HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	分子生物学分野のELSI, RRI を学ぶきっかけはどうつくられているのか ： 後期中等教育における日英教科書の言説分析
Author(s)	西, 千尋; NISHI, Chihiro; 藤垣, 裕子 他
Citation	科学技術コミュニケーション, 31, 77-94
Issue Date	2022-09
DOI	https://doi.org/10.14943/104236
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/86688
Type	departmental bulletin paper
File Information	JJSC31_077-094_NishiC.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

論文

分子生物学分野の ELSI，RRI を学ぶきっかけはどうつくられているのか
～後期中等教育における日英教科書の言説分析～

西 千尋[1]，藤垣 裕子[1]

Providing Opportunities for Cultivation of Scientific Literacy about ELSI and RRI of Molecular Biology: Discourse analysis of upper secondary education textbooks of Japanese and the UK

NISHI Chihiro[1], FUJIGAKI Yuko[1]

要旨

近年分子生物学における研究は急速に発展している．それらの成果からは恩恵もあるが，適切な運用への反省もある．その議論のためにも，倫理的・法的・社会的課題（Ethical, Legal and Social Issues：以下，ELSI と記す），責任ある研究・イノベーション（Responsible Research and Innovation：以下，RRI と記す）が重要になっている．そして更なる適切な議論のために，ELSI，RRI に関する科学コミュニケーションや，研究者養成にあたり重要な高等教育をはじめ，様々な教育段階における科学教育を活用したリテラシー涵養が重要である．

本研究では多様な学校段階の中でも高等教育の準備段階という役割もある，後期中等教育課程に着目した．そして，どのような ELSI，RRI 教育のきっかけがあるかということを，教育で必要不可欠な教科書の分子生物学における ELSI，RRI の内容を含む箇所の言説分析と，言説の順接関係（支持関係）の可視化を用いて検討することを目的とした．分析の結果，日本の教科書では ELSI，RRI への言及があるが，自己決定言説が伴う支持関係の出現回数が英国と比較し少ないことが判明した．一方で英国の教科書では，分子生物学と社会に対しての自己決定に関する言説及び支持関係が多く紹介された．これらの結果から，日本の教科書では ELSI，RRI の紹介に留まり，自分のこととして考える機会の提供は少ない可能性が示唆された．そして英国の教科書では各々の倫理観を涵養し，自分のこととして議論できる人材を養成しようとする傾向があることが示唆された．

キーワード：科学教育，分子生物学，ELSI・RRI，後期中等教育，教科書

ABSTRACT

Research and innovation in the field of molecular biology have increased recently. While people benefit from such progress, they also reflect on whether appropriate use is made of these scientific developments. For a deeper discussion, it is important to take ethical, legal, and social issues (ELSI) and responsible research and innovation (RRI) into consideration and to cultivate literacy about ELSI and RRI through science communication and education. Focusing on upper secondary education,

2021年12月27日受付　2022年 7 月27日受理
所　属：1. 東京大学大学院総合文化研究科
連絡先：nishi-chihiro0126@g.ecc.u-tokyo.ac.jp

having a purpose of a stepping stone to higher education, where future researchers are trained, this study examines opportunities for ELSI and RRI education in biology and science textbooks used by senior secondary schools in Japan and the UK, using a content and copulative conjunctions analysis. The results showed that introductions to ELSI and RRI exist in Japanese biology textbooks, but they contain fewer copulative conjunctions related to self-determination compared to textbooks used in the UK. We conclude that, while Japanese textbooks provide introductory material related to ELSI and RRI, they offer few opportunities to inspire self-determination. In comparison, the UK textbooks introduce a greater variety of ideas and values related to the relationship between molecular biology and society. We suggest that an opportunity exists for Japanese biology textbooks to encourage students' self-determination.

Keywords: science education, molecular biology, ELSI/RRI, upper secondary education, textbook

1. はじめに

科学技術関係の研究およびイノベーションは，人々の生活をより良いものにするために利活用され，行政や社会からの期待は膨らんでいる（山口 2019）．例えば分子生物学分野では，遺伝子や幹細胞研究の成果が医療，農業などの業界をはじめ，社会に恩恵をもたらしている．一方で，バイオテクノロジーを用いた研究の成果や，遺伝子組換え生物，ゲノム編集生物，幹細胞研究などへの倫理的議論や生物多様性，安全性についてのリスクに関する議論（Bhatti et al. 2019; 松尾・立川 2019; MacPherson and Kimmelman 2019）の重要性が指摘されている．これらの議論では，ELSI や RRI に関する問題意識や視点が重要になる場合が多い．

その ELSI，RRI への興味と視点の涵養は現在，研究者を養成するにあたって，専門教育に加えて重要になっている（標葉 2020）．その研究者養成のための教育は，多様な高等教育の役割の中の 1 つである．そして，高等教育の準備期間としての役割も持つ後期中等教育における科学教育は，ELSI，RRI に関するテーマの基礎にふれる機会を与える機能があるという点で重要である．

このような状況に対して，科学教育は ELSI, RRI に関する意識の涵養にどのように貢献するのか．この問題意識のもと，本研究では科学への視点や感覚を身につけるという点で科学コミュニケーションと同様の役割をもつ科学教育，特に学校で実施される科学教育で，ELSI や RRI について生徒が学ぶきっかけがあるかということを言説分析を用いて検証することを目的とした．科学教育の中でも後期中等教育課程の分子生物学に関する教科書に注目し，その ELSI や RRI に関わる視点を扱った記述の特徴を検討した．さらに日本の教科書と，科学技術と社会の関係についての内容を含んだ科学教育を行うことで知られるイギリスの後期中等教育課程における教科書の記載内容を比較し，それぞれの国での ELSI および RRI 教育のありようを検討した．

2. 背景及び先行研究

2.1 分子生物学における ELSI，RRI

ヒトの有する全ての遺伝子を解読したヒトゲノム計画（NIH 2003）では，その立案当初，ジェームズ・ワトソンがアメリカの国立衛生研究所からの助成が必要であると述べると同時に，倫理的な議論の必要性を主張した．これが ELSI という概念の起源である．ELSI は，このように分子生物学の事例から発展し，現在ではナノテクノロジー，人工知能（Artificial Intelligence：AI），磁気共鳴

機能画像法（Functional Magnetic Resonance Imaging：fMRI）など，様々な分野で言及されている（吉澤 2013）．

分子生物学の文脈から誕生し，様々な分野で注目されているELSIであるが，この流れに加えてアップストリームエンゲージメント（科学技術の影響について，研究者だけでなく市民など多様なステークホルダーが，研究開発の上流から議論に参加する）の必要性についての議論が基盤となって（藤垣 2018），2010年頃にRRIという概念がヨーロッパで論じられるようになった（Brundage and Guston 2014; European Commission 2011）．RRIでは，応答性と変化への適応性，公開性と透明性，先見性と省察性，多様性と包摂性（Wittrock and Forsberg 2020）などが強調されると同時に，新しい科学技術が生まれようとする初期段階からの多様なステークホルダーとの議論，研究やイノベーションの創出，評価，社会に埋め込まれた時にどのようなことが起こるかという予測の実施が求められている（Stilgoe et al. 2013）．

これらのように，ELSIは生まれつつある科学技術に対する倫理的，法的，社会的課題や懸念であり，その議論は科学者に限られていることが多い．一方，RRIは科学技術を，その上流段階から様々な人や個々の考え（自己決定）を尊重しながら議論し，そして研究・イノベーションの創出，ルール策定と評価を行い，社会への運用，及び社会への影響を予測するという一連のシステムである．また，幅広いステークホルダーを巻き込みながら新たな研究・イノベーションと効果や影響を考えているということがわかる．

