



Fermelanta

Scalable bacterial factory
of valuable plant ingredients

第2回 合成生物学・バイオWG

企業ヒアリング資料

2026年2月27日
ファーマランタ株式会社
代表取締役CEO 柗崎庄吾



会社概要

会社名:	ファーマランタ株式会社 / Fermelanta, Inc.
設立:	2022年10月19日
本社:	石川県野々市市末松3-570 いしかわ大学連携インキュベータ(研究室:約480㎡)
支社:	東京都港区高輪2-21-1 THE LINKPILLAR 1 NORTH 6階 LiSH Lab
従業員:	52名(正社員33名、パート19名) 他:創業者3名、業務委託7名
事業内容:	合成生物学による天然由来希少成分の微生物発酵生産
資本調達額:	累計株式調達額:17億円(シード・シリーズAの完了)
受賞歴:	<ul style="list-style-type: none">- Forbes JAPAN「2026年注目の日本発スタートアップ100選」- JATES第12回技術経営・イノベーション大賞 選考委員特別賞- 東洋経済「すごいベンチャー100」選出- AgFunder/JETRO Japan AgriFoodTech Meetup 2023大賞



解決する社会課題

天然由来成分は人々の健康増進に必須であるが、伝統的な生産方法は年単位の非効率な農業に依存。莫大な資源が不要なスケラブルな代替サプライチェーンが必要。

事業領域におけるグローバルイシュー

人々の生活を支える天然由来成分



機能性・栄養食品

食品添加物

色素

生薬・医薬品

化粧品

香料

グローバルイシュー



20億人

必須医薬品・栄養・サプリメントに十分なアクセスの無い世界人口

25%

非可食の産業用途に利用される耕作地 (2030年)

“Hidden Hunger”: 既存の食糧農業システムの「限界」

ペイン: サプライチェーンにおける課題

生産

抽出・精製

廃棄



- × 数か月～数年の栽培期間
- × 栽培地域への依存
- × 天候による供給不安



- × 僅かな含有量 (1%以下)
- × 類縁構造物による精製効率の低下



- × 抽出後の廃棄物
- × 莫大な環境負荷 (エネルギー、土地、水、エネルギー・炭素排出)

