

地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム (SATREPS)

研究課題別終了時評価報告書

1. 研究課題名

「水処理システムと湿式抽出法による藻類の高効率燃料化の融合と実用化」

(2016年03月～2022年03月)

2. 研究代表者

2.1. 日本側研究代表者： 神田 英輝 (名古屋大学 大学院工学研究科 助教)

2.2. 相手国側研究代表者： Faizal Bux (南アフリカ共和国ダーバン工科大学 教授)

3. 研究概要

本研究課題は、溶媒としてユニークな特徴をもつ液化ジメチルエーテル (DME) による油脂抽出技術により、微細藻類をバイオマス資源として省エネルギーで活用できる技術の開発を目的とする。また、抽出残渣を有効利用した緑化支援肥料の開発、ビジネスモデルや人材育成手法の構築による南アフリカでの事業化の推進も行う。

プロジェクト目標は微細藻類からのバイオ燃料生産、および副産物の高効率生産プロセスと社会実装にむけた事業化へのロードマップを提供することである。さらに上位目標として、南アフリカの研究機関と自治政府の協力のもと、バイオ燃料と副産物の実用化検討を実施し、現地企業とともに事業化を推進することで微細藻類からバイオ燃料と副産物を生産し、二酸化炭素の排出量削減に貢献することを目指す。具体的な研究題目は以下の5つである：

- ① 微細藻類の大量培養手法の構築
- ② 微細藻類からの油脂抽出メカニズムの解明
- ③ 藻類残渣の活用方法の検討
- ④ 実証試験装置の開発および実証試験
- ⑤ 事業化・継続的運営に必要な人材の創出のための諸調査と提言

4. 評価結果

総合評価： A

(所期の計画と同等の取組みが行われた。)

研究題目毎に学術分野が異なり、研究題目間の連携が難しい部分もあったが、プロジェクト初期段階での日本側の研究体制および研究内容の変更やコロナ禍の影響を最小限に食い止めるため、研究代表者を中心に体制と計画の見直しを行い、複数の学術的成果を挙げたことは高く評価できる。

学術的成果の中でも、DME による油脂抽出のメカニズムを解明した技術開発は特記できる。ま

た、下水処理水による藻類の培養、藻類残渣の肥料マットとしての活用など注目すべき成果も得ており、ビジネスモデルのハンドブック作成など、南アフリカでの社会実装を見据えた取組みも行われた。

ただし、現段階ではエネルギー収支が明らかでないなど実用展開にはまだ道のりは遠く、微細藻類からのエネルギー生産については社会実装の見通しがついたとは言い難い。微細藻類の乾燥などの高効率化といった周辺技術のさらなる省エネルギー化が必須と考えられるため、社会実装に向けての課題を明確にしたうえで今後の研究の継続に取り組むことを期待する。

以上のとおり、課題解決への貢献という点では道半ばであるが、科学技術面での成果を考慮し評価する。

4-1. 地球規模課題解決への貢献

微細藻類によるバイオエネルギー生産および物質生産は低炭素社会の構築に向けて非常に重要な課題である。本プロジェクトは、下水処理設備において微細藻類を大量培養し、DME 抽出によって省エネルギーでバイオ燃料と残渣からアグリマットを生産するもので、その科学的・技術的インパクトは高く、期待されている。ただし、バイオ燃料の生産システムとしての成立性が見通せないため、社会実装に向けてはまだ多くの課題が残されている。

DME の抽出メカニズム解明については多くの基礎研究の論文が発表されており、学術的レベルは非常に高い。一方で、微細藻類回収と DME 抽出プロセスのスケールアップも行われたが、藻類の収集・分離技術などは新規性がなく、プロジェクト全体では技術レベルは標準的といえる。

微細藻類大量培養技術および DME 抽出技術は広く注目されており、活用される可能性は高いが、微細藻類の脱水などはさらなる高効率化を図る必要がある。ただし、これらの課題が解決できれば、微細藻類からのバイオ燃料生産技術の開発は世界中で活発に行われていることから、他国、他地域への波及の可能性は高い。特に、基礎研究の成果が中心となるであろう。

