2025 年 5 月

社会技術研究開発事業
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
研究開発プロジェクト 事後評価報告書

「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」
プログラム総括　　唐沢　かおり

１．課題代表者

小宮 健（海洋研究開発機構 超先鋭研究開発部門　副主任研究員）

２．課題名

研究者の自治に基づく分子ロボット技術の RRI 実践モデルの構築

３．実施期間

2021（令和 3）年 10 月 1 日 ～ 2025（令和 7）年 3 月 31 日

４．事後評価結果

本プロジェクトは、生体分子で構成された生物と同じ原理で駆動する「分子ロボット」を対象として、様々なステークホルダーとの対話を実践し、より善い社会実装に必要となる条件やプロセスを明らかにし、自然科学研究者と人文社会系研究者の協働により実現する、責任ある研究・イノベーション（RRI）のモデルを構築し、革新的科学技術が人・社会と調和しながら発展していく上で必要な新しい「研究者の自治」と「研究者自身が実施する持続的な科学コミュニケーション」による共創のあり方を提示することを目指した。

また、本プログラムにおける研究開発として、分子ロボット技術の研究開発において研究者の自治と対話を重視し、科学研究プロセスの改善を目指し、成果を積極的に発信すること、研究開発計画を全体戦略として具体化し、対話の実践やアウトプットの整理を行い、農業応用の試行結果を分子ロボット研究に拡張する方法も検討し、RRI モデルとしての普遍化を目指すことを期待した。

A. 総合評価

十分な成果が得られたと評価する。

分子ロボット研究における社会的対話の実践モデルを構築し、RRI の観点から技術の社会実装に向けた議論を推進したことは高く評価できる。特に、分子ロボットを始めとする理工系の研究者を中心として、人文社会系の研究者が伴走する形で実施した、持続的な科学コミュニケーションの枠組みの開発や、分子ロボットの ELSI を統合した研究フレームワークの構築において顕著な進展が見られたと言える。研究者コミュニティが主体となり、社会との共創を目指して対話を重ねる姿勢のもと、今後の RRI 実践のモデルケースの一つを提示した点についても、評価できる。

本プロジェクトは、JST-RISTEX の HITE 領域「分子ロボット ELSI 研究とリアルタイム技術アセスメント研究の共創（代表：小長谷明彦）」の成果を基盤として、それを発展させた形となっている。研究者の自治を確保しつつ、上流からの ELSI を目指して研究ガイドライ

ンを策定するとともに、分子ロボット技術の農工業への活用を目的としたフィールド研究を行い、市民と共創するための基盤を作ってきた。市民対話の試みも多く重ねてきており、実践的 ELSI の活動を行ってきた点や、同プログラムの複数の研究開発プロジェクトと連携しながら研究を推進してきたことも、本プロジェクトの成果へと結実している。

一方で、研究者の自治とはそもそも何であるのかという基本的な点や、策定した研究ガイドラインが関連の研究者にどの程度浸透しているのかについては、明確ではないところがある。また、分子ロボット技術が具体的にどのような分野に応用可能で、どのような未来につながるのかについての評価や、それに基づく指針の提示、対話そのもののメタ的な分析やデュアルユースの問題など、さらに展開が望まれる領域もある。今後の研究と活動の発展に期待したい。

B. 項目評価

（1）研究開発プロジェクトの目標の達成度

概ね達成したと評価する。

分子ロボット技術の応用現場と連携しながら対話を進め、ELSI を踏まえた先端技術の社会実装について、有用なモデルケースを構築した。また、研究者コミュニティ内でもガイドラインの検討と策定を進め、成果として発表するとともに、課題発掘にも取り組んだ。これらの成果は、研究者の自治や社会対話を踏まえた実践的協業の提示という当初目標を達成したものとして評価できる。特に、分子ロボット技術に関する対話プラットフォームの構築と科学者コミュニティによる自発的な倫理ガイドラインの策定は、大きな成果と言える。

国際学会等でも積極的に成果を発表していることに加え、北海道の農業者をはじめとした市民対話を積極的に行い、「対話要点集」を公表し、その活用を行いつつ、冊子「対話のための遺伝子リテラシー」を作成したこと、ELSI 論点を深掘りした結果を「『研究者の自治』のためのレファレンスブック」としてオンラインで公開していることなどは、分子ロボットが先進技術であり社会実装の姿を模索する段階にある中で、貴重な実践的成果である。