2.2 科学リテラシー涵養のための科学教育及び科学コミュニケーション

本節では科学リテラシーと，科学リテラシーを涵養するための活動形態である科学教育，科学コミュニケーションなど，関係する概念を整理する．

藤垣（2020）は科学技術リテラシーを，科学技術を活用する上での基礎的な能力，また，科学技術や数学に関する知識，スキル，ものの見方であり，物事を論理的に考える能力であると述べている．またBurns et al.（2003）は，科学リテラシーは世界に興味を持ち理解するため，科学の問題に対して疑問を持ちながら主張し，生活をより良くするためなど，福祉のために情報を集めて答えを出すために役に立つと述べている．

欧州委員会はSTEM（Science, Technology, Engineering and Mathematics）に関わるキャリアを実現させるため，また責任ある市民であるために，学校で行われるフォーマルな科学教育，学外で行われるインフォーマルな科学教育を学ぶことは重要であると述べた（European Commission 2015）．そのインフォーマルな科学教育は，例えば博物館（中山 2011）や動物園，食卓での会話など，放課後や休日に行われるものである（Fenichel and Schweingruber 2010）．

一方で科学コミュニケーションは，特に市民に対して科学リテラシーを涵養するために存在し，前述の科学教育は科学コミュニケーションの一種として説明されている文献もある（廣野 2020）．さらに科学コミュニケーションとみなされるものには，出張授業（大島 2020）やウェブサイト（坂東ら 2015），テレビ番組や，テレビ番組とウェブサイトのコラボレーション（吉田ら 2013），そして新聞（伊藤ら 2017）などが挙げられる．科学コミュニケーション活動は課外で行われる，もしくは見かけられることが多いことがわかるであろう．

これら科学コミュニケーション活動と科学教育とみなされる活動は互いに包含し，包含される関係にある．もしくは同一の活動形態のものとしてみなされるなど，密接な関係にあり，明確に区別が行えるものではない．さらに，科学リテラシーの涵養という共通の役割を有している．それは例えば，国内の科学教育に関する学術誌である『科学教育研究』では科学教育のみならず，科学コミュニケーションや科学リテラシーについての論文が掲載されている（美馬 2016）ことからも分かる．

2.3 科学教育

科学リテラシーを涵養するために，いろいろな地域で，さまざまな世代に対しての科学教育が検討され，実施されている．例えばザイマン（1988）は，科学教育は研究者養成のためにも重要であると述べている．磯崎（2014）は，アメリカ，欧州連合（European Union：以下，EU と記す），イギリスの学力観や科学リテラシーを分析することにより，日本の理科教育における学力観を見直した．磯崎によると，研究成果を個人が享受することに着目した科学リテラシー涵養を行うアメリカと，社会で生きていく上で必要な科学リテラシーを涵養するために，学校で科学教育を行う EU に対し，イギリスの 21 世紀から行われている科学教育では，科学リテラシーを持ちつつ，社会参加のために科学知識を活用することに注目している．さらに磯崎は，日本の理科教育では社会参加の観点から学力を見直しつつ，科学や，科学と技術の関係を振り返りながら，証拠に基づいた意思決定を行い，科学リテラシーを涵養するための知識が必要であると指摘した．笠（2020）は，日本の教科書は学習指導要領にならい，科学的知識の会得と，実験方法の理解を目標としているため，科学と社会の関係については科学による貢献に言及するのみであると主張した．

生物科目に関する高校教育については，例えば加藤が，日本の高等学校生物教科書で論じられている環境問題について報告し，教科書を分析した結果，環境教育では自然保護教育から生物多様性保全教育へ時代的変遷がされており，さらに生物多様性減退の原因の理解を求めていると述べている（加藤 2016）．さらに松田（2006）は，10 の国と地域の高等学校生物教科書の印刷面積を比較しつつ，日本の教科書は他国と比べて面積が小さいこと，そして教科書に記載されているゲノム情報という言葉は，個人情報や人権問題につながるため，ELSI の教育は重要であると主張している．

これらのように，科学教育は研究者養成のために重要であり，日本における科学教育は社会に関する側面から環境問題やゲノム情報に関して論じられていることはあるが，全体的な傾向としては重要視されていることが少ないことが示唆される．それに対し海外の科学教育では，ELSI，RRI につながる科学技術の関係や，意思決定を重視する RRI にもつながる能力の涵養も目指していることが示唆される．

2.4 ELSI，RRI 教育

さらに標葉ら（2014）は，大学院大学の教育における RRI 教育の重要性を論じている．現在では重要性に対する提言だけではなく，大学院生に対する ELSI 教育（政策研究大学院 2021）が行われている．他にも大学教員を志望する大学院生や若手研究者が対象の書籍に，ELSI が言及され（齋藤 2010），ELSI がファカルティ・ディベロップメントの内容に組み込まれていることがわかる．また，世良ら（2018）は中学校の技術科目における生物育成技術や，材料と加工，エネルギー変換，情報についての教育に関する研究をまとめている．行政，研究者，技術者，産業，市民が対等な関係性を構築した上で，協働する能力を涵養することを目指し，国内外の教育動向，日本の中学生への実態調査，実践研究などの事例をまとめ，技術科における技術ガバナンス教育研究に対する多様なアプローチを紹介している．

これらのように，様々な教育段階で ELSI，RRI 教育は重視されていることがわかる．さらに，ELSI，RRI に関する研修や教育はファカルティ・ディベロップメントや大学院でも実践されているということがわかる．また，技術と社会に関する教育研究では，様々なアプローチがあるということが伺える．

3. 本研究の枠組み

3.1 本研究の視点

以上のように科学教育と科学コミュニケーションは，市民の科学リテラシーを涵養するという共通の目的を持ち，密接な関係をもっているといえる．教科書は教育で用いるためには必要不可欠な教材であり，現場の学校ではそのすべてを取り扱えるとは限らないが，生徒への教育のきっかけにはなる．さらに環境問題に着目した高校生物の教育，および生物学や生物科目と，社会との関係性に対する重要性は論じられている．また ELSI や RRI に対する教育は様々な教育課程で重要視されている．

なによりも，ELSI と RRI という概念は未来の研究者はもちろん，感染症などが蔓延している不安定な生活を市民として生き抜くためにも重要な概念であろう．研究者養成という点で主に重要と言われている大学教育の準備期間という役割も担う後期中等教育の段階から ELSI，RRI について考えることは大切である．そして，日本の後期中等教育への進学率は今や 98%以上である．多くの人が後期中等教育を受ける時代だからこそ，不安定な生活を生き延びるためにも ELSI，RRI を教養として知るという選択肢があることは重要であるだろう．

日本の高等学校生物教科書を対象とした先行研究では，分子生物学に対する ELSI，RRI についての説明がされているのか，そしてされているとすると，どのように ELSI，RRI に関する記述がされているのかは明らかにされていない．さらに，技術やイノベーションと社会の関係がどのように述べられているのかは明らかになっていない点が多い．

3.2 本研究の目的

そこで本研究では，日本の高等学校生物教科書で ELSI，RRI についての説明がされているのか否か，されているとすると，どのように ELSI，RRI に関する記述がされているのか，技術やイノベーションと社会の関係がどのように述べられているのか，ということを明らかにすることを目的とする．これらを明らかにすることによって，ELSI，RRI 教育が，高等教育の準備期間という役割も持つ後期中等教育で，どのように生徒たちの目にふれる機会を提供するのか，そして生徒たちが ELSI，RRI について学び，それらの概念を用いてどのような科学技術について議論するきっかけがあるかどうかということがわかるであろう．

また本研究では日本の比較対象として，STEM 教育が盛んに行われているアメリカや，RRI が立案された EU に現在も加盟している国など他の国や地域などを検討し，中等教育で科学技術と社会との関係で生じる問題についての教育が従来より重視されてきたイギリスを選択した．

