

中学校理科における STEM/STEAM 教育の実践的研究

－ 第 3 学年「遺伝の規則性と遺伝子」を事例として －

教科教育高度化分野 (22821897) 瀬谷 匡史

本研究では、まず、STEM/STEAM 教育の考え方を明らかにし、中学校理科教科書において STEM 教育に関連が見られる内容及び事項を分析した。次に、「遺伝の規則性と遺伝子」の学習で STEM 活動を取り入れた授業を計画・実践した。その結果、生徒が科学的根拠をもとに批判的に考え、問題解決しようとする態度が見られた。以上のことから、中学校理科授業においては、教科書の内容を活用・発展させた STEM 活動が実践できることを明らかにした。

[キーワード] STEM/STEAM 教育, 中学校理科, 理科教科書, 授業実践, 遺伝子工学

1 問題の所在

現在、科学技術の国際競争力を高めるために、世界各国においてイノベーション創出のための人材育成の取組みが行われている。米国は科学技術教育においてその代表的な国の一つであり、科学技術政策の一環として、科学、技術、工学、数学を統合的に学習する STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) 教育を推進してきた。日本においても、Society5.0 時代を迎え、米国を含む諸外国の STEM 教育を参考として、新たに STEAM 教育として導入の推進を目指している。しかしながら、日本における STEM/STEAM 教育に関する研究や教育実践はまだ始まったばかりであり、学校現場においても様々な取組みが模索されている。そこで、中学校理科授業に STEM/STEAM 教育を導入するための実践的な方策として、教科書の内容の取扱いについて調査し、それらを活用した STEM/STEAM 活動の実践を検討する必要がある。

2 研究の目的及び方法

(1) 研究の目的

本研究の目的は、まず、STEM/STEAM 教育の考え方を明らかにすることである。次に、日本の中学校理科教科書における STEM/STEAM 教育に関連が見られる事項を明らかにする。そして、中学校理科授業での STEM/STEAM 活動を計画・実践することである。さらに、これらの結果から中学校理科での STEM/STEAM 活動の成果と課題を明らかにする。

(2) 研究の方法

本研究の方法は、以下の通りである。

①STEM/STEAM 教育の考え方及び米国中等科学

教科書の STEM 活動について調査した。対象とした科学教科書は、Houghton Mifflin Harcourt 社の『SCIENCE Fusion』¹⁾(2017)の中等前期段階(6-8 学年)のものを用いた。

②日本の現行中学校理科教科書²⁾5社の1-3 学年の教科書を対象に、STEM/STEAM 教育に関連が見られる内容及び事項を抽出し、分析した。

③①及び②をもとに、中学校理科第 3 学年単元「生命の連続性」の「遺伝の規則性と遺伝子」の授業における STEM/STEAM 活動を計画・実践した。指導にあたっては、中学校教諭(理科)と共同して TT(ティームティーチング)で実施した。

【時期】2023 年 12 月

【対象】山形県内 A 中学校第 3 学年(全 134 名)

④授業前後での遺伝子工学や遺伝子技術についての考えの変化、活動中に意識してほしい項目、合意形成の活動に関する調査用紙を作成し、授業後に調査を行った。調査項目は次の通りであった。

- ・活動の中で意識してほしい項目について
- ・本授業実践の目的について
- ・遺伝子工学や遺伝子技術の開発及び利用に対する授業前後での変化について
- ・授業全般について

⑤③及び④の結果から、授業の効果を分析した。

⑥以上の結果をもとに、中学校理科授業において STEM/STEAM 教育を導入するための実践上の成果と課題について考察した。

3 STEM/STEAM 教育の考え方と現状

(1) STEM/STEAM 教育の考え方

①米国における STEM 教育の考え方

米国における STEM 教育では、身近な事物・現象から一般化へと進む科学的探究、知識や理論を活

用して問題解決へと進むために解決策を創造していくエンジニアリングデザインの活動等が重視されている。また、STEM教育では、自ら課題を設定して実践を通して解決していく Project-Based Learning (以後、PBL と略記) の学習場面や、収束と発散のプロセスを経ながらニーズに対する解決策を見つけていくデザイン思考を取り入れながら活動していく。そして、それによって科学技術人材の育成の他に、資質・能力として 21 世紀型スキルや STEM リテラシーの育成が目指されている。

②日本における STEAM 教育の考え方

中央教育審議会(2016)においては、STEM教育は日本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している。そして、理科が中核となって探究的な学習の充実を図っていくことが重要であると記されている。さらに、中央教育審議会(2021)では、諸外国のSTEM教育を参考に、新たに芸術、文化、生活、経済、法律、政治、倫理等の広い範囲のリベラルアーツ (Arts) を含めた日本型の STEAM 教育として導入を推進している。

