

JST-RISTEX「ゲノム倫理」研究会
ケーススタディ 2024
報告書

令和7年3月

JST-RISTEX「ゲノム倫理」研究会

目次

1. はじめに.....	1
2. 企画	2
(1) ケーススタディ 2024 の狙い.....	2
(2) ケーススタディ 2024 の推進体制	2
(3) 「市民」の設定.....	3
3. 実施プロセス・結果	4
(1) 「ゲノム倫理」研究会の WS 及び市民 WS の開催	4
①「ゲノム倫理」研究会の WS 開催.....	4
②市民 WS の開催.....	5
(2) 各 WS の開催結果.....	6
①「ゲノム倫理」研究会 WS 第 1 回.....	6
②市民 WS 第 1 回	8
③「ゲノム倫理」研究会 WS 第 2 回.....	11
④市民 WS 第 2 回	13
⑤「ゲノム倫理」研究会 WS 第 3 回.....	16
⑥市民 WS 第 3 回	20
(3) 事後アンケート	30
①今年度のケーススタディの企画・進め方について :【良かった点】	30
②今年度のケーススタディの企画・進め方について :【改善すべき点】.....	31
③今年度の市民 WS の企画・進め方について :【良かった点】	31
④今年度の市民 WS の企画・進め方について :【改善すべき点】.....	32
⑤「ゲノム倫理」研究会の次年度以降の活動について :【ケーススタディを実施すべきか?】.....	33
⑥「ゲノム倫理」研究会の次年度以降の活動について :【ケーススタディ以外のアイデア】	34
⑦その他	34
4. 考察	35
(1) 山西 PJ の ELSI 論点.....	35
①「ゲノム倫理」研究会が考える山西 PJ の ELSI 論点.....	35
②市民と研究者の対話で生れた山西 PJ の ELSI 論点.....	36
(2) 研究当事者・ELSI 研究者・市民のトリログ (3 者間での対話) の成果.....	37
①市民の率直な問いが起爆剤となり研究当事者を動機づけることが出来る.....	37
②研究当時者のプレゼンテーションが市民を議論に誘う	38
③ELSI 研究者と研究当時者の対話を後押しする「市民の声」.....	38
④メディエーターかつ問題設定役としての ELSI 研究者.....	38
⑤対話の継続.....	39
⑥対話を活性化する制作物 (未来の記事や小説等)	39
5. 今後に向けて.....	40
参加者	41
資料 : 山西 PJ の初期資料に対する市民の意見@第 1 回市民 WS.....	43
(1) 全体の印象 (山西プロジェクトのプレスリリース、PPT 資料、動画を見て感じたこと)	43
①化学・バイオ系コースの学生.....	43

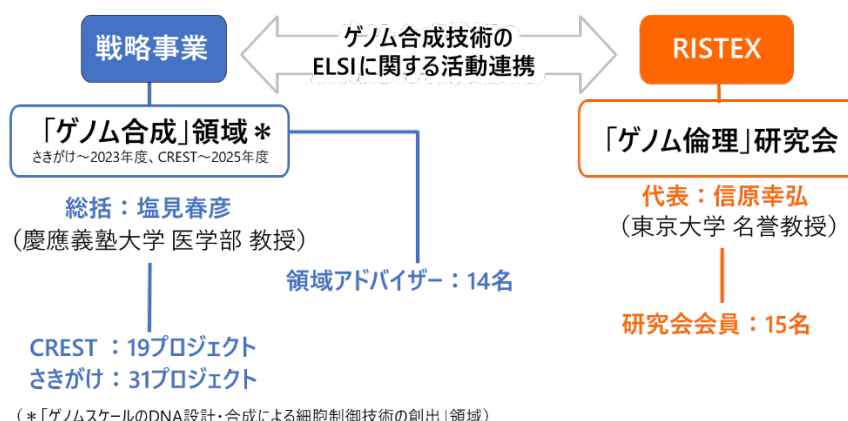
②機械・知能系、情報・ソフトウェア系の学生	44
③社会人	45
(2) 市民が考える「社会全体で議論していくべきこと (ELSI 等)	46
①化学・バイオ系コースの学生	46
②機械・知能系、情報・ソフトウェア系の学生	47
③社会人	49
(3) オンゴーイングの先端研究に市民が関わる意義 (市民から見た参加の意義、難しさ)	51
①化学・バイオ系コースの学生	51
②機械・知能系、情報・ソフトウェア系の学生	52
③社会人	53
資料 : SF プロトタイピング手法を用いた未来小説	56

1. はじめに

ゲノム関連技術の研究開発は急激に進展しており、ヒトゲノム配列の解読やゲノム編集技術 CRISPR-Cas9 の登場を始め、今や人工的にゲノム配列を設計・合成することが可能となる時代にある。これにより、さまざまな領域に大きなメリットをもたらす可能性がある一方、ゲノムが「生命の設計図」であることから、生命、種、さらには生態系に対してネガティブな影響を及ぼす恐れもある。そのような中、ゲノム情報をめぐる新技術の研究開発を推進する上で、ELSI/RRI の論点や、その根底にある規範・価値観の確立が求められている。

このような背景のもと、国立研究開発法人科学技術振興機構（JST）社会技術研究開発センター（RISTEX）では、新興科学技術（Emerging Technologies）の研究開発及びその社会実装に伴い想定される倫理的・法制度的・社会的課題（Ethical, Legal and Social Issues/Implications: ELSI）の解決と、ELSI への取り組みを通じた責任ある研究・イノベーション（Responsible Research and Innovation: RRI）に資する取り組みの一環として「ゲノム倫理」研究会を設置・運営し、ゲノム関連技術と社会のための倫理の考察や、調査・研究活動を行っている。また、「ゲノム倫理」研究会の活動は、ゲノムの動作原理の解明とその知見に基づく細胞利用の基盤技術の創出を目指す、JST 戦略的創造研究推進事業（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、「ゲノム合成」領域）と連携し、オンラインセミナーや合同ワークショップ（以下、「WS」という。）などを通して、研究開発の上流からの ELSI/RRI のあり方の検討・試行に取り組んでいるところである。

図表 1：ゲノム合成技術に関する ELSI の取り組み（2019 年度～）



本年度、「ゲノム倫理」研究会では、JST-CREST「ゲノム合成」領域の 1 つのプロジェクト（次図表）を対象に、ELSI 課題や主要論点を議論するケーススタディの WS、及び市民意識を抽出するための調査等を実施した。

図表 2：ケーススタディの対象プロジェクト

「電界誘起気泡及び DNA ナノ粒子結晶による長鎖 DNA の導入・操作技術の研究」

研究代表者：山西陽子（九州大学大学院工学研究院 教授）

共同研究者：菅野 茂夫（産業技術総合研究所 生物プロセス研究部門 主任研究員）

田川 美穂（名古屋大学 未来材料・システム研究所 教授）

**坪内 知美（自然科学研究機構基礎生物学研究所 幹細胞生物学研究室
准教授）**

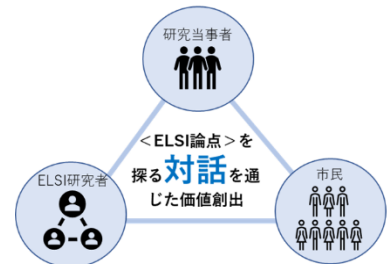
2. 企画

（１）ケーススタディ 2024 の狙い

本年度のケーススタディ（以下、「ケーススタディ 2024」という。）は以下の狙いを持って進めた。

図表 3：ケーススタディ 2024 の狙い

- 研究当事者、ELSI 研究者、市民の 3 者間の立場や知識の「違い」を理解し合いつつ、対話を通じて「共に議論していくべき（ELSI）論点」を探っていく。
- 「ゲノム倫理」研究会の WS と市民 WS を交互に開催し、それぞれの議論を共有し合いながら、議論を重ねていく。
- 議論結果は分かりやすくとりまとめ、議論のプロセスとともに公開する。
- これにより、①参加した研究者が自身の活動にフィードバックすることで ELSI に配慮した研究活動の促進に貢献すること、②本取組をプロセスも含めて発信することで、ELSI 対応事例の 1 つとして他の取組で参照されること、を狙いとする。



（２）ケーススタディ 2024 の推進体制

山西プロジェクトのメンバー 6 名と「ゲノム倫理」研究会のコアメンバー 4 名が中心となり、ケーススタディに取り組んだ。各 WS には、CREST の塩見総括、「ゲノム倫理」研究会のメンバーの参加も得て進めた。

図表 4：ケーススタディ 2024 の主要メンバー

山西チーム



山西 陽子
九州大学大学院工学研究院
教授



菅野 茂夫
産業技術総合研究所 生物
プロセス研究部門 主任研究員



田川 美穂
名古屋大学 未来材料・
システム研究所 教授



坪内 知美
自然科学研究機構基礎生物学研究
所 幹細胞生物学研究室 准教授



鳥取 直友
九州大学 大学院工学研究院
機械工学部門 助教



鈴木 隼人
産業技術総合研究所
生命工学領域
生物プロセス研究部門 研究員

「ゲノム倫理」研究会 ケーススタディ2024コアメンバー



信原 幸弘
東京大学 名誉教授



四ノ宮 成祥
防衛医科大学校 前学校長／国立感染症研究
所 客員研究員



田川 陽一
東京科学大学 生命理工学院
准教授



志村 彰洋
株式会社電通 第7マーケティング局 ゼネラルマネージャー

(3) 「市民」の設定

ゲノム倫理等に関する対話を進めることが出来る「市民」として次のような条件を踏まえて適切な相手を検討した。最終的には、近年はアントレプレナーシップ教育にも注力しており、技術の社会実装に関心を持つ学生が比較的多いと思われた一関高専とのコラボレーションを選択した。

図表 5：ケーススタディ 2024 で対話を図る「市民」のイメージ

- ① 科学・技術に対する理解・関心・知識が多少はあること
- ② 市民感覚を持ちながらも、ゲノム合成等に関して一定の意見等を発言できる者が一部含まれること（全員がそうである必要はないし、意見が言えるといってもその道の専門家である必要はない。むしろ市民感覚で発言できる者が望ましい。）
- ③ 市民感覚を持ちながらも、最先端研究の ELSI に関心を持つ者が一部含まれていることが望ましい（全体で2，3人いればよい）
- ④ （調査側の意図に合わせることなく）感じたことを遠慮なく率直に表出してくれる者が望ましい
- ⑤ 先端研究の長期的な影響（プラス／マイナス）を考えると、若い世代の者を含める方がよい

3. 実施プロセス・結果

(1) 「ゲノム倫理」研究会の WS 及び市民 WS の開催

①「ゲノム倫理」研究会の WS 開催

ケーススタディ 2024 では「ゲノム倫理」研究会の WS を計 3 回開催した。1 回目は、九州大学の山西研究室を研究会メンバーが往訪し、実際の研究の現場を視察するなど、山西プロジェクトの研究内容の理解増進を図った。また、第 1 回市民 WS で市民向けに「山西プロジェクトの研究をどう伝えるべきか」という観点から、動画制作や資料の準備について調整した。2 回目は、第 1 回市民 WS で市民から出た「動画や資料を見てもよく理解できないので ELSI 論点等の議論は難しい」といった意見を共有し、改善方策等を議論した。また、コアメンバー 4 名が考える山西プロジェクトの ELSI 論点を紹介し、意見交換を行った。3 回目は、コアメンバーを中心に試行錯誤を重ねた「市民向け資料改訂版」を共有した上で、第 2 回でコアメンバーからあげられた ELSI 論点から 2 つを選び、その深掘りを 2 つのグループに分かれ議論した。最後に全体で各グループの主な議論を共有し、さらに意見交換を行った。

図表 6 : 「ゲノム倫理」研究会 WS の開催日、議題等

回	開催日、会場	議題等
第 1 回	2024 年 10 月 2 日 九州大学	・ サイトビジット（九州大学）による山西プロジェクトの理解 ・ 山西プロジェクトの ELSI 論点の方向性の検討 ・ 第 1 回市民 WS に向けた市民向け説明資料の検討
第 2 回	11 月 22 日 オンライン形式	・ 第 1 回市民 WS で得られた「市民の意見」の共有と解釈 ・ 市民への応答の方向性の検討（市民向け説明資料の改訂等） ・ コアメンバー 4 名が考える山西プロジェクトの ELSI 論点の整理
第 3 回	2025 年 1 月 27 日 オンライン形式	・ 第 2 回市民 WS で得られた「市民の意見」の共有と応答策の検討 ・ 山西プロジェクトの論点の深掘。2 グループに分かれて議論した後、全体でさらに議論する形式とした。 ➢ 論点 1. 長鎖 DNA を細胞に入れられるようになると、生き物の在り方・概念自体が変わるのではないか？ ➢ 論点 2. 長鎖 DNA・染色体導入が許される病気の範囲とは？

上記の他、コアメンバーによる企画会議等を必要に応じて開催した。主な会議は以下の通り。

図表 7 : 「ゲノム倫理」研究会 ケーススタディ 2024 コアメンバー会議

開催日	議題等
2024 年	・ 「ゲノム倫理」研究会第 1 回 WS の進め方、資料等の最終確認

9月24日	市民 WS の企画
10月25日	第 1 回市民 WS で使用する動画の確認修正 (山西氏参加)
11月14日	- 第 1 回市民 WS で市民から寄せられた意見の共有 - 市民の意見への今後の応答方策の検討 「ゲノム倫理」研究会第 3 回 WS の進め方
12月6日	- 山西プロジェクトの市民向け説明資料の修正作業 - 第 2 回市民 WS に向けた資料等の準備
12月17日	山西プロジェクトの市民向け説明資料の修正内容の確認 (山西氏参加)
2025 年 1月17日	「ゲノム倫理」研究会第 3 回 WS の進め方 - 山西プロジェクトの市民向け説明資料の修正内容の確認 (山西氏参加)

②市民 WS の開催

市民 WS は計 3 回開催した。1 回目は、一関高専において 17 名の参加者を得て開催した。「ゲノム倫理」研究会から 1 名が現地で、さらに 1 名がオンラインでそれぞれオブザーバーとして参加した。3 グループに分かれ、山西プロジェクトの説明動画を視聴した上で、市民から見た山西プロジェクトの ELSI 論点等についてそれぞれ 2 時間の意見交換を行った。参加者からは総じて「動画や資料を見てもよく理解できないので ELSI 論点等の議論は難しい」といった意見が出され、市民として山西プロジェクトの ELSI 論点を考えていくための改善点などが提案された。2 回目は、第 1 回市民 WS の参加者または運営スタッフの中から 6 名が参加し、また「ゲノム倫理」研究会のコアメンバー 4 名も加わり、オンライン形式で行われた。1 回目の議論を振り返ったうえで、市民が山西プロジェクトの ELSI を考えていくための条件について市民観点から改めて意見が出された。また、コアメンバー 4 名からは、第 1 回市民 WS の議論を受けた「ゲノム倫理」研究会の対応状況を市民へ共有したうえで、コアメンバー 4 名がそれぞれ考える山西プロジェクトの ELSI 論点を紹介した。3 回目は一関高専を会場に、市民 13 名、「ゲノム倫理」研究会の研究者 4 名、そして今年度のケーススタディの対象である山西プロジェクトの研究者 2 名、山西プロジェクトが属する CREST の総括 1 名の合計 20 名が一関高専に一堂に会し、3 時間にわたって議論を交わした。山西氏から市民へ向けたプレゼンテーション、市民 WS での市民の議論を踏まえて「ゲノム倫理」研究会が制作した「SF プロトタイピング手法で制作した未来小説の動画」の紹介などが行われ、その後市民と研究者による対話を進めた。

図表 8 : 市民 WS の開催日、議題等

回	開催日、会場	議題等
第 1 回	2024 年 10 月	山西プロジェクトの研究概要の説明

	30 日、31 日 一関高専	➤ 事前に山西プロジェクトの資料（プレスリリース等）見たうえで、会場で説明動画等を視聴。 • 市民からの意見出し ➤ 山西プロジェクトの研究の資料を読んで「気になった言葉や説明」「もっと詳しく知りたいと感じた点」はどこか ➤ 山西プロジェクトの研究成果が社会で適切に活用されていくために社会全体でさらに議論を深めていくべきことは何か（≒ ELSI 論点） ➤ 山西プロジェクトの例のように、「オンゴーイングの最先端研究」に対して市民が関わっていく意義や方法は？ • 計 17 名の市民を 3 グループに分け（詳細後述）、それぞれ別時間帯に 2 時間の議論を実施。
第 2 回	12 月 18 日 オンライン形式	• 第 1 回市民 WS の議論の振り返りを行った上で、改めて重要と思われる点の確認を行った。 • 「ゲノム倫理」研究会コアメンバー 4 名が参加し、メンバーから市民向け説明資料の改訂等を進めていること、その時点の最新版を説明した。 • コアメンバー 4 名が考える山西プロジェクトの ELSI 論点を紹介した。
第 3 回	2025 年 2 月 28 日 一関高専 + オンライン形式	• これまでの各 WS での検討を踏まえ、市民、研究当事者（山西氏）、「ゲノム倫理」研究会からの応答を行った。 • SF プロトタイピング手法で制作した未来小説の動画を視聴 • 意見交換。2 グループに分かれ、その後全体で議論。 ➤ 論点 1. 山西プロジェクトの ELSI 論点をどう考えるか？ ➤ 論点 2. 最先端研究の ELSI の議論を市民と共に進めていくためには？

（２）各 WS の開催結果

①「ゲノム倫理」研究会 WS 第 1 回

（山西教授より研究内容の説明）

長鎖 DNA という「大きな物質」を細胞に導入することを目的に、長鎖 DNA の封入技術、細胞への導入技術、機能発現技術などに研究要素を切り分けて、工学系・バイオ系など複数の研究分担者による学際的な研究に取り組んでいる。研究の 1 つのアウトカムとして、長鎖 DNA デリバリーシステムの実用化、社会実装を目指しているとの説明があった。

山西教授は、工学的な知見が必要となる細胞への導入技術の研究及び開発を担当されており、ラボ

見学でも、細胞に気泡を打ち込むバブルメス、細胞融合を効率的に行うために製造されたマイクロ流体チップ等を用いた最新の実験設備が「ゲノム倫理」研究会メンバーに紹介された。

（山西プロジェクトに関する ELSI 論点）

まず、基盤技術を対象とする ELSI を考える際に直面する悩ましさや重要性についての議論があった。山西プロジェクトは、長鎖 DNA を細胞に組み入れる技術を作るという目的意識から実施されているが、「長鎖 DNA を細胞に組み入れること」の様々な ELSI 論点を考えるのか、それとも、山西教授が開発した技術を「長鎖 DNA 以外のものも細胞に組み入れることが出来る（汎用的な）技術」と捉えて、その幅広い可能性を視野に入れた ELSI 論点を考えるのか、ELSI を検討するスコープ設定が悩ましいとの意見があった。

