

分野: バイオマス

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わる研究開発

(株) ちとせ研究所

再委託先: **Sarawak Biodiversity Centre**
および **Sarawak Energy Berhad**



問い合わせ先
株式会社ちとせ研究所
E-mail: info-cl@chitose-bio.com
TEL: 044-813-3380



事業概要

1. 期間

開始 : 2020年8月

終了（予定） : 2023年3月

2. 最終目標

バイオジェット燃料の原料であり、カーボンリサイクル技術の一つである微細藻類について、主たる生産物として純バイオジェット燃料の製造、および、二酸化炭素吸収を主眼に微細藻種の選定、育種や多様な培養方法について実用化を行う際の1ユニット単位となる規模での比較検証を含む実証を行い、安定大量培養技術を確立することを目標とする。

3. 成果・進捗概要

- ・建設予定地の土壌調査・測量等選定に必要な調査を完了し、建設予定地を選定した。
- ・藻類培養プラント建設仕様書の作成が完了した。
- ・建設工事が開始され、大きな遅延なく工事が進められている。
- ・フォトバイオリクターの製作コスト削減のため、試作および初期稼働試験を完了した。
- ・文献調査等を踏まえ、モデル藻類種の選定および初期屋内培養試験を実施した。
- ・同藻類種を用いた商業用培地の試験を実施し、候補となる培地組成が見つかりつつある。

1. 熱帯気候の屋外環境下においてPBR技術および火力発電所排気ガスを利用した大規模藻類培養システムの構築（FY2020-FY2022）
2. 発電所排気ガスへの曝露による藻類培地および培養藻類への影響評価（FY2020-FY2022）
3. 大規模屋外藻類培養システムの運用技術の開発（FY2020-FY2022）
4. 大規模屋外藻類培養の実証（FY2021～）



プロジェクト体制



NEDO

委託

株式会社ちとせ研究所

研究実施場所

- 野川ラボ (神奈川県川崎市)
- KSPラボ (神奈川県川崎市)
- サラワク生物多様性センター (マレーシア、サラワク州、クチン市)
- サラワクエナジーバーハード (マレーシア、サラワク州、クチン市)



再委託

サラワク生物多様性センター

研究実施場所

- サラワク生物多様性センター (マレーシア、サラワク州、クチン市)
- サラワクエナジーバーハード (マレーシア、サラワク州、クチン市)



サラワクエナジーバーハード

研究実施場所

- サラワク生物多様性センター (マレーシア、サラワク州、クチン市)
- サラワクエナジーバーハード (マレーシア、サラワク州、クチン市)



研究開発項目 1 目標

1. 熱帯気候の屋外環境下におけるPBR技術および火力発電所排気ガスを利用した大規模微細藻類培養システムの構築

1.1. 熱帯地域での大規模屋外微細藻類培養システムの構築

1.2. 石炭火力発電所排気ガスの微細藻類培養設備への導入システムおよび排気ガスモニタリングシステムの検討・構築



【目標】

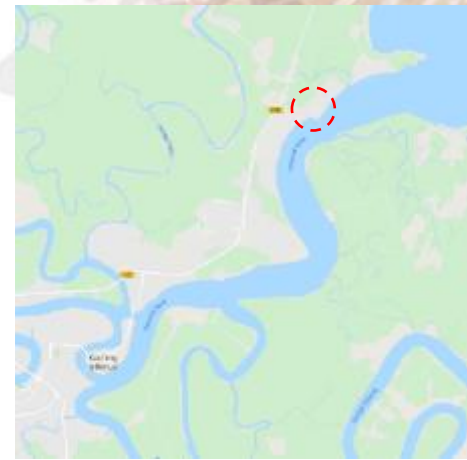
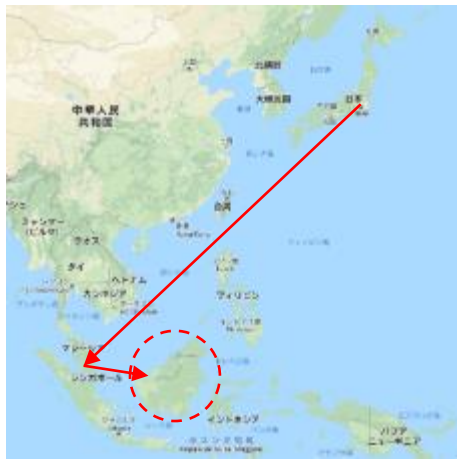
1.1. 下記の要件を満たす微細藻類培養設備の構築

- ① 熱帯屋外環境下において年間を通じて半連続的に運用が可能
- ② 高濃度CO₂を含む排気ガスを利用可能、
- ③ 安定稼働時に乾燥重量50-60トン/ha/年のバイオマス生産を見込む
- ④ 安定稼働時に乾燥重量250-300トン/年のバイオマス生産を見込む