STEM教育とSTEAM教育の違いについて、磯崎ら(2023)は、両者はどちらも実社会での問題発見・解決的な活動を行う教科横断的な教育で、「探究」活動が重視されているとしている。さらに、STEM教育について、伝統的に培われてきた各教科の専門性や本質を理解した上での教科横断的な教育と捉える必要があり、社会的文脈を重視する一方で学問的文脈を無視してはいけないと述べている。

これらのことより、本研究では、中学校理科授業の中で実践を試みるため、理科の専門性や本質に基づき、その上で実社会における問題解決に取り組むこととする。なお、本研究では特に断らない限り、以後、STEAMはSTEMと統一して表記する。

③STEM リテラシーとその活用

STEM リテラシーについて、磯崎ら(2023)は、Society5.0 に生きる児童生徒が身につけるべき

共通的なリテラシーとして位置づけ、S. T. E. M. のそれぞれのリテラシーを加算した高次のリテラシーであること、国家的要求に加えて将来の市民としての要求を考慮すること、そして、構成主義や知識の領域固有性に注意しながら生活場面で生起する教科横断的なSTEMのテーマを設定し、テーマに合った3つの資質・能力を明示することが重要であると述べている。さらに、中央教育審議会(2021)では、STEM教育の推進の目的として、将来の科学技術系人材の育成(STEM literacy for excellence)と、全ての児童生徒に対する市民としてのリテラシーの育成(STEM literacy for all)を挙げている。ただし、これを二項対立と考えないこと、そして、STEM教育を通してSTEMリテラシーを育成することが究極的な目標ではなく、日常生活においてSTEMリテラシーを活用できるようにすることが大切であり、そのためには児童生徒にとってリアルな文脈でSTEM教育を実施することが求められると述べている(磯崎ら, 2023)。

④資質・能力の育成とSTEM教育の統合度合い

STEM教育を実施するに際して、松原ら(2017)は、Vasquez, Sneider and Comer(2013)の示したSTEM教育の4つのアプローチについてその統合度合いとの関係をもとに、教科横断的な学習における内容や役割、目的などの問いや教師の役割について表1の通りまとめている。

STEM教育の4つのアプローチは、最も分化的段階で、各教科において個別に概念とスキルの学習に重点を置く“Disciplinary”アプローチ、共通の主題やテーマに関して行うものの各教科で個別に概念とスキルを学習する“Thematic”または“Multidisciplinary”アプローチ、知識とスキルを深めるために2つ以上の教科から深く結びついた概念とスキルを学習する“Interdisciplinary”アプローチ、最も統合的段階で、実世界の課題やプロジェクトに主体的に取り組むことで2つ以上

表1 資質・能力の育成を重視する教科横断的な学習における問い(松原ら, 2017)

統合の 度合い	アプローチ	特に育成される 資質・能力	問い			教師の役割
			内容	役割	目的	
低い ↑	Thematic	教科に固有な 概念や個別ス キル	各教科の知識や スキルに関する 問い	各教科とテーマ をつなげる	各教科の知識や スキルの獲得	各教科の枠組みにおいて体系的かつ 効率的に生徒の学習を支援すること
	Interdisciplinary	教科等を横断 する概念や汎 用的スキル	鍵となる概念や スキルに関する 問い	教科間をつなげ る	汎用的な能力の 獲得	授業を受ける生徒にとって、どのような 教科等を横断する概念や汎用的スキル が必要なのか教科横断的な視点から探 究すること
高い ↓	Transdisciplinary	実世界での課 題を解決する 能力	本質的な問い	実世界の課題と 学習内容をつな げる、関連する 教科をつなげる 中心軸	体系的な知識を 用いて実世界と の関わりを意識 した探究	世界や地域と関係の中で生徒にとって 重要な課題や目標を設定し、現実社会 の課題を教科の概念やスキルを用い て、生徒とともに探究すること

の教科の知識やスキルを活用し、学習経験を形成する“Transdisciplinary”アプローチがあるとしている。ただし、統合の度合いについて、そこで育成される資質・能力は異なるが、統合の度合いが高いことが全ての授業場面において必要とされるわけではなく、学校の実態や教育目標に応じて適切なアプローチを用いることが重要である。

(2) 米国中等(前期)科学教科書での事例分析

① SCIENCE Fusion の特徴と考え方

SCIENCE Fusion では、様々な方法での学習が推進されている。主なものには、アクティブラーニングを促すための方法としての“Active Reading”や、PBL を導入した学習場面が設定されている。SCIENCE Fusion における STEM 活動“S. T. E. M.”はエンジニアリングとテクノロジー(工学と技術)、批判的思考及び問題解決のスキルの発達、探究・STEM・21 世紀型スキルに重点を置いている(瀬谷, 2024)。S. T. E. M. では、それぞれの単元で学習した知識に関連のある内容が取り上げられており、シナリオベースの PBL で、既習内容をもとに工学及び技術の解決策を適用するように求められている。

