

社会技術研究開発事業
令和6年度研究開発実施報告書

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
「工学生物学のELSI検討と
「責任ある」研究開発エコシステムの構築」

見上公一
(慶應義塾大学理工学部 准教授)

目次

1. 研究開発プロジェクト名	2
2. 研究開発実施の具体的内容	2
2-1. 研究開発目標	2
2-2. 実施内容・結果	2
2-3. 会議等の活動	7
3. 研究開発成果の活用・展開に向けた状況	9
4. 研究開発実施体制	9
5. 研究開発実施者	10
6. 研究開発成果の発表・発信状況、アウトリーチ活動など	12
6-1. シンポジウム等	12
6-2. 社会に向けた情報発信状況、アウトリーチ活動など	12
6-3. 論文発表	12
6-4. 口頭発表（国際学会発表及び主要な国内学会発表）	12
6-5. 新聞／TV報道・投稿、受賞等	12
6-6. 知財出願	13

1. 研究開発プロジェクト名

「工学生物学のELSI検討と「責任ある」研究開発エコシステムの構築」
Building Responsible Research Eco-System for Engineering Biology

2. 研究開発実施の具体的内容

2 - 1. 研究開発目標

本プロジェクトの背景にあるのは、「科学技術の研究開発を通じた社会の持続可能な発展や、社会を構成する多様なステークホルダーとの良好な関係の構築・維持が、研究開発の主要な目的として広く理解され、そのための取り組みが研究開発に携わる様々な研究者や組織によって主体的になされている」ような研究開発のあり方が望ましいという考えである。

これを踏まえ、本プロジェクトでは、工学生物学（Engineering Biology）を対象に、研究実施期間を通じて達成する目標として以下の四つを設定する。

- 1) 工学生物学という工学的アプローチを用いた自然の改変を目指す研究領域における、具体的な複数の研究事例についての倫理的・法制度的・社会的課題（ELSI）の提示
- 2) 上記の複数研究事例の ELSI 検討の結果を比較分析することを通じた、人間と自然との適切な関係についての理解とその背景にある自然観の記述
- 3) 「責任ある研究・イノベーション（RRI）」の議論を念頭に、社会のみならず自然にとっても望ましい形で研究開発を実現するために求められる、「責任ある」研究開発エコシステムの「基本的な考え方」の導出と明文化
- 4) 上記の「責任ある」研究開発エコシステムの「基本的な考え方」を踏まえた、工学生物学における「責任ある」研究開発エコシステムの構築に向けた提言と、その実現に資する公的な ELSI 支援ツールの開発と提供

これら四つの目標を達成することで、旧来より望ましいと考えられていた研究開発のあり方をより鮮明なビジョンに落とし込み、長期的に工学生物学をそれが実現された「責任ある」研究開発エコシステム構築の成功例とすることを目指す。

2 - 2. 実施内容・結果

（1）スケジュール

研究実施項目	1年目 (6ヶ月)	2年目 (12ヶ月)	3年目 (12ヶ月)	4年目 (12ヶ月)
1. 「自然を改変すること」のELSI検討				
・合成生物学のELSIの総括（見上G）		←→		
・研究事例を用いたELSI検討（藤木G・見上G）		←→		
・根幹にある自然観の導出（藤木G・見上G）			←→	

2.「責任ある」研究開発エコシステムの検討							
・大学の役割・可能性の検討（福本G）		←			→		
・企業の役割・可能性の検討（杉本G）		←			→		
・市民の役割・可能性の検討（川上G）		←			→		
・「基本的な考え方」の取りまとめ （見上G・福本G・杉本G・川上G）				←			→
3.「責任ある」工学生物学の実現							
・「責任ある」工学生物学の提言（見上G・藤木G）					←		→
・ELSI支援ツールの開発・提供 （福本G・杉本G・川上G）			←		→	←	→
・研究成果に関する情報発信（見上G・福本G）					←		→

（2）各実施内容

実施項目1：「自然を改変すること」のELSIの検討

（目標）これまでの合成生物学に関する議論のレビューと工学生物学の動向の把握

実施項目1－1：合成生物学に関するELSIの議論の総括

実施内容：

工学生物学に先行して研究活動が展開されてきた合成生物学に関して、過去20年程度にわたりなされてきたELSIの議論について総括を行う計画となっており、1年をかけて進めていくこととしているが、まずは主要な学術論文やプロジェクトの報告書、欧米を中心とする行政資料などの関連資料の収集を行なった。

