

国際科学技術共同研究推進事業  
地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム (SATREPS)

研究領域「低炭素社会の実現に向けた高度エネルギーシステムに関する研究」

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」

採択年度：平成 27 年度/研究期間：5 年/相手国名：南アフリカ共和国

## 平成 30 年度実施報告書

国際共同研究期間<sup>\*1</sup>

平成 28 年 3 月 30 日から令和 3 年 3 月 29 日まで

JST 側研究期間<sup>\*2</sup>

平成 27 年 6 月 1 日から令和 3 年 3 月 31 日まで

(正式契約移行日 平成 28 年 4 月 1 日)

\*1 R/D に基づいた協力期間 (JICA ナレッジサイト等参照)

\*2 開始日=暫定契約開始日、終了日=JST との正式契約に定めた年度末

研究代表者： 神田 英輝

名古屋大学・助教

## I. 国際共同研究の内容

地球温暖化対策として重要な二酸化炭素の固定化の切り札として、バイオ燃料が期待されている。しかし、例えばトウモロコシの場合には、世界の石油需要を満たすのに必要な面積は、世界の耕作面積の 14.3 倍、ヤトロファで 1.3 倍となり、これらでバイオ燃料を賄うのは極めて困難である。今後世界の人口の増大に伴う食物生産需要の高まりに応じて、さらに消費される水や農地が増えることも考慮すると、高等植物でバイオ燃料を生産するのは極めて困難である。このため、微細藻類からのバイオ燃料生産が期待されている。微細藻類は、他の高等植物に比べ、数十倍から数百倍以上の二酸化炭素の固定速度を有する。世界の耕作面積の 1.8~4.2%で微細藻類を培養すれば、世界の石油需要を満たすことができるとの試算もある。(数値は筑波大学渡邊信研究室ホームページより <http://www.abes.tsukuba.ac.jp/clabes/watanabe-lab/02project/>) このように、持続可能なバイオエネルギー生産を実現するには、微細藻類からのエネルギー生産が避けられない状況にある。

微細藻類は栄養素が欠乏した状態ではバイオ燃料等の原料となる脂質を体内に作り、かつ、成長段階では窒素やリン等の貴重な栄養源も吸収するので、これら栄養源を含む下水等を処理することに適している。しかし、微細藻類は高含水であり乾燥処理が必要である。この乾燥処理の存在により、微細藻類が光合成によって獲得する総熱量（油脂だけで無く残渣も含む）に対して、2 倍（理想値）~7 倍以上（実測値）のエネルギーが、微細藻類からのバイオ燃料生産において投入される問題がある。この問題は未だ世界的に全く解決されていない。

このため、南アフリカ政府は、下水を利用して藻類を育てバイオ燃料を生産する新事業開発を国家的に推進していたが、藻類から効率的に油脂を抽出可能な技術がないという課題に直面していた。

そこで、本国際共同研究では、微細藻類の高度な育成技術を有している南アフリカ共和国と、乾燥処理が不要な油脂抽出技術を保有している日本が、共同で上記の技術的課題を解決するとともに、抽出後の残渣を有効利用したアフリカに適した緑化支援肥料の開発、事業化を成功させるためのビジネスモデルや人材育成手法の構築に対してもサポートを行う。これらの国際共同研究を南アフリカのダーバン工科大学（DUT）、農業研究機構（ARC）、ダーバン（eThekweni）自治政府と協力して推進する。

1. 当初の研究計画に対する進捗状況

(1) 研究の主なスケジュール

研究題目・活動	H27年度 (10ヶ月)	H28年度	H29年度	H30年度	H31年度	R2年度 (12ヶ月)
1. 研究題目1 微細藻類の大量培養手法の構築 研究活動1-1 研究活動1-2 研究活動1-3 研究活動1-4 研究活動1-5 研究活動1-6		<p>フラスコレベル培養</p> <p>下水由来培養液での培養</p> <p>屋外レースウェイ培養</p> <p>集団組成の調査</p> <p>分離・培養</p> <p>基本特性の調査</p>				
2. 研究題目2 微細藻類からの油脂抽出メカニズムの解明 研究活動2-1 研究活動2-2 研究活動2-3		抽出特性の解明			装置作成の支援研究	
研究題目3 藻類残渣の活用方法の検討 研究活動3-1 研究活動3-2 研究活動3-3 研究活動3-4 研究活動3-5 研究活動3-6	藻類残渣の化学分析 関連情報の調査		アグリマットの防蝕防止効果の検討	アグリマット製造装置の作成と現地における検証		
		試作アグリマットによるフィールドテスト 3-5		アグリマットに関するビジネスモデル構築 3-6		
研究題目4 実証試験装置の開発および実証試験 研究活動4-1 研究活動4-2 研究活動4-3 研究活動4-4 研究活動4-5 研究活動4-6	藻類の凝集条件の解明と回収装置の設計		回収装置の選定と現地への設置		回収装置を用いた現地試験	
	油脂抽出装置の設計				抽出装置を用いた現地試験	
	油脂抽出装置の作成と現地への輸送					
研究題目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 研究活動5-1 研究活動5-2 研究活動5-3 研究活動5-4 研究活動5-5  研究活動5-5-1 研究活動5-5-2 研究活動5-5-3 研究活動5-5-4 研究活動5-5-5	南アフリカの環境政策に関する実態調査		ハンドブック (I) の作成と実地研修			
			ハンドブック (II) の作成とビジネスモデルの設計			
					ビジネスモデルのreviewと自治政府提案の策定	
	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					
	高度産業人材育成状況調査			質問票作成		
					質問票試行	
					技能アセスメント	
						技能ミスマッチの特定・政策提言

3-5) アグリマットのフィールドテストを延長して、微細藻類の残渣だけでなく様々な未利用バイオマスについても農作物の生育改善効果の検討を充実させる。

3-6) 3-5 の延長に伴い環境ビジネスモデルの構築も延長する。

## (2) プロジェクト開始時の構想からの変更点(該当する場合)

南アフリカ共和国ダーバン工科大学が保有する培養池は、培養液が 300ton の規模であり、これに見合う藻類回収装置規模として少なく見積もっても 5ton/h の培養液の回収能力が求められる。これより遅いと回収に時間がかかり、培養時間を制御できなくなるので、微細藻類の含有油脂量を最適できない問題が生じる。当初導入を計画していた磁気凝集方式による藻類回収装置が、この規模では極めて高額になり、予算の範囲内で開発することが困難である旨が明らかになった。このことから、予算の範囲内で調達可能で、国内の大型培養施設において商業ベースで既に導入実績があるなど、藻類に対して商業ベースでの実績があり、比較的省エネルギー性に優れる藻類回収装置をインストールした。

また、液化ジメチルエーテルを用いる藻類抽出装置については製作を計画していた企業から、卓上レベルの小規模でも製作する能力を整えられなかった旨の報告があった。ダーバン工科大学が保有する培養池に見合う、予算の範囲内で可能な限り大きく開発可能な規模として、抽出槽のサイズが 30L の装置を開発する必要があると、名古屋大学が設計して別の企業が製作する形で装置調達して、現地にインストールした。

## 2. プロジェクト成果の達成状況とインパクト

### (1) プロジェクト全体

#### ・成果目標の達成状況とインパクト等

南アフリカ共和国ダーバン工科大学において、下水処理水を用いたイカダモやクロレラなど緑藻を中心に屋外培養を行い、培養液 300ton の培養能力で安定的な培養を継続した。

微細藻類からの液化ジメチルエーテル (DME) による油脂抽出では、大型の液化 DME 抽出装置における、抽出カラムから流出する DME ガスと、微細藻類に由来する排水に溶存する DME ガスによる、エネルギーロスに着目した。これに、DME ガスのロスを抑制するための消費エネルギーや、抽出装置の運転に必要な消費エネルギーを把握して、液化 DME 抽出装置の消費エネルギーを明らかにした。また、将来的なバイオ燃料のコストダウンに有効なコプロダクションとして、微細藻類に含まれる高付加価値な機能性物質を調査した結果、カロテノイドに着目した。

アグリマットの製作では、前年度に設置した卓上ホットプレスを使用し、最適なマット製造条件を考慮して、現地設置用のアグリマット製造装置を 2018 年 6 月に完成させた。また、試作したサンプルで気象条件が制御できるポット試験を国内で実施し、発芽、保水、肥料効果、表土流出、雑草防止等の防蝕機能を評価した。2018 年 11 月には南アフリカ共和国の農業研究機構 (ARC) の研究者 2 名が運転トレーニングを受けた。南アフリカ共和国側の免税手続きに半年の遅れが生じたが、2019 年 5 月に ARC に同装置を輸送して現地にインストールした。

前年度に選定した微細藻類回収装置の調達作業を行い、南アフリカ共和国側の免税手続きに半年の遅れが生じたが、最大で 7ton/h の処置速度で培養液を遠心分離可能な装置が、2019 年 5 月に南アフリカ共和国の Kingsburgh 水処理場にて運転を開始した。

液化 DME を抽出溶媒に用いる微細藻類油脂抽出装置については、前年度に作成した配管計装図 (PID)

【平成 30 年度実施報告書】【190531】

の詳細を詰める作業を行い、同装置の詳細設計を経て作成に着手した。同装置は 2018 年に国内で完成し、2019 年 1 月にはダーバン工科大学の若手研究者 2 名と名古屋大学の若手研究者 1 名が同装置の運転トレーニングを受けた。南アフリカ共和国側の免税手続きに半年の遅れが生じたが、2019 年 5 月の時点で、同装置は南アフリカダーバン港にて免税手続きを無事に終え、設置工事を待っている状況であり、2019 年 6 月に Kingsburgh 水処理場に設置された後に運転開始の見込みである。

また、本プロジェクトにおけるビジネスモデル構築に当たり、南アフリカ共和国のバイオ燃料生産と市場に関する現状分析を行うことで、本プロジェクトにおける藻類バイオ燃料生産と普及におけるベネフィットとリスクを明らかにした。

- ・プロジェクト全体のねらい（これまでの技術と異なる点について）

これまで微細藻類からのバイオ燃料生産では、1) 屋外での大量培養技術の欠落、2) 多量のエネルギー消費を伴う、乾燥が必要なバイオ燃料転換手法、が大きな問題となっていたものの、これらを克服できずにいた。とりわけ、2) の乾燥が必要なバイオ燃料転換手法の問題は大きく、例えば、微細藻類が光合成によって獲得する総熱量（残渣部分も含む）に比べて、7 倍以上のエネルギーが、微細藻類の燃料転換において投入される問題がある。しかしこの問題は未だ世界的に全く解決されていない。本プロジェクトでは、1) の問題を南アフリカ共和国ダーバン工科大学が中心に解決し、2) の問題を日本の名古屋大学が中心に解決する。

また、微細藻類が獲得した総熱量に占める残渣の割合が多く、培養の過程で微細藻類が吸収した窒素やリンを有効活用するために、残渣はウッドチップと混合して高温水蒸気とともにプレスして板状にすることにより、南アフリカ共和国の降雨でも流出しない肥料へと加工して農作試験を行う。

- ・地球規模課題解決に資する重要性、科学技術・学術上の独創性・新規性（これまでと異なる点について）

微細藻類の乾燥や、微細藻類への栄養源の添加によって、微細藻類が光合成で獲得した熱量を遙かに上回るエネルギーを消費する（実測値で約 7 倍以上）。最大の問題は、微細藻類の乾燥工程である。つまり、微細藻類を燃料化するほど逆に 7 倍以上のエネルギーを消費するのが現状である。かといって、高等植物を用いると世界の耕作面積を大幅に上回る土地面積が必要となり、現実的な解決策にはなり得ない。従って現実的な面積（世界の耕作面積程度の面積）でバイオ燃料を生産するには、微細藻類を用いなければならないが、世界的には試験管レベルの基礎実験ですら、乾燥を施さずに油脂を抽出するとともに使用した溶媒を除去することが可能な手法は、これまで例が無い。

前者の原因は、微細藻類からの油脂抽出において、水と混合しなかったり、水と混合しても水と沸点が近かったり共沸点を有するなどして、分離が蒸留工程になるために分離エネルギーが極めて大きいといった問題を有する有機溶媒が用いられるためである。本プロジェクトでは、名古屋大学がこれまで JST さきがけ研究で試験管レベルの基礎実験で研究してきた、水と混合し低沸点な有機溶媒であるジメチルエーテル（DME）を用いた抽出手法について、抽出槽が数十 L 規模の試験装置を開発するとともに、栄養源として、投入エネルギー量を著しく低減する事により、究極目標としてエネルギー収支のプラス化を、世界で初めて実現することを目指す。後者の原因（栄養源）の解決のためには、南アフリカ共和国の下水二次処理水を活用した微細藻類の屋外大量培養を目指す。

- ・研究運営体制、日本人人材の育成(若手、グローバル化対応)、人的支援の構築(留学生、研修、若手の育成)等

藻類回収装置と藻類油脂抽出装置の開発・調達・現地での運転の担当を、名古屋大学に変更したことに伴い、名古屋大学大学院工学研究科において若手研究者が2018年3月、10月、11月、2019年2月、5月にこれらの用務のために渡航した。今後、2019年8月、9月、11月、2020年1月には、名古屋大学大学院工学研究科の若手研究者と名古屋大学の大学院生が現地に渡航して、現地に設置した回収装置と抽出装置の運転に従事するとともに、ダーバン工科大学の若手研究者や学生も交えて研究交流する。

