

アメリカのテキサス州における中等教育段階の STEM教育に関する研究

－教材「ボトルロケット・トラック」を事例として－

Study on STEM Education in Secondary School Science in Texas, USA: A Case Study of Teaching Materials of 'Bottle Rocket Truck'

横井 都歩¹，内海 志典²

YOKOI Toho¹，UTSUMI Yukinori²

[キーワード Keyword]	STEM教育，中等教育段階，EDP，アメリカ，テキサス州
[所属 Institution]	¹ 名古屋市立守山中学校（Moriyama Lower Secondary School, Nagoya City）， ² 岐阜大学教育学部（Faculty of Education, Gifu University）

[要 旨 Abstract]

本研究は，アメリカのテキサス州教育庁(Texas Education Agency)によって開発された中等教育段階のSTEM教育の教材に見られる授業展開の特徴について明らかにし，STEMに関連する職業の人材育成に必要なことと，わが国の中学校理科にSTEM教育のエンジニアリング・デザイン・プロセス(EDP)を導入する際の示唆を導出することを目的とする。テキサス州の中等教育科学におけるSTEM教育について，教材「ボトルロケット・トラック(Bottle Rocket Truck)」を事例として分析を行い，その授業展開の特徴について分析した。テキサス州のSTEM教育で採用されているEDPは，「特定する」，「想像する」，「計画する」，「創造する」，「改善する」の5つの段階からなる。STEM教育の教材の分析の結果，次の3つの特徴が明らかとなった。(1)生徒が製作物を製作する際に，うまくいかなかった場合には，EDPの「想像する」，「計画する」，「創造する」の3つの段階において，前の段階に戻って繰り返される。(2)さらにその問題から，新たな問題を見付け，よりよい解決策について検討する場合には，問題が新たに更新され，生徒の学習活動は，次の新たなEDPのステージへと進行する。(3)エンジニアの職業について理解することで，エンジニアの仕事が人間生活を豊かにし，社会に貢献していることを見いださせている。この教材を用いた授業を行うことで，生徒は，試行錯誤することで粘り強く問題に取り組むことができると考えられる。問題のよりよい解決策を検討し，次の新たなEDPのステージへと進行するため，生徒の学習は深化する。加えて，EDPを体験し，生徒に達成感や満足感を味わせることで，エンジニアの仕事に就きたいと考える生徒を増加させ，STEMに関連する分野への進学を目指す生徒を増加させることが期待される。以上のことから，テキサス州のSTEM教材は，科学技術関係人材の育成・確保を目指すわが国でSTEM教育の実践への示唆となる。

1. はじめに－問題の所在と研究の目的－

近年，国際的に科学，技術，エンジニアリング，数学を統合的に学習するSTEM教育が注目され，日本のみならず，世界各国で関心が高まり，実践されている。アメリカのテキサス州教育庁（Texas Education Agency；以下，TEAとする）は，2030年までに，大部分の職業は高等学校を卒業するまでの学習とは別に専門的な学習が必要となると予測しており，テキサス州労働者委員会によると，テキサス州は将来，STEMに

関連する職業の雇用機会において，全米で2番目に高い割合を占めるとされている。そのため，TEAは，将来の労働力確保を確実にし，PK-20¹の前期を通じて科学，技術，エンジニアリング，数学における重要なスキルを開発するために，Texas Ecosy STEM²に参加したり，生徒と教師に体験的な活動を提供したりしている。また，テキサス州は，STEM教育を受ける生徒に対する教育だけでなく，STEM教育を提供する教師に対する研修も行っている。

