

# Development of Middle-School Science Units Linked to Real Life : An Examination of the Effects of Combining Open-Ended Performance Tasks with Discussion Sessions

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2019-03-28 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 寺沢, 得幸, 町, 岳 メールアドレス: 所属:
URL	<a href="https://doi.org/10.14945/00026370">https://doi.org/10.14945/00026370</a>

# 実生活に関連付けた中学理科の単元開発

—オープンエンドのパフォーマンス課題と議論を組み合わせた効果の検討—

寺沢 得幸 町 岳

(静岡大学大学院 教育学研究科 教育実践高度化専攻)

## Development of Middle-School Science Units Linked to Real Life

An Examination of the Effects of Combining Open-Ended Performance Tasks

with Discussion Sessions

Yasuyuki TERASAWA Takeshi MACHI

### Abstract

This research examined two practical lessons for third-year students at a public middle school to determine the effects of unit development in which middle-school science units were rearranged and the learned content was deliberately linked to real life. Holding discussion sessions in small groups on the open-ended performance tasks of “the energy ratio in fifty years’ time” and “Is genetic modification technology right or wrong?” resulted in improved quality in post-discussion worksheet statements measuring students’ thinking ability. Further, a questionnaire survey on the effects of interest in science revealed that scores for the factors “daily life-related interest,” “thought-deepening-based interest,” and “accomplishment-based interest” increased after the performance. These demonstrate that developing units that combine open-ended performance tasks linked to real life with discussion sessions may improve students’ thinking abilities and interest in science.

キーワード：中学理科，実生活に関連付けた単元開発，オープンエンドのパフォーマンス課題，議論

### 1. 問題と目的

#### (1) 理科への興味の低さ

近年，多くの学力調査が行われ，様々な角度から理科学力の実態が明らかにされてきている。国際数学・理科教育動向調査(TIMSS, 2015)における意識調査(表1)では，「理科の勉強が楽しい」と肯定的に回答した日本の中学2年生は66%であり，63%だった4年前の調査(TIMSS, 2011)よりも3ポイント上回る結果であった。しかし，国際平均の81%と比較すると日本は15ポイント下回っている。さらに，TIMSS(2015)の同設問において，日本の小学4年生は90%が肯定的な回答をしているのに対して，中学2年生は66%と，24ポイントも低い結果となっており，これらは学年を増すにつれて「理科の勉強が楽しい」と感じる生徒の割合が低下していくことを示している。これは「理科の授業が好きである」という項目においても同様であり，学年進行に伴い，生徒の興味・関心が低下していくことが，日本の理科教育の大きな課題といえるだろう。

表1 TIMSSにおいて「理科の学習が楽しい」の設問に肯定的に回答した児童・生徒の割合

	小学4年生	中学2年生
TIMSS2011(日本)	90%	63%
TIMSS2015(日本)	90%	66%
TIMSS2015(国際平均)	87%	81%

#### (2) 理科における活用力の低さ

全国学力・学習状況調査(2018)の理科の調査は2015年に続いて2回目で，調査対象は，中学校3年生の約110万人という大規模な調査である。理科の問題は，国語や数学のA問題，B問題のように分けるのではなく，主として「知識」に関する問題と，主として「活用」に関する問題が一体的に出題されている。評価の観点としては，「知識」の枠組みに関心・意欲，知識・理解，技能の三つが入り，「活用」の枠組みに科学的な思考・表現が入っている。なお，出題の範囲は，「物理的領域」「化学的領域」「生物的領域」「地学的領域」の4つの領域からほぼ均等に出题されている。

表2 全国学力・学習状況調査(中学理科)の  
「知識」と「活用」に対する正答率

	2015年	2018年
「知識」に関する問題	64%	68%
「活用」に関する問題	49%	65%

全国学力・学習状況調査の理科の調査結果(2018)からは、前回調査に比べ「活用」に関する問題の正答率については改善が見られる(表2)。しかし、問題の形式別に見ると、2018年度調査における「選択式」正答率は72%、「短答式」、「記述式」は56%と、知識を十分に活用することについては、まだ課題があるといえる。

### (3) 理科への興味の低さの背景

理科に対する意欲・関心や授業の内容の理解度が、小学校段階では高いが、中学校段階で大きく低下している原因について、斉藤・高橋(2005)は、「理科離れ」の原因帰属に関するモデルを作成し、中学校までの教育により、理科に対する意欲を失くし、知識や技能も低下することを実証した。さらに、その理由として理科教師の指導力不足をあげ、自然科学の教科や施設、さらに環境に興味がなく、理系の科目が嫌いであり、実生活でも必要性を感じない生徒が多数生まれてしまうと述べている。

理科に対する意欲・関心等が中学校段階で低下する要因に関して、全国学力・学習状況調査の30%を対象に調査した調査報告書(リベルタス・コンサルティング, 2014)によると、「理科は好き」と回答した児童・生徒の割合は、「国語」、「算数・数学」が好きと回答した生徒の割合に比べて高いのだが、「授業で学習したことは将来社会に出たときに役に立ちますか」の質問に対しては、「理科が好き」と回答した生徒の9割以上が肯定的な回答をしているのに対し、「理科が嫌い」と回答した生徒の4割は、「そう思わない」と回答している。「国語」、「算数・数学」においては、「嫌い」と回答した生徒も「授業で学習したことは将来社会に出たときに役に立ちますか」に対して、肯定的に回答していることをあわせて考えると、「理科が嫌い」と回答した生徒にとって国語、算数・数学は「将来役に立つ学習」、理科は「将来役に立たない学習」と認識されていることを示している。

### (4) 理科における活用力の低さの背景

全国学力・学習状況調査(2018)の結果からは、習得した知識・技能を「活用」し、文章で解答する問題の正答率が低いという課題が示された。授業で習った内容や、一度体験したこと、問題集で扱われる一般的な問題だと、答えることができるが、その後起こりうる可能性のある新たな問題や未知の状況で「活用」する力はまだ十分でないと考えられる。