多大な
労力

少量生産

高コスト



× 品種改良／遺伝子組換え体



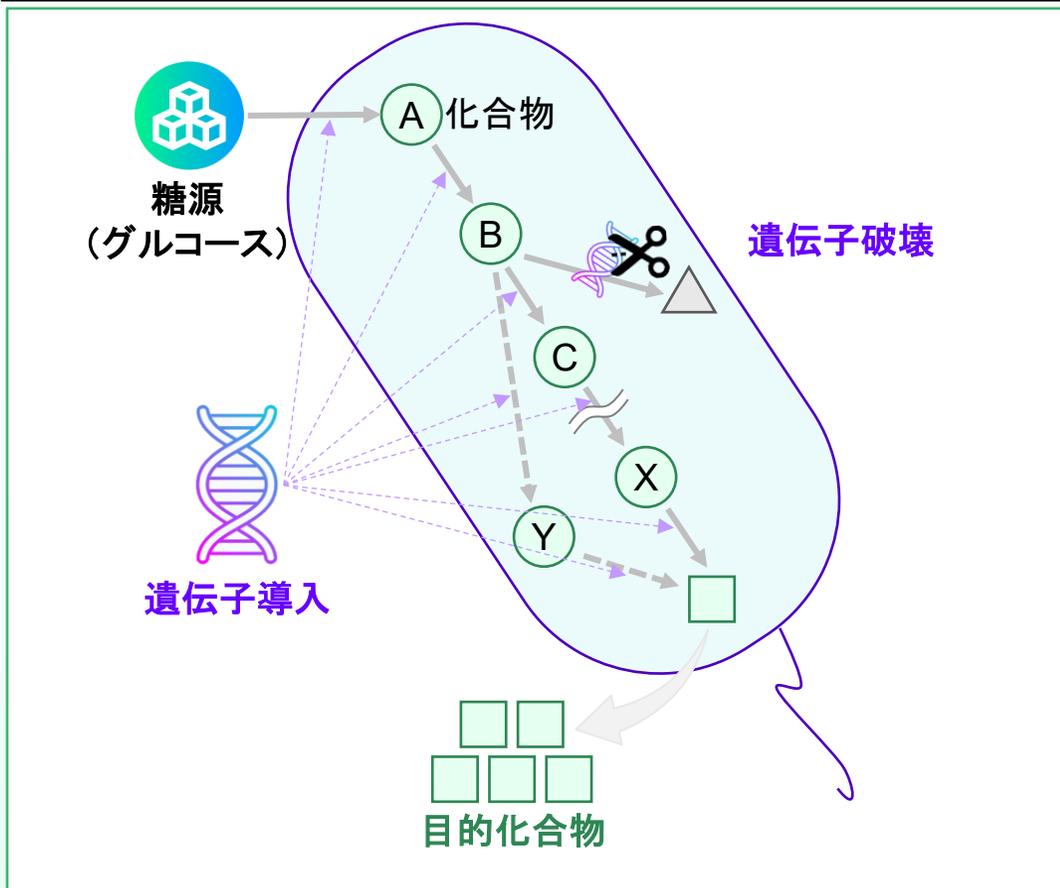
× 植物細胞培養

未だ効率的工業生産のための根本的な解決方法が無い

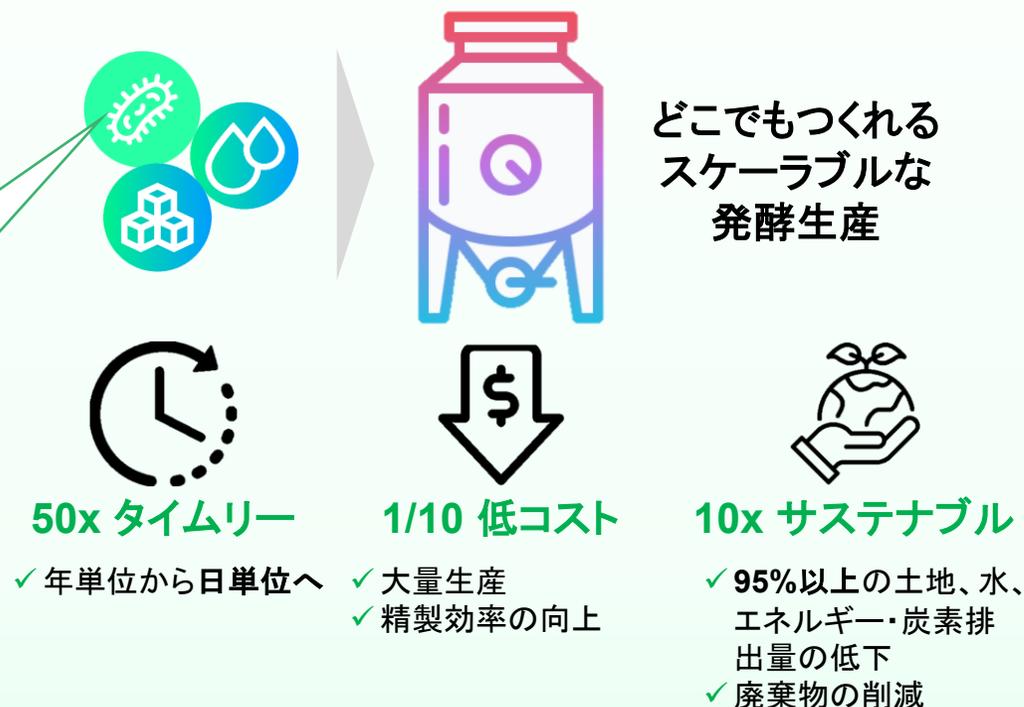
ソリューション

合成生物学を利用して微生物工場を作製することで、簡素な糖源から標的物質を生産。日単位且つ安価で、持続可能なサプライチェーンを構築。

ソリューション: 微生物工場



提供価値



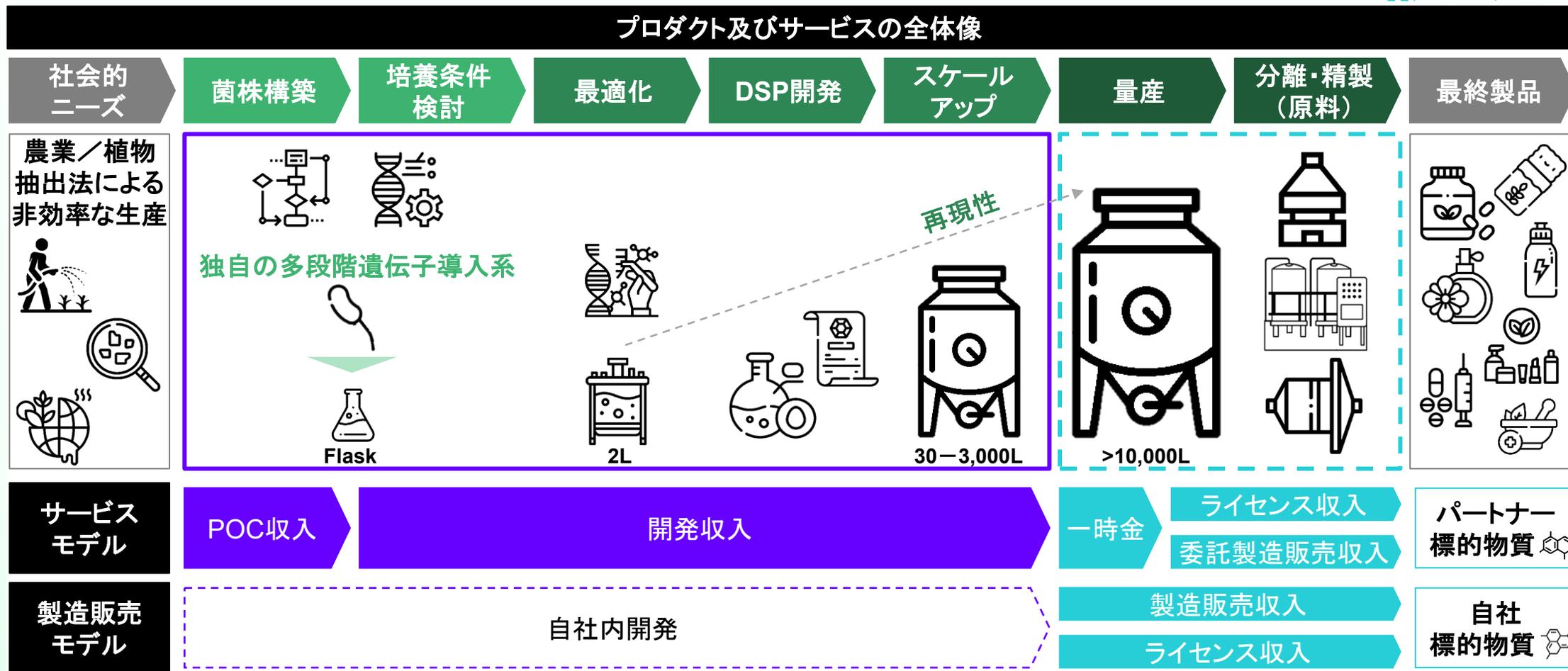
