

2024年度NEDO再生可能エネルギー一部成果報告会
プログラム No.4

バイオジェット燃料生産技術開発事業 微細藻類基盤技術開発

熱帯気候の屋外環境下における発電所排気ガス
およびフレキシブルプラスチックフィルム型
フォトバイオリアクター技術を応用した大規模微細藻類培養
システムの構築および長期大規模実証に関する研究開発

発表日：2024年12月18日

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

発表者名 星野孝仁

団体名 (株) ちとせ研究所

問い合わせ先 株式会社ちとせ研究所 (<https://chitose-bio.com>)

1. 目的

フォトバイオリアクター技術および発電所排気ガスを利用した、バイオジェット燃料原料の大規模生産技術の実用化。

2. 期間

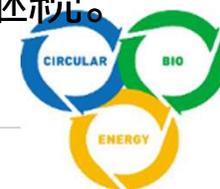
2023年4月1日 ~ 2025年3月31日

3. 目標（中間・最終）

- ① 実生産環境下における微細藻類生産の大規模実証
- ② 大規模実証における実測値を用いた、生産コストおよびCO₂排出削減効果の算出
- ③ 生産コストおよびCO₂排出削減効果の改善策の提示

4. 成果・進捗概要

2024年時点で、8か月以上に渡る大規模連続生産を継続。
同大規模生産における生産コストおよびCO₂排出削減効果の検証を継続。



研究開発の概要



実施項目①：実生産環境下における微細藻類生産の大規模実証

目標 (i)：2023年度中に大規模微細藻類生産設備内のZONE1-3まで培養を拡大する

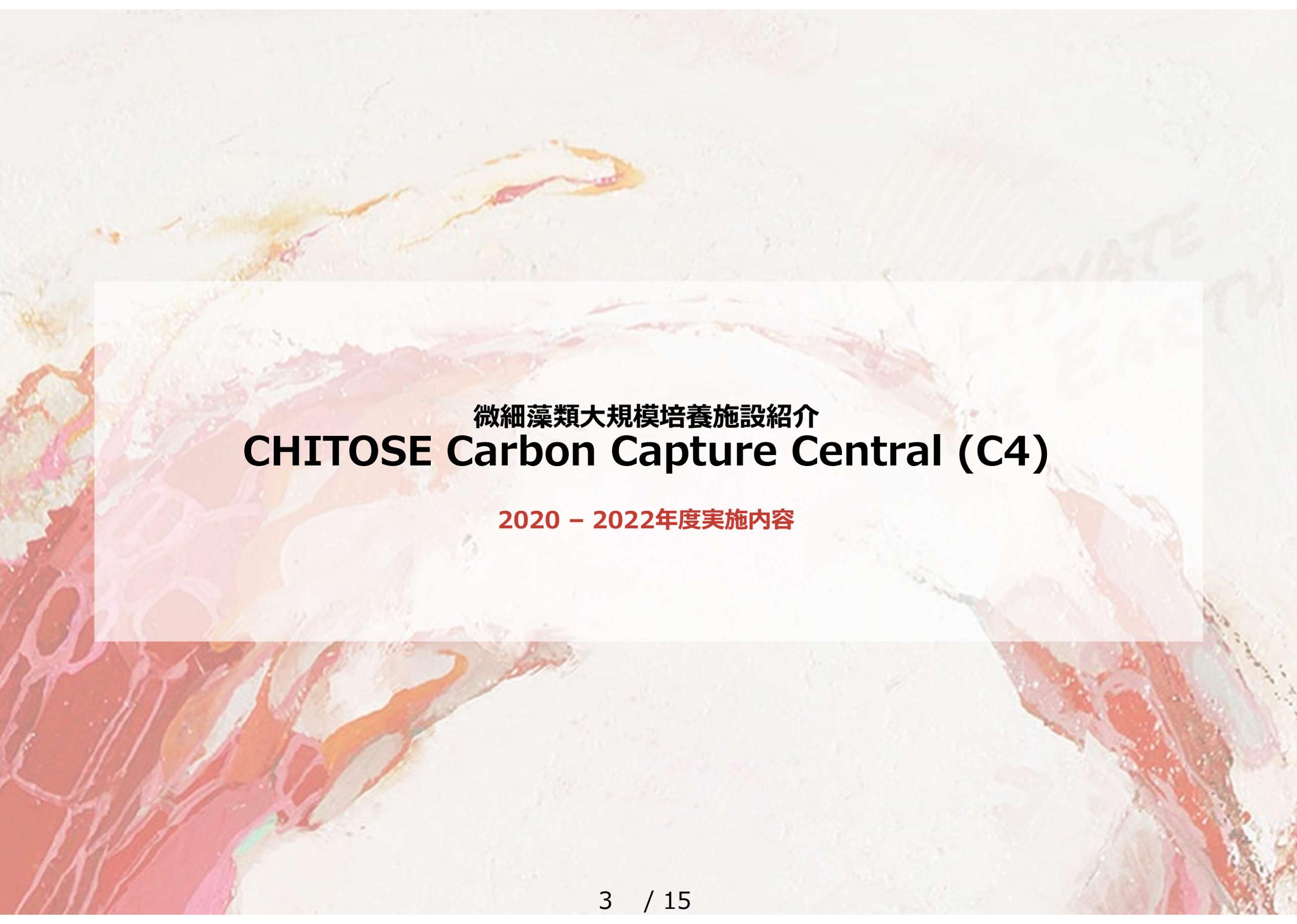
目標 (ii)：2023年度中に少なくとも二つの培養ZONEを用いた一カ月間以上の半連続生産を実施し、方法に記載した各種測定項目の経時変化データを取得する

