

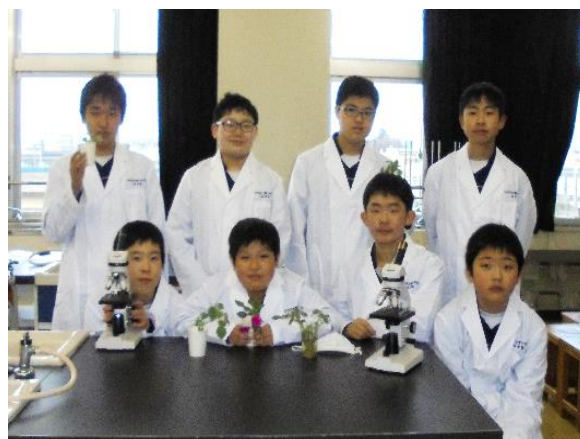
科学技術イノベーション人材を育成するための STEM 教育プログラムの開発



実施担当者 山形大学大学院教育実践研究科
教授 今村 哲史

1 はじめに

現代社会は科学技術の多大なる成果によって成立している。一方で、環境分野をはじめ解決しなければならない喫緊の問題や課題が山積している。現在、現代の様々な問題や課題を解決する人材として科学技術イノベーション人材の育成が期待されている。近年、科学教育の国際的動向の一つとして STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) 教育の広がりがある。日本においても日本理科教育学会や静岡大学などにおいて、科学教育の一部として STEM 教育の理論的研究等が行われているものの、生徒を対象にして十分に実践されているとは言い難い。そこで、本研究の目的は、次世代の科学技術イノベーション人材を育成するため「やまがた STEM 教育プログラム」を開発し、その有効性を実証的に検証することである。科学による社会や日常生活の革新を志向するイノベーション人材の育成には、複雑化する社会の問題や課題を科学(物理、化学、生物、地学)の視点だけでなく、技術、工学、数学を含むより総合的な視点から考察する資質や能力を育成することが必要不可欠である。そこで本研究では、受講者それぞれに科学、数学、技術、工学といった観点に基づき、多面的な視点から問題や課題を考察させた上で、ものづくりを中心とした問題解決に取り組む教育プログラムを開発する。主な対象は、山形市立中学校の科学部とした。教育プログラムの有効性の検証には、受講生に対する参与観察だけでなく、STEM 教育に関するアンケート調査を実施した。本研究では、この教育プログラムに山形大学の教員志望の学生を補助員として参加させることで、山形県における教員養成にも資すると考えた。そこで、山形大学の教員志望学生約 10 名が教育プログラムの運営を補助した。



STEM 教育プログラムに参加した生徒達

<活動 2 年目にむけて>

2016 年度(1 年目)の取り組みでは、山形市内の中学生を対象に STEM 教育プログラムを開発し、実践してきた。2017 年度(2 年目)では、これまでの取り組みで得た知見を生かして、教育プログラムの対象を小・中学生に拡大する。具体的には、昨年度までの中学生を対象としたプログラム(4 回程度)に加えて、小学生を対象としたプログラム(8 回)を追加

して、計 11 回のプログラムを実施した。本研究を通して、次世代の科学技術イノベーション人材をこれまでよりも低学年段階から計画的に養成することができると考えた。

2 STEM 教育プログラム（小学校）の実施

2-1 活動の概要

活動 2 年目を迎え、STEM 教育プログラムの対象範囲を小学生に拡大した。小学生を対象とした STEM 教育プログラムの目的は、次の二点である。①近年の教育動向の一つである STEM 教育の意義と目的を理解する、②STEM 教育の観点から開発したものづくりの体験を通じて、科学実験に対する学際的（STEM 的）な見方や考え方を習得するとともに、その重要性を理解することである。

	日時	テーマ	参加した 小学生の人数	参加した 大学生の人数
第 1 回	5 月 6 日	極低温の世界のふしぎ	42	10
第 2 回	5 月 27 日	顕微鏡を作って観察してみよう	25	10
第 3 回	7 月 1 日	スライムを作って遊ぼう	29	10
第 4 回	9 月 30 日	化石採集に行こう	35	10
第 5 回	11 月 4 日	科学マジックグッズを作ろう	30	10
第 6 回	12 月 2 日	光で遊ぼう	18	9
第 7 回	1 月 13 日	身近な物で電池を作ってみよう	15	9
第 8 回	2 月 3 日	静電気不思議を体験しよう	14	11

