

科学的知識の活用を目指した STEAM 教育の実践
—「化学変化とイオン」単元における理科と技術に関連付けるカリキュラム開発—
STEAM Education Practices for the Application of Scientific Knowledge
- Curriculum development to link science and technology in the "Chemical Changes and Ions" unit-

影山貴大
Takahiro KAGEYAMA
津山市立北陵中学校
Hokuryo Junior High School

【要約】本研究では、中学校理科においてもものづくりを取り入れた STEAM 教育¹⁾を実践した。STEAM 教育を実践するにあたり参考とする概念としてエンジニアリングデザインに注目した。日本の中学校理科教科書においてものづくり活動は関心・意欲・態度の向上、知識発見、知識活用を目的とした活動として重視されているものの、エンジニアリングデザインで重視されている試行錯誤を繰り返したりするような問題解決型のものづくり活動の形態では導入されていない。そこで問題解決型のものづくりの文脈を取り入れた中学校理科の授業を設計し、実践による効果の検証を行った。一単元のみ限定的な検証ではあったが中学校理科において STEAM 教育の視点を取り入れることは科学と技術、実社会との関連を意識させることができた。また、ものづくり活動を通してエンジニアリングデザインが重視されている STEAM 教育の導入が可能であるという示唆が得られた。

【キーワード】STEAM 教育、エンジニアリングデザイン、ものづくり、中学校理科、授業実践

I. はじめに

中学校学習指導要領（平成 29 年告示）では、学習の基盤となる資質・能力や現代的な諸課題に対応して求められる資質・能力を育成するため「教科等横断的な視点から教育課程の編成を図ること」とされている（文部科学省，2018a）。さらに令和 3 年の中央教育審議会答申では、2020 年台を通じて実現すべき「令和の日本型教育」の姿の 1 つとして STEAM 教育が示された。本答申において STEAM 教育は「各教科等での学習を実社会での問題発見・解決に生かしていく内容となるもの」とされており、高等学校教育を中心に、中学校においても「児童生徒の学習の状況によっては教科等横断的な学習の中で STEAM 教育に取り組むこと」への言及がなされている（中央教育審議会，2021）。このことから中等教育段階で実社会での課題解決の力をつけるための教科等横断的な学びの重要性が高まっており、そこに STEAM 教育への期待があることを指摘できる。これらのことを鑑みれば教育課程編成の視点の一つとして、教科横断的な内容と科学的知識の実践に関する学習環境を提供する STEAM 教育に着目することは有効であると言えよう。

また、STEAM 教育を実践するにあたり参考とすべき概念として、エンジニアリングデザインが挙げられ

る（竹本・熊野，2022）。エンジニアリングデザインは仮想的な問題の解決に向けたものづくり活動であるとされている（人見，2017）。このものづくり活動では、ストーリー性のある場面設定と、満たすべき条件や克服すべき制約の特定がなされ、エンジニアが直面する問題解決として学習が展開される。一方、日本の理科教育においても 1998 年改訂の小学校学習指導要領、2008 年改訂の中学校学習指導要領に、ものづくり活動が明記されて以降、当該活動は関心・意欲・態度の向上、知識発見、知識活用を目的とした活動として重視されてきているものの（伊藤，2014；3），問題を見出したり、試行錯誤を繰り返したりするような形態ではあまり導入されてこなかった（人見，2020）。このことから、STEAM 教育を実践するにあたり、理科におけるものづくり活動の学習観や指導観の転換が求められていると言えよう。さらに言えば、理科のものづくり活動におけるストーリー性のある場面設定や問題設定について吟味することも必要であると考えられる。

以上を踏まえ、本研究では中学校理科において、ストーリー性のある場面設定や問題解決型のものづくり活動を取り入れた教育課程を編成し、授業実践を通して、その有効性を明らかにすることを目的とした。

Ⅱ. 日本の中学校理科教科書におけるものづくり活動の位置付け

1. 調査対象と方法

ものづくり活動を取り入れた教育課程を編成するため、中学校学習指導要領（平成 29 年告示）解説（理科編）を参考に 5 社の中学校理科教科書を分析し、ものづくり活動に関連する内容を抽出した。教科書分析・抽出は X 市内の理科教員 17 名の合議の下に行った。