目標 (iii)：2024年度中に、ZONE1-3において稼働可能なPBRユニットの半数以上を用い、年間の80%以上の期間において半連続生産を実施

目標 (iv)：2024年度中の実証において、25 ton ha⁻¹ year⁻¹以上の微細藻類バイオマス生産性を達成する。

実施項目②：微細藻類の大規模生産実証を踏まえた、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 (TEA) およびCO₂排出削減効果分析 (CO₂フットプリント)

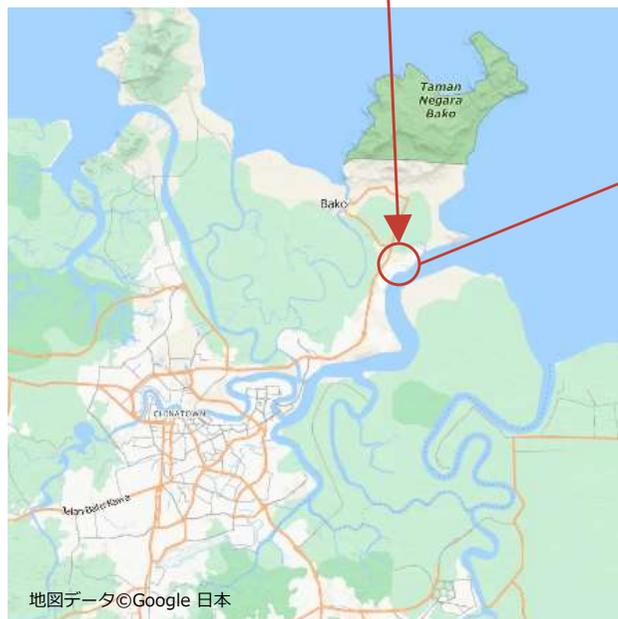
目標 (i)：長期間 (300日以上) および大規模 (1,500-2,000 m³以上) での生産実証における実測値より、微細藻類バイオマス生産コスト (TEA) および生産におけるCO₂収支 (CO₂フットプリント) を算出する。算出結果を分析し、微細藻類バイオマス生産におけるコストセンターの同定およびその改善策、CO₂収支改善に資する運用および設備仕様・設計の改善策を整理する。同試算・分析・改善案の整理を通じて、将来的に2000ha規模での生産を実施した際、微細藻類バイオマス生産コストJPY 300 kg⁻¹となる施策を策定する。



微細藻類大規模培養施設紹介
CHITOSE Carbon Capture Central (C4)

2020 - 2022年度実施内容

大規模微細藻類培養システム所在地



開発進捗：大規模微細藻類培養システムの構築



開発進捗：大規模微細藻類培養システムの構築



Applied Microbiology and Biotechnology (2023) 107:6439–6458
<https://doi.org/10.1007/s00253-023-12733-8>

MINI-REVIEW



Solar bioreactors used for the industrial production of microalgae

Jiří Masojidek^{1,2} · Richard Lhotský¹ · Karolína Štěrbová¹ · Graziella Chini Zittelli³ · Giuseppe Torzillo^{3,4}

Received: 6 June 2023 / Revised: 16 August 2023 / Accepted: 18 August 2023 / Published online: 19 September 2023
 © The Author(s), under exclusive licence to Springer-Verlag GmbH Germany, part of Springer Nature 2023

