

微細藻類によるCO₂固定化と 有用化学品生産に関する研究開発

2025.1.28

2024年度カーボンリサイクル実証研究拠点事業成果報告会
(株) アルガルバイオ × 関西電力 (株)

会社紹介



株式会社アルガルバイオ

東京大学における20年以上の研究成果を基に創業された藻類バイオテックベンチャー

設立：2018年
従業員数：48名

拠点：東葛テクノプラザ（本社：千葉県柏市）
東大柏ベンチャープラザ（千葉県柏市）
横浜製造技術センター（神奈川県横浜市）



関西電力株式会社

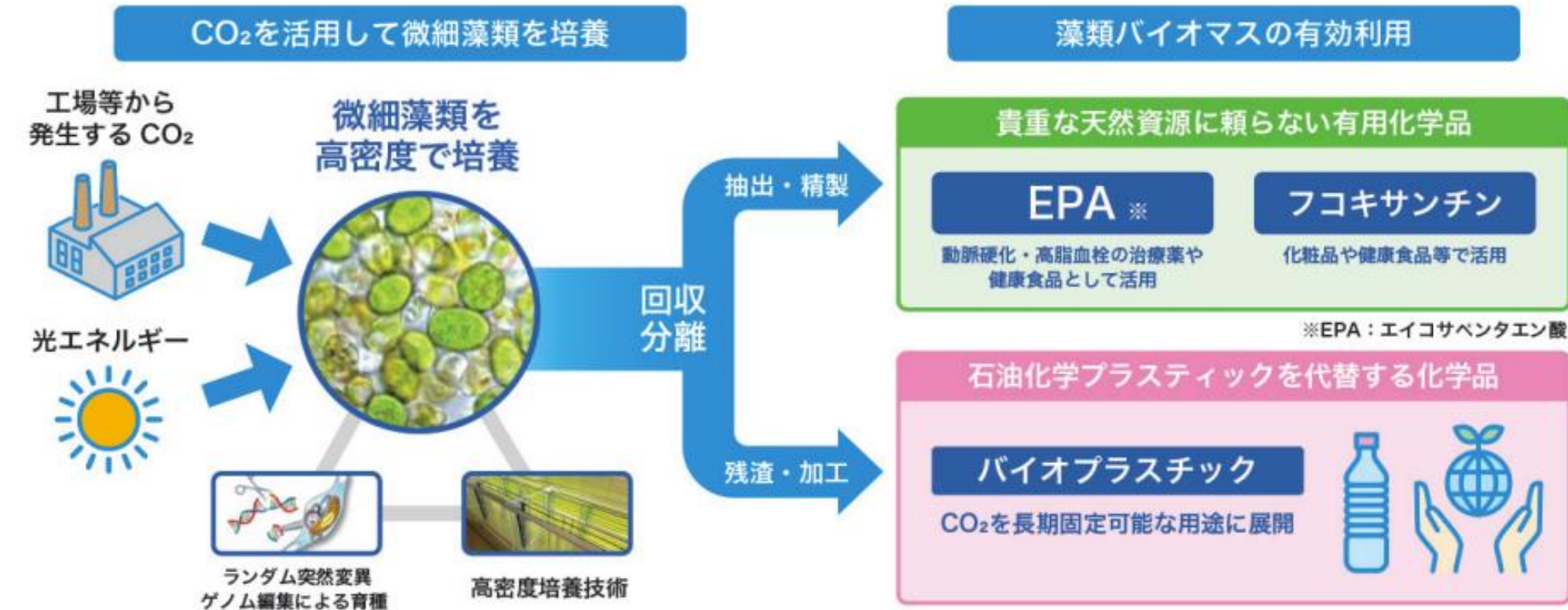
電気事業、熱供給事業、電気通信事業、ガス供給事業 等

設立：1951年
従業員数：8474名
グループ企業数：99社

本社：大阪市北区中之島

事業名：カーボンリサイクル・次世代火力発電等技術開発／CO₂有効利用拠点における技術開発
事業期間：2022年度～2024年度
採択テーマ：微細藻類によるCO₂固定化と有用化学品生産に関する研究開発

微細藻類によるCO₂固定化と有用化学品生産に関する研究開発



実施期間

2022 年度～2024 年度

実施体制



algal bio

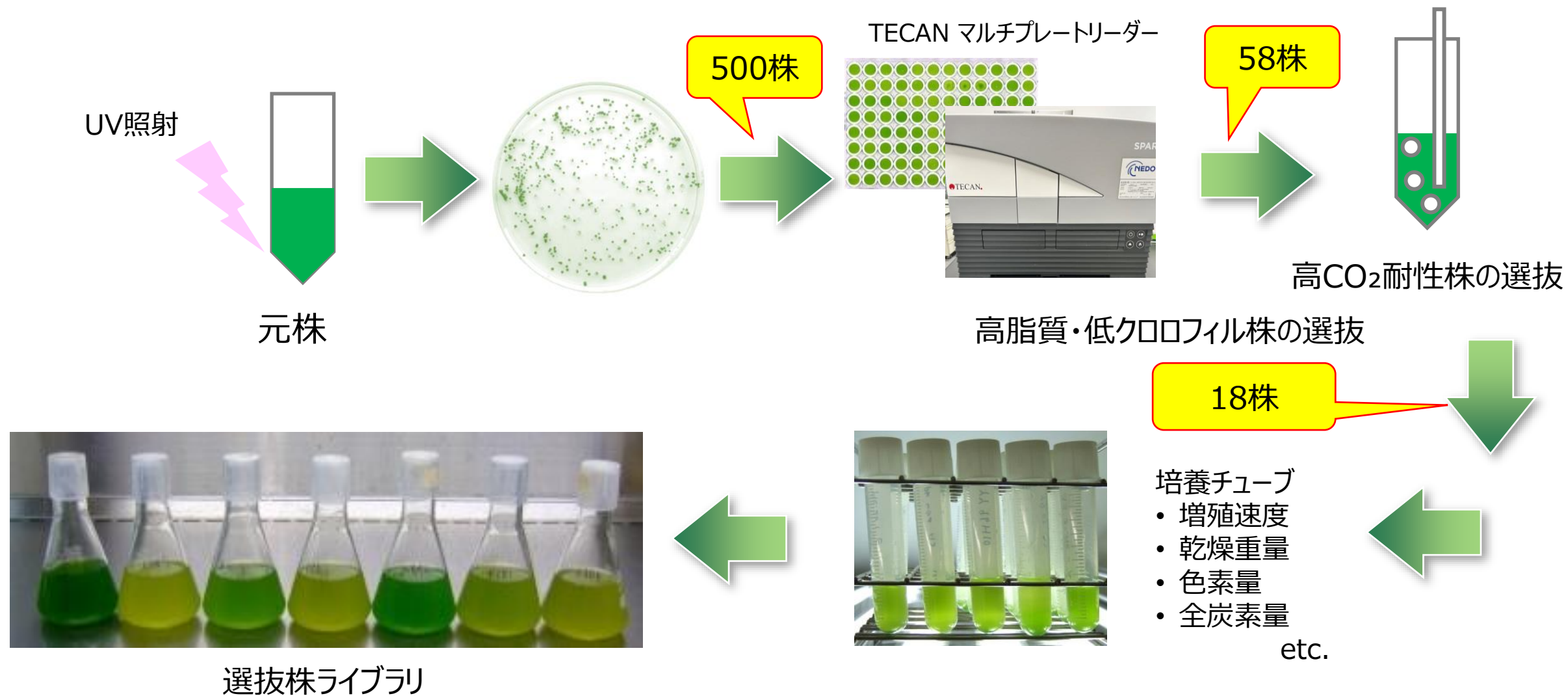


プロジェクト概要説明

- ① **CO₂を効率よく固定する微細藻類の育種**
 - ・ ランダム変異法による育種
 - ・ ゲノム編集によるCO₂固定能の向上（関西学院大学）
- ② **微細藻類の高密度大量培養の開発**
- ③ **微細藻類の有効利用バイオプラスチックの開発研究（産業技術総合研究所）**
- ④ **統合システム構築**

