

研究開発内容

背景・目的

微細藻類バイオマスは将来的に、燃料を含む多様な用途における主要な原料供給源として期待されている。しかし、研究室規模の試験結果を大規模および実生産環境下で実証した例は極めて少ない。本事業では、従来法と比較して高い光合成効率・バイオマス生産性が期待され、また、コンタミネーションへの対応がより容易であるフラットパネル型フォトバイオリアクター（PBR）を利用し、実生産環境下における大規模微細藻類バイオマス生産を試みた。

実施内容・目標

実施事項①

熱帯環境下において、火力発電所の排気ガス中に含まれるCO₂を利用し、純バイオジェット燃料原料として利用可能な微細藻類の生産を実証する。

◆ 目標

- Zone 1 から3のPBRの半数以上を用いて年間の80%以上の期間において半連続生産を実施
- 25 t ha⁻¹ year⁻¹以上のバイオマス生産性を達成

実施事項②

微細藻類の大規模生産実証(①)を踏まえた、バイオジェット燃料原料生産に関する定量的な経済性分析およびCO₂排出削減効果分析を実施する。

◆ 目標

長期間(300日以上)および1,500-2,000 m³以上の生産実証における実測値より、バイオマス生産コストおよび生産におけるCO₂収支を算出

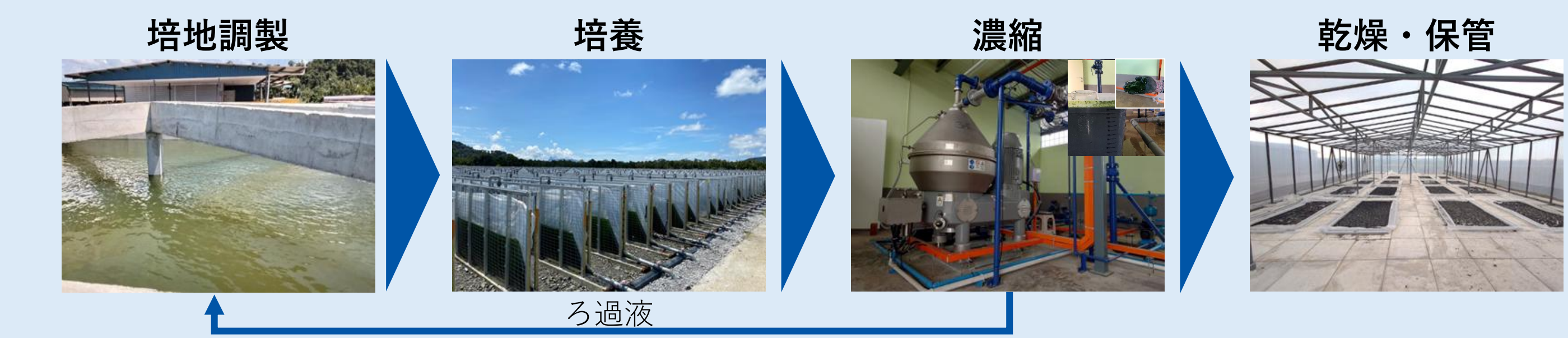
マレーシア、サラワク州クチン市近郊に建設されたChitose Carbon Capture Central (C4)