6446

Applied Microbiology and Biotechnology (2023) 107:6439–6458



Fig. 7 **A** The multi-plate PBR for *Synechocystis* production was installed at the Institute of Bioeconomy CNR, Sesto Fiorentino, Italy (a total volume of 1300 L). It consists of 20 flat panels of 50 L each, with dimensions 1.15 × 1.15 × 0.05 m (photo by the authors; ref. Torzillo et al. 2022). **B** Series of airlift flat panels used in the microalgae (*Chlamydomonas*) production plant (cultivation area of 5 ha) constructed close to a coal-fired power station of Sejingkat Power Corporation at Sarawak, Malaysia (image courtesy of Chitose Laboratory Corp., Kanagawa, Japan)

or even overcome by the use of SBRs made of disposable plastic bags placed in a metallic frame (for example the Green-Wall Panel; Rodolfi et al. 2009). Compared to tubular bioreactors (Fig. 6), cultivation of microalgae in vertical flat panels (Figs. 7 and 8) offers few advantages, e.g. optimal culture mixing, air bubbling facilitating the mixing of the culture and oxygen stripping. This culturing system has not any apparent limitation on the number of species that can be cultivated.

Despite the higher biomass yields achievable in the closed or semi-closed SBRs (as compared to open systems), their high construction and maintenance costs still make them less competitive for the mass production of microalgae compared to open systems. Their use can be foreseen for the production of microalgae strains containing high-value or bioactive compounds which require protection against contamination (Clippinger and Davis 2019).

Monitoring of culture status

The basic control includes microscopic inspection to follow structural changes and contamination (other microalgae strains, protozoa, bacteria or fungi) which usually reflects the worsen physiological state of the culture (Masojidek et al. 2021a, b; Torzillo et al. 2021). Monitoring changes in sensory properties (colour, smell) are also important symptoms of culture health. Microbial contamination frequently represents one of the most serious problems in large-scale cultivations. The successful cultivation of microalgae requires continuous monitoring of culture status to main-

開発進捗：大規模微細藻類培養システムの概要



©CHITOSE Group

C4における微細藻類大規模生産実証進捗紹介

2023 - 2024年度実施内容

研究開発の概要



実施項目①：実生産環境下における微細藻類生産の大規模実証

目標 (i)：2023年度中に大規模微細藻類生産設備内のZONE1-3まで培養を拡大する

目標 (ii)：2023年度中に少なくとも二つの培養ZONEを用いた一カ月間以上の半連続生産を実施し、方法に記載した各種測定項目の経時変化データを取得する

目標 (iii)：2024年度中に、ZONE1-3において稼働可能なPBRユニットの半数以上を用い、年間の80%以上の期間において半連続生産を実施

目標 (iv)：2024年度中の実証において、 $25 \text{ ton ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ 以上の微細藻類バイオマス生産性を達成する。

