

**ゲノム関連技術の ELSI・RRI のための研究実験フィールド調査
「ラボラトリー・スタディーズ」調査
報告書**

2020 年 3 月

MRI 株式会社三菱総合研究所
ヘルスケア・ウェルネス事業本部

本資料は、国立研究開発法人科学技術振興機構社会技術研究開発センターからの委託により、株式会社三菱総合研究所が調査を行った結果をまとめたものです。

本資料においては、調査によって得られた情報に関して考察を加えていますが、あくまで限定された視点に基づく考察であり、必ずしも国立研究開発法人科学技術振興機構、社会技術研究開発センターおよび委託先の公式見解を示すものではありません。

また、本資料の掲載情報を利用して受けた一切の損害について、国立研究開発法人科学技術振興機構、社会技術研究開発センターおよび委託先は何ら責任を負うものではありません。

緒言

本業務は、国立研究開発法人科学技術振興機構（以下「JST」という。）の社会技術研究開発センター（以下「RISTEX」という。）が、研究者、NPO、企業、行政関係等と人的ネットワークを形成しつつ進めている「社会技術研究開発」において、今後の社会に大きな影響を与えうるゲノム合成等のゲノム関連技術の ELSI（Ethical, Legal and Social Implications）や RRI(Responsible Research and Innovation)を検討・推進していくことを目的に、国内諸機関や世界各国の取り組み状況の把握や関係機関等の連携を行いながら、今後顕在化していくと思われる諸論点の抽出と検討に資する調査・レポートを行った。

2020年3月
株式会社三菱総合研究所

目次

1. 調査の全体像	1
1.1 背景	1
1.2 目的	1
1.3 方法	3
1.3.1 デスクトップ調査.....	3
1.3.2 インタビュー調査.....	4
2. 結果サマリ	5
3. 調査結果	7
3.1 ラボラトリー・スタディーズとは	7
3.2 インタビュー調査によるラボラトリー・スタディーズの課題と成果	8
3.2.1 ラボラトリー・スタディーズ実施の阻害要因	8
3.2.2 ラボラトリー・スタディーズの成果	9
3.3 国内外のラボラトリー・スタディーズ事例や研究室における標準化・産業化プロセス	11
3.3.1 概要	11
3.3.2 アメリカの事例	16
3.3.3 イギリスの事例	21
3.3.4 アートを軸とする学際的・国際的なプロジェクトの事例.....	29
3.3.5 日本の事例.....	33
3.3.6 ラボラトリー・スタディーズの課題と今後の展望.....	34
3.3.7 参考・引用文献一覧	39
4. 考察（課題、協働に向けて取り組むべき内容等）	40
4.1 課題	40
4.1.1 ELSI/RRI 推進の課題	40
4.1.2 ELSI との接続に向けたラボラトリー・スタディーズ等の課題	41
4.2 今後取り組むべき内容等	41
4.2.1 現場での倫理の把握	42
4.2.2 さまざまなステークホルダーによる参加型議論	42

1. 調査の全体像

1.1 背景

国立研究開発法人科学技術振興機構（以下「機構」という。）では、2018年10月にCREST・さきがけ「ゲノムスケールのDNA設計・合成による細胞制御技術の創出」領域（以下「CREST・さきがけ領域」という。）の採択課題による研究が開始され、それに呼応する形で、社会技術研究開発センター（以下「センター」という。）においてゲノム合成等に関するELSI（Ethical, Legal and Social Implications；倫理的・法的・社会的視点）やRRI（Responsible Research and Innovation；責任ある研究・イノベーション）を検討することを目的に、CREST・さきがけ領域との「人と場の協働」を行いながら、ゲノム合成等関連技術の進展予測とそれに伴う様々な可能性の検討、過去の類似議論の整理と知見の反映、議論の継続的实施と技術進展のフォローアップを、公開性を持ちながら推進しようとしており、2019年6月には「ゲノム倫理」研究会（以下「研究会」という。）を設置した。今後、研究会の活動内容そのものは、技術開発の進展状況や社会動向に伴って見直し、適応的に設計されていくが、現時点では以下を取り組むべきテーマとして想定している。

- A. 技術予測とそれに伴うさまざまな可能性の検討
- B. 類似議論の整理と知見の反映
- C. 議論の継続・フォローアップ
- D. 国際視点・国内外連携
- E. 次世代研究人材育成
- F. CREST・さきがけ領域との「人と場の協働」
- G. 公開性

これらテーマのために、次のような活動を想定している。

- a. 研究会運営
- b. 委託調査研究
- c. CREST・さきがけ領域との協働活動
- d. 国内外他機関連携構築
- e. 成果の蓄積・公開
- f. 多様な関与者とのコミュニケーション
- g. その他

このような枠組みのもとで活動を推進している中、本調査は「b. 委託調査研究」として、特に研究・実験を取り巻く社会状況の調査に主眼を置くものとする。

1.2 目的

本調査は、昨年度および今年度（以後、[2期]）で実施されている「ゲノム関連技術のELSI・RRI（責任ある研究・イノベーション）の検討・推進のための調査」に続く委託研究として、特に研究・実験を取り巻く社会状況の調査に主眼が置かれている。

本調査では、RISTEX 研究者、NPO、企業、行政関係等と人的ネットワークを形成しつつ進めている「社会技術研究開発」において、今後の社会に大きな影響を与えうるゲノム合成等のゲノム関連技術の ELSI や RRI を検討・推進していくことを目的に、国内諸機関や世界各国の取組状況の把握や関係機関等の連携を行いながら、今後顕在化していくと思われる諸論点の抽出と検討に資する調査・レポーティングを行う。ゲノム関連技術・合成生物学関連の研究・開発を積極的に推進している国や地域における推進体制や状況、ELSI/RRI に関連する動きや取組を把握することを主な目的とする。本調査では、特にラボラトリー・スタディーズに着目して、今後顕在化していくと思われる諸論点の抽出と検討に資する調査・レポーティングを行い、ゲノム関連技術・合成生物学関連の研究・開発を積極的に推進している国や地域における推進体制や状況、ELSI/RRI に関連する動きや取組を把握することに着目した。本調査はゲノム合成に関する ELSI/RRI 研究会にとって初年度の調査であり、フィージビリティスタディに相当する。

1.3 方法

本調査では、三菱総合研究所にてデスクトップ調査およびインタビュー調査を実施した。また、本調査の対象が萌芽的科学技术（Emerging Technologies）であることを考慮し、海外動向や ELSI/RRI、政策・規制、文化人類学や社会心理学、科学技术社会論等に関する深い専門性に基ついた確実な成果を得るために本分野において高い専門性を持つ弘前大学人文社会科学部の日比野愛子准教授に外部委託し、デスクリサーチによる情報収集や、調査方針やとりまとめ・分析の方向性についてアドバイスをいただいた。

1.3.1 デスクトップ調査

ラボラトリー・スタディーズの研究者が参考になっている基盤的文献、特に著名な研究者による代表的な参考文献を確認した。参考にした主な文献は次の表の通り。

表 1 ラボラトリー・スタディーズに関する主要な文献

No	文献情報
1	Handbook of Science and Technology Studies Chapter 7 Laboratory Studies: The Cultural Approach to the Study of Science” KARIN KNORR CETINA 1995
2	Laboratory Life” Bruno Latour and Steve Woolgar 1977 http://home.ku.edu.tr/~mbaker/CSHS503/LatourLabLif.pdf
3	The Manufacture of Knowledge: An Essay on the Constructivist and Contextual Nature of Science (Pergamon International Library of Science, Technology, Engineering & Social Studies Art and Artifact in Laboratory Science (1985): A study of shop work and shop talk in a research laboratory (Directions in Ethnomethodology and Conversation Analysis)
4	「科学鑑定のエスノグラフィ ニュージーランドにおける法科学ラボラトリーの実践」鈴木 舞 東京大学出版会 2017 年
5	「生命科学実験室のグループ・ダイナミックス：テクノロジカル・プラトリーからのエスノグラフィ」日比野 愛子 実験社会心理学研究 56(1) 82-93 2016 年 10 月 https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjesp/56/1/56_si2-2/_pdf/-char/ja
6	「ラボラトリー=スタディーズをひらくために：日本における実験系研究室を対象とした社会科学の試みと課題」伊藤 泰信[編] 2009 年
7	「知識移転の神話と現実：バイオ系ラボでの観察から(<特集>知識伝承システムの多様な次元)」福島 真人 研究 技術 計画 24 巻 (2009) 2 号 https://www.jstage.jst.go.jp/article/jsrpim/24/2/24_KJ00006203647/_pdf/-char/ja
8	「組織としてのラボラトリー--科学のダイナミズムの民族誌 (特集 経営組織の分厚い記述)」福島 真人 組織 科学 44(3), 37-52, 2011 https://www.aaos.or.jp/contents/committee/file/044-3-3.pdf
9	「真理の工場 科学技术の社会的研究」福島 真人 東京大学出版会 2017 年
10	Before Laboratory Life: Perry, Sullivan and the missed encounter between psychoanalysis and STS” Masato Fukushima BioSocieties https://doi.org/10.1057/s41292-019-00157-5 2019

1.3.2 インタビュー調査

ラボラトリー・スタディーズについて知見を持つ国内の有識者である東京大学大学院総合文化研究科の福島真人教授および北陸先端科学技術大学院大学（JAIST）の伊藤泰信准教授にインタビュー調査を行い、デスクリサーチによる情報を補完し、次年度以降に取り組むべき内容や課題について示唆をいただいた。また、本調査はフィージビリティスタディに相当するため、今後調査対象となりうるゲノム関連技術の研究を行っている研究室として東京大学総合文化研究科の渡辺雄一郎教授にインタビュー調査を行い、今後の課題や実現に向けて必要な施策について下記のような項目についてインタビューを行った。

- 有識者へのインタビュー
 - ✓ ラボラトリー・スタディーズに関する議論、課題
 - ✓ ラボラトリー・スタディーズの成果
 - ✓ ラボラトリー・スタディーズの推進のポイント
 - ✓ ゲノム関連技術の ELSI・RRI における ラボラトリー・スタディーズ の課題、見込まれる成果
 - ✓ 海外におけるラボラトリー・スタディーズの実施状況（特にゲノム関連技術の研究に関する事例）
 - ✓ ラボラトリー・スタディーズを調査する上で重要な文献や論文
- ゲノム関連技術の研究を行っている有識者へのインタビュー
 - ✓ ラボラトリー・スタディーズの対象となることへのご興味、期待する成果
 - ✓ ラボラトリー・スタディーズの対象になることに対する懸念
 - ✓ ラボラトリー・スタディーズの対象者となるために必要な支援等

2. 結果サマリ

● 調査概要

調査の目的

JSTの社会技術研究開発センター（RISTEX）が、研究者、NPO、企業、行政関係等と人的ネットワークを形成しつつ進めている「社会技術研究開発」において、今後の社会に大きな影響を与えるゲノム合成等のゲノム関連技術のELSI（Ethical, Legal and Social Implications）やRRI(Responsible Research and Innovation)を検討・推進していくことを目的とした。

本調査では、特にラボラトリー・スタディーズに着目して、今後顕在化していくと思われる諸論点の抽出と検討に資する調査・レポートを行い、ゲノム関連技術・合成生物学関連の研究・開発を積極的に推進している国や地域における推進体制や状況、ELSI/RRIに関連する動きや取組を把握することを主な目的とした。

調査の内容等

ラボラトリー・スタディーズに着目して、情報収集、整理を行った。本調査はゲノム合成に関するELSI/RRI研究会にとって初年度の調査であり、フィージビリティスタディに相当する。

調査対象国 : 日本、アメリカ、イギリス

調査内容 : ゲノム関連技術を進める研究機関においてこれまで行われてきたラボラトリー・スタディーズ
研究機関のネットワーク形成や産業化プロセスにおけるELSI/RRI の動きの現状 等

調査手法 : 文献調査、インタビュー調査

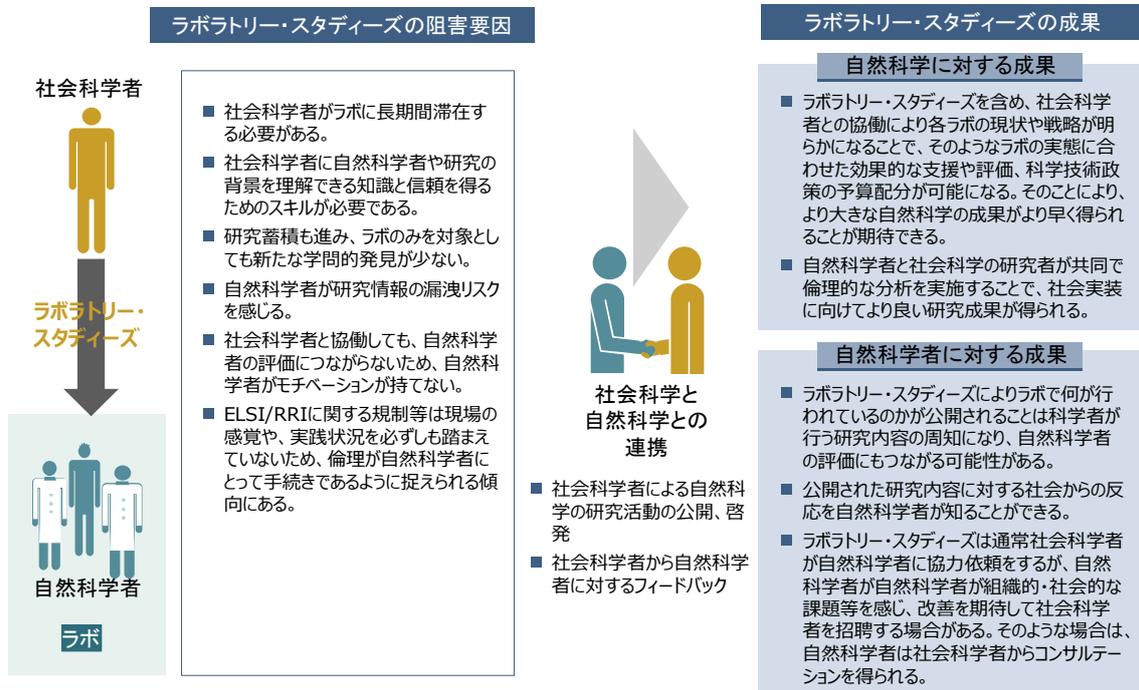
「ラボラトリー・スタディーズ（現場参与観察研究）」とは

社会科学者が現場である研究室を訪れ、自然科学者が何をしていて何を指しているのか、どのようなネットワークを形成しているか、さらには科学を実践する研究室・実験室において何が起きているかについて、社会科学の視点から研究する手法である。

近年合成生物学を含めたゲノム関連技術の研究室に対して欧米を中心に実施されてきた。

実験室の知的生産メカニズムを明らかにするだけでなく、標準化・産業化に関して自然科学者が抱える課題や、自然科学系研究に対するELSI 観点の導入可能性についても示唆を与える。

