

課題番号： 3CN-2205

研究課題名：微細藻類からの油脂抽出におけるポリマー系凝集剤の影響の解明

研究代表者名：神田英輝（国立大学法人東海国立大学機構 名古屋大学）

体系的番号：JPMEERF20223C05

重点課題⑩：地域循環共生圏形成に資する廃棄物処理システムの構築に関する研究・技術開発

研究実施期間：2022年度～2024年度

【研究体制】

サブテーマ1

神田英輝、王涛、朱力
(名古屋大学)

サブテーマ2

大下和徹、本間亮介
(京都大学)

1. 研究背景、研究開発目的及び研究目標

【研究背景】

日本の石油消費の20%は化成品原料である。これを再生可能な光合成能力が高い微細藻類で代替することが重要である。ここで、微細藻類は水生植物であり、遠心分離で回収された状態は水分90%の泥状であり、抽出の前に乾燥が必要である。しかし、乾燥には微細藻類の保有熱量を超えるエネルギーが必要なので、エネルギー収支がマイナスとなる。過去の研究で、液化ジメチルエーテル（DME：欧米で食品加工に許可されている）を用いれば、乾燥を経ることなく微細藻類から油脂や有用成分を抽出でき、先述の問題を解決できると判明している。しかし、装置に充填される微細藻類の90vol%が水なので装置が大型化するとともに、遠心分離での多量のエネルギー消費の問題が解決していない。

微細藻類の含水率を低減するとともに、遠心分離を回避するには、ポリマー系凝集剤を添加すればよいと考えられるが、液化DMEによって抽出された脂質の性状にポリマー系凝集剤が与える影響は不明である。加えて、過去の研究では、バイオ燃料の原料である中性脂質以外の機能性物質も、抽出できるか知見が乏しい。

【研究開発目的】

1. 微細藻類からの油脂や機能性物質の抽出挙動の解明
2. 微細藻類の含水率の低減
3. ポリマー凝集剤の影響評価
4. 微細藻類の抽出残渣の活用



大量培養&回収



水分90%以上



乾燥



エネルギー消費
抽出装置が大型化

現在90%水分、遠心分離にエネルギー消費

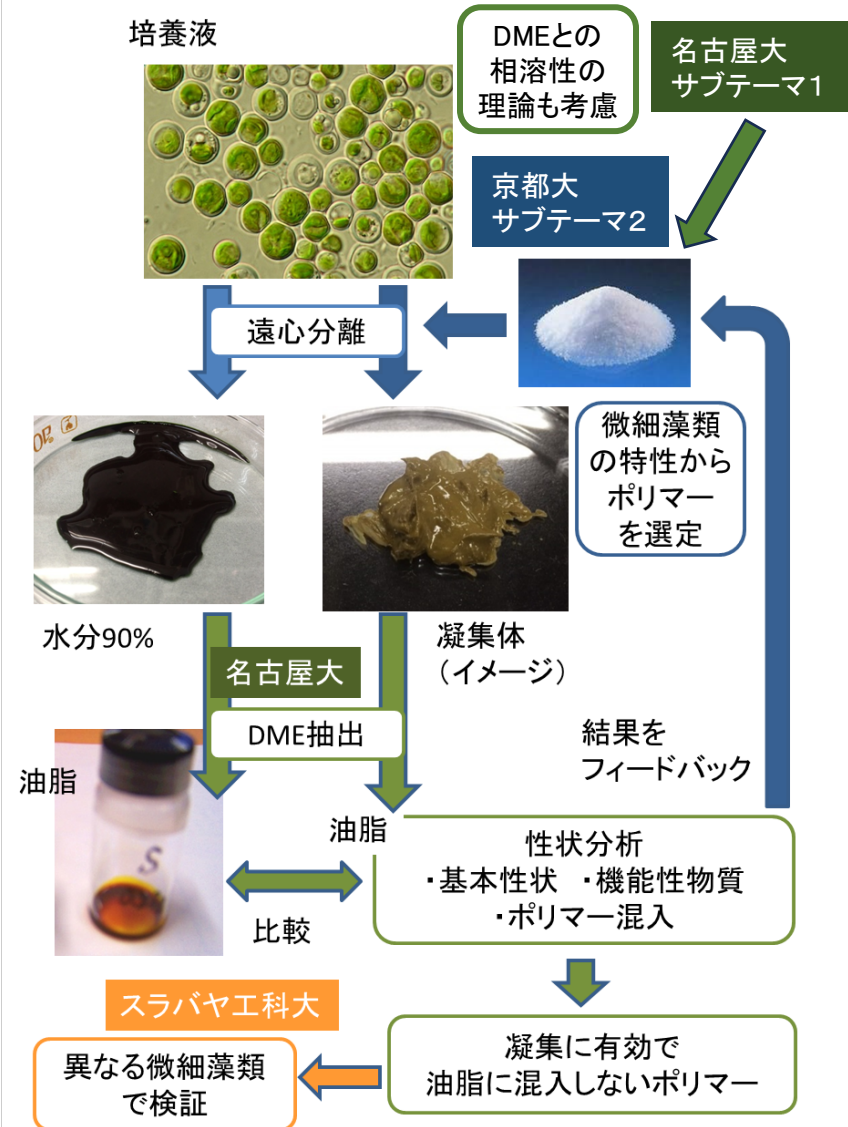
- ✓ 回収は凝集剤で改善すべき
- ✓ 残渣は食品・農業肥料・飼料などで活用すべき