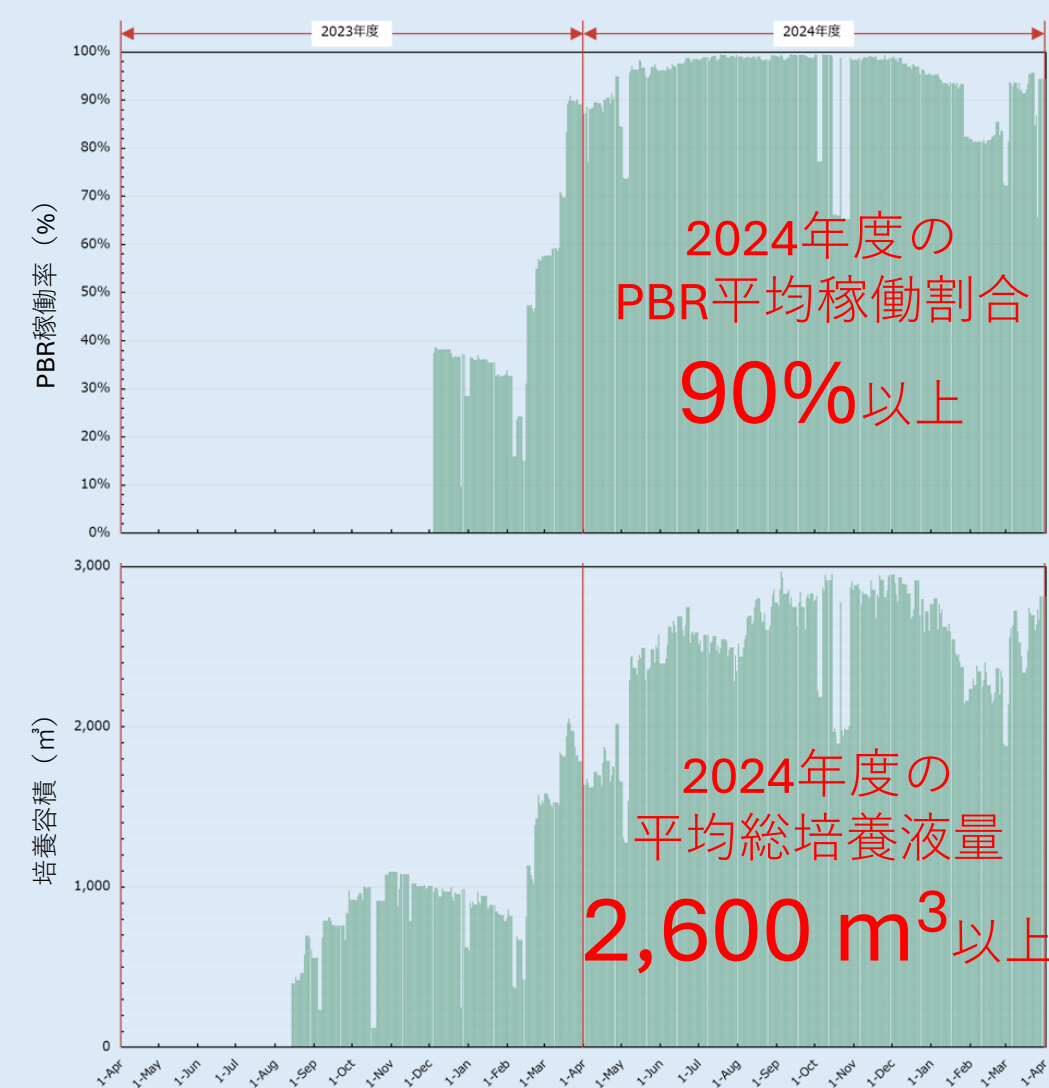
研究開発成果

実生産環境下における微細藻類生産の実証

◆ 微細藻類の生産工程



◆ 生産施設の稼働率



◆ バイオマス生産性



工業用CO₂による安定したCO₂供給が得られた際は、長期間を通じて高い屋外環境下においても高い生産性が確認された（右上図）。

発電所由来CO₂の供給が不安定なことから、大規模な長期生産では、生産性が10-30 t ha⁻¹ y⁻¹と大きく変動した（右下図）。

- ✓ 培養、培養液の回収、バイオマスの脱水・乾燥・粉末化・保管などの**バイオマス生産に関わる一連の工程を連続的且つ継続的に実行するための手法および体制**を構築
- ✓ 約5ヘクタールの微細藻類生産施設を**年間を通じて90%以上の稼働率**で連続運転させることに成功

