東京学芸大学リポジトリ
Tokyo Gakugei University Repository

遺伝子組換え食品の社会的受容について：多面的理解を目指したリテラシー教育の授業実践

メタデータ	言語: Japanese
	出版者:
	公開日: 2022-04-12
	キーワード (Ja):
	キーワード (En):
	作成者: 齋藤,淳一, 伊藤,穂波
	メールアドレス:
	所属:
URL	http://hdl.handle.net/2309/00173824

国際中等教育研究　第15号 p.131 ～ 138
東京学芸大学附属国際中等教育学校研究紀要

遺伝子組換え食品の社会的受容について

―多面的理解を目指したリテラシー教育の授業実践―

Social Acceptance for Genetically Modified foods

－Classroom Practice of Literacy Education for Multidimensional Understanding－

理科　齋藤 淳一
伊藤 穂波

1．はじめに

本校では「学びの本質」を捉え、SOCIAL CHANGE をもたらす科学技術人材の育成を目標とし、3 つの仮説に基づき、その実現を目指している(図 1)。本授業は、仮説 1「実社会の状況を取り込んだ探究的な学びを実現する授業設計」「◇SS 科目の深化・拡張」のうち、探究型授業、および実験デザインの重視に基づくものである。

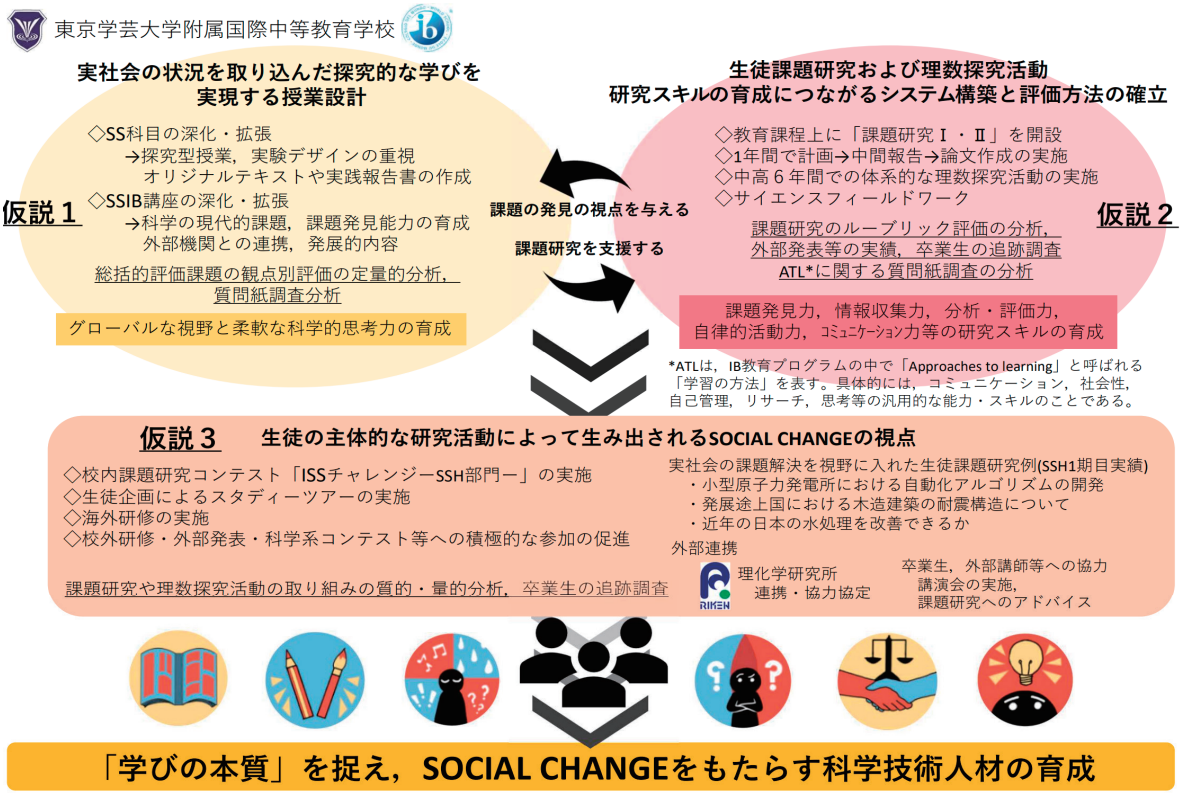

図１　本校 SS 理科科目の位置づけ

2．学習内容

2－1．学習指導要領における位置づけ

高等学校学習指導要領（平成 30 年告示）[1)]
第 2 章 各学科に共通する各教科

第 5 節　理科
第 7 生物
(2) 生命現象と物質
(ウ) 遺伝子を扱う技術

2－2．科学的リテラシー育成における本授業の位置づけ

学習指導要領では、「遺伝子を扱う技術については，例えば，制限酵素やベクターを用いた遺伝子組換え技術による医薬品の製造や，増幅技術である PCR 法を用いた DNA 解析などについての資料を示し，その原理と有用性を理解させることなどが考えられる」とある。そして学校現場における遺伝子組換え実験は、2002 年より文部科学省による「組換え DNA 実験指針」、2004 年にカルタヘナ議定書の国内施行に伴って実施された「遺伝子組換え生物等の使用等の規制による生物の多様性の確保に関する法律」により可能となっている [2)]。本校でも毎年、高校 1 年の生物基礎でこの実験を実施しており、これをきっかけに生物学への関心を高める生徒も多い。