また、東京農工大学の実験においては大学院生7名が雇用されて従事しており、今後大学院生が南アフリカに渡航して、アグリマット製造プレス機の運転に従事する。また、ARCから東京農工大学に博士後期課程の学生が数ヶ月間来日して研究交流する予定である。

また産業人材育成に関する現地調査では、既に2017年2月に名古屋大学大学院国際開発研究科から若手研究員を派遣している。

南アフリカ共和国側の日本への渡航については、南アフリカ共和国農業研究機構から若手研究者2名が東京農工大に2018年11月に来日して日本で開発したアグリマット製造プレス機の1週間の運転トレーニングを受けた。さらに、ダーバン工科大学から若手研究者2名が2019年1月に来日して藻類油脂抽出装置の運転技能の習得のため1週間のトレーニングを受けた。

(2) 研究題目 1 : 「微細藻類の大量培養手法の構築」

研究グループ A (リーダー: 南アフリカ共和国ダーバン工科大学 Faizal Bux)

①研究題目 1 の当初の計画 (全体計画) に対する当該年度の成果の達成状況とインパクト

南アフリカ共和国ダーバン工科大学が、eThekweni 自治政府が管理する下水処処理場の敷地内に、培養液が 3ton と 300ton のオープンポンドを設置し (図 1-1)、このオープンポンドを用いて下水二次処理水を用いた土着藻類 (クロレラやイカダモ) の培養のスケールアップに成功した。

②研究題目 1 のカウンターパートへの技術移転の状況

研究題目 1 については、元々カウンターパート側の保有技術を活用するものであり、本項目は該当しないが、これらの結果の分析には、日本から南アフリカ共和国ダーバン工科大学に供与された、クロロフィル量測定装置、卓上 Soxhlet 抽出器、分光光度計、マイクロ波細胞破壊装置が利用されている。これらによって、微細藻類の増殖速度や油脂含有量を定量可能になった。

③研究題目 1 の当初計画では想定されていなかった新たな展開

特になし



図 1-1 南アフリカ共和国 eThekweni 自治政府が管理する Kingsburgh 下水処理場内に、ダーバン工科大学が設置した、培養液重量 300ton の微細藻類培養プール (白色の屋根: 面積 1000m<sup>2</sup>) と、培養液重量 3ton の微細藻類培養プール (中央上部の水色の小型プール)

④研究題目1の研究のねらい（参考）

2017年度まで、試験管レベルから300tonオープンポンドでの培養までスケールアップを実施してきた。窒素栄養源として250ppmの硝酸ナトリウムを下水二次処理水に添加した場合、微細藻類の培養液中の濃度が、17日間の培養で0.162wt%に達した。また、油脂含有量は乾燥藻体中29.6%に達した。微細藻類の窒素含有量は大凡10wt%であるので、培養液に含まれる硝酸ナトリウムの窒素分は、微細藻類の窒素分のおおよそ28%に相当する。このため、微細藻類の窒素分の少なくとも72%は下水二次処理水に由来しており、培養に用いる窒素栄養源を大幅に削減することが可能になった。2018年度は、この培養を安定的に継続できるかモニタリングを継続した。

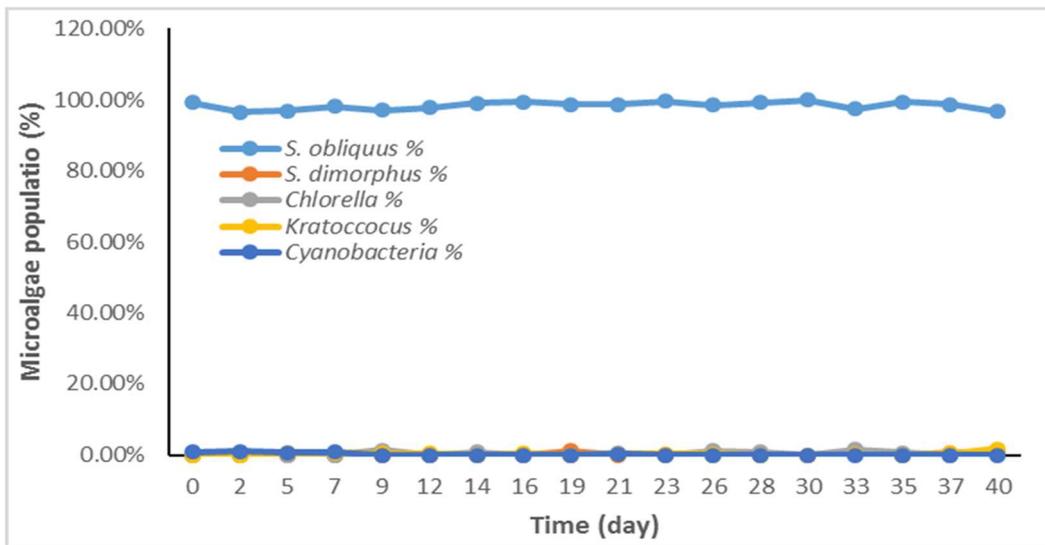


図1-2 培養液容積3tonの微細藻類培養プールで培養した土着微細藻類の2018年7月から8月にかけての微細藻類の種類の推移

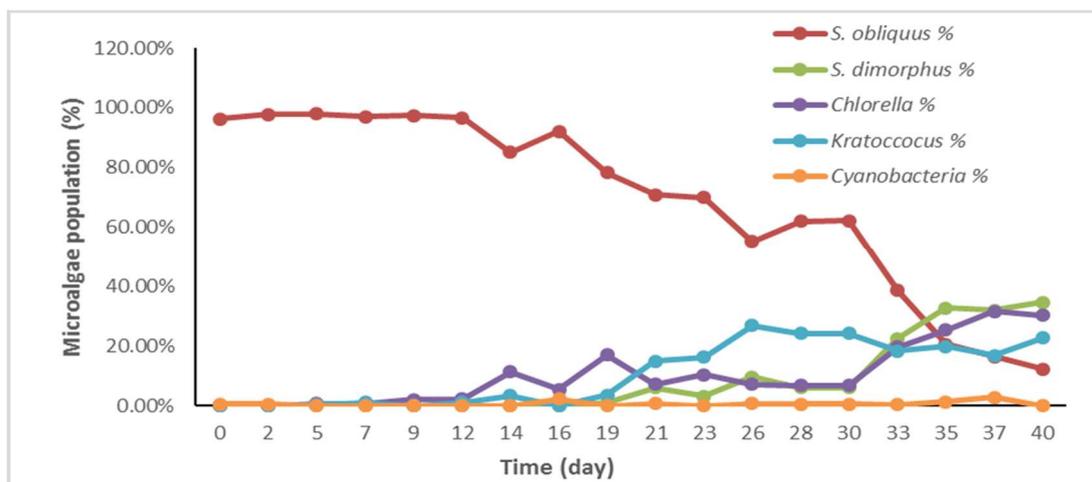


図1-3 (図1-2)で培養した微細藻類を300ton培養プールに移し替えて培養した土着微細藻類の2018年8月から9月にかけての微細藻類の種類の推移

図 1-2 と 1-3 に、2018 年 7 月から 9 月にかけて、培養液重量 3ton のプールで 40 日間屋外培養した後に、培養液重量 300ton のプールで屋外培養した際の、微細藻類の種類の推移を示す。当初はイカダモがメインであったものの、終盤は季節の変化に伴って次第にイカダモが減少してクロレラが混在するようになったが解る。図 1-4 と 1-5 に、2018 年 7 月から 9 月にかけて、培養液重量 3ton のプールで 30 日間屋外培養した後に、培養液重量 300ton のプールで屋外培養した際の、微細藻類の種類の推移を示す。当初はイカダモとクロレラが混在していたものの、季節の変化に伴って次第にクロレラがメインになったことが解る。

このように現地では、イカダモとクロレラが共生して、季節に応じてその割合を変化させていることが明らかになった。

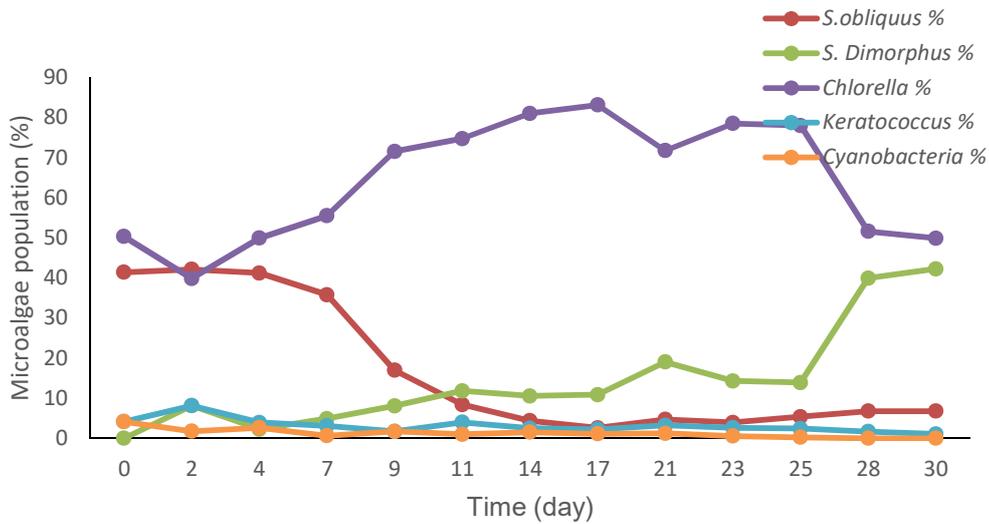


図 1-4 培養液容積 3ton の微細藻類培養プールで培養した土着微細藻類の 2018 年 10 月から 11 月にかけての微細藻類の種類の推移

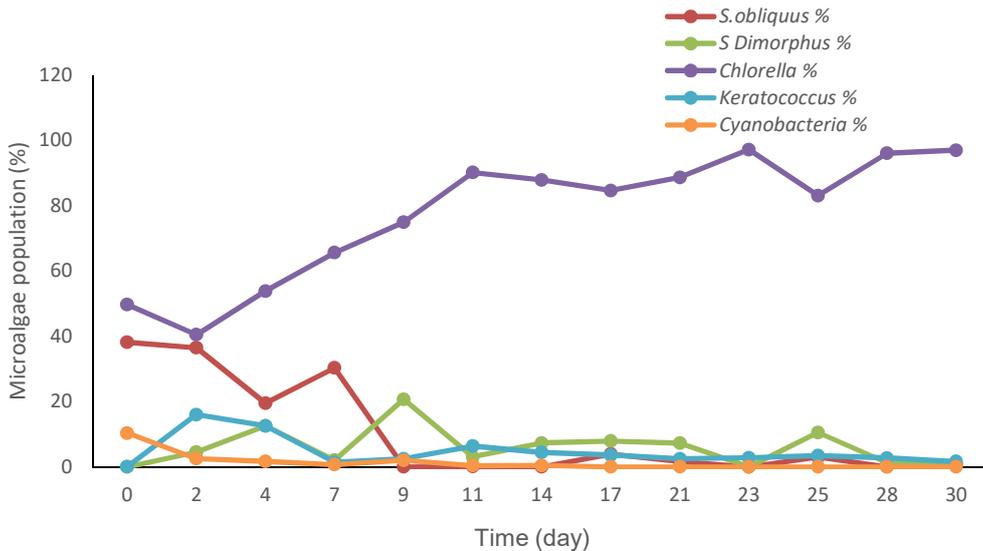


図 1-5 (図 1-4) で培養した微細藻類を 300ton 培養プールに移し替えて培養した土着微細藻類の 2018 年 11 月から 12 月にかけての微細藻類の種類の推移

### (3) 研究題目 2 : 「微細藻類からの油脂抽出メカニズムの解明」

研究グループ C (リーダー : 名古屋大学 神田英輝)

#### ①研究題目 2 の当初の計画 (全体計画) に対する当該年度の成果の達成状況とインパクト

2018 年度は、2017 年度に引き続き大型の液化 DME を抽出溶媒に用いる微細藻類油脂抽出装置における、抽出カラムから流出する DME ガスと、微細藻類に由来する排水に溶存する DME ガスによるエネルギーロスに着目して、同装置の消費エネルギーを推算した。これに、DME ガスのロスを抑制するための消費エネルギーや、抽出装置の運転に必要な消費エネルギーを把握して、液化 DME 抽出装置の消費エネルギーを明らかにした。

#### ②研究題目 2 のカウンターパートへの技術移転の状況

研究題目 2 の結果は、研究題目 4 で開発する微細藻類油脂抽出装置の構造や、運転条件や、消費エネルギーの検討において反映される。同装置は既に南アフリカでの免税手続きを終了し、ダーバン市内にて保管されており、2019 年 6 月に Kingsburgh 水処理場にてインストールされ運転開始する予定である。

#### ③研究題目 2 の当初計画では想定されていなかった新たな展開

将来的なバイオ燃料のコストダウンに有効なコプロダクションのターゲットとして、微細藻類に含まれる高付加価値な物質を調査した結果、カロテノイドに着目した。カロテノイドは天然の脂質で、色鮮やかな野菜に含まれている。カロテノイドには 750 種類以上の種類が存在し、トマトやスイカなどの野菜や果物に含まれる。カロテノイドは、人工着色料に代わる安全無害な天然着色料であり、近年はその強力な抗酸化作用が注目され、健康補助食品などへの利用も念頭に研究がされている。