● 調査結果概要（ラボラトリー・スタディーズの阻害要因と成果）



● 調査結果概要（ラボラトリー・スタディーズの強みとこれまでのラボラトリー・スタディーズで示された合成生物学の論点）

ラボラトリー・スタディーズによって明らかとなること

- 自然科学者が問題をどのように認識しているか、研究動向に対してどのような姿勢や戦略をもって対応しているかを明らかにする。
 - 領域内の組織風土の由来やその特徴を把握することができ、他の研究領域との違い（バリエーション）を明らかに出来る強みを持つ。
- 現場で起こっている複雑な現象を理解するための視点や、解釈、その後の実践を提供することができる。
 - 研究現場で行っている複雑な現象に理論的な抽象化や解釈を加えることにより、問題の構造を明らかにすることが出来る。
 - 科学の実践（産業、アート表現等）に有用な情報を提供することができる。例えば、社会学者が合成生物学領域内の自然科学と産業界との障壁、あるいは、合成生物学と市民との障壁など、異なる領域間の障壁を取り除くローカー（仲介）となりうる。

これまでのラボラトリー・スタディーズで示された合成生物学の論点

- これまでのラボラトリー・スタディーズは、実験室をはじめ研究現場への調査を通じて、科学を成立させている構造や社会的制度、またその変容を明らかにする目的のものが多かった。したがって、倫理的、法的、社会的課題（ELSI）のテーマを直接的に扱うものは少なかったといえる。
- アメリカのMITならびにサンフランシスコエリアにおける合成生物学の研究機関、また、イギリスの合成生物学産学共同研究プロジェクトを対象としたラボラトリー・スタディーズは、以下の点を明らかにしてきた。
 - 研究機関の組織風土の由来（由来分野がコンピュータ科学、化学合成等）
 - 産学の認識の齟齬とその調整プロセス
 - 情報の公開・共有と、特許取得のバランスに関する「コピーレフト」概念
 - 標準化がもたらす現場自然科学者の疲弊
 - 物質生産工程や実験作業の標準化、自動化がもたらす影響（脱スキル化）
 - 科学の現場における社会学者が持つ複数の役割
 - コミュニティの「中心-周辺」構造（関連する社会システムや制度等との関係）

ELSIとの接続に向けたラボラトリー・スタディーズ等の課題

- 調査者と調査協力機関の双方にとって時間やコストの負担が大きいため、簡単には実施できない。
- これまでのラボラトリー・スタディーズは、調査者が数年にわたり、調査機関に滞在して実施するものが多かった。こうした長期間調査は、学術的な取り組みとして新興分野の成立プロセスや、その社会的意味を明らかにする上で重要であるものの、他方、調査者と調査協力機関のそれぞれに大きなコストがかかる点は否めない。
- これまでのラボラトリー・スタディーズでは産業界側の動向や志向性、制度上の制約について明らかにされてこなかった。
- これでは、自然科学者たちの科学の問題についての認識や、自然科学者コミュニティの認識の特徴が中心的課題であり、産業との相互の影響等は明らかになってこなかった。
- 社会学者が科学の現場に対してフィードバックを行うことができず、適切な指摘方法の検討が必要である。
- これまでのラボラトリー・スタディーズは、個人の自然科学者が調査対象となる科学実験室に滞在し、成果を人文社会科学領域において発信していくケースが多かった。
 - ラボラトリー・スタディーズにおけるフィードバックは内部の批判者であることの原因が生じ、社会学者の活動自体にも影響を与えてしまう側面もある。
 - ラボラトリー・スタディーズは社会科学における一つの研究であるため、基礎研究がすぐには人類に貢献できないと同様に、対象者にとって直接の問題解決にならない場合がある。

● 課題と考察

ELSI/RRI推進の課題

- 規制が現場の自然科学者の倫理感覚と照合しておらず、形式的、義務的になり、本質的な効果が発揮できていない。
- 現実の倫理感覚と適合していない規制は形式的、義務的となり、活きた倫理とはならない。ELSI/RRIに関する規制等は現場の感覚や、実践状況を踏まえて検討を行うべきである。そのためには、まずは現状自然科学者がどのように倫理を捉えているか、現実の自然科学者の倫理感覚を把握する必要がある。
 - 倫理が自然科学者にとって手続きであるように捉えられる傾向にある。社会学者との協働も自然科学者の評価につながらないため、モチベーションを持つことが出来ず、形式的、義務的になっている点が課題となっている。
 - 技術が生まれた時点では、その後技術がどのように発展するか見通せず、その時点で倫理の検討や規制は現場にとっては現実味が無い。

ELSIとの接続に向けたラボラトリー・スタディーズの展望

- 調査者と調査協力機関の双方の時間とコストを節約しつつ有効な知見を導く手法の開発可能性についても検討が必要。
- テーマを絞り、インタビューや文献調査を効果的に組み合わせること方法等。科学だけでなく、産業や社会にも視点を広げた倫理問題や政策、制約についても調査が拡大することが望ましい。
 - 特にゲノム関連領域のELSI問題には、産業界側の動向や志向性、制度上の制約も大きくかわっている。
- 自然科学者と社会学者が一緒に協働しながらWin-Winの関係をつくる必要がある。
- ELSIとの接続に向けたラボラトリー・スタディーズ推進のためには、自然科学者もリスクやコストを上回るメリットを感じる必要があるため、社会学者から自然科学者や、科学界、あるいは、科学政策についてのフィードバックを意図的に進めていくことが肝要である。

今後の取り組みに向けた示唆

ラボラトリー・スタディーズは実験室の知的生産メカニズムを明らかにするだけでなく、標準化・産業化に関して自然科学者が抱える課題や、自然科学系研究に対するELSI 観点の導入可能性についても示唆を与えうるが、調査者と調査協力機関の双方にとって時間やコストの負担が大きいため、簡単には実施できない。そのため、テーマを絞り、インタビューや文献調査を活用することで、短期間で知見を導いていく調査の可能性も検討すべきである。

上記を踏まえて、下記のような取り組み内容が考えられる。

現状自然科学者がどのように倫理をとらえているのか、現実の自然科学者の倫理感覚を把握しているのかを事例として収集

現場での倫理の把握	
内容	現場で倫理がどのようにとらえられているのか（“Ethics in action”）を事例として収集
方法	<ul style="list-style-type: none"> ● 1対1の1～2時間のディープインタビュー ● 質問紙調査（WEBアンケート、紙等） ● 研究会で登場する言葉の分析等

さまざまなステークホルダー（自然科学者、社会学者、アーティスト、法律家、エンジニア 等）によるELSI/RRIの参加型議論

参加型議論においてELSI/RRIを議論	
内容	さまざまなステークホルダー（自然科学者、社会学者、アーティスト、法律家、エンジニア 等）によるELSI/RRIも議論
方法	<ul style="list-style-type: none"> ● コミュニティにもとづく参加型研究（Community-Based Participatory Research, CBPR） ● アイディアソン ● 作品制作実践（アートがELSI/RRIについて考えるプラットフォームとなりうる）

3. 調査結果

3.1 ラボラトリー・スタディーズとは^{1,2}

ラボラトリー・スタディーズとは、社会科学者が現場である研究室を訪れ、自然科学者が何をしていて何を狙っているのか、どのようなネットワークを形成しているか、さらには科学を实践する研究室・実験室において何が起きているかについて、社会科学の視点から研究する手法である。

実験室の知的生産メカニズムを明らかにするだけでなく、標準化・産業化に関して科学者が抱える課題や、自然科学系研究に対する ELSI 観点の導入可能性についても示唆を与える手法である。

1970 年代より、科学の現場においてリアルタイムで何が行われ、それが我々の生活にどのように関連しているのかということ現場レベルで理解しようとする研究が盛んになり、その中の一つの研究手法がラボラトリー・スタディーズである。ラボラトリー・スタディーズは、特に実験や観察、観測といった科学活動の現場であるラボラトリーに着目しており、文化人類学的研究である。

ラボラトリー・スタディーズは 1980 年代には盛んであり、これまで合成生物学を含めたゲノム関連技術の研究室に対して欧米を中心に実施されてきた。現在はラボラトリー・スタディーズを実施している研究者は少ない。現在はラボラトリー・スタディーズの派生研究として、知識インフラ研究がおこなわれており、サイエンスのインフラ（例 マウス、HeLa 細胞）の重要性が着目されている。

¹ 福島真人 2017 「真理の工場」 東京大学出版会

² 鈴木舞 2017 「科学鑑定のエスノグラフィ」 東京大学出版会

3.2 インタビュー調査によるラボラトリー・スタディーズの課題と成果

本項では主に有識者に対するインタビュー調査からラボラトリー・スタディーズ実施の阻害要因およびラボラトリー・スタディーズの成果を整理した。本調査をまとめると下記の図のようになる。

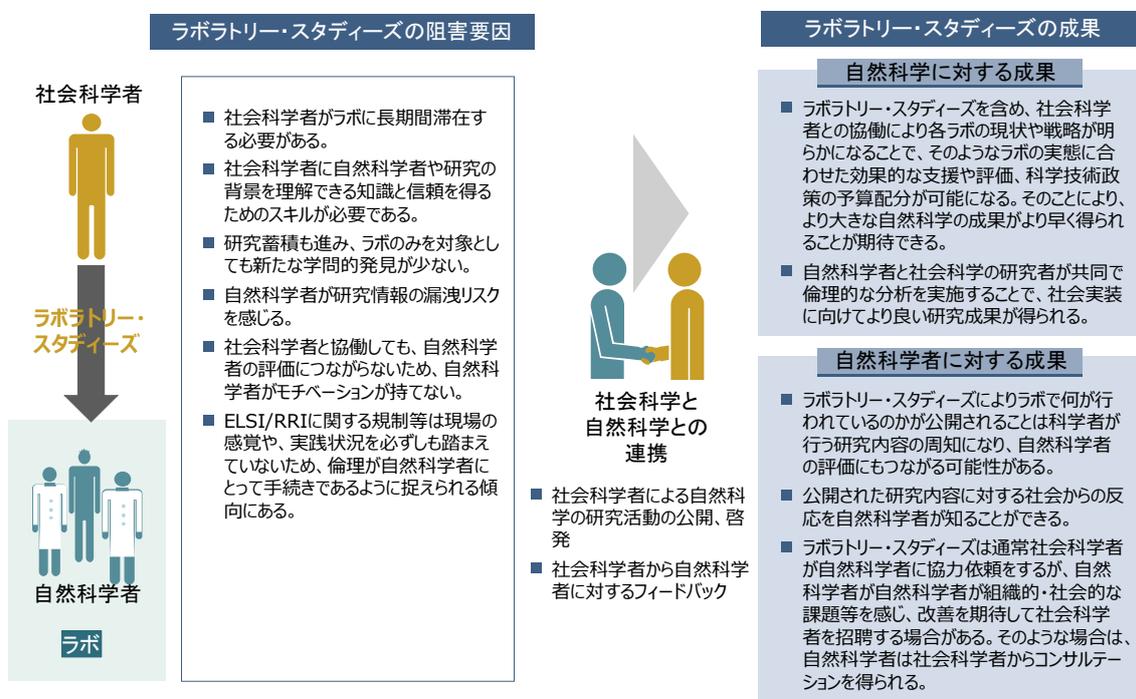


図 1 ラボラトリー・スタディーズの阻害要因と成果

以下、調査結果の詳細を記載する。

3.2.1 ラボラトリー・スタディーズ実施の阻害要因

ラボラトリー・スタディーズの阻害要因について、有識者へのインタビューから下記の図のように整理できた。

(1) 実施者（社会学者）にとっての阻害要因

ラボラトリー・スタディーズの実施者にとっての課題としては、まずは社会学や文化人類学のフィールドワークと同様に、簡単には実施できないことがあげられた。インタビューの最大の問題点は、相手が実施していることをビジュアルライズできないと、研究に深みが出ないことであり、背景を深く理解するためラボラトリーに長期間滞在する必要がある。さらにラボラトリー・スタディーズの対象となる現場に入るためには実施者の高いスキルが必要になることがあげられる。対象者が不安に思うことに対して明確に説明し不安を取り除き、信頼を得てラポールを作らなければならず、ノウハウが必要である。

もう一つのラボラトリー・スタディーズの実施者にとっての課題は、コストが非常にかかるのに対し、研究が進んでいるために新たな発見が少ないことである。そのため、海外では

現在実施されていることが少なく、特定のラボをターゲットにするのではなく、特定の業界をターゲットにしたフィールドワークの方が盛んである。そのようなフィールドワークでは実施者が現場に滞在する時間がラボラトリー・スタディーズよりも少ない。

さらに、ラボラトリー・スタディーズでは対象者の協力は不可欠であるにもかかわらず、科学者が社会学者との協働にモチベーションを持ちにくいことも課題である。社会学者と協働しても、科学者の評価につながらず、社会学者が論文を発表しても、掲載される雑誌が Nature 等科学者として評価されるような雑誌には掲載されることがなく、モチベーションにつながっていない。一方、社会学者が参加することが科学者の研究に直接的な便益をもたらす場合や、ラボラトリー・スタディーズの広報活動的な側面に科学者が魅力を感じている場合、科学者が問題意識を持ち、コンサルテーションを期待している場合は科学者も意欲を持ちやすい。

研究情報の漏洩を対象者が危惧し、研究室内に社会学者が入ることや、インタビュー内容の公表等を控えるように要請する場合があります、ラボラトリー・スタディーズを進める上で課題となる。社会学者が対象者の信頼を得ることがラボラトリー・スタディーズにおいて必須となる。

(2) 対象者（自然科学者）にとっての阻害要因

ラボラトリー・スタディーズ対象者の課題としては、研究情報の漏洩をリスクとして感じるということである。また、前項の実施者の課題にも記載したように、対象者としてはメリットを感じられず大きなモチベーションを持ちにくいことが多い。さらにインタビューへの協力等で時間的拘束が必要になる点が課題である。ELSI/RRI に関する規制等は現場の感覚や、実践状況を必ずしも踏まえていないため、倫理が自然科学者にとって手続きであるように捉えられる傾向にある。

3.2.2 ラボラトリー・スタディーズの成果

ラボラトリー・スタディーズの成果について、有識者へのインタビューから下記のように整理できた。

(1) ラボラトリー・スタディーズの自然科学に対する成果

ラボラトリー・スタディーズにより各ラボの現状や戦略が明らかになることで、そのようなラボの実態に合わせた効果的な支援や評価、科学技術政策の予算配分が可能になる。そのことにより、より大きな自然科学の成果がより早く得られることが期待できる。また、自然科学者と社会科学の研究者が共同で倫理的な分析を実施することで、社会実装に向けてより良い研究成果が得られる。

(2) ラボラトリー・スタディーズの科学者に対する成果

ラボラトリー・スタディーズは通常社会学者が科学者に協力依頼をするが、自然科学者が組織的・社会的な課題等を感じ、改善を期待して社会学者を招聘する場合がある。そのような場合は、自然科学者は社会学者からコンサルテーションを得られる。他方、純粋な

社会科学研究としてのラボラトリー・スタディーズは科学者にとって直接の問題解決にはなりにくい。ラボラトリー・スタディーズ実施者である社会学者から対象となった自然科学者へのフィードバックまではこれまであまり実施されてきておらず、指摘方法にも工夫が必要なため、これまでは成果につながりにくかったと考えられる。