4-2. 相手国ニーズの充足

下水処理水の有効利用と、低コストのバイオ燃料の生産はダーバン自治政府のニーズと合致しており、農業の改善などは相手国の重要な課題である。

バイオ燃料の生産システムとしては、現状のビジネスモデルでは油脂のコストが高すぎるため、社会実装にはほど遠いと考えられる。要素技術の活用や新規技術の開発を期待する。アグリマットについても解決すべき課題はあるが、比較的早期に活用される可能性はある。ただし、その場合もコストなどについての抜本的な改善が必要であろう。

また、日本側、南ア側の研究者は専門分野や世代が異なったこともあり、両国間の人材育成システムが構築されたとは言い難い。しかしながら、大量培養技術、油脂抽出技術およびアグリマット製造に関しては、両国においてそれぞれで研究・利用活動が持続的に発展していく見込みはある。下水処理水の活用、および微細生物からのバイオ燃料、有用化学物質などの生産は重要な課題であり、今後の研究開発の継続に期待する。

4-3. 付随的成果

バイオ燃料に関しては複数の企業が関心を示しているとのことであるが、現段階では大きな貢献は期待できず、社会実装までの明確な見通しは立っていない。しかしながら、アグリマットおよび大量培養技術は近い将来、産業に貢献する可能性がある。

計算化学的手法を導入したDME抽出メカニズムなどの基礎研究は、優れた成果を上げていると評価できる。また、アグリマットの機能などについて多くの知見が得られ、開発されたシステムはエネルギー収支、経済収支などからこのままでは成立しないこと、新たな技術を要することなどが明らかになった。

日本人材の育成は、若手技術者を延べ500人日/年、現地に派遣できているが、コロナ禍の影響もあり、必ずしも十分ではなかったように思われる。

本プロジェクトでの知財獲得はないが、プロジェクト開始時点で既にDME抽出技術関連の原理特許と応用特許を取得しており、知財に関する意識はしっかりしている。アグリマット製造コストの低価格化などの知財の獲得も期待したい。

基礎研究としての学術論文は十分な数(24報)が発表されている。相手国との人的ネットワークの構築は十分であったとは言い難いが、論文発表、国際会議、国際セミナーなど積極的な活動により、国際的な技術および人的ネットワークの構築がある程度なされたと思われる。両国の主要研究分野が異なっていたことが有効であったともいえる。

4-4. プロジェクトの運営

当初に日本側の主要研究者の離脱、事前の調査不足による相手国側への機材の移管の遅れなどから、日本側研究者間、また両国研究者との意識に若干のずれがあったことは否めない。しかしながら、研究代表者は体制変更やコロナ禍の影響を最小限に食い止めるためのさまざまな工夫を行った。特に計算化学的アプローチの導入は、DMEの抽出メカニズム解明に大きな役割を果たしたといえる。

学術論文(24報)の投稿と学会での講演・発表(53件)は活発であり、DMEによる油脂抽出は新技術として注目されている。相手国と共著の学術論文が少ないが、学会発表は多いことから、今後の共著学術論文としての成果発信に期待する。

また、微細藻類の回収に遠心分離装置を活用するよう計画が変更されたが、その所要エネルギーが大きくエネルギー収支を悪化させる一因となっているため、改善を期待したい。一部機材の導入に遅れが見られたが、研究期間の延長などもありカバーできたと言える。

5. 今後の研究に向けての要改善点および要望事項

- 1) DMEの蒸発には大量の熱エネルギーを供給する必要がある。CO₂排出量の少ない太陽熱を利用するとしても、ポンプ動力の増大やコスト増につながらないよう、熱交換性能の向上を図ってほしい。

- 2) 微細藻類からのバイオ燃料の生産については本方式の技術改良やスケールアップでは難しいことが明らかになったと言える。エネルギー収支の改善策のひとつとして凝集剤を添加し微細藻類をフロック化して回収することが触れられているが、当初の計画で示されていたものと異なるのかを含め、その回収方法や有効性を概略でも示してほしい。
- 3) 油脂の製造コストを低減するため、微細藻類の培養、油脂抽出の連続化が必須と考える。藻類の細胞膜を破壊し、抽出速度を上げることや藻類の分離方法の検討などが必要である。分離に必要なエネルギーの低い、重力沈降分離などを検討できないか。アグリマットの低コスト化は実現してほしい。
- 4) 社会実装に向けてはまだ多くの解決すべき課題が残されており、どのような課題が残されているのかを明確にまとめることで、次の研究開発に活かしてほしい。