さらに、21 世紀型スキルについて、生徒が教室内外において成功するために不可欠な一連のスキルとして「読み」「書き」「計算」の 3Rs を超えた、高度な思考力と技術的な能力が組み込まれたものとして、STEM 教育を通して育成すべき資質・能力とし、表 2 の通り示している(瀬谷ら, 2022b)。

表 2 SCIENCE Fusion における 21 世紀型スキル

学習とイノベーションのスキル
・創造性とイノベーション ・批判的思考と問題解決 ・コミュニケーションとコラボレーション
情報、メディア、テクノロジーのスキル
・情報リテラシー ・メディアリテラシー ・ICT リテラシー
生活とキャリアのスキル
・柔軟性と適応性 ・イニシアティブと自己決定 ・生産性と説明責任 ・リーダーシップと責任

これらの 21 世紀型スキルのうち、各 S. T. E. M. では、テーマに沿って特に焦点化して育成を目指すスキルが設定されている(瀬谷ら, 2023a)。さらに、教師用指導書には、特に育成を目指すスキルとそのための活動例(学習形態、時間、留意点など)が記されている。

②「リスク・便益の分析」「テクノロジーの分析」について

S. T. E. M. では、「エンジニアリングデザインプロセス(Engineering Design Process; 以後、EDP と略記)」の活動の他に「リスク・便益の分析」、またはそれと類似している「テクノロジーの分析」の活動が行われている。この活動では、それぞれの分析のスキルを辿って、最終的に経済、社会、環境などの側面とのトレード・オフを考慮した技術開発や工学(ものづくり)の実践を通して、科学と技術及び工学とのつながりを学習することとなっている(瀬谷ら, 2023a)。

「リスク・便益の分析」「テクノロジーの分析」における各スキルは表 3 の通りであった。なお、表 3 で示したスキルのうち、スキル 1 及び 2 はスキル 3 と同じであり、単元及び活動によってスキル 1 及び 2、あるいはスキル 3 のどちらかが設定されていた。なお、スキルのうち、単元及び活動によって設定されていないものもあった。

表 3 S. T. E. M. で示されている「リスク・便益の分析」「テクノロジーの分析」の各スキル

1. リスクを同定する (Identify risks)
2. 便益を同定する (Identify benefits)
3. リスク・便益を同定する (Identify benefits and risks)
4. 技術コストを評価する (Evaluate cost of technology)
5. 環境への影響を評価する (Evaluate environmental impact)
6. 改善策を提案する (Propose improvements)
7. リスク削減策を提案する (Propose risk reduction)
8. 技術的失敗を想定した計画を立てる (Plan for technology failures)
9. 技術を比較する (Compare technology)
10. 結果を伝達する (Communicate results)

これらの一連のスキルは、生徒用教科書に活動内容及び目標とともに明記されていた。ただし、一連のスキル全てを行うのではなく、S. T. E. M. の単元及び活動ごとに、特に重視するスキルとその活動が示され、実施されていた。

(3) 日本の中学校理科教科書での事例分析

①分析における項目の設定

日本の現行中学校理科教科書 5 社の 1-3 学年について、瀬谷(2023b, 2024)は STEM 教育に関連すると考えられる事項を抽出し、分析した。分析では、SCIENCE Fusion の S. T. E. M. の事例を参考に、ものづくりや、科学と工学(工業)・技術(テクノロジー)・環境・職業・安全(防災を含む)、科学の歴史・発展による未来の創造、他教科とのつながりを STEM 教育に関連が見られる項目として設定した。各会社の教科書の内容やトピックス及び付録等の資料のうち明らかに該当すると考えられる箇所についての分析結果は表 4 の通りであった。

表4 中学校理科教科書におけるSTEM教育に関連が見られる主な事項の分析結果(箇所数)

項目一覧	A社			B社			C社			D社			E社		
	1年	2年	3年	1年	2年	3年	1年	2年	3年	1年	2年	3年	1年	2年	3年
a. ものづくり活動	△	△	△	△		△	△	△	△			△		△	△
b. 科学と工学(工業)	□	◎	○	△	□	□	□	□	◎	△	○	○	□	□	◎
c. 科学と技術 (テクノロジー)	□	◎	◎	□	○	○	○	○	◎	□	○	◎	○	○	◎
d. 科学の歴史	□	◎	◎	○	◎	◎	△	◎	□	△	□	△	□	◎	◎
e. 科学と職業	△	□	△	△	△	□	□	□	□	△	△				
f. 科学と環境		△	□	△	△	□	△	△	◎		△	□		△	◎
g. 科学と安全(防災)	△	△	△	□	□	△	□	□	□	△	△	△	△	△	△
h. 科学の発展による未 来の創造		△	△	△	△	△	△		□			△			△
i. 他教科とのつながり	□	○	◎	□	○	□	□	□	□	△	△	△	△	△	△

