現状である。今後は、プロジェクト＜2＞およびプロジェクト＜3＞において、実践した成果をまとめながら、同様の実践的、質的研究を積み上げていきたい。また、これまで開発したプログラムを、プロジェクト＜1＞のように、違った教育の場・異なる状況で実践することを通して、STEM 教育の本質と日本におけるより良いSTEM 教育のあり方について更なる研究を進めていきたいと考えている。

そして、これまでの研究では、それぞれ、同一集団への実践が連続講座であっても３回あるいは 4 回だけに留まっている。このような状態でも、科学館や博物館などの社会教育施設における実践には参考になると考えられる。STEM 教育は、インフォーマルな場での取り組みが期待されるが、幼児教育の場でも同様に実践が可能であると考える。そこで今後は、いずれの場においても、より長期にわたる STEM 教育の取組について、実践可能な形態と併せて、長期に体験することで子どもたちがどのように変化していくのかということに注目して研究したい。その際、子どもたちへのアンケートや、保育士、協力してくれたスタッフたちとの振り返りの視点として取り入れた、21 世紀型スキルズの４つの C を評価の視点として、本研究と同様に評価やプログラム作成の際の拠り所として使用し、より洗練していきたいと考えている。今後のさらなる研究では、評価の在り方を確立していく必要があり、それにはルーブリックを作成し、評価シートとして使用している、プロジェクト＜２＞での取り組みが参考になるのではないかと思う。

これらの課題に一つ一つ取り組むことで、日本の文脈に対応した科学教育における新たな教科横断的な教育として STEM 教育の確かな姿を示し、その導入を提案することができると考える。そして、子どもたちの学びがより深まり、より楽しいものになることを期待したいのである。

引用文献・参考文献

第 1 章

坂田尚子・熊野善介,(2004) 幼稚園における科学教育の現状とこれからの展望 - 静岡大学附属幼稚園、静岡市アソカ幼稚園の事例を通して - *科学教育研究,* 28 (5), 306 - 313

坂田尚子・熊野善介,(2006) 幼児を対象とした科学教育アクティビティ作成のビジョンに関する研究, *科学教育研究*, 30 (1), 3 - 13.

坂田尚子・田宮縁・田中千佳子・熊野善介 (2009). アースシステム教育現職教員研修プログラム 33, 保育園・幼稚園の園内研修における取り組み, *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　平成 17 年度～20 年度科学研究費補助金（基盤研究（A））研究成果報告書*, 405 - 414.

坂田尚子・田宮縁 (2008)*「ふしぎ！」を見つけ感性を育む　こども環境教育のてびき* 静岡市清流の都創造課.

坂田尚子・長澤友香(2016)　科学館における幼児とその保護者のための体験型プログラムに関する研究, *日本科学教育学会年会論文集,* 40, 333 - 334.

坂田尚子(2018)　科学館における幼い子どもとその保護者のための体験型科学教育プログラム開発に関する研究, *日本サイエンスコミュニケーション協会誌*, 8 (1), 30 - 36.

坂田尚子・佐渡友陽一・佐渡友章子・中川芳一 (2011)　動物園における幼児のための科学教育的活動について, *日本科学教育学会年会論文集,* 35, 313-314.

佐渡友陽一・佐渡友章子・斉藤和江・坂田尚子・杉山久征・中川芳一 (2014) 子と親の成長を支援する動物園親子教室―お金を払って動物園に学びに来る人々―, *日本動物園水族館教育研究会論文集,* 55, 5 .

佐渡友陽一・佐渡友章子・斉藤和江・坂田尚子・杉山久征・中川芳一 (2015) 子と親の成長を支援する動物園親子教室, *日本動物園水族館教育研究会誌*, 22, 9 - 14.

文部科学省 (2005) 中央教育審議会答申 (平成 17 年 1 月 28 日)「子どもを取り巻く環境の変化を踏まえた今後の幼児教育の在り方について」, http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo3/004/siryo/attach/1401289.htm

文部科学省 (2006)　幼児教育振興アクションプログラム, http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/youchien/07121721/001.htm

井上美智子(2009) 幼児期の環境教育研究をめぐる背景と課題. *環境教育*, 19(1), 1_95-108.

小谷卓也 (2010) 幼児期におけるプロセス志向探究型科学教育の研究動向― Science Process Skills による幼児期の科学教育の提案―. *教育福祉研究,* 36, 8-18.

小谷卓也 (2010) 保育の要素化と再構成モデルによる幼児期の科学教育の試み: 幼大教員の連携による幼小 (低学年) を一貫した科学教育としての保育開発を事例として (<特集> 近畿支部). *物理教育*, 58(4), 224-230.

北野幸子（2008）「音」 を探求する遊びの構想: 保育実践と教材（オモチャ）の紹介. *日本理科教育学会全国大会要項 58*, 108.

北野幸子・田中孝尚・中川茜（2012）幼児対象の科学絵本の実態と活用の可能性. *日本科学教育学会年会論文集* 36, 95-96.

月僧秀弥・稲垣裕介・早武真理子・伊佐公男・葛生伸・淺原雅浩（2016）幼児向け科学教育プログラムの開発とその評価の試み―ものの浮き沈みに関する実験を例として―. *科学教育研究*, 40(4), 325-333.

文部科学省（2017）幼稚園学習指導要領.

文部科学省（2017）小学校学習指導要領.

National Research Council (2010). *Exploring the Intersection of Science Education and 21st. Century Skills*, Washington, D.C.: National Academy Press

NSTA(2011) Quality Science Education and 21st-Centry Skills, *NSTA position Statement.*

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

NGSS Lead States. (2013) *Next Generation Science Standards for States by States*. Washington, D.C..

Bybee, R. W. (2013) *TRANSLATING the NGSS for CLASSROOM INSTRUCTION.* VA: NSTE Press.

NSTA (2013) Next Generation Science Standards, *NSTA position Statement.*

National Research Council (2015) *Guide to Implementing the Next Generation Science Standards,* Washington, D.C..

Yager, R.E., and Brunkhorst, H. (Eds.). (2014) *Exemplary STEM Programs: Designs for Success.* Arlington, VA: NSTA Press

Katz, L. G. (2010) STEM in the Early Years, *SEED Papers,* http://ecrp.Illinois.edu/beyond/seed/katz.html

Vasques, J. A., Snider, C. C., and Comer, M. (2013) *STEM Lesson Essentials –Integrating Science, Technology, Engineering, and Mathematics,* Heinemann.

坂田尚子・熊野善介（2017）アメリカ合衆国における低学年での STEM 教育の現状と日本での実践可能性についての検討. *日本科学教育学会年会論文集,* 41, 91-92.

Roekel, D. (2015) *An Educator's Guide to the "Four Cs", Preparing 21st Century Students for a Global Society.* Washington D.C.: National Education Association. http://www.nea.org/tools/52217.htm.

Ryan, R. M. and Deci, E. L. (2000) Self-Determination Theory and the Facilitation of Intrinsic

Motivation, Social Development, and Well-Being. *American Psychologist,* 55(1), 68-78
Sneiderman, J.M. (2013) Engaging Children in STEM Education EARLY! *Natural Start.* North America Environmental Education

第 2 章

坂田尚子, 田宮縁, 田嶋太, & 岡田知子(2008) 課 09-4 行政との協働 「こども環境教育のてびき」 作成と実践について *日本理科教育学会全国大会*, 58, 109.
坂田尚子, 佐渡友陽一, 佐渡友章子, & 中川芳一(2011) 動物園における幼児のための科学教育的活動について.*日本科学教育学会年会,* 35, 313-314.
坂田尚子(2018) 科学館における幼い子どもとその保護者のための体験型科学教育プログラムに関する研究, *日本科学コミュニケーション協会誌*, 8（1）, 30-36
文部科学省（2005）中央教育審議会答申（平成 17 年 1 月 28 日）「子どもを取り巻く環境の変化を踏まえた今後の幼児教育の在り方について」 http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo3/004/siryo/attach/1401289.htm
文部科学省（2006） 幼児教育振興アクションプログラム http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/youchien/07121721/001.htm
D.J.ハーレン・M.S.リプキン（2007）*『8 歳までに経験 しておきたい科学』* 深田昭三・隅田学 監訳 北大路書房
井上美智子（2009）幼児期の環境教育研究をめぐる背景と課題. *環境教育, 19*(1), 1_95-108.
小谷卓也（2010）幼児期におけるプロセス志向探究型科学教育の研究動向― Science Process Skills による幼児期の科学教育の提案―. *教育福祉研究*, (36), 8-18.
小谷卓也（2010）保育の要素化と再構成モデルによる幼児期の科学教育の試み: 幼大教員の連携による幼小（低学年）を一貫した科学教育としての保育開発を事例として（< 特集> 近畿支部). *物理教育, 58*(4), 224-230.
北野幸子. (2008). 「音」 を探求する遊びの構想: 保育実践と教材（オモチャ）の紹介. *日本理科教育学会全国大会要項,* 58, 108.
北野幸子・田中孝尚・中川茜（2012）幼児対象の科学絵本の実態と活用の可能性. *日本科学教育学会年会論文集,* 36, 95-96.
板橋夏樹（2015）幼稚園におけるエネルギー教育導入の可能性に関する一考察. *日本科学教育学会年会論文集,* 39, 226-227.
月僧秀弥・稲垣裕介・早武真理子・伊佐公男・葛生伸・淺原雅浩（2016）幼児向け科学教

育プログラムの開発とその評価の試み―ものの浮き沈みに関する実験を例として―. *科学教育研究*, 40(4), 325-333.

株式会社トータルメディア開発研究所(2015) 教育普及コーナーの動向について, *平成 26 年度先進事例の紹介～国内の国立・県立博物館の教育普及コーナー～*, 10 - 25,

染川香澄(2015) 教育普及事業の今後の動向～利用者ニーズの多様性と新しい来館者層の開拓～, *平成 26 年度先進事例の紹介～国内の国立・県立博物館の教育普及コーナー～*, 30－32, 2015

坂田尚子・長澤友香（2016）科学館における幼い子どもとその保護者のための体験型プログラムに関する研究, *日本科学教育学会年会論文集*, 40, 333-334

小川義和(2011) 科学的リテラシーの涵養に関する科学系博物館の教育事業の開発・体系化と理論構築, *(基盤研究（A）)研究成果報告書*,

齊藤恵理.(2006). チルドレンズミュージアムの動向；海外・国内の事例, イマドキ・キッズの遊び場, 学び場　どのようなチルドレンズミュージアムを創るか？, *BEAT（ベネッセ先端教育技術講座）第 5 回公開研究会レポート*, http://fukutake.iii.u-tokyo.ac.jp/archives/beat/seminar/025.html

小舘誓治, 八木剛, & 小林美樹. (2011). 兵庫県立人と自然の博物館の Kids プログラム--「キッズひとはく推進室」 のスタート（特集 子ども向けプログラム). *博物館研究*, 46(11), 9-11.

National research Council (2012) *A framework for k-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas.* Washington DC; The National Academy Press

National Science Teachers Association (2011) *Quality Science Education and 21st-Century Skills*, NSTA Position Statement

Bybee, R. W. (2013) *TRANCELATING the NGSS for CLASSROOM INSTRUCTION.* VA: NSTA Press.

Bybee, R. W. (2014) NGSS and the Next Generation of Science Teachers, *Journal of Science Teacher Education.*25 (2), 211-221.

Yager, R. E., & Brunkhorst, H. (Eds.) (2014) *Exemplary STEM Programs: Designs for Success.* VA: NSTA Press.

Roekel, D. (2015) *An educator's guide to the four Cs. Preparing 21st century students for a global society.* Washington D.C.: National Education Association. http://www.nea.org/tools/52217.htm.

Lindeman, K. W. & Anderson, E. M., (2015) *Using Blocks to Develop 21st Century Skills*.

NAEYC, https://www.naeyc.org/resources/pubs/yc/mar2015/using-blocks
National Research Council. (2015). *Guide to Implementing the Next Generation Science Standards* Washington DC; The National Academy Press.
Katz, L.G. (2010) STEM in the Early Years, *SEED Papers*, http://ecrp.Illinois.edu/beyond/seed/katz.html
Vasques, J. A., Snider, C. C., and Comer, M. (2013) *STEM Lesson Essentials –Integrating Science, Technology, Engineering, and Mathematics*. Heinemann.
坂田尚子・奥村仁一（2017）アメリカでの STEM 教育視察調査の概要，*熊野善介編　日本及びアメリカにおける次世代型 STEM 教育の構築に関する理論的実践的研究　【基盤研究（B)】研究成果中間報告書*（課題番号　16H03058），1，1‐27.
坂田尚子（2018）平成 29 年度米国 STEM 教育調査報告書，*熊野善介編　日本及びアメリカにおける次世代型 STEM 教育の構築に関する理論的実践的研究　【基盤研究（B)】研究成果中間報告書（その２）*（課題番号　16H03058），3，106‐114.

第 3 章

Reason, P., & Bradbury, H. (Eds.). (2001) *Handbook of action research: Participative inquiry and practice*. Sage.
Creswell, J. W. (2012) Educational research. *Planning, conducting, and evaluating quantitative and qualitative research*. Pearson English Inc., Boston MA.
Manfra, M. M (2009) Action Research: Exploring the Theoretical Divide between Practical and Critical Approaches. *Journal of Curriculum and Instruction (JoCI).,* 3(1) 32-46.
佐藤一子, & 北田佳子. (2004)アクション・リサーチと教育研究. *東京大学大学院教育学研究科紀要*, 44.

第 4 章

熊野善介（2017）21 世紀型スキル（資質・能力）STEM 教育改―連邦レベルでの議論，ワシントン州，ミネソタ州，アイオワ州の事例から―，*日本及びアメリカにおける次世代型 STEM 教育の構築に関する理論的実践的研究　【基盤研究（B)】研究成果中間報告書*（課題番号　16H03058），29‐38.
坂田尚子・奥村仁一（2017）アメリカでの STEM 教育視察調査の概要，*熊野善介編　日*

本及びアメリカにおける次世代型 STEM 教育の構築に関する理論的実践的研究【基盤研究（B)】研究成果中間報告書（課題番号　16H03058）, 1‐27.

龍智将・渡邉重義（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－見通しをもって学習に取り組ませる指導法の工夫－，*上越教育大学教育実践研究*, 22,　153-158.

柿崎榮（2012）砂の教材化について－地域の砂と南西諸島の砂，地域の砂と鳴き砂－，*学校図書　教科研究理科,* 194, 4-7.

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例－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.

Sakata S, and Kumano Y., (2018) Attempting STEM Education in Informal Japanese Educational Facilities Through the Theme of "Sand", *K-12 STEM Education,* 4(4), 401-411.

Lindeman, K. W. and Anderson, E. M. (2015) Using Blocks to Develop 21st Century Skills. *NAEYC*, www.neayc.org/yc

National Science Teachers Association (2011) *Quality Science Education and 21st-Century Skills*, NSTA Position Statement.

Roekel, D. (2015) *An Educator's Guide to the "Four Cs", Preparing 21st Century Students for a Global Society*. Washington DC: National Education Association. http://www.nea.org/tools/52217.htm.

Ryan, R. M. and Deci, E. L. (2000) Self-Determination Theory and the Facilitation of Intrinsic Motivation, Social Development, and Well-Being. *American Psychologist*, 55(1), 68-78

Bybee, R. W. (2013) *TRANCELATING the NGSS for CLASSROOM INSTRUCTION*. VA: NSTA Press.