① CO₂を効率よく固定する微細藻類の育種

選抜方法の検討と決定 | UV変異



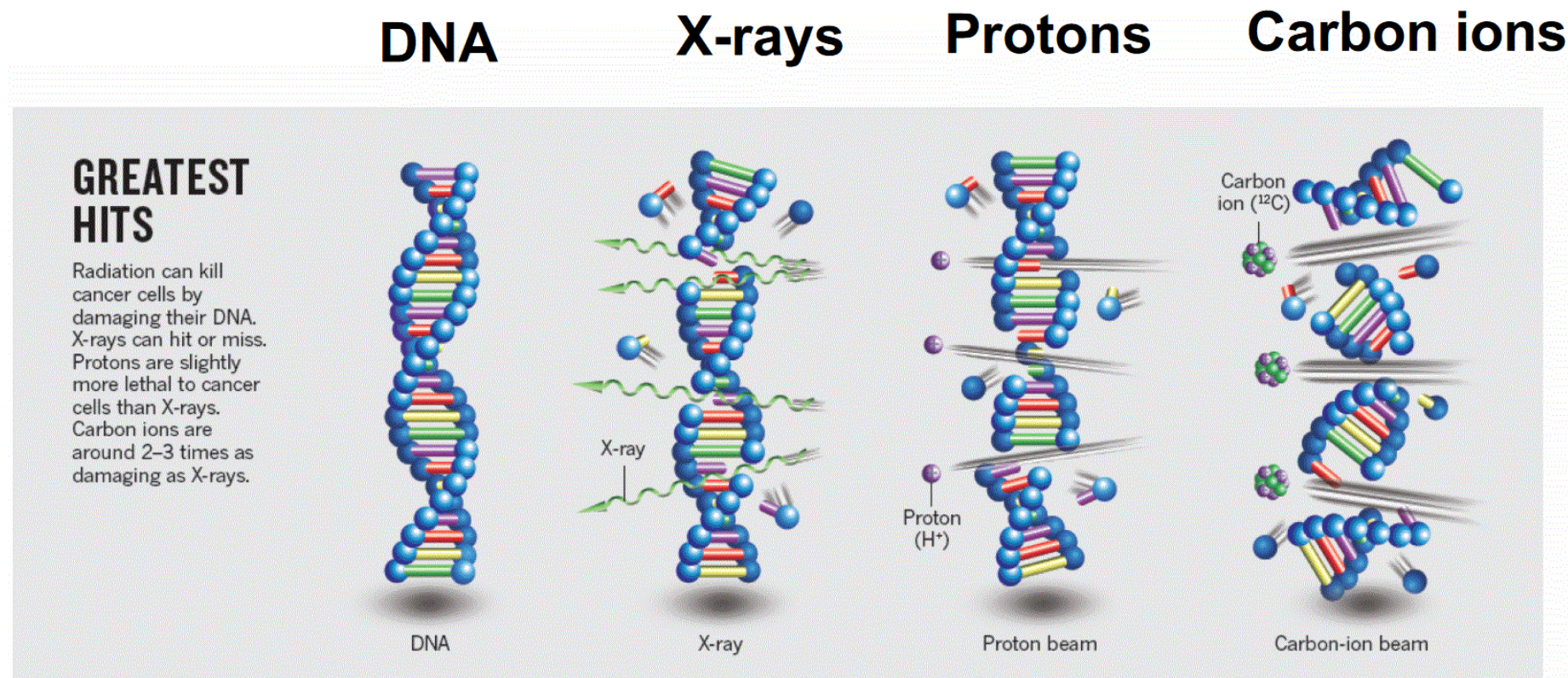
UV変異による変異株取得

培養条件：2% CO₂ 培地a使用



・ コントロール株と比較して乾燥重量があまり変わらずTCが1.5倍以上、乾燥重量が1.3倍以上でTCがあまり変わらない、これらの株が候補

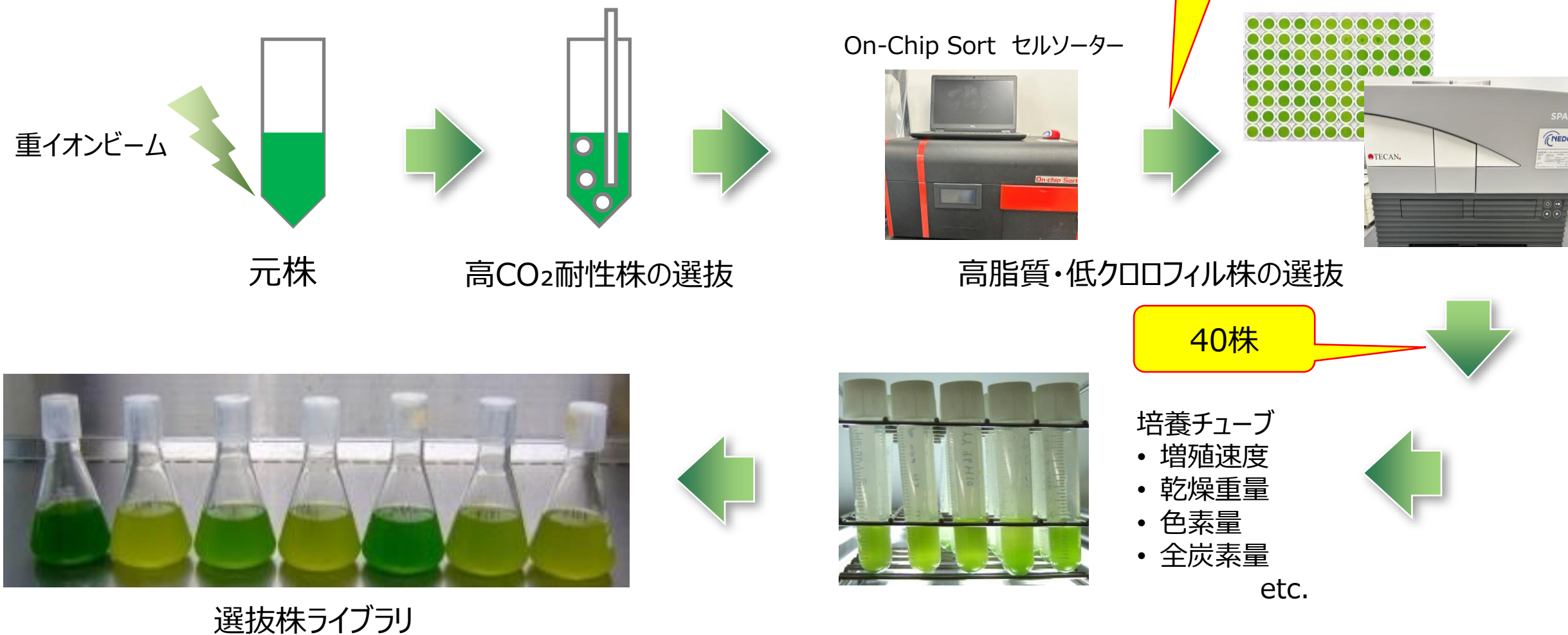
選抜方法の検討と決定 | 重粒子線によるランダム変異



二本鎖の切断が容易に起こる → 欠失や逆位など、大きな構造変異

Nature 2014 Apr 3;508(7494):133-8. doi: 10.1038/508133a