※1. この表は瀬谷(2024)を一部加筆修正したものである

※2. 表中の記号は表記の箇所数 [△: 1~5, □: 6~10, ○: 11~15, ◎: 16以上] を示している

※3. 教科書の紙面にあるトピックス及び付録等資料のみを対象とした

②分析における項目ごとの結果

表4の結果より、全体的にいずれの会社の教科書においても「科学と工学(工業)」「科学と技術(テクノロジー)」「科学の歴史」に関連する事項が多く見られた。そして、「科学と安全(防災を含む)」に関連する事項の数は少ないものの、全学年の教科書において見られた。一方で、「ものづくり活動(科学の原理を理解するためのものづくり, 原理を用いた身近なものを理解するためのものづくり等を対象)」「科学の発展による未来の創造」についてはあまり見られなかった。

これらのことから、現行の中学校理科教科書にはSTEM教育に関連が見られる項目があるものの、その多くは読み物等のトピックスや付録資料として扱われていることがわかった。しかし、SCIENCE FusionのS.T.E.M.の「EDP」や「リスク・便益の分析」「テクノロジーの分析」のような具体的な活動を通じた学習は示されていなかった。

③第3学年単元「生命の連続性」における分析

第3学年単元「生命の連続性」における「遺伝の規則性と遺伝子」の内容を事例として、トピックス及び付録等の資料を分析した。その結果、各会社の教科書では、遺伝の法則やDNAの発見、遺伝子技術による発見と応用に関する内容等が取り扱われており、「科学の歴史」や「科学と技術(テクノロジー)」「科学の発展による未来の創造」に該当する事項であった。しかし、その多くが読み物としての資料であった。その他には、教科書によって単元末に学習活動の一部あるいは単元末資料の一部として、遺伝子やDNAに関する研究やその技術について調べる活動が設けられているものも見られた。これらのことから「遺伝の規則性と

遺伝子」の内容は、STEM教材として適した事例であると考えられる。

4 STEM活動を取り入れた授業の計画と実践

(1)STEM活動を取り入れた授業の計画

本研究では、SCIENCE FusionのS.T.E.M.の「リスク・便益の分析」「テクノロジーの分析」の活動を参考に、中学校第3学年理科の単元「生命の連続性」の「遺伝の規則性と遺伝子」の学習においてSTEM活動を取り入れた授業を計画した。本実践を行うにあたって設定した授業の目的と学習の目標及び計画は表5の通りであった。

(2)STEM活動を取り入れた授業の実践

STEM活動を取り入れた授業を各クラス2時間(50分×2)で実施した。また、クラスによっては1時間追加して活動を行った。なお、生徒たちは本実践より前に、「遺伝子やDNAに関する技術研究と生活との関わり」についてレポートを作成していた。そこで、本実践では生徒たちがクローン、遺伝子組み換え・ゲノム編集、iPS細胞・再生医療の3つのテーマから興味のあるものを1つ選択し、テーマ別にグループをつくった。その上で、各グループでテーマに沿った事例を1つ決め、その事例の開発や利用について調べ学習を行った。そして、各人で事例に対して賛成・反対の考えをまとめ、グループ内で話し合いを行った。最後に、各グループで合意形成をして賛成・反対のどちらかに態度を決め、全体で発表を行った。

さらに、STEM活動を行うにあたって表3で示した「リスク・便益の分析」「テクノロジーの分析」の各スキルをもとに、生徒に活動の中で意識してほしい項目を表6の通り設定した。なお、これら