3.3 日本とイギリスの科学教育，教育制度

本節では，日本とイギリスの教科書を比較する前に，背景となるそれぞれの国の教育制度について述べる．

日本の教育基本法では「幅広い知識と教養を身に付け」ること，そして「生命を尊び，自然を大切にし，環境の保全に寄与する態度を養うこと．」[1] を教育の 1 つの目標とし，科学リテラシーおよび科学や自然，環境に対しての知識を持ち，倫理観を涵養することも教育目標に関連している．また学習指導要領におけるバイオテクノロジーの解説では，遺伝子に関する技術の原理と有用性を理解させることが目的であるとされている（文部科学省 2009）．ここからみるに，学習指導要領では生物工学に関わる技術に関する知識の習得を，生徒に期待していることが考えられる．また日本では 6 歳から 15 歳までの 9 年間を義務教育の期間とし，12 歳から 18 歳までの 6 年間が中等教育を受ける期間とされている．この日本での高等学校の段階は，UNESCO の教育段階フレームワークで

ある国際標準教育分類（International Standard Classification of Education；以下，ISCED と記す）[2] を用いた分類（UNESCO 2011）によると，ISCED level 3 に該当する．

用いられている教科書は，教科書の発行に関する臨時措置法によると「教育課程の構成に応じて組織排列された教科の主たる教材として，教授の用に供せられる児童又は生徒用図書であり，文部科学大臣の検定を経たもの又は文部科学省が著作の名義を有するもの」と定義されている[3]．つまり，日本の教科書は児童・生徒により用いられるためには検定が必要であるということである．その日本の教科書は学習指導要領に準拠し，4 年おきに教科書の検定が行われることが多い．

一方イギリスでは，科学技術と社会との関係で生じる問題やその懸念，解決策を自身の言葉で表現することを到達目標とするような教育が高等教育（小川 1993），および中等教育（Solomon 1980）で行われてきた．さらに，全ての子どもが科学を学ぶことにより，市民全体に共通の科学リテラシーを向上させ，急速なイノベーションに合わせた知識社会のために準備するべきである，という社会からの要請に対応し（磯崎 2014），1988 年の教育改革法制定によってナショナル・カリキュラムが導入された（日英教育学会 2017）．それ以降は，それらの反省を踏まえながら，科学と社会に関する教育は続いている．例えばイギリスで導入された 21 世紀科学コースでの科目としての「科学」は，科学の性質，そして科学と倫理や，科学に関する社会的課題を考えるきっかけになっている（笠 2020）．また，ナショナル・カリキュラムによりイギリスでの教育段階や教育制度，各教育段階における学習する教科，内容（吉田 2005）が制定されている．

イギリスでは義務教育の期間は 5 歳から 16 歳までである．5 歳から 11 歳は初等教育を受け，11 歳から 14 歳は前期中等教育，14 歳から 18 歳は後期中等教育を受ける[4]（国立教育政策研究所 2009）．さらにイギリスの義務教育ではキーステージと呼ばれる分け方がある．5 歳から 7 歳がキーステージ 1，7 歳から 11 歳がキーステージ 2，11 歳から 14 歳までがキーステージ 3，14 歳から 16 歳がキーステージ 4 と分けられる．このキーステージ 4 での ISCED での教育段階は ISCED level 3，もしくは後期中等教育（Upper Secondary Education）に該当する（OECD et al. 2015）．

これらより，日本とイギリスの高等学校，およびキーステージ 4 の教育段階は同等の教育段階であることがわかる．そのため日本の高等学校の教科書とイギリスのキーステージ 4 における教科書を用いて分析することは，2 カ国の教育段階を考慮すると，比較するうえで妥当であると考えられる．

表 1　日本とイギリスの教育年齢と期間及び ISCED level 3 の対象

比較項目	日本	イギリス
義務教育の年齢　（期間）	6 歳から 15 歳まで　（9 年間）	5 歳から 16 歳まで　（11 年間）
中等教育を受ける年齢　（期間）[5]	12 歳から 18 歳まで　（6 年間）	11 歳から 18 歳まで　（7 年間）
ISCED level 3 の対象教育機関 もしくは教育段階（及び該当年齢）	高等学校（15 歳から 18 歳）	キーステージ 4（14 歳から 16 歳）

またイギリスのナショナルカリキュラムでは，各キーステージの最終学年で全国テストを受験することが決定されている．義務教育の終了する間際の 14 歳から 16 歳までの生徒，すなわちキーステージ 4 の生徒は前期中等教育証書（General Certificate of Secondary Education：以下，GCSE と記す）の英語，数学，科学など多様な科目の受験により中等教育の修了資格を得ようとする．そして GCSE は生徒の進学もしくは就職に影響する（日英教育学会 2017）．また，イギリスでは教科書検定制度は存在しない（国立教育政策研究所 2009）．種々の教科書会社が独自に教科書を出版している．

3.4 GCSE Science Higher

キーステージ 4 の修了時に，GCSE と呼ばれる試験が行われるということは前述した．その対策のために用いる教科書は多く存在していたが，その 1 つが“GCSE Science Higher”であった．この教科書は David Brodie らにより執筆され，OXFORD UNIVERSITY PRESS から 2006 年に出版された．以下，この教科書を GCSE Science Higher（2006）と記す．この GCSE Science Higher（2006）は，前述した 21 世紀科学の考えに沿っている．金子（2018）が GCSE Science Higher（2006）の構成について報告している．GCSE Science Higher（2006）は 9 章から構成され，その中でも生物学，化学，物理学に関する章がそれぞれ 3 章ずつ存在する．それぞれ生物学の範囲では「遺伝子」,「健康」,「進化・生態」，化学は「空気汚染」,「材料」,「食物」，物理学は「宇宙」,「放射線」,「放射性物質」がキーワードである（金子 2018）.

GCSE 関連のバイオテクノロジー教育について伊藤（2008）は，シラバス，教科書，試験を俯瞰的に分析し，教科書も 2001 年，2002 年に発行されたものを分析していた．そこでは，GCSE のバイオテクノロジー項目に関して，古典的なことから最先端の技術まで網羅されていること，経済，環境，社会，倫理的問題が積極的に挙げられているということ，より多くの生徒の学習が可能となっていること，そして，日常生活にあわせた例が挙げられているということが特徴的であると述べている．

3.5 生命倫理に関わる言説に関しての方法論

本研究では教科書比較を行うにあたり，言説分析[6] のアプローチを採用する．言説分析は言説の関係を具体的に検討する手法（山口 2020）であり，そのため本研究の分析方法として妥当であると考えられる．本研究では言説分析の方法に，日比野ら（2004）を参照した.

日比野らがクローン技術に関わる政策立案のための議会での発言を言説ごとにまとめ言説分析を行っている．日比野らは「基本言説の種類」と，その小概念として「基本言説」を作成し，5 種の「基本言説の種類」と，14 種の「基本言説」を使用している．例えば,『技術をめぐる基本言説』,『生命の始まりをめぐる基本言説』,『規制をめぐる基本言説』,『自己決定をめぐる基本言説』,『事実をめぐる証拠言説』が「基本言説の種類」として挙げられる．また「基本言説」では,「科学推進言説」,「医療救済言説」,「経済的利益言説」,「自然尊重言説」,「人間尊重言説」,「生命としての受精卵言説」,「モノとしての受精卵言説」，状況に応じての規制が重要である「個別的規制言説」，原理や原則を定めることを重視する「包括的規制言説」,「官僚主義言説」,「国民的合意言説」,「自己決定言説」を挙げ，説明した.

このように日比野らは，ヒトクローンという執筆当時先端技術であったものに対し，クローン法成立過程及び日本のクローン技術に対する受容という ELSI を議論している議事録を題材に言説分析をおこなった．この方法は，議事録と教科書で題材は異なるにしても，本研究における ELSI に関する言説分析には有効であると考えられる．さらに論理の流れとも言える支持関係を分析することにより，科学技術や研究，イノベーションについての言説がどのように社会に対して影響を及ぼしていったのかという可視化が期待される.