1. 研究背景、研究開発目的及び研究目標

□ 目標：微細藻類の加熱による乾燥前処理を使用しない脂質抽出を念頭に、ポリマー凝集剤による微細藻類の凝集効果（水分量低減）を解明するとともに、脂質抽出への影響を把握し、微細藻類の利用における、回収エネルギーの低減、抽出装置のコスト抑制、残渣の肥料や食料への転換に向けた技術開発を進める。

- ✓ 緑藻・珪藻・円石藻各1種類に適したポリマー凝集剤の種類と添加量の決定
- ✓ 液化DMEによる脂質抽出へのポリマー凝集剤の影響の把握（油脂へのポリマー系凝集剤の混入を検出下限未満）
- ✓ 抽出物中の機能性物質を定性・定量
- ✓ 微細藻類の水分量80%以下、微細藻類の回収率を98%以上

□ 研究内容



2. 研究目標の進捗状況（サブテーマ1）

（1）進捗状況に対する自己評価

サブテーマ1：微細藻類凝集体へのDME抽出技術の適用

【サブテーマ2の研究目標】

- 緑藻・珪藻・円石藻から各1種類に含まれるポリマー凝集剤への抽出溶媒DMEの影響の解明
- DMEの抽出物中の油脂、機能性成分の定性・定量分析

【令和4年度研究計画】

- (a) ポリマー凝集剤とDMEの相溶性の理論と実験検討（京大にフィードバック）
- (b) 凝集試料のDME抽出を行い、抽出物中のポリマーの量や機能性成分の定量分析

【令和5年度研究計画】

- (c) ポリマーの種類や添加量の低減の京大にフィードバック
- (d) 作製し直した試料で再度DME抽出実験を行う
- (e) 少なくとも1種類の微細藻類の最適なポリマーの種類と添加を決定する

【令和6年度研究計画】

- (g) 3種類のすべての微細藻類に対して、最適なポリマー凝集剤の種類と添加量を決定する

【自己評価】計画以上の大きな進展がある

2. 研究目標の進捗状況（サブテーマ1）

(2) 自己評価に対する具体的な理由・根拠と目標達成の見通し

【具体的な理由・根拠】

- 令和4年度の研究項目（**前倒し & 全て達成済**、2023年度完了目標だった**緑藻について達成済**）
- 令和5年度の研究項目（**当初の令和6年度末目標（緑藻・珪藻・円石藻）全て達成の可能性あり**）
- 令和6年度の研究項目（**微細藻類を2種追加⇒計5種**）

<前倒し & 追加した検討内容>

- ✓ 微細藻類からの機能性成分の抽出挙動の解明（珪藻 & ドナリエラ）
- ✓ 当初の予定よりも多くの微細藻類を対象とし、微細藻類3種⇒**5種**
緑藻以外も凝集剤なしの試料のDME抽出を実施済で、今後凝集させた試料の抽出試験を実施