ラボラトリー・スタディーズによりラボで何が行われているのかが公開されることは自然科学者が行う研究内容の周知になり、自然科学者の評価にもつながる可能性がある。加えて、公開された研究内容に対する社会からの反応を自然科学者が知ることができる。

3.3 国内外のラボラトリー・スタディーズ事例や研究室における標準化・産業化プロセス

本章は本調査の対象が萌芽的科学技术（Emerging Technologies）であることを考慮し、海外動向や ELSI/RRI、政策・規制、文化人類学や社会心理学、科学技术社会論等に関する深い専門性に基づいた確実な成果を得るために本分野において高い専門性を持つ弘前大学人文社会科学部の日比野愛子准教授にご報告いただいた内容をまとめている。

3.3.1 概要

ゲノム関連技術・合成生物学に関して、知的生産を担う現場である科学実験室に対する参与観察研究が欧米では多く行われてきた。こうした参与観察研究は、実験室内部の知的生産のメカニズムを明らかにするだけでなく、産業化に際して必要な制度設計や、科学の現場における ELSI 課題（倫理的・法的・社会的課題）の組み込みの可能性についても知見を提出すると考えられる。本報告では、欧米の研究機関においてこれまで行われてきたラボラトリー・スタディーズの内容を把握し、今後、日本のゲノム領域で進めるべき社会的調査・実践についての示唆を得ることを目的とした。

(1) 調査方法

1) 調査対象

欧米の科学技术社会論領域では、すでに多くのラボラトリー・スタディーズが展開されている。本報告では、「ゲノム関連科学・技術を対象とした」、かつ「最近 10 年間に行われた」ラボラトリー・スタディーズを中心に関連文献を収集した。ただし、実験室の標準化や産業化に関する研究、また、ELSI 課題に重要と思われる研究については、厳密な意味でのラボラトリー・スタディーズでなくても収集の対象に含めている。逆に、ラボラトリー・スタディーズに関する初期の代表的な研究) については、別項で扱うものとし、このセクションでは検討の対象から除外している。

2) 方法

関連文献の収集にあたっては、以下の 3 つの方略を組み合わせて収集を行った。

- ① ゲノム関連科学の「対象」となる用語と、ラボラトリー・スタディーズの「方法」に関する用語を組み合わせ、論文の検索を行った。具体的な検索語は以下のとおりである。ゲノム関連科学の対象となる用語：“synthetic biology”，“genomics”，“genome”，“cultured meat”，“artificial cell”。ラボラトリー・スタディーズあるいは社会的研究の方法論に関する用語：“ethnography”，“sociology”，“laboratory study”，“observation”。
- ② 『科学技术社会論ハンドブック第 4 版』（The Handbook of Science and Technology Studies）(2016)より、ラボラトリー・スタディーズの動向、ならびに、ELSI の動向に言及している章・節を読み、関連文献を探索した。

③ ①②で収集した文献で言及されている先行研究をたどり、関連する文献を抽出した。

以上より、約 40 件の書籍・論文を収集した（※文献一覧は、次節に掲載）。①で用いた検索用語の組み合わせの中では、“synthetic biology” & “ethnography” で検索された論文が多かった。これに加え、近年のゲノム領域の中でも合成生物学が重要な位置を占めていることから、本報告では、合成生物学に関するラボラトリー・スタディーズのレビューを中心に扱っている。

続いて、レビューにあたっては、上記の関連文献の中からアメリカ、イギリスの代表的なゲノム関連研究機関を対象としたラボラトリー・スタディーズを 1 件ずつとりあげ、それぞれレビューを行った。これに加え、アメリカ・イギリスを中心とした科学者とアーティストの国際的協働実践の事例も取り上げた。なお、日本国内のラボラトリー・スタディーズ事例については、そもそもの研究蓄積が少ないことを踏まえ、上記の枠組みと異なり、研究者の個別の研究事例を報告する。

(2) ラボラトリー・スタディーズの概要

1) 近年のラボラトリー・スタディーズの主要テーマ

ゲノムに関するラボラトリー・スタディーズの報告に入る前に、ラボラトリー・スタディーズ全般で近年扱われているテーマを概観しておく。『科学技術社会論ハンドブック第 4 版』の索引情報を参照すると、「laboratory study」の下位項目には、「エージェンシー」、「科学の統合」などの幅広い用語が挙げられている（表 1）。「実験」や「専門化」といった実験室内の活動にかかわる用語だけではなく、「予測的統治」、「ファンディング」、「ソーシャルネットワーク」など、実験室外の資源配分や社会的制度に関する用語も、ラボラトリー・スタディーズと関連するものとして研究されている。また、「バイオアート」、「コンプライアンス」など、ELSI 課題に関するトピックもラボラトリー・スタディーズの枠組みの中で登場している。

表 2 ラボラトリー・スタディーズの関連概念

エージェンシー、科学の統合、予測的統治、アーキテクチャ（構造）、バイオアート、協同、コンプライアンス、共生成、実験、専門化、ファンディング、社会的文脈、対人的交流、ソーシャルネットワーク、構造的非対称性、監視と制御

2) ゲノム領域のラボラトリー・スタディーズ

続いて、ゲノム領域において実施されてきたラボラトリー・スタディーズ、またその関連研究の一覧を示す（表 3）。

ゲノム関連領域の中でもとくに合成生物学に関するラボラトリー・スタディーズの件数が多い。他方、ゲノムシーケンス等、ゲノム科学を扱ったものは少ないが、これは、今回のレビュー対象を 2010 年代としたことに由来する。ヒューマンゲノムプロジェクトは 1990 年代から 2000 年代にかけて進展したもので、多くのラボラトリー・スタディーズもその時

期に行われている。他方、ゲノム編集技術、人工食糧生産（培養肉技術）については、2019年の現時点で進行しつつあるため、ラボラトリー・スタディーズの成果もまだ少ない件数にとどまると考えられる。

表 3 ゲノム関連技術・合成生物学の関連文献

No	文献情報	領域
1	Hilgartner, Stephen, Clark Miller, and Rob Hagendijk. <i>Science and democracy: making knowledge and making power in the biosciences and beyond</i> . Routledge, 2015.	ゲノム、 ELSI
2	Hilgartner, Stephen. "Selective flows of knowledge in technoscientific interaction: information control in genome research." <i>The British Journal for the History of Science</i> 45, 2, 2012: 267-280.	ゲノム、 ELSI
3	Balmer, Andrew S., and Susan Molyneux-Hodgson. "Bacterial cultures: ontologies of bacteria and engineering expertise at the nexus of synthetic biology and water services." <i>Engineering Studies</i> , 5, 1, 2013: 59-73.	合成生物学
4	Balmer, Andrew, Katie Bulpin, and Susan Molyneux-Hodgson. <i>Synthetic Biology: A sociology of changing practices</i> . Springer, 2016.	合成生物学
5	Calvert, Jane. "Ownership and sharing in synthetic biology: A 'diverse ecology' of the open and the proprietary?." <i>BioSocieties</i> , 7, 2, 2012: 169-187.	合成生物学
6	Calvert, Jane. "Synthetic biology: constructing nature?." <i>The Sociological Review</i> , 58, 1, 2010: 95-112.	合成生物学
7	Dan-Cohen, Talia. "Ignoring complexity: epistemic wagers and knowledge practices among synthetic biologists." <i>Science, Technology & Human Values</i> , 41, 5, 2016: 899-921.	合成生物学
8	Dan-Cohen, Talia. <i>Making Life is Easy: Novelty and Uncertainty in Synthetic Biology</i> . Diss. Princeton University, 2012	合成生物学
9	Finlay, Susanna Claire. "Engineering biology? Exploring rhetoric, practice, constraints and collaborations within a synthetic biology research centre." <i>Engineering Studies</i> , 5, 1, 2013: 26-41.	合成生物学
10	Frow, Emma, and Jane Calvert. "'Can simple biological systems be built from standardized interchangeable parts?' Negotiating biology and engineering in a synthetic biology competition." <i>Engineering Studies</i> , 5, 1, 2013: 42-58.	合成生物学
11	Ginsberg, Alexandra Daisy, et al. <i>Synthetic aesthetics: investigating synthetic biology's designs on nature</i> . MIT press, 2014.	合成生物学
12	Hellsten, Iina, and Brigitte Nerlich. "Synthetic biology: building the language for a new science brick by metaphorical brick." <i>New Genetics and Society</i> , 30, 4, 2011: 375-397.	合成生物学
13	Hilgartner, Stephen. "Novel constitutions? New regimes of openness in synthetic biology." <i>BioSocieties</i> , 7, 2, 2012: 188-207.	合成生物学
14	Keller, Evelyn Fox. "What does synthetic biology have to do with biology?." <i>BioSocieties</i> 4, 2-3, 2009: 291-302.	合成生物学
15	McLeod, Carmen, and Brigitte Nerlich. "Synthetic biology, metaphors and responsibility." <i>Life sciences, society and policy</i> 13, 1, 2017: 13.	合成生物学
16	Molyneux-Hodgson, Susan, and Morgan Meyer. "Tales of emergence—synthetic biology as a scientific community in the making." <i>BioSocieties</i> , 4, 2-3, 2009: 129-145.	合成生物学
17	Roosth, Hannah Sophia. <i>Crafting life: a sensory ethnography of fabricated biologies</i> . Diss. Massachusetts Institute of Technology, 2010.	合成生物学

18	Roosth, Sophia. "Of foams and formalisms: Scientific expertise and craft practice in molecular gastronomy." <i>American Anthropologist</i> , 115, 1, 2013: 4-16.	合成生物学
19	Roosth, Sophia. "Screaming yeast: Sonocytology, cytoplasmic milieus, and cellular subjectivities." <i>Critical Inquiry</i> , 35, 2, 2009: 332-350.	合成生物学
20	Roosth, Sophia. <i>Synthetic: How life got made</i> . University of Chicago Press, 2017.	合成生物学
21	Schyfter, Pablo, and Jane Calvert. "Intentions, expectations and institutions: engineering the future of synthetic biology in the USA and the UK." <i>Science as Culture</i> , 24, 4, 2015: 359-383.	合成生物学
22	Trump, Benjamin D., et al. "Co-evolution of physical and social sciences in synthetic biology." <i>Critical reviews in biotechnology</i> , 39, 3, 2019: 351-365.	合成生物学
23	Trump, Benjamin, et al. "A decision analytic model to guide early - stage government regulatory action: Applications for synthetic biology." <i>Regulation & Governance</i> , 12, 1 2018: 88-100.	合成生物学
24	Balmer, Andrew S., et al. "Taking roles in interdisciplinary collaborations: Reflections on working in post-ELSI spaces in the UK synthetic biology community." <i>Science & Technology Studies</i> , 28, 3, 2015: 3-25.	合成生物学、ELSI
25	Braun, Matthias, Sandra Fernau, and Peter Dabrock. "(Re -) Designing Nature? An Overview and Outlook on the Ethical and Societal Challenges in Synthetic Biology." <i>Advanced Biosystems</i> 3, 6, 2019.	合成生物学、ELSI
26	Jefferson, Catherine, Filippa Lentzos, and Claire Marris. "Synthetic biology and biosecurity: challenging the "myths". " <i>Frontiers in Public Health</i> , 2, 2014: 115.	合成生物学、ELSI
27	Mali, Franc. "How to Address the Policy and Ethical Issues Emerging with New Technology. The Case of Synthetic Biology in a Small Country." <i>NanoEthics</i> , 12, 1, 2018: 61-73.	合成生物学、ELSI
28	McLennan, Alison. <i>Regulation of Synthetic Biology</i> . Edward Elgar Publishing, 2018.	合成生物学、ELSI
29	Rabinow, Paul, and Gaymon Bennett. "Synthetic biology: ethical ramifications 2009." <i>Systems and synthetic biology</i> , 3, 1-4, 2009: 99-108.	合成生物学、ELSI
30	Shapira, Philip, Jan Youtie, and Yin Li. "Social science contributions compared in synthetic biology and nanotechnology." <i>Journal of Responsible Innovation</i> , 2, 1, 2015: 143-148.	合成生物学、ELSI
31	Aicardi, Christine. <i>Harnessing non-modernity: A case study in Artificial Life</i> . Diss. UCL (University College London), 2010.	人工生命
32	Koval'chuk, M. V., O. S. Naraikin, and E. B. Yatsishina. "Naturelike Technologies: New Opportunities and New Challenges." <i>Herald of the Russian Academy of Sciences</i> 89.2 2019: 157-166.	人工生命
33	Nersessian, Nancy J., Elke Kurz-Milcke, and Jim Davies. "Ubiquitous computing in science and engineering research laboratories: A case study from biomedical engineering." <i>Knowledge in the new technologies</i> . Peter Lang Publishers, 2005: 167-198.	人工生命
34	Fernandes, Alice Munz, et al. "Trends in cultured meat." <i>Brazilian Journal of Information Science: research trends</i> , 13, 3, 2019: 56-67.	培養肉
35	Jönsson, Erik. "Benevolent technotopias and hitherto unimaginable meats: Tracing the promises of in vitro meat." <i>Social Studies of Science</i> , 46, 5, 2016: 725-748.	培養肉

36	Metcalf, Jacob. "Meet shmeat: Food system ethics, biotechnology and re-worlding technoscience." <i>Parallax</i> , 19, 1, 2013: 74-87.	培養肉
37	Murray, Andy. "Meat cultures: Lab-grown meat and the politics of contamination." <i>BioSocieties</i> , 13, 2, 2018: 513-534.	培養肉
38	Stephens, Neil, and Jamie Lewis. "Doing laboratory ethnography: reflections on method in scientific workplaces." <i>Qualitative Research</i> , 17, 2, 2017: 202-216.	培養肉
39	Tucker, Corrina A. "The significance of sensory appeal for reduced meat consumption." <i>Appetite</i> , 81, 2014: 168-179.	培養肉
40	Milanovic, Fabien, Noémie Merleau-Ponty, and Perig Pitrou. "Biobanks and the reconfiguration of the living." <i>New Genetics and Society</i> , 37, 2018: 285-295.	バイオバンク

3.3.2 アメリカの事例

(1) 概要

アメリカのラボラトリー・スタディーズ事例として、Roosth(2017)による MIT の合成生物学研究グループへの調査事例を取り上げる。Roosth (2017)による『Synthetic: How life got made』は、MIT (マサチューセッツ工科大学) を中心に、アメリカにおける合成生物学実験室を対象としたエスノグラフィである。この書を貫く大きなテーマは、合成生物学による生命 (life) の変化である。それまでの生命 (life) とは、あくまで生物学の中で理解する対象でしかなかった。さまざまな技術の進展により、生命を作る (making) ことが可能になると、「生命の実験」よりも、「生命の作成」の方が理論化に役立つとして研究の主眼がシフトする。2003 年以降、分析ではなく合成を重視する研究者のクラスターが MIT の中で形成され、彼らは新しい分野を合成生物学と名付けた。こうした研究の動きを、文化人類学者の筆者が、8 年間のフィールド調査をもとに明らかにしている。