Bybee, R. W. (2014) NGSS and the Next Generation of Science Teachers. *Journal of Science Teacher Education*, 25(2), 211-221

Cameron, S. and Craig, C. (2017) *STEM Labs for Earth & Space Science grades 6-8.* Mark Twain Media, Inc., Publishers

Kumano, Y. (2017) STEM Education Innovation and 21st Century Skills – From the Analysis of the Discussion at Federal Government Level, and From the Case Studies of Washington State, Minnesota State, and Iowa State -,　*Proceedings of the 41st Annual Meeting, Japan Society for Science Education*, 53-56

National Research Council. (2015) *Guide to Implementing the Next Generation Science Standards.*

Vasques, J. A., Snider, C. C., and Comer, M. (2013) *STEM Lesson Essentials – Integrating Science, Technology, Engineering, and Mathematics*. Heinemann

Yager, R.E., and Brunkhorst, H. (Eds.). (2014) *Exemplary STEM Programs: Designs for Success*. Arlington, VA: NSTA Press

第 5 章

坂田尚子・熊野善介（ 2006 ）幼児を対象とした科学教育アクティビティ作成のビジョンに関する研究，*科学教育研究*，30(1), 3 - 13.

坂田尚子・田宮縁・田中千佳子・熊野善介・五島政一（ 2008 ）科学好きな子どもを育てるための教師教育(3)　アースシステム教育に基づいた幼稚園・保育園における研修プログラムの開発，*日本科学教育学会年会論文集*, 32, 221 - 222.

月僧秀弥・稲垣裕介・早武真理子・伊佐公男・葛生　伸・淺原雅浩（2016）幼児向け科学教育プログラムの開発とその評価の試み　－ものの浮き沈みに関する実験例を通して－，*科学教育研究*，40(4)，325 - 333.

熊野善介（2017）：21 世紀型スキル（資質・能力）STEM 教育改―連邦レベルでの議論，ワシントン州，ミネソタ州，アイオワ州の事例から―，*日本及びアメリカにおける次世代型 STEM 教育の構築に関する理論的実践的研究　【基盤研究（B)】研究成果中間報告書*（課題番号　16H03058），29 - 38.

坂田尚子・熊野善介,(2004）幼稚園における科学教育の現状とこれからの展望 - 静岡大学附属幼稚園、静岡市アソカ幼稚園の事例を通して - ，*科学教育研究*, 28(5), 306 - 313

Vasques, J. A., Snider, C. C., and Comer, M. (2013) *STEM Lesson Essentials –Integrating Science, Technology, Engineering, and Mathematics*. Heinemann.

Katz, L.G., (2010) STEM in the Early Years, *SEED Papers*, http://ecrp.Illinois.edu/beyond/seed/katz.html

National Research Council. (2015) *Guide to Implementing the Next Generation Science Standards*.

National Science Teachers Association (2014). Early Childhood Science Education, *NSTA Position Statement.*

Yager, R.E., and Brunkhorst, H. (Eds.). (2014) E*xemplary STEM Programs: Designs for Success.* Arlington, VA: NSTA Press

Bybee, R. W. (2014) NGSS and the Next Generation of Science Teachers. *Journal of Science Teacher Education* 25(2), 211-221

Lindeman, K. W. & Anderson, E. M. (2015) Using Blocks to Develop 21st Century Skills, *NAEYC*, www.neayc.org/yc

Roekel, D. (2015) *An Educator's Guide to the "Four Cs", Preparing 21st Century Students for a Global Society*. Washington DC: National Education Association. http://www.nea.org/tools/52217.htm.

第 6 章

Bybee, R. W. (2013) *TRANCELATING the NGSS for CLASSROOM INSTRUCTION*. VA: NSTA Press.

Bybee, R. W. (2014) NGSS and the Next Generation of Science Teachers. *Journal of Science Teacher Education* 25(2), 211-221

Cameron, S. and Craig, C. (2017) *STEM Labs for Earth & Space Science grades 6-8.* Mark Twain Media, Inc., Publishers

Katz, L. G. (2010) STEM in the Early Years, *SEED Papers*, http://ecrp.Illinois.edu/beyond/seed/katz.html

Kumano, Y. (2017) STEM Education Innovation and 21st Century Skills – From the Analysis of the Discussion at Federal Government Level, and From the Case Studies of Washington State, Minnesota State, and Iowa State -, *Proceedings of the 41st Annual Meeting, Japan Society for Science Education*, 53-56

熊野善介（2017）21 世紀型スキル（資質・能力）STEM 教育改―連邦レベルでの議論, ワシントン州，ミネソタ州，アイオワ州の事例から―，*日本及びアメリカにおける次世代型 STEM 教育の構築に関する理論的実践的研究　【基盤研究（B)】研究成果中間報告書*（課題番号　16H03058），29‐38.

Lindeman, K. W. and Anderson, E. M. (2015) *Using Blocks to Develop 21st Century Skills*. NAEYC, www.neayc.org/yc

松原憲治・髙阪将人(2017）資質・能力の育成を重視する教科横断的な学習としての STEM 教育と問い,*科学教育研究*, 41(2), 150‐160.

Meagher, T. (2016) STEMify Your Teaching. http://www.slider.net/ drtmeagher/msta-2016-stemify-your-teaching

森健一郎・高橋弾・栢野彰秀（2017a）小学校等中学校の連携を意識した指導事例とその評価　‐STEM 教育の比（proportion）の概念に着目して‐，*北海道教育大学紀要教育科学編，* 67(2), p 333‐343.

森健一郎・高橋弾・栢野彰秀（2017b）中学校理科「自然と人間」単元における特定外来生物の教材化とその評価　‐テキストマイニングのコーディングを活用して‐，*日本科学教育学会研究会研究報告,* 32(1), 25‐28.

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

National Research Council. (2015) *Guide to Implementing the Next Generation Science Standards.*

National Science Teachers Association. (2011). Quality Science Education and 21st-Century Skills, *NSTA Position Statement.*

NGSS Lead States. (2013). *Next Generation Science Standards for States by States.* Washington, D.C.

奥村仁一・熊野善介（2017）エネルギー教育における STEM 教材を用いた実践的研究‐ソーラーオーブンを利用したプロジェクト学習，*エネルギー教育研究,* 11(1), 35‐43.

Roekel, D. (2015) *An Educator's Guide to the "Four Cs", Preparing 21st Century Students for a Global Society.* Washington DC: National Education Association. http://www.nea.org/tools/52217.htm.

Ryan, R. M. and Deci, E. L. (2000) Self-Determination Theory and the Facilitation of Intrinsic Motivation, Social Development, and Well-Being. *American Psychologist* , 55(1), 68-78.

坂田尚子・奥村仁一（2017）アメリカでの STEM 教育視察調査の概要，*熊野善介編　日本及びアメリカにおける次世代型 STEM 教育の構築に関する理論的実践的研究【基盤研究（B)】研究成果中間報告書*（課題番号　16H03058），1‐27.

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 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.

佐藤真久・熊野善介（2017）米国における環境 STEM（E-STEM）教育の環境教育学的意義　‐米国における E-STEM 教育の取組動向の把握とミネソタ州における E-STEM 教育実践校の事例研究を通して‐，*エネルギー環境教育研究,* 11(2), 3‐14.

Sulaeman, N. F., and Kumano, Y. (2018) "Stemify" Energy Education in U.S and Its Possible Implication For Japan and Indonesia Context, *Proceedings of the 42nd Annual*

Meeting, Japan Society for Science Education, 503‐504.

内ノ倉真吾・石崎友視・齊藤智樹・Rahama Suwarma Irma・今村哲史・熊野善介・長洲南海男（2018）アメリカにおける STEM 教育推進の活動事例報告‐アイオワ州での取り組みに着目して‐，*日本科学教育学会研究会研究報告，* 29(１), 87‐92.

Vasques, J. A., Snider, C. C., and Comer, M. (2013) *STEM Lesson Essentials – Integrating Science, Technology, Engineering, and Mathematics*. Heinemann.

Yager, R.E., and Brunkhorst, H. (Eds.). (2014) *Exemplary STEM Programs: Designs for Success.* Arlington, VA: NSTA Press.

山崎貞登・伊藤大輔・磯部征尊・東原貴志（2018）工学科教育法と技術科教育法の連携化とコアカリキュラムを参照したカリキュラムの自己点検評価と省察，*上越教育大学研究紀要，* 37(2), 579‐591.

資　料

資料リスト

１．ワシントン州における STEM 教育に関する情報収集の報告

２．ミネソタ州オワトナ、アイオワ州におけるSTEM教育の調査報告

３．平成 29 年度米国 STEM 教育調査旅行報告書

４．実践したプログラムのデザインチャート（授業案）

５．実践したプログラムのワークシート

６．子どもたちへのアンケート

７．ゆりかご保育園の評価シート

ワシントン州における STEM 教育に関する情報収集の報告

坂　田　尚　子

静岡大学創造科学技術大学院　自然科学系教育部

2016 年 9 月 21 日より 9 月 23 日にかけてワシントン州各所にて、STEM 教育に関する現状調査を行った。訪問先、視察先は研究・支援機関として「ワシントン STEM」、大学として「ワシントン大学」、「ウエスタン・ワシントン大学」、学校現場として「ウェストヒルズ STEM アカデミー」、社会教育施設として「バーク自然史文化博物館」「フューチャーフライトミュージアム」の 6 か所である。以下、日にちを追って研究・支援機関、大学、学校、社会教育施設の各訪問先について概要を報告する。

(1)　ワシントン STEM

訪問日時：2016 年 9 月 21 日 10：00～13：00

住　所：210 S Hudson St. Seattle, WA 98134

対応者：Patrick D'amelio　他

「ワシントンの STEM」の使命は、ワシントンの全学生に対する科学、技術、工学、数学（STEM）教育の卓越性、平等、革新を進歩させることであるとしている。

ワシントン州において、若者は繁栄している STEM 経済に囲まれて成長するが、その経済の枠組みに参加するための必要なサポートは必ずしも受けることができない場合もある。彼らが皮膚の色が違ったり、女子であったり、農村の学生である場合、彼らは格差に直面する可能性がより高い。そこで、「ワシントン STEM」では、STEM 教育に触れる機会やそれらへの興味を増すための、またすべての学生が成功を収めるための努力をしている。具体的には、STEM の教育と学習における画期的なアイデアを生み出し、拡大し、地域間のパートナーシップ構築に取り組み、学生の成功を促す重要な政策変更を提唱してきた。コンピューター・サイエンス、早期からの算数・数学教育の重視、科学と工学、キャリアコネクション型学習という 4 つの重要な取り組みに力を入れている。すべての若者を「将来の準備ができている」コミュニティメンバーとして育成すること、つまり今日の仕事で成功し、将来の仕事を創造し遂行するために必要な技術力をもち、私たちのコミュニティのために機会

を生み出せるような、共に生き繁栄を創造する人々の育成が「ワシントン STEM」の目的であるとしている。

実際には、STEM 教育を普及させるための方策として、①イノベーションのためのプログラムのデザイン、②地域のネットワーク構築と作業の調整、③政策に注意を払ってきており、K-プレスクールレベルでの算数・数学カリキュラムの重視、NGSS へ対応して デザインやプロセスを取り込んだ工学（Engineering）の実践、ボーイング社、マクロソフト社など産業界の協力を得ることなどに取り組んできたそうである。

2013 年からこれまでにワシントン STEM が関わった学校区は 295 区、生徒は 100 万人にのぼり、ともに歩んできた K-12 の教師たちは 50～60 人いるとのことであった。ワシントン州は東部と西部では文化が違うので、それぞれに Project based learning（プロジェクト学習）、Problem based learning（問題学習）を行っている。プログラムは NGSS に対応したものとなっており、Inquiry も重要であるがより Practice を重視するようになったそうである。「エネルギー」に関しては、STEM 教育のフィールドでもあり、キャリア教育ともかかわるので、エネルギー関連企業などの産業界とのつながりを作ることも重視している。低所得層の子どもたちに確かな影響を与えるために、専門能力の開発向上のためや工学を学ぶために奨学金を授与したり、また、女子や少数派の子どもたちに対して、コンピューター・サイエンスやデザインを強化したりしている。

図１の報告書によると、ワシントン州の有権者の多くは、STEM 教育が「機会」であることを知っており、94％が、公立学校の K-12 のすべての子どもが良質な STEM 教育を受けるべきだとしており、92%が次世代を担うワシントンの子どもたちが力強い STEM スキルを身につけるためには、もっと機会が必要だとしている。また、ゆりかごから職業（キャリア）まで続く STEM 教育ということで、71%が幼稚園に入るまでに行う学習プログラムとして STEM 教育は良いアイデアだとしており、生徒たちが 21 世紀に活躍できるようなスキルと知識を得るためには、86％が K-12 の基盤となる教育において STEM 教育が必要だとしている。

ワシントン STEM の活動だけではないかもしれないが、この報告書からもワシントン州では、STEM 教育が社会に普及し、認められていることが理解できる。

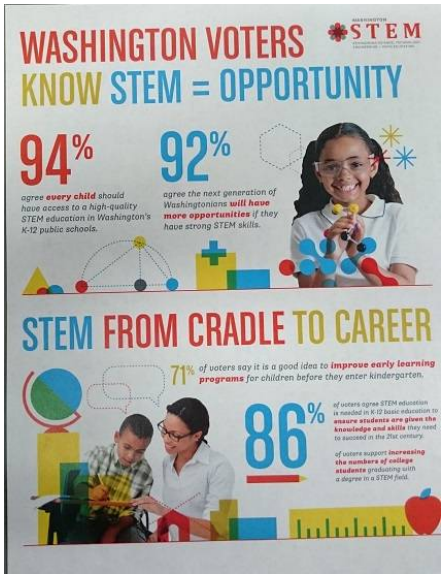


図１
ワシントン STEM の報告書（2015）

＜ワシントン STEM の理念＞

STEM は生徒たちにとっても、我々の州にとってもゲームチェンジャーである。

「STEM は機会」：STEM は科学者やエンジニアだけのものではない。ピュージェット湾からヤキマ渓谷に至るワシントン州の経済は STEM に根差している。21 世紀において、STEM は全ての生徒たちが成功するために扉をあけている。

「STEM の不足に直面」： 過去 10 年間で、STEM 関連の仕事は STEM とかかわりのない仕事の 3 倍の成長を遂げた。 しかし、生徒には STEM の力や可能性があまり見えていない。

「STEM をハイギアに移す時」： 今、私たちは、STEM 教育を再想像するという前例のない機会をもっている。 私たちの子どもたちは待てないし、私たちの州も待っていられない。しかし、我々は、一緒に変えることができる。

ワシントン STEM のホームページより

(2)　Burke Museum (University of Washington)

視察日時：2016 年 9 月 21 日　14：15～15：15

住　　所：NE 45th St & 17th Ave NE, Seattle, WA 98105

1899 年にワシントン州立の博物館として開館。ワシントン大学構内にある自然史文化博物館である。ワシントン州の自然史と文化に関する展示をしている。この博物館では、展示物が近くて大きいというイメージをもった。展示スペース自体はそれほど大きくにないのだが、マンモスの骨格標本の展示場所の設定や、恐竜の大腿骨の化石と復元図を合わせて展示していることや、展示物自体が大きいものがてんじされていることなど、展示の仕方が工夫されており、空間の広がりと臨場感を感じられる展示となっていた。

展示物としては、化石、植物標本、岩石標本、ワシントン州の自然環境に関するものが主体であったが、特段、展示物や表示に STEM あるいは STEM 教育に関する記述はなかった。ただ、展示スペースと展示スペースをつなぐコーナーに「体験スペース」が設けられており、ワークショップなどが行われるようである。訪れた時には、ホールの入口付近のスタッフが常駐してワークショップを行っていた。「私に、何をしているのときいてください。」という看板