他方、わが国においては、理科の学習において基礎的・基本的な知識・技能は、実生活における活用や論理的な思考力の基盤として重要な意味をもっており、科学技術の進展などの中で、理数教育の国際的な通用性が一層問われている（文部科学省，2017a）。また、資源に乏しい我が国が今後も継続的に発展し、世界に貢献していくためには、自発的な科学技術イノベーションの創出が不可欠であり、その中核を担う優れた意欲ある人材を継続的に排出することが重要である（文部科学省，2015）。しかしながら、理工学系学部への志願者は、年々減少傾向にあり、科学技術関係の人材の確保と科学技術イノベーション人材の育成が急務であるとされている（文部科学省，2015）。わが国には、アメリカにおける低学年でのSTEM教育の現状と日本での実施可能性について検討した坂田・熊野（2017）の研究や、アメリカにおけるSTEM教育推進の活動の事例を報告した内ノ倉・石崎・熊野・長州（2014）の研究はあるが、人材育成の視座から教材を分析した研究や、アメリカの中等教育段階の人材育成に焦点を当てた先行研究は見られない。そこで、本研究では、全米でSTEMに関連する職業の雇用機会が2番目に多く、中等教育段階において、労働力確保のための教育を実施しているアメリカのテキサス州のSTEM教育の教材をエンジニアリング・デザイン・プロセス（Engineering Design Process；以下、EDPとする）に焦点を当て、中等教育段階のSTEM教育の教材において、EDPがどのように適用されているのかを分析し、得られた知見を基に、わが国の中学校の理科にEDPを導入する際の示唆を導出することを目的とする。

2. 研究の方法

本研究では、まず、TEAが提示しているEDPを概観する。その後、TEAが公表している指導書STEM Instructional Planning Guide（TEA，2020d）において採用されているEDPの適用に着目し、テキサス州の中等教育段階科学におけるSTEM教育の教材「ボトルロケット・トラック（Bottle Rocket Truck）」に見られる授業展開の特徴について検討する。教材の分析で得られた知見から、STEM教育に関連する職業の人材育成に必要なことと、EDPをわが国の中学校の理科に導入する際の示唆を導出する。

3. テキサス州カリキュラムにおけるSTEM教育

STEM（科学、技術、エンジニアリング、数学）教育

は、生徒が将来の職業に備えて準備するために、革新的なデザインベースの思考で実世界の問題を創造的に解決することにより、学習内容を実世界の状況に適用することを学ぶ体験型の指導・学習の方法である（TEA，2020e）。

テキサス州のSTEM教育では、TEAが採用しているデザインベースの思考のモデルであるEDPが導入されている。EDPの各段階とその概要について表1に示す。「意思疎通を図る」は、EDPの活動の全体に関わって行われる。

表1 エンジニアリング・デザイン・プロセス（EDP）の各段階と概要

段階	概要
特定する (Identify)	・問題を特定する。 ・制約を特定する。
想像する (Imagine)	・材料を探索する。 ・アイデアを構想する。
計画する (Plan)	・個人で計画を作成する。 ・班の中から最適な計画を選択する。 ・材料を収集する。
創造する (Create)	・製作物を製作する。 ・手順を実行し、製作物をテストする。
改善する (Improve)	・テストの結果を分析する。 ・手順や計画書を修正し、製作物を改良する。 ・必要に応じて、何度も繰り返す。

（出典：TEA，2020dを基に筆者作成）

EDPは、様々な概念を統合的に教え、適用するために用いることができる学習方法であり、真正な問題に対する解決策を設計するためのデザインベースの思考である（TEA，2020d）。EDPは、エンジニアが製品を開発する時に必要なプロセスであり、生徒が、STEMに関連する職業への準備となるスキルを身に付けるために、EDPを体験する必要がある（TEA，2020d）。そして、EDPを体験することにより、様々な文脈において革新的な解決策を生み出す能力を育成することができる（TEA，2020c）。EDPの5つの段階は、環状となっており、生徒の学習活動は、「特定する（Identify）」、「想像する（Imagine）」、「計画する（Plan）」、「創造する（Create）」、「改善する（Improve）」の5つの各段階が適用される。このプロセスの「想像する」、「計画する」、「創造する」の3つの段階は、この順に一方向に進行するだけではなく、必要に応じて前の段

階に戻って指導が行われる場合がある。

4. テキサス州におけるSTEM教育の教材

本研究では、TEAによって、第6学年（11～12歳）～第8学年（13～14歳）を対象と開発されたテキサス州のSTEM教育の教材「ボトルロケット・トラック（Bottle Rocket Truck）」を対象として、TEAが採用しているEDPの各段階に焦点を当てて、各段階で行われる活動の授業展開について分析する。

