

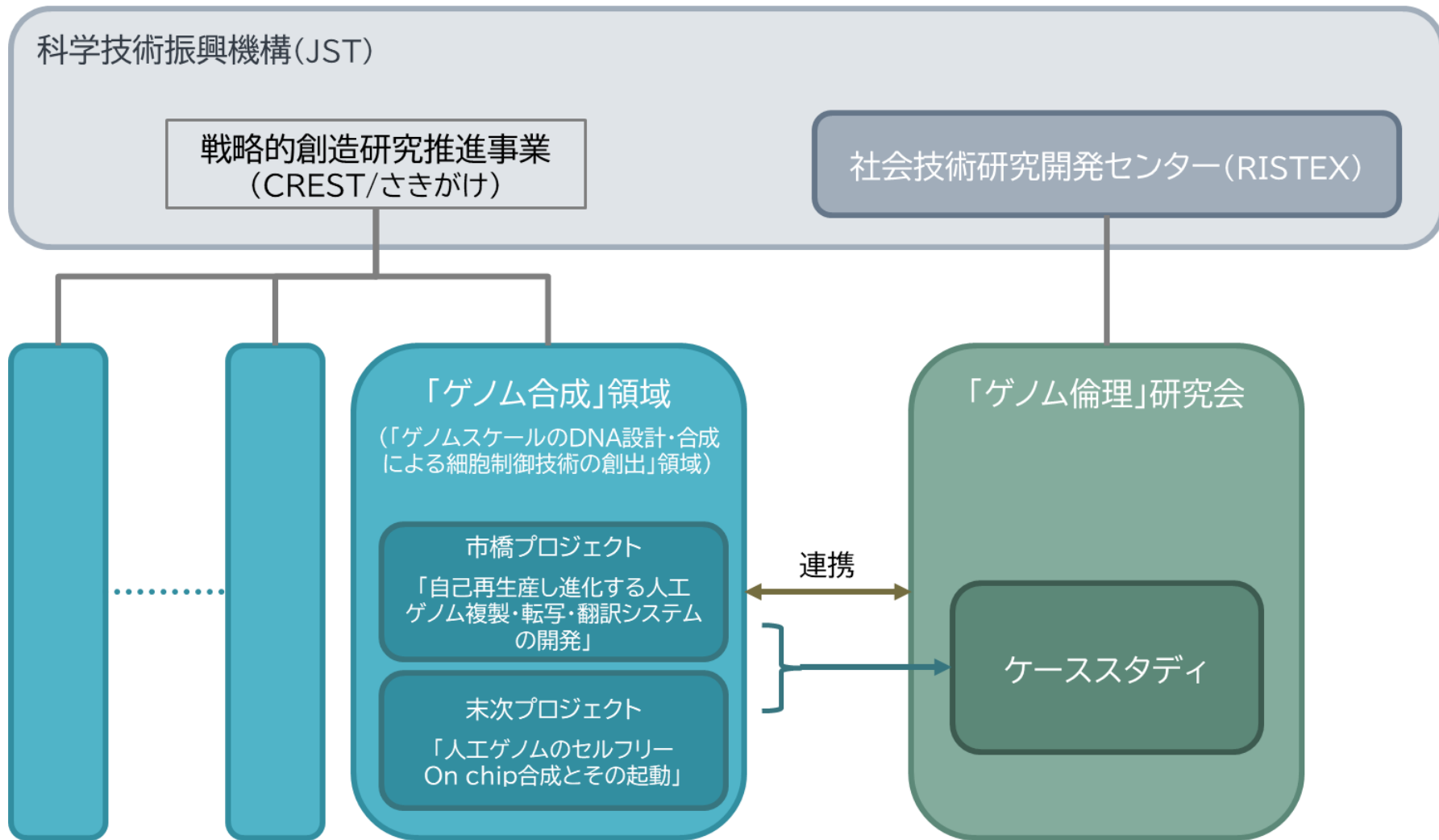
JST-RISTEX  
「ゲノム倫理」研究会  
ケーススタディ2023

報告書概要

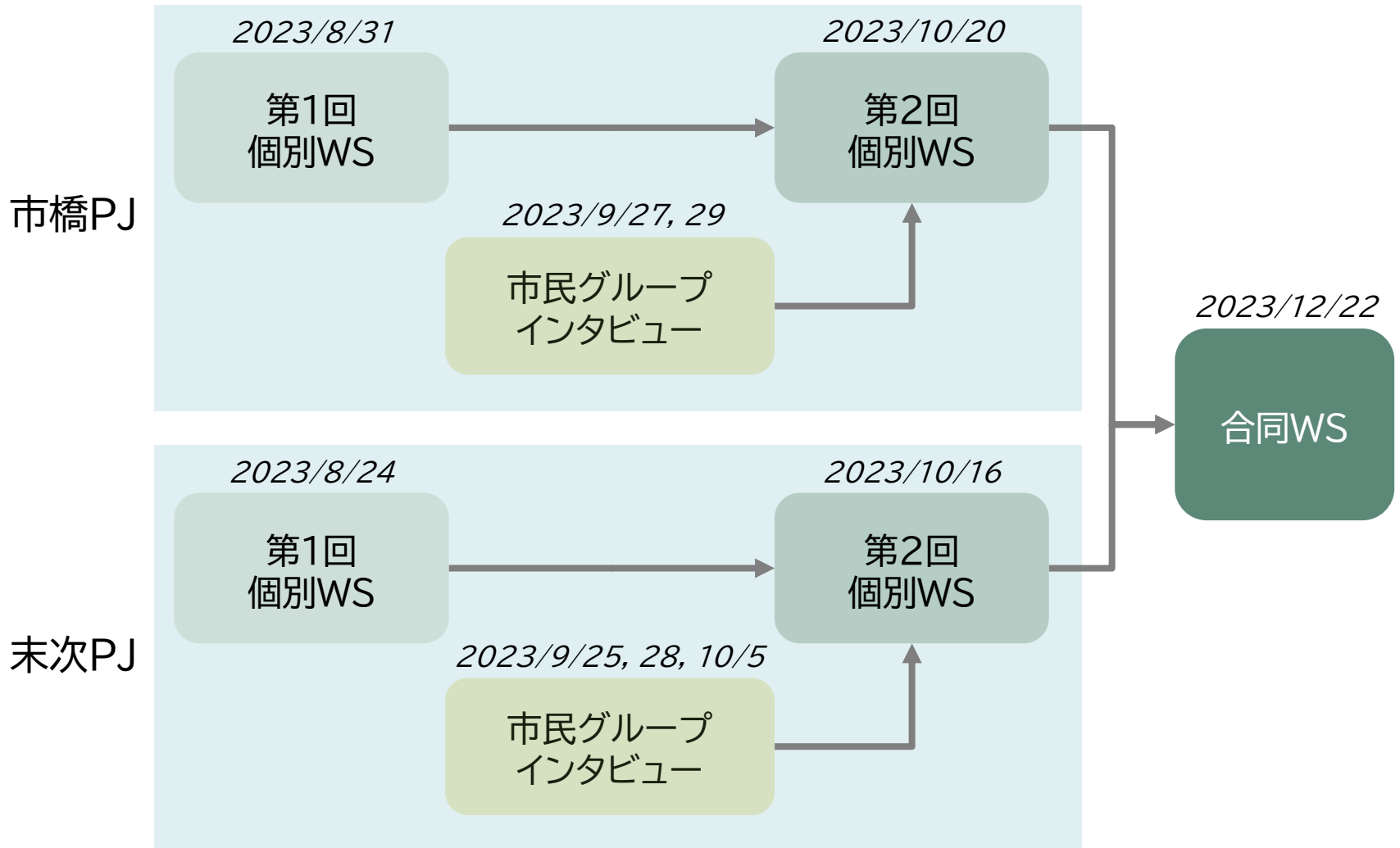
# 背景

- ゲノム関連技術の研究開発の急激な進展は、様々な領域に大きなメリットをもたらす可能性がある一方、生命や種、生態系に対してネガティブな影響を及ぼすおそれもある
- JST/RISTEXでは新興科学技術の研究開発や社会実装に伴う倫理的・法制度的・社会的課題(ELSI)の解決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
- 研究会では今年度、CREST/さきがけ「ゲノム合成」領域と連携して2つのPJを対象とするケーススタディを実施し、研究開発の早い段階からの多様な関係者との対話・協働を実現