この点について、国立教育政策研究所は、以下のよ

うな課題をあげている(2018)。

- ・習得した知識・技能を活用して、観察・実験の結果を分析して解釈することには改善が見られる。
  - ・実験や条件制御などにおいて、自分や他者の考えを検討して改善することに課題がある。
  - ・自然の事物・現象に含まれる要因を抽出して整理し、条件を制御して実験を計画することに課題がある。
- これらは、習得した知識・技能を活用することについては改善が見られるものの、自分と他者の考えを比較・検討しながら問題の改善を図る力や、条件制御をしながら計画していくことなどは課題が残っていることを示している。

### (5) 理科に対する興味と活用力の関係

理科に対する興味を検討する方法として、例えば「理科全般に対する興味・関心」と、「(理科の)特定分野に対する興味・関心」に分類して検討する方法がある(中谷・遠山・出口, 2002)。しかし「理科は実験があるから面白い」という興味と、「実験したことを生活の中で役立てられるから面白い」という興味は、2つとも理科実験に対する興味といえるが、その深さや種類は違うものだろう。このことは、理科に対する興味を考える時には、その内容を分類・整理する必要があることを意味している。

先行研究において、そのための具体的な枠組みを示したものがほとんどない中、本研究では田中(2015)の理科に対する興味の分類に注目した。田中(2015)は、小学5年生から高校1年生まで1998名を対象とした質問紙調査を行い、因子分析により、理科に対する興味を「自分で実験を実際にできるから」などの項目からなる「実験体験型興味」、「実験の結果に驚くことがあるから」などの項目からなる「驚き発見型興味」、「わかるようになった時うれしいから」などの項目からなる「達成感情型興味」、「色々なことについて知ることができるから」などの項目からなる「知識獲得型興味」、「自分で予測を立てられるから」などの項目からなる「思考活性型興味」、「自分の生活とつながっているから」などの項目からなる「日常関連型興味」の6つに分類した。

そしてその6つに分類した興味と、興味の深さとの関係を考察し、興味の源泉を環境要因とする感情的興味と、興味の源泉を学習内容そのものとする価値的興味に分類した。さらに必要な知識の量との関係についても考察し、6つに分類した興味を「興味の深さ」と「必要な知識の量」の2軸上に位置付け、興味尺度の構造モデルを理論的に想定した(図1)。

田中(2015)は、さらに各興味と意味理解方略および学習行動との関連について検討し、思考活性型興味や日常関連型興味を高く有する児童・生徒は、意味理解方略を用い、積極的に学習を行う傾向がある一方、思考活性型興味や日常関連型興味の得点は、小中高のど

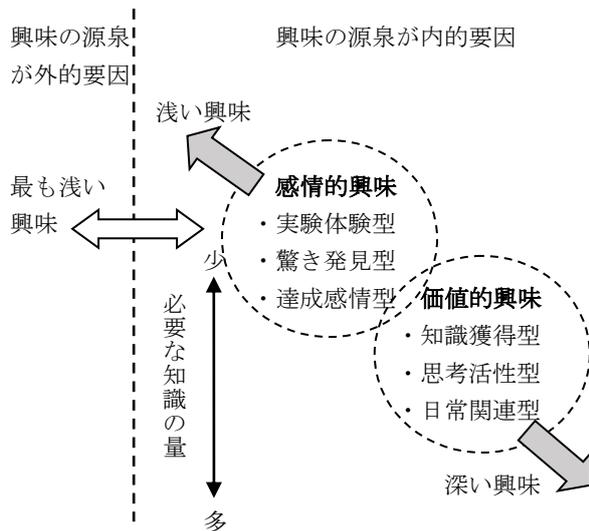


図1 興味尺度の構造の理論的想定(田中, 2015)

の学年においても、他の種類の興味と比べて低いことを示した。これらのことは、通常の理科の授業では低い状態にある、思考活性型興味や日常関連型興味を促進する単元開発を行うことで、児童・生徒が、理科の学習に思考を活用して興味をもって取り組むようになるという可能性を示しており、本研究目的と合致する。そこで本研究では、この枠組みを採用し、理科に対する興味の効果を検討することにした。

#### (6) 本研究の目的

以上のことを踏まえ、本研究では、日本の理科教育の課題としてあげられた「理科への興味の低さ」と「理科における活用力の低さ」に対し、中学校理科において「思考活性型興味」と「日常関連型興味」を促進する授業改善と単元開発を行い、その効果を検討することを目的とする。

## 2. 理科への興味や活用力を育成する単元開発

### (1) 実生活と関連づけた単元デザイン

#### ①授業で学んだ知識と実生活の関連付け

本研究では、「日常関連型興味」を促進する授業改善の手立てとして、実生活と関連づけた単元デザインを採用する。例えば、早瀬(2016)は、学びの有用性を実感することができる中学理科授業の学習指導方法の研究を、主に単元・学習課題の設定の工夫を目的に、中学1年生を対象に実践を行った。「充実」、「関係」、「実用」間の相関を実践前後で検討した結果、実践前は楽しいという思いと生徒相互のつながりの関係が深かったが、実践後には、楽しいという思いと実社会・実生活で役立つこととのつながりが深くなったと述べている。これは、実生活と関連付けたパフォーマンス課題を考えさせる活動を取り入れることで、生徒が実生活に役立つ楽しさに気づいて理科学習に取り

組むようになるという可能性を示している。

そこで本研究では、理科の授業で習得した知識・技能を、実生活と関連させて活用させる学習課題として、自分事として捉えて考えることのできる、生徒にとって必然性のある学習課題を設定することとした。

#### ②単元配列の工夫

学習したことを実生活と関連させて、学習課題を設定するという実践は、過去にもいくつか行われている。例えば宮下・加藤(2015)は、学ぶ有用感をもたせるために、単元の導入場面で生活とつながりのある体験をさせ、学んだこととの認知的な葛藤を呼び起こす単元を開発している。また、土屋・磯崎(2010)は、ESDの視点を取り入れた単元を開発し、持続可能性の概念を形成させ、科学技術の利点と問題点を認識させた。この他にも、学習したことを実生活と関連させることによる効果が多く示されている。