表 5 STEM 活動実践で設定した授業の目的と学習の目標及び計画

授業の目的	
i) 既習の知識を活用しながら、遺伝子工学や遺伝子技術に関する研究や利用されている事物・現象のリスク/便益について調べる活動を通して、それらについて科学的な根拠をもとに多面的・多角的に考えさせる。	
ii) 遺伝子工学や遺伝子技術の開発・利用の課題に対して、より妥当な解決案を考えることができるようにする。	
iii) 一市民として各人が遺伝子工学や遺伝子技術について自分の考えを持つとともに、その考えには責任が伴うことも気づかせる。	
学習の目標	
知識及び技能	遺伝子工学や遺伝子技術について、既習の理科の知識を用いたり、関連する新たな理科の知識を調べたりして、その特徴や仕組みについて理解する。
思考力, 判断力, 表現力等	遺伝子工学や遺伝子技術に関する事物・現象における問題を見だし、様々な立場でのリスクや便益(メリット・デメリット)などを調べる活動を行う。そして、その結果をもとに遺伝子工学や遺伝子技術の課題についての自分なりの解決案を考え、提案する。また、活動の過程を振り返り、科学的な根拠に基づいて多面的・多角的に判断する能力を向上させる。
学びに向かう力, 人間性等	自然の事物・現象に進んで関わり、様々な教科・科目の見方・考え方を用いながら科学技術及び工学の発展と人間生活との関わり方, 自然と人間の関わり方について多面的・多角的, 総合的に捉え、自然環境の保全と科学技術及び工学の利用の在り方について科学的に探究し、賢明な意思決定をしようとする。さらに、生命を尊重し、自然環境の保全に寄与しようとする。
学習計画	
時間	活動
1	<ul style="list-style-type: none"> 事例(クローンペット)についての動画を視聴する 遺伝の法則について既習の知識をもとに、遺伝子工学や遺伝子技術の研究の現状を探索する テーマを選択し、さらに遺伝子工学や遺伝子技術の事例を挙げ、様々な立場でのメリット・デメリット等を調べる
2	<ul style="list-style-type: none"> 遺伝子工学や遺伝子技術について調べたものを整理して、まとめる 事例について科学的根拠に基づき、自分の主張(賛成・反対)と、その理由(立場を明確にして)を明らかにしながら話し合う 他者の意見や考えと比較しながら、合意形成する グループで調べた事例や合意形成した意見等を発表し、活動を振り返る

の項目の中でも本実践では特に、項目 1, 2, 3, 4, 9 を意識するように指導を行った。そして、生徒たちに意識してもらうために、活動前に項目を提示して共有した。さらに、活動中もこれらの項目を意識するように指導や支援を行った。また、終始立場を明確にするように指示をした。

表 6 提示した STEM 活動で意識してほしい項目

1. 遺伝子工学や遺伝子技術の開発・利用にあたってのリスクやデメリットを明らかにする
2. 遺伝子工学や遺伝子技術の開発・利用にあたっての便宜や利益・メリットを明らかにする
3. 遺伝子工学や遺伝子技術の開発・利用にあたって、かかる費用や時間、倫理的問題などを評価する
4. 遺伝子工学や遺伝子技術の開発・利用によって起こり得る環境への影響を評価する
5. リスクやデメリットを減らしていく・無くしていくための改善策を提案する
6. 現状の遺伝子工学や遺伝子技術に対して、自分なりの視点で、さらにこうなれば良い・こう変わって欲しい・こう発展して欲しい・こういうのが欲しいなどを提案する
7. 技術的失敗(方が一、遺伝子工学や遺伝子技術に問題・事故が起きてしまった場合など)を想定した計画を考える
8. 現状の遺伝子工学や遺伝子技術、その利用の事例・在り方・問題などを比較する
9. 調べた事例や様々な立場でのメリット・デメリット、自分やグループでの考えなどの結果をみんなに伝え合う

5 授業実践の結果及び考察

(1) 生徒の活動時の様子及び成果物

①事例について生徒の情報収集と合意形成

生徒たちは、活動を通して調べた事例、各人の意見、グループで合意形成した結果をまとめた。生徒が作成したスライド例(事例: iPS 細胞と脊髄再生について)の一部は図 1 の通りであった。

グループでの意見の記録	私たちは【 反対 】
<p>【賛成】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・メリットが大きく、体が再び動く。患者にとってのメリットが大きい。(患者の立場) ・自分の細胞から作るため、クローンより倫理性が高い。拒絶反応が起きにくい。(患者の立場) ・iPS 細胞は人工的に作るため、また自分の細胞から作るので安全。安定的に供給。(医者の立場) 	<p>【反対】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・今は iPS 細胞はがん化しやすい。脊髄損傷が治ってもその iPS 細胞ががん化してしまったら、脊髄損傷よりもがん化のほうがリスクが大きい。(患者の立場)

図 1 生徒が発表したスライド例

生徒たちは、事例について様々な立場に立ってそれぞれのメリット・デメリット等を考え、その中で優先順位を決め、自分の考えを決定していた。

②授業後の生徒の考え及び振り返り

遺伝子工学や遺伝子技術の開発及び利用について、以下のように振り返っていた(一部抜粋)。

<ul style="list-style-type: none"> ・部分的に反対だけど賛成です。 ・一部の人には良いことかもしれないが、環境や(別の立場の)その人にとっては悪い事かなと思ったので、どっちもどっちかなと思う。 ・(賛成だけ)人の立場のみを考えてしまうと、根本的な間違いが生じたり、環境に悪影響を及ぼせる可能性がある。そのため、デメリットにも目を向けて改善に向けて開発を進めていくことが大切だと思った。 ・利点となることもあるが、費用、人権などのデメリットはメリットよりも大きな問題だと考えた。だから反対する。 ・賛成か反対か、どちらも決めがたいものだった。
--