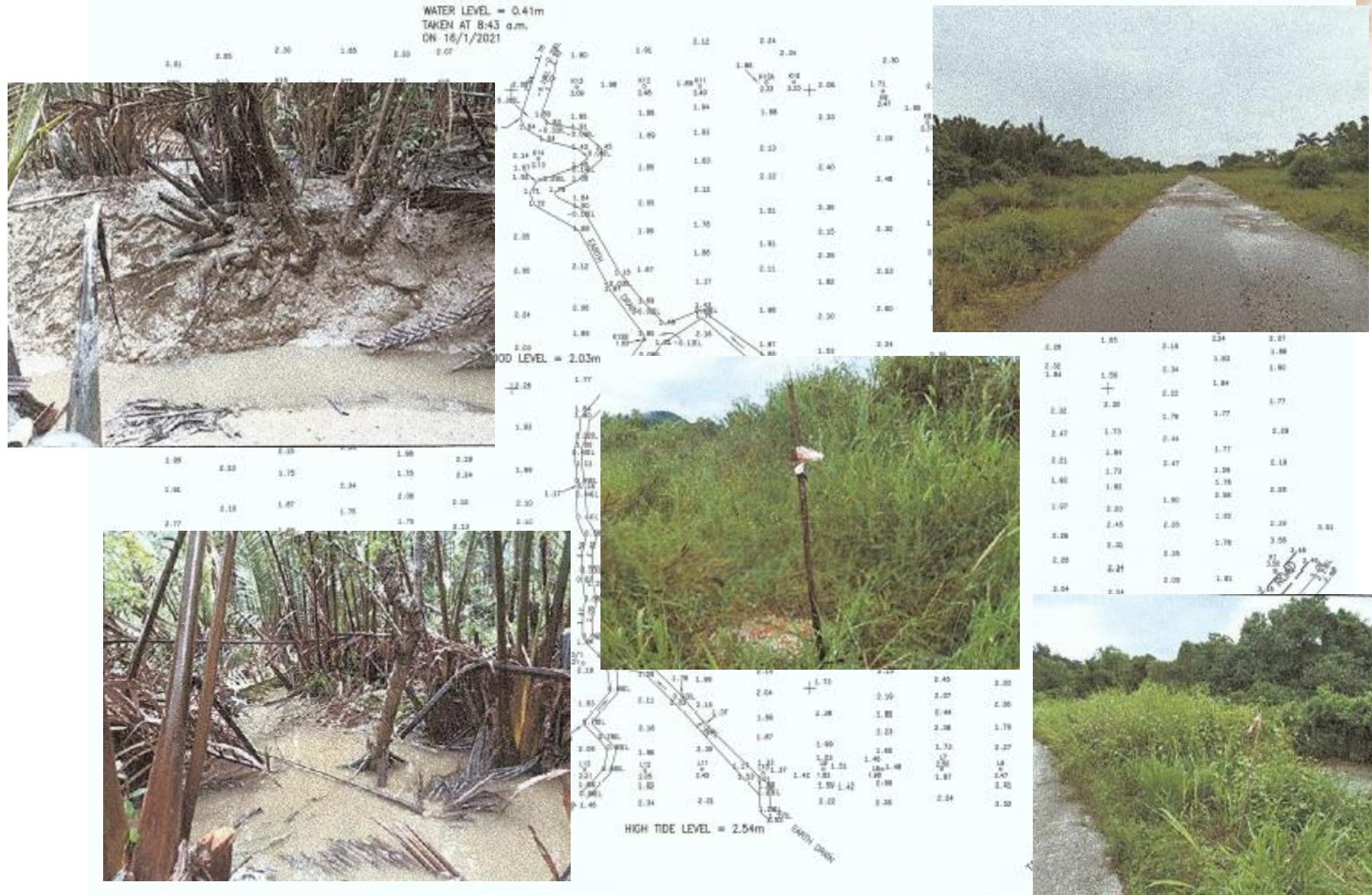
1.2. 下記の要件を満たす発電所排気ガスの供給システムの構築

- ① 微細藻類培養・研究に携わる人員の安全性を確保
- ② 食用・工業規格CO₂の購入・使用と比較して経済性の改善を見込む
- ③ 5 ha培養面積設備に必要とされるCO₂を供給可能

研究開発項目 1.1 建設予定地



研究開発項目 1.1 建設予定地 測量



研究開発項目 1.1 建設予定地 土壌調査



BOREHOLE DRILLING

Prepared By
AZZA MUHAMMAD SON, BND, CHIEF IN
LOT 5106, PENANG INDUSTRIAL ESTATE,
30460 KUCHING, SARAWAK

Appendix
Various methods and methods are involved in installing the boreholes in order to obtain accurate

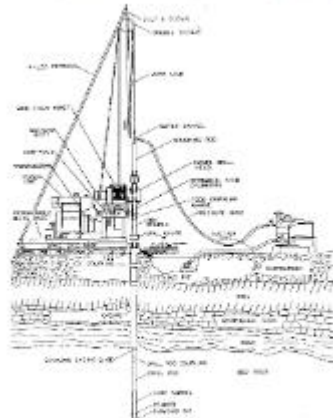


Fig. 1: Schematic of a Borehole Drilling Equipment

4) Preparation and Planning

Borehole Drilling is done at locations as specified by the client's requirement and also
Site progress will be reported as a daily basis to the client's representative.