しかし、これらの実践の多くは特設単元として計画されており、通常の理科授業以外の時数を確保する必要があることが、大きな課題である。学校現場では、現在の学習内容を扱うことに精一杯であるという実情があり、今の授業時数に加えて、特設単元を計画するというのは難しい。この点について、宮下(2015)らは、現行の中学校理科教科書の内容項目を入れ替えて実践することで、生徒が生活やこれまでに学んだ授業とのつながりを大切にし、学ぶ有用感をもてるようになるとしている。これは特設単元を設定しなくても、単元配列を工夫することで、効果的な学習が可能であることを示している。

学校現場によっては、単元配列を変えることに対する抵抗感もあると考えられる。しかし、浅石(2012)は、現在の理科教育における教科書の重要性を説きながらも、改善の必要性を述べており、森(2005)は、「中学理科の教科書単元は学習指導要領の記載順に配列されていることが多いが、その順序は合理的ではない場合がある」と指摘している。そこで本研究では、単元配列を工夫することにより授業時数を増やすことなく、授業で学んだ知識と実生活の関連させた単元開発を実現しようと考えた。

#### (2) オープンエンドのパフォーマンス課題

##### ①「知識・技能」を活用させるパフォーマンス課題

本研究では、理科の授業で習得した知識・技能を、実生活と関連させて活用させるパフォーマンス課題を設定し、それを単元を貫く問いとして提示することとした。西岡(2015)は、パフォーマンス課題を取り入れた実践において、通常、児童・生徒が習得した知識やスキルを活用しながら論理的に考え、メタ認知を働かせながら課題の解決に取り組むことで、汎用的スキルやメタ認知も副次的に扱われると述べている。

本研究でも、単元を貫くパフォーマンス課題に取り組みせることで、生徒の中に、「習得した知識を活用

する」サイクルを多く生み出すことができると考えた。

## ②正答のないオープンエンドの課題

「思考活性型興味」を促進する授業改善の1つめの手立てとして、単元を貫くパフォーマンス課題を、正答のないオープンエンドの形にした。山本・植野(2015)は、オープンエンドの課題を設定することの効果について、認知方略およびメタ認知方略を含む自己調整方略の使用が促進され、学習課題の成績が向上すると同時に、構成主義的学習に対する内発的価値を高め、動機づけにもつながると述べている。本研究で採用したのは、「50年後、豊かな暮らしを続けていくためのエネルギー比率を考えよう。」と「遺伝子組み換え技術は、今後必要とされるのか。」の2つである。現代社会の抱える簡単に結論の出ない課題を設定することで、習得した知識を自分でフルに活用する面白さに気づかせたいと考えた。

### (3) 議論の採用

#### ①グループ学習での議論

「思考活性型興味」を促進する授業改善の2つめの手立てとして、オープンエンドの課題を追求していくプロセスにグループ活動を取り入れることとした。長洲(2006)は、議論の意思決定過程において、オープンマインドやトレードオフ(より良い選択をするため、長所、短所に着目しながら比較すること\*筆者注釈)などの思考スキルの活用が意思決定の質を高めると述べている。また、阿部(2013)は、実社会における問題解決のために必要なトレードオフに基づく意思決定能力の育成が、これからの理科教育に求められると述べている。そこで本研究では、オープンエンドの課題に対する一人一人の考えを、比較したり関連づけたりしながら自分の意見を醸成させていく場として「議論」を採用し、グループ活動の中に位置付けることとした。

#### ②合意形成という枠組み

オープンエンドの学習課題は、一人一人の考えた「答えや理由」に「正解」といえるものがないため、一人一人の意見の対立・葛藤が生まれやすく、議論によってお互いの考えを再構成していく過程で、科学的な思考力が深まっていくことが期待できる。一方、個々の考えを交流する議論が適切に行われなければ、互いの意見が噛み合わず、「いろいろな答えがあるね」で終わりにになってしまうという危険性をはらんでいる。

そこで本研究では、オープンエンドの学習課題に対して、最終的にグループで1つの合意を形成するという枠組みを与えた。この合意形成という枠組みにより、一人一人が自分の調べた資料の信憑性について、もう一度考え直すことで理科の時間に学習した様々な知識とつながり、より科学的な根拠を含んだ考えに深まることが期待できる。

## 3. 実践I「エネルギーの有効な利用」

### (1) 対象と時期

- ・市立B中学校3年生2クラス(58名)
- ・6月下旬～7月中旬

### (2) 実生活と関連づけた単元デザインの構想

実践Iでは、新学習指導要領の内容「(7)科学技術と人間」の(ア)エネルギーと物質を「(5)運動とエネルギー」の終末につなげる形で単元を開発した(図2)。「(5)運動とエネルギー」の学習で、エネルギーの移り変わり、保存、摩擦等による減少を知識として理解する学習だけで終わってしまうのではなく、未来のエネルギーについて考える内容(7)を連続して扱うこととした。

### (3) 単元全体の構成と実践Iの位置づけ

「運動とエネルギー」(34時間扱い)

力のはたらき(5時間)

物体の運動(11時間)

仕事とエネルギー(13時間)

エネルギーの有効な利用(5時間)【実践I】

《実践Iの目標》身のまわりのさまざまなエネルギーについて理解し、効率的な変換方法や有効的な利用などについて、実生活に関連づけて考え、自らの考えを生活経験や既習内容と関連させて表現することができる。

(4) 「エネルギーの有効な利用」における指導計画  
第1時は従来のカリキュラム通り力学的エネルギーの保存を中心に他のエネルギー形態への変換を学習する。具体的には、過度の摩擦により運動エネルギーから熱エネルギーを作り出すことや熱エネルギーで水を沸騰させることにより、その現象によって飛び出した水蒸気が運動エネルギーとなることなど、身のまわりで起こっている様々な現象を実験を通して紹介する。第2時で、「50年後も豊かな暮らしを続けていくことのできるエネルギー比率を考えよう」と生徒にパフォーマンス課題を提示し、「その時点での自分の考え(以下、考え①)」を記述させる。第3～4時は小集団による調べ学習を行う。ここでの調べ学習は、水力、