人類の健康や幸福に資する成分を安価な価格で広く供給



ビジネスモデル

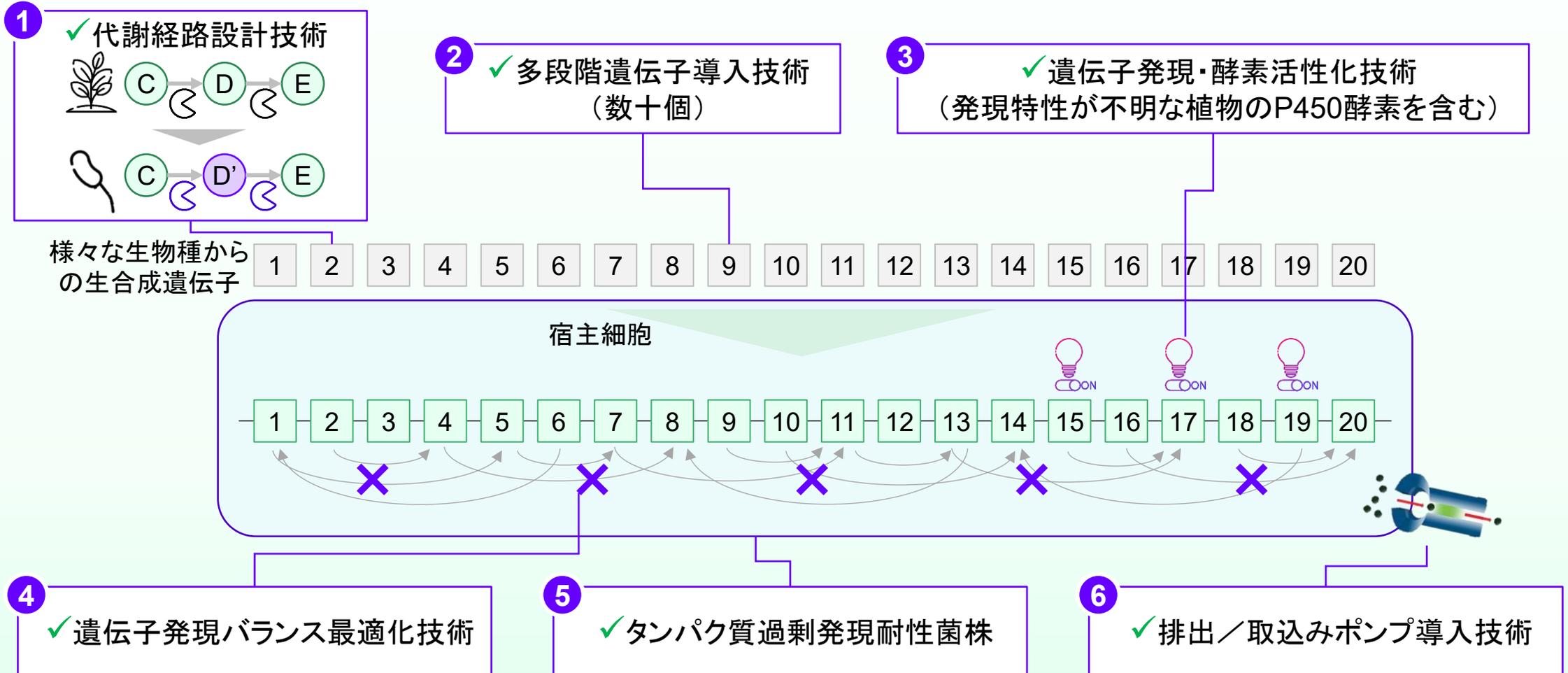
標的物質の生産菌株の構築からプロセス開発を一気通貫で担い、パートナーに対する開発受託サービスの提供、及び自社パイプラインの製造販売を行う。

 : 未実装機能



技術基盤

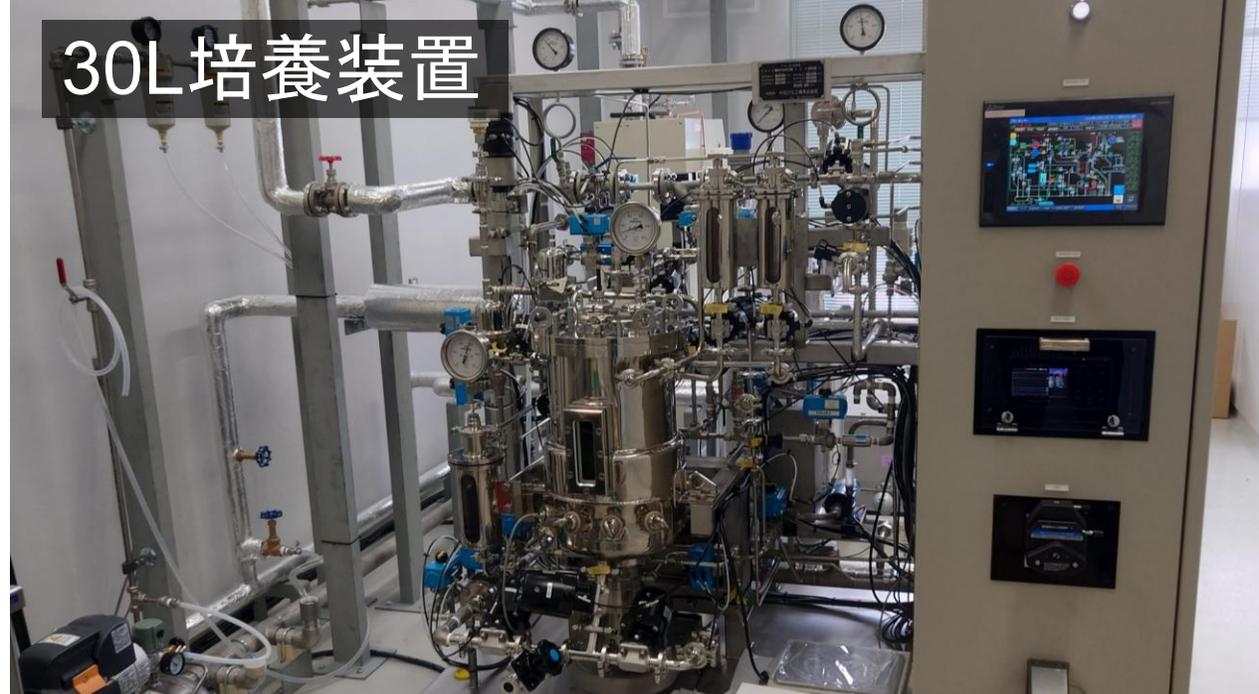
約20年の研究成果に基づく多段階遺伝子導入系は、世界でも唯一無二。従来では不可能であった天然由来の複雑な成分を生産できる、統合的な人工菌株の構築技術に強み。



