

### 諸外国STEM/STEAM教育から見る日本の高等学校理科教育に求められるもの

YAMASAKI, Yuki / 山崎, 友紀

---

(出版者 / Publisher)

法政大学多摩研究報告編集委員会

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

Bulletin of Hosei University at Tama / 法政大学多摩研究報告

(巻 / Volume)

38

(開始ページ / Start Page)

17

(終了ページ / End Page)

29

(発行年 / Year)

2023-10-30

(URL)

<https://doi.org/10.15002/00030406>

# 諸外国 STEM/STEAM 教育から見る日本の 高等学校理科教育に求められるもの

山崎友紀

Expectations for Japanese High School Science Education from the Perspective of STEM/STEAM Education in  
Other Countries

Yuki YAMASAKI

## 1. はじめに

我が国における高等学校の理科教育の内容、スタイル、そして概念は、時代や社会の変化の影響を受けながら小学校から中学校の教育内容と大学入試の内容にもあわせる形で変遷してきた。平成 30 年 3 月に告示された高等学校学習指導要領は、令和 4 年度から年次進行で本格的に実施が進んでいる。近年探究活動などが重視されるようになり、高等学校学習指導要領解説理数編の中には<sup>[1]</sup>、「各学科に共通する教科として、数学と理科にわたる探究的科目を新設し、数学的な見方・考え方や理科の見方・考え方を組み合わせるなどして働かせ、探究の過程を通して、課題を解決する力などを育成すること」と記載されている。近年、日本も諸外国での STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) または STEAM (STEM に Art を加えた概念) 教育の流れの影響を受けつつあるものの、同学習指導要領の中で実際の教育現場での取り扱いに関する記述は残念ながらまだない。わずかに同解説理数編で「世界的にも理数教育の充実や創造性の涵養が重要視されており、米国等における STEM 教育の推進はその一例である。STEM または STEAM 教育においては、問題解決型の学習やプロジェクト型の学習が重視されてお

り、我が国における探究的な学習の重視と方向性を同じくするものである。」との記載はある。

諸外国における理科教育の変遷ぶりは、後述のように STEM の概念を積極的に取り入れるなどスピーディな対応が見られる。一方、それに比べると日本における理科教育の変化はゆるやかであり、今回の指導要領による理数科目の変化でも大きなものは見られず、いまだに知識伝授型、いわゆる「詰め込み教育」のウェイトが高い現状が続いているといえよう。我が国では、TIMSS や PISA などの調査において国際的に 5 位以内などの高い理科教育の水準を保っていることが評価されているものの、学習意欲や関心を問う調査においては“国際平均”を下回っている<sup>[2,3]</sup>。

筆者は、日本における理科教育の変化の重要性を本報で訴えることを目的としている。特に Society 5.0 への対応など社会変化に追随するための理科教育の見直しの重要性、国家の経済力と理科教育との関係性<sup>[4]</sup>、国民の幸福度 (またはウェルビーイング) と理科教育の関係性などに大きく注目している。その中で理科教育が大きく寄与できることは、子どもたちの単なる学力 (認知能力) の養成だけでなく、コミュニケーション能力や技能・スキル、総合的な判断力などで説明される「非認知能力」の育成にあると考えている。人間としての習熟度や労働市場での

1) 法政大学経済学部 教授

成功が、ひいては日本の労働市場や経済力の向上、生徒一人ひとりのウェルビーイング向上につながるため、現代社会に見合った適切な理科教育の変化が重要である。筆者らはこれらの日本の諸事情を鑑みて、高等学校における新しい基礎理科学科目の必修化の可能性を検討している。本報では、諸外国におけるSTEM/STEAM教育の現状を俯瞰することで我が国の危機的な状況を紹介し、理科教育における非認知能力養成の重要性を課題解決型プロジェクト実施の有効性などから考察する。

## 2. 本論

### 2-1. 日本におけるSTEM/STEAM教育とSTEAMのA (Art) の位置づけ

STEMという言葉の定義は各国でも様々で一国の中でも統一見解がないところも多い。日本ではSTEMという言葉在教育プログラムや教育内容を指して多用されるようになってきた。日本でフォーマルなSTEM教育団体として、日本STEM教育学会<sup>[5]</sup>が設立されたのは2017年である。諸外国の国をあげたSTEM教育に対する取り組み比べると、日本でのSTEM教育の国家戦略は極めて遅れていることを冒頭に述べておく。いまだに学習指導要領の中でもその位置づけは明確にされていない。

STEM教育のそもそもの発端は、米国の全米科学財団(NSF)にて1990年代初めにScienceとMathematicsにEngineeringとTechnologyを加えたSMETという略語が用いられていたが、2001年よりSTEMに変更され現在に至るまで広く用いられるようになったこととされている<sup>[6]</sup>。米国では現在、STEMという言葉は教育界に対してだけでなくSTEM分野への就職などのように、“理系”分野というニュアンスでも幅広く使われている。それに加えて米国ではSTEM教育の重要性が浸透してきており、例えば中学校理科教育ではその流れをくんで科目統合化が進んでいる。物化生地の組み合わせだけでなく、STEM(あるいはものづくりなどのエンジニアリング)と各科目の統合がさかんに教育現場で実施されるようになってきている。カリフォルニアではすでに州の教育方針として科目統合化のカリキュラムが2016年から採用

されており、教育プロセスの効率化と子どもたちの人間力の育成に積極的なプラスの変化をもたらしているとしている<sup>[7]</sup>。具体的な授業における科目統合の例としてはエンジニアリングの観点を取り入れたものが多く、日本でいう技術科目や情報科目を理科科目に取り入れているケースが多く見受けられる。これらの情報については米国理科教員のための教材提供のサイトを参考にされたい<sup>[8,9]</sup>。

日本では、近年になってやっと諸外国の影響を受け、文部科学省を含めてSTEMやSTEAM教育への運気が高まっている。実際に国内でのSTEM/STEMA教育の導入に対しては、近年の文科省のアクションよりもずっと以前から、諸外国の影響を受けた民間の教育団体により、習い事の延長としてのロボット工作、プログラミング学習、理科実験教室などが展開されて10年以上経過している。民間の塾などでは小学校や中学校受験対策としてそのような内容を学習内容として導入してきた事実も多くあり、一部の民間教育団体や一部の高所得層家庭をターゲットとした幼児教育にでも展開されている。