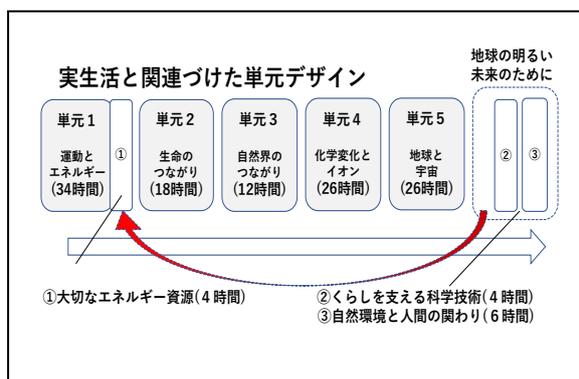


図2 実践I「エネルギーの有効な利用」における単元デザイン

火力、原子力、太陽光(新エネルギーを含む)を小グループで一人一人異なる資料を選び、それぞれのエネルギーのもつ特徴をまとめていく。第4時の途中ではエキスパート学習を行い、同じ資料を用いて調べた他の班の仲間と根拠となる部分を出し合い、考えを深める活動を取り入れた。第5時では、それぞれの資料をまとめたものを持ち寄り、小グループで議論させたあと、再度「自分の考え(以下、考え②)」を記述させた。さらに実現可能と思われるエネルギーミックスを小グループで1つ提案させた。

#### (5) 実生活と関連づけたオープンエンドのパフォーマンス課題

実践Ⅰにおけるパフォーマンス課題は「50年後も豊かな暮らしを続けていくことができるエネルギー比率を考えよう」である。以下、このような課題を設定した意図について3点から述べる。

##### ①「50年後」という時間の意味

未来といっても近未来から遠い未来まで無限に幅がある。本研究では、課題を自分事として捉えられる未来として『50年後』を設定した。これは50年という時間の枠組みが、「現在のエネルギー比率 No.1である火力の元になる化石燃料の半分が枯渇」しており、「生徒が自立して自分の判断で生活している」という状況設定を生み出し、生徒により切実にエネルギー問題を捉えさせる事につながると考えたからである。

##### ②「豊かな暮らし」という言葉の意味

生徒にとって「豊かな暮らし」といってもそれぞれ感じ方に違いがあるだろう。科学技術の進化が人類に豊かな暮らしを提供しているという考え方が一方、科学技術の進化が人類から「豊かさ」を奪っているという逆説的な考え方もある。実践Ⅰでは、「豊かな暮らし」という表現により、「科学技術の進化」と「自然環境の保全」という、2つの解釈が生まれるようにした。

##### ③科学技術と自然環境の保全という視点から考える「エネルギー比率」

実践Ⅰでは、例えば「原子力発電の是非」を問うという2者択一形式ではなく、4つの発電形態の「エネルギー比率」について問うことにした。これは、4つの発電形態の長所や短所についての意見を出し合う中で、それぞれの発電形態についての理解を深めることがねらいである。例えば、生徒は調べ学習を始める前から、既有知識として火力発電を行う際には二酸化炭素が排出されること、原子力発電所は地震など大きな災害が起こると大変危険である、という認識を持っている。決して間違えている訳ではないが、二酸化炭素が自然に対してどんな影響を及ぼしているのか、原子力発電所で使われている何がどのように危険であるのかまでは解っていない。消去法で考える生徒は、この2つを除いた水力発電や太陽光発電がクリーンで持続

可能な発電であると考えているのだが、資料の情報より建設コストや建設時における森林伐採や大掛かりな工事が果たして環境に良いといえるのか、という点からの考察は乏しい。

グループで合意形成を図る中で、より現実的な解決策を、多面的かつ多角的に考えさせる課題として「エネルギー比率」を考えさせることが適していると考えた。

#### (6) オープンエンドのパフォーマンス課題における議論の質を高める手立て

##### ①小グループの編成と役割分担

1グループ4名の編成にした。これは少人数で議論がしやすくなるとともに、4名で分担して、4つの発電方法(水力、火力、原子力、太陽光)を1つずつ調べてくることができるようにしたためである。

##### ②科学的根拠として人数分の資料用意

第3時の調べ学習で、適切な資料を見つけるための支援として、地域図書館から定期的に提供されている図書室にある参考図書を、生徒が自由に活用できるようにした。これらは、「表面上では排出するものがなく環境に優しいと、利点として紹介されているものの、建設時に自然を破壊して作られているもの」があることや、「その後の処理時に悪影響を及ぼしているもの」など、多面的、かつ多角的な議論とするのにふさわしい資料である。また4種類の資料を各班1冊ずつ配布して一人が得られる情報量を制限することにより、自分のもたない資料の情報を班の友達から入手するために、友達の話に耳を傾け、質問する必要が生まれるようにした。

#### 4. 実践Ⅱ「遺伝と遺伝子技術」

##### (1) 対象・時期

- ・市立B中学校3年生2クラス(61名)
- ・8月下旬～9月中旬

##### (2) 実生活と関連づけた単元デザインの構想

実践Ⅱでは、実践Ⅰ同様に新学習指導要領の内容「(7)自然と人間」の(イ)自然環境の保全と科学技術

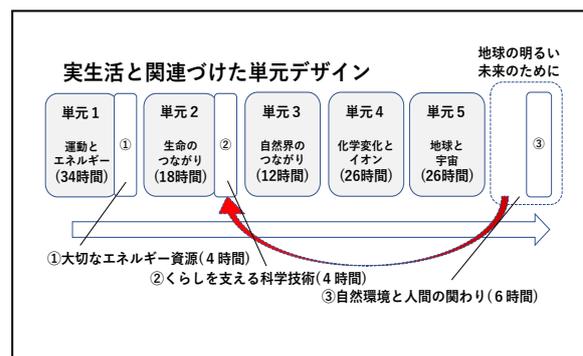


図3 実践Ⅱ「遺伝と遺伝子技術」における単元デザイン

の利用を「(単元2 生命のつながり)の終末に配置した。「(5)生命の連続性」の学習で、生物のふえ方、遺伝、遺伝子について知識として理解する学習だけで終わってしまうのではなく、遺伝子技術の利点と危険性について考える内容(7)を連続して扱うことで、中学校理科の学習内容が自分たちの今後の生活に直接結び付くことを実感させ、理科学習に対する興味を高めることにつながると考えた(図3)。

