

博士論文

分子生物学における
倫理的・法的・社会的課題の教育、
および責任ある研究・イノベーション教育の
分析

(Analysis on Education Relating to Ethical, Legal and Social Issues and
Responsible Research and Innovation in Molecular Biology)

西 千尋

目次

略語	1
第1章 はじめに	3
第2章 研究の目的	7
第3章 先行研究	8
3.1. ELSI	8
3.2. RRI	9
3.3. 分子生物学・生物学における ELSI、RRI に準じた議論	9
3.4. ELSI や RRI に類似した概念	11
3.5. ELSI、RRI に関する教育	12
第4章 研究の枠組み	15
4.1. 先行研究の問題点	15
4.2. 本研究における問題意識	15
4.3. 本研究のリサーチ・クエスチョン	16
4.4. 予期される貢献	18
第5章 Study 1 後期中等教育における生物/科学の ELSI、RRI 教育分析	19
5.1. 方法	20
5.2. 結果	23
5.3. 考察	33
第6章 Study 2 日本の高校生物 副教材における ELSI、RRI 教育分析	36
6.1. 方法	36
6.2. 結果	39
6.3. 考察	64
第7章 Study 3 高校生物教科書作成者および ELSI、RRI 研究者に対する半構造化インタビュー	68
7.1. 方法	68
7.2. 結果	72
7.3. 考察	103

第 8 章 Study 4 ELSI、RRI 教育を受けた側の分析 大学生に対する半構造化 インタビュー調査	108
8.1. 方法	109
8.2. 結果	110
8.3. 考察	127
第 9 章 総合考察	132
9.1. Study1 から Study4 までの総合考察	132
9.2. 「自分ごと」	134
9.3. 教科書と副教材の考察	135
9.4. やってしまった事件と自分ごと Study3 と Study4 の比較からみえてくること	135
9.5. 市民の背景を配慮した上でのコミュニケーション Study3 と Study4 の比較からみえてくること	136
9.6. 命の大事さ	136
9.7. 本論文全体を通しての総合考察	137
9.8. 分野への貢献	137
9.9. 今後の課題	138
9.10. 今後の展望	142
9.11. 結語	144
文献	145
謝辞	154

略語

AI : artificial intelligence (人工知能)

CE : citizenship education

CF : cystic fibrosis (嚢胞性線維症)

ChatGPT : chat generative pre-trained transformer

COP : conference of parties (締約国会議)

COVID-19 : coronavirus disease 2019 (新型コロナウイルス感染症)

CRISPR : clustered regularly interspaced short palindromic repeats

CRISPR/Cas9 : CRISPR associated protein 9

DDT : dichlorodiphenyltrichloroethane

DNA : deoxyribo nucleic acid (デオキシリボ核酸)

ELSI : ethical, legal and social issues (倫理的・法的・社会的課題)

ES : embryonic stem (胚性幹)

EU : European Unions (欧州連合)

FD : faculty development

FSC : forest stewardship council

GCSE : general certificate of secondary education

h : hour/ hours

HFEA : Human Fertilization and Embryology Authority

IBL : inquiry-based learning

iPS : induced pluripotent stem (人工多能性幹)

JST : Japan Science and Technology Agency (科学技術振興機構)

min : minute/ minutes

MOOC : massive open online courses (大規模公開オンライン講座)

NIH : National Institute of Health (アメリカ国立衛生研究所)

NIPT : non-invasive prenatal genetic test (無侵襲的出生前遺伝学的検査)

NISTEP : National Institute of Science and Technology Policy Library (科学技術・学術政策研究所)

NOS : nature of science

PGD : preimplantation genetic diagnosis (着床前診断)

RISTEX : Research Institute of Science and Technology for Society (社会技術研究開発センター)

RNA : ribo nucleic acid (リボ核酸)

RRI : responsible research and innovation (責任ある研究・イノベーション)

RQ : research question

SDGs : sustainable development goals (持続可能な開発目標)

SF : science fiction

SISCON : science in social context

SSI : socio-scientific issues

SSIBL : socio-scientific inquiry-based learning

STAP : stimulus-triggered acquisition of pluripotency (刺激惹起性多能性獲得)

STEAM : science technology engineering art and math

STEM : science technology engineering and math

STS : science, technology and society (科学技術社会論)

TA : technology assessment

TALEN : transcription activator-like effector nuclease

UNESCO : United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (国連教育科学文化機関)

URA : university research administrator

URL : uniform resource locator

UTokyo : The University of Tokyo (東京大学)

ver : version

第1章 はじめに

本論文は、分子生物学における倫理的・法的・社会的課題（Ethical, Legal and Social Issues：ELSI）教育、および責任ある研究・イノベーション（Responsible Research and Innovation：RRI）教育について、生徒・学生は、どのように ELSI や RRI もしくはそれに類似した概念を教わり、習得し、どのように自己のものとして吸収しているのかということを明らかにすることを目指した。

本論文は9章より構成される。

第1章では、本論文を概観し、本論文の構成を示した。

第2章では、本論文の目的を示す。具体的には、どのように日本では先端科学技術に対する ELSI、RRI 教育がなされているのか、どのように後期中等教育と高等教育を受ける世代が、ELSI、RRI に関連する考え方を身につけているのかということを、多様な分野も概観しつつも分子生物学を主軸として検討することを本論文の目的とする。

第3章では、先行研究をまとめる。ELSI はヒトゲノム計画をきっかけに生じ、科学技術が誕生していくに合わせどのような社会的側面における懸念が生じたのかということを議論する。そのような ELSI が、アップストリーム・エンゲイジメントとよばれる、研究開発の初期の段階からの市民参加を促す動きとあいまって RRI 概念へと発展した。このように ELSI や RRI は分子生物学から始まったが、今では多様な分野における ELSI、RRI が議論されている。ELSI、RRI 教育も同様に、多様な分野でなされ、さらに、多様な教育段階で行われている。そのような ELSI や RRI に関する概念や、ELSI や RRI に関する教育について概観する。

第4章では、本研究の枠組みを示す。第3章の先行研究のレビューから分子生物学分野における教育系出版物の ELSI、RRI 教育の分析は十分に行われていないこと、ELSI、RRI 教育の上で何が重要であるかについては、多くは明らかにされていないことが示唆された。その上で、具体的な事例として教科書や副教材における ELSI や RRI に関する議論が存在しているのか、ELSI、RRI の研究者や、科学教育に従事している教育者などはどのように問題意識を有しているのか、実際に後期中等教育の教育を受けた高等教育の学生は、どのように ELSI や RRI に関する概念を学習し、自身のものとして吸収しているのか、という問題意識をリサーチ・クエスチョンにまとめた。

リサーチ・クエスチョンは4つあり、以下のように示される。

RQ1：

- (a) 日本の高等学校で用いられている生物科目の教科書では、どれくらい、そして、どのように ELSI、もしくは RRI について言及されているのか。
- (b) 市民教育が活発なイギリスの科学教育と比べて、どのように ELSI や RRI について議論されているのか。

RQ2：

- (a) 高校生物に関する副教材では、どのような科学と社会・トランスサイエンス・ELSI・RRI に関する事例が議論されているのか。
- (b) 高校生物に関する副教材では、どのような科学と社会・トランスサイエンス・ELSI・RRI に関する問題が議論されているのか。

RQ3：

- (a) 分子生物学分野/AI 分野の ELSI、RRI の研究者、および高校生物教科書作成者は、ELSI、RRI 教育について現状と今後の方策をどのように考えているのか。
- (b) ELSI、RRI 教育に適切な年代、もしくは教育段階はどのような段階か。
- (c) 分野によってどのような類似点、相違点があるのか。

RQ4：

- (a) 大学生は、高等学校や大学での教育を受ける上で、どのように科学と社会や、ELSI や、RRI についての考えを有するようになったのか。
- (b) 大学生が、科学と社会、ELSI や RRI についての考えを涵養する上で、どのように ELSI や RRI に関する教育は貢献しているのか。
- (c) ELSI や RRI に関する教育は大学生の科学と社会などに関する考えに対して、関与しているのか。関与しているとする、どのように関与しているのか。

以上の RQ1~RQ4 のそれぞれを、Study1 から Study4 で分析した。なお、これらの Study1 から Study4 までの構造は、図 1-1 のように示される。

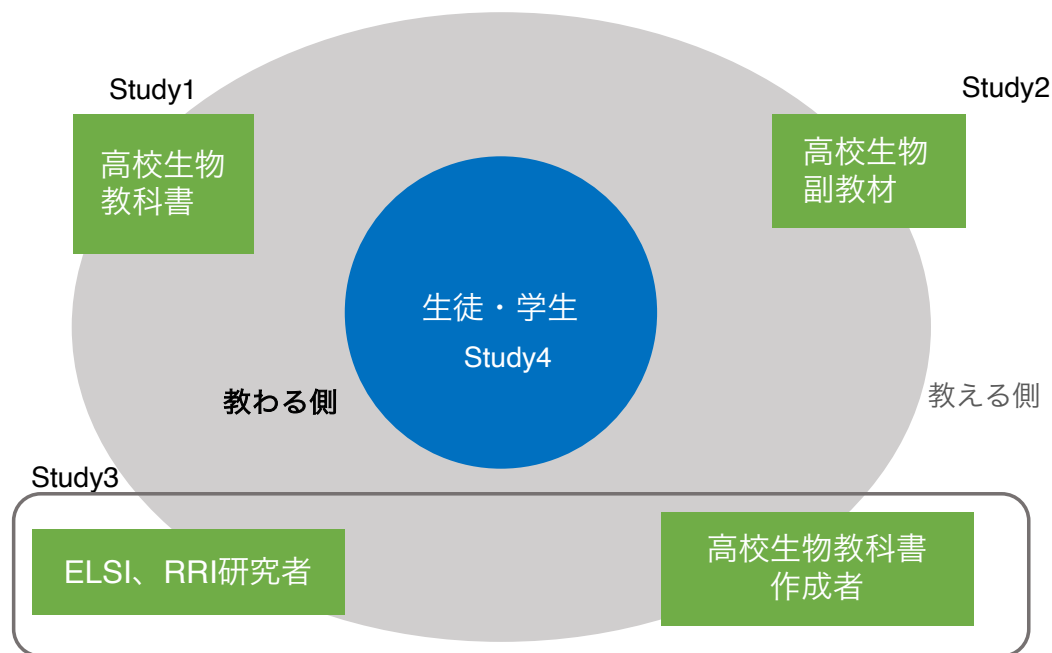


図 1-1 本論文の構成

第 5 章では Study 1 を示す。具体的には RQ1 を解明するために、日英における後期中等教育の生物、もしくは科学の教科書分析を行った。日本における分子生物学の ELSI、RRI についての記述と、イギリスにおける分子生物学についての ELSI、RRI に関する記述を比較し、分析した。5.1.では、後期中等教育課程における生物科目もしくは科学の教科書の言説分析の方法を示し、5.2.では 5.1.で述べた方法で言説分析を行った結果、どのように分子生物学における ELSI もしくは RRI の記述が存在したかということを述べた。5.3.ではその結果を受けて、ELSI、RRI に関する記述がどのように日本とイギリスで異なっていたかを示した。

第 6 章では RQ2 を検証するために、Study 2 として日本の高校生物科目の副教材における ELSI、RRI 教育の分析を行った。副教材では、どのように ELSI、RRI に関する記述がされているのか、どのような観点から記述がされているのか、そして、分子生物学と生態学ではどのように異なるのかということを検証した。6.1.では、方法を示し、6.2.に結果を示した。結果では、どのような事例が副教材で描かれていたか、どのような ELSI、RRI に関する議論が存在するか、もしくは存在しないかということを検証している。6.3.で考察を示した。

第 7 章では RQ3 の検討のため、Study 3 として高校生物教科書作成者と ELSI、RRI 研究者に対する半構造化インタビューが書かれている。分子生物学および AI 分野に関する ELSI、RRI、もしくはそれに類似したキーワードを研究している研究者と、ELSI や RRI に類似する枠組みに対して取り組んでいる高等学校の生物科目における教科書作成者に半構造化インタビューを行った。7.1.で方法を示した。7.2.でその結果を示した。7.3.では結果を受けて

考察を示した。

第8章では RQ4 の答えを導くため、Study 4 として東京大学の学士課程の在学生、もしくは学士課程の卒業生がどのように高等学校と学士課程で ELSI、RRI に関する教育を受けたのか、どのように自己のものとして昇華したのかということを、半構造化インタビューを用いて調査した。8.1.は方法を記載し、8.2.では、東京大学の学士課程在学生、および卒業生に対して、インタビューを行った結果を記している。8.3.では、これらの結果から出されたインタビュー対象者の ELSI、RRI に関する学びについて、考察を示した。

第9章は、総合考察である。第1章から第8章まで概観し、Study 相互に関連することに対して考察し、本研究における限界を述べた後、今後の RRI 教育に関する展望を述べ、本論文の結論をまとめた。

第2章 研究の目的

本研究の目的は、主に分子生物学における ELSI、RRI について、どのように日本では教育がなされているのかを明らかにすることである。そのことにより、どのように日本の教育を受ける生徒・学生、特に後期中等教育と高等教育における教育段階の生徒・学生が分子生物学を主とした先端科学技術における ELSI と、RRI の意識を身につけているのかを検討する。

先端研究や先端技術を構築する際にはさまざまな方面からその社会に関する課題について考えることが肝要である。特に分子生物学分野であると、ヒト個人のゲノムが特定されることにより生じるプライバシー問題に限らず、生命倫理、環境問題などさまざまな問題が生じる可能性がある。そのような懸念から、20 世紀終盤から 21 世紀初頭にかけて行われたヒトゲノム計画では、倫理的・法的・社会的な影響 (ELSI) に対してヒトゲノム計画にかかる研究費の 3~5% の予算がつけられた。ELSI は、このようにプライバシー問題に始まり、生態系への懸念など、新規の科学技術に対する社会からみた懸念や課題を指す。

また RRI は、ELSI の考え方と、研究の上流工程からの市民参加 (藤垣 2018) や構築的テクノロジー・アセスメント (標葉 2020) の潮流が合わさり生じた考え方である。また、RRI は研究・イノベーションに対しての先見性、省察性、多様性、包摂性、公開性、透明性、応答性、適応性が重視される (Wittrock and Forsberg 2020)。

このように、RRI の概念を構築した基礎となった ELSI は、ヒトゲノム計画という分子生物学における重要な研究をきっかけに誕生した概念である。このような、ELSI と RRI についての教育や、将来的に市民になり、また、将来分子生物学分野の研究者になりうる後期中等教育段階の生徒、高等教育における大学学士課程の学生に対しての教育が現状どのようなものかということを分析する。同時に、今後どのような教育を受け、吸収することが望ましいのか、もしくは責任ある市民として生きていけるのか、もしくは、責任ある研究者として育っていけるのかということを検討することを目標とする。そして、将来研究者を目指す人たちがどのように ELSI、RRI に関する意識や知識を涵養していけばいいのかということを考え、提案することを目的とする。

第3章 先行研究の整理

本章では、ELSI、RRI 教育を主として、先行研究を提示する。まず、ELSI、RRI の概念について説明したのちに、ELSI、RRI 教育について述べる。

3.1. ELSI

ELSI 概念が誕生したきっかけは、ヒトゲノム計画であった。

分子生物学が活発になった 1980 年頃から 2000 年代初頭にかけて、ヒトゲノム計画が企画及び実施がされた。ヒトゲノム計画は、アメリカ、ヨーロッパ、中国、日本のチームがヒトの遺伝子を分担して解読し、それらの解読情報をまとめて、ヒトの有するすべての遺伝子の情報を解明し、個体差は関係なくヒトに共通するすべての遺伝子（ゲノム）の塩基配列を解読したプロジェクトである（NIH 2003）。そのようなヒトゲノム計画が遂行しはじめた 1990 年、DNA 二重らせんを解明した一人であるジェームズ・ワトソンが社会に対する影響に関して考えるべきであり、投資が必要であるということを述べた。このことをきっかけに先端科学技術に対する倫理的・法的・社会的課題を示す ELSI という考えが誕生した。そして、ELSI に対する予算が NIH から支出された。ELSI は、このようにヒトゲノム計画を発端としている。

ELSI の考え方はこのようにアメリカで始まり、アメリカで予算が付けられたという経緯がある。イギリスでも 2002 年に予算がつけられ、日本でも JST の RISTEX から、ELSI 関連予算がつけられている¹。大学でも ELSI を主軸にした研究・教育活動を行っている部門も存在する（例えば、大阪大学（藤垣 2022）、新潟大学²、中央大学³、神戸大学（神戸大学 2023）、広島大学⁴）この ELSI の考え方から、アップストリーム・エンゲイジメント（藤垣 2018）もしくは構築的テクノロジーアセスメント（標葉 2020）と呼ばれる、市民を巻き込んだ科学技術の発達を見込んだ考え方が入り、RRI へと発展している。

¹ RISTEX 『科学技術の倫理的・法制度的・社会的課題（ELSI）への包括的実践研究開発プログラム（RInCA）について』 <https://www.jst.go.jp/ristex/funding/elsi-pg/index.html>（2023 年 11 月 15 日閲覧）

² 新潟大学研究統括機構 『新潟大学研究統括機構 ELSI センター』 <https://www.iri.niigata-u.ac.jp/business/elsi/>（2023 年 11 月 15 日閲覧）

³ 中央大学 『ELSI センター』 <https://www.chuo-u.ac.jp/research/introduction/elsi/>（2023 年 10 月 11 日閲覧）

⁴ 広島大学研究大学強化促進事業『URA 組織』 <https://www.hiroshima-u.ac.jp/ru/ura>（2023 年 10 月 11 日閲覧）s

3.2. RRI

RRI は前述のように ELSI の考え方にアップストリーム・エンゲイジメントや、構築的テクノロジーアセスメントの枠組みが入り、成立した考え方である。2011 年に行われたワークショップをきっかけに、RRI について EU で議論されるようになった (Brundage and Guston 2014; European Commission 2011)。その後、EU が Horizon 2020 と呼ばれる 2014 年から 2020 年にかけての研究に対する投資のための計画として施行された。RRI は先見性、再帰性、包摂性、応答可能性 (Stilgoe et al. 2013)、もしくは、先見性、省察性、多様性、包摂性、公開性、透明性、応答性、適応性を重視 (Wittrock and Forsberg 2020) した上で、その研究やイノベーションが社会に浸透されたときにどのようなことが起こるかということを予測しながら、未来へのケアを考える (Stilgoe et al. 2013; 藤垣 2018)。Horizon 2020 の後継に当たる Horizon Europe にも RRI は組み込まれている。

上記の ELSI、RRI とともに、分子生物学、脳科学、環境、生物多様性・生態、ナノテクノロジー、AI、自動運転、COVID-19、量子コンピュータなど、さまざまな分野で議論されている (吉澤 2013; 筒井 2022; Hess et al. 2021; 標葉 2021; 岸本、長門 2022)。

3.3. 分子生物学・生物学における ELSI、RRI に準じた議論

本節では、生物学と分子生物学について概観したのちに、それらの分子生物学や生物学に関する ELSI、RRI に準じた議論を提示する。

3.3.1. 生物学と分子生物学

生物学は、生物や生命現象、進化や遺伝などの生命の今までの過程と、現在と、行く先を検討する学問分野である (カーソン 2000)。その生命の過去、現在、未来をミクロの視点から見る分子生物学には、多様な分野が存在する。その一例が細胞生物学、分子遺伝学、分子進化学、分子発生学といったものである。これらの分野は、理学、農学、工学、医学、薬学など、さまざまな学問分野から分析することも可能である。さらに、分子生物学分野には基礎研究から応用研究、臨床研究まで幅広い研究の「上流」から研究の「下流」までの研究が存在する。

その分子生物学の中でも医農工学系といった、社会実装と比較的距離感が近い学問分野とよく結びつけられるキーワードに再生医療、合成生物学、ゲノム編集、遺伝子組換えなどが存在する。再生医療にはたとえば、iPS 細胞の活用による研究が挙げられる (Mungenast et al. 2016; Fujiwara et al. 2023)。合成生物学では、細胞や DNA、RNA を合成し、創造でき、さらに生命の起源をたどることができる (藤崎 2019; Ueda et al. 2023)。ゲノム編集では、ゲノム編集による疾患治療に近づくような研究 (Namba et al. 2021) や、ゲノム編集により、肉厚マダイや、GABA 含有トマトといった、タンパク質の産生を促進することにより、より美味しい、もしくはより栄養を効率的に摂取できる食品の作製の研究・販売がなされている (神宮司、瀬川 2021)。このように、さまざまな領域における分子生物学の発展に伴う恩恵

は大きい。

3.3.2. 分子生物学における ELSI、RRI に関連する議論

上記のように、分子生物学に関する科学技術のおかげで、人々は快適に過ごしている一面もある。ただ、ELSI、RRI や、安全性や、リスクなど、分子生物学に関する社会的な懸念に関する議論も存在する。

そのような分子生物学における ELSI、RRI に関する研究には様々な事例が存在する。大きく分けると、再生医療（MacPherson and Kimmelman 2019）、合成生物学（林 2015）、ゲノム編集（松尾、立川 2019；Nelson et al. 2021）、遺伝子組換え（小林 2007）、遺伝子検査（林 2019；武藤 2019）などが挙げられる。また、近年では、COVID-19 に関しても ELSI の観点から議論されることが出てきた（武藤 2020；標葉 2021）。また、ゲノム編集に関する ELSI の人々の認知に関する研究も存在する（Uchiyama et al. 2018）。

3.3.3. 分子生物学における ELSI、RRI に反する可能性のある事例

そのような ELSI、RRI に反する可能性のある事例も存在する。2010 年代、ELSI、RRI に反する可能性のある事例や事件は数々起きた。有名なものは STAP 細胞騒動や、ヒト受精卵に対するゲノム編集、そして議論が十分されていないままヒト受精卵に対するゲノム編集が施された結果、赤ちゃんが誕生したことである。

STAP 細胞に関する発表及び、再現性や改ざんという研究不正の騒動は 2014 年に発生し、当時理化学研究所に所属していた小保方晴子氏が矢面に立った（科学技術振興機構 2014；産経新聞 2016）。

また、2015 年に中国のチームが十分な倫理的、法的議論がなされていない中、ゲノム編集を用いたヒト受精卵への改変が行われ、問題になった（島菌 2020）。さらに、2018 年 11 月 28 日に香港で開かれたゲノム編集に関する国際会議で、CRISPR/Cas9 システムを使用してゲノム編集を施した双子の赤ちゃんが誕生したと、賀建奎（He Jiankui）氏が報告した。これに対し、開発者であるジェニファー・ダウドナ（Jennifer Doudna）氏（詫摩 2019；Isaacson 2021）や、日本でも日本学術会議（日本学術会議 2018）や、分野を問わず多くの学会（日本ゲノム編集学会 2018；日本医学会 2018；日本哲学会 2018）など、さまざまなステークホルダーからの懸念への表明や批判があった。この後、CRISPR/Cas9 やゲノム編集の生殖細胞に対する実施の一時停止（モラトリアム）が研究者らにより呼びかけられた（Lander et al. 2019）。

3.3.4. 生態学における ELSI、RRI に準じた議論

本節では、生態学に関する説明に始まり、生態学における ELSI、RRI、もしくはそれに類似した概念について論じる。

生態学は、どれだけ生物が遺伝子として、種として、生態系として多様に存在するかとい

う生物多様性を重要視している（矢原、鷺谷 2023）。この生物多様性を保全する考えが生物多様性保全である。ただ、人間活動や人間による科学技術の使用に伴って、生物多様性のアンバランスな状態にもなりうる。

さらに生物多様性や生態系の保全を考える時には、気候変動と相互作用させながら考えるという傾向にある（Pörtner et al. 2021）。その気候変動についての ELSI、RRI は多く議論されている。例えば、気候変動の対応策として行われている脱炭素化に関わる ELSI については、江守らがプロジェクトを 2020 年から実行しており、その成果として TA ノートが発行されている（脱炭素化技術 ELSI プロジェクト 2022）。

3.4. ELSI や RRI に類似した概念

ELSI や RRI に類似した概念として挙げられる例として、科学者の社会的責任、トランス・サイエンス、モラトリウムがある。

フォージ（2013）は、科学者の社会的責任については科学者は、自らの技能や能力を用いて科学技術を発達させる一方で、生活を営む市民でもある。そのため、科学者には、プロフェッショナルとしての考えの他に、「広い見方」も重要であると主張している。藤垣（2018）は、科学者の社会的責任について、製造物責任、応答責任、説明責任の 3 つから構成されていると説明している。

このような科学者の社会的責任は現在では分子生物学分野でも議論されている。その台頭が、アシロマ会議における議論である。アシロマ会議は、科学者自身が研究に責任を持つことを重視するという結論に至った。そして田中（2019）は遺伝子組換えに関する議論で生まれてきた、江上不二夫、中村桂子、渡辺格という 3 名の生命科学分野における科学者の社会的責任論をまとめた。そこで、江上は、公害により、自然と生命と人間を調和させる必要性が生じたまとめ、中村は科学コミュニケーションの重要性を論じている。また、渡辺は、研究者は研究が与える影響を予測し、前もって市民に伝える義務があると述べている。

トランス・サイエンスは、科学だけによって答えは出せない、解決できない事柄を示す（小林 2007）。また、モラトリウムは、研究に支障が生じたときに一時停止を研究者自身のもで行うことを指す。モラトリウムの最たる例が、上記の科学者の社会的責任にも関連するアシロマ会議である。アシロマ会議は 1975 年に議論され、遺伝子組換えについて研究者が自身の手で研究を一時停止をしようと決定した（Berg et al. 1975）。このアシロマ会議を参考にしたものが、2017 年に開催された AI アシロマ会議と、その会議により発表された AI アシロマ原則である。AI アシロマ原則は、AI はなにかという議論に始まり、AI 分野における ELSI や RRI に関する研究や、差別、公平性、企業における議論を求めたものである⁵。

⁵ AI Principles <https://futureoflife.org/open-letter/ai-principles/>（2023 年 11 月 20 日閲覧）

このような ELSI、RRI に類似した議論が存在する。また、分子生物学分野で議論された ELSI、RRI に類似した先端科学技術と社会についての議論が AI 分野でも援用されている。

3.5. ELSI、RRI に関する教育

上記では、ELSI、RRI や、それらの概念に通じる考え方を提示した。本節では、そのような ELSI、RRI や、ELSI、RRI に関連する概念に関する教育がどのようになされているかを概観する。

3.5.1. それぞれの教育段階における RRI 教育

ELSI、RRI 教育、もしくは RRI 教育について、幼児から大学院における教育段階まで検討されている。さらに、プレ FD・FD や社会人に向けた研修まで行われている。

Bardone らは RRI map を作成し、K-12 と呼ばれる 5 歳から 18 歳までの教育、日本でいうところの幼稚園の年長から高等学校卒業までの科学教育の従来から存在する哲学を分類した。自然科学に関する理解を深める NOS、学習者を中心に据え疑問を重要視する IBL、科学技術に関連する社会問題に着目する SSI、意思決定に参加することを誘う CE、学習者の主体性を支える SSIBL といった科学教育に関する概念を RRI と紐づけて教育的価値に着目した (Bardone et al. 2023)。さらに、新設学校の教育カリキュラム設計における RRI 概念がどのように導入されているかということを Deppler and Aikens (2020) は文献調査により分析した。分析の結果、学習者が専門的知見を学び、参加型の授業を経験することが、学習者が RRI に関して有効的に学べるということを明らかにした。

中学校における科学と社会に関する教育では世良ら (2018) が技術科で様々なステークホルダーが対等な関係性を構築し、議論する能力を涵養するための、技術科における問題点をまとめた。その問題点は、そのような能力を養成するための重要な因子が不明瞭であり、新規技術を産出する際にリスクを中学生が十分に判断できないということ、そして、それらの問題点を理由に、体系的に教育できないと指摘した。

高等学校では、福井県立藤島高等学校がその高等学校独自の研究のおもしろさや科学技術の影響を伝える副教材を発行している。その副教材では、現代文のように、科学技術や、研究、そして科学技術と社会に関する多様な著作が紹介され、文章も掲載されている (福井県立藤島高等学校教養テキスト編集委員会 2018; 教養テキスト編集委員会 2023)。さらに文部科学省が発行した高等学校で使用する放射線についての副読本と、高等学校における放射線に関する教育の実践を比較する分析を実施した。その結果、放射線影響では、教育実践が高等学校における教育で要求される段階に到達していたことが判明した (石川 2013)。さらに、後藤 (2020) は福島における原発事故の後に文部科学省により発行された放射線に関する副読本の分析を行っている。2011 年、2014 年、2018 年に発行された中学生、もしくは高校生向けの副読本を比較し、2018 年に発行されたものでは放射線の「利用」という文言が多く共起しているという結果が導かれ、そのような放射線の利用に関して肯定的に見

られている状況について教育に関するステークホルダーが議論することが重要であると主張した（後藤 2020）。また、遺伝子組換えやゲノム編集におけるリスクと便益に関する教材作成と学習効果に関する検証を行い、学ぶ側の有する遺伝子組換えに関するリスクと便益に関する先入観がゲノム編集に関する見方にも影響するということを明らかにしている（山本ら 2019）。

高大連携に着目すれば、大辻ら（1997）は、大学の小論文科目の入試における STS に関する問題の内容を分析している。総合系の学部、人文・社会科学系の学部、自然科学系の学部、芸術系などの学部における小論文の問題を分析した。その小論文における問題には、科学技術と社会に関する問題や科学者や技術者のあるべき姿に関する問題が存在することが示唆された。さらに、科学技術と社会との関わりの中で生じる多くの問題について多様な視点から情報収集し、受験生なりに解釈し、論理的に表現できる力を涵養することを大学が求めていると指摘した上で、そのような多様な視点からの情報収集、学ぶ側なりの解釈、論理的表現が STS 教育では重要であると主張している。

高等教育に着目する。大学学士課程における教育では、授業における ELSI、RRI に類似した概念であるテクノロジー・アセスメントや、研究倫理、科学者の社会的責任などの科学と社会に関する教育が実施されている（江間 2015）。また、大学院における教育に着目すると、大学院における RRI 教育は重要視され、（標葉ら 2014）、生命科学系の大学院生に対する、科学者の社会的責任や研究倫理に関する教育がなされている（ミッチャム 2012）。また、東京工業大学地球生命研究所では、科学コミュニケーションの手法論を学ぶとともに、研究者としての責任を学ぶプログラムが実施されている（東京工業大学地球生命研究所 2023）。

教育の他、プレ FD や FD などでも ELSI や RRI が組み込まれている。大学院生や若手研究者向けの大学教員に向けて何をすればいいかということが記されている書籍に、ELSI の重要性が議論されている（齋藤 2010）。そのほかにも、研究者向けの ELSI や RRI に関する学会内における取り組みが行われている（標葉 2017）。また、大阪大学では、MOOC を用い、オンラインで無料の企業で勤める人を対象とした ELSI 研修が開講され、基礎的なことから学ぶことが可能である⁶。

このように、ELSI、RRI 教育やそれに準ずるものは多様な教育段階や、多様な研修でなされている。

3.5.2. 分子生物学分野、生物学分野における ELSI、RRI 教育

分子生物学分野、生物学分野における ELSI、RRI 教育を論じる。

⁶ 大阪大学 MOOC プロジェクト『無料オンライン講座「ビジネスパーソンのための ELSI 入門 ―データ利活用編―」を「gacco®」にて開講します』<https://www.tlsc.osaka-u.ac.jp/mooc/2022/07/elsi--gacco.html>（2023 年 11 月 20 日閲覧）

松田（2006）では 10 の国と地域における中等教育で使用する生物教科書の印刷面積や内容を比較した結果を載せている。日本における生物科目の教科書は、他の中等教育における生物教科書と比べて印刷面積が小さく、公衆衛生や安全保障に関して十分な議論がされていないことがその結果から示された。また教科書内で言及されるゲノム情報という文言は、人権問題やプライバシー問題に関連するため、科学と社会に関する教育は重要であると主張している。

加藤（2016）は高等学校生物教科書で言及されている環境問題について議論した。1972 年から 2008 年までの期間で日本における環境教育では自然保護教育から生物多様性保全に関する教育へと変遷していると主張した。さらに加藤（2016）では生物多様性減退の原因の理解について議論していた。

さらに水町（2018）は、生態学と社会に関する教育プログラムを構築した。そして、生態学に関する社会的問題について、トランス・サイエンスとみなされる問題が多いということ、答えが出ない問題が多いと指摘する。その上で水町（2018）は、人々が集まり多様な観点からの議論が重要であると主張する。

このように、分子生物学における ELSI、RRI 教育に対して重要性についての議論がなされている。

3.5.3. AI 分野における ELSI、RRI 教育

AI 分野における RRI 教育について論じる。AI と社会に関する議論の場の設定が、様々な場面で行われている（江間 2017；2018、江間、長倉 2018）。また、AI と社会に関わる科学コミュニケーションも行われている（江間 2021）。大学ではトロツコ問題に類似した自動運転に関する倫理的問題の議論が授業内で行われ（前野 2021）、高校情報科目の平成 29 年、30 年に告示された学習指導要領解説で、情報Ⅱの科目では AI、そして AI の ELSI に関する議論がされていることが判明している（中園 2020）。

第4章 研究の枠組み

4.1. 先行研究の問題点

先行研究のレビューから、分子生物学の文脈から新規科学技術に対する社会課題である ELSI という概念が誕生したことからわかる。さらに、ELSI 概念に市民からの働きかけがなされ、先見性、省察性、多様性、包摂性、公開性、透明性、応答性、適応性を重視した RRI へと発展したことがわかる。これらの ELSI や RRI に関する議論は分子生物学分野を始め、多様な分野で議論がなされている。対して、ELSI、RRI に反する可能性のある事件や事故も生じ、ELSI や RRI に関する議論の重要性は大きい。

また、これらの概念を教える ELSI、RRI 教育は、中学校、高等学校、大学、大学院、さらには研究者に向けた研修（FD）や、企業人に向けた研修や、科学コミュニケーションも行われているということがわかる。さらに、それらの重要性に対しても議論されている。ELSI、RRI 教育を行う分野に関しても、分子生物学をはじめとして、環境に関する分野や、AI など、多くの分野に関して ELSI や RRI に関する教育が実施されており、また、研究の楽しさに関する教育もなされている。様々な世代や、ステークホルダーに対して ELSI や RRI の科学コミュニケーションや科学教育が行われるほど、ELSI や RRI が重要であるということがわかる。

しかしながら、分子生物学から ELSI の議論が始まっているにも関わらず、その分子生物学における ELSI や RRI に関する教育に対する知見が不十分である。例えば、教育系出版物における分子生物学分野に関する ELSI、RRI 教育の体系的なまとめがなされていない可能性が存在する。さらに、ELSI、RRI を教えるうえで何が必要なのかについて、あまり明らかにされていない。

また、教科書や副教材といった教育系出版物における分子生物学分野に関する ELSI、RRI 教育の体系的なまとめや教えることに際して、何が重要なのかということについてはあまり議論されていない。

4.2. 本研究における問題意識

このような先行研究の問題点をもとに、本研究における問題意識をまとめる。

本論文では、ELSI、RRI という概念をもとに、その ELSI、RRI に関する教育がどのように日本の分子生物学分野でなされているかということを検証した。

現在の日本の高等学校では、どのように先端科学技術と社会に関する教育、ELSI や RRI に関する教育が行われているのか。つまり、どのように教科書や副教材で ELSI や RRI について議論されているのか。そもそも、ELSI や RRI についての議論が存在しているのかという疑問がある。

また、目線を科学教育に従事している者、つまりは、高校生物の教科書を執筆する教育者に当てること、および ELSI や RRI を教え、研究している研究者に対しての先端科学技術と

社会に関する教育で何を大事にしているかを聞くことは肝要である。

そしてなによりも、科学技術を推進しようとする学生や、そのような科学技術を推進させたいと夢見ている後期中等教育段階の生徒や、研究者を将来の職業として希望する学生・生徒、もしくは、そのような科学技術をさまざまな側面から見ている学生や生徒は、どのように先端科学技術に関する社会の側面に関して教育を受け、どのように自身のものとして昇華しているのかということ把握しておくこと、つまり教育における一番の主体である生徒・学生の問題意識や有する知識や考えを聞き取ることは重要であろう。教育におけるステークホルダーは、政府、企業、教員、生徒・学生など、さまざまな者が当てはまる。そのステークホルダーの著作物やこのステークホルダーが有している考えを見て、その問い直しを行う。

なかでも本研究は、分子生物学に着目した。分子生物学は、ときには直接的に生命を扱い研究する分野であり、さらに、ELSI がヒトゲノム計画をきっかけに登場したように、ELSI の誕生には分子生物学が密接に関わっている。さらに、RRI は ELSI から発達した概念であると考えられる。そのような背景から、分子生物学における ELSI や RRI についての検討は重要であると考えられる。

研究者になる人数というものは人口と比べても企業、官公庁、アカデミアを含めても少なく、分子生物学に関する分野の研究者になる人数であると、なおさら少なくなるであろう。しかしながら、分子生物学分野における研究者は存在することには間違いない。また、中には生物などの生命を使用して研究する以上、社会との関わりを持たざるを得ないであろう。

そこで本研究では、分子生物学に関する ELSI や RRI について、教科書などの出版物、および、実際の教員が、どのようなことを教えているのか、教えるきっかけを与えているのか、また、分子生物学に関する ELSI や RRI を教える上で、何が重要なのか、分子生物学に関する ELSI や RRI について、どのようなことを教えることが将来的に重要なのかということについて、教員側や、教科書作成者側の視点に立ちながら ELSI や RRI 教育を分析することを試みる。さらに、それらの教育を受ける側はどのように捉えているのか、という生徒・学生の視点に立った分析を試みる。

これにより、将来的に分子生物学分野における研究者を目指す生徒や学生への RRI 教育、もしくは RRI に関するリテラシーを涵養するために重要な要因を探る。

4.3. 本研究のリサーチ・クエスチョン

本研究では以下のリサーチ・クエスチョンを設定した。

RQ1 :

- (a) 日本の高等学校で用いられている生物科目の教科書では、どれくらい、そして、どのように ELSI、もしくは RRI について言及されているのか。
- (b) 市民教育が活発なイギリスの科学教育と比べて、どのように ELSI や RRI について

議論されているのか。

この RQ1 をうけて、RQ2 では教科書より発展した内容が描写されている副教材に対して焦点を当てた。

RQ2 :

- (a) 高校生物に関する副教材では、どのような科学と社会・トランスサイエンス・ELSI・RRI に関する事例が議論されているのか。
- (b) 高校生物に関する副教材では、どのような科学と社会・トランスサイエンス・ELSI・RRI に関する問題が議論されているのか。

この RQ2 をうけて、RQ3 では実際に高校生物の教科書を作成した者や、ELSI、RRI を研究している研究者に焦点を当てた。この時、AI 分野と分子生物学分野の比較を行った。AI と比較した理由には、AI の社会的議論には、分子生物学における社会的議論を参考に行っているためである。

RQ3 :

- (a) 分子生物学分野/AI 分野の ELSI、RRI の研究者、および高校生物教科書作成者は、ELSI、RRI 教育について現状と今後の方策をどのように考えているのか。
- (b) ELSI、RRI 教育に適切な年代、もしくは教育段階はどのような段階か。
- (c) 分野によってどのような類似点、相違点があるのか。
分子生物学の何が明らかになるのかがわからない。

ELSI、RRI 教育を受けた人間に焦点を当てたのが RQ4 である。高校もしくは大学で教育を受け、科学と社会に関する知見を得た大学生に対して着目し、語りを検証する。

RQ4 :

- (a) 大学生は、高等学校や大学での教育を受ける上で、科学と社会や、ELSI や、RRI についての考えを有しているのか、有しているとする、どのように科学と社会や、ELSI や、RRI についての考えを有するようになったのか。
- (b) 大学生が、科学と社会、ELSI や RRI についての考えを涵養する上で、どのように ELSI や RRI に関する教育は貢献しているのか。
- (c) ELSI や RRI に関する教育は大学生の科学と社会などに関する考えに対して、関与しているのか。関与しているとする、どのように関与しているのか。

RQ1 について、Study1 で扱う。そして、Study1 における高校生物教科書における分析の

結果、得られた知見について、より詳細に検討するために、副教材に焦点を当てた RQ2 について、Study2 で扱う。

上記の RQ1 と RQ2 を元に検討された Study1 および Study2 については、制作物に対する分析であった。それに対して、このような教育系制作物を作成する、もしくは使用するが和の観点について検討したものが RQ3 および RQ4 と、それらの RQ を扱った Study3 と Study4 である。

RQ3 について、Study3 で扱う。RQ3 を元にした Study3 における分析は、ELSI、RRI 研究者、および高校生物教科書作成者に対する分析である。ELSI、RRI を教える側に対する分析である。

RQ4 について、Study4 で扱う。教える側に着目した RQ1~RQ3 を元にした Study1~Study3 に対し、RQ4 を元にした Study4 は ELSI、RRI を教わる側に対する分析である。

これらを通して、分子生物学における研究者を志す生徒・学生に対する ELSI、RRI 教育は実施されているのか、実施されているとするとどのように実施されているのか、ということを検証する。

4.4. 予期される貢献

さらに、本論文における分子生物学に関する ELSI、RRI 教育の予期される貢献は、STS や RRI における教育観点の視座に資するところにある。現時点では、RRI 教育に対して、Bardone ら（2023）に示されるようにどのような従来の科学教育の概念との架橋ができていくかという視座、および Deppler と Aikens（2020）に指摘されるように専門性を学び、参加型の実習を行うことの重要性に関する視座は存在していたが、具体的に個々人の学びに対する姿勢として、どのような教育が重要なのかということに対しての視点はかけていた。本研究では、RRI 教育に対して、学びに対する姿勢としてどのように個々人が向き合えば良いか、そして、そのためにはどのような教育が重要なのかということに対して、知見を新たに加えることができ、STS、RRI、科学教育分野に貢献できると考えられる。そしてその上で、将来的に分子生物学分野の研究者を目指す生徒や学生が、どのように RRI を学べばいいのかということに対して、知見を提供できれば、つまり、個々人の RRI への学びに対して貢献ができれば、これ幸いである。

第5章 Study1 後期中等教育における生物/科学の ELSI、RRI 教育分析

本章では、RQ1 を分析する。RQ1 は、以下の

RQ1 :

- (a) 日本の高等学校で用いられている生物科目の教科書では、どれくらい、そして、どのように ELSI、もしくは RRI について言及されているのか。
- (b) 市民教育が活発なイギリスの科学教育と比べて、どのように ELSI や RRI について議論されているのか。

である。

また、本章の分析対象は、日本とイギリスにおける教育の指導要領に則り作成された教科書である。日本では学習指導要領、イギリスでは、ナショナル・カリキュラムと、ある程度、官公庁により制定されたガイドラインに則り、教科書は作成される。このように、日本と同様官公庁により制定された教育方針に則り制作されているイギリスの教科書を分析することにした。さらにイギリスは、元来より市民のための科学教育が活発である。さらにイギリスでは、21 世紀科学と呼ばれる、市民教育が活発に実施されていた（笠 2020）。その実施されてまもない 2006 年における教科書を選定した。