日本における、STEAMのA(Art)をどうとらえるべきかについては定まった見解がなく、研究者の間でも議論がある<sup>[10-12]</sup>。端的にArtは「芸術」、Artsは「教養」と扱われる場合もあるが、胸組は論文の中で「Artsの内容について芸術とする捉え方とLiberal Artsと捉えるかは議論を要する」と明示している<sup>[10]</sup>。文部科学省は、STEAM教育という言葉について初期には「統合型STEM教育にArts(デザイン、感性等)の要素を加えたもの」と解釈していたが、最近では大谷の見解<sup>[12]</sup>を導入し、「Liberal Artsの考え方に基づいて、自由に考えるための手段を含む美術、音楽、文学、歴史に関わる学習などを取り入れるなどSTEM教育を広く横断的に推進していく教育」と説明している<sup>[13]</sup>。

歴史的に英語の言語学的な「Art」の当初の意味をさかのぼると、Artは「技能」に関するものであったようである<sup>[11]</sup>。時代が進むにつれて技能の中の芸術的な意味合いが濃くなったことがわかっている。胸組、辻合らの論文を参考にすると、STEAM教育における“A”の概念については、多岐にわたり、例えば次のように解釈が可能である。辻合らの研究などを参考にし<sup>[11]</sup>、Artの複数の概念を以下に列挙した。

- ① 絵画、線画、あるいは彫刻でアイデアや感性を表現するための想像力の使用
- ② 絵画、線画、彫刻などの作品
- ③ 線画のような作品を創造するための探究と技能
- ④ 芸術（美術、音楽、演劇、文学など）の総称
- ⑤ 視覚芸術または舞台芸術の一種
- ⑥ 学校や大学で学ぶことのできる理系以外の科目、例えば語学や歴史、文学
- ⑦ トレーニングと練習で開発できる能力または技能

ここで筆者は、Art の定義について、この①～⑦のどこにも当てはまらない「俯瞰力などの非認知能力の育成をもたらす体験的な活動を示す概念」と提案する。その「体験的な活動」には子どもたちの絵画や演劇などの芸術に触れあう体験を指していて、非認知能力の育成に大きく貢献すると考えている。

日本の理科教育では長年、認知能力を養成することについてはおおむねうまく進んできたといえる。もっぱら長年の PISA や TIMSS の結果から、日本の子どもの認知能力の高さは示されているが、読解能力や文章表現などの非認知能力の低さが明確にされている。理数系能力には計算力や技能だけでなく、文章表現、コミュニケーション能力、総合的な俯瞰力、デザイン能力など非認知能力が含まれており、上述のように個々の生徒の人間力、ウェルビーイングの向上においては非常に重要であると考えられる。よって、今後は理科教育の現場において、これまであまり重要視されてこなかった子どもたちの非認知能力の育成のために、Art（または Arts）の役割が大変重要で不可欠であることを提案したい。この根拠には、子どもたちが幼少から高校生までの若い時期において様々な感性や心を刺激するような体験をするほど、人間性と精神の成長が大きく促されていることにヒントを得ている。

## 2-2. 理科教育をめぐる我が国の問題点

### 我が国の劣悪な経済動向と人材育成の現状

2022 年時点での日本の実質 GDP 成長率 (IMF 統計) は 1.08% で「世界 170 位」と評価されており、我が国の極めて低い経済成長が年々顕著になっている<sup>[14]</sup>。経済力の低下の原因は複数あり、それぞれが絡み合っていて複雑ではあるものの、天然資源に乏しい我

が国にとって、人材または人的資源の育成は不可欠であり、教育の効果は非常に大きいと考えられる。これまでのわが国の経済を支えてきた主要な要因の中で、教育水準の高さはまぎれもなく影響してきたと言えよう。それに加えて、日本国民の勤勉さ、貯蓄志向の高さ、伝統工芸や町工場などの職人の技術の高さ、それらによる総合的な生産効率の高さなどが経済力に与えた影響が考えられる。しかし、日本は長年ほとんどの天然資源を海外から調達して付加価値を与えて諸外国に輸出するという経済活動を繰り返してきた。それにより外貨の大半を確保しているのが我が国の経済のなりわいである。我が国にはほとんど存在しない金属資源、エネルギー資源のほか、さまざまな原材料や食料も海外から獲得しているため、円安の進行は我が国の経済に対して、負に大きく影響している。日本の貿易収支は 2022 年 5 月現在、2 兆 3,847 億円の赤字であり、その赤字幅は比較可能な 1979 年以降で 2 番目に大きいとされる<sup>[15]</sup>。日本の輸出の主力品目が自動車など輸送機器、半導体等電子部品、鉄鋼などであることから、理数、エンジニアの教養が国民に必要であることも容易に理解できる。

しかしながら我が国では大学入学時の理工系進学者の割合は減少傾向、大学院（修士課程、博士課程とも）進学者数は減少傾向であり、今後直面するデジタル化社会や、グリーン化社会に対応できる人材を十分に養成できていない現状が続いている。経済産業省未来人材育成会議の調査によると、現状だけでなく今後 10 年後、20 年後も理工系職業の人材確保は間に合わないと考えられており、技術系職業においては現時点ですでに在留外国人労働者に頼らざるを得ない現状となっている<sup>[16]</sup>。ヒューマンリソシアの世界 109 カ国の IT 技術者数調査によると、日本の IT 技術者数は世界 4 位である。1 位アメリカ、2 位中国、3 位インド、5 位ドイツの中で見ると、人口当たり換算するとアメリカやドイツよりもかなり低い数値となっている。さらに IT 技術者数の増加率は 109 カ国中 22 位とかなりの遅れがあり、今後の社会を支えていく人材が確保できているとは到底言えない状況である<sup>[17]</sup>。

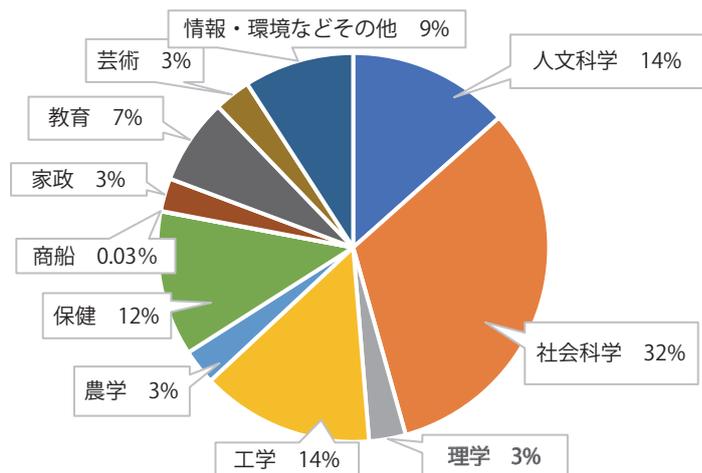


図1 大学における分野別入学者

### 高校生の意識と進路

図1に令和4年度学校基本調査（文部科学省/令和4年12月21日発表）による、大学における分野別入学者を示した<sup>[18]</sup>。ここで理系進学率（理学、工学、農学および情報環境などその他）を見ると、明らかに文系進学に比べてその割合が低いことがわかる。文科省の説明によると文系：理系はおおむね7：3としていてこの割合は長年続いている。さらに高校生の科学等に関する意識調査（H26、独立行政法人国立青少年教育振興機構）によると、「社会に出たら理科は必要なくなる」と答えた高校生の割合は日米中韓で比較して、日本は44.3%と、米国22.4%、中国19.2%、韓国30.2%の中で最も多いという結果となっている<sup>[18]</sup>。このように相当多くの日本の高校生が理科の必要性を感じていないことは危惧すべき点である。