科学リテラシーを①名目的理解、②機能的理解、③概念的方法的理解、④多面的理解 [3)] の 4 つに分けると、上記の学習プロセスは②を目指すものであると考えられる。しかし、実社会において、原発問題、Covid-19 ワクチン接種等、私たちは科学技術の原理を理解するだけでなく、個人、社会レベルでのリスクーベネフィットの評価、倫理観、価値観等を総合して判断しなければならない。本授業は、①～②を起点として「④多面的理解」を含むものを意識した。

3．本授業について

3－1．本授業が目指したもの

我が国では遺伝子組換え食品(Genetically Modified Organisms, 以下 GMO)に対する社会的受容は十分でなく、否定的な傾向が強い。しかし、主な輸入元である米国ではトウモロコシ、大豆の 90% 以上を GM が占めており、現実には世界有数の GMO 消費国でもある。周知のように日本の食糧自給率は先進国の中で際立って低く、カロリーベースで約 38%（2019 年農水省データ)、国民の生活に直結するアキレス腱でもある。特にコメを除く穀物の輸入依存度は極端に高く、トウモロコシ（スイートコーンではなく飼料用のデントコーン）の自給率は 0%、大豆は 6%である。

一方、日本の消費者は、表示制度のもとで非遺伝子組換え食品（non-GMO）を選ぶ権利を行使できるが、GM トウモロコシは、家畜飼料やデンプン、還元糖、油などの形で、大量消費されていることも事実である。例えば肉、乳製品、卵、バター、マーガリン、菓子、パン、ジュース、加工食品などの食材は GM トウモロコシ由来であり、その年間輸入量（消費量）は 1500 万トンと、日本のコメの生産量 800 万トンのほぼ倍である。輸入トウモロコシは日本の食の要と言っても良いほど日本の食生活に浸透しているのである。

本授業では、輸入トウモロコシを題材に、生徒が調べた流通・加工などのデータと検知実験を元に、バイオテクノロジーの可能性と科学技術のあるべき姿に関して以下の 3 点を意識した。

1) 「実験データを科学的に分析し、評価する。」
バイオテクノロジーの基礎的実験を通して、分析・検知方法を体験し、技術の可能性と安全性に関して科学的な観点から捉え、評価する素地を養う。
2) 「科学的視点を核にして広い見地からテクノロジーを捉える。」

バイオテクノロジーに関して広い見地から考察を試みるとともに遺伝子組換え食品、特にGMトウモロコシの日本社会での流通・消費の現状について自らが調べたデータと検知実験を元に分析・考察・提言を行う。

3)「人口増加の中で環境を維持し、一人も飢えさせることのない社会を目指すには？」
世界人口が100億に達すると予想される2050年までに、環境と農業の両立を図り、飢えをゼロにするための方策を生命科学や環境科学を軸に広い視点から考える。

