

STEM 系教科/領域を基軸とした 教科横断的な教材開発とその実践に関する研究

聖ドミニコ学園中学高等学校

越智 拓也

他 4 名

1. はじめに

AI に代表されるように、科学技術の著しい速度で科学技術が発展する今日において、STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) 教育の実践が重要であることは論を俟たない。平成 29, 30 年告示の学習指導要領（文部科学省, 2018, 2019）では、カリキュラム・マネジメントに重点が置かれており、その中で教科横断的な学習の充実が求められていること、第 6 期科学技術・イノベーション基本計画(内閣府, 2021)において Society5.0 の実現に向けた政策が掲げられていることなどは、その証左である。しかしながら、STEM はスローガンのように掲げられながらも、目的論なのか、方法論なのか、内容論なのかその理論的な根拠のもとに行われている実践は多くはない。また、STEM という言葉は多義的で曖昧に用いられることが多いため (Wong, Dillon & King, 2016), 「STEM を基軸として教育実践を行う」際に、それが具体的に何を意味するのか、理論的な根拠のもとに実装していくことが重要であると考えられる。

2. 研究の目的と方法

本研究では、STEM 系教科/領域を基軸として教科横断的に教材を開発し、実践することを第一の目的とする。また、教科/科目を超えて授業を協働し、協議を通して授業を改善していくための教員コミュニティを形成することを第二の目的とする。

本研究では、まず、STEM 教育を実装する際に求められる要素を議論する。次に、これからの教育において求められるコンピテンシーから、STEM 教育に求められる要素を議論し、教材開発のための視点を抽出する。これらの理論的検討に基づいて、STEM 系教科/領域を基軸とした教材を開発し、授業実践を実施する。

3. STEM 系教科/領域を基軸とした教科横断的な教材開発のための理論的検討

a. STEM として求められる要素

STEM 教育において、科学、技術、工学、数学を統合させることが重要であることは自明である。この際に、各教科固有の原理を基盤としつつも、それらを有機的に結びつけて学習することで獲得される、文系・理系を問わないコンピテンシーの育成が目指される (Bybee, 2014 ; 磯崎・磯崎, 2021 ; 白井, 2020)。

また、STEM 教育においては、各教科/領域の教員の協働が重要である (Wong & Dillon, 2020)。その際、各教科の固有性を明確にしつつも、教員は、STEM 系教科/領域の相互関係に精通した上で、協働することが重要である (磯崎・磯崎, 2021)。STEM 系教科/領域の教師間どうしの連携を十分に取ること、お互いの教科の授業を観察し、議論することで、自身の教科の本質的な目的・目標論を他教科との関連を鑑みながら、教育学的根拠を基に再考することが可能となる (磯崎・磯崎, 2021)。

b. コンピテンシーとしての要素

ここで、コンピテンシーとして何が求められているのかを精査するため、OECD の実施する PISA 調査に着目する。PISA 調査における数学的リテラシーでは、その側面の 1 つである数学的プロセスの中に「解釈」が含まれている。また、科学的リテラシーにおいても、その側面の 1 つである科学的能力の中に「データと証拠を科学的に解釈すること」が含まれている。さらに、これらは、文脈の中で理解することが求められており、数学的/科学的リテラシーのどちらにおいても市民性の育成が志向されていることがわかる。これらのことから、教材開発の視点として、実社会・実生活のリアルな文脈における事象を、データの解釈を通して理解していく教材が必要であると考えられる。

c. 理論的研究の成果と教材開発の視点

以上の議論から、STEM 系教科/領域を基軸とした教科横断的な教材開発のための視点として、以下の 3 点を抽出した。

- STEM 教育では、各教科固有の原理を基盤としつつも、それらを有機的に結びつけて学習することで獲得される、文系・理系を問わないコンピテンシーの育成が目指される点。
- 実社会・実生活のリアルな文脈における事象を、データの解釈を通して理解していく教材が必要である点。
- 教員は、STEM 系教科/領域の固有性を明確にしつつも、それぞれの教科/領域の相互関係に精通した上で、協働することが重要である点。