### 教育現場の問題

日本の高校教員（小・中教員も含めて）の一日当たりの労働時間は10-11.5時間、土日の出勤率は52%という調査結果が連合総合生活開発研究所およびベネッセコーポレーションから報告されており「過労死レベル」とまで言われている<sup>[20-21]</sup>。2013年時点での日本教員の週当たりの勤務時間が55時間に対し、イギリスは47時間、韓国は33時間、フィンランドは32時間程度と報告されている。また米国の公立学校教員の場合、勤務日が185日程度に規定され（給

与体系により235日の場合もあり）、一日の勤務時間も上限を7時間程度に設定している学区が多い<sup>[22]</sup>。明らかに日本の教員は諸外国の状況から見ても相当な超過勤務をしていると言える。

また高等学校での教育現場では、生徒の進路への対応が最も大きな課題の一つとなっていて、教員の超過勤務にも影響を与えている。文部科学省の調査によると2021年度の専門学校、短大、大学を含む進学率は83.8%とあり<sup>[23]</sup>、日本の高校生のおおむねは何かの形で進学するケースが多く、当然その進路先に応じた教育が高校で求められ、高校における学習内

容は必然的に、大学入学試験の科目やその内容に対応することになる。教育現場において、生徒の文系進路希望者が大半を占める場合には必然的にそれに対応して、文系志望生徒の理数系科目の履修ウェイトが低くなるカリキュラムとなる。その一方で理数系進路希望者においてはその受験対策としての教育内容が必要となる。つまり筆記試験が主な大学進学の手段であることから、そこに求められる能力養成が重要視されるために、理数系科目の学習内容がより抽象化され、実験や実習などを通じて育まれる、科学的思考が養われない結果を生んでいる。このような大学入学試験選抜のための準備によって、高等学校の理科教育の現場ではいわゆる数値化判断のしやすい「認知能力の育成」に大きく偏っている時代が長く続いてきたと言えよう。

数値化することの困難な、非認知能力すなわち科学的思考力や課題解決力、コミュニケーション能力、総合的な俯瞰力などが、グローバル人材として求められる時代になっている。人間力の育成という観点でも、文科省学習指導要領の中でアクティブラーニングや探究活動が大きく取り入れられるようになってきた。これらの非認知能力は、体験的活動を通じて好奇心や想像力、探究心などが助けとなって養われるものであり、個々の生徒に応じた教育も必要となるため、時間もかかるのが常である。教育現場でも、非認知能力の育成については重要であると理解が進んではいるものの、現状の高等学校教育における大

学入試制度の影響、現場でのカリキュラムによる教育内容や時間の制限、マンパワー不足や予算不足などが大きな妨げとなっているのが現状である。

### 2-3. 諸外国の事情

諸外国の STEM/STEAM 教育関係の情報については、令和3年度 プロジェクト研究調査研究報告書 初等中等教育—048 学校における教育課程編成の実証的研究報告書4 (研究代表者 鈴木 敏之 (国立教育政策研究所 教育課程研究センター長))<sup>[24]</sup>、SSH 支援事業の今後の方向性等に関する有識者会議 報告書平成30年<sup>[25]</sup>、および Ellis らの研究グループによってまとめられた論文<sup>[26]</sup>などを主に参考にした。

#### アメリカ合衆国

米国では STEM/STEAM 教育の必要性が2013年ごろから国の方向性として採用され、また各州の教育カリキュラムの中でも大きく取り入れられるようになった。当時オバマ政権を通じて、STEM 教育は国家的な優先事項となり STEM 教育プログラムに30億ドルを投資することが決定された。その背景には、多様で創造的で高度な STEM 労働力と STEM リテラシーを備えた国民というビジョンによって、国の高い経済力を実現したいという理念が働いている<sup>[27]</sup>。国家予算の一部は民間企業や大学などの研究機関と教育現場とのコラボレーション企画を支援し続けており、教材開発、カリキュラム開発、教員支援プラットフォームの新規展開などが実働している<sup>[例えば7-9]</sup>。当然、小中高の授業の中だけでなく、課外活動や夏休み期間中の長期間キャンプ、習い事の一環などとしても STEM/STEAM 教育が10年以上浸透しており、ロボット、レゴ、プログラミング、工作などを通じた多様な教育プログラムを子どもや保護者が経済状況や生活時間帯に応じてフレキシブルに受講できる文化が根付いている。これらの活動は日本にも影響を与えたと考えられるが、その規模は日本よりもかなり大きく国家全体で進んでいると考えられる。

米国での政府を通じた STEM/STEAM 教育の推進は予算的には大きいものの、学校教育における STEM の概念やカリキュラムに対して統一的な見解があるわけではない<sup>[25]</sup>。政府の予算が投じられ、整備されてきた国全体の STEM/STEAM 教育の浸透により、特

定の STEM プログラムを展開した学区や学校において教育効果は上がっているという論文発表は多くされている。特に人種や性による差別が深刻な教育格差を生み続けてきた米国の社会構造の中で、STEM/STEAM プログラムの教育への導入による、生徒たちのモチベーションおよび学習成績への正の効果が顕著で、ヒスパニック系やアフリカ系などの低所得層生徒の多い学区での大きな正の効果が得られたと報告されている<sup>[28,29]</sup>。

#### 台湾

台湾では新しい教育改革が進んでおり2018年9月に発表された科学技術分野のシラバスには、具体的に体系的ではないものの、STEM や STEAM (芸術を取り入れる) の内容が含まれている。台湾の教育省 (MoE) が計画した12年間の基礎教育カリキュラムは、それまでの9年間教育に代わる新しいものである。そこで従来の学習領域「自然と生活科学技術」が「自然科学領域」と「科技領域」に分離され、さらにその「科技領域」が「情報科技」と「生活科技」を含むものとして位置付けられている。単位数は中学校の「科技領域」において各学年で2単位が必修となり、普通科高校では「情報科技」と「生活科技」が3年間の中で2単位が必修、8単位が選択と定められた。高校1年生の段階でより Technology を理科科目に組み込んだ授業内容が提示されるなど、今後は STEM/STEAM 教育の中等教育への導入と実施が期待されている。