以上3点を通して、テクノロジーの活用を多面的に理解し、議論できるリテラシー教育を目指した。具体的には日本社会や地球規模の諸問題を解決・改善するための科学的分析力、複眼的な思考力、提案型の意思決定力の育成を意図した。[4)]

3－2．授業内容

本授業は高校3年次生物選択者を対象とし、以下の単元計画に基づいて実施した。

表1．単元計画

時数	概要
1	バイオテクノロジー概説
2	バイオテクノロジーの基礎実験 1）遺伝子組換え実験 2）制限酵素の機能（切断・電気泳動の実験を含む）
3	トウモロコシの輸入・流通・用途に関する生徒によるデータ調査
4	輸入トウモロコシを含む加工食品（家畜飼料など）のPCR法によるGMO検知実験と解析
5	輸入トウモロコシの現状を踏まえた問題点の把握と提案（発表）
6	２１世紀を生き抜くために環境と食糧問題をどう両立させたら良いか（小論文）

3－3．輸入トウモロコシを含む加工食品のPCR法によるGMO検知実験と解析[5)]

1）食品・食材からのDNA粗抽出

今回の実験では、①米国製コーンスナック、②日本製コーンスナック、③動物飼料A、動物飼料Bを用いた。いずれもデントコーンが含まれた製品である。まず、これらの試料を無菌的にすりつぶし、滅菌水を加え、EDTAを含むビーズ（BioRad社インスタジーン）を添加し、インキュベート後に上澄みをPCR反応の鋳型DNAとして用いた。

2）PCR反応による検知

GMトウモロコシに導入された遺伝子の上流には転写に必要なプロモーター配列があり、下流には転写を終了させるためのターミネーター配列がある。実験ではGMO中のプロモーターとターミネーター配列をPCR増幅する。またDNAが抽出できているかどうかのコントロール実験として植物の光合成遺伝子PSIIの一部も増幅する。図中、短い矢印はプライマーを示す。