また、この技術の「出口（＝社会での活用のされ方）」の設定が必要であり、特にレギュレーションの議論は「出口」側で主に進められるのではないかとの意見があった。議論の進め方としては、例えば、「DNA ではなく、（人工）染色体としてのコンプレックスを全部丸ごと入れられるとしたら、どんな世の中に変わっていくのか」といった議論の土台を定めつつ、そこから幅広い想像をしながら ELSI の議論を進めていく方向もあり得るといった意見も出た。

技術がもたらすリスクに対しては、汎用性が高く、大きな影響をもたらすような技術はリスクもどうしても高くなることを認識する必要があること、そのリスクは制御できる範囲に収まるのか、それをどのように見積もるのが良いか、技術が悪用されない制御的な仕組みを社会でどのように作ることが出来るのか、といった点を多くの関係者が見据えながら技術開発を進めなければいけないとの考え方が共有された。

最後に、山西プロジェクトの幅広い応用可能性を鑑みれば、最終的には生命の中に非生命を入れることが技術的に可能になることも想定され、そうだとすれば、生命と非生命はどれぐらい融合できるのか、人間と機械が一体になるとはということなのか、結局生命とは何なのか、といった議論も ELSI の論点として深めていく必要があるとの共通認識に至った。

（市民との対話）

最先端の基盤技術に関して「市民」との対話を進めることに挑戦する意義と、その進め方についての議論があった。基盤技術は、「基盤」であるが故に、また、現在も研究開発が進行中であるとなおさら、その基盤技術を用いてどのような製品・サービスが生み出されるかという点について、現時点で明確な答えがない。その状態でも市民との対話可能性を探っていくことの重要性が改めて確認された。その上で、資料や動画など情報の示し方によって市民の意見も変わり得ること、市民との対話は研究のサポーターをいかに集めるかという視点からもその意義を見出すことが出来る、といった意見があった。対話の進め方については、10 分程度の研究紹介動画を流した後、市民からのフィードバックを受ける形とし、市民の多様な意見を引き出すように設計すること、その中で出てきた反応を丁寧に確認していくことが大事であるとの意見があった。

（塩見総括のコメント）

最後に、全体の議論を振り返り、塩見総括から次のようなコメントがあった。研究者側からすれば、自分のやりたいことをやっていけばいいのだという感覚がどうしても生じてしまうのだが、同時に、多くの人の強い支援を得なければならなくて、それがいいことにはやっていけない。しかし、その支援を得るために何をすればいいか、ということがよく研究者側には分からなくて、本日のような議論をしていく過程で、何となく見えてくるというものがあるのだと思った。これはとても良い経験になると思っているのでぜひ多くの研究者がこういうところに関わって、自分のやっている研究がどう見えているのか、どうすれば支援を得られるのか、というような考え方を身につけることはとても重要だと思っている。

②市民 WS 第1回

(参加者、進め方等)

一関高専の協力を得て、高専の学生、地域の社会人を公募（学内のみ）と個別打診により集めた。最終的には下記表に示す参加者（計 17 名）を得た。なお、学生については、本科 5 年生以上（＝大学 2 年以上に相当する年齢層）を対象とした。

図表 9：第1回市民 WS 参加者属性

グループ1	グループ2	グループ3	計
一関高専の化学・バイオ系を専攻する学生 5名	一関高専の機械・知能系、情報・ソフトウェア系を専攻する学生 7名	社会人（地域金融機関、商工団体、教員、事務職員等） 5名	学生 12 名、社会人 5 名 計 17 名

下記の資料・動画を見たうえで、それに対する市民の印象や意見を確認した。

図表 10：第1回市民 WS 参加者への情報提供

【事前に資料を配布 その1】 開催6日前 - プレスリリース（電気機械的穿孔法（エレクトロメカニカルポレーション）による細胞への分子導入促進）：https://www.jst.go.jp/pr/announce/20221021-2/pdf/20221021-2.pdf - CREST「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」の実績報告（公表済みのもの） 2019 年度、2020 年度 - 山西氏の研究室 HP の「研究内容」ページ：https://bmf.mech.kyushu-u.ac.jp/researches/ 【事前に資料を配布 その2】 開催1日前 ✓ 山西氏による市民向け説明資料（パワーポイント）の配布 【当日、山西氏の動画メッセージを現場で投影】
--

(山西プロジェクトの市民向け説明資料への意見)

市民による意見出しにおいては主に次の 3 つの視点から気づいたことを述べてもらった。

- 山西 PJ の研究の資料を読んで気になった言葉や説明、もっと詳しく知りたいと感じた点
- 山西 PJ の研究成果が社会で適切に活用されていくために社会全体でさらに議論を深めていくべきこと（＝ELSI）
- 山西 PJ の例のように、「オンゴーイングの最先端研究」に対して市民が関わっていく意義や方法

結果的には、山西プロジェクト（以下、「山西 PJ」とする。）の ELSI 論点を考える前提部分に対する意見が多くを占めることになった。また、反応の異同を確かめるために、参加者の属性に基づいてグループ分けを行ったが、事前に想定していた通り、化学・バイオ系を専攻する学生の方が機械・知能系、情報・ソフトウェア系を専攻する学生よりも、本 WS に対する向き合い方が積極的で意見の具体性が比較的高かった。社会人においてはご自身の立場（金融関係、主婦等）からの意見やメディアの影響といった学生とはやや異なる視点からの意見があった。そのような若干の違いがあるが、それ以上に 3 つのグループには「山西 PJ の資料・動画からは自分とのかかわりが見えてこない」との共通点が多かった。主な意見を 7 点に整理したものが次表になる。

図表 11：第 1 回市民 WS 山西プロジェクトの市民向け説明資料への市民の反応

市民が ELSI の議論に参加できる基盤	1. 技術の具体的な応用例を基に、自分との関わりを知りたい	• ELSI を考えるには、その技術が社会のなかでどのように利用されるのかが分からないと、市民として意見を言うことは難しい。（自分との関わりが不明なので）。 • 様々な応用可能性があるようだが、それを網羅的に示してもらう必要はない。実現可能性の高いもの、山西氏が実現していきたいと考えているものを教えていただくことで良い。
	2. 研究の背景・目的、他の研究との関係性を知りたい	• なぜこの山西プロジェクトが必要なのか、という前段を知りたかった。長鎖 DNA 導入デバイス開発をなぜやることになったのか。それがあれば、どのような社会への影響があるのかが、（分からないなりに）少しは想像がつく。 • おそらく CREST の中での研究分担があるはずなので、他の研究との役割分担も含め、CREST として何を実現する研究なのかをトータルで見ないと（山西氏の研究を単独で見ても）わからないと思った。
	3. 市民による ELSI の議論を促す土台づくりが必要	• そもそも社会でどのように活用されるのがわからなければ、倫理的な話も想定しづらい。市民が対象であれば、絶対にその点は必要。 • 当然その技術で社会を良くすることを目指しているのだろうが、一方で（意識するかどうかとは別に）ネガティブな側面もあるはず。メリデメ双方を整理して、（市民も参加できる）議論の土台作りを進めることが先ずは必要だと感じた。 • ELSI 以前の話になるが、市民が関わっていく前に、先ずは市民に興味を持ってもらう必要がある。

	4. しかるべき専門家間で連携し議論を発信してほしい	- 山西氏の研究の応用先の一つに医療分野があると思うが、もしそうであれば、山西氏の研究のユーザーとしての医療分野（医師や医療研究者等）と連携いただいて、応用例やそこでの倫理的問題を議論していただきたい。 - 市民対話以前に先ずはそれが必要で、具体的な使われ方やそこでの倫理的問題の（専門家たちによる）議論を発信していくことが、市民も参加する社会全体での議論を深めるために必要だと感じた。
	5. 市民が理解できる資料がほしい	- 全体の「流れ」「ストーリー」を考えてほしい。山西氏の資料で言えば、その技術で細胞に長鎖 DNA を入れられることで結局何がかわるのかを最初に具体的に説明してほしい。そのうえで、既存技術ではなぜダメで、だから山西氏たちはこんな工夫をして開発した技術である、という流れで理解したかった。その際、山西氏の技術の詳細はあったとしても資料編でよい。 - 分からない単語が出てくるとそこで止まってしまう。今回の資料はタイトルからして何もわからなかった。
	6. 市民が ELSI の議論に関わるタイミングを考えるべき	- オンゴーイングの研究に市民が関わる意義はある。そうすることで、当該研究を社会にとってより良い方向に進んでもらえるフィードバックになる可能性はあるから。 - 基礎研究への市民の関与が本当に良いことばかりなのかを検討すべき。（市民の意見でその研究の自由度が無くなってしまう恐れ等）。 - 分野や研究によって異なると思うが、「どの研究段階で市民の目が入るべきか」という点もよく考えた方がよい。
責任の所在	7. 研究の倫理的問題は「使う側」にあるのではないか	- 先ず、だれが説明するにしろ、ある程度応用が想定できないとリスク等の説明や責任という問題を検討することは難しい。 - 研究者本人が、それがもたらすリスクについても詳しいはずであるし、当該分野の研究の第一人者だからこそ、山西氏から説明あるいは啓発してほしい。ただ、倫理的なところまで山西氏が発信すべきかと言えばそうでもないように思う。倫理的なことであれば、（その研究を採択した）国の組織などから市民に対して発信する必要があるとも感じた。 - 良くも悪くも技術はどう使うかだ。リスクや責任は、その技術を開発した研究者ではなく使う側、応用する側を考えなければいけない問題だ。

※なお、第 1 回市民 WS での議論の詳細は後述の「資料：山西 PJ の初期資料に対する市民の意見 @第 1 回市民 WS」を参照のこと。

③「ゲノム倫理」研究会 WS 第 2 回

（第 1 回市民 WS 結果の共有）

事務局より第 1 回市民 WS で確認された市民の主な意見が紹介された（前表）。大きく 7 つに大別し報告されたが、全ての意見に通底する重要な点として、市民は ELSI 論点を考える前提として研究内容を社会実装する際の具体的な応用例を提示することを求めている、との点が挙げられた。とりわけ、ELSI の議論においては「その研究が自分にどのように関わってくるのか」がある程度想定できることが大前提になってくるのではないか、といった意見が強調された。

その背景として、今年度「ゲノム倫理」研究会のテーマとしている山西プロジェクトが基盤技術の研究開発であり市民が具体的に触れる実用化事例を現時点で特定することは困難であること、及び、山西教授の専門である機械工学という学問の性質、デバイス開発が CREST 全体の研究プロジェクトの一部であること等々が確認され、そのような背景や研究の位置づけも含めて市民に伝えていく必要性が議論された。

（市民と建設的な議論を展開するための工夫）

第 1 回市民 WS の厳しい結果を踏まえて、ディスカッションでは、市民の理解を得て、議論を促進する具体的な方法について様々なアイデアが議論された。

先ず、「我々が生きる現在は昔の技術の恩恵を受けて出来ている」ことを知ることが、未来の話に想像を巡らすきっかけになるのではないかという意見があった。携帯が生まれる前後や Zoom 前後でどのように世界が変化したのかを脳裏においたうえで、バイオ領域の新技术が生まれたときにどうなるかを考えていくことがあり得るのではないか、そのような補助線を設けることで未来を議論しやすくするアイデアであった。

次に、情報通信分野など市民が理解しやすいテクノロジー領域のアナロジーを用いて説明するアイデアが出された。山西 PJ において、これまで細胞への導入が難しかった長鎖 DNA を細胞内に導入できるような技術を開発することで、細胞内へ伝達できる情報量が格段に増えることになるが、インターネットの世界では誤った情報を訂正することは比較的容易なところ、遺伝子情報の導入（操作）は可逆的なのかといった問いが生まれた。

また、市民に対して、完全に極端な応用可能性を考える対立する立場を提示し、どちらの立場が自身の考えに近いだろうかと想像してもらうことで議論を活発化していく手法もあり得るとの意見があった。ここでは、技術の安全性や善悪といった議論よりも、その技術が社会に普及することで生じ得る社会的な不平等などを中心的な論点としていく方が市民は議論しやすくなるとの考え方が示された。

大局的な視点から、そもそも市民 WS や多様な分野の研究者を含めた ELSI の議論の前提として、本研究プロジェクトが対象とする長鎖 DNA の導入・駆動について、現在人類が知見を持っていないこと、そうであるからこそ、先ずはそれを人類として理解していく研究が必要であることの共通認識を創っていくことが重要ではないか、という意見もあった。「人類が分かっていないことを分かるために研究している」という現況や現場の率直な認識を多くの人に伝えていく必要があると研究当時者側は認識し、希望していることが分かった。

（山西 PJ の市民向け説明資料のブラッシュアップ）

第 1 回市民 WS の結果を踏まえて、山西 PJ の市民向け説明資料の改訂方針に関する意見を共有した。さらに、山西 PJ の技術の使われ方に関するアイデアを議論し、最後に山西 PJ の ELSI 論点に関するコアメンバー 4 名の意見が紹介され、議論が行われた。

図表 12：山西 PJ の市民向け説明資料のブラッシュアップ案 ～ コアメンバーからの提案

方針	✓ 第 1 回市民 WS において、市民から「山西 PJ の説明資料が分かりにくかった」との意見が出たことを受け、どのような形であればより分かりやすかったのかを検証するため、説明資料・修正版作成の試みを「ゲノム倫理」研究会のコアメンバーを中心に、山西氏と調整を図りながら進めることになった。
改善ポイント	1. CREST における 【ゲノム合成】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についての目的を分かりやすく説明する。その上で、山西 PJ の役割がどこにあるのかの位置づけについて明示する。 2. CREST におけるゲノム合成が、基盤的な技術開発であることは理解しつつも、最終的な社会利用（医療・バイオテクノロジー産業、農業など）として何を念頭に置いたものであるのかを分かりやすく提示する。 3. 山西 PJ における EMP 技術のどこが新しく、何が困難な点であるのかについて、従来の技術との比較から、その意義を理解してもらうように提示する。（長鎖 DNA とは短鎖 DNA とどう異なるのか、長鎖 DNA を細胞内に導入することの意義や難しさについて、EMP 技術のアピール、など） 4. 山西 PJ を進める上で、ゲノム合成関連技術が現在どこまで進んでいて、将来どのくらいの時間的展望で何ができるようになりそうなのかをイメージできるようにする。 5. 山西 PJ の技術開発が進んだ先の具体的な利用方法について、種々のステークホルダーがどのようなイメージを描いているのかを示すため、まずは「ゲノム倫理」研究会のメンバーが何を考えているのか、意見交換して、その中から適切な例を資料に盛り込む。 6. 山西 PJ が実際に利用されるようになったときの社会を想像し、どのようなメリットや問題点が存在しうるのか市民に提示し、ELSI 問題を考えてもらえるような形でまとめる。

（コアメンバーが考える山西 PJ の ELSI 論点）

4 名のコアメンバーが考えた山西 PJ の ELSI 論点案の説明があった。新たな生物を創り出す可能性、想定外の生物が生まれる可能性を考えたとき、人間の操作できない領域を作るべきではないか。また、生命に対する尊厳としての細胞への操作はどの程度まで許容されるのか。技術のレディネス別に多段階な論点が存在するのではないか。ヒト細胞内に動物染色体を導入することの嫌悪感、ヒト細胞の動物

化、動物細胞のヒト化、新たな動物種発現の可能性、などの論点案が参加者に提示され、意見交換が行われた。

図表 13：山西プロジェクトで開発された技術の利用法に関するアイデア

- ・ チンパンジーの細胞にヒトの遺伝子を入れて機能発現するかを見る（基礎研究）
- ・ ゲノムの置換によりヒト細胞の動物化、動物細胞のヒト化が可能となる（細胞工学）
- ・ デザイナーベビー（不妊医療）
- ・ 高精度な DNA 挿入技術により、患者ごとの病状や要望に応じた最適な治療が可能（個別化医療）
- ・ 病気の治療以外にも、健康の増進、美容、老化防止など（健康増進・美容）
- ・ 遺伝子ドーピングなどの生体機能の拡張（エンハンスメント）
- ・ 医薬品の精製やサプリメント、プロバイオティクスなどの製造（創薬）
- ・ 食品・農業・畜産・水産・林業などへの利用（農林水産業）
- ・ 環境・エネルギー分野への応用（バイオテクノロジー産業）

図表 14：山西プロジェクトの ELSI 論点 ～ コアメンバーの整理

- ・ 病気の治療に使えるが、生き物の在り方自体の概念が変わる
- ・ 長鎖 DNA・染色体導入が許される病気の範囲とは？
- ・ 人間が操作してはならない不可侵領域があるのではないかと、また、そもそも操作技術を持たない領域を残しておいても良いのではないかと
- ・ ネット社会でデジタル格差が出たのと同じく、ゲノム格差が生じるかも
- ・ 遺伝子組換え論議の要再考（ゲノム操作規制の在り方をどう考えるか）
- ・ 善悪利用の二項対立の考え方から脱却する必要がある
- ・ 我々は長鎖 DNA がどう駆動するのかまだ知見を持っておらず、知らないこと・分からないことにどう対処するのか？
- ・ 我々が準備できていることと、そうでないことを、どのように整理するのか？
- ・ 役に立つデバイスをつくることと何に使うのかは別であり、関係者で要協議
- ・ 本技術の利用方法を限定したくない（議論を通じて開発の方向を決めるべき）

④市民 WS 第 2 回

（参加者、進め方等）

2 回目は、1 回目の参加者及びスタッフから 6 名の市民（学生 5 名、社会人 1 名）が集まり、JST「ゲノム倫理」研究会メンバー 4 名も加わり、最先端研究の ELSI を市民と研究者等がどのように協働しながら建設的な対話を創造していくことが出来るのか、その可能性や乗り越えていくべき課題等について意見を交わした。

（最先端研究が社会で適切に受容・活用されていくために議論していくべきこと）

「アカデミアによる最先端技術開発の研究」と「市民」が、「当該研究が社会で適切に受容・活用されていくことを目指した建設的な対話」を進める上で特に重要と思われる点について意見が出された。6名の市民から、第1回市民WSの議論を踏まえて、山西PJのELSI論点を考えていく上で重要と考えるポイントとして以下が提示された。内容的には、第1回市民WSでの議論を再確認するものであった。やはり、山西PJの技術の使われ方が設定され、そこでの社会が被るメリットとデメリットが整理されてはじめて市民の自分事化が進み、その結果として市民は山西PJの研究に興味・関心を持つようになるであろう。そこまで行けば、山西PJのELSI論点の議論も可能になる、という意見であった。また、市民との対話といった場合、そもそも市民とはだれのことを指すのか、それを決めるのはだれなのか、といった観点にも十分な注意を払うべきとの意見があった。特に、議論をしようとする研究に反対の立場をとる可能性を持つ市民や、大きな声にはなりにくい少数者の意見なども含めて議論していくことが、ELSIの議論には求められるのではないかとする考え方であった。