台湾ではこの2019年からの新しい教育カリキュラムが進行するよりも前から、3Dプリンタやレーザー加工機などを活用した自造者教育 (Maker 教育) が急速に普及したことも注目される。諸外国の STEM 教育の影響もあってか「作ることで学ぶ教育」として自造者教育が教育現場に普及しつつある。すでに台湾の全国各地に「自造者教育センター」が設置されており、台湾師範大学では、自造者教育を担当できる教員を養成するための認定講習なども実施されている。この背景には、台湾の教育省が2016年に約6億円規模の予算を自造者教育に投じたことも大きい。自造者教育センターが中心となり、教育研修、科学系博物館、社会教育センターと連携して自造者教育

プログラムを展開している<sup>[30]</sup>。

### シンガポール

日本よりもかなり以前から専門家や市民を含めたSTEM教育人材育成の方針が国家規模で議論され、重要視されてきた。現在では2021年に発表された前期中等教育科学シラバスにおいて「生徒が将来の学習や仕事のために、STEMに取り組み追求するための力強い科学の基礎を提供すること」と記述されている。シンガポールでは1997年ごろから探究活動が重要視され、STEM教育の導入初期において、教育理論の構築や教員研修という基礎的な部分について丁寧に積み重ねを行ってきた。「STEM Inc. (シンガポール科学館の基に設立された組織)」と教育省が協力し、資金と人材の両面において企業等の力を頼りつつ、小中高の学校におけるSTEM教育の実施に関わっている。STEM Inc. が教育省の指導のもとに各教員を手厚くサポートするという仕組みがすでにできあがっており、うまく循環していると見受けられる<sup>[31]</sup>。特にSTEM教育が国に導入されるときに初期段階の計画と実施において、教員の力量に過度に依存するのではなく、教員支援が重要な戦略としたことが成功の鍵であったと考えられる。ちなみにシンガポールでも「Maker教育」という言葉がすでに浸透しており、台湾に影響を与えた可能性が高い。シンガポールのSTEM教育は日本の20年先を行くとも評価されている。

### 韓国

STEAM教育のAについて韓国ではArtsは単に芸術でなく、リベラルアーツが含まれるとの解釈をしており、すでにArtsを含めたSTEAM教育に2010年頃から取り組んできた。日本では韓国の影響も受けてArtsに対してこの解釈を近年とるようになっていく。2011年には韓国型STEAM教育の主要な特徴として科学技術工学を中心融合的な思考で体系的に未来予測のできる教育にシフトし始めた。

国家戦略として、グローバルリーダーとして時代の変化に柔軟に対応できる物事を判断する力を持った人材を育むことを目的にしてSTEAM教育が始動している。韓国政府はSTEAM教育プログラムの作成や教員育成に予算を投じ、韓国科学創意財団(KOFAC)

が実際の教員養成、プログラム開発、教員支援などの運営を担当している<sup>[32]</sup>。特筆すべきことは、教員グループ支援プログラムが成功していることである。選ばれた教員グループに対して会議出席や授業用マテリアル、授業実施の金銭的支援が行われており、採択された教員には授業立案や実施、教育効果のレポートが求められる。プログラム開始当時(2011年)時点では27グループであったが2018年には、230のグループが支援を受けている。また、2009年度に教育課程が改定されたあと、日本でいう「探究活動」に近い「創意的体験活動」が小中学校で取り入れられ、また「教科群制度」を採り入れ科目融合、または統合的な授業が実施されている。

### ドイツ

ドイツの教育システムは日本やアメリカと大きく異なっており、中学校から高等学校に入学する時点で大学の学士資格を目指すための高校か、職業訓練を目指す高校かに大きく進路が分かれる仕組みを取っている。ドイツ連邦教育研究省(BMBF)は2019年度OECD報告書「図表で見る教育2019年」の中で「ドイツは国際的に、STEM教育(数学、IT、自然科学、工学)分野においてリードしており、OECD諸加盟国の中で、高等教育スタート時点でドイツ以上にSTEM教育に取り組んでいる国はない。」と発表している<sup>[33]</sup>。その中で「ドイツの教育システムは高いレベルにある。優れた学校教育と職業訓練そして生涯学習への高い意欲は、劇的に変化する社会的、職業的な重要課題に対応するための前提条件である。」と説明されているほど、ドイツではSTEM分野の仕事が社会的に認知されていると言える。さらに職業訓練に対する意識は高等学校進学のためだけでなく、一度社会人になった大人のリカレント教育制度の普及が非常に進んでいる。

### イギリス

イギリスの理科教育は「科学の知識、本質」の理解を重要視するとともに、得られた知識技能を実社会で活用実践するために、体験的な活動の中で、協働的な相互作用による学習スタイルが重視されてきた経緯がある<sup>[25]</sup>。2004年に財務省・貿易産業省・教

育技能省により、STEM 分野への人材の流れを改善することの重要性が指摘されて以来、小学校や中学校を中心にクラブ活動やサマースクール等のインフォーマルな形での実施が進行している。2005年にイギリスのヨーク市に国立STEMセンターが設立され、様々なプログラムの開発やプラットフォーム構築だけでなく、STEMアンバサダー制度の支援活動も行っている<sup>[34,35]</sup>。広く国民からボランティアとしてSTEMアンバサダーを募集して認定し、小中高の理科教育にて活躍する機会を与え続け20年ほどが経過している。この制度の認知度は広がり現在では3万人以上がアンバサダーとして認定され、幼少期から学校教育や課外活動などの場で活躍しているとともにSTEM教育の浸透に大きく貢献している。複数の日本人駐在員家庭の母親によるブログなどにより、日本よりも圧倒的にSTEM教育の実践を学校教育の現場で実感すると報告されている<sup>[36-37]</sup>。

#### 2-4. 日本におけるSTEM教育とSTEM分野の仕事に関する認識

IBMは2022年3月に、13カ国1万4000人以上の学生、転職希望者、求職者を対象に、科学・技術・工学・数学（STEM）分野のスキルと教育、仕事に関する調査結果を公開した<sup>[38]</sup>。この調査は2022年11月2日～28日に、IBMがモーニング・コンサルト社に委託して、13カ国1万4000人以上の学生、転職希

望者、求職者に科学・技術・工学・数学（STEM）分野のスキルと教育、仕事に関してインタビューした結果をまとめたものである。図2のSTEM分野の仕事の認知度の結果が示すように、日本の学生は他国に比べて大学3年生や4年生から就職活動に関連し始めるものの、STEM分野の仕事についての認知度が極めて低いことがわかる。