# 「ゲノム倫理」研究会



# ケーススタディの流れ



# 市民グループインタビュー(GI)

## プログラム (オンライン、90分)

1. はじめに
2. 自己紹介
3. 気になる論点の確認
4. ビデオメッセージ①:研究PJについて
5. 議論
6. ビデオメッセージ②:研究の社会的影響・課題について
7. メッセージに対する応答
8. 幅広い論点についての議論
9. チェックアウト

## 参加者

### 市橋PJ

A) 文系学生 3名  
(社会と人間との関わり、法律、世界遺産の保全)

B) 文系・理系学生 4名  
(経済学・政治学、ロケットエンジンの研究、公共政策、医学)

### 末次PJ

C) 理系学生 3名  
(生命科学、物理学、医学)

D) DIYコミュニティ 7名  
(アーティスト、バイオラボ運営者、BioClub関係者)

E) 学生・弁護士 5名  
(学生、弁護士、弁理士、DIYバイオ)

# ケーススタディ参加者(有識者)

## 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

## 市橋プロジェクト

- 市橋 伯一 東京大学 大学院総合文化研究科 教授
- 平田 隼大 東京大学 大学院総合文化研究科 M1

## 末次プロジェクト

- 末次 正幸 立教大学 理学部 教授
- 古澤 輝由 立教大学 理学部 特任准教授 / サイエンスコミュニケーター
- 向井 崇人 立教大学 理学部 助教
- 山岸 勇太 立教大学 理学部 大学院修士課程2年
- 大竹 海碧 武蔵高等学校 2年 高校ユニオン iGEMチーム(末次PI)リーダー

## 「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 データビリティフロンティア機構 / 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 学校長
- 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 東京工業大学 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

# 市橋PJ – 研究概要

## 自己再生産し進化する人工ゲノム複製・転写・翻訳システムの開発 市橋伯一(東京大学大学院総合文化研究科 教授)



### 課題

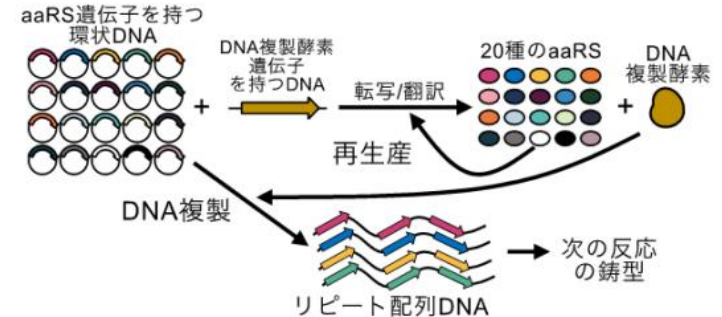
- 生物のように栄養をあたえるだけで増え続ける人工物は未だ作られていない。
- それは、細胞を構成する全ての成分(DNA、RNA、タンパク質など)を再生産できる反応系を創ることができていないためである。

### 成果

- 人工ゲノムDNAを用いて、細胞外で遺伝子を発現させながらDNAを再生産させることに、世界で初めて成功した。
- 自律的に増殖可能な人工細胞の構築が可能になる。