図表 15：山西プロジェクトの ELSI 論点を市民も考えていくために必要なこと（市民の意見）

- 多くの市民は山西プロジェクトのような最先端の研究に関する知識は持っていないはずで、そのような市民と ELSI を考えるのであれば、まずは興味・関心を持ってもらうところから始める必要がある。
- 市民に興味を持ってもらうには、技術が社会に与えるメリット・デメリットを整理して、自分事として興味を持ってもらえるようにしていくことが重要ではないか。
- 現実的には、一般の市民が最先端研究の内容を理解するのは困難ではないか。細かな研究内容への理解を求めるよりも、その研究が何に使えるのか、それにより社会はどうなるのかという点こそを市民に分かりやすく伝えていくことが研究者側に求められているのではないか。仮に細かな研究内容が分からないとしても、その使われ方が見れば市民も ELSI に関わる様々な意見を持つはずだ。
- 「市民との対話」と言っても、いろいろな市民がいるなかで、どのような市民を相手に対話していくのが ELSI の議論としては大事なポイントの一つになるのではないか。例えば、取り上げる研究に対して好意的ではないかもしれない市民も含めて対話していくことが必要ではないか。また、倫理的問題意識としては少数者の声をいかに確認していくのか、という点も考えておきたい。

上記の市民の意見に対して、「ゲノム倫理」研究会コアメンバーからは、市民が自分事と受け止めてもらうことが、研究に関する ELSI を考える前提になるとの意見が非常に重要な点だと感じたが、自分事と考えてもらうための1つのアプローチとしては、市民は税金を払うことを通じて研究プロジェクトのスポンサーであるという観点を強調していく方向性があり得るのではないかとするアイデアが出された。また、市民の側からは、研究が社会に及ぼすメリットとデメリットを説明してほしいという声があがっているが、メリットがあるから研究して良い、デメリットがあるから研究してはいけない、ということになるのだろうかとする疑問も提示された。もっと先の未来を見て、その研究が切り拓く幅広い可能性を考えていくことが大事なのではないかとする意見だった。さらに、山西PJのELSIの議論に対する市民の考え方の傾向についてコアメンバーから指摘があった。研究内容やその影響等を正しく理解しないと議論できない、議論してはいけないという方

向に行き過ぎているように感じているのではないか、という問題提起であった。その発言者は宇宙やゲノム合成等の最先端研究について社会へ発信したり、対話したりすることが多いが、実際の社会の現場では、必ずしも正しく理解しないまま議論していることが多いのだと言う。正しくないから良くないということではなく、大事なことは、誤解や間違いをしながら想いや意見を発信し合いながら前に進んでいるのが社会の実態だということを先ずは認めることではないかとする提案だった。仮に多くの時間がかかってしまうとしても、そのような認識に立ったうえで議論していく方が様々な可能性を見いだしていけるのではないか、という意見であった。

（「ゲノム倫理」研究会メンバーから市民への応答：山西 PJ の説明資料の修正について）

第 1 回市民 WS で研究内容が難しく分かりづらかったとの市民からの声が多かったことを受けて、「ゲノム倫理」研究会メンバーで検討を進めている説明資料の修正状況について説明が行われた。

- 山西 PJ の位置づけを明確化するため、CREST の概説を加えた。CREST は革新的技術シーズを創出するためのチーム型研究を進める枠組みであること、その中にゲノムスケールの DNA 合成や機能発現技術の確立等を目標とした研究領域があること、その研究領域の下で、山西 PJ は、細胞の中に染色体レベルの大きな DNA を入れて機能発現させることを目標として研究を進めていることを強調した。
- 山西 PJ の目標が基盤技術開発であり、現在はその研究途上にあることから、社会での使われ方を示すことは山西氏ご本人にも難しいであろうこと、医療や産業応用についてはまだ時間がかかり、現在議論したとしても成果が進んだ後の架空の話であり、何が起きるかもわからない状態であることを市民にも理解して貰えるようにした。
- 技術の利用方法について、「ゲノム倫理」研究会メンバーが考えた具体事例を示した。
- ELSI についての議論を活性化することを目指して、「未来の新聞記事」という体裁をとって、山西 PJ の社会への影響を記事風に書いた。

上記の研究会メンバーからの説明に対し、市民からは次のような反応があった。

- 第 1 回市民 WS 時の資料よりも、かなり読み手に寄り添った説明になっていると感じた。この研究が何にどう使われていくのかを示すのは研究者本人であっても難しいことも含めて、研究の位置づけや段階が理解できた。そのような「前提」が見えてくると、市民の側も議論しやすくなる。
- CREST の全体像や方向性と山西プロジェクトの関係が分かりやすく示されている点は良かった。ただし、それによって何が起きるかということについては、応用例が羅列されているに留まっており、やはりそれだけでは「自分たちとの関わり」をイメージすることは難しい。この研究の先には例えばこのようなリスクが生じ得る、といったところまでをカバーした説明があると市民もある程度理解できる。山西 PJ の研究も含め、バイオテロの可能性を心配してしまうのだが、例えば「その点は、このような安全確保の仕組みを構築できているためそうした可能性は限りなくゼロに近い、一方でデザイナーベビーを生み出しやすくなるというリスク要因はある」といった形で説明をしてくれると理解しやすい。そうした具体的な提示があってはじめて市民も考えていくことが出来るし、市民の側にも

考える責務はあると思う。

- 一方で、国はそのような議論に参画できる市民をどう育成していくのかをもっと考えるべきで、例えば、小学校から高校までの教育に盛り込んでいくことや、次世代科学技術に関するタウンミーティングへの参加を裁判員裁判のように半ば義務化することなど、具体的な施策に落とし込んでいく時期に来ているのではないか。
- 自分は研究を理解した上で議論することが必要だと考えていたが、さきほど「ゲノム倫理」研究会メンバーの方から「曖昧さがコミュニケーションの可能性を拓く」といった趣旨の発言があり大きな気づきがあった。第 1 回市民 WS での議論に参加し、自分は研究者と市民がもっとお互いに歩み寄る必要性を感じていたのだが、そこでは「曖昧さ」がカギになるのかもしれないと思った。お互いに「曖昧さ」を許容しているとの前提があれば、市民も自分から話せるだろうし、研究者も色んなことが話せるような気がする。自分で自分を「正しさ」で縛っていたのかもしれないと感じた。

「ゲノム倫理」研究会メンバーが山西 PJ に関する ELSI 問題の整理を試みていることの一端が紹介された。

- 先ずは、研究当時者、多様な分野の研究者、そして市民等が共通の土壌で議論できるような共通言語を作っていくことが重要である。
- 大きな DNA 導入などの細胞操作を行う時、「生命に対する尊厳」という観点から、どの細胞にどのような操作を加えることまで許されるのか、社会はどこまでなら許容できるかという「技術の受容性」の問題を考えていく必要がある。その際、私たちはどのような未来を期待しているのか、を同時に考えていくことになるだろう。
- 技術の発展により生命を自在に操作できることが本当に良いことなのか。良くない操作を制限するという考え方もあるが、その前段階の技術開発自体を止めるという選択肢も含めて考えていくことが求められているのではないか。
- 例えば、動物の染色体をヒト細胞内でも複製できるようにしたとすれば、それを社会はどう感じるのか、感覚的な嫌悪感を持つとすれば、そう感じる理由はどこにあるのか。そんな形で ELSI の議論を市民と共に考えて行けると良い。
- 先端研究になるほど議論の前提となる研究の、段階的な位置づけを明確にすることが重要ではないか。その上で、段階に応じた論点を抽出するために参加者の選定や ELSI 議論の進め方自体をもっと工夫していくことが求められているのではないか。

⑤「ゲノム倫理」研究会 WS 第 3 回

（第 2 回市民 WS 結果の共有）

先ず、第 2 回市民 WS で市民から出た主な議論を「ゲノム倫理」研究会メンバーへ事務局から報告した。具体的には、①研究内容に興味・関心を持ってもらうことから始めてほしいこと、②技術が社会に与

えるメリット・デメリットを整理して自分事として関心を持てるように提示してほしいこと、③研究詳細を理解してもらうより、研究が何に使用されどのようなインパクトを与えるかを市民に伝えてほしいこと、④「市民」と言っても色々な方々がいるため、対象の選び方に注意する必要があること、について紹介した。

（山西 PJ の ELSI 論点の深掘り）

次に、研究会の第 1、2 回で議論を重ねてきた「山西 PJ の ELSI 論点案」のなかから 2 つの重要と思われる論点を絞り、山西氏および「ゲノム倫理」研究会メンバーが 2 グループに分かれて議論を深めた。取り上げた論点は次の 2 点である。

【論点 1】長鎖 DNA を細胞に入れられるようになると、生き物の在り方・概念自体が変わるのではないか？

【論点 2】長鎖 DNA・染色体導入が許される病気の範囲とは？

（論点 1 に関する深掘り）

- 長鎖 DNA をはじめ、様々な機能を持つ物質を細胞に容易に入れられるようになると、我々の想定を超えて、細胞の機能が置き換わっていく可能性がある。そうすると、生き物の概念が人工物とのハイブリッドまで含むようになるのではないかな。
- 自然物と人工物との境界が曖昧になっていくことになると思うが、ELSI の議論を市民と進める際、「あなたは普段、生き物と物をどのように区別しているか」、「生き物の概念が変わっていくとすれば、それはあなた自身にとって重要なことなのか」という点を議論していく方向はあり得る。
- その議論は、その人が生き物の概念を日々どう認識しているかに拠るし、あるいはその認識を改めて自覚し直す機会になるのではないかな。例えば、「この小麦は遺伝子組換えの小麦ではない」といった説明をよく見かけるが、遺伝子組換えしていないものだけを本来の生物の姿だと認識するのか、しないのか、といった議論になってくる。
- 過去に異種生物を配合して新生物が誕生したときに何がかわるかという議論があったが、それが繰り返されるだけで終わるのは避けたい。したがって、山西プロジェクト独自の技術である「長鎖 DNA の導入により、どこまで今と異なる細胞になり得るのか」のイメージをどのように持って議論するのがよいかを検討しておくことが大事だろう。
- すでに CRISPR-Cas9 を使えばかなりのことができる時代になっており、それをいわば長鎖 DNA でも行うということになるが、どこまで CRISPR-Cas9 に対抗できるのか、差別化できるのかという点は気になる。ELSI 論点について言えば、CRISPR-Cas9 で議論されてきたことがあるので、それと重なる部分も当然あるし、技術的に異なるところは ELSI 論点でも違う議論になってくると思う。
- 山西プロジェクトではメガベースの DNA の挿入を目標としており、現時点では 10 キロベースのものはできるようになっており、本方法の利用が可能になれば、従前の方法よりも大規模な生物の改変が可能になる。分子生物学の発展によって系統樹が刷新されたように、生物の見た目では

なく、遺伝子を基準とした分類が可能になるかもしれない。見た目として「近い」が、DNA としては「遠い」といった分けが出てくるかもしれない。ヒトのゲノムは 約 30 億塩基対だが、それがどこまで同じであれば「同じ」と見るのか、といった議論はあり得る。たとえば、ゲノムが 99.99%までは「同じ」生物だが、99.98%以下は「違う」のか、どこまでが「同じ」でどこからが「違う」のか、などといった問いかけは市民にもできるかもしれない。

- 市民と共に ELSI を議論していくには、ロジカルにメリット・デメリットをきちんと考えることも重要だが、加えて当該技術の研究当事者（山西プロジェクトの研究者）がその研究のどこに面白みを感じて取り組んでいるのかといったエモーショナルな部分が議論を膨らませていくキッカケになったりする。
- 山西プロジェクトの技術が持つ社会的なインパクト・価値について、我々研究者側が伝えるのではなく、市民に考えてもらうことが重要なのではないか。色々な状況に置かれた人たちがこの技術を見たときに、どのような価値を見出すか、ビジネスだけでなく、倫理的な価値でも良いが、広がりのある議論を進めていく際の契機として「市民の意見」が重要な意味を持つのだと理解している。
- 山西プロジェクトの技術が、遺伝子に限らない物体を丸ごと入れるアプリケーションになり得るとするのは、将来的な到達点としてあり得る。それは新しい細胞共生が実現し得る可能性を示唆している。
- 微生物や人工物を導入すること自体、出来たとしても、市民としては何が嬉しいのかということが提示されないと、想像することが難しいだろう。細胞共生が技術的にできるようになったとして、それによってどのような未来が期待されるのか、を提示できれば良いと思う。
- ELSI 論点を段階的なものとして考えていくことが大事だと思う。いきなり、「長鎖 DNA を入れる」といった議論になれば多くの人は怖がり、拒否反応が強く出てくるだろう。入れるかどうか、という議論の前段階の議論、つまり長鎖 DNA を挿入したあとに追跡できるかどうか、長鎖 DNA を入れていることを皆が認識できる「標識」のような仕組みは作れるか、挿入したものを元に戻せるか・取り出せるか等などの論点を設定していくことが良いのではないか。その議論をしていくと、他の動物の臓器を人に入れるべきかどうかといった決定をする前に、自分たち自身も含めて現在の生き物の在り方を振り返ることになるだろう。そこを経た後に大胆な議論に進んでいくようなデザインを考えていくべきだろう。
- 植物の世界では、細胞融合という方法がある。白菜とキャベツをくっ付けて種間雑種を作ったり、イチゴとイチゴをくっ付けて大きなイチゴを作ったりするなど、取組が（普通に）進んでいて、我々もあまり気にせずに食べている。植物で既にやられていることを哺乳類ではどこまでやるのか、という議論の立て方があり得る。社会がどこまで許容するのか。（種の境界を越えた新たな生物を）ペットとして飼いたい人が出てきたらどうするのか？それを作りたい人がどんどん出てくる可能性もある。
- 種の境界が曖昧な方向へ進むという観点では、日本では、魚類への遺伝子改変がなされていて我々はそれを普通に受け入れている。日本人はそのあたりの認識は緩いように感じる。日本には輪廻転生という見方がある。例えば、「次はカメに生まれるかもしれない」といったような認識を

持っている。その点で、種の境界は神が作ったとするキリスト教社会と日本社会はかなり異なるのではないか。

- 例えば、大動脈弁置換術に関して生体弁（ウシ・ブタ）が保険収載されているように、「種の境界」の越境は医療応用という場面では社会に受け入れられているのではないか。
- 生物の遺伝子は数百万年スケールで見れば、自然のなかで大きく変化してきている。その変化を加速させる技術として山西プロジェクトを捉えるならば、ここでの論点である「生き物の在り方・概念自体が変わるのではないか」といった ELSI の議論に繋がる。これは、先端技術の開発スピードをどれくらいの速度にすべきなのか、それをどう調整できるのかという重要な論点であるように思う。

（論点 2 に関する深掘り）

- 「どのような病気であれば許されるのか」という点では、命にかかわること、（病気で）他に打つ手がないと言われれば考えるということだろう。出生前診断で染色体が 1 本足りない、あるいは 1 本余計だと言われ、どうするかと親が言われれば悩む。その際に DNA の修正という選択肢があるのであれば検討するだろう。他方で、命にかかわらない部分では選択肢として社会から許容され難いのではないか。「命へのかかわり」の線引きは難しいが、例えば、24 時間の付き切りのサポートを受けてはじめて生きていくことができる人もいるわけで、その状態が改善できるとなれば介入は許される、と考えることもできるのではないか。
- 長鎖 DNA の挿入先が生殖細胞なのか体細胞なのか、という点をおさえておくことが必要なのではないか。おそらく、そのテクノロジーが評価されやすいところ（＝体細胞への長鎖 DNA の挿入）から試みられ、社会に許容されていくという流れになるのではないか。なお、受精卵向けの DNA の挿入は個人的には少なくとも現時点では反対の立場である。
- 大きな DNA を挿入するという意味では、デュシェンヌ型筋ジストロフィーやミトコンドリア病等の人も候補になる。2～3 メガスケールの遺伝子になるので既存の方法（補充療法）では対応できていない。そこに山西プロジェクトの技術が選択肢として出てくるのであれば喜ぶ人も多いだろう。パーキンソン病の遺伝子も大きいので候補になる。山西プロジェクトの技術はそうした病気を治せる可能性がある、という言い方が市民にはわかりやすいのではないか。また、エンハンスメントの議論だが、これだけ長い DNA を入れると違うことができるかもしれない。これまでの短い DNA の挿入の際、植物の品種保護の分野で使うことが想定されていたはずだが、追跡可能な DNA バーコードを組み入れる技術も開発されていたように思う。
- 一つの遺伝子によって引き起こされる病気は現状でも CRISPR-Cas9 で治すことができると思う。CRISPR-Cas9 の使用が進んでいる中で、細胞への長鎖 DNA の導入技術だけが貢献できることは何なのかを考えておくことが大事だ。例えばチンパンジーと人はほぼ同じ遺伝子配列だが、生物としては全く違う。ほぼ同じ遺伝子を持っているのに全く違う生物になるのは、遺伝子の発現の違いによるものなのか。そのような根源的なところの基礎研究を積み重ねていくことで最終的に治療に結び付くような技術が生まれる可能性がある。長鎖 DNA をまるごと細胞の中に導

入する技術は、ゲノム動態に対する人類の知識を増やすことになるはずであり、一連の基礎研究を行う際の強力なツールとして貢献していくことになるのかもしれない。CRISPR-Cas9 も 20~30 年の基礎研究を経て現在の応用研究に結び付いている。そうした位置づけで山西プロジェクトの技術を捉えていく必要があると思う。

- 植物を研究しているが、植物の掛け合わせには時間がかかる。植物にとって大切な遺伝子領域は分かっておらず、（相関関係であれば類推できるものの）実験的に因果関係に落とし込むためには長鎖 DNA が安定的に入る技術が必須であり、その技術開発が必要であるという認識で取り組んでいる。導入した細胞を増やして個体に持っていくスピードを速める技術と、染色体レベルの大きさのものをそのまま入れることができる技術を組み合わせると、新たな発見が生まれる可能性がある。一方で、自身の周辺では微生物共生を行っている人もいし、スコープが長くなってしまうが、微生物共生を再構成することにも寄与し得る（葉緑体を藻類から盗んで、自身がエネルギーを作るウミウシなどの研究がホット）。山西プロジェクトの技術は、遺伝子導入以上のポテンシャルを持っていて面白いと考えている。

⑥市民 WS 第3回

（参加者、進め方等）

第1回市民WSに参加した学生9名・社会人2名、今回初参加の学生1名・社会人1名の計13名の市民と、「ゲノム倫理」研究会の研究者4名、そして今年度のケーススタディの対象である山西プロジェクトの研究者2名、山西プロジェクトが属するCRESTの総括1名の合計20名が一関高専に一堂に会し、3時間にわたって議論を交わした。

次表に示す通り、当日のプログラムは、過去2回の市民WSで交わした議論を踏まえて、市民から見たELSIの議論、研究当事者から市民に対する研究内容の改めでのプレゼンテーション、「ゲノム倫理」研究会が考えるELSI論点を夫々発表した（応答1~3）。その後、SFプロトタイプング手法を用いて制作した「未来小説」の動画を視聴した。最後に、研究者と市民が改めて山西プロジェクトのELSI論点、先端研究に市民が関与することの意義などについて様々な角度から議論を重ねることが出来た。