2L培養装置



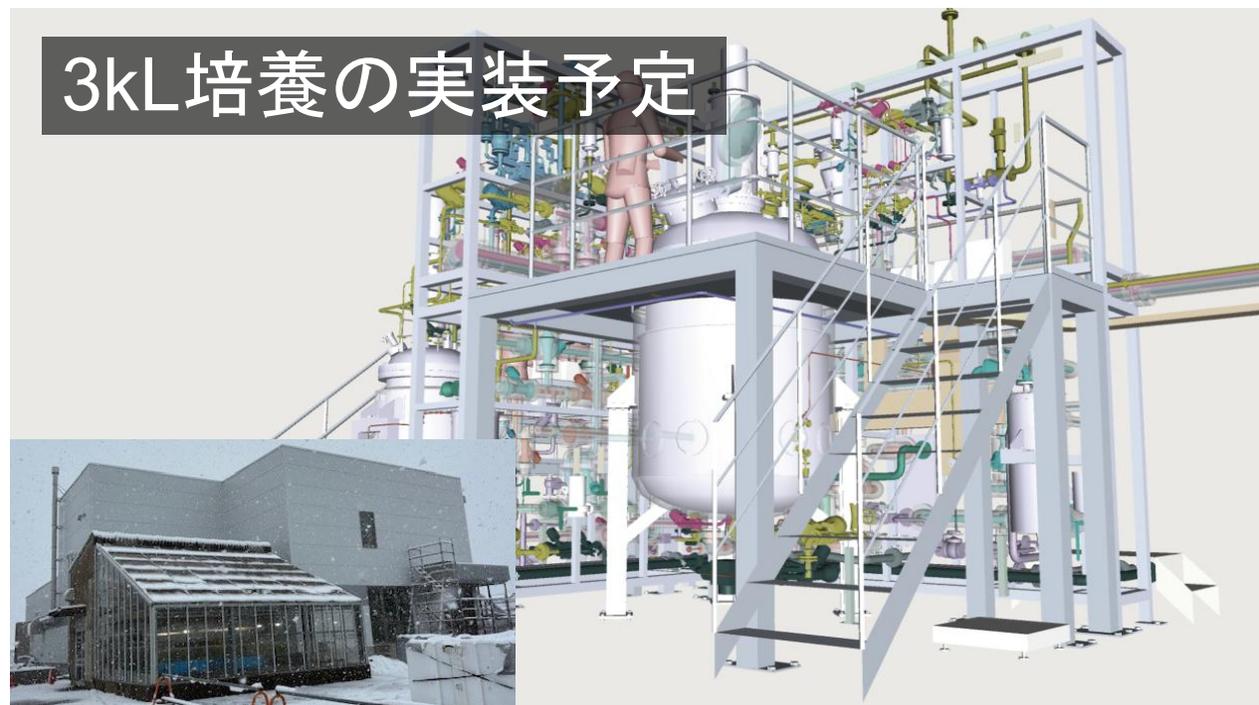
30L培養装置



全自動HTPマイクロリアクター



3kL培養の実装予定



バイオものづくりにおける合成生物学の未来

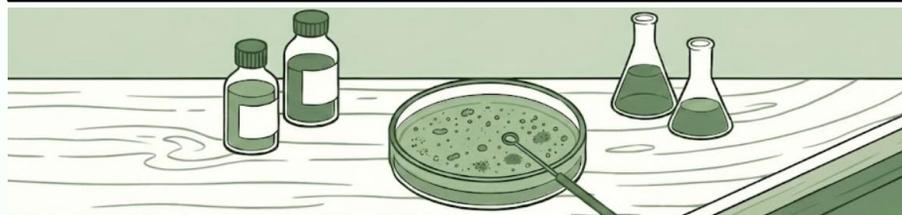


バイオものづくりにおける合成生物学とは？

合成生物学とは、生命を意図的につくり変える、またはゼロから合成する学問または技術分野。産業的には、物質生産を行うプログラム可能な有機ロボットと言える。

☐: 本資料のスコープ(代謝物質)

応用微生物学(農学系アプローチ)



合成生物学(工学・理学系アプローチ)



パラダイム	- 発見と改良(自然の尊重)
宿主細胞	- シーズ起点 : コリネ菌、放線菌、糸状菌、酵母菌、大腸菌、微細藻類等
標的物質	- シーズ起点 : 宿主細胞が 内在的に生産能を保有 する一次代謝産物や二次代謝産物に限定
原材料基質	- グルコース等、中間体基質(バイオコンバージョン)
遺伝子操作範囲	- スクリーニング、突然変異導入、育種 - 特定の遺伝子を1~数個導入・欠損
現状の産業課題	- ブラックボックス なため、 シーズごとの開発で汎用性が少ない

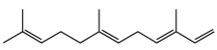
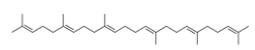
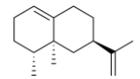
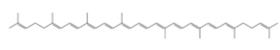
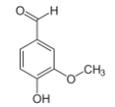
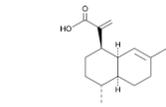
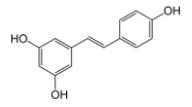
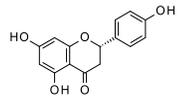
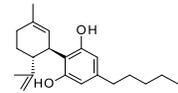
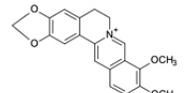
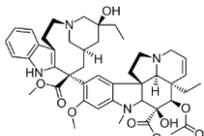
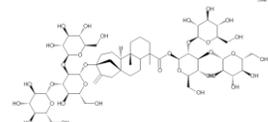
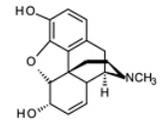
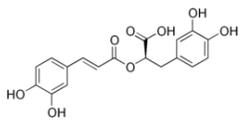
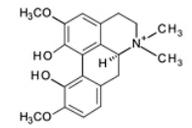
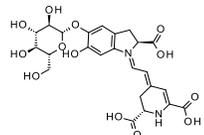
- 人工的な設計と構築(自然の再定義)
- 実験用モデル生物 である酵母菌または大腸菌が主流 - 生理学的知見、遺伝子組換えツール、操作性重視
- ニーズ起点 : 代謝経路が繋がれば 理論上は何でも可能 - 汎用性や標準化を志向
- グルコース等の 簡素な糖源 、 本来食べられない糖源
- 数十の遺伝子 からなる代謝経路全体を設計したり、ゲノム全体を書き換えたり(合成)する包括的な操作
- AI x ロボティクスでのHTPな ブラックボックスが先行 - 本来は ホワイトボックス志向 (意図した人工的制御)だが、現状は 生命システムを完全にハックできていない

出所: 画像は生成AI(Gemini)で作成。

合成生物学的アプローチの事例

合成生物学では、生合成経路に検討がつけば、理論上、何でも物質生産能としてアウトプットできる。更には、インプット側の炭素源の資化能まで付与する技術開発も世界的に進展。