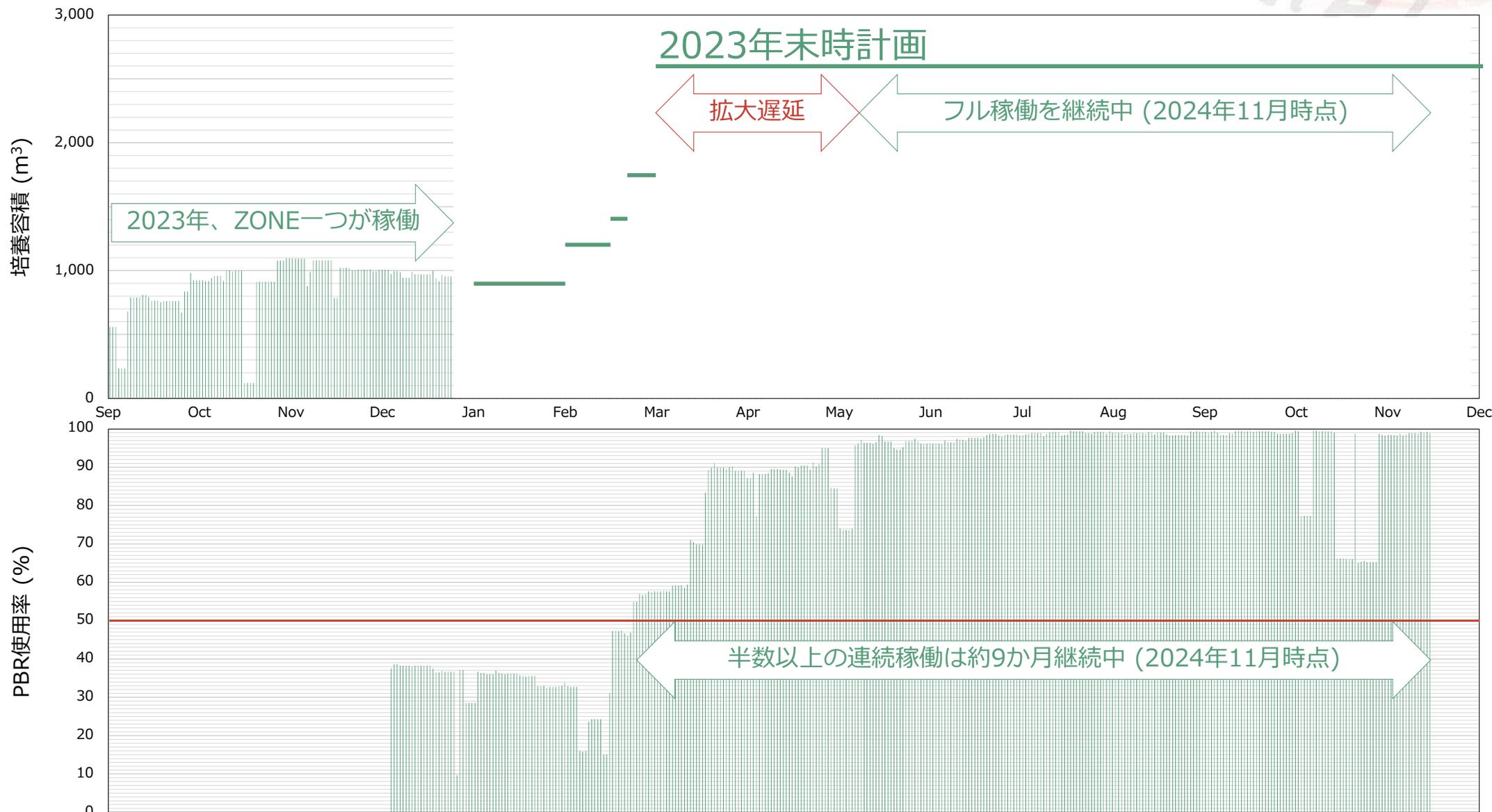
実施項目②：微細藻類の大規模生産実証を踏まえた、バイオジェット燃料原料生産に関する定量的な経済性分析 (TEA) およびCO₂排出削減効果分析 (CO₂フットプリント)

目標 (i)：長期間 (300日以上) および大規模 (1,500-2,000 m³以上) での生産実証における実測値より、微細藻類バイオマス生産コスト (TEA) および生産におけるCO₂収支 (CO₂フットプリント) を算出する。算出結果を分析し、微細藻類バイオマス生産におけるコストセンターの同定およびその改善策、CO₂収支改善に資する運用および設備仕様・設計の改善策を整理する。同試算・分析・改善案の整理を通じて、将来的に2000ha規模での生産を実施した際、微細藻類バイオマス生産コストJPY 300 kg⁻¹となる施策を策定する。