4. 方法

まず分析対象とする日本の教科書を選択した．選択には，文部科学省が調査した教科書の採択数をまとめている記事（渡辺 2018）を参考とした．当該記事では 255,615 校から統計をとっている．9 種の高等学校の生物教科書のうち，上位 4 位に数研出版の発行する嶋田らの『改訂版　生物』（以下，嶋田ら（2018））（占有率 38.60％），第一学習社の発行する吉里らの『改訂　生物』（以下，吉里

ら（2018））（占有率 14.30％），東京書籍の発行する浅島らの『改訂　生物』（以下，浅島ら 改訂生物（2018））（占有率 14.00％）および『スタンダード生物』（以下，浅島ら スタンダード生物（2018））（占有率 12.80％）があった．これら採択数の多い 3 社 4 種の教科書の言説分析を行った．また，イギリスの教科書として日本の高校と同段階の教育課程（3.3 節参照）で使用される教科書の中から GCSE Science Higher（2006）を選択した．

次に，教科書の中から，その当時のバイオテクノロジー関係の最先端の研究や技術，及び比較的新規の技術と倫理，法，社会や，科学とそれに対する社会の動向が多く書かれている項目を抽出した．今後，この項目を「ELSI，RRI についての記載項目」と呼ぶ．この項目内の文章を一文ずつ分割した．

そのそれぞれの文を，日比野ら（2004）を参考に言説の分類を行った．言説の分類を行った結果，日比野らの言説の分類に当てはまらない言説が出てきたため，言説を追加した．さらに，追加した言説がどの基本言説に分類されるのかということを分類した．また後述する個別的規制言説の小区分を行った．

続いて，各言説で述べられている論点が各々の基本言説に当てはまるかを，機関名，人名などの固有名詞，タンパク質をはじめとする分子生物学の用語やその他一般名詞といった名詞，副詞，動詞，形容詞，形容動詞を参照しながら分類した．当てはまる基本言説を残し，当てはまらないものを削除することで整理した．

さらに助詞や助動詞，接続詞を確認しながら，順接の流れを矢印で示した．その順接の流れを支持関係と称した．またそれらの支持関係をまとめ，出現回数を数えた．さらに，支持関係の場合には「矢印の矢先に当たる部分の言説」が「矢柄に当たる言説」を支持しているというように，矢印の向きを決定し主述関係を表現した．さらに，それら矢印の隣接箇所に，支持関係の出現回数を示した．

その上で日本とイギリスの各教科書の関係をまとめ，日英比較を行った．

5. 結果

5.1 ELSI，RRI についての記載項目

ELSI，RRI については，日本の 4 種の教科書では「バイオテクノロジーの課題」，もしくは「バイオテクノロジーと人間生活」という名称の項目で論じられていた．そして ELSI，RRI については 1 種の教科書あたり 1 つの項目で説明されていた．また，GCSE Science Higher（2006）の中では，ELSI，RRI については分子生物学について記述されていた「遺伝子」がキーワードである“B 1 You and Your Genes”章の E から H までの項目に記載されていた．具体的には，E“Ethics- making decision”，F“Can you choose your child?”，G“Gene therapy”，H“Cloning- science fiction or science fact？”という項目である．

5.2 言説の分類

上記の分子生物学に関する ELSI，RRI についての記載項目における言説の分類を行った．

基本言説の種類及び基本言説が示された表 2 では，「既出」と書かれているものが日比野らの論文でも出現した基本言説の種類または基本言説であり，「新出」と書かれているものが本研究で初めて出現した基本言説の種類または基本言説を示している．さらに日比野らの論文で書かれていた言説は斜体で記し，事実をめぐる証拠言説の基本言説を除いた新出の言説は太字で記した．

言説を分類した結果，基本言説の種類では『技術をめぐる基本言説』，『知識に関する基本言説』，

表２　基本言説の種類と基本言説

基本言説の種類		基本言説	
既出/新出	種類名	既出/新出	言説名
既出	*技術をめぐる基本言説*	既出	*科学推進言説，医療救済言説，経済的利益言説，自然尊重言説，人間尊重言説*
		新出	**社会的救済言説**
既出	*生命の始まりをめぐる基本言説*	既出	*生命としての受精卵言説，モノとしての受精卵言説*
		新出	なし
既出	*規制をめぐる基本言説*	既出	*個別的規制言説，包括的規制言説，官僚主義言説，国民的合意言説*
		新出	なし
既出	*自己決定をめぐる基本言説*	既出	*自己決定言説*
		新出	なし
既出	*事実をめぐる証拠言説*	既出	なし
		新出	CF をめぐるカップルに関する言説（Elaine），Biobank に関する言説，PGD に関する言説（Bob and Sally），血液の遺伝疾患に関する事例（Zain），CF に関する事例（Paul and Kamni），遺伝子治療に関する言説（Rhys），幹細胞の使い道に関する言説
新出	**科学に対する疑義をめぐる基本言説**	新出	**科学の不確実性に関する言説，リスクをめぐる言説，個人情報保護をめぐる言説，社会的影響に関する言説**
新出	**知識に関する基本言説**	新出	**科学伝達言説，俯瞰的内容言説/一般的言説，Dolly に関する言説**

『生命の始まりをめぐる基本言説』，『規制をめぐる基本言説』，『自己決定をめぐる基本言説』，『事実をめぐる証拠言説』，『科学に対する疑義をめぐる基本言説』へと基本言説の種類は分類された．『知識に関する基本言説』，『科学に対する疑義をめぐる基本言説』は新出の基本言説の種類である．

技術をめぐる基本言説では，科学推進言説，医療救済言説，経済的利益言説，自然尊重言説，人間尊重言説，社会的救済言説へと分類された．

生命の始まりをめぐる基本言説では，生命としての受精卵言説，モノとしての受精卵言説が分類された．さらに規制をめぐる基本言説では，個別的規制言説，包括的規制言説，官僚主義言説，国民的合意言説へ分類された．

自己決定をめぐる基本言説では，自己決定言説が現れた．

また事実をめぐる証拠言説では，表２にあるように７種の言説があった．なお，ここでいう CF は嚢胞性線維症（Cystic Fibrosis），PGD は着床前診断（Preimplantation Genetic Diagnosis）の略称であり，言説の最後にあるかっこ内はその言説に出現する登場人物の名前を示している．この事実をめぐる証拠言説は全て GCSE Science Higher（2006）にて出現した言説であった．

科学に対する疑義をめぐる基本言説では，科学の不確実性に関する言説，リスクをめぐる言説，

個人情報保護をめぐる言説，社会的影響に関する言説へと分類された．

知識に関する基本言説では，科学伝達言説，俯瞰的内容言説/一般的言説，Dolly に関する言説が挙げられた．

5.3 個別的規制言説

ここで個別的規制言説について説明する．日比野らの論文ではその場の状況に応じた適切な規制に関する言説として用いられている．日本の教科書ではバイオテクノロジーの課題について議論されている項目の最後に，研究者や企業の高い倫理観を持つことへの要求，社会での議論の必要性と，社会的ルールづくりや法的なガイドラインを整備することの必要性が，浅島らの２種の教科書及び嶋田らの教科書で議論されていた．これらは，ELSI，RRI に関する個別的規制言説と考えられる．この言説は，市民主体でなく研究者や企業，研究やイノベーションを主体としたという点で特徴的であった．

表３　個別的規制言説にて用いられたキーワードや文の一部

ELSI，RRI に関する個別的規制言説のキーワード，文例	その場の状況に応じた適切な規制に関する個別的規制言説のキーワード，文例
［RRI］	
・「社会的ルールづくり」（浅島ら　改訂生物 2018）	・「管理される」（浅島ら　改訂生物 2018）
・「法律によるガイドラインの作成」（嶋田ら 2018）	・「規則」（吉里ら 2018）
・「安全性の評価」（嶋田ら 2018）	・“The HFEA interprets the laws”（GCSE Science Higher（2006））
［ELSI，RRI］	
・「バイオテクノロジーに関係する研究者や産業界が高い倫理観をもつ」（浅島ら　改訂生物 2018）	・“One of its jobs is to decide when PGD can be used.”（GCSE Science Higher（2006））
・「研究者は高い倫理観をもち,」（嶋田ら 2018）	