様々な化合物の発酵生産報告事例

 ファルネセン (香料/化学原料)	 スクアレン (保湿成分/化学原料)	 バレネン (柑橘香料)	 リコピン (トマト色素)
 バニリン (バニラ香料)	 アルテシニン酸 (抗マラリア薬原料)	 レスベラトロール (サプリメント原料)	 ナリンゲニン (抗酸化サプリ)
 カンナビジオール (小児てんかん薬)	 ベルベリン (止瀉薬/目薬)	 ビンブラスチン (抗がん剤)	 レバウジオシドM (甘味料)
 モルヒネ (鎮痛薬)	 ロスマリン酸 (ローズマリー香料)	 マグノフロリン (抗がん剤シース)	 ベタレイン (ビート色素)

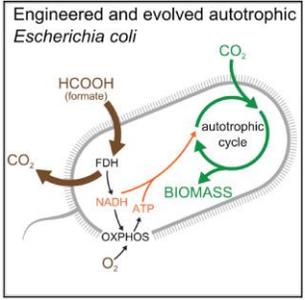
C1炭素源資化能の付与

CO2資化大腸菌

Cell Article

Conversion of *Escherichia coli* to Generate All Biomass Carbon from CO₂

Graphical Abstract



Engineered and evolved autotrophic *Escherichia coli*

Authors: Shmuel Gleizer, Roei Ben-Nissan, Yiron M. Bar-On, ..., Melina Shamshoum, Arren Bar-Even, Ron Milo

Correspondence: ron.milo@weizmann.ac.il

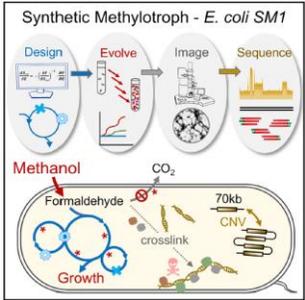
In Brief: Metabolic rewiring and directed evolution led to the emergence of *E. coli* clones that use CO₂ as their sole carbon source, while formate is oxidized to provide all the reducing power and energy demands.

メタノール資化大腸菌

Cell Article

Converting *Escherichia coli* to a Synthetic Methylophile Growing Solely on Methanol

Graphical Abstract



Synthetic Methylophile - *E. coli* SM1

Authors: Frederic Y.-H. Chen, Hsin-Wei Jung, Chao-Yin Tsuei, James C. Liao

Correspondence: liaoj@gate.sinica.edu.tw

In Brief: Chen et al. demonstrate genetic reprogramming of *E. coli* to efficiently grow with methanol as the sole carbon source.

弊社研究員の過去の報告(筆頭著者)

産業的意義

- CO₂やメタノール等、**C1炭素のみ**で生きる大腸菌を創成
- 大好物: グルコース(C6)
- 普通: グリセロール、乳酸(C3)、酢酸(C2)
- **本来食べれない**: 一酸化炭素、二酸化炭素、メタノール(C1)
- メタノール(CO+2H₂)資化は、水素細菌の能力を、より安全且つスケラブルなプロセスとして**合成生物内に移植**したと言える

合成生物学ものづくりにおける産業化ボトルネック(1/2)

従来 ファウンドリ型 合成生物学	先行事例	論点	構成要素		先行事例に学ぶべき教訓	
		主要アプローチ	AI x 情報解析	ロボティクス x HTP自動化	- 実用的に「安く」ものをつくれなかった - Why? 生命を思い通り制御できない	
		苦戦要因	① 需要ファースト(Must have)	② 製造コスト(円/kg)		
	機械学習AIによる成果: 一部の要素技術・パーツの最適化					
	代謝経路設計	- 出発物質から最終目的物質に至る効率的な酵素反応ルートを、巨大な代謝データベースから探索・提案				
酵素探索・改変	- 過去数十年にわたる正解データに基づいて、アミノ酸配列から単一のタンパク質の立体構造を正確に予測					
遺伝子発現調整	- トランスクリプトームデータを学習し、最適な合成プロモーターやRBS(リボソーム結合部位)の配列(遺伝子発現量)を提案					
培養条件検討	- ラボスケールでは均質でノイズの少ないデータを短期間に十分量取得可能なため、学習データから最適条件を提案					

部分的にはうまくいったが、なぜ産業レベルでうまくいっていないのか？

主なボトルネック	背景	機械学習AI利用における従来の限界
分析・評価系の限界によるデータ不足	- 1日で1万の遺伝子改変株を作製しても、目的物質の生産性評価が1サンプル数分~数十分を要するため、1日数百株程度の分析が限界	- 質の高い学習データが不足。一方、バイオセンサーによるセルソーターでの選別やラマン等の光学分析法により、HTP化は進展中
細胞応答や代謝負荷によるノイズ	- 本来細胞の生存や増殖に関係のない 物質生産は猛毒 であり、エネルギーの無駄遣い。細胞応答のほとんどが物質生産には悪影響	- AIへのノイズ: 複雑なストレス応答、毒性による増殖阻害、補酵素ATPやNADPHの枯渇等、システム全体の 動的な破綻の予測が困難
遺伝子間の負の相互作用	- 5~10個の生合成遺伝子を導入する場合、各遺伝子ごとの種類、プロモーターの強さや遺伝子コピー数が、 天文学的な組み合わせ	- 前述の①データ不足と②膨大なノイズにより、遺伝子操作による 負の相互干渉 やバタフライエフェクトを正確に予測・回避できない
遺伝的不安定性	- 人為的に 重い十字架を背負わされた物質生産株 は、増殖・培養の過程で、その十字架を壊すことができた 変異個体として生存・繁殖	- 遺伝的安定性 や 進化的安定性 を考慮してゲノムを設計することは、現在の技術では極めて困難

- 従来の合成生物学(1.0)は、世界的に産業が要求する技術水準に達しておらず、**ボトルネック(解明・制御すべき生命システム)が言語化されていない**(後述)
- 新しい合成生物学(2.0)においては、その解明を通じて**予測可能**且つ**制御可能**なものにすることが**産業競争力の本質的テーマ**



合成生物学ものづくりにおける産業化ボトルネック(2/2)

伝統バイオものづくりとの共通課題として、産業化のためには、既存品を下回る製造コストでない
と持続可能な「商売」にならない。将来的に、何でも安くつくることが産業競争力のKPI。

産業化の ボトルネック	論点	構成要素		検討事項
	ターゲット選定	需要ファースト(Must have)	目標単価(円/kg)	- シーズ起点でなく、ニーズ起点か？ - 開発期間・予算に対する製造コスト目標は現実的か？
	経済的課題	開発期間・予算・投資額	製造コスト(円/kg)	