Project : Soil Investigation for Proposed Construction and Completion of Microalgae Production
Plant at Sejingkat, Kuching

SELECTED SITE PHOTOGRAPHS



Mackintosh Probe 1



Mackintosh Probe 2



Mackintosh Probe 3



Mackintosh Probe 4



Mackintosh Probe 5



Mackintosh Probe 6

研究開発項目 1.1 建設仕様書の作成



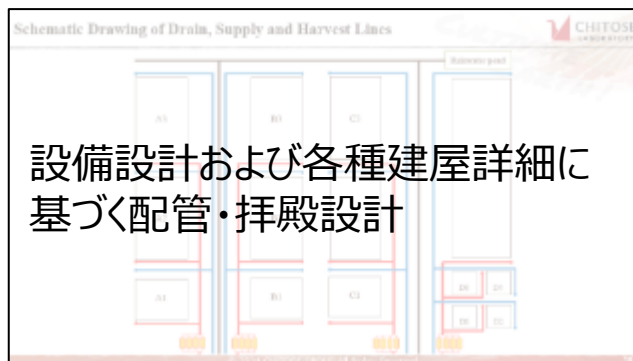
目的産物の生産に関わる
運用手順の作成



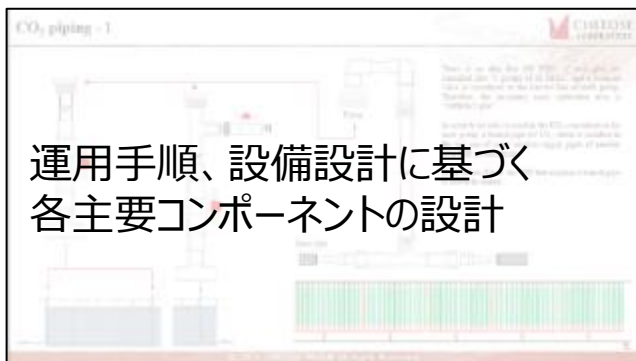
ラボ、機械室、等内の詳細設定



想定される運用に基づく、
設備レイアウト・設計



設備設計および各種建屋詳細に
基づく配管・拝殿設計



運用手順、設備設計に基づく
各主要コンポーネントの設計



各主要コンポーネントで利用される
機器類の選定等

設計事務所

SEB

ちとせ

仕様書の確定

研究開発項目 1.1 建設作業進捗



2021年3月31日着工



着工後、2021年8月時点で、整地、土地造成、等の初期土木作業が完了。

2021年8月現在、PBRを用いた培養設備の建設、設置が続いている。





研究開発項目1.1 まとめ

建設関連：建設会社の決定

➢ 2020/11-12に公募要項、設備仕様書の作成（RFP作成）

建設準備の完了
 測量、境界線決定、土壌調査、建設許認可、等

➢ 2021/02、初期設計に基づくWork Programmeの受領

2021/03、契約の締結。初期設計の完了。

RFP 発効後、以下2社より公募書類を受領した。

➢ Autopower Sdn. Bhd

初期設計の完了
 藻類培養設備および付帯設備等の初期設計図作成



立地の確定

土地造成計画等

PBR設備設計



建設監督の選任等

設計修正・運用計画

建設計画の作成



2021年8月時点、建設計画に沿って、土地の造成が完了しており、現在PBR設備の構築・設置が進められている。

研究開発項目2および3 目標

2：発電所排気ガスへの曝露による微細藻類培養用培地および培養微細藻類への影響評価

3：大規模屋外藻類培養システムの運用技術の開発

3.1. 藻類種・株の選定および選定種の培養に要する商業用培地の開発

**3.2. 純バイオジェット燃料原料として利用可能な藻類種・株および商業用培地を利用した
屋内外培養方法の構築**

【目標】

2. 不特定の不純物を一定量含有する肥料を用いた培地への排気ガス通気による、培養環境への影響を検証する

3.1 下記の要件を可能な限り満たす微細藻類種を選定する

- ①最適環境下での倍化時間が10時間以下
- ②栄養十分条件下で脂質含有率が10%（重量比）程度以上
- ③脂質抽出が比較的容易
- ④商業利用が可能（ライセンスフリー）
- ⑤屋外での培養に大きな規制がない非遺伝子組み換え体