なお、結果を解釈する上で、必要となる日英の教育課程についての情報を以下に 1)、2) としてまとめる。

1) 日本における（科学）教育に関する政策と科学教育

日本での教育は現在、文部科学省により管轄されている。その日本における教育は初等教育から高等教育の中でも、後期中等教育とも呼ばれる、一般に高等学校に入ってから3年間と、その後一部の生徒が進学する大学（ここでは、4年制、もしくは6年制の大学をまとめて大学と記すことにする。）における教育が存在する。

後期中等教育では、初等教育や前期中等教育と同様、学習指導要領をもとに教育の進行が決定され、また教科書は、文部科学省が実行する教科書検定を通過したもののみが使用されることが可能である。平成30年に告示された高等学校学習指導要領解説(文部科学省 2019)では、生物学を扱う生物基礎と呼ばれる科目では、生物基礎の特徴は、生物や生物現象に関わる基礎的な内容を理解させることが特徴の一つとされている。さらに、生物と呼ばれる科目では、多様性を有しつつ共通性が持たれ、多くの生物的・非生物的要素が関与しており、さらに生物の進化によって行われているという生物や生物現象の特徴を踏まえているとされている。

高等教育やFDの中でも自分ごとは重要視されており、さらにその自分ごとにするものの困難さが議論されている（栗田 2021）。

2) 日本の科学教育

磯崎（2014）は、アメリカ、イギリス、EU の学力の考え方や科学リテラシーを分析し、

比較しながら、日本の理科教育における学力に対する観点を議論している。イギリスの 21 世紀が始まって以来実施されている科学教育では、科学に関する知識を、社会参加する際に活用するということを重視していると磯崎（2014）は述べた。それに対して日本の科学教育では、社会参加の観点からの教育や、科学技術の関係を見直すことが重要であると述べた。さらに日本における科学教育では、科学的な証拠に基づく意思決定を行えるような科学リテラシーの養成が重要であると指摘した。

笠は 2020 年に、日本の科学教育の目標について言及している。日本の学習指導要領や教科書では、科学的知識と科学や実験の手法を理解することが目標であるということを笠は述べている。さらに、科学や技術と社会の関係については、科学による貢献については、言及されているのに対し、社会からの科学技術に対する懸念に関しての議論は少ないということを示している（笠 2020）。

さらに、日本学術会議（2016）より、高校生に物理科目・化学科目・生物科目・地学科目という、多様な科目を必修とするべく、「理科基礎」と呼ばれる仮称の科目の設立が提言されている。この「理科基礎」では、生徒が広く科学を学ぶことを目的としていると同時に、社会に対して責任を持つ市民を涵養しようとしているという意識があるように示唆される。

5.1. 方法

5.1.1. 言説分析

科学技術社会論の分野では、文献を用いた分析に関する研究は、田中（2019）が、分子生物学、もしくは生命科学に関する研究者 3 名の文章を引用しながら、科学者の社会的責任論について、どのような議論がなされているか、ということを報告している。さらに青木（2022）は、省庁における報告書などの文献を用いながら、障害支援に関する歴史を分析している。このように、文献や省庁における報告書进行分析する研究は、科学技術社会論分野に限ったとしても複数存在する。

他にも、文章や口述などの表現を示す言説を分析している言説分析がある。言説分析では、議事録の言説や、文献、インタビューにおける言説を分析し、言説の関係がどのように有しているのかを検証する（日比野ら 2004；山口 2020）。山口（2009）は、言説分析を実施することにより、3つのメリットが存在すると主張する。その一つに、興味関心の強い議論やテーマに対して、個々の課題について深く検証することが可能である点があると論じている。

Study1 では ELSI や RRI といった、特有のテーマに対して分析を行うことに適する、言説分析を採用した。

5.1.2. 教科書の選定

教科書には、嶋田正和らの『改訂版 生物』（2018）、第一学習社から発行された吉里勝利

らの『改訂 生物』(2018)、東京書籍の発行する浅島 誠らの『改訂 生物』(2018)と、同じく東京書籍から出版され、浅島 誠らにより執筆された『スタンダード生物』(2018)を選定した。

選定方法について説明する。まず初めに、対象とする日本の高校生物教科書を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)を参考としながら選択した。渡辺(2018)では255,615校の後期中等教育機関から統計をとっている。出版され流通していた教科書では、9種のものが存在し、渡辺(2018)ではその教科書の採択数が示されていた。

それらの教科書の中でも採択数上位4位に、数研出版から発行された嶋田正和らの『改訂版 生物』(以下、嶋田ら(2018))、第一学習社から発行された吉里勝利らの『改訂 生物』(以下、吉里ら(2018))、東京書籍の発行する浅島 誠らの『改訂 生物』(以下、浅島ら改訂生物(2018))と、同じく東京書籍から出版され、浅島 誠らにより執筆された『スタンダード生物』(以下、浅島らスタンダード生物(2018))が存在した。Study1では、これらの採択数の多い4種の教科書における言説分析を行った。また、イギリスの教科書では、日本の高等学校と同じ教育段階の生徒への教育で使用される教科書として、David Brodie らによる2006年に出版された、“GCSE Science Higher”を選択した。

表5-1は、選択した日本とイギリスにおける生物もしくは科学の教科書に関する情報である。日本の教科書では発行年に加え、文部科学省による検定年を付記する。

表5-1 選択した日本とイギリスにおける生物もしくは科学の教科書

出版国	筆者	教科書名	出版会社	発行年 (日本の場合、 検定年)
日本	嶋田正和ら	改訂版 生物	数研出版	2018 年 (2017 年)
日本	浅島誠ら	改訂 生物	東京書籍	2018 年 (2017 年)
日本	浅島誠ら	スタンダード 生物	東京書籍	2018 年 (2017 年)
日本	吉里勝利ら	改訂 生物	第一学習社	2018 年 (2017 年)
イギリス	David Brodie ら	GCSE SCIENCE Higher	OXFORD UNIVERSITY PRESS	2006 年

5.1.3. ELSI、RRIに関わる言説分析

教科書に記されている当時のバイオテクノロジーに関係する最先端の研究や科学技術と、

社会の流れについて書かれた項目を抽出し、選択した。これを、「ELSI、RRI についての記載項目」と名づけ、文章を一文ごとに分割した。

そして、文を日比野ら（2004）を参考にしながら言説の分類を行った。日比野ら（2004）では、「基本言説の種類」と「基本言説」という2つの言説に関する概念がある。日比野ら（2004）における「基本言説」は、議論する際に出現した主要な言説を意味する。その基本言説を大まかにどのような観点からの言説なのかを分類するために日比野ら（2004）は「基本言説の種類」を作成した。この日比野ら（2004）を参考に言説の分類を行った結果、日比野ら（2004）の言説の分類に当てはまらない言説が出現した。そのため、言説を追加し、調整した。

そして、議論に当てはまる基本言説を、名詞、形容詞、形容動詞、動詞、副詞を参照しながら分類した。全ての基本言説をまずは候補として考え、各々の文に当てはまる基本言説を残し、当てはまらない基本言説を削除することによって整理した。

さらに接続詞や助詞や助動詞を確認しつつ、順接の関係にある言説の流れを矢印で示した。その順接の関係を日比野ら（2004）に倣い、支持関係と Study1 では呼ぶ。これらの支持関係をまとめ、支持関係における出現回数を数えた。さらに、それらの矢印の隣接した箇所、支持関係の出現回数を示した。そして、それぞれの支持関係を一つの図としてまとめた。これは、日本における4種の高校生物の教科書と、イギリスにおける教科書をそれぞれ支持関係の一つの図としてまとめた。その上で、日本の4種の高校生物教科書と、イギリスの科学の教科書1種の比較を行った。

5.2. 結果

5.2.1. 教科書における ELSI、RRI への言及した文の量

日本の高校生物教科書 4 種では「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、分子生物学に関する社会との関係について論じられていた。分子生物学に関する社会との関係について、教科書にもよるが写真なども交えながら 1 ページもしくは 2 ページにまたがって書かれていた。対して、GCSE Science Higher (2006) では、14 ページにまたがって書かれていた。さらに、文の数に着目すると、日本の高校生物教科書では ELSI もしくは RRI についての記載項目における文の数が 4 種の教科書の文を全て合わせて 55 文が存在していた。対して、GCSE Science Higher (2006) では 284 文の ELSI もしくは RRI についての記載項目における文が存在した。

5.2.2. ELSI、RRI に関わる言説分析

1) ELSI、RRI に関して記載されていた項目

さらに ELSI、RRI について、分析対象である日本の高校生物教科書 4 種では、分子生物学に関する社会との関係について論じられていた項目と同様に、「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言及されていた。さらに分子生物学における ELSI と RRI については、日本の高校生物教科書では、この項目以外の項目では発見されなかった。

GCSE Science Higher (2006) では、分子生物学における ELSI および RRI についての項目は、遺伝子がキーワードである “B1 You and Your Genes” という「あなたとあなたの遺伝子」と日本語では訳される名称の章の、E の項目から H の項目までで記されていた。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、自己決定を行う際の倫理的な行動に関する項目、仮想的に子どもを選択するかという思考実験をおこなう項目、遺伝子治療に関する項目、クローニングは SF なのか、事実なのかということを議論する項目である。

2) 言説の分類

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結果である、基本言説の種類および基本言説が示された表 5-2 について説明する。図表 5-2-2-1 では、「既出」と書かれているものが日比野ら (2004) の論文で出現し、Study1 でも出現した基本言説の種類または基本言説を示している。また、「新出」と書かれている基本言説の種類または基本言説が Study1 で初めて出現したものである。ここで、斜体で書かれている言説の名前は、日比野ら (2004) で出現していた言説である。そして、新出の言説は、事実をめぐる証拠言説の基本言説を除いて太字で記されている。

表 5-2 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

言説を分類した結果、基本言説を大きく分類した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』、『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』へと分類された。この中で新出の基本言説の種類は、『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』である。他の『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』は既出の基本言説の種類である。

a. 技術をめぐる基本言説

技術をめぐる基本言説では、受精卵を生命としてみなす言説である生命としての受精卵言説、受精卵を物体としてみなす言説であるモノとしての受精卵言説が細かく分類された。

b. 規制をめぐる基本言説

規制をめぐる基本言説では、事例ごとに適切に規制することが前提の個別的規制言説、原則を制定することを重要視する包括的規制言説、官僚主義言説、国民的合意言説に細かく分類された。

c. 自己決定をめぐる基本言説

自己決定をめぐる基本言説では、自己決定言説が出現した。この自己決定言説は、個々人の意見を表明する、もしくは意思決定について議論する言説を示す。「このように、これまでにない産業や医療の可能性を切り開く一方で、バイオテクノロジーの抱える問題点を指摘する声も少なくない。」(浅島ら改訂生物 2018)、“If they are at risk of having a child with a genetic disease, they may have decided not to have children.”(GCSE Science Higher 2006)、“Some people think that having this information is useful, but there are also good reasons why not everyone agrees.”(GCSE Science Higher 2006)が例文として当てはまる。

d. 事実をめぐる証拠言説

また教科書内での具体例を示す事実をめぐる証拠言説では、図表にあるように 7 種の言説が存在した。なお、言説の最後にあるカッコの中に書かれているファーストネームは、その言説の登場人物名を示している。この事実をめぐる証拠言説は GCSE Science Higher(2006)で出現した基本言説であり、日本の高校生物教科書ではそのような言説は見当たらなかった。

e. 科学に対する疑義をめぐる基本言説

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に分類された。

f. 知識に関する基本言説

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。ここの Dolly に関する言説は、クローンヒツジのドリーに関する言説である。高等学校の生物教科書にも一般的に出ている単語である。そのため、証拠言説ではな

く、知識に関する基本言説に含めた。

3) 個別的規制言説の解釈

ここでは、個別的規制言説に着目して議論する。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、研究者や企業に対して高い倫理観を持つことを誘い、さらに、科学技術に関することを社会で議論し、また、社会的にルールを策定することやガイドラインを整備することの必要性を論じていた。これは、浅島らの改訂生物、スタンダード生物と、嶋田らの教科書（嶋田ら 2018）で議論されていた。そして、日比野ら（2004）では個別的規制言説について、その場の状況に応じた適切な規制に関する言説として説明されている。よって、これらの浅島らの 2 種の教科書及び嶋田らの教科書での議論は、ELSI、RRI に関する個別的規制言説と考えられる。

表 5-3 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） ・「法律によるガイドラインの作成」 （嶋田ら 2018） ・「安全性の評価」（嶋田ら 2018） [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） ・「研究者は高い倫理観をもち、」 （嶋田ら 2018）	・「管理される」（浅島ら 改訂生物 2018） ・「規則」（吉里ら 2018） ・“The HFEA interprets the laws” （GCSE Science Higher (2006)） ・“One of its jobs is to decide when PGD can be used.”（GCSE Science Higher (2006)）

図表 5-3 は、個別的規制言説で用いられたキーワードや文、もしくは文の一部を抽出した例をまとめたものである。ELSI、RRI に関する個別的規制言説の表の中に角カッコ内で書かれている“ELSI”や“RRI”の文言は、それらの言説が特に ELSI により特徴を有しているか、RRI の特徴を有しているかを示している。明確に ELSI か RRI かを分類できないものは“ELSI、RRI”と示されている。なお、浅島ら 改訂生物（2018）で出現した「社会的ルールづくり」というキーワードが含まれた文は、ELSI、RRI に関する個別的規制言説と分類された。しかしながら、一見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。

4) 新出の基本言説

Study1 で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が出現した。表 5-4 は出現したおもな基本言説を、例文を入れつつ説明した表である。

表 5-4 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 2018a)
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 2018a)
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))
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))

本研究で用いた日本の4種の生物教科書及び、イギリスの科学の教科書では、カルタヘナ法をはじめとする遺伝子組換え生物の海外との輸出入や流通に関することや、生物の農業への援用などが言及されていた。そのため、すでにあった医療をもとに人々を救済する言説である医療救済言説とは異なる、人間や社会を救済するような言説を「社会的救済言説」と定めた。また教科書は知識を生徒に伝達するために用いられる側面がある。そのため、多くの自然科学に関する知識が記述されている。このような「科学伝達言説」を、科学的知識を伝達する言説として加えた。

また、一般的に語られている、いわゆる教養や常識に当たるものを言説として表したものを「俯瞰的内容言説/一般的言説」と定めた。そして、GCSE Science Higher が発行された 2006 年当時、新規技術であったクローン技術により作製されたクローンヒツジのドリーについての言説を「Dolly に関する言説」とした。この Dolly に関する言説を分類する際に、基本言説の種類を「事実をめぐる証拠言説」でなく「知識に関する基本言説」に加えた理由は、Dolly に関する言説が 2008 年に出版された日本における高等学校生物科目の教科書（本川ら 2008）で提示されていたためである。

実験や科学の不確実性について言及していた言説を、「科学の不確実性に関する言説」と名づけた。さらにリスクについて議論している言説を「リスクをめぐる言説」と呼ぶことにした。また、ゲノム情報を個人情報として踏まえながら議論している箇所を、「個人情報保護をめぐる言説」と名付けた。さらに、科学技術が社会に正ではない影響を及ぼすような言説を「社会的影響に関する言説」と呼んだ。

上記の新出言説について、例文は表 5-4 を参照されたい。

そしてこれらの既出及び新出の言説から、5 種の教科書における言説の支持関係を、日本の高校生物教科書と、GCSE Science Higher (2006) を別にしながら求めた。

5) 日本の高等学校生物教科書 4 種における言説の関係

日本で 2018 年に発行された高等学校の生物教科書である浅島ら 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」を支持関係としてみなし、その支持関係をまとめた。

支持関係をまとめた結果、図 5-1 のようになった。矢印はその論理の流れにもなる支持関係を示している。そして、矢印に隣接する数字は、各言説の間で支持関係がその回数存在していたことを示している。さらに矢印の向きと支持関係について、矢印の矢先にある言説が、矢柄にある言説を支持していると表現している。例えば、図 5-1 で科学伝達言説は、科学推進言説に論理が流れている。これを、科学伝達言説は、科学推進言説に支持されていると表現する。

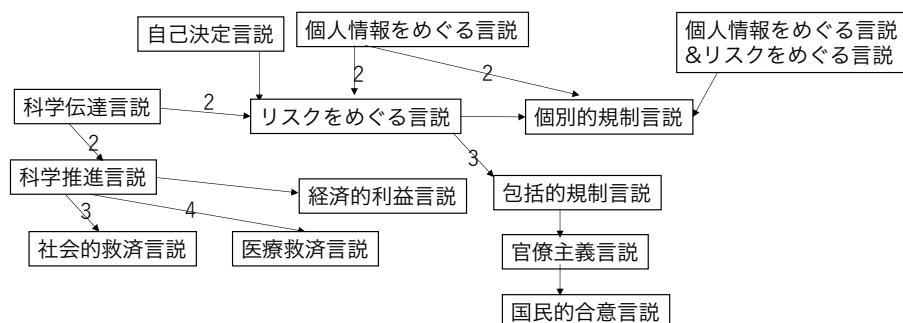


図 5-1 日本の高等学校生物教科書 4 種のバイオテクノロジーの課題に関する言説の支持関係

科学伝達言説は、科学推進言説に支持されている。さらにこの科学伝達言説は、リスクをめぐる言説と科学推進言説にそれぞれ 2 度支持されている。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、そして、科学推進言説と社会的救済言説、医療救済言説、経済的利益言説が関与する言説の支持関係が複数回現れたことがわかる。

さらに、リスクをめぐる言説に支持される自己決定言説が存在したものの、リスクに対する懸念を表明するのみであった。

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

GCSE Science Higher (2006) “You and Your Gene” に記述された、バイオテクノロジーと社会についての項目である E から H 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?”で存在していた言説の支持関係を図 5-2 にまとめた。

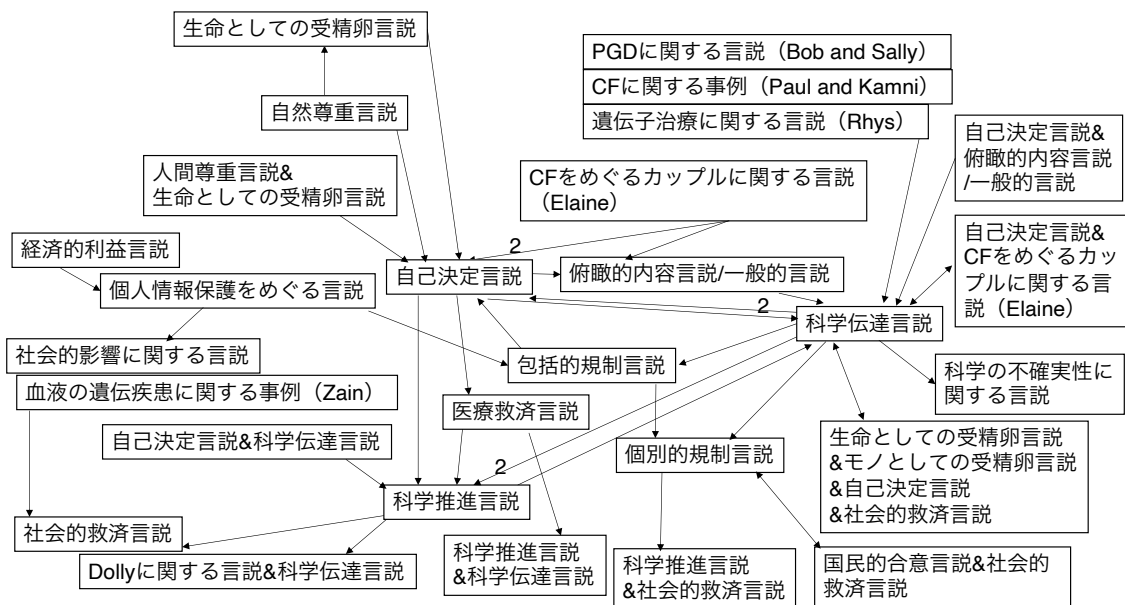


図 5-2 GCSE Science Higher (2006) における“You and Your Gene”の E から H の項目における支持関係

GCSE Science Higher (2006) における“You and Your Gene”の章の、E から H の項目に存在した自己決定言説は、9 種の言説を支持し、また、支持されていた。自己決定言説がそれぞれ科学伝達言説を 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、自己決定言説はそれぞれ俯瞰的内容言説/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た。

さらに、自己決定言説が他の言説との複合で存在していた言説については、「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」は科学伝達言説と支持し、支持されていた。つまり、相互に支持していた。「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。

5.2.3. 結果のまとめ

5.2.1.と 5.2.2.の結果をまとめると以下ようになる。

まず、基本言説の種類が 7 種と、基本言説が 27 種発見された。さらに、基本言説の種類と基本言説を示す表 5-2 で示されるように、科学と社会の関係や、ELSI、RRI に類似した多様な言説が存在するということが示唆された。自己決定言説も存在した。しかしながら日本における自己決定言説は、リスクに対する懸念を示すというものであった。

さらに浅島らの改訂生物 (2018)、スタンダード生物 (2018) と、嶋田ら (2018) に示さ

れたように、RRI に関する概念である研究者が有すべき倫理観や責任感、多様な人々を迎えての議論の重要性に関する議論がなされているということがわかり、これを「ELSI、RRI に関する個別的規制言説」と名付けられ説明された。これらの結果から、ELSI、RRI に関して教科書で言及がなされているということが示唆される。

対してイギリスの科学の教科書では、状況に応じた適切な規制に起因する個別的規制言説が5種出現した。また、自己決定言説を含んだ支持関係について、自己決定言説単体を含んだ支持関係が9種12の関係が抽出され、複数の言説を含む自己決定言説を含んだ支持関係は4種抽出された。これにより、分析対象となったイギリスの科学の教科書では、自己決定言説が絡む支持関係が多く存在しているということが示唆された。つまり、自身のことにに関して数としても種類としても多くの言説が紹介されているということがわかる。自身の事に関して決定するために考えさせる、もしくはそのような言説を紹介して、多様な価値観が存在するということを教えているということが示唆される。

このイギリスの科学の教科書と比較すると、日本の高校生物教科書では自己決定に関する支持関係がイギリスの科学の教科書と比較して少ないということが示唆された。このことより、分子生物学、もしくはバイオテクノロジーと社会との問題に関して、RRI の考え方にも内包される「自分のこととして考え、決定する」ということが日本の高校生物教科書ではイギリスと比べると大きくは目標となされていないということが示唆された。

5.3. 考察

以上の 5.2. で述べた結果より、RQ1 に対して、以下のことが言える。

まず RQ1 の (a) については、日本の高等学校の生物教科書における ELSI、RRI に関する言及は存在するということが判明した。しかしながら、自己決定言説が含まれる支持関係が出現する機会はイギリスの後期中等教育課程における科学の教科書と比べて少ないことが示唆された。イギリスの教科書は、分子生物学と社会に対しての自己決定に関わる言説や、支持関係が多く存在したということが示唆した。このような結果から、日本の高校生物教科書では ELSI や RRI に関することは言及されているものの、その言及にとどまり、自身のこととして考えるきっかけを提供するという機能をあまり有していない可能性があるということが示唆された。対して、イギリスの科学教科書では、生徒個人個人の倫理観を養成し、自身のこととして、つまり、自分ごととして議論できるように養成しようとする傾向があることが示唆された。以上が RQ1 (b) に対する解答である。

5.3.1. 日本の科学教育における研究・イノベーションと社会

1) イノベーションによる社会問題解決を重視する日本の科学教育

日本の高校生物教科書では、分子生物学に関する科学技術と社会との関わりが多くても 2 ページ、少なくとも 1 ページと量的にも丁寧に議論されていないことが示唆された。また、自己決定に関する支持関係が日本ではイギリスと比べて少なく、RRI の考え方に内包される自身のこととして考え決定するということが大きな目標ではないということが示唆された。このことは、笠 (2017) の日本における科学教育では科学と社会の関わりについて議論があまり実施されていないという指摘に当てはまる。さらに、日本の高校生物教科書 4 種では、科学推進言説と社会的救済言説、医療救済言説の支持関係が幾度となく現れた。笠 (2017) では、日本の科学教育では、イノベーションが社会課題を解決することを重視していると論じていたが、科学推進言説と社会的救済言説、もしくは医療救済言説の支持関係から、日本の高校生物教科書 4 種でも、イノベーションが社会課題を解決すると言ふことの前提を踏まえて議論していると示唆される。また、日本の高校生物教科書では、分子生物学における科学技術と社会との関係で起こる懸念や、課題とその解決策について、自身の言葉で表現できる段階まで理解できる人材を育成する方針をとっていないということも示唆される。これは、分子生物学に関する科学技術で生じる社会的側面の問題を、社会や個人に問題提起する傾向があまりない (笠 2019) ということにあてはまる。ただ、高校生物教科書で議論は少なかったと言っても、研究者や企業、研究やイノベーションを主体とした、科学者の社会的責任に通じる RRI に似た概念について書かれていたということは、述べておきたい。

2) RRI、市民参加に関する日本の科学教育と研究者主体の科学教育

日本の高等学校の生物科目、特に分子生物学に関する教育で、科学技術と社会について懸念について考えられる機会が少ないということが示唆された。これは、個人が新しい技術に関して、どのようにイノベーションを行えばいいか、社会的影響などに関する議論の参加者になるという RRI や市民参加の考え方が日本では浸透していないためということが示唆される。また、その結果として日本の科学教育でも目標として設定されていない可能性がある。また、これらと対になる発想である、バイオテクノロジーの経済に基づいた利益重視や、バイオテクノロジーによる社会問題の解決への重視と関連づけられて考えられている風潮があるためと思われる。

一方、日本の 4 種の教科書では、研究者主体として描かれている部分が多くあった。安藤 (2019) は、教科書には元来から先駆者がどのように社会的な問題に対して議論してきたかということが整理されながら描かれていると指摘している。そのような先駆者を、生徒にとっての先人である研究者としてあてはめた時に、どのように研究者が研究と社会について議論していたのかということを日本の教科書の実用者に見せている可能性があるということが示唆される。

これらのことから日本の 4 種の高校生物教科書では、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と言うことは言える。しかしながら、生徒が主体となっていないと言うことがわかる。つまり、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ということである。

ただ、研究者や、研究や科学技術を推進する主体とする書かれ方はされていた。そのため、どのように研究者が研究の責任に関してどのように考えているかなどを知る、ひとつの手段にはなるであろう。

5.3.2. 生徒主体の教育を行うイギリスの科学教育

対して、イギリスにおける科学の教科書では多様な自己決定言説が紹介されている。これは科学技術と社会との課題・懸念とそのような科学技術と社会に関する解決策に対して、生徒たちが考える手立て、もしくは見本を提供しているのだと言える。また、この考える見本をもとに、生徒たちがそのような見本を模倣しながら自己表現ができるように育成しようとする方針であるということが示唆される。また、これは元来よりある科学と社会との関係に着目する SISCON (小川 1993 ; Solomon 1980) の文脈や、科学・科学者と市民における双方向コミュニケーションの重要性への指摘 (笠 2019) と同様の、もしくは類似した文脈によって取り組まれていることも合致する。

同時に、RRI が誕生する 2011 年頃より前の 2006 年から、イギリスでは RRI の概念の一つである「多様性」を重要視するような、もしくは自己決定に関して多様な考え方を重視するような教育がなされていたということがわかる。

5.3.3. Study1 から Study2 へ

以上のように、分析対象であった高校生物教科書では、ELSI、RRI に関する議論は日本の教科書ではなされているものの、主体が研究者、企業、研究・イノベーションが主体となっていることが示唆され、自身のこととして議論がなされていないということが示唆された。

さらに、Study1 では日本の高校生物教科書の採択数上位 4 位の 4 種と、イギリスの科学の教科書の 1 種を分析した。日本の高等学校生物教科書では ELSI もしくは RRI についての記載項目における文の数が 4 種の教科書において 55 文が合計で存在していたことに対し、イギリスの科学の教科書 1 種において 284 文という差異が存在していた。そのような差は、分析した対象の文の数に大きな傾斜を有するため、その点では妥当性が高いとは言えない。このため、日本における教科書とはまた異なる、高校生物の教材、研究倫理に関する高校生向けの読み物、教科書の分析数を増やすなど、分析の量を考えることも重要である。そこで、Study2 ではそのような教材のなかから、教科書と比べてより発展的な学習が期待される副教材における分析を行った。

この副教材の分析を、次章である第 6 章で、Study2 として扱う。

第6章 Study2 日本の高校生物 副教材の ELSI、RRI 教育分析

本章では、RQ2を分析する。RQ2は、以下のものである。

RQ2：

- (a) 高校生物に関する副教材では、どのような科学と社会・トランスサイエンス・ELSI・RRI に関する事例が議論されているのか。
- (b) 高校生物に関する副教材では、どのような科学と社会・トランスサイエンス・ELSI・RRI に関する問題が議論されているのか。

また、本章における分析対象は、日本における副教材である。副教材にも多様なものが出版され流通されているが、中には、より発展した内容が示された副教材が存在する。そのような副教材の分子生物学分野と、社会問題としてよく取り上げられる環境問題が活発に議論されている同じく高校生物副教材の生態学分野、もしくは生態単元と比較する。

生態学と比較する理由は他にもある。ミクロの範囲を分析する分子生物学とは逆に、生態学は、生物学をマクロに扱う。そのような扱う大きさの異なる分野における分析を行った。

6.1. 方法

6.1.1. 日本の生物科目における副教材の選定と、分子生物学と生態学分野の区別

分析対象とする副教材を選定した。複数の書店で調査を行い、高等学校の予復習などの日常学習にとどまらない、大学受験のような将来も見越した発展的な内容が書かれている副教材を選定した。

次に、副教材の中から、分子生物学におけるELSIやRRIに関する内容と見られる先端科学技術や科学技術の発展・発達と社会に関する箇所を分子生物学について多く議論されていた単元を抽出し、書かれている事例を列举した。

6.1.2. 副教材の選定

調査の結果、以下のような7種類の副教材が分析に値するものと判断された。出版社は、浜島書店、実教出版、数研出版である。

表 6-1 使用した副教材に関する情報

編著者	タイトル	出版社	第一刷 発行年	使用したverの 発行年月日 (刷り)
浜島書店編集部	ニューステージ 生物図表	浜島書店	2011	2022年2月5日 (-)
浜島書店編集部	ニューステージ 新生物図表	浜島書店	2021	2022年2月 (-)
長野、牛木ら	サイエンスビュー 生物総合資料 四訂版	実教出版	2019	2022年3月10日 (第4刷)
数研出版編集部	三訂版 視覚でとらえるフォト サイエンス 生物図録	数研出版	2016	2022年1月10日 (第5刷)
数研出版編集部	新課程生物図録 視覚でとらえる フォトサイエンス	数研出版	2021	2022年2月1日 (第2刷)
鈴木、本川、鷺谷	新課程 チャート式シリーズ 新生物 生物基礎・生物	数研出版	2013	2021年9月1日 (第11刷)
本川、鷺谷	チャート式シリーズ 新生物 生物基礎・生物	数研出版	2023	2023年2月1日 (第1刷)

浜島書店からは、2つのバージョンの副教材を分析した。第一に、2011年に初版が出版された浜島書店編集部による『ニューステージ 生物図表』がまず一つ挙げられる。Study2では2022年2月5日に刷られたものを使用した。第二に、2021年に初版が発行された、浜島書店編集部による『ニューステージ 新生物図表』である。これは、2022年2月に刷られたものを使用した。浜島書店の2つのバージョンでは、使用した副教材の双方に、何刷目のものかという情報は書かれていなかった。

また、実教出版のものは発見された1種、1バージョンの副教材を分析した。長野、牛木が監修し、2019年に初版が出版された、『サイエンスビュー 生物総合資料 四訂版』である。これは、2022年3月10日に刷られた第4刷のものを分析した。

数研出版からは、2種、それぞれ2バージョンの副教材を分析した。数研出版編集部により2016年に初版が発行された『三訂版視覚でとらえるフォトサイエンス 生物図録』である。2022年1月10日に刷られた第5刷のものを分析に使用した。また、その新しいバージョンで、

2021年に初版が発行された『新課程生物図録、視覚でとらえるフォトサイエンス』である。これの、第2刷（2022年2月1日に刷られた）を分析した。さらに、鈴木孝仁、本川達雄、鷺谷いづみにより書かれ、2013年に出版された『新課程 チャート式シリーズ 新生物生物基礎・生物』の第11刷（2021年9月1日）を分析した。また、本川達雄、鷺谷いづみにより2023年に出版された『チャート式シリーズ 新生物 生物基礎・生物、数研出版』の第1刷を分析した。

6.1.3. 日本の高校生物副教材における事例

抽出されたそれぞれの文を、日比野ら（2004）やStudy1の方法を参考にしながら言説の分類を行った。言説の分類を行った結果、日比野ら（2004）や、Study1の言説の分類に当てはまらない言説が出現したため、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検討した。

その上で、事例・言説の出方をまとめ、比較を行った。Study2ではどのような言説が出現したかということについて着目し検証した。

6.2. 結果

6.2. では、副教材を分析した結果を記載する。まず、分子生物学、生態学における出現した事例について記述した。さらに、副教材分析で新たに抽出された基本言説の種類および基本言説を説明する。また、言説の中でも科学と社会に関して議論する、特徴的な言説を抽出し、議論した。

6.2.2. 出現した事例

出現した事例について、以下に載せる。事例は、分子生物学、生態学、そして、分類が困難であった事例に分けられる。

1) 分子生物学における出現した事例

分子生物学分野では、以下のような事例が出現した。

再生医療、遺伝子組換え・ゲノム編集や遺伝子検査についても書かれていた。また、研究・イノベーションの推進や研究不正についても書かれていた。

i. 再生医療

再生医療については、iPS細胞、ES細胞、疾患モデル細胞について書かれていた。

iPS細胞については、さまざまな視点から倫理的問題について描かれていた(6.2.5.に後述)。また、ES細胞とiPS細胞の比較についても、多くの副教材で書かれていた。その多くが表としてまとめられており、技術的、倫理的に関する項目が存在していた。

ii. 遺伝子組換え・ゲノム編集

遺伝子組換えやゲノム編集では、それら双方の比較や、CRISPR/Cas9とTALENとの比較、クローンや異種移植、食品の遺伝子操作が描かれていた。

遺伝子組換えとCRISPR/Cas9システムの比較では、遺伝子導入などの技術的側面、経済的側面の比較や、倫理的観点からの比較が存在した。

遺伝子組換えについては、クローンヒツジのドリーについて、その原理の説明はなされていたが、社会的側面に対しての言及は見受けられなかった。その他、農業応用のためのクローンや、異種移植に関する事例が存在した。

食品の遺伝子操作については、品種改良や、遺伝子組換え、もしくはゲノム編集によって遺伝子操作された農作物について書かれていた。その中には、ゲノム編集マダイも存在していた。

iii. 遺伝子検査

遺伝子検査については、さまざまなタイミングや、さまざまな方法での遺伝子検査が書かれていた。病院で行う遺伝子検査とプライベートで行う遺伝子検査の比較や、出生前診断

(NIPT)、DNA鑑定や遺伝情報による差別への懸念と法的規制について書かれていた。また、遺伝子治療や、テーラーメイド医療という、医療につながるものも書かれていた。

iv. 研究やイノベーションの推進

科学技術の有用性や、研究・イノベーションの推進の立場から議論されているものもあった。上記の事例(6.2.2.1) i.~iii.)にもそれはいくつか存在するが、他の例を挙げると、メタゲノム解析、ノックアウト動物の大量生産、アクチビンに対する期待、キメラ、動物製薬工場、機能性食品、特許が挙げられた。

また、研究者の執筆する研究紹介用のコラムに研究やイノベーションを推進する文脈で書かれているものが存在し、それは微生物についての題材に書かれていた(小川 2021; 小川 2016)。

v. 研究不正

研究不正については、数研出版編集部(2021)に所収されていた木下(2021)では、2018年の賀建奎(He Jiankui)氏による事例が紹介されていた。ヒトへのゲノム編集実施に関する十分な議論や法整備がされていないまま、ゲノム編集を施した人間の赤ちゃんが誕生したという有名な事例である。それより古い数研出版編集部(2016)に所収されていた木下(2016)では、それ以前に起きた、中国でのゲノム編集が施されたヒト受精卵の作出の事例の紹介がなされ、新規科学技術に対する倫理的課題について、市民に広く知らせることが重要であると指摘していた。

また、2014年に発生したSTAP細胞に関する研究不正の騒動に関する事例が紹介されていた。これらのように、研究倫理に反した事例や研究不正に関する事例が出現していた。

2) 生態学分野における出現した事例

さらに、生態学分野では多くの事例は生態系と人間活動と呼ばれる項目の中に存在していた。その中でも以下のような事例が出現した。

まず、人間が生態系や特定の生物種に対する影響を及ぼしているという事例や、その影響に対して緩和させようとする方向に保全を行う事例などが存在していた。そのような保全に関することについても、取り組みとして紹介するものもあれば、より広範的な範囲を対象として、社会的や法的に整備するような方向性のものも存在した。

i. 生態系への影響

生態系への影響では、有害物質が食物連鎖のプロセスを経て生物体内で蓄積していく生物濃縮や、河川や湖の水質汚濁や富栄養・貧栄養の事例、公害病、外来生物による生態系の影響、酸性雨、温暖化、人工の建築物による生息地の破壊、森林の破壊が事例として確認された。また、歴史的に産業革命以後どのように工業化に伴う環境の変遷が言及されていた。

さらに、イギリスにおける食物網のバランスが不均等であることや、フロリダの湖における生態系・生物への影響、アメリカのイエローストーン国立公園における、オオカミの減少によるアメリカアカシカの増殖と食害について事例が書かれていた。

a. 生物濃縮

生物濃縮では、少なくともDDT、メチル水銀、放射性核種による生物濃縮について言及されていた。

b. 河川・湖の水質汚濁・富栄養・貧栄養

河川の水質汚濁について、水の透明度や生き物がどれほど棲息できるかという観点から議論されていた。河川や湖での富栄養・貧栄養について、湖はもちろん、ミシシッピー川の富栄養が紹介されていた。

c. 公害

公害については、水俣病・第二水俣病、イタイイタイ病の紹介が確認された。

d. 外来生物

外来生物は、外来生物の中でも侵略的外来生物や、非意図的な導入など、どのような形態があるのかという解説も含めて紹介されていた。

侵略的外来生物としてワカメが紹介された。

また、外来生物としてグリーンアノール、アマミノクロウサギとマングースの事例などが紹介されていた。このアマミノクロウサギとマングースの事例については、マングースがハブの駆除のために輸入され放されたのではあるが、ハブを食さず、アマミノクロウサギを食すという事例である。その他、ファイリマングース、ブラックバス、ブルーギル、シナダレスズメガヤ、イタチハギの例が存在した。

非意図的な導入では、オオブタクサ、アレチウリが紹介されていた。

e. 酸性雨・温暖化

酸性雨や温暖化についても、図を用いて議論されていた。

f. 生息地の破壊

人工地や、森林の破壊が紹介されていた。

海岸を人工化することによる、生息地の破壊（人工海岸化による生息地の破壊）や、ダム化による生息地分断、都市化による生息地の破壊が紹介されていた。さらに、熱帯雨林の消失、沖縄のやんばるの森の消失や、ブラジルのロンドニア地方と呼ばれる箇所の伐採や開発に伴う森林の損失が説明された。

g. その他

そのほか、歴史的な説明も存在し、産業革命以後の環境の変化について説明されていた。また、イースター島における文明に沿って説明し、文明の栄枯盛衰と、科学技術の無秩序な利用について、教訓を踏まえて説明されていた。

ii. 生物・生物種への影響

生物や生物種への影響について、内分泌攪乱や、乱獲、絶滅（もしくは絶滅危惧）の事例が存在した。

a. 内分泌攪乱

生殖器などが化学物質により異常をきたす内分泌攪乱については、生物における内分泌攪乱に着目したものと、内分泌攪乱の原因物質に着目したものに分かれた。イボニシの内分泌攪乱や、内分泌攪乱物質として、さまざまな環境ホルモンが提示された。さらに、内分泌攪乱物質として、DDTが紹介された。

b. 乱獲

乱獲についても説明された。アフリカゾウの乱獲について具体例をあげ、説明されていた。

c. 絶滅・絶滅危惧

絶滅や、絶滅危惧についても説明されていた。レッドリストや、コウノトリ、トキ、ニホンオオカミ、ニホンウナギが絶滅した、もしくは、絶滅危惧の範疇にあると説明されていた。

また、多様な生物が生息しているが、生態系の破壊が懸念されるホットスポットに関する説明も存在した。

このように生物・生物種への影響について、生物濃縮、内分泌攪乱物質が事例として存在していることから分かるように、生態学分野の単元の中でも、DDTや有機水銀をはじめとして、分子レベルの化合物が関わっているということが分かる。

iii. 人間による保全活動の取り組み

上記の生態系や生物・生物種に対して、人間はどのように取り組みをしているのかという人間による生物多様性・生態系の保全についての取り組みが説明されていた。

そもそもの、生物多様性保全の説明に始まり、生態系サービスによる恩恵のリターンや、その取り組みとしての里山、足尾銅山にまつわる田中正造の保全活動について、干潟の保全が挙げられた。

また、トキの生態系保護や、生息地分断の解消が挙げられた。

iv. 環境に対する社会的・法的介入

さらに環境への人間の取り組みをより広範的に実施した環境問題に対する法的介入や、社会的介入も紹介されていた。生物多様性条約に始まり、その文脈で策定されたカルタヘナ議定書や、COP10、名古屋議定書についても、多くの副教材で年表とともに紹介された。

さらに、外来生物法や、気候変動に関する議論であるパリ協定、京都議定書についても紹介されていた。

ほかにも、日本における生物多様性に関する法整備や、環境アセスメント、SATOYAMAイニシアティブ、認証制度（FSC 認証）、脱炭素社会について述べられていた。

さらに、持続可能な開発として、バイオ燃料とシェール革命を例に論じているコラムも長野、牛木ら（2019）内に存在した（河野 2019）。

3) 分類困難な事例

さらに、分子生物学や生態学分野として分類困難な事例についても存在した。主に、COVID-19や、SDGs、放射線影響が挙げられる。また、バイオマス、バイオエタノールや、バイオリアクターについても紹介がなされていた。また、AIとニューロンのコラムも存在していた副教材があった。これらの内容は生態学分野には存在せず、分子生物学に関する項目や、巻末資料として存在していた。

COVID-19に関して、新型コロナウイルスがどのような形態をしているのかという、ウイルス学に関する説明や、mRNA ワクチンについて、公衆衛生について議論されていた。COVID-19に関しては、数研出版編集部（2016）（2022年発行版）に見られるように、2020年以降に第1刷が発行された副教材以外に、COVID-19が発生する前に第1刷が出版された書籍のさらに新しく印刷された書籍にも記述は存在していた。

また、生態学における単位には存在しなかったが、SDGsが、副教材の付録として存在していた。

さらに、AIとニューロンという項目が存在した。ここには、ニューロンのバイオミミクリとしてAIのニューラルネットワークが誕生し、その方法がどのように社会で用いられているのかという記述があった。同様に、ロボットと生物の比較について議論されている箇所も存在した。

浜島書店（2023）では、化学物質による汚染が引き起こす負の影響に対し議論しており、さらに、先進国ではそのような影響に対しての対策の努力をしていると言及していた。これは、分子生物学の单元内で書かれていたが、環境（生態）についても言及されている。