以上

成果目標シート

研究課題名	水処理システムと湿式抽出法による藻類の高効率燃料化の融合と実用化
研究代表者名 (所属機関)	神田 英輝 (名古屋大学大学院工学研究科 助教)
研究期間	H27採択(平成27年6月1日～令和4年3月31日)
相手国名／主要相手国研究機関	南アフリカ共和国／ダーバン工科大学(DUT)、エティクニ自治政府、農業研究機構(ARC)、技術革新機構(TIA)

付随的成果

日本政府、社会、産業への貢献	<ul style="list-style-type: none"> ・二酸化炭素の大幅な固定化 ・世界初の藻類由来バイオ燃料の高効率抽出法の開発 ・藻類残渣によるアフリカの農業の発展 ・成果活用による日本の産業の国際競争力の向上
科学技術の発展	<ul style="list-style-type: none"> ・微細藻類からのバイオ燃料抽出技術の開発 ・微細藻類残渣を用いた保水・栄養維持可能なアグリマット生産技術の開発
知財の獲得、国際標準化の推進、生物資源へのアクセス等	<ul style="list-style-type: none"> ・太陽エネルギーを利用した微細藻類からのバイオ燃料生産技術 ・微細藻類、下水汚泥、木質チップを用いた農業マット生産技術
世界で活躍できる日本人人材の育成	<ul style="list-style-type: none"> ・南アフリカでの共同研究活動を通じた日本人若手研究者の国際研究活動能力の育成
技術及び人的ネットワークの構築	<ul style="list-style-type: none"> ・日本と南アフリカの若手研究者や技術者の人材交流を中心とした技術及び人材ネットワークの構築。
成果物(提言書、論文、プログラム、マニュアル、データなど)	<ul style="list-style-type: none"> ・国際会議での発表 ・国際的レビュー付雑誌への共著論文の掲載 ・ビジネスモデルや技術に関するハンドブック

上位目標

微細藻類からバイオ燃料と副産物を生産し、二酸化炭素の固定化に貢献する。

南アフリカの研究機関と自治政府の協力のもと、バイオ燃料と副産物の実用化検討を実施し、現地企業と共に事業化を推進する。

プロジェクト目標

微細藻類からのバイオ燃料生産と副産物の高効率生産プロセスと社会実装にむけた事業化へのロードマップを提供

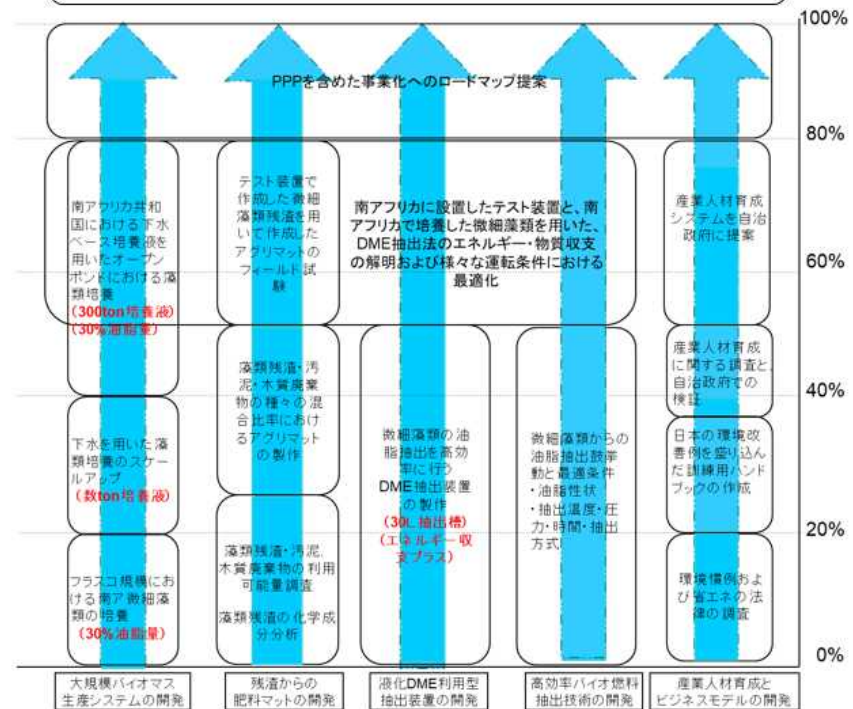


図1 成果目標シートと達成状況 (2022年7月時点)