選抜方法の検討と決定 | 重粒子線によるランダム変異



重粒子線によるランダム変異による変異株取得

1stスクリーニング



On-Chip Sort セルソーター

20%CO₂通気培養で3週間培養し生き残った細胞

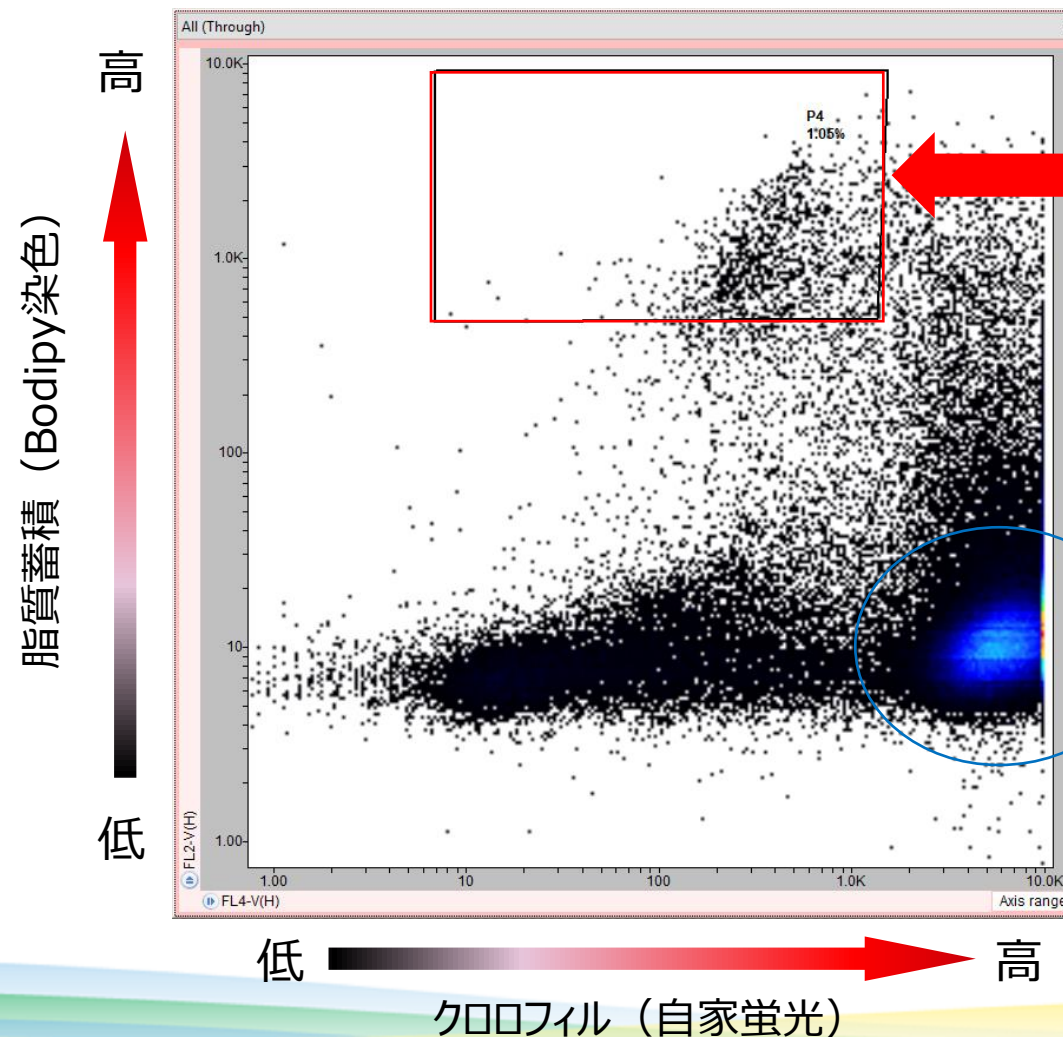


On-Chip-Sortを用いて2万の高脂質蓄積かつ低クロロフィル含量の細胞を分離



最終的にTOCを測定し株を決定

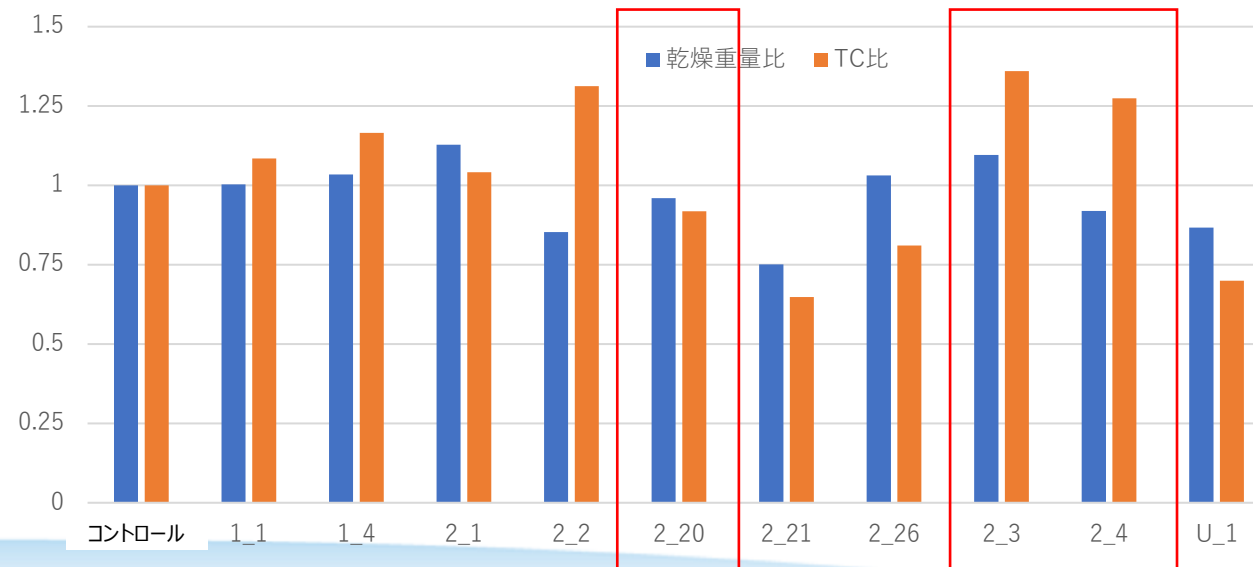
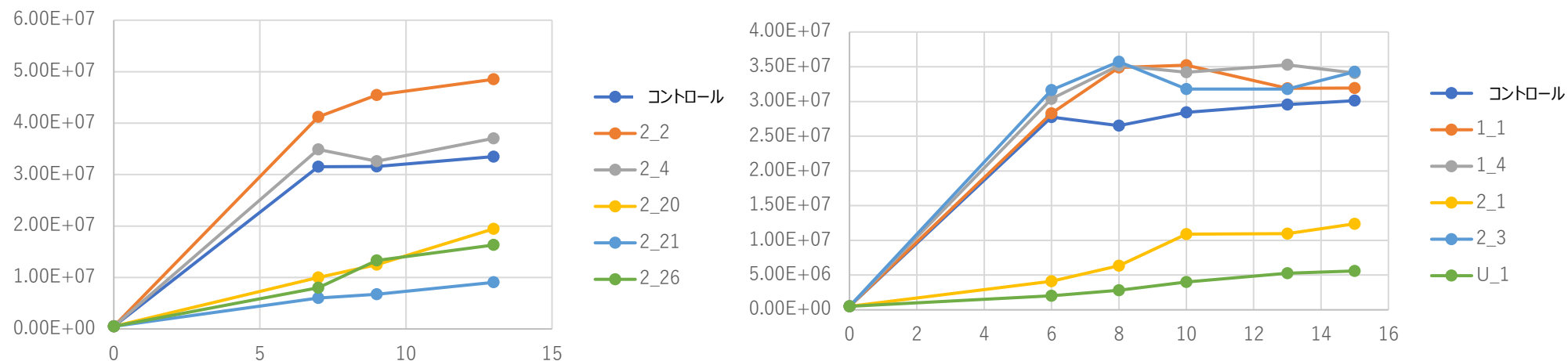
重粒子ビーム変異体2.5x10⁶細胞から選抜



高脂質蓄積かつ
低クロロフィル
含量の変異細胞群

全体で最も多い群
(高クロロフィルかつ低脂質)