6.2.3. 言説と言説分類

副教材における出現した言説を、名称として当てはめた。ここでは、日比野らの研究（2004）や、Study1 では出現せず、副教材における分析で初めて出現した内容に着目した。なお、ここでは、日比野ら（2004）や、Study1 でも出現した証拠言説に対する議論については、特徴的なものではない限り、記載しないこととする。その結果、表 6-2 のように基本言説の種類および基本言説が整理された。基本言説の種類は 8 種、基本言説は 49 種、新たに発見された。

表 6-2 Study2 で新たに出現した基本言説の種類と基本言説

基本言説の種類	基本言説
分子生物学に関する基本言説	iPS 細胞に関する言説、倍数性に関する言説 突然変異言説、体外受精技術言説、生物改変言説
研究に関する基本言説	研究への期待・展望言説、分子生物学研究の競争言説 研究不正に関する言説、STAP 細胞に関する言説 研究開発への困難言説
生態学に関する基本言説	生物多様性・生態系への危惧言説、生物多様性・生態系への影響言説、生態系保全言説、地球環境の変化がもたらす影響言説、地球環境保全言説、生態系から人間への恩恵言説 地球温暖化言説、持続可能言説、生物への影響言説 生物による影響言説、地球への影響言説、ヒトへの影響言説
「自分ごと」に関する基本言説	生物学と私たち言説、生物と私たち言説、分子生物学と私たち言説、生態系のめぐみと私たち言説、環境に関する私たちへの教訓言説、個々人の取り組み言説 ヒトは生態系の一員である言説
様々な分野に関する基本言説	放射線照射言説もしくは放射線照射・放射性物質言説 東北地方太平洋沖地震言説、健康に暮らす言説 健康影響言説
倫理の問題・倫理上の問題に関する基本言説	iPS 細胞は倫理上の問題が少ない言説、ヒトの改変言説
人間活動に関係する基本言説	人間活動の影響言説、科学技術の利用言説、公民知識言説、市民との協力言説、生物学を学ぶ意義言説、生物学・生物科目は暗記言説、科学を学ぶ言説、科学技術の発達言説 人間生活の繁栄言説、慎重に進める言説
分類が困難な基本言説	COVID-19 に関する言説、人間の多様性に関する言説、生命のかけがえのなさ言説、地球のかけがえのなさ言説

それぞれの基本言説の種類や基本言説の詳細を、A) から H) に示す。

A) 分子生物学分野に関する基本言説

分子生物学分野に関する言説では以下のような言説が発見された。

iPS 細胞に関する言説、倍数性に関する言説、突然変異言説、体外受精技術言説、生物改変言説である。

表 6-3 にそれらの言説の説明と例文を載せる。

表 6-3 分子生物学に関する基本言説の説明と具体例の文章

基本言説	基本言説の説明	具体例の文章
iPS 細胞に関する言説	iPS に関する言説。	「2006 年に京都大学再生医学研究所の山中伸弥教授（写真提供）らの研究チームは、マウスを使って皮膚などの体細胞から、全身のいろいろな細胞に変化できる細胞の培養に成功し、iPS 細胞と命名した。」（長野、牛木ら 2019）
倍数性に関する言説	倍数性、倍数体について言及している。	「減数分裂がうまくいかず、 $2n$ の配偶子ができてそれが通常の n の配偶子と受精すると、 $3n$ の三倍体ができる。」（本川、鷺谷 2023）
突然変異言説	突然変異（人為的・自然的双方）について言及している。	「生物に放射線・紫外線・化学薬品などを作用させて、人為的に起こさせた突然変異を人為突然変異という。」（本川、鷺谷 2023）
体外受精技術言説	体外受精技術について述べる。	「ヒトを含む乳類は体内受精であるが、近年、人為的に体外で受精を行う体外受精技術（試験管受精、IVF）が発達してきた。」（本川、鷺谷 2023）
生物改変言説	生物を改変することに関することを述べる。	「ゲノム編集を使えば、思いのままに生物を改変できる可能性がある。」（数研出版編集部 2021）

B) 研究に関する基本言説

研究に関する基本言説では、研究への期待・展望言説、分子生物学研究の競争言説、研究不正に関する言説、STAP 細胞に関する言説、研究開発への困難言説が出現した。これらの多くが、分子生物学分野で議論されていた。

表 6-4 にそれらの言説の説明と例文を載せる。

表 6-4 研究に関する基本言説の説明と具体例の文章

基本言説	基本言説の説明	具体例の文章
研究への期待・展望言説	研究がきっかけで発展することによる期待に関する言説	「これから、オートファジーが関係する病気がもっと見つかる可能性もある。」(長野、牛木ら 2019)
分子生物学研究の競争言説	分子生物学の研究が競争によって成立しているなど。	「それだけに研究競争も加速してきた。」(長野、牛木ら 2019)
研究不正に関する言説	研究不正について言及されている言説。	「さらに 2014 年に、比較的簡単な手法で「若返り」した万能性が得られるという STAP (stimulus-triggered acquisition of potency) 現象というのが報告されて注目を引いたが、論文としての不備もあり、著者が論文を取り下げた。」(長野、牛木ら 2019)
STAP 細胞に関する言説	STAP 細胞について言及されている言説。	「さらに 2014 年に、比較的簡単な手法で「若返り」した万能性が得られるという STAP (stimulus-triggered acquisition of potency) 現象というのが報告されて注目を引いたが、論文としての不備もあり、著者が論文を取り下げた。」(長野、牛木ら 2019)
研究開発への困難言説	研究開発が困難であるということに関する言説。	「この問題点がエイズのワクチン開発を難しくしている。」(長野、牛木ら 2019)

一方、生態学に関しても研究に関する基本言説に当てはまる可能性のある言説が出現した。それが、以下の言説である。これは、数研出版編集部 (2016 ; 2021) に所収されていた、国立環境研究所に所属する五箇公一 (2016 ; 2021) が書いた一部である。

また、生物多様性保全を目的とした外来生物管理の重要性を広く国民に理解してもらうために、教育や普及啓発を進めていく必要がある。これらの対策を進めるうえでの基盤となる科学的知見の蓄積と発信もまた研究者の責務となる。(五箇 2016 ; 2021)

この 2 つの言説は、上記の言説には分類が困難な言説である。しかしながら、このように、研究者がいかに研究について市民や国民への発信を考えているかということがわかる。さらに、知見の蓄積を研究者としての責任として考えていることがわかる。

C) 生態学に関する基本言説

生態学に関する基本言説では、生物多様性・生態系への危惧言説、生物多様性・生態系への影響言説、生態系保全言説、地球環境の変化がもたらす影響言説、地球環境保全言説、生態系から人間への恩恵言説、地球温暖化言説、持続可能言説、生物への影響言説、生物による影響言説、地球への影響言説、ヒトへの影響言説が出現した。

表 6-5-1、表 6-5-2 にそれらの言説の説明と例文を載せる。

表 6-5-1 生態学に関する基本言説の説明と具体例の文章 その 1

基本言説	基本言説の説明	具体例の文章
生物多様性・生態系への危惧言説	生物多様性や生態系が破壊されるかもしれないという危惧が書かれている。	「人間活動の変化によって小規模なかく乱がなくなり、里山の生態系のバランスが崩れ、多様性の維持が困難になっている。」(長野、牛木ら 2019)
生物多様性・生態系への影響言説	生物多様性への影響についての言説	「生活排水が海に流れ込むと、水中の窒素やリンなどが増えて富栄養化し、プランクトン(ヤコウチュウ、ツノモなど)が大量に発生して赤潮が起こる。」(長野、牛木ら 2019)
生態系保全言説	生態系保全について述べられている言説	「2000 年に設立された「国連森林フォーラム (UNFF)」で世界の森林保全のための取り組みが行われている。」(長野、牛木ら 2019)
地球環境の変化がもたらす影響言説	地球環境変化が、影響をもたらしているという言説	「全陸地の 4 分の 1 の土地と、世界人口の 6 分の 1 に当たる 10 億人の人々が、砂漠化の影響を受けている。」(長野、牛木ら 2019)
地球環境保全言説	地球環境の保全をしようとする、もしくはしていることに対する言説。	「このため、1996 年に発効した砂漠化対処条約のもとに、国際的な努力が行われている。」(長野、牛木ら 2019)

表 6-5-2 生態学に関する基本言説の説明と具体例の文章 その2

基本言説	基本言説の説明	具体例の文章
生態系から人間への恩恵言説	生態系サービスなど、生態系から人間へ恩恵を与えていることに関する言説	「生態系サービス 人類が生態系から得ている利益や恩恵を生態系サービスという。」(長野、牛木ら 2019)
地球温暖化言説	地球温暖化について言及されている。	「「地球温暖化」を実感する夏だ。」(長野、牛木ら 2019)
持続可能言説	持続可能性について書かれている言説。	「太陽光、風力、波力・潮力、流水・潮汐、地熱、バイオマスといった自然の力で補充される資源とそれを使って得られる発電、給油、冷暖房、輸送、燃料といった再生可能エネルギーが注目されている。」(長野、牛木ら 2019)
生物への影響言説	生物の形態など、生態以外に関する生物への影響について書かれた言説。	「野生生物において、内分泌かく乱物質が原因と疑われる異常の多くは、水中や水辺で生活している動物で観察されている。」(本川、鷲谷 2023)
生物による影響言説	生物が環境や生態系に(悪)影響を及ぼしている。	「侵略的外来生物による被害の事例は世界的に急増している。」(本川、鷲谷 2023)
地球への影響言説	地球に対して与えている影響についての言説	「そのうち二酸化炭素を主な原因とする地球温暖化は、これからの人類にとって大きな課題となる。」(長野、牛木ら 2019)
ヒトへの影響言説	ヒトに対して与えている影響についての言説	「近年、人工的につくられた化学物質(フロンなど)により破壊されており、白内障や皮膚がんの増加が懸念されている。」(長野、牛木ら 2019)

D) 「自分ごと」に関する基本言説

分子生物学にも生態学にも、「自分ごと」に関する言説が存在した。「自分ごと」に関する言説とは、学習することを、学習者自身のこととして学べるように誘う言説のことをここでは指す。

生物学と私たち言説、生物と私たち言説、分子生物学と私たち言説、生態系のめぐみと私たち言説、環境に関する私たちへの教訓言説、個々人の取り組み言説、ヒトは生態系の一員である言説が出現した。

表 6-6 にそれらの言説の説明と例文を載せる。

表 6-6 「自分ごと」に関する基本言説の説明と具体例の文章

基本言説	基本言説の説明	具体例の文章
生物学と私たち言説	生物学と私たちを架橋しようと試みる言説	「私たち自身が生物、だから自分自身を知るためには、生物学が必修科目なのである。」(本川、鷺谷 2023)
生物と私たち言説	生物と私たちを繋げる言説	「私たちは生物に囲まれて生きている。」(本川、鷺谷 2023)
分子生物学と私たち言説	分子生物学と私たちを架橋しようと試みる言説	「新聞を見ると、クローン生物、遺伝子組換え、ヒトゲノムプロジェクト、iPS 細胞など、生物学を勉強しなければまともに読めないものばかりである。」(本川、鷺谷 2023)
生態系のめぐみと私たち言説	生態系が恵みを「私たち」に与えていることを伝える。	「多様な生態系がそのはたらきを通じて、さまざまなめぐみ(利益)をわれわれに提供してくれる。」(本川、鷺谷 2023)
環境に関する私たちへの教訓言説	史実から環境に対しての教訓を伝える。	「これらを肝に銘じ、資源の限られた島とみなすこともできる地球で、イースター島の悲劇をくり返さないようにしなければならない。」(本川、鷺谷 2023)
個々人の取り組み言説	一人一人が環境への取り組みをすることが重要であるということを伝える。	「われわれ1人ひとりが日常生活において、環境に負荷をかけない生き方をしなければならない。」(本川、鷺谷 2023)
ヒトは生態系の一員である言説	ヒトは生態系を構成する一員である、もしくはヒトは動物の一種であるということを伝える。	「人類の歴史のほとんどにおいて、ヒト(ホモ・サピエン)は自然の生態系の一員として生活してきた)」(本川、鷺谷 2023)

E) 様々な分野に関する基本言説

様々な分野に関する基本言説では、放射線照射言説もしくは放射線照射・放射性物質言説、東北地方太平洋沖地震言説、健康に暮らす言説、健康影響言説が出現した。

表 6-7 にそれらの言説の説明と例文を載せる。

表 6-7 様々な分野に関する基本言説の説明と具体例の文章

基本言説	基本言説の説明	具体例の文章
放射線照射言説もしくは放射線照射・放射性物質言説	放射線照射、放射性物質、もしくはその影響について言及している。	「アメリカのマラーは、1927 年にキイロショウジョウバエに X 線を照射して人為突然変異を起こさせることに成功した。」(本川、鷺谷 2023)
東北地方太平洋沖地震言説	2011 年 3 月 11 日に起きた東北地方太平洋沖地震と、原発事故に言及する。	「2011 年 3 月 11 日 14 時 46 分、東北地方太平洋沖地震が発生した。」(本川、鷺谷 2023)
健康に暮らす言説	健康に暮らすことについて述べる。	「放射線は DNA に損傷を与えるのに、私たちが健康に暮らせるのは、生物が DNA の修復機能をもつからである。」(本川、鷺谷 2023)
健康影響言説	健康に害することに関して述べる。	「しかし、放射線による損傷が修復機能を上回ってしまうと、健康に被害が生じる (図 3-51)。」(本川、鷺谷 2023)

F) 倫理の問題・倫理上の問題に関する基本言説

倫理の問題・倫理上の問題に関する基本言説では、iPS 細胞は倫理上の問題が少ない言説、ヒトの改変言説が出現した。

表 6-8 にそれらの言説の説明と例文を載せる。

表 6-8 倫理の問題・倫理上の問題に関する基本言説の説明と具体例の文章

基本言説	基本言説の説明	具体例の文章
iPS 細胞は倫理上の問題が少ない言説	iPS 細胞は倫理上の問題が少ないと述べる言説。	「患者本人の体細胞からつくることが可能なため拒絶反応は起こらず、倫理上の問題も少ない。」（本川、鷲谷 2023）
ヒトの改変言説	ヒトを改変することに対する言説。	「この発表は「人はどこまで生き物を変えてもよいのか」という問題を「人は人を変えられる」という危惧に発展させた。」（数研出版編集部 2021）

G) 人間活動に関係する基本言説

人間活動に関係する基本言説では、人間活動の影響言説、科学技術の利用言説、公民知識言説、市民との協力言説、生物学を学ぶ意義言説、生物学・生物科目は暗記言説、科学を学ぶ言説、科学技術の発達言説、人間生活の繁栄言説、慎重に進める言説が出現した。

表 6-9-1、表 6-9-2 にそれらの言説の説明と例文を載せる。

表 6-9-1 人間活動に関係する基本言説の説明と具体例の文章 その 1

基本言説	基本言説の説明	具体例の文章
人間活動の影響言説	人間活動が環境に対して与えている負の影響についての言説	「物質循環は自然の動きだが、人為的な作用が加わることで大きな影響が出ることがある。」（長野、牛木ら 2019）
科学技術の利用言説	人間が科学技術を利用している言説。負の側面を有する。	「人間活動の変化によって小規模なかく乱がなくなり、里山の生態系のバランスが崩れ、多様性の維持が困難になっている。」（長野、牛木ら 2019）
公民知識言説	政治や経済などの公民分野の知識を示す。	「個別の野生生物種や特定地域の生態系に限らず、地球規模の広がりでは生物多様性を考え、その保全を目指す国際条約として生物多様性条約がある。」（長野、牛木ら 2019）
市民との協力言説	市民との協力について書かれている言説。	「放鳥には、減農薬栽培への転換や餌の提供のために周年水田に水を張るなど、周囲農家の協力が不可欠であった。」（長野、牛木ら 2019）

表 6-9-2 人間活動に関する基本言説の説明と具体例の文章 その2

基本言説	基本言説の説明	具体例の文章
生物学を学ぶ 意義言説	生物学をなぜ学 ぶかということ を説明する言説	「私たち自身が生物、だから自分自身を知るためには、生物学が必修科目なのである。」(本川、鷺谷 2023)
生物学・生物 科目は暗記 言説	生物学や生物科 目は暗記である ということが 書かれている。	「それにしても生物は覚えることがたくさんあって、 気乗りのしない人もいるだろう。」(本川、鷺谷 2023)
科学を学ぶ 言説	科学とは何かと いうことが 書かれている。	「いろいろと違うものを比較して、共通点をみつけだ すというのも科学である。」(本川、鷺谷 2023)
科学技術の 発達言説	科学技術が発達 するということ を伝える。	「科学・技術の発達は、大規模な開発など、効率のよ い自然の改変を可能にし、しだいに人口1人当たりの エネルギーや資源の消費の多い生活が広がった。」(本 川、鷺谷 2023)
人間生活の 繁栄言説	人間生活が繁栄 しているという ことを伝える。	「科学・技術の発達は、大規模な開発など、効率のよ い自然の改変を可能にし、しだいに人口1人当たりの エネルギーや資源の消費の多い生活が広がった。」(本 川、鷺谷 2023)
慎重に進める 言説	慎重に研究開発 をすすめるとい う方向性の議論 がなされて いる。	「未解決の問題が残されているので、慎重に進める必 要がある。」(浜島書店編集部 2021)

H) 分類が困難な基本言説

分類が困難な基本言説として、COVID-19 に関する言説、人間の多様性に関する言説、命のかけがえのなさ言説、地球のかけがえのなさ言説が存在した。

表 6-10 にそれらの言説の説明と例文を載せる。

表 6-10 分類が困難な基本言説の説明と具体例の文章

基本言説	基本言説の説明	具体例の文章
COVID-19 に関する言説	COVID-19 について書かれている言説。	「コロナウイルスの表面はリン脂質二重層（基本的に細胞膜などの生体膜と同じ）に覆われ、スパイクタンパク質をもつ。」（長野、牛木ら 2019）
人間の多様性に関する言説	人間に多様性があるということを説明する言説。	「先進国の豊かな暮らしを支えるためや途上国の燃料資源として、熱帯雨林が取り返しのつかない勢いで失われている。」（長野、牛木ら 2019）
命のかけがえのなさ言説	命はかけがえのないものであるということを伝える。	「生物学を学ぶことは、命はかけがえのない存在だ、ということを認識することにつながる。」（本川、鷺谷 2023）
地球のかけがえのなさ言説	地球はかけがえのないものであるということを伝える。	「その認識があるから、命のかけがえのなさ、この地球のかけがえのなさが理解できる。」（本川、鷺谷 2023）

6.2.4. 言説の検討

6.2.3.では、言説について分類した。中でも特徴的な議論の検討を 6.2.4.で行う。大きく、ゲノム編集に関する言説、科学技術の正の影響と負の影響、他分野に着目した無言説と新たな分野の推進、機構・生態系破壊とその対応、「自分ごと」に関する言説、RRI における公開性、環境に関する言説である。

A) ゲノム編集に関する言説

ゲノム編集に関する社会的な見方について、以下に一部紹介する。数研出版編集部（2021）には以下の記述がある。

ゲノム編集を使えば、思いのままに生物を改変できる可能性がある。2018 年に中国の研究者が「ゲノム編集したヒトの赤ちゃんが誕生した」と発表した。この発表は「人はどこまで生き物を変えてもよいのか」という問題を「人は人を変えられる」という危惧に発展させた。

科学技術には、「益」と「害」の諸刃の剣となるものがある。ゲノム編集技術もその1つである。科学者だけでなく一般市民も含めて、科学的・倫理的にその使い方を考える必要がある。（木下 2021）

ゲノム編集による利便性についての指摘に加え、ヒトに対してゲノム編集を施し、赤ちゃんが誕生したという中国の研究者の発表に対して、人間はヒトを変えることができるというリスクや恐れについて言及している。さらに、科学技術における正の面と負の面が存在すると述べた。そのような科学技術の一つとしてゲノム編集を例示し、さらに、このような科学技術に対して、研究者のみではなく、市民も含めた倫理的な議論と科学的な議論について考える重要性を述べた。

一方、科学者によって考え方も異なるようである。以下の浜島書店から出された副教材の一部では、

ゲノム編集は、ねらった領域を精度よく改変でき、使用した物質は時間がたてば分解されるため、遺伝子組換えより安全性が高いと考えられている。しかし、意図しない領域が改変される可能性はゼロではなく、技術の改良が課題である。遺伝子の切断のみを行う場合には、原理的には自然に起こる突然変異と同様とする意見と、遺伝子組換えのように厳格に規制すべきという意見があり、研究者でも意見が分かれている。(浜島書店編集部 2021；浜島書店編集部 2011)

上記の3文は、浜島書店編集部から出版された副教材の2011年、2021年に出版されたものに書かれていた文章である。ここでは、ゲノム編集に関して、遺伝子組換えより安全であるということを指摘したのちに、目的領域以外への作用のリスクもあるということが記述された上で、ゲノム編集技術の改良が望まれていると指摘する。また、自然発生の突然変異と同じく捉えられると考える研究者が存在する一方、遺伝子組換えと同様に規制するべきという価値観を有する研究者が存在するといったように、研究者の中でもさまざまな考え方が紹介されている。

このように、ゲノム編集がどのように危険であるかということと、「人を変えられる」という表現を用い議論するという言葉、ゲノム編集に正の影響、負の影響が存在し、科学者と市民の使い方に関する議論が重要であるという言葉、ゲノム編集に対する規制に対する遺伝子組換えとの比較について議論されているということが示唆された。

B) 科学技術の正の影響と負の影響

また、科学技術の正の影響と負の影響について出生前診断に着目した議論がなされている。

診断は、胎児の状態がわかるなど利点がある一方で、生命の選別につながるのではないかと倫理的問題も議論されている (→p.136)。(浜島書店編集部 2021；浜島書店編集部 2011)

浜島書店編集部 (2021；2011) には、出生前診断についてメリットと、倫理的問題について書かれている。このように1文に正の面も負の面も書かれている。

このように、出生前診断における正の影響と負の影響が議論されているということが示唆された。

C) 多分野に着目した言説と新たな分野の推進

多くの分野に着目した言説や、新たな分野の推進に関する言説、多様なステークホルダーを巻き込もうとすることを示唆する言説も存在した。まず、数研出版編集部（2021；2016）では、以下のような文章が記述されている。

上述した人獣共通感染症のように、根絶が困難であるウイルスも存在することから、今後はこれらの研究に加えて、ウイルスを病原体として捉えるだけでなく、ウイルスとの共存が人類の進化、ヒトや動物、自然界の恒常性の維持にどのように役立っているのかを解明する「次世代ウイルス学」の推進が必要であるといえる。（数研出版編集部 2021；2016）

この言説では、生態学、ウイルス、進化学と、さまざまな生物学に関する言説が混ざり合っていると同時に、ウイルスの共存がどのように役立っているのかということに着目した研究分野への推進についても、議論されている。

さらに、多様な分野に着目された言説もあった。それが以下の文である。

おもに絶滅の危惧される野生動物を対象とした基礎研究や、人間とそれ以外の生命の共生のための国際的研究を推進している。（数研出版編集部 2021；2011）

この言説は、科学推進言説の一つとして分類された言説である。しかしながら単なるイノベーションを推進させようとする言説ではなく、ヒトとその他の生命の共生に着目した言説である点で特徴的な言説である。

そして、多様なステークホルダーに着目した文が、以下の文である。

また、地域の動物園や水族館等と協力して研究を行い、人間を含めた自然のあり方についての深い理解を次世代に伝えることを目指している（写真は京都市動物園でのマンドリルを対象とした研究のようす）。（数研出版編集部 2021；2011）

この言説は、研究を実施するにあたり、動物園や水族館などの多様なステークホルダーを巻き込み自然のあり方について議論するという事を示す言説である。このような議論により、次世代に伝承することを目指すとも、この言説には書かれている。

このように、多様な分野などの融合に関して、ウイルスに関する学問や、生物の共存のための国際的研究に関して議論がなされていた。さらに、多様なステークホルダーを巻き込んだ自然のあり方に関する将来世代への理解を重視するということが示唆された。

D) 気候・生態系破壊とその対応

気候変動や生態系の破壊と、そのような状況に対しての対応についての議論が存在した。

パリ協定では、各国が提出した 2020 年目標を積み上げても温度上昇の目標を達成するだけの削減ができないことや各国の削減目標達成が義務づけられていないなど問題はあるが、国際社会「全員参加」による温暖化対策として大きな意味をもつ。(数研出版編集部 2011)

パリ協定における全員参加に対して、大きな意義を持つと説明するこの言説は、ステークホルダーの「全員参加」について着目しているという点で、着目すべき点である。

E) 「自分ごと」に関する言説

「自分ごと」に関する基本言説として分類される言説に、生物学と私たち言説、生物と私たち言説、分子生物学と私たち言説、生態系のめぐみと私たち言説、環境に関する私たちへの教訓言説、個々人の取り組み言説、ヒトは生態系の一員である言説の 7 つの言説が見つかった。

これらの言説の中でも、さまざまな「自分ごと」に関する表現が存在した。

a. 生物学と私たち

生物学と私たちについて議論されている言説が存在した。

私たち自身が生物、だから自分自身を知るためには、生物学が必修科目なのである。(本川、鷲谷 2023；鈴木、本川、鷲谷 2013)

これは、ヒト（著者らにおける「私たち」）を生物と前提をおいた上で、自身を知るために生物学を学ぶべきであると述べている。この言説は、自身を知るための方法論として生物学を学ぶことをいざなう言説である。

b. 生物と私たち

生物学とは異なる「生物」と私たちについて議論している言説が存在した。

私たちは生物に囲まれて生きている。そもそも他の生物がいなければ生きていけない。なぜなら、食べ物は米も肉も野菜も、すべて生物である。(本川、鷲谷 2023；鈴木、本川、鷲谷 2013)

この文章における生物と私たち言説として分類された言説は『私たちは生物に囲まれて生きている。』のみではある。後続の文章はその生物と私たち言説を補完する文章であると考えられる。このような「私たち」が生物に依存しながら生きているということを述べてい

る文章である。

バイオテクノロジーによる食物の増産、遺伝子治療、再生医療、脳の研究等々、最先端といわれている学問や技術に、生物学が深く関わっている。そしてそれは、私たちの日常生活に深く入りこんできている。(本川、鷺谷 2023；鈴木、本川、鷺谷 2013)

さらに、上の文章では、バイオテクノロジーを農業や医学、医療に応用されているということを述べた上で、新規の研究やイノベーションに生物学、もしくは分子生物学が強く関わっているということを述べている。その上で、この言説が、学習者自身の日常生活に入り込んでいるということを述べている。

自分を大切にし、他の命を大切にし、この地球を大切にするという考え方を、生物学を学ぶことにより、身につけてほしい。(本川、鷺谷 2023；鈴木、本川、鷺谷 2013)

自身、他の生命、地球を尊重するという価値観を、生物学を学習することにより体得してほしいと述べている。

このように、「私たち」は、他の生物に囲まれており、バイオテクノロジーに関する新規の研究やイノベーションが「私たち」の日常生活に深く関わっているということ、自身や他の生物を大切にするという考え方が紹介された。

c. 環境と「自分ごと」

本川、鷺谷 (2023) や鈴木、本川、鷺谷 (2013) では、生態系による恵みについて議論されていた。

③生態系のめぐみ

多様な生態系がそのはたらきを通じて、さまざまなめぐみ (利益) をわれわれに提供してくれる。森林は二酸化炭素を酸素にかえ、雨水を蓄えて洪水を防いでくれる。海は二酸化炭素を吸収し、気温の変動を緩和し、漁獲物を提供してくれる。さらに、例えば美しいサンゴ礁の海は、ダイビングの楽しさを与えてくれ、観光資源となるなど、レクリエーションの機会も提供する。

④感性・精神へのめぐみ

朝にはさまざまな鳥がさえずり、快適に目覚めさせてくれる。四季おりおりの花が目を楽しませてくれ、さまざまな旬の食べ物が日々の食卓をいろどってくれる。多様な生物がいるからこそ、心や生活が豊かになる。

上記では、多くの生態系や生物による恵みについて議論されている。生存に関することや、生活の恒常性を支える。それだけでなく、観光や、文化の提供を議論し、精神的な安寧

をもたらすと述べている。

その後、本川、鷺谷（2023）や鈴木、本川、鷺谷（2013）では、多様な方法で、環境への向き合い方について、議論する。

これらを肝に銘じ、資源の限られた島とみなすこともできる地球で、イースター島の悲劇をくり返さないようにしなければならない。（本川、鷺谷 2023；鈴木、本川、鷺谷 2013）

上記は、イースター島に関する資源の枯渇と、それによる文明の崩壊に関する逸話とともに、それを教訓として、資源を大切に用いることを説いた言説である。

そして、本川、鷺谷（2023）では、環境の向き合い方について、国際政治にも言及し議論していた。

これは1人ひとりの生き方・価値観に関わる問題であるとともに、自然資源の利用やその利益配分といった問題とも関わっているため、国際的な政治の問題でもある。（本川、鷺谷 2023）

冒頭の「これ」は、前文の『生物多様性の要素を持続可能なかたちで利用することが必要である』ことを示すと考えられる。この、持続可能な利用について、個々人の生き方や価値観に関する問題であると議論した上で、国際政治の議論でもあると書かれている。それは、資源の利用や、利益配分が根拠にあるとしている。

また、生物多様性保全について、本川、鷺谷（2023）や鈴木、本川、鷺谷（2013）では議論していた。

生物多様性を保全し、劣化した生態系を甦らせるための自発的な活動が市民や自治体、研究者などの協力のもとに各地で取り組まれている。（本川、鷺谷 2023；鈴木、本川、鷺谷 2023）

ここでは、自発的な行動に関して言及しながら、生物多様性保全や、復旧についての議論を、多様なステークホルダーの元、取り組まれているという実践が紹介されている。この3文あとに、項目は変わり、その項目のはじまりに以下の文章が存在している。これは、本川、鷺谷（2023）と、鈴木、本川、鷺谷（2023）ともに該当する。

さらに、日常生活における取り組みについて議論した。

われわれ1人ひとりが日常生活において、環境に負荷をかけない生き方をしなければならない。

このような環境に負担をかけないようにするという自発的な取り組みを、本川、鷺谷（2023）と、鈴木、本川、鷺谷（2023）は望んでいると示唆される。

これらのように、環境と自分自身のことについて、生態系からの恩恵や、イースター島での出来事からの教訓、国際政治も絡んだ環境との向き合い方、生物多様性に関する自発的な行動と、日常生活において、自発的に環境に負荷をかけない生活を送ることが重要であるということを述べているということが示唆された。

d. 生命・医療と「自分ごと」

さらに生命や医療に関する「自分ごと」に関する議論が、浜島書店編集部（2021；2011）でも見受けられた。

生命の尊厳に関わる倫理上の問題と、健康な生活に関わる新しい医療などの恩恵。これらは私たちに直接関わる課題である。納得のいく判断をするためにも、確かな知識とさまざまな意見を得ることが大切であろう。（浜島書店編集部 2021；2011）

この、生命の尊厳という倫理的課題や、健康的な生活を送るために得る医療などによる恩恵は、浜島書店編集部（2021；2011）にも書かれているように「私たちに直接関わる」。そのような生命の尊厳や、健康的な生活という「自分ごと」について、知識を得ることや、多様な意見を得ることの重要性を説明している。

そのような多様な意見を遺伝子検査に着目して、紹介されている文章が存在した。

以下は、遺伝子検査に関しての個々人の考え方を家族に着目をした上で議論している内容である。それが、遺伝子検査の項目における、『遺伝情報、本当に知りたい?』の項目である。

・遺伝子情報、本当に知りたい?

あなたの家族は遺伝情報を知りたい?

兄「病気の原因遺伝子があるか調べてみたい。」

妹「知りたくない。」

共通の遺伝情報

子どもの遺伝情報を親が勝手に調べていいの?

（浜島書店編集部 2021；2011）

この浜島書店編集部（2021；2011）における言説は、兄にあたる男性が、自身が病気の原因遺伝子を有しているか調べたいと話しているところに、共通の遺伝子を有する妹にあたる女性自身は知りたくないと話している。そのような共通の遺伝情報を有している場合の影響や、親が子どもの遺伝情報を本人の許可なく調べてもいいのか。という問題提起をしている。

このように、生命や医療と「自分ごと」に関しては、生命の尊厳が、自身に直接関わるということを示し、さらに、遺伝子検査について、共通の遺伝子を有するもの同士の検査の是非について考えを紹介し、個々人の考えを紹介する文も存在した。

E) では、a.から d.のように、生物学と私たち、生物と私たち、環境と「自分ごと」生命・医療と「自分ごと」という項目で、生物学・生物に関する事象を生徒自身の問題としてを架橋させるような議論が存在した。そして、環境や生命に関すること、医療に関することを自身のこととしてみなすように誘う議論があったと考えられる。

F) RRI における公開性

RRI における公開性に類似した議論が存在した。

特許を取得すると、その DNA 断片などを利用した研究開発を優先的に行うことができる。しかし、1 人による独占が、研究の進展の妨げにつながる場合も考えられる。このため、特許が取得された DNA 断片でも、誰でも利用できるように公開されている例もある。(浜島書店編集部 2021 ; 2011)

浜島書店 (2021 ; 2011) では、特許を例として知的財産に関する研究・イノベーションの独占的活用と、それに対して、全体的な研究の進展を遅らせることについて、議論されていた。そのため、DNA 断片における公開例が存在するということを述べている。

G) 環境に関する言説

環境に関しての議論が存在した。

これら生物多様性条約に関する議定書には多くの課題があるが、人間活動による環境破壊や種の絶滅をどのように食い止め、人類と自然の共存の形を模索するのかについて、多くの国が参加し、活発な議論が行われたことには大きな意味がある。(数研出版編集部 2021 ; 2016)

生物多様性条約について、数研出版編集部 (2021 ; 2016) では、議定書に関しては多くの課題があると述べた上で、人間活動による生態系や環境の破壊についての阻止や、人間とその他の自然との共生について、多様な国による多様な議論が行われたことを評価しているような言説が存在する。

6.2.5. iPS 細胞と倫理的課題

iPS細胞と倫理的課題について、多くの副教材が議論していた。

iPS細胞は倫理的問題が少ないという内容が記述されていた副教材もあれば、iPS細胞の生殖細胞が作製可能であることから倫理的課題が存在すると指摘している副教材も存在して

いた。

患者本人の体細胞からつくることが可能なため拒絶反応は起こらず、倫理上の問題も少ない。(本川、鷺谷 2023 ; 鈴木、本川、鷺谷 2013)

本川、鷺谷 (2023)、鈴木、本川、鷺谷 (2013) では、iPS細胞に関して、倫理上の問題は少ないとしている。

ただし4種類の遺伝子に、がんとも関連するc-Mycという遺伝子が含まれていることや運び役にウイルスを用いていることで、安全性に問題がある(その後、c-Myc以外の3遺伝子によるiPS細胞作出の成功が報告されている)。まだ課題は多く、ES細胞と同様に、基本研究成果がただちに臨床での利用とはならないが、受精卵を「つぶす」のことなく倫理問題をクリアする方向は高く評価されている。(長野、牛木ら 2019)

長野、牛木ら (2019) では、iPS細胞に関して、ウイルスをベクターとして用いていること、がんに関連する遺伝子であるc-Mycが山中遺伝子に用いられていることを根拠に、安全性が問題視されているということを指摘し、課題は多く、臨床での活用はまだ遠いとしている。しかしながら、ES細胞にあるような受精卵を破壊する必要があることから、倫理的課題は解決している方向であり、その点について高く評価されていると書かれている。

対して浜島書店編集部 (2021 ; 2011) では、新たな生命を作り出すことに着目し、議論している。

まず、多能性幹細胞について、組織幹細胞、ES細胞、iPS細胞における比較の表が存在した。その中に、「倫理上の問題点」と呼ばれる項目が存在し、組織幹細胞では『特別な問題はない』。ES細胞では『胚の破壊、生殖細胞が作製可能』と書かれていた。iPS細胞では、『生殖細胞が作製可能』と書かれていた。

また、ヒト生殖細胞の作製について、浜島書店編集部 (2021 ; 2011) では以下のように書かれていた。

ヒト生殖細胞の作製 多能性幹細胞 (ES 細胞、iPS 細胞) から生殖細胞 (卵や精子) をつくることもできる。新たな生命の誕生につながる操作は、生命の尊厳に関わる倫理上の問題である。(浜島書店編集部 2011 ; 2021)

この記述は、ES細胞、iPS細胞を同等に扱った上で、それらの多能性幹細胞は生殖細胞を作製することが可能であると指摘している。このような、新たな生命が誕生する可能性のある遺伝子・細胞操作は、倫理の上での問題であり、生命の尊厳に関連すると指摘している。

数研出版編集部 (2021 ; 2016) における表では、ES細胞、iPS細胞、成体幹細胞に分けられ、それらの比較がなされていた。倫理的問題については、ES細胞が『胚の破壊が必要』、iPS細胞では『特になし』、成体幹細胞では『特になし』とされていた。

このように、iPS細胞と倫理的問題に関して、各々の副教材で異なる視点から書かれてお

り、iPS細胞はES細胞と異なり倫理的問題は少ないという議論や、iPS細胞は性細胞の作出があるため、特に生命の尊厳に係る倫理的に問題が生じるという議論が存在した。

6.2.6. 結果のまとめ

このように、Study2 で 7 種の高校生物副教材における分析を、分子生物学と生態学の分野の比較により行った。その結果、それぞれで議論された事例や、言説が抽出された。

事例については、分子生物学では、再生医療、遺伝子に関連する内容や、研究・イノベーションに関連する内容が出現し、生態学では、生物個体、生物種、生態系など多様な範囲における影響と、それに対する人間や社会による取り組みについての事例が存在したことが示唆された。さらに、分子生物学、および生態学への分類が困難な事例が存在していた。COVID-19、原発問題に関する放射線影響、AI とニューロン、SDGs が当てはまる。

そして、Study2 で新しく 49 種の基本言説および、8 種の基本言説の種類が発見された。発見された基本言説の種類は、分子生物学に関する基本言説、研究に関する基本言説、生態学に関する基本言説、「自分ごと」に関する基本言説、さまざまな分野に関する基本言説、倫理の問題・倫理上の問題に関する基本言説、人間活動に係る基本言説、分類が困難な基本言説であった。

自分ごとに関する内容に着目すると、「自分ごと」の基本言説と分類されるほど、多様な「私」や「私たち」と生物や環境を関連づける言説が存在する。この「私」や「私たち」と生物や環境との関連づけた言説は、「私」、「私たち」を生物の一種としてみなした上での言説も存在する。これらの「私」や「私たち」と生物や環境との関連は、RRI 概念に含まれる「包摂性」に大きく関連する。同時に「自分ごと」の基本言説に分類される環境に関する私たちへの教訓言説は、RRI の一つ概念である再帰性と大きく関連する。これらの包摂性や再帰性という RRI の重要視されている概念が、自分ごとと関連している可能性があることが示唆された。

6.3. 考察

以上の 6.2. で述べた結果より、RQ2 に対して、以下のことが言える。

まず、RQ2 の (a) については、分析対象であった高校生物の副教材では、分子生物学と生態学分野のそれぞれにおいて、多様な科学と社会、トランスサイエンス、ELSI、RRI に関する問題や事例が議論されていたことが示唆された。分子生物学分野では、再生医療、遺伝子組換え・ゲノム編集、遺伝子検査、研究やイノベーションの推進、研究不正についての事例が存在していた。生態学分野では、生態系と人間活動という項目に多く存在しており、生態系への影響や、生物・生物種への影響、人間による保全活動の取り組み、環境に対する社会的・法的介入が紹介されていた。さらに、COVID-19 といった分類が困難な事例も存在していた。

さらに、RQ2 の (b) に対する回答は以下のようなものである。ELSI や RRI について、副教材分析では分子生物学分野、生態学分野ともに、自分ごととして議論されていたことが示唆された。このことより、日本の教育系出版物でも自分ごととして議論している教材が存在することが示唆された。

6.3.1. 分子生物学について

分子生物学に関する議論では、科学技術と社会の接点の話題として医療、農業、食についての議論が見受けられた。これらの分野については、新規技術もからんだ議論が多い。そして、微生物を題材とした推進側からの視点からの説明もあり、懸念を示していないものもある。そういった面では、笠による日本における科学教育は、イノベーションを社会に対する貢献に言及する傾向が強い（笠 2017）という指摘に当てはまる傾向はある。一方、浜島書店編集部（2011；2021）に見られるように、個々人の考え方や懸念について議論するという例も存在した。

また、再生医療、ゲノム編集、遺伝子検査、出生前診断についても言及されている。この点から、教育現場でもそのような先端技術に対する社会からの反応についての、議論を扱っているということが判明した。さらに、RRI で重視されている多様性や、公開性（Wittrock and Forsberg 2020）につながる議論が存在することも示唆された。

ここで、副教材でなされていた iPS 細胞における倫理的課題について議論したい。iPS 細胞は倫理的課題が少ないのかという懸念に対する議論はなされている（粥川 2018）。副教材でも、iPS 細胞に対して ES 細胞と比べると懸念が少ないという観点や、ES 細胞同様、iPS 細胞も倫理的課題が存在するという言説の両方が存在した。一方で、iPS 細胞に対して、あらたな生命を作出できる可能性があるという面で ELSI についての議論が必要という指摘も存在した。このように、iPS 細胞に関する ELSI に関しては、ES 細胞と比較しても少ないと主張するものと、ES 細胞と同様に懸念は存在すると議論する副教材に分かれた。しかしながらこれは、懸念についてどこに着目するかによって、議論は変わってくる。

ES 細胞は、ヒトの場合、胚盤胞をもとに作出する（Thomson et al. 1998）。それに対して、

iPS 細胞は、基本的に任意の体細胞に対して、山中遺伝子とも呼ばれる 4 つの遺伝子を用いた改変が可能である (Takahashi and Yamanaka 2006)。こういう意味で、ES 細胞よりも倫理的課題が小さいと述べたのであろう。しかし、ES 細胞も、iPS 細胞も、卵や精子といった生殖細胞の作出は可能であり、倫理的問題が存在する (粥川 2021)。このような背景から、ES 細胞も iPS 細胞も倫理的課題が存在すると主張するのであろう。

倫理的課題はこのように、見方によって倫理的議論が存在するか、しないか、存在するとしても小さいかという議論に分かれるのであろう。そして、副教材という特性上、iPS 細胞における倫理的議論については、存在するという前提で書かれていた方が親切なようにも思われる。

6.3.2. 分子生物学と生態学の比較

分子生物学の方が、記述内容の主体が市民というより研究者の側によっていることが示唆された。というのも、研究やイノベーションの推進に関する言説が、多くが分子生物学において出現した内容であるためである。さらにゲノム編集に関する規制について、浜島書店編集部 (2011 ; 2021) では、研究者でも意見が分かれていると記載されており、研究者を主体として議論されていることが読み取れる。ただ、同じゲノム編集に関するあり方について数研出版編集部 (2021) 内の木下 (2021) で、一般市民も巻き込んで議論する必要があると述べており、一般市民も含めた議論を重要視する言説が存在していること、バイオテクノロジーなどが「私たち」の生活に深く入り込んできているという言説が存在することは間違いない。このように反例も存在し、分子生物学に関しても市民や「私たち」の立場に立って議論している場面も存在する。