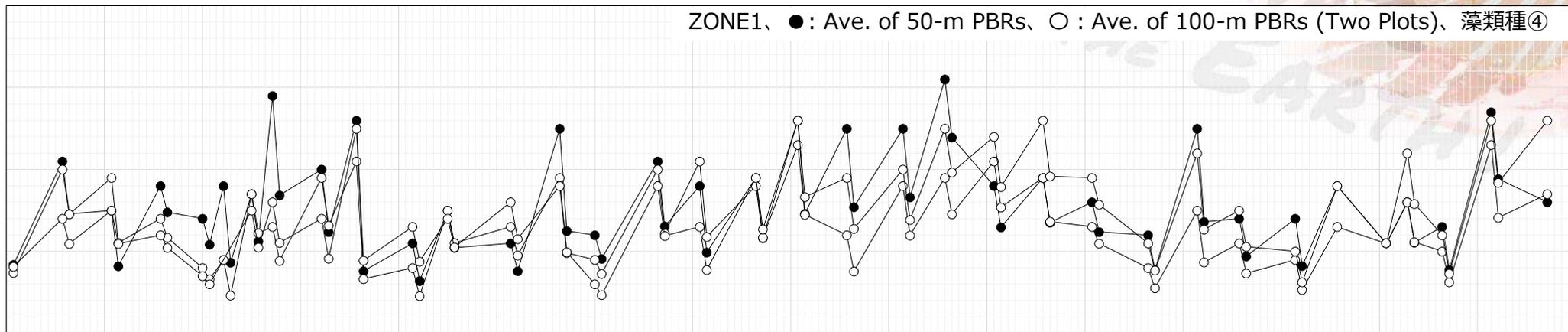
開発進捗：屋外大規模微細藻類培養実証



目標 (iii)：2024年度中に、ZONE1-3において稼働可能なPBRユニットの半数以上を用い、年間の80%以上の期間において半連続生産を実施



開発進捗：屋外大規模微細藻類培養実証

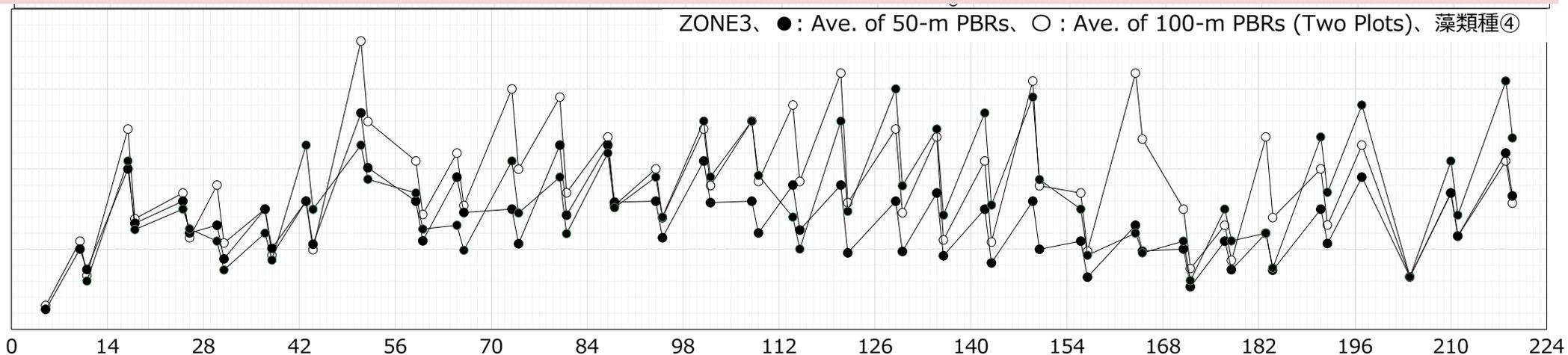


長期的な半連続培養を継続中。年間8割以上の稼働は達成見込み。

半連続培養中、基本的にろ過液は、収穫による減少分を追加後、全量を常時再利用。

CO₂の供給が不安定。排ガス供給が不十分な期間の生産性が非常に低い。

規模の大きいPBRにおいて、水平方向の攪拌改善が必要。



研究開発の概要



実施項目①：実生産環境下における微細藻類生産の大規模実証

→ 目標 (i)：2023年度中に大規模微細藻類生産設備内のZONE1-3まで培養を拡大する

→ 目標 (ii)：2023年度中に少なくとも二つの培養ZONEを用いた一カ月間以上の半連続生産を実施し、方法に記載した各種測定項目の経時変化データを取得する

