

論文の内容の要旨

論文題目 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)

氏名 西 千尋

本論文は、倫理的・法的・社会的課題（Ethical, Legal and Social Issues：ELSI）や、責任ある研究・イノベーション（Responsible Research and Innovation：RRI）教育が、教育系出版物や教員によってどのように行われているのかを検証することを目的とした。さらに、そのような ELSI、RRI 教育を受けて学生がどのように学んでいるか、どのような責任ある市民・研究者として考えを構築するようになったのかということについて検証することを目的とした。

ELSI は、ヒトのすべての遺伝子を解読するヒトゲノム計画を発端に、ヒトゲノムが解読されることにより出現する社会的影響についての懸念を、考慮していく重要性があるということから出てきた概念である。そして、そのような ELSI から市民からの働きかけによって、RRI 概念へとつながっていった。RRI では、先見性、省察性、多様性、包摂性、公平性、透明性、応答性、適応性を重視しており、多様なステークホルダーが科学技術の初期段階から議論し、未来へのケアを考える。このような ELSI や RRI は、現在では、分子生物学はも

もちろん、人工知能や気候変動をはじめとし、多くの科学技術分野で議論されている。

これらの ELSI や RRI に関する教育は、初等教育から大学院まで、さまざまな議論がなされている。5 歳から 18 歳までの教育段階における従来から存在する科学教育の哲学がどのように RRI に関連しているか分類されている (Bardone et al. 2023)。中学校でも技術科で科学と社会に関する教育が行われ、対等な関係性を構築し、議論する能力を涵養するために必要な問題点をまとめている (世良ら 2018)。高校では、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効果測定を行った研究が存在する (山本ら 2019)。高大連携では、大学の小論文科目の入試で科学者のあるべき姿に関する出題がされていると指摘している (大辻ら 1997)。学部教育では、ELSI や RRI を含む科学と社会に関する授業が実施され (江間 2015)、大学院では、RRI 教育が重要視され (標葉ら 2014)、生命科学系の院生向けの科学者の社会的責任に関する教育 (ミッチャム 2012) や、科学コミュニケーションや研究者としての責任について学ぶプログラムが存在する (東京工業大学地球生命研究所 2023)。

そのような ELSI や RRI に関する授業に関して実施報告がなされ、重要であるということが議論されている中、どのように重要なのか、という議論がなされている機会は少ない。

そこで本論文では、ELSI 概念が形成されたきっかけである分子生物学に着目し、現在の日本における ELSI、RRI 教育では、どのように行われているのか、どのように生徒・学生たちは ELSI や RRI に関する概念について学んでいるのかということを主な問題意識とし、以下の RQ1 から RQ4 までのリサーチ・クエスチョンを立てた。

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。

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と、どのように関与しているのか。

以上、RQ1 は Study1 で、RQ2 は Study2 で、RQ3 は Study3 で、RQ4 は Study4 で検討した。

Study1 では、日本における高等学校の生物科目における教科書 4 種と、イギリスの後期中等教育課程（日本における高等学校と同等の教育段階）における科学の教科書 1 種を分析対象として取り上げ、ELSI や RRI についてどのようなことが議論されているかを分析した。

その結果、日本の高等学校の生物教科書では ELSI、RRI に関する言及は存在するが、自己決定言説が伴う支持関係が出現する機会はイギリスの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判明した。さらに、分析結果から、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、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担っていないことが示唆された。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涵養し、自身のこ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。

Study2 では、日本における高等学校の生物科目の副教材 7 種を、分子生物学分野と生態学分野として比較することにより、分析した。

その結果、分子生物学と生態学分野のそれぞれの分野において、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などが掲載されていることが判明した。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る。生態学分野では、生態系と人間活動と呼ばれる項目に多くの科学と社会や ELSI、RRI に関する議論が存在していた。生態系や、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。また、このような分子生物学分野と生態学分野への分類が困難な事例もあることが示唆された。さらに Study2 では、副教材の中で ELSI、RRI に関することを自分ごととして議論されている側面もあることが示唆された。

Study3 では、分子生物学と人工知能（Artificial Intelligence：AI）分野における ELSI や RRI 教育で何が重要であるかということを、分子生物学における ELSI や RRI 研究者、高校生物教科書作成者に半構造化インタビューにより、検証した。

その結果、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意見が多いことが示唆された。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ることが示唆された。さらに、早めの段階から教育を継続した方がいいということが示唆された。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、特に 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は分子生物学分野と人工知能分野に関わらず、普遍的な側面があることが示唆された。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することが示唆された。また、人工知能分野の方がより「生活に密着」している傾向があるため、その点で人工知能分野の方が、「自分ごと」になりやすい可能性があることが示唆された。

Study4 では、ELSI や RRI について、どのように生徒や学生は学び、自身のものとして得しているのかということを経済大学学士課程の在学学生・卒業生に対して、半構造化インタビューを行うことにより検証した。

まず、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 への理解が進み、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、学生の中にはフォーマルな教育を介さずに、自身の問題意識から自主的に学習し、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。「ELSI、RRI に関する教育が大学生の科学と社会などに関する価値観を形成するのに関与しているのか」という問いに対しては、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。

上記のように本論文では、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。同時に、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、ELSI、RRI 教育では、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ているということが示唆された。日本の高校生物科目では、教科書における自分ごとに重視した議論は十分ではなかったが、副教材の中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。ELSI、RRI の研究者も、自分ごととして考えることの重要性について多くの対象者から意見を得た。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、自主的な学習を通して学び、自身の経験知や専門知をもとに考えているという点で、新たな視点が加わったといえる。さらに、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ことが示唆された。他方、将来的に研究者になろうとする生徒や学生に対して行う ELSI、RRI 教育は今後の課題であるであろう。