それに対して、生態学の方は、一般市民による日々の取り組みについても言及され、「自分ごと」の度合いが高い可能性がある。生態学で議論される環境問題と、あまねく人々のための地球という言説が存在した。また、パリ協定における「全員参加」に着目した言説が存在していた。万人のための地球のため、一人一人が自分自身と周りの人との配慮と連帯をおこなうことの重要視がされている (フィゲレス 2022)。そのような文脈から日本の副教材でも「自分ごと」として意識しようと誘っている可能性はある。ただ、この全員参加を強調する言説が、市民の自発的参加なのか、同調圧力なのかということについては、疑問がある。

また、生物学として分子生物学と生態学を俯瞰すると、命のかけがえのなさ言説における例文に存在するように、生物学を学ぶことによって命を知ることにつながるということが示唆されていた。

6.3.3. 多様な単元で出現する分子生物学および、生態学

分子生物学分野に関する内容は多様な単元で出現する。生態学についても、高校生物における生態単元以外でも存在する。他方で、分子生物学と生態学について、双方の内容が絡み合う事例も存在する。例えば、DDT による生物濃縮は生態単元に存在する。

DDT は、化合物であり、分子である。この DDT に関する生物体内への作用機序を考えると、当然生理学や、毒性を分子生物学の観点から検証することもありうる(檜橋 1966;Harada et al. 2016)。このような、分子生物学にも関連してくる DDT による、生物濃縮という生態学にもまたがる現象を見ると、一概にこの内容を生態学として断言はできず、さまざまな分野が融合しているということが示唆される。DDT を例示したが、これはメチル水銀なども同様に言えることでもある。

Study2 では、生態単元を除いた分子生物学の内容と生態学の単元を分けて議論したからこそ、このような融合が存在することが強く示唆された。

6.3.4. 自分ごと

自身の体のことや、自身の生きる世界・地球のことについて、考えてほしいと主張する言説が存在していた。この「自身」のことを考えるということは、自分ごとを考えてほしいと解釈できる可能性がある。さらに、自分ごととは少し異なる可能性があるが、自身が生物であることを前提に、自身を知るためには生物科目を学ぶ必要があるということや、生物に囲まれて生きているということについて、考えてみたい。

多様性と包摂性は、RRI でも重要視されている考え方である(Wittrock and Forsberg 2020)。上記の自身が生物であるということを前提とした言説や、生物に囲まれて生きているという言説は、多様性を彷彿とさせるとともに、包摂性も踏まえて考えられている。この考え方は RRI にもつながるものであろう。自分ごとと RRI が対応しているということも示唆される。

6.3.4. 多分野・多領域に着目した言説と RRI に関する記述

「次世代ウイルス学」や、多様な生物の共生のための国横断型の研究、そして、近隣の動物園や水族館との協調による自然のあり方の理解について議論していた言説が存在する。

RRI は多様性を重視しており(Wittrock and Forsberg 2020)、多様なステークホルダーを巻き込みながら、科学技術のあり方を考える。さらに、RRI のひとつの目的に、科学教育が存在する(EU 2012)。このように、未来へのケアや次世代への伝承を行っていく(藤垣 2018)。

上記の言説は、RRI の一つの目的である多様性に着目しながら、多様なステークホルダーを巻き込みつつ、自然のあり方について理解することを目指しているという点で、RRI と共通する点が存在すると考えられる。

6.3.5. Study1・Study2 から Study3・Study4 へ

これらからわかるように、Study2 では対象の副教材では ELSI や RRI についての議論がなされていること、自分ごとに関する議論がされていることが示唆された。

Study1 および Study2 では、教科書や副教材に関する言説分析をおこない、制作物に着目

した分析を行った。それに対し、これらの制作物を作成する、もしくは使用する側の視点はどのようなものか。ということに疑問が生じる。つまり、高校生物教科書作成者、および、ELSI、RRI を研究し、時には教育する側から見た ELSI、RRI 教育、そして、生徒・学生から見た ELSI、RRI 教育はどういうものか、ということである。教育を行うためには、もちろん教科書などの書籍は重要である。しかしながら、教科書・副教材同様、もしくはそれ以上に教わる生徒や学生と、実際に教える先生の実際の声は重要である。そこに、ELSI や RRI に関して研究する研究者の考える ELSI、RRI 教育についても検討する余地があると考えられる。

そこで、study3 と 4 では、study1、2 から派生して、実際に、高校生物教科書作成者、ELSI、RRI 研究者、生徒・学生に対して半構造化インタビューを行った。それぞれ、実際に教育をする側へのインタビューは、Study3 として示し、第 7 章に記す。実際に教育を受ける側へのインタビューは、Study4 として示し、第 8 章に記す。

まず、study3 では、分子生物学と同様に ELSI、RRI について議論されている AI 分野と比較し分析した。

第7章 Study 3 高校生物教科書作成者および ELSI、RRI 研究者に対する半構造化インタビュー

本章では、以下の RQ3 を扱う。

RQ3：

- (a) 分子生物学分野/AI 分野の ELSI、RRI の研究者、および高校生物教科書作成者は、ELSI、RRI 教育について現状と今後の方策をどのように考えているのか。
- (b) ELSI、RRI 教育に適切な年代、もしくは教育段階はどのような段階か。
- (c) 分野によってどのような類似点、相違点があるのか。

また、本章の対象は、高校生物教科書作成者、および ELSI、もしくは RRI の研究・教育職の者である。従来からの教育における「教える側」である高校生物教科書作成者と ELSI、RRI 研究・教育職の者を対象とした。

そして Study4 では、分子生物学分野における ELSI、RRI の議論と AI 分野における ELSI、RRI の議論における分析を行った。AI 分野における ELSI、RRI を含む社会的議論は、分子生物学における社会的議論を分子生物学の研究者が自ら実施したアシロマ会議を踏襲していることが多い。その例が、前述した (3.4.) AI アシロマ会議および AI アシロマ原則である。

このような分子生物学分野と、分子生物学における ELSI 的議論を踏襲している AI 分野における ELSI、RRI における教育の分析を、高校生物教科書作成者、および ELSI、RRI 研究者にした半構造化インタビューを行った。

7.1. 方法

7.1.1. 半構造化インタビュー

インタビューは、日常的に使用される言葉を用いた記述を分析する質的調査の一つの例である (佐藤 2015)。質問形態の流動性により、その流動性が低いものから構造化インタビュー、半構造化インタビュー、非構造化インタビューの3つに分類される場合もある (佐藤 2015)。その中でも、半構造化インタビューとは、ある程度の質問という枠組みを形成しながら、そのほかインタビューを通して疑問が出てきたことに対して問いかけ、インタビュー対象者との対話が可能である。また、インタビュー調査は、量的調査にあたる質問紙調査の予備調査として用いられる場合もある。

さらに、科学技術社会論の文脈では、竹家 (2018) が、不妊治療に関することを医者や、治療を行った患者に対し、半構造化インタビューを実施している。

本研究では、ある程度の質問形式を有しつつ、柔軟にインタビュー対象者に対して質問も行うことのできる半構造化インタビューを採用した。

7.1.2. 日本の ELSI、RRI 教育における分野比較

本章では便宜上、分子生物学に関する事例を主な対象として、ELSI、RRI の研究をしている研究者を、分子生物学の ELSI、RRI 研究者と呼ぶ。また同時に、AI に関する事例を主な対象として、ELSI、RRI の研究をしている研究者を、AI 分野の ELSI、RRI 研究者と呼び、半構造化インタビュー調査を行った。

7.1.3. インタビュー対象者

ELSI、RRI 研究者および、生物に関する教育に関して見識の深い高等学校生物の教科書作成者にインタビューを行った。

ELSI、RRI 研究者のインタビュー対象者の選択については吉永（2018）を参考にしながら候補者を考えた。吉永（2018）は科学技術社会論における研究者群を、どのように研究者同士が共同研究しているのかというデータを用いて可視化し、期間ごとに第 1 期から第 3 期に分類した。そのなかで、最近の第 3 期（2012~2016 年）の相関図を用いて、ELSI、RRI も研究している研究者を選択し、インタビュー対象候補者に入れた。また、2 名の AI の ELSI、RRI 研究者は、知り合いから紹介してもらった。

高等学校生物の教科書を執筆した高等学校教員 2 名、分子生物学が専門のベテラン大学教員の 1 名を、その専門性の高さや科学技術と社会についての知見の高さを考慮して選んだ。

7.1.4. インタビュー依頼

メールにて、東京大学大学院総合文化研究科・教養学部 ヒトを対象とした実験研究に関する倫理審査委員会の倫理規定に従った説明文書及び、同意書を添付して依頼した。

分子生物学分野における ELSI、RRI 研究者については、5 名に依頼し、4 名がインタビューに応じた。AI 分野における ELSI、RRI 研究者については、4 名に依頼し、4 名がインタビューに応じた。そして、高等学校生物教科書を執筆した教員 3 名のうち、2 名がインタビューに応じた。

7.1.5. インタビューの実施前における手続き

インタビューを行う数日前に、インタビュー対象者にメールを送信し、質問リスト及び、zoom でインタビューを実施する場合には zoom URL を送信した。

7.1.6. 質問事項

ELSI、RRI 研究者に送付した質問事項の大項目を以下に示す。

(1) プロフィールについての質問、(2) 分子生物学/AI 分野の ELSI、RRI と教育についての架橋についての質問、(3) 各教育段階（中学校～博士課程）における ELSI、RRI 教育そして、補足として、AI/分子生物学分野の ELSI、RRI と教育についての架橋についての質

問を、ELSI、RRI の研究者に前もって送付した。

高校生物教科書作成者の教員、つまり、高校で生物科目を教えている教員と、大学で分子生物学を教えている教員には、以下の質問事項を含めた質問用紙を送付した。(1) プロフィールについての質問、(2) 教科書作成者としての意見を尋ねる質問、(3) 科学的知識以外の、科学と社会についての考えについて、(4) 分子生物学が発展することに伴う倫理的・法的・社会的課題 (ELSI) と責任ある研究・イノベーション (RRI) についての考えと、大まかには ELSI、RRI 研究者同様の質問事項を事前に送付した。

これらの質問事項の中でも、本論文で特筆すべき点は、RQ3 にもある、(a)『あるべき ELSI、RRI 教育の内容や姿勢はどのようなものか。』、(b)『ELSI、RRI 教育の対象はどういう児童・生徒・学生であるべきか』、(c)『ELSI、RRI 教育でどのようなことを伝えるべきか、どのようなことをゴールにするべきか、どのようなことを Take home message にしてもらうべきか。』という質問である。これらはそれぞれ、(a) ELSI、RRI 教育において今後どのような教育をすればいいかという質問、(b) 児童・生徒・学生の年齢層やどういう興味関心をもつ子ども達に教育するか、(c) ELSI、RRI 教育におけるメッセージや目的・目標についての質問である。

7.1.7. インタビュー実施

分子生物学 ELSI、RRI 研究者から 4 名、AI の ELSI、RRI 研究者 4 名のインタビューを実施した。また、高等学校生物の教科書執筆者の 2 名へインタビューを実施した。インタビューには直接行った 1 名を除き、Zoom で実施した。

1) オンライン (zoom) でのインタビュー方法

公開許諾を得た mbER1~4、AIER1、AIER 3、AIER 4、mbse2 (後述) に対するインタビューはオンラインにて行った。1~2 時間のインタビューを行った。MacBook Pro (13-inch, 2020, Two Thunderbolt 3 ports) (Apple) およびモニター (DELL Flat Panel Monitor P2419HC) を使用した。MacBook Pro の画面には zoom アプリおよび質問リストを投影し、モニターにはメモとして word を開いた。質問リストは、インタビュー対象者に画面共有をしながら行った。さらに録音、録画は了承を得たのちに zoom の録音・録画機能と、録音録画漏れ防止のために、ボイスレコーダー (OLYMPUS DM-750) の 2 種を使用して録音を行った。

調査者は、主に大学の院生研究室で行った。

ELSI、RRI 研究者は、分子生物学分野と AI 分野のうち、自身の専門の事例分野の質問には一つ一つ答え、他方の事例分野には答えやすいものを選んで答えてもらった。

2) オフラインでのインタビュー方法

1 名 (mbse1) は、その研究者の所属先の会議室にて行った。ボイスレコーダー (OLYMPUS DM-750) を使用して録音を行った。

7.1.8. インタビュー後

インタビュー内容の文字起こしを行い、「僕」などの社会的性別を特定する文言に関しては、「私」に統一するなど、個人情報と一部の雑談の内容を削除した。その原稿を用いて分析を行った。

インタビューデータは、どうしても発言者の内容が句点として終了しない時がある。そのため、文章を分析する際には、できるだけ一文に近いように調節しながら文章を分割した。その時に 1 つのメッセージが含まれる文章を 1 つのまとまりとして分画した。そして、リサーチ・クエスションの項目ごとに分類した。また、その過程でその項目に当てはまらなかった場合には、新しく分類を作成した。

これらの過程を経て 1 名 (AIER2) を除いた 9 名から、公開許諾を得た。

7.2. 結果

7.2.1. インタビュー対象者のプロフィール

mbER1、mbER2、mbER3、mbER4、AIER1、AIER3、AIER4、mbse1、mbse2 にインタビューとその公開の許諾を得た。この9名のプロフィールを以下の表 7-1 にまとめる。

表 7-1 インタビュー対象者のプロフィール

インタビュー対象者	プロフィール
mbER1	分子生物学分野の ELSI、RRI 研究・教育職
mbER2	分子生物学分野の ELSI、RRI 研究・教育職
mbER3	分子生物学分野の ELSI、RRI 研究・教育職
mbER4	分子生物学分野の ELSI、RRI 研究・教育職
AIER1	AI 分野の ELSI、RRI 研究・教育職
AIER3	AI 分野の ELSI、RRI 研究・教育職
AIER4	AI 分野の ELSI、RRI 研究・教育職
mbse1	教科書作成者・分子生物学の研究者
mbse2	教科書作成者・生物科目の高等学校教員

mbER1、mbER2、mbER3、mbER4 は、分子生物学分野の ELSI、RRI の研究者であり、AIER1、AIER3、AIER4 は、AI 分野の ELSI、RRI 研究者である。また、mbse1 は、高等教育も行う、分子生物学分野の研究者である。さらに、mbse2 は生物科目を専門とする高等学校の教員であった。mbse1、2 とも、ELSI や RRI に関する科学と社会に関する問題や、研究倫理に詳しい研究者であった。

7.2.2. インタビュー実施の日程、時間

mbER1、mbER2、mbER3、mbER4、AIER1、AIER3、AIER4、mbse1、mbse2 に対してインタビューを行った際の所要時間は、平均で 1 時間 14 分、最長で 1 時間 42 分であった（秒数は 29 秒まで切り捨て、30 秒から切り上げ）。

表 7-2 インタビューの所要時間

インタビュー対象者	所要時間
mbER1	1 時間 42 分
mbER2	1 時間 28 分
mbER3	55 分
mbER4	1 時間 0 分
AIER1	1 時間 28 分
AIER3	1 時間 10 分
AIER4	59 分
mbse1	1 時間 30 分
mbse2	52 分

7.2.3. インタビュー対象者の言及した事例分野

mbER1、mbER2、mbER3、mbER4、AIER1、AIER3、AIER4、mbse1、mbse2 に対してインタビューを行った際にインタビュー対象者が言及した事例分野については以下のようにまとめられる。

基本的には分子生物学、AI のそれぞれの事例の返答を得た。自身が普段対象としている事例分野のみを答えた研究者も存在する。また、両方を事例として扱った経験がある、授業で扱っているなどという、研究者の背景を理由から、分子生物学と AI の双方の事例分野を答えた人、もしくは、分子生物学と AI の事例を区別せず回答した者もいた。

表 7-3 インタビュー対象者の言及した事例分野

対象者	専門分野	分子生物学	AI
mbER1	分子生物学の ELSI、RRI	+	+
mbER2	分子生物学の ELSI、RRI	+	—
mbER3	分子生物学の ELSI、RRI	+	—
mbER4	分子生物学の ELSI、RRI	あまり区別せず答えた	あまり区別せず答えた
AIER1	AI の ELSI、RRI	+	+
AIER3	AI の ELSI、RRI	—	+
AIER4	AI の ELSI、RRI	—	+
mbse1	分子生物学	+	質問せず
mbse2	高校生物教員	+	質問せず

7.2.4. 質問事項に対する回答

インタビューにおける回答を、1) ELSI、RRI 教育の難しさ、2) ELSI、RRI 教育のあるべき姿、3) ELSI、RRI を教わる側の教育段階、4) 伝えるべき内容/ゴール/“take home message”の4つの視点からまとめたものを以下に示す。

概して言えることは、自身のこと、つまり、自分ごととして考えることが重要であるということである。

7.3.1. 得た結果の要約

はじめに、インタビュー結果を表にまとめると以下のようなになる。

表 7-4 ELSI、RRI 研究者・高校生物教科書作成者に対するインタビューの結果 —ELSI、RRI 教育の難しさ

1) ELSI、RRI 教育の難しさ	
[分子生物学分野]	
	① 答えがあることを期待する学生に対し開かれた、考えることを誘う授業をすることの難しさ
	② ELSI や RRI を理解し、応用することの難しさ
	③ 科学技術に対する推進側の意見を有する学生に対して前提を問うことの難しさ
	④ 価値観を相対することの難しさ
	⑤ ディスカッションをする土壌がない場合の、ELSI、RRI を教えることの難しさ
	⑥ ELSI、RRI 教育が教員個人の能力に依存することや、生徒にとって多様なことを学ばなければならない中、ELSI、RRI を学ぶ機会がどれだけ得られるかという難しさ
	⑦ 卒業要件の中に ELSI、RRI を含めることの難しさ
	⑧ 事例の選択によって「自分ごと」からの距離が離れてしまう難しさ
	⑨ 科学技術の形成プロセスがわからない、もしくは科学技術が他人事である段階における RRI の理解の難しさ
[AI 分野]	
	① 一般化した議論と具体例のバランスや、自身のこととして捉えるために行う工夫の難しさ
	② AI ではすでに自身と身近になっているために自分ごととして捉えやすいこと、それに対し、分子生物学は AI と比べて身近ではないため、考えるきっかけを提供する必要性があること

ELSI、RRI 研究者、高校生物教科書作成者への ELSI、RRI 教育の難しさについての回答は、表 7-4 のような結果としてまとめられた。

このように、ELSI、RRI 教育の難しさについて、教員の立場、教育システムの都合から議論された。

そして、ELSI、RRI 研究者、高校生物教科書作成者への ELSI、RRI 教育のあるべき姿についての回答は、次のページの表 7-5 のような結果としてまとめられた。

表 7-5 ELSI、RRI 研究者・高校生物教科書作成者に対するインタビューの結果 —ELSI、RRI 教育のあるべき姿

2) ELSI、RRI 教育のあるべき姿	
[分子生物学]	
	① 問いに対して批判的に分析していくこと
	② 市民自身が情報を取得する方法を学ぶこと
	③ 学生の学年に適した情報収集
	④ 20~30 年後を見据えて課題を話し合うこと
	⑤ 人文・社会科学系に進学する学生が議論すること
[AI]	
	① 相手の話を聞き、多様なステークホルダーを巻き込んで考え、決定できることを目標にすること
	② 自分自身の考えを相対化する力をつけること
	③ AI の方が日常生活の場面に関わるため、学生が興味関心を持つこと

ELSI、RRI 教育のあるべき姿について、批判的思考、情報取得、将来を見据えること、多様なステークホルダーを巻き込むこと、自身の考えを相対化すること、興味関心を示すことが示された。

さらに ELSI、RRI 研究者、高校生物教科書作成者への ELSI、RRI を教わる側の教育段階についての回答は、表 7-6 のような結果としてまとめられた。

表 7-6 ELSI、RRI 研究者・高校生物教科書作成者に対するインタビューの結果 —ELSI、RRI を教わる側の教育段階

3) ELSI、RRI を教わる側の教育段階	
[分子生物学]	
	① 早い段階（大学の初年次教育）からの教育が重要である
	② 中学校・高等学校の教育段階からの教育が重要である
	③ 中等教育や大学 1、2 年から継続した教育が重要である
	④ 大学 3、4 年以上における教育が重要である
	⑤ 修士課程 1 年における教育が重要である
	⑥ 教育が必要になる段階には個人差がある
[AI]	
	① それぞれの段階における ELSI、RRI に関する教育や FD が重要である
	② 大学の初年次教育からの教育が重要である
	③ 文系理系の選択する時期の教育が重要である
	④ 興味がある場合であったら、どのような教育段階にでも門戸は開かれるべきであり、小学校、中学校における教育も視野に入れている

ELSI、RRI 教育を教わる側の教育段階について、大学の初年次から、中等教育から、中等教育から大学初年次からの継続、大学 3、4 年以上、修士課程 1 年、文理選択時が挙げられた。さらに、教育を受ける側の個人差に対しても議論され、また、各段階における教育や FD が重要であるということが示された。

そして ELSI、RRI 研究者、高校生物教科書作成者への ELSI、RRI 教育のあるべき姿についての回答は、表 7-7 のような結果としてまとめられた。

表 7-7 ELSI、RRI 研究者・高校生物教科書作成者に対するインタビューの結果 ―伝えるべき内容/ゴール/“take home message”

4) 伝えるべき内容/ゴール/“take home message”	
[分子生物学]	
	① 科学技術に対して、自分の考えを持つことがゴールである
	② 自分で情報収集を行い、自分で考えられることがゴールである
	③ あらゆる分野を俯瞰する力を身につけることがゴールである
	④ 問いを批判的にみる力をつけることがゴールである
	⑤ 命とは何か、生命の素晴らしさ、生物多様性について生徒が考えることがゴールである
	⑥ 生命科学に関する最低限のリテラシーを身につけることがゴールである
	⑦ 望ましい研究や社会、治療のあり方を考える力を身につけることがゴールである
[AI]	
	① AI に関して今後起こる問題を生活への影響も含めて議論することがゴールである
	② 当事者意識を持つことがゴールである
	③ 自身の認識や理解の狭さに気づくことがゴールである
	④ 学生自身の観点、価値観が周りと同じではないということを認識しながらの合意形成ができることがゴールである

ELSI、RRI 教育の伝えるべき内容/ゴール/“take home message”について、自身の考えを有すること、俯瞰する力を涵養すること、批判的に見る力を身につけること、命や生物多様性について考え、リテラシーを身につけること、研究、社会、治療のあり方を考える力を身につけることが挙げられた。さらに、AI に関して、今後生じる問題を生活への影響を含めて議論すること、当事者意識を有すること、自身の認識・理解の狭さに気づくこと、価値観が多様にあるということを認識しながら合意形成ができることが挙げられた。

以下で詳細を見ていく。まず、ELSI、RRI 教育の難しさを 1) で、ELSI、RRI 教育のあるべき姿を 2) で、ELSI、RRI を教わる側の教育段階を 3) で、伝えるべき内容/ゴール/“take home message”を 4) で議論する。

1) ELSI、RRI 教育の難しさ

以下では、分子生物学分野と AI 分野に関する ELSI、RRI 教育で困難と考えられる点についての回答をまとめる。

i. 分子生物学分野

まず、ELSI、RRI 教育で考えられる困難な点について、分子生物学分野では以下のような意見を得た。

結局、答え教えて欲しいじゃないですか。今の教育って答え教えてほしいと思ってるし、答えがあると思ってるんですよ。だから色んな意見あるでしょって言って、終わると、なんか最後まで教えてくれないと思うんですね。で、結局どれなの。っていう。なんかそういう感じがして。どれかは自分で考えてね。最終的にどれになるかも、違った人が考えれば違った答えになるかもしれないよねっていう、そのオープンな形で終わるっていうことに慣れていなくて、それがやっぱり難しいのかなって思いますね (mbER1)。

この意見は、学生自身が授業などで教わる時に答えが存在していると思っているからこそ、多様な価値観の中で答えは変わるかもしれないということを伝えようとしているという意見である。答えを明言せず、余韻を残すような形式で授業を終えると、学生は答えを欲しがってしまう。答えがあることが大前提の学生に対し、開かれたような、考えることを誘うような授業を行うことは難しいということを指摘していた。

この点は、①答えがあることを期待する学生に対し開かれた、考えることを誘う授業をすることの難しさであると考えられる。

ELSI、RRI について、学生が難しいと思う理由に、答えがないということの他に、ELSI や RRI が抽象的な概念であるというものがある。

mbER3：叙述ベースの、なんていうんですかね。歴史的事象の説明が必要かと思います。ELSI が議論された時代には、環境社会学の議論で良く取り上げられるローマ・クラブがだした『成長の限界』の本ですとか、カーソンが書いた “Silent Spring” 等が挙げられるのですか、そのような本と関連づけながら ELSI の話をすると、学生にとって、ELSI がもう少し自分ごととして考えられる契機になると思うし、公害問題との関連だったり、やっぱりちょっと倫理的にどうだったの? というのはあるんですよ。そういうトピックに関連づけて話をしないと、なかなか大学生とはいえ、ELSI の話は学生にはちょっとハードルが高い、机上の空論に聞こえちゃうんじゃないのかなって思います。

調査者：自分ごとってというのが、大事だと思ってらっしゃるってことですか?

mbER3：おっしゃる通りですね。今日は実は、この直前に1、2年生を対象とする一般教育科目の授業を教えたところなのですが、リスク社会論の話をしたり、STS 的な話をし、学生がどんな反応するかをみてみたのですが、履修生は、このようなテーマに関心は持ってるんですが、すごく難しいって感じる人たちが多くって。私の話の伝え方の問題もあると思うんですが、他方で領域固有の難しさがあると思うんですね。ELSI にしても RRI にしても。なんていうんですかね。ふわっとした概念に聞こえてしまうのだと思うんです

よね。それらをどう理解してどう応用するのかは、学部生には難しい面があります。何をどう考えたらいいのかわからない。

mbER3 は、そもそも、ELSI や RRI という概念は、漠然としているという指摘の上で、その概念を理解・応用することは、学部生にとって何を考えたらいいのか困難であるということをも指摘した。さらに、歴史的な背景をもとに、ローマ・クラブの『成長の限界』や、レイチェル・カーソンの『Silent Spring』（『沈黙の春』）と関連づけて、ELSI の話をすることによって、受講生が自分のこととして ELSI を考えるきっかけになると考えている。このように、学生にとって近しい知識とともに考えることによって、理解できるとともに、ELSI だけの話となると、理解しにくい可能性があるという意見を得た。

この指摘は、②ELSI や RRI を理解し、応用することの難しさであると考えられる。

さらに、そのような ELSI、RRI の概念を理解するためには、歴史的な背景を学ぶことにより、学生が自身のこととして ELSI を考えることが重要である。これは、学生を主体とした内容であった。

一方で、mbER1 は学生の有する固定観念について話していた。

科学技術について非常にナイーブに前向きな視点を持ってる学生さんが多いのは確かで。なんか自分にとって正しい目的のために科学研究を行いたいと思って、理工学部に進んできた方も多くいる。でその子達がその負の側面みたいなものなかなか見れないっていう、その状況があると RRI 教育みたいなものをしようと思って、また他者と違った意見との調整だったりとかってことを考えなきゃいけないんだよっていうことを言っても、いやだって、自分は崇高な目的のためにこの研究を行ってるんだからっていう、その前提が崩れない限りは難しいのかなっていう気がしています。(mbER1)

科学技術に対し、推進側の考え方を有し、使命感を持って研究する学生に対して、その考え方の前提を解さない限りは、ELSI や RRI や、他の人との意見の調整を考える必要性に関して教えることは難しいと話していた。

この語りは、③科学技術に対する推進側の意見を有する学生に対して前提を問うことの難しさであると考えられる。

上記の mbER1 は、学生を主体に考えた発言であったが、その固定観念を教員側に視点をかえた発言をした研究者が、mbER4 である。

mbER4：その。発生だったりとか個体の、なんだろうな。生命っていうものの考え方っていうことの違っていることが考えながらやらないと、何言ってもかわかんないだろうな。というふうに思うところですよ。で、あと用語もとにかくなるべく平易にしないとけないよねところではあると思いますね。

調査者：生命の違いですか。

mbER4：やっぱりその、えっと、社会の中とか学生さんの中でもグラデーションは当然あるわけですね。いわゆるパーソン論的な考え方をするって言うこと聞いて考えても。それこそ胎児とかなんだ。認知症患者みたいなものは人格がないって切り捨てることができる人もいるだろうし。そうじゃない、そんなそれもちゃんとインクルージョンとして考えていかなければみたいなことは言う人もいるでしょうってところですね。結構分子生物学。molecular biology も再生医療もそうなんですけど、そういうところに触る研究なので。安易にそこをこう、自分の価値観だけで話すと、多分伝わらないなという風には思っていて。その難しさは常に感じるこです。自分の考え方は自分の考えとして当然あるし、逆に言うとそれは自分がこういう考え方と思って話をしてますけどって言いますけど。で、それで通じるか通じないからまた出てくるので。そうした前提となる価値観の違いってのは結構端的に出てくる場所じゃないかなと思っています。

mbER4 は、基本的に分子生物学と AI において特に区別せずに話しているとインタビュー内で発言していたが、この発言に限っては、分子生物学に対して特有の議論について論じていた。学生ごとに、多様な価値観がある生命というものに対して、どのように考えるかということが課題であるという。分子生物学も再生医療も、生命とは何かという問題に触れるような研究分野であるので、教員側一人だけの考え方に沿って話すとしても、伝わらない可能性があるかと述べていた。教員自身の価値観を伝えることは伝えるが、その言説が通じるかということもある。

このように、④価値観を相対することの難しさが語られた。このような価値観を相対化し、相互理解をはかる重要性が議論された。

ディスカッションのできる環境について、俯瞰した。この mbse1 による発言は、日本の教育や社会に着目して議論した。

もう少し、ディスカッションとか、そういう、お互いが理解する場をつくらなきゃならないと思ってます。今は特に日本はそういう場が少ない。で、科学技術の発達ってのも専門家ですらも追いついて行かない。ですから技術の先にあった時に、これからの科学技術は、ある面ではその予測されることと、それからそれをどう見れば我々自身が制御することができるかどうかです。で、技術の発展はこれからどんどんまだ際限なく進むでしょう。でその時に、科学とはどうあるべきかということは私は考えるべきだと思ってます。でその辺が、今ですね、これからは、自然科学者はもちろんのこと、人文科学、社会科学その他をふくめて社会というものが、その科学というものをどのようにして捉えていくかということですね、私今真剣に考える時代だと思っています。科学者だけの問題じゃなくて、これはその、そういうものを醸成していくシステムが必要だろうと思うんです。あの、日本ではすね、やはり、ディスカッションがなかなかしにくい。それは教育の問題もあるんだけど、社会的にね、そういう問題を訴えてもなかなかそれが響かない。それを

もう、ちゃんと考えなきゃならない時期に来てるんじゃないかなと思いますね。ええ。

(mbse1)

mbse1 は、ディスカッションをはじめとする相互理解ができる機会を作る必要があると語る。また、日本ではそのような機会が少ないと指摘する。また、科学技術の発達というものが科学者でも追いついていけないという現状を指摘する。よって、今後は科学技術に関して予測と、予測されることをどのように「我々自身」が制御できるかということが重要であると述べる。また、mbse1 は技術が制限なく進み中で、科学のありかたを考えるべきであるという mbse1 の考えを述べた。その上で、自然科学系の研究者のみならず、人文科学や社会科学の専門の研究者やその他の人を含めて、社会が科学に対して真剣に解釈をすることが重要視されるべきであると mbse1 は述べた。このようなことは、科学者だけで解決する問題ではなく、そのようなものを作っていくシステムが必要であろうと話す。

そして、mbse1 は、日本のディスカッションがしにくいという現状を話しながら、その理由として、教育の問題や、社会の問題を挙げた。そのようなことを考えなければならないと話した。

この点は、⑤ディスカッションをする土壌がないと ELSI、RRI を教えるのは難しいという指摘であると考えられる。

さらに、学習に対する態度だけではなく、生徒や学生の、学習に対する時間的・体力的・領域に関する資源や効率についても言及された。

これはよく言われることではあるんですけど。学習指導要領上に ELSI、RRI 教育をついていうのは位置づけられてはいないわけなので、私自身もいろんな実践をやりますけれども、まあ、あの (mbse2 の苗字呼び捨て) だからできたんでしょうとか、まあ興味持ってるだけでしょうとかっていうのも常に言われ続けていますし。あのまあ、それはその通りだと思うんですね。あの全員ができるわけではないと自分でも思っていますし。そういう意味で、その障壁って言うと、まあその高校段階で言えば、高校の中でやらなきゃいけない事ってまあ他にもいっぱいあるし、その RRI とか ELSI のことだけやってるわけではないので、そういう意味でその難しいのかなっていうのは常に思っています。(mbse2)

学習指導要領では、ELSI や RRI について議論されていない中、高等学校で ELSI や RRI に関する実践を mbse2 は実施しているということを語った。mbse2 が ELSI や RRI に関する取り組みに対して、周囲から、mbse2 自身のもつ専門に近いことだからこそできることであることであると言われている中で、それを認めながら、全員ができるわけではないということも認めていた。

それを、生徒の立場に立って見てみると、高等学校の教育の中で学ぶことは、多様なことがあり、また多いということを指摘した上で、RRI や ELSI のことだけを行なっていればいいというわけではないということを日常的に考えているということを語った。

この点は、⑥ELSI、RRI 教育が教員個人の能力に依存することや、生徒にとって多様なこ

とを学ばなければならない中、ELSI、RRI を学ぶ機会がどれだけ得られるかという難しさであると考えられる。

mbER3 は同様の時間的・体力的・学習領域に関して、大学教育に着目した。

いわゆる文系の学生さんが多いんですね。所属大学の中に。そうすると自分が実験してるわけではない。一般教育科目で自然科学系のクラス取らなくちゃいけないとか、情報系のクラスは、卒業要件としてあるからとらなきゃいけないなど、表面的な理解になわけです。で単位を効率的にとって、良い成績を修めて、「さあ、頑張って就職しなきゃ」って。で、自分ごととして捉えることができないような概念を講義で聞いても、なかなかピンとこないわけです。なので、自分ごとで考えてもらえるように、色々工夫が必要なわけです。演習してみたりとか、もっと身近な話を事例を紹介したりですね。みんなに考えてもらおうとかですね。そういうふうにしないと、なかなかピンとこないと思います。特に、この ELSI とか RRI っていうのは教えるのは難しいです。(mbER3)

mbER3 は、学生の単位取得や就職への注力について指摘した。文系の学生が多い大学に所属する mbER3 は、学生たちが、一般教養の科目で自然科学系や情報系の授業を卒業要件や単位のために履修をする必要がある。これらの授業に対して、そつなくこなして、自分が本当に学びたい科目を通して実力をつけるという戦略を立て、学んでいくという現状を話した。そのため、単位を効率的に取得し、成績も優秀な成績で修了し、就職活動に励むということを伝えた。

また、学生が自分のこととして捉えられない考え方を授業内で聞いたとしても、腑に落ちないため、「自分ごと」で考えられるように、演習や、身近な話を事例として紹介するという工夫が必要であると指摘した。特に、ELSI や RRI を教えることの難しさを語った。

これらの指摘は、⑦卒業要件の中に ELSI、RRI を含めることの難しさと考えることができる。

さらに、身近な話に着目して、自分ごととしてどのように語るかという難しさについて、ゴシップに関して議論した対象者が mbER2 である。

そうそう、ゴシップ。研究不正の話とか。デュアルユース系のやらかし事案って結構悲惨だったり、えらいことばかりなんで。喜ぶって話ではないんですけど、事件事故なので。やっぱりそんなことあったんだ。みたいな。関心を惹くという意味では、すごくいいテーマなんですけど、それで終わりがちというか、変に切り離しが行われる。それは科学者の責任じゃない。社会が使ったんだ。って言う形になりがちなので。そうではなくて実際、研究者と言うものはポリティックスに食い込んで、いると言うのは、過去の事例からいくらでも出てくるので、そう言う意識は持って欲しい。(mbER2)

mbER2 は、研究不正の話や、デュアルユースに関する「やらかし」事案がゴシップや事件事故が、学生たちに興味をひいてもらうためにはいい題材ではある、と述べた上で、「ゴ

シップがあった」という、学生自身の学びと切り離しが行われるという。それは、社会が利用したからできたのであって、科学者の責任ではないと学生が主張するようになってしまうという。mbER2 は、この点に問題提起をし、研究者は政治に関与しているということは過去の事例から判明していることであるので、学生にも研究者の政治に関する責任については考え、意識を有して欲しいと語った。

これらは、⑧事例の選択によって「自分ごと」からの距離が離れてしまう難しさと考えられる。

科学と学生との距離感について、mbER1 は指摘した。

RRI みたいにどうやって科学技術作ってくのっていう話をするのであれば、自分がどういう立場から科学技術に関わるのかっていうイメージがある程度わからないと難しい。結局どっか他の人に、どっかで他の人が、まあ特に中高大学1年生ぐらいまでに関しては、すごい、どっかのすごい人たちが、なんかもう他の人にしかわからないようなことをやって、新しく科学技術生み出してるみたいな、なんかすごい他人ごととして捉えるような段階で、RRI の話をするのは難しいだろうと思ってます。(mbER1)

自身がどのような立場から科学技術に関わるのかということを考えられる人間でないと、RRI のような科学技術を萌芽的な段階から議論し、作り上げていくことを考えるのには難しいと mbER1 は指摘した。中学生から大学1年生頃の教育段階の生徒や学生は、科学技術に対して、他人の「すごい」人たちが、自分たちにはわからないようなことを実施して、新規の科学技術を生み出しているような、至極他人事として捉えるような段階であると指摘した。その上で、そのような科学技術を自身のこととして判断できない生徒や学生に対して、RRI のような自分ごとを要求するような考え方をすることは難しいと指摘した。

これは、⑨科学技術の形成プロセスがわからない、もしくは科学技術が他人事である段階では RRI への理解が難しいと考えられる。

以上のことから、分子生物学分野で ELSI、RRI 教育を行う上での難しさとして、①答えがあることを期待する学生に対し開かれた、考えることを誘う授業をすることの難しさ、② ELSI や RRI を理解し、応用することの難しさ、③科学技術に対する推進側の意見を有する学生に対して前提を問うことの難しさ、④価値観を相対することの難しさ、⑤ディスカッションをする土壌がない場合の、ELSI、RRI を教えることの難しさ、⑥ELSI、RRI 教育が教員個人の能力に依存することや、生徒にとって多様なことを学ばなければならない中、ELSI、RRI を学ぶ機会がどれだけ得られるかという難しさ、⑦卒業要件の中に ELSI、RRI を含めることの難しさ、⑧事例の選択によって「自分ごと」からの距離が離れてしまう難しさ、⑨科学技術の形成プロセスがわからない、もしくは科学技術が他人事である段階における RRI の理解の難しさが挙げられることが示唆された。

ii. AI 分野

AI 分野における ELSI、RRI 教育の難しさを以下に引用する。

まあ、やっぱり、簡単に説明しようとしても、どこまでわかってないかわかんないので。やっぱり、温度感みたいなのがどう測るか難しいですけど。(AIER4)

AIER4 は、学生の理解度についてどのような理解度が明らかにならない状況で、その学生と AIER4 の距離感についてどのように推測するかということの難しさを指摘した。これは、教員側が熱意を持って授業を行なっているが、学生側が必ずしもついていくかというような精神的な距離感を示す。

その距離感について、具体例と一般論のバランスに着目して話した研究者が、AIER1 である。

そこ（具体例と一般化した議論）の距離感が難しいと思います。事例の話しするとどうしても事例が面白いので、たとえば ELSI 関係で裁判があったとして、その後裁判の結果どうなったんですかみたいに、のめりこんでいっちゃうかもしれない、そうすると全体像が見えなくなっちゃう。だけど一方で、引いた時に、あまり引きすぎると一般論になってしまって、立場の違う人の考えを理解しましょうみたいな、小学校の道徳でやるような話になっちゃってですね、意味ないし。ここのバランス。実際の例と抽象化した一般化の話とどういう風にバランスを、程よい距離感をとるのかっていうのが難しいですね。やっぱりこういう話っていうのは何だろう、聞いている人達も自分の問題だと思って考えてもらわないと、身につかないというか、考え方も、何かお題目だけ唱えられてこれやっちゃいかんという、べからず集を覚えさせちゃったら全然面白くない。自分ごととして捉えてもらえるか。っていうところがキモだと思うんですけど、そこは難しいですね、やっぱりね。なかなかね。そこが一番。そこどうやったらよくわかんない。(AIER1)

AIER1 は、具体例と一般化した議論の距離感についての難しさを語った。事例を話すと、事例の話自体が興味を惹かれるものであるため、夢中になって行ってしまうが、そのような状況になると、全体を俯瞰できなくなることを指摘した。一方で AIER1 は、あまりにも俯瞰をしすぎると、一般論になってしまうということも指摘する。ほかの立場の人間の価値観を理解しようというような議論になり、それは小学校の道徳のような教育になってしまっていて、大学で行う教育とは異なってしまうため、この塩梅が難しいと語っていた。

また、AIER1 は、授業を受講する側などの話を聞いている立場の人間が、自身の課題であると理解しながら考えてもらわないと学びが生まれないと話す。また、考え方を授業などで教えるとなった時にも、トピックだけを話され、行なっているいいことと行なってはいけないことのみを伝えられるような「べからず集」を覚えさせても全くもって魅力的ではないということを指摘していた。自身のこととして捉えてもらうことが重要であると思うと語りながら、どうやったらいいのかがよくわからないという難しさを語っていた。

実際修論とか書き始めると博論書き始めるとこっちの方に集中しちゃって、なかなか ELSI どころではない。調査する前に倫理審査委員会通さなきゃってなるんだけど、通っちゃったらなかなかね。そのところが難しいと思うんですけども。(AIER1)

また AIER1 は、ELSI や RRI について学んだ後に、実際に修士論文や、博士論文を書くようになるが、それらを書き始めると執筆に集中してしまい、ELSI に着目する余裕がなくなってしまうということや、研究調査の前に倫理審査委員会に倫理審査を通す必要があるということで準備はするが、一度審査が通ったら、考えるきっかけがなくなってしまうということの難しさを語った。

以上のことから、①一般化した議論と具体例のバランスや、自身のこととして捉えるために行う工夫に ELSI、RRI 教育の難しさがあると考えられる。

さらに、分子生物学分野と AI 分野を比較して話した研究者が、mbER1 であった。

AI はどっちかって言うと、もう既に自分のことと繋がってて。だから尊重しなきゃいけないっていうのが。なんて言うんだろう、非常に自分ごととして持ってる価値観なんですよ。それが違うのかなっていう感じがしています。だからこうなんていうんですかね。分子生物学の方が扱ってるとその価値観みたいなら持ってるんだけど、普段そんなに考えてなくて、それを引き出してあげるっていうみたいのを尊重するっていうことだとすると、AI は常に思ってることなんだけれどもそれはこう頭ごなしに否定するのではなくて、他の意見も見れるっていう土台を作ってあげるっていう意味での尊重の仕方って言えばいいんですかね。ちょっと違うのかなっていう感じがして。(mbER1)