また、工学生物学と合成生物学の違いを明確にすることを主眼に置き、収集した資料の一部について、その記載内容を精査し、その成果を本プロジェクトの研究実施者や研究開発協力者、国外アドバイザーに共有し、フィードバックを得た。

実施項目1－2：研究事例を用いたELSIの検討

実施内容：

来年度に実施を予定する工学生物学の研究事例の詳細な分析のための準備作業として、現在国内外で実施されている工学生物学の研究事例について、研究会への参加および専門家へのインタビュー調査を行い、広く情報収集を行なった。

また、次年度に検討を行う具体的な研究事例について、いくつかの候補を選定し、分析を行う順番についてもグループ内で議論を開始した。

実施項目2：「責任ある」研究開発エコシステムの検討

（目標）研究を取り巻く社会環境からの「責任ある」研究開発エコシステムの導出

実施項目2-1：大学を中心としたエコシステムの「広がり」についての理解

実施内容：

国内外におけるELSI/RRRIに関する教育や実践に活用可能なリソースの構築と提供という観点から、国内外における状況をインターネットに掲載されている情報を中心として整理し、これらのリソースの構築・収集・公開における大学および大学に所属する研究者の役割を探索的に検討した。

また、次年度に実施を予定する大学の研究開発への関与のあり方についてのインタビュー調査の着目点として、ELSI/RRRIに資するリソースを構築・集約する場としての大学という視点の重要性を確認し、詳細な調査計画の立案に着手した。

実施項目2-2：バイオベンチャーを中心としたエコシステムの「広がり」についての理解

実施内容：

ELSI/RRRIに関わる活動を推進していく上で企業が果たすべき役割とその可能性についての検討の一環として、まずは国内外のバイオベンチャーを取り巻く企業ネットワークの実態について情報を収集し、企業が果たす役割の類型化、およびそこに含まれるELSI課題の洗い出しの作業を行なった。

実施項目2-3：市民科学を中心としたエコシステムの「広がり」についての理解

実施内容：

研究開発エコシステムの一部としての市民が果たすべき役割と責任の内容、およびこれまでの事例ではどの程度そのような役割や責任を市民が引き受けることができていたのかを分析するため、合成生物学の関連領域を中心に、市民科学や協創活動、市民参画等の特徴ある事例について情報を収集し、分析対象の選定を行なった。

実施項目3：「責任ある」工学生物学の実現

（目標）本研究開発プロジェクトが提供するELSI支援ツールのコンセプトの精緻化

実施項目3-1：オンライン・ポータルに関する情報収集

実施内容：

本プロジェクトが計画するELSI支援ツールの開発と提供に向けては、そのデザインや提供するコンテンツについての方向性がある程度明確になっていることで、3年目以降の活動が円滑に進むと考えられる。そこで、ELSI支援ツールの検討を前倒して次年度から開始することとし、それに先立って今年度は主に欧米で構築されたELSI/RRRI関連のオンライン・ポータルに関する情報の収集を行なった。

また、得られたオンライン・ポータルおよびそこで提供されているリソース

の情報について、リソースの媒体と内容の類型、対象とする科学の領域、想定される閲覧者・利用者、そしてポータル運営団体や資金規模、ポータル管理者の役割、独自の工夫など、複数の観点から整理を進めた。

（３）成果

実施項目１：「自然を改変すること」のELSIの検討

（目標）これまでの合成生物学に関する議論のレビューと工学生物学の動向の把握

実施項目１－１：合成生物学に関するELSIの議論の総括

成果：

合成生物学および工学生物学に関する行政資料および大型研究事業の関連資料を整理したことで、用語の使い方や目指されている技術の実装化のビジョンに欧米で違いがあることが明らかになった（内容の一部は研究成果発表６－２．（３）見上公一「エンジニアリング・バイオロジー：デザインされた生命への期待」として紹介）。特に工場などで有用物質の生産を行うような閉鎖系での実装化に比べて、河川や土壌などの環境浄化を目指す開放系での実装化はそれを実現させるための制度設計などが大きな課題とされており、今後の工学生物学の中でそのような方向性がどの程度強調されることになるのかは注視する必要がある。ただし、合成生物学においても工学生物学と同様に社会実装を強調する記述も見受けられることから、両者を単純に基礎と応用として位置付けることにも注意すべきことも得られた。これらの知見は今後のELSIの議論についての総括を行う過程で役立てていく。