また、選定された微細藻類の培養が可能である商業用培地を開発する

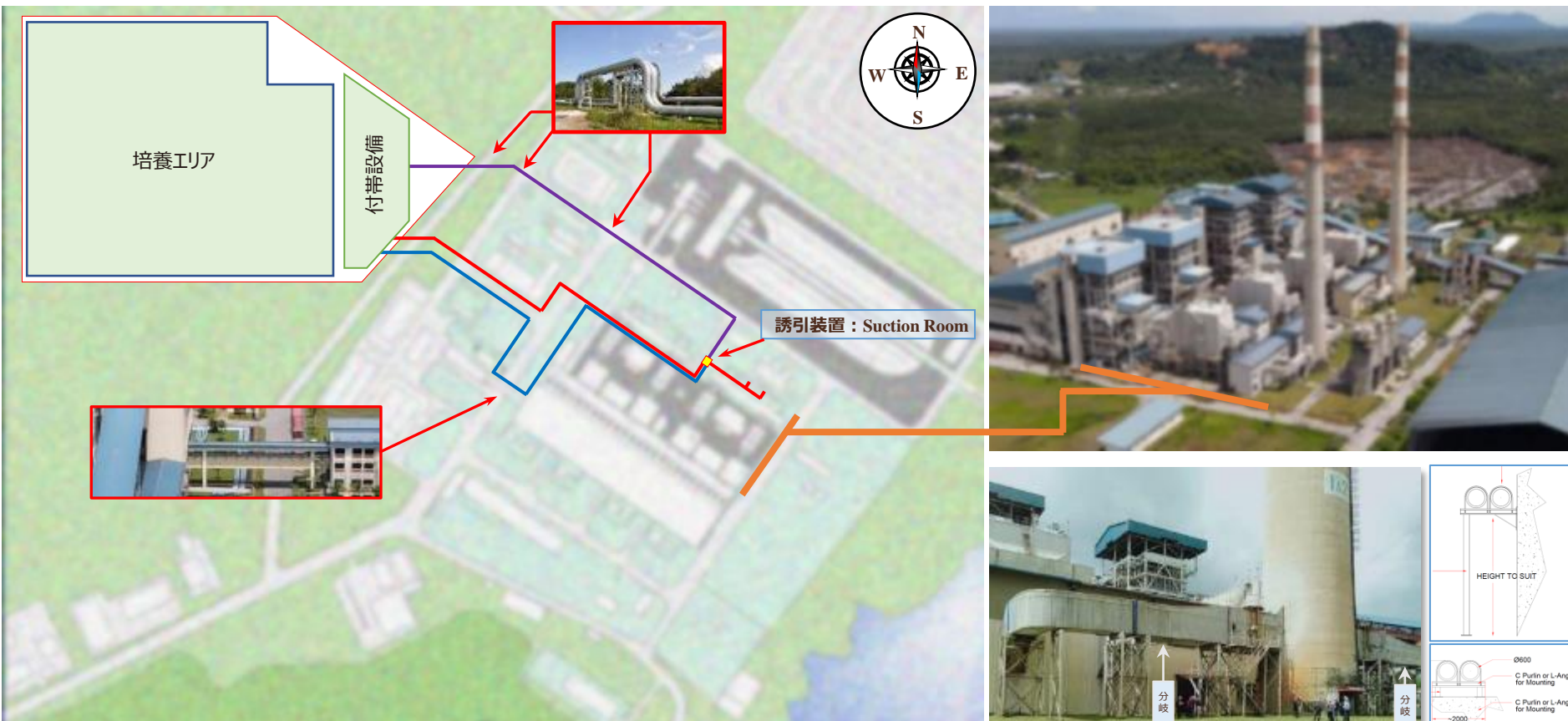
3.2 上記3.1にて選定した微細藻類株および商業用培地を用いて、熱帯環境下におけるバイオマス生産性を検証する