経済性分析およびCO₂排出削減効果分析

◆ 経済分析

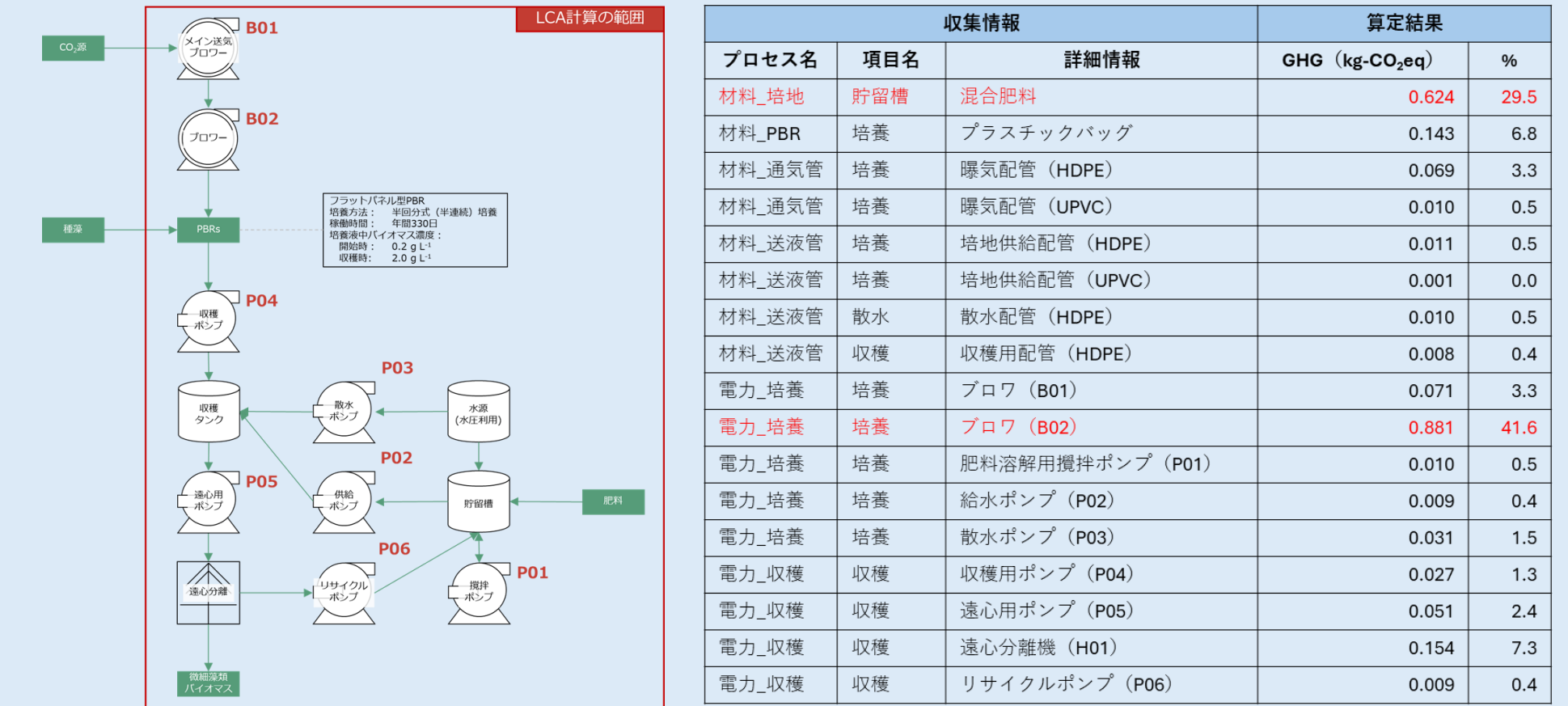
本事業において工業用CO₂を利用して安定したCO₂供給が得られた場合のバイオマス生産性25 t ha⁻¹ y⁻¹、と将来的に目標とする70 t ha⁻¹ y⁻¹を基に経済性分析を行った。