表３に，その個別的規制言説にて用いられたキーワードや文の一部を抽出したものの実例を一部まとめた．ELSI, RRI に関する個別的規制言説の表の中に角がっこ（[ ]）内で書かれているものは，特にそれらの言説が ELSI について書かれているものか RRI について書かれているものかを示している．明確に分類できないものには ELSI，RRI と示した．また，浅島ら 改訂生物（2018）では，その ELSI，RRI に関する個別的規制言説と分類された「社会的ルールづくり」というキーワードが含まれた文章の中に，個別的規制言説とは矛盾する「社会全体で議論」というキーワードが存在した．

5.4 新出の基本言説

ここでは，日比野ら（2004）では出現せず本研究で現れた，新出の基本言説について例文を踏まえながら説明する．新出の基本言説は事実をめぐる証拠言説を除くと，社会的救済言説，科学伝達言説，俯瞰的内容言説/一般的言説，Dolly に関する言説，科学の不確実性に関する言説，リスクをめぐる言説，個人情報保護をめぐる言説，社会的影響に関する言説の８種である．表４及び，以下の説明にて出現した主な基本言説について説明する．

本研究で用いた教科書では，カルタヘナ法などの遺伝子組換え生物の国外との流通に関すること，農業への応用などが言及されていた．そのため，医療を除いた農業などの業界や，人間を社会的に救済するような言説を「社会的救済言説」とした．例えば，嶋田ら（2018）に書かれている，「これ

表 4　新出の基本言説の名称と具体例

基本言説の名称	基本言説の説明	具体例の文章
社会的救済言説	医療を除いた農業等の業界や人間を社会的に救済するような言説	「これらの作物を栽培することで，除草剤や殺虫剤の使用を減らせるなどの利点があると考えられている.」（嶋田ら 2018）
科学伝達言説	科学的事実を伝達する．科学推進言説とは異なる言説	「インスリンなどのホルモンやインターロイキン，インターフェロンなど，医薬品として用いられる多くのタンパク質が遺伝子組換え大腸菌などによって生産されている.」（嶋田ら 2018）
俯瞰的内容言説/一般的言説	一般的に語られている言説を表したもの	・“For some ethical questions, the right answer is very clear.”, ・“For example, should you feed and care for your pet?”　（GCSE Science Higher（2006））
Dolly に関する言説	クローンヒツジのドリーについて語られている言説	“Dolly the sheep was the first cloned sheep to be born.”　（GCSE Science Higher（2006））
科学の不確実性に関する言説	科学や実験の不確実性からくる事象を言及されていたもの	“So, it is important to realize that the tests are not completely reliable.”　（GCSE Science Higher（2006））
リスクをめぐる言説	リスクに対して言及しているもの	「遺伝子組換えでできた作物や家畜，微生物で合成した医薬品，ウイルスをベクターとして用いた遺伝子治療などは，本当に人体に悪い影響はないのだろうか.」（浅島ら　改訂生物 2018）
個人情報保護をめぐる言説	ゲノム情報を個人情報として論じられている言説	「また，個人のゲノム情報は医療面で貴重な情報となる一方，究極のプライバシーでもある.」（浅島ら　改訂生物 2018）
社会的影響に関する言説	科学的な事象が社会に正ではない影響を与えるような言説	“They are worried that it could affect a person’s job prospects and chances of getting life insurance.”（GCSE Science Higher（2006））

らの作物を栽培することで，除草剤や殺虫剤の使用を減らせるなどの利点があると考えられている.」がこれに該当する．

また教科書は知識を伝達するために用いられるため，多くの科学的事実が書かれている．そのため，「科学伝達言説」を，科学的知識を伝達する言説として科学推進言説とは異なるものとして加えた．例えば，嶋田ら（2018）で記述された，「インスリンなどのホルモンやインターロイキン，インターフェロンなど，医薬品として用いられる多くのタンパク質が遺伝子組換え大腸菌などによって生産されている.」（嶋田ら 2018 より改変引用）がこれに該当する．

また，一般的に語られている言説を表したものを「俯瞰的内容言説/一般的言説」とした．例えば，GCSE Science Higher（2006）の“For some ethical questions, the right answer is very clear.”，“For example, should you feed and care for your pet?”（Brodie et al. 2006）がこれに該当する．

そして，2006 年の時点では新規技術でもあったクローン技術により作製されたクローンヒツジであるドリーについて語られている言説を「Dolly に関する言説」とした．例えば，GCSE Science

Higher（2006）で記されていた“Dolly the sheep was the first cloned sheep to be born.”（Brodie et al. 2006）がこれに該当する．この Dolly に関する言説を，事実をめぐる証拠言説でなく知識に関する基本言説に加えたことは，Dolly に関する言説が過去の日本の高等学校生物科目の教科書（本川ら 2008）で提示され，教育的側面から言及されていたことに起因する．

科学や実験の不確実性からくる事象を言及されていたものを，「科学の不確実性に関する言説」とした．例えば GCSE Science Higher（2006）で遺伝子検査の文脈で言及されていた，“So, it is important to realize that the tests are not completely reliable.”（Brodie et al. 2006）がこれに該当する．

さらにリスクに対して言及しているものを，「リスクをめぐる言説」とした．例えば浅島ら 改訂生物（2018）に記載されていた，「遺伝子組換えでできた作物や家畜，微生物で合成した医薬品，ウイルスをベクターとして用いた遺伝子治療などは，本当に人体に悪い影響はないのだろうか.」（浅島ら 2018a）がこれに該当する．ゲノム情報を個人情報として論じられている箇所を，「個人情報保護をめぐる言説」とした．例えば浅島ら 改訂生物（2018）の，「また，個人のゲノム情報は医療面で貴重な情報となる一方，究極のプライバシーでもある.」（浅島ら 2018a）がこれに該当する．加えて，科学的な事象が社会に正ではない影響を与えるような言説を，「社会的影響に関する言説」とした．GCSE Science Higher（2006）の“They are worried that it could affect a person's job prospects and chances of getting life insurance.”（Brodie et al. 2006）がその例に挙げられる．

これらの既出及び新出の言説を用いつつ，日本とイギリスの分析対象教科書における言説の支持関係を求めた．

5.5 日本の高等学校生物教科書 4 種における言説関係

日本で 2018 年に発行された高等学校の生物教科書（浅島ら 改訂生物（2018），浅島ら スタンダード生物（2018），嶋田ら（2018），吉里ら（2018））の言説の論理の流れを支持関係としてまとめた．

支持関係をまとめた結果，図 1 のようになった．矢印はその支持関係を示していて，矢印に隣接する数字は，各言説間における支持関係がその回数あったことを示している．

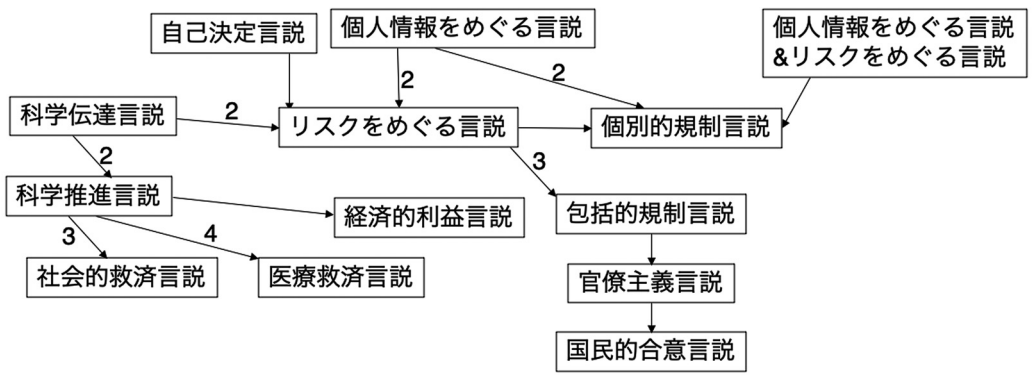

図 1　日本の高等学校生物教科書 4 種のバイオテクノロジーの課題に関する言説の支持関係

科学伝達言説は，リスクをめぐる言説と科学推進言説に 2 度支持されており，その科学推進言説は社会的救済言説に 3 回，医療救済言説に 4 回，経済的利益言説に 1 回支持されていた．つまり科学伝達言説と科学推進言説及び社会的救済言説，医療救済言説，経済的利益言説が関わる言説の支持関係が複数回現れた．