### (3) 単元全体の構成と実践Ⅱの位置づけ

「生命のつながり」(22時間扱い)

生物の成長とふえ方(11時間)

遺伝の規則性(4時間)

遺伝と遺伝子技術(7時間)【実践Ⅱ】

《実践Ⅱの目標》遺伝子やDNAについて理解するとともに、科学技術の進歩により、遺伝子組み換え技術やDNA増幅技術が、作物の品種改良や医療などに活用されていることを知り、それらの技術の利点や安全面の課題などについて、実生活に関連づけて考え、自らの考えを生活経験や既習内容と関連させて表現することができる。

### (4) 「遺伝と遺伝子技術」における指導計画

第1～3時は、遺伝子について、DNAの抽出実験やDNAの構造を学習するとともに、現在、日常生活や社会で活用されているDNA技術について触れる。ここの学習目標は、従来のカリキュラムで扱われている、「DNAが長い2本の鎖状の構造をしていることを理解したり、組み合わせを変えながら子の代に遺伝したりすることなど、科学的な知識として身につけること」である。

第4時～第7時の学習目標は、第1～3時で学習した内容(DNAの構造やそれを活用した技術)を、単なる知識だけでなく、実生活における課題ととらえて、科学的根拠に基づき、自分なりの考えをもつことができるようにすることである。そこで、単元前半の学習が終了し、生徒のほぼ全員が『遺伝子技術』について、肯定的に捉えているタイミング(第4時)に、普段食べているジャガイモ、トウモロコシを使用している菓子を見せる。食品表示をよく見ると、ほとんどの商品に遺伝子組み換えではないと表記されていることから、この技術について不信を感じる生徒が出てくる。そこで「遺伝子組み換え技術は、今後必要とされるのか」と生徒にパフォーマンス課題を提示し、「その時点での自分の考え(以下、考え①)」を記述させる。第5～6時は小集団による調べ学習を行う。今回の調べ学習は、農業利用の利点、農業利用の問題点、医療利用の利点、医療利用の問題点を小集団で一人一人異なる資料を選び、それぞれの分野での特徴をまとめていく。次に第6時の途中でエキスパート学習を行い、同じ資料を用いて調べた他の班の仲間と根拠となる部分を出し合い、考えを深める活動を取り入れた。第7時では、

それぞれの資料をまとめたものを持ち寄り、小集団で議論させたあと、再度「自分の考え(以下、考え②)」を記述させた。最後にもう一度価値判断させるため架空の話の主人公だったら遺伝子組み換え技術を受け入れるか考えさせた。

### (5) 実生活と関連づけたオープンエンドのパフォーマンス課題

実践Ⅱにおけるパフォーマンス課題は「遺伝子組み換え技術は、今後必要とされるのか。」である。以下、このような課題を設定した意図について3点から述べる。

#### ①実生活で活用されているDNAや遺伝子を扱う技術

遺伝子に関する研究は1900年代から行われているが、世の中に広まったのは2003年にヒトゲノムの塩基配列が明らかになってからである。それからは、DNA鑑定をはじめとする諸技術が社会で活躍しており、現在では、ある生物のDNAの塩基配列に新しい部分を入れたり、特定部分だけを取り除いたり、遺伝子にかかわる技術が年々進歩している。しかし生徒の多くは、それを「頭では知っている」ものの、実際にそれらの技術を身近に使われているという実感を伴って、理解しているとは言い難い。そこで、実践Ⅱでは、実生活で活用されているDNAや遺伝子を扱う技術を、農業利用、医療利用という2つの観点から捉え、できるだけ具体的な例をあげて、生徒が身近なものとして捉えることができるようにした。

農業利用という観点からは、授業実践を行ったB中学校の校区にある、「ばらの丘公園」という約360種類のバラが咲いている有名な観光地を取り上げた。そこでしか見ることができない珍しいバラ、自然には咲かない色のバラがあり、小学校の課外学習や中学校の地域探検学習などで必ず行く公園であるのにも関わらず、それら珍しいバラの中には遺伝子操作をしてつくられたバラがたくさん含まれていることを生徒の大半が知らず、生徒は身近に遺伝子組み換えを行っている施設があることに驚き、興味を示した。

また、医療利用という観点からは、自然回復が困難であった難病も、遺伝子組換え微生物を用いて製造したワクチンの商品化によって防ぐことができた事実や、体内で有害物質を作る遺伝子をもつ患者に、その遺伝子の働きを抑える遺伝子を導入するなど、様々な場面で活用していることを取りあげた。

#### ②遺伝子組み換え技術の問題点

遺伝子組み換え技術を人間に直接利用することは、日本では未だ認められていない。動物実験において、利用した動物の寿命が縮まったり、生態系を壊してしまう可能性があったりと、この研究の安全性が保障されていないからである。また、食品面においてもある外国で遺伝子組み換えを行った食品を一般に販売し続け、慢性疾患が桁外れに増加した例も報告されている。

そもそも、生命の誕生は倫理的に神秘的なものであり、人間が手を加えてはいけぬ領域という考え方が一般的である。

実践Ⅱでは、学習課題を『遺伝子組み換え技術は、今後必要とされるのか。』とすることで、遺伝子やDNAについての知識や有効性を学ぶだけでなく、それを活用する際の問題点についても同時に学ぶことができるようにした。

### ③「科学技術の進歩」と「生命の尊重」の葛藤

実践Ⅱでは、上記の学習課題を設定することで、「科学技術の進歩」と「生命の尊重」という、相反する2つの価値観の対立による議論が生まれるようにした。「科学技術の進歩」がもたらす豊かさ、手を加えてはいけぬ領域を人間が操ることで「生命の尊重」が薄れてしまうという危うさの葛藤の中で、お互いの立場に対する理解を深めることができると考えた。

### (6) オープンエンドのパフォーマンス課題における議論の質を高める手立て

#### ①小集団の編成と役割分担

1グループ4名の編成にし、少人数で議論がしやすくなるとともに、生徒たちが自分たちで役割分担を行い、学習を進めることができるようにした。具体的には、遺伝子技術を農業利用と医療利用という2つの観点について、それぞれ利点と問題点を調べて、その結果(各自の分担)を班で報告できるようにした。