	生産コスト内訳		主な仮定値*	
	25 t ha ⁻¹ y ⁻¹	70 t ha ⁻¹ y ⁻¹	運用人員数	: 7人 ha ⁻¹
人件費	28.9%	25.7%	雇用関連費用	: 給与額の35%
減価償却費	13.9%	12.4%	設備類耐久年数	: 一律20年
施設維持に関する諸経費	19.2%	17.1%	設備類維持費	: 設備総額の5%
培地関連費（肥料、水）	8.6%	16.8%	保険	: 設備総額の1%
PBRフィルム等	9.0%	8.9%	固定費予備費	: 固定費の10%
電気代	16.6%	14.8%	変動費予備費	: 変動費の10%
予備費	3.7%	4.3%		

*本事業において得ることが難しい予備費や雇用関連費用などの数値、地域の規制や法律等により異なる数値に関しては一定の値を仮定した。

◆ CO₂排出削減効果分析

赤枠で図示した、C4施設におけるバイオマスの生産工程を計算の範囲として設定し、バイオマス生産におけるGHG排出量の算出を行った。



微細藻類バイオマスの生産工程におけるGHG排出量は2.12 kgCO₂-eq kg_{biomass}⁻¹となった。バイオマス生産に伴う全GHG排出量のうち、最大の寄与要因（41.6%）は、CO₂送気および曝気を担うブローアの電力消費であり、次いで肥料消費に伴うGHG排出量が全体の29.5%を占めることが示された。

特筆すべき成果

- ✓ 数ヘクタール規模以上の微細藻類生産施設において、
 - 継続的に微細藻類を生産可能な運用手法や施設運用体制が構築された（実際に必要となる人員や付帯設備の把握、関連規制との各種調整等を含む）。
 - 年間を通じて**90%以上の稼働率**で連続運転し、世界で初めて熱帯地域における1年間以上の長期的な微細藻類生産に関する実証データが取得された。
- ✓ 実環境下において培養準備からバイオマスの粉末化までのバイオマス生産の全行程において開発（機器や配管、各種工程の開発・最適化やセンシング開発等を含む）を大規模で実施可能な体制が構築されたことにより、シミュレーションではなく実際の試行・開発が可能となった。
- ✓ 実際の施設運用を基にした**LCAモデル**の構築が進められ、微細藻類の気候変動緩和策としての実用可能性をより現実的なスケールで議論可能となった。
- ✓ 実環境下で生産されたトン単位のバイオマスの利用が可能となり、これまで制限的であった用途開発を加速させる状況が整った。

課題

バイオマス生産コストの改善およびGHG排出量の削減の両項目において、**安定的なCO₂供給**並びにその**低エネルギー化**等を含めた曝気システムの改善が大きく寄与することが示され、今後取り組むべき最重要技術課題として明確化された。

今後の取り組み

C4を利用した技術開発の継続・生産施設の更なる大規模化

本事業において最重要技術課題として挙げられたCO₂供給（曝気）システムの改善策として、曝気管の改良やブロー等の機器、配管の最適化、CO₂の制御・モニタリングシステムの開発等が挙げられる。他にも、例えば人件費の改善については、PBRバッグの洗浄や交換頻度の改善に向けた新規プラスチックバッグの開発や各種設備・工程の自動化、センシングによる培養液モニタリング手法の効率化等が解決に向けた取り組みとして挙げられる。C4ではこれらを含む様々な技術開発・改良を継続し、2027年に運用が開始される100 ha実証プラントにおいて、より商業スケールに近い規模で事業化に向けた生産実証および用途開発が展開される。

実用化・事業化の見込み

2,000 ha以上の生産施設の規模において採算の取れる事業が可能となり、生産に伴うCO₂固定量が排出量を上回るカーボンネガティブが実現可能となる。2030年までに燃料を含む工業製品の生産を目的とした2,000 ha規模の商業生産が開始される見込みである。