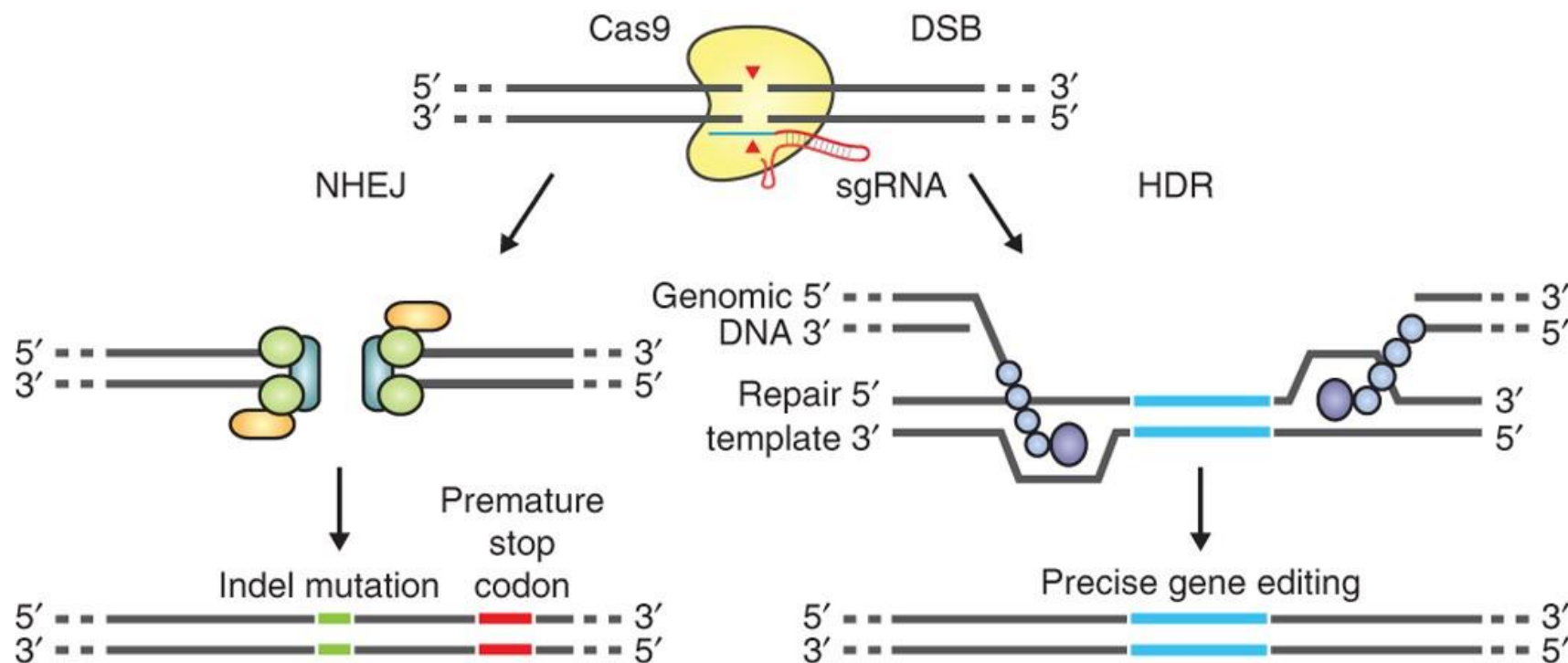
重粒子線によるランダム変異による変異株取得



ランダム変異法による育種 | まとめ

- UV変異、重粒子変異共に最終スクリーニング後、合計28株選抜した
- その後培養試験を行いCO₂固定能及び乾燥重量を計測し7株選抜した
- 総合的に判断してC25株を選抜した

ゲノム編集（関西学院大学）



ゲノムDNA上の特定の箇所に変異を導入 → 組み換え生物に該当しない

Nature Protocols volume 8, pages2281–2308 (2013)

ゲノム編集（関西学院大学） | ゲノム編集株の単離



ターゲット遺伝子探索

- 1) 炭素フロー改変
 - a. 代謝改変
 - b. 細胞周期活性化
 - c. 低色素含有細胞の開発
- 2) 高CO₂耐性・低pH耐性付与
 - a. 細胞質プロトン濃度制御能力強化
 - b. プロトン放出阻害
- 3) 強光耐性付与

遺伝子破壊ターゲット 42 遺伝子/55 コンストラクト



ゲノム編集コンストラクト作製 55コンストラクト中55コンストラクト作製



55コンストラクト導入

ゲノム編集株の作製

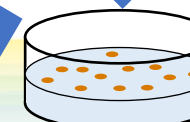


藻類株

コンストラクト導入



抗生物質による選抜

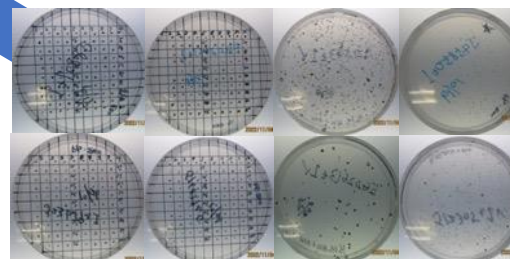


取得したゲノム編集モノクローン株

モノクローン株	174株(38遺伝子)
Out of frame	103株(33遺伝子)

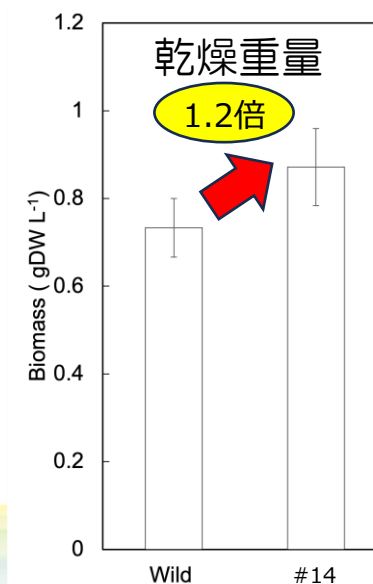
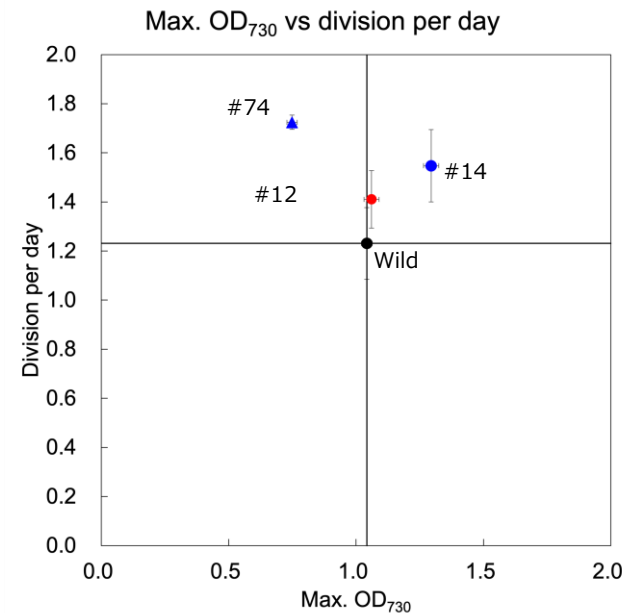
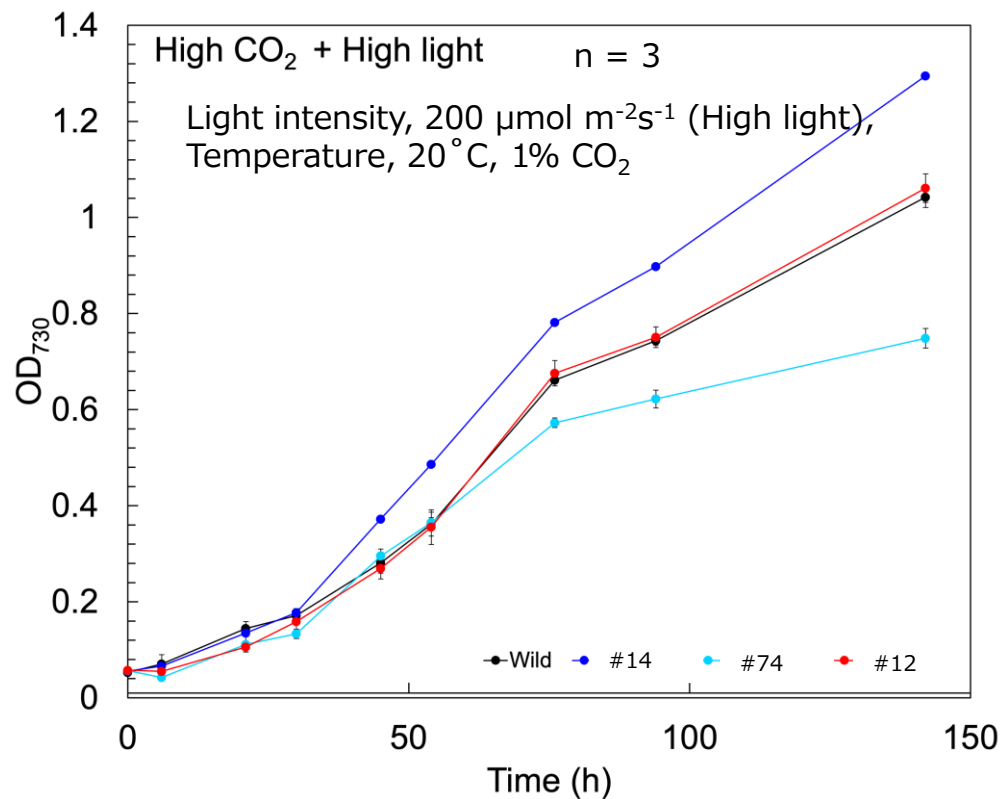
ターゲットとした42遺伝子のうち33遺伝子についてout of frameなゲノム編集された株を取得した。