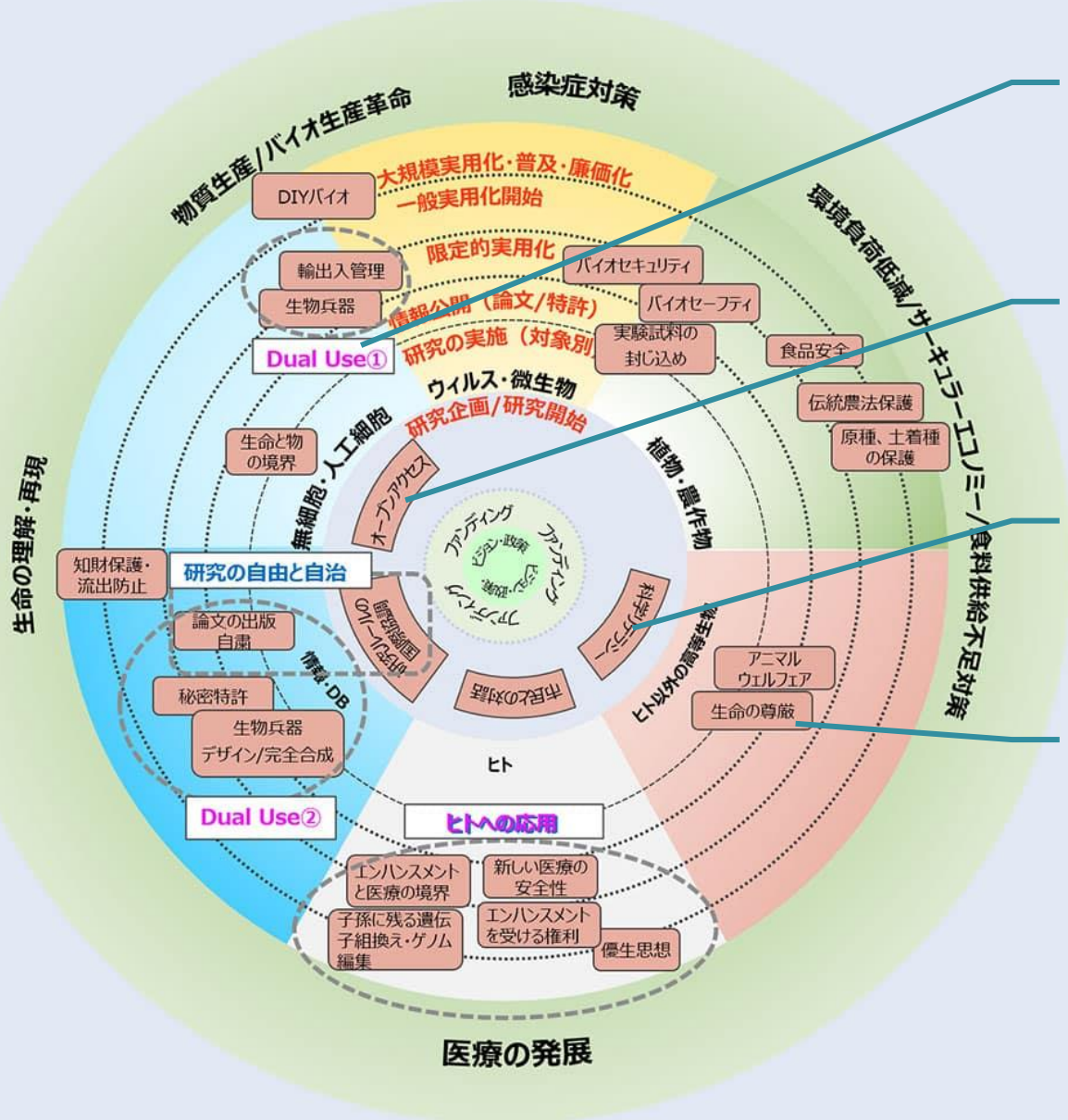
### 将来

- 自律的に増殖する人工分子システムができれば、現在、生物に頼っている医薬品開発や食料生産などをこのシステムに置き換えることができる。
- 生物は丈夫で安定だが、人間に都合良くはできていない。生物を使っている現状の有用物質の生産をより安定して制御できることが期待される。