多くの生徒は、科学的根拠をもとに遺伝子工学や遺伝子技術の開発及び利用に対して賛成・反対の両方の立場で考えて自分の態度を決定していた。また一部で、明確に賛成・反対を決めるのが難しいと記述している生徒もいた。

(2) 授業後の生徒の意識調査とその結果

①活動の中で意識してほしい項目について

表6に示した項目を、どの程度意識したかについて調査した。調査結果は図2の通りであった。

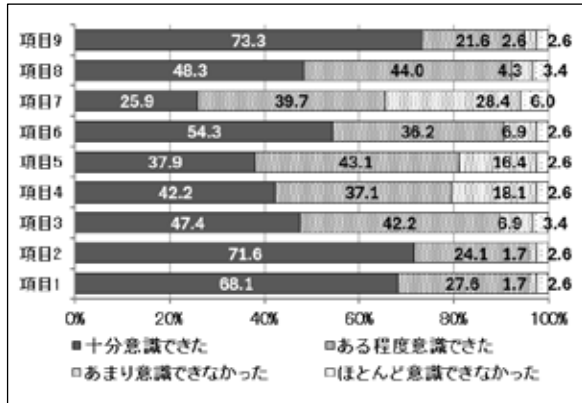


図2 活動で示した項目についての意識の度合い

図2の結果より、項目1, 2, 9について十分に意識できたと回答した生徒が7割程度いた。これは、生徒に特に意識するように指導・支援した効果が表れたと考えられる。一方、項目4, 5, 7については、あまり意識できなかったと回答した生徒が2割程度いた。これは、活動時間が足りなかったことや、項目の内容が難しかったことが原因であると考えられる。さらに、表6の項目が役に立ったと回答した生徒が9割程度おり、活動を進めるための指標として有効であったと考えられる。

②合意形成の活動について

合意形成の活動を実際に行ってどのように思ったのかを調査した。その結果、以下のような回答が挙げられた(一部抜粋)。

- ・自分と違った立場での考えをしている意見があり、異なる視点からの考え方に気付かされた。
- ・ただ「賛成だ」「反対だ」と決めるのは良くないと思った。
- ・賛成、反対を決めるのは難しいと思った。メリットが多くて、デメリットが少ないからという理由で賛成と決めてしまうのは良くないと感じた。
- ・論理的に考えて出た結論でも、自分の中で「これでいいのか」と思うことが多々あった。
- ・意見を持っていても発言しなかったり周りに任せろ人がちらほらいたので一部の偏った意見になってしまった。
- ・持っている情報の差が大きく、どうしても一人の意見を中心に合意形成してしまう課題が残った。

これらのことから、生徒は合意形成の活動を通して、様々な立場から見た考えがあり、それらを比較検討することの大切さに気付くことができたと考えられる。さらに、簡単に決断できないと振

り返る生徒もいた。このことから、様々な立場の意見がある中で態度を一つに決めることの難しさに気付くことができたと考えられる。一方で、保有する情報の差やグループでの協働等において課題が見つかった。

③本実践のような目的の活動について

本実践のような目的の活動を他の理科授業でも行うことについて生徒の考えを調査した。調査結果は表7の通りであった。

表7 本実践のような目的の活動について

	やった方がよい	どちらかというやっていた方がよい	どちらかというやらない方がよい	やらない方がよい
i)	56.0%	36.2%	7.8%	0.0%
ii)	51.7%	39.7%	6.9%	1.7%
iii)	52.6%	31.0%	14.7%	1.7%

表7の結果より、本実践で行ったような目的全てにおいて、他の理科授業でも行うことに賛成と回答した生徒が8割程度いた。そして、目的iiiについては、否定的な回答した生徒も少しいた。これらのことから、生徒は、理科授業で習得した資質・能力を活用しながら日常生活とのつながりや実社会での課題解決に取り組むことの大切さを実感していたと考えられる。一方で、このような目的の活動は理科授業には必要ないと思っている生徒もいたのではないかと考えられる。

④授業後の生徒の考えの変化

遺伝子工学や遺伝子技術の開発及び利用など全般に対する授業後の考えの変化について調査した。その結果は、表8の通りであった。なお、「変化あり」と回答した生徒の考えとして以下のようなものが挙げられた(一部抜粋)。