この日本のSTEM分野の仕事の認知度の低さについて、日本IBMは日本では他の国よりもSTEM分野の仕事が少ないこと、自分の住んでいる地域では他の場所よりもSTEM分野の仕事が少ないことに同意する割合が高いためであると考察している。

アメリカの学生が今回のアンケート調査対象国の中で最もSTEM分野の仕事に対する認知度が高い結果となり、次いでイギリス、ドイツ、シンガポールが高い結果を得ている。これには上述したように国を挙げてのSTEM教育の実践の成果が影響していると考えられる。ドイツでは特に大学の学士資格を目指す学生だけでなく、同等の職業プログラムの新入生の40%強がSTEM科目を選択している。またSTEM系資格取得者、IT科卒業資格、工学および自然科学の卒業者の就職率はそれぞれ87-91%を上回る結果を公表していること<sup>[33]</sup>も影響しているものと推察する。

日本のSTEM分野の仕事に関連して、経済産業省「理工系人材育成に係る現状分析データ等」（出典は経済

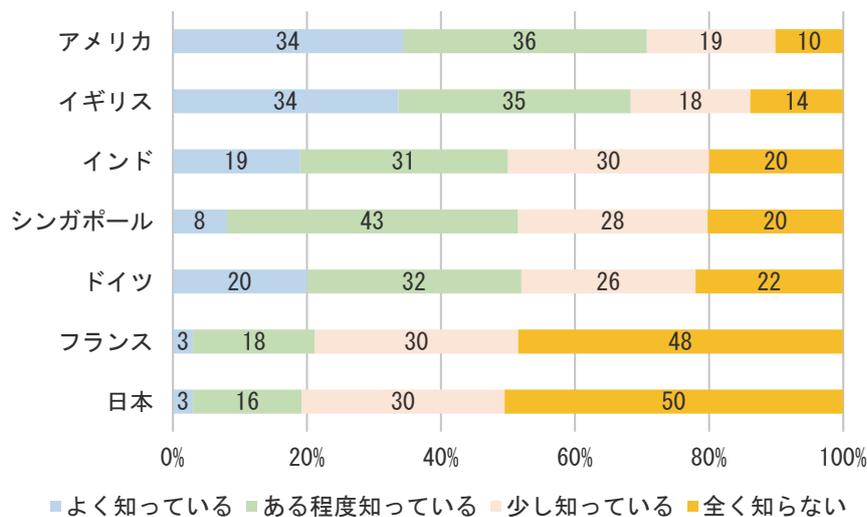


図2 代表的な国における学生のSTEM分野の仕事についての2022年認知度調査結果（IBM実施）

産業省 平成 26 年度 産業技術調査事業「産業界と教育機関の人材の質的・量的需給ミスマッチ調査」によると、技術系職業についている日本人の割合は当時の調査で 28.9% つまり 3 割以下というデータになっている<sup>[39]</sup>。日本 STEM 教育学会会長の新井健一氏によると、現状の指導要領や日本の理科教育の在り方では、2050 年ごろの STEM 関連職業への対応が間に合わない可能性を指摘している<sup>[40]</sup>。

## 2-5. 「非認知能力」の養成と課題解決型プロジェクト（例えば自由研究）の有用性

主体的な学び（アクティブラーニング）の重要性が示されて久しい。理数探究活動が例えば「理数探究基礎」や「理数探究」などの科目が設置されたものの、教育現場では探究活動に苦戦していること多いとみられている。文科省では例えば「理数探究基礎」については生徒の「数学的な見方・考え方や理科の見方・考え方を組み合わせるなどして働かせ、探究の過程を通して、課題を解決するために必要な基本的な資質・能力を育成すること」を目標としており、まさしく問題解決力の育成がポイントになっている<sup>[1]</sup>。

日本では、国家規模での STEM 教育の推進が他国に比べて遅れをとっていることを紹介したが、近年になってやっと問題解決能力などの非認知能力の養成に対して、探究活動の有効性が文科省および関連団体から発信されるようになってきたと言える。令和 4 年度補正予算として、経済産業省の「探究的な学び支援補助金」補助金により、2023 年度になってやっと学校等における探究学習等サービスの導入を行う事業を実施する者（企業、教育団体などの法人）に対して、事業費等に要する経費の一部を補助する事業が開始されており、授業支援などがスタートし始めている。

アメリカでは STEM 教育に関して大きな国家予算が投じられてきたと共に、STEM 教育ならびに理科教育の研究も盛んであり、スタンフォード大学、カリフォルニア州立大学、コロラド州立大学、ミシガン州立大学などの教育学部等が、積極的に理科教育支援のプロジェクトをたくさん抱えており、10 年以上も教育現場の支援に携わっている。

アメリカの Education Development Center (EDC) は

教育開発機関のひとつであるが、そこで実施されているプロジェクトの一つにより、理科の「自由研究」(Science Fair) の有効性がすでに論文発表等を通じて示されている<sup>[41, 42]</sup>。その研究プロジェクトは National Science Foundation (NSF) の支援（助成金）を受けたもので、Science Fair の実施が積極的に生徒たちの能力育成に効果的であることが生徒や教員の協力によって実施された現地調査、アンケート調査などを経て証明されている<sup>[43]</sup>。すでに、アメリカの次世代科学スタンダード (NGSS) においても科学技術の体験学習が強く推奨されていること、Science Fair の文化がもともと根付いていたこともあり、地域の科学博物館や教育委員会が協力をして、各小学校や中学校での実施が長年続いてきた事実もある。EDC の報告によると、Science Fair の実施により、子どもたちの科学への興味の広がりや、将来の勉強意欲が増加することが示された。その成果の中で、教員、親、クラスメートの協力が不可欠であることも分かっており、教員と家族の積極的な関与（手法の紹介、データ解釈の手伝いなど）が子どもたちの自由研究の成功の大きな秘訣になっているとしている。日本では自由研究はほとんどが小学校の高学年時に実施される。探究活動が指導要領で明示されて以来、中学や高校で Science Fair のような取り組みの実施例は増えつつあるものの、SSH などの特別な学校を除くと、普通科高校における実施率はいまだに少ないものと見積られる。

EDC の成果をもとに以下、その教育効果や有用性をいくつか示す。アンケートの実施は 2014-2016 年時点での中学校教員で、アンケート調査依頼全体数に対して 57% の 186 名が回答した。当時、アメリカの中学校の 72% が少なくとも 1 学年を対象に Science Fair を実施していてそのうちの 56% の学校が 6 年生（日本の小学校 6 年生）から 8 年生（日本の中学校 2 年生）に至る 3 年間で継続実施している。全国区の中学生を対象としたアンケート調査結果では 419 名の生徒が回答していて、うち 86% が複数以上のポジティブな成果の実感を得られ、14% の生徒が少なくとも 1 つのネガティブな実感を得たと回答した。Science Fair を通じて、生徒が得られたポジティブな成果の実感の例としては、主に次のようなものがあ