実施項目１－２：研究事例を用いたELSIの検討

成果：

一般財団法人バイオインダストリー協会が実施する「Food Bio Plus 研究会」や東京大学公共政策大学院科学技術イノベーション政策における政策のための科学教育・研究ユニット」が主催する「バイオエコノミー勉強会」、神戸医療産業都市と湘南ヘルスイノベーションパークの共催による「バイオものづくりの未来」等の研究会に参加し、バイオものづくりの潮流を把握することができた。また、並行して実施した文献サーヴェイによって、国外のバイオものづくりへの取り組みについても理解ができた。これらの活動を通じて、バイオものづくりは合成生物学だけでなく、人工知能研究の進展が複合的に絡み合ったことで生じた、収斂技術的領域であることが明らかになった。またバイオものづくりの隣接領域であるバイオミミクリー（生体模倣工学）の専門家２名にインタビューを行い、研究事例の選定において考慮すべきELSIの観点について示唆を得ることができた。

実施項目２：「責任ある」研究開発エコシステムの検討

（目標）研究を取り巻く社会環境からの「責任ある」研究開発エコシステムの導出

実施項目 2－1：大学を中心としたエコシステムの「広がり」についての理解

成果：

欧州では欧州連合の大型研究開発プログラムHorizon2020の成果として、プロジェクトベースでいくつかオンライン・ポータルが構築されてきたのに対して、日本ではELSI/RRIに関連するリソースを集積し提供する独立したポータル等のウェブサイトは少なく、一方で2020年以降にいわゆる「ELSIセンター」と呼ばれるELSI/RRIの研究教育拠点が様々な大学に設置され、人的リソースの集約と主に学内の医理工系研究者が主体的に進めるプロジェクトへのELSI/RRIの側面からの協力や教育活動などの形で中心的な役割を果たしている傾向があることが明らかになった。このことから、日本国内ではこのようなセンターを中心として大学がELSI/RRIおよび科学技術研究のエコシステムの「広がり」に寄与することができるのかを、今後の論点として定めることができた。

実施項目 2－2：バイオベンチャーを中心としたエコシステムの「広がり」についての理解

成果：

特定のバイオベンチャーおよびそれを取り巻く企業ネットワークを対象とした事例研究を通じて、研究資源の提供、広報、データ管理、ELSI対応支援などの、研究開発以外の側面で企業が果たす多様な役割について把握することができた。また、これらの企業活動が、研究倫理や社会的責任との関わりにおいても、複雑に絡み合っていることが明らかとなった。特に、Business to Business（B2B）型で研究支援を行う企業の台頭や、Corporate Social Responsibility（CSR）とは異なるELSIへの対応形態が近年の特徴として浮き彫りになり、これを糸口として「責任ある」企業ネットワークの実現の可能性について今後検討することとした。

実施項目 2－3：市民科学を中心としたエコシステムの「広がり」についての理解

成果：

合成生物学や生物工学などの工学生物学が包含する研究分野は、基礎研究としての色合いが濃く、また高度な専門知識と高額な研究設備を必要とすることから、大学などの学術機関や産業界に限られた活動領域として認識されることが多い。しかし近年では、実験機器の低価格化やインターネットの普及、学術情報のオープン化などにより、学術機関に所属しなくても、最新の研究情報や機材へのアクセスが可能となり、工学生物学に市民が参加する素地が広がっていることが確認できた。実際に「DIYバイオ」や「バイオハッカー」と呼ばれる市民主導の活動では、一般市民が利用できるオープンアクセスの実験ラボや共同作業スペースが中心となっている。欧米では、DIYバイオによるビーガンチーズの開発や発酵プロセスの最適化など、工学生物学的手法を用いたプロジェクトもみられ、国内でも、東京・渋谷のFabCafeに設置されたオープンラボを拠点とするBioClub Tokyoの活動が顕著である。一般市民やバイオアーティスト、ときには科学の専門家も加わり、様々なDIYプロジェクトの展開が見られることが特徴となっているほか、身近な発酵食品を題材にしたバイオデザイン

ンの教育なども行われており、技術や科学を文化や生活に関係づけて展開する事例も見いだすことができた。

実施項目3：「責任ある」工学生物学の実現

（目標）本研究開発プロジェクトが提供するELSI支援ツールのコンセプトの精緻化

実施項目3－1：オンライン・ポータルに関する情報収集

成果：

収集した情報を元に、本プロジェクトで構築・提供するELSI/RRIの活動に資するオンライン・ポータルについてそのデザインやコンテンツの議論を進めていくためのデータと資料の整備を行ない、研究実施者全員に情報を共有した上で、プロジェクトとしての方向性を定めるための議論を開始した。