表8 授業後の生徒の考えの変化

変化あり	変化なし
64.7%	35.3%
【「変化あり」と回答した生徒の記述】	
<ul style="list-style-type: none"> ・食品の遺伝子組み換えを家族が避けていたため良いイメージを持っていなかったが、食品だけでなく医療やクローンにも利用されていて、使うべきだという場面もたくさんあると思った。 ・授業前はただ漠然とした賛成意見だったが、授業後は、同じ賛成でも根拠のある賛成意見を持つことができた。 ・どの立場でもメリット・デメリットはあるということがわかった。 ・調べる前は身近に使われているという感覚がなかったが、授業を通して学ぶことによって、生物多様性への影響など、自分事として考えなくてはならないと思うようになった。 ・授業前は遺伝子工学や遺伝子技術の開発及び利用を積極的に進めても別にいいと思っていたが、授業後は倫理的な問題も視野に入れると、慎重に行うべきだと考えが変化した。 	

表8の結果より、本実践によって、授業前後で遺伝子工学や遺伝子技術について賛成・反対の態度が変化したという回答や、どの立場でも一利一

害があり、慎重に考えたいという趣旨の回答が多かった。さらに、遺伝子工学や遺伝子技術の開発及び利用について詳しく知ることができ、以前よりも身近な存在となったという趣旨の回答も多かった。これらのことから、本実践を通して生徒は遺伝子工学や遺伝子技術の開発及び利用について考えを深めることができたと考える。

(3) 共同授業者 (T1 教諭) への聞き取り調査

授業後に共同授業者に聞き取り調査を行った。その結果は以下の通りであった(一部抜粋)。

<p>【生徒の様子】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・難しい内容だと思っていたが、生徒はいろいろ考えながら自分で意思決定したり話し合ったりしていた。 ・話し合いの際に、出された意見に反論、指摘することができていない生徒が多い(特に学力の高い生徒やリーダーの生徒に対して)。 ・生徒に情報や知識が偏りなく十分な量があることが大前提になると思った。 ・少数派の意見が(グループ)全体を納得させる場面が見ることができた。 <p>【活動について】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・「立場を明確にして考える」ことについて、改めて大切なことだと思った。生徒にとっては意思決定する上でわかりやすくなったようだ。 ・時間ももつと必要だった。3時間あれば良かったと思う。 ・根拠に基づいて自分の意見を持つことはもちろん、話し合ったり合意形成をしたりすることが大事だと改めて感じた。 ・(理科)の授業では理科だけに必要な力だけでなく、その(今回)のような資質・能力も育成していくべきだと思った。

通常の授業では、学習したことを日常生活に活用するための活動にあまり時間を割くことが難しい。そのため、じっくり意思決定させるような活動はあまりできていないことがわかった。さらに、授業実践を終えて、共同授業者は、生徒が根拠に基づいて批判的に考えたり、意思決定、合意形成したりする資質・能力を育成する活動を理科授業でも行うことが大切であると述べていた。

このことから、本実践のような STEM 活動を理科授業に導入することは有益であると考えられる。今後、STEM 活動を理科授業に取り入れていくためには、既存の単元を再検討し、学習内容を活用する場面を取り入れ、育成を目指す資質・能力を明確化した上で、焦点を絞った活動を計画し、実施することが重要であると考えた。

6 成果と課題

(1) 本研究の成果

本研究の成果は、まず、日本の中学校理科教科書には STEM 教育に関連する項目があるということである。「遺伝子」の学習では、一部の教科書において、遺伝子や DNA に関する研究とその活用についてレポートにまとめるという調べ活動が設定

されていたことがわかった。また、他の教科書でも、読み物の中に STEM 教育に関連が見られるトピックス及び付録等の資料があることがわかった。

次に、中学校理科で STEM 活動を取り入れた授業を計画・実践することは十分可能であることがわかった。中学校学習指導要領解説(理科)において「自然環境の保全と科学技術の在り方について、科学的に考察して判断する」という資質・能力の育成が求められており、「科学的な根拠に基づいて意思決定させる場面を設けることが大切である」とも記されている(文部科学省, 2017)。そこで、本研究では SCIENCE Fusion の S.T.E.M. における「リスク・便益の分析」「テクノロジーの分析」のスキルや活動をもとに、「遺伝子」に関する学習において、教科書の内容を大幅に超えない範囲で、指導要領で指摘されている資質・能力の育成を目指した STEM 活動を計画・実践することができた。

最後に、STEM 活動を理科授業で行うことによって様々な効果が得られることがわかった。本実践では、授業後の意識調査の結果等から、以下のような効果が得られたと考えられる。まず、学習内容が実社会で活用されているということに気付いたり、知識を用いて事例について理解したり説明したりする姿が見られたことである。次に、事例についてメリット・デメリットのみならず費用や倫理的問題、環境への影響、責任等を調べ、科学的根拠をもとに、多面的・多角的に考える姿が見られたことである。さらに、合意形成では自他の意見を比べながら批判的に思考し、問題解決しようとする態度も見られたことである。以上のことから、本実践では、批判的思考や問題解決能力の育成を特に重視した授業ができたと考えられる。

