

令和元年6月11日現在

機関番号：14403

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K01017

研究課題名(和文) 中等科学教育における科学技術の評価スキル育成のカリキュラム開発と効果検証

研究課題名(英文) Curriculum development and the effective verification of developing the skills to evaluate scientific technology in secondary science education

研究代表者

石川 聡子 (ISHIKAWA, SATOKO)

大阪教育大学・教育学部・教授

研究者番号：30314438

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,600,000円

研究成果の概要(和文)：日本、フィリピン、アメリカの高校生にGMOについての評価や意思決定を、同じ教材を用いて学習後に行かせたにもかかわらず、評価の根拠や観点、評価そのものが国によって異なる結果となった。日本の生徒は他国の生徒と比べて、遺伝子組み換え技術の倫理的側面や安全性、食料安全保障、生態系や人体への健康影響など多角的でバランスのとれた観点に基づくことが総じてできていたが、その反面、GMOの評価を科学や科学技術の研究の社会的意義や役割に関連づけておこなうことが他国の生徒に比べて不十分であった。また、国や研究機関の研究結果の情報の透明性についても、GMOの科学技術の評価観点として不十分であった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

今日遺伝子組換えやゲノム編集といった遺伝子改変などの科学技術が急速に進歩し、倫理的な問題となっている。専門家ではない多くの市民が生活や社会と関わる科学技術の評価したり判断したりするスキルを伸長することは今日の科学教育の課題であることから、遺伝子組み換え技術を事例に教材を作成し、高校生に学習してもらい、この科学技術をどのように評価するかを分析した。また、日本の高校生の実態を相対的に把握するために、海外の高校生と比較した。その結果、日本の高校生は科学研究や科学とはどのようなものかといったことについての視点が不十分であることがわかった。今後、新学習指導要領に基づく教科書による教師の指導を支援する。

研究成果の概要(英文)：For high school students in Japan, the Philippines, and the United States, we assessed the evaluation and decision making about GMO after learning using the same teaching materials. As a result, the basis and viewpoint of the evaluation, and the evaluation itself differed depending on the country. Japanese students have a multi-faceted and balanced assessment of the ethical aspects and safety of genetic modification technology, food security, health effects on ecosystems and humans, and so on, compared to students in other countries. On the other hand, Japanese were insufficient to associate GMO assessment with the social significance and role of science and science research in comparison with students in other countries. In addition, the transparency of the information of the research results of the national and research institutes was also insufficient as an evaluation point of GMO's science and technology.

研究分野：科学教育

キーワード：科学と社会 科学技術のありかた 意思決定 科学技術の評価

## 1. 研究開始当初の背景

日本の理科教育では、中学校3学年で単元「科学技術と人間」において、科学技術の長所や短所を科学的根拠に基づいて意思決定することなどを学習させている。このことは、平成29年に改訂された学習指導要領においても、前の指導要領から大きな変更はない。

欧米や東アジアの科学教育においても、主に中等教育レベルにおいて、社会における科学技術のあり方を評価や判断あるいは意思決定をさせることに関する教育研究や教育実践をおこなうSSI (Socio-Scientific Issues) という研究分野があり、GMOや原子力発電など現実の社会に起こっている科学技術に関わる諸課題についての教育や研究が行われている。

このSSIと日本の単元「科学技術と人間」の学習は、現代社会における科学技術のあり方に着目させ、学習者が基本的事項を学習し、そのあり方をめぐっての是非を議論や評価したり、判断や意思決定をおこなうという点で共通部分を持っている。欧米のSSI研究では、生徒がおこなう評価や意思決定を構造化したり、どのような論点で議論をおこなうか議論の組み立てや流れを明らかにするなどしている。また、SSIの土台には科学研究やその応用があることから、STEM教育（科学、テクノロジー、エンジニアリング、数学の統合した教育）とも関連性が論じられている。