主に分子生物学に関する RRI について研究する mbER1 が、授業で取り扱っている AI 分野について分子生物学分野と比較しながら、その ELSI や RRI に関する教育について語った。mbER1 は、AI は分子生物学と比較すると、すでに自身と身近になっているがために、価値観が醸成されている、もしくは、AI は分子生物学と比較すると、自分ごととして捉えている傾向があるということを指摘した。その上で、分子生物学に対しては、考えるきっかけがないものを、考えるきっかけを提供し、考えを引き出すように尊重するという方向性である。対して、AI に関しての ELSI、RRI 教育における学生に対しての尊重の仕方であると、学生が常に考えていることに対して、ほかの価値観をみるような基礎を構築するという方向で尊重するという差異について話していた。

以上のことから、②AI ではすでに自身と身近になっているために自分ごととして捉えやすいこと、それに対し、分子生物学は AI と比べて身近ではないため、考えるきっかけを提供する必要性があることが示唆される。

以上のことから、AI における ELSI、RRI 教育の難しさに関しては、①一般化した議論と具体例のバランスや、自身のこととして捉えるために行う工夫に ELSI、RRI 教育の難しさが示唆された。さらに、②AI ではすでに自身と身近になっているために自分ごととして捉えやすいが、分子生物学は AI と比べて身近ではないため、考えるきっかけを提供する必要

性があることが示唆された。

2) ELSI、RRI 教育のあるべき姿

以下では、分子生物学分野および AI 分野における ELSI、RRI 教育のあるべき姿について示す。

i. 分子生物学分野

分子生物学におけるあるべき ELSI、RRI 教育について、mbER2 から以下のように答えを得た。

問いに対して、でもこういう条件だったらこうとか、この問いでは漏れているんだけど、こうじゃないとか、っていうふうに考えていくことが、やっぱり本質的に ELSI とか RRI とか大事だと思うんですね。誰かが立てた問いってのは、やっぱり何かの勾配があったりするし、何かの偏りがあると思うので。それをひっくり返すとか、問い直すということが大事なので。それをやってほしいし、そのためには答えを知ろうとするとか、安易に問いに答えようとしなくてほしいなというのがあります。(mbER2)

mbER2 は、問いに対して、条件による差異や、問いに対して批判的に分析していくことが、ELSI や RRI について考える際に本質的に重要であると指摘した。他人が立てた問いは、バイアスが程度の差はあれ存在するので、その勾配を批判的に見て、覆すことが肝要であると述べた。さらに、学生には、そのような他人が立てた問題に対して批判的に見てほしいということや、その前提として、簡単に解答を知ろうとしないということや、容易に問題に対して回答をしないしてほしいと、学生への願いも話していた。

この点は、①問いに対して批判的に分析していくこととしてまとめられる。

情報の収集について着目した研究者が、mbER4 であった。

一般市民、一般市民って言っても他の専門家であることが多いわけですけど。そういう人たちは自分が情報を取る方法であったりとか、考えるための手続き論みたいなものがわかるっていうことができる授業っていうのがあったらいいかなと思いますよね。(mbER4)

mbER4 は、市民に対しての教育について、一般市民が、ほかの分野の専門家であることを補足した上で、市民自身が情報を取得する方法や、考えるための方法論について学ぶことができるような授業が存在していると望ましいかもしれないと語った。

この点は、②「市民自身が情報を取得する方法」を学ぶとして良いだろう。

さらに mbER4 は、学年別における情報収集に関するあるべき姿について、語った。

専門家性を獲得する学年とかで言えばやっぱり専門性に近い話があったらいいと思いますし。ま大学1、2年だったらさっきの中学校高校の話の延長線上の話、もうちょっとさっき言ったような社会学的な、基本的なそのなんとなかな。意味を裏付けるためのま、出典であ

ったりとかそういうものが理解できればいいと思うし、3、4年っていうのはおそらく専門課程って意味だと思うんですけど、そういう話をするべきかなとは思いますがね。3、4年ぐらいだと（中略）専門家としての教育というよりは、市民としてRRIであったりELSIを考えるための情報の取り方とか考える縁（よすが）みたいなものでいいと思うんですけど。修士以降はやっぱ専門家として何を話すべきかっていうことを理解してもらうような教育になればいいかなと思ってますね。（mbER4）

専門性の獲得を目指す学年の場合は、その学生の得ようとする専門性に沿った内容を教育するといいという指摘のもと、大学1~2年生の場合には、中学校や高等学校でおこなう社会の公民における教育である、社会学的な内容や、背景が学生たちは理解するべきであるとmbER4は指摘した。さらに3~4年生の場合には、専門課程という理解を示しながら、専門性を交えた議論をするべきと考えるということを指摘した。また、3~4年生の場合は、専門家としての教育というより、市民としてELSIやRRIに関することを考えるための情報収集の仕方や考える方法論を教育するということを示している。さらに、修士課程以降は、専門家として話すべき内容を理解するための教育が望ましいと述べた。

この点は、③学生の学年に適した情報収集とまとめられる。

そのような若い教わる側の立場の人間の将来の社会について、着目し議論した対象者が、mbER1であった。

今我々が言っているような課題、我々指摘できるような課題はおそらく20年後30年後にその人たちが本当に向き合う課題と違う可能性が高くって。まあそうすると今ある課題を提示するっていうことじゃなくって、自分たちでそういった課題について考えて、まあ誰かと対話をしたりとかも協力をしたりっていう方向に持ってかなきゃいけないっていうことですね。そのための教育だと思っているので。そうなってくるとやっぱ自分で考える、自分ごととして捉えるっていうことが重要なかなと思ってます。（mbER1）

mbER1は、現在指摘が可能な課題や問題は20~30年後には、その時代に生きる人間が対面しなければならない問題と異なる可能性が高いと指摘した上で、自身でそのような起こりうる課題について考えて、他の人と対話や協力をするという方向性に誘う必要があるということを論じた。その際には、今ある問題への議論を紹介することは好ましいことではないということも指摘した。また、教育をする際には、問題課題を立案し、他の人との対話や協力ができる能力を涵養することが重要であるということも話した上で、自身で考えることや「自分ごととして捉える」ということが重要であると話した。

この点は、④20~30年後を見据えて課題を話し合うことと考えて良いだろう。

文系に進んでいく学生さんたちにも、そういうこと（ELSIやRRIに関すること）を教える必要があるんじゃないかなと思っていて。それは高校ぐらいでできるといいんじゃないかなって思ってるんですよね。文系の、自分たちの、自分がやっぱりその専門だったりと

か、まあそれが例えば文学でもいいし、法律でもいいし、政治でも経済でもいいと思うんですけど、そういったものに関心を強めていく中で絶対にどこか科学技術の要素が入ってくると思うんですね。(中略)なので、まあいわゆる理系文系の分断じゃないですけど、あの、こういった ELSI だったりとか、あるいは科学技術のガバナンスみたいな話が他人ごとじゃないんだよ、っていうことを分かってもらった上で、じゃあなんですか、それぞれの専門みたいなもの、あるいは特定の分野に大学で進んでいくっていうことを考えて欲しい。なんか文系に進んだから科学技術と関わらなくていいみたいな感覚を和らげなきゃいけないなと思っていて。(mbER1)

さらに mbER1 は、人文・社会科学系に進学する学生に対しても、ELSI や RRI に関する内容を、高校などで教えることが重要があると語る。文系の生徒や学生が文学や法学、政治学や経済学に関心を持って学び、専門性を高める上で、どこかで科学技術に関する内容が入ってくると述べた。さらに、人文・社会科学系の学生に着目して、ELSI や、科学技術のガバナンスに関する内容の議論が他人の話ではないということを理解してもらいたい。その上で、それぞれの専門性を有することを考えてほしいということ、そして、文系の人が科学技術に関する知見などに関わらなくてもいいという感覚を緩和する必要があるということ語っていた。

この点は、⑤人文・社会科学系に進学する学生が議論する必要性とまとめられる。

以上のことから、分子生物学分野における ELSI、RRI 教育のあるべき姿については、①問いに対して批判的に分析していくこと、②市民自身が情報を取得する方法を学ぶこと、③学生の学年に適した情報収集、④20~30 年後を見据えて課題を話し合うこと、⑤人文・社会科学系に進学する学生が議論する必要性が挙げられる。

ii. AI 分野

AI 分野についても、あるべき姿について、意見を得た。

あるべきというか、目指すものとしては、んー。なんかやっぱりお互いの話とか決めつけ、押し付けをしないで、ちゃんと相手の話を聞いて、多様なステークホルダーの方々を巻き込んで、意思決定ができて、それをちゃんと実行・実践に移すことができる。ていうところまで行きたいですね。(AIER3)

対話者の話を決めつけることや、押し付けをせずに傾聴をし、多様な利害関係者を巻き込んで意思決定し、実行・実践まで行いたいという目指す方向性を、AIER3 は語った。

この点は、①相手の話を聞き、多様なステークホルダーを巻き込んで考え、決定できることを目標にするとまとめられる。

いろいろ歪んだなか、色々情報が足りない中でも情報を取捨選択して、合意形成をしていくっていうことが大事だし、それを反省して見直しをして行くっていうことも大事という

ことは伝えたいですね。なんか (AIER3) さんの言うことは全部正しいみたいな形で学生は帰っていくよりは、(AIER3) はああ言うけれども、自分はこう思う。みたいな意見をちゃんとやってくれるような。あるいはいろんな側面、いろんな立場、いろんな考え方があるんだなと自分自身の思い込んでいたこと、思い込み自身、よく無意識のバイアス、アンコンシャス・バイアスっていますけども、そこに、とにかく気づくことができる。「気づいてね。」ってことを伝えることが大事かなと。(AIER3)

続いて AIER3 は、多様な歪みや情報が不足している中で、適切な情報を選択肢、合意形成をすることの重要性と、その反省をすることの重要性を伝えたいと語った。その時に、「AIER3 さんの議論は全て正しい」と、学生には授業後の感想を抱いてほしいのではなく、AIER3 を呼び捨てにしつつも、AIER3 はこのように議論していたが、自身の意見はこのようにあるというような学生が自らの意見を話せるようなことを望んでいると語る。もしくは、多様な側面や立場、価値観があると自身の思い込みやアンコンシャス・バイアスに気づくことができるように伝えることが重要であると話す。このように、AIER3 は多様性に着目して議論していた。

この点は、②自分自身の考えを相対化する力をつける、とまとめられる。

一方で、分子生物学分野と AI 分野の比較を行いながら、ELSI、RRI 教育のあるべき姿が言及された。

結局、分子生物学がそうかもわからないですが、AI の方が、日常生活の様々な側面に関わっていること、あるいは来ることなので、一つには学生さんたちが、教育を受ける側が興味関心を持っていることについて議論をするっていう事ですかねえ。内容や姿勢っていう意味では。ただもう一つは興味を持たないことがあるんだとしたら、何で興味を持たないのかっていうことについても議論しなきゃいけない。(中略) 本人達の興味関心だけを拾っていくと、そういったところで問題とすべきもの、問題としなくてもいいものみたいなものの差ができているんだと思うんですよね。だからあえて、両方きちんと拾ってあげなきゃいけないかなって思ってます。(mbER1)

mbER1 は AI の方が分子生物学と比較して日常生活の多様な場面に関わってくることであるため、学生という教育を受ける側の興味関心について議論するということ、他方で、なぜ興味を持たないのかということについても議論しなければならない。それはなぜかというと、問題視すべきこと、しなくてもいいものの差が出てきてしまうことが生じてくるという議論をした。そのため、興味関心や、興味関心をなぜ持っていないのかということの双方を議論しなければならないと話した。

この点は、③AI の方が日常生活の場面に関わるため、学生が興味関心を持つことで議論する、とまとめられる。

以上のことから、AI 分野における ELSI、RRI 教育のあるべき姿は、①相手の話を聞き、多様なステークホルダーを巻き込んで考え、決定できることを目標にすること、②自分自身

の考えを相対化する力をつけること、③AIの方が日常生活の場面に関わるため、学生が興味関心を持つことが関連すると示唆された。

3) ELSI、RRI を教わる側の教育段階

以下では、分子生物学分野およびAI分野におけるELSI、RRIを教わる側の教育段階について適切な教育段階と、重要な教育段階を記す。

i. 分子生物学分野

ELSI、RRIを教わる側における教育段階について、分子生物学分野では以下のような意見を得た。

まあ早い段階から、それは話を聞いて、本を読んで、色々考えとくってというのは大事なかなって思いますよね。まあ、言ってしまえば文転するきっかけを得られる可能性があると思います。(mbER3)

mbER3は、大学の早い段階から学生が議論を聞き、読書を通して多くのことを考えることが重要であると指摘する。そのことによって、自然科学系の学生が人文・社会科学系に転向するきっかけを得られる可能性すらあると伝えた。

この意見からは、①早い段階(大学の初年次教育)から重要であるということが示唆される。この場合、大学における初年次は「早い段階」であるという前提で語られている。

中学高校って私は、あまりその、ELSI、RRIっていうような。強いて言うなら、RRI教育があったらいいなと思います。ELSIっていうよりはRRIを教育するのは中学校・高校でできるんじゃないかと思っていて。それは単純にもう。いわゆるもう、科学技術に載せた何かというよりは、公民の教育みたいなものだと思うんですよね。つまり、その民主なんかすごいなんかくっちゃべってて、民主主義とは何かだったりとか、やっぱ議論とは何かだったりとか、政策の決定のプロセスの話とかそういうところとRRIって本来は不可分ですよ。だからそういうものの基礎的な物ってもっと、中学校高校とかですべきだと思うし(mbER4)

mbER4は、中学校・高等学校のような中等教育課程のような教育の場合には、ELSIやRRIという意味ではそこまで重視する必要がないというような様子を示した上で、強いていうなら、RRI教育があったらいいかもしれないと話した。RRI教育の中学校や高等学校での教育の可能性を話した上で、RRIは科学技術に関することより、公民に関する教育であると、語った。民主主義や、議論、政策決定過程については、本来RRIは分けられないものであることを指摘し、基本的なことは中等教育ですべきと話した。

この指摘は、②中学校・高等学校の教育段階からの教育として、まとめられる。

また、継続性を指摘した研究者が、mbER1である。

これはその、継続してあるべきだとは思いますが、内容や目的は変わるべきだと思っています。(中略) ELSI みたいな話、科学技術にはさまざまな側面があって、場合によっては負の側面が持ちうるということ、こういうことは中学高校とかっていう、まあ、あるいは大学1、2年っていう段階であの教えておく、あるいは、まあそういうこと知ってもらってということが重要なかなっていうふうに思います。(mbER1)

mbER1 は、継続してあるべきであること、内容や目的は変更していくべきであると話した。ELSI のような議論は、科学技術には多くの側面が存在し、場合によっては負の側面が存在するということは、中等教育や大学の初年次などの早い段階での教育をし、生徒や学生が知識として有しておくことの重要性を述べた。

これは、③中等教育や大学1、2年から継続した教育が重要であるとまとめられる。

以上は、研究者によって早い段階というその定義は異なっていたが、中学校、高等学校、大学の初年次などの早い段階における教育に着目した議論であった。

学部3年生以降では、以下のような議論が行われた。

自分が手を動かし始めるような段階、なんで3、4年生以上って言うんですかね、ぐらいにやっぱりこう、RRI みたいな話をきちんと伝えることが重要かなっていう風に思ってます。(mbER1)

mbER1 は、自身が実験などで実際に研究を行い始める時期である3~4年生以上に対して、RRI のような議論を伝えることの重要性を述べた。

この意見は、④大学3、4年以上における教育が重要であるという指摘と考えられる。

欠如モデルみたいな話をした時に、腑に落ちるかみたいな話で、修士の学生とかだと、まさに欠如モデルまっしぐら世代なんですよ。MI とかが一番万能感に満ち溢れているところなんで。なので逆に言うと、なんていうかその問題意識として、あの、ぶっつけやすいというところがあります。(mbER2)

大学院に進学した後が重要であるという意見もあった。

mbER2 は、最も重要視する教育段階として、修士課程1年を指摘した。修士課程一年は研究や学問に対して最も万能感に溢れている段階であり、mbER2 はそれを「欠如モデルまっしぐら世代」と形容した。そのため、ELSI や RRI に関する問題意識を問題提起しやすいと語った。

この意見は、⑤修士課程1年における教育が重要であるとまとめられる。

どれだけ腑に落ちるかっていうか、レディネスがあるかっていう、ことが、その ELSI とか科学コミュニケーションの学びにおいては決定的に重要だと思うんですよね。文脈依存的な情報とか、価値とか判断とかっていうのが非常に重要になってくるし、それなしでは理

解することも難しいということなので。(中略) ELSI、RRI みたいなのは、やっぱ、それが本当に必要になるとか、理解できる、という段階があるし。それが、いつになるかは、人それぞれだから。(mbER2)

さらに mbER2 は、ELSI や科学コミュニケーションについて、レディネスの重要性を議論した。もともと有している知識や情報、価値観や判断に関する能力が肝要であると話し、それらの感覚がないと理解することも困難であると話した。その上で、ELSI や RRI のような概念が本当に理解でき、さらに、必要になる段階が存在するということも指摘した上で、そのような段階には個人差があると指摘した。

この意見は、⑥教育が必要になる段階には個人差があることとまとめられる。

以上から、ELSI、RRI を教わる側における教育段階について、分子生物学分野では以下のようにまとめられる。まず、①大学の初年次教育から重要であるということが示唆される。そして、②中学校・高等学校の教育段階からの教育が重要であるということが示唆される。また、③中等教育や大学 1、2 年から継続した教育が重要であると考えられる。

そして、④大学 3、4 年以上における教育が重要であると考えられる。その他、⑤修士課程 1 年における教育が重要である。最後に⑥教育が必要になる段階には個人差があることとまとめられる。

このように、対象となる児童・生徒・学生については、インタビュー対象者に言及できる教育段階の幅に差異があったものの基本的には幅広い教育段階における教育が重要であるということが判明した。さらに、その中でも、重要な教育段階がそれぞれにあった。また、教わる側の立場に言及した研究者も存在し、その場合には興味のある時であるということが示唆された。

ii. AI 分野

AI 分野の ELSI、RRI を教わる側における教育段階では、以下のような意見が得られた。幅広い教育段階における教育が重要であると指摘した者が、AIER1 である。

AIER1：どこが適当かって。それぞれの段階に応じた ELSI、RRI の教育があるべきなんだと思うんですよね。いつが適当ってことはなくて。いつでもどこでも、やっぱりそれぞれ必要なんじゃないかなと思いますね。それで言ったらもっと後ろ、ドクター取った後、ポストドクで、研究者になっても、教授になっても必要になってくと思うんですよね。

調査者：FD ってやつですか

AIER1：そうそうそうそう。教授だからこそ必要なみたいなこともあるかもしれないですね

AIER1 は、どの教育段階が適当かという議論ではなく、それぞれの段階における ELSI や RRI に関する教育があるべきと語った。いつでも、どこでも、議論が必要であると語った上

で、博士課程を修了し、ポスドクになっても、教授のような段階になっても必要であると語った。それはFDかと調査者が尋ねると、それに対して、同調した上で、教授だからこそ必要な知識が存在するかもしれないということを述べた。

この発言は、①それぞれの段階における ELSI、RRI に関する教育や FD が重要であるということとしてまとめられる。

だからやっぱり1年生の早い時期から、少なくともそういう視点があった方がいいとは思いますが。(中略) 基本的にはその、専門選ぶ前に。(そ)の一般教養として、ある程度、その、そういう考え方に触れとくっていうのは重要なかなと思いますね。(AIER4)

AIER4 は、1年生という初期の段階の専門分野を選ぶ前から、ELSI や RRI に関する視点があった方がいいと語りながら、一般教養として考え方として触れておくことの重要性を語った。

この点は、②大学の初年次教育とまとめられる。

そのような専門分野を学ぶ前からということを、文系理系に分かれる前として発言した者が、AIER3 である。

なんかやっぱ興味ある子はどこでもアクセスできると同時に。多分その専門分化がする、してしまうじゃないですか。日本って高校で。そこで専門分化したとしても、ちゃんとお互いのことを知ってっていう観点からちゃんと高等学校・大学1、2年の時の教養教育のところでも入っている所は大事なんじゃないかなと。そのちゃんとアクセスが活きているという、チャンネルが分化した後も残ってるっていう事が大事なんじゃないのかと。だから、文系理系と分かれるタイミングと同じタイミングって感じですかね。もし高校の1年から分かれちゃうんだったらそのタイミングからだし、大学1、2年でちゃんと教養課程みたいなものがあるんだったら、3、4年とかで、専門とかに入ってしまった、他と全然交流がなくなっちゃうっていう時にこそそういうのが必要だろうし。(AIER3)

AIER3 は、日本における教育に言及しながら話した。日本では高等学校で専門が分化してしまうということを指摘し、高等学校で分化してしまったとしても、理系や文系という専門が分かれてしまったとしても、相互に知ること重要であり、そのためには、高等学校や大学1~2年生の教養教育でも知識として入っていることは重要であると語った。そのような連携が、専門が分かれたのちにも残っていることが重要であると語った。そのため、文系と理系が分かれるタイミングを指摘した。そのため、事例によって異なり、高等学校の1年生で文系と理系が分かれてしまうのであれば、その段階であり、大学1~2年で教養課程が存在するのであれば、3~4年生で専門課程に入ってしまう、他の分野と交流がなくなってしまう段階でこそ重要になると話した。

この意見は、③文系理系の選択する時期の教育としてまとめられる。

AIER3：一緒だからタイミングとして適当っていうか興味あるんだったら別に小学生だっ

て話をしていると思ってますし、最近はだから何でしょう。こういうのに関心持っている小学校中学校とかの子も結構いますし、人によっては自分の夏休みの自由研究で興味あるんでって、いきなり連絡をしてくる子とかもいたりするんで

調査者：そうなんですか

AIER3：結構いますよ。コロナでのもあって自由課題レポートとかも多分増えたんですよ、ね、中高とかで。そういうのもあったと思うんですけども、ま、タイミングとして適当である適当じゃないっていうよりは、関心持つ子は全然、早い段階からでもいいと思いますし。個人的にはなんでしょう。普通に、STS の内容って基本的に公民とか家庭科とか、その、主要5教科ではないと思われている所にも結構潜んでいたりはするので、その辺の話にも刷り込ませて入っていったら非常にいいんじゃないかなと思っていたりします。

また、AIER3 は、関心を持つ児童や生徒・学生へは議論の参加を拒まないと話した。さらに、関心を持っている小学校や中学校の児童・学生が存在し、夏季休暇中の自由研究で興味があると連絡をする例もあると話した。さらに AIER3 は、COVID-19 の影響を話し、自由課題のレポートが中学校や高等学校で増えたと予想しながら、タイミングとして適切か適切ではないかという議論以前に、関心の有する児童や生徒には早い段階でも受け入れると話した。さらに、科学技術社会論の内容では、中学校や高等学校で、公民科目や家庭科などの主要 5 教科以外にも要素は存在しているので、そのような日常の学びに足して示唆を与えるといいのかもしれないと、そのような可能性を述べた。

この意見は、④興味がある場合であったら、どのような教育段階にでも門戸は開かれるべきであり、小学校、中学校における教育も視野に入れている意見としてまとめられる。

以上のことより、AI 分野における ELSI、RRI 教育に適切、もしくは重要な教育段階として、①それぞれの段階における ELSI、RRI に関する教育や FD が重要であるということや、②大学の初年次教育、③文系理系の選択する時期の教育、④興味がある場合であったら、どのような教育段階にでも門戸は開かれるべきであり、小学校、中学校における教育も視野に入れているという、さまざまな意見があった。

4) 伝えるべき内容/ゴール/“take home message”

ELSI や RRI を考える上で、教員側が生徒や学生に対して伝えるべき内容や、ゴール、もしくは授業におけるテイクホームメッセージについて、意見を聞いたところ、以下のような意見を得た。

i. 分子生物学分野

分子生物学における、ELSI、RRI を教える上で、伝えるべき内容などについて、以下のような意見を得た。

科学技術に対してっていうのは、(さまざまな現象に対して) そういうような考え方を自分自身での考え方を持ってるっていう事と、あとはやはりいろんな意見があるっていうこと想定できるっていうのは非常に大事なことなんじゃないかなというのは思っています。

(mbse2)

mbse2 は、さまざまな現象に対して、生徒自身の考え方を有することと、多様な意見が存在することに対して、非常に重要であるという考えを述べた。

この点は、①科学技術に対して自分の考えを持つことがゴールであるということが示唆される。

学生自身の意見を言うようなきっかけにも絡めて、mbER1 は、以下のように話す。

mbER1 : 私の教育のゴールは自分の立場をとって必要な情報を集めて自分で考えられるようになって言う事を後に設定をしているので、そういう意味では教育自体のありかたっつのは(分子生物学分野と AI 分野が) どちらでも一緒なのかなっていう風に思います。

調査者 : 先生のシラバスを拝見していると、「きっかけ」という言葉をよく使ってる

mbER1 : そうですね。はい。そうかもしれないです。結局、自分で考えろって思ってるんですよ。私としては。それができるようになって欲しいっていうのがあるんですけど、でもいきなり考えろって言われても考えられないので、その時の手助けとして、なんで考えなきゃいけないかっていうことと、今までどんなふうに考えられてきたのかっていうようなことを見せてあげるから、じゃあ自分たちでも考えられるように頑張るってね。っていう、なんかそういうスタンスですね。私としては。

mbER1 自身の教育のゴールは、自身の立場を明確にして必要な情報を収集し、自身で考えられるということを設定している。そういう意味では、教育に対する姿勢という意味では、分子生物学分野と AI 分野がどちらも同様であると考え。調査者が、mbER1 の授業におけるシラバスで、「きっかけ」という言葉を頻繁に使っていることを指摘すると、mbER1 はそれを肯定した上で、自身で考えることが重要であり、自身で考えられるようになってもらいたいという教員としての願いを話した。その上で、教育されていない段階で考えるように指示されてもわからないという学生の立場も考えながら、その補助として、学生はなぜ考えないといけないのか、歴史的背景としてどのように今まで考えられてきたのかということを mbER1 は提示すると話した。それを元に、「自分たちでも考えられるように頑張るってね。」という教育をする上での姿勢を話した。

この意見は、②自分で情報収集を行い、自分で考えられることがゴールであるとまとめられる。

人文社会、それから自然科学全体を見渡せるようになり、飛び立って行って欲しいという

のが私たちの大学の一つのビジョンなんですけども。STS について全員が全員、興味を持つ必要はないのですけれども、一定数理解すべき学生がいる。例えば、結構コンサルティング系の会社に入ったりとか、研究職に行く人もいますし、そういう人はやっぱり理解してほしいですね。概念を理解した上で、自分の仕事の現場で応用していったほしいな、と。(mbER3)

mbER3 は、自身が所属する大学の教育理念に沿いながら、話してくれた。人文・社会科学や自然科学など、あらゆる分野を俯瞰できるようになってから飛び立ってほしいという教員として所属する大学の理念に沿った願いを話す。さらに mbER3 は、科学技術社会論について、全員が興味を示す必要はないが、ある程度の割合で理解すべき学生がいると話す。例えば、コンサルティング業や、研究職には理解し、自身の職業を遂行する際に応用してほしいと話した。

この点は、③あらゆる分野を俯瞰する力を身につけることがゴールであるとまとめられる。

問いに対して、でもこういう条件だったらこうだとか、この問いでは漏れているんだけど、こうじゃないかとか、っていうふうに考えていくことが、やっぱり本質的に ELSI とか RRI とか大事だと思うんですね。誰かが立てた問いってのは、やっぱり何かの勾配があったりするし、何かの偏りがあると思うので。それをひっくり返すとか、問い直すということが大事なので。それをやってほしいし、そのためには答えを知ろうとするとか、安易に問いに答えようとしなくてほしいなというのがあります。(mbER2)

mbER2 は、問いに対する条件検討や、問いの漏れや、批判的思考が、ELSI、RRI を考える上で本質的に重要であると指摘する。これはなぜかという、誰かが立案した問いは、どこかしら勾配や偏見が存在するためと mbER2 は考える。その勾配や偏見を改める、もしくは根底から覆すことが重要なので、それを行なってほしいということと、答えを安易に答えようとしなくてほしいと答えた。

この点は、④問いを批判的にみる力をつけることが重要であるとまとめられる。

さらに、生命や生物学に関する意見についても、mbse1 や mbse2、mbER4 から得た。

基礎生物は、生物の最低限知ってもらいたい知識。今これだけ生命科学に関わらないでいられない時代ってないんですよ。で、その、命とは何かとかね、それから、生物多様性とか、生物の素晴らしさみたいなものを知らないわけにはいかないんですよ (mbse1)

mbse1 は、高等学校の生物科目と基礎生物科目を比較しながら、生物学に関するありようについて話した。基礎生物科目は、生物学について最低限知ってもらいたい知識であるということを話した上で、現状の市民にとっての必要な生命科学に関するリテラシーを語る。命がなにかということや、生物の素晴らしさ、そして、生物多様性のことについて、知っていなければならない状況にあると話す。

これは、⑤命とは何か、生命の素晴らしさ、生物多様性について生徒が考えることが重要であるということがいえる。

ゴールという意味では、なんかすごく簡単な言い方で言ってしまうと自分が何か、病気とかそういう時になった判断をしなきゃいけない時に、必要な最低限のリテラシーが、生物基礎かなと思っていました。生物に関して言うと、医療系や理系の生物をやる人たちが、最低限、実験とかをする中で知っておいてほしいことかなっていう認識でいます。

(mbse2)

mbse2 は、生徒自身が、病気などの健康ではない状況になってしまい、何かしらの意思決定や判断をしなければならないという時に、必要な最低限のリテラシーとして有するものが生物基礎であるということと、生物科目については、医療や自然科学系の中でも生物学に関することをやろうとする生徒が、実験を通して研究する上で知識として最低限持っていてほしいことと話した。

以上は、⑥生命科学に関する最低限のリテラシーを身につけることがゴールであるとまとめられる。

基本的にそのどういう研究だとかどういう社会が望ましいだとか、あるいは患者さんがどういうことを治して欲しいかということ望んでいるのかみたいなことを、みんなで考えるって言う事をしましょうね。に尽きますね。根っことしては。(mbER4)

また、その医療について異なる観点を、mbER4 は話した。基本的に、望ましい研究や社会のあり方や、患者がどのような治療を望むかを、みんなで考えるということが本質的であると話した。

以上は、⑦望ましい研究や社会、治療のあり方を考える力を身につけることとまとめることができる。

以上より、分子生物学における伝えるべき内容/ゴール/“take home message”として、①科学技術に対して自分の考えを持つこと、②自分で情報収集を行い、自分で考えられること、③あらゆる分野を俯瞰する力を身につけること、④問いを批判的にみる力をつけること、⑤命とは何か、生命の素晴らしさ、生物多様性について生徒が考えること、⑥生命科学に関する最低限のリテラシーを身につけること、⑦望ましい研究や社会、治療のあり方を考える力を身につけることが挙げられるであろう。

ii. AI 分野

AI 分野における ELSI、RRI 教育の授業で伝えるべき内容、ゴール、“take home message”について、以下の意見を得た。

先生：伝えなきゃいけないと思ってるのは、AI の話も。分子生物学もそうですけど、AI もそうで。これから起こる話をしている部分が多いんですけど。もう今の生活も大きく影響されている、あるいはこれまでの普通にその AI って呼べないようなものも含めてですけど、そういった中で、生活を送ってきているって言うことは伝えなきゃいけないなっていう風に思ってます。例えば Amazon とか Google とかわかんないですけど、そのプログラミングのあれで検索したものがよく引っかかるようになってるとか、なんかそういう状況を、あんまり意識しないで AI ってこれからどうする、みたいななんかその、自分たちの生活に新しいものが入ってくるからどうしようか、みたいな感じで捉えている学生さんがいるといけないなと思っていて。もうすでにそういったものの関係するものは我々の日常にあって、それとともに生活をしているって事を前提に、だからそういったものがなくなったりとか、かわるっていうことも含めての AI の取扱いみたいなものの議論をしなきゃいけないっていうことですかね。それはあのきちんと伝えるべきかなと思います。(mbER1)

mbER1 は、分子生物学でも該当すると譲歩しながら、AI に関して今後起こる問題を議論している側面が強いが、実は、その時点での生活でも大きく影響されているということ、もしくはすでに AI などに囲まれた中で生活をしているということを伝えることが重要であると話した。Amazon や Google を例示しながら、アルゴリズムの関係で検索を行うと上位に出てきやすくなるという状況に関して疑問視せず、AI について、まだ生活に身近になっていないという前提で新規の技術が導入されてくることについてどのように対応するかというように捉えている学生がいることに危うさを感じて、それは避けたいと mbER1 は話した。そのような学生に対して、関連するも技術はすでに日常にあり、それとともに生活をしていることを前提に、AI に関する取り扱いについての議論をするように伝えるべきであると話した。

この点は、①AI に関して今後起こる問題を生活への影響も含めて議論することとまとめられる。

AI がすでに関与しているということについて着目しながら、AIER1 は話した。

たぶん学生とか生徒とか児童にもちょっとそれを専門家という立場じゃないですけど、外側の立場になるかもしれないんだけど、あなたの問題としてその、ELSI とか RRI っていうのを考えてほしいなと思っていて、(中略) そういうあなたもステークホルダーなんですよ。関与、好むと好まざるとにかかわらず関与してる方(かた)なんですよっていうことですかね。当事者意識を、あなたも当事者なんですよというのがテイクホームメッセージですかね。(AIER1)

学生や生徒、児童という学ぶ立場に対して、「あなたの問題」として、自分のこととして、ELSI や RRI について考えてほしいと、AIER1 はその願いを話した。どのような形であれ、ステークホルダーであることや、関与をしたいかどうかに関わらず、自動的に関与していることになるということを伝えたいと話した上で、当事者意識を持って、授業を終えて出てほ

しい、テイクホームメッセージとしてほしいと話した。

この点は、②当事者意識を持つこととしてまとめられる。

気づきについて、AIER3 からは意見を得た。

やっぱりふわっとしているイメージだけで語ってたりとか、一側面しかみえてなかったりとか、そういうような技術もあるんだとか、そういう考え方もあるんだとかそういう政策が実際に今動いているんだとか、ということがわかることが大事なのかという気がしています。それがあることで、自分が正しく、正しいというか、自分なりの判断をできるようにするということが大事だと思っていますね。あるいは自分なりの意見をちゃんと言えるようにするための材料を提供する。感じかな。あとは、他の分野の人では、議論とか、こんな話とか、こんな意見を持っていることに気づくこと、ですかね。(AIER3)

学生が概念について深い理解をしていなかったことに気づくことや、多様な側面が見えていなかったこと、ある一つの観点からのみから見ていたこと、そして、技術への発見や、他の価値観への発見、政策が動いていることへの発見ができることも重要であると AIER3 は話した。それらの気づきがあることによって、学生自身が学生なりの判断ができるようにするということが重要である、もしくは、学生なりの意見を発言できるまで成長できるように材料を提供するということを論じた。また、他の価値観への発見にもつながる、他分野を専攻する学生は、議論や意見について、どのような意見を有しているかということを考え、気づくことであるということが重要であると指摘した。

この点は、③自身の認識や理解の狭さに気づくこととしてまとめられる。

他の意見に気づくということに対して、教員の意見への批判的思考を涵養して欲しいと、AIER3 は話す。

自分たち自身の、立ち位置とか姿勢とか考え方も疑う事っていうこと、っていうその再帰性っていうのが ELSI とか RRI 以前に STS の大事な一つの価値だと思うので、自分たちの言ってること、立ち位置を疑った上で様々な観点を含めて議論してく。場合によっては、だから、「私が言ってることは正しいとも限りませんよ。」というのも授業では時々言ってるんですけども。私自身の価値観とか見てきたものとか、聞いてきたもの、話してきた人たちの議論によって形成されているものということはあるわけなので。だからこそ対話をしていくと。対話は手段であって、も、とにかく再帰的に物事をちゃんと見ること、で自分たちが、とは言っても自分たちが見ているものというのが正しいと言うか、その、他の人にとって同じように見えてるかどうかは限らないということを意識しながら、それでも合意形成をしなきゃいけないと。(AIER3)

自身の立場や姿勢、価値観に対して疑うという再帰性についても AIER3 は言及した。再帰性は ELSI や RRI や、その根幹にもなる STS における重要な価値観であることを示した上で、自身の議論や立場を疑った上で多様な観点を含めて議論していくことが重要である

と話す。場合によっては、AIER3 自身が話すことについても正しいとも限らないということも授業では話すこともあると話しながら、価値観は議論などの経験によって形成されていくものということを示し、それを続けていくためにも対話を行うことの重要性を話した。このような再帰性を有する意識を持つことや、自身の視点や価値観が他の人と同様のものであるとは限らないということを実感しながらも、合意形成をすることが重要であると話した。

この点は、④学生自身の観点、価値観が周りと同じではないということを認識しながらの合意形成が重要であるとまとめられる。

以上より、AI 分野における ELSI、RRI 教育の授業で伝えるべき内容/ゴール/“take home message”については、①AI に関して今後起こる問題を生活への影響も含めて議論すること②当事者意識を持つこと、③自身の認識や理解の狭さに気づくこと、④学生自身の観点、価値観が周りと同じではないということを認識しながらの合意形成が重要であるということが示唆された。

7.2.5. 分野に関する議論

1) 分野による差異は存在するか、についての議論に対する疑義

分野による差異は存在するか、という問いに対し、明確に意見を述べた研究者が、mbER4 である。

いやー。でも、さっきの話、実践者としての内面的な話しているから、一緒ですよ。これ、多分これ。逆に言えば。あんまり私はそのなんだろうな。領域ごとにおけるトピックスわかりやすいトピックスとしては変える必要があるとは思ってるんだけど、(中略) 専門、自分たちが専門の分野が固定化っていうか、ある程度明確にはなるから、そういうところでの事例とかの使い方は変わってくると思うんだけど。それ以前のところとして、あの一般論的な ELSI、RRI を考えましょうね。実はこういうものがあるんですよって一緒に思うし。それ以降の扱う事例は変わるけど、メソドロジーは別に変わんないと思うんですよね。扱うトピックスが変わるだけで、座組み、座組みっていうか樹上図っていうかそれは変わんないと思います。

mbER4 は、AI 分野についても RRI に関する実践的な取り組みをしているが、方法論としては、AI 分野でも分子生物学分野でも変わらないと話す。分野ごとの事例はわかりやすいように変更する必要があると考えていると述べながら、専門分野が固定化するような段階になってから、明確になるということを前提としながら、その段階になるまでは、一般論として ELSI や RRI を考えることを提案する、そして、ELSI や RRI という考え方が存在するということを紹介するという意味では、分野に関わりなく説明が可能であるという。概念を紹介したのちの事例は変更していくが、その方法論は変わらないと mbER4 は考えている

ということ、議論する事例は異なるが、イメージや構成は変わらないと考えていると mbER4 は話した。これが、mbER4 が、分子生物学分野と AI 分野における ELSI、RRI を「あまり区別せず答えた」と話した所以であろう。

2) 教育する上での科目

また、中等教育における教える科目についても、mbER4 は話していた (p.75 参照)。

そのような価値観を有する mbER4 は、中等教育では公民教育として RRI 教育がなされるといいと話す。ELSI よりも RRI が適すると話した。そして、科学技術に着目するというより、公民科目に関連する教育であると指摘する。RRI は本質的には民主主義や議論は何かということに対して議論をし、さらに政策決定過程と関連しているということを指摘しながら、そのような基本的な事柄をさらに重点を置いて中等教育でおこなえばいいと、mbER4 は話した。

7.2.6. 結果のまとめ

Study3 では、分子生物学分野における ELSI、RRI 研究者 4 名、AI 分野における ELSI、RRI 研究者 3 名、高校生物教科書作成者 2 名に対する 1~2 時間のインタビューを実施した。質問は、(1) ELSI、RRI 教育において今後どのような教育をすればいいかという質問、(2) 児童・生徒・学生の年齢層やどのような興味関心をもつ子ども達に教育するか、(3) ELSI、RRI 教育におけるメッセージや目的・目標についてであった。

結果、平均で 1 時間 14 分のインタビューを実施し、表 7-4、表 7-5、表 7-6、表 7-7 にあるように多様な意見を得た。

ELSI、RRI 教育の難しさには、考えることを誘うこと、リソースに関しての難しさ、自分ごととして捉えることの難しさが挙げられた。あるべき ELSI、RRI 教育の姿には、自分とのつながりや、問いなどに対して批判的志向を有すること、自分ごととして考えて欲しいということが挙げられた。対象となる児童・生徒・学生では、幅広い教育段階における教育が必要であり、重要な教育段階がそれぞれにあったということが考えられる。また、教わる側の立場であると興味のある時という意見も得られた。伝えること、ゴール、takehome message では、意見の多様性に気づき、自分ごととして受けとめ、応用できるようになって欲しい、批判的思考ができるようになって欲しい、自分の意見を持てるようになってほしいという意見が得られた。

このように、自分ごととして考えること、批判的思考ができることが到達目標であるということが分子生物学、AI 関係なく普遍的に得られるということが示唆された。対して、それぞれの事例に特有、もしくは顕著な議論も存在する。例えば、分子生物学特有の議論では、生命の素晴らしさ、生物多様性や自身が患者として医療従事者として、医療に関して判断するために必要なリテラシーを有することが重要であるということが挙げられた。対して、AI 事例に顕著な議論では、AI はすでに生活と密着していて、密接に関わっているとい

うことが挙げられた。

7.3. 考察

以上の 7.2. で述べられた結果より、RQ3 に対して、以下のことが言える。

まず、RQ3 の (a) についてはできるだけ幅広い年齢層を対象に、自分ごととして身につけることができるように伝えた方がいい、もしくは、工夫した方がいいということであることが示唆された。具体的には相手の話を聞いて、情報を収集し、問いに対して生徒・学生自身が批判的に分析し、将来について多様なステークホルダーとともに議論し、意思決定することが重要であるということが示唆された。さらに、学生に対し、自身の考えを有し、あらゆる分野を俯瞰的に身に付け、問いを批判的に見ることを ELSI、RRI 研究者、および高校生物教科書作成者は目標としているということが示唆された。

その (a) でも議論された「幅広い年齢層」に対する教育が重要であるということが判明した。または早めの段階から教育を始めた方がいいという議論が得られた。その「幅広い年齢」という年齢層や早めの段階についても、対象者ごとで異なっていたということが判明した。これが、RQ3 の (b) のリサーチ・クエスチョンに対する回答である。

さらに、RQ3 の (c) 分野によってどのような類似点や相違点があるのかということに対しては、伝えるということや、ELSI、RRI という概念の特性である「自分ごと」を重視する点や、「批判的思考」を涵養することが重要であるという点で普遍的な側面がある。一方で、生命に対する尊重や、生物多様性、医療の観点は、分子生物学分野に特有の議論として存在した。また、生活とどのくらい密着しているかという違いがあるということが示唆された。このことについては、AI 分野の方がより「生活に密着」しているということが示唆された。その点で AI 分野の方が点で、「自分ごと」になりやすい可能性があることが示唆された。