20種類の翻訳因子を再生産しながらDNAを複製する人工分子システム

# 市橋PJ – 想定されるELSI論点



技術がどの程度広がってきたところで規制を敷くのか

技術が保護されすぎていると使いづらい

カルタヘナ法を知らない研究従事者

生き物らしさとして見た目と構造のどちらを重視するか



# 市橋PJ - 論点の推移

## 第1回個別WS

生命とは何か？食料は人工物で代替しうるか？

「人工細胞」という呼称は  
適当か？

示された「生命」の定義が  
アルゴリズム的

人工化学システムに完全  
に移行してしまうこと  
のリスクがある

市民GI

## 第2回個別WS

市民の生命観は感覚に  
依拠した判断であり、法律  
やアカデミアの定義とズレ  
があるのではないかな？

人工化学システムの  
科学的知識や曖昧さ  
について市民は何を知る  
必要があるかな？

ゲノム合成に多様な関係  
者が相応の責任を持  
ちながら協働するには  
どのようにしたらよいか？

## 合同WS

人工化学システムの  
定義の曖昧さがある  
中で、  
どのように社会は  
議論していくかな？

# 市橋PJ - 市民GIにおける主な議論

## グループA:文系学生

人工的な食料の場合、そもそも食育ができないので、文化の教育機会の喪失という側面も考えられる

生き物とは動物や人間のように動いていて頭を使っている存在であり、研究で生み出されるものは生命ではないと思っている

研究者は法律を遵守していることだけが重要なのではなく、善悪について考え続けることが大事だと思う

現状困っていないことに対して手を加えてしまうのはいかなものか

## グループB:文系・理系学生

殺生をしないことは本当にいいことか  
生態系の全体のシステムとして共倒れにならないか

他の問題と異なり、生命の問題はより人間に近く、個人の思想信条や、その人が生物とどう触れ合っているかによって変わるので、議論しにくいのではないか

(新しいシステムに)完全に移行してしまうことのリスクがあるので、後戻りできるかというところがポイント

# 末次PJ – 研究概要

## 人工ゲノムのセルフリー-On chip 合成とその起動

末次正幸(立教大学理学部 教授)



### 課題

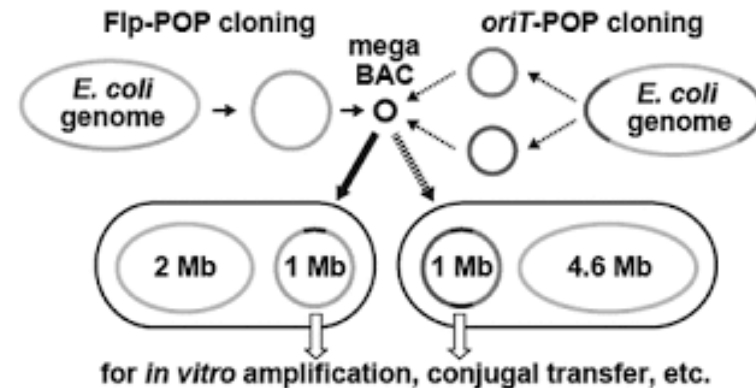
- ゲノムは人工的に設計して合成できる時代に入つつある。
- 一方で、既存の合成技術は古典的な分子生物学的手法を基盤とした手間と時間のかかるもので、合成可能な配列も制限される。

### 成果

- 試験管内での微細加工・操作技術を用いた、セルフリー(細胞を使用しない)のゲノム合成技術を開発し、合成ゲノムを細胞に移殖し起動させるところまでを、高速かつ低コストで回すことを目指す。

### 将来

- 人工合成ゲノムを移植することで、有用な機能がデザインされた合成生物の作成が可能になる。
- セルフリーゲノム合成技術をマイクロリアクターに実装することで、超微量、超並列なOn chipでのゲノム合成が可能となる。