5.6 GCSE Science Higher（2006）における言説の関係

GCSE Science Higher（2006）のＢ１章“You and Your Gene”に書かれている，バイオテクノロジーについて書かれていたＥからＨまでの項目である“E Ethics- making decision”，“F Can you choose your child?”，“G Gene therapy”，“H Cloning- science fiction or science fact?”で述べられた言説の支持関係をまとめた．

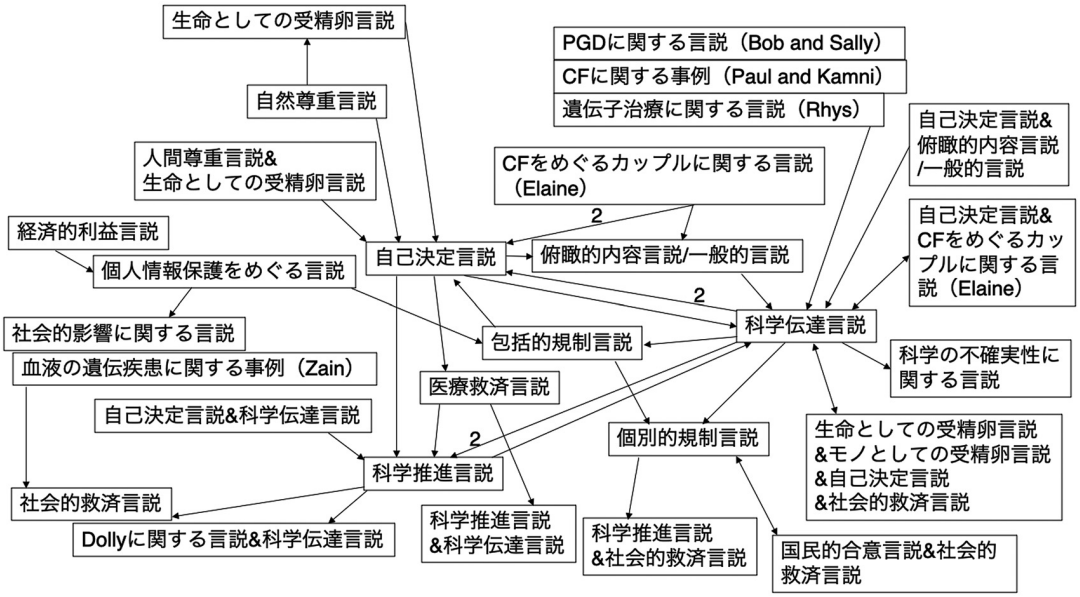

図２　GCSE Science Higher（2006）Ｂ１章のＥからＨの項目における支持関係

GCSE Science Higher（2006）のＢ１章のＥからＨまでの項目では図２のような支持関係となった．そこでは自己決定言説，科学伝達言説，科学推進言説と他の言説に多くの支持関係が得られた．

自己決定言説が科学伝達言説を２回，CF をめぐるカップルに関する言説（Elaine）を２回，生命としての受精卵言説，自然尊重言説，人間尊重言説＆生命としての受精卵言説，包括的規制言説を１回支持していた．さらに，自己決定言説は俯瞰的内容言説/一般的言説，科学伝達言説，医療救済言説，科学推進言説に支持されている．GCSE Science Higher（2006）Ｂ１章のＥからＨの項目にあった自己決定言説は９種の言説を支持し，支持されていた．

さらに自己決定言説＆ CF をめぐるカップルに関する言説（Elaine）と，生命としての受精卵言説＆モノとしての受精卵言説＆自己決定言説＆社会的救済言説は科学伝達言説とそれぞれ支持し，支持されていた．自己決定言説＆俯瞰的内容言説/一般的言説は科学伝達言説に支持されていた．自己決定言説＆科学伝達言説は科学推進言説に支持されていた．

5.7 結果のまとめ

以上の分析から調査対象である日本の高等学校生物教科書及びイギリスの科学教科書では，ELSI，RRI について説明されている項目がそれぞれに存在していることが明らかになった．

どのように ELSI，RRI が記述されているのか，分子生物学やバイオテクノロジーと社会の関係がどのように述べられているのかについて，表２から表４，図１，図２の結果をまとめる．

まず言説の分類の項目で表されたように，科学と社会，もしくは ELSI，RRI に類した多様な基本

言説があることが示唆された.

また，浅島らの２種の教科書および嶋田ら（2018）の教科書にて RRI の概念に類似した研究者の倫理観や責任，そして様々な人を迎えての議論の必要性やガイドラインの整備についての議論が記述され，ELSI，RRI に関する個別的規制言説として説明された．これらの結果から，ELSI，RRI に関して教科書で言及されていないわけではないということがわかる．しかしながら，自己決定に関する支持関係がイギリスと比べて少ないということが示唆された．このことより，バイオテクノロジーと社会の課題に対して，RRI 概念に含まれる「自分のこととして考え，決定する」ということが日本の教科書では大きな目標とされていないことが示唆された.

さらに科学技術と社会という面では，科学伝達言説と科学推進言説の支持関係，科学推進言説と社会的救済言説，医療救済言説，経済的利益言説の支持関係が複数回現れた．このことから日本の生物教科書では，有するバイオテクノロジーを，医療的に，経済的になど，さまざまな面で社会に還元し，社会の有する問題を解決するというナラティブや，社会に利益をもたらそうというナラティブが存在することが示唆された.

またイギリスの教科書では，５種の個別的規制言説に関わる関係が現れた．これは，その場の状況に応じた適切な規制に起因する個別的規制言説である．さらに自己決定言説単体が含まれる支持関係が９種，12 の関係が抽出された．また複数の言説の絡む自己決定言説を含んだ支持関係は４種抽出された．したがってイギリスの教科書では，自己決定に関する言説の支持関係が多く表現されているということが判明した．これらのことから，自己に関する意思決定のために考えさせている，もしくはそのような言説を数多く紹介して，さまざまな考え方があるということを紹介していることがわかる.

6. 考察

これらの結果から，笠（2017）が指摘しているように，日本の科学教育では科学技術と社会の関わりの議論が丁寧に行われていないということ，また，イノベーションが社会の問題を解決することを前提にしているということが示唆される．イギリスでは元来より取り組まれているように，科学技術と社会との関係で生じる問題やその懸念，解決策を自身の言葉で表現する人材を育成するという方針であるのに対し，日本ではそのような方針が希薄であることが示唆される．さらに，笠（2019）が述べている遺伝子工学などの倫理的問題を個人と社会に課題提起することが弱いこともわかる.

その理由は２つ考えられる．１つ目は，分子生物学やバイオテクノロジーと社会のことを自分のことと絡めて考え，物事を決定することが大きな目標とされていないということは，個人が新しい技術に関する議論の参加者になるという市民参加の考え方（RRI の考え方のひとつ）が，目標として設定されていない可能性があるためである．また，２つ目は，バイオテクノロジーの社会への還元は主に，社会問題解決や利益と関係づけて考えらえているためである．これらのことから日本の高等学校生物教科書では，ELSI や RRI に関わる論点について言及され，学ぶきっかけはあるものの，研究者や，研究，技術を推進する側が主体となっていることがわかる．そして生徒が主体とはなっておらず，生徒自身が自分のことと絡めて，もしくは自分のこととして考えるきっかけにはなっていない可能性があることが示唆される．将来的には主体的に考えるきっかけづくりも重要なのかもしれない.