(2) 今後の課題

今後は、理科だけでなく多様な視点からの STEM 教育の実践を目指していくためには、他教科との連携や教科横断的な取組みを検討することが課題である。本実践では、授業時間があまり多く取れなかったため、調べ活動や話し合う時間が足りなかった。また、遺伝子工学や遺伝子技術の開発及び利用について、関連する経済、法律、倫理等の様々な専門的な立場から深く考えることができなかった。以上のことから、理科授業だけでこれらの活動を行うには問題点も多いと考えた。よって、STEM 教育の実践を行うためには、他教科との連携を図ることも必要であると改めて感じた。

また、磯崎ら(2023)が述べているように、STEM教育では、各教科の専門性や本質を理解した上での教科横断的な教育と捉えることが重要であり、社会的文脈を重視する一方で学問的文脈を無視してはいけなく考える。さらに、中央教育審議会(2016)で記されているように、探究的な学習の中核的教科である理科が基軸となって、探究的な学習の重視と方向性を同じくするSTEM教育の充実を図っていくことが重要であると考えられる。

これらのことから、本実践のように理科で学習した内容を発展させて理科授業として実施することも可能である。さらに、STEM教育を実施するためには、理科で学習した内容を活用して、実社会における問題発見・解決的な活動を行うために、総合的な学習の時間等の他教科と連携していくことが必要であると考えられる。また、STEM教育を推進していくために、松原ら(2017)が述べている統合度合いとそれによって育成される資質・能力を踏まえ、学校教育におけるカリキュラム・マネジメントの整備が重要であると考えられる。

今後は、これらの課題を踏まえて、理科授業でSTEM活動を取り入れて、授業の質の向上を図っていききたい。さらに、他教科との連携を図りながら、理科授業をきっかけに学校全体でSTEM教育に取り組めるように検討していくことが課題である。

注

1)対象とした『SCIENCE Fusion』(2017)の中等前期段階(6-8 学年)の教科書のシリーズは以下の通りである。なお、一部教師用指導書を用いた。

- ・Ecology and the Environment (Module D)
- ・Matter and Energy (Module H)
- ・Motion, Forces, and Energy (Module I)
- ・Sound and Light (Module J)
- ・Introduction to Science and Technology (Module K)

2)対象とした日本の中学校理科教科書は東京書籍、大日本図書、啓林館、学校図書、教育出版の第1-3 学年を用いた。なお、全て令和2 年検定済み教科書である。

主な引用及び参考文献

中央教育審議会(2016)「幼稚園、小学校、中学校、高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善及び必要な方策等について(答申)」、

https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo0/toushin/_icsFiles/afieldfile/2017/01/10/1380902_0.pdf (最終閲覧日 2024 年 1 月 30 日)。

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)」、https://www.mext.go.jp/content/20210126-mxt_syoto02-000012321_2-4.pdf (最終閲覧日 2024 年 1 月 30 日)。

磯崎哲夫(編著)(2023)『日本型STEM教育のための理論と実践』、学校図書。

松原憲治・高阪将人(2017)「資質・能力の育成を重視する教科横断的な学習としてのSTEM教育と問い」、『科学教育研究』, Vol. 41, No. 2, 150-160.

文部科学省(2017)『中学校学習指導要領(平成29 年告示)解説理科編』、学校図書。

瀬谷匡史・今村哲史(2022a)「理科におけるSTEM/STEAM教育導入のための基礎的研究—米国中等科学教科書“SCIENCE Fusion”をもとに—」、『日本理科教育学会東北支部大会発表論文集』, 第61号, 20.

瀬谷匡史・今村哲史(2022b)「STEM/STEAM教育の導入を目指した理科授業の考え方—米国科学教科書の例をもとに—」、『日本科学教育学会研究会報告書』, Vol. 37, No. 2, 7-10.

瀬谷匡史・今村哲史(2023a)「米国中等科学教科書におけるSTEM教育の具体的な取組み—中学校段階での事例をもとに—」、『第73回日本理科教育学会全国大会発表論文集』, 第21号, 290.

瀬谷匡史(2023b)「理科を基軸としたSTEAM教育に関する研究—中学校における現状と課題—」、『日本理科教育学会東北支部大会発表論文集』, 第62号, 6.

瀬谷匡史(2024)「中学校段階の理科教科書におけるSTEM/STEAM教育の取扱いに関する研究—日米の教科書の比較分析を通して—」、『令和4年度大学院生の教科書研究論文助成金論文集』, 公益財団法人教科書研究センター, 97-108.

A Practical Study on STEM/STEAM Education in Lower Secondary School Science: The Case of “Law of Heredity and Gene” in 9th Grade Masabumi SEYA