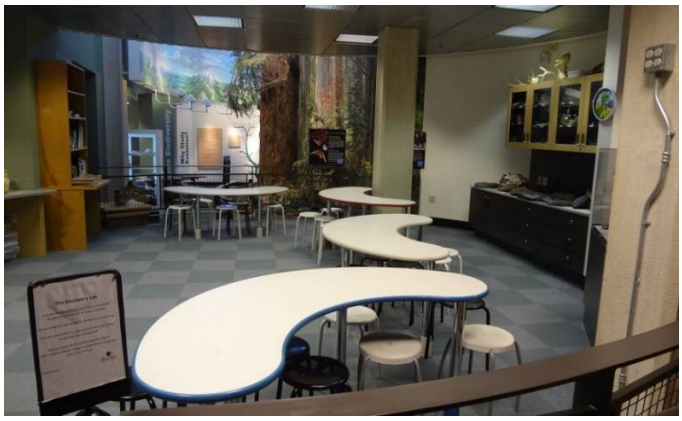


図 2　バーク博物館ワークショップスペース

がおいてあり、声をかけやすく、また Hands-on がとりいれられていて、来館者には親しみやすい雰囲気となっているようである。

図 3　バーク博物館

(3)　University of Washington

訪問日時：2016 年 9 月 21 日　15：30～17：00

住　　所：115B Miller, Seattle, WA 98105

対　応　者：Mark Windshitl　教授

ワシントン大学教育学部の Mark Windshitl 博士を訪問し、教師教育などのついての情報を収集した。教授は、教育学部において科学教授と学習（Science Teaching and Learning）について講義をしている。彼の研究の関心は若い科学教師のキャリア開発についてで、特に彼らの野心的で公平な教育への軌跡にある。最近の研究において、彼は野心的な教育をしようとする際直面する困難な問題を、共同で解決するための社会基盤として改善されたコミュニティのネットワークを開発した。

STEM 教育について、教師たちは理解できていないのではないかと指摘した。それは、STEM 教育においては、工学（engineering）について理解が不十分で、それぞれの領域を統合（integrate）することが難しいためとしている。 また、21 世紀型のスキルに関しても、ともに働くこと、民主主義を発展させること、複雑な問題・課題を解決することを実現するために身につけるべきではあるが、そのことに対する理解も十分かどうか疑問が残ると語った。NGSS については、地域に地球環境システム（earth-eco systems）に対して興味を示さない企業があるところでは、政策として取り入れにくい状況があるが、NGSS を取り入れることで、教師教育が変わる可能性があるとも述べた。

実際に、Windshitl 教授は、NGSS に沿う形で、教師教育に関して「Ambitious Science Teaching」をデザインした（図 4）として、今回紹介してくれた。これは貧困層の生徒たちに向けて教育をする教師たちへの教授法、子どもたちの学習に関するガイドであり、NGSS が指摘した課題は変更していないとのことである。

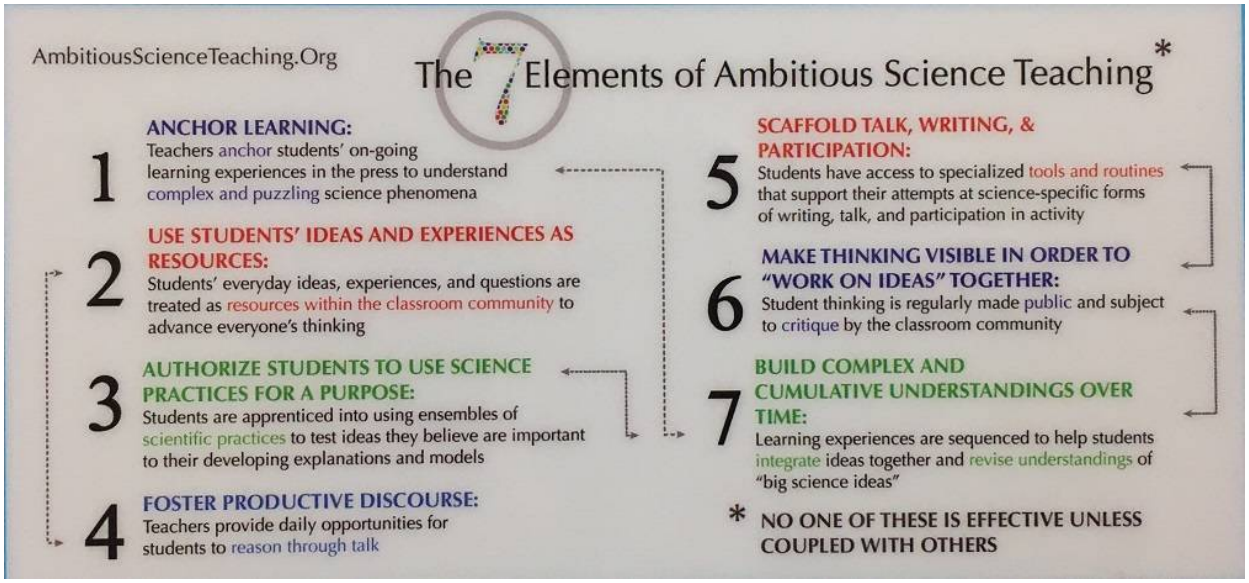


図 4　Ambitious Science Teaching の 7 つの要素

(4)　West Hills STEM Academy

訪問日時：2016 年 9 月 22 日　10：00~12：30

住　　所：520 National Ave. Bremerton, WA 98312

対 応 者：Lisa Heaman 校長　他

West Hills STEM Academy はブレマートンにある公立小中学校である。学校に STEM 教育を取り入れようとしたとき、1 年目は K-5 学年からスタートし、2 年目で 6、7 学年、3 年目で 8 学年までと、段階的に対象学年を広げていった。現在ではすべての K-8 学年で STEM 教育が実践されている。しかし、新しい STEM 教育を学校に取り入れて学校の在りようを変えるという取り組みは決して容易ではなかったそうで、当初から比べると約半数の教師が入れ替わっているということである。

現在では地域の理解も得ることができており、コミュニティの協力組織として 17 か所の外部協力機関（West Sand technical center, Skills Center, 高校など）がある。そのため、子どもたちを連れて一日出かけ、オフキャンパスプログラムを行うことができたり、地域の海軍基地からエンジニアや科学者が学校に来てくれて、子どもたちとものづくりや科学の活動をしてくれたりできるということである。また、NGSS に対応できるように、学校内にフィールドワーク用の場（森、藪、畑、砂山など）を整備し、そこを「Outdoor Learning Center」として子どもたちの学

習に用いている。STEM 教育を取り入れた結果、1 年で約 30%ほど州の成績アセスメントの結果が上昇したそうである。

STEM の授業は毎日行われ、科学や歴史も工学と関連させており、海洋科学やキャリア教育にも注目している。授業の時間割は、基本的に ELA（English Language and Art）のブロックと算数・数学のブロックからなり、そこへ STEM ブロックを加えて編成している。STEM のブロックには科学や社会も含まれているようである。7 学年の堆積岩（砂・泥シルト、ロームなど）の授業と、2 学年のフィールドでの昆虫の隠れ方（擬態など）の授業と、6 学年のアートの授業を見学することができた。

このアカデミーでは 、Hands-on の活動を授業だけでなく多くの場で取り入れている。その一つが、子どもたちも出展する「STEM Fair」である。フェアーでは多くのボランティアの人たちが手伝ってくれる仕組みができている。毎年 2～3 月にかけての数日間、学校を会場に開催され、そこでは 10～14 のブースが展開されるそうである。子どもたちは、学年によって K-2 ではクラス全体で、3 学年はグループで、4，5 学年は 2 人組で、6-8 学年は個人で何かしらプロジェクトに取り組み、発表をすることになっている。高学年になるにつれて、活動としては難しくなるようにしているとのことである。

図 5　Lisa Heaman 校長，Andrea Tee 副校長とともに

(5) Western Washington University

訪問日時：2016 年 9 月 23 日 10：00～12：00

住　　所：516 High Street Bellingham,　WA 98225-9155

対 応 者：Ph.D. Edward E. Geary　：SMATE ディレクター

ウエスタン・ワシントン大学の数学・科学・技術教育のセクションで SMATE（Science Mathematics and Technology Education ）プログラムのディレクター

をしている、Geary 博士を訪問した。博士の前職は、NFS（National Science Foundation）のフォーマル・インフォーマル教育の研究チームでプログラムディレクターをしており、そこでは、STEM 教育プログラムにかかわっていた。

博士によると、現在博士が所属している学部では科学・数学教師養成のための教育をしており、数学・コンピューター科学、教授法、持続可能な発展のための教育、K-12 の教育、教師育成教育の 5 つのグループに分かれて、学生はこのうち 4 年間で 3 つのグループの学習を行っているとのことであった。STEM 教育に関しては二つのグループで実施しており、大きなアイデア、学習課題、デザイン、協働などについて注目しており、モデルを使う→デモンストレーションする→理解するという流れができると K-12 の生徒たちの成績は上昇していくことが分かっている。

また、学びをアクティブ・ラーニングにするために、このセクションでは、高等学校の授業の支援もしている。高等学校の学習は、昔ながらの授業（教師が前で話をすることが大半の授業）が行われていることが多く、変化を起こすのが難しいのだそうだが、それでも、授業の中に Hands-on と Minds-on の活動を両方一緒に取り入れながら新たな方法で支援をしているということである。

図 6 のスペースは、併設されている STEM Education Resource Center の内部である。大変広々とした空間で、学生の学びの場として使用されるばかりでなく、地域の子どもたちへの科学教室のために使われたりしている。

多くの参考図書や実際に子どもたちが使っている教科書が数種類準備されており（図 7）、優れた科学学習のプログラムパッケージである、ローレンスホール・オブ・サイエンスの GEMS や FOSS、シカゴ・サイエンス・グループの Science Companion といった NGSS に対応している教材も多く準備されている。その他に乾電池、コード、はさみ、のりなどといった細々した実験用具や道具などが数多く、コンテナに入れられストックされている（図 8）。こういった教材、道具類などは、棚に整然と整理されて収められており、いつでも取り出し使い易いように管理されている。

図 6　STEM Education Resource Center

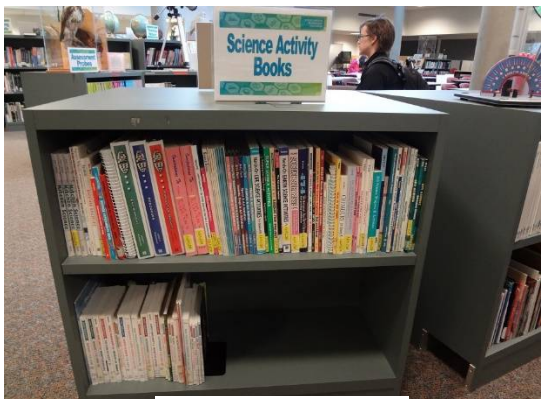


図 7　参考図書

訪問した次の日が土曜日ということもあり、この部屋の一角では次の日の科学教室のために準備がすでに行われていた（図 9）。参加する子どもたちへ渡すファイルや資料などが整えられており、地域の子どもたちへの科学教室開催にも力を入れているようであった。

図 8　教材・道具のストック

図 9　科学教室の準備

(6)　Future of Flight Aviation Center

視察日時：2016 年 9 月 23 日　14：30~16：30

住　　所：8415 Paine Field Blvd, Mukilteo, WA 98275

視察したフューチャー・オブ・フライト・アビエーション・センター（Future of Flight Aviation Center）は、北米の商業用ジェット組立工場を見学する機会を唯一有している博物館である。飛行のダイナミクスを探索し、燃料やエネルギーについても触れつつ航空革新を体験的に学べる施設となっている。博物館ギャラリーのバックグラウンドでは、自分で飛行機を設計したり、ボーイング工場で撮影した写真を見ることができたりする。また、 週末には家族向けのワークショップが行われ、常設展示のファミリーゾーン「どのように飛行機が作られているのか」（図 10、11）は、あらゆる年齢の人々、子どもたちにも受け入れられやすいようにとねらった展示構成となっている。そして、このセンターでは、実際にボーイング 747 型機、777 型機、778 型機ドリームライナーのジェットが組み立てられている様子を見学することができる、ボーイング組立工場の巡回ツアーも行われている。大きな機体がどのように形作られているかを見ることは、子どもたちだけでなく大人へもインパクトのある学習体験となっている。

また、このセンターでは、「Education Planning Guide」（図 12，13）が発行されており、この博物館で行われる教育ツアーやキャンプ、科学教室や家族向けのプログラムなど学習プログラムの概要が提示されている。これらのプログラムは、

すべて STEM に関連づけられており、それぞれのプログラムへの参加の仕方や料金、学習プログラムにかかわっている人々の紹介なども記載されている。また、教師のための相談窓口についても情報が載っている。

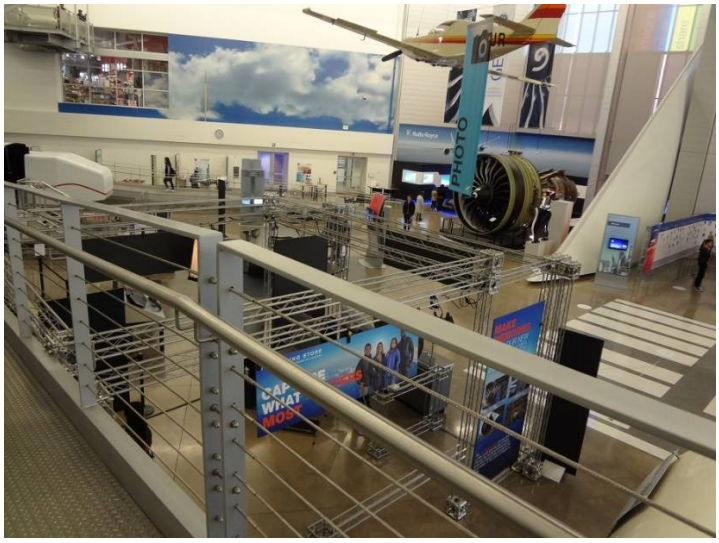


図 10　常設展示場のようす

図 11 常設展示物

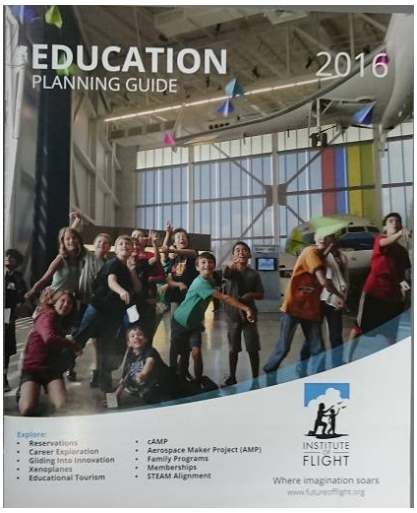


図 12　Education Planning Guide

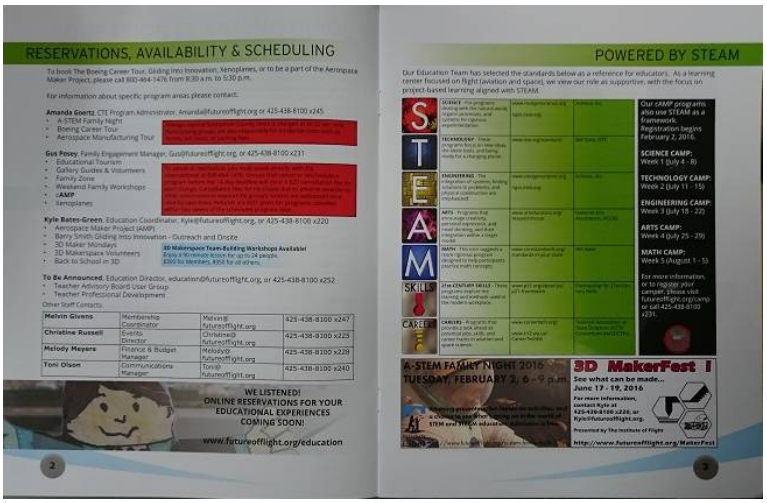


図 13　ガイド（STEM 教育についての説明）

ミネソタ州オワトナ、アイオワ州における STEM 教育の調査報告

坂　田　尚　子

静岡大学創造科学技術大学院　自然科学系教育部

アメリカ調査旅行において、日程の前半は、ワシントン州とミネソタ州の 2 グループに分かれて調査したが、2016 年 9 月 24 日にミネソタ州ミネアポリスで合流した。そして、25 日にミネソタ州の南部オワトナに移動し、その後アイオワ州へと調査地を移しながら、STEM 教育の実態調査に臨んだ。訪問した学校は 5 校,アイオワ州の STEM Council Meeting にも参加することができた。