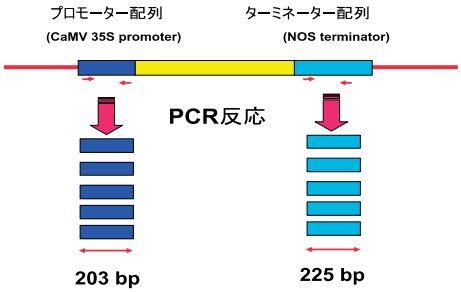

図４．PCR による GMO 遺伝子の増幅

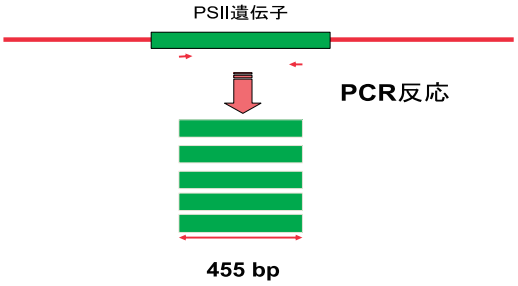

図５．PCR による光合成遺伝子の増幅

3） 電気泳動と結果

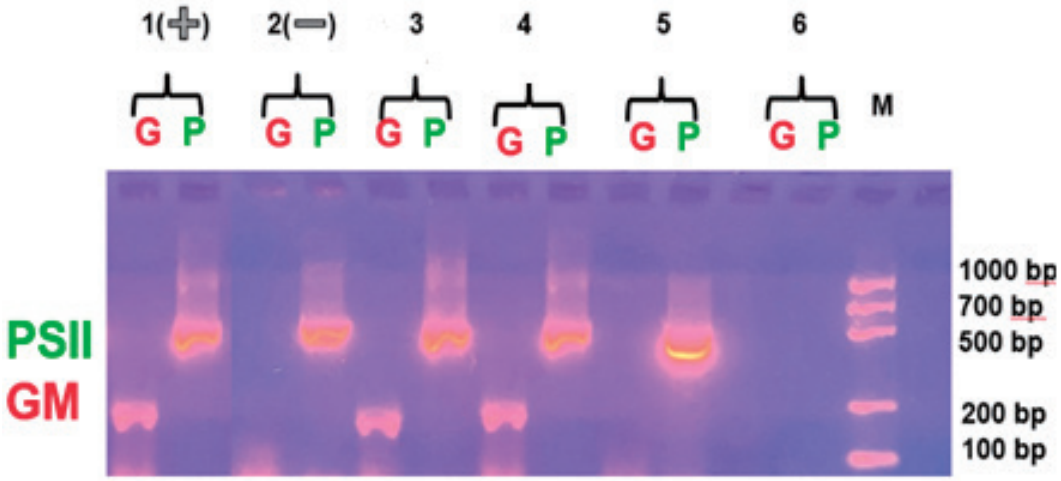

図６．電気泳動結果

表２．各レーンのサンプル

レーン	サンプル名	レーン	サンプル名
1	GMO＋の対照実験	5	日本製コーンスナック
2	GMO－の対照実験	6	動物飼料 B
3	米国製コーンスナック	7	分子量マーカー(M)
4	動物飼料 A		

表２，図６より、レーン 3～6 のうち、3、4 が GMO 遺伝子を含む（GMO+）ことがわかった。レーン 6 は GMO-であるが PS II の反応も見られなかったため、PCR 反応が上手くいっていないと考えられる。

３－４．輸入トウモロコシの現状を踏まえた問題点の把握と提案(発表)

１）課題

これまでの授業、実験等を踏まえて以下の課題(図７)に取り組んだ。なお、この課題の評価規準は本校 SS 理科の観点 IBMYP 評価規準 F「科学の影響の振り返り」を用いた。

課題 1. 日本の GM 政策と実情　　年　組　番　氏名

GM トウモロコシを中心に日本の GM の輸入・消費・流通に関してどんな問題点が浮き彫りになったかを分析的に述べよ。また、解決に向けての方策を提案せよ。

次週、22 日（火曜日)、授業内に発表の時間を設ける（一人２分)。字数制限は設けない。

パワーポイントを用意して良い。(分析・発想・論理的視点とプレゼン力で評価)

図７．課題：日本の GM 政策と実情

２）生徒発表概要

表３．生徒の発表における主たる提言

１．農業振興	
A さん	国内食料自給率を上げるために農業の活性化に向けた政策転換を。
B さん	農地の有効活用で輸入に頼っているダイズやトウモロコシの自給率を上げる。
２．環境への影響	
C さん	輸入にともなう環境負荷(CO_2消費)への懸念。環境保全と食料生産・消費の両立を目指した政策を。
D さん	GM の生物多様性への影響、特に野生種との交雑による「遺伝子汚染」が懸念される。野生種と交雑できない遺伝子や、マーカー遺伝子を組み込むことで、野生種との交雑を防ぎ、発見を容易化。
３．食品表示について	
E さん	GM 混入率をより厳密に提示する(リアルタイム PCR 法による定量的検知)。
F さん	食用油を含めた全食品の GM 使用の有無を申告制により義務づけ、消費者の選択の権利を尊重。法整備を含めた実現可能の議論も必要。
G さん	日本ではメディアの影響力が大きい。消費者が科学的リテラシーを持ち、客観的判断をすることが必要る。
H さん	GM 食品を不安視する消費者は多いが、不安の根拠があいまいである。科学的リテラシーの育成が必要。
I さん	日本の大学生の GM 食品、遺伝子に関する知識不足という調査報告に見られるように、科学的リテラシーの育成が急務。

生徒の発表における主たる提言は表３のとおり、大きく３つに分類される。「1. 農業振興」を解決策として掲げた生徒達は、そもそも日本の食料自給率が低く、輸入に頼らざるを得ない状況を解決するために国内農業の振興に着目した。A さんは病害虫の対策、B さんは農地の有効活用について挙げた。両者とも農業の「担い手」の視点が不足していたが、質疑応答の中で、学校教育で農業体験充実させ、農業従事者の育成に結び付けるという提案をした。