#### ④研究題目 2 の研究のねらい (参考)

液化 DME は水と部分混合する特徴があるので、微細藻類に含まれる水も油脂とともに微細藻類から抽出される。この抽出された水には DME が溶存しているので、その溶存 DME の量を決定して、これを回収しなければならないのか評価する必要がある。

#### ⑤研究題目 2 の研究実施方法 (参考)

図 2-1 に南アフリカにインストール予定の、微細藻類油脂抽出装置のフロー図を示す。DME は貯蔵タンク→送液ポンプ→抽出槽→蒸発器→凝縮器→貯蔵タンクと流れる閉ループを形成している。ただし抽出槽からは運転後に装置に残存する DME ガスが漏れるので、これがカロリーロスになる。また、DME は油脂以外にも水とも混合するので、DME によって水が油脂と同時に抽出される。この抽出された水 (排水) に DME ガスが溶存するので、これもカロリーロスになる。

抽出槽は容積 30 L であり、流通式抽出を想定している。抽出槽にて高水分の微細藻類から直接油脂と水を抽出する。DME の蒸発と凝縮には、70°C の未利用温熱及び 20°C 未利用冷熱を熱源に利用し、図 2-1 に熱媒体フローを示した。未利用温熱は抽出前の DME の予熱にも利用する。

同装置は、圧縮機が組み込まれており、これは抽出槽の内部圧力を低下させて、内部に残留する DME ガスを回収するために用いる。また、将来的に実用化されるときには、蒸発後の排水に溶存する DME を回収する用途でも、圧縮機によって水を減圧する機構を追加で組み込む予定である。

2017 年度の検討で、排水を 1 気圧で 60℃ に加熱すれば、油脂の保有カロリーの大半 10% 程度に、DME ガスのカロリーロスを低減できる見通しを得ている。2018 年度は、2017 年度から継続して、微細藻類油脂抽出装置での消費エネルギーの試算を行った。

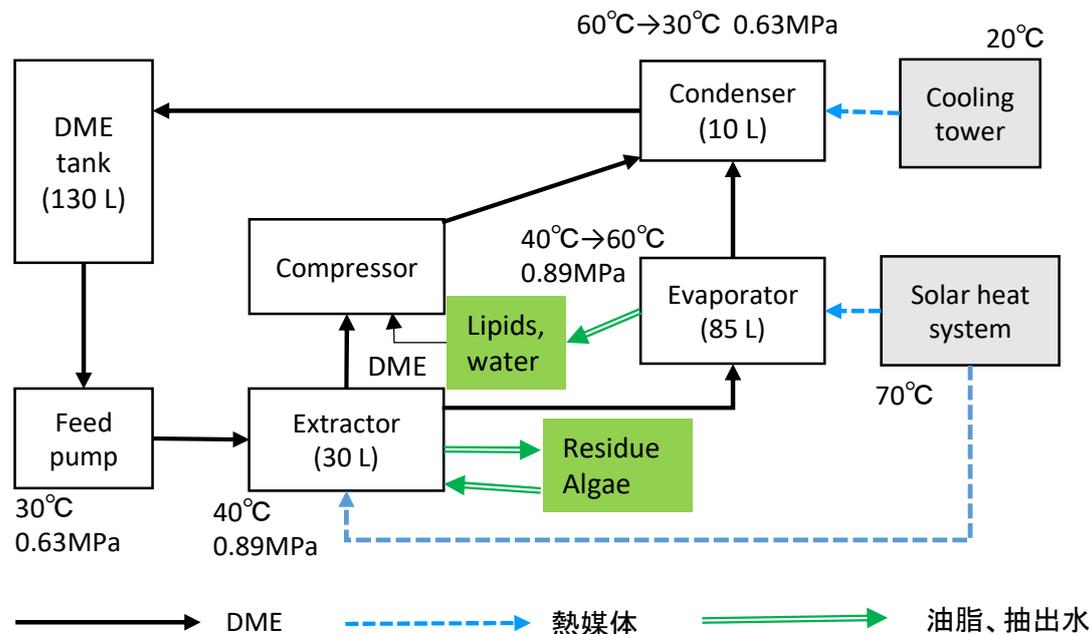


図 2-1 微細藻類油脂抽出装置の DME・熱媒体のフロー図

獲得エネルギーは微細藻類から抽出された油脂の高位発熱量とした。図 2-2 には微細藻類油脂抽出装置ならびに微細藻類回収装置によるエネルギー損失を記した。また、微細藻類油脂抽出装置を通して投入される、太陽熱温水と冷却水の保有熱量も併記した。ただし、これらの熱量は非常に大きいので、実際の熱量に見合ったサイズよりも、著しく縮小して記載している。図中の数値は微細藻類の油脂の初期の高位発熱量を 100% とした場合の割合である。機械動力は、受電端効率 0.369 と機械効率 0.8 を考慮して計算されている。液化 DME ロスについては DME 製造時の冷ガス効率 0.69 を考慮し、DME の製造におけるロスを想定に加えた。

排水中の溶存 DME の低減のために液化 DME の蒸発工程で生じる排水を 60℃ で 0.1 MPa に減圧したうえで排出する。0.1MPa へ減圧した排水から蒸発した DME は圧縮機により 0.89 MPa に加圧して再利用する。図 2-2 に示すように、水に溶存する DME によるカロリーロスは 9.15% となった。これ以外に、抽出槽からのカロリーロスや、液化 DME を装置内に循環させるための消費エネルギーなどを、DME 製造時の冷ガス効率や発電時の受電端効率を加味して積算すると、一次エネルギー換算で油脂の保有熱量の 19.9% となる。

なお、太陽熱温水の循環動力は少なく、太陽熱温水の製造パネルに内蔵された小型の太陽光発電パネルでの発電エネルギーで駆動する。

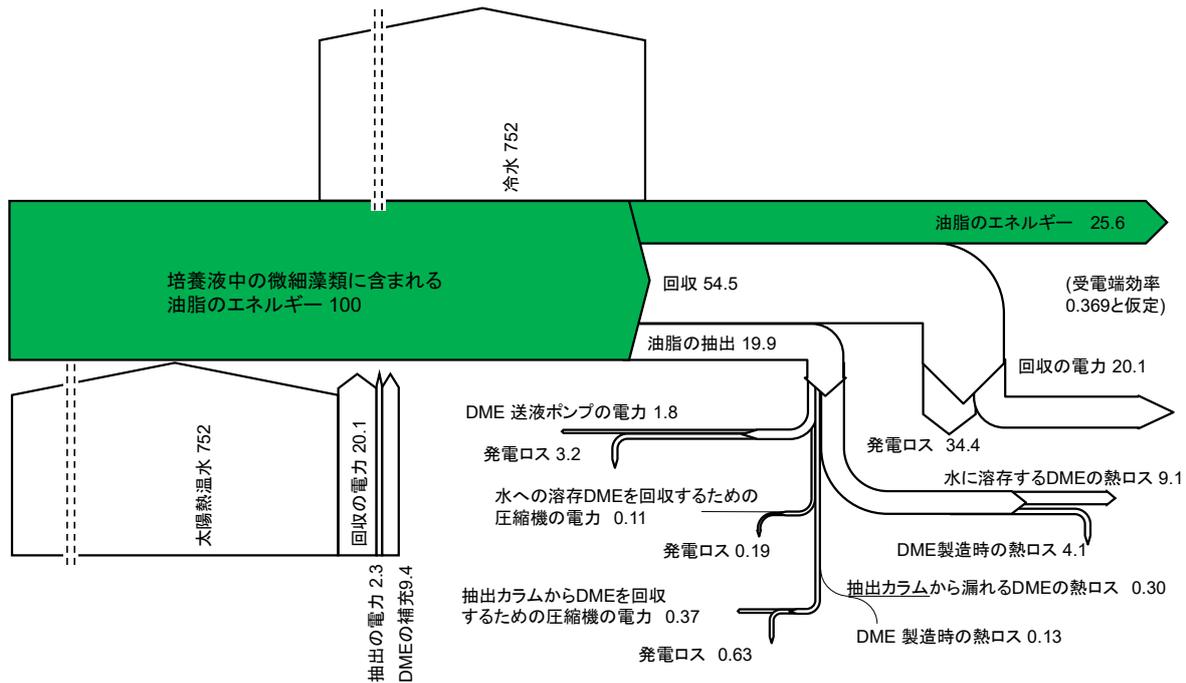


図 2-2 抽出装置と回収装置によるエネルギー損失  
(太陽熱温水と冷却水は、実際のサイズでは図から大幅にはみ出すので縮小して記載)

これまでの水分の蒸発を伴う抽出手法では、油脂の保有熱量の 2 倍～7 倍以上のエネルギーを主に乾燥工程で消費していたが、本手法によって劇的に消費エネルギーを低減できる見通しを得た。

○ 微細藻類に含まれる有用物質の調査

微細藻類の社会実装にはコスト低減が重要であり、その一つの方策として稀少な有用物質を微細藻類から単離して、燃料と併産することが検討されている。将来的な有用物質の併産の可能性を探るため、微細藻類が一般的に合成して細胞内に含む有用物質を調査した。

微細藻類からの有用物質の抽出は、これまで超臨界二酸化炭素による抽出が主流である。また、一般に液化 DME は極性物質・非極性物質の両方を抽出できるのに対して、超臨界二酸化炭素は主に抽出できるのは極性物質に限られる。このため、超臨界二酸化炭素を用いた微細藻類からの抽出物は、液化 DME でも抽出できる可能性が高い。超臨界二酸化炭素で抽出可能な有用物質を表 2-1 に纏めた。DUT の 300ton 培養池の土着藻類は主にクロレラとイカダモであり、表 2-1 の灰色の背景の種が該当する。これらの藻類から得られる有用物質は、天然色素のカロテノイドであることを把握した。カロテノイドは発色が良く可食性のため、食品や化粧品の着色料として極めて高価で市場に出回っている。最も安価なβカロテン試薬は 740 円/g であり、これは 100～150 円/kg が一般的な燃料価格の数千倍である。アスタキサンチンの場合には 100 万円/g であり、燃料の数百万～1000 万倍の価格である。微細藻類からカロテノイドを油脂と共に抽出して併産できれば、藻類バイオ燃料の社会実装に寄与できる。

表 2-1 従来の超臨界二酸化炭素抽出法で藻類から抽出可能な有用物質

(背景が灰色は現地の土着藻類に含まれる種)

Sample sources	Operating conditions	Extracted bioactive compounds
<i>Botryococcus braunii</i>	40 °C; 30.0 MPa	Hydrocarbons
<i>Chlorella vulgaris</i>	40 °C; 30.0 MPa	Carotenoid
<i>Chlorella vulgaris</i>	40 °C; 30.0 MPa	Antioxidants, carotenoids, fatty acids
<i>Cryptocodinium cohnii</i>	40 – 50 °C; 20.0 – 30.0 MPa	Omega-3 fatty acid
<i>Dunaliella salina</i>	9 – 45 °C; 18.3 – 43.7 MPa	β-Carotene
<i>Dunaliella salina</i>	40 – 60 °C; 10.0 – 50.0 MPa	Carotenoids, Chlorophyll
<i>Haematococcus pluvialis</i>	40 – 90 °C; 30.0 – 64.0 MPa	Astaxanthin
<i>Nannochloropsis gaditana</i>	40 – 60 °C; 10.0 – 50.0 MPa	Carotenoids
<i>Nannochloropsis sp.</i>	40 – 55 °C; 40.0 – 70.0 MPa	Polyunsaturated fatty acids
<i>Scenedesmus almeriensis</i>	32 – 60 °C; 20.0 – 60.0 MPa	β-carotene, Lutein
<i>Spirulina maxima</i>	20 – 70 °C; 10.0 – 18.0 MPa	Fatty acids and carotenoids
<i>Synechococcus sp.</i>	40 – 60 °C; 10.0 – 50.0 MPa	β-carotene, zeaxanthin, Chlorophyll
<i>Synechococcus sp.</i>	50 – 60 °C; 35.8 – 50.0 MPa	β-carotene
<i>Spirulina platensis</i>	55 – 75 °C; 22.0 – 32.0 MPa	Antioxidants
<i>Spirulina platensis</i>	53 °C; 48.7 MPa	Chlorophyll a
<i>Spirulina</i>	40 °C; 31.6 – 48.4 MPa	γ-linolenic acid
<i>Spirulina platensis</i>	35 – 83 °C; 7.9 – 36.1 MPa	Vitamin E
<i>Spirulina maxima</i>	50 – 60 °C; 10.0 – 35.0 MPa	γ-linolenic acid
<i>Haematococcus pluvialis</i> , <i>Arthrospira maxima</i>	60 °C; 30.0 MPa	Carotenoids
<i>Chlorella pyrenoidosa</i>	32 °C; 40.0 MPa	Antioxidants, Carotenoids
<i>Spirulina pacifica</i>	40 – 80 °C; 15.0 – 35.0 MPa	Carotenoids, β-carotene, β-cryptoxanthin, Zeaxanthin
<i>Chlorella pyrenoidosa</i>	50 °C, 25.0 MPa	Antioxidants, Carotenoids