(1)　Mckinley STEM Elementary School

訪問日時：9 月 26 日　7：40～10：20

所在地　：ミネソタ州オワトナ

オワトナ地区での公立学校訪問を、学区の STEM コーディネーターThomas Meagher 先生がすべて手配をしてくださり、訪問に同行、説明などしてくださった。

最初に訪れたのが Mckinley STEM Elementary School である（図１）。ここは、STEM 教育導入に際して、教師からの全面的な協力が得られ、順調に STEM 教育に取り組めている良い例であるとのことであった。

はじめに学校の概要について説明を受けたのち、校内全体を一度拝見した。この学校では、野外学習の場を整備し（図２）、玄関にも池を設置して（図３）、子どもたちに自然を感じる工夫をしていた。その後いろいろなクラスを訪問してそこでの授業の様子を見せていただいた。そして、あるクラスでは授業の中に参加させてもらって子どもたちと会話をしたり、授業後教師と意見を交換したりした。授業では、一人一人がステムノートというのを使っており、アイデアを振り返ったり学んだ言葉を追跡したりするために、自分の学びの記録をとるようにしていた。

すべての学年で STEM 教育は取り組まれており、年少（K-1）のクラスでも基礎力を育むとともに興味を育てることを目的として、おとぎ話を STEM の教材として作り上げることをしているそうである。また、とくに「数」に関する基礎力を育てることに力を入れているそうである。最後にスーパーインテンデント（学区の教育長にあたる）の Peter Grant 氏と校長の Justin Kiel 先生にお会いして、話を伺った。授業の在り方を STEM 化するということは、「何をおしえるか」という内容に関することだけを変えるのではなく、「どうやって教えるのか」という教師教育にかかわることまで変化することが必要であるとして、教師同士の振り返り、話し合いを定期的に持つようになったということである。

図１　Mckinley 小学校の

登校風景（正面入り口）

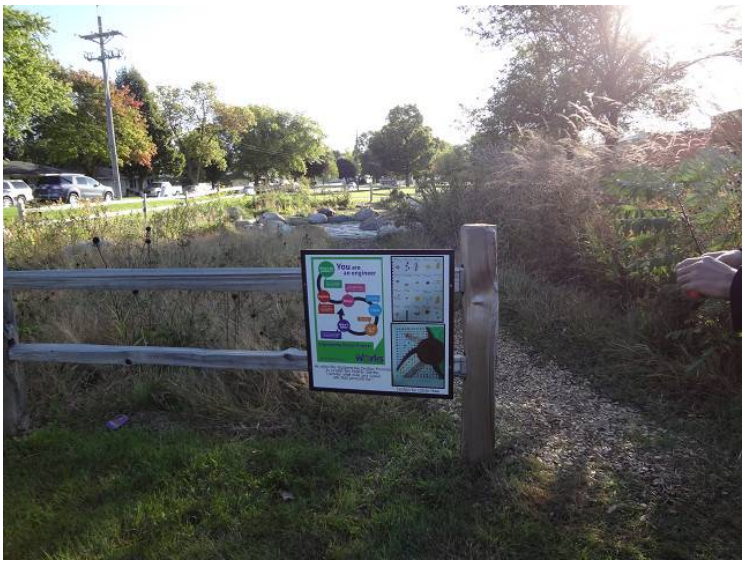


図２　野外学習の場

図３　校内に設置された池

(2) Willow Creek Intermediate ESTEM School

訪問日時：9 月 26 日　10：30～12：45

所在地　：ミネソタ州オワトナ

ここは、STEM に環境（Environment）の E が加わって ESTEM として、学校の名前にも付けられている。この学校は教室配置に特徴がある。中央に共有スペース（図 6）が広くとってあり、ここは図書コーナーとして使用したり、教材や学習の材料、コンピューターが入ったカートなどを置いたりしている（図 7）。ここからそれぞれの教室は仕切りがなくつながっており、各教室スペースの入り口の頭上には、そのクラスの名前が記されている（図 5）。ここで、クラスごと STEM のプログラムの学習が

なされる。授業中訪問したので、その学習の様子を視察させていただいたが、学校全体に自由なのびのびとした雰囲気が存在していた。校長の Jim Kiefer 先生からお話を聞くことができ、それによると、昨年からすべて授業は STEM を取り入れており、Engineering を取り入れる際は、成功したとか失敗したではなくて、先生方が新しいことに挑戦することが必要だと語っておられた。また、ここでは、 子どもたちと同じメニューのランチをいただくことができた。

図 4 クラス名由来の木の葉

図 5　各クラスのスペース表示

図 6 中央部のフリースペース

図 7　教材ごとに収納

(3) Owatonna ESTEM Junior High School

訪問日時：9 月 26 日　13：00～16：00

所在地　：ミネソタ州オワトナ

　ここでの、STEM の実践例として、Field Trip の授業を紹介してもらった。これは、7 年生、8 年生が行う学習であり、実践するために教師たちは、月一度程度のスタッフミーティングを開いて準備を整えるのだそうである。約 350 人の生徒が 3 つの公園に出向いていき、それぞれ教師がいる二つのステーション（化学的調査を交えた「水」を調査するステーションと生物学的調査をするステーション）を中

心に公園中で一日中、GPS マップを使って「Park Scavenger Haunt」（図 8）をしたり、水質テストパックを使ったりしながら、グループごと活動を展開する。これらの使用薬品や機器は企業が支えてくれており、このレッスンは 6 年前から始めているとのことである。調査結果をまとめたものが、壁に掲示されていた（図 9）。

この学校でも始めは、STEM 教育は授業のオプションとして取り入れられ、それが一部となり、やがて全体が STEM 化されていったのだそうだ。教師たちが授業計画を考案するとき、また共有するときに図 10 にあるようなホワイトボードを使っているようである。横列が実施月、縦行には Social S, Science, Math, English などという教科名が見える。

最後に教師たちと率直な意見交換などを行った(図 11)。そこでの意見としては、「最初 STEM 教育を導入するときに大変だったが協働があって面白い」「STEM はすべてが学ぶところだ」「STEM はいろいろなものが関わってくるので、物語を使って歴史もできる」などという前向きな意見が多く聞かれた。また、ここでは、現地の新聞の取材があり、後日新聞に我々の訪問の様子が掲載された。

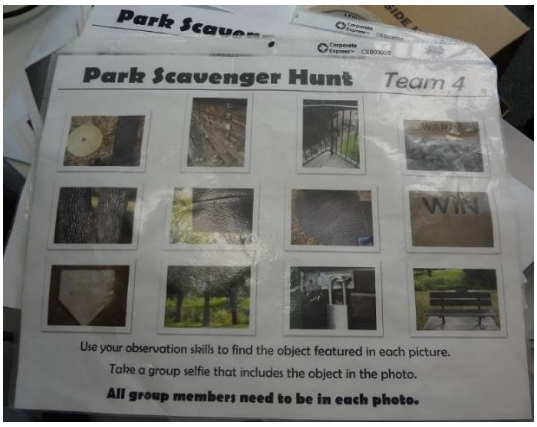


図 8　Scavenger haunt

図 9　調査結果のまとめ

図 10　授業計画の共有ボード

図 11　教師たちとの意見交換

(4) Hoover High School

訪問日時：9 月 27 日　9：00～12：00

住　　所：4800 Aurora Ave. Des Moines, IA 50310

この学校では、約 250 人の生徒のなかに、多くの外国の子どもたちが含まれており、そのため子どもたちの間に存在する大きな文化的、教育的ギャップをどう埋めるかということで、基本となる英語学習、基本的なスキルの習得に力を入れている。それと合わせて、5 年前(2012 年)から STEM 教育を取り入れるようになった。大学の研究者と教師たちの協働により STEM の導入が進められ、STEM の哲学にのっとって、子どもたちの学習の背中を押すということで、教室の机やいすの配置など学びの空間にも特別の配慮がなされているということである（図 12,13）。授業内容によって、グループになったり、一人で取り組んだりしやすいようなデザインになっている。

また、教師たちは、Professional learning Community に属しており、STEM 教師であるために、Science, Math, Engineering, Technology の力を高めるさまざまな研修が用意されている。教師たちは水曜日ごとに、全員で研修のためミーティングをするのだそうである。こどもたちの学習は、これまで、コモンコア、NGSS を適用してきたが、さらに授業の STEM 化を図るために、Project based learning に取り組んでいる。課題（Subject）と課題のつながりをもたせることで、課題の広がりをつくり、クロスカッティングな内容になるようにしているそうである。

校内の見学では、科学室や生物室、一般の教室だけではなく、自由に技術室、コンピューター室なども見学させていただいた。コンピューター室では、パソコンでグラフィックをデザインして、３D プリンターでのものづくりを学んでいた。また、技術室においては、従来からの木工などの作業ができるようになっており、一人一人がものづくりにおけるプロジェクト学習に取り組んでいた。そこでは、評価法として、仕事の進み方チャートを張り出しており、生徒が自分で毎日の進捗状況を小さな紙に書き、貼り付けていた。全員の進捗状況がはっきりと見えて、教師だけでなく生徒にとっても良い確認法だと感じた。

図 12　科学室の様子

図 13 科学室内の実験テーブル

図 14　数学の授業風景

図 15　カードを使って学習

(5) Saint Theresa Catholic School

訪問日時：9 月 27 日　13：00～15：00

住　　所：5810 Cara Carpenter Ave. Des Moines, IA 50311

この学校はキリスト系の私立の小学校で、1 学年から 7 学年まで学んでいる。両親や祖父母、関係者を招いて、学校中で STEM Festival が行われこともあるそうだ。これから STEM 教育を続けるために、もう少しタブレットが用意できることを望んでいるそうだ。

授業では英語教育に力を入れている Active vocabulary With STEM を中心に行っており、Communicate, design, doing/watching といった活動を学習に取り込み、問題解決学習的にアプローチしている。そのことにより子どもたちが、学習内容や概念をよりよく理解できるようになるので、これまでのやり方と比べて、女子が科学の学習に参加しやすくなっているそうだ。数学と科学の境目をなくすことにも注意を払っている。

1 学年の学習の様子を視察した時、りんごと爪楊枝で「いかだをつくる」という活動をしていた。16 等分したリンゴのかけらを爪楊枝でつないでいかだを作るのだか、先ずは個人で絵を描く方法でいかだのデザインをし（前時まで）、次に組み立て、浮かべ、イメージ通りになっているか確認していた（本時）。この後、いかだがうまく浮かばない場合はどこを直すのか考え、再びトライアンドエラーをすることになるそうであった。子どもたちは、あまり多くない水が入った四角い水槽の中で、底につかないようにリンゴのいかだを浮かべることに集中しており、試行錯誤の活動を繰り返していた。

(6) Iowa Governor’s STEM Advisory Council Meeting XVI

参加日時：9 月 28 日　10：00～15：00

場　　所：DMACC（Des Moines Area Community College）－Building 5, Room 1240

今回の調査の最終目的でもある、Iowa Governor's STEM Advisory Council 会議に参加した。Jeff Weld 博士からのお誘いにより参加できることになった。またここでは、本研究代表である熊野善介が "Japan's STEM goals and observations of Iowa and U.S.STEM :5 best practice"というタイトルで講演を行い、その後質疑応答もした。

図 16　開会前の会場の様子

図 17　Jeff Weld 博士

STEM 教育を熱心に取り入れようとしているアイオワ州の現在の様子を、政策面からまじかに見聞きすることができる会議であった。STEM 教育の最善の普及法についてや、STEM 教育の評価について、また関心と才能を最大限に引き出す話し合いなどが行われた。アイオワ州の指導的立場にある人々が、STEM に関して話し合う重要な会議に参加できたことは大変有意義であった。

図 18　会議参加メンバー（Jeff Weld 博士とともに）

平成 29 年度米国 STEM 教育調査旅行報告書

静岡大学創造科学技術大学院　自然科学系教育部　　坂田尚子

2018 年 1 月 2 日より 1 月 12 日に STEM 教育の研究調査のためアメリカを訪問した。前半は二グループに分かれ、ASTE 学会への参加と情報収集、およびアイオワ州での子ども博物館での調査を行った。後半は全員が合流し、ミネソタ大学のチームとともにミネソタ州での現地調査を行った。この報告書では、アイオワ州とミネソタ州での調査に関して述べるものである。

1. アイオワ・チルドレンズ・ミュージアム訪問の報告

1.1　日程

アイオワ州には、1 月 3 日から 1 月 7 日まで滞在した。

図 1.　ミュージアムの外観

2018 年 1 月 4 日(木)　10：30～ディレクターによる館内案内と館内各所へのあいさつ
12：00～新たな STEM Exhibition への展示更新について担当者(Dr. J. Dankhase）からの説明と意見交換(13：00～ランチを取りながら)
13：30～展示場での子どもたちの活動の様子の観察①
14：30～Weather Camp の様子の観察
16：00～展示場での子どもたちの活動の様子の観察②
16：30　退館

2018 年 1 月 5 日(金)　9：30～Brain Art Camp の参与観察①
12：00～写真等データの確認作業（ランチを取りながら）
13：00～展示場での子どもたちの活動の様子の観察③
14：00～プログラム作成スタッフとの話し合い
15：00～Brain Art Camp の参与観察②
16：00～展示場での子どもたちの活動の様子の観察④
16：30　退館

2018 年 1 月 6 日(土)　10：00～12：00　資料補充の活動
14：00～17:00 まとめの作業（ホテルにて）

この博物館は、大きなショッピングモールの一画にあり、アイススケートリンクや大規模なフードコートと隣り合っている。子ども連れが訪れやすい場所に立地している。

博物館訪問している間、大変丁寧に対応していただくことができた。自由に館内を動くことも、写真を撮ることも、スタッフ、ボランティア、来館者に質問をすることも許されて、大いに調査活動ができた。その結果、展示場での子どもの活動の様子の観察、2 つの Camp プログラムへの参与観察、新展示物のデザイン企画者やプログラム開発スタッフとの話し合いの機会を多くもつことができた。また、館内のとても楽しい雰囲気の中で、「Play-to-Learn」という言葉が子どもたちの活動の中に実現されている様子を具に観察することができた。また、子どもの活動へのファミリーの関与についても観察することができ、大変参考になった。

1.2　常設展示物について

常設展示は、9 つありその中で、力学的エネルギーの法則等を扱った展示「Notion of motion」 は、展示更新のため本年 1 月末で終了となる。次の展示はスケートボードを使った、コンピューターシミュレーションとハンズ・オン活動を組み合わせた STEM アクティビティ「Modular Skate Park Ramps」という展示となる。アクティビティの構想を、担当する Dr. Dunkhase（アイオワ大学）からモデルを使って説明を受けた。スケートボードのコースを設計したり、コンピューターでシミュレーションしたりした後に、実際動かしてみることができるという、子どもたちの活動により工学のデザインを取り込むことのできる展示物となる予定である。

以下に常設展示を ABC 順に記す。

① ABC Courtyards of Curiosity

身の回りにあるものの名前を写真や実物等を展示することでで、アルファベットに自然に親しむようになっており手話の指文字の写真もあった。2 階の吹き抜けをぐるりと一周するとZ までたどり着く。