#### ① 科学的根拠として人数分の資料用意

農業利用については「遺伝子組み換え食品」、「遺伝子組み換え作物」を、医療利用については「遺伝子治療」、「抗体医薬品」などを詳しく説明している資料を用意した。4種類の資料は各班で1冊ずつとして一人が得られる情報量を制限することにより、自分のもたない資料の情報を班の友達から入手するために、友達の話に耳を傾け、質問する必要が生まれるようにした。

## 5. 実践Ⅰ、Ⅱの効果測定方法

### (1) 活用する力

#### ①習得した知識を活用する思考力・判断力・表現力等

中央教育審議会答申(2017)では、育成すべき資質・能力を3つの柱で整理し、「理解していること・できることをどう使うか」つまり習得した知識や技能を活用して未知の状況に対応する力として、「思考力・判断力・表現力等」を位置付けている。よって本研究では、「理科で学習したことを生活の中に活用する力」を新学習指導要領の理科における「思考力・判断力・表現力等」ととらえ、効果の検討を行うこととした。

#### ②評価指標(ルーブリック)

思考力・判断力・表現力等に対する効果は、それぞれの実践において、ルーブリックを作成し、それに基づき測定することとした。ルーブリックの評価項目

(評価規準・評価基準)の作成にあたっては、新学習指導要領の「思考力・判断力・表現力等」の目標に準拠した。

### ③測定の対象と時期

・実践Ⅰ「有効なエネルギーの利用」

市立B中学校3年生2クラス(58名),第2時,第5時

・実践Ⅱ「遺伝と遺伝子技術」

市立B中学校3年生2クラス(61名),第3時,第7時

### (2) 実践Ⅰにおける思考力・判断力・表現力等への効果

#### ①評価対象

実践Ⅰにおける「思考力・判断力・表現力等への効果」を測定するために、パフォーマンス課題に対する生徒の考えについてのワークシートの記述を分析対象とした。具体的には、第2時のパフォーマンス課題を提示した直後に記述する『考え①』と、第5時で議論をした後に記述する『考え②』を比較することにした。

#### ②評価指標(ルーブリック)

実践Ⅰにおける「思考力・判断力・表現力等への効果」を測定するために、ルーブリックを作成した。ルーブリックの作成にあたっては、新学習指導要領理科1分野の「思考力・判断力・表現力等」に関連する内容(5)-(ウ)④「力学的エネルギーの保存」と、内容(7)-(ア)⑦「エネルギーとエネルギー資源」をもとに設定した(表3)。

表3 実践Ⅰ「有効なエネルギーの利用」におけるルーブリック

評価規準	評価	評価基準
50年後、豊かな暮らしを続けていくことができるエネルギー比率を科学的根拠を基に考える。	AA	50年後、豊かな暮らしを続けていくことができるエネルギー比率を、①エネルギー変換効率、②エネルギー保有量、③環境への影響の3つ全てを含めて考えている。
	A	50年後、豊かな暮らしを続けていくことができるエネルギー比率を①エネルギー変換効率を含み、かつ②エネルギー保有量か③環境への影響のどちらかを含んで考えている。
	B	50年後、豊かな暮らしを続けていくことができるエネルギー比率を①エネルギー変換効率だけに着目して考えている。
	C	50年後、豊かな暮らしを続けていくことができるエネルギー比率を考えるのに①エネルギー変換効率を含んでいない。

### (3) 実践Ⅱにおける思考力・判断力・表現力等への効果

#### ①評価対象

実践Ⅱにおける「思考力・判断力・表現力等への効果」を測定するために、パフォーマンス課題に対する生徒の考えについてのワークシートの記述を分析対象とした。具体的には、第3時のパフォーマンス課題を提示した直後に記述する『考え①』と、第7時で議論をした後に記述する『考え②』を比較することにした。

#### ②評価指標（ルーブリック）

ルーブリックを作成し、思考力・判断力・表現力等への効果を測定した。ルーブリックは、実践Ⅰ同様、新学習指導要領理科2分野の「思考力・判断力・表現力等」に関連する(5)-(イ)の「遺伝の規則性と遺伝子」と、(7)-(イ)の「自然環境の保全と科学技術の利用」をもとに作成した(表4)。

表4 実践Ⅱ「遺伝と遺伝子技術」におけるルーブリック

評価規準	評価	評価基準
今後、遺伝子組み換え技術を受け入れるのかを科学的な根拠を基に考えている。	AA	今後、遺伝子組み換え技術を受け入れるのか、①遺伝の規則性、②安全、健康、環境への配慮、③道徳的、倫理的問題(利用の在り方)の3つ全てを含めて考えている。
	A	今後、遺伝子組み換え技術を受け入れるのか、①遺伝の規則性を含み、かつ②安全、健康、環境への配慮か③道徳的、倫理的問題(利用の在り方)のどちらかを含んで考えている。
	B	今後、遺伝子組み換え技術を受け入れるのか、①遺伝の規則性にだけ着目して考えている。
	C	今後、遺伝子組み換え技術を受け入れるのかを考えるのに①遺伝の規則性を含んでいない。

### (4) 理科に対する興味への効果

#### ①理科に対する興味

本研究では、日常生活と関連づけたオープンエンドの学習課題により、習得した知識を活用する思考力・判断力・表現力等を育成するとともに理科に対する興味を深めることをねらっている。つまり本研究で対象とする興味とは、単なる環境要因に起因する感情的興味ではなく、学習内容に関連する価値的興味である。したがって、本研究では田中(2015)の分類に基づき、特に価値的興味のうち「思考活性型」と「日常関連型」興味に対する指導効果に焦点を当てて検討する。