→ 目標 (iii)：2024年度中に、ZONE1-3において稼働可能なPBRユニットの半数以上を用い、年間の80%以上の期間において半連続生産を実施

→ 目標 (iv)：2024年度中の実証において、25 ton ha⁻¹ year⁻¹以上の微細藻類バイオマス生産性を達成する。

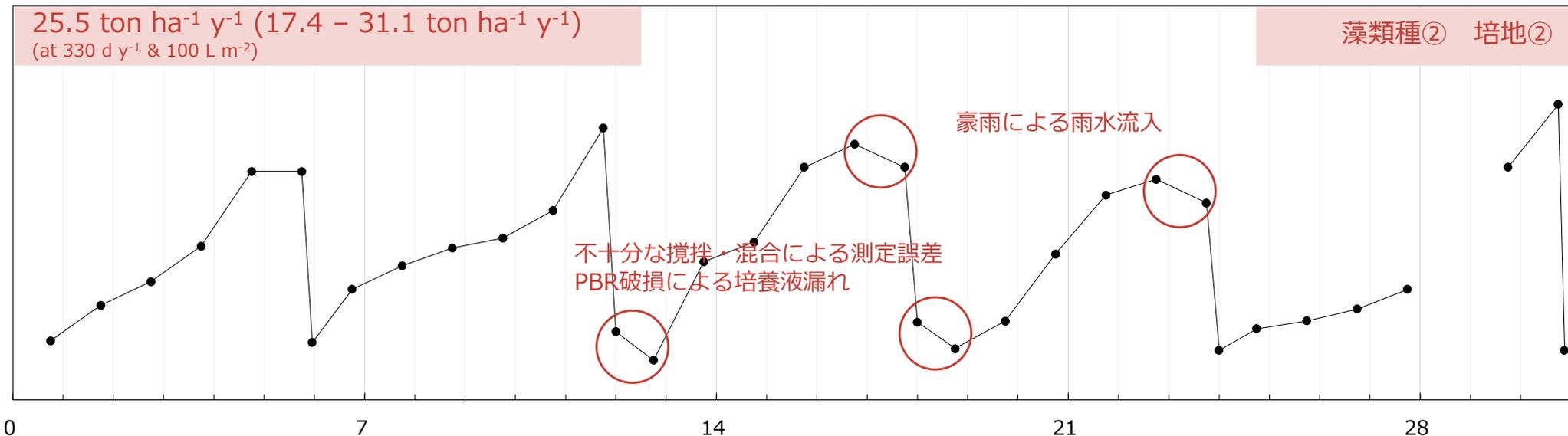
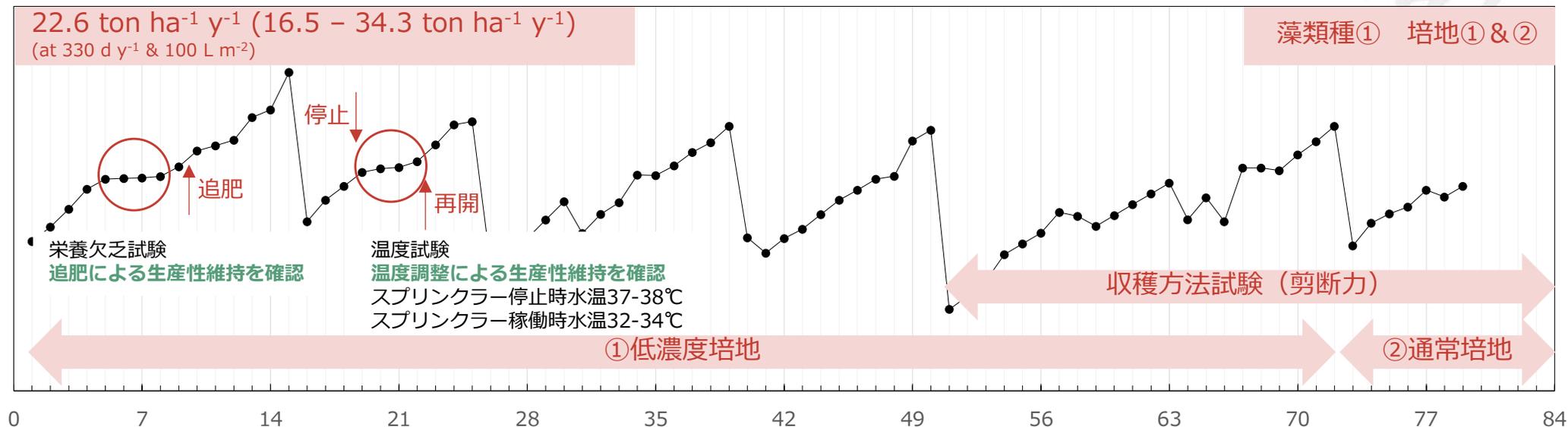
実施項目②：微細藻類の大規模生産実証を踏まえた、バイオジェット燃料原料生産に関する定量的な経済性分析（TEA）およびCO₂排出削減効果分析（CO₂フットプリント）

→ 目標 (i)：長期間（300日以上）および大規模（1,500-2,000 m³以上）での生産実証における実測値より、微細藻類バイオマス生産コスト（TEA）および生産におけるCO₂収支（CO₂フットプリント）を算出する。算出結果を分析し、微細藻類バイオマス生産におけるコストセンターの同定およびその改善策、CO₂収支改善に資する運用および設備仕様・設計の改善策を整理する。同試算・分析・改善案の整理を通じて、将来的に2000ha規模での生産を実施した際、微細藻類バイオマス生産コストJPY 300 kg⁻¹となる施策を策定する。