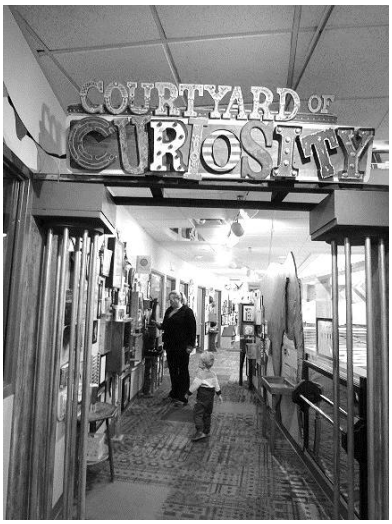


図 2．ABC Courtyards of Curiosity

② All Aboard

列車のジオラマ模型が展示してあり、木の列車やトラックを使って自分の鉄道システム、交通システムを作ることができ、並べて走らせることもできる。

③Art Studio

いろいろなアート材料がそろえてある部屋で、思い思いに作品作りに取り組める。色彩が鮮やかで、わくわくするような空間となっている。

③ Block Party

数千ピースにも上るレゴブロックを使って、自分でデザインし、様々なものを作り出せるようになっている。

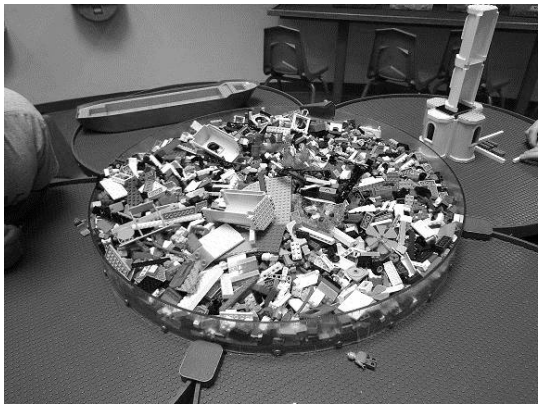


図 3．Block Party のレゴブロック

④ Blue Room

青い大きなウレタンのブロックを使って、小屋、椅子、テーブル、滑り台など子どもが生活に使えるようなサイズでのものづくりができる部屋。

図 4. Blue Room で遊ぶ親子の様子

⑤ CityWorks

子どもサイズの街を探検する展示物。スーパー、銀行、音楽スタジオ、病院、ピザ屋、郵便局、劇場があり、仕事や町での生活が体験でき、ロールプレイ遊びができる。各所とも、関連企業からの寄付で維持されている。

⑥ ImaginAcres

プレスクーラー（preschooler: 4 歳以下の子ども）対象に、農家の様子を再現した部屋である。野菜を植えたり、料理をしたり、納屋の中でかくれんぼしたりするようなロールプレイ遊びができるところとなっている。入り口には保育園にあるような鍵のかかる仕切り戸がある。

図 5. Notion of Motion の部屋

⑦ Notion of Motion

上下にカーブした軌道で車をレースさせたり、ボールを転がしたりして、力学的エネルギーの保存則などが、遊ぶことで体験的に学べる部屋になっている。車も自分で部品を組み合わせて自由に作れるようになっている。展示更新のため今年(2018 年)1 月で終了した。

⑧ Take flight

空気と飛行機に関するいろいろな展示物がある。セスナ機の実物（右翼と胴体）やフライトシミュレーターが人気である。大がかりな風洞装置をつかって、自分がその中に入って風の力を体験的に知ることができる展示物があったり、少しの風を起こして風車が回る様子を観察できる展示物もある。

図 6. Take flight の飛行機たち

常設展示は基本来館者が家族で楽しむところで、展示場のスタッフが何かの展示物を担当して常にその場に付いているということはない。子どもたちの活動を支えるプレイオロジスト（PLAYologist）と呼ばれるスタッフが時折、各展示物のそばでその展示物に関する小さなワークショップをしている。他にはボランティア（赤いエプロンを着用）が館内に数人いて、道具を片づけたり遊び方を説明したりしなが

ら一緒に遊んでいる。危険回避や子どもたち同士のトラブル解決は家族の責任で行うことになっている。

展示物の近くには、この活動を子どもが体験することによって、どんな能力を身につける助けになるのか等、家族向けの説明が A1 サイズ程度のポスターで示されている。遊び方についてもルールは示しているが詳しい説明はなかった。家族のかかわりを促すようにできていて、子どもとの会話が多くなる仕掛けであろうと思われる。

1.3　ワークショップおよびキャンプについて

日本でよく開催される 1 時間半～2 時間程度の科学教室タイプのワークショップはあまり実施されず、展示場での小規模なワークショップが時々開催される。また、夏や冬の学校が休暇の時期に、一日を使ったキャンプが数多く開催される。

図 7. Weather Camp でのワークショップ

今回観察することができたのは、アイオワの冬の気象を理解するための「Weather Camp」と、頭の中で考えデザインすることに焦点をおいた「Brain Art Camp」の二つのセッションである。これらはすでにすべて STEM 教育プログラムとして提供されており、これらのキャンプで行われる教育プログラムは、プレイオロジストが企画し運営する。キャンプへの参加は有料で、 25 ドル程度かかるが、両方とも約 30 名の子どもが参加しており、何人かは二つともに参加していた。9：00～16：00 の間に実践される一日がかりのプログラムの中で、いくつかの多彩なアプローチからの活動が多層的に積み重なり、子どもたちの中にだんだんと「冬の天気と風」「雪」「色の見え方」などの概念が形成されていくというつくりになっている。途中昼食やおやつを食べたり、展示物で遊んだり、休憩をとったりしながらの長時間のセッションなので、子どもたちが飽きないようにまた、活動ごとに集中できるように活動の組み合わせや構成も工夫されていた。

1.4　STEM 展示物および STEM プログラムについて

2018 年 3 月より STEM 展示物「Modular Skate Park Ramps」が新設される。また、レゴブロックを使って遊ぶ部屋「Block Party(図 3)」は、アイオワ大学のイエーガー教授の寄付とアイデアにより既に STEM 展示物として運営されている。常設展示物は、更新するためには多額の予算が必要で、今回も念入りな計画書を NSF に提出して得ることができたため、実行に移すことができたそうである。当初からある展示物のほとんどがハンズ＝オンになっており、子どもたちの人気がいまだ衰えていないこと、一部は STEM の展示物と考えても差し支えないこと、などからその他の展示物はこれから徐々に更新していくということになるのだろう。

STEM プログラムは STEM Free Night や STEM Camp を中心に 6 年前から取り組まれている。STEM Camp については上記の 1.3 ですでに報告した。STEM Free Night は、企業がスポンサーになって、昨年は 2 回（5 月 26 日、7 月 28 日)、「Family Free Night」として STEM Challenge プログラムを提供し実施されている。それぞれ、800 人程度の参加があり大盛況だったそうである。ふたつのプログラムでの STEM 領域に関する内容については、表 1 に記す。

表 1 .ふたつの STEM Challenge プログラムの STEM 領域とその内容

	May 26,2017	July 28,2017
Science	Investigate electricity and test conductivity	Investigate Circuits
Technology	Use common materials, batteries and discover how a motor works	Bring your instrument to life with Makey Makey, an interactive touch pad
Engineering	Design a robot that creates art	Design a musical instrument out of everyday
Mathematics	Use distribution of weight and balance to make your robot move	Jam out by playing musical patterns on your instrument

1.5　スタッフへのインタビュー

ディレクターも含め、実際にプログラムを企画し運営するスタッフ、展示物などの計画をするスタッフにインタビューをすることができた。ここではその一部を紹介する。

1）何種類くらいのプログラムを用意し、実践していますか？

－主なものは、8 つに分けられます。Art Adventure: Clay Play, Day Camps & Kinder Camps, Kinder Club, Night at The Children's Museum, Natural Play, Scout Enrichment, STEM Family Free Night, Sooper Hero Night　です。

2)STEM プログラムは実践していますか？プログラムに STEM を取り入れて何年になりますか？

－実施しています STEM Family Free Night などがそうです。取り入れ始めてから 6 年くらいになります。今では、多くの STEM プログラムを実施しています。

3)貴館の理念は「to inspire every child to imagine, create, discover and explore through the power of play(遊びの力を通して、すべての子どもが想像し、創造し、発見し、探索するように促す)」ですが、具体的にはどういうことをしようとしていますか？

－Image では脳の活動、脳を働かすような活動を、Create では、ハンズ - オン活動を重視しています。Discover と Explore は似ていますが、前者は、子どもから発案されるような、好奇心に任せた活動を中心にいろいろなこととの出会いや驚きのある体験を、後者はより年上の子どもを対象として深く調査したり探求することを活動の中に取り入れています。

4)展示物はどのような人が創造しデザインしたのですか？また、よりどころとなるようなアイデアはありますか？

－館の職員がチームを作りデザインをしてきました。予算を得るためにしっかりと作り上げることが必要でした。近頃参考になるのは、ハーバード大学の人々が書いている「Dimensions of Success a pear observation tool; DOS(2016)」です。

5)貴館が使っている「play-to-learn(学ぶために遊ぶ)」という言葉は、アメリカではよくつかわれるのでしょうか？私共の科学館では「子どもの遊びは科学がいっぱい」というようなキャッチフレーズをポスターやチラシにつかったりします。

－そうかもしれません。少なくてもミネソタのチルドレンズ・ミュージアムでは「PLAY is Learning」が使われています。

6)STEM をプログラムに取り入れる際難しいことはありましたか？

－それほど難しさは感じませんでした。両親にもかかわってもらうようなプログラムにすることを気を付けました。

２．ミネソタ州での調査の報告

2.1　日程

1 月 7 日(日)に全員がミネソタ州ミネアポリスに集合して、1 月 8 日から 10 日までミネアポリス周辺とオワトナで調査、訪問、会議を行った。

2018 年 1 月 8 日(月)　10:00～11:30　Minnesota Department of Education 訪問
担当者との情報交換会およびミネソタスタンダード作成委会の会場訪問
12:30～13:30　ミネソタ大学ミネアポリスキャンパス
Northrup Hall にて Physics Force Show を観覧
15:30～17:00　ミネソタ大学 STEM Education Center 訪問
見学および STEM 会議

2018 年 1 月 9 日(火)　9:45～12:30　Bakken Museum 訪問
科学教室参観およびプログラム担当者との会議
14:00～16:00　Farnsworth Aerospace Magnet Middle School 訪問
校内施設見学（一部生徒の活動を参観）
質問、話し合い、情報交換など

2018 年 1 月 10 日(水)　9:30～11:00　196 校区：Apple Valley High school 訪問
E^3STEM 教育の取り組みについての説明と校内見学等
11:10～12:30　196 校区：Valley Middle school 訪問
デザインプロセスを重視した STEM 教育の取り組みについて
14:00～16:30　Owatonna Middle School 訪問
校内施設の視察、先生方との意見交換会

2.2　Minnesota Department of Education

John Olson 氏、Doug Paulson 氏をはじめとして,数人の研究者の方々との会議をもつことができた。はじめに、ミネソタでの STEM 教育の現状にかかわる地方と州との関連性、21 世紀型スキルズのこと、環境教育での STEM 教育の在り方など、日本側から聞きたい事柄をお伝えした。Olson 氏が総論について説明してくださった後、それぞれの質問に対して専門とする方からのお話が伺えた。2017 年秋に作ら

れた Every Student Succeeds Act というミネソタ州における教育計画の資料を基に話し合いが進められた。その後、さらに議論を重ねるグループと、当日開催されていた「ミネソタスタンダード作成委員会－Art」の会場を訪問するグループに分かれ情報収集や意見交換、相互理解に努めた。

図 8. スタンダード作成委員会の会場

2.3 Physics Force Show

ミネソタ大学内にあるノースラップホールというところで、企業がスポンサーになって行われる子どもたち向けのサイエンスショーを観覧した。冬季の休み中ということもあって、多くの子どもたちがやってきており、会場は盛況であった。ステージを務めるのは、大学の教員一人と高等学校教師たち数人で、タイトル通りいろいろな物理現象に関して、大きなサイズで実験を繰り広げていた。話し方も上手く子どもたちの興味を引き付けていた。ショーは一時間であった。

2.4 STEM Education Center

ミネソタ大学の STEM 教育センターでは、「Design challenge」という活動を中心に様々な STEM 教育の活動が実践されている様子を見ることができた。短期間の社会的課題と長期にわたる社会的課題について子どもたちが考えることが大切であること、社会が平和であることをめざしていることなど、先進的な取り組みについて聞くことができた。また、その後 STEM 会議が行われ、これからの STEM 教育研究に関して、われわれとミネソタチームとの共通認識が図られた。

図 9. STEM センターでの STEM 会議

2.5 Bakken Museum

医療器具メーカーのメドトロニック社の共同設立者であり、心臓ペースメーカーを作ったことでも知られているアール・バッケン氏が設立した博物館を訪問した。バッケン氏の自宅だった建物をリノベーションして博物館としており、豊かで落ち着いた館内になっている。そこでは「電気」をメインテーマにしながら、サイエンスショーや科学教室、サイエンスキャンプなどが行われている。学校からの生徒たちの訪問、学校へのアウトリーチ（出張授業）をふくめて、盛んに学校教育との連携を図っているとのことである。訪問した日は、

図 10. Bakken Museum の外観

小学生向けの科学教室が行われており、参観することができた。人類が電気を研究し電池を手に入れ、技術を発展させてきた歴史に沿ってプログラムが作られており、大変興味深いものであった。プログラムの実践者は教師ライセンス取得者であり、プログラムはほとんど STEM になっているそうである。

2.6 Farnsworth Aerospace Magnet Middle School

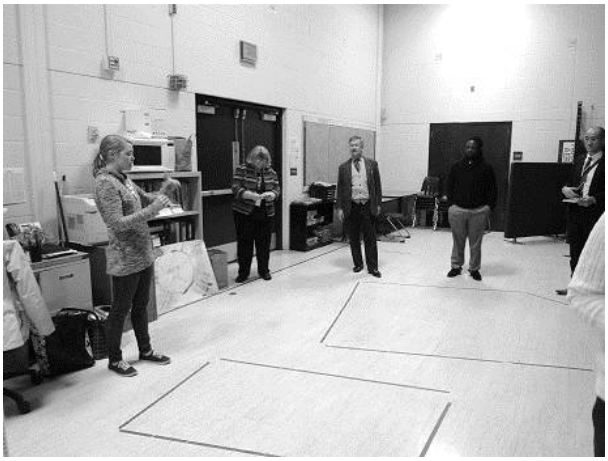


図 11. Engineering　Challenge 授業の説明

ファーンスワース航空宇宙マグネット・ミドルスクールは、航空と宇宙に特化したプログラムをもつ魅力的な公立のミドルスクールである。ロボット工学やフライトシミュレーターを使用したパイロット教育、NASA の探究プログラムを実施するなど周辺から子どもたちを引き寄せる文字通りマグネットスクールになっていると感じた。工学のプロセスを取り入れることに積極的で、学習活動が「Engineering Challenge」として行われていたり、教室に「materials of Design」としてデザインをする際考慮すべきことが 5 項目、「誰がこれを使うのか」「コストはどれくらいかかるのか」「どのように動くのか」「なぜこれが今までのものより良いのか」「それはなにをするためのものか」が張り出されていたりした。生徒たちは、このことを確認しながら活動や制作を進めていくということであった。教師たちとの話し合いでは、経済的に恵まれない子でも将来に夢を持ってほしいと語っていた。