イギリスでは，自己決定言説単体や，複数の言説が絡んだ自己決定言説が多く表現されているということから，多様な自己決定が紹介されているということが示唆された．生徒たちが教科書の内

容をもとに，多様な考えを吸収したとすると，その内容を基礎として個々人の価値観や倫理観が涵養され，自分の意見が醸成される．そして，活発に議論できる能力が生まれる可能性がある．これは，イギリスが科学と社会についての懸念や問題を自身の言葉で表現する教育をおこなっていた文脈（小川 1993; Solomon 1980）と合致する．さらに，イギリスの教科書では日本と比べ生徒主体で編まれている可能性がある，という点で新たな視点が加わったと言える．また RRI は 2010 年代にできた概念である．RRI が誕生する前からイギリスでは RRI につながる自己決定や意思決定に関する教育がされていたことが示唆される．

本研究では 4 種の日本の高等学校生物教科書と 1 種のイギリスの科学教科書を分析した．日本の高等学校教科書では ELSI，RRI についての記載項目における文の数が 4 種の教科書合計で 55 文であり，GCSE Science Higher（2006）では 284 文であった．このため，本研究で調査した日本の教科書とイギリスの教科書の文の数には不均衡がある．この文数の差はそのまま日英の ELSI，RRI への重点の置き方の差であると同時に，本研究における分析を制約している．今後本研究における分析の制約という意味では，データ量を増やすことや，ELSI，RRI についての記載項目のデータ量のバランスを考えつつ分析することを加味するという対応策があるであろう．

また，ELSI，RRI についてのガイドライン作成や社会的ルール作りに関する言説を，個別的規制言説としてまとめたが，RRI はそれ以外の多様性や包摂性など，さまざまな概念を含むため，この ELSI，RRI に関する個別的規制言説という言説の分類をさらに検討することも今後の課題として挙げられる．他の基本言説を作成することも別の選択肢として挙げられるだろう．さらに今回の分析方法が生命倫理や ELSI に関することであるという点では有効であるが，もともと議事録で用いられたものであるため，教科書分析により適した別の方法を考えることも可能であろう．

教科書が発行された年代が異なるという点からも課題が残っている．また，2022 年から新しい学習指導要領に沿った日本の高等学校教科書が流通し始め（文部科学省 2022）．生物基礎の教科書も流通し始めている（文部科学省 2021）が，今後生物科目も新学習指導要領に則った教科書が流通し始めるであろう．また，イギリスでも新しいナショナルカリキュラムが策定されている（Department for Education 2014）．そのため，新しいナショナルカリキュラムに則した生物学に関する教科書が出版されている．今後，日英ともに新しい教科書ではどのように ELSI，RRI について議論されているのかをフォローすることも必要であろう．さらに，実際にはどのように分子生物学における ELSI，RRI 教育がされているか，今後，どのような分子生物学における ELSI，RRI 教育がされるべきかという検討も必要となると考えられる．

謝辞

原稿に対して幾度となくご丁寧な意見を頂きました査読者の方々にお礼申し上げます．また，多くの有益なコメントをいただきました，東京大学の江間有沙先生に感謝申し上げます．

注

1） 総務省 2006：「教育基本法」第二条第一項，第四項
https://elaws.e-gov.go.jp/search/elawsSearch/elaws_search/lsg0500/detail?lawId=418AC0000000120
（2022 年 6 月 29 日閲覧）．

2） UNESCO では，各国で異なる教育システムをより容易に比較するため，国際標準教育分類（ISCED）が策定されている．その ISCED は教育段階を ISCED level 0 から 8 まで分類しており，3 歳未満から，博士課程までの教育段階がその中に組み込まれている（UNESCO 2011）．ISCED によると，14〜16 歳で

入学する教育段階，もしくは英語で senior secondary school, (senior) high school と呼ばれる学校段階が ISCED level 3 もしくは後期中等教育（Upper Secondary Education）に該当する．

3) 総務省 2016：「教科書の発行に関する臨時措置法」 第二条 https://elaws.e-gov.go.jp/search/elawsSearch/elaws_search/lsg0500/detail?lawId=323AC0000000132（2022 年 6 月 29 日閲覧）．

4) この後，18 歳から高等教育を受ける（国立教育政策研究所 2009）．

5) ただし，イギリスの場合は初期中等教育，後期中等教育と分類されている．

6) 言説とは，口述や文章に限らず，言葉で表現されたことを意味する．それを分析した言説分析では，文章やインタビュー調査（山口 2020），議事録（日比野ら 2004）などの内容がどのような関係を持ちながら表現されているか（山口 2020）を検討する．

文献

浅島誠ら 2018a:『改訂 生物』東京書籍.

浅島誠ら 2018b:『スタンダード生物』東京書籍.

坂東隆宏・福原舞・小菅晃太郎・鈴木昴太・笠嗣瑠・奥本素子 2015:「科学への関心が低い層を対象とした Web サイト「研究者時計」の作成・公開結果: 楽しく科学者を紹介する試みについて」『科学技術コミュニケーション』18, 17–30.

Bhatti, F., Asad, S., Khan, Q., M., Mobeen, A., and Iqbal, M., J. 2019: “Risk assessment of genetically modified sugarcane expressing *AVP1* gene”, *Food and Chemical Toxicology*, 130, 267–275.

Brodie, D., Burden, J., Campbell, P., Daniels, A., Fullick, A., Grayson, A., Holman, J., Hunt, A., Lazonby, J., Martin, J., Millar, R., Nicolson, P., Porter, C., Sang, D., Tracy, C., and Wilson, J. 2006: *GCSE Science Higher,* OXFORD UNIVERSITY PRESS.

Brundage, M. and Guston, D. H. 2014: “Understanding the movement(s) for responsible innovation”, von Schomberg, R. and Hankins, J. (eds), *International Handbook on Responsible Innovation A Global Resource*, Edward Elgar Publishing, 102–121.

Burns, T. W., O’Connor, J., and Stocklemayer, S. M. 2003: “Science Communication: a contemporary definition”, *Pubic Understanding of Science,* 12, 183–202.

Department for Education 2014: “The national curriculum in England” https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/381344/Master_final_national_curriculum_28_Nov.pdf（2022 年 6 月 29 日閲覧）.

European Commission 2011: “DG Research workshop on Responsible Research & Innovation in Europe” https: //ec. europa. eu/programmes/horizon2020/sites/default/files/responsible-research-and-innovation-workshop-newsletter_en.pdf（2021 年 12 月 27 日閲覧）.

European Commission 2015: “Science Education for Responsible Citizenship” https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/a1d14fa0-8dbe-11e5-b8b7-01aa75ed71a1（2022 年 6 月 29 日閲覧）.

Fenichel, M. and Schweingruber, H. 2010: *Surrounded by Science: Learning Science in Informal Environments*. The National Academies Press.

藤垣裕子 2018:『科学者の社会的責任』岩波書店.

藤垣裕子 2020:「第 5 章 PUS 論」藤垣裕子・廣野喜幸（編）,『科学コミュニケーション論（新装版）』東京大学出版会, 93–108.

日比野愛子・永田素彦 2004:「ヒトクローン技術の規制をめぐる政治的言説の分析」『科学技術社会論研究』3, 87–103.

廣野喜幸 2020:「第 11 章 科学教育」藤垣裕子・廣野喜幸（編）,『科学コミュニケーション論（新装版）』東京大学出版会, 203–238.

磯﨑哲夫 2014:「理科教育における学力観の再考 —比較教育史的アプローチからの示唆—」『理科教育学研究』55(1), 13–26.