ところが、日本の中学校理科における単元「科学技術と人間」の指導方法は、大学で教員免許を取得するための教職課程や教職に就いた以降に教育委員会が主催する教員研修などでもほとんど扱われておらず、指導方法について学習したことがないという中学校理科教師が少なくない。このことは、本研究実施前に実施した全国の中学校理科教員への質問紙調査の分析結果から明らかになっている。さらに、教師になって以降最先端の科学技術についての知識の更新が十分にできておらず教師自身が科学技術について理解不足であると自認していることや、この単元の学習が中学校第3学年の2～3月に配当されており高校入試に出題されることがほとんどないことから指導や学習に対するモチベーションが低いなどの理由もあり、中学校理科教師には、当該単元の指導に自信が持てていないだけでなく、実際にこの単元の指導の経験が少ない者が少なくない。

このように、指導する理科教師の側にいくつかの課題があることが前の科研費での研究において明らかになった。

そこで、本研究では学習主体である生徒に注目して研究をおこなうことにした。すなわち、生徒が社会における科学技術のあり方などの評価や意思決定をおこなう時、どのようにその評価や意思決定をおこなうのか、判断や意思決定の根拠として知識や情報を活用しているのか、自分の倫理観などの価値観を活用しているのか、ということである。これらのことを明らかにすることで、日本の生徒が科学技術についての評価や意思決定が十分におこなえているのか、評価や意思決定をおこなう際の判断材料や評価観点はどのようなものか、それに不十分な点などはないのか、といった実態を明らかにする必要がある。このことがわかれば、今後日本の生徒に単元「科学技術と人間」についての指導を充実させる手立てを講じることの一助になると考えられるからである。

## 2. 研究の目的

日本の中等教育レベルの生徒が、社会と関わりのある科学技術について評価や意思決定をおこなう際にどのようなスキルを持っているか、また実際に教材を活用して学習をおこなうことで、科学技術の評価や意思決定をどのようにおこなうことができるのか、を調査することである。

また、日本の生徒の特徴を相対的に考察するために、他国（アメリカとフィリピン）の生徒にも同じ学習を実施し、日本の生徒との相違を明らかにすることである。

## 3. 研究の方法

### (1) 教材の開発

科学技術といっても多岐にわたるため、できるだけ生徒の日常生活に関わりがあり、社会的、倫理的、政治的な側面など多角的に科学技術を評価、意思決定できる事例として、遺伝子組み換え技術とその技術によって作られる遺伝子組み換え作物(Genetically modified organisms. 以下、GMO)を取り上げた。

近年は、クリスパー・キャス9といったゲノム編集の新しい科学技術が加速しているが、本研究では理科教科書にも比較的以前から掲載されており、社会においても遺伝子組み換え食品が流通していて市民生活に浸透していることから、GMOを取り上げることにした。

GMOは食の安全性、経済性、食料安全保障といった社会面が大きく関わっていることから、異なる社会の様相で学習する生徒を比較することが望ましい内容といえる。このGMOについて高校生が学習する教材“Say Hello to GMO”を日本語版と英語版で開発した(図1)。教材の主な内容は、遺伝子組み換え技術の概要、GMOの長所と短所、私たちの日常生活とGMO、GMOについての議論や論争の紹介、GMOの今日的課題、GMOについての疑問、GMOについての新聞記事の作成のアクティビティである。

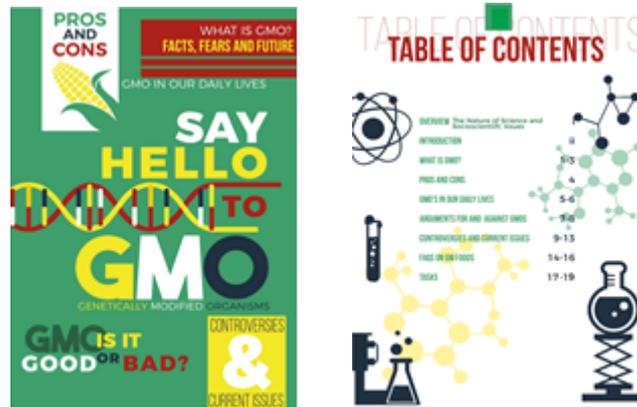


図1 開発した教材“Say Hello to GMO”（英語版）

### (2) 被験者

また、被験者は大阪府内の高校1学年86名、フィリピンのメトロ・マニラにある高校2学年126名、アメリカのノースカロライナ州にある高校第1学年35名であり、そのうち有効回答数はそれぞれ67名、122名、28名の計217名であった。