### (3) 研究題目 3 : 「藻類残渣の活用方法の検討」

研究グループ D (リーダー: 東京農工大 オンウォナ アジマン スィアウ)

#### ① 研究題目 3 の当初の計画 (全体計画) に対する当該年度の成果の達成状況とインパクト

油脂抽出後の藻類残渣を内蔵させるアグリマットの製作では、南アフリカ共和国で持続可能な低環境負荷であると共に低コスト化を重点にし、二種類の接着剤を使用したアグリマット製造技術を開発した。ひとつは低環境負荷のイソシアネート系接着剤を使用したホットプレス方式である。もう一方は、熱エネルギーを使用せず、かつカージャッキを利用した手動圧縮手段で常温加圧接合が可能あり、人用の下剤薬や耕作地肥料としても使用され、海水を原料とする酸化マグネシウム (MgO) を接着剤として使用した環境無負荷の MgO 常温加圧方式によるアグリマット製造技術を開発し、実用性を確認した。また、前年度に設置した卓上ホットプレスを使用し、最適なマット製造条件を考慮した現地設置用のアグリマット製造装置の作製仕様を作成し、JICA 予算による名古屋大学の発注・製作業務を支援した。作製された実機の運転・調整を実施し、前記マット製造条件による、現地で容易に入手できるバガス (サトウキビの糖絞り粕) を素材としたマットサイズ 250mm×500mm×約 15mm (厚さ) のホットプレス方式のアグリマット、およびマットサイズ 300mm×500mm×約 15mm (厚さ) の MgO 常温加圧方式のアグリマットを試作し、装置の仕様達成を検証した。また、前記装置で試作したアグリマットの降雨透水性や保水性および表土流出防止機能を、小型人工降雨装置やミニ人工降雨装置を用いて評価した。

さらに、アグリマット内に自然軽石のパーライト粒 (園芸用) を両方式で均一に内蔵させることにより保水性を大幅に向上させるアグリマット製造技術を開発し、実機で製造できることを実証した。

また、2017 年度に南アフリカ共和国の現地 A R C に提供した国内市販の舗装用アグリマット (揖斐郡森林組合製) が現地トウモロコシ畑に敷設され、表土流出、雑草防止等の機能を評価中であることを 2018 年 10 月に現地会議で確認した。

#### (i) アグリマット製造装置を使用したホットプレス方式によるアグリマット製造方法

低環境負荷のイソシアネート系接着剤を使用したホットプレス方式の特徴は、中温の加熱温度と加圧により短時間でアグリマット製造が可能であることであり、製造コストを低く抑えることができる。製造検討結果は、様式 0 4 の非公開情報欄で報告する。

#### (ii) アグリマット製造装置を使用した MgO 常温加圧方式によるアグリマット製造技術

MgO 添加による常温接合法は、日本で開発された技術であり、海水から製造されるにがり成分の MgO 粉末と水を混合し、水酸化マグネシウムの自硬性により、混合する木質材を自然乾燥で固着する技術である。MgO は元来肥料成分であり使用後は破碎して農耕地に無害還元できゼロエミッション性が高い。製造検討結果は、様式 0 4 の非公開情報欄で報告する。

#### (iii) アグリマットおよびパーライト添加アグリマットの強度、保水機能の検討

試作したアグリマットの曲げ強度および曲げ弾性率を三点曲げ試験により評価した。イソシアネート系接着剤を用いたマット (以下、接着剤マットと称する) の強度・弾性率に及ぼす繊維粗さ、密度、お

よび吸水性を向上させるために添加したパーライト添加量の影響を検討した。繊維粗さは、公称目開き 9.5mm のふるいを用いて、ふるいを通ったものを細かい繊維（図中の Fine）、残ったものを粗い繊維（図中の Coarse）とした。それぞれの繊維を用いて密度  $\rho = 0.2 \sim 0.7 \text{g/cm}^3$  の範囲でマットを作成した。パーライトを添加したマットは、パーライトを重量比  $\phi = 0 \sim 40 \text{ wt. \%}$  の範囲とした。パーライトマットの密度はおよそ  $\rho = 0.4 \text{g/cm}^3$  と一定とした。一方、MgO をバインダーとして用いたアグリマット（以下、MgO マットと称する）は公称目開き 9.5mm のふるいを通った細かい繊維のみを用いて作成した。バガスに対する MgO の重量分率は 15 wt. %、26 wt. %、37 wt. %とした。

全ての試験片は 250mm×250mm のマットから卓上丸鋸で切出して作成した。切り出した後の試験片の平均寸法は接着剤マットで幅  $b = 29.3 \text{mm}$ 、長さ  $L = 200.1 \text{mm}$ 、厚さ  $t = 11.8 \text{mm}$ 、MgO マットで幅  $b = 30.0 \text{mm}$ 、長さ  $L = 200.8 \text{mm}$ 、厚さ  $t = 10.2 \text{mm}$  であった。試験片寸法の計測にはノギスを用いた。試験前に試験片を乾燥させるため、60°C の恒温槽で 12 時間処理を行った。

曲げ試験には万能試験機（AG-Xplus 50kN, 島津製作所製）を用いて、負荷速度 10mm/min で行った。負荷は三点曲げ治具を用いて行った。曲げスパンは  $L = 150 \text{mm}$  とした。荷重点および支持点の半径はそれぞれ 5mm と 0.32mm であった。図 2-3-1 に試験構成を示す。



図 3-3-1 曲げ試験の構成

最大応力  $\sigma_U$  の算出には以下の式を用いた。

$$\sigma_U = \frac{3P_U S}{2bt} \quad (3-3-1)$$

ここで、 $P_U$  は最大荷重、 $S$  は曲げスパンである。

曲げ弾性率  $E$  の算出には以下の式を用いた。

$$E = \frac{S^3}{4bh^3} \frac{dP}{d\delta} \quad (3-3-2)$$

ここで、 $dP/d\delta$  は試験中の荷重—変位線図における線形域の傾きであり、本試験では最大荷重の 10～50%を線形域と仮定し、その範囲のデータ点を最小二乗近似することで傾きを算出した。図 3-3-2 に接  
【平成 30 年度実施報告書】【190531】

着剤マットの強度と密度の関係を示す。密度が上昇するに従い、強度が上昇する傾向が確認された。また、密度が  $\rho = 0.4\text{g/cm}^3$  を超えた付近で曲げ強度の増加量が上昇する傾向がみられた。繊維粗さについては細かいもののほうが荒いものよりもやや強度が高い傾向が確認できた。

図 3-3-3 に接着剤マットの曲げ強度に及ぼすパーライト含有率の影響を示す。パーライトの含有量が増加するに従い、強度が低下する傾向が確認された。

図 3-3-4 に MgO マットの曲げ強度に及ぼす MgO 含有率の影響を示す。MgO マットは成形圧力が低いため、密度も平均で  $\rho = 0.24\text{g/cm}^3$  と低い。そのため、強度も同密度の接着剤マットと同程度のオーダーとなった。また、MgO が均一に分散しておらず、空隙が多数確認された。破壊はこの空隙が起点となっており、製造時に MgO 均一に分散させ、空隙を減らすことで強度の向上が見込めることが示唆された。MgO の含有量が増加すると強度が一度減少し、上昇する傾向が図からは確認されるが、試験片ごとのばらつきが多いため、MgO の含有量が強度に及ぼす影響はさらなる試験が必要であると考えられる。

図 3-3-5 に接着剤マットの曲げ弾性率と密度の関係を示す。曲げ弾性率は強度と同様に密度が上昇するに従い上昇する傾向が確認された。この傾向はほかの種類マットでも同様であり、強度と曲げ弾性率は強い相関関係を有することが示唆される。

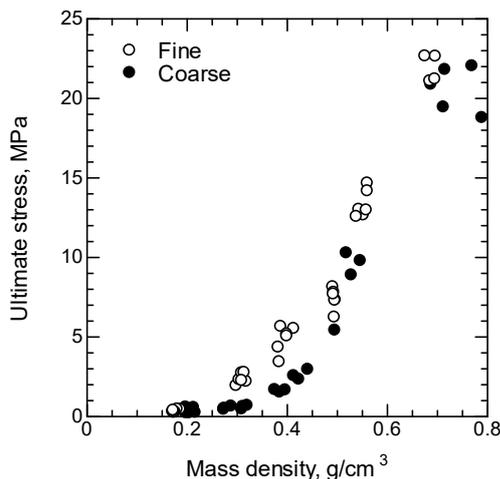


図 3-3-2 曲げ強度と密度の関係 (接着剤マット)

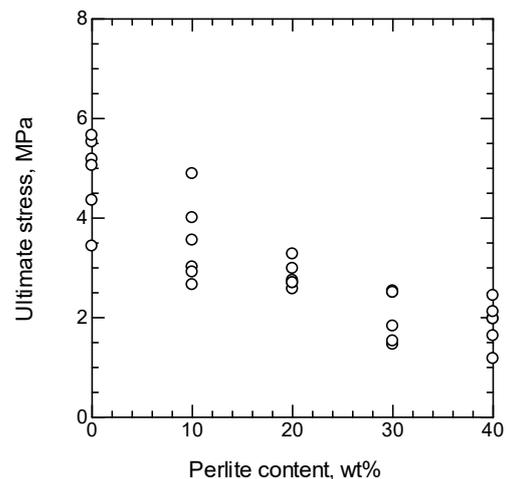


図 3-3-3 曲げ強度とパーライト含有率の関係

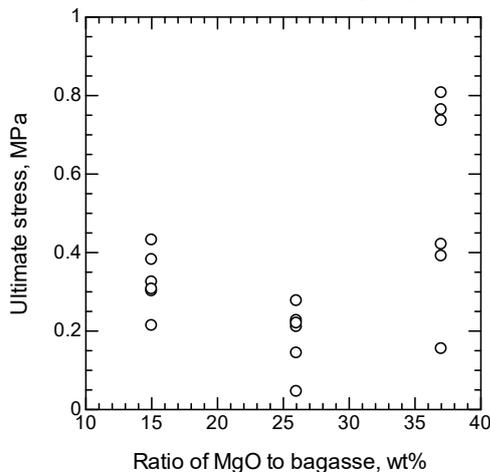


図 3-3-4 曲げ強度と MgO 含有率の関係

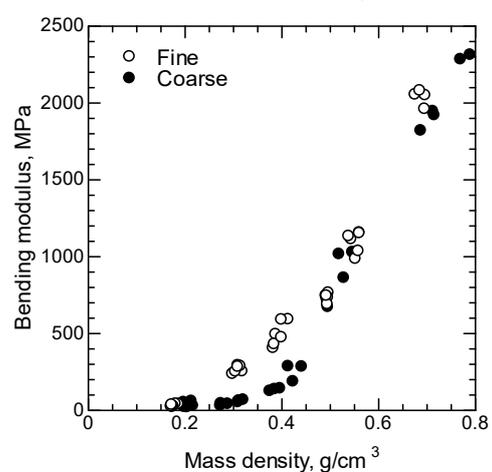


図 3-3-5 曲げ弾性率と密度の関係 (接着剤マット)

試作したアグリマットの吸水特性を評価した。接着剤マットでは強度試験の場合と同様に繊維粗さ、

密度、および吸水性を向上させるために添加したパーライト添加量の影響調べた。MgO マットでは MgO 添加量の影響を調べた。浸漬試験に用いた試験片は、曲げ試験後の試験片から卓上丸鋸盤を用いて切り出した。切り出した後の試験片の寸法は約 30×30mm の正方形とした。すなわち、板厚は曲げ試験に用いたものと同様である。

浸漬試験は JIS A 5905 を参考に、水中に 24 時間マットを浸漬させた。吸水厚さ膨張率は次式で算出した。

$$TS = \frac{t_2 - t_1}{t_1} \quad (3-3-3)$$

また、吸水率は次式で算出した。

$$WA = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \quad (3-3-4)$$

ここで、 $m$  および  $t$  はそれぞれ試験片の重量と板厚を表し、下付き添え字 1 は試験片浸漬前、下付き添え字 2 は試験片浸漬後を表す。

図 3-3-6 に吸水厚さ膨張率と密度の関係を示す。繊維が細かい場合には、密度が上昇するにしたがってほぼ線形に吸水厚さ膨張率が増加した。一方、繊維が荒い場合には密度が  $\rho = 0.3 \sim 0.4 \text{g/cm}^3$  にかけて吸水厚さ膨張率が上昇し、それよりも密度が大きい場合には吸水厚さ膨張率がやや減少した。繊維が荒い場合は細かい場合よりも吸水厚さ膨張率が大きくさらにばらつきも大きいことから、繊維が細かい場合には寸法安定性が高いことが示唆された。

図 3-3-7 に吸水率と密度の関係を示す。密度が細かい場合、荒い場合双方で密度の上昇に伴い吸水率が減少する傾向が確認された。密度が荒い場合には細かい場合よりも吸水率が高かった。

図 3-3-8 に吸水率とパーライト含有量の関係を示す。パーライト含有量が 20% まではやや吸水率が低下したものの、20% を超えると吸水率が増加し、パーライトによりマットの吸水性向上が可能であることが示唆された。