げられた。

- ① 今までに行ったことのない新しいことを体験できた (61%)
- ② Science が一番興味のある対象になった (50%)
- ③ Science について前よりももっと詳しくなった (43%)
- ④ 興味があることに対して何かを研究したと実感できた (37%)

教員たちおよび調査を行った研究者の評価としては、生徒たちに少なくとも3つの大きな効果があったとし、1つ目はサイエンスに対する興味が増すこと、2つ目に生徒たちのサイエンスに関わる理解が深まること、3つ目にプロジェクトの達成感が味わえること、とある。また、低所得層の生徒においては、科学に対する理解力、総合的な学習能力について著しい向上があったと報告されている。加えて、教員や家族を含む大人の Science Fair のプロジェクトへの関与としての、調査への協力、途中段階でのコメントなどによる評価、制作物への協力などが、生徒たち自身が研究を理解していると自信を持つことに大きく影響しているとしている。

日本でも今後は教員や家族の関与だけでなく、アメリカのように教育委員会や博物館などの地方教育関連機関との連携が推進することで Science Fair のよ

うな課題解決型の活動機会と生徒の能力向上の機会を与えられると期待する。以下の図3の写真において、カリフォルニア州サンフランシスコ教育委員会と科学博物館が共同で実施している Science Fair (2023年3月) で展示された中学生の自由研究の成果の例を写真で紹介する。実際の発表の場においては、子どもたちが自分（または自分たち）の研究プロジェクトについて、審査員や保護者を含む一般聴衆に対してポスター発表をするような形で実施される。

## 2-6. 非認知能力の養成にむけた理数科目横断型科目 (Integrated Science) の重要性

日本の教育現場における問題点を鑑みると、時間の無駄がなく STEM/STEAM の概念を理数科目に取り入れるためには時間的な効率と高い教育効果が求められることになる。現実的な新しい理科教育の実施のための、ひとつの解決案としては、科目を超えた融合（または統合型）授業の展開である。専門の異なる教員どうしが歩み寄ることで、個別に重複して教育していた内容を共有しあい、統合科目を実施することでこれまで重複して教えられていた内容の無駄などを省くことができる。化学・生物、物理・数学など、これまでも試みはあるものの指導要領などで提示されていないため、現状では具体化させるた

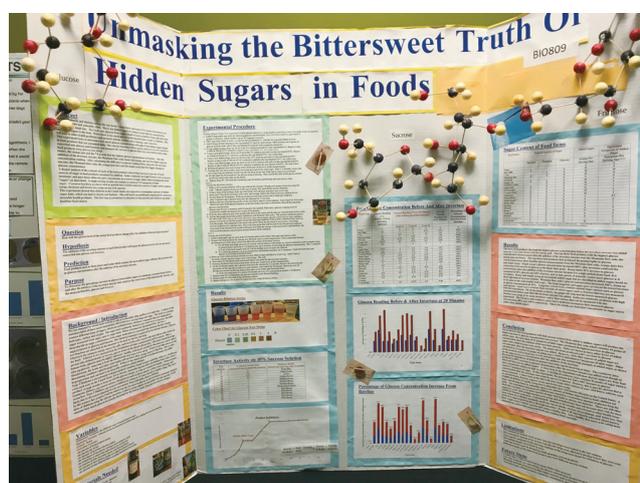
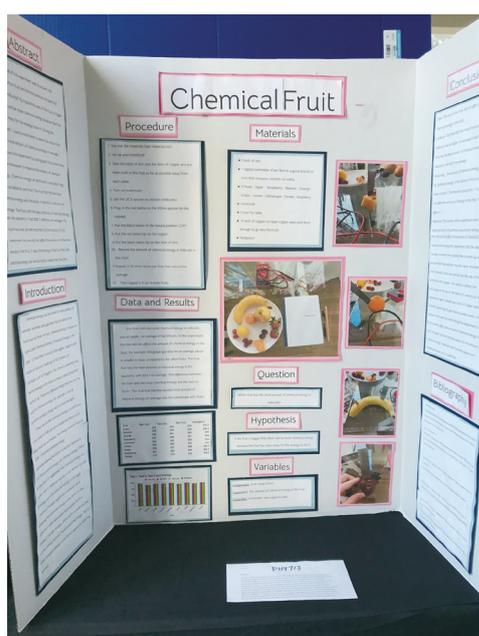


図3 サンフランシスコ市内公立中学校生徒による自由研究の成果例

めの指針がない。統合型授業の展開には、新しい指導要領での具体的な提示と、各教員の柔軟な対応が不可欠となる。

これを現実化させるためには、理系科目に限らず、教科書、教育内容、カリキュラムデザインが学習指導要領の中で丁寧に記載されることが必要となる。新しい理科教育によって一人でも多くの子どもたちの非認知能力が育成されることが望ましい。そのためには理科基礎科目の必修化が必要と考えられる。カリキュラムの内容案についての詳細な検討結果は続報にて報告するが、すでに述べたように韓国などの事例のように探究活動の時間と、統合型科目の導入による授業時間の効率的な運営と、全体的な問題解決能力の養成における Art (Arts) の概念の導入は日本でも大いに参考になると考えられる。

また、シンガポールや台湾における Maker 教育、アメリカにおける自由研究発表 (Science Fair) のように単一の科目の知識や技能では成し遂げることのできない、課題に向かうプロジェクト経験の中には当然 Art (Arts) の概念が必要となり、総合的な問題意識、プロジェクトの総括的な判断力、解析力、表現力が必要となる。これがグループ活動となるとさらにマネジメント能力も必要となる。これらの課題に立ち向かうに当たっては分野のことなる事象を組み合わせさせて理解したり、解決策につなげたりする場面に多く立ち向かうことが可能となるため、新しい理科教育の中では子どもたちが主体的に思考できる機会を増やして、Arts の体験とともに思考プロセスの繰り返しが体験できるような環境づくりも重要となる。

今後の日本の高校理科教育の改革においては、知識埋込型教育だけではなく、課題解決力または非認知能力育成のプロセスをバランスよく導入することが重要と考えられる。総合的な理科科目として「理科総合」や「科学と人間生活」が実施されてきたが、カリキュラムや教員人材の関係もあり物化生地が網羅された非認知能力育成のプロセスが盛り込まれているとは言い難い。今後の高校理科教育には物化生地に STEM/STEAM およびエンジニアリングのようなモノづくりの分野を統合したような内容をできるだけ必修科目の形で取り入れることが重要である。ここにはできるだけ Arts 的な体験を取り入れるために