ゲノム編集コンストラクトの導入によって
抗生物質耐性になった株



生育測定、デンプン・脂質定量、光合成活性測定

ゲノム編集（関西学院大学） | ゲノム編集株の表現型分析

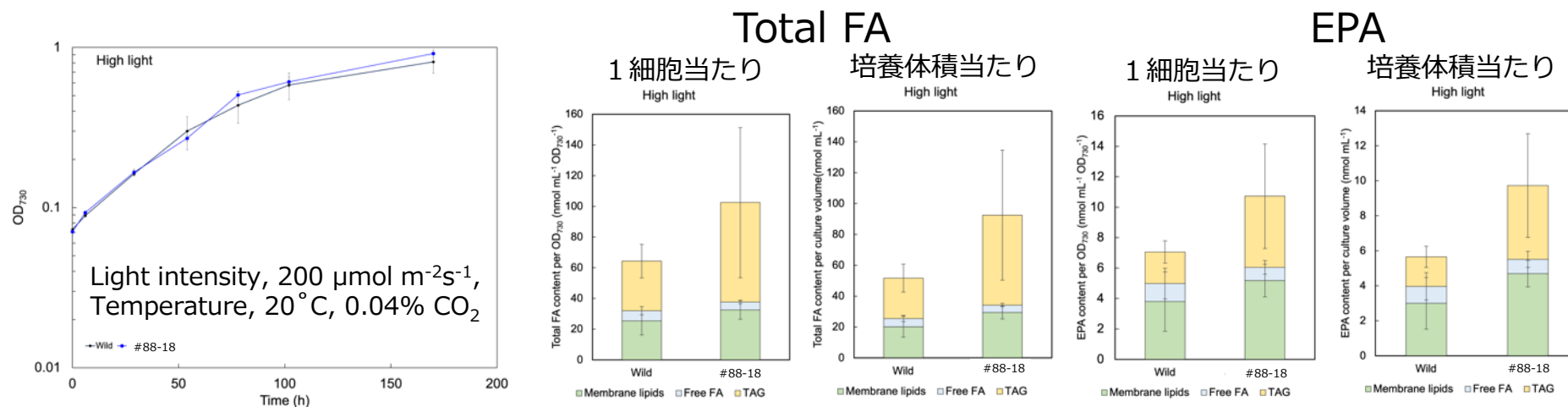


タンパク質Aをコードする遺伝子のゲノム編集株のゲノム編集株が野生株より高い増殖速度と到達濁度を示した

ゲノム編集（関西学院大学） | ゲノム編集株の表現型分析

各種タンパク質をコードする遺伝子のゲノム編集株の生育と脂肪酸量

これまでの研究で、バイオマス向上が期待される表現型が見られた遺伝子のゲノム編集株について詳細に解析した



細胞密度向上	遺伝子A,B 2株
脂質生産性向上	遺伝子C~J 8株
	遺伝子K~N 4株

- これまでに、ゲノム編集破壊のターゲット遺伝子42個のうち38遺伝子で174株のゲノム編集株が得られ、そのうち33遺伝子103株のOut of frameなゲノム編集がかかった株が得られた
- 得られた株のうち、下記の株で細胞密度の向上または脂質生産性の向上が見られた

② 微細藻類の高密度大量培養の開発

高密度培養・連続培養法の開発

ラボスケールでの
培養条件検討

● 弊社柏研究所

試験管（0.1L）～培養瓶（1.0L）での試験



● 基礎培養条件の検討

- 株選抜
- 高増殖培地の開発
- 半連続培養の適用
- 育種株の培養評価

ラボスケールで先行開発
PBRでスケールアップ実証

フォトバイオリア
クター（PBR）で
の大量培養法の
検討

● 大崎上島町カーボンリサイクル実証研究拠点 2基の300L-チューブ式PBRを導入

方式	攪拌方法	スケールアップの容易さ	CO2利用効率	細胞への物理的影響
チューブ式	ポンプ圧送	1000L～7500L	良い	あり
パネル式	空気浮力	～180L*	悪い	なし



アルガルバイオ
横浜培養施設のPBR

● PBRでのスケールアップ実証と培養による生産性の向上

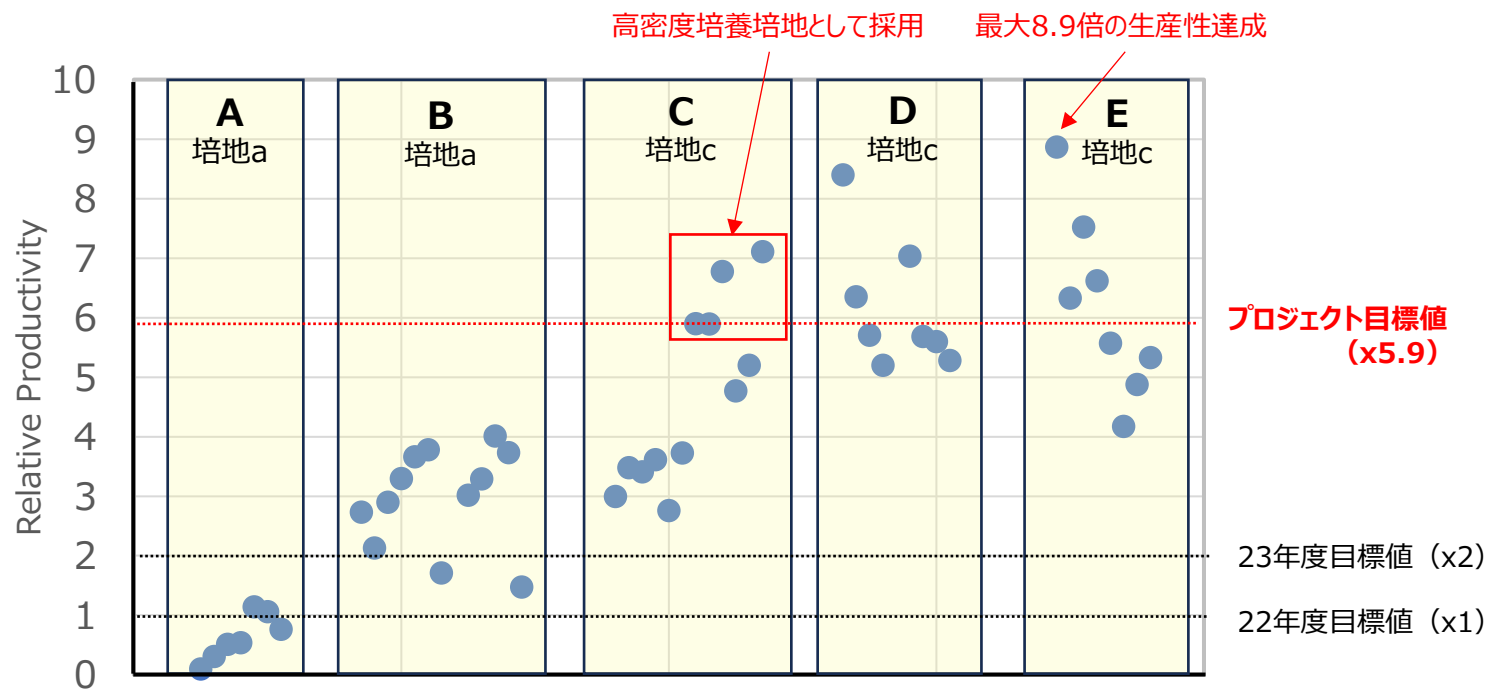
- PBRの選定と導入
- PBR基本培養条件の確定
- PBR高密度培養・半連続培養法の確立