この教材は、TEAが非営利団体であるLearning Undefeated社と提携して、‘Texas Mobile STEM Laboratory プログラム’を導入して、開発した教材である。この教材「ボトルロケット・トラック」の活動内容を表2に示す。

生徒が行う活動は「導入する」の段階とEDPの5つの段階（「特定する」、「想像する」、「計画する」、「創造する」、「改善する」）で構成されており、計60分で実施する（TEA, 2020a）。

教材「ボトルロケット・トラック」では、ボトルロケット・トラックの設計や組み立て、製作物のテストを通して、輸送会社にとって最も効率のよいボトルロケット・トラックを製作する活動に取り組む教材である。生徒は、燃料に用いる酢酸50 mLに対する炭酸水素ナトリウムの反応の割合を変化させることで、2.5 m走行し、その後、生徒は、停止することができるボトルロケット・トラックを製作することを目標として取り組む。

5. エンジニアリング・エンジニア・EDP

教材「ボトルロケット・トラック」では、本時の活動に取り組む前に、教材に関連する科学の学習内容であるニュートンの運動の法則と化学反応について学習する。その後、STEM教育についての理解を図るために、エンジニアリングで何を学習するのか、エンジニアはどのような仕事を行っているのか、EDPとはどのような考え方であるのかについて学ぶ機会が設けられている。

5.1 エンジニアリング

表2の活動1パート5では、携帯電話を事例に挙げてエンジニアリングで何を学習するのかを取り扱っている。生徒は、「エンジニアリングとは何か」という問いを通して、エンジニアリングで何を学習するのかについて考える。そして、エンジニアリングとは、製品やプロセスを設計することによって問題を解決する

ために、自分が知っていることを利用したり、応用したりすることであることを理解する（TEA, 2020a）。次に、携帯電話を事例に挙げて、エンジニアが開発した製品について考える。「携帯電話が開発される前は、固定電話しかなかったが、なぜそれを改良する必要があったのか。」という問いを通して、携帯電話が開発されるまでは、特定の場所からしか電話をかけることができなかったため、いつでもどこからでもかけられるように固定電話をよりよく改良することが必要であったことを見いださせる。そして、固定電話を改良し、開発された製品が携帯電話であることに気付かせる。このように、携帯電話が固定電話を基に開発された製品であり、開発された過程を学習させることで、エンジニアリングで何を学習するのかを理解させている。

5.2 エンジニア

活動1パート5では、エンジニアが働いている際の写真と、エンジニアによって開発された製品の写真を提示し、写真を基に、エンジニアという職業についても取り扱っている。生徒は、「エンジニアとはどういうことをする仕事なのか」という問いを通して、エンジニアの職業の内容について考える。ここで、身の回りのもの（冷蔵庫、自動車、携帯電話など）は、誰によって開発されているのか考え、身の回りの多くの製品は、エンジニアによって開発され、生活を豊かにしていることを気付かせる。そして、今回の教材において、ニュートンの運動の法則に関係している機械工業、ロケットに関係している航空宇宙工業、化学反応に関係している化学工業といった3つのエンジニアリングの領域を学習し、エンジニアと今回の教材の関係について学習する。「エンジニアは、一度製作するだけで最も適切な製品を完成させることができるのか?」という問いを通して、エンジニアは、どのようにして製品を完成させているのかについて考える。解決策は1つではなく多くの解決策があるため、よりよい製品を開発させるためには、何度も改良する必要があること、失敗してしまってもどこで間違えたのかを見いだしてそれを修正すればよいことを学習する（TEA, 2020a）。

5.3 エンジニアリング・デザイン・プロセス(EDP)

よりよい解決策を見いだすために、エンジニアが行うプロセスがEDPであること（TEA, 2020a）を学習し、EDPの「特定する」、「想像する」、「計画する」、「創造する」、「改善する」の5つの段階においてエン