アメリカで実施の Science Fair のようなプロジェクト推進体験をさせることが効果的と考えられる。また、小中高を通じて学校教育内に Arts 的活動を幅広く取り入れて繰り返すことで高等学校の理科教育がさらに充実した形になると考えられる。

### 3. おわりに

日本の高校理科教育における課題はすでに 2-2 で述べたが、現場の先生方に教育が大きく依存していることが特に大きな問題点として挙げられる。イギリス、シンガポール、台湾などに見られるような教員を積極的に支援する STEM センターのような機関が日本にはまだないこと、またイギリスの STEM アンバサダーのように認定されたようなスタッフが教育現場で活躍する文化がないことなどから、特に実験や実習を伴う活動における人材と教材などに予算的な限界がある。時間的な限界については、学習指導要領によってある程度決められた内容があるとともに、大学受験のための学習内容などがカリキュラムに反映されるため、柔軟かつ迅速に変更できない仕組みとなっている。日本の大学入試制度や学習指導要領が柔軟に変化し、相応な国家予算が投じられるとともに理数系科目への特に教員支援体制が始動しない限り、日本での理科教育は大きく変わらない。経済が低迷し、人材育成に期待がかかる今の時代こそ、基礎理科科目の重要性と大きな変革の重要性を訴えたい。

### 謝辞

本研究は JSPS 科研費 22H01071 の助成を受けたものです。

### 参考文献および参考 WEB サイト

- 1 高等学校学習指導要領 (平成 30 年告示) 解説理科編 平成 30 年 7 月  
[https://www.mext.go.jp/component/a\\_menu/education/micro\\_detail/\\_icsFiles/afieldfile/2019/11/22/1407073\\_06\\_1\\_2.pdf](https://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afieldfile/2019/11/22/1407073_06_1_2.pdf) (参照 2023-10-

- 03)
- 2 国際数学・理科教育動向調査 (TIMSS 2019) のポイント  
<https://www.nier.go.jp/timss/2019/point.pdf> (参照 2023-10-03)
  - 3 OECD 生徒の学習到達度調査 2018 年調査 (PISA2018) のポイント、文部科学省・国立教育政策研究所、令和元年 12 月 3 日  
[https://www.nier.go.jp/kokusai/pisa/pdf/2018/01\\_point.pdf](https://www.nier.go.jp/kokusai/pisa/pdf/2018/01_point.pdf) (参照 2023-10-03)
  - 4 佐野晋平「学力とは 経済学の観点から、特集 この概念の意味するところ」日本労働研究雑誌、No. 681, April (2017) pp. 49-51
  - 5 日本 STEM 教育学会ホームページ  
<https://www.j-stem.jp/> (参照 2023-10-03)
  - 6 佐々木伸、細川敏幸、鈴木久男、吉永契一郎、斉藤準「創造性駆動型社会に対応した STEM 教育」高等教育ジャーナル—高等教育と生涯学習、30 (2023) pp.51-62
  - 7 California Department of Education, 2016 Science Framework  
<https://www.cde.ca.gov/ci/sc/cf/cascienceframework2016.asp>
  - 8 米国理科教員のための教材提供、大学によるプラットフォームの例①：The Concord Consortium, A collaboration between CREAT for STEM Institute at Michigan State University and the Concord Consortium  
<https://learn.concord.org/interactions> (参照 2023-10-03)
  - ②：Teach Engineering by University Colorado Boulder  
<https://www.teachengineering.org/> (参照 2023-10-03)
  - 9 米国理科教員のための教材提供、民間団体によるプラットフォームの例：OpenScied のホームページ  
<https://www.openscienced.org/> (参照 2023-10-03)
  - 10 胸組虎胤「STEM 教育と STEAM 教育—歴史、定義、学問分野統合—」鳴門教育大学研究紀要、第 34 巻 (2019) pp.58-72
  - 11 辻合華子・長谷川春生「STEAM 教育における “A” の概念について」科学教育研究 Vol. 44, No. 2 (2020) pp.93-103
  - 12 大谷忠「STEM/STEAM 教育をどう考えればよいか—諸外国の動向と日本の現状を通して—」科学教育研究、Vol.45, No.2 (2021) pp.93-102
  - 13 STEAM 教育等の教科等横断的な学習の推進について、文部科学省初等中等教育局教育課程課  
[https://www.mext.go.jp/content/20230515-mxt\\_kyouiku01-000016477.pdf](https://www.mext.go.jp/content/20230515-mxt_kyouiku01-000016477.pdf) (参照 2023-09-19)
  - 14 世界の実質 GDP 成長率 国別ランキング・推移 (IMF) グローバルノート国際統計・国別統計専門サイト  
[https://www.globalnote.jp/p-data-g/?dno=8880&post\\_no=12798](https://www.globalnote.jp/p-data-g/?dno=8880&post_no=12798) (参照 2023-10-13)
  - 15 三井住友 DS アセットマネジメント株式会社「バックグラウンドで円安に効く、日本の『貿易赤字』」  
<https://www.smd-am.co.jp/market/daily/keyword/2022/06/key220624gl/> (参照 2023-10-03)
  - 16 経済産業省 未来人材育成会議 事務局資料令和 3 年 12 月 7 日  
[https://www.meti.go.jp/shingikai/economy/mirai\\_jinzai/004.html](https://www.meti.go.jp/shingikai/economy/mirai_jinzai/004.html) (参照 2023-10-03)
  - 17 ヒューマンリソシア調査、2022 年度版：データで見る世界の IT エンジニアレポート vol.5  
[https://corporate.resocia.jp/info/news/2022/20221213\\_itreport05](https://corporate.resocia.jp/info/news/2022/20221213_itreport05) (参照 2023-10-13)
  - 18 令和 4 年度 大学分野別男女別入学者数、令和 4 年度 大学データ  
<https://data.gakkou.net/?p=10475>
  - 19 理科に関する資料、文部科学省 2016 年 (平成 28 年 4 月 26 日教育課程部会理科ワーキンググループ資料)  
[https://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingichukyo/chukyo3/060/siryo/\\_icsFiles/afieldfile/2016/05/12/1370460\\_8.pdf](https://www.mext.go.jp/b_menu/shingichukyo/chukyo3/060/siryo/_icsFiles/afieldfile/2016/05/12/1370460_8.pdf)
  - 20 教員の労働時間、今なお過労死レベル…連合総研、教育業界ニュース ReseEd、9 月 (2022)  
<https://reseed.resemom.jp/article/2022/09/08/4624.html> (参照 2023-08-14)
  - 21 学校における働き方改革：日本と諸外国の教員の勤務時間 & 担当業務！