伊藤哲章 2008:「イギリスの GCSE 生物におけるバイオテクノロジーに関する教育内容の特質」『生物教育』48(4) 211–220.
伊藤宏一・朴炫貞 2017:「新聞を用いた科学技術コミュニケーションの可能性: 新聞づくりワークショップ実施の試み」『科学技術コミュニケーション』 22, 35–50.
金子真理子 2018:「新たな科学教育が生まれた社会的文脈: 2000 年代のイギリスにおける Twenty First Century Science の誕生に注目して（1 研究報告）」『教員養成カリキュラム開発研究センター研究年報』17, 37–47.
加藤美由紀 2016:「高等学校生物教科書に見られる自然保護から生物多様性保全への変遷」『生物教育』56(3) 106–116.
国立教育政策研究所 2009:「第 3 期科学技術基本計画のフォローアップ「理数教育部分」に係る調査研究」https://www.nier.go.jp/seika_kaihatsu_2/risu-2-200_seido.pdf（2022 年 6 月 29 日 閲覧）.
MacPherson, A. and Kimmelman, J. 2019: “Ethical development of stem-cell-based interventions”, *Nature Medicine*, 25, 1037–1044.
松田良一（編） 2006:「5 高校「生物」教育の国際比較」『世界の科学教育 国際比較からみた日本の理科教育』明石書店.
松尾真紀子・立川雅司 2019:「食・農分野における新たなバイオテクノロジーをめぐるガバナンス上の課題—ゲノム編集技術を中心に—」『日本リスク研究学会誌』, 29(1) 59–71.
美馬のゆり 2016:「第 1 章 生涯学習施設とインフォーマル学習」日本教育工学会（監修）山内祐平・山田政寛（編）, 『イン フォーマル学習』 ミネルヴァ書房, 17–38.
文部科学省 2009:「高等学校学習指導要領解説 理科編 理数編」実教出版.
文部科学省 2021:「高等学校用 教科書目録（令和 4 年度使用）」https://www.mext.go.jp/content/20210604-mxt_kyokasyo02-000014470_4.pdf（2022 年 6 月 29 日閲覧）.
文部科学省 2022:「令和 5 年度使用教科書の採択事務処理について（通知）（令和 4 年 3 月 31 日）」https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/kyoukasho/saitaku/1384051.htm（2022 年 6 月 29 日閲覧）.
本川達雄ら 2008:『高等学校 生物Ⅰ 改訂版』啓林館.
中山慎也 2011:「出雲科学館における学校教育と社会教育の戦略的な組み合わせ: 子どもたちの意欲と能力に応じた科学才能教育として」『科学技術コミュニケーション』10, 77–88.
NIH 2003: “Joint Proclamation by the Heads of Government of Six Countries Regarding the Completion of the Human Genome Project”, https://www.genome.gov/sites/default/files/media/files/2021-02/2003_Joint_Proclamation.pdf（2022 年 6 月 29 日閲覧）.
日英教育学会（編） 2017:『英国の教育』東信堂.
OECD, European Union and UNESCO-UIS 2015; “ISCED 2011 Operational Manual GUIDELINES FOR CLASSIFYING NATIONAL EDUCATION PROGRAMMES AND RELATED QUALIFICATIONS”, http://uis.unesco.org/sites/default/files/documents/isced-2011-operational-manual-guidelines-for-classifying-national-education-programmes-and-related-qualifications-2015-en_1.pdf（2022 年 6 月 29 日閲覧）.
小川正賢 1993:『序説 STS 教育』東洋館出版社.
大島まり 2020:「第 8 章 出張授業にみる科学コミュニケーション」藤垣裕子・廣野喜幸（編）,『科学コミュニケーション論（新装版）』, 東京大学出版会, 145–157.
笠潤平 2017:「理科教育における不定性の取り扱いの可能性」本堂毅・平田光司・尾内隆之・中島貴子（編）『科学の不定性と社会—現代の科学リテラシー』信山社, 122–135.
笠潤平 2019:「市民の科学リテラシーのための教育に対する科学者・教育者のアプローチについて」『日本生理学雑誌』81, 33–38.
笠潤平 2020:「第 5 章 科学と教育」藤垣裕子（責任編集）『科学技術社会論の挑戦 2 科学技術と社会 —具体的課題群』東京大学出版会, 40–65.
齋藤芳子 2010:「第 8 章 研究のマネジメント」夏目達也・近田政博・中井俊樹・齋藤芳子（著）『大学教員準備講座』玉川大学出版会, 107–121.

政策研究大学院 2021:「ELSI 研究を基盤とした教育と，社学連携の実践を通じて“つなぐ人材”を育成」『SciREX クオータリー』16. https://scirex.grips.ac.jp/newsletter/vol16/02_2.html（2022 年 6 月 29 日閲覧）.
嶋田正和ら 2018:『改訂版 生物』数研出版.
標葉隆馬・飯田香穂里・中尾央・菊池好行・見上公一・伊藤憲二・平田光司・長谷川眞理子 2014:「研究者育成における「科学と社会」教育の取り組み ―総合研究大学院大学の事例から―」『研究 技術 計画』29（2/3），90–105.
標葉隆馬 2020:『責任ある科学技術ガバナンス概論』ナカニシヤ出版.
世良啓太・森山潤 2018:「中学校技術科における中学生の技術ガバナンス力育成に向けた研究課題の展望」『兵庫教育大学学校教育学研究』（31），223–233.
Solomon, J. 1980: “The SISCON-in-schools project”, *Physics Education*, 15, 155–158.
Stilgoe, J., Owen, R. and Macnaghten, P. 2013: “Developing a framework for responsible innovation”, *Research Policy,* 42, 1568–1580.
杉山滋郎 2020:「第 1 章 科学コミュニケーション」藤垣裕子（責任編集）『科学技術社会論の挑戦 2 科学技術と社会 ―具体的課題群』東京大学出版会，1–24.
UNESCO 2011: “International Standard Classification of Education ISCED 2011”, http://uis.unesco.org/sites/default/files/documents/international-standard-classification-of-education-isced-2011-en. pdf（2022 年 6 月 29 日閲覧）.
渡辺敦司 2018:「数学Ⅱ・B など冊数増 18 年度高校教科書採択状況-文科省まとめ （中）」『内外教育』2018 年 2 月 2 日，6642，10–15，時事通信社.
Wittrock, W. and Forsberg, E. 2020: “Using Indicators to further Responsible Research and Innovation (RRI)?”, The ISPIM Innovation Conference.
山口富子 2019:「未来の語りが導くイノベーション ―先端バイオテクノロジーへの期待」山口富子・福島真人（編）『予測がつくる社会「科学の言葉」の使われ方』東京大学出版会.
山口富子 2020:「第 2 章 先端科学技術の質的研究法」藤垣裕子（責任編集）『科学技術社会論の挑戦 3 「つなぐ」「こえる」「動く」の方法論』東京大学出版会，21–48.
吉田拓也・林一輝・松本康男・軸屋亮太・佐藤典子・田中謙一郎・朴正義・岡本美津子・村松秀 2013:「不特定多数へ向け能動的に考えることを促す科学教育コミュニケーション手法の開発: NHK「ツナガルカガク」の取り組み」『科学技術コミュニケーション』13，87–97.
吉田多美子 2005:「イギリス教育改革の変遷 ―ナショナルカリキュラムを中心に―」『レファレンス』2005 年 11 月号，99–112. https://www.ndl.go.jp/jp/diet/publication/refer/200511_658/065805.pdf（2022 年 6 月 29 日閲覧）.
吉里勝利ら 2018:『改訂 生物』第一学習社.
吉澤剛 2013:「責任ある研究・イノベーション ― ELSI を越えて―」『研究 技術 計画』28（1）106–122.
ザイマン 1988: 竹内敬人・中島秀人（訳）『科学と社会を結ぶ教育とは』産業書籍; Ziman, M. J., *Teaching and Learning about Science and Society*, Cambridge University Press, 1980.