2. 調査結果

各社の教科書で取り上げられているものづくり活動に関連する内容（見出し及び章題）を表 1 に示す。

表 1 中学校理科教科書におけるものづくり活動に関連する内容

A 社	
1 年	- アンモニアの性質を利用した噴水をつくろう（粒子のモデルと物質の性質） - 望遠鏡を作ろう（光の性質） - 楽器を作ろう（音の性質）
2 年	- 化学変化をとまなう熱の出入り（化学変化の利用） - コイルと磁石ではたらく力（電流と磁界）
3 年	ダニエル電池をつくる（電池とイオン）
B 社	
1 年	アンモニアの噴水実験（気体の性質）
2 年	- 化学変化による温度変化（化学変化とその利用） - モーターをつくろう（電流と磁界）
3 年	- 果物や野菜を使った電池づくり（化学変化と電池） - 身近なものでも電池ができる（化学変化と電池） - ダニエル電池の作製（化学変化と電池）
C 社	
1 年	- アンモニアの噴水をつくってみよう（気体の発生と性質） - 目の模型をつくってみよう（光の性質） - 虹をつくってみよう（光の性質） - 楽器をつくって演奏してみよう（音の性質）
2 年	- 熱を発生する化学変化（化学変化と熱の出入り） - スピーカーをマイクにしてみよう（電流と磁界）
3 年	- ボルタ電池をつくってみよう（化学変化と電池） - ダニエル電池（化学変化と電池） - いろいろな電池をつくってみよう（化学変化と電池）
D 社	
1 年	- アンモニアの性質の噴水実験（いろいろな気体とその性質） - 塩化アンモニウムの再結晶の実験（水溶液の性質） - タブレット顕微鏡をつくろう（光による現象） - 身近なものを使った楽器づくり（音による現象）
2 年	- 温度が変化する化学変化（さまざまな化学変化） - 簡易リニアモーターカーが動くしくみ（電流と磁界） - クリップモーターが回る（電流と磁界）
3 年	- ダニエル電池の製作（電池とイオン） - 身近なもののできる簡単な電池（電池とイオン） - ペットボトルから糸をつくる実験（様々な物質の利用と人間）
E 社	
1 年	アンモニアの噴水をつくる実験（気体の性質）
2 年	- 使い捨てのいろいろのしくみを調べてみよう（いろいろな化学変化） - クリップを使った簡単なモーターづくりにチャレンジ（電流と磁界）
3 年	ダニエル電池をつくって電気エネルギーを取り出してみよう（電池とイオン）

中学校学習指導要領（平成 29 年告示）解説（理科編）において例示されている通り、楽器、モーター、カイロ、電池等の取り扱いが多かった。また、各社の教科書においてもものづくり活動は各単元の導入もしくは結末に位置することが多く、先に述べたように、当該活動は関心・意欲・態度の向上、知識発見、知識活用を目的とした活動として重視されていると考えられる。このことから、ものづくり活動が科学的知識を実践した探究活動に位置付けられるよう工夫する必要があると言えよう。また、ものづくり活動に関連して化学電池の種類や利用等の実社会で活用されている科学技術についての記述も多く見られた。

Ⅲ. ものづくり活動を取り入れた理科における STEAM 教育の検討

前述の調査結果に基づき、STEAM 教育の視点から 1 単元分の授業設計を行った。エンジニアリングデザインでは科学と技術の教科横断の視点が色濃く表れていることから、技術と関連深い「電池とイオン」の単元を事例とした。また、授業設計に際し、教育課程編成の視点を、理科と技術の教科横断を考える横串、科学の基本的な概念の系統性を考える縦串、さらにエネルギーと粒子といった領域横断的な視点と内容の系統性について意識した視点を統合した斜串に整理した（図 1）。

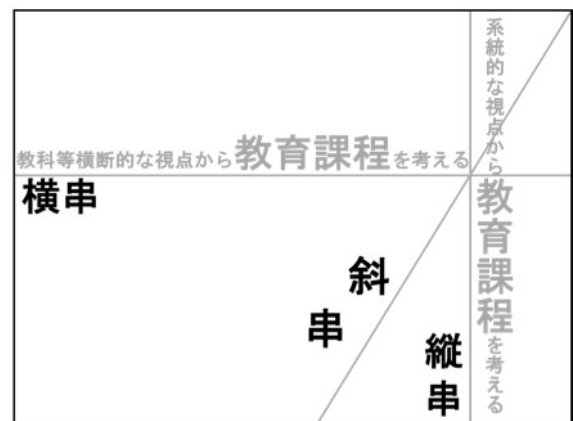


図 1 教育課程編成の視点（岡山県総合教育センター，2022）

先述した他教科横断を考える横串について技術の「エネルギー変換の技術」との単元との関連、縦串について粒子概念の系統性を意識付ける授業場面の設定をした。斜串については 2 年エネルギー領域「電流と磁界」の単元との関連を意識付ける授業場面の設定をした。