合成生物学の特徴は、「生物的なもの」を構成するための新しい生物、あるいは方法論が作られる点である。つまり、合成生物学には、ある種の循環的な構造 (トートロジー) が形成されている。このトートロジーは、大量データ化や、データドリブン型研究の登場という科学の実践全般にかかわる革新的変化に対する反応だと Roosth は解釈している。

『Synthetic: How life got made』の各章の概要は下記の通りである。

第 1 章 「デザインによる生命：合成生物学における進化と創造の物語」 2000 年代 MIT の研究において、合成生物学の基礎がどのように作られたか。

第 2 章 「合成王国：ポストゲノムにおける遺伝横断的な親族関係」 サンフランシスコエリアの合成生物学者たちは、彼らの作成する合成生物をどのように考えていたのか。既存の生物とどのように関係づけていたのか。

第 3 章 「著者の再誕生：法と経済の中における新しい生命」 生成物の交換がどのように行われていたのか。

第 4 章 「バイオテクノロジー的な不可知論：機械の中に断片化する生命と労働」 各ラボの実践で標準化 (脱スキル化) がどのように進んだのか。

第 5 章 「生命を家で自作する：政治的活動としてのバイオハッキングの登場」 DIY バイオなど、アカデミアの外での合成生物学の発展。

第 6 章 「現代のラザロ：生物学的なサルベージと、種の再誕生」 「絶命動物再生」の語りの意味。

以降の節では、この『Synthetic: How life got made』のうち、第 1 章、第 2 章、第 3 章、第 4 章を取り上げて紹介する。アメリカにおける合成生物学の研究機関の特徴、成果の産業化、標準化を整理する。また、付録の内容をもとに、この研究における社会科学者の参与の実態についても紹介する。

(2) 研究機関の特徴

1) MIT

『Synthetic: How life got made』において、Roosthはアメリカにおける複数の研究機関を調査対象としているが、その主要な対象（かつ、アメリカの合成生物学領域の中でも中心的な拠点）は、MIT（マサチューセッツ工科大学）の研究グループである。Drew Endyと彼が主導したT7.Iプロジェクトを中心に研究機関の特徴が明らかにされている。

T7.Iプロジェクトは、ファージがバクテリアに感染するプロセスについて、ファージの様々な在り方をコンピュータ上でモデル化し、条件を変えシミュレーションするものであった。このプロジェクトを核として、MITには合成生物学の研究グループが発展していく。T7.Iプロジェクトの特徴は、モデルと研究対象の関係性が、通常の生物学と異なり入れ替わっている点にある。従来の生物学が、対象である生物を理解するためにモデルを作成するのに対し、T7.Iプロジェクト（そして、その後の合成生物学研究）は、モデルに沿うように生物種を改変する、というアプローチをとるのである。つまり、生物のためのモデルではなく、モデルのための生物、という入れ替わりが起こっている。

こうした新しい合成生物学の登場は、工学的素養を持つEndyによってプロジェクトが主導されたこと、ならびに、コンピュータ科学・工学と（当時）人工生命研究を走らせていたMITという研究機関でプロジェクトが醸成されたことに由来する。また、当時は、ヒトゲノム計画の進展により、生物の塩基配列をビット（情報）とみなし、コンピュータ科学のアナロジーで生物の問題を処理していく考え方が広く浸透しつつあったことも遠因となっている。

Roosthは文化人類学者として合成生物学者の基本的な考え方の特徴を明らかにしている。2000年代はじめのMITの合成生物学の研究グループは自分たちの活動を自身でどのように認識しているのかについて、以下の3つの視点を同時に持っていたと提起している。すなわち、実験室の中の限られた人工的環境で生きる人工生物を作っている意味で「不自然(unnatural)」、自然にもたらされた活動に従事しているという意味で「自然(natural)」、そして、研究者に神聖さをもたらすような生物学的工学の偉業に影響をもたらすという意味で「超自然(supernatural)」である。

2) サンフランシスコ (JBEI)

『Synthetic: How life got made』第2章は、MIT以外のアメリカの合成生物学研究機関の特徴を明らかにしている。具体的には、JBEI (Joint Bioenergy Institute; 共同バイオエネルギー研究所) が扱われている。JBEIはサンフランシスコのベイエリアにある、様々な実験室・研究所・企業が集積している合成生物学の研究拠点である。研究成果に関し、(MITのグループとは異なり) 多くの特許を取得している点がこのエリアの研究機関の特徴である。JBEIの研究活動の中核を成すのは、ケミカルエンジニアリングやメタボリックエンジニアリングの訓練を受けた合成生物学者たちだ。彼らは、細胞を工場にたとえ、自らを(細胞工場の)「ブルーカラーの労働者」と呼ぶ。異なる生物種が持つ6~20の遺伝子を大腸菌やパ

ン酵母に導入し、有益な資源（燃料や薬）を作り出させるのが彼らのミッションである。

合成生物学者によって合成された新しい合成生物は、従来の自然の分類学には収まらない。研究者自身は、どのような分類の枠組みを持っているのかが、ラボラトリー・スタディーズにより検討されている。JBEI の研究者の多くは、自分たちが行っている行為は、「自然（natural）」なものと認識している。遺伝子改変は、自然でも起こっているものと同等であり、作成した合成生物も、あくまで自然という認識である。

他方、JBEI のトップである Keasling、またその指導を受けた Prather などは、必ずしもそうした区分をとりいれていない。合成生物（遺伝子導入を受けた大腸菌など）のことは「不自然（unnatural）」と表現する。彼らにとっては、生物の合成は、化学合成における酵母の操作と変わらない。ただし、さまざまな生物種を横断してさまざまな要素から遺伝子をとってくるのが「不自然（unnatural）」という。さらに、合成生物学が行っていることを、「ポスト自然（postnatural）」と表現している研究者もいる。合成生物学をポスト自然ととらえる考え方は、生物工学者は遺伝子のある生物種から別の生物種に導入して、複数の種が混じり合った生物にできるという前提のもとづくもので、ある合成生物学者たちは、DNA 合成と不自然な生物種の組み合わせが「種」の崩壊につながると示唆している。合成生物学者が、合成された遺伝子の切片をある生物から他の生物に導入できるようになった時代では、血統が意味を持たなくなる。というのも、違いのないヌクレオチドとして、（血統間の）差異が解消されていくためである。

まとめると、自然／不自然というカテゴリーは、合成生物学者が合成生物を捉えるためには不十分な区分のようだ。合成生物学者の作成した新しい遺伝子改変生物種の登場は、既存の「種」のカテゴリーをむしろ揺らがしているのが現状である。こうした世界では、既存の生物種による関係性はもはや機能せず、「合理的デザイン」のようなまったく新しい基準をもとに、生物種の関係性が新しく定義し直されることになる。

(3) 成果の産業化

1) 特許

『Synthetic: How life got made』第3章では、合成生物に関する法的な整備の問題が論じられている。新しい知的生成物に対しては、特許、IP（知的財産権）、ライセンス付与などの戦略をもって権利を確保することができる。合成生物学の初期には知的財産の問題がどのように議論されたのかが、ラボラトリー・スタディーズによって明らかにされている。

Roosthによると、初期の合成生物学研究者コミュニティには、知的財産権に関するコンセンサスはとくに存在しなかったようだ。ただし、多くの合成生物学者たち、中でも民間企業に属している研究者たちは特許の取得を前提とし、実際に取得している。クレイグベンター研究所などは、あまりに多くの特許を取得していることで、他の研究者たちから「Microbesoft」などのあだ名をつけられていたようだ。また、サンフランシスコエリアの合成生物学者たちは、合成生物学を、メタボリックエンジニアリングの延長線上にあるととらえ、産物について特許を求める傾向が強い。1990年から2010年の間に、1195件の特許申請が認められてい

る。多くは企業による申請で、大学の研究機関に由来する特許は全体の三分の一以下である (p. 88)。

2) 生体部品のオープン化

MIT を中心としたボストン地域の合成生物学者たち、とくに MIT の学生たちが、特許化の動きに明確に反対した。アドバイザーの意見も取り入れ、MIT では、標準化された生体部品 (standard Biological parts) のレジストリーを作成し、その公開を促進することとなった。結果として、MIT では、特許の数が他研究機関と比べそれほど多くないことと対照的に、合成生物学関連の学術雑誌での論文発表数はきわめて多い。こうした特許に対する MIT の研究者の姿勢は、コンピュータ分野におけるフリーライセンスやオープン化の思想と軌を一にしているといつてよい。ただし、知的財産権については、(コンピュータ科学であっても化学工学であっても) 分野間の考え方の相違はそれほど大きくないと Roosth は整理している。

特筆すべきは、MIT とハーバードの合成生物学の大学院生、学部生が中心となって、FLOSS(Free/Libra and Open Source Software) の活用が提案されたことである。FLOSS は、コンピュータソフトウェアの配布に適用されてきたアプローチで、発明対象にたいして特許を与えるのではなく、発明者は知的財産権を保持したままその生成物を共有・配布・修正可能なかたちで流通させることが可能である。

また、BioBricks 財団が、合成生物学の共通ルールを定め、標準化された生体部品のレジストリーを維持し、研究者同士の部品のやりとりを円滑に進めるための組織として設立されたことも、制度化に関する特筆すべき事項である。2002 年は 12 個のパーツのみが登録されていたが、続く 20 年間で 5100 の BioBricks 部品が登録された。この BioBricks の登録においては、シークエンス情報が電子情報として保持されているとともに、物質的な状態でも保存されている(冷凍貯蔵庫の中のプラスミドとして)。これら、合成生物学者たちによって作成された部品は、その大多数が彼ら自身によって利用されている(参考文献: p. 93)。

このように、合成生物学における新しい合成物に対しては「コピーレフト」の考え方が支配的となった。これには、遺伝物質をコンピュータプログラムのソースコードと見なす考え方だけではなく、生物学が本質的に生成的とする考え方が影響している。合成生物学における生体部品は、自由に交換可能な共通財産としての位置づけを得るにいたったのである。

(4) 標準化

『Synthetic: How life got made』第 4 章は、合成生物学に関係する 2 つの企業を取り上げ、同分野における科学技術の標準化がどのように進んでいるのかを明らかにしている。取り上げられているのは、MIT の研究グループから派生したボストンのスタートアップ企業 Ginkgo Bioworks、ならびに、カリフォルニアエメリービルに拠点を置く Amyris Biotechnologies である。いずれも微生物の改変によりさまざまな物質を作り出す技術を発展させてきた企業として有名な企業だ。いずれの企業でも、細胞は「工場」として捉えられ、ラボでは標準化と生産工程の自動化が進んでいる。ただし、Ginkgo Bioworks と Amyris

Biotechnologies では下記の表のように標準化の程度が異なる。

表 4 合成生物学に関係する企業の標準化

企業名	Ginkgo Bioworks	Amyri
共通事項	細胞を「工場」として捉え、ラボの標準化と生産工程の自動化が進んでいる	
標準化の対象	生体部品 (part) の標準化	実験活動 (practice) の標準化
標準化の特徴	研究の一部自動化	スキルや知能の低下

Ginkgo Bioworks においては生体部品の標準化が進んでいる。この企業で働く従業員は生産工程にそって大きく 3つのグループ——デザインチーム、作成チーム、テストチームに分けられる。生物学の高度な知識をもって作業にあたるのはデザインチームのみであり、博士号取得者などが、このチームで細胞のデザインを行う。他方、作成チームにおいては、工程はほぼ自動化されている。以前の生物学実験室で見られたような、手作業による実験、組み換え生物の改変などは、すべてコンピュータにより制御されている。この工程で人が果たす役割は非常に小さい。そもそも、2001年～2006年に合成生物学が登場した初期より、この領域では実験室での作業の標準化、自動化、加速化が目標とされてきた。とりわけヒューマンゲノムプロジェクトの影響も大きく、合成生物学の産業応用場面では、高速化の整備そのものが産業の成功を握る重要な鍵とされている。

Amyris では、さらに標準化が徹底されている。Amyris は大規模な化学工学の組織文化を持つ。Amyris が合成生物学においてとるアプローチは、ハイスループットの典型例だといえる。Amyris の特徴は、「考えることをしない。その代わりに、1つの対象の異なるバリエーションをすべて作り出す」ことにある（参考文献：p.118）。作業において思考は推奨されず、生成物を作り出すための工程整備のみが重要となる。Ginkgo Bioworks にみられる典型的なアカデミックの研究者の活動が、「部品 (part) の標準化」だとすれば、Amyris における研究者たちの行っていることは、「実験活動 (practice) の標準化」である。Amyris の工程 (ライン) では、煩雑なピペットを用いる作業や、シャーレの処理などは、すべてロボットが担当している。こうしたラインで作業するには、もはや生物学に関する博士の学位は不要であり、学士の学位で十分である。合成生物学における標準化は、生産の活動に携わる人々の階層化を進めるもので、スキルや知能の低下も招いている。

(5) 参与観察の実態

『Synthetic: How life got made』において Roosth は、MIT (2005年～2008年)、サンフランシスコの JBEI (2009年～2013年) に拠点をおき約 8年間にわたる参与観察を実施している。Roosth は文化人類学のアカデミックトレーニングを受けており、インタビュー法や参与観察法に関する専門的スキルをもとに調査を実施している。フィールド先へのエントリーについては、受け入れ先の Drew Endy (MIT) の采配が大きかったと考えられる。Endy は、科学社会学者ラビノウによる『PCR の誕生』の存在を既知っているなど科学社会学への造詣も深く、社会科学者によるラボラトリー調査の重要性を理解していたことが、Roosth のフィールドエントリーを可能にしたようだ。Roosth は、最初は、Drew Endy のラボに、その

後は、Tom Knight（合成生物学のコアとなる生体部品の標準化に貢献）のラボで観察調査を行っている。Drew Endy と Tom Knight による新しい合成生物学の立ち上げの中で、彼らは MIT の大学院生のワーキンググループも指導していた。Roosth はこのワーキンググループの毎週のリサーチミーティングに出席することに加え、大学院生向けの合成生物学のコースも履修することで合成生物学の専門的知識も習得していった。学会等のフォーマルな場所での聞き取り、観察に加え、上述した機会に知り合った多くの合成生物学関係者とインフォーマルな交流を重ねてきたようだ。

3.3.3 イギリスの事例

(1) 概要

イギリスのラボラトリー・スタディーズ事例については、Balmer, Bulpin and Moyneux-Hodgson (2016)によるイギリスの合成生物学研究プロジェクトへの調査事例を取り上げる。Balmer, Bulpin and Moyneux-Hodgson (2016)による『Synthetic biology: A Sociology of changing practice』は、イギリスで実施された合成生物学研究者グループと水道事業者(water industry)との共同研究プロジェクトを対象としたエスノグラフィである。イギリスの合成生物学を推進する中心的な研究機関には、インペリアルカレッジロンドン、エジンバラ大学、ケンブリッジ大学が挙げられるが、Balmer らが対象とするのはむしろこうした中心的機関からは離れた「周辺」での活動である。したがって、登場する研究者、研究機関、産業関係者も匿名となっている。合成生物学は新しい複合領域として社会に生じつつある萌芽的技術であり、複数の学問領域間を横断する学際性、さらには産業界との協働が織り込まれる形で具現化されてきた特徴を持つ。筆者らは、このような合成生物学を、所与の实在の領域としては扱わず、あくまでイナクトされる(enact; 現実化される)構成物として描く視点を徹底している。