7.3.1. さまざまな対象に対する批判的思考

表 7-4 から表 7-7、および Study3 で紹介した質問に対する回答では、(1) 教員に対して (p.88-89 AIER3 の発言参照)、(2) 教員が用意した質問や議題に対して (p.86 mbER2 の発言参照)、(3) 誰かが立てた問いに対して (表 7-5 分子生物学分野①、表 7-7 分子生物学分野④参照)、(4) 将来的に起こりうる問題に対して (表 7-5 分子生物学分野④参照) という、4 通りの対象に対して批判的思考ができるようになってほしいとの答えがあったといえる。ここで、科学技術と社会など、さまざまな「答えの容易に出ない問い」に対してディスカッション形式で学生たちが議論した授業をまとめた石井、藤垣 (2016; 2019) と合わせて議論したい。石井、藤垣 (2016; 2019) では、まず授業の目標として、問題構成力と批判的思考の涵養を目指している。この問題構成力は、教員が用意した議論のための質問文、あるいは課題提起文の意味を、学生が定義し直し、自身への問いへと構築、もしくは再構築する力を意味する。また、批判的思考は、ディスカッションする相手の発言を分析し、相対化する能力を指す。この観点から考察すると、石井、藤垣 (2016; 2019) でいう、問題構成能力と批判的思考の双方を涵養してほしいとインタビュー対象者が願っていると明確にわかるのは、(1) と (2) の、教員に対してと、教員が用意した質問や議題に対して、が当てはまる。ま

た、(3) と (4) についても、教員が用意したものではないが、問題構成力に近い能力の涵養に当てはまる。さらにいうと、(3) と (4) であると、(3) は他の人間が作り出した問題に対して批判的に見るということである。(4) であると、科学技術と社会に関する現象を見た上で、自身の力で分析し、課題などを見つけ出すという点で、より発展的であるといえる。また、反対に、教員が準備したものではなく、他の市民が用意したものを答えられるのはひとつの教育を受ける側の人間の成長であると考えられる。それが、科学技術と社会に関する現象を観察して、自身の作り出した問題に対して批判的に見るのが可能になれば、それはより成長しているといえるのかもしれない。

また、石井、藤垣 (2016) では、問題構成力と批判的思考について、(i) 問いを分析し、(ii) 言葉を吟味しながら、(iii) 問いを分類し、(iv) 論理を組み立てるという作業の4つの作業を指摘している。さらに、(v) 根拠を明確化した上で意見を主張し、(vi) 前提を問い、(vii) 立場の入れ替えを試して、(viii) 複数の立場の往復を行う作業を行うという4つの作業も指摘されている。これに対して、AIER3 の願いとも捉えられうる指摘である、無意識の偏見について気づいてほしいという指摘 (p.88-89 参照) は、これらの (v) ~ (viii) の指摘に当てはまる。さらに、RRI で重視される再帰性とも関わってくることがわかる。さらに、同様の指摘をしていた者が、mbER2 である。mbER2 は、問いに対して批判的に分析することを重要視していたが、これは、(i) に当てはまるであろう。

このように、RRI を教える上にあって、リベラルアーツについても関わってくる可能性があるということが示唆される。

7.3.2. 自分ごと

また、頻繁にインタビューで、自分ごととして考えることの重要性について議論された。これは例えば表 7-7 の分子生物学分野における①、②のまとめ、および同じく表 7-7 の AI 分野における②、③のまとめに示される。

これは、上記の石井、藤垣 (2016) に当てはめて考えてみると、(vii) 立場の入れ替えと (viii) 複数の立場の往復に対応すると考えられる。

「自身」が議論に参加する場合、もちろん、その「自身」はステークホルダーとして関わっていく。これは言い換えれば、(viii) の立場の入れ替えのそのひとつの立場として、「自身」が入っていくことになるということである。このように、その「自身」はひとつの立場として存在し、その一つの立場と、(viii) 複数の立場の往復をしながら議論することで、自身を批判的に考えることにつながるかもしれない。さらに、その工程を経ることにより、議論がある種の自分ごとになっていく可能性がある。また、その自身への批判的思考は、RRI における再帰性と関連する。

さらに、mbER1 の教育におけるゴールでは、自分の立場を明確化することが挙げられていた (p.95 参照)。このことも、石井、藤垣 (2016) の (v) に当てはまる可能性がある。

7.3.3. 対象の年齢層

対象の年齢については、幅広い年齢や段階に、もしくは早めの段階から継続した教育をした方がいいという議論が多かった。その「幅広い年齢」という年齢層についても、対象者ごとに異なっていたということが判明した。mbER3 は、その年齢層について、大学教育に限定しながら、初年次から教育するべきであるという内容のことを話した。一方で、AIER3 は、興味があるのであれば、小学生でも教えてもいいと話していた。

また、AIER1 は、その幅広い教育段階として FD を例示し、教授になっても RRI に関する知識を涵養することは重要であると述べた。

このように、幅広い教育段階に教育が重要であるということはもちろんのこと、その幅広い教育段階というものは、対象者によって異なるということが示唆された。

重要な教育段階として挙げられたものの中で特徴的なものが、mbER2 の述べた修士 1 年生 (7.3.4.に後述)、AIER3 の述べた専門分化する前であった。

7.3.4. 理解のできる段階

また、前述の早めの教育に対し、教育を受ける側の者がどれだけ納得するか、もしくは理解できる段階が重要であると指摘した者がいる。それが mbER2 である。

mbER2 は、万能感に溢れている修士課程 1 年に対して欠如モデルに関する話をした時に納得するということを指摘した。文脈についても、理解できるタイミングが来ると mbER2 は述べていた。この欠如モデルは、教える対象に知識がないという前提で、教えることを指す (藤垣 2020a)。それを mbER2 は、教える側を修士課程 1 年の学生、教えられる側を修士課程の学生以外の学生と当てはめたのであろう。

文脈について、mbER2 は話していたが、その文脈について、mbER1 は、今までどのようなことが考えられてきたかという文脈自体の議論を提供するという方法を取りながら、学生自身が考えられるきっかけを作っていると話した。

このように、理解のできる段階にはさまざまあるということや、その理解のできるように誘う場合もあるということが判明した。

その mbER1 は、RRI を他人事としている段階が存在している、そしてその段階の学生に対して RRI を教えることは難しいと指摘している。

7.3.5. RRI 教育と STS 教育と公民科目

大辻ら (1997) は、STS 教育において大学が、受験生に科学技術と社会に関して生じる問題に対して受験生が多様な観点から情報収集を行った上で、受験生なりに解釈し、論理的に表現できる力を求めていると主張する。この主張は、Study3 で示した、市民や学生が情報収集し (表 7-5 分子生物学②、③参照)、問いに対して批判的に分析し (表 7-5 分子生物学①、AI②参照)、話し合うこと (表 7-5 分子生物学④、⑤) に対応することが示唆される。

mbER4 は、高等学校の公民科目における RRI 教育の可能性を示唆した。さらに、鶴岡

(2019) は、STS 教育と解釈のできる内容が高等学校の公民科目でなされていると主張する。この mbER4 の公民科目における RRI 教育の可能性の議論と鶴岡 (2019) の指摘は、関連する。このように、STS に関する内容に続いて、RRI に関連する内容でも公民科目における教育がなされる可能性がある。

このように、STS 教育と RRI 教育には相互に関連することが示唆された。また RRI 教育も STS 教育と同様に、公民科目における教育でできる可能性があることが示唆された。

7.3.6. 分野ごとの特有、もしくは顕著な議論

分野に対する疑義も存在した一方、対して、分子生物学事例もしくは AI 事例に特有/顕著な議論も存在する。それが、mbse1 や mbse2 が議論したような、生命とは何かということの指摘やそれについて考えるということ、生物多様性に関すること、そして、生命の素晴らしさについて知ってもらうということである。また、mbse2 が指摘するように、罹患した際に、患者としてどのような治療を受けるかということ判断するためのリテラシーである。

また、mbER1 や AIER1 が指摘したように、AI の方が、もしくは AI がすでに生活と密着していると議論した点である。個々人の嗜好に関わらず、すでに関わっているという傾向が、分子生物学分野より、AI 分野の方が強いことが示唆された (表 7-4 の AI 分野②、表 7-5 の AI 分野③参照)。

7.3.7. ELSI、RRI 教育の現状と今後の方策

これらを踏まえて、リサーチ・クエスチョンにもあった、分子生物学分野、AI 分野の ELSI、RRI の研究者、高校生物の教科書作成者は、ELSI、RRI 教育の現状と今後の方策をどのように考えているのかという問いに対しての回答は、できるだけ幅広い年齢層を対象に、自分ごととして身につけるよう伝えた方がいい、もしくは、工夫した方がいいということであることが示唆された。さらに、分野によってどのような類似点や相違点があるのかということに対しては、伝えるということや、実践という点や、ELSI、RRI という概念の特性である「自分ごと」や、「批判的思考」という点で普遍的な側面がある一方、生命尊重や生物多様性、医療の観点や、もしくは生活により密着しているという観点から違うところもあることが示唆された。これは、AI の方がより「生活に密着」していると言う点で、「自分ごと」になりやすいことを示唆している。

7.3.8. Study1・Study2・Study3 から Study4 へ

以上、Study1、Study2、Study3 では、教える側の立場を対象にし、検討した。

Study1 では高校生物教科書をイギリスの科学の教科書と比較した。日本の高校生物では ELSI、RRI に関する議論はなされているが少ないということ、自身のこととして考えるきっかけを提供する機会が少ないということを明らかにした。Study2 では、高校生物副教材における分子生物学に関する議論を、生態学と比較し議論した。この分析により、副教材では

自身のこととして考えるきっかけを提供しているということが示唆された。そして、ELSI、RRI 研究者と、教科書を作成する高校生物教科書作成者は ELSI、RRI を学ぶにあたって、自分のこととして考えること、批判的思考をもつことが重要であるということが明らかになった。

それでは、教わる側はどのように科学と社会、ELSI、RRI について学び、考えているのであろうか。第 8 章に書かれている Study4 では、学生、つまり ELSI、RRI を教わる側に焦点をあて、半構造化インタビュー調査を行うことにより、その学びを明らかにすることを試みた。

第 8 章 Study4 ELSI、RRI 教育を受けた側の分析 大学生に対する半構造化インタビュー調査

本章では、RQ4 を扱う。RQ4 は、

- (a) 大学生は、高等学校や大学での教育を受ける上で、どのように科学と社会や、ELSI や、RRI についての考えを有するようになったのか。
- (b) 大学生が、科学と社会、ELSI や RRI についての考えを涵養する上で、どのように ELSI や RRI に関する教育は貢献しているのか。
- (c) ELSI や RRI に関する教育は大学生の科学と社会などに関する考えに対して、関与しているのか。関与しているとすると、どのように関与しているのか。

である。

また、本章の対象は、東京大学の学士課程の在学学生および卒業生である。

なお、結果を解釈する上で、必要となる東京大学における ELSI、RRI に関する取り組みや教育についての情報を以下にまとめる。

東京大学では 2021 年、藤井輝夫総長の元、uTokyo Compass と呼ばれる基本方針を打ち出した。その中で、責任ある研究・イノベーションの推進が示されている。細部を見ると、RRI 及び ELSI を組み込んだ研究倫理セミナーの開催を計画すると記述されている（東京大学 2021）。同基本方針では、学部生に対する ELSI 教育を充実させることを目指している。さらに『国立大学法人東京大学第 4 期中期目標・中期計画』では、学部前期課程に対する先端的教育や ELSI 関連科目開講数が必修科目の 5%以上の開講を行うことを第 4 期中期目標期間最終年度である令和 10 年度までに行うことが目標とされている（東京大学 2022）。さらに東京大学における大学案内では、後期中等課程までに学んでほしいこととして、アドミッションポリシーを細分化したような説明がなされている。地理歴史・公民の科目では、研究倫理をキーワードに出しながら、多様な観点から学問を学ぶための姿勢を身につけてほしいという願いが書かれている（東京大学入試企画室 2022）。そのような東京大学の入学後における学部教育では、教養学部（後期）で、ELSI、RRI の内容を含む科学と社会などの教育が、議論形式で行われている（石井、藤垣 2016；2019）。2011 年 3 月に起こった東日本大震災における原子力発電所の問題を契機とした内容、AI、ゲノム編集、気候工学に関する社会的課題、学問の社会への還元についても議論され、さまざまな分野を専門とする受講生が多様な意見を持ち寄り議論している。

8.1. 方法

8.1.1. インタビューの方法

東京大学学士課程の在学生、もしくは卒業生に対してインタビューを行った。

インタビューの実施期間は、2023 年 3 月から 4 月、および 10 月である。科学技術社会論を専門分野とする教員にインタビュー対象者の募集を依頼した。また 2 名は、インタビュー対象者からさらに紹介を受けた。

紹介を受けた学生に対し、「研究へのご協力へのお願い」に関する資料を添付して、インタビューを依頼し、インタビューの協力を得た。また、インタビュー数日前にはインタビュー協力者に Zoom の URL と質問事項を添付したメールを送付した。半構造化インタビューは、Zoom で行い、1 時間から 2 時間ほどの内容を行った。Zoom でのインタビューの実施方法は、Study3 と同様である。

インタビュー項目は大きく (1) ~ (5) の通りである。(1) プロフィール、(2) 科学と社会の関係に関して受けた教育について、(3) ELSI に関して受けた教育について、(4) RRI に関して受けた教育について、(5) 分子生物学分野の ELSI・RRI に関して受けた教育について、である。

なお、本来は学年を公開すべきであるが、個人情報保護の観点より記載はせず、東京大学の学士課程を在学か卒業かという区分をした。

それぞれの発言と、Study4 における問題意識や RQ とを照らし合わせて該当する箇所を抽出し、それらの発言の類似したもの同士をまとめた。さらに、それぞれの発言の要約を行った。これにより分析を行った。

また、Study4 は、「大学院総合文化研究科・教養学部 ヒトを対象とした実験研究に関する倫理審査委員会」において審査し、承認を受けて実施した。

8.2. 結果

8.2.1. インタビュー対象者のプロフィール

インタビューの対象者は、7名であり、そのうち東京大学の学士課程在学学生は6名であった。また、1名は東京大学学士課程を卒業していた。

詳しいプロフィールを以下にまとめる。

表 8-1 インタビュー対象者のプロフィール

コード ネーム	東大 学部 在/卒	専門 分野/ 大 区分	専門分野/ 中小区分	大学で 受けた 科学 技術 社会 の授業	高校で 受けた 科学 技術 社会 の授業	ELSI、 RRI を 知って いたか	インタビュー 所要時間 (回数)
A	在学	社会	政治学	+	+	+	1 h 33 min (1)
B	卒業	学際	**	+	-	+	1 h 21 min (1)
C	在学	自然	行動学 生態学	*	+	-	1 h 34 min (1)
D	在学	社会	経済学	+	+	+	58 min & 1 h 7 min (2)
E	在学	学際	**	+	+	+	1 h 54 min (1)
F	在学	学際	**	+	-	+	1 h 27 min (1)
G	在学	自然	統計系	-	+	-	1 h 2 min (1)

* 生物系の授業内で、社会ダーウィニズムについて学ぶ。

** 科学社会学、科学技術史系

A、C、D、E、F、G は、インタビュー実施した際、東京大学の学士課程在学中であり、また、A、D、は社会科学が専門、もしくは専門希望であり、C、G は自然科学が専門、もしくは専門希望であった。その中でも、C は環境・農学の専門を希望しており、G は統計学を専門として希望する学生であった。E、F は、学際分野が専門であった。東京大学学士課程を卒業した B は、学際分野が専門であった。

大学で科学技術と社会に関する授業を受けたことがある学生は、A、D、E、F、B であった。その中でも科学技術社会論関連の授業を受けたことのある学生は、A、D、E、F である。A は、科学技術社会論関係の授業以外にも、多様な背景を有する学生が集まり、さまざまな議論を行う授業を履修した。C は、科学と技術と社会について、進化学や進化論に関する授業の中で、社会ダーウィニズムや優生思想について習った。B は、工学倫理に関する授業を

履修したと話していた。G は、科学と社会に関する授業は大学で受けていないと話した。

高等学校で科学技術と社会に関する授業を受けたかという質問に対しては、A、C、D、E、G が受けたと答え、そのほとんどが、探究に相当する授業で受けたと答えた。生物基礎、もしくは生物科目を受けた学生は、A、C、D、E、F、G であり、C と G が生物基礎と生物、F が生物のみを受講した。A、D、E は生物基礎のみを受講している。

数研出版、もしくは第一学習社の教科書を用いていた学生が多くいた。A と F は生物基礎で数研出版の教科書を用いたと答え、D は生物基礎で第一学習社の教科書を用いたと答えた。C と G が生物基礎と生物で第一学習社の教科書を用いたと答えた。

また、ELSI や RRI という言葉を知っているかという質問に対して、A、D、E、F、B からは知っているという回答を得た。C、G からは筆者からの ELSI、RRI 依頼メールで初めて知ったという回答を得た。この 2 名は自然科学を専門としている。

また、インタビューに関しては、D のインタビューの際には 1 時間を 2 回に分けて実施し、他の対象者は 2 時間の枠を 1 回として、インタビューを行った。インタビューの所要時間は、表 8-1 に書かれている通りであり、平均で 1 時間 33 分（秒数は 29 秒まで切り捨て、30 秒から切り上げ）であった。

以下に、インタビュー結果を、社会に関する責任、科学への曲解や誤解、背景が異なる人とのコミュニケーション、科学が有する曖昧さ、ELSI や RRI への理解、RRI について学ぶ場、COVID-19 を通しての学びに分けて議論する。

8.3.1. 結果のまとめ

8.2 節に示した東京大学の学士課程在学学生および卒業生に対するインタビューで示唆されたことの結果のまとめを表にすると表 8-2 のようになる。

表 8-2 を説明する。東京大学の学士課程在学学生および卒業生に対するインタビューの結果、I 社会に関する責任についての学び、II 科学への曲解や誤解についての学び、III 背景が異なる人とのコミュニケーションについての学び、IV ELSI、RRI への理解についての学び、V COVID-10 を通しての学びが学生側では得られていることが示唆された。

表 8-2 は、次のページに存在する。

表 8-2 学士課程在学学生・卒業生に対するインタビューの結果のまとめ

I 社会に関する責任についての学び	
	① 科学者が科学技術を創出した後にも社会的な影響を踏まえて使用を考えるべきである
	② 研究データから見えてこない事象についても考慮することが重要である
	③ 研究を通しての社会貢献が重要である
	④ 大学による応答責任を担保する
	⑤ エリートとしての見方の問い直すことが重要である
II 科学への曲解や誤解についての学び	
	① 学びを通じて、曲解により批判されるのみの科学的な知見は発展しないということへの問題意識が生まれる
	② 自然科学系の研究者の思う周りの誤解と、RRI の紹介への可能性に気付く
III 背景が異なる人とのコミュニケーションについての学び	
	① 背景が異なる人々と接する際のコミュニケーションを意識する
	② 全員の共通認識となる、ある程度の科学的な知識を有しておくことが重要である
	③ 科学に不確実性を含む部分があり、一方ある程度の妥当性を持っている
	④ 科学にグレーゾーンがある
IV ELSI、RRI への理解についての学び	
	① ELSI 概念に議論の余地があり、RRI へと発展した
	② 高等学校で学んだ倫理と、法と、社会を分割して考える
	③ 仮想的な未来について議論することは難しい
	④ 使用に関する事例が少ない場合に法律を策定し、規制をしようとすることは難しい
	⑤ 研究室内のディスカッションで学ぶ
	⑥ 議論し学ぶためには、多様な分野を専門とする学生と議論することが重要である
V COVID-19 を通しての学び	
	① COVID-19 を通して、政治の中の科学者の発言・科学の扱われ方について学んだ
	② COVID-19 や大学、研究室でのディスカッションという多様なきっかけにより科学技術と社会に関することを学んだ
VI Study3 との関連	
	① 授業で紹介された先人が起こしてしまった事件に対して、当事者意識を持って考えることは可能であることを学ぶ

8.2.2. 社会に関する責任について

多くの学生が、責任や、それに関連するアカウンタビリティについて、言及していた。なかでも、エリートや、研究する側の責任、または研究にまつわるアカウンタビリティについて、言及していた。

1) 研究する側のエリートとしての責任

i. アルフレッド・ノーベルの逸話と社会的影響、そして、自身の希望する研究と責任ある研究

G は、ノーベルの逸話と科学的影響、そして、G 自身の将来行う研究に関しての責任を語った。

G：一番最初に科学と社会の関係について考えたのが、小学生くらいの時だと思ったんですけど。科学のお話みたいな本を読んでいて。ノーベル賞のノーベルの話が出てきて。ノーベルがした研究で、ダイナマイトが作れるようになって。でも戦争に使われたことに、ノーベルがショックを受けて。それをきっかけにノーベル賞がつくられるようになった。という。

調査者：それが一番最初に興味を持ったタイミングでしたか。

G：科学技術は、ただ開発して終わりっていうだけではなくて、どういうふうに社会で使われるべきかということを考えないといけないなと思ったのが一番最初。

調査者：これは誰がやったほうがいいと思いますか。

G：まずは、開発する人自身が開発した結果がどういう結果が起こりうるのかなということを考えるのが必要だと思うんですけど。開発した人の考えが及ばない方向に向かってしまうことを防ぐには、それを使う人たちも、倫理観を持って使うことが必要なのかなと思います。ノーベルの話もそうなんですけど、デザイナーベビーとか、デジタルクローンとかも。自分が研究する上でも、研究成果とか、開発した技術が社会でどう使われるかというのを考えながら、研究を進めていかないと（と）思っています。

G は、初めて科学と社会に関する関係について考えた時期は、小学生の時であると述べた。その上で、ノーベルのダイナマイト開発と、そのダイナマイトの軍事的使用による衝撃から、ノーベル賞を創設したという逸話を出した。この逸話を、G が初めて聞いた際、科学技術を開発したのちの過程について当時は考えたという。つまり、科学技術を開発した時点で終えるのではなく、開発した上で、どのように科学技術が社会で使用されるべきかを考える必要があるということを学び考えたという。これに対し、そういったことを誰が考えたほうがいいのかと調査者が質問を投げかけた際に、G は、まず開発者を例示し、開発者はその科

学技術に対してどのような帰結が生じるのかということを考える必要があると述べた。その上で、開発者のみでは想像がおよばない際には、使用者にも倫理観を持ってしようすることの重要性を議論した。

この G の発言は、①科学者が科学技術を創出した後にも社会的な影響を踏まえて使用を考えるべきであるとまとめられる。

以下に、同じく G が提示した G 自身の希望する研究分野における社会的意義について発言を引用する。

今、統計とかを学ぼうとしているので、将来的には統計とか、データ分析を通じて、さっきもお話が出たんですけど、公衆衛生にも興味があるので。分野は決まっていらないんですけど、公衆衛生だったら、各分野での問題をデータ分析を通じて解決したいと思っています。それがちゃんと正しく分析して、対策を結果に応じて講じれば、感染症（による犠牲者数）が下がると思うんですけど。データだけで全てがわかるわけではないと思っています。数字だけをみるのではなくて、現場に行って、数字に現れてこないものをちゃんと調査したりすることが大事かなと思っています。(G)

統計学を学ぼうとしている G は、分野がまだ決まっていらないと言及した上で、統計を活用することの多い公衆衛生学を学ぶのであれば、例えば問題解決をデータ分析を通じて解決したいと感じていると述べている。その結果から対策が行われるのであれば、感染症による犠牲者の数を減らすことができ、社会貢献ができるかもしれないと述べていた。また、データや統計情報のみではわからないところも存在するということを認識した上で、データとして出てこない事象についても調査することの重要性を述べていた。

これは、②研究データから見えてこない事象についても考慮する重要性が説かれているとまとめられる。

ii. 保全と社会貢献

自身の行おうとしている研究に対する社会貢献について、C も述べている。以下のような発言をしている。

C：鳥を研究するにあたって、鳥が減少していて。特に渡り鳥で減少している種が多かったりするんですけど。SDGs の中で、陸の生き物を守ろう、海の生き物を守ろうというものがあると思うんですけど、私のやりたい研究はそういうのに結びつくのではないかなと思っています。具体的に、もし私が渡り（鳥）の研究を、国際的な渡り（鳥）の研究ができるのであれば、国際的な保護提案ができるというのが（個人情報のため削除）、今考えております。ただ、国際的でなくても、日本の中の局地的な繁殖地の保護の提案をすることが可能ですし渡り（鳥）ではなくても、ある地域の鳥に絞って、地域との落とし所も踏まえて最大限に保護するような保全ができればと考えております。

調査者：こういう形で社会貢献をしようという印象を受けました。

C：そのやっぱり、社会に発信しなければ、どれだけ研究しても、意味はありますけど、社会は変えられないから。よりよく生きるためには社会が変わることが必要だと思うので。そういうことも考えなければいけないなと思っています。

鳥の生態についての研究を希望する C は、国際的な保護提案や、日本の局地的な繁殖地に対する保全に関する提案について議論していた。それにより、社会貢献をしようとする姿勢があるように見受けられると筆者が言及したところ、C は、社会への発信の重要性と、社会に発信することにより、変えられるということを述べ、社会の変わることの必要性について指摘した。

これは、③研究を通しての社会貢献としてまとめられる。

2) 東京大学に関わる責任

i. アカウンタビリティ

F は大学や研究に対するアカウンタビリティについて言及していた。

大学の、特に東大とか京大とか、大学っていうのは税金で賄われている、そういうものであって、企業みたいにアカウンタビリティみたいなのは当然あって。それを還元するというのは、そういう、市民とか社会とかからの要請に応えるという必要性はあります。(F)

F は、東京大学や京都大学をはじめとする一部の大学は税金で運営しているものであるため、アカウンタビリティは当たり前にあるということを指摘していた。そのアカウンタビリティを果たすことにより、市民や社会からの要請に応答する必要があると述べている。東京大学や京都大学のような、主に税金で運営されている大学を俯瞰して言及していたのが、F だった。

これは、④大学による応答責任とまとめられる。

ii. 東京大学の学生というエリートとしての立場

東京大学という大学を、他の側面から見た学生が、A である。A は、自らが東京大学の学生であるということを前提に、以下のような発言をしていた。

いわゆる科学技術社会論のエリートの目線しか持っていなかったんですよね。たとえば、こういうふうな、いわゆる一般市民の人たちが知識を十分に持っていないから、その人たちに対して、ちゃんとエビデンスを用いてしっかり説明すればわかってくれるはずだ。という考えだったんですけど。科学技術社会論を受けて、そもそも、そういうトップダウンのアプローチじゃなくって、いわゆる市民と言われる人たちは、意思決定のプロセスにインクルードされることを望んでいるのかもしれないとか。一般市民の方が、エビデンスとか

で裏付けられていないことの経験知みたいなものを持っているのかもしれないという、認識の変化が、一定程度はあったのかなと思います。(A)

A は、大学における科学技術社会論関連の授業を受けて、欠如モデルについて多くのことを学んだと発言した上で、以上のように述べた。今まで A は、自身がエリートが目線しか持っていなかったということを自省した。、一般市民に対して、知識を持っていないことを理由に、十分な説明をすればわかるはずであるという価値観を有していた。しかしながら科学技術社会論の授業を受けて、上層部が実行するのではなく、一般市民が意思決定の過程に含まれていることを希望している可能性があることや、一般市民の方が経験知を有している可能性があるという認識の変化があったと述べている。

これは、⑤エリートとしての見方の問い直しと科学技術社会論の貢献とまとめられる。

8.2.3. 科学への曲解や誤解

責任を考える一方、曲解や誤解に悩まされる場合もある。以下は、科学に対する曲解に対し、自然科学系の学生 (C) と、科学社会学・科学技術史系の学生 (F) による、異なる観点からの科学の無理解についてのナラティブである。

i. 科学が曲解されている 新しい科学と人間の反応

新しい科学と、それに対する人間の反応について、C は話した。

進化が進歩。進歩しているものはいいものだという優生思想に結びつけてしまったんですけど、優生思想に結びつけてはいけないということで、いろんな研究者へのバッシングがあったみたいで。実際にアメリカではバッシングで研究を辞めてしまった研究者もいるという話がとても印象に残っています。科学を研究している人が、誤解ではないですけど、曲解された考えをもとに、研究を辞めてしまうことが印象に残りました。実際ダーウィン自身も種の起源を公表する前に批判されるのではないかとということで、公表をためらっていたという話を聞いて。そういう先進的な思想だとか、科学的な思想だとか、科学技術というのは、「地球は丸かった」じゃないですけど、いつの時代も最初に批判されるものだけけど、批判されるだけでは科学は発展しないから、どうにかならないかなあと思いました。(中略) 人の思想だとか、根底的な考え方というのを、いく世代にもわたって、変え続けていかなければならないのは大変だなあという。ただ、新しい科学と人間の反応は興味深い一面もある、かなあ・・・と思います。(C)

C は、大学で受講した進化論に関する授業の中で聞いた、優生思想についての講義内容に印象が残ったと述べた。アメリカで、研究に対して批判を浴び、科学研究を実施していた研究者が曲解され、それがきっかけでやめた話を聞いたと語った。その上で、ダーウィンの進化論が書かれた種の起源や、地球は丸かったというコペルニクスの地動説を唱えた新規性を帯びた、もしくはパラダイムシフトが起こるほどの理論に対しては、公表した初期には批

判されることもあるが、批判されるのみであると科学的な知見は発展しないということを学んだと語った。そのようなことについて、『どうにかならないかなあ』と、悩んでいるような、問題視をしているような発言をした。また、人の根底的な価値観は、何世代にもわたって変え続けていく必要があり、そのような、新規の科学的知見に対する人々の反応について、着目したいと述べていた。

これは、①曲解により批判されるのみの科学的な知見は発展しないということへの問題意識とまとめられる。

ii. アウトリーチに対する忌避感と RRI の紹介

この「無理解による」ことも一因になる批判について、異なる視点から俯瞰している学生が F であった。

自然科学系の授業をとっていた時に、とある教授がいろんな、なんでみんなこんな、科学リテラシーが低いんだみたいな。私の研究が誤解を受けているみたいな。ことを言ってたんですけど、なんか、その教授は別の機会に、テレビとか、講演会とか、研究の時間がなくなるから嫌だなあみたいな。なんか、言ってもなんか伝わんないし……。みたいなことを言っていて。割と、一つの例なんですけど、ただ、そういう認識を持っている人がいる。いるんだとしたら、RRI という概念自体は、割とそういう人が多い状況にとっては、科学者は社会からの要請に応えとか、幅広い、市民もアクターに入れないとダメだよ。という考えを紹介する意味では RRI はいい考え方なのかなと思いました。(F)

F は、自然科学系の教員の思う「無理解」や「誤解」について、俯瞰している。大学で受けた自然科学系の授業の際に、教員が科学リテラシーの低さや、教員自身の研究に関して誤解されていると述べていたと言及していた。ただ、その教員は、研究のための時間がなくなるため、そして、伝えても伝わらないため、テレビや講演会のようなアウトリーチのような機会も、忌避感を覚えていたという。そのような人々に対して、科学者は社会からの要望に応えることや、さまざまな人々と共に議論し、研究・イノベーションを作り出すという考えを紹介する上では RRI という概念はいい考えであると述べていた。

これは、②自然科学系の研究者の思う周りの誤解と、RRI の紹介への可能性とまとめられる。

8.2.4. 背景が異なる人とのコミュニケーション

i. 知識がない時に考える意思決定

市民との背景知識が異なる場合の意見形成について、F は述べた。

知らないなりに知識が、意見が形成されるというのも面白いなあ。知らないとか、こうなんか、自分が科学者サイドでないと思っているので、知らないということとかも普通だし、普通というか定常状態もありえるし、だからって科学者を批判するわけでもないし、

知らないっていうのも否定しないし、知っている人の凄さも否定しないし。そこの勾配がある中で、バックグラウンドが違う中でいろいろコミュニケーションとか。コミュニケーションがそういう違うバックグラウンドのもと行われていると思うんですけど、意識するようにしている。ただ、相手が勉強していないからダメなんじゃなくて、普通に企業とかで働いていたら、科学のこと勉強しようというモチベーションってわからないよね。っていう。科学じゃない、市民側のバックグラウンドもちゃんと意識した上でのコミュニケーションを考慮しないといけないというマインドは持っています。(F)

Fは、さまざまな科学に関して、知らないということが通常であるということも可能性としてあるという指摘の上で、その有する知識の差異や、科学者の知識を否定や批判するわけでもないと言った。その上で、その知識に関する傾斜が存在するような状況下で、背景が異なる人々の中でのコミュニケーションを意識するようにしていると、Fは述べた。この、知らないということが企業などで勤務していると科学を学ぼうという意欲が出てこないということも考えた上で、科学に関して関与しない、市民の背景を意識した上でコミュニケーションを考慮することの重要性について、Fの既に有する価値観を通して表現していた。この回答は、科学と社会についての質問の時に得たが、市民との背景を考えた上での科学コミュニケーションや意思決定という点で、RRI実行の意識にも繋がるであろう。

これは、①背景が異なる人々と接する際のコミュニケーションを意識するようにしているということが言えるであろう。

ii. コンセンサスとしての科学の知識はあるのか

その市民のなかでも、高校生の保護者に焦点を当てて、Eが高校生の時の問題意識を大学生として代弁した。

高校生の時に学校でやる校外学習で、(中略)福島県の国道6号線、帰宅困難区域の中を走っている道路を車で横断するだけだったら走れる道路にバスで行って現状を見学しようみたいな企画が持ち上がって、先生方がそれを説明会を開いてくれたんですけど、その時に線量、想定される被ばく線量としては、歯科レントゲン1本分にも満たない、飛行機とかに乗るよりもずっと低いと説明されていたにもかかわらず、相当保護者の強い反対に合っ。その企画が頓挫してしまったことが相当……。3ヶ月くらいの論争の果てに頓挫してしまったということが高校生の時にあって。その時に、高校生の時の私の気持ちを代弁すると、利用可能な科学的な知識があるのにもかかわらず、結構明らかに科学者のコンセンサスが取れていることと全然違うことを自分の主張として言っている保護者がいたので、なんでそれが利用可能なのにうまく伝わらないんだろう。というところを疑問に思っ。科学だけでは答えが出せるわけではないけれども、ある程度みんなの共通認識としてすべき科学の知識があるんじゃないかなみたいなことが、高校生のときの大きな問題意識だったと。(E)

E は、高校生の時の校外学習で、福島県の帰宅困難区域の道路をバスで見学するという話が持ち上がった。高校教員側が説明会を開き、帰宅困難区域における道路をバスで移動するにあたり、飛行機搭乗のための被爆線量や、歯のレントゲン 1 枚分より低いという説明がなされたが、高校生の保護者に強い反発を抱かれ、3 ヶ月の論争を経たが、企画が立ち消えてしまったことがあったと話した。

この出来事を、E は、『高校生の時の私の気持ちを代弁』しつつ、インタビュー中に科学的知識として共通認識が取れている事由に対して、異なることを主張している保護者を見たときの感想として語っていた。被爆に対して問題がない、バスで移動できるということが判明している、『利用可能』であるのにも関わらず伝わらないことに対して問題意識を有したという。科学のみだけで答えが編み出せるわけではないが、全員の共通認識となるある程度の知識は有しておくべきなのではないかと語った。

これは、②全員の共通認識となる、ある程度の科学的な知識を有しておくことの重要性とまとめられる。

iii. 科学の有する曖昧さ

そして、その問題意識を E は高校時代の課題研究として昇華した。その時に重視したことは、科学の曖昧さとバランスである。

(課題研究の) 結論として、書いていたのは、自分が科学に対して理解できるのは、全部が理解できると思うわけでも、全く理解できないわけではない。自分の理解に対する中庸なというんですかね。とあるいは、科学がなんでもできるわけではないし、かと言って、科学が全く信用に値しないものでもないという両極的な態度の中の不確実な部分と、ある程度妥当性があるガバナンスがとれたものが必要なんじゃないかなとまとめました。(E)

高校時代に、E は科学に関するありようについて考え、卒業の近くに課題研究としてまとめたという。E は、科学に対して理解できること、できないことが存在し、100%理解できるわけでもなく、0%理解できないというわけでもないということ、自身の理解に対してバランスを取ることが重要であるということをもとめた。また、科学が万能と言われるのではなく、完全に信用できないものでもないという白黒をつけるのではなく、科学に不確実性を含む部分と、ある程度の妥当性を持ったガバナンスがとれたものが重要ではないかと結論づけたという。

これは、③科学に不確実性を含む部分があり、一方ある程度の妥当性を持っているということをもとめられる。

そして、D は、科学の曖昧さを『グレーゾーン』という表現を使用して話した。

グレーゾーンというところ、科学が持っている、曖昧なところを結構教わりました。そういうところを説明から感じたときに、面白いところが残っているというのがありました。具体的にいうと、科学を正確だとか、正確ではないとか、そういう、正確か不正確かとい

うのを判断するのも、1 このことだったりとか、ある事実を持って、100%判断することはできなかったということが多かったりとか、メリットとデメリットというのもあったりとか、どっちが多いからという理由で、いいものか悪いものかということも判断しきれないところ。直接的とか間接的みたいな話でも、どっちつかずの場合も結構多い印象があります。今までの私のイメージだと、科学っていうと理系の話だから、論理的に考えていけば、結論がどっちかっていうのが出て、それが100%というような印象があったんですけど、そうではなくって、潜んでいるグレーゾーンみたいなところが印象に残っているというか、この授業を受けてそういう面もあるんだなと知ったのが、一番授業を受け終わって自分の感想として大きかったかなと思ってます。(D)

D は、大学における科学技術社会論に関する授業を受け、面白いという感想を語った。科学というものの、正確か否かということに対して、0 か 100 かという判断はできないということがあったり、良し悪しを判断しきれないという、『グレーゾーン』が存在する。D は、科学というものは、論理的に結論が見出せ、それに対して信じるに値するというイメージを有していたが、それに対して、『グレーゾーン』が存在していた、もしくは潜在していたということに印象に残っていると言っている。

これは、④科学にグレーゾーンがあることを学んだとまとめられる。

8.2.5. ELSI や RRI への理解

ELSI や RRI への理解についてのインタビュー対象者の議論を以下にまとめる。

i. ELSI と RRI の歴史的背景

最後に付属的にそれを社会にスムーズに実装するために、ELSI の問題を事後的に処理しておけばいいやみたいな考え方になってしまっていたりみたいな。* * 考え方に問題があるということを知ったのは結構最近です。(個人情報のため削除) そもそも ELSI と言っておけばいいというわけではないというのが分かり始めたのが。

ELSI 概念を乗り越えようとしている動きがあることが。そもそも、ELSI という概念に問題があるという認識があまりなかった。(E)

RRI の成立の成り立ちについて言及していたのが、E である。ELSI に対して、ELSI という考え方が、科学技術を事後的に ELSI 関連問題を処理しているということに対して問題であるということを知ったことが最近であるということ述べ、ELSI 概念を乗り越えようとしている潮流があること、ELSI という考え方に議論の余地があるという認識が薄かったと述べた。なお、上記の* * は、聞き取りが困難であった箇所を指す。

これは、①ELSI 概念の議論の余地と、RRI への発展を学んだとまとめられる。

ii. 「倫理」と「法」と「社会」への理解と ELSI

ELSI を、高校生の時に「倫理」、「法」、「社会」と分割して考えた経験を話した学生が D であった。

社会とか、倫理とか、法っていう面から考え始めたときから、それをしていくことが問題解決に繋がっていくかということを見ると、そうではないということに気づきました。もっと、広い視点で。社会から見たらこうなってるけど、法で見ると違うように見えるとか、倫理で見ると、問題視するべきだということもあったので。そういった点で、元々イメージだけで考えていた課題と、調べて考えて見つかった、新たに見つかった発見から導き出された新しい課題みたいなところの差が大きかったりして。そこについて、深めていくべき点に気づけました。(D)

D は、高校時代の課題研究で、科学と社会に関する事象について学んだ時のことを話した。

社会、倫理、法を分割させて科学技術との関わり方を考え始めた時期から、このような倫理的、法的、社会的に考えることが順調に問題解決につながるということではないという気づきを話した。もっと俯瞰した視点で、社会的な観点から分析して見える事象が、法の観点から調査すると違ったように見える。また、倫理の側面から見て、問題視することが重要であるというケースもあったということを課題研究を通じて学んだと述べた。そのような順調に科学と社会に対して考えていた内容と、課題研究を通じて学んだ、倫理と社会と法について分割しながら分析した際に、新たな発見から導出された新規の課題の差が大きいということ、それによって、課題研究で深めていくべき点に気づいたと話した。

これは、②高等学校で学んだ倫理と、法と、社会を分割して考えることの有効性とまとめられる。

iii. 科学技術の起こりうる社会的な問題とその対策の難しさ

その ELSI の実践への難しさについて、その技術が完成しきれていないことなどを理由に、仮想的な話をしていることに着目して、C と G は述べた。

討論することにあたって苦勞したことは、賛成・反対どちらの立場も実際に起こっていることではなく、多少未来の話をしている。実際にどうなるのか。人々がどういう反応を示すのか。ということは予測しか立てられない。仮定の仮定に基づいた討論は地に足がついていないような感じがしました。あとは、そういうデザイナーベビーとかそういう自体が日本では主流になっていないというか。(中略) 先進的な問題は、早くから着目している人が少ないのかなと思いました。(C)

C は、高等学校時代の際に議論した、デザイナーベビーに関する社会問題について感想を

述べた。討論した際に、実際に起きたことではなく、仮想的な未来の話をしているということ、それを具体的に考えた時に何が起こるのかということを議論していることに気づいた。さらに市民の反応については、予想することしかできず、そのような仮定について議論することは『地に足がついていない』感覚があったために、苦勞したと述べた。そして、そもそもデザイナーベビーという題材自体が、日本では主流の議論になっていなかったと話した。また、Cは、デザイナーベビーに限らず、先進的科学技术に関する問題は、初期の段階から着目している人が少ないということを指摘した。

これは、③仮想的な未来を議論することの困難さを学んだとまとめられる。

他にも先端科学技术と社会について高等学校で議論した方が、Gであった。以下に、その話題がでたときの語りを載せる。

デジタルクローンについては、調べても技術が発展していないということもあって。AIに関する事例はいっぱい出てくるんですけど、ディープフェイクとか。デジタルクローンについてはあまり事例が出てこなくて。1社だけ、デジタルクローンを開発しようとしている会社があって、その会社が出した情報しか出てこないという状態だったんですけど。調べていく中で、EUがディープフェイクに関する規制案をまとめているということを知って。私たちの中でも、デジタルクローンで何を規制するべきなのか考える、デジタルクローンができることってたくさんあると思うんですけど、その中でどういうことを、規制するべきかを考えるといいんじゃないかという結論に達して……。日本ではそういう規制案がなかったので、EUは先進的だなあと思ったことがあります。(今では) ChatGPTが出てきて、デジタルクローンと近いのかなあと思います。(中略) デジタルクローンについて班で話していた時に、事例が少ないので、法律とか、土台として作っておくのが難しいよねという話になって。いろんな活用事例が出てきてからじゃないと、どういうことができるのかとかを想像しただけで、法律を作るのは難しいので、事例が実際に出てきてからじゃないと規制するのは難しいよね。という話はして。そうすると、法律で規制する前に悪い使い方、悪意のある使い方をされると困るので、そこが難しいなあと思ったことは覚えています。(G)

Gはデジタルクローンに関する科学技术と社会に関して議論をした。Gは、デジタルクローンという事例自体が、AIと比べて技術の発展が出て来ず、苦勞したということを語った。ただ、EUがディープフェイクに関する規制案をまとめているということを調査の結果知り、Gのグループでも、デジタルクローンについての規制をどのようにすればいいかということ議論するべきであるという議論に至ったという。対して日本ではそのような規制案がなかったからか、その調査を通じて、EUは先進的であるという感想を抱いたという。

また、インタビューを実施した2023年10月の時点で流行しているChatGPTについて、もしかするとデジタルクローンと事例として近いのかもしれないという示唆が出てきたと語った。また、活用事例出現後の法律の策定と、事例が出てくる前に法規制を行わないと、

マルユースが行われる可能性があるという、二律背反についても語った。

デジタルクローンについて、議論していた際に、グループ内で事例が少ないこと、法律を策定することが困難であるという議論もしたという。多様な使用に関する事例が出現してから初めて、法律を作ることが可能なのであり、その科学技術の利用法についての可能性を議論するのみであると草案し、実施に法律を用いて規制することは困難である議論に至ったという。この議論を通じて、G は、法律による規制の前に科学技術が悪意を持った使い方がなされる可能性があり、ジレンマを抱いたと語った。

これは、④使用に関する事例が少ない場合に法律を策定し、規制をしようとすることの難しさを学んだとまとめられる。

iv. RRI に関して学ぶ場

研究室内でのディスカッション。ELSI・RRI というセットという感じですかね。それが多
い。なかなか、工学で言う、意味では、しかも、問題になっているのは、上流でどう言う
技術をどうするかと言うことよりも、基本的に社会に割と近いところで、atomic energy を
どう使うか。というところになっていくので。上流から抑えましょうとか、研究の段階で
という文脈はそんなにはなくて。理学的な要素はあまりなくて。工学とか技術、社会実装
の中でどういうふうにという意識が強い。ELSI、RRI というのはひとまとめです。という
ような感じ。実用上は問題ないというか。そんな感じです。RRI を教わったというのがあ
まりない。多少調べたり、言葉としては出てきているから見てた。これといっている。RRI
単体で、大学で教わったことはないということですかね。(B)

研究室内でのディスカッションを通じて学んだ B が RRI について初めて知り、学んだ
のが、研究室内でのディスカッションであった。この時に、ELSI と RRI を一括りにして考
えているということが多いということも併せて学んだという。RRI でよく言われている研
究の上流で技術についてどのように運用していくかということを議論するより、B は社会
実装に近いところで、原子力エネルギーをどのように利活用をしていくかという議論をし
ていたため、理学的知見や基礎研究のような議論はあまりせず、工学系の議論や技術、社会
実装といったような研究の下流における意識が強いと語っていた。B 自身は、RRI はあま
り、大学で教わった感覚はないという旨を話していた。

これは、⑤研究室内で ELSI や RRI を学んだとまとめられる。

v. 多様性—自然科学を専攻する人たちの社会に関する授業を受ける機会 多様性について重要視し議論した者が A である。

パツとは思いつかないんですけど、意外と理系の人が少なかったというのは。そうす
ね。仕方ない。理系って授業キツキツなので仕方ないことなのかなと思ったんですけ
ど。異分野交流っていう、それを前提としているのであれば、もうちょっと理系の、工学

系とか、理学系とかそういう人たちの話を聞けたら面白かったかなと。(A)

A は、自らが参加した様々な分野の人が哲学的な問いに対して議論していく大学の授業の感想で、このようなことを述べた。自然科学系を専攻する人は授業が多く、履修に余裕がないため、仕方がないとは述べた。ただ、A は、そのような多様性を望み、工学系や理学系を専門とする学生の話も聞きたかったと語っていた。

これは、⑥議論し学ぶためには、多様な分野を専門とする学生と議論することが重要であると感じた、とまとめられる。

8.2.6. COVID-19 を通しての学び

COVID-19 をきっかけに多くのことを学んだと話す学生が一定数いた。

i. COVID-19 と不確実性

E：新型コロナウイルス感染症にも科学と政治であったり、やはりそこで科学者がどういう立場を取るのかとか、リアルタイムで進行していくことについては、印象に残っています。(中略) コロナに関しても、問題(意識)を持っていた時に、リアルタイムで起きていたので。印象に残っています。

調査者：どんなことを具体的には(持っていらっしゃいましたか)?