図 3-3-9 に MgO マットの吸水率に及ぼす MgO 含有率の関係を示す。MgO マットでは接着剤マットよりも吸水率が高い傾向が確認された。たとえば、同密度の細かい接着剤マットと比較して吸水率はおよそ 4 倍であった。

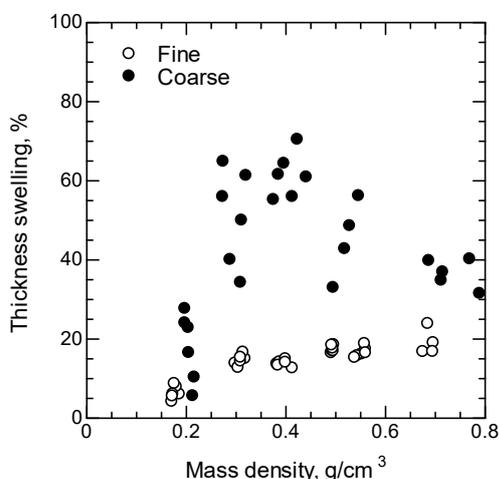


図 3-3-6 吸水厚さ膨張率と密度の関係 (接着剤マット)

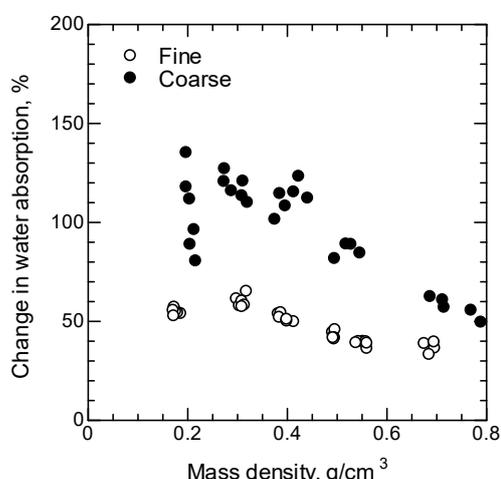


図 3-3-7 吸水率と密度の関係 (接着剤マット)

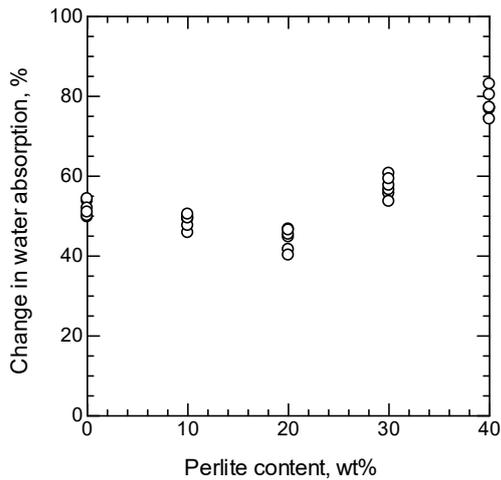


図 3-3-8 吸水率とパーライト含有率の関係

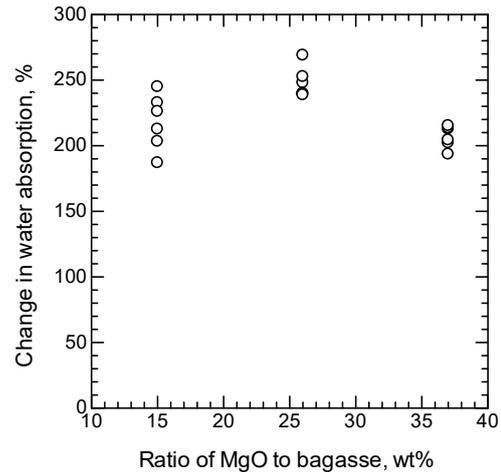


図 3-3-9 吸水率と MgO 含有率の関係

#### (iv) 藻類を含有したアグリボードの製造とその評価

前年度報告したシームプレス法（湿った木質チップを密閉加圧容器内で高温処理し、高圧熱水反応により自己接合させる方式）により紛体状藻類（油未抽出品）を含有したアグリマットを試作し、マット含水率、藻類含有率を求めた。

素材のファイバーは(株)ホクシン製の広葉樹ファイバー、藻類は(一社)藻類産業創成コンソーシアム製のイカダモ類を主成分とした油未抽出の藻類を用いた。アグリマットの目標密度は  $0.4 \text{ g/cm}^3$  とし、アグリマット含水率を 10、30、50%、藻類含有率を 0、10、20、30% とした。また、一般的にアグリマット製造に用いられる合成樹脂接着剤等の添加物は使用しなかった。

全乾のファイバーに規定量の水を噴霧し、一日養生後、藻類を添加した。その後アグリマットを形成し仮圧縮後に熱圧縮した。圧縮条件は圧縮温度  $150^\circ\text{C}$ 、圧縮時間 10 分とした。試験は JIS A 5905 に準じて曲げ強さ試験、はく離強さ試験、吸水厚さ膨張率試験、JIS A 1412-2 に準じて熱伝導率試験を行った。さらに、24 時間水浸漬前後の質量から吸水率を求めた。また、乾湿繰り返し試験(4 時間水浸漬、20 時間  $60^\circ\text{C}$  で乾燥を繰り返して行い厚さ変化を求める)から耐久性能を評価した。

アグリマットはほとんどの製造条件で製造できた。しかし、アグリマット低含水率ではファイバーへ藻類の付着が少なく、特に高藻類含有率のアグリマットは製造できなかった。また、アグリマット含水率 50%、藻類含有率 0% では製造したすべてのアグリマット内部に割れが確認されたが、そのほかのアグリマットについて割れは確認されなかった。

図 3-3-10 に曲げ強さ試験の結果を示す。同アグリマット含水率において藻類含有率 10% 以上では有意差は見られなかった。そのため、藻類を含有した場合において、藻類含有率は曲げ強さに影響を与えないと推測された。また、割れが確認されたアグリマット含水率 50%、藻類含有率 0% を除いてアグリマット含水率の増加により曲げ強さは増加した。よって、藻類の細胞破壊により内部から接着を増す成分が放出されたものと考えられるが、油抽出後の藻類残渣で同様な効果が発生するかどうか不明である。

図 3-3-11 にはく離強さ試験の結果を示す。藻類含有率の増加によりはく離強さは増加した。また、藻類含有率が 20% 以上の場合、アグリマット含水率の増加によりはく離強さは増加した。

図 3-3-12 に吸水厚さ膨張率試験の結果を示す。アグリマット含水率の増加により吸水厚さ膨張率は減

少傾向を示した。また、同じマアグリマット含水率において藻類含有率 10 %以上では有意差は見られなかった。そのため、藻類を含有した場合において、藻類含有率は吸水厚さ膨張率に影響を与えないと推測された。

以上のことから、アグリマット含水率の増加により曲げ強さは増加し、吸水厚さ膨張率は減少した。はく離強さは藻類含有率が高い場合、アグリマット含水率の増加により増加した。また、藻類含有率の増加によりはく離強さは増加したが、曲げ強さ、吸水厚さ膨張率は藻類含有率 10 %以上において変化しなかった。

## ②研究題目 3 のカウンターパートへの技術移転の状況

2018 年 11 月に、南アフリカ共和国から 2 名の研修員が来日し、アグリマット製造装置を使用し低環境負荷のイソシアネート系接着剤を用いたホットプレス方式によるアグリマット製造方法と、酸化マグネシウム (MgO) を接着剤として使用した環境無負荷の MgO 常温加圧方式によるアグリマット製造方法を実習し、両製造方法を取得した。

3 月末に国内輸出を 4 月に現地輸入手続きを完了し、ホットプレス方式と MgO 常温加圧方式によるアグリマット製造装置を現地に向け発送した。装置は 4 月下旬に現地に着し、5 月上旬に東京農工大学アジマン・スィアウ准教授の指導の基に ARC の建屋内に設置・試運転を行い、技術移転を終了した。

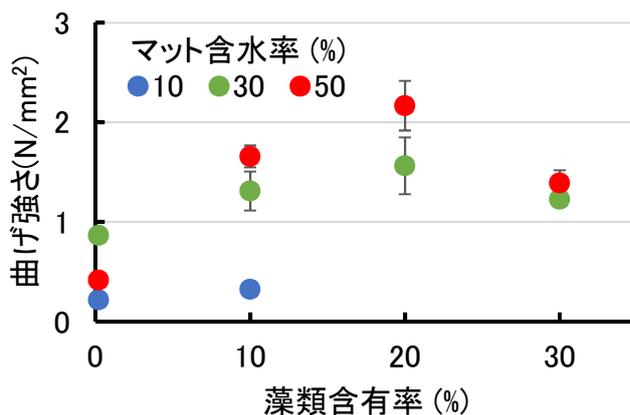


図3-3-10 曲げ強さ試験結果

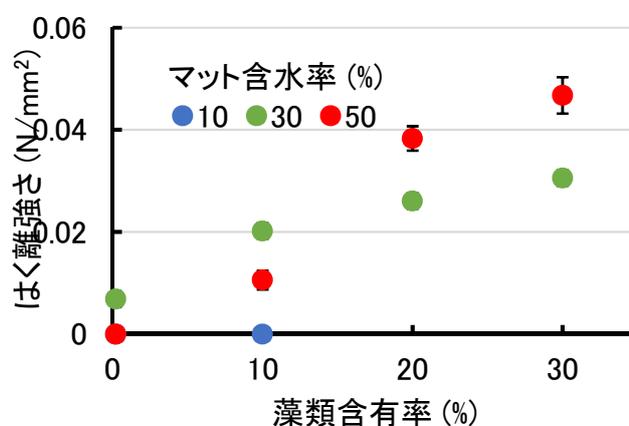


図3-3-11 はく離強さ試験結果

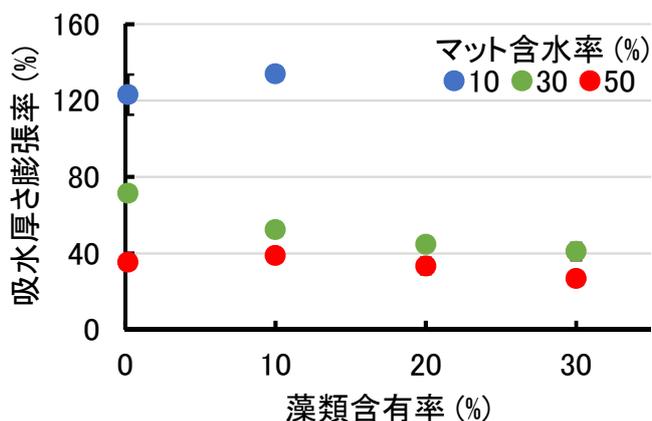


図3-3-12 吸水厚さ膨張率試験結果



図 3-3-13 ARCに荷受け後のアグリマット製造装置



図 3-3-14 ホットプレス機の移動



図 3-3-14 ホットプレス機の組立



図 3-3-15 現地バガスで試作したホットプレス式アグリマット（仕上がり度合良好）

### ③研究題目3の当初計画では想定されていなかった新たな展開

アグリマットに添加、評価できる油抽出後の藻類残渣が入手できなかったため、国内における同類残渣を含有したアグリマットによるフィールド評価ができなかった。2019年5月にアグリマット製造装置が現地に搬入され、現地下水処理場で生産される大量の藻類を使用したアグリマットの製造、評価が6月以降実施される予定である。



③研究題目 4 の当初計画では想定されていなかった新たな展開

本項目については、H29 年度に非公開情報として報告済みの内容と同じである。

④研究題目 4 の研究のねらい (参考)

微細藻類油脂抽出装置の開発は世界で初めて、リッターレベルの容積の抽出槽を備えた液化 DME による微細藻類からの油脂抽出装置であり、本装置を作成することによって、世界で初めて抽出油脂の保有熱量の範囲内の消費エネルギーで抽出油脂を獲得するとともに、詳細な油脂性状の分析を可能にするものである。また、微細藻類油脂抽出装置と微細藻類回収装置の運転を通して、その微細藻類・水・油脂・DME・残渣などの物質収支と、DME のロス分・消費電力・太陽熱温水量などからエネルギー収支を明らかにすることを狙いとする。また、研究題目 3 でのアグリマット製造に要する微細藻類の残渣を数～数十 kg オーダーで作成可能になる。これらを総合して、環境ビジネスモデルや産業人材育成を検討するうえでの指針を提供するとともに、工学的な技術側面でも将来的にさらに大型の実用機を開発する際に克服すべき技術課題を明らかにする。

⑤研究題目 4 の研究実施方法 (参考)

液化ジメチルエーテルを用いる微細藻類油脂抽出装置を、名古屋大学による設計に基づいて装置を製作する方式で製作した。また、ダーバン工科大学が保有する培養池の規模に見合うことを目指して、予算の範囲内で開発可能な最大の規模として、抽出槽のサイズが 30L の装置を開発することとした。

微細藻類回収装置については、予算の範囲内で調達可能で、商業ベースで既に導入実績がある実績があり、比較的省エネルギー性に優れる装置を選定した。また、タイムスケジュールの遅れを