この際、教材開発においては、数学的/科学的リテラシーに示されたデータを解釈することを主眼におくことに留まらず、PISA における読解力の要素である読解プロセスのうち、「評価し、熟考する」プロセスを含むような教材となるように留意する。そのため、STEM 系教科/領域の教員のみならずそれ以外の教科の教員も含めた協働が必要である。また、教員間の協働を拡充するために、STEM 系教科/領域を中心としながらも、他教科の教員も含む、授業研究のための教員集団を組織することを目指す。特に、授業研究において、教材

開発や協議会の部分において、教科を横断した教員集団での議論・フィードバックを通して教材を改善するとともに多様性をもたせたい。

4. 教材の開発とその授業実践

a. 開発した教材の概要

本研究では、上述の視点に基づいて、「半減期」を教材として取り上げ、理科（生物・物理）・数学科・社会科（日本史）の4人の教員が協働した授業を実践した。半減期を取り上げた理由は以下の2点である。

- 「半減期」は、「科学・技術が関連する社会的諸問題」(Socio-Scientific Issues: Ratcliffe & Grace, 2003) と直接的に関連する素材である点。これは、教材開発の視点として設定した、「実社会・実生活のリアルな文脈における事象を、データの解釈を通して理解していく教材が必要である点」を直接的に反映している点であると言える。
- 「半減期」は、生物や物理はもちろん化学、地学といった理科の各領域をも横断する素材であることに加えて、数学における対数や数列の概念、日本史における年代測定法などを有機的に組み合わせることで、より深い理解につながるものである点。

このような視点を満たす教材は、授業を行うためにも互いの教科/領域に固有の原理を十分に理解しておく必要があり、「STEM系教科/領域の固有性を明確にしつつも、それぞれの教科/領域の相互関係に精通した上で、協働すること」を満たしているものと考えられる。

b. 開発した教材を用いた実践

(1) 実践の概要

本研究では、2022年12月8～14日に、5時間にわたって、前項に示したような視点をを用いて半減期を題材とした授業を展開した。実践の目標は、以下のように設定した。

「半減期」を題材としながら物理、化学、生物、地学を架橋し、領域にとらわれない科学的概念の形成を目指すとともに、確率・数列を扱うことで数学的な処理を行わせたり、歴史的な資料の講読を実施したりすることで、学際的な学習を経験する機会を培う。

受講者は、高校2年生の生物基礎・物理基礎選択者の6名である。各授業の概要と担当した教員は以下の通りである。

表 実践の概要

時間	担当教員	授業の概要
1	生物	化石についての講義。「なぜ化石の年代を特定できるのか」という問いのもとに、生物に含まれる炭素に着目すること、炭素には放射性同位体が含まれることについて説明した。
2	物理	原子の性質についての講義。化学で学習している原子を構成する粒子についてふれながら、放射線崩壊や半減期について概説した。
3	生物・物理	1・2時で学習した内容をコンセプトマップにまとめ、自分たちの学習している内容とまだわからない内容を整理した。
4	数学	半減期に関するモデル実験 ¹⁾ 。サイコロを100個用いて、確率的に物質が減っていく、放射線崩壊のモデル実験を実施した。
5	日本史	炭素14年代測定法についての講義。日本史における時代測定について、半減期を手がかりとして概説し、学問には文理の壁はないことを生徒、教員ともに認識した。

本実践では、「化石の年代はどのように測定するのか」をテーマとして、その問いを解決するためのツールとして炭素14の半減期を用いるようなデザインとした。3時間目には、ホワイトボードアプリである Miro (Miro, n.d.) を使用して、1・2時に学習した内容をコンセプトマップにまとめ、4・5時での学習につなげる内容とした。このように学習をデザインすることで、半減期そのもののみの内容を学習するだけでなく、そもそも社会的課題の文脈の中から半減期を取り出し、理科、あるいは数学、社会科の内容として学習できるように授業を構成した。