この書を貫く大きなテーマは、合成生物学という領域の中心と周辺の関係性である。とりわけ合成生物学の周辺が既存の社会システムと接合していく際に生じるバリア(barrier; 障壁)を明らかにしている。具体的な事例には、2010年～2012年のイギリスにおける水道事業者と合成生物学の共同研究プロジェクトが取り上げられている。学術、行政、産業(水道事業者)の関係者は合成生物学の産業応用をどのように考え実行したのか。また、共同研究プロジェクトの活動を通じて合成生物学という領域をどのように具現化していったのかを、関係者の試行錯誤を丹念に追いながら明らかにしている。

Balmer, Bulpin and Moyneux-Hodgson によるラボラトリー・スタディーズの特徴は、社会学者がサイエンスのプロジェクトの内部でどのような役割を果たすべきかの振り返り(reflection)を含めながら議論を展開している点にある。通常のリボラトリー・スタディーズでは、社会学者は、あくまで観察者の立場に立ち、観察対象である実験室の特徴やそこで垣間見える科学と社会のマクロな動きを外部者の視点から理解する。しかし、Balmer らの調査は、当初から、自然科学者と産業界の学際協働プロジェクトの一部として招き入れられたもので、いわば内部者の立場におかれた研究といえる。こうした活動の特殊性(政治性)を自省する工夫として、筆者らは、合成生物学に対する観察を述べた本文に加え、各章の後

に終結部 (coda; 楽章の終結部) のセクションを設け、社会学者が自然科学者や産業関係者と結ぶべき関係性について考察している。

『Synthetic biology: A Sociology of changing practice』の各章の概要は下記の通りである。

第1章「合成生物学の現場」合成生物学や、本研究プロジェクトの概観

第1章終結部「共同実践に向けて」社会学者と合成生物学との出会い

第2章「バリア」水道事業者への応用の障壁と、合成生物学と産業界との関係性の変化

第2章終結部「仲介関係」プロジェクトにおける社会学者の位置づけ

第3章「バクテリア」バクテリアの研究開発をめぐるさまざまな活動

第3章終結部「内部の批評家」内部にいる中での批評の困難

第4章「ボディ」新しい生物の創造の際に生じる脱身体化

第4章終結部「相互の再帰性」iGEM プロジェクトの参与を通じて、社会学者と自然科学者が相互にどのように変容したか

第5章「存在論、失敗、時間をイナクトする」存在論、失敗、時間の概念を使ったまとめ

第5章終結部「協働の振り返り」存在論、失敗、時間の概念を使った協働についてのまとめ

本報告では、『Synthetic biology: A Sociology of changing practice』のうち、第1章、第2章、第4章と、一部の終結部を紹介する。まず、イギリスにおける合成生物学の研究機関の特徴、成果の産業化、標準化を整理する。そのうえで、社会学者の参与の実態 (ELSI/RRRI の動きの現状含む) を述べる。

(2) 研究機関の特徴

『Synthetic biology: A Sociology of changing practice』の第1章では、合成生物学の大まかな見取り図と、イギリスにおける合成生物学の学際的プロジェクトの解説が述べられている。前述したとおり、『Synthetic biology: A Sociology of changing practice』では、合成生物学の特徴を、中心一周辺の区分をつかって整理している。こうした区分は自然科学者自身が採用しており、また、「合成生物学」へのかかわりの積極性に機関ごとの差異があることから、現象を整理する軸として有効であると Balmer らは説明している。

1) 合成生物学の中心的機関の特徴

中心一周辺区分にそうと、イギリスにおける合成生物学の中心的研究機関には、インペリアルカレッジロンドン、エジンバラ大学、ケンブリッジ大学が挙げられる。ただし、研究助成プログラムが複数の大学に大規模な研究助成を提供するにつれ、合成生物学の中心とな

る研究機関も拡大されてきた。研究助成は、自動化機械、シークエンサーなどの装置の購入や、研究グループの形成を補助する。新しい助成プログラムに参加する研究機関は、すでに「中心」とみなされている研究機関と比べることにより、自らの合成生物学の特徴を打ち出していく。こうしたある種の階層性は、研究機関においてのみならず、iGEM (The international genetically engineered machine) のような学生主体のイベントにおいても散見されるものであった (参考文献 : p.21-22)。

イギリスにおける合成生物学の中核的ネットワークを運営するのは、インペリアルカレッジロンドンを中心とした CSynBI (Centre for Synthetic Biology and Innovation)であり、主導者は、Richard Kitney と Paul Freemont であった。とくに Richard Kitney は、初期から合成生物学への大型研究助成の体制を準備し、イギリス議会、国際的企業、規制機関、助成機関の関係者を巻き込み、合成生物学のイギリスの体制づくりで中心的役割を担ってきた。

Balmer らによると、合成生物学領域の「中心—周辺」モデルは、合成生物学を代表するモノ (人工物) を理解する際にも役立つ。多くの合成生物学研究者は、合成生物学の代表的産物として、アメリカの SynBERC (Synthetic Biology Research Center) の研究者らによって開発されたアルテマインシン前駆体の合成物を参照する。学会などでも、このアルテマインシン合成をモデルとして、さまざまな研究実践や体制づくりが展開された。

参考 : イギリスの中心的研究機関を扱ったラボラトリー・スタディーズとしては、CSynBI (Centre for Synthetic Biology and Innovation) を対象とした Finlay (2013) の調査などが挙げられる。Finlay (2013) は、合成生物学の研究センター12 か月間の調査を行い、「工学的なアプローチを生物学に応用する」という合成生物学のアイデアが、合成生物学とは異なる生物学を含む、現場のさまざまな分野の研究者らにどのように理解されていたかを明らかにしている。このケースでは、「産業化可能」 (industrialisable) で生物学的な「プロダクト」という概念が、実際のデザインの活動において参照され、エナクト (実現化) されていた点が注目されている。

2) 合成生物学の周辺

『Synthetic biology: A Sociology of changing practice』において Balmer らが注目するのはイギリスにおける合成生物学領域と社会との接点であり、その意味で、中心ではなくむしろ周辺での活動が対象となっている。事例として取り上げられている対象も、1つの研究機関ではなく、周辺部にあるプロジェクト——複数の学術機関と産業関係者が研究の社会応用を考えるプロジェクト——である。分子生物学、化学、環境学、水質工学の専門家と、水道事業の関係者が、水質調査のセンサーとなるバクテリアの開発と、下水管の中のバイオフィルムを生成するバクテリアの開発を目指して研究を進めていった。さらにこのプロジェクトでは、社会学者が「学際研究の実現可能性を探求する」ことが明文化されていたことが特徴であった。

(3) 成果の産業化

『Synthetic biology: A Sociology of changing practice』の第2章では、合成生物学が水道事

業者に応用されていく際にいかなる障壁が生じたのかを、詳細なエスノグラフィをもとに明らかにしている。先に述べたように、イギリスでは政策の方針として合成生物学領域の設立と推進に巨額の資金が投じられてきた。イギリスの政府が主導する合成生物学の特徴は、社会課題の解決志向が強いことと、産業界の巻き込みが重視されてきた点である。その背景として、学术界の内部で研究開発された応用物が社会に普及せず、イノベーションの死の谷を越えられないことを政策側は懸念していた。

1) 「学際的領域としての合成生物学」の構成

イギリスで合成生物学が推進されるにあたり、もっとも懸念された点は、「市場への障壁」であった。SynbiCITE など、英国内に数多く設立されたセンターも、ねらいは、産業応用と学術における合成生物学の進展を調整することにあつた。合成生物学を主導してきた Richard Kitney は、「新しいセンター設立の目的は、障壁を取り除き、（合成生物学に関する）新しい産業を発展させることにある」（参考文献：p.44）と明言している。こうした産業化への重視は、微生物利用を行うこれまでの研究の速度、実行可能性、予測不可能性に関するフラストレーションに由来するものであつた。また同時に、新しい産業としての「バイオ」の価値を生み出すための科学の実践や統治の変容も産業化の重視とかがわっている。合成生物学は、根底に工学的価値観を持ちながら発展してきた。工学的なサービスが、合成生物学という場の中で、経済的・産業的な実態を持つように調整されていったとみることもできる。

合成生物学では、経済的展望が大きく掲げられ、研究の助成においては分野を超えたネットワークの形成が支援された。現場の自然科学者からは、こうしたネットワークの形成に対して好意的にとらえる意見が多かつたが、他方、分野間の障壁が意識的に問題視されるようになる。合成生物学では、学問分野間の乖離、あるいは、産業界と学术界の乖離が認識されていた。そうした産業界の中でも、水道事業はとくに保守的で正統的な産業として、産学の関係者から評価されていた。そのため、アカデミックの側からみると、水道事業は合成生物学にとっての（障壁の多い社会状況で応用可能性を試す）かっこうの試験場であつた。逆に水道事業の側からみると、合成生物学はハイテク技術による問題解決を受け入れられるかを試す試験場になつていた。

2) 保守的な産業

イギリスにおける水道事業の開始は、1989年の水道民営化が契機となつている。水道インフラは地域によって規模や複雑性が異なるため、各会社は、地域の特徴にあつた水資源、供給・下水システムに責任を持つ必要があつた。また、環境庁（Environmental Agency）や、飲水監察局（Drinking Water Inspectorate）など、別の規制機関との関係性も深い。水道インフラならではの特征として、既存のシステムを使い続ける慣性も強かつた。こうした状況において、合成生物学による応用（水質調査のセンサー、バイオフィルムの開発）は、すぐの実装は難しいとされた。

自然科学者側は、こうした障壁が水道インフラをめぐる規制とサービスの受け手である公衆の無知によるものだと理解したが、他方で、株主の存在や、水道事業者ならではの利益

取得のメカニズム、寡占の構造については看過していた。合成生物学の規制当局と学术界は、合成生物学の産業応用として、製薬をモデルにおき、製薬と水道事業と比較して、さまざまな提言を行ったが、そもそも、両業界のシステムが異なる点が見過ごされていた。また、水道事業の民営化は、市場原理と消費者の保護という異なる原理を持ち込むものであり、企業側に水質基準の徹底と、グローバルな環境・技術問題への挑戦の2つを課すものであった。合成生物学の応用の障壁にはこのような背景も関連していた。

3) 産業化に向けた調整

合成生物学の共同研究プロジェクトでは、合成生物学の規範（標準化や、シェアリング）を普及させ、企業関係者を巻き込むことが期待された。その1つの活動として、「産業の日（industry day）」の実施が挙げられる。「産業の日」イベントでは、産業、学術、双方の関係者が集まり、「合成生物学とは何か？」というテーマに関して、推進、挑戦、障壁、応用に関する幅広いアイデアを出すブレインストーミングが行われた。下水のブロッキング除去、栄養素の除去など、多くのアイデアが登場し、ブレインストーミングの取り組みには、企業側も関心を持っていた。

他方、企業側には、改変バクテリアを使うことへの懸念もあった。水道事業者は、事業の歴史的経緯より、「自然的」と「化学的」の区分に敏感であり、利用者の信頼を得るため、自分たちのサービスが自然的なテクノロジーであるというイメージを維持する必要があった。したがって、合成生物学イノベーションのブレインストーミングにおいても、自然科学者側が特定の問題に触れると、産業側が、消費者や規制局の懸念を引用して、そのアイデアを抑制するような場面も見られた。産業の日の話し合いの最後に、次のステップについて決定された際には、「清掃」というキーワードが登場する。このことにより、応用可能性の幅が大胆に狭くなった。この方向性にそって、合成生物学者側は、産業において「do-able」（実現可能な）成果物を出すことには成功した。たとえば、iGEM（後述）を活用してバイオセンサーが開発されたり、下水管バイオフィルムの研究が進行したりした。ただし、たとえば後者に関しては、実際の下水管ではなく、（非現実的な）「バクテリアが生育しやすい下水管」のモデルをもとに研究が行われるなど、成果が出やすい方向に学術研究が変化することにもつながった。

結果として、合成生物学の産学共同研究プロジェクトは、学問側の実践を変容させることになる。しかしながら、産業側の変容はあまり問題になることがなかった。たとえば、産業側が想定する長期間のファンディングが、学術分野側の活動と齟齬をきたす点はあまり議論されないままプロジェクトが進行していった。

(4) 標準化

『Synthetic biology: A Sociology of changing practice』第4章は、合成生物学の領域がもつ標準化への志向性が、科学・産業の現場に携わる関与者（具体的には学生）の身体にどのような影響を与えたのかを論じている。

1) 合成生物学における標準化の背景

合成生物学を積極的に主導する研究者たちは、共通して、彼らの合成生物学が、アドホックで、暗黙知に依存する従来の生物学の性質と異なると強調する。合成生物学は、対象のモジュラー化と標準化を特徴としている。工学的な原理と実践を生物学にあてはめることで生物の複雑性を取り除くだけでなく、身体に埋め込まれた生物学者のスキルも取り除くことも合成生物学のねらいには含まれている。すなわち、合成生物学は、これまでの生物学が所与としてきた実践そのものに変革を迫ろうとしているのである。

一方で、Balmer らが提起するのは、実際の合成生物学のラボでは、従来型の、手作業と暗黙知に依存する研究活動が進められている問題である。この問題を議論する上で、Balmer らは、「身体」(body) に注目する。社会学は、身体がさまざまな政治的介入を受ける場であると提起する。科学の実践現場で問題になる身体とは、多くの場合、自然科学者の身体であり、これまでも STS の領域では、自然科学者の感知能力(見る、聞く)の意味などを明らかにしてきた。合成生物学という新しい領域の登場は、複数の領域を横断するもので、そうした状況において自然科学者や公衆の身体がどのように扱われるかが問題となる。

2) iGEM の事例

Balmer らは、iGEM (The international genetically engineered machine) に参加する学生の身体に注目し調査を行った。合成生物学分野を設立し、発展させていくうえで活用された1つの方略が、大学生を巻き込む iGEM である。iGEM では、大学生のチームが夏休みの間に新しいバイオデバイスを考案し、コンペの中で優秀なアイデアが表彰される。iGEM の参加チームは、大会本部からキットを受け取るが、そのキットには、合成生物学領域に共通によく使われる、あるいは、機能のすぐれたバイオデバイス (BioBrick) が含まれている。参加チームは企業にさらにバイオデバイスを注文することも可能であるし、独自のデバイスを設計することも可能である。iGEM チームによって設計されたバイオデバイスはレジストリーに登録され、次のユーザーが利用できる。iGEM 参加者は年々拡大し、主導的研究者は、iGEM を、合成生物学の潜在的な可能性が増大している証拠としても活用してきた。