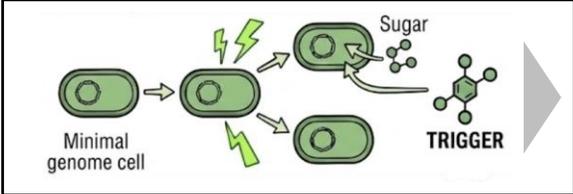
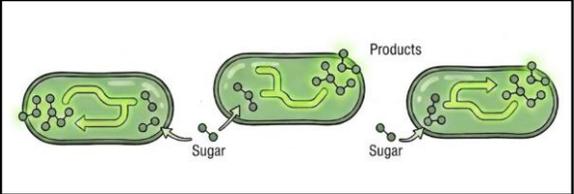
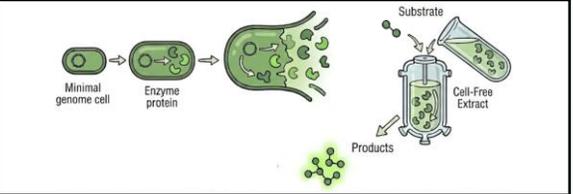


産業目標 (競争力)	長期的KPI	破壊的イノベーションテーマ		合成生物学による未来
	「何でも」「安く」つくる	<ol style="list-style-type: none"> 細胞生産能力 新規培養方法 	<ul style="list-style-type: none"> A. 究極の合成細胞 B. 無細胞系 	<ul style="list-style-type: none"> - 目的物質に応じた細胞・無細胞ハイブリッドでの予測可能なプロセス設計 - 小型化した連続・フロー的な合成

1 合成生物学の目指す方向性

細胞系でも無細胞系でも、**試験管内のような高速酵素反応が共通ゴール**。OSとして働く合成細胞が両アプローチの基盤となる。

細胞系と無細胞系は生死の境界を越えて行き来する。無細胞系は細胞内の様子を知る条件検討を含め、(大規模培養をも考慮した)細胞系のための**高速実証**にも利用可能。

		トップダウン:細胞系(究極の合成細胞)		ボトムアップ:無細胞系
		増殖期	生産期	
				
物質生産反応系		- 最初の数時間は猛烈に増殖 - 特定の刺激で、増殖の停止スイッチ	- 眠った状態でゾンビ化(試験管的な袋) - 糖源が全て高速に目的物質まで転換	- 破砕した細胞から代謝に必要な酵素を抽出し、セルフリーで反応槽で合成 ^(a)
糖源利用	生命維持エネルギー源	- 糖源の100%	- 糖源の約5%	- 不要
	生産物代謝反応源	- 糖源の0%	- 糖源の約95%	- エネルギー・補酵素・基質を別途添加
対エネルギー生産効率		- 0%(増殖に集中)	- 最大95%	- 最大100%
細胞側の最適化(共通基盤)		- オペレーションシステム: 非必須遺伝子の多くを削除し、邪魔になるノイズをすべて排除した 物質生産用最小ゲノム株(究極の「OS合成細胞」) 。中央代謝系や遺伝子発現機能が物質生産に特化されており、 細胞全体の応答がデジタルツイン上で予測可能 - アプリケーション: 特定物質または酵素群をつくるための 必要DNAコードをカスタムで載せる		
得意		- 一般的な微生物発酵法と同じプロセスで汎用的であり、培養時間も高速化 - 何十段階にも及ぶ複雑な化学反応では、細胞内環境は1つの天然高性能リアクター - 膜タンパク質(酵素)の利用において、活性が安定化すればスケールアップの壁が高い	- 反応槽の小型化と、反応時間の高速化 - 生物の制約となる 細胞毒性 を回避 - 抽出液を 冷蔵・冷凍保存 可能	
不得意		- 細胞毒性等により、細胞が死ぬと反応が止まる - 膜輸送システムの制御が必要: 細胞膜が基質の取込みや生産物の排出を阻害	- 細胞自己再生的な材料供給 - 酸素消費やpHの自律的調整が困難	

出所: 画像は生成AI (Gemini) で作成。

a. 低分子の代謝反応系の場合。理論上は、DNA、翻訳材料(リボソーム、30以上の因子群)、エネルギー(ATP・GTP)・補酵素、原料(アミノ酸、tRNA)等の材料を添加して、ピュアな合成も可能。

1 OS合成細胞の作製のために制御すべき生命システム

経済合理性のある水準で、**生物にたくさんものをつくらせるにはどうすべきか？**世界的に複雑な細胞操作の経験蓄積が無い**ため、解決すべき課題すら言語化されていないのが現在値。**