【目標達成の見通し】

- ◆ 既に、令和6年度に実施予定だった**珪藻と円石藻**のポリマー凝集剤の種類と添加量の検討に**着手済**
- ◆ 従って、**令和5年度内**に、当初の研究計画の**最終目標である緑藻、珪藻、円石藻**の最適なポリマー凝集剤の決定と、DMEによる脂質抽出への影響解明を**達成できる可能性が高い**
- ◆ **令和6年度**は、**当初の予定の微細藻類に加えて**、更に表面化学性状が異なる**ユーグレナ、ドナリエラ**に対しても、DMEによる脂質抽出へのポリマー凝集剤の影響を明らかにする

2. 研究目標の進捗状況 (サブテーマ1)

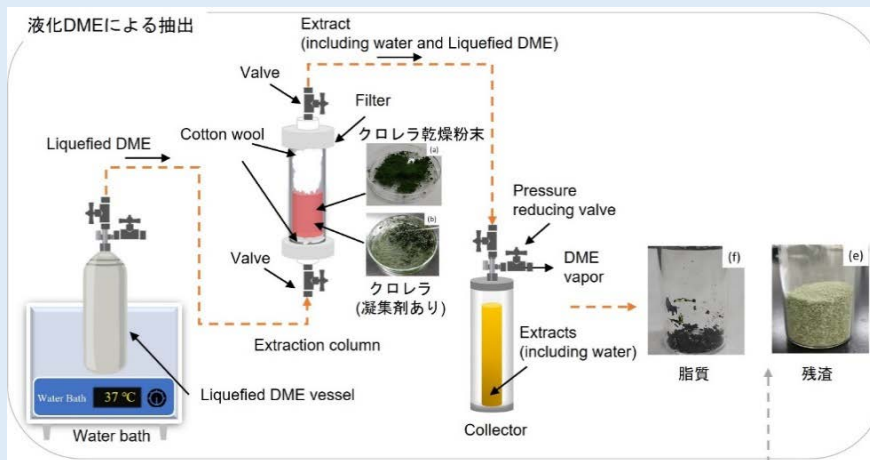
(2) 自己評価に対する具体的な理由・根拠と目標達成の見通し

➤ ポリマー凝集剤とDMEの相溶性の理論と実験検討

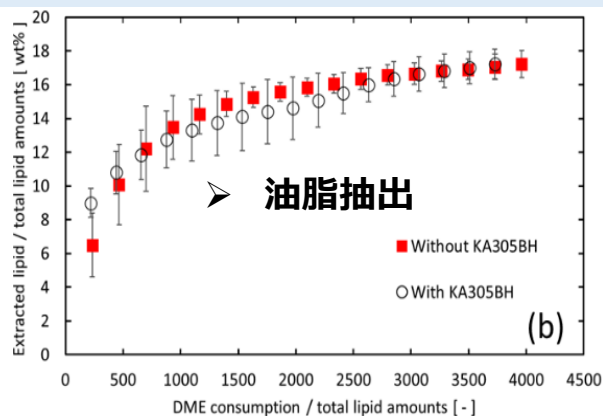
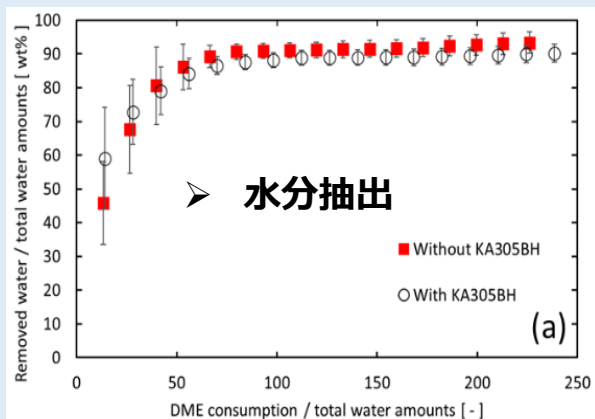
ポリマー凝集剤の候補がDMEに溶けないことをHansen溶解度パラメータによる理論検討と、現実の実験で把握