Balmer らの研究プロジェクトには iGEM チームの活動が含まれており、共同研究プロジェクトの一環としてコンテストへの参加が補助された。先述したように、Balmer らが協力する研究チームは、水道事業者への合成生物学への応用を考えていた。したがって、iGEM への参加でも、水道事業者に役立つ企画を作るよう、シニアの研究者が大学生チームを指導していった。結果としてチームは、既存のバイオセンサーのメカニズムを活用した、水中のコレラバクテリアの存在を感知できるバクテリア株を考案する。

iGEM の理念は生体部品の標準化であり、その意味では、参加する学生の作業も標準化されることが期待されている。新参者の学生にとって、合成生物学では、手間のかかる生物学実験は不要になるはずであった。しかし、プロジェクトの実際の現場では、学生の身体をめぐってさまざまな問題が起こる。まず、iGEM 参加者がラボで短期間活動することで、さまざまな失敗を引き起こし、実験室で進められている通常の実験活動にとってエラーが生じた。さらに、指導者 (iGEM 学生チームにアドバイスをする研究者) は、学生に対して、生

生物学の伝統的で身体的なスキルこそが、生物学のプロフェッショナルになる上で必要だとアドバイスする矛盾もみられた。新しい領域の生成段階においては、学生（合成生物学の新参者）に対して、複数の、相矛盾する働きかけが生じる問題を Balmer らは指摘している。

(5) 社会科学者の参入（ELSI/RRI の現状）

『Synthetic biology: A Sociology of changing practice』では、合成生物学について観察を述べた本文に加え、各章にコーダ（coda; 楽章の終結部）のセクションをはさみ、社会科学者や産業関係者と結ぶべき関係性について考察している。

1) 社会科学者の参入の理念

第1章終結部（協働的实践に向けて）では、社会科学者どのようにして合成生物学のプロジェクトに参加するようになったかが述べられている。2007年、BBSRC(Biotechnology and Biological Sciences Research Council)と、EPSRC(The Engineering and Physical Sciences Research Council)、AHRC(Arts and Humanities Research Council)、ESRC(Economic and Social Research Council)が関与して、合成生物学のネットワークを形成するためのファンドを設立した。このファンドは、倫理問題についての研究活動も対象に含んでおり、「社会と自然の課題」に対処することを応募者側に要求していた。背景には、1990年代後半からの遺伝子組み換え作物の産業化が強い反発を招いた反省があり、より社会や既存の産業に適合的な研究開発を行うことが学界側に求められていた。これに応募する形で、Balmer, Bulpin and Moyneux-Hodgson、また他の社会科学者も合成生物学のプロジェクトに参加していった。

これまでの ELSI の先行事例としては、ヒトゲノム計画や、ナノテクの推進に ELSI の研究活動を取り入れたことが有名である。こうした取り組みは、科学、技術、社会に関する新しい統治の枠組みを提供した。これらの研究の多くは、たとえば、バイオセキュリティなど、ネガティブな側面について目を向けたものが多かった。これら従来型の ELSI について、社会科学側から不満も生じ、「ELSI プログラムは、人文・社会科学系の研究者を、スペキュラティブな倫理（投機的な倫理）に従事させるものだ」という批判が生じる。また、懸念事項を乗り越えるべき対象として区分する在り方にも疑問が生じるようになった。

こうした背景を踏まえ、社会科学者は、イノベーションが生じるまさにその場での介入が重要だと主張し、関係者とあらためて交渉することになる。いわゆる「上流での参加」(Wilsdon and Willis)、「責任あるイノベーション」(Owen et al.) の考え方により、進行中の科学の評価やフィードバックが重要視されるようになった。これら取り組みは、「ポスト ELSI」(Rabinow and Bennett) と称され、自然科学者と社会科学者は、ロードマップの作成などを通じて協働する姿勢が優勢になる。ポスト ELSI には困難もあり、自然科学者が自らの実践を変えることに抵抗したりもした。ただし、アートなどの創造的な活動においては、協働の成果が出ていると Balmer らは評価している。

2) イギリス事例における社会科学者の参入の経緯

『Synthetic biology: A Sociology of changing practice』の筆者である Balmer, Bulpin and

Moyneux-Hodgson は、STS（科学技術社会論）チームとしてプロジェクトに参入したが、それぞれに生物学分野とのつながりを持っていた。Moyneux-Hodgson は、工学研究者らと協働の経験がある教授であり、この社会調査プロジェクトのセッティングも行った。Balmer は、生物学の学士を持ち、大学院で社会科学のトレーニングを受けたポスドク研究員であり、以前に合成生物学の倫理に関するレポートを作成していた経緯があった。また、Bulpin は、博士課程の学生であるが、彼女も生物学や神経科学を学んだ経験があり、プロジェクトの途中でも iGEM チームの一員になるなど、自然科学者の活動にも積極的に携わってきた。

3) 社会科学者の役割

Balmer らは、第 2 章終結部において、科学の研究プロジェクトに参加する社会科学者がどのような立ち位置にあるべきかを整理・考察している。ポスト ELSI の局面では社会科学者はさまざまな役割を持つことが可能であり、また、さまざまな役割が期待されている。たとえば、「公衆の代表者」、「知識を共に生産する協力者」、「預言者」、「妻」、「内部の批判者」、「トリックスター」、「教育者」、「同僚」といった役割が挙げられる（p.72; cf. Balmer et al., 2015）。

Balmer らは、ポスト ELSI においては、社会科学者は単に実験室の内部に入り込むだけでなく、学際的な実践をどのように発展させられるか、また、協働に向けた貢献ができるかが問われると述べる。そのうえで、Balmer らは、社会科学者の持ちうる役割として、「ブローカー（仲介業者）」的役割に注目する。たとえば、合成生物学領域内の自然科学と産業界との障壁、あるいは、合成生物学と一般公衆との障壁など、異なる領域間の障壁を取り除くように動くことが重要だという。水道事業プロジェクトにおいても、産業界の中にブローカー的な役割を担う関与者が存在し、キーパーソンとして関係者・関係機関をつないだことの効果指摘されている。もう一点、Balmer らが強調することは、さまざまな役割を流動的に変化させていく柔軟性の重要性である。社会科学者は、自身の学術研究において概念を発展させ成果を出す必要もあり、学術上の重要性が、共同プロジェクトの場面ではうまく通用しないケースも生じる。役割を固定化するのではなく、役割を流動的にシフトすることで、問題の軽減につながられると指摘している。

3.3.4 アートを軸とする学際的・国際的なプロジェクトの事例

特定の国・機関を対象としたラボラトリー・スタディーズではないが、合成生物学に関する自然科学者と社会学者、さらにはアーティストが協働する興味深い学際的活動の事例として、『Synthetic Aesthetics: Investigating Synthetic Biology’s Designs on Nature』(Ginsberg, Calvert, Scyfiter, Elfick and Endy, 2017)を紹介する。

(1) 概要

合成生物学は、人工的な生体部品のデザインや標準化を通じて、遺伝子工学を大幅に改善するものと期待されている。また、新しい創薬や、新素材の開発など、さまざまな領域にまたがり、環境問題にも資するテクノロジーと期待されている。しかし期待の反面、合成生物学は多くの問題を提起する。想定できない潜在的リスクにはどのようなものがあるか、生体部品の著作権を社会はどのようにマネジメントしていけばよいのか、等々、合成生物学は新しい社会的問題を提起する。

こうした背景をもとに、アメリカとイギリスを中心に『Synthetic Aesthetics』プロジェクトが実施されてきた。Synthetic Aesthetics プロジェクトは、アートを軸に、それぞれに異なる観点を持つ、合成生物学者、アーティスト、デザイナー、社会学者による現在進行中の対話活動を扱っているという点で非常にユニークな取り組みである。『Synthetic Aesthetics』のねらいは、生物と人間との関係性においてデザインがいかなる役割を持つべきかに関する議論を社会の中で引き起こすことにある。合成生物学におけるデザインとは一体何を意味しており、それは、どのような問題を巻き込むのか。あるいは、デザインを行う生物学はどのような責任を持つのかといった問題が投げかけられる。ただし、このプロジェクトは問題解決を提示するのではなく、あくまで、問いを社会に対して提起する。他の科学技術と異なり、バイオ（合成生物学）は、産業化に貢献する一方、持続可能性への貢献も期待される両義的な性質をもっている。このプロジェクトでは、合成生物学の一方的な賛美ではなく、合成生物学の本質を踏まえた可能性と限界を探求することがねらいとなる。

(2) プロジェクトの成り立ち

『Synthetic Aesthetics』プロジェクトは、工学の背景知識を持つ2人の合成生物学者、2人の社会学者、そして、デザイナー／アーティストのチームによって遂行されてきた。プロジェクトの成り立ちは、2009年3月にワシントンで開かれた、「IDEAS Factory Sandpit on New Directions in Synthetic Biology」ワークショップに由来する。このワークショップは、EPSRC（The Engineering and Physical Sciences Research Council; イギリス工学・物理科学研究評議会）と、NSF（National Science Foundation; アメリカ国立科学財団）によって組織された。アメリカとイギリスにおける著名な合成生物学者が集まり、その場で、短時間で研究申請のアイデアが生成されていった。Synthetic Aesthetics（合成美学）も、元はこのワークショップの中で無名のポストイットに書かれたアイデアの1つであり、共感した研究者（Calvert, Elfick, Endy）がさらにアイデアを詰めていった。アウトリーチ活動ではなく、アート、デザイン、合成生物学の「探索的な探求」であることを掲げて、プロジェクトが始動した。

(3) プロジェクトの実行

『Synthetic Aesthetics』プロジェクトの中核は、ヨーロッパ、アジア、オーストラリア、南アメリカ、アメリカ合衆国で活躍している、6人のアーティスト/デザイナーと、6人の合成生物学者のペアに対して、企画の世話（curation）を行うことにあった。合成生物学の専門家は、植物科学から人工細胞研究まで幅広く、他方、アーティスト/デザイナーについても、建築、音楽、匂いのデザイン、バイオアート、プロダクトデザインまでさまざまであった。

プロジェクトには大きな反響があり、数百の参加の応募があった。ただし、このプロジェクトにおいては、合成生物学を単純にアート/デザインで表現するものは慎重に除外され、合成生物学の主題に直接的に関与する企画が選ばれていった。プロジェクトのチームが、合成生物学者とアーティスト/デザイナーのマッチングを考え、その後、それぞれのペアにより自由な方向へ企画を拡張し、実現化していった。プログラムの中では両者の密接な対話が求められ、たとえば、最初の2週間は、アーティスト/デザイナーが、合成生物学者の実験室に滞在し、次の2週間では、合成生物学者が、アーティスト/デザイナーのスタジオに滞在して作品を構想・作成していった。さらに協働のプロセスをプロジェクトチームのメンバーが記録し、あらたに洞察を引き出していった。このような双方向の交流は、両方のパートナーの実践に貢献するような、自己循環的な共同作業を促進することをねらいとしていた。2年間のプロジェクトの後にも、それぞれのペアの共同関係は継続している。

Ginsberg らは、多くの自然科学者や工学者が「ノーマルな」責任の範囲をこえて、この Synthetic Aesthetics のプロジェクトに参加するよう応援してきた。こうした学際的、革新的な取り組みに対して合成生物学者たちがオープンであった背景には、合成生物学が新しく、まだ未確立の分野であることが大きいと考えられる。このプロジェクトの長期的なねらいは、実践家、思索家、批評家の新しいグループが合成生物学の発展に貢献するとともに、自然を操作する人間の能力をどのように最良の形で生かせるかについて議論を広げていくことにある。

(4) 『Synthetic Aesthetics』の内容

『Synthetic Aesthetics』では、第1部で合成生物学とデザインについて、第2部で自然とデザインについて論じられた後、第3部で、6つの合成美学プロジェクトの事例が報告されている。それぞれのプロジェクトは、合成生物学に関する問いを投げかけるアート作品を作成している。『Synthetic Aesthetics』第3部の各章では、作成者ペアによる論文と、『Synthetic Aesthetics』プロジェクトチームメンバーによる論文が掲載されている。たとえば、Chris Chafe（音楽家）と Marianna Leguia（合成生物学者）のペアは、合成生物学のデザインが音や音楽の中に表現される方法について探求しており（第13章）、その後の章で、社会学者である Schyfter が、ペアの共同活動がどのようなプロセスを経て進んでいったのかを分析する（第14章）といった次第である。Chafe と Leguia の活動では、ソニフィケーション（情報の伝達に非言語音を用いる手法）が表現媒体として活用されたが、このソニフィケーションが DNA の塩基配列の表現に適合するまでの試行錯誤や、問題解決の契機などが明らかにされている。

『Synthetic Aesthetics』のそれぞれの作品/章が投げかける具体的な問いは、以下の通りである。

「デザインの道具は、スケールを越えて活用可能なのか？生物学的な（マイクロメートルレベルの）スケールを建築におけるメートルレベルのスケールに移動させることができるのだろうか。」（第7章; Benjamin and Federici; 細胞骨格の構造研究を、建築の構造研究と融合）

「商業的なプロダクトデザインの文脈から生まれた「デザイン思考」のアイデアは、科学教育や研究の場面にもうまく適用できるのだろうか。」（第9章; Carey, Lim, Reineck and Williams; パーソナルスキンケアシステムのアイデア（フィクション）などを提示）

「合成生物学に対するまったく異なる時間の視点は、生物学のデザインについても再考を迫るのだろうか。」（第11章; Catts and Iwasaki; バクテリアの時間を扱った作品）

「合成生物学のデザインを音や音楽の中に表現することは可能なのか。」（第13章; Chris Chafe and Marianna Leguia; コンピュータを活用し遺伝子配列の情報を音楽に変換）

「無生物的な機械化の時代を経て私たちが生物マシンの時代に回帰するにつれ、私たちがデザインした生物マシンはかれら独自のアジェンダを持つのだろうか。」（第15章; Mansy and Pohflepp; 環境応答する生物マシンのアイデア）

「合成生物学のデザインは、私たちの食べ物とバクテリアに対する関係性のイメージを変えることにつながるのか。」（第17章; Agapakis and Tolaas; 人体のさまざまな部位から採取したバクテリアをつかってさまざまなおいのチーズを作成）

いずれも、合成生物学の主題を、対話を通じて、分野横断的に表現していく貴重な取り組みである。多様な『Synthetic Aesthetics』の取り組みから示された論点は、以下の3つにまとめられる。すなわち、生物学のユニークな特質、デザインと価値の不可分の接続、未来への接続の困難である。合成生物学に関する表現の実践は、第一に、合成生物学を完全に工学の枠組みでとらえることはできない限界を提起するものであった。プロジェクト参加者の多くが、生物学が環境への感受性を特徴とする点を表現していた。第二に、合成生物学ではデザインが1つのキーワードとなるが、本取り組みの議論は、現代の消費社会におけるデザインのあり方が必ずしも持続可能ではない問題性を示すものであった。第三に、このプロジェクトで提示された作品はいずれもフィクションであり、合成生物学による世界の未来像の一端を示したものに過ぎない。萌芽的な科学技術を議論するために役立つツールは、たとえば技術アセスメントなど、アートのほかにも多数ある。しかし、このプロジェクトのようにアートを活用することは、「対話の拡大」につながるものだと Ginsberg らは主張する。

Synthetic Aesthetics の取り組みは非常にユニークであり、学際的である。したがって、このプロジェクトが結局のところ何であるのか分類することは難しい。Ginsberg らは、あえて言うならば、このプロジェクトは、DIY バイオ (Do It Yourself biology) の一種であると述べる。あるいは、アーティスト/デザイナーが新たに生物学実験に携わり、逆に、合成生物学者がアートやデザインのスキルを習得してきたことから、このプロジェクトは、市民参画の1つの形と解釈できるとも述べている（双方向の交換関係の中で、自然科学者・工学者、アー