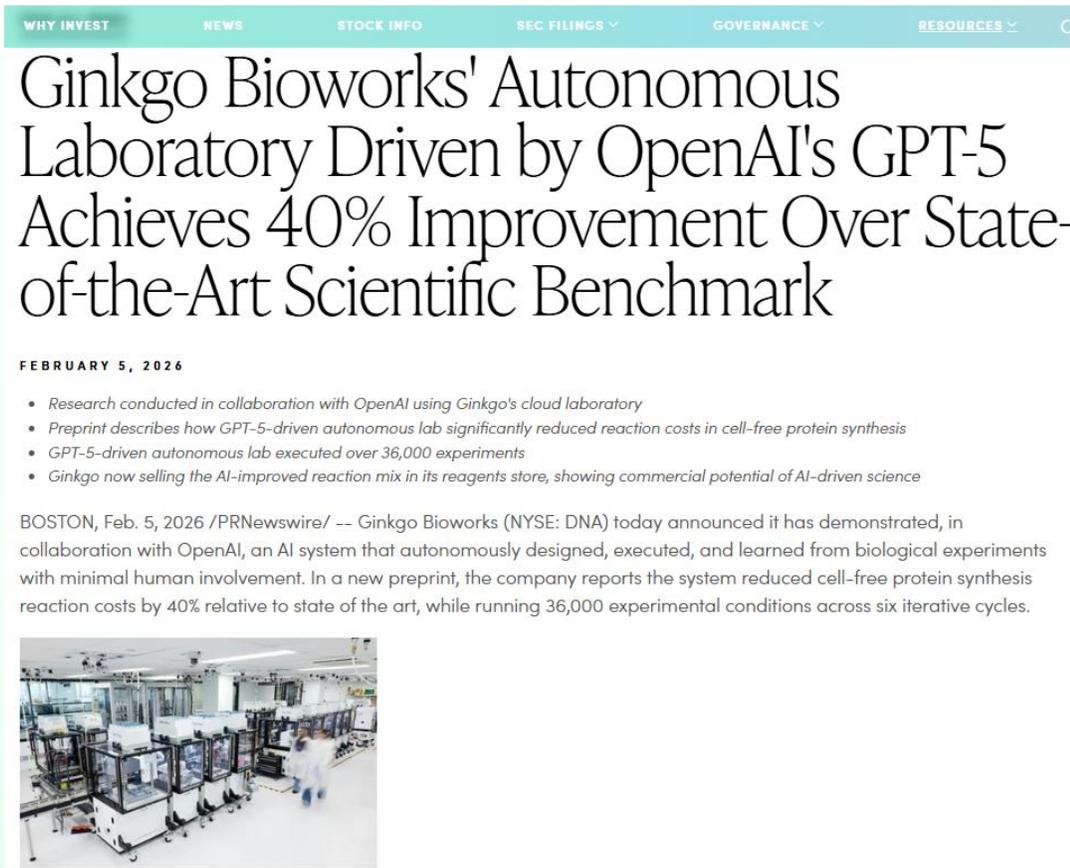
	ゲノム工学と発現工学	代謝工学と細胞システムの最適化	細胞増殖・コミュニケーション
短期: ~5年	<ul style="list-style-type: none"> - 外来遺伝子のゲノムへの安定的組み込み機構: 相同組換えやトランスポゾンなどのメカニズムの解明、狙った場所への高効率な導入技術 - 操作後の変異・欠失・転位の発生メカニズム: 長期安定性確保のための自然進化を凌駕するゲノム安定化技術 - タンパク質過剰発現耐性メカニズム: 発現負荷による細胞毒性を防ぐ原理 	<ul style="list-style-type: none"> - 律速酵素の同定と活性制御機構: 活性を最適化する酵素工学的なアプローチ - フィードバック阻害や副反応の回避メカニズム: 最終産物や中間産物による合成経路の停止や副反応を防ぐための、非天然型酵素や酵素修飾技術 - 代謝フラックスのボトルネック解消: 定量的なメタボローム解析による細胞内状態の解明及び最適化戦略 	<ul style="list-style-type: none"> - 細胞周期制御メカニズム: 増殖期と生産期を明確に分離し、生産にリソースを集中させるためのスイッチ機構 - 微生物共培養における栄養共生・競合メカニズム: 複数の菌株が協調して複雑な合成経路を分担するシステム構築や、細胞間相互作用の定量的な理解
中期: ~10年	<ul style="list-style-type: none"> - 遺伝子発現のノイズの原因と低減メカニズム: 発現量のばらつきを最小限に抑え、均一な生産性を実現する転写・翻訳制御(プロモーター、RBS、コドン最適化) - 複数の発現カセット間の相互干渉の解明と防止: 複雑な合成経路を導入した際に生じる、意図しない遺伝子間の影響を遮断する設計原理 	<ul style="list-style-type: none"> - エネルギー(ATP, NADH/NADPH)および補酵素の細胞内プール制御: 物質生産用のエネルギーと還元力のバランスを生産フェーズで動的に調整するメカニズム - 細胞膜輸送メカニズムの解明と操作: 生産物質を効率的に細胞外へ排出または基質を取り込むトランスポーターの新規開発、または既存トランスポーターの輸送活性向上 	<ul style="list-style-type: none"> - 非天然型代謝経路を収納する細胞内区画の構築: 目的生産経路を宿主細胞の既存の代謝から切り離し、効率と純度を高めるためのコンパートメント化技術 - タンパク質局在化の精密制御: 合成経路の酵素群を特定の細胞内区画へ正確にターゲティングするシグナルペプチドや輸送経路の最適化
長期: ~20年	<ul style="list-style-type: none"> - 多コピー遺伝子群のコピー数制御機構: 物質生産量に直結する遺伝子のコピー数を、環境変化に応じて適切に維持・調整するメカニズム - 細胞内負荷(Metabolic Burden)の定量と最小化: 導入遺伝子やタンパク質の発現が、代謝や増殖に与える悪影響(リソース競合)をシステムティックに予測・軽減するモデルの構築 	<ul style="list-style-type: none"> - 中央代謝系の完全制御: 培地成分等による仕掛けにより、自在に代謝系を調整 - 環境ストレス(熱、pH、酸化)応答の制御: 防御因子の発現強化や膜脂質組成酵素の制御、適応進化(ALE) - 生産物自体による細胞毒性・ストレス応答メカニズム: 生産物質が細胞膜、タンパク質構造、DNAなどに与える損傷とその応答を理解し、耐性を向上させる戦略 	<ul style="list-style-type: none"> - 定常期における生存戦略と代謝維持: 長期間安定した生産を可能にするための、低エネルギー状態での代謝維持メカニズム(死なない細胞) - 共存応答系(クオラムセンシング等)の利用: 細胞密度に応じた遺伝子発現や生産を可能にする、細胞間シグナルの詳細な設計と操作



堅牢なOS合成細胞 = 何でもたくさんつくることを目的に生きる究極の人工生物

①【参考】自律型AI研究エージェントによる開発の加速化

自律型AI研究エージェントの推論能力が、今後様々な未解明の生命現象をホワイトボックス化する。



出所: 会社公開情報 (Ginkgo Bioworks)。
a. 比較対象はOlsenら報告の\$698/g。

<p>意義</p>	<ul style="list-style-type: none"> 従来の機械学習アルゴリズムではなく、GPT-5という汎用的な推論能力を持つLLMが、6か月間ロボットを動かして自律的に実験を行った画期的事例
<p>生成AIの役割</p>	<ul style="list-style-type: none"> 文献調査から設計: AI自ら実験条件を決定 物理的制約の理解: 単なる計算予測だけでなく、ロボットが扱える試薬量やプレート配置といった現場のルールを理解し、実行可能な指示を出す
<p>ロボットの役割</p>	<ul style="list-style-type: none"> 期間: 約6か月間に及ぶ連続的な実験プロセスを、AIエージェントが継続的に管理 規模: 36,000件以上の実験条件をテストし、15万点近いデータポイントを創出
<p>人間の介入</p>	<ul style="list-style-type: none"> 物理的な準備: 試薬の補充やチップの交換、機器のメンテナンス ハルシネーション対策: 設計された実験の物理的可能性を確認するソフトウェア (Pydantic) の構築
<p>成果</p>	<ul style="list-style-type: none"> コスト削減: 無細胞タンパク質合成のコスト(試薬レシピ)を、従来の世界最高水準から40%削減^(a) <ul style="list-style-type: none"> 但し、従来の培養法と比較して未だ遥かに高価 未知の発見: 人間が発想しなかった試薬の組合せを提案・優先順位付けし、有効性を証明。AIがアクセスできなかった最新論文の知見を自ら再発見