2.7　196 校区訪問

この地区の教育コーディネーターの Dr. Kinden 氏に二つの学校を案内していただいた。

2.7.1 Apple Valley High school

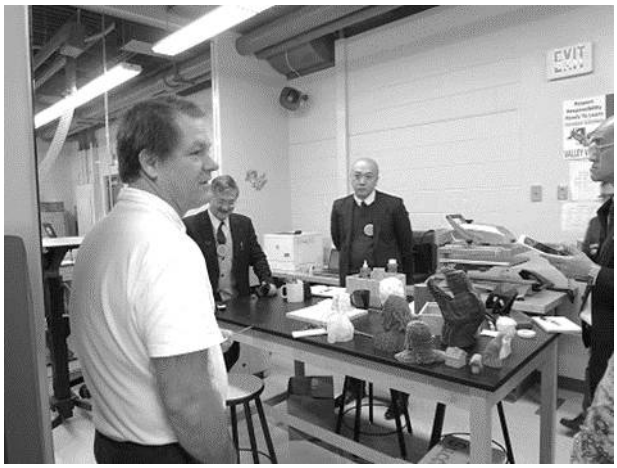


図 11. アップルヴァレー高校の工作室

生徒たちが STEM 分野でのキャリアを追求できるように、若者のより広い能力を刺激することを目的として、E^3STEM 教育を学校方針としてうたっている。E^3 STEM というのは、Exploration, Education & Employment in Science, Technology, Engineering, and Math である。ロボット工学プログラムがあり工作室が充実していた。また、テレビ・メディアプログラムもあり、そのための本格的なスタジオもあった。STEM のクラスでは、ビジネスとの関連も重視し、ドローン技術を農業に使用することやコンピューターサイエンスなども学べるようにしているとのことであった。生徒たちによる自分たちの活動や学校紹介のプレゼンテーションを聞き、インタビューする機会を与えられたので、この学校がどんなところかと尋ねたところ、プログレッシブで、機会が多く与えられる場所、イノベイティブなところという答えが返

ってきた。学校内を見学した時にも気づいたことであるが、教師も生徒たちも自分の学校に誇りを持っているように感じられた。

2.7.2 Valley Middle school

STEM 教育を推進させるための校舎の改築が進んでいるところであった。玄関ホールから続く中央廊下の両側にもいくつかの部屋を組み合わせて新しくスペースが作られ、学びの場としてのイノベーションが行われているところであった。子どもたちが使っていたロッカーを動かして、子どもたちの発表の場(ステージ)を作ったり、ネイバーという言い方で、関連するいくつかの領域（たとえば健康、スポーツ、食など）が学べる教室や教室群あるいは広い一つのスペースを作ったりしていた。このようにSTEM教育を実践するために教育方法、教育内容を変化させるだけでなくまず、適切な空間やスペースから作くろうとすることは、大変アメリカらしいと感じた。また、この学校ではデザインプロセスを取り入れた STEM 教授モデル（右図）が作られており、それに従って教育実践が行われているということであった。

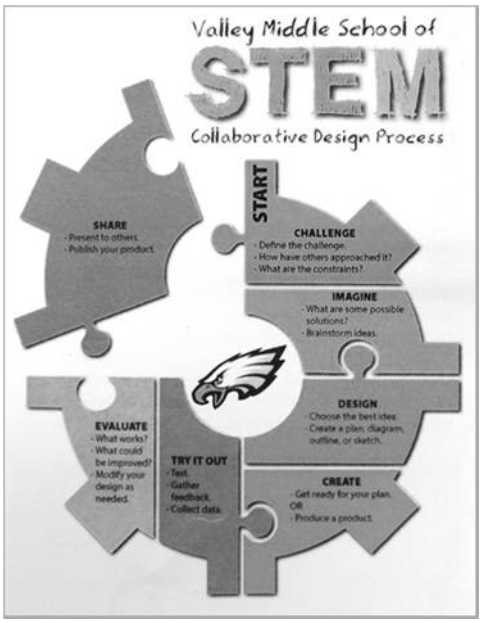


図 13.ヴァレー中学校 STEM 教育モデル

2.8 Owatonna Middle School

この学校は前回（2016 年秋）に訪問した学校の一つである。その際増築工事に着手していた部分が完成し、リノベーションがほぼ終わろうとしていた。風船で駆動する砂上バギーの作成に取り組んでいる STEM のクラスと、科学技術を駆使した Art のクラスを紹介していただいた。Art のクラスではすでに終了していたので生徒たちの活動の様子は見られなかったが、手法について担当教師から詳しく話を聞くことができた。インクの比重の違いで様々な模様が浮かび上がり、それが天体や生物の細胞を映した科学写真のように美しいものであることを知ることができた。また、来年に向け、アウトドアクラスのために、中庭から校庭にかけて大規模に整備する計画があるそうだ。

図 14.　新しい教室の様子

図 15.　教師たちのとの話し合い

最後に、数学および科学の教師たちと STE 教育の導入について話し合いを行った。この学校では教師たちがチームになって STEM 教育に取り組んでいるが、数学を取り入れる場合の難しさについて語っていた。学校訪問に同行されたオワトナ校区の STEM 教育コーディネーターDr. Meagher 氏とこの学校の校長先生は、昨年ミネソタチームの一員として来日し静岡とも交流のある方々でもある。お互いに STEM 教育推進に関して理解が進み有意義な訪問となった。

３．訪問を終えての所感

今回の訪問では、前半でアイオワ州におけるチルドレンズ・ミュージアムでの調査、後半はミネソタ州の各所における調査を実施することができた。

この結果、一番印象に残ったことは、アイオワ州、ミネソタ州において着実に STEM 教育が広がりを見せており、むしろ STEM 教育が主流となりつつある現状を知ることができたことである。チルドレンズ・ミュージアムでは、キャンプのプログラムはいち早く STEM 教育プログラムとして構築されており、変えるのが容易でない展示物に関しても、それぞれ展示更新の時期に合わせて、STEM を取り入れたものにしようとしていた。また、学校現場では昨年度には計画・工事段階であった校舎や教室などが完成して、STEM 教育実践に有効に使用されているところを見ることができた。

今回案内・同行いただいた Dr. Kinden 氏や Dr. Meagher 氏のように、ミネソタ州では学校区ごとに、STEM 教育のための専任のコーディネーターが配置されており、彼らのような存在が STEM 教育の推進に大きな役割を果たしていることを感じた。

今後、STEM 教育の拡大によるアメリカにおける学校現場の教育の在り方の変容、教育資源や教育システムの変化についてこれからも注目したいと感じた。

科科学教室プログラム　デザインチャート

年月日	2017 年　6 月　17 日	**時間**	10：00～11：30
場所	東部生涯学習センター	**対象者**	小学生の子ども（その保護者）　20 名
テーマ	この砂どこの砂？		
ねらい（目標）	・砂について…理解、観察、比較、採取した場所を推測 ・砂で絵をかこう		

流れ			
10：05	ここに砂があります。砂って何からできているか知っていますか？ ⇩ どうやったら、調べられるでしょう？ ⇩ グループで話し合って、意見を言う 調べてみましょう！ 見つけたものを発表する ※砂を構成する物体は場所により異なる ※周りの自然環境、地質に左右される	S T S	**ハワイヒロの砂** ・岩石が小さくなったもの　・鉱物 ・生き物だったものかけら ・その他 ・見る　・**虫眼鏡**で見る 砂の元の姿…**岩石、鉱物、木、貝殻、プラスチック**
10：20	この砂のふるさと“海岸”を見つけたい。 候補地は５つありました。 どこの砂でしょうか？どうしたらわかる？ ⇩ １．グループで話し合いながら見つけ方を考える ２．実際に探す	T S M	**赤羽海岸の砂** 双眼実態顕微鏡に砂をセット サンプル瓶に入った砂も用意 **ワークシート**
10：50	どこの砂か発表する。（根拠とともに）	E	
11：00			片づけ、砂絵作りの準備をする
11：05	休憩		
	砂で絵をかこう 説明を聞く 鉛筆で下絵を描く　ボンドで線を引く 砂を載せて貼り付ける　乾かす	Art	**４～５種類の砂を準備** **画用紙、バット５枚、ボウル５個** **ボンド、**
11：20	振り返り・作品鑑賞会		十分乾いているか確認して、**ポリ袋などに入れる**

準備物	**上に記入…太字**
留意点	**砂が混ざらないようにする（化学実験などでも基本なのでしっかり伝える）**

科学教室プログラム　デザインチャート

年月日	2017 年 9 月 23 日(土)	時間	10：10～11:50
場　所	創作ルーム	対象者	理数大好き受講者
テーマ	砂のふるさとを探そう		
ねらい （目標）	砂について…理解、観察、比較、採集した場所を推測 砂を調査すると何が分かるか考える		

流れ	内容
10:10	＜イントロダクション＞「ガラス」について知っていることを書き出してみる SiO^2 二酸化ケイ素、岩石の主成分、石英、水晶、 １．「砂」は何でできているか、探る。 S T ・sample: ハワイ、ココナツアイランドの砂 ・どうやったら調べられるか話し合う→調べる ・見つけた構成物を発表する 「砂」のもとの姿 ・岩石・鉱物・木 ・貝殻・サンゴ ・プラスチック　など
10：35	２．「この砂」のふるさとの海岸を見つけよう ・候補地は 5 か所 ・それぞれから取り寄せた砂 5 種類
10：40	①　調べ方・見つけ方を考える、話し合う E ②　調査の方法（デザイン）を図や文章で書く
10:55	③　実際に調べる、証拠を集める S 「この砂」と他 5 種類の砂それぞれについて調査する 「砂の観察チェックシート」に記入 ④　証拠に基づいて海岸を特定する M T
11:25	⑤　どこの砂かグループごとに根拠とともに発表する
11:35	３．砂を調べると何がわかるのか考える。 S ・砂はどうやってできるの？・砂はどこから来るの？ ・砂をつくっている小さな粒の種類は何で決まるの？
11:55	４．自分の考えを書く・伝える S
12:00	＜プログラム終了＞

準備物		
	・ハワイ、ココナツアイランドの砂 ◎渥美半島　赤羽海岸の砂 ・伊豆諸島、新島の砂 ・静岡市、大浜海岸の砂 ・伊良湖岬　恋路が浜の砂 ・石川県　加賀海岸の砂	虫メガネ、双眼実態顕微鏡 シャーレ、 柄つき針 or ピンセット **・砂の観察チェックシート**

科学教室プログラム　デザインチャート

年月日	2017 年　12 月　10 日(土)	時間	10：00～11：50
場所	静岡科学館る･く･る　　創作ルーム	対象者	サイエンスアドベンチャー会員 50 名
テーマ	この砂どこの砂？		
ねらい （目標）	・砂について…理解し、観察や比較をとおして採取した場所を推測する ・砂で絵をかこう		

流れ			
10：10	ここに砂があります。砂って何からできているか知っていますか？	S	**ハワイヒロの砂(1 袋/班)** ・岩石が小さくなったもの　・鉱物 ・生き物だったものかけら　・その他
	⇩		
	どうやったら、調べられるでしょう？	T	・目で見る　・**虫眼鏡(3 個/班)**で見る ・**双眼実態顕微鏡(1 台/班)**で見る
	⇩ グループで話し合って、意見を言う 調べてみましょう！		
	見つけたものを発表する		砂の元の姿…**岩石、鉱物、木、貝殻、プラスチック**
	※砂を構成する物体は、場所により異なる ※周りの自然環境、地質に左右される		
10：30	この砂のふるさと“海岸”を見つけたい。 候補地は 5 つありました。 どこの砂でしょうか？どうしたらわかる？	E S	**赤羽海岸の砂(1 ビン/班)、シャーレ、付箋** 双眼実態顕微鏡に砂をセット サンプル瓶に入った砂も用意
	⇩ 1．グループで話し合いながら見つけ方を考える 2．実際に探す	M T	**ワークシート**
11：00	どこの砂か発表する。(根拠とともに)	S	
11：10	休憩		片づけ、砂絵作りの準備をする
11：15	砂で絵をかこう	Art	**４～５種類の砂を準備** **画用紙(カードサイズ　1 枚/人)、バット 3 枚/種類、ボウル 3 個/種類** **ボンド(3 本/班)、** 十分乾いているか確認して、**ポリ袋など**に入れる
	説明を聞く　鉛筆で名前と下絵を描く ボンドで薄く線を引く　砂を載せて貼り付ける 乾かす		
11：45	班ごとに振り返り・作品鑑賞会		

準備物	上に記入…太字
留意点	砂が混ざらないようにする（化学実験などでも基本なのでしっかり伝える）

ゆりかごSTEM教室　プログラムチャート

年月日	2017年　9月　13日	**時間**	10：00～11：00
場所	ゆりかご保育園・食堂	**対象**	年長児・年中児　　名
テーマ	種の工夫：花や木はどうやって仲間を増やそうとしているのかな		
ねらい	いろいろな種を観察したり、種のおもちゃをつくったりして、花や木がどうやって仲間を増やそうとしているのか体験を通して理解する		

「種」って何だろう？　どんな役わりがあるかな？　10：00　S　M

↓

いろいろな種を観察してみよう
- ヒマワリ　ピーナッツ
- トウモロコシ
- 写真：　松、カエデ、オオオナモミ

いろいろなところに仲間を増やすとしたらどうすればいいかな？　10：15

↓

仲間を増やす→遠くに運ぶ、広がる
方法を考えて絵にかいてみよう
考えたことを説明してみよう

S　E

「とぶ種」のおもちゃをつくって、遠くまでとばしてみよう。　10：30　T　E　M

↓

折り紙、細長い紙を使って形を作る

ゼムクリップ or ステイプラー
などで止める（種の重さを表現）

種の形を自分で考えて作ってみよう　10：45

↓

E

時間がない時

ふりかえり　10：55　S

ゆりかごSTEM教室　プログラムチャート

年月日	2017年　10月　25日	**時間**	10：00～11：00
場　所	ゆりかご保育園　食堂	**対象**	年中・年長児　　名
テーマ	ソーマトロープの絵の不思議な見え方		
ねらい	残像を利用した絵の足し算を観察・理解して、自らも不思議な絵を描き、ソーマトロープを作って遊ぶ		

＜プログラムの流れと子どもの活動＞

ソーマトロープを作ってみよう　10:00

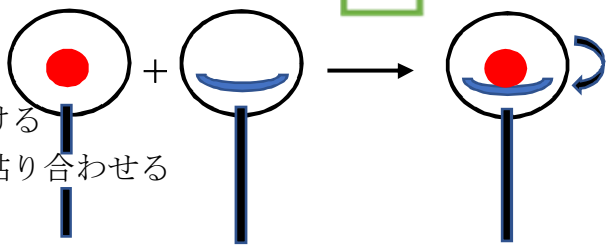
T

ぬり絵する

ソーマトロープを作る

…絵を描く→ストローをつける

→絵を貼り合わせる



「絵の足し算」の予想をする　10:10

S　E

ワークシートに予想した絵を描く

回して見る

予想と同じだったか、違ったか確認する

S

足し算できる仕組みについて説明を聞く　10:20

S　M

自分で作ってみよう　10:25

デザインする

…ワークシートに下絵を描く

T　E

オリジナルソーマトロープを作る

…絵を描く→ストローをつける→絵を貼り合わせる

回して見る

ふりかえり　10:50

どんなものができたか発表する

S

ゆりかごSTEM教室　プログラムチャート

年月日	2017年　11月　15日	**時間**	10：00～11：00
場　所	ゆりかご保育園　食堂	**対象**	年中・年長児　　名
テーマ	声を伝えるおもちゃづくり		
ねらい	音・声は振動でそれが伝わることで、音や声が伝わることを実験しながら学ぶ。 糸電話を作って、声の伝わり方を予想して、いろいろなつなぎ方をデザインして、実験し確かめてみる。		

＜プログラムの流れと子どもの活動＞

風船を使って音の正体をみつける　10:00　S

風船をそっともって
- 太鼓をたたいてみる
- 声を出してみる

紙コップを使った実験で音をきく　10:10　S E

- 音が伝わったことを確認する
- 音の伝わり方について考えを絵でかいてみる

糸電話を作る　10:20　T E M

- 紙コップと糸で電話機を作る
- どうつないだら、声がよく聞こえるかデザインする
  - 1対1（二人）のときは？
  - 三人、四人のときは？

グループごとに試してみる　10:35　S E T

- うまく声が聞こえるにはどうしたらいいか試す
- うまくいった方法をみつける

ふりかえり　10:50　S

どうやったらうまくいったか、その方法をみんなに伝える

ゆりかごSTEM教室　プログラムチャート

年月日	2018年　2月　23日	**時間**	10：00～11：00
場所	ゆりかご保育園・食堂	**対象**	年長児・年中児　　25名
テーマ	ペーパークロマトグラフィー：色素を分けよう		
ねらい	色は、いくつかの色の混ぜ合わせでつくられる。水性のマーカーを使って色の組み合わせを見つける活動をする。色によって染み込み方が違うことを利用して、ろ紙に模様を浮かび上がらせ、しおりを作る。		