図表 16：当日のプログラム

【応答 1】	市民が感じた先端技術開発に関する ELSI の議論（進行：一関高専専攻科 上野裕太郎） ・市民からの問題提起～市民が最先端研究の ELSI の議論に参画していくために
【応答 2】	山西教授からのプレゼンテーション（説明：九州大学教授 山西陽子） ・はじめに：自分にとっての「市民の声」の意義 ・プレゼンテーション：改めて山西プロジェクトの内容を説明
【応答 3】	「ゲノム倫理」研究会が考える「山西プロジェクトの ELSI 論点」（説明：防衛医科大学校 前学校長／国立感染研究所 客員研究員 四ノ宮成祥） ・SF プロトタイピング手法で制作した「小説」の紹介 ・山西 PJ の ELSI 論点についての「ゲノム倫理」研究会としての整理
【4】意見交換	進行：東京大学名誉教授 信原幸弘 （論点 1）山西プロジェクトの ELSI 論点をどう考えるか？ （論点 2）最先端研究の ELSI の議論を市民と共に進めていくためには？ 前半：グループディスカッション 後半：全体ディスカッション

■ 応答 1．市民が感じた先端技術開発に関する ELSI の議論

市民 WS の第 1、2 回に参加した市民 2 名（一関高専の黒澤氏、佐々木氏）から、これまでの議論を踏まえつつ、最先端研究の ELSI の議論を市民が参画することの意義や課題に関するプレゼンテーションがあった。主な意見は次の通り。

(山西プロジェクトについて)

- 初回到動画や資料を見たが、技術の新規性・すごみが理解しづらかった。
- 文章を構成する単語自体が分からず、イメージすることも難しかった。荷物が載っている船や関門を通るという説明は、具体的なイメージがあり理解しやすかった。
- WS の場合でも、研究の説明の軸に一貫性があるとさらに理解できたのではないかと感じていた。

(山西プロジェクトに関する ELSI 論点について)

- 技術がどの分野でどのように応用されるかがイメージしづらかったため、市民が新技術を利用することで発生し得る利益や損害を想像できなかった。
- 研究者側から研究内容を一方的に説明するだけでなく、社会にもたらし得るメリットやデメリットを伝えるなど、市民が興味を持てるようにしないと、市民が ELSI を考えるところまで進まないと思う。とはいえ、市民がわからないまま、研究者だけで ELSI の議論を進められるのもそれはそれで怖いと感じた。
- 山西プロジェクトでは細胞に長鎖 DNA を入れることを可能にする技術を開発していると理解するが、ヒトの細胞操作がどこまで許容されるのか不安を感じた。
- ELSI 的な問題は技術の利用場面で生じると考えれば、今回で言えば山西プロジェクトの研究者にその責任をどこまで求めるべきか分からなかった。少なくともその研究者が全責任を負うのはおかしいと感じた。
- 新たな技術を社会として適切に扱うためのガイドラインのようなものを作成していく必要があると感じた。

(最先端研究の ELSI の議論に市民が参画しやすくするための方策)

- まず、なぜ研究するのかを伝えるということである。一般市民の中でも特に研究を行っていない人たちは研究について理解出来ない。何に対して情熱をもって取り組んでいるのが伝われば、理解度は異なるが当該研究の位置づけを認識することはできる。
- 市民に求めていることを明確化すべきである。研究の段階によって市民から抽出したい意見の内容や市民との関わり方を変えるべきである。研究段階に応じて確定要素、不確定要素があると思うが、研究がどう応用されるかわからない初期段階から倫理的観点を考えることは果たして意味があるか。研究段階によって市民の参画の意義や議論すべき内容が変わってくるはずで、その段階に適した市民の関わり方をデザインしてほしい。
- 研究の全てを市民に説明する必要はない。説明されても理解できない。逆に言えば、研究の何を知ってもらべきかを研究側はもっと考えてほしい。
- また、研究には不確定要素が伴うし、その活用方法となれば見えているところは少ないはず。その時、先話を憶測で伝えることは却って不安を煽ることにつながる可能性がある。現状の研究段階で確定している部分、説明できることをまずはしっかりと伝えることが重要ではないか。
- 細かな技術的な理解を求めない研究概要の伝え方を考えることも一案である。専門知識や単語の理解が出来なくても興味を持てるようになれば一般市民も積極的に議論できる。例えばアニメーションなどは効果的な方法である。

（最先端研究の ELSI の議論に市民が参画することの重要性）

- ・ 市民が参画することで、多様な視点、幅広い意見が得られるはず。市民にも様々な立場の方がいる中で、意見を出し合い衝突することで新しい見解を生み出すことに繋がる可能性がある。
- ・ 市民との対話を通じて、研究の方針が社会ニーズに即したものになり得る。対話により市民のリテラシーが上がり、市民に教えることで研究者のリテラシーも上がる。
- ・ 研究者と市民がオンゴーイングの研究に関わっていくことは、難しい側面もあるが、研究段階で理解できなくとも、実装段階に入る際に理解が追い付き、円滑に進めることができる可能性が高くなる。
- ・ 最先端研究が孕む問題を早めに市民と共有できることには意味がある。研究成果に伴う何らかの問題が発生した際に、研究者だけが考えるのではなく、研究成果を受容する市民側にも責任があると考ええる。

応答 2. 山西教授からのプレゼンテーション

山西 PJ のリーダーである山西氏から市民への「研究の説明」は、市民 WS の第 1 回では動画放映（山西教授がパワーポイント資料で説明するもの）により行ったが、その際、市民から「分かり難い」との意見が出され、それを踏まえて数か月間にわたり、「ゲノム倫理」研究会メンバーと山西教授が資料のブラッシュアップを図ってきた。今回は、最新版の市民向け説明資料を用いて、山西教授が直接市民にご自身の研究を熱く語りかけた。



その結果、第 1 回 WS での動画とはまったく異なる反応が得られた。その一部を以下に記す。

- ・ （学生 A）第 1 回目と本当に同じ内容かと思うぐらい理解しやすくなった。金ナノ粒子結晶と言うのは、核に異物が入るとはき出してしまうため、核の“従兄弟”のようなものをまとわせるということなのか。
- ・ （山西氏）金ナノ粒子結晶は見たところでは DNA で出来た結晶に見える。その中に取り込みたい物質を入れるということである。DNA が細胞にとって身近なものであるということは出来ると思うが、その点は実証しているわけではない。
- ・ （学生 B）1 回目と全く理解度が異なった。直接話を聞くことが重要であると思った。誘起気泡導入の気泡というのは、細胞膜に自分たちが持っていく、誘起させてマッサージして入口が開いたところに導入するという理解で合っているか。
- ・ （山西氏）DNA の懸濁液を分散させた場に、伸縮した気泡がアプローチしている。サイズの気泡が大きいため、狙いを定めて動かすというよりも場が歪むというイメージである。これまで針を用いて小さな気泡を出す研究も行っているが、今回のケースでは細胞が小さすぎて穴を気泡で

開けることが難しいため、大きな気泡で振動を加えて刺激を与えている。

応答 3. 「ゲノム倫理」研究会が考える「山西プロジェクトの ELSI 論点」

四ノ宮氏より、山西プロジェクトの ELSI を市民と共に考えるために制作した「SF プロトタイピング手法を用いた未来小説」の概要と制作意図を説明した。

- SF プロトタイピングとは、山西プロジェクトのような最先端研究が社会に実装された後の未来像をイメージさせる手法である。
- 今回は、長鎖 DNA を細胞に入れられようになることで生き物の在り方・概念自体が変わるのではないか、という問題意識のもとで、40 年後の未来を描いている。設定として、2030 年代に重篤な疾患に対するゲノム編集医療が認可され、広範なゲノム編集が社会に普及し、2040~50 年代にゲノム編集製品が流通するプラットフォームが整備される。2060 年代には、ヒトへの任意編集が認可され、人々はゲノム編集製品をプラットフォームで購入し、自分の身体に組み込むことでタイミングを選んでその機能発現をオンにできるという世界になっている。70 年代には任意編集を受けた第 2 世代が生まれ始める、というストーリーを描いた。

※なお、「SF プロトタイピング手法を用いた未来小説」の内容（＝動画のナレーション）は後述の「資料：SF プロトタイピング手法を用いた未来小説」を参照のこと。

応答 4. 意見交換

信原氏より、意見交換の主な論点が説明された。この論点を基に、市民と研究者の混成チームを 2 つ作り、まずはチーム毎に議論した。その後、全体で各チームでの議論を共有しつつ、全員で議論を行った。

論点 1. 山西プロジェクトの ELSI 論点をどう考えるか？	長鎖 DNA を細胞に入れられるようになると、生き物の在り方や概念自体が変わるのではないか？ ・どんな新たな生き物の出現を望むか、また望まないか？ ・自分が新たな生き物に変わるなら、何になりたいか？ ・生き物の在り方や概念の変化は、良いか、悪いか？ ・良い面と悪い面をどうコントロールしていけるか？
論点 2. 最先端研究の ELSI の議論を市民と共に進めていくためには？	最先端研究を市民にどんな方法で、どれくらい詳細に伝えるか？ ・研究の社会への影響は、どんな方法で、どれくらい伝えるのか。SF プロトタイピングや架空の未来記事はどう役立つのか？ ・最先端研究の内容も、市民に伝えるほうがよいか？よいとすれば、どんな方法で、どれくらい伝えるか？それは何のためか？市民の知的好奇心を満たすためか？

<論点 1> に関する主な意見は以下の通り。

（最先端研究の ELSI の議論をどのタイミングで行うべきなのか、市民が参加する意義は？）

- 市民から、技術そのものの倫理的問題を問えるのか、という意見が発せられた。山西プロジェクトが開発している「細胞に長鎖 DNA を入れる技術」自体に倫理的問題があるのではなく、その技術が社会で活用されていくその後の過程に倫理的問題が生まれると見るべきであり、どう活用されるのかが見えない段階の技術について倫理的問題を考える必要はないと思う、という意見だった。
- 研究者（人文分野）からは次の応答があった。科学研究や技術開発の成果は研究者の手から離れて一人歩きを始め、時には思いもよらない災害を人類にもたらすことを歴史が教えてくれている。例えば原子爆弾の開発はその代表的な例だろう。新たな技術の倫理的問題を社会での活用が見えてきてから考え始めることで本当に適切に制御できるのか、という疑問がある。歴史は、それが難しいことを示しているのではないか。そうだとすれば、技術開発段階で止めるべきものは止める、といった判断も必要なのではないか。
- 他の研究者（医学）から次のコメントがあった。技術が社会でどう使われるのか、当の研究当事者は分からない。社会の側がそれぞれの関心や利害によって活用を試みていくことになる。ということは、その技術の社会での使われ方を決めるプロセスに社会が組み込まれている。そのプロセスに市民の多様な視点が何らかの形で反映されていくことは基本的に良いことではないか。そうだとすれば、技術の使われ方が定まる前段階でも市民が参画する意義は大きいと考えてよいのではないか。

（未来社会に生じ得る ELSI の論点～①努力という概念の喪失）

- 研究者（医学、工学）から山西プロジェクト及び関連研究が実装された未来社会が語られた。現在行われている生物の実験では、遺伝子にある装置を組み込んでおいて、特定の時点で発現する（スイッチを押す）ことはできる。ただ、ロボットのようにスイッチを押すとすぐに変わるというわけではなく、バイオのタイムスケールは少し長く、例えば丸 1 日かけてゆっくり変化していくことになる。このような技術が実現する未来がすぐそこまで来ているのかもしれない。
- 学生からは、「そのような未来が来ると、努力と言う概念がなくなってしまうのではないか」との意見が出された。
- 研究者（工学）からは、「人類がこれまで行ってきたように自分自身で努力して勝ち取るものと、買い物をするかのようにゲノム編集技術で勝ち取るもの、夫々の価値がどうなっていくのか、そういった論点が生じるかもしれない。」との応答があった。

- さらに、研究者（医学）からは次のコメントがあった。ゲノムが全てを決定づけるといったゲノム原理主義のような言説がメディア等によく見られるが、実際はそうはならない。例えばゲノム操作で優れた人間を生み出すというデザイナーベビーという議論は現実的にはありえない話だ。なぜなら人間をデザインしようとするならゲノムのみならず、その人の育成環境も



100%コントロールしなければ想定した人間にはならないし、それは不可能な話だ。だから安心してよいというわけではなく、ゲノム原理主義が行き過ぎて過度な期待に基づくゲノム技術の乱用が起きるリスクはあり得る。そこには「社会の技術に対する期待のマネジメント」という視点が必要になってくるのではないか。

（未来社会に生じ得る ELSI の論点～②自分らしさの喪失）

- 学生から次の問いかけがあった。今、われわれの社会は「差」で成り立っていると思っている。オリンピックなど身体能力に差があるからこそ成立する。ゲノム編集技術が容易に使えるようになると、恐らくみんなが高望みするようになり、全員の能力が上限まで上がり、「差」が無くなっていくだろう。そういう「差のない未来」は想像がつかない。差があることに美しさがあり、あらゆる差が無くなると社会の秩序が崩れ、そこでは夢さや生きがいも無くなってしまふかもしれない。効率だけで見たら良いことかもしれないが、そういう社会を我々はどう思うのだろうか。
- 研究者（工学）からは、「自分らしさをどう選択するか」という問題になるのかもしれない。そもそも自分らしさとはどういうことで、それは自分で選択すべき／できることなのかどうかも含めて、自分を変え得る技術が発展していく未来に向けて、よく考えておかねばならない問題だ。
- 「色々な能力が高くなるということであれば皆さんそれを望むか」と言う研究者（医学）からの問いに対して、学生からは「日本では望まないのではないか。しかし、例えば発展途上国の方に聞いたらほとんどの方が望むのではないか」、「望まない方が良いような気がする。人生が面白くなる。」との意見があった。

（未来社会に生じ得る ELSI の論点～③病気の範囲）

- ゲノム編集技術の活用を社会はどこまで認めるべきなのかとの問いに対して、学生から「マイナスをゼロに戻すこと、例えば障害を取り除くためであれば技術を使うことが許容されてよい。ゼロをプラスにもっていこうと改良するとなるとそこは議論になる」との意見が出た。
- それに対し、他の学生からは「それをどのように線引きするかが問題である」、「例えば医療行為とそれを超えるものといったような線引きになるのかもしれない」との発言があった。
- 研究者（医学）からは、「医療でも様々な問題がある。重症の遺伝病であれば分かりやすい。

がんになりやすい遺伝子を変えるなど。だが、どこまで編集して良いのか。病気をどう捉えるかという点も論点になる。」とのコメントが出された。

- 学生からは「保険適用の有無で線引きをするのは1つの選択肢ではないか。その方法であれば、ガイドラインも作ることが出来るだろう」、「生存率5年など、余命などの数字で決めた方が分かりやすいのかもしれない」といったアイデアが出された。
- 社会人からは「すぐる気持ちがあればリスクがあっても行くだろう。自分が置かれた状況やリスクの大きさによっても判断が変わってくるように思う」とコメントされた。「線引き」は当人が置かれた状況にも依存する、といった視点も加えて考えていくことの必要性が共有された。

（未来社会に生じ得る ELSI の論点～④技術が持つ良い面と悪い面のコントロール）

- 技術が持つかもしれない悪い面は今回の SF 小説でも書かれていない。それをコントロールすることが重要であると思う、と研究者（工学）が投げかけた。
- 学生からは、例えば、ゲノム編集技術を使って強靱な軍隊を作られたら太刀打ちできないので、そうした使い方がなされないようにコントロールしないといけないが、技術が一般化・民主化されたら、だれもが容易に使えるようになり、コントロールが効くのだろうかといった疑問が出された。
- 研究者（医学）から、「日本には優生保護法という法律があった。悪い遺伝子を持っている人には子供を産ませないということが実際行われていた。つまり、ゲノム編集を行うことで良い方向に持っていくことは、悪い遺伝子を持っている人を排除することに繋がる恐れがあることも意味する。」とのコメントがあった。技術のみならず、「法律によるコントロール」という行為にも実は危険な側面が含まれる可能性があることに参加者は気づいた。技術の悪い面をコントロールすべく法律を定めたとして、それで一件落着とはならないのが ELSI の議論であることを共有した。

＜論点2＞に関する主な意見は以下の通り。

（最先端技術の ELSI を市民と共に議論するための工夫）

- 最先端研究を市民にどんな方法で、どれくらい詳細に伝えていくべきかという問いに対して、学生からは「理解してもらう方法を一つに絞る必要はないが、一つに絞るとしたらアニメでは無いか」との意見が出た。
- SF プロトタイピング手法は1つの極端なシナリオを示すことで、それを梃子に様々な意見を引き出そうとするものだと思う。それはそれで有効な場合もあると思うが、市民側からすると、1つの見方を押し付けられているような面も感じてしまう、といった意見もあった。
- また、市民に伝えるべき情報量という点で「市民にすべてを説明する必要はなく、ポイントとなる論点を出していけば良い」との考えが学生から示された。ワクチンは、弱いウイルスなどを体に入れる方法であり、それだけ聞いたら怖い、弱いワクチンを入れることで抗体が作れる。ただ、実際のどのくらいの量が正しいかを市民が知っているわけではない。全てを市民に説明しようとするのは逆効果になるかもしれない。

- 「進めようと思う人は良い側面を説明するが、心配している人は悪い側面を説明するかもしれない」との研究者（医学）のコメントに対して、学生からは、「市民側も理解するとき、自分にとって都合のよいタイミングで理解しようとする。研究者だけにフォーカスを当てるのは違うと思う。理解するタイミングは市民次第である。市民としても身近になってから理解し始めるか、原理の段階で理解し始めるのかも人によって異なってくる。市民だけ都合が良いことを言えないと思う。」との考え方が示された。



- 学生から「情熱」の重要性が指摘された。本日山西先生には情熱をもって語ってもらった。授業でも、普段の生活に関係づけて説明してくれる先生の話は面白い。淡々と話している先生の話は理解しづらい。教えてくれている先生の情熱、先生が面白いと思っていないと生徒側も理解しようと思えない。山西先生が情熱的に、楽しそうに話してくれたことが、市民を議論に誘うには非常に効果的であると感じた。
- 悪い思想や使い方に対してどのように歯止めをかけることが出来るのかとの問いに対して、「どのような技術も悪用される場合があり一定程度は必要悪として受け入れていくしかない」、「法律で規制するしかないのではないか」、「拙速に規制をかけるよりも悪が出てきたタイミングで正すことが良いのではないか」といった意見が出された。

＜論点 1， 2＞の議論を踏まえて最後に発せられた主な意見を以下に記す。

（ゲノム倫理研究者に期待される役割）

- 研究者、市民の両方の立場で何を話しているかを理解することができる。両方の視点があるからこそ見つかることがある。その論点を示すことが自身の役割では無い。色々な視点を意識していくことが重要と考えている。（研究者：ゲノム倫理）
- 今回初めての参加であるため 1 回目からの比較は出来ないが、本日の議論で感じたのは、自分自身知らないことが多すぎるということである。デザイナーベビーの話が出たときに、自身の認識では万能で知能も高く、スーパーマンが生まれるというイメージだったが、勝手にイメージを作り上げているだけだと言う事を知った。研究者と一般人とのギャップのすり合わせを行う役割としてゲノム倫理研究者の存在は大きいし、市民としては非常に有難い。（学生）