また、単元を通して乾電池の仕組みを分析し、材料

等の条件を制御することにより連続して取り出すことのできる電池を開発するといった文脈を設定した。単元の指導計画を表 2 に示す。

表 2 単元の指導計画

時	主な学習活動
1	電池の正極と負極を確認しながらマンガン乾電池の分解を行い、電池の仕組みを探究するきっかけを作る【ものづくり】
2	ダニエル電池を製作し電気エネルギーを取り出した際の正極と負極での反応など気付いたことを記録する【ものづくり】
3	実験を行い、3種類の金属のイオンへのなりやすさについて考察する
4	金属イオンの変化と関連付けて、電子の授受やイオンへのなりやすさを考察する
5	ボルタ電池を製作し、ボルタ電池の課題点を検討する【ものづくり】
6	ボルタ電池の課題点、金属のイオンへのなりやすさから、より起電力の大きい電池を製作する【ものづくり】
7	電池の基本的な仕組みを理解し、イオンのモデルを用いて表現する
8	身の回りで利用されている様々な電池について調査する

ものづくり活動として、マンガン乾電池の分解、ボルタ電池の製作、ダニエル電池の製作等を取り入れた。

IV. ものづくり活動を取り入れた理科における STEAM 教育の実践

1. 実践対象と方法

授業実践は、X 市内の公立中学校 3 年生 66 名を対象として、2 学級で通常の授業時間（50 分）を 8 時間ずつ行った。ワークシートとレポートの記述を用いて授業分析を行った。

2. 実践結果と考察

ワークシートの記述より、ものづくり活動を取り入れた授業において、生徒は教科等横断的な視点や実社

会との関連を強く意識していることがわかった。また、単元を通して、技術で学習した電池の特徴と比較して考えている記述も見られた。ものづくり活動を行った授業に注目すると、1 時間目のマンガン乾電池の分解では「電池が電流を発生させるためには何が必要か調べる」という課題を設定した。乾電池の分解を通して、多くの生徒が二酸化マンガンと亜鉛の容器が陽極と陰極であり、それらが電流を取り出すために必要であるという答えを導き出した。また同時に、乾電池の構造に注目し、「導体」や「絶縁体」等の既習の他領域の知識と関連付けている様子が見られた。5 時間目のボルタ電池の作製の時間では、電流が流れる時間が非常に短い点に着目し、実社会での実用性を検討していた様子が見られた。生徒は「ボルタ電池は電流を取り出せる時間が短く、実用的ではない」という結論から、「実用的な電池の条件は連続して電流を取り出せるもの」という条件を設定した。最終的に 6 時間目でその条件にあった起電力の大きな電池の製作に向けて、材料や条件に焦点を絞り検討し、実験を行い、評価するといった流れで電池の作成を行った。生徒は既習のイオン化傾向の知識を活用し、電極の材料として銅と亜鉛の他に鉄やマグネシウムについて検討していた。生徒の振り返りレポートからは「これからのエネルギー問題を解決するには電極や溶液などを工夫して、革新的な電池を作る必要がある。」といった記述が見られた。これらの一連の学習活動を通して生徒らは実際の問題に対する解決策を得るために、科学的知識を適用したものと考えられる。