### (3) 調査の手順

調査の手順は図2の通りである。はじめに、被験者にプレテストにおいて遺伝子組み換え技術やGMOについての理解や評価などについて回答させた後、上述の教材を用いてそれらの内容を学習させ、その後プレテストと同様の内容のポストテストを実施した。プレテストおよびポストテストは、SD法および自由記述による質問紙調査を実施した。自由記述をさせるに当たっては、次の5つの質問を与え、それらに対する回答を自由に記述させた。すなわち、問い①「GMOに関して、あなたは一般的にどう思いますか?」、問い②「GMO製品の日常生活における使用、特に遺伝子組み換え食品の消費に関して、あなたはどう思いますか?あなたの家族にGMOをお勧めしますか? そう考えた理由も教えてください。」、問い③「GMOが最も影響を与えるのは、社会のどの側面(家族、経済、教育、政治、宗教)でしょうか?また、これはあなた個人の生活にどのように影響しますか?」、問い④「未来について、あなたは食糧不足の問題をGMOが解決すると思いますか? そう考えた理由も教えてください。」、問い⑤「GMOの出現により起こりうる副作用から国民を守るために、日本政府はどうすればよいと思いますか?」である。

後述する一連の調査は、日本とフィリピンの被験者には2017年9月、アメリカの被験者には2018年4月に実施した。

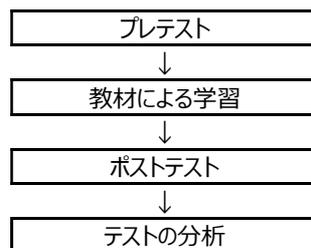


図2 調査の手順

### (4) 分析の方法

SD法によるプレテストとポストテストの結果については定量的に統計処理をおこなうとともに、被験者の自由記述をテキストマイニングのフリーソフトKHCoderを用いて計量テキスト分析をおこなった。フィリピンとアメリカの生徒の回答に用いられた言語は英語であったため、適切な日本語に直し、記述中に用いられた言葉を似たもの同士でまとめて(コーディング)、そのまとめたものに名前(コード名)を付けて一つのかたまりにして扱った。以下の研究成果には、このコード名を用いて調査結果を説明する。コーディングされた語の使用に3国間の生徒の間の統計学的なちがいを確認するために、Fisherの正確確率検定などを用いた。この報告書では、自由記述分析の結果を中心に紹介する。

## 4. 研究成果

ここでは、日本の生徒のGMOに対する評価がアメリカやフィリピンの生徒のそれとは大きく異なっていた点にしばって、明らかになった結果を報告する。

#### (1) 倫理観や安全性

問い②「GMO を家族に勧めるか」に対して、日本の生徒は他国の生徒に比べて有意に「勧めない」と回答し、その理由に「倫理」を根拠にあげた。一方それとは対照的に、フィリピンの生徒は、GMO の「安全性」、「健康」、「人工」を根拠にして有意に家族に「勧める」と回答した。しかしながら、GMO の人体の健康への影響については、日本、フィリピン、アメリカのどの国の生徒にも大きなちがいはなく、GMO の人体の健康への影響を理由にして「GMO を家族に勧めない」と回答した割合もおおよそ同程度であった。

#### (2) 価格や経済性

問い③「GMO が最も影響を与えるのは、社会のどの側面（家族、経済、教育、政治、宗教）か」に対する回答で、最も回答数が多かったのは3カ国の生徒ともに「経済」であった。とくに、日本の生徒は「安価」であることが影響を与えると回答し、フィリピンやアメリカの生徒よりも有意にその使用が多かった。

#### (3) 食糧不足

問い④「未来について、あなたは食糧不足の問題を GMO が解決すると思いますか。」に対して、どの国の生徒もその多くが解決すると回答したが、日本の生徒は他の2国の生徒に比べれば比較的「解決しない」という回答が多く、統計的にも有意であった。

#### (4) 科学研究

問い④「食糧不足問題を GMO が解決するか」に対して、日本の生徒は他国の生徒に比べて統計的に有意に「解決しない」と回答したが、逆にフィリピンの生徒は、GMO の「生産性」、「食糧不足」、「科学研究」を根拠にして有意に「解決する」と回答した。日本の生徒は、GMO に関する科学研究やその成果が食糧不足という社会問題の解決に役立つという評価が有意に低かった。