「2. 環境への影響」では、GM 植物を運搬した際に、零れ落ち、野生種と交雑がおこることへの強い懸念があることを示し、対策として、多品種との交雑を防ぐ遺伝子組換え体を作成すること等を提案した。この問題については、GM ナタネについて国内でもすでに調査、対策が実施されており、特に港湾付近では植生調査等によって監視されているが中部地域では GM ナタネが継続的に増えており、発芽、生育後に在来種との交雑したことも確認されている。[6] 引き続き、環境影響評価の中で、スタック系統だけでなく、不稔性の組換え体が求められる可能性もある。

最後に最も多かったのが「3. 食品表示について」についてであった。消費者庁によると、現在、遺伝子組換え表示が義務付けられている品目は、大豆、とうもろこし、ばれいしょ(ジャガイモ)、なたね、綿実、アルファルファ、てん菜、パパイヤの８農産物とこれらを原材料とした納豆、豆腐、スナック菓子等の 33 加工食品群である。一方で、現在の最新術を用いても最終製品において組換えDNA 等が検出できない品目(大豆油、しょうゆ、コーン油、異性化液糖等)については、義務表示の対象外となっている。この表示義務は国によって異なり、 韓国やオーストラリア等は日本と同様であるが、EU では、DNA 等の検出の可否にかかわらず、表示が義務付けられている(表４)。また、遺伝子組換え作物は生産から流通のラインで分別管理が行われるが、意図せず混入する場合がある。遺伝子組換え作物が非遺伝子組換え作物のラインに混入する割合を「意図せざる混入率」といい、混入率が一定の割合を下回る場合は表示対象とならない。この基準も国によりそれぞれ異なっており、日本では５％、EU では 0.9％である。 なお、米国については、現在のところ、詳細は不明である。[7]

こうした背景を踏まえつつ、生徒の一部は日本の現在の表示制度では消費者の選択の自由を制限することになるとして、技術的、法的側面からより厳密な検査と表示を求める意見を提示した。一方、GM 食品を回避したいという消費者の「曖昧な不安感」を問題視する意見も出た。後者については、不安の背景には理解不足だけでなく安心・安定を求める傾向が強い日本人の精神性など、文化的な側面の関わりを示唆する指摘も見られた。

表４．各国の遺伝子組換え表示基準 [7]

	DNA・タンパク質が検出できるもの	DNA・タンパク質が検出できないもの	意図せざる混入率	表示義務の原材料の範囲
日本	○	対象外	5%	原材料の重量に占める割合が高い原材料の上位3位までのもので、かつ、原材料及び添加物の重量に占める割合が5%以上であるもの
韓国	○	対象外	3%	全ての原材料
オーストラリア・ニュージーランド	○	対象外	1%	規定なし
EU	○	○	0.9%	規定なし

※米国については、遺伝子組換え食品表示法に基づく表示基準が同法施行（平成28年7月）から2年以内に制定されるため、平成29年4月時点では、義務表示の対象範囲等は不明。

注）各国のホームページ等を基に消費者庁が作成。

3．遺伝子組換え食品の社会的受容と現実

1）日本の食糧政策とその現状―海を渡る膨大な量のトウモロコシ―

佐野・山田ら[8]は、遺伝子組換え由来の食品に対する「感覚的な反発」に懸念を示すとともに、市民が科学に対する「絶対安全」を求めるよりも、対象技術を理解し、リスクとベネフィットの収支計算に基づく判断の必要性を述べている。しかし、知識さえあれば消費者の「感覚的な反発」あるいは「感覚的な賛成」が解消されるわけではない。日本における調査（大卒以上対象）においても，バイオテクノロジーの受容に際して，リスク―ベネフィットといった視点よりも，倫理的・道義的認識の方が強い影響を持つといった知見が示されている。[9]

以上のような遺伝子組換え食品の社会的受容を取り巻く状況下で、日本の食糧供給においては見、GMO がほぼ完全に排除されたように見える。しかし現実には、穀物の輸入元である米国の農地ではトウモロコシ、大豆の 90%以上が GMO におきかわっており、当然一部の加工食品を除き、日本に輸入されるトウモロコシのほとんどが GMO であることがわかる。これらは、家畜の飼料や油、デンプン、還元糖など見えない形で消費されており、前述のように日本は年間輸入量 1500 万トンに及ぶ世界有数の GMO 消費国となっている。しかし今や、家畜の飼料のみでなく糖類や油に姿を変えてあらゆる加工食品、ソフトドリンク、ファーストフードなどに必要不可欠な素材となっている。[10]