2-2 実施結果

主な小学生を対象とした STEM 教育プログラムについて報告する。

第 1 回 STEM 教育プログラムでは「超低温の世界のふしぎ」をテーマに、液体窒素を使った様々な実験を行った。大学生が事前実験をし、当日は小学生を指導しながらプログラムを進めた。液体窒素が沸騰する様子を見せたり、様々な物体の状態変化する様子を実験させたりした。興味をもった小学生が、次々に様々な実験に取り組んだ。特に空気と酸素と二酸化炭素の液体の色の違いに気付き、何度も繰り返し実験を行う様子が印象的であった。

第 2 回 STEM 教育プログラムでは、「顕微鏡を作って観察してみよう」をテーマに、大学生が先生役となって小学生を指導しながらプログラムを進めた。高性能な光学顕微鏡を用いて植物の細胞を観察したり、ペットボトルを活用したレーベンプックの顕微鏡を製作したりして細胞を観察した。顕微鏡による植物の観察だけではなく、自分自身で簡易的な顕微鏡を製作して観察する点などは、STEM 教育の特徴といえる。プログラムに参加した子ども達は、イワシが海で泳いでいた時に食べたものを、煮干の胃から取り出して顕微鏡で観察した。



液体窒素を用いた実験の様子

第 3 回 STEM 教育プログラムでは、「スライムを作って遊ぼう」をテーマに、これまでと同様に大学生が先生役となって小学生を指導しながらプログラムを進めた。子ども達は、様々な色のスライムを作成したり、それらのスライムを空気で膨らませたり、鉄粉を混ぜたスライムを作成して磁石と反応させたりした。また、吸水性高分子ポリマーを用いて、膨らむスライムビーズの実験などを行いました。単にスライムを作って、遊ぶだけでなく、日常生活との関連や、科学と技術との関連について考える時間を設定するなど、プログラムに参加した子ども達は、スライムに関する様々な実験を通じて「物質の状態変化」を体験できたようであった。



化石発掘・採集活動の様子

第4回 STEM 教育プログラムでは、「化石採集に行こう」をテーマに、午前中に寒河江川沿岸にて化石採集を行い、化石標本を作製した。子ども達はたくさんの化石（マツモリホタテなど）を採集し、その化石の種類から、約500から600万年前の山形県寒河江市周辺が海であったことを知り、大変驚いていた。

第5回 STEM 教育プログラムでは、「科学マジックグッズを作ろう」をテーマに、大学生が先生役となって小学生を指導しながら、念力振り子と念力棒の作成をした。

科学マジックグッズの完成後、念力振り子では揺らし方を工夫しながら、思い通りの振り子1つだけを動かし、振り子の長さによる周期の違いを体感していた。また念力棒では塩ビパイプをするすると上の磁石の様子を観察した。浮力と磁石の力を利用した不思議な現象に興味を持って取り組んでいた。

3 STEM 教育プログラム（中学校）の実施

3-1 活動の概要

平成28年度（1年目）に引き続き、今年度も STEM 教育プログラム（中学校）の実施の一環として、山形市立第三中学校科学部の活動を支援した。

STEM 教育プログラム（中学校）については、主に2つの時期（前半と後半）に分けて実施した。

前半は、主に「植物の研究」である。アフリカハウセンカの切り花からの発根と花粉管の伸長について探究した。その際、ノートPC等を用いて、写真データ保存や数値データのグラフ化など、毎日の観察・計測を記録した。

後半は、山形市立第三中学校科学部を中心に、他の市内中学校の科学部とともに、プログラミング講座を実施した。それぞれの科学部でのプログラミング活動を支援するため、外部講師を招いてプログラミングに関する講習会を実施した。

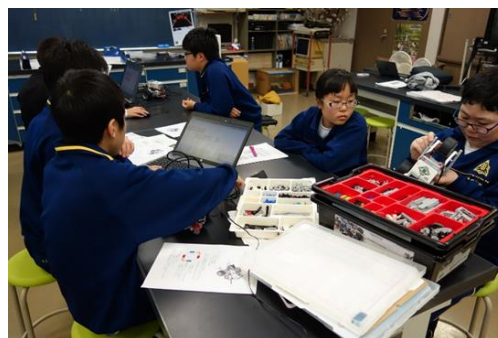
3-2 実施結果

2年目も山形市立第三中学校科学部の協力を進めた。今回の STEM 教育プログラム（中学校）は、長期間の研究プロジェクトとなった。研究のテーマは「植物の成長」である。5月に理科室のプラランターに植えたアフリカハウセンカの切り花からの発根と花粉管の伸長について、研究をスタートさせた。山形市立第三中学校科学部の生徒達は、植物の成長の実験から得られた科学的・数学的なデータを科学部全員で協力しながらノートPCを用いて処理して分析した。その後、パワーポイントを作って山形市理科研究発表会で発表し、山形市教育委員会教育長賞を受賞することができた。また、日本学生科学賞でも、中央審査で入選1等という結果を残すことができた。今後も、研究を継続していく予定である。