（4）当該年度の成果の総括・次年度に向けた課題

プロジェクト全体として、1年目は2年目以降に研究活動を本格化させるための準備期間として位置付けており、情報収集と整理がその活動内容の中心であったことから、概ね順調に進んでいる。工学生物学はバイオエコノミーの視点からも国内外で注目を集めている研究分野であり、研究および議論の進展の度合いが速いことから、最新の情報を入手しながら活動を進めていくことが必要である。プロジェクト全体での情報共有を積極的に行うことで対応していく計画である。

また、どの実施項目についても、国外の動向に関する情報が、欧米などの特定の地域に傾倒しているほか、必ずしもオンラインで入手可能な資料が網羅的ではないという認識が共有されている。この点については、現地の研究者との連携を積極的に図り情報の収集に努めるほか、有識者へのインタビューなどを実施することで補填することが必要である。

2 - 3. 会議等の活動

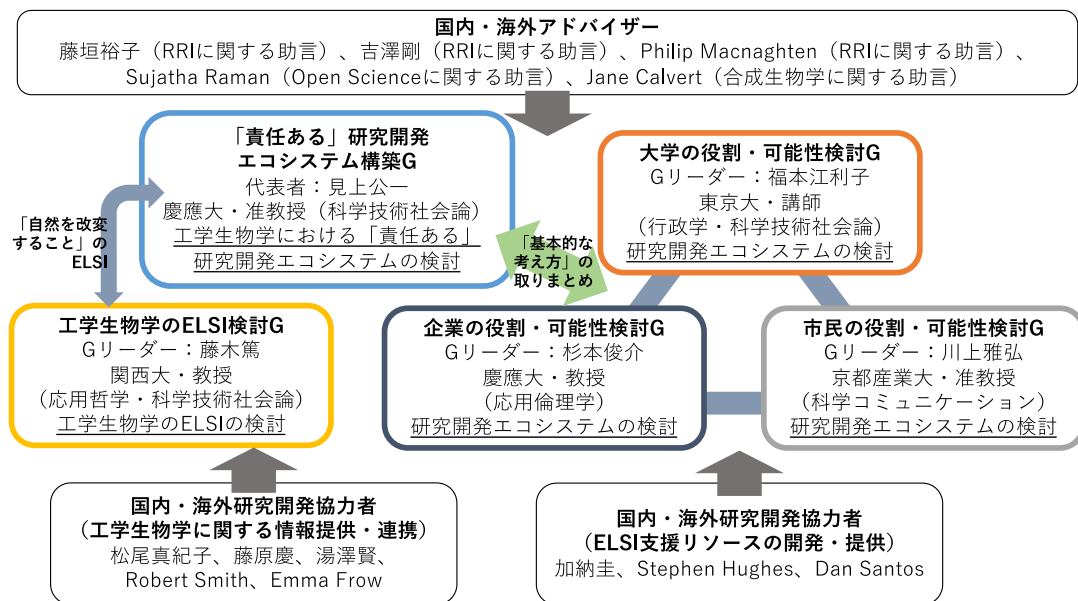
年月日	名称	場所	概要
2024年10月21日	第1回プロジェクト全体MTG	オンライン	プロジェクトのマネジメント体制についての議論
2024年12月9日	EngBioセミナー第1回	オンライン	研究開発協力者Dan Santos氏によるセミナー
2025年1月23日	EngBioセミナー第2回	オンライン	研究開発協力者松尾真紀子氏によるセミナー
2025年2月27日	プロジェクト国際連携MTG	アリゾナ州立大学	国際アドバイザーJane Calvert氏、研究開発協力者Robert Smith氏・Emma Frow氏との今後の連携のあり方に関するミーティング

2025年3月 17日	EngBioセミナー 第3回	慶應義塾大学 日吉キャンパス	研究実施者村瀬泰菜氏によるセミナー
2025年3月 17日	2024年度プロジェクト全体合宿	慶應義塾大学 日吉キャンパス	2024年度の活動内容の共有と 2025年度の活動方針についての 議論