表2 教材「ボトルロケット・トラック」の活動内容

活動	パート	活動内容
1 導入する	1	・ボトルロケット・トラックを取り扱う本時の授業について確認する。
	2	・本時の活動全体を通して、身に付けられるスキルについて確認する。
	3	・ニュートンの運動の法則について学習する。
	4	・酢酸と炭酸水素ナトリウムを使った化学反応の演示実験の様子を見て、化学反応（吸熱反応と質量保存の法則）について学習する。 ・酢酸と炭酸水素ナトリウムの反応が化学変化と物理変化のどちらであるか意見を出して話し合い、どちらであるか明らかにする。
	5	・エンジニアリングについて、携帯電話を事例として学習する。 ・エンジニアの仕事は、何をするか意見を述べる。 ・EDPの考え方と、EDPの各段階について学習する。
2 特定する	1	・<本時に取り組むこと>を読む。 <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;"><本時に取り組むこと> 輸送会社にとって最も効率のよいボトルロケット・トラックを設計する。</div> ・<本時に取り組むこと>を読み、生徒が疑問を教師に質問する。
	2	・規準の意味について意見を述べ、その後、本時の規準を確認する。
	3	・制約の意味について意見を述べ、その後、本時の制約を確認する。
3 想像する	1	・ボトルロケット・トラックの演示実験（100 mLの酢酸と6 gの炭酸水素ナトリウム）を基に、今回の製作物における薬品の反応の割合について考える。
	2	・各自で1分間、ボトルロケット・トラックはどのような材料が使用され、どのような外観であるべきなのかを考え、記録する。 ・班で5分間、個人で考えたことを発表し、他の班員の考えを聞く。どのような材料を使用すべきであるのかについて、ブレインストーミングを実施する。
4 計画する	1	・スコアカード ³⁾ の規準を確認したうえで、詳細な説明(材料、予算、大きさ、計画を進める手順)を書いた計画書を作成する。 ・設計に必要な材料に関するブレインストーミングを基に材料を材料・薬品の一覧表から決定する。材料の決定後には、使った材料費を記録する。
	2	・班員の役割分担をする。 (材料の収集、資料の収集、予算の管理、時間の管理、試作品の試行、計画書と製作物の組み立てが一致していることを確認する。)
5 創造する	1	・各自の役割を果たし、計画書に沿って、ボトルロケット・トラックを班で製作する。
	2	・製作したボトルロケット・トラックを実際に走行させる。
	3	・ボトルロケット・トラックを走行させた結果をスコアカードに記入し、スコアの点数を計算する。
6 改善する	1	・班でテスト(スコアカード)と計画書を見直し、うまくいったこととうまくいかなかったことについて話し合い、まとめ、表現する。 ・話し合いを基に、テストの結果と計画書を見直して、計画書を修正する。 ・修正した計画書に沿って、ボトルロケット・トラックを改良する。 ・25分間で、修正と改良を繰り返し、より最適なボトルロケット・トラックを製作する。

(TEA, 2020aを基に筆者作成)

ジニアが行う活動の内容について学習する。そして、生徒は、エンジニアになりきって、本時の課題の解決に向けて、ボトルロケット・トラックの設計を行うことを確認する。

6. 教材におけるEDP

表2の教材「ボトルロケット・トラック」の活動と第4章で示したEDPの各段階における仕事の内容について分析する。

6.1 「特定する (Identify)」の段階における活動

「特定する」の段階では、問題を「特定する」、規準を「特定する」、制約を「特定する」の3つの活動が行われる。

6.1.1 問題を「特定する (Identify)」の段階における活動

問題を「特定する」の段階では、本時の課題について明らかにするための活動が行われる。本時に取り組むことを、表3に示す。

表3 本時に取り組むこと

輸送会社にとって最も効率のよいボトルロケット・トラックを設計する。

(出典：TEA, 2020aを基に筆者作成)

活動2パート1では、生徒は、本時に取り組むことについて、わからないことや疑問に思ったことを教師に質問する。想定される質問は、用いることができる材料は何か、計画、設計、製作の時間はどのくらいか、予算はいくらかなどである。