（これからのサイエンス）

- 二項対立ではなく、間を取っていくのが日本特有の考え方である。日本は常に間を模索していく。

それがこれからのサイエンスになっていくと思う。二者択一ではなく「中間」を考えていくことが重要になると思う。そのようなサイエンスをやっていきたい。これまでそこが抜けていた。簡単に出来るところばかりやっていた。今まで出来なかった間を見ていく。そうなるとサイエンスと社会の対話が益々重要になっていく。学問分野でいえば哲学が得意なところだろう。（研究者：医学）

- 西洋哲学では、論理的に割り切ることを重視し、解明できていないという結論を下す。ほどほどの精神が、仏教の中庸精神に繋がる。全ての人に満足してもらうにはほどほどに満足してもらうしかない。それを科学者も考えなければいけない時代になったということだと思う。（研究者：科学哲学）

（市民と研究者の対話を振り返って）

- 学生たちの話を聞いて、こういう方々に ELSI の議論に加わってもらえると未来が明るくなると感じた。色んな論点を出して頂いた。負の側面をどう考えるかというのは永遠の課題で自分も常日頃から考えている。コミュニケーションに関しては、一回のイベントですべて解決することは難しく、先ほどのアニメもあれば、逆にアニメを受け入れない人もいる。結局、色々なチャンネルで分散的に投げて、どれかが刺さって、重層的に連なっていくことが重要であると思う。そのためには、絵で言うパレットの種類を増やす。アニメが得意な人はアニメで、音楽が得意な人は音楽で、小説が得意な人は小説で、バラエティを増やして敷居を低くしていくのが良い。そのような文化を醸成していくということが大事だと考えている。（研究者：分子生物学）
- 市民 WS の 1 回目を現場で視察した際、市民が「本当に分からない」と素直に言ってくれたことがうれしかった。あれがあったから「ゲノム倫理」研究会の方でも山西先生の研究や ELSI 論点を市民の視点も入れて考えていくことが出来た。（研究者：科学哲学）
- 今回参加してみて、こういう議論は繰り返さないとダメだというのがよくわかった。山西先生の研究については過去 5 年間いろいろ聞いてきたが、今回はじめて良く理解できた部分もあった。WS に参加した市民から、率直に「分からない」という意見をいただいたからこそ、今日の山西先生のプレゼンテーションが生まれたし、その結果自分も新たな発見があった。やはり、我々研究者は余りそうした機会がないのだが、何がわからないかを率直に言ってもらうことが大事であると改めて感じた。（研究者：医学）
- 最後に、このような企画を繰り返し行っていくことに意義があることを改めて強調しておきたい。市民と向き合うことで、研究者も何が分からないかが分かる。どのように話せば理解できるかを伝えてもらうこと



が非常に重要で、その相互作用の積み重ねが社会を変えていくことになるのではないかと。ある人が良いことだと思っていなくても全員が良いことだと思っているとは限らない。例えば、ワクチンは何百万人も助けているが、反対する人もいる。研究者としてはなぜかと思う。ワクチンで亡くなった人はメディアで取り上げるが、その陰では数百万人の人が助かっている。そういう事態を社会がどのように受け入れていくのか。それは本日のような対話を通じて行うしかない。極めて強硬に反対する人は信念を持っており、論理だけで説明することは難しい。したがってこのような機会を作り、何度も何度も対話を繰り返すことで、お互いがハッピーになるような社会を皆で作っていくことが重要なのだと思う。（研究者：医学）

（３）事後アンケート

①今年度のケーススタディの企画・進め方について：【良かった点】

- ・ **山西チームの協力、塩見 CREST 総括の参画**
 - 山西先生をはじめ山西 PJ の研究者の方々が、最初はお忙しいなかご負担に思われていたのではないかとと思いますが、会合の回を重ねるにつれて WS の重要度をご認識いただくに至り、後半ではかなり積極的にご協力いただけるようになった点が最大の収穫であったように思います。
 - 自分の研究に対する市民の率直な意見を知ることができる機会が少ない中で貴重な意見を頂き、研究をどう伝えるかの様々な観点を得ることができたことは良かった。
 - 塩見総括におかれましても、度々 WS にご参加いただき、議論を深められたことの意義は大きいように思います。最後の一関での WS に現地出席いただいたことは本ケーススタディの大きな成功の一つの表れになったものと思います。
- ・ **「ゲノム倫理」研究会の自律的運営、RISTEX のコーディネート**
 - 最初の段階で年間のスケジュールが明確化されていたことは良かったと思います。
 - 山西先生を始めとして、関係者の当事者意識が高かったため、プロセス進行中のチューニングについても、皆様プロアクティブに対応されていた点。
 - 企画を中心になって進めてくださる RISTEX の方達がおられたことで、研究者だけではなかなか企画しない議論に参加する機会が持てました。
 - 3 回のケーススタディのいずれについても、事前にゲノム倫理研究会、日本総研、山西チームとの間でしっかりとした打ち合わせを行い、事前準備をある程度周到に行うことができた。
- ・ **ワークショップ等での議論の進め方**
 - 少人数に分かれて議論する進め方は良かったと思います。大人数だと受け身になってしまい、あまり能動的には考えられません。
 - 少人数に分かれて議論する進め方は良かったと思います。大人数だと受け身になってしまい、あまり能動的には考えられません。

- ・ **資料等の作成**

- 山西プロジェクトの一般向け紹介スライドの改訂を重ねて、一般の人にもわかりやすい内容になった。
- 作成された SF プロトタイピング小説は、山西プロジェクトの ELSI 論点を一般の人に考えてもらう刺激剤として大変すばらしいものとなった。

②今年度のケーススタディの企画・進め方について :【改善すべき点】

- ・ **プランニングと合意形成**

- 研究者の方々にケーススタディにご協力いただく最初の時点で、WS の趣旨や 1 年を通じての活動計画について良く説明し、もう少し深い理解を得ておくべきではないかと思います。また、サイエンスアゴラでの出展についても、最初は検討されましたが、かなり負担感が先行したものの思われ、実施できなかったのは残念に思いました。
- 特に最初の方は、我々に何が求められているのかが分かりませんでした（議論が CREST ゲノム合成全般なのか山西チームの技術そのものなのかで議論のポイントが違ったと思いますが、最後まで混ざっている感じがしました）。こちらの研究内容をまずは RISTEX の方達にわかりやすく説明するところから入り、倫理専門家の方達にいくつかの想定される課題を挙げて頂くことで早い段階で論点のある程度絞ることができれば更に踏み込んだ議論ができたかもしれません。
- ケーススタディの開始時期が遅く、年度末にまで食い込んだので、もう 1,2 ヶ月早めたい。
- 山西プロジェクトの ELSI 論点を専門的に十分に深掘りして議論する時間をあまり確保できなかった。ゲノム倫理研究会から山西チームに ELSI 論点をぶつけて議論する機会を設けるべきだったであろう。
- 今現在がもっともウォーミングアップが終わっている状況かと思いますので、もう少し議論を続けてみたい状況です。

- ・ **市民との対話プロセス**

- ファーストアプローチは研究者本人から伝えるところから始め、その後、サイエンスコミュニケーターや小説やアニメを通してより拡大した解釈を展開していく方がわかりやすいかもしれません。

③今年度の市民 WS の企画・進め方について :【良かった点】

- ・ **一関高専の学生等の参画**

- 一関高専の方々に関わっていただいたことは、今回の WS の大きな成功の主な要因であったと思います。どのような経緯若しくは事前調査のもとに一関高専を市民対象者として選択されたのか、ご説明頂けると幸甚です。その上で、次回の WS を行うとすれば、どのような市民を対象者として選択するのかの参考になるものと思います。一関高専の学生を中心とした若い方々が

かなり積極的に参加されたという印象を持っていますが、このような WS 参加者の姿勢により、良い形で議論が進行することがわかりました。

- 様々な立ち位置の学生さんが非常に積極的であった点。
- 主として一関高専の学生というきわめて限定されたカテゴリーの市民だけを対象として市民 WS を行ったが、率直な意見が活発に出され、たいへん有意義であった。
- とくに山西プロジェクトの紹介スライドが非常に分かりにくく、用語の説明および可能な社会的利用の明示が必要なことが率直に多くの学生から表明されたことは、紹介スライドの重要な改善および SF プロトタイピングの作成につながり、きわめて有意義であった。

- ・ **研究者自身の情報発信**

- 第 3 回市民 WS (@一関) において、山西先生自ら改訂版のスライドを用いて訴えかけられた点が、学生の方々に大きく響いたみたいですので、矢張り研究者自らが積極的に情報発信することの重要性が示されたように思います。
- 実際に対面でプレゼンを行って伝えることの効果はオンラインやビデオの情報量よりも何倍にも拡大することを思い知りました。今後も対面での WS を進めていってほしいです。

- ・ **「ゲノム倫理」委員会メンバーと山西チームのコラボレーション**

- ゲノム倫理委員会のメンバーや山西先生たちが、市民への説明に向けた各種コンテンツを積極的に作成していたことに感動しました。

- ・ **対話の手法・ツール**

- 難しいタイトルなどが多い研究課題において小説やアニメなど市民のイメージをふくらませる手法を活用したことは大変効果的だと思いました。

- ・ **対話の継続と発展**

- 各回の市民 WS の反省を踏まえて、徐々に課題が明確になり、それに対して対策がされていたことで最終的には市民と接点が生まれたように感じました。

- ・ **ワークショップ等での議論の進め方**

- 議論し易い小グループでのディスカッションで市民の方からも忌憚ない意見を頂くことができ、それに対して専門の方から想定される倫理的課題等を意見して頂き、色々と考えさせられました。

④今年度の市民 WS の企画・進め方について :【改善すべき点】

- ・ **プランニング**

- 年度前半においては、必ずしも的確な目標提示や実施すべき項目の選定がなされていたとはいえ、後半になってかなりバタバタと新たな試み（特に、SF プロトタイピング小説の導入など）が入ってきて、中途半端感が残りました。また、日程上仕方ないと思いますが、第 3 回市民 WS において、ディスカッションの時間がやや短く十分に討議しきれなかったことも心残りです。し

たがって、年度の前半でもう少し入念に計画することができればと思います。

- 参加者それぞれの時間が限られている中、なかなか難しかったと思いますが、もう少し時間が割ければ更に議論が発展したと思います。
- 今現在がもっともウォーミングアップが終わっている状況かと思いますが、もう少し議論を続けてみたい状況です。

- ・ **「市民」の設定**

- 今回の市民 WS の参加者は若い方達が多かったので、40 代以上の方達の参加が得られればまた違う議論になったとも思います。

- ・ **ワークショップ等での議論の進め方**

- 2 回目はオンラインでの開催であったが、やはりオンラインは熱気に乏しく、現地での対面開催が圧倒的に望ましい。やむをえずオンラインで行う場合は、WS の内容について相当詳細に煮詰める作業を行い、参加者には事前に発言内容をある程度明瞭に考えておいてもらう必要があろう。
- イントロ時に対面にして、議論を発展させる方が効果的だったのかもしれない。

⑤「ゲノム倫理」研究会の次年度以降の活動について :【ケーススタディを実施すべきか?】

- ・ **ケーススタディを継続することが望ましい、ただし進め方等の改善余地あり**

- 2025 年度が「ゲノム倫理」研究会活動の最終年度になる旨伺っております。したがって、これまでの「ゲノム倫理」研究会活動の総括を行わなければならない、その点でかなり忙しくなると思います。それでも、可能であればケーススタディは行った方が良いと思います。実際、これまでにケーススタディに加わっていただいた研究者の市橋先生、末次先生、山西先生ともに、最初は大変且つ時間も取られて躊躇されるところもあったかとは思いますが、最終的にはケーススタディに参加して良かったと思われる筈です。「ゲノム倫理」研究会の意義が、“CREST・さがけの研究者とゲノム ELSI に関わる人文社会系研究者との協働を図り、市民に向けてより良い研究プロジェクトとなるよう作り上げていくこと”にありますので、その点でもケーススタディは研究者との協働を実施する良いツールになるものと思われます。これまで、ケーススタディを通じて塩見総括に関わってきていただいている点も大きいと思います。
- これまで 3 名の研究者に対してケーススタディを行ったが、3 名とも自身の研究開発について自ら ELSI を研究することの重要性を認識するに至った。この認識をさらに広めて研究者一般に共有されるようになるには、なおケーススタディを積み重ねていく必要があると思われるので、次年度も実施すべきだ。
- 個人的な意見として、大変有意義だったので、実施すべきだと思います。

- 重要な活動だとは思いますが。ただ、研究者からはなかなか自発的な推進力が得られないと思うので、企画やその中での課題、問いをはっきりさせて、また得られた意見を集約するところにはサポートが必要だと思います（引き続きよろしくお願いします）。
- 基本的に実施しても良いかと思います。RISTEX 様の方でバックアップ頂いてできるだけ短い時間で効果的な方法で実施する方法が要検討かもしれない。

⑥「ゲノム倫理」研究会の次年度以降の活動について ：【ケーススタディ以外のアイデ

ア】

- ・ 既に、「ゲノム倫理」研究会活動の総括としての図書出版の企画は進行しておりますが、今年度は叶わなかったサイエンスアゴラへの出展について企画しても面白いのではないかと考えています。
- ・ 「ゲノム倫理」研究会発足直後の「森美術館ツアー＋WS」はかなり斬新な企画であったと思いますが、類似のコンセプトで何かゲノム倫理の在り方を考えることができれば、それもいいのではないかと考えています。
- ・ 活動の表現物としての書籍を書く時間をもっと欲しいかもしれません。この書籍を基に、色々なところでセッションして意見を聞いて回りたい。
- ・ 市民 WS で感じたのは、やはり最初はある程度一方的に研究内容について丁寧に紹介する機会が必要で、それに対して意見を集約、議論、という流れかなと思いました。
- ・ ケーススタディを行う意義について、すでに実施した研究者とそうでない研究者を数名ずつ集めて座談会を開いてはどうか。
- ・ ある分子ロボット研究者は、自ら ELSI の研究を行い、それを公表することによって、自身の研究に対する投資家の信頼が高まり、じっさいに投資額が増えたようだが、このような方を招いて、ELSI 研究と投資の関係について議論する場を設けてはどうか。
- ・ 小説やアニメなど外注することで市民のイメージをふくらませる試みは、今後もどんどん拡大していくと良いと思います。サイエンスアゴラなどいろいろなイベントとの抱き合わせ企画も良いかもしれません。

⑦その他

- ・ 私たちの研究は国民の税金で成り立っており、市民に研究内容を紹介し、その重要性や可能性を理解して頂くのは重要な活動であり義務だと思います。その過程で研究に対する反発があればそれが倫理問題を議論するきっかけになると思います。まずは様々な場での研究紹介の場を持たせて頂くようお願いする姿勢も研究者側にも必要かと思いました。
- ・ ケーススタディを行う意義および実際の効果をまとめて研究者に発信し、ケーススタディを行う意欲を高めるための広報活動を活発に行ってはどうか。

4. 考察

(1) 山西 PJ の ELSI 論点

①「ゲノム倫理」研究会が考える山西 PJ の ELSI 論点

「ゲノム倫理」研究会が考える山西 PJ の ELSI 論点は次表の通りである。

図表 17 : 「ゲノム倫理」研究会が考える山西 PJ の ELSI 論点

- | |
|--|
| a. 病気の治療に使えるが、生き物の在り方自体の概念が変わる |
| b. 長鎖 DNA・染色体導入が許される病気の範囲とは？ |
| c. 人間が操作してはならない不可侵領域があるのではないかと、また、そもそも操作技術を持たない領域を残しておいても良いのではないかと |
| d. ネット社会でデジタル格差が出たのと同じく、ゲノム格差が生じるかも |
| e. 遺伝子組換え論議の要再考（ゲノム操作規制の在り方をどう考えるか） |
| f. 善悪利用の二項対立の考え方から脱却する必要がある |
| g. 我々は長鎖 DNA がどう駆動するのかまだ知見を持っておらず、知らないこと・分からないことにどう対処するのか？ |
| h. 我々が準備できていることと、そうでないことを、どのように整理するのか？ |
| i. 役に立つデバイスをつくることと何に使うのかは別であり、関係者で要協議 |
| j. 本技術の利用方法を限定したくない（議論を通じて開発の方向を決めるべき） |

上記論点の a.～e. は ELSI 論点マップ 2022 の「生命の理解・再生」、「医療の発展」の領域に対応しており、研究活動と社会との関わりにおけるマップ の「ヒトへの応用」、「規制・ルール」に概ね対応しているようである。

残りの f.～j. は「ゲノム倫理」研究会が作成した既存 ELSI マップでは明示的にはカバーされておらず、山西 PJ のケーススタディを通じて得られた新たな ELSI 論点とすることが出来る。f.～j. の意味するところは多様であり必ずしも 1 つのカテゴリーに集約すべきとも思えないが、強いて行くとすれば「我々はいく何をいかに制御すべきなのか？」という枠に集約できるのではないかと。すなわち、山西 PJ のそのように、今後の関連分野の研究の進展に伴い、現時点では想定できない多様な活用方法が開かれているような技術を「どう制御すべきなのか、すべきでないのか」という論点である。

図表 18 : 山西 PJ のケーススタディを通じて得られた新たな ELSI 論点

ELSI 論点	論点の細分化	集約する枠
f. 善悪利用の二項対立の考え方	技術を善 = 利用促進、悪 = 非利用、の 2	我々はいく何

ら脱却する必要がある	つのいずれかに決めつけることなく、もっと柔軟な制御を見いだしていく必要がある。	をいかに制御すべきなのか？
g. 我々は長鎖 DNA がどう駆動するのかまだ知見を持っておらず、 知らないこと・分からないことにどう対処 するのか？	我々が当該研究について未知・無知なままでも何らかのアクションをとらなければならないことがあるのか。 それにどう備えることが可能なのか。	
h. 我々が 準備できていることと、そうでないこと を、どのように整理するのか？		
i. 役に立つデバイスをつくることと 何に使うのかは別 であり、関係者で要協議	作ることは自由で、使う時点で制御するという割り切ったモデルで事足りるのか？ 作ることと使うことの境はどのように判別できるのか？ だれがそれを決めていくことができるのか？	
j. 本技術の利用方法を限定したくはない （議論を通じて開発の方向を決めるべき）	技術の利用はだれが決めるのか？ その是非は利用方法毎に決めるべきなのか？ そうだとすれば利用方法をだれがどう管理できるのか？	