ティストがみな「一般市民」となるため)。このプロジェクトによって生まれた作品は、アートや研究などに単純に分類することは難しいが、デザイン活動それ自体、合成生物学の活動それ自体に対する新しい「問い」を提起するものであり、読者にさらなる「問い」を喚起することが期待されている。

3.3.5 日本の事例

(1) 概要

日本においては、社会科学の研究者が科学の現場に参加するラボラトリー・スタディーズは、欧米と比べて立ち遅れていることが指摘されている。ただし、近年、国内の研究機関を対象とした、日本人研究者によるラボラトリー・スタディーズの研究成果も出始めている。

(2) 理化学研究所の事例

福島（2017）は、理化学研究所のケミカルバイオロジー研究グループの実験室で参与観察を実施し、その成果を『真理の工場』にまとめている。この研究では、天然化合物の研究領域が変革にさらされ大型化していく際のプロセスを明らかにしている。これに加え、タンパク 3000 という大型プロジェクトの歴史的経緯も検討されている。いずれも、科学の変化を、自然科学者が扱っている研究対象（例：天然物化合物）に注目するだけでなく、科学の実験室をとりまく組織的な変化や制度的な課題を検討することで読み解いている。

(3) 細胞を創る研究会の事例

岩崎（2013）は、合成生物学にかかわる学際的な研究コミュニティである「細胞を創る研究会」の実態をまとめている（『<生命>とは何だろうか。表現する生物学、思考する芸術』）。社会学者によるラボラトリー・スタディーズではないが、岩崎自身が研究・実践者として「細胞を創る研究会」に携わっており、一種のオートエスノグラフィ（自己エスノグラフィ）と見ることができる。合成生物学の研究活動に関する歴史的経緯、組織的な実態、また、倫理的議論が総括されている。

(4) 走査型プローブ顕微鏡コミュニティ（道具共同体）の事例

ゲノム関連領域からは離れるが、日比野（2016）は、走査型プローブ顕微鏡の生物学応用を進める国内生物実験室と、その関連コミュニティへのラボラトリー・スタディーズを行っている。この研究が注目しているのは、新規な科学実験機器の応用・開発を担う自然科学者（リサーチテクノロジスト）である。リサーチテクノロジストは、科学と工学双方の素養をあわせもつ必要がある。他方、その二重の性質から、研究活動の実態や、領域全体にはたす活動の重要性が見えにくいといった特徴も持つ。日比野（2016）は、こうしたリサーチテクノロジストが、生物学コミュニティに対して探索的なプロモーション活動によってネットワークを形成していった歴史的経緯や、民間企業との共同研究を通じて科学機器の産業化がすすめられ、その中で実験室の活動やアイデンティティに変化が見られた様子を明らかにしている。

ゲノム合成領域においては、学際的で多様なコミュニティが形成されていくと想定される。こうした複合領域の形成場面でのアイデンティティ問題や制度的課題を検討する際には、上記の国内ラボラトリー・スタディーズの成果やアプローチも参考になる。

3.3.6 ラボラトリー・スタディーズの課題と今後の展望

これまでのラボラトリー・スタディーズは、実験室をはじめ研究現場への調査を通じて、科学を成立させている構造や社会的制度、またその変容を明らかにする目的のものが多かった。したがって、倫理的、法的、社会的課題 (ELSI) のテーマを直接的に扱うものは少なかったといえる。以下、まとめとして、ラボラトリー・スタディーズによって明らかになること、これまでのラボラトリー・スタディーズで示された合成生物学の論点を整理する。さらに、ラボラトリー・スタディーズのさまざまなスタイルを整理した上で、ELSI との接続に向けた課題と展望を述べる。

(1) ラボラトリー・スタディーズによって明らかとなること

以上のレビューで示してきたように、ラボラトリー・スタディーズは、第一に、実際に現場で活動している研究者がどのような認識をもっているかを明らかにする点で強みを持つ。研究機関が成立するまでの経緯や、数値上の特性については、他のドキュメント調査でも明らかにすることはできる。しかし、観察やインタビューを用いることの利点として、自然科学者が問題をどのように認識しているか、あるいは、研究動向の大まかな流れに対してどのような姿勢や戦略をもって対応しているかなども明らかにする。とくにラボラトリー・スタディーズは、対象領域の違い (バリエーション) を明らかにできる強みを持つ。合成生物学に限らず、ゲノム合成領域といった範囲で検討する際も、領域のなかにある複数の文化の由来やその特徴を把握することができると考えられる。また、認識の解明は、対象領域に関連するほかの領域——たとえば、産業界——にも適用できる。

第二に、ラボラトリー・スタディーズでは、現場で起こっている複雑な現象を理解するための視点や、解釈、その後の実践を提供することができる。社会現象の実践にはさまざまな要素が含まれており、そのまま現象を記述するだけでは理解にはいたらない。理論的な抽象化や解釈を加えることではじめて問題の構造が明らかとなる。これは、異なる関係者をつなぐことにもつながり、ブローカー (仲介)、キュレート (世話役)、アート表現の活動などに有用な情報を提供する。

(2) これまでのラボラトリー・スタディーズで示された合成生物学の論点

Roosth による『Synthetic: How life got made』 (アメリカの MIT ならびにサンフランシスコエリアにおける合成生物学の研究機関を対象としたラボラトリー・スタディーズ)、また、Balmer らによる『Synthetic biology: A Sociology of changing practice』 (イギリスの合成生物学の研究プロジェクトを対象としたラボラトリー・スタディーズ) は、以下の点を明らかにしてきた。

1) 機関組織風土の由来

たとえば、MIT では、コンピュータ科学の伝統と生物学の融合により、生物の仕組みと、電子回路等工学の仕組みを同じ枠組みで考える、新しいスタイルの合成生物学が登場した。新しい分野は、それまでの既存の分野の組織文化や認識の特徴を引き継ぎながらも、異分野

との融合で変化する。したがって、同じ合成生物学といっても、由来を持つ分野が異なれば、研究グループの活動も大きく異なる。MIT における合成生物学と、サンフランシスコ周辺の機関における合成生物学では、その特徴が大きく異なり、サンフランシスコ周辺の研究機関は、化学合成（パン酵母菌）の枠組みが支配的である。こうした機関ごとの特徴の違いは、研究者の合成生物に対する認識や、産業化に対する姿勢にも影響する。

2) 「コピーレフト」概念

合成生物学の領域では、研究によって新しく生成（合成）された生体の部品の種類は非常に多い。こうした多種多様な活動が産業として発展していくためには、情報の公開・共有と、特許取得のバランスが必要である。アメリカの事例では、BioBricks によるコピーレフトの考え方により、著作権を維持したまま改変をゆるすというシステムが構築された。

3) 標準化がもたらす影響（脱スキル化）

合成生物学による新しい生体部品の作成は産業として大きな可能性を持つことから、多くの企業が取り組んでいる。アメリカの2つの有名な企業においては、微生物による物質生産工程の標準化と自動化が進んでおり、大規模な企業では、部品の標準化にとどまらずに、実験作業の標準化と自動化が徹底されている。そこでは、研究者の関与が不要であり、研究に携わる人々の学習の機会が失われ、脱スキル化も進んでいることの問題が明らかとなった。

4) コミュニティの中心—周辺構造

合成生物学といっても、その内容や活動は一律ではない。実際の現場に参加するラボラトリー・スタディーズは、対象となる領域の「中心—周辺」のような布置図を明らかにすることができる。とくに新しく領域ができる際には、中心的な研究機関だけではなく、周辺の部分で既存のシステム（今回のイギリスのケースでは、既存の生物学、既存の水道業界）との接続が問題になりうる。たとえば倫理の問題を考えるうえでも、領域全体を均質なものととらえるのではなく、領域内の多様性や、関連する他の社会システム・制度の影響を明らかにすることでより有効な議論が展開できると考えられる。なお、Roosth によるアメリカの合成生物学の研究拠点調査では、それぞれの研究拠点の学問的ルーツ（コンピュータ科学、化学工学）が比較的明確だったのに対し、イギリスの合成生物学は、横断的な大型組織として描かれており、むしろ、学術領域と産業界の差異が注目されていた点が特徴的であった。

5) 産学の認識の齟齬とその調整プロセス

関係者の認識を調査するラボラトリー・スタディーズは、異なる関係者の間に生じる認識の齟齬や、制度上の課題を明らかにすることができる。イギリスのケースでは、学术界と産業界との齟齬の詳細が吟味され、さらには、そうした齟齬があらたに両者の乖離をうながす危険性が指摘されていた。科学の成果を社会的に応用していく際には、既存の制度との調整が必須であり、具体的にどのような制度が障壁となりうるのかをラボラトリー・スタディーズは検討することができる。また、社会学者が参加することで、問題をある程度批判的に

評価することもできる。今回のイギリスのケースにおいても、学問界の歩み寄りと比べたときの産業界の固定化や、プロジェクトで考案された成果物がかならずしも実用的でない問題を社会科学者が批判的に検証していた。

6) 自然科学者の身体と標準化の困難

現場の活動に参加することで、ラボラトリー・スタディーズは、現場の自然科学者の困難についても接近することができる。合成生物学では、理念上、生体部品の標準化にともない、スキルの標準化が進むことが目されている。イギリスの調査は、こうした標準化が必ずしもスムーズに進まず、現場の疲労をもたらしうる危険性について問題提起している。また、合成生物学は複数の横断的な学際領域であり、それまでの分子生物学領域の慣習の上にも成り立っている。教育を行う指導者側の論理と、新しい領域の理念が食い違うときの問題など、教育の課題についても明らかにしている。

7) 社会科学者の複数の役割

Balmer らのラボラトリー・スタディーズは、ELSI 課題への対応を含めた現場調査であり、従来の、研究対象者と研究実施者が明確に区分された調査とは異なる。社会科学者が科学の現場と協働する取り組みは困難も多いが、他方、学際的領域が創造的な成果を出すための調査や実践において社会科学が貢献できると指摘している。

(3) ラボラトリー・スタディーズのさまざまなスタイル

本報告では、以上の通り、アメリカにおけるラボラトリー・スタディーズ (Roosth による『Synthetic: How life got made』)、イギリスにおけるラボラトリー・スタディーズ (Balmer による『Synthetic biology: A Sociology of changing practice』)、アメリカ・イギリスにおける共同実践 (Ginsberg らによる『Synthetic Aesthetics: Investigation Synthetic biology's Designs on Nature』) を紹介してきた。

3 件の作品はいずれも 2000 年代の合成生物学の現場への調査であり、生物学者と社会科学者が協働した例であるものの (cf. Liu 2017; Langlitz 2018)、それぞれユニークなスタイルを持っており、非常に対照的である。まず、Roosth によるアメリカの実験室への参与観察は、もともとオーソドックスなスタイルのラボラトリー・スタディーズといえる。文化人類学者が通常行うとおり、調査者は、数年の長期間にわたって現場 (実験室) に滞在し、現場の人々と生活を行い、独特の言語や知識を習得し、彼/彼女らのさまざまな会話や行動の中から、社会の構造を明らかにしている。調査実施者 (社会科学者) と調査対象者 (合成生物学者) の間には、明確な境界線がひかれており、問題になるのはあくまで合成生物学の内部の意味構造である。こうしたスタイルからは必然の結果として、筆者の立ち位置の説明はなされておらず、実験室とそのほかの制度との関係性や、ELSI (倫理的、法的、社会的課題) に関する言及はほとんど見られない。

アメリカのオーソドックスなラボラトリー・スタディーズと対比すると、Balmer らによる、イギリスの合成生物学プロジェクトとの協働は、テクノロジーが産業応用にいたるまで

の現実的な課題に向きあうスタイルとして興味深い。これまで、科学の現場に入るラボラトリー・スタディーズに対しては、現場に対してフィードバックを行うことができおらず、科学の進展にも脱関与的な姿勢を取りがちだと批判も寄せられてきた。Balmer らの活動はまさにこうした批判を乗り越えるための1つの実験であったと見なせる。たとえば、合成生物学が進展するにつれて生体部品と労働のそれぞれが標準化していく問題は、アメリカ、イギリス、それぞれのラボラトリー・スタディーズが取り扱っていた。しかし、Balmer らは、標準化が実際にはなかなか進まないという現場の課題を抽出し、問題を提起する(もちろん、Balmer らの研究関心が、合成生物学の中心的機関ではなく周辺の応用活動にあるため、困難の側面がクローズアップされているとも解釈できるが)。協働には多くの労力と困難がともなうことを繰り返し強調してはいるものの、Balmer らのスタイルは、現場の参与観察と ELSI (倫理的、法的、社会的課題) をつなぐ、きわめて正統的なやり方であったと言えよう。

そして、Ginsberg らによる実践は、合成生物学に関するアート作品の作成(とその振り返り)による問題提起をねらいとしたユニークなもので、多くの示唆を含むスタイルである。この活動は、科学の日常的な実験活動を扱っていないという観点からは、厳密な意味でのラボラトリー・スタディーズに含まれない。しかし、Synthetic Aesthetics とそこで行われたラボラトリー・スタディーズのスタイルは、学際的領域が萌芽する際に、領域の創造性を促進し、かつ倫理的課題を議論するための、新しいコミュニケーション形態、あるいは表現媒体を示していると考える。このプロジェクトでは、アーティスト/デザイナーと合成生物学者が作品を作成していった。社会科学者は、4週間の作品制作活動を対象に調査を行い、詳細な記録をもとに合成生物学やデザインのプロセスをめぐる論点や、「問い」を明らかにしていった。作品の制作という目的であれば、自然科学者とアーティストがただ協働を進めればよいのかもしれない。しかしながら、専門的知識を持つ第三者が介在することは、当事者たちが自覚的には意識していない、しかし重要な概念や活動を明らかにすることに役立つ(今回の例では、たとえば、コンピューティングの概念について自然科学者/アーティストの間で調整が行われた経緯とその意味がラボラトリー・スタディーズにより検討されている)。ラボラトリー・スタディーズは、科学をめぐる活動の言語化、そして、言語化をベースにした社会への問題提起に関しても大きな可能性を持つといえる。

(4) ELSI との接続に向けたラボラトリー・スタディーズの課題と展望

以上を踏まえ、ELSI との接続に向けたラボラトリー・スタディーズの課題と展望をまとめる。

1) 長期間の関与

これまでのラボラトリー・スタディーズは、調査者が数年にわたり、調査機関に滞在して実施するものが多かった。こうした長期間調査は、学術的な取り組みとして新興分野の成立プロセスや、その社会的意味を明らかにする上で重要であるものの、他方、調査者と調査協力機関のそれぞれに大きなコストがかかる点は否めない。テーマを絞り、インタビューや文献調査を活用することで、短期間で知見を提出するような調査の可能性も検討すべきであろう。