6.1.2 規準を「特定する (Identify)」の段階における活動

活動2パート2では、生徒は、ボトルロケット・トラックを製作する際の規準を確認する。

規準を「特定する」の段階では、本時の課題において満たすべき規準を確認する活動が行われる。課題において従うべき本時の規準を表4に示す。

6.1.3 制約を「特定する (Identify)」の段階における活動

活動2パート3では、生徒は、ボトルロケット・トラックを製作する際の本時の制約を確認する。

制約を「特定する」の段階では、本時の課題におい

表4 ボトルロケット・トラックを製作する際の規準

<ul style="list-style-type: none"> ・ウォーターボトル内で発生する化学反応によって自走する。 ・50 mLで2.5 m走行した後、停止する。(2.5 m付近で停止することが目的である。) ・製作物が破損しない。

(出典：TEA, 2020aを基に筆者作成)

て従うべき制約を確認する活動が行われる。課題における本時の制約を表5に示す。

表5 ボトルロケット・トラックを製作する際の制約

項目	項目の詳細
制約時間	25分間
材料	教師が準備したもの
予算	500ドル
コラボレーション	班全員のアイデアを1つずつ設計に使用する。
再設計	必要な回数だけ実際に修正し、テストする。

(出典：TEA, 2020aを基に筆者作成)

6.2 「想像する (Imagine)」の段階における活動

「想像する」の段階では、材料を探索してアイデアを構想する活動が行われる。

活動3パート1では、生徒は、活動1パート4で学習した酢酸と炭酸水素ナトリウムの反応によって、「ボトルロケット・トラック」が動くことを、演示実験を通して確認する。また、演示実験では、酢酸100 mLと炭酸水素ナトリウム6 gを用いて実験を行っているが、酢酸50 mLを使用する場合は、炭酸水素ナトリウムをどれだけ使用する必要があるのか考え、化学反応における量的関係について学習する。

活動3パート2では、生徒は1分間で、ボトルロケット・トラックを製作するにはどのような材料が必要であるのかを考える。さらに、5分間で、使用する材料について個人で考えたことを班内で発表し、ブレインストーミングを行う。

6.3 「計画する (Imagine)」の段階における活動

「計画する」の段階では、製作物の計画書を作成し、材料を収集する活動が行われる。

活動4パート1では、生徒は、「スコアカード」の項目を確認しながら、材料、予算、サイズ、製作を進める手順といった詳細な説明を記述した計画書を作成する。班員が各自考えた計画の中から、制約に対して最適なものを選択して計画書の作成を完成させた後、材料と価格が書いてある一覧表から設計に必要な材料

を決定し、模擬的に教師から購入する活動を行っている。

活動4パート2では、班員の役割分担を行い、予算の管理、時間の管理など「創造する」の段階に向けた準備をしている。

6.4 「創造する(Create)」の段階における活動

「創造する」の段階では、製作物を組み立て、計画書の手順を実行し、製作物をテストする活動が行われる。

活動5パート1では、生徒は、計画書に沿って、ボトルロケット・トラックを班で製作する。

活動5パート2では、計画書に沿って製作したボトルロケット・トラックを実際に走行させる。

活動5パート3では、実際に走行させた結果をスコアカードに基づいて点数化し、スコアの点数を計算することで製作物を評価する。

6.5 「改善する(Improve)」の段階における活動

「改善する」の段階では、テストの結果を分析し、分析に沿って手順や計画書を修正した後、製作物を改良⁴⁾する活動が行われる。

活動6パート1では、生徒は、班でテスト(スコアカード)を見直し、うまくいったことと、うまくいかなかったことについて話し合い、まとめて表現する。次に、話し合いを基に計画書を修正する。その後、修正した計画書を基に、ボトルロケット・トラックを改良する活動を行う。

6.6 「意思疎通を図る(Communicate)」の段階における活動

「意思疎通を図る」の段階では、生徒が思考したことを表現する活動が行われる。「意思疎通を図る」は、EDPの活動の全体に関わって行われる。

活動1パート4「導入する」の段階では、生徒は、酢酸と炭酸水素ナトリウムの反応が化学変化と物理変化のどちらであるか意見を出して話し合い、どちらであるか明らかにする。