さらに、問い⑤「GMO の出現により起こりうる副作用から国民を守るために、日本政府はどうすればよいと思いますか。」に対して、フィリピンやアメリカの生徒は「研究」を回答したにもかかわらず、日本の生徒はそれが有意に低く、国が科学研究を推し進めて GMO の適切な推進に責任を持つべきという考えが十分ではないことが考えられた。

以上のことなどから以下のことをまとめることができた。

日本、フィリピン、アメリカの高校生は GMO の評価や意思決定について同じ教材を用いておこなったにもかかわらず、その結果は上記のように、国によって異なる結果となった。日本の生徒の GMO についての評価をフィリピン、アメリカの生徒のそれと比較すると、遺伝子組み換え技術の倫理的側面や安全性、食料安全保障、生態系や人体への健康影響など多角的でバランスのとれた観点に基づくことが総じてできており、適切なスキルを用いることができていると考えてよい。

その一方で、日本の生徒は、GMO に関する調査・研究のあり方に関連づけた評価をおこなうことが統計的に有意に他国の生徒よりも低く、科学技術の評価を学術研究や研究者の営みやプロセスなどと関連づけておこなうことができるような手法を補う必要があると言える。このことは、日本の科学教育における NoS (Nature of Science、科学の本質) についての学習が不足していることに通じている。日本の科学教育では、個別の科学概念についての獲得には力を入れているものの、そのような科学概念や知識を生産してきた、「科学とはどのようなものか」という科学の本質について学ばせることは、歴史的に必ずしも十分ではない。

また、国や研究機関の情報の透明性に対する評価や遺伝子組み換え技術そのものに対する理解に基づく評価も、他国の生徒に比べて統計的に十分におこなえていなかった。

日本の生徒には、科学や科学技術の「研究」そのものや、「研究」が社会に及ぼす影響について評価するための視点や観点を充実させ、それらを用いて科学技術の評価がよりよくできるようになることが求められる。そのためには、「科学や科学技術の研究とはどのようなものか」、「科学とは何か」、「科学者はどのように科学研究を営んでいるか」など、科学や科学技術の研究についての興味・関心を高めさせ、その役割や社会的意義などについての理解を深めさせ、それらを活用して、実際の科学技術への評価ができるようになるための手立てが必要である。

今後、日本の理科教育において、科学の本質や科学研究のあり方についての指導の改善や強化を検討する必要があると考えられる。そのためには、諸外国との比較研究や日本の理科教育の歴史を紐解きながら理科教育研究の方向性を見直し、科学技術の評価を指導することができる理科教師の指導力の育成について具体的な方策を講じる必要がある。

現在、平成 29 年に改訂された学習指導要領に基づく教科書が編集中であり、2020 年度から新しい教科書が使用開始になる予定であることから、新しい教科書による指導に合わせて教師の理科指導を支援する方法を提案することによって、本研究から得られた研究成果を日本の理科教育に活かすことができると考える。

〔雑誌論文〕（計 0 件）

〔学会発表〕（計 1 件）

石川聡子・カレン・ロドリゲス・アルカンタラ、” Japanese and Filipino senior high school students’ perspectives on GMO as Socio-Scientific Issues”、2018 International Conference of East-Asian Association for Science Education.

〔図書〕（計 2 件）

石川聡子（編著）、「理科指導の理論と実践」、あいり出版、「第 1 章 科学技術社会における理科教育とは」、2017、298.

秋吉博之ほか、「理科教育法 第 3 版」、大学教育出版、「第 3 章 6 節 「科学技術と人間」の授業実践と評価」2018、266.

〔産業財産権〕

○出願状況（計 0 件）

名称：

発明者：

権利者：

種類：

番号：

出願年：

国内外の別：

○取得状況（計 0 件）

名称：

発明者：

権利者：

種類：

番号：

取得年：

国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等 なし

## 6. 研究組織

### (1) 研究分担者

研究分担者氏名：なし

ローマ字氏名：

所属研究機関名：

部局名：

職名：

研究者番号（8 桁）：

### (2) 研究協力者

研究協力者氏名：Karen R. Alcantara、久保秋裕

ローマ字氏名： Karen R. Alcantara、KUBO Akihiro

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。