研究開発項目 2. 発電所煙道排ガスの分岐法（暫定版）



煙道排ガスラインの設置ルートについて議論を重ねている他、ガスに含まれる微量元素や微細粉塵の除去法、そしてガス温度の冷却法なども併せて検討されている。



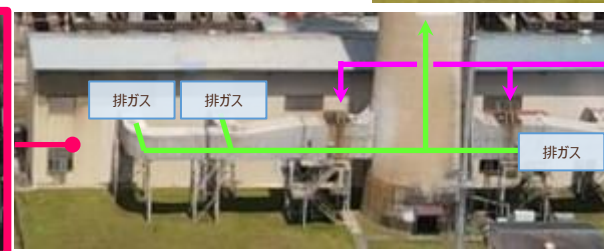
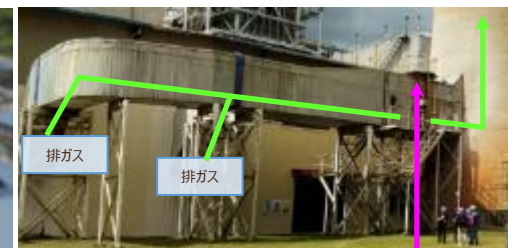
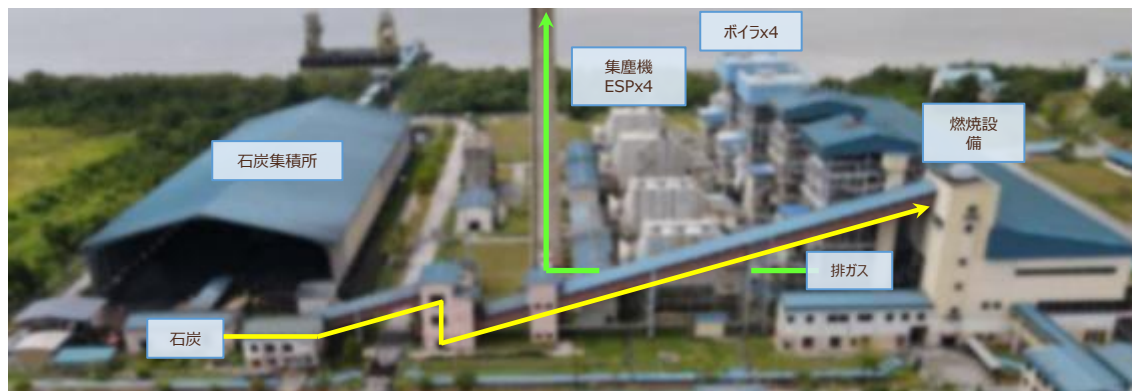
研究開発項目 2. 発電所排ガスの分析