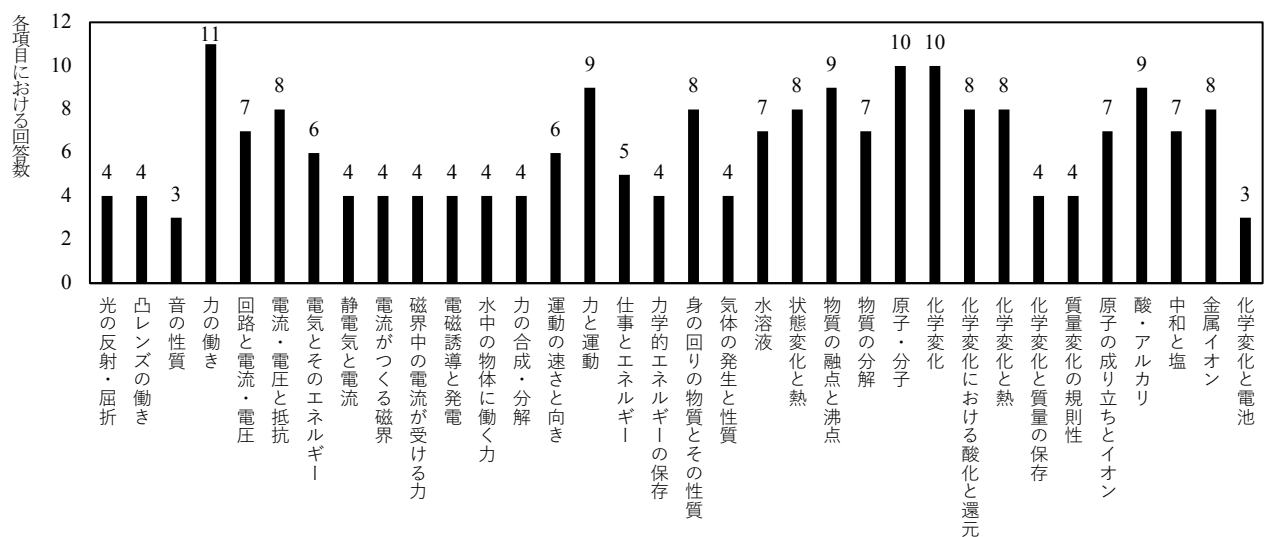


図 2 中学校理科においてもものづくりの現場と関連が深いと考えられている学習内容 (n=23: 複数選択可)
(影山・遠藤, 2022)

V. おわりに

本研究では中学校理科における STEAM 教育の視点を取り入れた授業設計を行い、実践を通してその有効性を検証した。1 単元という限定的な検証ではあったものの中学校理科において STEAM 教育の視点を取り入れることは科学と技術、実社会との関連を意識させることと、探究的な学びの実現という点において一定の効果があると言えよう。

また、ものづくり活動を通してエンジニアリングデザインが重視されている STEAM 教育の導入が可能であると考えられる。さらに今後、このような実践を行う際には、ものづくり現場の文脈が重要であると言えよう。影山・遠藤 (2022) は中学校理科の学習内容において、ものづくり現場と関係が深いと考えられている項目についてまとめている (図 2)。ものづくり現場と関連が深いであろう「力の働き」、「力と運動」、「物質の融点と沸点」、「原子・分子」、「化学変化」、「酸・アルカリ」の項目が多く選ばれており、これらの項目は、それぞれが単一で選択されているわけではなく、同時に複数選択されていた。このことから、ものづくり活動を取り入れた STEAM 教育の展開例を考える上で、ものづくり現場の文脈は示唆を与えるものと考えられる。

謝辞

本研究にご協力いただきました、岡山県総合教育センター指導主事の先生、中学校の学校長、津山市学校教育研究センター理科部会の先生方、生徒の方々に厚く感謝申し上げます。

註

- 1) STEM 教育については、各国で定義が様々であり、STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) 科学・技術・工学・数学を統合的に学習する教育とされている。さらにデザイン、感性、芸術、文化、生活、経済、法律、政治、倫理等の Art の範囲を加えた STEAM と定義するものもある。

文献

伊藤直子 (2014) : 理科教育におけるものづくり活動の目的と効果, 三重大学大学院教育学研究科修士論文.
岡山県総合教育センター (2022) : 津山市センター理科部会研究授業資料, 2022-11-8

影山貴大・遠藤優介 (2022) : 「ものづくり人材」の育成を目指した中学校理科授業に関する研究, 日本科学教育学会研究会研究報告 36, 5, 71-76

竹本石樹・熊野善介 (2022) : STEM/STEAM 教育, 一般財団法人日本理科教育学会編著, 理論と実践をつなぐ理科教育学研究の展開, 東洋館出版社, 86-92

中央教育審議会 (2021) : 「令和の日本型学校教育」の構築を目指して～全ての子供たちの可能性を引き出す, 個別最適な学びと, 協働的な学びの実現～ (答申), 文部科学省, 2021-1-26

人見久城 (2017) : 理科におけるものづくり活動の展開, 大高泉編著, 理科教育基礎論研究, 協同出版, 318-331

人見久城 (2020) : エンジニアリングデザインの視点とそれを導入した理科学習の事例, 日本科学教育学会年会論文集, 44, 57-60

文部科学省 (2018a) : 中学校学習指導要領 (平成 29 年告示), 東山書房.

文部科学省 (2018b) : 中学校学習指導要領 (平成 29 年告示) 解説理科編, 学校図書.