- <https://teachforjapan.org/journal/13311/#:~:text=%E3%81%BE%E3%81%9A%E3%80%81%E5%85%AC%E7%AB%8B%E5%AD%A6%E6%A0%A1%E3%81%AB%E5%8B%A4%E5%8B%99,%E3%81%A8%E5%AE%9A%E3%82%81%E3%82%89%E3%82%8C%E3%81%A6%E3%81%84%E3%81%BE%E3%81%99%E3%80%82> (参照 2023-08-14)
- 22 大谷杏「アメリカ合衆国の教員の働き方と待遇」  
国際教育、26 巻 (2020) pp. 158-166
- 23 文部科学省 平成 23 年度学校基本調査の速報について (高等教育関係)  
[https://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/chukyo/chukyo4/siryo/attach/1310519.htm](https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo4/siryo/attach/1310519.htm) (参照 2023-10-03)
- 24 令和 3 年度 プロジェクト研究調査研究報告書  
初等中等教育—048  
学校における教育課程編成の実証的研究 報告書 4 諸外国の先進的な科学教育に関する基礎的研究～科学的探究と STEM/STEAM を中心に～  
(研究代表者 鈴木 敏之 (国立教育政策研究所 教育課程研究センター長))
- 25 スーパーサイエンスハイスクール (SSH) 支援事業の今後の方向性等に関する有識者会議 報告書  
平成 30 年 9 月 資料 5 諸外国の政府における STEM 人材戦略の取組  
[https://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/gijyutu/gijyutu10/siryo/\\_icsFiles/afieldfile/2018/11/21/1411179\\_1-2.pdf](https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu10/siryo/_icsFiles/afieldfile/2018/11/21/1411179_1-2.pdf) (参照 2023-10-09)
- 26 Ellis, David & Williams, P John & Wells, J. & Dagan, Osnat & Gorinskiy, Sergey & Lin, Kuen-Yi & Sie, Yu-Jen & Van de Velde, Didier & Mann, Victor & ChungLing, Yang & Shan, Ke & Ocallaghan, Abbey, “Teaching STEM in the Secondary School: Helping Teachers Meet The Challenge”, Chapter 11 Looking at STEM education in different countries (2020) (pp.237-265)
- 27 Jo Handelsman and Megan Smith, “STEM for All”, the WHITE HOUSE President Barack Obama, February 11 (2016)  
<https://obamawhitehouse.archives.gov/blog/2016/02/11/stem-all> (参照 2023-08-30)
- 28 Racheal Greaves, Bozhena Kelestyn, Richard A. R. Blackburn, and Russell R. A. Kitson, “The Black Student Experience: Comparing STEM Undergraduate Student Experiences at Higher Education Institutions of Varying Student Demographic”, *Journal of Chemical Education*, 99, 1 (2022) pp.56-70 (Chemical Education Research) Publication Date (Web) : November 30 (2021), DOI: 10.1021/acs.jchemed.1c00402 (参照 2023-10-03)
- 29 Barbara Means, Haiwen Wang, Xin Wei, Viki Young, and Emi Iwatani, “Impacts of attending an inclusive STEM high school: meta-analytic estimates from five studies”.  
*International Journal of STEM Education*, Vol.8, No.4 (2021)  
<https://doi.org/10.1186/s40594-020-00260-1> (参照 2023-10-05)
- 30 門田和雄、「STEM 教育を重視した台湾北部の自造者教育」、*STEM 教育研究* Vol.2 (2020) pp.33-40
- 31 大寫竜午、「シンガポールにおける STEM に関する学習評価と教員支援」(国立教育政策研究所 プロジェクト研究調査 報告書『諸外国の先進的な科学教育に関する基礎的研究～科学的探究と STEM/STEAM を中心に～』を加筆・修正したもの)、*日本科学教育学会年会論文集* 46 (2022) pp.183-184
- 32 Nam-Hwa Kang, “A review of the effect of integrated STEM or STEAM (science, technology, engineering, arts, and mathematics) education in South Korea”, *Asia-Pacific Science Education* volume 5, Article number: 6 (2019)  
<https://doi.org/10.1186/s41029-019-0034-y> (参照 2023-10-03)
- 33 CRDS 国際開発戦略センター 国際的に高い評価のドイツ STEM 教育 (抄訳記事公開日: 2019/10/28)  
<https://crds.jst.go.jp/dw/20191028/2019102821431/> (参照 2023-10-07)
- 34 イギリス STEM Learning, STEM Ambassador  
<https://www.stem.org.uk/stem-ambassadors> (参照 2023-10-07)

- 35 Welcome Funding, Opinion, 30 years of supporting UK science education  
<https://wellcome.org/news/30-years-supporting-uk-science-education> (参照 2023-10-10)
- 36 今日もがんばったね！ブログ 「理系を目指すなら STEM 教育 イギリスの小学校&家庭で実践」  
2023-02-03  
<https://mamaeducator.hatenablog.com/entry/2023/02/04/205954> (参照 2023-10-07)
- 37 Mary のコミュニケーションブログ 「それでも世界は楽しい」 イギリスの STEM 教育 2020-02-21  
<https://ameblo.jp/kapriori/entry-12581142954.html>  
(参照 2023-09-18)
- 38 IBM Learning Blog, “Global study finds interest in STEM careers, but misconceptions and price barriers exist”, IBM and Morning Consult Skills & Education 2022 Country Reports  
<https://www.ibm.com/blogs/ibm-training/ibm-survey-reveals-over-50-of-jobseekers-state-digital-credentials-helped-achieve-career-goals/> (参照 2023-09-18)
- 39 経済産業省「理工系人材育成に係る現状分析データ等 産業技術環境局 大学連携推進室 平成 28 年 8 月」  
[https://www.meti.go.jp/policy/innovation\\_corp/entaku/pdf/data.pdf](https://www.meti.go.jp/policy/innovation_corp/entaku/pdf/data.pdf) (参照 2023-09-10)
- 40 新井健一「巻頭言：これまでの STEM 教育と今後の展望」、STEM 教育研究、1 巻 (2018) pp. 3-7
- 41 Jacqueline Delish and Marian Pasquale, “How can middle school science fairs help students meet science standards? Results from a national research study”, Science SCOPE, March (2019) pp. 88-89
- 42 Jacqueline DeLisi, Janna F. Kook, Abigail Jurist Levy, Erica Fields, Lukas Winfield, “An examination of the features of science fairs that support students' understandings of science and engineering practices”, Journal of Research in Science Teaching, Volume 58, Issue 4 (2021) pp. 491-519
- 43 SCIENCE FAIRS UNDER THE 'SCOPE 調査研究のホームページ  
<https://sciencefairstudy.edc.org/> (参照 2023-08-02)