培養による生産性（g/L/d）の向上

1 x2 x5.9
 2022年度目標 2023年度目標 2024年度目標

高密度培養・連続培養法の開発（ラボスケール）

ラボスケール試験におけるバイオマス生産効率
22年度目標値 (g/L/d) を1としたときの相対値



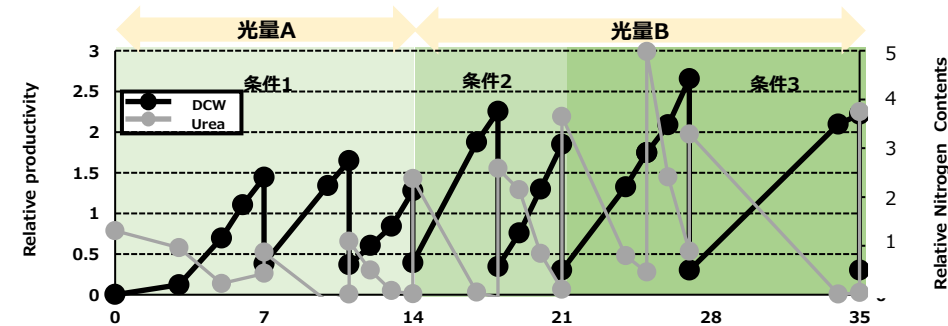
- ・ ラボスケールで生産目標値（22年度目標の5.9倍）を継続的に達成
- ・ 安定した培養が可能な培地cを用いた条件を高密度培養培地として採用