日本での知られざる GMO の大量消費は表示制度に基づく消費者の選択する権利と裏腹の現実を生み出している。しかし日本が戦後とってきた食糧の輸入依存体制を根本から変えることは難しく、現実には米国への依存体制が崩れると日本は未曾有の危機的状況に陥ることが予想される。

2）生命環境科学に期待される食糧と環境の両立を目指すイノベーションを目指して

20 世紀以降爆発的に増加した世界人口は、現在 77 億人であり、2050 年には 100 億に達すると見積られる。試算に寄れば、この時点で、地球の全人口の胃袋を満たすためには理論上、耕地面積が 1.6 倍必要になり、現実的に不可能な数値である。

そもそも 20 世紀末からの人口爆発をもたらしたのは 1960 年に開発されたハーバー・ボッシュ法による化学肥料の大量供給であり、肥料に適した品種を選抜する育種や灌漑、農薬開発が飛躍的食糧増産をもたらし、人口の増加の引き金になったと考えられている。

現在のような化学肥料と農薬の大量投与による灌漑農業の継続は環境負荷のさらなる増大の懸念をもたらす。少ない養分と水で収量が高く、病気に強い品種、干ばつ耐性、耐塩性品種の開発は喫緊の課題である。

人類は今「全ての人を飢えさせることなく、如何に環境を守るか」という非常に難しい目標に向けて舵取りをしなければならない待った無しの状況に立たされている。

参考文献

1） 高等学校学習指導要領（平成 30 年告示）解説
2） 笹川由紀、小野道之（2008）「遺伝子リテラシー教育における高等学校等での教育目的遺伝子組換え―実験の普及と教材キットの有効性について―」*科学教育研究* 32 巻 3 号 p. 216-229
3） 川勝　博（2009）「何のためにすべての人に科学リテラシーが必要か」*学術の動向* 14 巻 4 号 4_14-4_19，公益財団法人日本学術協力財団
4） 消費者庁食品表示企画課「遺伝子組換え食品の表示制度をめぐる情勢」平成 29 年 4 月 https://www.caa.go.jp/policies/policy/food_labeling/other/pdf/genetically_modified_food_170426_0003.pdf (2021/9/15 取得)

5） 山田康之・佐野　浩（2004）「遺伝子組換え植物の光と影」第５刷．学会出版センター
6） Nobuyoshi Nakajima, Toru Nishizawa, Mitsuko Aono, Masanori Tamaoki, Hikaru Saji (2020) Occurrence of spilled genetically modified oilseed rape growing along a Japanese roadside over 10 years, *Weed Biology And Management*, Vol. 20, Issue 4, p. 129-161
7） Miki Sakamoto, Etsuji Yamaguchi, Tomokazu Yamamoto & Kazuya Wakabayashi, (2021) An intervention study on students'decision making towards consensus building on socioscientific issues, *International Journal of Science Education*, VOL.43, NO. 12
8） 筑波大学 T-PIRC 遺伝子実験センター資料（2017）
9） 標葉隆馬（2016）「政策的議論の経緯から見る科学コミュニケーションのこれまでとその課題」*コミュニケーション紀要*, 27, p. 13-29
10）プレジデントオンライン https://news.infoseek.co.jp/article/president_50901 (2021/9/15 取得)

Social Acceptance for Genetically Modified foods

－Classroom Practice of Literacy Education for Multidimensional Understanding－

Abstract

In today's society, we need scientific literacy not only to understand the principles of science and technology, but also to make decisions such as the issue of nuclear power plant or Covid-19 vaccination. In this class, focusing on Genetically Modified Food, we intend to promote multifaceted understanding of science and society. We were particularly conscious of the following three points: 1) scientific analysis and evaluation of experimental data, 2) understanding technology from a broad perspective with a scientific viewpoint at the core, 3) How to maintain the environment and ensure that no one goes hungry in the face of a growing population. The arguments the students made will be introduced along with the various issues facing GM technology.