活動3パート2「想像する」の段階では、生徒は5分間で、使用する材料について、個人で考えたことを班員で発表し、ブレインストーミングを行う。

活動4パート1「計画する」の段階では、生徒は、個人で計画を作成した後、班でどの計画が最適であるのか話し合い、班の中から計画を選択する。

活動5パート1「創造する」の段階では、生徒は計

画書に沿って、班でボトルロケット・トラックを製作する。班で1つのボトルロケット・トラックを製作するため、意見を出すことで意思疎通を図る。

活動6パート1「改善する」の段階では、生徒は、班でテストと計画書を見直し、うまくいったこととうまくいかなかったことについて話し合い、まとめて表現する。

このようにEDPの5つの段階において、生徒が思考したことを表現するための活動が設定されており、生徒の考えを顕在化することで他の生徒と意思疎通を図る。

7. 考察

7.1 教材におけるEDPの適用

本研究で分析した教材では、エンジニアが製品を開発する際に用いるプロセスであるEDPが導入されている。

「特定する」の段階では、ボトルロケット・トラックの輸送効率を最大にするという問題と製作物を条件の範囲内で設計するための決められた制約を特定し、「想像する」の段階では、使用する材料は何が最も適切であるのか、製作物はどのような順で製作するのがよいかなどを探索してアイデアを構想する。そして、「計画する」の段階では、製作物の計画書を作成し、「創造する」の段階では、製作物を製作し、製作したボトルロケット・トラックを実際に走行させる。「改善する」の段階では、テストの結果を踏まえ、うまくいったこととうまくいかなかったことをまとめて、表現する。多くの場合、テストや修正をした際に、新たな疑問や課題が生じるため(TEA, 2020e)、ボトルロケット・トラックの走行がうまくいかなかったり、失敗してしまったりした場合には、臨機応変に前の段階に戻る。再度、班で製作物のどの部分を修正するのかについて話し合いを行い、計画書を修正したり、修正した計画書に沿って、ボトルロケット・トラックを改良したりする。これらの活動は、「想像する」、「計画する」、「創造する」の3つの段階に該当する活動であり、生徒の学習活動が前の段階に戻り、これら3つの段階を往還している。このように、ボトルロケット・トラックの走行において、うまくいかなかったことを生かして、試行錯誤しながら、ボトルロケット・トラックを製作し直すことで、生徒に粘り強く取り組むことを体験させることが意図されている。

また、別の条件に視点を当てて、条件について検討

する場合には、生徒の学習活動は、次の新たなEDPのステージ⁵⁾に進行する。最初の「特定する」の段階では、前のステージのプロセスの「改善する」の段階から、新たな問題を見付け、さらにその問題のよりよい解決を図るために、新たなEDPの各段階の活動に取り組む。このように、条件を変化させることで、問題を新たに更新することができ、1つずつの条件についてEDPを経ると、生徒の学習がより深い学びとなると考えられる。

EDPは、エンジニアが製品を開発する際に必要なプロセスであり、生徒が、STEMに関連する職業への準備となるスキルを身に付けるためにEDPの体験に関与させる必要がある (TEA, 2020d)。EDPを体験し、失敗を乗り越え成功することを通して、生徒に達成感や満足感を味わわせることができる。エンジニアの仕事に就きたいと考える生徒を増加させることで、STEMに関連する分野へ進学を目指す生徒を増加させることが期待される。

7.2 教材における職業の取り扱い

第5章で前述したように、教材「ボトルロケット・トラック」では、ボトルロケット・トラックの設計の課題に取り組む前に、携帯電話を事例として、エンジニアの職業について理解するための活動が設定されている。固定電話から携帯電話が開発された歴史を知り、エンジニアが身の回りの製品を開発し人間生活を豊かにしていることを学習することを通して、エンジニアの仕事が社会に貢献していることを認識させ、STEMに関連する職業への興味・関心を高め、それらの分野へ進学を目指す生徒を増加させることが期待される。

8. わが国へ導入する際の示唆

本研究で扱ったアメリカのテキサス州のSTEM教育の教材には、STEMに関連する職業の人材を育成するために、エンジニアが製品を開発する際に必要なプロセスであるEDPが導入されている。

わが国でも、『中学校学習指導要領 (平成29年告示) 解説 理科編』 (文部科学省, 2017a) において、「探究の過程」が示されており、探究活動において、学びの過程を重視した授業が求められている。わが国の「探究の過程」とテキサス州のEDPを比較するために、これらの対応関係について論じる。