A) 初期バッチ試験

培地aを基準に光量・培地濃度・塩濃度を検討し初期培養条件を決定

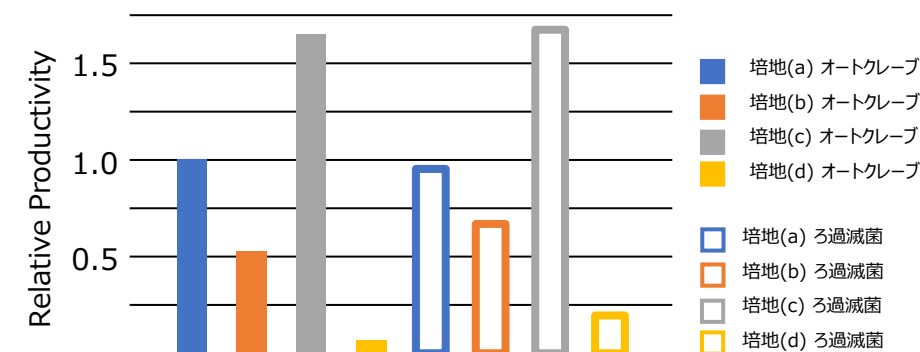
B) 半連続培養

半連続培養により光量と栄養塩濃度を最適化



C) ベース培地の変更

既存培地(a)に対し、新規培地(c)でバイオマス量が高生産。培地cをベースとして栄養塩・微量金属濃度・光条件を最適化



D) 窒素源の検討

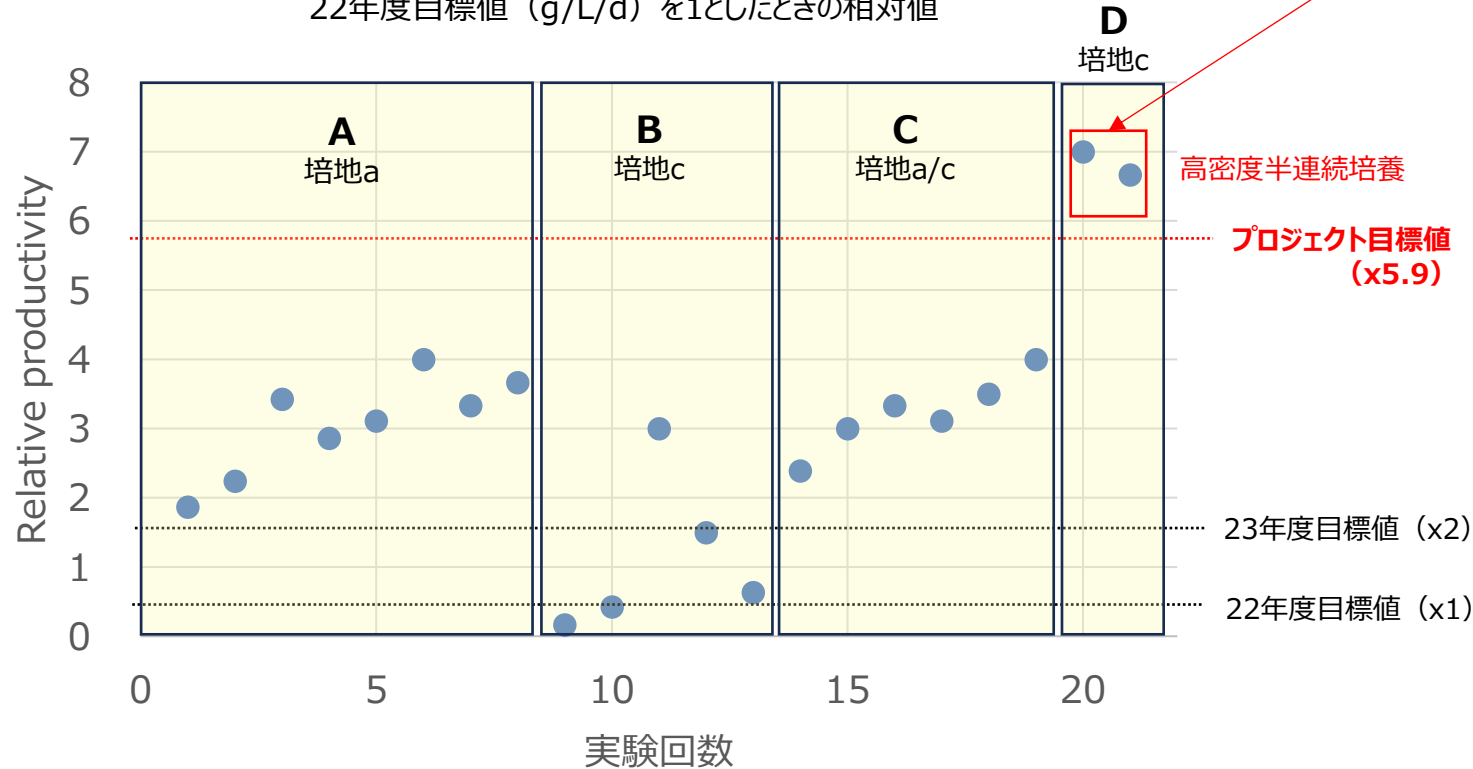
窒素源の種類について検討

E) 緩衝剤の検討

緩衝剤について検討。不安定さの解決が課題

PBR高密度培養法・連続培養法の確立

パイロットスケール試験におけるバイオマス生産効率
22年度目標値 (g/L/d) を1としたときの相対値

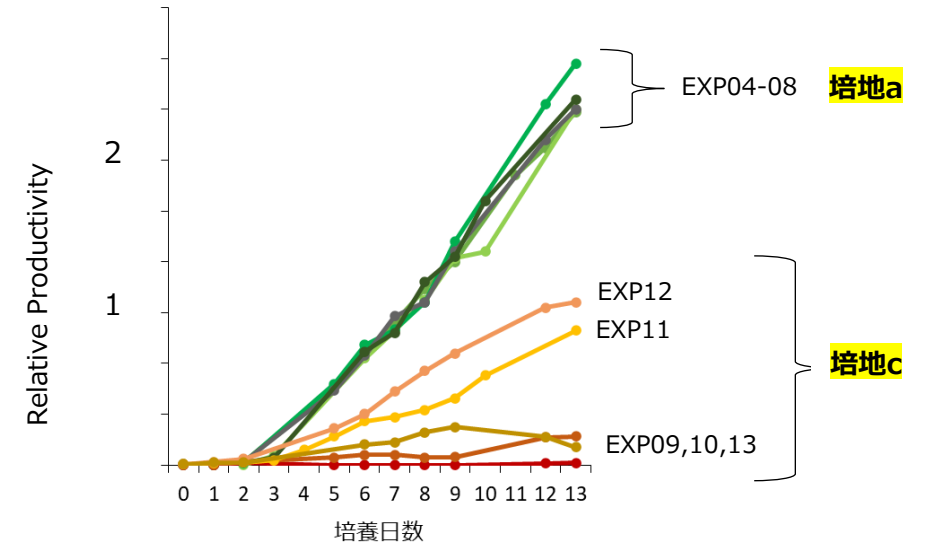


A) 初期試験

培地aを基準に光量・培地濃度・塩濃度を検討し初期培養条件を決定
半連続培養の適用

B) 高密度培養培地を用いた培養試験

培地cへの置き換えにより生産性が低下



C) 生産性低下の原因検証

D) 培養方法の改善により高密度半連続培養を達成

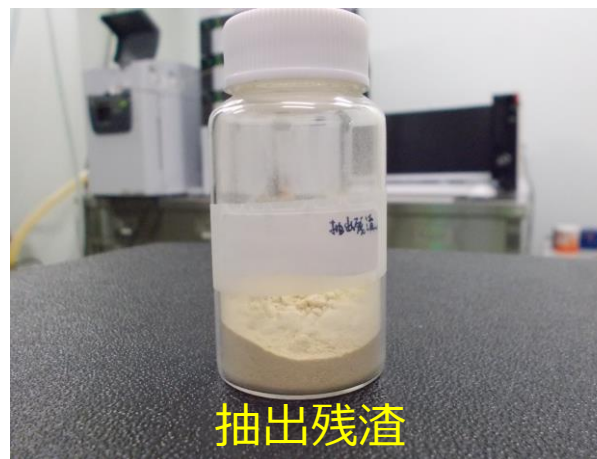
- 培養環境の改善によりパイロットスケールPBRで生産目標値 (22年度目標の5.9倍) を達成
- 現在育種変異株の評価を実施中 ⇒ **ランダム変異法により取得したC25変異株で8.3倍の生産性を達成**

③ 微細藻類の有効利用バイオプラスチックの開発研究

微細藻類の有効利用バイオプラスチックの開発研究



オイル
抽出



オイル生産性は藻体に対して約50%



オイル生産1トンに対して
残渣が1トン副生

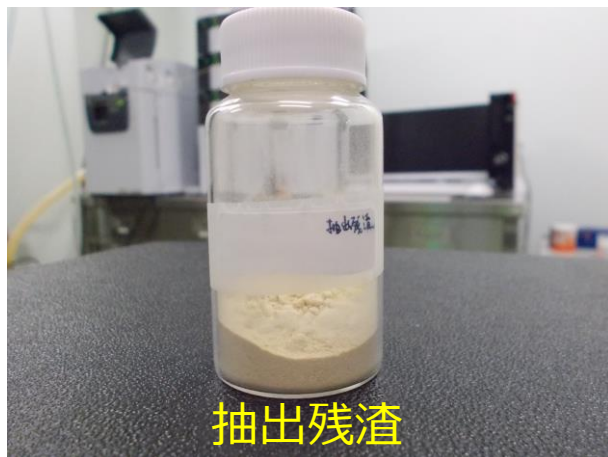
Table 抽出残渣の成分

炭水化物 (wt%)	タンパク質 (wt%)	灰分 (wt%)
46.0	43.1	12.5

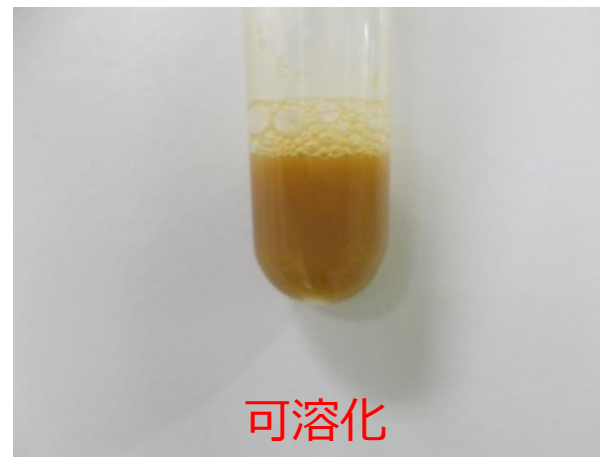
残渣の主成分は
炭水化物とタンパク質

残渣の成分を単離せずにそのまま樹脂原料として利用する技術の開発

残渣を原料とした樹脂合成技術の開発



→
可溶化
技術



→ →
可塑剤 添加剤
添加 添加

→ →
加熱 キャスト
処理 成形



樹脂特性の分析

- 機械特性
- 熱特性
- 生分解性

合成した樹脂は熱硬化性

合成した樹脂の機械特性

可塑剤(wt%)	添加剤(wt%)	引張弾性率 (MPa)	引張強度 (MPa)	破断時 伸び(%)
可塑剤A(60)	—	1492	17.5	1.73
可塑剤A(40)	添加剤B(20)	3265	24.3	0.77
—	添加剤C(60)	5054	52.3	1.45
(参考)汎用ポリエチレン		260-520	13-27	100-970
(参考)PET		2800-4300	48-73	110-120