(2) 本研究の成果と課題

本研究の成果は、ありていに言えば、まず第一に「何にせよやってみた」点である。本研究における実践のような複数教科・科目の教員の協働による数時間の実践は、未だ研究の実績が少ないため、その意味でもまずは実践したことそのものが成果であると考えられる。次に、「半減期」を本実践に向けた教材になりうる適切な素材として取り上げることができた点である。STEM として必要な要素やコンピテンシーの育成のためにどのような要素を重視すべきなのかという点に貢献する教材を開発することができたことは本研究の大きな成果であると考えられる。さらに、本研究の目的の1つでもあった教員による協働のコミュニティの形成ができたことも大きな成果である。授業の準備の段階や、それぞれの授業間、協議会を通して情報を共有・交換することでそれぞれの教科/領域の固有性を明確にするとともに、互いの内容にも精通することに貢献したと考えられる。

また、課題としては、次の2点が挙げられる。1点目は、複数の教員で協働して授業を行う限り、どれだけ綿密に打ち合わせをしても、その内容や連携に「隙間」が生じてしまうと考えられる。これについては、例えば本実践で言えば、生物基礎・物理基礎の授業の枠で実践したため、理科の教員が座長としてその隙間を埋め、生徒の学習を無理のないようにつなげることが重要であると考えられる。2点目は評価である。複数の教科/領域に固有の原理にまたがって授業を行うため、評価の内容が複雑となってしまう。本実践では、理科の授業の内容としての評価を実施したが、学際的な内容をどのように評価するのは今後の課題である。

5. おわりに

本研究では、STEM系教科/領域を基軸として教科横断的に教材を開発し、実践することを目的とした。その結果、本研究では、「半減期」を素材として用いることで、社会的課題の文脈の中から複数の教科の内容の学習につながる実践を構成した。本研究において開発した教材およびそれを用いた実践は、これまで理論的根拠に基づいた実践の乏しかったSTEM教育を実装することや、教科/科目を超えた教員に協働の一事例を示すものとなると考えられる。

註

- 1) このモデル実験は、國友正和ら (2017). 『改訂版 物理』. 東京：数研出版, p. 397. 「半減期のモデル実験」を参考にした。

文献

Bybee, R. W. (2013). *The Case for STEM Education: Challenges and Opportunities*. VA: NSTA Press.

磯崎哲夫・磯崎尚子 (2021). 「日本型 STEM 教育の構築に向けての理論的研究：比較教育学的視座からの分析を通して」. 『科学教育研究』, 45(2), pp. 142-154.

国立教育政策研究所編(2019). 『生きるための知識と技能7:OECD生徒の学習到達度(PISA) 2018年結果報告書』. 東京：明石書店.

國友正和ら (2017). 『改訂版 物理』. 東京：数研出版.

Miro (n.d.). Miro. Retrieved from <https://miro.com/ja/>

文部科学省 (2018). 『中学校学習指導要領』. 東京：東山書房.

文部科学省 (2019). 『高等学校学習指導要領』. 東京：東山書房.

内閣府 (2021). 「第6期科学技術・イノベーション基本計画」. Retrieved on 26 August 2022 from <https://www8.cao.go.jp/cstp/kihonkeikaku/index6.html>

Ratcliffe, M., & Grace, M. (2003). *Science Education for Citizenship: Teaching Socio-Scientific*

Issues. Berkshire, UK: Open University Press.

白井俊 (2020). 『OECD Education 2030 プロジェクトが描く教育の未来』. 京都 : ミネルヴァ書房.

Wong, V., & Justin, D. (2020). Crossing the boundaries: collaborations between mathematics and science departments in English secondary (high) schools. *Research in Science & Technological Education*, 38(4), 396-416.

Wong, V., Justin, D., & King, H. (2016). STEM in England: meanings and motivations in the policy arena. *International Journal of Science Education*, 38(15), 2346-2366.

共同研究者

(代表) 越智 拓也

中川 優子

太刀川 祥平

土居 嗣和

荒川 尚之