煙道排ガスのサンプリングおよび排ガスの成分分析等を実施



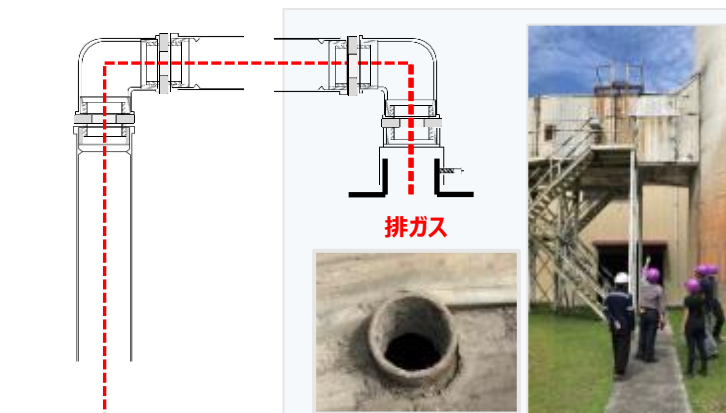
煙道排気ガスの成分分析調査結果



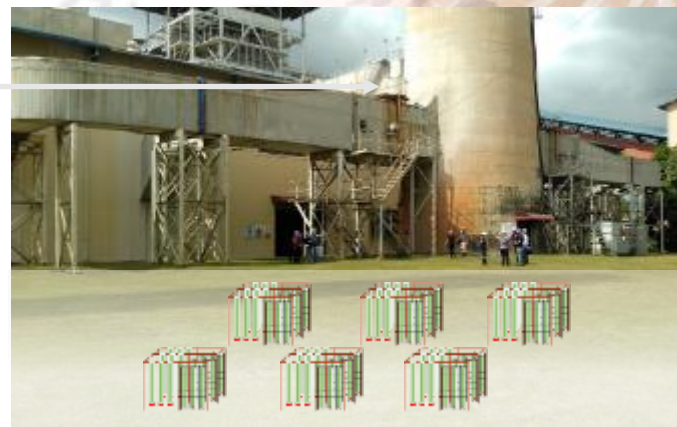
研究開発項目 2. 発電所排ガスの分析



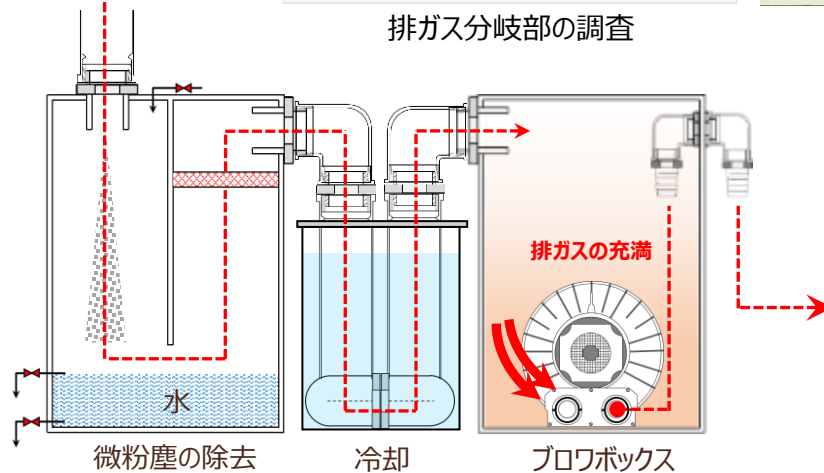
試験プラン検討の様子



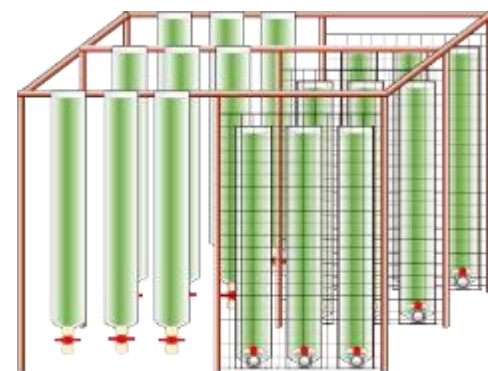
排ガス分岐部の調査



試験実施イメージ



排ガスの後処理検討（一例）



Task 2 の試験開始に向けて、ちとせからの原案を基に SEB, SBC および エンジニアを含めた議論が重ねられている。具体的な培養用フレームのデザインや配管径の最適化など、コスト削減も含めて協議が進められている。



研究開発項目3.1 微細藻類種の選定

Table 2
Different values of various growth parameters important and required for Algae.

Strain	Habitat	Nutrients	Biomass		Lipid		Ref.
			Biomass production (g/L/day)	yield (g/L)	Lipid production (g/L/day)	Total lipid extracted (wt% of biomass)	
<i>P. carterae</i>	Marine water	Modified f/2 medium	0.22	n.a	0.072	n.a	[129]
<i>D. salina</i>	Marine water	f/2 medium	n.a	n.a	0.116	n.a	[129]
<i>Porphyridium cruentum</i>	Marine water	n.a	0.37	n.a	0.034	9.5	[130]
<i>Tetraselmis suecica</i> (F&M-M33)	Marine water	n.a	0.32	n.a	0.027	8.5	[130]
<i>Tetraselmis</i> sp. (F&M-M34)	Marine water	n.a	0.3	n.a	0.043	14.7	[130]
<i>Tetraselmis</i> , <i>Saetia</i> (F&M-M35)	Marine water	n.a	0.28	n.a	0.036	12.9	[130]
<i>Phaeodactylum tricornutum</i> (F&M-M40)	Marine water	n.a	0.24	n.a	0.044	18.7	[130]
<i>Nannochloropsis</i> sp. (F&M-M26)	Marine water	n.a	0.21	n.a	0.061	29.6	[130]
<i>Nannochloropsis</i> sp. (F&M-M27)	Marine water	n.a	0.2	n.a	0.048	24.4	[130]
<i>Nannochloropsis</i> sp. (F&M-M24)	Marine water	n.a	0.18	n.a	0.548	30.9	[130]
<i>Nannochloropsis</i> sp. (F&M-M29)	Marine water	n.a	0.17	n.a	0.037	21.6	[130]
<i>Ellipsoidon</i> sp. (F&M-M31)	Marine water	n.a	0.17	n.a	0.047	27.4	[130]
<i>Nannochloropsis</i> sp. (F&M-M28)	Marine water	n.a	0.17	n.a	0.06	35.7	[130]
<i>Nannochloropsis</i> (CS 246)	Marine water	n.a	0.17	n.a	0.049	29.2	[130]
<i>Isochrysis</i> sp. (CS 177)	Marine water	n.a	0.17	n.a	0.037	22.4	[130]
<i>Porfira salina</i> (CS 49)	Marine water	n.a	0.16	n.a	0.049	30.9	[130]
<i>Porfira lutheri</i> (CS 182)	Marine water	n.a	0.14	n.a	0.052	35.5	[130]
<i>Isochrysis</i> sp. (F&M-M37)	Marine water	n.a	0.14	n.a	0.037	27.4	[130]
<i>Skeletonema</i> sp. (CS 252)	Marine water	n.a	0.09	n.a	0.027	31.8	[130]
<i>Thalassiosira pseudonana</i> (CS 173)	Marine water	n.a	0.08	n.a	0.017	20.6	[130]
<i>Skeletonema costatum</i> (CS 181)	Marine water	n.a	0.08	n.a	0.017	21.1	[130]
<i>Chaetoceros muelleri</i> (F&M-M43)	Marine water	-	0.07	n.a	0.021	33.6	[130]
<i>Chaetoceros calcitrans</i> (CS 178)	Marine water	n.a	0.04	n.a	0.017	39.8	[130]