#### ②測定指標

田中(2015)の「理科に対する興味尺度」において、

抽出された6因子のうち、「実験体験型興味」を除いた5因子の質問項目について、中学校教諭と大学教員が共同で、その表現の一部を修正し、全18の質問項目からなる質問紙を作成した(表5)。「実験体験型興味」を除いたのは、実践Ⅰ・Ⅱにおいては、授業の中で実験・観察をほとんど行わなかったためである。18項目の内訳は、日常関連4項目、達成感情4項目、知識獲得3項目、思考活性4項目、驚き発見3項目である。原尺度における各因子の $\alpha$ 係数は、それぞれ $\alpha = .90, .89, .92, .90, .89$ と十分な内的整合性が確保されており、修正された表現についても実践者・研究者の両名で再検討していることから、尺度について一定の信頼性・妥当性は確保されたと考えた。そこで中学に入学してから今までの理科の学習について、一番あてはまる番号を4件法で選択させ、それぞれの因子得点の平均値により、その効果を検討した。

表5 「理科に対する興味尺度」の因子別質問項目

因子	質問項目
日常関連	①理科の学習は、自分の生活とつながっていると思う。 ⑥理科で学習した内容は、自分が普段経験していることと、関係していると思う。 ⑪生活の中の出来事は、理科で学習したことに関係していることが多いと思う。 ⑯理科の学習内容は、身近で起こっていることと関係があると思う。
達成感情	②理科の時間、自分の予想が当たると嬉しく感じる。 ⑦理科の授業で問題が解けても、あまり嬉しいとは思わない。 ⑫理科が楽しいと感じるのは、自分で答えを見つけたときだ。 ⑰理科の面白さは、自分の知らなかったことを知ることができるからだ。
知識獲得	③理科の面白さは、授業の中で自分の知識が増えていくからだ。 ⑧理科の授業で面白いと感じるときは、色々なことを調べるときだ。 ⑬理科が面白いのは、新しいことを学べるからだ。
思考活性	④理科の時間の楽しさは、自分でじっくり考えることができるからだ。 ⑨理科の授業では、先生の説明を聞くだけでなく、自分で考えるときが楽しいと思う。 ⑭理科では、今まで学習したこと同士がつながっているおもしろさを意識したことがない。 ⑱理科が面白いと感じるときは、色々な知識がつながっているとわかったときだ。
驚き発見	⑤理科が面白いと感じるときは、「あつ」と驚く発見があるときだ。 ⑩理科授業の面白さは、知って驚くことがあるからだ。 ⑮理科が面白いのは、知って意外だと思うことがあるからだ。

#### ③測定の対象と時期

- ・市立B中学校3年生2クラス(61名)
- ・実践前(A)6月、実践Ⅰ後(B)7月、実践Ⅱ後(C)の計3回

## 6. 結果と考察

### (1) 実践Ⅰにおける思考力・判断力・表現力等への効果

生徒の第2時(議論前)と第5時(議論後)のワークシートの記述を、ルーブリックにより評価した結果、第2時では、AAが3名、Aが16名、Bが17名、Cが22名。第5時ではAAが27名、Aが23名、Bが3名、

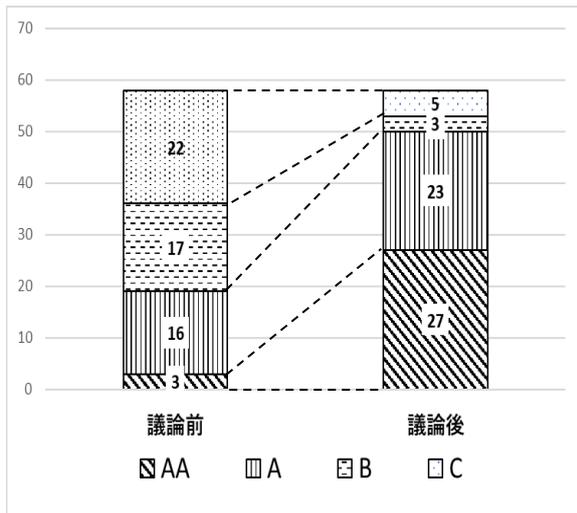


図4 実践Ⅰにおける思考力・判断力・表現力等への効果

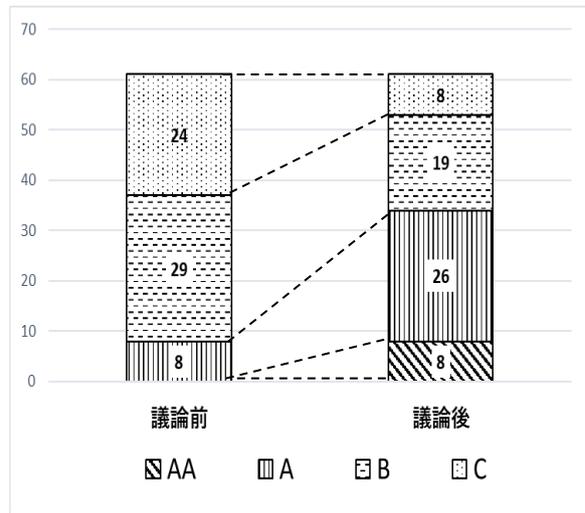


図5 実践Ⅱにおける思考力・判断力・表現力等への効果

Cが5名だった。 $\chi^2$ 検定の結果、「議論後」の4段階評価の出現度数の偏りは有意であった( $\chi^2(3)=40.960, p < .01$ )。残差分析の結果、議論前のB, C評価の生徒の割合は多く、AA評価の生徒の割合が少なかったのに対し、議論後では、AA評価の生徒の割合が多く、B, C評価の生徒の割合が少なかった(図4)。

#### (2) 実践Ⅱにおける思考力・判断力・表現力等への効果

生徒の第3時(議論前)と第7時(議論後)のワークシートの記述を、ループリックにより評価した結果、第3時では、AAが0名、Aが8名、Bが29名、Cが24名。第7時ではAAが8名、Aが26名、Bが19名、Cが8名だった。 $\chi^2$ 検定の結果、「議論前」と「議論後」の4段階評価の出現度数の偏りは有意であった( $\chi^2(3)=27.613, p < .01$ )。残差分析の結果、議論前のC評価の生徒の割合は多く、AA, A評価の生徒の割合が少なかったのに対し、議論後では、AA, A評価の生徒の割合が多く、C評価の生徒の割合が少なかった(図5)。