②市民と研究者の対話で生れた山西 PJ の ELSI 論点

第 3 回市民 WS の場で、市民と研究者の対話から生まれた山西 PJ の ELSI 論点は次表の通りである。

図表 19：市民と研究者の対話で生れた山西 PJ の ELSI 論点

k. ゲノム操作技術で様々な機能を獲得できる未来においては、努力という概念を失ってしまいかねない。 l. ゲノム操作技術の民主化が起こると、最終的には人々の差が無くなる。そうになると自分らしさという概念が失われる／変質するのかもしれない。 m. ゲノム操作技術の利用は医療行為とそれを超えるものといったような線引きで管理すべきかもしれないが、そもそも病気という概念自体が変わっていくのかもしれない。 n. ゲノム操作技術を社会がコントロールするには法律で縛っていくしかないと思うが、その法律（という社会的技術）にも危険な側面があることを知る必要がある。

上記の論点 k.と l.は我々が社会的に生きる上で自明視している「自分」というコンセプトが、山西 PJ

(のような) 技術が普及した世界では変わっていくことへの不安を表わしている。m.は「ゲノム倫理」研究会が考える論点の「b.長鎖 DNA・染色体導入が許される病気の範囲とは？」とほぼ同じだが、病気がゲノム操作技術等を管理するための線引きの基準となり得るとしても、その病気という基準自体が変わることを論点として挙げている。基準自体が変わり得る中で、どのような基準を基に技術の制御を検討していくべきかを問うている。n.もほぼ同じで、ゲノム操作技術を社会がコントロールする法律自体がある時は危険な顔を持つことを言っている。

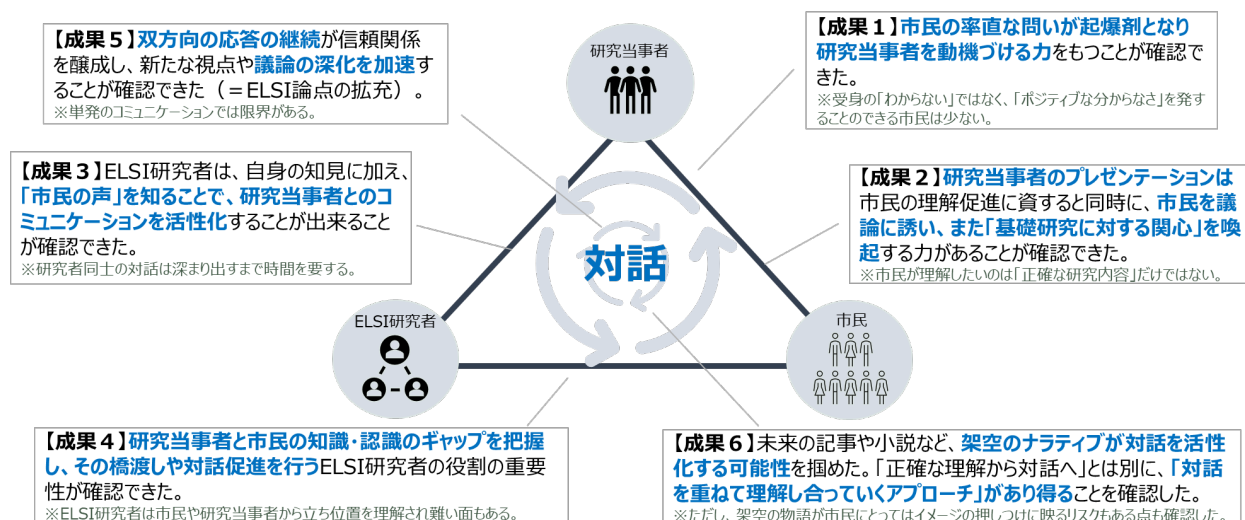
m.n.は、前述の山西 PJ のケーススタディを通じて得られた新たな ELSI 論点と同じ論点と言ってよいだろう。k.と l.は、山西 PJ のケーススタディを通じて得られた新たな ELSI 論点にはなかった視点であり、市民が参画したことで出てきた独自の論点と言える。大きく括るとすれば、例えば「自分らしさの喪失」といった枠になるだろう。

(2) 研究当事者・ELSI 研究者・市民のトリローグ (3 者間での対話)

の成果

今年度のケーススタディでは、研究当事者、ELSI 研究者、市民の 3 者間の立場や知識の「違い」を理解し合いつつ、対話を通じて「共に議論していくべき (ELSI) 論点」を探っていくことを目指したが、活動を通じて確認できたことを記す。

図表 20 : ELSI 論点を探る市民との対話が生み出す効果



① 市民の率直な問いが起爆剤となり研究当事者を動機づけることが出来る

今回は、一関高専の学生・教師・社会人が「市民」として率直な意見・疑問を発出してくれた。そうし

た発言が間接的ではあるが研究当事者に共有されたことで、WS の回を重ねる毎に研究当事者の「自身の研究の説明」に対する意識や工夫が高まってきた。最終的には、第 3 回市民 WS の場で山西チームの山西氏が自身が市民を前に、山西 PJ の研究について直接語り掛け、市民からは、その説明の分かりやすさ、研究に対する情熱等々の点で極めて高い評価を得ることが出来た。

このような相互作用が生じた最大の理由は、一関高専の学生等がただ単に受身で「わからない」と投げ出すような関り方ではなく、「分かりたいが、ここが分からない」、「もっとこうしてくれると分かるかもしれない」などのポジティブな態度を基盤とした「分からなさ」を発してくれたことだろう。このように出来た背景には、高専生という「市民」の特異性が大きく影響しており、必ずしも多くの「市民」が同じように出来得る態度ではなかったかもしれないが、少なくとも一部の「市民」は、こうした効果を共創する市民となり得ることが見えた。

②研究当事者のプレゼンテーションが市民を議論に誘う

上記①とは逆に、研究当事者の対面でのプレゼンテーションは市民の研究に対する理解を促し、関心を喚起する圧倒的な力があることが確認できた。第 1 回市民 WS では、研究当事者が語りかける動画を流したが、そこでの市民の反応とは天地の差があった。

これも、全ての市民に通じるかといえばそうとは言えないだろうが、少なくとも研究当事者の研究内容を伝えようとする熱意は多くの市民に伝わり、そこから市民の関心を喚起していく契機にはなるはずである。

③ELSI 研究者と研究当事者の対話を後押しする「市民の声」

ELSI 研究者は、自身の知見に加えて、当該研究に対する市民の反応を議論の材料として加えることで、研究当事者とのコミュニケーションを活性化できる側面があるようだ。換言すれば、ELSI 研究者と研究当事者の対話を深めていくには、相応の時間を必要とすると言えるのではないか。対話をする前提がお互いに明確になり納得していない限り、なかなか核心には近づかない。その点、「市民の声」を触媒として活用し、そこを立脚点に両者のコミュニケーションが進む可能性が示唆された。

④メディエーターかつ問題設定役としての ELSI 研究者

研究当事者と市民の知識・認識のギャップを把握し、その橋渡しや対話促進を行う ELSI 研究者の役割の重要性が確認できた。市民の率直な意見や研究当事者のプレゼンテーションが重要とはいえ、それらを把握し、編集していく存在が無ければ実現は難しい。双方の視点を一定程度理解している ELSI 研究者がメディエーターとして介在することで初めて議論の場が立ち上がり、市民や研究当事者のポテンシャルが発揮される側面もある。

ただし、そこでの ELSI 研究者に期待される役割は単なる連絡役・調整役ではない。市民や研究当

事者に「何をなぜいま議論する意義があるのか」を働きかける問題設定役としての役割が重要であることが今回の活動を通じて確認できた。

⑤対話の継続

双方向の応答を重ねていくことで、一定の信頼関係が醸成され、新たな視点や議論の深化が加速させることが確認できた（＝ELSI 論点の拡充）。単発のコミュニケーションでは限界がある。ただし、今回は一関高専という協働相手があったからこそ継続できた面が大きい。一般の市民がこの種の対話に継続的に関わる可能性は小さいと言わざるを得ない。対話の継続性が重要であることの一端は今回の試みで知ることができたが、継続のコストもそれなりに大きく、「どのような継続方法」があり得るのかを今後さらに検討していく必要がある。

⑥対話を活性化する制作物（未来の記事や小説等）

今回は、第3回市民WSの場で、SFプロトタイピング手法で作成された未来の小説を動画で流したが、市民の思考を「自由」にする効果があるようだった。40年後の社会でゲノム編集医療が普及した状況を描いた物語を見たうえで、そうした社会をどう受け止めるのかを考え、最終的には近未来の自分たちの（未来を創る）選択を意識させる装置としての可能性は掴めた。40年後の世界からのバックキャストで現在の先端的研究に対する制御の在り方を議論するアプローチであり、開発中の技術が今後社会にどのような影響を与えていくのかを考えるパターンとは異なるものであり、現在の視点の延長だけでは見えない論点を市民と共に探索できる仕掛けとしての可能性がある。

ただし、それがケーススタディという営みのなかでどのように活用できるのかは要検討である。架空の未来社会を想定するには、ケーススタディの対象の研究はいったん後景に退き、もっと数多くの研究や技術が実装された社会を描くことになる。そこから最終的にケーススタディの対象である研究や技術に議論を紐づけていくにしても、その具体性には限界があるのではないかな。さらなる検討が必要である。

また、この種の架空の物語を提示する作業は、市民にとってはイメージの押しつけに映ってしまう場合もあるとの声もあり、その点に配慮していく必要もあることが確認できた。

5. 今後に向けて

今回実施したケーススタディは昨年度に続いて 2 回目の試みであり、ケーススタディの進め方、関係者間の認識合わせ、市民側への応答に要する「ゲノム倫理」研究会コアメンバーの負荷など、いくつかの課題が見られた。とはいえ、山西チーム、研究会メンバー、そして計 3 回の WS に参加してくれた市民からは肯定的な評価があり、「ゲノム倫理」研究会の新たな取り組みとして一定の意義があったものとする。

まず、山西先生をはじめ山西 PJ の研究者の方々が、会合の回を重ねるにつれてケーススタディの重要度をご認識いただくに至り、後半では、WS 当日はもとより事前の企画会議なども含め、かなり積極的に参画いただけるようになった。この点は正にケーススタディという方法論ならではの収穫であったと思われる。

また、「ゲノム倫理」研究会の意義は、“CREST・さがけの研究者とゲノム ELSI に関わる人文社会系研究者との協働を図り、市民に向けてより良い研究プロジェクトとなるよう作り上げていくこと”にあるが、具体的なケースを取り上げることでゲノム ELSI に関わる人文社会系研究者の多様な視点が引き出されやすくなることが改めて確認できた。山西 PJ を対象にコアメンバーを中心に密度高く考察し続けたことで、これまでとは若干異なる ELSI 論点も浮き上がってきた。さらに、今回は一関高専の格別の協力が得られたことで、市民と共に ELSI を考えていくことの大きな可能性が見えてきたことも重要な成果の一つと考える。市民への情報提供の在り方について示唆が得られ、市民の率直な意見が CREST 研究者やゲノム ELSI 研究者を（良い意味で）揺さぶる効果が確認できた。塩見総括からは、「市民と向き合うことで、研究者も何が分からないかが分かる。どのように話せば理解できるかを伝えてもらうことが非常に重要で、その相互作用の積み重ねが社会を変えていくことになるのではないか。」とのコメントをいただき、このような企画を続けていくことの重要性を CREST・さがけの研究者とゲノム ELSI に関わる人文社会系研究者が共有することが出来た。

今後については、いろいろな方向性が考えられる。新たな CREST 研究者を迎えて新たにケーススタディを実施することも新たな論点発掘の可能性はあるだろうし、市民との対話を通じた ELSI 論点の発見や深掘りのプログラムをさらに試みていく方向もあり得る。「ゲノム倫理」研究会の活動を広く発信していくためにも、今年度は叶わなかったサイエンスアゴラへの出展について企画しても面白いのではないかといい意見もある。また、「ゲノム倫理」研究会発足直後の「森美術館ツアー + WS」という斬新な企画を参考に、新たなコンセプトでゲノム倫理の在り方を考えていく仕掛けを検討していきたいとのアイデアもある。さらには、すでにケーススタディを実施した研究者とそうでない研究者を数名ずつ集めて座談会を開き、ケーススタディを行う意義について議論を深めていく試みや、ELSI 研究と投資の関係をテーマにした議論の場を作る試みなど、様々な企画を検討していく余地がある。

「ゲノム倫理」研究会としての活動が一定の成果をあげてきたからこそ、今後研究会として取り組み得る企画が多様になってきつつある。限られたリソース及び期間で次に何を狙っていくとするのか、今一度研究会の存在意義を問い直し、十分な議論を重ねて、「ゲノム倫理」研究会という貴重な社会装置のポテンシャルを活かす挑戦を進めていく必要があると考えている。

参加者

CREST「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」研究総括

塩見 春彦 慶應義塾大学 医学部 教授

山西プロジェクト

山西 陽子 九州大学大学院工学研究院 教授

菅野 茂夫 産業技術総合研究所 生物プロセス研究部門 主任研究員

田川 美穂 名古屋大学 未来材料・システム研究所 教授

坪内 知美 自然科学研究機構基礎生物学研究所 幹細胞生物学研究室 准教授

鳥取 直友 九州大学 大学院工学研究院機械工学部門 助教

鈴木 隼人 産業技術総合研究所生命工学領域生物プロセス研究部門 研究員

「ゲノム倫理」研究会

信原 幸弘 東京大学 名誉教授

岩崎 秀雄 早稲田大学 理工学術院 教授

岡本 拓司 東京大学 大学院総合文化研究科 教授

神里 達博 千葉大学 大学院国際学術研究院 教授

岸本 充生 大阪大学 データリテリフロンティア機構/社会技術共創研究センター 教授

四ノ宮 成祥 防衛医科大学校 前学校長／国立感染症研究所 客員研究員

志村 彰洋 株式会社電通 第7 マーケティング局 ゼネラルマネージャー

田川 陽一 東京科学大学 生命理工学院 准教授

田中 幹人 早稲田大学 政治経済学術院 教授

中村 崇裕 九州大学 大学院農学研究院 教授

日比野 愛子 弘前大学 人文社会科学部 教授

松尾 真紀子 東京大学 公共政策大学院 特任准教授

見上 公一 慶應義塾大学 理工学部 准教授

水野 祐 シティライツ法律事務所 弁護士/九州大学 グローバルイノベーションセンター 客員教授

三成 寿作 京都大学 iPS 細胞研究所 上廣倫理研究部門 特定准教授

横野 恵 早稲田大学 社会科学部 准教授

国立研究開発法人科学技術振興機構（JST）

小林 傳司 JST 社会技術研究開発センター センター長

大矢 克 JST 社会技術研究開発センター 企画運営室 室長

大竹 利也 JST 社会技術研究開発センター 企画運営室 調査役

小宮 泉 JST 社会技術研究開発センター 企画運営室 副調査役

樋口 壮人 JST 社会技術研究開発センター 企画運営室 副調査役

森田 由子 JST 社会技術研究開発センター 企画運営室 専門役

山内 悦子 JST 社会技術研究開発センター 企画運営室 専門員

嶋崎奈美恵 JST 社会技術研究開発センター 企画運営室 事務補助

丹羽 一 JST 戦略研究推進部 ライフイノベーショングループ (CREST 担当) 主幹

株式会社日本総合研究所

柿崎 平 リサーチ・コンサルティング部門プリンシパル

高野 大地 リサーチ・コンサルティング部門シニアマネージャー

独立行政法人国立高等専門学校機構一関工業高等専門学校の皆さま

Next IWATE の皆さま

資料：山西 PJ の初期資料に対する市民の意見@第 1 回市民 WS

(1) 全体の印象（山西プロジェクトのプレスリリース、PPT 資料、動画を見て感じたこと）

①化学・バイオ系コースの学生

【具体的な使われ方・応用（の説明がほしい）】

- ・ すごそうなのは分かるが、具体的に落とし込むとどうなるかというイメージが沸かない。ドラえもんの世界。対象物はバイオ系だが、応用化学の分野なので、理解が及ばない。
- ・ 長鎖 DNA を導入する技術というのは、技術としてすごそうだが、実際に我々にどのようなメリットがあるのかわからない。我々が習う教科書よりも研究は先に行っていることは分かるが、そこから実用化までの乖離を感じる。
- ・ 冒頭のような絵で説明してもらえると分かりやすい。
- ・ 紙芝居みたいにしてもらえると分かりやすい。
- ・ 研究の原理が良く理解できなかった。どのように市民が関わるかという観点で考えたときに、まず理解から始まるのではないか。自分は細胞を扱っているのでやや技術的なことになるが、細胞が導入後にどのぐらいの強度があるのかが疑問を思った。
- ・ 具体的にどのように使われるのか。より具体的な良い事がもっとわかりやすく説明してもらえると良いと思った。動画内資料の P11 で記載されていたが、これよりもまだ具体的な説明が足りないという印象。どのような良い事に繋がるかをもっと知りたかった。
- ・ （山西先生はなんにでも使えると思うが）何が一番実用化に近いのか、という点を知りたい。何でも言うのはイメージしづらい。「何が出来ます」の方がイメージしやすい。
- ・ 何にでも使えるという説明は、対話を生みにくいということなのかもしれない。

【単語問題】

- ・ 社会実装に市民がいかに関わっていくことを考えたときに、社会への影響を考える前に、単語をまず理解できなければいけないと思った。気になった単語、より詳しく書いてあった方が良いと感じたものを挙げた。動画を見ると少しわかった。
- ・ DNA ナノ粒子、環境に対する影響力、細胞内導入、導入技術、新デバイスの創生、細胞マッサージ
- ・ 「徐放」という単語の意味が分からなかった。どのような意味があるのか。動画内で、酵素で分解するという説明があった。

【説明の流れ・ストーリー】

- ・ 説明の流れが見えないので分かり難い。すごそうな技術だとは思いますが、ストーリーが繋がらない。

【人による理解・関心のバラツキ】

- ・ 研究者、高専生の科学系の人と話聞いたときには面白いと思う人もいるだろうが、一般市民から見たら関係ないと思ってしまう。立場によって見え方も全然異なるのではないかな。

②機械・知能系、情報・ソフトウェア系の学生

【単語問題】

- ・ 動画は市民向けということだが、市民向けという割には難しい。単語も分からない。

【説明の分かりやすさ、難しさ】

- ・ PPT の資料を読んでも何も理解できなかった。
- ・ タイトルからして何もわからなかったため、その先に進めなかった。
- ・ そもそも長鎖 DNA とは何なのか分からなかった。イメージ図が欲しかった。
- ・ 長鎖 DNA がメインだと思うが、電解誘起気泡がどのように関わっているか分からなかったのが気になった。
- ・ 資料（PPT）だけだとわからなかったが、動画で説明してもらって多少は分かった部分もある。
- ・ 最初の絵。紅ショウガはわかりやすかった。
- ・ これが細胞を表しているというのは、動画を見て初めて理解できた。
- ・ 表紙の絵が全て！

【説明の軸・一貫性】

- ・ とはいえ、細胞の中に入ると（船がゲートに入ると）何がどうなるのかはこれでは分からない。
- ・ ゲートで理解が進んだので、後半もゲートで説明を続けてほしかった。