「探究の過程」における「課題の把握 (発見)」（「自然現象に対する気付き」・「課題の設定」）は、EDP

において、本時に取り組む問題と決められた制約を特定することから、EDPの「特定する」の段階に相当すると考えられる。「探究の過程」における「仮説の設定」は、EDPにおいて、本時の課題を解決するための解決策を探索し、本時の問題に対する仮説を想像することから、EDPの「想像する」の段階に相当すると考えられる。「探究の過程」における「検証計画の立案」は、EDPにおいて、製作物の計画書を作成することから、EDPの「計画する」の段階に相当すると考えられる。「探究の過程」における「観察・実験の実施」・「結果の処理」は、EDPにおいて、製作物を組み立て、本時の問題に対する結果を創造することから、EDPの「創造する」の段階に相当すると考えられる。「探究の過程」における「課題の解決」（「考察・推論」・「表現・伝達」）は、EDPにおいて、テストの結果を分析し、まとめて表現することから、特定した問題や制約に対して製作物を評価することから、EDPの「改善する」の段階に相当すると考えられる。

そして、「探究の過程」における「振り返り」では、課題の解決から課題の探究（追究）に戻って、考察が設定した課題と対応しているかなど、探究の過程を振り返る（文部科学省, 2017a, p.129）。第3章で前述したように、EDPにおいても、「想像する」、「計画する」、「創造する」の3つの段階は、この順に一方方向に進行するだけでなく、必要に応じて前の段階に戻って指導が行われる場合があり、前の段階を振り返ることで、試行錯誤し考えを構築しているため、「探究の過程」の「振り返り」に相当すると考えられる。このように、わが国の「探究の過程」とEDPには一定の対応関係が見られる。しかしながら、わが国の「探究の過程」には、EDPのように、テストの結果を踏まえて、新たな問題を見付けたり、その問題のよりよい解決を図ったりする過程は含まれていない。

テキサス州のEDPのように、テストの結果を踏まえて、新たな問題を見付けたり、その問題のよりよい解決を図ったりする過程は、わが国の『中学校学習指導要領 (平成29年告示) 解説 総合的な学習の時間編』において、明らかになった考えや意見などをまとめ・表現し、そこからまた新たな課題を見付け、更なる問題の解決を始めるといった学習活動を発展的に繰り返していく (文部科学省, 2017b, p.9) という部分において見られる。このように、「総合的な学習の時間」においては、テキサス州のEDPのように、テストの結果を踏まえて、新たな問題を見付けたり、更なる問題の

解決を図ったりする過程が含まれており、自ら考えや課題を新たに更新することで、探究の過程が繰り返されている（文部科学省，2017b, p.17）。

わが国の中学校理科においても、探究の過程を通じて課題を解決したり、新たな課題を発見したりする経験を増加させていくことが重要である（文部科学省，2017a, p.13）。

以上のことから、わが国の中学校理科の探究活動において、テキサス州のEDPを導入することで、生徒の学習がより深い学びとなると考えられる。

加えて、わが国においても、科学・技術分野の経済成長や革新・創造に特化した人材育成がSTEAM教育の目的の1つであり、科学技術分野に特化した人材の育成が求められている（文部科学省，n.d.）。わが国の中学校理科の探究活動において、テキサス州のEDPの考え方を導入することで、エンジニアが製品を開発する際に用いるプロセスを身に付けた人材の育成が図られることに寄与することが示唆される。

9. おわりに

本研究では、アメリカのテキサス州のSTEM教育を分析し、エンジニアの仕事が社会に貢献していることを認識させる活動と、エンジニアが用いているEDPを導入した活動が、STEM教育に関連する職業における人材育成の一部を担っていることを明らかにした。

アメリカのテキサス州では、STEM教育にEDPが導入されているが、わが国の中学校理科の探究活動にEDPを導入することで、生徒の学習活動がより深い学びとなり、STEMに関連する職業における人材育成を図っていくことにつながることを期待できる。