#### (3) 理科に対する興味への効果

実践Ⅰ, 実践Ⅱの, 理科に対する興味への効果を検討するために, 実践前, 実践Ⅰ後, 実践Ⅱ後における因子得点の平均値を, 5因子ごとに比較した(表6)。被験者内計画の1要因分散分析の結果, 日常関連型興味( $P < .001$ ), 思考活性型興味( $P < .01$ ), 達成感情型( $P < .05$ )において, 時期の主効果が有意であった。多重比較(Bonferroni)の結果, それぞれ実践前より, 実践Ⅰ・Ⅱ後の得点が有意に高く, 特に日常関連型興味と思考活性型興味については, 実践を重ねるにつれて興味が高まる傾向が読み取れた。一方, 知識獲得型興味と驚き発見型興味には, 時期の主効果は見られなかった。

#### (4) 考察

本研究では, オープンエンドのパフォーマンス課題と議論を取り入れた2つの単元を開発し, 公立中学校で実際に研究授業を行い, その効果を検証した。思考力・判断力・表現力等を3要素から構成されるループリックにより評価した結果, 実践Ⅰ, Ⅱともに, 議論後にAA評価, A評価の生徒の割合が向上した。これ

表6 理科に対する5種類の興味への効果

因子名	時期			主効果 (F値)	多重比較
	実践前(A)	実践Ⅰ後(B)	実践Ⅱ後(C)		
日常関連	2.85(.57)	3.08(.47)	3.21(.58)	19.10***	A < C***, A < B**, B < C*
達成感情	2.98(.65)	3.16(.55)	3.17(.59)	4.76*	A < B, C*
知識獲得	3.04(.60)	3.10(.52)	3.09(.63)	0.39	—
思考活性	2.71(.53)	2.88(.50)	2.94(.57)	6.40**	A < B*, A < C**
驚き発見	3.10(.60)	3.16(.48)	3.13(.62)	0.49	—

注) 数値は平均値とSD(括弧内)

\*\*\* $p < .001$  \*\* $p < .01$  \* $p < .05$

は、オープンエンドのパフォーマンス課題と議論の組み合わせが、一人一人が習得した知識を、互いに比較・関連・統合する必然性を生んだ効果といえるだろう。また、実践前、実践Ⅰ後、実践Ⅱ後において、理科に対する興味を測定した結果、「日常関連」、「思考活性」については、実践を重ねるにつれておおむね平均値が向上していくことが示された。このことは、実生活に関連付けた単元開発により、生徒の理科に対する興味が「学習したことが自分たちの生活につながっている面白さ」や、「自分でじっくり考えることの楽しさ」という理科の学習そのものの楽しさを味わうものに変化してきた可能性を示している。また、研究開始前には想定していなかった「達成感情」についても実践開始と比べて向上が見られた。このことは、議論を通して自分たちなりのグループとして納得のいく考えにまとまった達成感を味わえたためだろう。

本研究では、中学校の理科の授業において、日本の理科教育の課題である、理科に対する興味や思考力を育成することにおいて一定の効果を示した。本研究が単元の配列を組み替えることにより、授業時数を増やさずにこれらの効果を上げたことは、今後の理科の授業改善に一つの示唆を与えることができるだろう。

#### 引用文献

- 阿部沙耶(2013)「理科におけるトレードオフ教材に関する研究～導入の可能性と問題点～」山形大学大学院教育実践研究科年報(4), pp208-211
- 浅石卓真(2012)「中学・高校の理科教科書の記述様式に関する予備的考察」東京大学大学院教育学研究紀要, 第52巻
- 中央教育審議会(2017)「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)」
- 早瀬義之(2016)「学びの有用性を実感できる中学理科授業の実践研究～学習の志向性を高める視点から, 実社会・実生活と関連付ける理科学習～」愛知教育大学教育実践研究科(教職大学院)修了報告論集7, pp311-320
- 市原学・新井邦二郎(2006)「数学学習場面における動機づけモデルの検討～メタ認知の調整効果～」教育心理学研究 54(2), pp. 199-210
- リベルタス・コンサルティング(2014)「全国学力・学習状況調査の結果を用いた理科に対する意欲・関心等が中学校段階で低下する要因に関する調査研究」調査報告書 pp. 7-10
- 宮下治・加藤寛之(2015)「生活や授業とのつながりを大切にした中学理科授業の実践研究」愛知教育大学教育創造開発機構紀要 vol.5 pp. 1-10
- 文部科学省(2017)「中学校学習指導要領解説理科編」
- 森征洋(2005)「中学校理科教科書の比較・検討(その2)～新設教科書の比較～」香川大学教育実践総合研究, 第10巻
- 中谷素之・遠山孝司・出口拓彦(2002)「社会的責任目標と理科学習への興味・関心と動機づけ, 認知的共感性, および学級適応との関連～学年差に注目した検討～」 vol. 49 pp. 277-287
- 長洲南海男(2006)「新時代を拓く理科教育の展望」長洲南海男編, 東洋館出版 pp. 244-257
- 西岡加名恵(2015)「『逆引き設計』論に基づくパフォーマンス評価の進め方～言語活動の評価への応用可能性を探る～」全国大学国語教育学会発表要旨集 128, pp. 167-170
- 斉藤浩一・高橋郷史(2005)「『理科離れ』の原因帰属に関するモデル作成の試み」東京情報大学研究論集
- 高見健太・木下博義(2017)「他者との関わりを通じて批判的思考を働かせるための理科学習指導法の開発と評価～中学校理科「化学変化」の単元における授業実践を通して～」理科教育学研究 vol. 58 No. 1 pp. 27-40
- 田中英津子(2015)「理科に対する興味の分類～意味理解方略と学習行動との関連に着目して～」教育心理学研究, 2015, 63, 23-36
- 土屋恭子・磯崎哲夫(2010)「中学校理科における持続可能な教育の単元開発とその指導に関する実証的研究～『デイリーの三条件』を手がかりとした科学技術の問題点と利点の検討～」科学教育研究 vol. 34 No. 1 pp. 24-37
- 山本美紀・植野真臣(2015)「構成主義的学習におけるルーブリックの活用方法が学習に与える影響分析～目標志向性, 学習観, 動機づけ, 学習方略, 学習課題成績に着目して～」日本教育工学会論文誌 39(2), pp. 67-81