E：高校生の時に極めて印象に残ったのは、科学の不確実性、暫定性と言ったあたりが、浮き彫りになったことが印象的でした。その、その初期の頃シミュレーションを出していたこと(=研究)が、どういうウイルスなのかという研究がリアルタイムで進んでいて。科学が出そうとするスピードと正確さと、政治が求めるスピードと。科学の方が政治が求める不確実性と速さには、科学の性質として答えられなくて、科学の方がむしろ、早い進展を見せているのにもかかわらず、政治の方が追いついていないという両者のスピードもお互いに重なっている部分もありつつ、相互作用しているところもありつつ。コロナに関しては、政治の中の科学者の発言とそれの扱われ方とかそれが印象に残っています。

E は、科学の不確実性を織り交ぜながら、E が学んだ COVID-19 に関する ELSI について論じた。

COVID-19 に関する科学と政治の間の議論が進んでいることを目の当たりにして、どのような立場を科学者が取るのかということについての印象が残っていると述べた。さらに、科学的知識が書き換わっていくという、科学の不確実性や時々刻々と書き換わるという性質が表層化したということが印象深いと述べた。

COVID-19 が蔓延し始めた頃、シミュレーションに関する研究や、新型コロナウイルスがどのような特徴を有するウイルスなのかということの解明するための研究が『リアルタイム』で進行しているに従って、このような研究により、科学的知見が編み出される速さや正

確さと、政治が科学に対して要求するスピードのアンバランスさや、相互作用を指摘した。そして COVID-19 に関して、政治の中の科学者の発言やその扱われ方などが印象に残っていると答えた。

これは、①政治の中の科学者の発言・科学の扱われ方について学んだとまとめられる。

ii. 学ぶきっかけとしての COVID-19 やその他の方法

B：コロナの時、リアルタイムでいろいろ見てて。科学的に政治家は意思決定するべきだ。それってどう言うことだろう。そう言ういろんな題材があった。そう言う意味では。(中略) だから、自分の場合は教わったことというより、いろんなところ。授業に出たりとか。研究室とかで研究の話をしてたりとか、コロナを見てたりとか、どちらかと言うと刺激になって考える機会が多かったかなと思いますよね。

調査者：コロナはすごくきっかけになりますよね。

B：なりますね。まさにこう言うような、科学とか社会とかいう領域にいます。すごい瞬間に生きてるなあと、コロナの初期とかに思いましたけど。

COVID-19 に関して、現象として俯瞰して、印象深く、多くのことを学んだと B は語った。さまざまな専門家が COVID-19 に関する知見を出し、それを公開して、議論や有象無象が語るようなことを俯瞰していたという。社会に科学的とみなされるような言説が出現した際に、起きる現象が興味深いということを語った上で、このようなコメントを得た。

COVID-19 に関する科学的証拠に基づいて政治家は意思決定をするべきであるという問いに対して、この問いはどのようなことを意味しているのかという考えることができた。このようなことを考えるきっかけとなる題材が多くあったという意味で特異的さを論じていた。このように、COVID-19 をきっかけに多くのことを学んだということ、他にも、大学での授業や研究室でのディスカッションが刺激になって考えるきっかけになったと話していた。

これは、②COVID-19 や大学、研究室でのディスカッションという多様なきっかけにより科学技術と社会に関することを学ぶことができるとまとめられる。

8.2.7. Study 3 との関連

Study 3 における教員側からの発言と類似した発言も得た。それは、授業内で議論される起こしてしまった事件と、そのような授業についてどのように学生が考えているかということである。B は、行ってしまった事件について、どう考えたらいいかという形式で授業を受講した感想を話す。

B：公害みたいな話で。具体的になんの公害か覚えていないんですけど、多少危ないとわ

かっていて、止めなかった人がいるよね。とか。そう言うのが自分がそういうところに立って、予防原則みたいな話とか。そう言うことですね。技術者として、割と微妙なところに立って、社会とか、人命とか、そう言うところにやらかし、影響を与えてしまうようなところをどう考えましょうか。というのが基本的な話題だったと思います。

調査者：B さんご自身はどう考えましょうか。と言われてどう考えましたか。

B：基本的には、レポートとか、コロナだったので。レポートをだしてって感じだったと思うんですけど。だから、ケーススタディ的な色が強いのかなあ。やはり、工学者として、エンジニアとして、どう言うふうに考えるかと言うのが。エンジニアとして、こう言う状況みたいなものに、自分を投影してみて、どうだっただろう、どう言うふうに考えるのだろうというのが想定されていた授業の体系であって。自分はそう言うつもりで。

調査者：ご自身の感想は（どうですか）？

B：いろんな論点とか、問題点とかが出てきて。立場が工学部で受けていて、エンジニアであると言うことで定まっている。面白かった。疑似体験みたいな感覚でやったのは面白かった。ジレンマ的な体験もできるし。自分だったらこういう状況で、判断できるかな。とか。上の人に言えるかな。と言うのを考えながら、受けたりレポートを書いたり。論点も、ここではこう言うところがありました。ここでは組織の問題がありました。（中略）自分としては面白かったし、勉強になった。

大学の公害や、予防原則についての授業を聞いていて、技術者が不安定な立場にあり、社会や人命に対して、不適切なことを止めることができず、影響を与えてしまうことについて、どう考えたら良いか。ということを考える授業を B は受けたという。それを、レポートを通じて B は考えたという。エンジニア志望が多かった授業でもあり、自身をそのような事例を起こしてしまった立場に立って考えることを目指した授業だと B は分析した上で、面白かったと語った。自身の立場なら、的確な判断が可能か、上司に報告ができるかということを考えながら授業を受け、また、レポートを書いたりしたという。論点についても、組織の問題や、そのほかの問題点について考え、B としては、面白く、勉強になったと語っていた。

これは、①授業で紹介された先人が起こしてしまった事件に対して、当事者意識を持って考えることは可能であるとまとめられる。

8.3. 考察

以上の 8.2. で述べられた結果より、RQ4 に対して、以下のことが言える。

まず RQ4 の (a) については、高等学校や大学での教育を受ける上で、社会に対する責任、科学への曲解や誤解、背景が異なる人とのコミュニケーション、科学が有する曖昧さといった側面からの検討のほか、これらの点から ELSI、RRI について学生が学び、考えるようになっていったということが示唆された。また、学生の中にはそのようなフォーマルな教育を介さずに、自身の問題意識から学習し、科学者の社会的責任や、研究を介した社会貢献、COVID-19 に関して考えている学生もいた。

RQ4 の (b) では、東京大学の学生としての責任を考える上で、科学技術社会論に関する考え方は貢献しているということが示唆された。また、ELSI に関して、倫理と、法と、社会に関して分離させて考えることは、高等学校における教育では有効であるということが示唆された。

RQ4 の (c) については、関与している場合もあるが、関与していない場合もあることが示唆された。関与している場合には、科学技術社会論に関する授業を受けて学んだことや、さらに、自身で本を読んで学ぶ場合や、経験知として獲得している場合もあるということが示唆された。

8.3.1. ELSI や RRI に関する知識と、科学の社会貢献へのリテラシー

自然科学を専攻する 2 人 (G、C) は、ELSI や RRI を、筆者からの依頼メールで初めて知ったと答えた。そして 2 人とも、それぞれの本人たちの専門から、科学が社会についての考えについて、どのように貢献できるかということに関する自身の意見を述べた (表 8-2 I ①②③参照)。このことから、研究や学問に対する姿勢と、ELSI、RRI に関する知識は関係ないということが示唆される。また、自然科学系専門の学生の考える科学者の社会的責任や、責任ある研究については、各々の経験知として構築されているということがわかる。

また、今回のインタビューでは、自然科学を専攻する学士課程の学生は ELSI や RRI を知らなかったと答えたが、これについては一般的に言えることなのかという疑問も生じる。

8.3.2. 科学者の社会的責任とノーベルの逸話と公衆衛生学

1) ノーベルの逸話と科学者の社会的責任

G の出したノーベルの逸話 (p.113 参照) は、さまざまな媒体で取り上げられている (田村 2012; 高橋 2019; 左巻 2021)。ノーベルが自身でダイナマイトを作成し、そのことについてさまざまなデュアルユースのような使用法がなされていることや、そのような試薬を開発したことに対する批判がそれぞれの媒体に書かれている。田村 (2012) には、ダイナマイトが武器として使用されたことに対するノーベルの悲しみが言及され、高橋 (2019) では、ノーベルが「死の商人」と揶揄されたことが書かれている。左巻 (2021) は、ノーベルが開発した強力な試薬を戦争時に使用すれば、抑止力になる可能性があるというノーベルは考えた

ようであると述べている。

このようなさまざまなノーベルの逸話と、科学者の社会的責任論について、関連させた G の指摘は重要であろう。

2) 公衆衛生学と科学者の社会的責任

公衆衛生学や疫学は、一般に医療に関する統計をもとに分析する（三浦 2023；Taniguchi et al. 2022）。そして、今までもタスキギー事件などの、医療や公衆衛生学観点からのデータ収集で非倫理的な方法、もしくは科学者の社会的責任に反する方法は取られていた（西 2023）。その点で、公衆衛生学を学び、研究していくことに対して、数字やデータに重視するだけでいいのかという G の指摘（p.114 参照）は、重要である。

なぜなら、G は、公衆衛生学という分野に対する問い直しを行っているからである。一般的に公衆衛生学はデータを収集し、分析する学問であるが、そのような学問がデータ分析のプロセスにおける問題を指摘していたことに着目したい。

丸井（2023）は、公衆衛生学での考え方について、統計情報を扱うことはもちろん実施されることであるということ前置きしながら、同時に市民への共感や生活を重視するべきであると主張する。統計では表現できないような市民や社会の多様な背景に対しても着目し、さらに、あるべき生活に関する理想や倫理観を有することが重要であると述べた。

この G の指摘と丸井（2023）の主張は、通じるとともに、このような一人一人の多様性や生活を重視するという考え方は、RRI の多様性にも関係すると考えられる。

公衆衛生学や疫学研究は分子生物学と比べても指摘する対象のオーダー（大きさ）が異なる。具体的には、公衆衛生学や疫学は、人間の集団を対象にしているに対して、分子生物学では、生物、例えばヒトの DNA から、細胞に近いものを対象にしている。しかしながら、データや数字のようなものに固執せずに、市民へ配慮することは分子生物学研究を対象とする際にも重要なものかもしれない。これは特に、薬学や、医学における分子生物学にも関わる研究には密接に関わってくる可能性があるだろう。

また、この G の指摘は、フォージ（2013）の主張する科学者に「広い見方」も重要であるという考えに関連していることが示唆される。

3) 保全と社会貢献

C は、自身の望む研究分野である鳥の行動学について、そのような研究対象となる鳥の生息域に関する保全について述べていた（p.114-115 参照）。

また、社会への発信に対しても『考えなければいけない』という、必要性や義務感につづける語りは、責任に関係すると考えられうる。このような、社会発信に関する責任は、科学者の社会的責任論における説明責任（藤垣 2018）に通じると考えられる。

4) 大学のアカウンタビリティと東京大学

F は、大学を企業のように見立て、アカウンタビリティをとるべきであると指摘したうえで、市民や社会からの要求に対応することの重要性を述べていた（表 8-2 I ④参照）。

アカウンタビリティという言葉を見直してみると、会計説明責任のことを示す。株主をはじめとする出資者に対して経営者が金銭の使用に関する説明をすることを指す¹³。これを大学、特に国立大学にあてはめると、出資者を税金納税者とみなし、市民や社会からの要請に応答する責任について俯瞰しながらも、比喻のような方法を用いて述べた F の観点は、重要であると考えられる。さらに藤垣（2018）の製造物責任、応答責任、説明責任の 3 つから構成されている科学者の社会的責任とこの大学によるアカウンタビリティは関連するであろう。

A は、東京大学の学生としての自覚と、市民が意思決定に参加したいと考えているかもしれないということを欠如モデルに関する考えから学んだと語った（表 8-2 I ⑤、p.115-116 参照）。このように、一般市民にも目を向け、対等に接しようと、繋がろうとする科学技術社会論における一つの考え方（藤垣 2020b）が、学生個人の価値観に影響を及ぼす点は、科学技術社会論が貢献できるところではないかと考えられる。

5) 科学への曲解や誤解

科学への曲解や誤解について、当事者としての目線と、当事者を観察しての目線をそれぞれ答えた人がいた。

C は、公表されたパラダイムシフトが起こるほどの科学的知見に対しての批判について議論した（表 8-2 II ①参照）。科学や学問の発展は、批判だけでははじまらない。批判をした上で、さらに前向きな新たなコメントにより醸成される。藤垣（2003）の指摘する「査読者からジャーナル共同体に入るために求められる論文の修正」と似たところがあるのかもしれない。しかしながら、ダーウィンの進化論のような革新的な議論であると、批判もまた異なってくる可能性もある。

また、自然科学を専攻する教員の考える誤解について、RRI の観点から科学者は社会からの要望に応えることが重要で、幅広い人と議論する必要があるということを伝えることを F は例示していた（表 8-2 II ②、p.117 参照）。筆者もそれに賛同する。それに加えて、実際にそのような教員と交流する際に、RRI を伝える上でどのような方法が有効なのかという課題も現れてくるであろう。

8.3.3. 時間の経過に関わる再帰性

E が『高校生の時の私の気持ちを代弁』しながら、高校生の際の出来事と、それに対して

¹³ 日本公認会計士協会 jicpa 『Accountability アカウンタビリティ』

<https://jicpa.or.jp/cpainfo/introduction/keyword/accountability.html> （2023 年 11 月 20 日閲覧）

当時高校生であった E の気持ちを説明した (p.118 参照)。これは、RRI の一つの特徴である再帰性的一种である可能性はある。再帰性には先行研究に対するもの (藤垣 2003) が存在する。自身への、もしくは数年前の自身の問題意識への再帰性も重要であろう。

また、インタビューを実施した 2023 年 10 月の時点で流行している ChatGPT について、もしかするとデジタルクローンと事例として近いのかもしれないという示唆があった (p.122 参照)。このような高校時代に習ったデジタルクローンの事例の ChatGPT に対する援用についても、再帰性であるとともに、適応性が含まれる可能性がある。

8.3.4. 多様性と RRI 自然科学系の学生の議論参加

A は、自らが参加した様々な分野の人が哲学的な問いに対して議論する大学の授業の感想として、以下の点を指摘した。自然科学系を専攻する人は授業が多く、履修に余裕がないため、仕方がない点もある。ただ、A は、そのような多様性を望み、工学系や理学系を専門とする学生の話も聞きたかったと語っていた (表 8-2IV⑥参照)。

これは、RRI の一つの要素である多様性を重視するにあたり、重要視すべき観点である。とともに、自然科学を専攻する学生に対して、そのような哲学的な問いを議論する機会を与えることが、A のような社会科学系の学生に対して貴重な機会になるとともに、自然科学系の学生にとっても、充実した機会を得る可能性がある。

8.3.5. 「倫理」と「法」と「社会」への理解

D は、高校生時代に ELSI について、倫理・法・社会という、それぞれの側面から考え、その方法を用いたことにより、多くのことを学べたと答えた (表 8-2IV②参照)。

岸本 (2023) が、ELSI の考え方について、「倫理」、「法」、「社会」のさまざまな側面から考えることの有効性を説明している。ELSI については、ヒトゲノム計画の文脈に始まり、DNA 解読により出現するプライバシー問題のような科学技術に対する社会からの課題について論じる方法 (藤垣 2018) や、先端科学技術に対する社会からの議論 (標葉 2020) など、多くの手法が存在する。高校生に対する教え方の一つとして、倫理と法と社会に分割して教えることも一つのわかりやすい方法であるのかもしれない。

ただ、注意したいところは、D は、課題研究を通じて ELSI を学んでいるという点である。もしかすると、D はこの「倫理」、「法」、「社会」を分離させながら、科学技術と社会の事象を整理するという課題研究を通して、ELSI を学んだ可能性がある。アクティブ・ラーニングには、座学と課題研究を繰り返すという手法により実施されるという場合もある (市川 2017)。この D が体験した学びについては、座学と課題研究という複合的なアクティブ・ラーニングも含めた能動的な学習により学んだという可能性はある。そのため、岸本 (2023) の考え方のみを生徒や学生に伝えたことによりどのような効果があるのかということはいくつかの検討事項であるであろう。

8.3.6. 自身で学習する

ただ、教員側から教育をしなくても十分に、学生側が学び、自身の言葉で表現できる場合もある。それは、G の指摘するノーベルの逸話に表れているであろう (p.113 参照)。それに合わせて、B の研究室内のディスカッションで ELSI・RRI のセットの考え方について学んだということ (p.123 参照) も、研究室内のディスカッションではあるため、ある種の教育の場である可能性はあるが、学生側が自身で学んだという可能性もあるのかもしれない。

このように、教員側が教育を実施しなくても学生側が学ぶということは、広田 (2009) にも指摘されている。広田 (2009) の場合には、大人が教えていないのにも関わらず、子どもがインスタントラーメンを作ることができるようになっていたという具体例を示しながら説明されていた。これは、おそらくその子どもが自身でインスタントラーメンの作り方の説明書きを読んで作ることができたということを示しているのであろう。そのように、今回の RRI 教育に関することでも、自身で本を読みながら、もしくは体験しながら学ぶということも十分にある可能性はある。

8.3.7. Study4 のまとめ

これらからわかるように、Study4 では、インタビュー対象者における ELSI や RRI、もしくはそれに関連する事象についての学びに関して、自身のこととして学び、時には自主的に学んでいるということが示唆された。それは、多様な分野、例えば、社会科学、学際科学に始まり、自然科学を専門とする者も、自主的に学び、自身の専門知、もしくは経験知として蓄積しているということが示唆された。

第9章 総合考察

本章では、Study1 から Study4 までのそれぞれの RQ に対する回答を再度述べ、まとめたのちに、これらの分析を通して、重要な論点として出現した「自分ごと」、教科書と副教材、やってしまった事件と自分ごと、市民の背景を配慮した上でのコミュニケーション、命の大事さに関して述べる。その後、本論文全体を通しての総合考察を行い、そして、分野への貢献、今後の課題、今後の展望、結語という総合的な考察を提示する。

9.1. Study1 から Study4 までの総合考察

以上から、Study1 では、

- (a) 日本の高等学校で用いられている生物科目の教科書では、どれくらい、そして、どのように ELSI、もしくは RRI について言及されているのか。
- (b) 市民教育が活発なイギリスの科学教育と比べて、どのように ELSI や RRI について議論されているのか。

というリサーチ・クエスチョンに対して、以下のことが言える。

まず (a) については、日本の高等学校の生物教科書における ELSI、RRI に関する言及は存在するということが判明した。しかしながら、自己決定言説が含まれる支持関係が出現する機会はイギリスの後期中等教育課程における科学の教科書と比べて少ないことが示唆された。イギリスの教科書は、分子生物学と社会に対しての自己決定に関わる言説や、支持関係が多く存在したということが示唆した。このような結果から、日本の高校生物教科書では ELSI や RRI に関することは言及されているものの、その言及にとどまり、自身のこととして考えるきっかけを提供するという機能をあまり有していない可能性があるということが示唆された。対して、イギリスの科学教科書では、生徒個人個人の倫理観を養成し、自身のこととして、つまり、自分ごととして議論できるように養成しようとする傾向があることが示唆された。以上が (b) のリサーチ・クエスチョンに対する解答である。

Study2 では、

- (a) 高校生物に関する副教材では、どのような科学と社会・トランスサイエンス・ELSI・RRI に関する事例が議論されているのか。
- (b) 高校生物に関する副教材では、どのような科学と社会・トランスサイエンス・ELSI・RRI に関する問題が議論されているのか。

というリサーチ・クエスチョンに対して、以下のことが言える。

まず、(a) については、分析対象であった高校生物の副教材では、分子生物学と生態学分野のそれぞれにおいて、多様な科学と社会、トランスサイエンス、ELSI、RRI に関する問題や事例が議論されていたことが示唆された。分子生物学分野では、再生医療、遺伝子組換え・ゲノム編集、遺伝子検査、研究やイノベーションの推進、研究不正についての事例が存在していた。生態学分野では、生態系と人間活動という項目に多く存在しており、生態系への影響や、生物・生物種への影響、人間による保全活動の取り組み、環境に対する社会的・

法的介入が紹介されていた。さらに、COVID-19 といった分類が困難な事例も存在していた。

さらに、(b) に対する回答は以下のである。ELSI や RRI について、副教材分析では分子生物学分野、生態学分野ともに、自分ごととして議論されていたことが示唆された。このことより、日本の教育系出版物でも自分ごととして議論している教材が存在することが示唆された。

Study3 では、

- (a) 分子生物学分野/AI 分野の ELSI、RRI の研究者、および高校生物教科書作成者は、ELSI、RRI 教育について現状と今後の方策をどのように考えているのか。
- (b) ELSI、RRI 教育に適切な年代、もしくは教育段階はどのような段階か。
- (c) 分野によってどのような類似点、相違点があるのか。

というリサーチ・クエスチョンに対して、以下のことが言える。

まず、(a) についてはできるだけ幅広い年齢層を対象に、自分ごととして身につけることができるように伝えた方がいい、もしくは、工夫した方がいいということであることが示唆された。具体的には相手の話を聞いて、情報を収集し、問いに対して生徒・学生自身が批判的に分析し、将来について多様なステークホルダーとともに議論し、意思決定することが重要であるということが示唆された。さらに、学生に対し、自身の考えを有し、あらゆる分野を俯瞰的に身に付け、問いを批判的に見ることを ELSI、RRI 研究者、および高校生物教科書作成者は目標としているということが示唆された。

その (a) でも議論された「幅広い年齢層」に対する教育が重要であるということが判明した。または早めの段階から教育を始めた方がいいという議論が得られた。その「幅広い年齢」という年齢層や早めの段階についても、対象者ごとで異なっていたということが判明した。これが、(b) のリサーチ・クエスチョンに対する回答である。

さらに、(c) 分野によってどのような類似点や相違点があるのかということに対しては、伝えるということや、ELSI、RRI という概念の特性である「自分ごと」を重視する点や、「批判的思考」を涵養することが重要であるという点で普遍的な側面がある。一方で、生命に対する尊重や、生物多様性、医療の観点は、分子生物学分野に特有の議論として存在した。また、生活とどのくらい密着しているかという違いがあるということが示唆された。このことについては、AI 分野の方がより「生活に密着」しているということが示唆された。その点で AI 分野の方が点で、「自分ごと」になりやすい可能性があることが示唆された。

また、Study4 の

- (a) 大学生は、高等学校や大学での教育を受ける上で、どのように科学と社会や、ELSI や、RRI についての考えを有するようになったのか。
- (b) 大学生が、科学と社会、ELSI や RRI についての考えを涵養する上で、どのように ELSI や RRI に関する教育は貢献しているのか。
- (c) ELSI や RRI に関する教育は大学生の科学と社会などに関する考えに対して、関与しているのか。関与しているとする、どのように関与しているのか。

というリサーチ・クエスチョンに対して、以下のことが言える。

まず (a) については、高等学校や大学での教育を受ける上で、社会に対する責任、科学への曲解や誤解、背景が異なる人とのコミュニケーション、科学が有する曖昧さといった側面からの検討のほか、これらの点から ELSI、RRI について学生が学び、考えるようになっていったということが示唆された。また、学生の中にはそのようなフォーマルな教育を介さずに、自身の問題意識から学習し、科学者の社会的責任や、研究を介した社会貢献、COVID-19 に関して考えている学生もいた。

(b) では、東京大学の学生としての責任を考える上で、科学技術社会論に関する考え方は貢献しているということが示唆された。また、ELSI に関して、倫理と、法と、社会に関して分離させて考えることは、高等学校における教育では有効であるということが示唆された。

(c) については、関与している場合もあるが、関与していない場合もあることが示唆された。関与している場合には、科学技術社会論に関する授業を受けて学んだことや、さらに、自身で本を読んで学ぶ場合や、経験知として獲得している場合もあるということが示唆された。

9.2. 「自分ごと」

これらの Study1 から Study4 までの研究を通して、多くの自分ごとに関連する言説や結果が出現した。

Study1 では、日本がイギリスの教科書と比べて、自身のことを決めることを重視する自己決定言説の出現が少なく、自分ごととして議論するきっかけの提供が少ないということが示唆された。また、自己決定言説に示されたように、自己決定に関することが、自分ごととして大いに関連、もしくは対応し、自分ごとという概念を支える一つの考え方として存在していることが示唆される。

Study2 では、日本の副教材では、遺伝子検査について、自分ごととして議論するきっかけづくりがなされていることや、言説でも、「私」や「私たち」に着目して議論している傾向があるということが判明した。このことより、日本の教育の中でも、自分ごとに関して教える、もしくは議論するきっかけを提供しているということが示唆された。分子生物学と私たち言説や、生態系のめぐみと私たち言説、環境に関する私たちへの教訓言説が存在し、私、や私たちに着目して議論している傾向があるということが示唆された。これは、多様な知識や自然と「私」や、「私たち」つまり、読者である生徒たちをつなげることにより、より、生徒たちにそれらの知識や、自然環境を身近に考えてもらおうという意味で自分ごとであるということが伺える。

Study3 では、学生たちに対して、自分のこととして学んでほしいという願いを、多くの対象者 (mbER1、mbER2、mbER3、AIER1、AIER3、mbse2) が語ったということが示唆された。さらに、なぜ興味がないか、もしくは自分ごとにならないか、という議論も重要

であるということが示唆された。そして、意見の多様性に気付き、自分ごととして受け止め、応用できるようになって欲しい、もしくは自分の意見を持てるようになって欲しいと考えていることが示唆された。このような批判的思考の重要性が自分ごととして生徒や学生が考えることが重要であるということが考えられる。

これらの Study1 で示唆されたイギリスの科学の教科書における方針や、Study3 で示唆された ELSI、RRI に関する教育・研究職による願いは両方とも、自身の言葉で、自分の意見を伝えることを目標とするという点で、対応していることがわかる。

Study4 では、B の授業で学んだ「やってしまった事件」に対して、自分だったらどうするかと考えた点や、A の欠如モデルを自身の東京大学の学生としてのアイデンティティとして当てはめた点、G や、C の、自身の希望する研究と社会とのあり方についての考え方など、自身のこととして吸収し、考えている様相が伺えた。

このように、日本の高校生物教科書では、自分のこととして考える機会を与える側面は弱いということが示唆された。一方、副教材ではそのような機会を与えているということが示唆された。さらに、教員/研究職が自身のことに着目して教育し議論することの重要性を議論しているということが示唆されたとともに、学生自身も、自身のこととして、考えているということが示唆された。

そして、日本ではディスカッションをする環境がないということを、mbse2 は示唆していた。また、昨今は、日本における主体性を持った教育が少ないという現実もある(松田 2022)。そのような議論する機会がなく、主体性を持った教育が少ない環境の中で、どのように、自分ごとに対して重視し、教育を行うかということは重要であろう。

9.3. 教科書と副教材の考察

自分ごとに関する議論と類似する議論のひとつとして、浜島書店編集部(2011; 2021)に見られるように、遺伝子検査の項目で血縁関係のある家族で個人の考え方について議論し、それぞれの考え方を紹介するという例が存在した。これは、自分ごとを涵養させるきっかけを提供しているとともに、Study1 で分析したイギリスの教科書と同じような、多様な人間の意見を紹介する見せ方と対応する。このように、日本の副教材には、イギリスの教科書同様、各々の倫理観を涵養し、自身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。

9.4. やってしまった事件と自分ごと Study3 と Study4 の比較対象からみえてくること

自分ごととして授業の中で議論することの難しさと、授業の中で自分ごととして考えている例が、ELSI、RRI 研究者へのインタビューと、学生へのインタビューから見出された。

やってしまった事件に対する議論について、mbER2 と、B から、それぞれ異なる観点から意見を得た。mbER2 は、授業にやってしまった事件やゴシップ事件を取り入れることに

より、受講生からの反応は良くなるが、自分ごととして考えにくくなると話した。対して、B は、そのような行ってしまった事件を紹介する授業を受け、自分のこととして、自分だったらどのように行動するかなどを考えたと話した。

これらのことから、ゴシップを取り入れることに対して、教員からの観点で考えると困難があると同時に、B が受けた授業を教えた教員のように、実際にゴシップを取り入れる授業をしている教員は存在するということが示唆される。それに合わせ、自身ならどのようにその起きてしまった事件に対して行動するかということを考えさせることが重要であると考えられる。また、実際に、そのように授業を受け、考える学生が存在し、その中で学びを得ることもあるということが示唆される。

9.5. 市民の背景を配慮した上でのコミュニケーション Study3 と Study4 の比較対象からみえてくること

他方、自分ごとではなく、学ぶ側である市民を俯瞰し、さらに配慮している発言も中には存在した。

F が、知識の勾配がある市民同士におけるコミュニケーションに対して、どのようにするかという議論をしていた。その中で、就業などで忙しいという個人の背景を勘案した上でコミュニケーションをすることの重要性を語っていた。また、mbER4 は、市民は他の分野の専門家であると表現しながら、市民の背景を勘案した。その上で、市民自身が情報収集の方法や考え方を学ぶための授業があると望ましいと話した。

この F と、mbER4 が指摘することの共通点は、市民の背景や余裕の尊重である。そのなかでも相違はあり、F は、市民の背景を考える上でのコミュニケーションをとることの重要性を語った。対して mbER4 は、コミュニケーションの前段階としての情報の取得方法と考え方について議論していた。

そのような、個々人の余裕を考えながらの授業（例えば、市民向けの公開授業や、リカレント教育としての対面講義や、インターネット上でのオンデマンドの授業）を実施するという方法で、市民に対して尊重していくことが重要なかもしれない。そのなかでも、そのような授業を受ける余裕のない人もいることも、配慮していくことが好ましいであろう。

9.6. 命の大事さ

分析の結果、多様な命の大事さについての議論を得た。

副教材と生物教科書作成者の発言からの議論で、命の大事さについての議論を得た。副教材における分析で、命のかけがえのなさに関する言説を得た。さらに、「命の大事さを知らないわけにはいかない」と、mbse2 から語りを得た。これらはともに、命のことに着目した言説である。それぞれが「かけがえのない」と「大事」という、異なる表現を用いているが、それぞれが生命について生徒たちが考えることの重要性を説いていることは同様である可能性がある。

また、iPS 細胞による性細胞の作出もこの命の大事さという観点から議論することが可能であるといえる。一部の副教材で、iPS 細胞から性細胞が作出可能であること、その性細胞から新たな生き物を生み出すことが可能であることに倫理的な問題があると議論された。このような ELSI もまた、命の大事さに関わってくることが示唆される。

9.7. 本論文全体を通しての総合考察

これらのことから、日本における ELSI、RRI 教育について、分子生物学に着目すると、高校生物教科書では、自身のこととしてあまり議論されていないが、副教材では、自身のことと議論がなされており、自然界と人間のつながりについても議論されているということが示唆された。さらに、高校生物教科書作成者と ELSI、RRI の研究者からのインタビュー調査からは、自身のこととして学ぶこと、生命の素晴らしさについて学ぶことが ELSI、RRI を学ぶ上で重要であるということが考えられる。そして、学生たちは、自身の立場を通して、科学技術と社会について、もしくは ELSI、RRI に関して、専門知として、経験知として学び、自身で発言できるほど昇華しているということがわかった。

9.8. 分野への貢献

Deppler and Aikens (2020) は文献調査により、専門的知見を学ぶこと、参加型の授業を実行することが、学習者の RRI に関する学びに貢献しているということを導いた。Richter et al. (2019) は高等教育における RRI の概念導入の可能性と先端科学技術に対するあり方について教育者による指導の重要性について議論したが、本論文全体ではそれに加えて、自分ごととして考えること、および批判的思考を持って議論に参加することが重要であるということが明らかになった。

Study1 における科学技術と社会との関係で生じる懸念について、自身の言葉で表現できる段階まで生徒を育てるという方針をとっていないという知見は、科学技術で生じる社会的側面の問題を、社会や個人に問題提起する傾向があまりない（笠 2019）という主張を支持する。

Study2 は、笠による日本における科学教育は、イノベーションを社会に対する貢献に言及する傾向が強い (2017) という指摘を支持する。Study2 では、科学技術と社会の接点の話題として医療、農業、食についての議論が見受けられ、微生物を題材とした推進側からの視点からの言説が存在し、懸念を示していないものが存在した。しかしながら、iPS 細胞に関する倫理的問題が議論されているなど、ELSI に関する議論が存在していたということは、本研究であらたに明らかになった。

Study3 では ELSI、RRI の指導者でもある ELSI、RRI 研究者が、批判的思考を養ってほしいという願いを有していることを明らかにした。そしてこの批判的思考が、RRI における再帰性に該当することが示唆されたという点で新たな知見を見出した。Richter et al. (2019) は高等教育における RRI の概念導入の可能性と先端科学技術に対するあり方について教育

者による指導の重要性について議論した。Study3 ではそれに加え、ELSI、RRI 研究者が批判的思考を養うことの重要性を説いているという点で新たな知見が導かれた。さらに、Study3 では、石井、藤垣 (2016) における、問題構成力と批判的思考についての議論に、RRI に関する概念を導入したという点でも新たに導かれたといえる。

Study4 では、学生が多様な責任論に合わせて議論していた。その責任については、説明責任、研究の社会貢献、アカウンタビリティが挙げられるが、それらは藤垣 (2018) の科学者の社会的責任における説明責任や応答責任に通じる。このように、科学者の社会的責任にも通じる考えについて、学生側が多くを考えを有しているということが示唆されたという点で新たな知見が得られた。

以上のように、本論文は、科学教育、RRI 教育、科学者の社会的責任に関する学生の有するリテラシーに関して貢献していると言える。

9.9. 今後の課題

本項目では、研究における今後の課題について、以下で述べる。

1) Study1 における今後の課題

Study1 では、ELSI、RRI を連想するガイドライン作成や社会的ルールづくりが文中に出現した文を言説分類する際に個別的規制言説として分類した。しかしながら RRI は、個々の事例に即したガイドラインづくりなどの他にも、多様性や包摂性など、さまざまな個別的規制とは相性の悪い観点を含んで、多くのステークホルダーを巻き込み、共に研究プロジェクトを遂行しようという一面もある。この「ELSI、RRI に関する個別的規制言説」という名称の言説の分類をさらに検討し、より ELSI や RRI にあった言説に合わせて変更することも今後の課題として挙げられる。さらに、参考にした日比野ら (2004) の分析方法は生命倫理や ELSI に関するという点では有用であった。ただ、日比野ら (2004) の方法は、元々議事録の分析のために用いられたものである。教科書分析に適した方法を考え、その方法を用いることが課題として挙げられる。

教科書の発行年が異なるということも再検討したい。日本の高校生物教科書は、2018 年に文部科学省により検定され、発行されたものである。一方、イギリスの GCSE Science Higher は、2006 年に発行されたものであった。日本の高校生物教科書でも、近年発行されたものがあり、さらにイギリスに至っては、ナショナルカリキュラムが 2014 年に新しく策定されている。そのようななか、2018 年の教科書、または 2006 年の教科書を用いたことについては、再検討の余地がある。

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かをフォローすることも今後、重要であろう。前述のように日本に着目すると、2018 年の教科書発行年ののち、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（文部

科学省 2022)、生物の教科書も新たな課程のものが流通している¹⁴。また、イギリスでも、日本の学習指導要領に相当する、ナショナルカリキュラムの新しいものが策定されている (Department for Education 2014)。新しいナショナルカリキュラムに即した GCSE 生物に関する教科書も出版されている (Schmit and Pollard 2016)。これらの、新しい高校生物の教科書や、新しい後期中等教育の教科書の分析も重要であると言える。

さらに、分析する教科・科目についても再考の余地がある。日本の高校国語の現代文にも、科学技術と社会に関するコラムが載っており、そこでは科学者と市民が同じ目線で議論することを読み手に提案している (坪内ら 2022)。このような文章の言説分析、もしくは内容分析をすることもひとつの方法であると考えられる。イギリスの教科書でも、科目について考えることもひとつの方法である。イギリスの同世代に向けての科目として存在する “citizenship”¹⁵では、どのようなことが言及されているのか、科学技術についての議論は存在しているのか、ということも分析することが考えられる。

さらに、教育段階について検討することも重要である。高等学校と同様、中等教育課程と認識される中学校における教科書はもちろん、高等学校を卒業した生徒が進学する可能性のある大学の生物関連科目に関する教科書を分析することも重要であろう。この時、初年次といういわゆる高大連携を重視する専門科目や、一般教養と呼ばれる科目から、専門として学ぼうとする 1~2 年の学生が学ぶための科目の教科書、そして、3~4 年という研究室配属前後の学生が使用する教科書を分析することも重要であろう。例えば大学の分子生物学に関する教科書では、『細胞の分子生物学』(The Cell) (アルバートら 2017) や、『キャンベル生物学』(ウリーら 2018)、『Essential 生物学』(アルバートら 2021) など多様にあるが、これらにおける分析も重要であるのかもしれない。

また、研究者を意識するのであれば、その修了生の一部が研究者になる、大学院生に向けた、専門や後期教養のための教科書を分析することも一つの選択肢であると考えられる。

2) Study2 における今後の課題

Study2 では、分子生物学と生態学をその単元に存在するかどうかを主軸に分離させ、分析を行った。しかしながら、容易に分子生物学と生態学を分離できるものでもない。前述したが、生態系に関することでも、分子のレベルで考える必要があるものがある。それは、内分泌攪乱物質の生物への影響や、DDT の生物・生態系への影響、その他有害物質による影響などが挙げられる。また、副教材の中には、多くの副教材で生態学単元に存在していたものも、分子生物学の分野で議論しているものがあつた。Study2 は、多くの副教材に合わせて分析をしたが、その統一についても議論することが重要であろう。

¹⁴ 東京書籍『令和 6 年度高等学校教科書のご案内 生物』<https://ten.tokyo-shoseki.co.jp/text/hs/rika/16632/> (2023 年 11 月 20 日閲覧)

¹⁵ GOV. UK, “The national curriculum” <https://www.gov.uk/national-curriculum/key-stage-3-and-4> (2023 年 11 月 20 日閲覧)

その他、ニューロンと AI や、SDGs、放射線影響など、さまざまな分子生物学や生態学以外の内容に関する、科学と社会、もしくは ELSI や RRI に関する内容が存在した。それらの言説について、多くの観点から議論されるべきである。例えば COVID-19 について、疫学、ウイルス学、ワクチンなどの免疫学、医学、医療など、さまざまな分野から議論されているが、どのような議論がふさわしいかなど、考慮する必要があるであろう。対象の大きさを考えると、疫学の場合には、生態学とは大きさの範囲は類似した点はあるかもしれない。しかし、疫学の場合は、生態学と比べると人間の健康に着目したものである。この議論を、生態学分野に分類した上で、議論することが妥当ではないため、Study2 では分析対象として深くまでは介入しなかったが、今後の課題とすることも考えられる。

さらに、本研究で用いた副教材には、写真や図表を多く活用し、視覚に投げかけるような一般に図録と呼ばれるものから、教科書の発展版のような様相の副教材まで、多様なものが存在した。これは、それだけ生物学に関してさまざまな学び方があるということを提示しつつ、同時に、言説同士や分野同士の繋がりが明らかにされにくい。つまり、日比野ら（2004）で表現されていた議事録における言説の支持関係や対立関係が描写されにくいという弱点もあった。