附記

本稿は、令和4年度日本理科教育学会第67回東海支部大会において発表した「アメリカのテキサス州における中等教育段階のSTEM教育に関する研究－人材育成を目指した教材に着目して－」の内容を、大幅に加筆・修正したものである。

註

- 1) PK-20とは、幼稚園就学前（Pre-kindergarten）～20歳までをSTEM教育の対象とすることである。
- 2) Texas Ecosy STEMとは、2015年にテキサス州で設立された機関であり、STEMを用いて地域社会の繁栄を目指している。

3) 「スコアカード」は、「ボトルロケット・トラック」の製作において、その成果を評価するために用いられるものである。「スコアカード」では、例えば、ボトルロケット・トラックを製作し、実際に走行させ、安定性のテストする際の評価は、「衝突していない」が3点、「壁に接触した」が2点、「壁に衝突した」が1点、「壁に衝突して、破損した」が0点のように、「コラボレーション（協働）」、「安定性についてのテスト」、「走行の範囲についてのテスト」、「自走についてのテスト」、「材料費」のそれぞれの評価項目について、得点が示されている（TEA, 2020c）。

4) ‘Improve’の訳として、抽象的なものに対して、全体をよい方向に向かって改める意味に使用される場合には「改善」を、具体的なものに対して、一部分をよりよい方向に向かわせていく意味に使用される場合には「改良」を用いた。

5) EDPのステージは、「特定する（Identify）」、「想像する（Imagine）」、「計画する（Plan）」、「創造する（Create）」、「改善する（Improve）」の5つの段階が1つのステージとして適用される。EDPでは、課題のよりよい改善を図るために、必要に応じて、次々のステージへとスパイラルに適用される。

引用文献

- 文部科学省（2015）『次世代の科学技術イノベーション人材の育成について』 Retrieved from https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu10/siryu/_icsFiles/afiedfile/2015/11/04/1361118_01.pdf (accessed 2023.01.25)
- 文部科学省（2017a）『中学校学習指導要領（平成29年告示）解説 理科編』学校図書。
- 文部科学省（2017b）『中学校学習指導要領（平成29年告示）解説 総合的な学習の時間編』東山書房。
- 文部科学省（n.d.）『STEM教育等の教科等横断的な学習の推進』 Retrieved from https://www.mext.go.jp/content/20220518-mxt_new-cs01-000016477_00001.pdf (accessed 2022.02.11)
- 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施可能性についての検討」『日本科学教育学会研究会研究報告』第41巻，91-92.
- Texas Education Agency (TEA) (2020a). *LESSON: Bottle rocket truck (6-8)*. Retrieved from

- <https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2Fwww.learningundefeated.org%2Fwp-content%2Fuploads%2F2022%2F07%2FBottle-Rocket-Truck-Lesson-Plan-v3.3.docx&wdOrigin=BROWSELINK> (accessed 2022.07.29)
- Texas Education Agency (TEA) (2020b). *Score card: Bottle rocket truck (6-8)*. Retrieved from <https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2Fwww.learningundefeated.org%2Fwp-content%2Fuploads%2F2022%2F07%2FBottle-Rocket-Truck-Lesson-Plan-v3.0.docx&wdOrigin=BROWSELINK> (accessed 2022.07.29)
- Texas Education Agency (TEA) (2020c). *Engineering design process (EDP)*. Retrieved from <https://tea.texas.gov/sites/default/files/221013-teabriefs-engineering-design-process.pdf> (accessed 2022.07.29)
- Texas Education Agency (TEA) (2020d). *STEM instructional planning guide*. Retrieved from https://tea.texas.gov/sites/default/files/STEM_Instructional_Planning_Guide_v3_FINAL_1134627%2012-2020.pdf (accessed 2022.09.29)
- Texas Education Agency (TEA) (2020e). *Texas STEM education framework*. Retrieved from https://tea.texas.gov/sites/default/files/Texas_STEM_Framework_v2020_0728.pdf (accessed 2022.07.29)
- 内ノ倉真吾・石崎友規・齊藤智樹・Irma Rahma Suwarma・今村哲史・熊野善介・長洲南海男 (2014) 「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』第29 巻 , 第 1 号, 87-92.