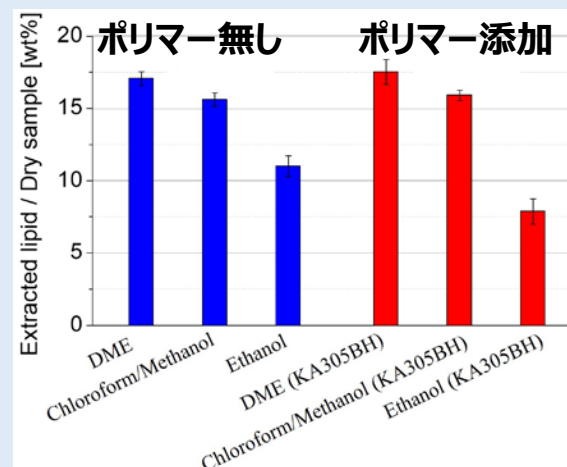
➤ ポリマーによるクロレラの凝集がDMEによる脂質抽出に及ぼす影響を試験



適切なポリマーを選択して凝集すれば、DMEで水分と油脂を完全に抽出でき、ポリマーが脂質に混入しないと判明



DMEは他の溶媒より抽出性能が高い



現在

珪藻・円石藻で研究中

インドネシア産クロレラに水平展開できるか研究中

2. 研究目標の進捗状況（サブテーマ2）

（3）進捗状況に対する自己評価

サブテーマ2：溶媒調和型凝集剤の探索

【サブテーマ2の研究目標】

- * 3種類の微細藻類に対する、ポリマー系凝集剤による凝集効果の解明
- * 含水率80%未満、微細藻類の回収率98%以上
- * 実機を想定した本技術の消費エネルギーの推算

【令和4年度研究計画】

- (a) 3種類の微細藻類の特性評価、(b) ポリマー凝集剤の特性評価、
(c) 複数種のポリマー凝集剤を用いた遠心分離実験

【令和5年度研究計画】

- (d) 最適なポリマー系凝集剤の種類と添加量の最適化、
(e) 凝集メカニズムの解明に関する検討、(f) 重回帰分析による支配因子の究明

【令和6年度研究計画】

- (g) 全体エネルギー試算、
(h) エネルギー消費量低減orポリマー凝集剤の添加量低減当の対策試験

【自己評価】 計画以上の大きな進展がある

2. 研究目標の進捗状況（サブテーマ2）

(4) 自己評価に対する具体的な理由・根拠と目標達成の見通し

【具体的な理由・根拠】

対象：3種類の微細藻類(緑藻・珪藻・円石藻)

➤ 令和4年度の研究項目（**前倒し** & **全達成済**）

令和5年度の研究項目（**前倒し** & **緑藻について達成済**）

= 令和5年度末の目標を既に達成済

令和6年度の研究項目（**前倒し** & **実施中**）

＜追加した検討内容＞

✓当初の予定よりも多くの微細藻類を対象とした。

基本特性評価・遠心分離試験の検討に反映した。

（令和6年度末に微細藻類3種⇒**5種**）

✓ポリマーの安全性に関する調査



クロレラ凝集体
含水率80%未満

【目標達成の見通し】

* 令和5年度に珪藻と円石藻でも凝集効果を解明の見込み

既に含水率80%未満を**達成済**

既に微細藻類の凝集率98%以上を達成済

（**全過程での回収率98%以上の見込みあり**）

* 令和5年度に珪藻と円石藻でも消費エネルギーを推算の見込み

更に藻類2種
を追加

今後の研究成果
計画以上に進展予定

2. 研究目標の進捗状況 (サブテーマ2)

(4) 自己評価に対する具体的な理由・根拠と目標達成の見通し

研究プロセスの概略図(例:クロレラ)

微細藻類(緑藻)
C. sorokiniana



微細藻類濃縮
(高分子凝集剤)



凝集率95%

(KP1202BHの場合)

体積:約1/200

自重式ろ過



体積:約1/2

遠心脱水



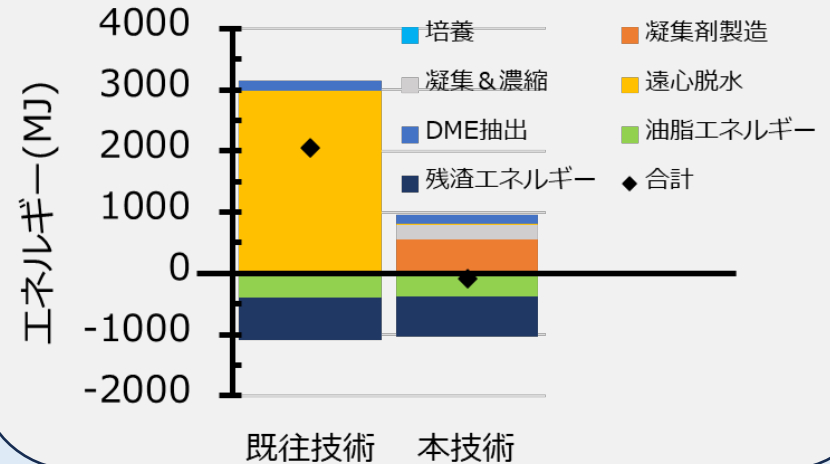
目標: クロレラの回収率98%以上
含水率80%未満(達成済)