# 末次PJ - 論点の推移

## 第1回個別WS

日本で開発された技術が  
外国の会社を買われて  
よいのか？

科学研究の社会還元と  
して科学者や市民は  
何を望むのか？

「ゲノム合成」という言葉  
自体が結構マジカル

市民科学のようにみんな  
で履ける草鞋を考えて  
いきたい

市民GI

## 第2回個別WS

《日本として》ゲノム合成  
研究を進める意味はどこ  
にあり、国としては何を  
期待すべきか？

主要な関係者に利害や  
利益相反がある状況を  
どのように調整するか？

「ゲノム合成」という言葉  
はどのように認知され、  
どのようにブランディング  
されているか？

ゲノム合成に多様な関係  
者が相応の責任を持ち  
ながら協働するには  
どのようにしたらよいのか？

## 合同WS

日本として標準化  
や商業化、ブラン  
ディングなどの国際  
戦略のあり方を  
どう考えるか？

# 末次PJ - 市民GIにおける主な議論

## グループC:理系学生

多くの研究者はどのような形で研究を社会還元していくのか考えていない  
一般市民に対して研究を翻訳する人材が必要だと思う

現状、善悪についてのイメージが固まっており、科学者の間での議論がない印象

## グループD:DIYコミュニティ

ITなどと異なり、バイオに関しては法に違反した際の影響範囲が比較にならないほど大きく、即時的には悪影響を確認できない

海外流出は予算の関係や承認スピードが原因で日本で完結できないものが多い  
むしろ、スピードが遅いことに意義のある研究があればいい

日本では、実社会に出た後に再び実験ができるような土壌がない気がするので、  
科学の裾野を広げるために「学びなおし」の機会を増やすことも大事

## グループE:学生・弁護士

悪用を防ぐということと海外資本に買われるということは一見相反するようで、  
バランスを取るのが難しい話である

「合成生物学」という語彙の持つ影響力がある一人智を超えた感じ

# 合同WSのまとめ

## ゲム倫理研究会

ケーススタディ2023 合同ワークショップ



### 市橋プロジェクト

生命? 人工物? 構成的?  
**「人工生化学システム」**  
 って何?

細胞膜も必要  
 としないので  
 「細胞」ではない

試験管の中で  
 酵素を再構成  
 したり...



### 末次プロジェクト

### ルール・規範形成もELSI/RRI



日本としての  
 国際戦略は?

社会への  
 プランディング  
 どうする?

技術は社会との  
 相互作用で  
 形作られる



日本は比較的早く  
 ゲム編集食品の規制上  
 の取り扱いを明確化した!



GMに比べて  
 届け出対象の  
 ゲム編集食品への  
 社会の反応は弱い?



岩崎 秀雄氏

人工細胞は  
 死なない?

生きると言えるのか?

英語では?  
 ・Creation  
 ・artificial cells  
 ・Synthetic biology



松尾真紀子氏

海外の動向

- ・OECD: ガバナンス
- ・EBRC: 標準化
- ・CBD: DSIのABSの問題



### 市民から

「人工細胞」は  
 おぞましい生き物の  
 イメージ...

現時点では生態系や  
 多様性とのコンフリクト  
 を感じない

「人工生化学システム」  
 は受け入れやすそう

研究会に参加する  
 メリットをより明確に!

自分たちにできる  
 次の一歩は?

経済安全保障も  
 考えないと...