もっとも、「分子ロボット」を題材とした対話・共創のフレームワークの導出はなされているものの、開発したフレームワーク自体の評価には至らなかった点が課題として残る。本プロジェクトが提示した手法が有用なアプローチとしての可能性を持つことを踏まえ、フレームワークそのものに関する対話や熟議がなされることも、今後期待したい。

（2）研究開発成果の創出状況

十分な成果が得られたと評価する。

定期的なミーティングやワークショップを行い、RInCA の他プロジェクト等と連携しながら研究開発を進めたことで、効果的な研究推進が行われたと言える。市民対話や科学コミュニケーションの場のみならず、「細胞を創る」研究会 17.0 などの専門的学術発表の場でも議論が行われている点も評価に値する。

若手研究者や大学院生に対しては、学会での議論への巻き込みに加え、ELSI/RRI に重要な分野横断的な視点を養うための対話経験の機会を提供し、ELSI/RRI に関する知見を研究開発現場で活かせる人材の育成に貢献してきた。また、国内外の学会発表を通じて、国際的なネットワークを構築し、分子ロボット研究の社会的側面に関する認識を広めたことも評価に値する。一方で、本プロジェクトの営みと成果を、後世の研究者につなげていくためには、学術論文などでも、積極的に発信を続けることが望まれる。

本プロジェクトは、責任ある研究をいかに進めるのかという課題に挑戦しているが、今後

は、分子ロボットという技術の ELSI について、具体的な応用やリスクの顕在化という問題も踏まえて、他の社会的問題が顕在化している技術課題と比較しつつ、より深い議論に落とし込むよう検討いただきたい。また、実践・対話フレームワークのメタ的な理解を進め、一般化可能な論点を明確にするなど、本プロジェクトが「ひとつの事例」に留まらないような研究推進に期待したい。

（3）研究開発プログラムの目的達成への貢献度

十分な成果が得られたと評価する。

本プロジェクトは、分子ロボット技術の社会実装に向けた ELSI 課題の整理・分析にとどまらず、研究者主体の科学コミュニケーションの枠組みを構築し、実践的な知見を提供した点でプログラムの目的達成に貢献しているといえる。今後は、これまでの知見を活かし、より広範な技術分野への適用の可能性や政策形成との連携を強化することも検討していただきたい。

代表者自身が分子ロボット研究者であり、現場の科学者が人文社会系の研究者と協力して新興科学技術の ELSI を実践的に研究したことは、共創的科学技術イノベーションや研究開発の上流段階からの議論など、本プログラムが重視する点と合致するものである。自然科学系の研究者による ELSI/RRI（責任ある研究・イノベーション）活動が研究において評価されづらいという「現場研究者の課題意識」が提示されたことも、ELSI/RRI のコミュニティの発展において大変貴重な示唆である。

それゆえに、本プロジェクトの成果が、ひとつの領域の事例にとどまるのではなく、他領域との対話や他領域でも活用可能なフレーム提示へとつながることに意義があるだろう。また、基礎研究開発現場での ELSI/RRI 軽視という問題に対してどのように取り組むのかも、本プログラムにとっては重要な課題である。本プロジェクトの成果を基盤にしつつ、例えば、ELSI/RRI の実践活動が研究評価の一部として認識されるような制度設計など、実践レベルでの提言につながるような活動の展開を、今後期待したい。

以上

（別紙）評価者一覧

〈プログラム総括〉

唐沢 かおり　東京大学 大学院人文社会系研究科 教授

〈プログラムアドバイザー〉

大屋 雄裕　慶應義塾大学 法学部 教授

四ノ宮 成祥　国立感染症研究所 客員研究員

中川 裕志　理化学研究所 革新知能統合研究センター
社会における人工知能研究グループ チームリーダー

西川 信太郎　株式会社グローカリンク 取締役
／日本たばこ産業株式会社 D-LAB シニアディレクター

納富 信留　東京大学 大学院人文社会系研究科 教授

野口 和彦　横浜国立大学 総合学術高等研究院 リスク共生社会創造センター 客員教授

原山 優子　東北大学 名誉教授

水野 祐　シティライツ法律事務所 弁護士

山口 富子　国際基督教大学 教養学部 教授

（2025 年 5 月末時点）