↑メカニズムの解明&凝集効率の検討

既往技術: 培養→遠心脱水→DME処理

本技術: 培養・凝集→重力濃縮→遠心脱水→DME処理

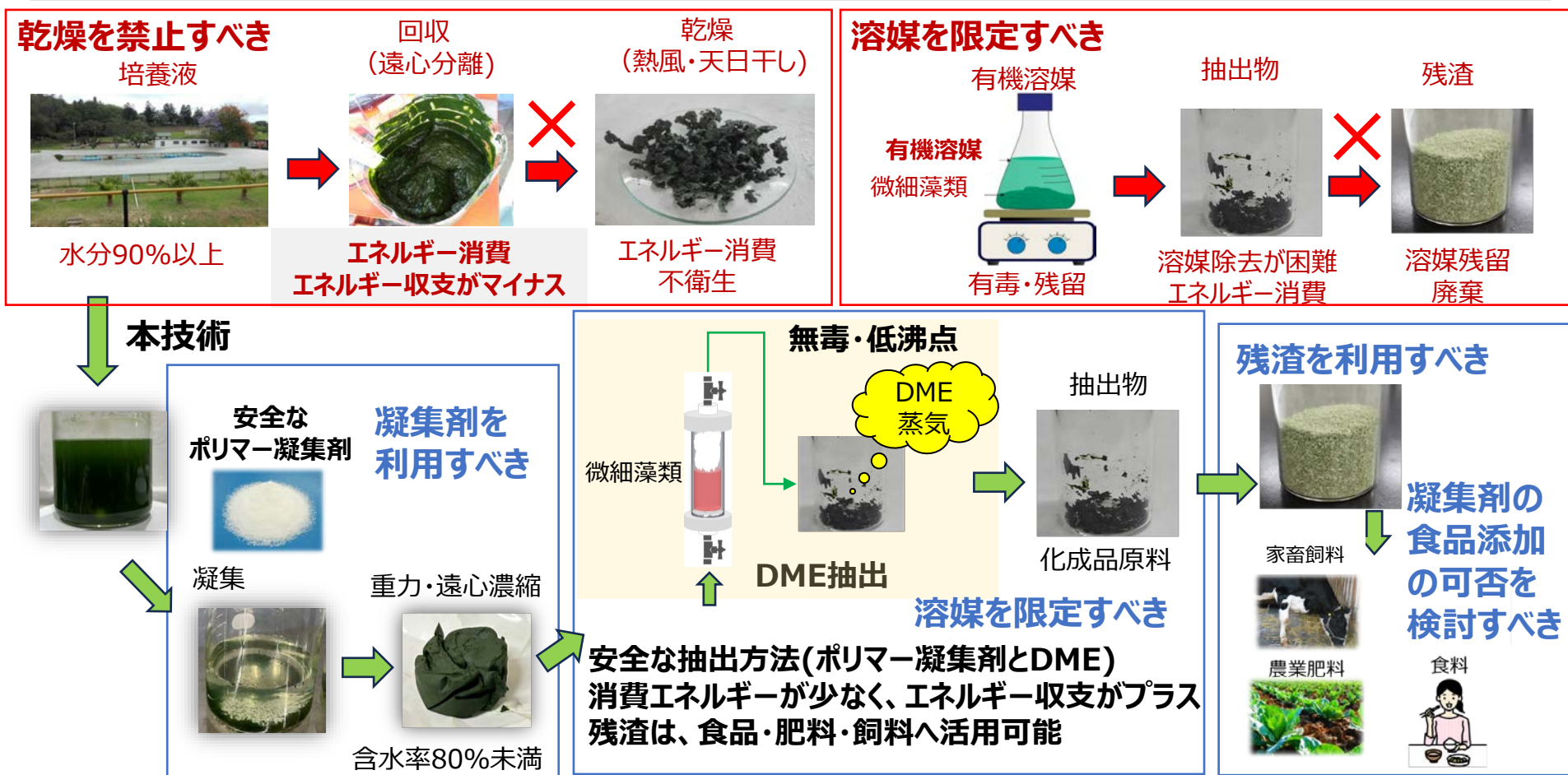
実機を想定した 本技術の消費エネルギーの推算



3. 研究成果のアウトカム(環境政策等への貢献)