規制について  
 JSTでも議論  
 早期からの  
 市民対話

教育のプランニング



人材育成のために  
 大学での視点形成  
 が必要



人社会の研究成果  
 とは可視化しにくい

エッジを削りかけた  
 論点を残す層



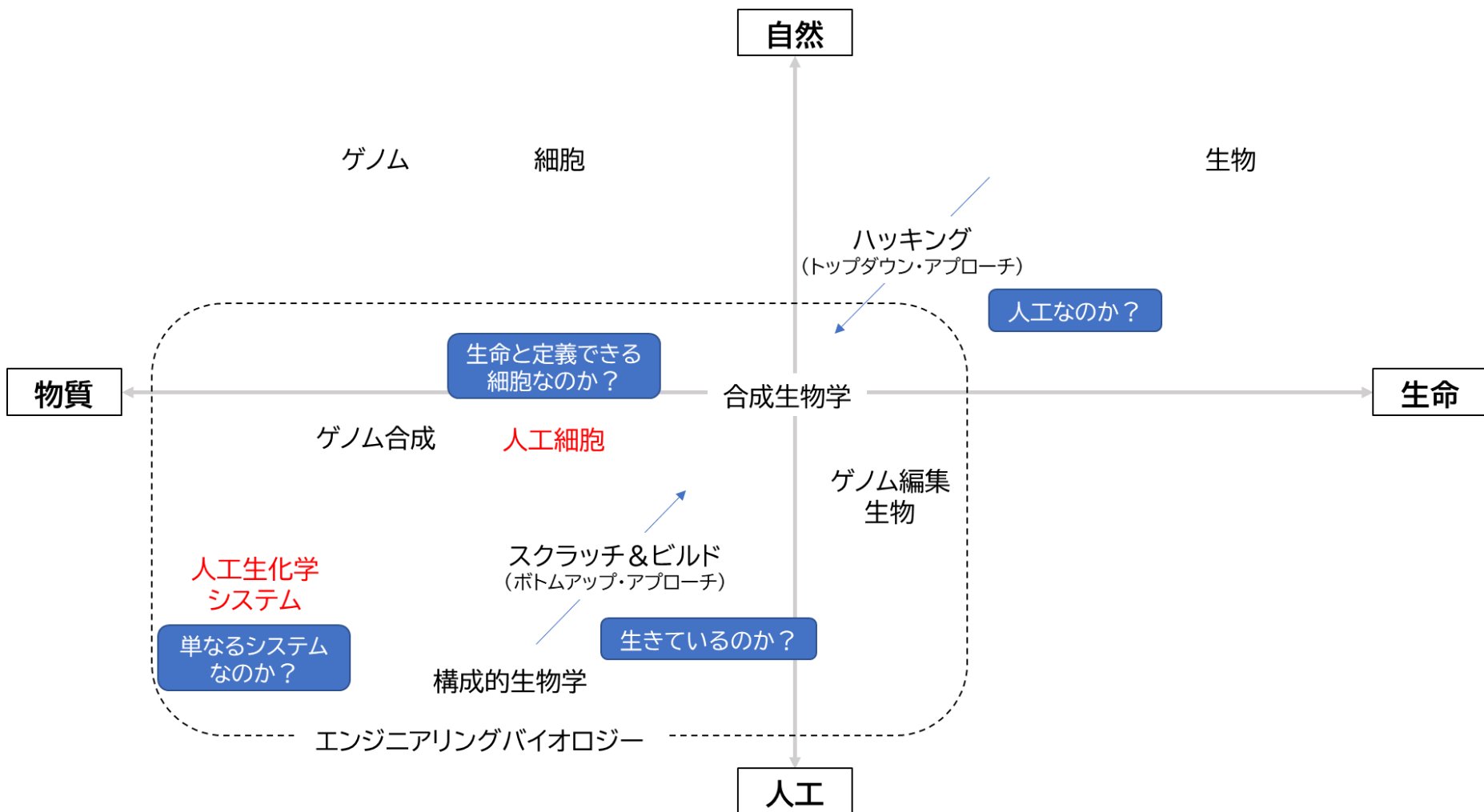
それぞれの専門性  
 から立場を明確に  
 議論していく

意見のすり合わせ  
 を進める層



イノベーションや規制も  
 考えたいための  
 共通の議論の土台作り

# ゲノム合成関連概念図





## 「ゲノム合成」領域に直接貢献しうる ケーススタディの成果

1. 論点マップをもとに「ゲノム合成」領域固有の論点を掘り下げた。
2. 生命と物質、自然と人工を対比し「ゲノム合成関連概念図」を作成した。