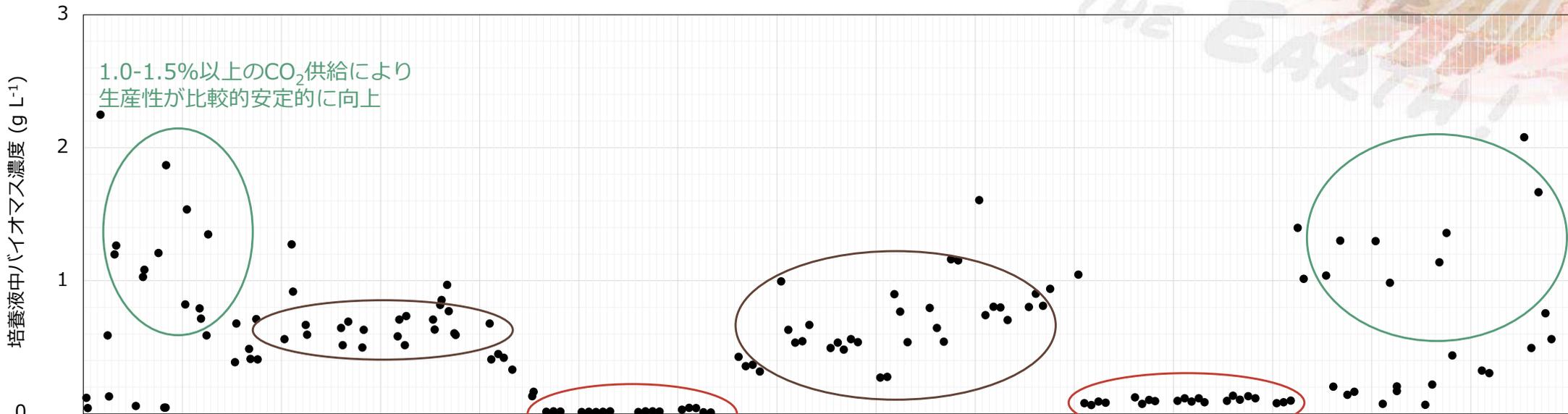
開発進捗：屋外環境下におけるPBRを用いた微細藻類培養

目標 (iv)：2024年度中の実証において、25 ton ha⁻¹ year⁻¹以上の微細藻類バイオマス生産性を達成する。

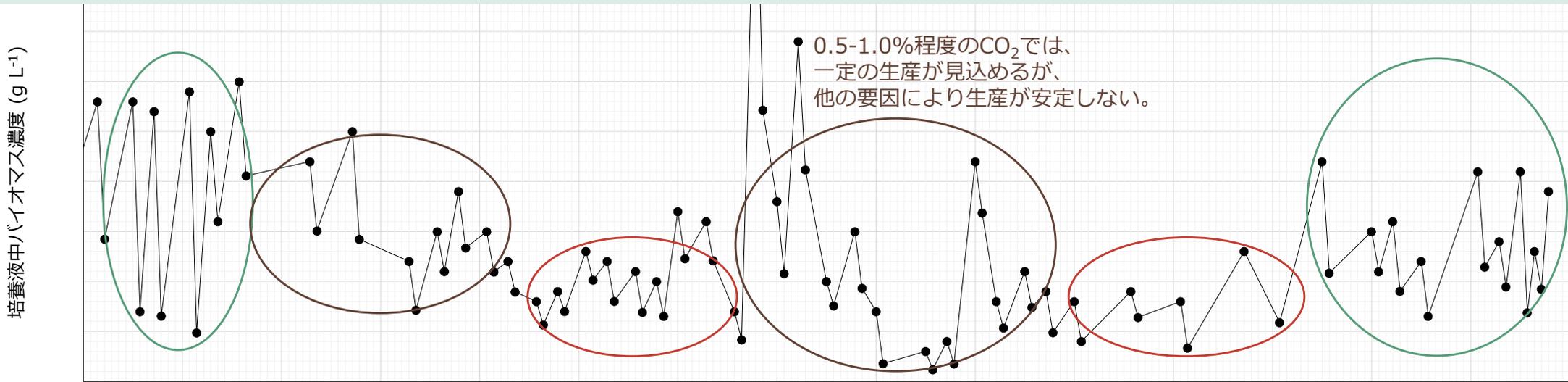
培養液中バイオマス濃度 (g L⁻¹)