② 微生物発酵・培養技術におけるイノベーション事例

設備投資及び固定費を劇的に吸収する、小型化またはフロー化する破壊的イノベーションに期待。現時点で連続培養は実用化が進みつつあり、一部で40～70%の製造コスト削減効果を報告。

セルフリー培養



Debut Biotech社(米国): 細胞／無細胞ハイブリッドプロセス

培地成分制御



Cauldron社(豪州): 合成培地レシピの最適制御によるセミ連続培養(増殖タンクから平行に並ぶ生産タンクに流す二段階系)

連続培養(生産物の連続回収)



Dab.bio社(オランダ): 二相抽出系(水・有機溶媒)による連続培養



Pow.bio社(米国): 二段階(生産・増殖)系による連続培養

マイクロ流体フロー培養



STAMM社(米国): 3Dプリント流体制御素材による培養装置

AI培養条件検討



TJX社(中国): AI標準実装リモート制御対応培養装置

リモート・クラウド培養



Culture Biosciences社(米国): リモート・クラウド培養サービス

出所: 会社公開情報 (STAMM、TJX、Culture Biosciences、Cauldron、Dab.bio、Pow.bio、Debut Biotech)。

Confidential / ©2026 Fermelanta, Inc. All rights reserved.

合成生物学ものづくりにおける未来

合成生物学における産業競争力はハード面のファウンドリと同義で無く、何でも安くつくる合成生物そのもの。**基礎的な生命システムの解明と制御により、細胞をハックする勝負**はこれから。

科学技術立国としての競争力

短期：
~5年

中期：
~10年

長期：
~20年

菌株開発技術

OS合成細胞

- 未知な生命システムの解明と人為的制御方法の開発(前述)

- 未知な生命システムの解明と人為的制御方法の開発(前述)
- OS合成細胞(物質生産用最小ゲノム株)のプロトタイプ構築

- OS合成細胞をベースとする**完全予測可能なアプリ細胞の実装**
- 自ら代謝を最適化し続ける自律進化型細胞

デジタル

- 生成AIによる酵素探索・改変ソフトウェアの標準実装
- ゲノムスケール代謝モデルの高度化
- AI研究エージェントの標準実装

- デジタルツインによる**動的なバーチャル細胞**シミュレーション
- 逆合成解析: 目的物質に応じた最適反応経路の設計

- 24時間無人の**完全自律型開発**
- 細胞内全分子の物理的挙動の計算予測への組み込み
- 有用な進化的挙動の計算予測(と人為的仕掛けの導入)

プロセス開発技術

培養精製法

- 実験用マイクロ流体リアクター
- クラウドベースのベンチ・パイロット(リモート)培養インフラ
- 連続培養法の本格実装
- 完全合成培地・最小培地化

- 新規・代替培養方法におけるイノベーション(気泡レスなマイクロ流体フロー培養、固相培養法等)
- **無細胞系**による抽出液酵素合成
- 非可食糖源の多様化

- **合成細胞系・無細胞系での最適ハイブリッドプロセス**の標準実装
- **根本的に小型化した新規・代替培養方法**の標準実装
- 食べられなかった安価な炭素源の利用(C1炭素資化等)

デジタル

- AI培養条件検討の標準実装
- リアルタイムセンシングによる培養条件制御の標準実装
- 培養条件のスケールダウンシミュレーション(AI x CFD)

- 培地成分と代謝系の影響メカニズムの網羅的シミュレーション
- 培地成分の網羅的なリアルタイムモニタリングと自動制御
- 精製条件の自動設計

- 統合的逆合成解析: 目的物質を入力すると、**菌株構築からスケールアップ時の培養及び精製条件までの予測可能な最適プロセス**を統合的に設計



サマリー

- バイオものづくり産業の最も大きな課題は製造コスト。劇的に削減する大きなドライバーは、特に以下の2つ。
 - ①生産力価を抜本的に改善できる細胞
 - ②固定費を抜本的に吸収する新しい培養方法におけるイノベーション
- 「合成生物学」が貢献できるバイオものづくりにおいては、(細胞系であっても) **試験管内のような高速酵素反応による物質生産**を実現することがゴール。この達成には、細胞系または無細胞系、それらを行き来するアプローチがある。
 - A) 予測・制御可能な細胞系 → ①への貢献
 - B) 無細胞系 → ①と②への貢献
- 無細胞系においても、反応に必要な酵素は細胞で作成するため、**中央代謝系や遺伝子発現機能が物質生産に特化した共通基盤となるOS合成細胞**が必要。
 - 猛烈に増殖した後は眠った状態で、反応に必要な酵素タンパク質をとんでもない量つくる最小ゲノム株
- ファウンドリ型合成生物学における先行事例では、HTPだがブラックボックスなアプローチが先行しており、安くものをつくるには至っていない。世界的に複雑な細胞操作の経験蓄積が無いため、**そのボトルネック(解明・制御すべき生命システム)が言語化されていない**ことが産業上の現在地。
 - 合成生物学における産業競争力はハード面だけでは無く、**何でも安くつくる合成生物そのものである。日本が強みとする生命の根本原理を掘り下げる基礎的なアプローチ**により、**予測可能且つ制御可能な形で細胞をハックする勝負**はこれから。
 - 目的物質を入力すると、デジタルツイン上で菌株構築からスケールアップ時の培養及び精製条件までの予測可能な最適プロセスが統合的に設計され、無人化した自律型開発現場でスケラブルな実証が行われる未来がある。





Fermelanta

Unlocking nature's rare molecules
through **programmable fermentation**