2) 対象者やテーマの限定

これまでのラボラトリー・スタディーズは、自然科学者たちが科学の問題についてどのように認識しているか、自然科学者コミュニティの認識の特徴が中心的課題であった。他方、産業界との相互の影響、あるいは産業界の認識についてはあまり明らかにされてこなかった。しかしながら、ゲノム関連領域がどのように発展するか、また、ゲノム関連領域の ELSI 問題には、産業界側の動向や志向性、あるいは、制度上の制約も大きくかかわっている。科学の場に限定されない、倫理問題や政策、制約の領域に対しても調査が拡大することが望ましい。

3) 記述的研究（成果を十分にフィードバックできない）

これまでのラボラトリー・スタディーズは、個人の研究者が調査対象となる科学実験室に滞在し、成果を人文・社会科学領域において発信していくケースが多かった。科学界、あるいは、科学政策についてのフィードバックを意識的に進めていくことが肝要であると考えられる。ただし、Balmer らの活動のように産学協働へのフィードバックや ELSI 問題の検討を意図的に組み込んだラボラトリー・スタディーズにおいても、実際には、内部の批判者であることの困難が生じ、社会科学者の活動自体にも影響を与えてしまう側面も否めない。科学の倫理的問題を検討するには、科学のプラスの側面をみて促進していく姿勢と、現象のマイナスの側面をみて批判も加えていく姿勢の双方が必要であり、どちらの意見も受け入れる場の規範をいかに確立するかが鍵となる。

同時に、社会科学者の参与は、科学・技術・社会に関する問題の創造的な表現に貢献することも、これまでの研究より指摘されている。従来の調査研究の枠組みを再検討し、創造的表現活動の一部にラボラトリー・スタディーズを位置付けることで、記述的研究にとどまらない生成的なフィードバックが可能になると期待される。

3.3.7 参考・引用文献一覧

- Balmer, Andrew S, Jane Calvert, Claire Marris, Susan Molyneux-Hodgson, Emma Frow, Matthew Kearnes, Kate Bulpin, Pablo Schyfter, Adrian MacKenzie and Paul Martin. (2015). “Taking roles in interdisciplinary collaborations: Reflections on working in post-ELSI spaces in the UK synthetic biology community.” *Science & Technology Studies*, 28, 3, 2015: 3-25.
- Balmer, Andrew S, Katie Bulpin, and Susan Molyneux-Hodgson. (2016). *Synthetic Biology: A sociology of changing practices*, Springer.
- Finlay, Susanna Claire. (2013). “Engineering biology? Exploring rhetoric, practice, constraints and collaborations within a synthetic biology research centre,” *Engineering Studies*, 5:1, 26-41.
- Ginsberg, Alexandra Daisy, Jane Calvert, Pablo Schyfter, Alistair Elfick and Drew Endy. (2014). *Synthetic aesthetics: investigating synthetic biology's designs on nature*. MIT press.
- Langlitz, Nicolas. (2018). “Poieses: Making Organisms, Texts, and the Field of Synthetic Biology.” *BioSocieties* 13, 656.
- Liu, Daniel. (2017). “This is the synthetic biology that is.” *Studies in History and Philosophy of Science*, 63:89-93.
- Roosth, Sophia. *Synthetic: How life got made*. University of Chicago Press, 2017.
- 岩崎秀雄 (2013) . 『<生命>とは何だろうか』講談社現代新書
- 日比野愛子 (2016) . 「生命科学実験室のグループ・ダイナミックス：テクノロジカル・プラトールからのエスノグラフィ」『実験社会心理学研究』56 卷 1 号 pp. 82-93.
- 福島真人(2017). 『真理の工場』東京大学出版会

4. 考察（課題、協働に向けて取り組むべき内容等）

調査結果と、本調査にアドバイザーとしてご協力いただいた日比野愛子先生やインタビュー調査にご協力いただいた有識者から得られた意見を踏まえて、次年度以降に向けて取り組むべき内容や課題、課題解決のための具体的な修正点についての提案を下記の図のようにまとめた。

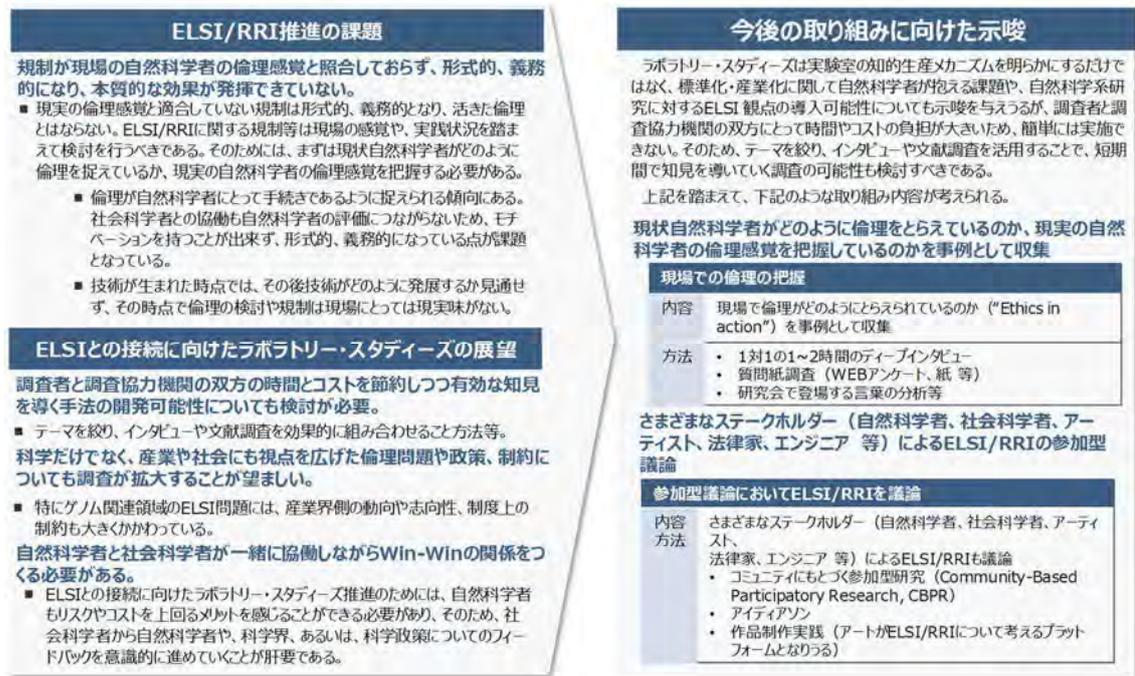


図 2 考察

詳細は下記の通りである。

4.1 課題

4.1.1 ELSI/RRI 推進の課題

本調査では ELSI/RRI 推進の課題としては、現実の倫理感覚と適合していない規制は形式的、義務的となり、活きた倫理とはならない点が指摘された。

ELSI/RRI に関する規制等が現場の感覚や、実践状況を踏まえていない場合は、倫理が自然科学者にとって手続きであるように捉えられる傾向にある。また、社会科学者との協働が自然科学者の評価につながるため、モチベーションを持つことが出来ず、形式的、義務的になっている点が課題となっている。また、技術が生まれた時点では、その後技術がどのように発展するか見通せず、その時点で倫理について検討や規制は現場にとっては現実味がないため、効果的な規制を検討するのは難しい点が課題である。

以上の課題を踏まえ、ELSI/RRI に関する規制等は現場の感覚や、実践状況を踏まえて検

討を行うべきである。そのためには、まずは現状自然科学者がどのように倫理をとらえているのか、現実の自然科学者の倫理感覚を把握する必要がある。

4.1.2 ELSI との接続に向けたラボラトリー・スタディーズ等の課題

ラボラトリー・スタディーズは実験室の知的生産メカニズムを明らかにするだけではなく、標準化・産業化に関して自然科学者が抱える課題や、自然科学系研究に対する ELSI 観の導入可能性についても示唆を与えうる手法であるが、下記のような点が課題として挙げられている。

まずは調査者と調査協力機関の双方にとって時間やコストの負担が大きいため、簡単には実施できない点が課題になっている。テーマを絞り、インタビューや文献調査を活用することで、限られた時間で知見を導くことができる実現性の高い調査の可能性も検討すべきである。

次にこれまでのラボラトリー・スタディーズは、自然科学者たちが科学の問題についてどのように認識しているか、自然科学者コミュニティの認識の特徴が中心的課題であった。他方、産業界との相互の影響、あるいは産業界の認識についてはあまり明らかにされてこなかった。しかしながら、ゲノム関連領域の発展のあり方や、ELSI 問題には、産業界側の動向や志向性、あるいは、制度上の制約も大きくかかわっている。科学だけでなく、産業や社会にも視点を広げた倫理問題や政策、制約についても調査が拡大することが望ましい。

3 点目として、これまで、科学の現場に入るラボラトリー・スタディーズは、現場に対してフィードバックを行うことができず、成果を社会科学領域において発信していくケースが多かった。また、ラボラトリー・スタディーズにおけるフィードバックは内部の批判者であることの困難が生じ、社会科学者の活動自体にも影響を与えてしまう側面があるため、指摘方法の工夫が必要であり、実施には難しい点が課題であった。そのため、社会学者が科学の進展にも脱関与的な姿勢を取りがちだと批判も寄せられてきた。そもそもラボラトリー・スタディーズは社会科学における一つの研究であるため、基礎研究がすぐには人類に貢献できないのと同じように、対象者にとって直接の問題解決にならない場合がある。ELSI との接続に向けたラボラトリー・スタディーズ推進のためには、自然科学者もリスクやコストを上回るメリットを感じることができる状況が必要であり、自然科学者と社会学者と一緒に協働しながら Win-Win の関係をつくる必要がある。そのため、社会学者から自然科学者や、科学界、あるいは、科学政策についてのフィードバックを意識的に進めていくことが肝要であると考えられる。

4.2 今後取り組むべき内容等

上記の課題を踏まえると、次年度においてラボラトリー・スタディーズを実施したとしても 1 年という短期間では成果が期待しにくいいため、ラボラトリー・スタディーズと関係の深いものの限られた時間で知見を導くことができる手法や、ラボラトリー・スタディーズではない手法を用いた案を下記に示している。

4.2.1 現場での倫理の把握

前項の課題で示したように、ELSI/RRIに関する規制等は現場の感覚や、実践状況を踏まえて検討を行うべきである。そのためには、まずは現状自然科学者がどのように倫理をとらえているのか、現実の自然科学者の倫理感覚を把握する必要がある。次年度は現場で倫理がどのようにとらえられているのか（“Ethics in action”）を事例として収集するという方法が考えられる。その手法としては、建前ではない真の意見が得られるようなことに留意する必要がある。例えば、ディープインタビュー、質問紙調査、研究会で登場する言葉の分析等が考えられる。また、得られた結果については、自然科学者に対して適切にフィードバックされなければならない、フィードバックの方法もあわせて検討しながら実施していくべきである。下記にそれぞれの手法について整理した。

(1) ディープインタビュー

自然科学者と人文・社会学者が1対1で実施する1~2時間のインタビューである。フォーカスグループより分析が容易である。また、研究会への招致は表面的な回答しか得られない可能性があるため、ディープインタビューの方が望ましい。

(2) 質問紙調査（WEB アンケート、紙 等）

WEB アンケートや紙による質問紙調査が考えられる。WEB アンケートであれば回答者が手書きで記載するよりも簡便であり、実施者も集計の際の入力が容易となるが、回答率が質問紙よりも下がる傾向がある。質問紙調査は、学会等の自然科学者が集まる場で、質問紙（もしくはWEB）に回答する時間を設け、回答いただく手法であれば高い回収率が期待できる。

(3) 自然科学者による研究会で登場する言葉の分析

一般的な研究会で自然科学者が自然に使用している言葉や、どのような文脈で「倫理」を使用しているかということから、どのように倫理をとらえているのかを分析する手法である。自然に行われている自然科学者の倫理的な判断と、行政・社会が考える倫理ではずれが生じることがあり、そのようなずれがある限り倫理の浸透は難しい。

4.2.2 さまざまなステークホルダーによる参加型議論

さまざまなステークホルダー（自然科学者、人文・社会学者、アーティスト、法律家、エンジニア 等）による参加型議論は社会問題に対する科学的かつ実効性の高いアプローチであり、参加型議論においてELSI/RRIを取り上げることも方法も考えられる。幅広いステークホルダーが参加することで、産業界側の動向や志向性等これまでのラボラトリー・スタディーズにおいて明らかになってこなかった視点についても分析することが出来る。参加型議論としては、コミュニティにもとづく参加型研究（Community-Based Participatory Research, CBPR）、アイデアソン、作品制作実践等の方法が考えられる。下記にそれぞれの手法について整理した。

(1) コミュニティにもとづく参加型研究 (Community-Based Participatory Research, CBPR)

CBPRとは、コミュニティのメンバーとコミュニティ外のメンバーである専門・非専門の参加者が、協働(コラボレーション)を原則として行う研究であり社会的実践(social action)を引き出すことが重視されている³。CBPRはコミュニティへの介入を前提としており、この研究アプローチはいくつかの国では公衆衛生や応用社会科学において定着している。例えば、アメリカでは先住民のヤカマ族の子宮がんの検査受診促進にCBPRの手法が用いられ、ヘルスケア専門家だけではなく、地域に発言力のある地域住民を交えたがん委員会を発足することで、十分に地域の声を吸い上げた上で、地域のクリニックの方針と構造の変革を促した⁴。

(2) アイディアソン

アイディアソンとは、ある特定のテーマについて多様性のあるメンバーが集まり、対話を通じて、新たなアイデア創出やアクションプラン、ビジネスモデルの構築などを短時間でプランニングするイベントのことを指す⁵。ハッカソン・アイディアソンはもともとIT系のテーマが主流だったが、現在では地域に問題解決や薬剤耐性問題等幅広いテーマのハッカソンやアイディアソンが開催されている。

(3) 作品制作実践

アート(美術作品、小説、漫画、映画等)という手法は科学技術を遠いと感じている市民には入り口と理解を、自然科学者にとっては自身が所属するコミュニティ以外の視点をもたらすことが出来、広く影響力をもつ可能性を秘めた方法である。アーティストが専門家をつなぐ存在となり、アートがELSI/RRRIについて考えるプラットフォームとなって、共通の言語や認識を持たないステークホルダーがそれぞれの認識を伝えあい、理解しあうことが可能になる。このように自然科学者、人文・社会科学者、アーティストがアート作品の制作でELSI課題を検討することも方法として考えられる。

³ 池田光穂「コミュニティにもとづく参加型研究：CBPR」(大阪大学COデザインセンターウェブサイト) 2020年2月24日閲覧 <https://www.cscd.osaka-u.ac.jp/user/rosaldo/090420CBPR.html>

⁴ 野地 有子「ワシントン大学クリスマン教授特別講 病院と地域の連携による看護のアウトリーチ実践～看護管理者によるCommunity-Based Participatory Researchアプローチ～」千葉大学大学院看護学研究科紀要 第37号 2020年2月4日閲覧 <https://core.ac.uk/download/pdf/97064479.pdf>

⁵ 須藤 順「ハッカソン/アイディアソンとは？ その類型と特徴、開催事例」(Digital Advantage ウェブサイト) 2020年2月4日閲覧 <https://www.buildinsider.net/hub/hackideathon/01>