3) Study3 における今後の課題

Study3 における研究の中で、さまざまな課題を得た。

まず、対象者の背景を踏まえた上で、さらに詳細に発言を吟味する重要性である。対象者が学内や非常勤でどれほどの授業を持っているか、教鞭をとっている大学がどのような教育理念を有し、どのようなことに力を入れているかという、さまざまな因子が存在する可能性がある。そのような背景から出てくるような発言が存在するであろう。Study3 では、インタビュー対象者の匿名性を担保することから、個人情報を示すことは控えたが、このようなインタビューにおける発言は、それぞれの大学や学部、研究科、高等学校などにおける教育理念やカリキュラム・ポリシー、ディプロマ・ポリシーにも関わってくる可能性がある。そのため、このような教育機関における教育理念などを踏まえながら議論する方法もある。

次に、質問に関する答える側の立場の観点に関する課題である。あるべき ELSI、RRI 教育の内容とその姿勢についての質問に対する回答では、教員の目線、授業の目線、学生・生徒の目線など、多様な視点から議論された。この質問の作成について、今後の検討が必要である。

比較する分野についても検討しなければならない。AI は、分子生物学分野で多分に議論されていたアシロマ会議を踏襲した AI アシロマ宣言など、分子生物学における ELSI に関する議論を参考にしている。ただ、他にも ELSI を参考もしくは軸にした議論がなされている分野は多くあり、そもそも ELSI は分子生物学の分野から誕生している。つまり、ELSI に関する教育を検討するにあたり、分子生物学と比較する分野は多くあるということである。異なる研究分野と比較することもひとつの方法であっただろう。

4) Study4 における今後の課題

Study4 では、半構造化インタビューという質的調査を行い、対象者である学生からは様々な意見は聞けた。しかしながら、量的な意味では多様な意見を聞けなかった。さらに、東京大学の学生は多く、学士課程の学生は 13,974 名在籍している¹⁶。そのため、質問紙調査といった量的調査も可能であれば実施することが望まれる。

インタビュー対象者の背景を踏まえた上で、より細かく発言を吟味する必要がある。Study3 で導かれたように、大学でも学年によって学ぶべき ELSI、RRI の内容は異なる。Study4 では、個人情報保護を担保するために学年ではなく東京大学の学部・在学もしくは学部卒業という区別を行ったが、個人情報の開示がもしも可能だったのであれば、学年ごとの分析もできた可能性がある。

また、Study4 では東京大学の在学学生、もしくは東京大学学士課程卒業生に対してインタビューを行った。東京大学の学部生は、推薦入試、一般入試ともに難易度の高い入試を乗り越えてきた学生であり、そういった点では高い知的能力を有する。さらに、東京大学は研究も活発に行われ、自然科学系論文シェアも 1%である（科学技術・学術政策研究所 2019；文部科学省 2022）。このようなトップレベルの大学に対してのインタビューは、バイアスがかかる可能性がある。そこで、以下の検討が重要になってくる。

まず、他の研究が活発になされている自然科学系論文シェア 1%以上の大学ではどうか、さらに、大阪大学 社会技術共創研究センター（ELSI センター）など、ELSI に関して研究する機関が存在する大学の学生ではどのような議論がなされるのかという検討であろう。また、教育理念にはその大学ごとで特徴は存在する。そのような理念をそれぞれ有する大学、それも多様な分野が集結する総合大学、理系単科大学や、文系単科大学など、大学ごとの比較や、もしくは、様々な大学に所属する学生を満遍なくインタビューすることも一つの検討事項である可能性がある。

今後、多くの学生の意見を取り入れるためにも、量的調査を行うことも視野に入れる。例えば、質問紙調査を行い、人文・社会科学系の学生、自然科学系の学生、学際分野の学生がどのように ELSI や RRI や、例えば優生思想・優生学、社会ダーウィニズム、生命倫理や、環境倫理、工学倫理、科学者の社会的責任や、責任ある研究活動、研究公正など、ELSI、RRI ではないが、重要な研究倫理に関する概念をどのように学んだかということを調査することも一つの方法である。

また、それだけでなく、学生自身が経験知としてどのように先端科学と社会に関する問題意識を有するようになったか、ということを調査することも重要であろう。

¹⁶ 東京大学 『令和 5 年 5 月 1 日現在 学部学生・研究生・聴講生数調』 <https://www.u-tokyo.ac.jp/content/400215809.pdf> （2023 年 11 月 29 日閲覧）

5) Study1 から Study4 までを統括した今後の課題

その他、鶴岡（2019）や、mbER4 からの指摘が存在したように高等学校における公民科目での STS や RRI 教育を考えると、社会の教員や、社会の教科書、副教材に対する調査も検討の余地がある。また、高大連携に着目すると東京大学では、社会科目の試験における科学者の社会的責任論や、研究倫理についての問題が科される可能性がある（東京大学入試企画室 2022）。これを考え、倫理をはじめとした日本史、世界史、地理などの社会教科における研究倫理や、科学技術の社会的・倫理的側面、未来志向の研究・イノベーションについて考慮し、分析していくことも一つの選択肢であろう。

9.10. 今後の展望

本節では、本論文全体における今後の展望を示す。1) ELSI、RRI 教育の方法、2) ELSI、RRI 教育の時期、3) ELSI、RRI 教育システムの比較に関する検討が重要になってくるであろう。

1) ELSI、RRI 教育の方法

どのような RRI を教える授業を行なっているのかということを、教材の分析や参与観察により行うことも一つの RRI 教育における分析方法の一つである。実際、小林（2022）は、科学と社会や文化もテーマとしながら高校生の探究活動の授業における発言を分析している。また、そのような授業を受けて、学生はどのような感想を抱いたか、どのようなことを学んだかということを、ミニツツペーパーや、レポート、試験、もしくは、インタビュー、質問紙調査などを分析することにより、よりリアルタイムな RRI 教育を分析することも一つの方法として考えられる。しかし、この手法は実際問題、その授業を受ける受講生を守るためにも適切な方法であるかは課題があるだろう。この研究計画にも ELSI は潜んでいる。

大学教育における内容も同様である。持続可能な環境を形成するためのスポーツの授業におけるシラバスが存在している（Trendafilova and Graham 2022）が、その RRI 版として、シラバスを作成し、それを元に実践を行い、多くの教員が授業を実施できるような仕組みづくりも重要であろう。

2) ELSI、RRI 教育の時期

初等教育、中等教育、高等教育、そして科学コミュニケーションという、多様な教育段階や発達段階に対する科学教育や科学コミュニケーションに対する分析が行われることも考えられる。

初等教育に着目すると、絵本ではさまざまな RRI に関する内容が暗に描かれた内容が書かれている。まず、さまざまな科学についての絵本も著作している加古里子（かこ さとし）¹⁷による『からすのパンやさん』では、多様な体の色をした「からす」の子ども達がつくる

¹⁷ かこさとし公式サイト『プロフィール』<https://kakosatoshi.jp/profile/>（2023 年 11 月 20 日

様々なパンが描かれ、パンを作る喜びと共に多様性が描かれている（加古 1973）。間接的にはあるが、読者層になりうる子どもたちに対し、「パン」という新たなイノベーションをからす一家皆で作り出すという描写がある。その描写は、RRI にも通じる可能性がある。

そして、高橋真樹・岩崎由美子文（2022）の絵本である『核兵器をなくすと世界が決めた日』では、多様な市民が原子爆弾に関する事件などに対して、体験を話している。同時に、科学者をはじめとする専門家たちによる会議が描かれている。その中で、科学者は『科学の研究は、人を殺すためにつかうべきではありません』と述べている。これは、軍事利用に使用せず、科学技術を適切に活用するということ望んでいることを示唆する。また、このことを科学者が発言するということを加味すると、科学者の社会的責任にも通じるのではないとも考えられる。

これらは絵本という、初等教育を受けるような年代の子どもたちも読者となりうる媒体である。そのような書籍にも ELSI や RRI について学ぶ機会はあるということがわかる。

そのほかにも、ELSI、RRI 研究者に対してインタビューを行った際に、体内の細胞などを擬人化して、生物のしくみをわかりやすく理解する漫画・アニメや、ロボットと人間や社会との共存に関する漫画の話題が出た。さらに佐倉（2003）にも鉄腕アトムを題材にロボットと人間の共存についての議論が存在する。それに加えて、手塚治虫の『火の鳥』（手塚 1954~1988）や、荒川弘の『鋼の錬金術師』（荒川 2002~2010）、尾田栄一郎の『ONE PIECE』（尾田 1997~連載中）¹⁸をはじめとする漫画にもさまざまな先端科学技術と社会に関する描写が存在する。他にも、研究者が市民向けに多くのエッセイを発表している。寺田寅彦や、朝永振一郎などが候補に出てくるであろう。これらの言説分析も踏まえながら、これからの ELSI、RRI に関するコミュニケーションを模索するという方法もあるであろう。

ほかにも、バイオメディカルの生徒・学生が対象の 4 つの RRI（先見性、再帰性、包摂性、応答可能性）に関連する概念に対しての目標を細かに定めた上で提案した教育カリキュラムがある（Gerrits 2022）が、それらを参考にしながら、より多様になった RRI の概念を教えるために、分子生物学を専門とする生徒や学生を対象とした出前授業の実施や、多くの人が授業を実施することができるような授業計画の策定が挙げられる。

このような子どもたち、もしくは世代を超えた RRI につながる科学コミュニケーションや絵本を通じて行うことの可能性がある。このような、初等中等教育における RRI に関する科学コミュニケーションや科学教育の可能性もあるであろう。

3) 教育システムごとの比較

Study1 における比較対象は、日本における ELSI、RRI 教育と、イギリスの GCSE という

閲覧)

¹⁸ 『ONE PIECE』については、石井、藤垣（2019）の気候工学に関する社会のあり方についての議論でも、具体例として取り上げられている。

試験とその試験対策に用いられる教材を比較した。しかしながら、各国にさまざまな試験体制が存在する。中でも有名なものが国際バカロレア、もしくはバカロレアである。STS教育と国際バカロレア教育における科学論に関する報告が存在している(岸、下條 1996)。また、大人になるためのリベラルアーツ(石井、藤垣 2016; 2019)の多様な答えが簡単に出ない問いも、バカロレアにおける設問を参考にしている。このような背景から、国際バカロレアやバカロレアにおける ELSI や RRI に関する教育の議論もできる可能性はある。さらにバカロレアを構築したフランスは、RRI 概念が形成された EU の加盟国である。同じく EU 加盟国であり、科学技術立国であるドイツの試験体制であるアビトゥアもあわせ、このような RRI が誕生した EU 加盟国における教育体制における教科書及び、副教材や、教員、学ぶ側の人たちに対する研究も一つの課題である。

9.11. 結語

今まで述べてきたように、本論文では、分子生物学における ELSI、RRI 教育に重点を置きながら、教科書、副教材、ELSI、RRI の研究者、高校生物教科書作成者、大学生というさまざまな対象を分析した。この時、AI 分野や生態学分野など、さまざまな分野と比較した。これらの結果、何よりも、自分ごととして考えることの重要性について頻繁に議論されたということが示唆された。また、日本の高校生物科目では自分ごととしての議論がなされているということが示唆された。そして、それは、副教材における議論でなされているということが示唆された。ELSI、RRI の研究者も、自分ごとの重要性については多くの対象者から意見を得た。そのなかでも、自身のことをかえりみることの重要性など、自分ごとについてどのように考えていったらいいかということの議論も得た。また学生も、自分のこととして科学と社会について、もしくは、ELSI や RRI について高等学校や大学の授業や、自身の体験、読書から学び、自身の経験知や専門知をもとに考えているということが示唆された。

以上から、本論文では、分子生物学分野における ELSI、RRI 教育において、後期中等教育や高等教育における生徒・学生が、新規科学技術と社会のことについて、自分ごととして考えることが重要視されることが判明した。さらに、実際の学習する生徒・学生も自分ごととして学んでいるという点で、新たな視点が加わったといえる。さらに、分子生物学の研究者を志す生徒や学生に対する ELSI、RRI 教育は重要であり、現段階では市民教育としての ELSI、RRI 教育が構築されつつある。他方、将来的に研究者になる立場としての ELSI、RRI に関する教育は今後の課題であるということが考えられる。

文献

- アルバート, B., ジョンソン, A., ルイス, J., モーガン, D. O., ラフ, M. C., ロバート, K., ウォルター, P. 2017:『細胞の分子生物学』ニュートンプレス (齋藤聖子, 斉藤英裕, 滋賀陽子, 田口マミ子, 滝田郁子, 中塚公子, 羽田裕子, 船田晶子, 宮下悦子, 中村桂子, 松原謙一監訳).
- アルバート, B., ホプキンス, K., ジョンソン, A., モーガン, D. O., ラフ, M. C., ロバート, K., ウォルター, P. 2021:『Essential 細胞生物学』南江堂 (中村桂子, 松原謙一, 榊佳之, 水島昇監訳, 青山聖子, 斉藤英裕, 滋賀陽子, 滝田郁子, 田口マミ子, 羽田裕子, 船田晶子, 宮下悦子).
- 安藤康伸 2019:「研究者への道 ―飛び込むことで広がる世界」標葉靖子, 岡本佳子, 中村優希編『東大キャリア教室で1年生に伝えている大切なこと』東京大学出版会 17-31.
- 青木千帆子 2022:「障害と ICT に関する日本の支援技術政策史からみた課題」『科学技術社会論研究』 20, 71-85.
- 荒川弘 2002~2010 :『鋼の錬金術師』スクウェア・エニックス.
- 浅島誠, 市石博, 伊藤元己, 内山正登, 大谷康治郎, 可知直毅, 上村慎治, 小林設郎, 小林秀明, 小林裕光, 西駕秀俊, 山藤旅聞, 白木賢太郎, 杉山宗隆, 高野栄治, 田部眞哉, 長山隆男, 長谷川眞理子, 平山大, 深川治, 藤原晴彦, 宮下直, 山野井貴浩, 山本高之, 東京書籍株式会社, 久力誠, 佐野寛子, 土屋英夫 2018a:『改訂 生物』東京書籍.
- 浅島誠, 市石博, 伊藤元己, 内山正登, 大谷康治郎, 可知直毅, 上村慎治, 小林設郎, 小林秀明, 小林裕光, 西駕秀俊, 山藤旅聞, 白木賢太郎, 杉山宗隆, 高野栄治, 田部眞哉, 長山隆男, 長谷川眞理子, 平山大, 深川治, 藤原晴彦, 宮下直, 山野井貴浩, 山本高之, 東京書籍株式会社, 久力誠, 佐野寛子, 土屋英夫 2018b:『スタンダード生物』東京書籍.
- Bardone, E., Burget, M. and Pedaste, M. 2023: “The RRI map: making sense of responsible research and innovation in science education,” *Journal of Responsible Innovation*, 10, 2198183.
- Berg, P. Baltimore, D., Brenner, S., Roblin, R. O. and Singer, M. F. 1975: “Summary Statement of the Asilomar Conference on Recombinant DNA Molecules”, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United State of America*, 72, 1981-1984.
- 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.
- カーソン, R. 2000: リア, L.編、古草秀子訳『失われた森 レイチェル・カーソン遺稿集』集英社, p218 ; Rachel Carson(ed), Linda Lear(ed), *LOST WOODS The Discovered Writing of Rachel Carson*, Beacon Press 1999.
- 脱炭素化技術 ELSI プロジェクト 2022:「脱炭素化技術の ELSI とその評価取り組み: TA レポート」<https://eprints.lib.hokudai.ac.jp/dspace/handle/2115/84398>, (2023 年 11 月 11 日閲覧)

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 (2023 年 11 月 17 日閲覧)

Deppeler, J., & Aikens, K. 2020: “Responsible innovation in school design – a systematic review”

Journal of Responsible Innovation, 7, 573–597.

江間有沙 2015: 「「科学技術と社会」授業プログラム テクノロジー・アセスメントや研究倫理を題材とした課題の実施報告」『科学技術コミュニケーション』18, 3-16.

江間有沙 2017: 「倫理的に調和した場の設計/責任ある研究・イノベーション実践例として」『人工知能』32 (5), 694-700.

江間有沙 2018: 「「技術者の哲学」と「社会」を繋ぐ問題設定と対話設計」『日本ロボット学会誌』36 (4), 250-253.

江間有沙, 長倉克枝 2018: 「「倫理的に調和した設計」の論点整理 異分野・異業種によるワークショップからの示唆」『情報法制研究』2, 3-14.

江間有沙 2021: 『絵と図でわかる AIと社会 未来をひらく技術とのかかわり方』技術評論社.

European Union 2012: “Responsible Research and Innovation Europe’s ability to respond to societal challenges” <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/bb29bbce-34b9-4da3-b67d-c9f717ce7c58/language-en> (2023 年 11 月 17 日閲覧)

フィゲレス, C. 2022: 「序文」ディクソン=デクレーブ, D., ガフニー, O., ゴーシュ, J., ランダース, J., ロックストローム, J., ストックネス, P. E (著) 『Earth for All 万人のための地球 『成長の限界』から50年ローマクラブ新レポート』, 丸善出版(武内和彦(監訳), ローマクラブ日本(監修), 森秀行, 高橋康夫他(訳)).

フォージ, J. 2013: 『科学者の責任 哲学的探究』, 産業図書(佐藤透、渡邊嘉男訳)

藤垣裕子 2003: 『専門知と公共性』東京大学出版会.

藤垣裕子 2018: 『科学者の社会的責任』岩波書店.

藤垣裕子 2020a: 「第6章 受け取ることのモデル」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, p.109-124.

藤垣裕子 2020b: 「はじめに」藤垣裕子責任編集, 小林傳司, 塚原修一, 平田光司, 中島秀人協力編集『科学技術社会論の挑戦 1 科学技術社会論とは何か』, iii-vi.

藤垣裕子 2022: 「ELSI と RRI」塚原東吾, 綾部広則, 藤垣裕子, 柿原泰, 多久和理実編著『よくわかる現代科学技術史・STS』ミネルヴァ書房.

藤崎慎吾 2019: 『我々は生命を創れるのか 合成生物学が生み出しつつあるもの』講談社

Fujiwara, Y., Miki, K., Deguchi, K., Naka, Y., Sasaki, M., Sakoda, A., Narita, M., Imaichi, S., Sugo, T., Funakoshi, S., Nishimoto, T., Imahashi, K. and Yoshida, Y. 2023: “ERRy agonist under mechanical stretching manifests hypertrophic cardiomyopathy phenotypes of engineered cardiac

- tissue through maturation”, *Stem Cell Reports*, 18, <https://doi.org/10.1016/j.stemcr.2023.09.003>
- 福井県立藤島高等学校教養テキスト編集委員会 2018：『私たちはなぜ科学するのか—学生のための基礎教養 第2集—』東京書籍株式会社北陸支社.
- Gerrits, E. M., Bredenoord, A. L. and van Mil, M. H.W. 2022: “Educating for Responsible Research Practice in Biomedical Sciences”, *Science & Education*, 31, 977-996.
- 五箇公一 2016：「特集生物学の最前線 7 外来生物の影響とその現状」数研出版編集部『三訂版視覚でとらえるフォトサイエンス 生物図録』, 数研出版, 232-233.
- 五箇公一 2021：「特集生物学の最前線 7 外来生物の影響とその現状」数研出版編集部『新課程生物図録、視覚でとらえるフォトサイエンス』数研出版, 254-255.
- 後藤忍 2020：「福島第一原子力発電所の事故後に発行された文部科学省の放射線副読本の内容分析」『環境教育』30, 19-28.
- 浜島書店編集部 2011：『ニューステージ 生物図表』浜島書店.
- 浜島書店編集部 2021：『ニューステージ 新生物図表』浜島書店.
- Harada, T., Takeda, M., Kojima S. and Tomiyama, N. 2016: “Toxicity and Carcinogenicity of Dichlorodiphenyltrichloroethane (DDT)” *Toxicological Research*, 32, 21-33.
- 林真理 2015：「「細胞を創る」研究と社会」『生物工学』93 (10), 611-614.
- 林真理 2019：「身体・生命・人間の資本論 特集にあたって」『科学技術社会論研究』17, 9-17.
- Hess, D. J., Lee, D., Biebl, B., Fränzle, M., Lehnhoff, S., Neema, H., Niehaus, J., Pretschner, A. and Sztipanovits, J. 2021: “A comparative, sociotechnical design perspective on Responsible Innovation: multidisciplinary research and education on digitized energy and Automated Vehicles”, *Journal of Responsible Innovation*, 8, 421-444.
- 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.
- 広島大学 2023：「開催報告 第8回 人文・社会科学系研究推進フォーラム」
https://www.hiroshima-u.ac.jp/ru/jinsha_forum/report (2023年10月11日閲覧)
- 広田照幸 2009：『ヒューマニティーズ 教育学』岩波書店.
- 市川桂 2017：「第2章 アクティブ・ラーニングの技法」栗田佳代子, 日本教育研究イノベーションセンター編著『「学びの場」を変えたいすべての人へ インタラクティブ・ティーチング -アクティブ・ラーニングを促す授業づくり-』, p.27-41.
- 石井洋二郎, 藤垣裕子 2016：『大人になるためのリベラルアーツ』東京大学出版会.
- 石井洋二郎, 藤垣裕子 2019：『続 大人になるためのリベラルアーツ』東京大学出版会.
- 石川聡子 2013：「高等学校における放射線等に関する理科教育実践の分析 - 文部科学省発行の副読本をもとに」『理科教育学研究』53, 403-418.
- 磯崎哲夫 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.

- Isaacson, W. 2021: *The Code Breaker Jennifer Doudna, Gene Editing and the Future of the Human Race*, Simon & Schuster Paperbacks.
- 神宮司実玲, 瀬川茂子 2021:「ゲノム編集の肉厚マダイ、販売へ」朝日新聞、2021 年 9 月 18 日.
- 科学技術・学術政策研究所 2019:「研究現場の閉塞感を打破するには:エビデンスベースの政策立案の前提条件の共有に向けて —NISTEP 定点調査ワークショップ 2019 より—」
<https://nistep.repo.nii.ac.jp/records/6660> (2023 年 11 月 30 日閲覧)
- 科学技術振興機構 2014:『山中教授、STAP 幹細胞について考察』,
https://scienceportal.jst.go.jp/newsflash/20140214_01/index.html, 2014 年 2 月 14 日 (2023 年 10 月 14 日閲覧)
- 加古里子 1973:『からすのパンやさん』偕成社.
- 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.
- 粥川準二 2018:『ゲノム編集と細胞政治の誕生』青土社.
- 粥川準二 2021:「発生工学 —「発生」を制御する技術」日本科学史学会(編)『科学史事典』丸善出版 410-411.
- 河野重行 2019:「Column 6 藻類バイオとは何か -微細藻類の物質生産-」実教出版 290-291
- 木下政人 2016:「特集 生物学の最前線 3 ゲノム編集で品種づくりが変わる」数研出版編集部『三訂版視覚でとらえるフォトサイエンス 生物図録』数研出版, 100-101.
- 木下政人 2021:「特集 生物学の最前線 3 ゲノム編集で品種づくりが変わる」数研出版編集部『新課程生物図録、視覚でとらえるフォトサイエンス』数研出版, 112-113.
- 岸本充生 2023:「第 13 章 デジタル化に伴う ELSI とリスクコミュニケーション」奈良由美子(編)『リスクコミュニケーションの探究』一般財団法人 放送大学教育振興会, 254-273.
- 岸重光, 下條隆嗣 1996:「科学カリキュラムにおける科学論的内容の検討」日本科学教育学会 年会論文集 20 311-312.
- 岸本充生, 長門裕介 2022:「量子技術の ELSI (倫理的・法的・社会的課題)に関する文献紹介:2021~2022 年を中心に」『ELSI NOTE』24.
- 小林傳司 2007:『トランス・サイエンスの時代 科学技術と社会をつなぐ』NTT 出版.
- 小林優子 2022:「高校の探究活動における生徒の NOS 理解の深まり —質的データ分析法を用いた生徒の発話分析—」『理科教育学研究』, 63, 281-297.
- 教養テキスト編集委員会(編) 2023:『近代とは何か—学生のための基礎教養 第 1 集—』東京書籍株式会社北陸支社.
- 神戸大学 2023:「「神戸大学生命・自然科学 ELSI 研究プロジェクト」の発足記念イベントを開催」https://www.kobe-u.ac.jp/NEWS/info/2023_08_10_02.html (2023 年 10 月 11 日閲覧)

- 栗田佳代子 2021:「はじめに」p1, 2 中村長史, 栗田佳代子 (編著)、日本教育研究イノベーションセンター (協力)『インタラクティブ・ティーチング 実践編 1 学びを促す授業設計 クラスデザインの作法と事例』河合出版.
- Lander, E., Françoise B., Feng Z., Emmanuelle C., Paul B. and specialists from seven countries call for an international governance framework. 2019: “Adopt a moratorium on heritable genome editing”, *Nature*, 567 (14 March), 165-168.
- MacPherson, A. and Kimmelman, J. 2019: “Ethical development of stem-cell-based interventions”, *nature medicine*, 25, 1037-1044.
- 前野隆司 2021:「第7章 AI時代の科学技術倫理」金子努, 酒井邦嘉 (監修)、日本科学協会 (編)『科学と倫理 AI時代に問われる探究と責任』, 中央公論新社
- 丸井英二 2023:「序章 公衆衛生学のどこがおもしろいのか」, 丸井英二 (編)『わかる公衆衛生学・たのしい公衆衛生学』弘文堂.
- 松田洋介 2022:「第二章、子どもの自治と校則—全生研の管理主義教育批判と集団づくり構想」『だれが校則を決めるのか—民主主義と学校』岩波書店.
- 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, 59-71.
- ミッチャム, C. 2012: 藤垣裕子訳「責任」科学・技術・倫理百科事典翻訳編集委員会監訳『科学・技術・倫理百科事典』丸善出版.
- 三浦克之 2023:「疫学の定義」日本疫学会 (監修), 三浦克之, 玉腰暁子, 尾島俊之『疫学の事典』, 朝倉書店.
- 水町衣里 2018:「生物や価値観の多様性を扱う教育プログラム「宇宙箱舟ワークショップ」の実践を通じて生態学と社会のつなぎ方を考える」『日本生態学会誌』 68, 189-197.
- 文部科学省 2019:『高等学校新学習指導要領解説 理科編 理数編』実教出版.
- 文部科学省 2022:『令和4年版 科学技術・イノベーション白書』日経印刷.
- 本川達雄, 鷺谷いづみ 2023:『チャート式シリーズ 新生物 生物基礎・生物』数研出版.
- Mungenast, A. E., Siegert, S. and Tsai L. 2016: “Modeling Alzheimer’s disease with human induced pluripotent stem (iPS) cells”, *Molecular and Cellular Neuroscience*, 73, 13-31.
- 武藤香織 2019:「「遺伝子検査」へのダブルスタンダードと不透明な未来」『科学技術社会論』, 17, 129-139.
- 武藤香織 2020:「COVID-19と倫理的法的社会的課題 (ELSI): 偏見・差別とリスクコミュニケーションを中心に」『日本内科学会誌』 109, 2334-2338.
- 長野敬, 牛木辰男, 井口藍, 市石博, 小杉一彦, 坂田恵一, 清水龍郎, 服部明正, 半本秀博, 藤江正一, 山下登 2019:『サイエンスビュー 生物総合資料 四訂版』実教出版.

- Namba, M., Kobayashi, T., Kohno, M., Koyano, T., Hirose, T., Fukushima, M. and Matsuyama, M. 2021: “Creation of X-linked Alport syndrome rat model with *Col4a5* deficiency”, *Scientific Reports*, 11, 20836.
- 中園長新 2020 : 「高等学校情報科における人工知能の扱い: 学習指導要領解説の記述から」『情報処理学会研究報告』, 2020-CE-157.
- 檜橋敏夫 1966 : 「殺虫剤の作用機構 —昆虫毒物学」『化学と生物』 4 134-140.
- Nelson, J. P., Selin, C. L. and Scott, C. T. 2021: “Toward anticipatory governance of human genome editing: a critical review of scholarly governance discourse”, *Journal of Responsible Innovation*, 8, 382-420.
- 日本学術会議 科学者委員会・科学と社会委員会合同 広報・科学力増進分科会 2016 : 「提言 これからの高校理科教育のあり方」
<https://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-23-t224-1.pdf> (2023 年 11 月 13 日閲覧)
- 日本学術会議 2018 : 『「ゲノム編集による子ども」の誕生についての日本学術会議幹事会声明』 <http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-24-kanji-2.pdf> (2023 年 10 月 14 日閲覧)
- 日本医学会 2018 : 『ゲノム編集技術を用いたヒト受精胚による児の誕生に関する報道について』 <http://jams.med.or.jp/news/047.html> (2023 年 10 月 14 日閲覧).
- 日本哲学会 2018 : 『ゲノム編集による子どもの誕生についての声明』 <http://philosophy-japan.org/news/2018-12-26/> (2023 年 10 月 14 日閲覧)
- 日本ゲノム編集学会 2018 : 『「ゲノム編集を実施したヒト受精卵から女兒を誕生させたとの発表に対する懸念」』http://jsgedit.jp/wp-content/uploads/2018/11/statement_181130_1.pdf(2023 年 10 月 14 日閲覧)
- 日本パグウォッシュ会議 2021 : 『ラッセル＝アインシュタイン宣言』
<https://www.pugwashjapan.jp/russell-einstein-manifesto-jpn> (2023 年 10 月 13 日閲覧)
- 西 千尋 2023 : 「科学者の社会的責任」西 千尋, 桜木真理子, 見上公一編『「研究者の自治」のためのレファレンスブック』.
- 尾田栄一郎 1997~連載中 : 『ONE PIECE』 集英社.
- 小川順 2016 : 「特集 生物学の最前線 2 微生物に無限の可能性を求めて」数研出版編集部『三訂版視覚でとらえるフォトサイエンス 生物図録』数研出版.
- 小川順 2021 : 「特集 生物学の最前線 2 微生物に無限の可能性を求めて」数研出版編集部『新課程生物図録、視覚でとらえるフォトサイエンス』数研出版.
- 大辻永, 春山貴子, 小川正賢 1997 : 「大学入試小論文にみられる STS 問題の内容分析」『科学教育研究』 vol. 21, No.2, 92-100.
- Pörtner, H., Scholes, R. J., Agard, J., Archer, E., Bai, X., Barnes, D., Burrows, M., Chan, L., Cheung, W. L. (W.), Diamond, S., Donatti, C., Duarte, C., Eisenhauer, N., Foden, W., Gasalla, M. A., Handa, C., Hickler, T., Hoegh-Guldberg, O., Ichii, K., Jacob, U., Insarov, G., Kiessling, W., Leadley, P., Leemans, R., Levin, L., Lim, M., Maharaj, S., Managi, S., Marquet, P. A., McElwee,

- P., Midgley, G., Oberdorff, T., Obura, D., Osman Elasha, B., Pandit, R., Pascual, U., Pires, A. P F, Popp, A., Reyes-García, V., Sankaran, M., Settele, J., Shin, Y., Sintayehu, D. W., Smith, P., Steiner, N., Strassburg, B., Sukumar, R., Trisos, C., Val, A. L., Wu, J., Aldrian, E., Parmesan, C., Pichs-Madruga, R., Roberts, D. C., Rogers, A. D., Díaz, S., Fischer, M., Hashimoto, S., Lavorel, S., Wu, N. and Ngo, H. 2021: “IPBES-IPCC co-sponsored workshop report on biodiversity and climate change”, IPBES and IPCC.
- Richter, J., Hale, A. E., and Archambault, L. M. 2019: “Responsible innovation and education: integrating values and technology in the classroom” *Journal of Responsible Innovation*, 6, 98–103.
- 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.
- 佐倉統 2003:「人間にとってロボット(あるいは鉄腕アトム)とは何なのか?—フランクンシュタインと醜いアヒルの子—」『人工知能学会誌』 18, 145-152.
- 産経新聞 2016:『上司にハメられた…小保方氏、恨み節炸裂の手記「内臓すり潰されるような痛み」』 2016年1月29日, <https://www.sankei.com/article/20160129-ANA2YTVIF5I2LO5ATJESWSNWSA/4/> (2023年10月14日閲覧)
- 左巻健男 2021:『絶対に面白い化学入門 世界史は化学でできている』ダイヤモンド社.
- 佐藤郁哉 2015:『社会調査の考え方 [上]』 東京大学出版会.
- 佐藤郁哉 2015:『社会調査の考え方 [下]』 東京大学出版会.
- Schmit, A. and Pollard, J. 2016: *WJEC GCSE Biology*, Hodder Education.
- 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.
- 嶋田正和, 坂井建雄, 塩川光一郎, 鈴木孝仁, 鈴木誠, 園池公毅, 田村実, 仲田崇志, 湯本貴和, 和田洋, 板山裕, 大野智久, 大森茂樹, 久保田一暁, 中井一郎, 中道貞子, 中村厚彦, 中村哲也, 鍋田修身, 早崎博之, 林誉樹, 矢嶋正博, 数研出版会社編集部 2018:『改訂版 生物』 数研出版.
- 島藺進 2020:「ゲノム編集のヒト胚等への応用について」『学術の動向』 2020.10, 10-11.
- 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 2017:「学会組織は RRI にどう関わりうるのか」『科学技術社会論研究』14, 158-174.
- 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.
- 標葉隆馬 2021:「新型コロナウイルス感染症 (COVID-19)をめぐる 倫理的・法的・社会的課題 (ELSI)の視点」『研究 技術 計画』36, 140-154.
- Stilgoe, J., Owen, R. and Macnaghten, P. 2013: “Developing a framework for responsible innovation”, *Research Policy*, 42, 1568–1580.
- 数研出版編集部 2016:『三訂版視覚でとらえるフォトサイエンス 生物図録』数研出版.
- 数研出版編集部 2021:『新課程生物図録、視覚でとらえるフォトサイエンス』数研出版.
- 鈴木孝仁, 本川達雄, 鷲谷いづみ 2013:『新課程 チャート式シリーズ 新生物生物基礎・生物』数研出版.
- Takahashi, K. and Yamanaka, S. 2006: “Introduction of pluripotent stem cells from mouse embryonic and adult fibroblast cultures by defined factors”, *Cell*, 126, 663-676.
- 高橋真樹・岩崎由美子文 (2022)『核兵器をなくすと世界が決めた日』大月書店.
- 竹家一美 2018:「身体経験としての「男性不妊」 無精子症事例に焦点をあてて」『科学技術社会論研究』15, 109-121.
- 詫摩雅子 2019:「緊急レポート ゲノム編集ベビーの衝撃」『日経サイエンス』2019 年 2 月号, 日経サイエンス.
- 田村真理子 2012:「爆発から生まれたノーベル賞」『日本科学未来館 科学コミュニケーターブログ』2012 年 10 月 7 日, <https://blog.miraikan.jst.go.jp/articles/20121007post-277.html> (2023 年 11 月 14 日閲覧)
- 田中丹史 2019:「遺伝子組換え技術の登場と科学者の社会的責任論 日本における生命科学・ライフサイエンス論の場合」,『科学技術社会論研究』, 17, 179-192.
- Taniguchi, H., Okuda, N., Hisatomi, A., Satoh, A., Abe, Nishi, N., Higashiyama, A., Suzuki, H., Ohkubo, T., Kadota, A., Miura, K., Ueshima, H., Okayama, A. and On behalf of the NIPPON DATA2010 Research Group 2022: “Body weight and life style changes under the COVID-19 pandemic in Japan: a cross-sectional Study from NIPPON DATA2010”, *BMJ open*, 12, e063213.
- Thomson, J. A., Itskovitz-Eldor, J., Shapiro, S. S., Waknitz, M., A., Swiergiel J. J., Marshall, V. S. and Jones, J. M. 1998: “Embryonic Stem Cell Lines Derived from Human Blastocysts”, *Science*, 282, 1145-1147.
- Trendafilova, S. and Graham, J. 2022: “Environmental Sustainability in Sport”, *Syllabus*, 11, 1.
- 東京大学 2021:「UTokyo Compass 多様性の海へ：対話が創造する未来」
<https://www.u-tokyo.ac.jp/content/400170657.pdf> (2023 年 10 月 17 日閲覧)
- 東京大学 2022: 国立大学法人東京大学 第 4 期中期目標・中期計画 <https://www.u-tokyo.ac.jp/content/400158043.pdf> (2023 年 10 月 17 日閲覧)
- 東京大学入試企画室 2022:『東京大学 2023 東京大学で学びたい人へ』

- 東京工業大学地球生命研究所 2023:「優れたサイエンスコミュニケーション力を持つ大学院生の育成に向けて」https://www.elsi.jp/media/blogs/nurturing_graduate_students/
(2023 年 9 月 26 日最終閲覧)
- 坪内稔典, 出原隆俊, 木股知史, 植山俊宏, 斉藤理生, 中河督裕, 梨木昭平, 日高佳紀, 伊藤孝史, 金安克之, 岸奈穂美, 小山秀樹, 田中武夫, 谷川司, 辻正憲, 西田悌, 若林武史, 数研出版株式会社編集部 2022:『改訂版 現代文B』数研出版株式会社.
- 鶴岡義彦 2019:「第2章 科学的リテラシーと STS 教育の結合」鶴岡義彦(編)『科学的リテラシーを育成する理科教育の創造』大学教育出版、32-49.
- 筒井晴香 2022:「自動運転技術と ELSI」『科学・技術・計画』37 (3), 252-263.
- Uchiyama, M., Nagai, A. and Muto, K. 2018: “Survey on the perception of germline genome editing among the general public in Japan”, *Journal of Human Genetics*, 63, 745-748.
- Ueda, K., Mizuuchi, R. and Ichihashi, N. 2023: “Emergence of linkage between cooperative RNA replicators encoding replication and metabolic enzymes through experimental evolution” *pLoS Genetics*, 19, e1010471.
- ウリー, L. A., カイン, M. L., ワッサーマン, S. A., ミノスキー, P. V., リース, J. B. 2018:『キャンベル生物学』丸善出版(池内昌彦, 石浦章一, 伊藤元己, 上島励, 大杉美帆, 太田邦史, 久保田康裕, 嶋田正和, 坪井貴司, 中島春紫, 中山剛, 箸本春樹, 兵頭晋, 増田建, 道上達男, 吉田丈人, 吉野正巳, 和田洋訳) .
- 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.
- 矢原徹一, 鷲谷いづみ 2023:『保全生態学入門【改訂版】 遺伝子からランドスケープまで』文一総合出版.
- 山口富子 2009:「第2章 言説分析からの接近 —「読み解く」—」山口富子, 日比野愛子『萌芽する科学技術 先端科学技術への社会学的アプローチ』東京大学学術出版会.
- 山口富子 2020:「第5章 質的研究の実践」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.
- 山本輝太郎, 石川幹人 2019:「教材利用者が有する先入観が科学教育に与える影響 —ゲノム編集の評価を例にして—」『科学教育研究』43, 373-384.
- 吉里勝利, 阿形清和, 倉谷滋, 筒井和義, 鰐田武志, 三村徹郎, 村岡裕由, 飯山浩二, 木之上馨, 櫻井昭, 下村肇, 白石直樹, 関敏彦, 中井咲織, 中島光博, 永山弘, 原紺勇一, 平岡さゆり, 古本大, 松井健一, 丸川晋一 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.

謝辞

本研究を遂行するにあたり、東京大学総合文化研究科教授 藤垣裕子先生には多大なるご支援、ご指導、ご鞭撻を賜りました。本当に感謝申し上げます。分子生物学畑から来た私に、科学技術社会論の基礎から科学技術社会論分野の研究まで、多くのことを教えてくださいました。また、すぐ近くで研究者、教育者として、背中を見せてくださいました。また、異分野交流・多分野協力論の TA も藤垣先生のおかげでさせていただくことができました。この TA を通して、多くのことを学んだように思います。ここに感謝いたします。

副査の廣野喜幸先生、開 一夫先生、植田一博先生、福本江利子先生には的確なご指摘をいただきました。感謝申し上げます。廣野先生からは、それぞれの研究と、研究全体における答え合わせを一緒にしてくださりました。感謝申し上げます。開先生には、中間審査の際から大変お世話になりました。中間審査の際には、全体としての研究の目的に対して本当にごもっともというご指摘をいただきました。最終審査の際には、メッセージ性に関する重要なご指摘をいただきました。開先生の的確なご指摘に感謝申し上げます。植田先生からは、考察に対して重要なご指摘をいただきました。感謝申し上げます。また、福本先生からは、応援しています。というメッセージを何度もいただきました。福本先生のおかげで、奮起できました。感謝申し上げます。

インタビューにご協力くださった先生方、東京大学学部在学学生の方、学部卒業生の方にお礼申し上げます。おかげさまで多くのことを勉強させていただき、本当に、有意義な時間を過ごせました。ありがとうございました。また、ご期待に添えなかった方に深くお詫び申し上げます。

香川大学 笠 潤平先生には科学教育に関して多くのことをお教えくださいました。また、ご挨拶のたびに気にかけてくださいました。ありがとうございます。

私を育ててくださった科学技術社会論分野の先生方にも感謝申し上げます。また、インタビューにご協力くださった科学技術社会論分野の先生には、インタビュー後にもアドバイスをいただくなど、多くのご教示をいただきました。ここに感謝申し上げます。インタビューが終わってからも、気にかけてくださった先生も多くいらっしゃいました。ありがとうございました。

大阪大学 標葉隆馬先生からは、何度も励ましていただきました。ありがとうございます。

慶應義塾大学 見上公一先生には研究や博士論文執筆に際するご配慮を多くいただきました。見上先生のスマートながらも、温かいご支援には本当に助けられました。感謝申し上げます。

そして、FD や教育学についての私の有する知見の多くは、東京大学教育学部 栗田佳代子先生と、東京大学大学院総合文化研究科・教養学部 中村長史先生のおかげで身についたものです。さらに、栗田先生と中村先生には博士論文のことで気にかけていただきました。

感謝申し上げます。

異分野交流・多分野協力論をご担当された原 和之先生、寺田寅彦先生も感謝申し上げます。異分野交流論をきっかけにさまざまな研究アイデアが湧き出してきた私を見守ってくださったりしたこと、嬉しく思います。

植田研究室 OB の白砂大様、大貫祐太郎様には色々と話を聞いていただきました。白砂さんは、博論提出直前の私に、多くのアドバイスをくださいました。佐倉研究室 OB/所属の Duim Huh 様、猪口智広様、前田春香様には、毎週の博論報告という名前の懇話会で懇意にいただきました。友人たちに感謝します。

また、藤垣研究室に所属していらっしゃる、もしくはいらっしゃった、皆様からも助けられました。江間有沙先生には、藤垣研究室の先輩として、東京大学の先生として、懇意にしてくださいました。江間先生のおかげで、Study1 の元となる投稿論文を書き上げることができました。ここに感謝申し上げます。そして、多根悦子様、金 燕様は、藤垣研に入りたての私にとってもやさしくしてくださりました。感謝申し上げます。傳夢媛様のおかげで、研究の弱点がみつかったことがよくありました。さらに、傳様と博士課程最後の1年間ともに博士論文のために走ることができたこと、とても嬉しく思います。藤垣研究室に副専攻で入られていた廣野研究室 奈須野文槻様からも、さまざまな有益情報を教えてもらいました。ありがとうございます。名前を書ききれない藤垣研の方々にも感謝申し上げます。

学内、学外でそれぞれのプロフェッショナルを通して支えてくださった先生方、皆様、そして、気にかけてくれた友人たち、また多くのことで支援してもらった家族に感謝します。