後半は、プログラミング活動を実施した。このプログラミング活動は、昨年度（1年目）から実施しているものである。これまでも、山形市立第三中学校の科学部には、プログラミング教材であるレゴのEV3を3台ほど配置している。その結果、3年生はラインに沿って動かすことができるようになった。1・2年生もEV3への関心は高く、操作できるようになりたいという希望があった。そこで、山形市立第三中学校の科学部だけでなく、山形市内の中学校科学部に声をかけて、EV3の講習会を実施することとした。

この講習会は、複数校の中学生が参加することから、山形市総合学習センターにて開催した。講習会では、外部講師として山形県立霞城学園高等学校の齋藤薫先生を招聘して、教育版レゴマインドストームEV3を用いたプログラミング活動を実施した。

参加した中学生は、山形市内の中学校三校（山形市立第三中学校、山形市立第四中学校、山形市立蔵王第一中学校）から11名である。講習会では、4つの班に分かれ、パソコンとEV3をそれぞれ1台使って説明された手順に沿って操作し、後半はプログラミングしたEV3を実際に動かした。生徒達は、思うように動くと歓声をあげ、うまくいかないと再びパソコン操作に戻るなど、熱心に取り組んでいた。どんどん進んでいく生徒に刺激を受ける様子も見られ、充実した講座になった。



EV3を用いたプログラミング活動の様子

参加した生徒からは、「ライントレースで、線に沿ってEV3が進んでいるのを見て、機械はとてもしかしこいと思いました。本当に、自分たちがプログラミングした通りに動いていたのですごいと思いました。前に物があるとEV3が止まるのは、車のシステムと似ていると思いました。（1年女子）」「今回のプログラミング教室でプログラミングのことがたくさんわかりました。今回得た知識を糧にEV3をもっとうまく使いこなせるようにしたいです。今回はありがとうございました。（1年男子）」「今回のプログラミング教室を通して、EV3の奥深さを知ることができました。またこのような機会があれば参加したいです。ありがとうございました。（2年男子）」などの感想が寄せられた。生徒達は、自分自身が設定した通りに動くロボットに驚きながら、どのようにしたら思い通りに動かすことができるのか、ロボットはどこまで複雑な動作をさせることができるかを試行錯誤しながら、プログラミングに取り組んでいた。その際、山形大学の大学院生が各中学校のサポート役となってプログラムを進めた。

4 まとめ

本年度は、2016年度の活動の成果をもとに、小学生（第4～6学年）まで対象を広げてSTEM教育プログラムを開発・実践した。その結果、まず、小学生については、ものづくりや実験活動を通して、自然や科学技術に対する興味・関心や知的好奇心を高めることができた。参加する小学生の募集や安全な実験・実習活動の実施にあたって、前年度の経験が大いに活かされ、計画通りに進めることができた。次に、中学生については、昨年度の経験を基盤として、前半は参加した生徒達を小グループに分けて各々の課題解決を中心に活動し、後半は全員でプログラミング活動を行った。多数の賞を受けるなど内容面でも充実し、十分な成果をあげることができた。また、これらの活動を通して、生徒の主体的な学びの態度と科学的探究のスキルを向上させることができたと考える。

以上のことより、次世代の科学技術イノベーション人材の育成において、児童・生徒の能力の向上はもとより、計画・実践・運営の面からも一定の成果が得られたと考える。

謝 辞

本報告書は、公益財団法人中谷医工計測技術振興財団からの助成を受けて実施したSTEM教育に関する取り組み（2年目）とその成果についてまとめたものである。この取り組みにおいて多くの学校、関係者、関係機関にご協力・ご支援を賜った。この場をお借りして謝意を表したい。

参考文献

- 1) Richard A. Duschl (編集), Amber S. Bismack (編集): Reconceptualizing STEM Education: The Central Role of Practices, Routledge, 2016.
- 2) 日本エネルギー環境教育学会 (編集): 「はじめてのエネルギー環境教育」, エネルギーフォーラム, 2016年.