【行政等が活用することが見込まれる成果】

- ✓ 微細藻類を石油代替に活用する際に熱風乾燥などを禁止すべきとの根拠を提供
- ✓ 微細藻類を石油代替に活用する際の脂質抽出溶媒の種類を限定すべきとの根拠を提供
- ✓ 微細藻類の脂質抽出残渣を食料、飼料、肥料などへの活用を義務化すべきとの根拠を提供
- ✓ 微細藻類の培養液からの回収時の凝集剤の添加の義務化の根拠を提供
- ✓ 凝集剤として肥料飼料として問題無い種類を利用し、これらを食品添加物として利用可能かの検討を進めるべき



4. 研究成果の発表状況

【誌上発表（査読なし）：3件】

1. 本間亮介 *et al.*, 微細藻類 *C. sorokiniana* の回収を目的としたカチオン系高分子凝集剤の分子量・添加率・攪拌速度の検討, 環境衛生工学研究, in press, (2023).
2. 楠美海斗 *et al.*, 液化ジメチルエーテルによるクロレラからの脂質抽出に対する高分子凝集剤の影響, 環境衛生工学研究, in press, (2023).
3. 本間亮介 *et al.*, 高分子凝集剤による微細藻類 *C. Sorokiniana* の凝集特性-凝集剤の主成分、pH、水温による凝集効果-, 環境工学総合シンポジウム講演論文集, in press, (2023).

【口頭発表（学会等）：15件】

1. (依頼講演) 神田英輝：化学工学会産学官連携センター・グローバルテクノロジー委員会（2022）微細藻類の化成品やバイオ燃料への転換における課題と研究開発
2. 予定(依頼講演) H. Kanda：THERS Gifu Joint Degree Program India/Malaysia/Japan Symposium, Zoom（2023）Lipid Extraction from Microalgae for Biofuel Production without Drying Pretreatment

など

【国民との科学・技術対話：4件】

1. 神田英輝 あいちサイエンスフェスティバル(オンライン), 2022/10/31. 微細藻類がカーボンニュートラルな食べ物や燃料になるための課題とは」
2. 本間亮介 京都大学附属桂インテックセンター研究成果報告会(京都大学桂図書館2階), 2023/1/24. 微細藻類 (*Chlorella Sorokiniana*) を対象とした効率的な油脂抽出のための凝集・濃縮・脱水条件の検討

など

【本研究費の研究成果による受賞：1件】

1. 米澤璃穂, *Chlorella sorokiniana* の油脂抽出を想定した高分子凝集剤 25 種のスクリーニング試験、第57回水環境学会年会、学生ポスター賞、2023/3/16

5. 研究の効率性

【研究体制】

- ✓ 名古屋大学の抽出専門チームと京都大学の水処理専門チームの互いの強みを融合することによる相乗効果

【過去の実験設備やノウハウを活用】

- ✓ サブテーマ1では、過去のJSTさきがけ、JST SATREPSで取得した実験設備やノウハウを活用
- ✓ サブテーマ2では、水処理、凝集実験などの実験設備やノウハウを活用

【微細藻類の分析対象の追加】

- ✓ 当初計画よりも多くの5種類の微細藻類を入手した
- ✓ 表面化学組成や産地の違いを検討

【ミーティングなどの実施状況】

- ✓ キックオフ会議（2022年6月1日、Zoom）
- ✓ アドバイザリー会合（2022年11月21日、東京）
- ✓ 名大と京大の打合せ：10回以上行われ、情報共有と意見交換

サブテーマ1

国際共同研究

名古屋大学
神田英輝 助教
(DME抽出)
抽出技術専門

インドネシア共和国
スラバヤ工科大
Siti Machmudah
上級講師

互いの強みを融合

サブテーマ2

京都大学
大下和徹 准教授
(凝集実験)
水処理専門

アドバイザー
外部の専門家
学術界1名
産業界1名