3. 研究開発成果の活用・展開に向けた状況

本プロジェクトが開始してからまだ半年しか経っていないため、現場での試行的な利用や社会実験を実施するには至っていない。構築・提供を計画するELSI/RRIの活動に資するオンライン・ポータルについては、そのデザインやコンテンツの原案ができ次第、利用者として想定するステークホルダーに試用してもらうことを想定している。

4. 研究開発実施体制



5. 研究開発実施者

見上グループ（リーダー氏名：見上公一）

氏名	フリガナ	所属機関	所属部署	役職 (身分)
見上 公一	ミカミ コウイチ	慶應義塾大学	理工学部	准教授
藤木 篤	フジキ アツシ	関西大学	社会学部	教授
福本 江利子	フクモト エリコ	東京大学	大学院総合文化研究科	講師
杉本 俊介	スギモト シュンスケ	慶應義塾大学	商学部	教授
川上 雅弘	カワカミ マサヒロ	京都産業大学	生命科学部	准教授
村瀬 泰菜	ムラセ ヤスナ	慶應義塾大学	理工学部	研究員

藤木グループ（リーダー氏名：藤木篤）

氏名	フリガナ	所属機関	所属部署	役職 (身分)
藤木 篤	フジキ アツシ	関西大学	社会学部	教授
見上 公一	ミカミ コウイチ	慶應義塾大学	理工学部	准教授
村瀬 泰菜	ムラセ ヤスナ	慶應義塾大学	理工学部	研究員

福本グループ（リーダー氏名：福本江利子）

氏名	フリガナ	所属機関	所属部署	役職 (身分)
福本 江利子	フクモト エリコ	東京大学	大学院総合文化研究科	講師
有賀 雅奈	アリガ カナ	桜美林大学	リベラルアーツ学群	准教授
西 千尋	ニシ チヒロ	東京大学	医科学研究所	特任研究員
加藤 多笑	カトウ タエ	東京大学	大学院総合文化研究科	修士1年

杉本グループ（リーダー氏名：杉本俊介）

氏名	フリガナ	所属機関	所属部署	役職 (身分)
杉本 俊介	スギモト シ ュンスケ	慶應義塾大学	商学部	教授
美馬 正司	ミマ タダシ	日立コンサルティ ング 慶應義塾大学	パブリックデ イビジョン 政策・メディ ア研究科	ディレクター 特任教授

川上グループ（リーダー氏名：川上雅弘）

氏名	フリガナ	所属機関	所属部署	役職 (身分)
川上 雅弘	カワカミ マ サヒロ	京都産業大学	生命科学部	准教授
東島 仁	ヒガシジマ ジン	千葉大学	大学院国際学 術研究院	准教授
桜木 真理子	サクラギ マ リコ	札幌医科大学	医療人育成セ ンター	講師

6. 研究開発成果の発表・発信状況、アウトリーチ活動など

6-1. シンポジウム等

・該当なし

6-2. 社会に向けた情報発信状況、アウトリーチ活動など

(1) 書籍、フリーペーパー、DVD

・該当なし

(2) ウェブメディアの開設・運営

・該当なし

(3) 学会（6-4.参照）以外のシンポジウム等への招聘講演実施等

・見上公一、「エンジニアリング・バイオロジー：デザインされた生命への期待」、ゲノム問題検討会議、2025年1月29日、東京・東京ボランティア・市民活動センター

https://www.youtube.com/watch?v=Ry2HZnJEJ_k

・見上公一、「Plasticity and Elasticity: Can we turn life into machines?」、シンポジウム「第40回医療と人文社会科学の架橋に向けて」（慶應義塾大学文学部北中淳子教授主催）、2025年2月20日、東京・慶應義塾大学三田キャンパス

6-3. 論文発表

(1) 査読付き（__0__件）

●国内誌（__0__件）

・該当なし

●国際誌（__0__件）

・該当なし

(2) 査読なし（__0__件）

・該当なし

6-4. 口頭発表（国際学会発表及び主要な国内学会発表）

(1) 招待講演（国内会議__0__件、国際会議__0__件）

・該当なし

(2) 口頭発表（国内会議__0__件、国際会議__0__件）

・該当なし

(3) ポスター発表（国内会議__0__件、国際会議__0__件）

・該当なし

6-5. 新聞／TV報道・投稿、受賞等

(1) 新聞報道・投稿（__0__件）

・該当なし

(2) 受賞（__0__件）

・該当なし

(3) その他（__0__件）

・該当なし

6－6．知財出願

（1）国内出願（__0__件）

・該当なし

（2）海外出願（__0__件）

・該当なし