開発進捗：屋外環境下におけるPBRを用いた微細藻類培養



CO₂（排気ガス）供給体制の安定化を継続的に実施中。



大気中CO₂のみだと、光障害が明確化。
生産が低く、短期的な収穫は望ましくない。

研究開発の概要



実施項目①：実生産環境下における微細藻類生産の大規模実証

目標 (i)：2023年度中に大規模微細藻類生産設備内のZONE1-3まで培養を拡大する

目標 (ii)：2023年度中に少なくとも二つの培養ZONEを用いた一カ月間以上の半連続生産を実施し、方法に記載した各種測定項目の経時変化データを取得する

目標 (iii)：2024年度中に、ZONE1-3において稼働可能なPBRユニットの半数以上を用い、年間の80%以上の期間において半連続生産を実施

目標 (iv)：2024年度中の実証において、25 ton ha⁻¹ year⁻¹以上の微細藻類バイオマス生産性を達成する。

実施項目②：微細藻類の大規模生産実証を踏まえた、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（TEA）およびCO₂排出削減効果分析（CO₂フットプリント）

目標 (i)：長期間（300日以上）および大規模（1,500-2,000 m³以上）での生産実証における実測値より、微細藻類バイオマス生産コスト（TEA）および生産におけるCO₂収支（CO₂フットプリント）を算出する。算出結果を分析し、微細藻類バイオマス生産におけるコストセンターの同定およびその改善策、CO₂収支改善に資する運用および設備仕様・設計の改善策を整理する。同試算・分析・改善案の整理を通じて、将来的に2000ha規模での生産を実施した際、微細藻類バイオマス生産コストJPY 300 kg⁻¹となる施策を策定する。

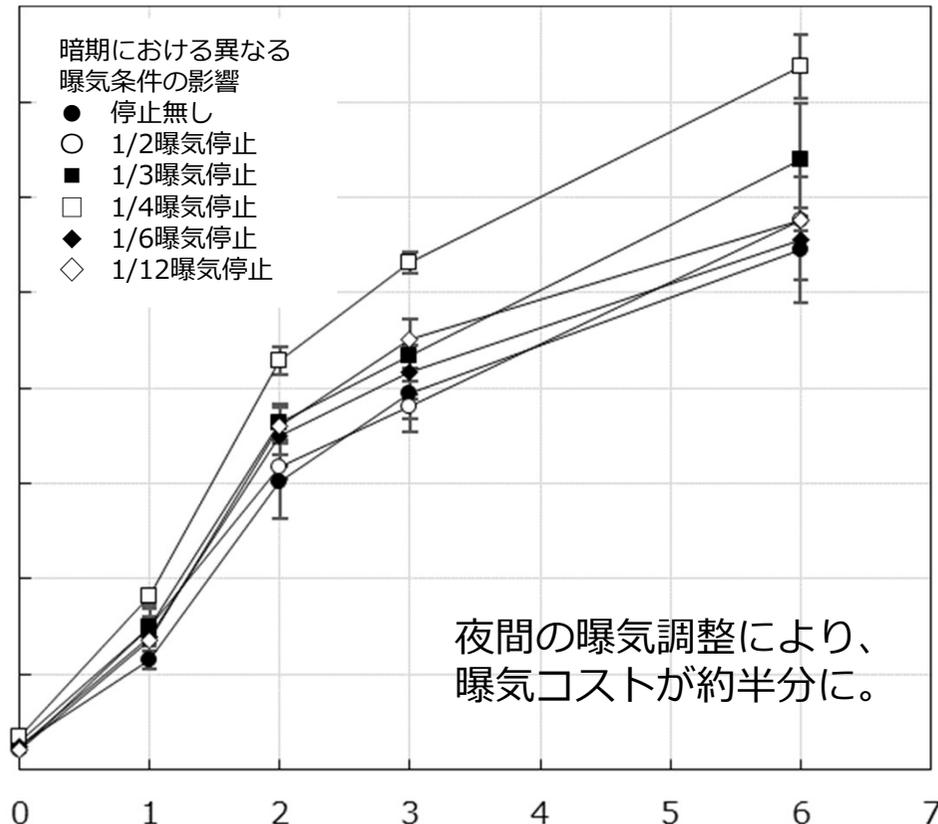
開発進捗 : LCA



目標 (i) :
 長期間 (300日以上) および大規模 (1,500-2,000 m³以上) での生産実証における実測値より、微細藻類バイオマス生産コスト (TEA) および生産におけるCO₂収支 (CO₂フットプリント) を算出する。算出結果を分析し、微細藻類バイオマス生産におけるコストセンターの同定およびその改善策、CO₂収支改善に資する運用および設備仕様・設計の改善策を整理する。同試算・分析・改善案の整理を通じて、将来的に2000ha規模での生産を実施した際、微細藻類バイオマス生産コストJPY 300 kg⁻¹となる施策を策定する。

LCA・CO₂フットプリント

曝気電力 >> 肥料 > PBR培養槽



生産コスト

建設・維持費 ≥ 電力費用 ≥ 人件費