弾性率と引張強度はPETとほぼ同等

合成した樹脂の生分解性

ISO17556法

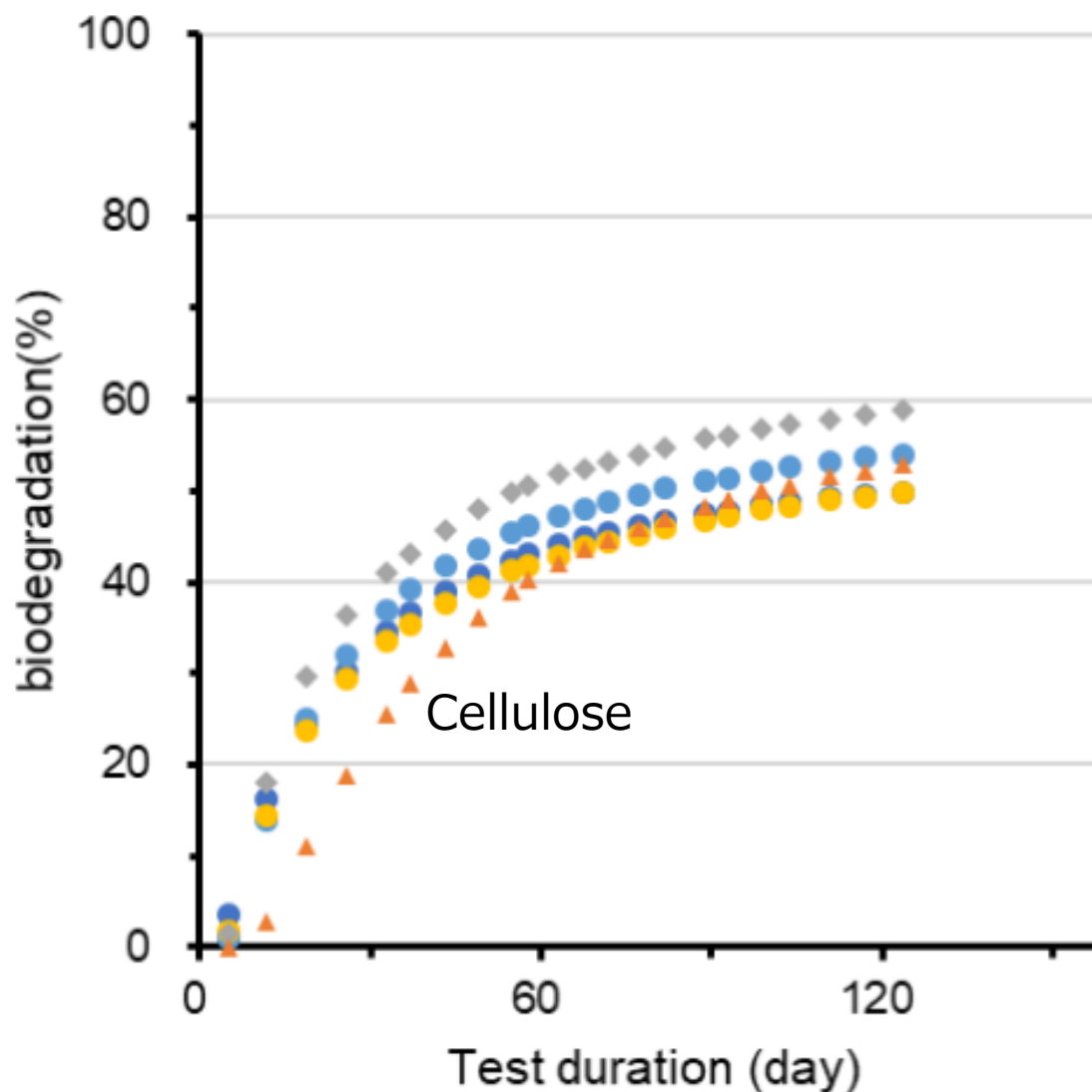
好氣的土壤条件下で発生
する二酸化炭素量を測定

pH 6.8

使用量 200 mg/検体

含水率 37 %

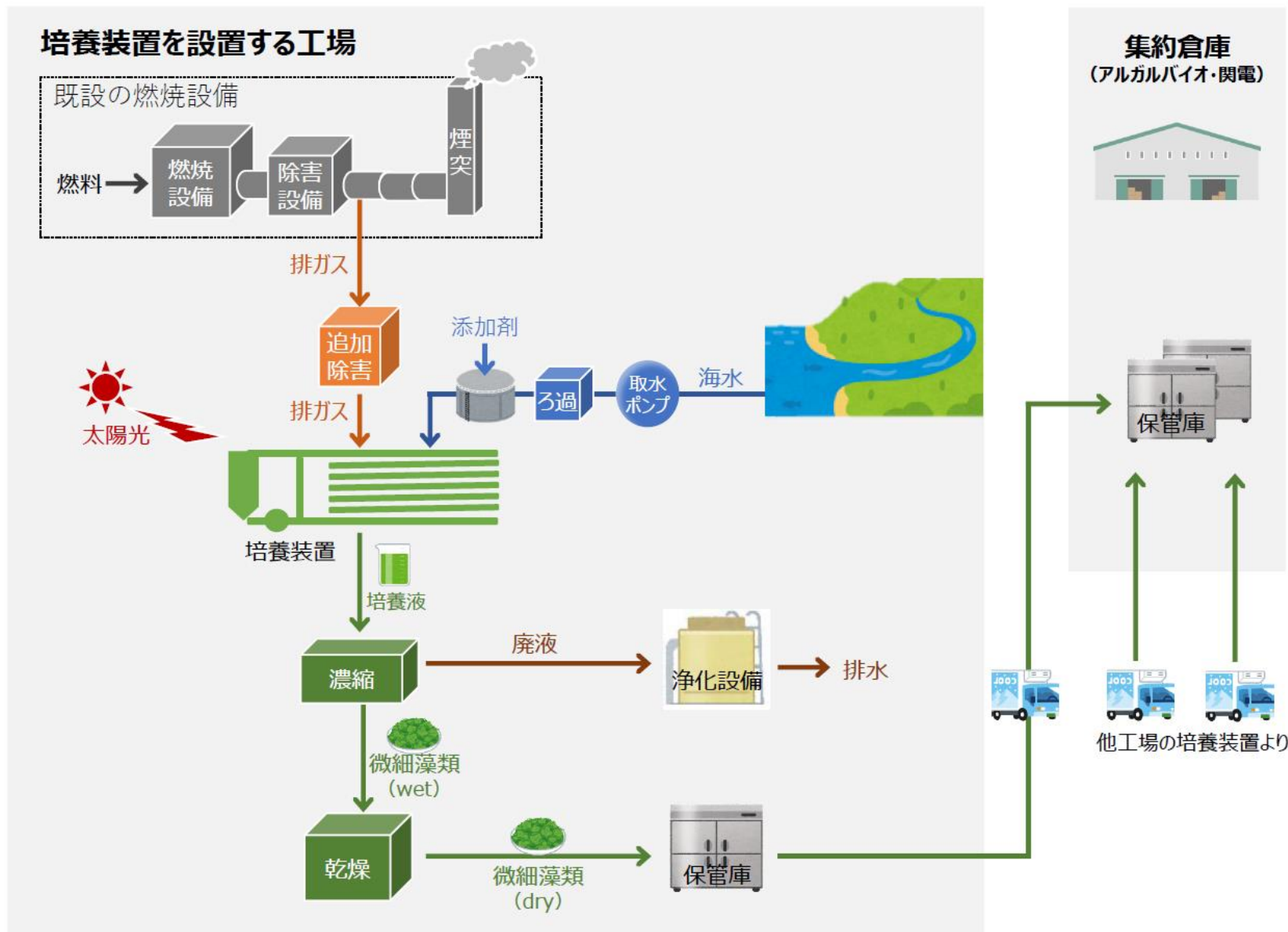
揮発性成分 14 %



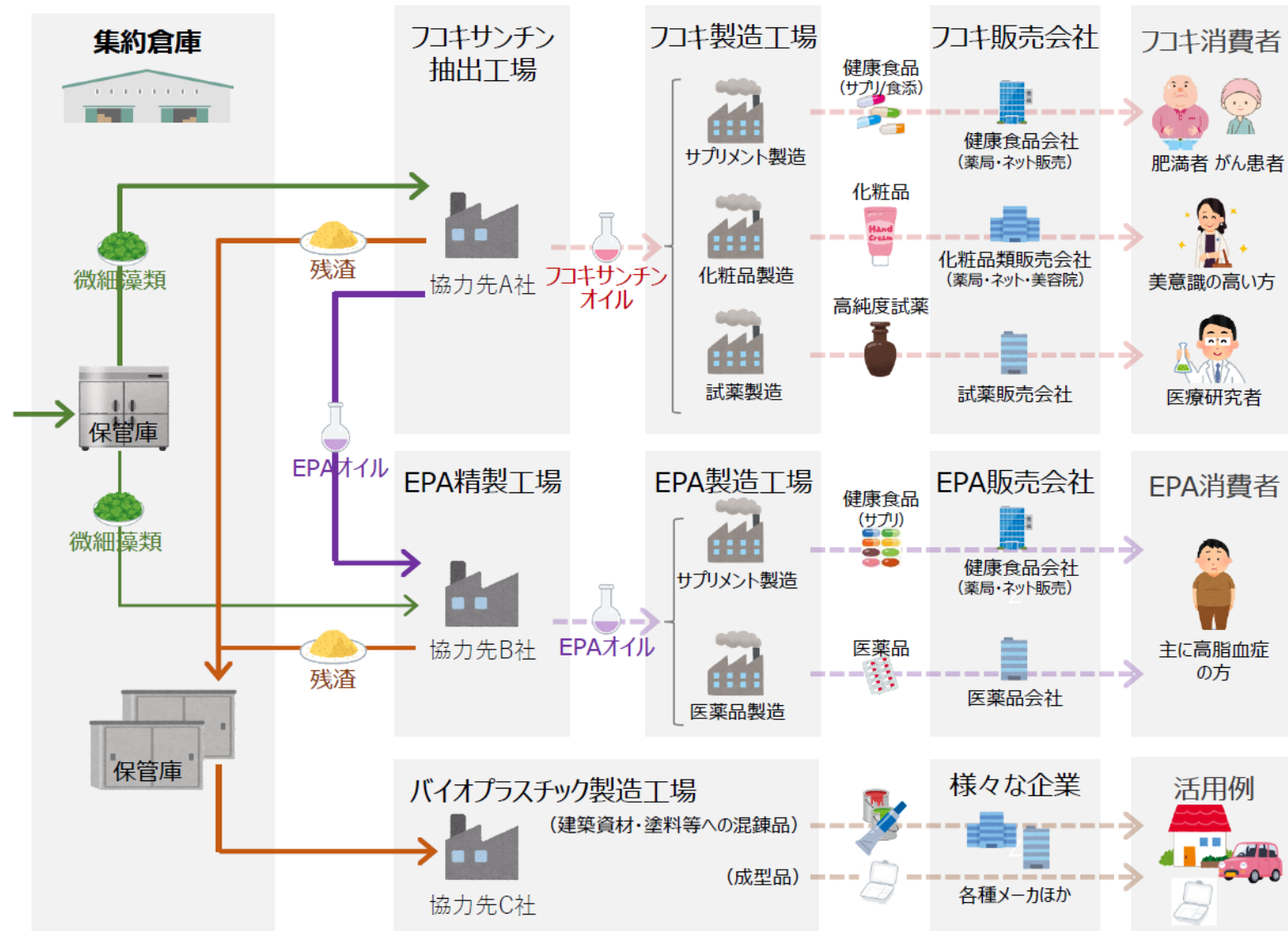
生分解性は
セルロースとほぼ同等

④ 統合システム構築

統合システムの構築検討 1 ～対象工場におけるシステム検討（概要）



統合システムの構築検討2～微細藻類生産後のバリューチェーン構築（概要）





Contact Info :

Email : info@algalbio.co.jp

Web : <https://algalbio.co.jp/>