色の足し算を思い出してみよう。　10：00

S　T　M　E

いろいろな色を作る→絵の具を使う（坂田演示）

・紫、緑、ピンク、オレンジ

・その他…色を混ぜてどんな色ができるか、
　みつけてみよう

マーカーの色はどんな色の組み合わせでできているかな？　10：20

ペーパークロマトグラフィーで展開してみる

S　T　M

・方法の説明を聞く

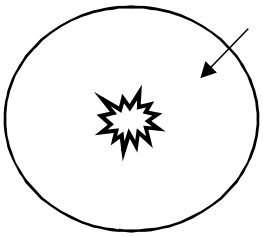
・試してみる…**茶色**で

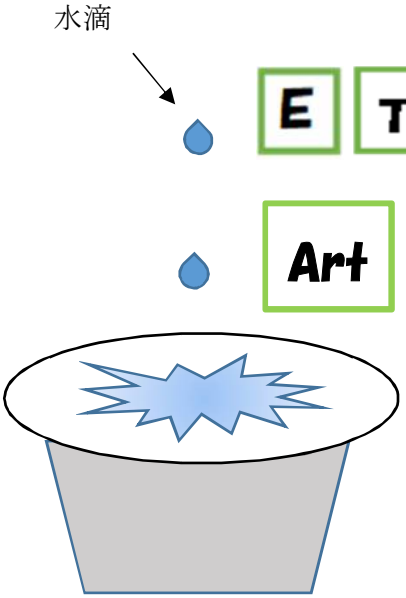
・**黒**はどんな組み合わせでできているか予想して試してみる

自分のしおりを作ろう　10：40

E　T　Art

・マーカーでろ紙に模様を描く





・模様が出てくるまで観察する

・乾くまで、置いておく

ふりかえり・あとかたづけ　10：55

ふじのくに STEM 教室プログラム　デザインチャート

年月日	2017 年 11 月　3 日（土）	**時　間**	10：30～12：00 すぎ
場　所	ふじのくに地球環境史ミュージアム ３F　理科室	**対象者**	小学生の子ども(その保護者) 35 名（　　名）
テーマ	アメンボはなぜ浮くことができるのでしょうか？		
ねらい **（目標）**	・アメンボが浮く仕組みを自作のモデルで理解する ・実物を観察することで、水に浮く秘密を見つけ出す。		

流れ	**内容**	
10：30	「アメンボ」という生き物を知っていますか？ なぜ浮いていられるのでしょうか？ 1．自分で考えて予想する 2．グループで話し合って意見を言う 3．発表する　　足に秘密がありそうだ！	アメンボの写真 ・水に浮いている様子 ・全体像 ・その他…生育環境など **S**
10：45	針金を使って、アメンボを作ってみましょう。 1．足のつくりを工夫しよう 2．自分でアイデアを考える 3．グループで分担していくつかモデルを作る どれくらい浮いていられるか計測しましょう。 4．どのような足が体を支えることができるのか結論付ける	工作の材料…**針金、竹ひご、モール、スポンジ、色紙、アルミフォイル、葉ランセロテープ、ビニル袋** 工作の道具…**ハサミ、ものさし、ラジオペンチ、水槽ストップウォッチ** ワークシート ・アイデアを絵にする ・設計図を描く ・記録チャートに時間を記入する **E** **S** **M** **T**
11：40	振り返り：各グループ結果発表	
11：50	虫博士からのおはなし アメンボについて…特に生活の様子と体のつくりについて 質問コーナー	
準備物	**上に太字で記入**	

ふじのくに STEM 教室プログラム　デザインチャート

年月日	2017 年 12 月 23 日（土）	**時　間**	10：30～12：00 すぎ
場　所	ふじのくに地球環境史ミュージアム ３F　理科室	**対象者**	小学生の子ども(その保護者) 35 名（　　名）
テーマ	われにくいシャボン玉作り		
ねらい（目標）	シャボン玉のでき方を観察することで、シャボン玉の特性を科学する。そして、われにくいシャボン玉を作るためのレシピをグループで協力しながら考える。		

流れ	**内容**	
10：30	シャボン玉のつくりがどうなっているか知っていますか？ シャボン玉がわれるまでにどのように変化するでしょう？	S　T
10：50	基本となるシャボン玉液を作る シャボン玉をシートの上にふくらませ観察する わかったことをグループごとに発表する	見つけたことをワークシートに書き込む
11：00	われにくいシャボン玉を作るにはどうしたらいいのでしょう？ 今日はグループのみんなで協力してわれにくいシャボン玉の液を作るよ	E
11：10	どうすればいいか、アイデアを話し合う 実験の仕方について話し合う	※「何かを混ぜる」という話が出ないようだったら、こちらから伝える 基本のシャボン玉液に混ぜる　E
11：40	方法（見通し）が決まったらそれぞれ実験をする 混ぜる液体と混ぜた量を記録する 25 cm以上ふくらましわれるまでの時間を計る ワークシートに記入する われにくいシャボン玉液について考えをまとめる	サポーター： 実験の補助をする T　M
11：50	振り返り：グループ発表 レシピの発表とシャボン玉を膨らめる実演をして、みんなと見つけたことを共有する シャボン玉博士からのおはなし	S

準備物	**中性洗剤 200ml、ガムシロップ 3 本、グリセリン 500ml、PVA 洗濯のり 1 本、みりん 1 本、酢 1 本 ビーカー（小・中　18 コ）、ガラス棒 9 本、バット 9 枚、プラカップ 50 コ、ストロー50 本、 計量カップ or スプーン 9 セット、ストップウォッチ 9 コ、めもり入りカッティングボード 9 枚**

ふじのくに STEM 教室プログラム　デザインチャート

年月日	2018 年 3 月 31 日（土）	**時　間**	10：30～12：00 すぎ
場　所	ふじのくに地球環境史ミュージアム ３F　理科室	**対象者**	小学生の子ども(その保護者) 35 名（　　名）
テーマ	石を削って絵を描こう		
ねらい（目標）	岩石は河川で運搬されながら、削られ小さくなっていくことに気づく。そして、石を削ることができることを知り、昔から、岩石を粉にした絵の具が使われていることを知る。また、岩石を削って岩絵の具を作り、絵を描く。		

流れ	**内容**	
10：30	石は削れて小さくなることを見つける ↓ 岩→石→小石→砂→？	川原の石の写真 見つけたことをワークシートに書き込む M S
10：40	砂絵の観察：岩絵の具を作るにはどうするかアイデアをだす ↓ 砂絵：色が混じっている、粒が見える 石から絵の具を作るには？ ・どうやって？　道具はなにで？ ・どうすればいいか、アイデアを話し合う	粒を小さくする→こする 紙にくっつける→にかわ,ボンド （勾玉、サンドペーパーを紹介） S E T
11：00	石を削って絵の具を作り、絵を描こう ↓ 手順を考える ・絵の具の種類を増やすには？ ・役割分担 作品のデザインと制作	サポーター： 実験の補助をする E T
11：30		
11：35	発表会：グループごと コメントと作品の提示	S
11：50	石博士からのお話 石(鉱物)に、なぜこんなきれいな色がついているのか？	◎どんな色を作り出せたか ◎工夫したところ ◎感想 ワークシート、アンケート記入
準備物		