【具体的な使われ方・応用】

- ・ 長鎖 DNA を導入すると何が起きるのかという質問をしたい、という印象を持った。
- ・ P.11 に応用が書かれている。a,b...f とあるが、例えば a であればこのような薬品になるなど、a のその先が知りたかった。そこまで書かれていないと一般市民としては分からない。a,b...f のすべてについて具体例を示す必要はない。
- ・ P12 の下にある「医歯薬領域にインパクトを与える」という表現は分かりやすい。その上にある「色んな分野が関わっている」と言う説明より具体的。「歯」の医療領域と勘違いしていた？

【技術の新規性・独自性】

- ・ 資料では、従来からゲートの技術はあって、新しい技術では骨芽細胞にも穴を空けられるという説明だったと思うが、なぜかというところが気になった。
- ・ タンパク質の結晶化は以前より難しいという話を聞いたことがあったため、もっと詳しく知りたいと感じた。

【資料の作り方、示し方】

- いきなり文章（プレスリリース等）を見ても圧倒されてしまった。
- 資料（PPT）はどこから読めばよいかわからなかった。
- 資料の作り方、説明の流れとして、その技術で細胞に入れられることで結局何が変わるのかを最初に具体的に説明してほしいかった。要は、何に使う技術であるということを先ずイメージできないとその後の理解は難しい。最終的なゴールを理解し、そのために、既存技術ではなぜダメで、だから山西先生たちはこんな工夫をして開発した技術である、という流れで理解したかった（ができなかった）。

③社会人

【資料の分かりやすさ】

- 文章（プレスリリース等）を読んだときは全くイメージできなかった。
- （PPT は）分かりやすくなかったが、用語が難しくいちいち調べながら読んだがそれでもよく分らなかった。
- 映像を見ることで少しは理解出来たように思う。漫画が入っている点、スケールが示されているところ。
- 研究背景に着目した。なぜ細胞に分子を入れようと思ったのかが分からない。コロナもあり、体の中に入れるという話は聞いていて、少し分かりやすいと思った。（そうした社会的背景と繋げて考えると分かりやすくなると感じた）

【期待感、関心】

- 山西先生の HP に、ゲノムと聞いて一番思いついたのが医療なので、今は夢のような技術だが、数十年たって当たり前になることの期待を持った。
- なぜこれまで出来なかった学際的アプローチが出来ることになったのか、という点が気になった。俗人的なものなのか、背景があったのか、その辺りが興味ある。
- 1 ページ目の絵は分かりやすかったが、9 ページなどの図は素人が見ても分からない。導入する機械がどうなのか、どのくらい再現するのか、難しさなどが分からなかった。素人でもわかりやすく、置き換えて表現してもらえると良かった。

【研究の背景と目的】

- なぜ山西研究が必要なのか、という前段を知りたかった。
- 長鎖 DNA 導入デバイス、なぜやることになったのか、という理由をもう少し知りたかった。それがあると、どのような影響があるのかという話ももう少し想像がつく。CREST の中では研究分担があるので、導入は山西先生の分担であることは分かるが、他の研究との役割分担も含め、CREST として何を実現する研究なのか、までをトータルで見ないとわからないと思った。
- 良い話を中心に、恐らく悪い話もあるのでその辺りを聞きたかった。

（２）市民が考える「社会全体で議論していくべきこと（ELSI 等）」

①化学・バイオ系コースの学生

【研究目的の明確化】

- ・ 研究の目的を明確にしてほしい。例えば対象細胞がヒト細胞か否かで大きく変わる。

【社会への応用例を具体化し、ELSI の検討を】

- ・ そのうえで社会への応用案の具体化、倫理的容認の基準を議論していくべき。
- ・ （ELSI を考える前提として）具体的な応用先について議論する必要がある。そのうえで研究内容の透明化と ELSI 基準の明確化が必要。
- ・ P.11 に往訪の説明があるが足りない。バイオ医薬品の中でも例えば癌治療にこのように使われる、という説明が欲しい。
- ・ そうした例があると市民は理解しやすい。
- ・ 山西先生の夢でも良いので、具体的にイメージできるものが必要。そこに裏付けなどは必要ない。
- ・ イメージを持つことが身近に考える第一歩。そうなれば市民側からの提案もできるかもしれない。

【応用する前に市民に説明を】

- ・ 実際の利益・被害を受けるのは市民であるため、技術の応用前に市民に説明する必要がある。

【善し悪しの線引き】

- ・ その基準を明確にすることも重要。
- ・ 実装するか否かを決めるのは国？社会に実装することを決めた団体が責任をもって説明していくことになるのではないか。そこまで山西先生に責任を押し付けるのは無理。
- ・ これは未来の技術だと思うので、ガイドラインを作らなければならない。
- ・ みんなで作れば一番良い。ガイドラインを学生が作った方が面白い。色々な人に関わってもらいたい。小さい子を含めて色々な人を入れていく多様性が重要。ガイドライン作成に関わる人たちだけが、技術を使ったり、その影響を受けたりするわけではなく、それ以外の人たちもたくさんいる。そこには想像性が必要だ。
- ・ 市民が研究を適切に理解すること、まず理解を適切に出来ることが重要。理解したうえで、技術の用途を色々な立場から考えていくことが重要。
- ・ 理解とは？扉絵で描かれたエッセンスが理解できていれば理解できていると言えるのではないか。口語で説明できるぐらいに落とし込めることが理解では無いのか。
- ・ 理解の水準も人によって異なるだろうから、何をもって理解とするかという（一定の幅を許容する）共通認識のようなものが出来ると良い。
- ・ イメージを一本化出来れば良いと思っていて、全員が共通のイメージがあればそこを土台にいろいろコミュニケーションできる。社会実装させる方法はバラツキがあっても良いと思うが、原理の理

解は一本化出来た方が良い。

- 研究申請書等にはポンチ絵が必須とされるが、研究を理解して分かりやすく図にする商売も出てきた。
- 「理解水準」という話があったが、自分は「すべて理解したい」と考える。単語の一つ一つから、理解できるようにした方が良いと思った。
- また、「理解した（と自分が考える）ことをアウトプットすること」が重要と思った。自分が理解したものを他者に説明する「説明書」を創ることが、その人の理解を深めるし、それが人によって違うことも含めて楽しく学ぶことが出来るのではないかと思った。
- そういうワークショップは楽しそう。自分の生活にどう関係してくるかも考えられそう。新聞のようなイメージ。どこを面白いと思うかは人それぞれ。
- 削らないといけないから分かりやすくなるのではないか。
- 2 回目のワークショップでやると良いのではないか。自分でまとめると自分事として捉えられる。
- 理解を促進できる仕掛け・媒介者という観点もある。例えば小さい子が学校で学んで親に伝えるような仕掛けも面白そう。最新の研究を知らない人も知ることが出来るサイクルが出来るのが理想的。子供が主体だと、家族も話は聞いてあげる。新しい情報の媒介者として子供が適切ではないか。研究者等が学校でワークショップを開き、子供に知ってもらった方が広まりやすい。

【研究が生み得るリスク等を説明する主体】

- 先ず、だれが説明するにしろ、ある程度応用が想定できないと説明や責任という検討は難しい。
- （不確実なことでも）ある程度使われることを想定して、先手を打っていく必要があると感じた。
- 良くも悪くも技術はどう使うかだ。（その技術を開発した研究者ではなく）使う側、応用する側が考えなければいけない問題だし、責任は使う側にある。
- そもそも、その技術を作った研究者が止めることが出来るのか。
- 当該分野の研究の第一人者だからこそ啓発してほしいという思いもある。
- 研究者本人が、それがもたらすリスクについても詳しいはずである。
- 同じ研究者でも、そこまで考えているか考えていないかで対応力に差が出るのが実態ではないか。
- 明確にするのは難しいと思われるが、基準はある程度決まっていた方が安心できる。
- 新技術を預ける場所（機関）があって、そこが使用許可を出すという仕組みが出来ると良いと思った。その場合、技術を預かる機関が責任を取る形にして。
- 文系の人を入れて検討するともう少し色々な観点が出てくるかもしれない。（自分たちはこの研究分野に近い学生なので）

②機械・知能系、情報・ソフトウェア系の学生

【具体的な応用例を発信し、社会の議論を喚起】

- そもそも社会でどのように活用されるのがわからなかった。その具体的な内容を知らないと、倫理

的な話も想定しづらい。市民が対象であれば、絶対にその点は必要である。

- 例えば、この技術をこう利用することで「癌細胞を死滅する」と言われたらそれは分かりやすい。
- 具体例はある種のゴールなので、最初に目につくように書くべきである。
- 社会で活用していく有り様を具体的に発信していくべきだ。医者が具体的にどのような施術に使うのか、といったレベル感で。具体的な活用方法が認識されることで、透明性が高まると思った。また、そうすること（＝具体的な使われ方を発信していくこと）が社会で議論を深めるために必要だと感じた。
- 倫理的なところまで山西先生が発信すべきかと言えばそうでもない気がする。倫理的なことであれば、JST などから市民に対して発信が必要と感じた。
- 「これがやりたいから研究を始めた」というのが山西先生の中にあるはず。（ご自身が想定する）ゴールが無いわけではないと思う。最先端の研究はよくわからないが「長いものを入れると何か良いことがあるようから…」ということだけで研究することがあるのだろうか？それだと、作っても結局何にも使われなかったということもなりかねないのでは？
- 応用を山西先生自身が手掛けるのか、それとも他の研究者や企業が手掛けるのかは、市民にとってはどちらでもよいことなので、いずれにしても具体的に説明してほしい。

【善し悪しの線引き】

- 良くないことに使われる、良いことに使われる、という線引きをしなければいけない。
- 例えば、悪いことは「犯罪に使われないように」といったことが倫理的課題になると思うが、抽象的すぎてイメージすることが出来なかった。
- 他の技術が出てきた際に、それらを組合せて悪用できる可能性もあるため、長期的なウオッチが必要と感じた。

【議論するには一定の理解が必要】

- 適切な知識が必要であると思っている。適切な知識をはじめにみんなにインプットすべきであると思っている。例）長鎖 DNA とは何か等
- 基礎的なところはまずみんなで共通認識を持てば、こんなことに活用できるかもといった議論に繋がっていくように感じた。
- 具体的なキーワードに全て説明を入れたとして資料は分かりやすくなるのかという問題もあるが、議論の目的を何にするかによって方法は変わってくると思う。とりえず中途半端な知識でよいので議論してほしいならこれで良いが・・・。「市民」に対して何を期待しているのか、と感じた。
- 市民は、長鎖 DNA が何かを詳細に知らなくても、それが何に使われるかが分かればよい。作り方等（＝そこが山西先生の研究なのだが）は分からなくても良いのではないかな。
- 市民が理解できないからこそ、知識がないからこそ逆に恐怖を与える可能性もあることを認識すべきだ。

【しかるべき専門家の間で連携してほしい】

- 細胞に投与するのかと推測した。そのように使うのであれば、動物実験が必要になると思うが、その際に倫理観のある実験なのかを判断し、遺伝子の専門分野の方々と連携して、研究を進め

てもらえると良いと思った。いわば、研究における実験段階の倫理観が求められるということで、その意味では最終的な実装が見えない段階においても相応の倫理的問題はある。（が、それに市民が関わるかどうかは…）

- 人間に使用していくものだと思ったので、この研究を人間に使うのであればユーザーは医療分野になるはず。その意味で医療分野との連携（で倫理的問題も議論していくこと）が先ずは必要ではないかと思った。

【市民目線からの倫理：法、好きな分野、既存知識】

- 研究を見ても全く分からなかった。結局何がしたいのか、社会の課題とどう結びつくのかわからなかった。身近に役立つ具体的な例が一つでもあると、そこでの倫理的な問題は考えることが出来ると思う。この研究の倫理面についても何か具体的な説明が欲しかった。
- とにかく、自分とかかわりが無いと興味を持たない。自分と関わりがあるかが重要。
- （自分が研究するときは）犯罪か犯罪ではないかぐらいしか気にしていない。AI に聞いて爆弾を作ってはいけないという話など、自分が行って法に触れるかどうか重要なのではないか。
- 自分が好きなもの、自分がすでに持っている知識に関わる議論であれば参加したい。例えばロボットは好きなので、そこでは色んな議論がある。例）人に危害を加えてはいけない等
- 機械で言えば、人に危害を加えない、とある種分かりやすいが、化学系の倫理のイメージが分からない。
- 新しい研究は良い面が挙げられるが、デメリットについても議論すべき。

③社会人

【議論の土台作り】

- 遺伝子改変操作という言葉始めて聞いた。効率が良くなるということかもしれないが、一方でネガティブな側面もあると思われる。メリデメ双方を整理して、議論の土台作りを進めることが先ずは必要だと感じた。
- その際、研究当事者がより分かりやすい言葉で発信すべきと考える。
- 図で書いてもらうことが重要。金融の話で言えば、それぞれの理解に応じて説明しなければいけない。この分野でもレベルごとの開示は合っても良いと思う。
- 例えば、科学に関心を持つ人、マスメディアで一般市民が分かるレベルまで説明してもらうと、レベルが分かれる。
- やるときとやらないときのメリットとデメリットを比べるのが難しい。やる時のデメリット、やらない時のデメリットを比べるのが、一番納得感がある？

【リスク、技術のガバナンス】

- この研究が進む先には、医歯薬領域の明るい未来がある。他方で、新規生物が作れるということになるので、バイオテロ、パンデミックに繋がるリスクをいかに取り締まるかが大事になる。

- 技術がオープンになると世界的に広まってしまう。また、より良いものが出来てしまう、優良遺伝子が出来てしまうことをいかに取り締まるか。国家が意志を持ったら止められないので、すごく不安になるが、現実問題止められないと思う。
- ただ、ChatGPT のように、出た後に追っかけてルールメイクした例がほとんど。再生医療は早めにルールメイクした例であり、それに習えば良いのかなという気もする。ただ、悪意のある国・組織が扱うと防ぎようが無い気がする。
- 子どもを持つ親としては長期的な不安を感じる。自分が良くて、自分の子供や孫などの次の世代にどう影響があるかが気になる。ただ、他に選択肢（治療方法）が無いのであれば絶対に使用するだろう。これ単体でどうこうというより、実際問題としては限られた選択肢の中でどう選ぶか、その時に何を信頼するかという問題だと思う。
- この資料に関連していえば、例えば、遺伝子組み換えだと不安、という感じがある。ゲノム編集は比較的安心と思う一方、実際の影響は良く分からない。
- コロナ禍での mRNA がそれに該当する。全員うっていたが、長期の影響は臨床でも測りようがないので、ある意味人体実験でもあった。治療として確立されてしまったら一般市民は受け入れざるを得ない。ワクチンは 5 回も打ったが、何となく不安を持っている。ただ、それしか無ければ、リスクを考慮しつつ使うしかない。
- コロナワクチンは健康な人に使うので抵抗感があった。
- やり過ぎるのは良くないと思うが、やらないという選択はない。日本がワクチンを作れなかったのも、政府の規制が厳しかった。裁判で負けてしまう。日本の製薬会社が無力であった。
- ゲノム編集ベビーの問題をテレビで見て、なぜダメなのかと思ったが、人に対して適用するのではなく、受精卵で改変することが倫理的に OK になってしまうと、親としては頭が良い子が良い、かわいい子が良い等、要求が高くなってしまおうと思うので、世界的に規制していると自分として理解した。
- メディアの使い方によって、市民への影響力がすごい。コロナ禍で医療機関に務めていたが、ワクチンの予約が全然取れなくて、医療機関に大量の電話がかかってきてしまって対応に苦慮した。その時メディアの影響を感じた。メディアを巻き込むことが良い面、悪い面あると思う。

（参考：その場で派生した議論）

Q) デザイナーベビーはなぜ良くない？

A) お金がある人しか出来ない。長期的な影響が分からない。

Q) みんながやりたいと思ったら、ゲノム編集ベビーは出来てしまうことになると思うが、その点はどう思うか。

A) それは良くないのではないかな。

Q) 自身で責任を持ったうえで OK であれば良いのでは。

A) 個々人の判断であると思いつつ、良識 遺伝子整形ガンダムの世界。選別になってしまう。国家規模。強化された兵士を作るとなると、法律で禁じるべき。

Q) どこまでが治療でどこまでが治療外なのか。治療を続けたら改造人間になるかもしれない。

A) 病気を治すことは良い。元々持っている DNA から逸脱してしまうことは NG ではない。頭を良くする等になるとそれはアウト。

- その辺の議論がなし崩し的に緩い方向へ進んでしまうリスクがある（みな意識せずに）。例えば、利益を求めてそのような業者が出てくる可能性もある。それに対して、山西先生の立場の研究者は拒絶してもらいたいと思うが、本来は山西先生が判断しなくて良い仕組みを作らなければいけないと思う。民主国家であれば取り締まれるのではないか。国内であればそこまで心配していないが、海外・専制国家に流出してしまったらどうなるのかという点を一番懸念している。安全保障の問題とも関連付けて議論していく必要がある。
- 今後は病気の定義も変わってくるのかもしれない。例えば整形も病気の解決というときも来るかもしれない。そうすると、技術だけでなく、法律の議論にレイヤーが変わっていく可能性がある。
- バイオ情報が勝手に漏洩すると、クローンを作られるなど、スマホ以上に危険な情報になる可能性がある。映画などの遺伝子組み換えのイメージ。大体悪いイメージ。
- 自分にどのようなメリットがあるか具体的に分からないと興味がわからない。具体的にどのようなサービスになるかが分からないので、自分にどのように影響があるか分からない。美容整形に具体的にこうなる、という話なのか。映画だとイメージしやすいため、そのイメージが先行してしまう。

（３） オンゴーイングの先端研究に市民が関わる意義 （市民から見た参加の意義、難しさ）

①化学・バイオ系コースの学生

【市民が関わる必要性、意義】

- 市民が関わっていく必要はあると思う。
- 市民が関わることで「社会実装のハードル（条件）」が研究者に見えてくるのではないかな。
- 市民から非難されるかどうか、市民の人たちにこういう技術として使えるという話をしたときに、市民からフィードバックを得ることで研究者はハードルを感じることになる。
- 市民側も、事前に知っていくことで恩恵をより享受できるため、市民としてメリットがある。意見を得られる意味でも研究者にもメリットがある。市民が関わることで、市民が欲しい方向性に技術を持っていくことが出来ると考えられる。
- これまで一切聞いたことが無い研究だが、応用例を見てみるとこの先お世話になる可能性がある。市民からも意見をすることで、社会に適した研究内容になるのではないかなと思った。

【オンゴーイング研究だからこそ意義が大きい】

- オンゴーイングの研究に関わるのが重要で、市民と一緒に作っていくことでハードルも下がっていくはず（無暗に高いハードルにならずにすむ）。

- ・ オンゴーイングと言うのが重要で、完成してから市民の意見を入れて変更していくと時間を要する。フィードバックを受けて改善していった方がサイクルの回りが早くなる。
- ・ 出来上がった研究成果は、市民としては評価しか出来ない。オンゴーイングの研究は、評価では無く方向転換できる可能性がある。市民関わったことによる市民側の責任感もある。市民が当事者になるメリットもある。