<i>Chlorococcum</i> sp. (UMACC 112)	Fresh water	n.a	0.28	n.a	0.053	19.3	[130]
<i>Scenedesmus</i> sp.	Fresh water	n.a	0.26	n.a	0.053	21.1	[130]
<i>Chlorella sorokiniana</i> (IAM-212)	Fresh water	n.a	0.23	n.a	0.044	19.3	[130]
<i>Chlorella</i> sp. (F&M-M48)	Fresh water	n.a	0.23	n.a	0.042	18.7	[130]
<i>Scenedesmus</i> sp. (F&M-M19)	Fresh water	n.a	0.21	n.a	0.04	19.6	[130]
<i>Chlorella vulgaris</i> (F&M-M49)	Fresh water	n.a	0.20	n.a	0.369	18.4	[130]
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	Fresh water	n.a	0.19	n.a	0.351	18.4	[130]
<i>Monodus subterraneus</i> (UTEX 151)	Fresh water	n.a	0.19	n.a	0.03	16.1	[130]
<i>Chlorella vulgaris</i> (CCAP 211/11b)	Fresh water	n.a	0.17	n.a	0.032	19.2	[130]
<i>Porphyridium cruentum</i>	Marine water	n.a	1.5	1.90	n.a	n.a	[131]
<i>Chlorella vulgaris</i>	Fresh water	BBM	0.020	3.2	0.002	27	[132]
<i>Aphanizomenon</i>	Fresh water	BGN	0.031	5.0	0.005	8	[132]
<i>Dunaliella</i>	Marine water	ESAW	0.015	2.4	0.002	17.1	[132]
<i>Phaeodactylum</i>	Marine water	Ukeles	0.0003	0.150	0.000	6.1	[132]
<i>Phormidium</i>		BGN	0.017	2.8	0.002	11.7	[132]
<i>Scenedesmus</i>	Fresh water	BBM	0.027	4.3	0.003	14.1	[132]
<i>Nannochloris oleabundans</i>	Fresh water	Bristol medium	0.15	0.09	0.038	56	[133]
<i>Chlorella</i> sp.	Marine water	Walne's nutrient medium	n.a	1.42	0.139	26	[134]
<i>Chlorella vulgaris</i>	Fresh water	Basal medium	0.254	1.69	0.054	38	[135,136]
<i>B. lemnae</i>	Fresh water	modified chul3 medium	0.026	n.a	0.005	25.7	[137]
<i>C. vulgaris</i>	Fresh water	BG11 medium	0.104	n.a	0.006	11.9	[137]
<i>Scenedesmus</i> sp.	Fresh water	BG11 medium	0.217	n.a	0.020	11.9	[137]
<i>Scenedesmus obliquus</i>	Fresh water	N-deficient culture medium	0.09	2.0	n.a	35	[133]
<i>Chlorella vulgaris</i>	Fresh water	N-deficient culture medium	0.18	3.0	n.a	40	[133]
<i>Nannochloris oleabundans</i>	Fresh water	N-deficient culture medium	0.09	2.1	n.a	35	[133]
<i>Spirulina maxima</i>	Fresh water	N-deficient culture medium	0.21	3.1	n.a	9	[133]
<i>N. oculata</i> (NCTU-3)	Marine water	modified f/2 medium	0.48	n.a	0.142	29.7	[138]
<i>N. oleabundans</i>	Fresh water	Bristol medium	0.19	1.96	0.004	16.5	[5]
<i>S. obliquus</i>	Fresh water	Bristol medium	0.26	1.87	0.03	12.5	[6]
<i>Chaetoceros muelleri</i> (F&M-M43)	Marine water	n.a	0.07	n.a	0.021	33.6	[139]
<i>Chaetoceros calcitrans</i> (CS 178)	Marine water	n.a	0.04	n.a	0.017	39.8	[139]
<i>P. tricornutum</i> (F&M-M 40)	Marine water	n.a	0.24	n.a	0.044	18.7	[139]