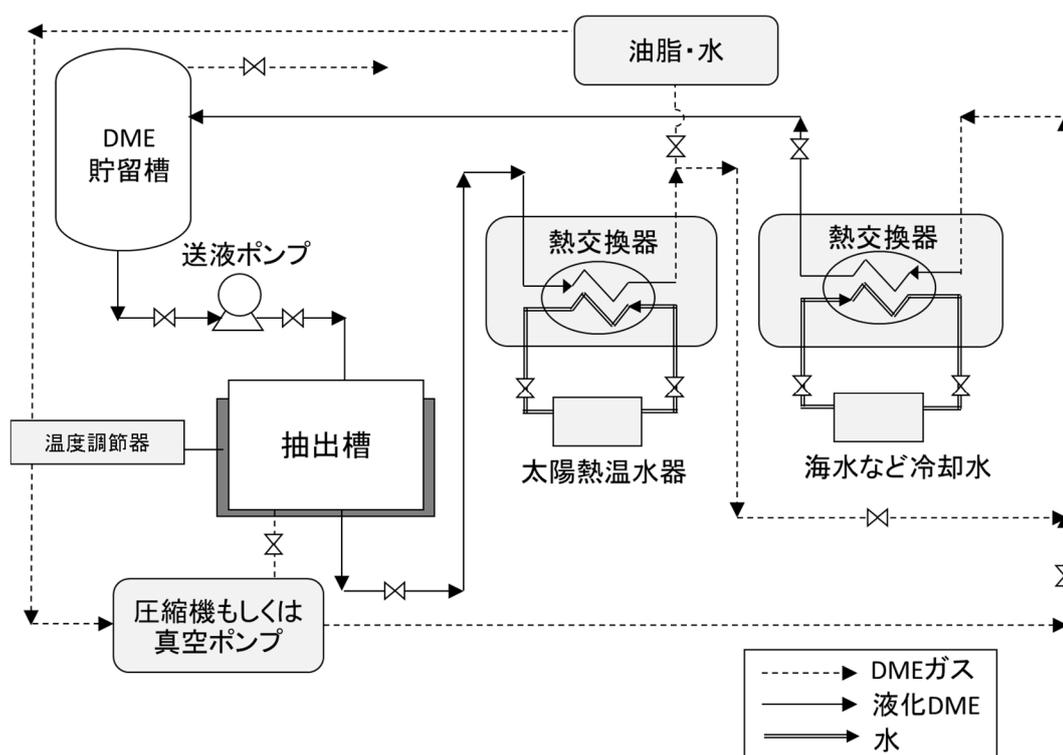


図 4-2 微細藻類油脂抽出装置の基本構成

最小限に留めることや、将来的なスケールアップ、消費エネルギーの低減の余地がある点も、機器選定において重視した。

まず、南アフリカ共和国にインストールする液化 DME を抽出溶媒に用いる藻類油脂抽出装置の基本構成を名古屋大学において再構築した。その結果は図 4-2 の通りであり、まずジメチルエーテル貯留槽から抽出槽へと液化 DME が送液ポンプで送られる。その際に油脂と水が抽出された後に、熱交換器 (Evaporator) において、太陽熱温水を加熱媒体に用いて DME が蒸発する。この熱交換器において水と油脂が分離される。その際、2017 年度の研究題目 2 で判明したとおり、DME によって分離された水を 60°C、1 気圧に加熱・減圧して、この水に溶存する DME ガスの量を低減する。蒸発した DME ガスは冷却水によって再び液体となり、再び貯留槽に蓄えられ、装置内を循環利用される。

この基本構成をもとに、同装置の配管計装図 (PID) を図 4-3 に示すように名古屋大学が作成した。PID は、配管とプロセスと他の機器や計測器との相互作用を示すダイアグラムである。また、配管計装図には、設計圧力や、主要装置の出力やサイズ、装置内での微細藻類によるフィルター閉塞などによる圧力異常上昇に対するインターロックの仕組みなどに関する記載が、バルブや安全弁の位置、圧力計や温度計と各種の制御機器との接続などとともに詳細に記載されている。PID に示すように、現段階では先述の水への溶存 DME を回収する機構は同装置には付属されていないが、水への溶存 DME ガス量は、ほぼ平衡論的に決定されることから、本部分の DME ロスに伴うエネルギー損失量は推算可能である。また、将来の実用時の開発フェーズでも、製作に際しての技術的な大きな困難はないと思われる。

本プロジェクトで開発する、「高含水の微細藻類を乾燥させることなく、液化 DME で油脂を抽出する藻類油脂抽出装置」は、微細藻類においては、これまで卓上レベルでも世界的に研究代表者

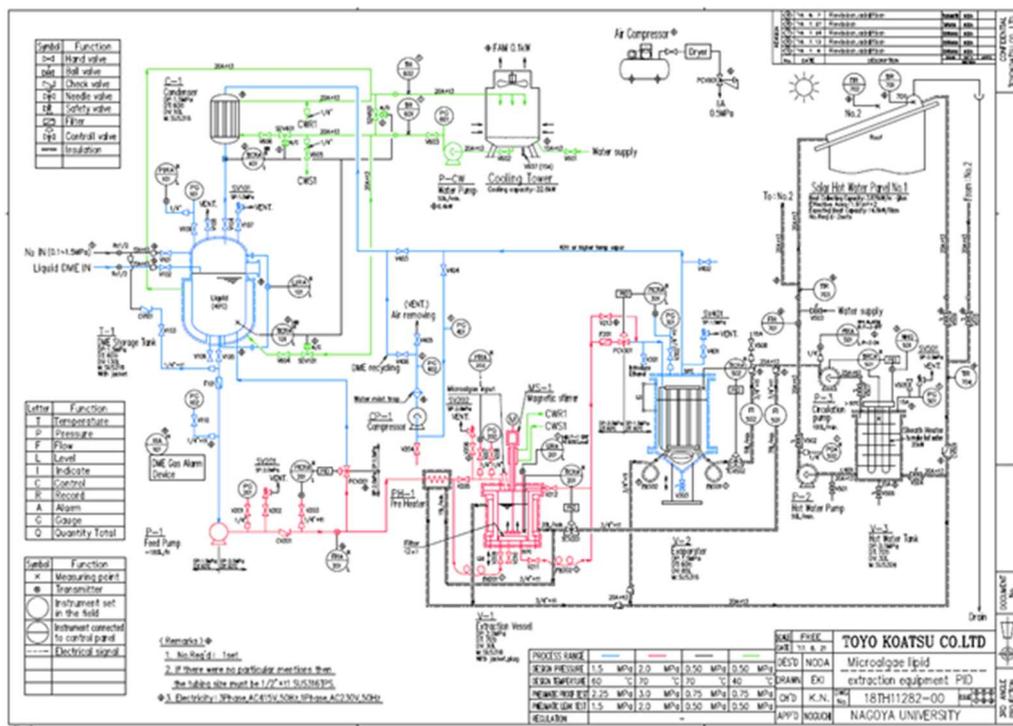


図 4-3 微細藻類油脂抽出装置の PID

が作製ただけであり、抽出槽 30L 規模のスケールでは世界で初めて開発するものである。熱交換器などの設計については、2017 年度に名古屋大学が再計算した結果を採用した。

PID に示すように、装置は液化 DME の貯留槽 (PID の左の DME Storage tank)、液化 DME を送液するポンプ (PID の左下の Feed pump)、液化 DME によって微細藻類から油脂を抽出する抽出槽 (PID の下側の中央～左寄りの Extraction vessel)、DME を蒸発する熱交換器 (PID の下側の中央～右寄りの Evaporator)、蒸発した DME ガスが凝縮する熱交換器 (PID の左上の Condenser) が閉ループを構成する構造となっている。Extraction vessel と Evaporator は、太陽熱で温水を製造する給湯器 (PID の右上の Solar hot water panel) と太陽熱温水を貯蔵する容器 (PID 中の右下の Hot water tank) と連結されている。Hot water tank には電気ヒーターが内蔵されているが、これは雨天や夜間における試験の際に、雨天や夜間による給湯器の出力低下を補うためである。

30L の抽出槽に水分 80% の微細藻類を 10kg ほどを粗く充填して、カラム流通式で抽出することを想定しており、その際に必要となる液化 DME は 148.9L (=94.7kg) になると考えている。過去の研究で、水が全て液化 DME で抽出される時点で、油脂も完全に抽出されることが判明している。油脂の含有量が乾燥重量比で 30% の場合には、94.7kg/h の液化ジメチルエーテルで 0.6kg/h の油脂が抽出できる。

この液化 DME を 1 時間で蒸発させるには 10.5kW の蒸発潜熱と 30℃→40℃への顕熱が必要である。本装置に接続する太陽熱温水製造ユニット (ノーリツ製) の出力は、0.322KW/m<sup>2</sup> であるので、

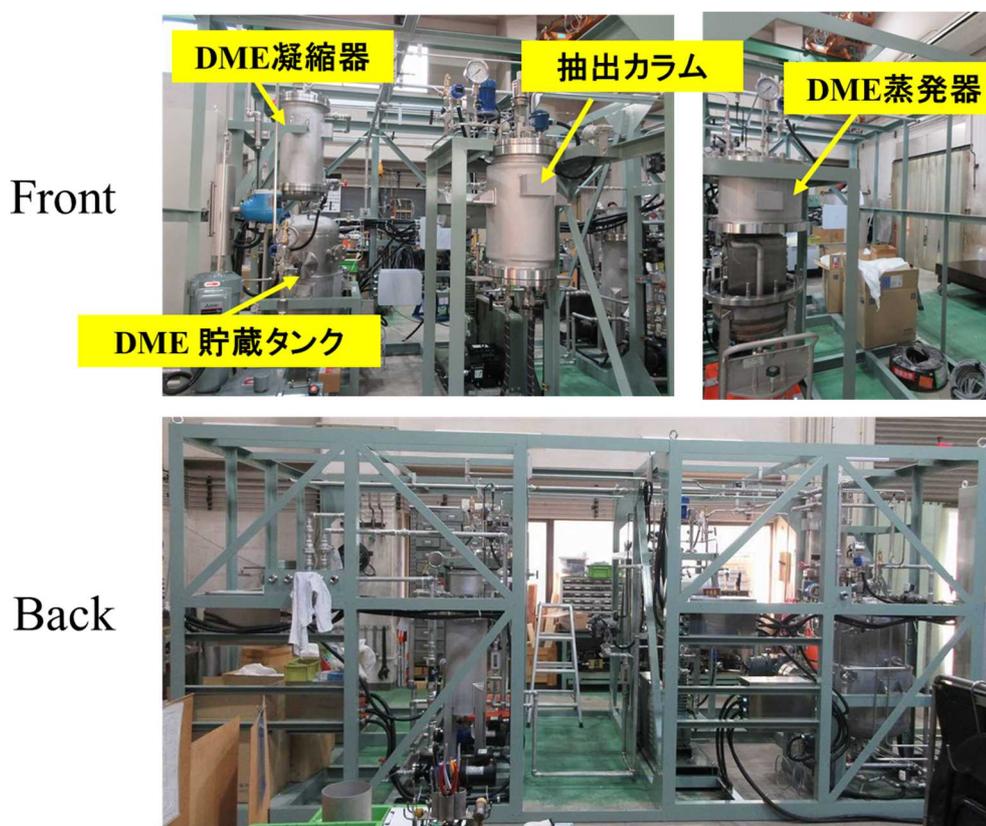


図 4-4 微細藻類油脂抽出装置の外観 (正面と背面からの図)

太陽熱温水製造ユニットの面積は 32.6m<sup>2</sup> 必要となり、現実的な面積で熱量を賄えることを確認した。

なお、地球大気表面の単位面積に垂直に入射する太陽の仕事率を表す太陽定数は 1.366kW/m<sup>2</sup> であり、東京の夏至の正午では快晴時に 1.059kW/m<sup>2</sup>、冬至は 0.538kW/m<sup>2</sup> が地表面が受け取る仕事率である。一般に太陽熱温水器のエネルギー効率は 40~60%であり、太陽の高度を考慮して太陽熱温水器を傾けて設置することも考慮すると、0.322kW/m<sup>2</sup> の値は妥当な性能である。

本プロジェクトでは、現地の設置箇所の地盤状態から、設置できる面積に制約があるので、現実には 32.6m<sup>2</sup> の太陽熱温水製造ユニットの一部 (12m<sup>2</sup> 程度) を設置し、残りを補助的な電気ヒーターによる加熱で補助して、模擬的に 70°C 程度の太陽熱温水をエネルギー源とする本コンセプトの妥当性を確認する。この太陽熱温水で Extraction vessel と Evaporator が加温される。Condenser は、冷却水を冷やす装置 (PID 中の上方の中央に位置する Cooling tower) と連結されており、冷却水で DME ガスが凝縮する。凝縮した液化 DME は再び貯留槽に蓄えられて再利用される。

2018 年度は微細藻類油脂抽出装置の製作を進め、図 4-4 に示すように 2018 年に本装置の製作を完了し、先述の通り 2019 年 1 月に南アフリカ共和国ダーバン工科大学の研究者に対して、日本で本装置の運転訓練を実施した。2019 年 5 月現在、南アフリカ共和国ダーバンに到着して免税手続きが完了している。2019 年 6 月に据付工事と試運転、ならびに運転訓練を南アフリカ共和国ダーバン工科大学の研究者に対して実施する。