【関わる市民とは】

- ・ 研究者、高専生の科学系の人と話聞いたときには面白いと思う人もいるだろうが、一般市民から見たら関係ないと思ってしまう。立場によって見え方も全然異なるのではないか。
- ・ どのような市民が関わっていくべきかという点では、知識の幅の広さ、年齢層などの多様性が入ると、より良い方向に進むのではないか。
- ・ 市民の意見を出し合えるワークショップを開催できると良い。ワークショップに意欲的に参加する市民は少ないと思うが。
- ・ そこで層が選別されてしまう。
- ・ （市民が）公衆の場で情報を拡散することに意味がある。研究当事者が言う批判的な目では理解してもらえない可能性がある。市民が理解して、多くの市民へ伝えた方が良い。

【特定応用分野についてその専門家も含めて議論】

- ・ 市民と言っても誰と一緒に議論していくか、が難しいが、先ず思い浮かぶのは「医師」ではないか。山西先生の技術のユーザーとして。
- ・ 影響力は政治家の方があると思うが、使うことを考えると医者ではないか。
- ・ 応用分野を絞って議論した方が良い。環境であれば電気系・環境系など、少しの縛りは必要かもしれない。
- ・ 広すぎると議論しづらい。収集がつかなくなってしまう。

②機械・知能系、情報・ソフトウェア系の学生

【オンゴーイング研究に市民が関わる意義はある】

- ・ オンゴーイングの研究に市民が関わっていく意義は、社会実装が円滑に受け入れる点。しかし今回の研究はそれが想定できない。

【この研究段階（＝具体的な応用は不明）で市民が議論する必要性があるのか？】

- ・ 今回の研究説明の内容を聞いたけどわからない。市民に聞いたという事実は残ったが、本日議論が進んだ感じがしない。資料についてダメ出しをしたぐらいである。現段階であれば市民に説明する必要はないのではないかと感じた。具体的な使用例があって、市民にもメリットがあるという説明であれば、興味が出てくると感じた。
- ・ 市民の関わり方として被験者しかないと想像してしまった。確かに議論として関わっていくという観点もあったが。

- 資料を急に送られてきても何もわからない。研究に対して意見が欲しいのであれば、前段で何らかの説明も必要になると思った。
- 市民が関わるということは、市民がその研究のことを知らないと始まらない。そのためには知名度を上げなければいけない。広告や SNS など、アニメを使って知ってもらってから興味を持った人たちに対して説明すれば広まっていくのではないかと思った。
- 知識が全くないので、ハードルを下げたワークショップなどがあるとより良いと感じた。

【市民が関心を持つ環境づくり】

- そもそも市民は新しい技術に対して理解が不足している。見学・ワークショップなどの身体を使った体験が重要なのではないかと感じた。市民が関わっていく前に興味を持ってもらう必要があるため、市民が関わっていききたい雰囲気や内容を創っていくことが重要。
- その場合、やはり、自分に関わることであればおのずと関わっていききたいと感じる。

【仲介者の役割：かみ砕き機能】

- いきなり研究者が市民と対話すべきなのか、間に「かみ砕く人」がいるべきなのだろうか。
- 市民にいきなり「技術に関しての倫理観」を言えと言っても、それはわからない、で終わってしまう。専門家からの意見を踏まえて市民の議論に移った方が意見を言いやすい。
- 情報だけをかみ砕くのか、倫理的な問題を問いかけるのか。市民に確認する目的は、有識者が気づかない点を気づくという点である。仲介者（≒有識者）が下手にかみ砕くと仲介者や有識者の意見に引きずられてしまうことに注意を要する。製品であれば有識者がかみ砕く必要はないと思うが、研究であれば必要である。
- 研究者が一般的に通用する知識であるかのように専門知識を使うことがあるので、その意味においてはかみ砕く必要はあると思う。
- 資料の作り方に関する噛み砕き・仲介はあってよい。例えば、抽象的な観点と、具体的な内容が同じ資料に含まれていたので分かり難かった。例えば、分子の大きさはこの資料に書いてもらう必要があったのか。スライドが順序だてなくて読みづらいつと感じた。結論も書かれていない。市民向けであれば簡潔なメッセージが欲しかった。タイトルからして何を表しているのかわからない。このタイトルだったらまず見ない。今回は、市民から「歩み寄りたくない」と感じるような資料になっていたと感じた。それはやめてほしい。「面白い」と思ったら自分で調べる人も出てくると思う。そうした行動を喚起するような資料が望ましい。
- 特に、生死にかかわるもの、体の中に入れるもの、対象となる人が多いものに関する研究についてはそのような市民へのアプローチを進めてほしい。

③社会人

【研究当事者の説明責任】

- （山西先生ご自身も、自分が開発した技術の使い道が見えていない、という可能性はないか、

との問いに) 市民の立場として、山西先生が本当にそうであるとすればショックである。山中先生は理解されて進めている。国が CREST、Impact 等で予算をつけているので、研究者はそこまで考える義務がある、と市民の立場では思う。

- もう少しかみ砕いた実用化、メリットについて発信してもらいたい。例えば中小企業等がこの研究に関わってどのような事業に繋がるのか。そうするとみんなの議論も深まっていくように感じる
- 説明があまりに漠然としている。P12 で学際領域と書いているが、例えば、ステージ 3 のガンがどうなる等、具体的なレベルの内容について、市民レベルだと示してもらいたいと思う。ミクロの決死圏を引き合いに出すと言うより、もう少し分かりやすい内容をオーソドックスに説明してほしい。
- 具体的にあなたはこうなるよと言ってもらうと分かりやすい。そうすると自分事になって議論も深まる。オープンキャンパスなどの触れ合う場で開示してもらえると良い。今日の資料が、プレスリリースで出された資料だとすると、え？と感じると思う。

【市民が関わるタイミング】

- 一方で、日本の基礎研究力が弱いと言われている中で、市民が基礎から関与しまうと自由度が無くなってしまう恐れがある。どの研究段階で市民の目が入るべきかという点もよく考えた方が良い。
- ある程度下流でも良いのではないか。実用化の前では市民の目によるチェックは必要だと思う。

【市民関与のあり方：政策的な動きの中で市民を巻き込む】

- 具体的に何をやるかが一番重要。例えば、市民との共同プロジェクトや、より世代を越えて問題意識を持てる人を育成していかなければいけないと思うのでサイエンスカフェなどのワークショップ。人材育成も兼ねてやっていく必要がある。
- 市民の興味が持てる形で実施することが必要。その意味でもっと科学教育にお金を割かなければならない。話が一方通行にならないように一緒にやっていくことが重要。市民には、なぜタウンミーティングに参加することが重要かというところから理解してもらう必要がある。それには国の政策的な動きが必要。日本はイノベーションの力が不足している。サイエンスに取り組む若い子が増えていくとイノベーションにも繋がっていく。そのような場にも出来ればよい。その位の構想の中でしっかりと進めるべきだ。単に市民対話の小手先の議論に留めずに。
- 子供の課題や、学生の単位にするような仕組み。自然科学について造詣を深める国家は栄えるので、政策的な誘導が必要。研究者も忙しいから、研究者のインセンティブ。研究費はまだまだ足りない。イノベーションが足りないのであれば研究費を上げていかなければいけない。
- 一般に広げていくためには、見返りを考えなければいけない。
- 科学と市民との信頼関係という視点が大事だと思う。興味を持ってもらうことも含める。Youtube で交流会イベントを行うと、やろうと思っている事と、フィードバックをもらう内容とズレがある。異分野の方と信頼関係を作ることは良い。最初に見たときに、何の役に立つのかと思ったが、技術がすごいと思って書いているように感じた。Youtube でも同じ。利用者側にメリットがあると伝えていくことで興味を持ってもらえる。その後に技術の説明をしていく流れがよい。
- 内容だけでなく、市民とじかに接すると熱量を感じられる。研究者にとってもやる気になるのではな

いか。応援してくれる人に会えばモチベーションに繋がる。

- まずは知らないといけない。「知る」のレベルも、前向きに捉えるように出来ると理解が進み、産業界の投資、今後研究者を目指す人が増えてくる。例えば企業内でのワークショップで、社長と平社員などの多様性を持たせて議論できると良いのではないかと感じた。社内研修の教材として、技術情報を取り入れていくことも出来ると思った。

【これからの市民関与の方法論】

- これからのタウンミーティングは従来型と異なる可能性がある。SNS を使うということが一つ。色々な意見を発信し、収集することが可能である。昔に比べてやりやすくなっている。ChatGPT を有効に使えば多くの方を巻き込みやすい。誤解が生じやすい懸念もあるが、公平なデータを出していくことに務めれば使える。

資料：SF プロトタイピング手法を用いた未来小説

(SF プロトタイピングを用いて制作した動画の放映、12 分間)

「Kind Dreams of Un-Kind」

未来の願望を「夢」と呼ぶようになったのは、英語の“dream”が入ってきた後のことだという。セトはルミナとともに教室の片隅から子供たちの背中を眺めつつ、そんなことを思い出す。

教室の中心に「将来の夢」の文字が踊り、その周囲を子供たちの文章や動画が取り囲んでいく。アイデアの渦の中には、ゲノム・トレーダー、アーバン・コンダクターなど人気どころの職業が並んでいる。

「みなさんたくさんの夢を出せましたね。ひと月後の七夕祭にむけて少しずつ具体的にしていきましょう。自分はどうしてそれになりたいのか。今日授業を観に来てくださったカインドの方々とも話し合ってみてください」。

教師はそう言って授業を切り上げる。イリヤはセトとルミナの元に一目散に駆けてくる。二人は一緒に教室を出て、コミュニティの市街部へと歩いていく。

人口減少が進んだ現在、一部の地域では、人々の暮らしの基盤は国や都道府県からコミュニティと呼ばれる中規模共同体に移りつつある。住民によって運用されるコミュニティでは、血縁以上に親密な互助関係が生じることもしばしばある。かつての家族のかたちは緩やかにほぐれ、拡張された人々の結びつきは「カインド」と呼ばれている。セトとイリヤも血のつながりはないが、実の兄弟以上に互いの時間を共有していた。

「そういえばイリヤの夢はなんだったんだ」

セトの問いにイリヤは照れたような笑みを浮かべる。

将来の夢を語ることは今や特別な意味を持つ。イリヤたちにとって「何になりたいか」、は、「どの遺伝子を発現させるか」、の判断に直結しているからだ。

かつて重篤な疾患にのみ認可されていたヒトへの遺伝子編集は、徐々にその精度と自由度を上げていった。今や治療を目的としない任意編集も認められつつあり、大学生のセトが第 1 世代、小学生のイリヤが第 2 世代にあたる。

特にイリヤたち第 2 世代は「ライブラリ」を細胞内に導入している。ライブラリは多様な能力に関係する遺伝子を集めた細胞内小器官であり、後天的な刺激によって特定の遺伝子のみを選択的に発現できる。つまり、イリヤたちは「自分のなりたいもの」に向かって自らを調整する機会が与えられている、と言ってもいいだろう。これによって遺伝子編集は「親からの押し付け」ではなく「自己決定権の拡張」とみなされるようになった。自分の身体と時間をどのように使うのか。それはこの時代において当たり前の権利であり、責任とさえ思われるようになっていった。

「これ、だよ」

イリヤはセトに、「プロダクトブリーダー」と書かれた画用紙を見せる。

プロダクトブリーダーはバイオプロダクトたちを育てる職能だ。動植物微生物への遺伝子編集が一般化した現在、さまざまな機能を付加された細胞によるバイオプロダクトが市場へと広がっている。例えば、イリヤの頭上をうろついているルミナもそうだ。

ルミナは MC と呼ばれる代表的なパーソナルバイオプロダクトで、かつてのスマートフォンとペットを合わせたよう

な存在だ。

ルミナがセトの胸ポケットへと潜り、ブルブルと身体を震わせる。セトの祖父、タケルからの連絡だった。ルミナはネズミをベースとした MC で、今はセトの祖母の形見である携帯ゲーム機と接合している。丸みを帯びたプラスチックと毛皮、ひよろりと伸びた尻尾がセトの掌の中でモゾモゾと蠢く。

「イリヤ、じいちゃんとか、一緒に来るか？」

セトがそう言うと同時に、ルミナは駆け出し始める。セトはそれを追って視線を動かす。目の前の道路が、遠方の建築へとなめらかにつながるのが見えた。かつてのコンクリートビルの廃墟を包み込むように張り巡らされた網目状の建築群が、コミュニケーションの基本構造だ。昆虫の繭やサンゴの骨格を思わせる多孔質の部材が、道路や屋根、壁面をかたちづくっている。これらも全て、ゲノム編集を加えられた動植物によるものだ。高速で成長する木材がコミュニケーションの各施設を構成し、インフラ部分は自己修復や免疫機能を持つ「生きた」樹木がベースとなっている。

ふと空から、マイナーの羽音が聞こえてくる。マイナーは昆虫をベースとしたバイオプロダクトで、建築の生体部材から樹液を吸い出し、体内で工業用の樹脂を精製する。コミュニケーションではこうした、都市とプロダクトの共生による生態系が築かれつつあった。

タケルのいる老人ホームはコミュニケーションの中心から少し離れていた。見晴らしのいい窓から遠くのコミュニケーションがぼんやりと見える。

「今日も悪いな」

タケルはイリヤをあやしながらセトに話しかける。

タケルは今年で 80 歳になるが、もともとは 30 歳まで生きられないと言われていた。先天性の遺伝子疾患によるもので、当時実験的に始まっていたゲノム医療によって救われた。もちろん、それはタケルにとって喜ぶべきことだった。しかし年を経るごとに、死ぬはずだった自分が生き延びたこと、そして本来いるはずのない息子や孫への恐怖が頭をもたげてきていた。方時も離れることのない痛みとともにタケルは成長した。10 代の頃には絶望を必死に飲み込みながら自らの運命を受け入れようとした。その時のことは今や、並行世界の出来事のように自分から切り離されてしまっている。それが時折たまらなく不気味に感じられるのだ。タケルは「自分はおそらく、病をアイデンティティの一部として自我を形成してきてしまったのだ」と思っている。だから、病を失った後の自分は一体どこからやってきたのか、それを考える度に世界の底が抜けるような薄ら寒さを覚えるのだ。そしてそれは、息子や孫という「自分の面影を帯びた別人」の姿を見るごとに、とりわけ鮮烈に心に浮かび上がってくるのだ。

そのためか、タケルはセトに先天的なゲノムへの介入を一切認めなかった。その判断が正しかったのか、タケルは今でも悩んでいるように見えた。

それでもセト自身は特に困ったことはないし、強い劣等感を覚えたこともない。今や、個体として自己を実現することにこだわる人は少ない。セトやイリヤたちは生まれながらに遺伝子編集に触れ、生物と製品の、自然と人工の、運命とデザインの間で育ってきた。それゆえに種や個体といった境界の曖昧さを知っている。人間は自分たちの遺伝子を書き換えられるようになった――それは、さまざまな細菌が互いに遺伝子を交換し合い、少しずつ変異しながら生きていることと近いように、セトは思う。だから自分のできない何かを他の誰かができるとい

うことは、喜ぶべきことでしかない。

しかしそこに言いのない不安があることも事実だった。全てが多様性の光の中で宙吊りにされている感覚。それを恍惚と取るか恐怖と取るかは、結局のところ個人の問題なのだとセトは思う。

「来月、イリヤの七夕祭だから。じいちゃんも来たら？」

セトはタケルにそう声をかける。七夕祭は、セトやイリヤの世代にとって特別な意味を持った日だ。遺伝子編集の選択のために子供たちは自分の将来を高い解像度で考える必要がある。それには本人だけではなく、コミュニケーション全体の協力が必要だろう、というのが七夕祭の考え方で、その日コミュニケーションは一時的に未来のシミュレーション場となる。子供たちはめいめいに自分の将来の夢を演じ、コミュニケーションの人々もそれに応じる。巨大な職業体験場あるいは市街劇のようなものだ。それぞれの職業の制服に身を包んだ子供たちが街中にあふれ、大人たちとともにコミュニケーションの日常の一部をつくり出そうとする姿を、セトは思い出している。

「ああ。考えておくよ」

タケルはそう言って自室へと戻っていった。タケルを追いかけてルミナが飛び出し、あわててセトはそれを捕まえる。

七夕祭の日、コミュニケーションはどこも浮き足立っている。ランチを売る声、交通指導をする声、工事を進める声。街のあちらこちらから、子供たちの声が炭酸のように湧いては消える。アーバン・コンダクター志望の少年は、コミュニケーションの拡張計画を立てるために、まだ成長しきっていない道路の縁をおっかなびつくり視察している。その手前では、逃げ出した鳥型のバイオプロダクトを追って、警察志望の少女が走りながらドローンを操縦している。手元のデバイスには、5人組の子供がまだ覚束ないダンスを踊るライブ広告が流れてくる。街じゅうが、キラキラと温かみを帯びた未来の時間によって満たされていく。そんな中で、セトだけが冷え切っている。

昨日、ルミナが死んだ。古くなった筐体からの漏電だった。ひび割れたプラスチックと冷えた毛皮が、永遠に思えたルミナの工業的な生命を否定し、あいまいになっていたプロダクトと生物の境界線を引き直しているように思えた。自分はルミナを修理して再起動すべきなのか。そうしたことを考えるたびに、コミュニケーションを包む未来への讃歌が、どこか遠く感じられる。セトは、タケルが感じていた恐怖を、少しだけ理解できたような気がしていた。

「こっち向いてよ、セト」

ブリーダーの制服に身を包んだイリヤがそう声をかける。後ろには車椅子に乗るタケルの姿も見えた。

「ルミナ。こっちにおいで」

イリヤはセトの手からルミナを抱き上げた。バイオプロダクトの一生を看取することはブリーダーの――生産者たちの責務である。それはすなわち「プロダクトをいかに弔うか」を意味していた。

イリヤは丹念に破損部のかたちを整えていく。エンバーミングのようなものだった。少しの時間が経ち、かつての面影を取り戻したルミナが現れた。セトはあらためて、その姿を眺める。大昔には、こんな携帯ゲーム機でデジタルペットを飼うことが流行っていたのだという。電子の粒に、樹脂の欠片に、タンパク質の塊に、生命はうつろって、人々はそれを捕まえることができない。

種や個体、自然という軛から自由になった生命を、人々はまだ扱いきれていない。それでも確かに一時、自分と相手がそこにいたと実感することはできる。セトは、この街の賑わいを――うつろい、絡まり合い、入り組んでいく生命の網の目を、もうしばらくの間ルミナに見せてあげたいと、そう思った。

「俺が死んだ時も、こんなふうに綺麗にしてほしいもんだな」

タケルがふと、そう呟く。

「じいちゃんのプロダクトじゃないから、ダメだよ」

イリヤがあまりに真剣そうに答えるので、二人は思わず吹き出してしまう。

セトがルミナを掌に乗せる。その後ろにイリヤとタケルが続く。3 人だけの短い葬列が、七夕祭の喧騒の中をすり抜けるようにしずしずと進んでいく。

以上