バイオマス生産性が高い
⇒ 脂質およびバイオジェット燃料の生産性向上

広く、研究や商業化で利用されている
⇒ 研究成果との比較・検証、データの有効活用

燃料用途以外の応用・研究例が多く存在する
⇒ 残渣利用によるバイオジェット燃料生産の経済化

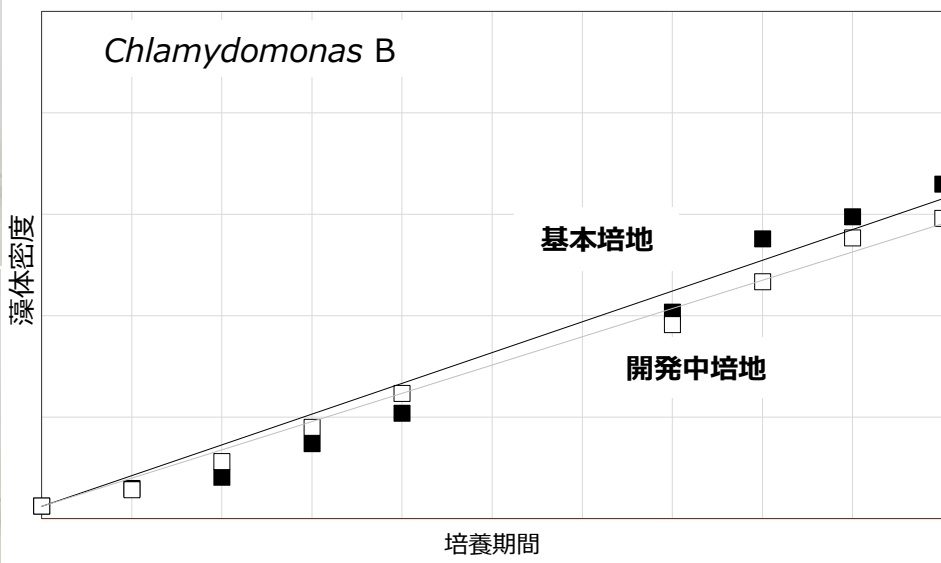
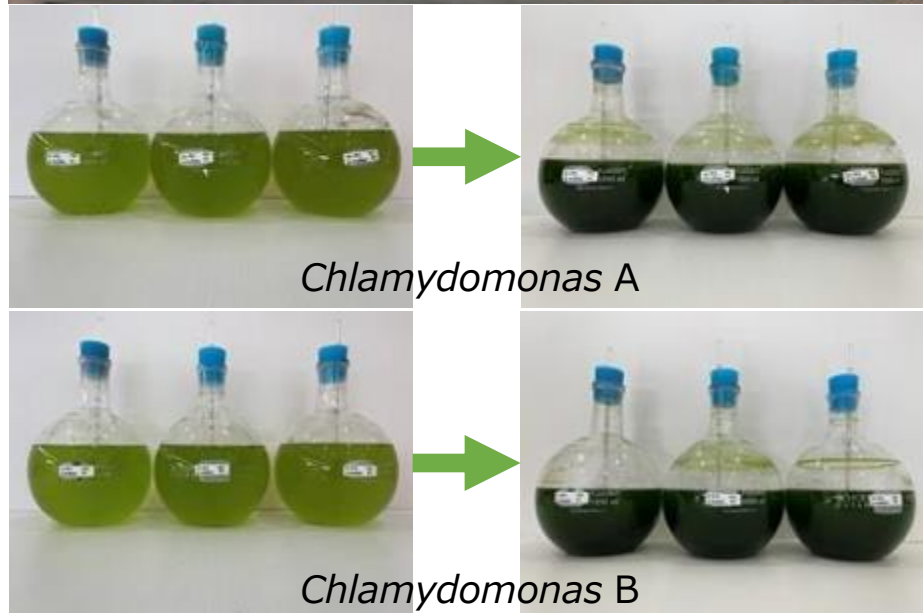
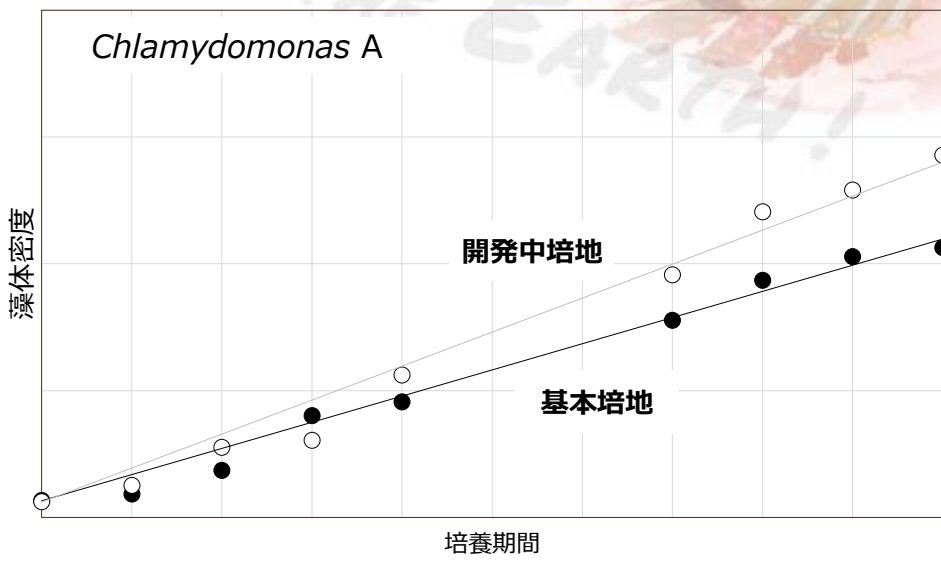
多様な変異株が利用可能
⇒ 今後の育種や変異株の利用

世界中の多くの地域に普遍的に分布
⇒ 各地での応用可能性、周辺環境への影響

Chlamydomonas reinhardtii
を主に、上記の観点から様々な藻類種を評価。

Enamala et al., 2018

研究開発項目3.1 商業用培地の開発





まとめ

- ・研究開発項目 1 : 各種検査など実施し、建設候補地を選定した。検査結果等を用いて、建設仕様書を作成、着工することができた。
- ・研究開発項目 2 : 排ガスデータおよび水質データを取得、試験実施中
- ・研究開発項目 3 : 候補となる微細藻類種を選定した。
- ・研究開発項目 3 : 選定した微細藻類種を用いて商業用培地の開発に着手。考案した培地組成を用いて比較試験を実施中。
- ・計画全体を通じて、大きな遅延は発生しておらず粛々と計画を遂行できている。