次に藻類回収装置として選定した Decanter centrifuge について説明する。Decanter centrifuge として、例えば海外の Flottbek 社, AlfaLaval 社, Westfalia 社が販売しているものの、微細藻類に特化されていない。これらは一般的な Decanter centrifuge であり下図のような構造を有している。これらの装置は、微細藻類 (図 4-5 中 solid) を抜き出す位置が、分離液 (図 4-5 の effluent) よりも軸の中心に近い。このために、遠心力によって decanter の外周部に濃縮された微細藻類を、軸中心部に向けてスクリーンで掻き出す必要があるものの、微細藻類は数ミクロン m 程度の大きさであるので、スクリーンに引っ掛ける方式では装置外に排出できない。

これに対して、巴工業が特許を有する BDN Decanter centrifuge は、図 4-6 の構造となっている。微細藻類 (図 4-6 の Algae) を抜き出す位置が、分離液 (図 4-6 の effluent) の排出位置よりも外周寄りになっている。このために、スクリーンで掻き出さなくても分離液にかかる遠心力で、微細藻類を押し出して排出できる。

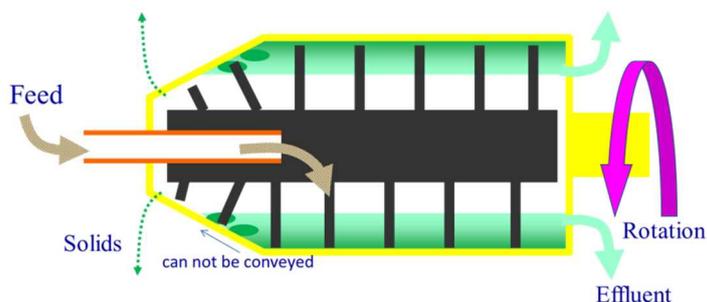


図 4-5 一般的な Decanter centrifuge の構造

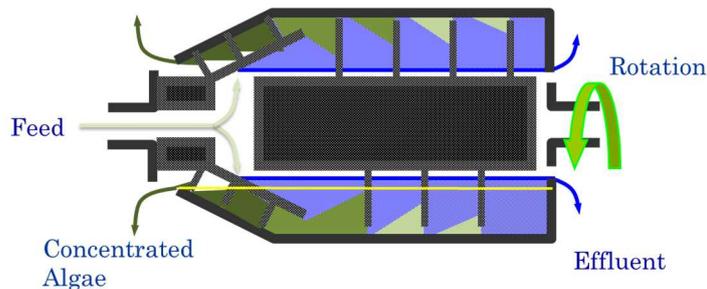


図 4-6 巴工業 BDN Decanter centrifuge の構造

また本装置は連続的に微細藻類を排出できる利点がある。さらに、事前に凝集剤を用いて微細藻類を濃縮できる。消費エネルギーは濃縮後の微細藻類の培養液の処理体積に大きく依存し、仮に微細藻類を凝集剤で 1/10 の体積に濃縮できれば、回収した微細藻類の体積基準で、消費エネルギーは 1/10 へと劇的に減少できる。

また本装置は、既に国内外の微細藻類を大量培養して商業化している企業に納品されて、実稼動した実績があり、耐久性やメンテナンス製についても実用に適うことも確認した。



図 4-7 Kingsburgh 水処理場で稼動した微細藻類回収装置の外観

同装置の主要スペックは、最大遠心力 3100G、培養液の最大処理能力 7ton/h である。現在は現地にて、遠心力や、培養液の処理速度の最適化作業を継続している。現時点では、含水率 85～89% の微細藻類が回収されている（図 4-8）。この含水率は、微細藻類に典型的な値である。液化 DME 抽出法は、含水率 80～90% の微細藻類に適用できるので、微細藻類油脂抽出装置への投入には大きな問題は無い。しかしながら、DME の利用量を低減するには、回収する微細藻類の含水率の低減が重要であるので、運転条件の最適化によって微細藻類含水率の 80% 程度への低減を目指す。

また、300ton 培養池と回収装置から排出される分離液の微細藻類の濃度を DUT が解析中であり、この解析結果から微細藻類の回収率が明らかになる。

実験題目 1 の結果から、微細藻類の 300ton 培養池における濃度は大凡 1600ppm であり、油脂の含有量は 30%であることが判明している。処理速度 7ton/h、遠心力 1500G における同装置の遠心分離装置の消費エネルギーが 3.93kW であるので、受電端効率 0.369、油脂の保有熱量を 33.8MJ/kg、微細藻類の回収率を  $a$ (kg/kg)と仮定すると、一次エネルギー換算で微細藻類の油脂の保有熱量の  $33.8/a$  (%)のエネルギーで、微細藻類を回収できる見込みである。これ以外の条件としては、処理速度 7ton/h、遠心力 2100G における同装置の遠心分離装置の消費エネルギーが 5.20kW であり、同様に計算すると、微細藻類の油脂の保有熱量の  $44.7/a$  (%)のエネルギーで回収できる見込みである。 $a$  の値はダーバン工科大学が解析中ではあるが、同装置から排出される分離液の色は、図 4-9 のように明らかに薄いことから、回収率  $a$  の値は 1 に近いと推測している。 $33.8/a$  や  $44.7/a$  (%)といった値は、同装置のカタログスペックと試験管レベルのスピンテストの結果から昨年度に試算した 54.5%と矛盾が無い値であり、これに近い結果が得られる可能性が高いと期待している。今後も回収率と消費エネルギーに着目して装置の運転条件を最適化する。



図 4-8 微細藻類回収装置で回収された微細藻類



図 4-9 微細藻類回収装置から排出された分離液

(6) 研究題目 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」

研究グループ F（リーダー：愛知淑徳大学 渡邊聡）

①研究題目 5 の当初の計画（全体計画）に対する当該年度の成果の達成状況とインパクト

2018 年度の研究では、本プロジェクトにおけるビジネスモデル構築に当たり、南アフリカ共和国のバイオ燃料生産と市場に関する現状分析を行うことで、本プロジェクトにおける藻類バイオ燃料生産と普及におけるベネフィットとリスクを明らかにすることとした。

IEA(2017)などの公的資料によれば、南アフリカのバイオエネルギー供給は 2014 年に再生可能エネルギーが 648 PJ であり、そのなかでバイオエネルギーが 98.6%を占める。一次エネルギー消費に占める化石燃料エネルギーの割合は 1990 年から 2010 年にかけて増加したものの、2010 年以降は再びバイオエネルギーのシェアは増えている。

表 5-1 は南アフリカの主なバイオ燃料生産と普及に関する政策をまとめたものだが、2007 年にバイオ燃料産業への優遇策を盛り込んだバイオ燃料産業戦略（IBS）をはじめ、再生可能エネルギー産業の育成に向けた 2011 年の再生可能エネルギー独立電力生産者プログラム（REIPPP）や第一次産業政策アクションプラン（IPAP）で再生可能エネルギーからの公共調達やバイオ燃料生産者への価格補助や産業補助政策を取りまとめた。また、2014 年にはバイオ燃料生産者へ保有資産価値の 15%の収益を保証する計画を策定するなど、南アフリカにおいてバイオ燃料生産者のコスト負担を軽減する措置はさまざまに取り入れられて売ることがわかった。

表 5-1 南アフリカ共和国の主なバイオ燃料生産と普及に関する政策

Date	Main Policies	Contents e.t.c.
Dec, 2007	the Industrial Biofuels Strategy (IBS)	Policy framework to stimulate a biofuels industry in South Africa (DME, 2007)
Mar, 2011	the Renewable Energy Independent Power Producer Programme (REIPPP)	Public procurement programme of onshore wind, solar PV, solar thermal, biomass solid, biogas, landfill gas and small hydro plants
Mar, 2011	the first Industrial Policy Action Plan (IPAP)	Revitalizing Politic Plan of Biofuel industry such as mandatory blending and a price support incentive mechanism for biofuels producers
Jan, 2014	the Draft Position Paper on the South African Biofuels Regulatory Framework	proposing an incentive of a guaranteed return on assets (ROA) of 15% for biofuels manufacturers

（出典）International Energy Agency (IEA) (2017) *IEA Bioenergy Countries' Report-Bioenergy Policies and Status of Implementation*, IEA website

(<https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2016/09/iea-bioenergy-countries-report-13-01-2017.pdf>)をもとに筆者作成。

これらバイオ燃料関連の様々な補助政策の影響もあり、2010 年以降一次エネルギー供給におけるバイオ燃料のシェアは 2010 年の 9.2%から 2013 年の 10.9%とわずかながら増加している（IEA,2017）。また、バイオ燃料消費は 2010 年以降急激に増加しており（USEIA website）、南アフリカのバイオ燃料

市場は拡大しつつある現状である。一方で、バイオ燃料価格は世界的に 2014 年以降 2018 年まで下落傾向であり (USDoE website)、普及に際しては価格低下が市場拡大に寄与していると考えられるが、長期的に市場が存続するためにはバイオ燃料の付加価値を高めること、特に社会的・経済的な持続可能性 (気候変動の軽減に資する脱炭素型燃料や下水処理場の水質改善と残渣の有効利用としての環境効果、新産業の創出に経済効果、地域での雇用創出などの社会効果) を保証できるかが重要となることを示した。

また、2018 年度の研究では、バイオ燃料ならびにアグリマットを用いた有機農作物に関する市場調査のための研究として、本プロジェクトで想定される収益構造、ならびにビジネス上想定される便益とリスクに関して検討した。収益構造は昨年度からの議論を踏襲したうえで、(1)微細藻類由来のバイオ燃料製造・供給、ならびに、(2)アグリマットを用いた有機農業製品の製造・供給、以上二つの収益源が期待できる。また、そのなかでの便益として製品としての高付加価値による経済的利益、化石燃料消費の節約といった環境面での効果、水処理における水質改善などが考えられる。一方でビジネス上のリスクとして、生産コストの高さ、生産量の少なさ、製品品質上の不確実性、製造過程の安全性、製品品質、安定供給などの問題点が挙げられる。このなかで、付加価値を担保するのが製造技術の革新性と環境への配慮ということになる。下記図 5-1 が、本プロジェクトにおける収益構造ならびに想定される便益・リスク構造である。

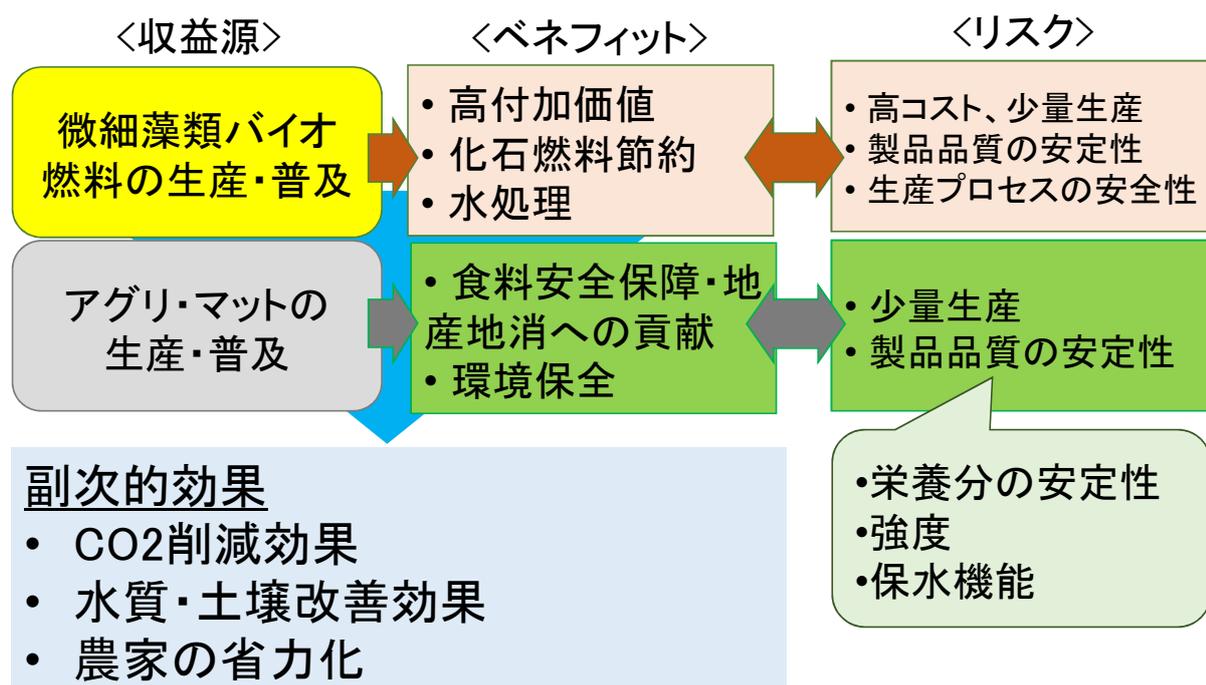


図 5-1 本プロジェクトにおける収益構造ならびに想定される便益・リスク構造  
(出典) 渡邊作成。

2018 年度の研究では、バイオ燃料ならびにアグリマット生産に関して、生産コストとベネフィットについて研究メンバーからのヒアリングを行い、具体的な費用構造と収益構造、さらにはビジネス上のリスクと副次効果を明らかにした。特に費用構造については現地の競合製品との費用面と収益面での優