砂のふるさと（海岸）見つけ　ワークシート

____年　　名前_____

【2017年６月１７日　東部生涯学習センター】

１．砂をよく観察して、この砂の特徴を書いてみましょう。

何があるかな？	全体的な色はどうかな？	粒はどうかな？

２．ふるさとを見つけるには、どうしたらいいでしょう？　見つける方法を考えて、書きましょう。

３．調査メモ…調査の途中で分かったことを書いておきましょう。

４．結論…砂のふるさと（海岸）はどこでしょう？

＜今日の感想＞

「砂」のふるさと(海岸)を見つけよう？　…2017 年9月 23 日　理数大好き教室…

名前＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

1. 砂は何からできているのだろうか？観察して見つけよう！

・ ・ ・ ・ ・	スケッチしてみよう！

2. 全体的な特徴を書こう！

3.「砂」のふるさとを見つけるためにはどうしたらいいだろう？見つける方法を考えてかいてみよう。

・ ・

４．考察と結論

「砂」のふるさと（海岸）は・・・

証拠・根拠

砂のふるさと(海岸)見つけ　ワークシート

【2017年12月10日　サイエンスアドベンチャー】

＿＿＿年　　名前＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

1．砂をよく観察して、この砂の特徴(とくちょう)を書いてみましょう。

何があるかな？	全体的な色はどうかな？	粒はどうかな？

2.「砂のふるさと」を見つけるには、どうしたらいいでしょう？　見つける方法を考えて、書きましょう。

3．調査(ちょうさ)メモ…調査の途中(とちゅう)で分かったことを書いておきましょう。

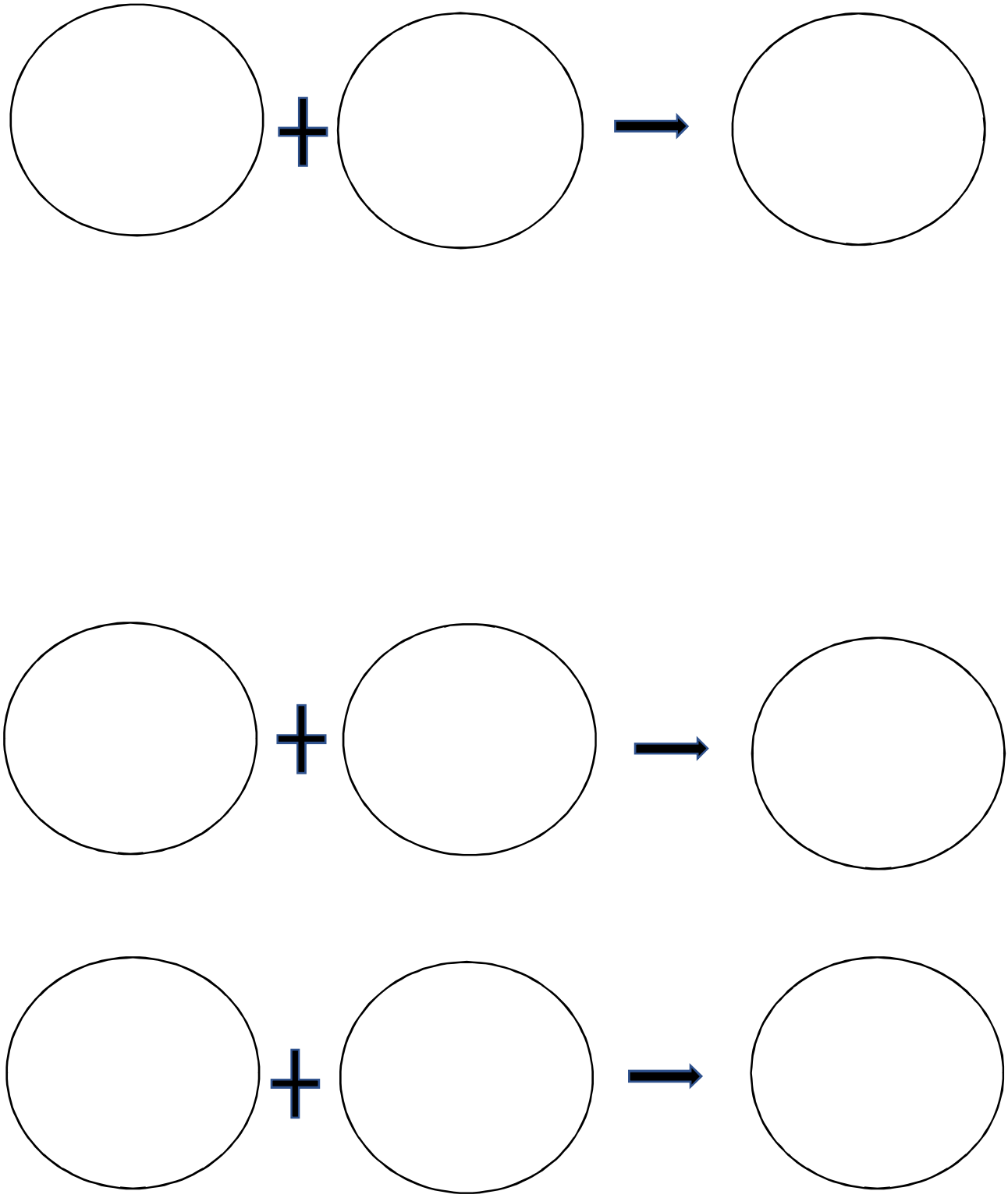
4．結論…砂のふるさと（海岸）はどこでしょう？

場所	根拠・証拠

＜今日の感想＞

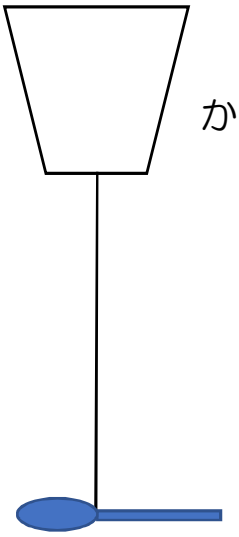
ゆりかごSTEM　ワークシート　（2017年10月25日）

＜よそう＞

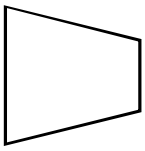


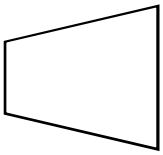
ゆりかごSTEM　ワークシート　（2017年11月15日）

＜よそう＞　　おなまえ＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

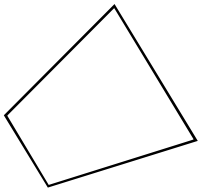


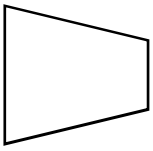
＜2人でおはなしするとき＞

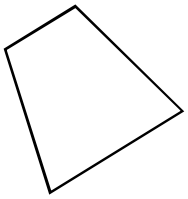




＜3人でおはなしするとき＞







ゆりかごSTEM　ワークシート　（2018年2月23日）

どんな色ができるかな？

あか　　あお　　＿＿＿＿＿＿いろ

＋　→

きいろ　　あお　　＿＿＿＿＿＿いろ

＋　→

きいろ　　あか　　＿＿＿＿＿＿いろ

＋　→

くろはどんないろからできてる？…よそうしてみよう。

→

どんなもようにしようかな？…まん中はこい色でかくといいよ。

アメンボを作ってみよう　ワークシート

【2017 年 11 月３日　ふじのくに地球環境史ミュージアム】　＿＿＿年　名前＿＿＿＿＿＿＿＿

１．アメンボはなぜ浮いていられるのでしょう。考えを書いてみましょう。 絵を描いてもいいよ。

ことば	絵

２．水に浮くアメンボを作りましょう

アイデア図　＜１＞	アイデア図　＜2＞
設計図　＜１＞	設計図　＜2＞

＜メモ＞

３．どんなモデルが良く浮いていられるでしょうか？

それぞれのモデルがどのくらい浮いていられるか計測してみましょう

モデル			
1回目			
2 回目			

結果にもとづいて、よりよく浮くアメンボについて考えをまとめてみよう

4. 博士の話で気になったこと・もっと聞きたいと思ったこと

5. 感想

最良のシャボン玉液をつくろう　ワークシート

【2017年12月23日　ふじのくに地球環境史ミュージアム】_____年　名前_____

1．シャボン玉のつくりをよく観察して、どうなっているのか描いてみよう。

ことば	絵

2．割れにくいシャボン玉液をつくってみよう。

(1)実験の仕方について考えましょう？…班の人と話し合って決めましょう。

アイデア　＜1＞	アイデア　＜2＞
アイデア　＜3＞	アイデア　＜4＞

３．どのシャボン玉液でつくると割れにくいか調べてみましょう。

（板の上で、直径 25cm以上までふくらまし、割れるまでの時間を図る）

	アイデア＜1＞	アイデア＜2＞	アイデア＜3＞	アイデア＜4＞
レシピ				
1回目				
2 回目				
3回目				

実験の結果にもとづいて、割れにくいシャボン玉液について考えをまとめてみよう

割れにくいのは… なシャボン玉液	さらに工夫したいこと…

4. 博士の話で気になったこと・もっと聞きたいと思ったこと

5. 感想

石から絵具を作って絵をかこう　ワークシート

【2018 年３月 31 日　ふじのくに地球環境史ミュージアム】_____年　名前_____

１．川と川原の石の写真を順番にならべよう。

順番	そのことでわかること
⇨　⇨　⇨ なぜそういう風に並べたのかな？	

２．石を削って絵具をつくろう。

⑴ 石を細かくするために、どうしたらいいでしょう？…班の人と話し合って決めましょう。

⑵考えた方法を実際に試してみましょう。

＜気がついたこと＞

＜改良点＞

⑶ 絵がかけるくらいに絵具を作ろう

３．絵をかこう

＜下絵・アイデア画＞

4. 博士の話で気になったこと･もっと聞きたいと思ったこと

5. 感想

サイエンスアドベンチャー・アンケート（pre）

学校での活動・勉強について答えてください。名前＿＿＿＿＿＿＿＿

１．いつも夢中になって取り組みますか？

１＿＿＿＿＿２＿＿＿＿＿３＿＿＿＿＿４＿＿＿＿＿５

２．いつもいろいろなアイデアを思いつきますか？

１＿＿＿＿＿２＿＿＿＿＿３＿＿＿＿＿４＿＿＿＿＿５

３．いつも、より良い答えや方法がみつかるようにいろいろ考えたり、試したりしますか？

１＿＿＿＿＿２＿＿＿＿＿３＿＿＿＿＿４＿＿＿＿＿５

４．いつも自分から発言したり、人のはなしをきいたりすることができますか？

１＿＿＿＿＿２＿＿＿＿＿３＿＿＿＿＿４＿＿＿＿＿５

５．いつもお友達と協力したり、分担したりしながら活動できますか？

１＿＿＿＿＿２＿＿＿＿＿３＿＿＿＿＿４＿＿＿＿＿５

１：まったくあてはまらない　　２：あてはまらない
３：ふつう
４：あてはまる　　５：とてもあてはまる

サイエンスアドベンチャー・アンケート（post）

学校での活動・勉強について答えてください。名前＿＿＿＿＿＿＿＿

１．今日の活動は夢中になって取り組めましたか？

１＿＿＿＿＿２＿＿＿＿＿３＿＿＿＿＿４＿＿＿＿＿５

２．今日の活動ではよいアイデアを思いつけましたか？

１＿＿＿＿＿２＿＿＿＿＿３＿＿＿＿＿４＿＿＿＿＿５

３．より良い(正しい)答えや方法がみつかるようにいろいろ考えたり、試したりしましたか？

１＿＿＿＿＿２＿＿＿＿＿３＿＿＿＿＿４＿＿＿＿＿５

４．自分から発言したり、人のはなしをきいたりすることができましたか？

１＿＿＿＿＿２＿＿＿＿＿３＿＿＿＿＿４＿＿＿＿＿５

５．グループの人と協力したり、分担したりしながら活動することができましたか？

１＿＿＿＿＿２＿＿＿＿＿３＿＿＿＿＿４＿＿＿＿＿５

１：まったくあてはまらない　　２：あてはまらない
３：ふつう
４：あてはまる　　５：とてもあてはまる

STEM 教室アンケート

２０１７.１１.０３-Pre

あなたの学校での活動(かつどう)や勉強(べんきょう)についておしえてください。

(１)いつも夢中(むちゅう)になってとりくみますか？

１　　２　　３　　４　　５

(２)いつもいろいろなアイデアを思いつきますか？

１　　２　　３　　４　　５

(３)いつも、より良(よ)い答(こた)えや方法(ほうほう)が見つかるようにいろいろと考えたり、試(ため)したりしますか？　１　　２　　３　　４　　５

(４)いつも自分(じぶん)から発言(はつげん)したり、人の話をしっかり聞(き)いたりすることができますか？

１　　２　　３　　４　　５

(５)いつもお友だちと協力(きょうりょく)したり、分担(ぶんたん)したりしながら活動できますか？

１　　２　　３　　４　　５

＜答(こた)え方＞

それぞれ、「まったくあてはまらない」ときは：１
「あてはまらない」ときは　：２
「ふつう」のときは　：３
「あてはまる」ときは　：４
「とてもよくあてはまる」ときは　：５　を〇でかこんでください。

(６)このSTEM教室のことは何で知りましたか？あてはまるものを〇でかこんでください。

その他の場合(ばあい)は、どのような方法だったのかおしえてください。

博物館でチラシを見た、　るくるでチラシを見た、　人からきいた、
先生にすすめられた、
その他（　　）

ご協力(きょうりょく)ありがとうございました。

STEM 教室アンケート

２０１７.１１.０３-Post

今日の STEM 教室での活動(かつどう)についておしえてください。

(1)今日の活動は夢中(むちゅう)になってとりくめましたか？

１　　２　　３　　４　　５

(2)今日の活動ではよいアイデアを思いつきましたか？

１　　２　　３　　４　　５

(3)よりうまく浮(う)くようにいろいろと考えたり、試(ため)したりしてみましたか？

１　　２　　３　　４　　５

(4)自分(じぶん)から発言(はつげん)したり、人の話をしっかり聞(き)いたりすることができましたか？

１　　２　　３　　４　　５

(7)グループの人と協力(きょうりょく)したり、分担(ぶんたん)したりしながら活動することができましたか？

１　　２　　３　　４　　５

＜答(こた)え方＞

それぞれ、「まったくあてはまらない」ときは：１
「あてはまらない」ときは　：２
「ふつう」のときは　：３
「あてはまる」ときは　：４
「とてもよくあてはまる」ときは　：５　を〇でかこんでください。

（６）感想をかいてください。

ご協力(きょうりょく)ありがとうございました。

STEM 教室アンケート

２０１７.１２.２３-Post

今日のSTEM 教室での活動(かつどう)についておしえてください。

（1）今日の活動は夢中(むちゅう)になってとりくめましたか？

１　　２　　３　　４　　５

（2）今日の活動ではよいアイデアを思いつきましたか？

１　　２　　３　　４　　５

（3）より割(わ)れにくくなるようにいろいろと考えたり、試(ため)したりしてみましたか？

１　　２　　３　　４　　５

（4）自分(じぶん)から発言(はつげん)したり、人の話をしっかり聞(き)いたりすることができましたか？

１　　２　　３　　４　　５

（5）グループの人と協力(きょうりょく)したり、分担(ぶんたん)したりしながら活動することができましたか？

１　　２　　３　　４　　５

＜答(こた)え方＞

それぞれ、「まったくあてはまらない」ときは：１
「あてはまらない」ときは　：２
「ふつう」のときは　：３
「あてはまる」ときは　：４
「とてもよくあてはまる」ときは　：５　を○でかこんでください。

（６）感想をかいてください。

ご協力(きょうりょく)ありがとうございました。

STEM 教室アンケート

２０１８.3.３１-Post

今日のSTEM 教室での活動(かつどう)についておしえてください。

（1）今日の活動は夢中(むちゅう)になってとりくめましたか？

１　　２　　３　　４　　５

（2）今日の活動ではよいアイデアを思いつきましたか？

１　　２　　３　　４　　５

（3）より良い絵の具を作るためにいろいろと考えたり、試(ため)したりしてみましたか？

１　　２　　３　　４　　５

（4）自分(じぶん)から発言(はつげん)したり、人の話をしっかり聞(き)いたりすることができましたか？

１　　２　　３　　４　　５

（5）グループの人と協力(きょうりょく)したり、分担(ぶんたん)したりしながら活動することができましたか？

１　　２　　３　　４　　５

＜答(こた)え方＞

それぞれ、「まったくあてはまらない」ときは　：１
「あてはまらない」ときは　：２
「ふつう」のときは　：３
「あてはまる」ときは　：４
「とてもよくあてはまる」ときは　：５　を○でかこんでください。

（6）感想をかいてください。

ご協力(きょうりょく)ありがとうございました。

子どもたちの活動評価シート（Draft １）

理解力	創造力	試行錯誤・判断的思考	コミュニケーション	協働・共同	熱心さ・意欲
□ するべきことがよく分かって活動できている	□ 問題解決につながるような確かな考え・アイデアをつくりだせる	□ 解決策が提案できたり他の子どもと共有ができたりする	□ 他の子どもたちと考えを共有することができる	□ 役割分担をして一緒に活動をする（何かを作り上げる）ことができる	□ 夢中になって取り組むことができ楽しんでいる
□ するべきことがほぼ分かって活動できている	□ いくつかのアイデアを統合して別のアイデアにできる	□ より良いものを見つけようと粘り強く取り組む（失敗してもがんばれる）	□ 自分の考えを表現して伝えることができる	□ 見通しを共有し、合意形成を図ることができる	□ 意欲的に楽しみながら活動のとりくめている
□ 他の子どもたちの活動についていけている	□ 自分の考えをもつことができる	□ いくつかの方法などを試してみる	□ 人の表現を理解し考えを受け取ることができる	□ お互いに助け合うことができる	□ 楽しそうに活動している
□ 少し補助すると活動できる	□ 何かしらアイデアを思いつく	□ ちょっと取り組んだり試したりする	□ 人の考えをあまりうけとることができない	□ グループの一員として活動にいることができている	□ あまり意欲的に活動できない
□ 活動についていくのに困難がある	□ アイデアがうかばない	□ 取り組もうとはするがすぐにやめてしまう	□ 自分だけの活動をしてしまう	□ 他の子どもと助け合ったり、協力したりできない	□ 意欲的でなく、楽しそうでもない

子どもたちの活動評価シート（Draft ２）

理解力	創造力	試行錯誤・判断的思考	コミュニケーション	協働・共同	熱心さ・意欲
□ するべきことがよく分かって活動できている	□ 問題解決につながるような確かな考え・アイデアをつくりだせる	□ 解決策が提案できたり他の子どもと共有ができたりする	□ 他の子どもたちと考えを共有することができる	□ 役割分担をして一緒に活動をする（何かを作り上げる）ことができる	□ 夢中になって取り組むことができ楽しんでいる
□ するべきことがほぼ分かってじぶんから活動しようとしている	□ いくつかのアイデアを統合して別のアイデアにできる	□ より良いものを見つけようと粘り強く取り組む（失敗してもがんばれる）	□ 自分の考えを表現して伝えることができる	□ 見通しを共有し、合意形成を図ることができる	□ 意欲的に楽しみながら活動のとりくめている
□ 他の子どもたちの活動についていけている	□ 自分の考えをもつあるいは、アイデアを思いつくことができる	□ いくつかの方法などを試してみる	□ 人の表現を理解し考えを受け取ることができる	□ お互いに助け合うことができる	□ 興味のあるところは楽しそうに活動している
□ 少し補助すると活動できる	□ 友達の様子を見て真似をすることができる	□ 同じ方法を繰り返し試してみる	□ 人の考えをあまりうけとることができない	□ グループの一員として活動にいることができている	□ あまり意欲的に活動できない
□ 活動についていくのに困難がある	□ アイデアがうかばない	□ 取り組もうとはする（ちょっとやってみる）がすぐにやめてしまう	□ 自分だけの活動をしてしまう	□ 他の子どもと助け合ったり、協力したりできない	□ 意欲的でなく、楽しそうでもない

謝　辞

指導教官である静岡大学創造科学技術大学院教授、熊野善介先生には、十数年前に修士論文をまとめ、その後年月を経て本研究に取り組もうとしたすべての過程で、多大なご助言、ご支援とお励ましをいただきました。諦めずにここまでたどり着けたのも熊野教授のおかげです。本当にありがとうございました。

本研究を進めるに当たり、静岡大学教育学部の萱野貴広先生、大学院の先輩方の齊藤智樹博士、奥村仁一博士、Lely Mutakinati Ph.D や、同僚である Pramdya Dwi Aristya Putra さん、Nurul F. Sulaeman さん、竹林知大さんにはお互い刺激をしあうよい関係性を築かせていただき、あまりに大きな課題に取り組み途方に暮れていた私に、楽しみと元気と知識を与えてくださいました。何より暖かい応援に感謝いたします。

アメリカでの STEM 教育の現状について、ミネソタ大学の Gillian H. Roehrig 教授やミネソタ州の STEM 教育の専門家 Thomas Meagher　Ph D.は、私のつたない英語にもかかわらず、質問には真摯に答えてくださりアドバイスをいただきました。また、Ph D. candidate の Jeanna R.Wieselmann さんは、静岡大学に滞在中には私といろいろと STEM 教育についてお話をしてくださり、私の STEM 教育に関する理解を深める援助をしてくださいました。とてもありがたいことでした。特に Jeanna R.Wieselmann さんは、私の英語の論文執筆においても、文章を根気強く読んで下さりより良くなるようにアドバイスをくださいました。本当に感謝しております。

アイオワ州のチルドレンミュージアム館長の Deb Dunkhase 先生、アイオワ大学の John A.Dunkhase 教授には、アイオワ州でのインフォーマルな教育施設における STEM 教育に関する調査で、大変お世話になりました。ミュージアムにおいて、3 日間完全にスタッフとともに滞在できるように計らっていただき、スタッフとは時間を決めたミーティング以外に、私が思いついたときに質問ができる機会を作ってくださいました。最後には STEM キャンプのスタッフとして実際に子どもたちと触れ合うこともお許しくださいました。本当の意味、本当の姿の STEM 教育について触れることができました。ありがとうございました。

私の研究に関してご理解をいただいて、博物館との共同研究プロジェクトとして位置づけてくださり、博物館での実践をサポートしてくださった、ふじのくに地球環境史ミュージアムの山田和芳教授、また、プログラム実践において、ともにプログラムを作り実践してくださった池谷渉先生、菅原大助准教授、渋川浩一教授に感謝いたします。

幼児への STEM 教育の実践の場として、保育園での実践をお許しくださり、また先生方との共同研究を暖かく見守ってくださっている、ゆりかご保育園の神野博行園長、ともに研究に携わってくださっている八木睦子研修主任には、先生方をまとめ共により良いプログラムを作ろうと積極的にご助力をいただいており、研究を支えていただき大変ありがたいことだと感じております。

静岡科学館る・く・るは私が仕事をしているところですが、私のこの大きなチャレンジに関して、職員・スタッフ一同から、理解と温かい応援をいただき、本当に励まされました。勤務がままならない時も皆さんで支えていただきました。特に青木克顕館長には、時に相談に乗っていただき、時に教育に関する視野を広げていただいたりして、大変お世話になりました。

博物館のインタープリターや科学館でのボランティア活動などで、私と活動を共にしてくださっている日江井香弥子さん、吉村有加さん、山根真智子さんには、博物館での実践やゆりかご保育園での実践で、補助スタッフとしてご助力いただきました。一人で実践し、データを収集することはなかなか大変でしたが、彼女たちのサポートのおかげで無事研究を進めることができました。それだけではなく一緒に実践してくださっている過程で、STEM 教育の目指そうとする方向性についてご理解いただき、一緒になって STEM 教育の導入について応援してくださいました。

以上の方々をはじめ、大変多くの方がたに支えられて本研究を進めることができました。ここに厚く感謝を表します。本当にありがとうございました。

最後に、これまで一番の理解者として私を物心両面から支えてくれた夫、坂田算浩と、家族に感謝いたします。

2018 年 12 月 20 日