位性の比較を進めた。

2019年度の研究は、バイオ燃料ならびにアグリマットについて、費用・収益構造の分析、ならびに市場構造の推計を進め、ビジネスモデルの構築を進める。特に、収益として付加価値をどのように創出するかを検討するために、バイオ燃料ならびにアグリマットの事業者にとってのベネフィットと収益性をコストと価格を設定し、シミュレーション研究を行ったうえで、ビジネスモデルの構築を目指す。

②研究題目5のカウンターパートへの技術移転の状況

該当なし。

③研究題目5の当初計画では想定されていなかった新たな展開

該当なし。

④研究題目5の研究のねらい（参考）

環境技術をビジネス化し、社会実装するためには、現地市場の状況（政策・規制などを含む）に合わせたビジネスモデルの構築と、ビジネスに携わる産業人材育成が必要である。研究題目5では、南アフリカ共和国における藻類バイオ燃料生産ビジネスと残渣を用いたアグリ・マット生産ビジネス、およびそれらを用いたビジネスについて、市場調査ならびに政策・規制の調査を行うことで、ビジネスモデルの構築を行う。また、産業人材育成に関して労働者と雇用主との間のスキルのミスマッチについて現地調査を行い、産業人材育成に資する訓練プログラムの策定と政策提言を目指す。

⑤研究題目5の研究実施方法（参考）

ビジネスモデルの構築に当たって、日本の環境改善事例をサーベイして環境ビジネスの成立過程を分析したうえで、南アフリカ共和国の環境政策とビジネスの現状の分析を行う。そのうえで、本プロジェクトの技術的・社会的な優位性とリスクの洗い出しを行い、ビジネスモデルとして可能な要因の抽出を行う。南アフリカ共和国のバイオ燃料市場と有機農業市場に関するデータを収集、分析を行い、市場動向を把握したうえで、技術面でのコスト要因に関する情報を名古屋大学・東京農工大学・DUT・ARCなど本プロジェクトの研究メンバーとの情報共有を行い、具体的なビジネスモデルの設計を行う。

産業人材育成に関して、本プロジェクトの目的と概要、社会実装に向けた考え方を共有するためにハンドブック（1）（2）を作成し、日本・南アフリカ共和国双方の研究者間で、技術的・経済的・社会的なポイントを共有し、実地研修において適宜ハンドブックを活用するなどを行い、双方のミスマッチを狭めるための訓練プログラムを実施する。

## II. 今後のプロジェクトの進め方、および成果達成の見通し（公開）

2000年9月にニューヨークで開催された国連ミレニアム・サミットで採択された国連のミレニアムゴールで示されたように、地球規模の課題を解決するために、日本はその優れた技術で貢献することを目指している。その地球規模の課題とは、開発と貧困問題や、地球温暖化対策等である。地球温暖化対策においては、2015年COP21では、京都議定書に続く、2020年以降の新しい温暖化対策の枠組みが、議論され、パリ協定が採択された。世界196カ国の国・地域がすべて、温室効果ガス削減を約束するのは初めてである。貧困問題に関しては、対象の南アフリカ共和国では所得格差を表すジニ係数が大きく貧困問題が大きい。さらに、近年の経済発展により都市部のエネルギー不足と水不足が深刻になっている。

日本の技術で、従来コストセンターだった下水処理場でのバイオ燃料の生産、二酸化炭素の固定化、緑化支援肥料の生産によるプロフィットセンター化を行い、バイオ燃料の生産を起こすことをめざす国際共同研究である。下水処理場をコストセンターからプロフィットセンターにできるとともに、地球温暖化対策としてのバイオ燃料生産が可能になることは、日本がアフリカなどの途上国の複数の課題解決に大きく貢献できる。

バイオ燃料生産において、最大の問題はエネルギー収支である。バイオ燃料として獲得できるエネルギーよりも、バイオ燃料生産で消費するエネルギーが多い場合、消費エネルギーのコストがバイオ燃料のコストに転嫁されることになる。現状では、消費エネルギーが化石燃料由来で、この消費エネルギー量が微細藻類の保有熱量（残渣も含む）の7倍であるので、必然的に微細藻類由来の燃料は、化石燃料の7倍以上の価格となる。これがバイオ燃料のコストが高い根源的な原因であるので、エネルギー収支を考慮せずに闇雲にコスト削減だけを追い求めても、根源的なコスト高の問題を解決することはできない。また、微細藻類はカロテノイドの様な高付加価値の副産物を合成する場合があります、これを油脂と共に抽出した後に分離できれば、カロテノイド生産で事業収益をあげながら、バイオ燃料を生産できる可能性もある。

また、当初は今ほど重視していなかった、微細藻類からの油脂抽出残渣を活用したアグリマットに対して、南アフリカ共和国 eThekweni 自治政府や ARC の期待が予想以上に高い。さらには、微細藻類の培養池が下水処理場の内部に設置されていることもあり、油脂抽出後の微細藻類残渣だけでなく、下水処理場から排出される下水汚泥も、木質ボード内に複合化して肥料化するといった応用アイデアも生じている。ここで、液化ジメチルエーテル抽出法は、本プロジェクトを開始する前の研究にて、下水汚泥の脱水や脱臭も行えることが判明しており、この脱水・脱臭下水汚泥を用いたアグリマットの製作にも展開できる可能性もある。

先述のエネルギー収支とコストの改善見通しについて、南アフリカ共和国の省庁（例えば、日本の経済産業省の相当する機関）の政府関係者などに情報展開して社会実装の協力を仰ぐ。また、TICADでの展示や、南アフリカに子会社を有する日本企業との連携を試み、現地における社会実装を展開したいと考えている。

### Ⅲ. 国際共同研究実施上の課題とそれを克服するための工夫、教訓など（公開）

#### Ⅳ. 社会実装（研究成果の社会還元）（公開）

##### (1) 成果展開事例

研究題目 3 に関連して、南アフリカ共和国 ARC では、アグリマットを用いた農作物の育成向上に向けた実証試験を行うため、テストフィールドとなる農地を整備した。また、アグリマットの農作物への効果を確かめるための予備実験として、参照系として微細藻類の残渣を導入していないアグリマットを作成して、これを日本から南アフリカ共和国に輸送し、その効果を把握した。その結果、プレトリアにおけるトウモロコシの生育に明らかな改善効果が見られた。

また、南アフリカ共和国に子会社を有している農業関連の日本企業と接触して、アグリマットの南アフリカ共和国国内での販売に向けて協力を要請しているものの、協議を継続している段階である。



図 ARC が保有するプレトリアの農場にてアグリマット（微細藻類残渣濃度 0%）を用いたトウモロコシの栽培状況 左：アグリマット有り 右：アグリマット無し

## (2) 社会実装に向けた取り組み

研究課題5で作成する環境ビジネスモデルに関するハンドブックにより南アフリカ共和国に適したビジネスモデルの提案を行う計画である。これまでに南アフリカ共和国側メンバーと改訂し、現在は改訂を進めているハンドブックについて、今後も改訂を進めて、最終的にはダーバン自治政府（eThekweni 自治政府）に供与して社会実装に向けて活用する。

また、2019年8月に横浜で開かれる TICAD でのブース展開による、招待者への PR、2019年10月に eThekweni 自治政府にて開かれる、南アフリカ国内の全自治政府の水処理関係者の会合での、成果アピールを予定している。また、南アフリカに子会社を有している日本の農業関連企業とのアグリマット活用について協議を進めている。

## V. 日本のプレゼンスの向上（公開）

科学技術上の成果として、液化 DME を用いた抽出法を用いれば、油脂の保有熱量の 19.9%の消費エネルギーで、油脂を抽出できる見込みが判明した。また、藻類回収においても 54.5%程度の消費エネルギーで藻類を回収でき、更に凝集剤を導入すれば、この値は更に低減できる可能性が示された。つまり、微細藻類の保有熱量より少ない消費エネルギーで、微細藻類の回収と油脂抽出を行える。

この基本コンセプトの妥当性を示すことができれば、世界で初めてエネルギー収支がプラスの状態、大量かつ高速に微細藻類からのバイオ燃料生産について、その可能性を示すことができる。これは世界のバイオ燃料生産を一変させるポテンシャルを秘めている。

多方面からの本プロジェクトへの期待を通じて、日本のプレゼンスの向上に寄与するため、本プロジェクトに取り組んでいきたいと考えている。

## VI. 成果発表等【研究開始～現在の全期間】（公開）

## VII. 投入実績【研究開始～現在の全期間】（非公開）

## VIII. その他（非公開）

以上

VI. 成果発表等

(1) 論文発表等【研究開始～現在の全期間】(公開)

①原著論文(相手国側研究チームとの共著)

年度	著者名,論文名,掲載誌名,出版年,巻数,号数,はじめ～おわりのページ	DOIコード	国内誌/ 国際誌の別	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項(分野トップレベル雑誌への掲載など、 特筆すべき論文の場合、ここに明記ください。)

論文数 0 件  
うち国内誌 0 件  
うち国際誌 0 件  
公開すべきでない論文 0 件

②原著論文(上記①以外)

年度	著者名,論文名,掲載誌名,出版年,巻数,号数,はじめ～おわりのページ	DOIコード	国内誌/ 国際誌の別	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項(分野トップレベル雑誌への掲載など、 特筆すべき論文の場合、ここに明記ください。)
2017	Guldhe, A., Kumari, S., Ramanna, L., Ramsundar, P., Singh, P., Rawat, I. and Bux, F., Prospects recent advancements and challenges different wastewater streams for microalgal cultivation. Journal of Environmental Management. 203, 299-315. (2017)	10.1016/j.jenvman.2017.08.012	国際誌	発表済	
2018	Siti Machmudah, Wahyudiono, Hideki Kanda, Motonobu Goto, Supercritical Fluids Extraction of Valuable Compounds from Algae, 22(5) 13-30, (2018)	10.4186/ej.2018.22.5.13	国際誌	発表済	
2018	Ansari, F. A., Gupta, S. K., Nasr, M., Rawat, I. & Bux, F. Evaluation of various cell drying and disruption techniques for sustainable metabolic extractions from microalgae grown in wastewater: A multivariate approach. Journal of Cleaner Production, 182, 634-643.(2018)	10.1016/j.jclepro.2018.02.098	国際誌	発表済	
2018	Gupta, S. K., Kumar, N. M., Guldhe, A., Ansari, F. A., Rawat, I., Nasr, M. & Bux, F. Wastewater to biofuels: Comprehensive evaluation of various flocculants on biochemical composition and yield of microalgae, Ecological Engineering 117, 62-68. (2018).	10.1016/j.ecoleng.2018.04.005	国際誌	発表済	
2018	Guldhe, A., Kumari, S., Ramanna, L., Ramsundar, P., Singh, P., Rawat, I. and Bux, F., Prospects recent advancements and challenges different wastewater streams for microalgal cultivation. Journal of Environmental Management. 203, 299-315 (2017)	10.1016/j.jenvman.2017.08.012	国際誌	発表済	

論文数 5 件  
うち国内誌 0 件  
うち国際誌 5 件  
公開すべきでない論文 0 件

③その他の著作物(相手国側研究チームとの共著)(総説、書籍など)

年度	著者名,タイトル,掲載誌名,巻数,号数,頁,年	出版物の種類	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項
2017	M.Nishimura,S.Watanabe,H.Kanda,M.Yoshida,S.O.Agyeman, S.Yamada "Handbook 1 of SATREPS Project (Original Ver.)", 44pages,		発表済	
2017	M.Nishimura,S.Watanabe,H.Kanda,M.Yoshida,S.O.Agyeman, S.Yamada, I.Rawat, A.D.Nciizah, T.C.Kasie, "Handbook 1 of SATREPS Project (Revised Ver.)", 64pages, 2017年9月		発表済	

著作物数 2 件  
公開すべきでない著作物 0 件

④その他の著作物(上記③以外)(総説、書籍など)

年度	著者名,論文名,掲載誌名,出版年,巻数,号数,はじめ～おわりのページ	出版物の種類	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項
2016	神田英輝、藻類由来バイオ燃料と有用物質、分担執筆12章 低沸点溶媒による高含水微細藻類からの油脂抽出技術、2016年11月、シーエムシー出版	書籍	発表済	
2016	Book chapter*: Rawat, I., Gupta, SK., Shrivastav, A., Singh, P., Kumari, S and Bux, F. Microalgae applications in wastewater treatment in: Algal Biotechnology: Products and Processes. Editors Faizal Bux and Yusuf Chisti, Springer London. ISBN:978-3-319-12333. Pages 249-268 (2016)	書籍	発表済	
2016	神田英輝、後藤元信 液化ジメチルエーテルによる微細藻類からの油脂抽出、分離技術、42(2) 43-48, 2017年3月	総説	発表済	
2018	神田英輝、微細藻類の燃料化の課題と液化ジメチルエーテルによる油脂抽出、環境管理 54(11) 43-48, 2018	総説	発表済	
2018	S.Watanabe "Biofuel Production and Diffusion toward Sustainability:Case of South Africa"「愛知淑徳大学論集-ビジネス学部・ビジネス研究科篇-」第15号、p.61-71	総説	accepted	

著作物数 5 件  
公開すべきでない著作物 0 件

⑤研修コースや開発されたマニュアル等

年度	研修コース概要(コース目的、対象、参加資格等)、研修実施数と修了者数	開発したテキスト・マニュアル類	特記事項
2016	南アフリカ共和国カウンターパートナーの環境ビジネスモデルに関する研修(1回×5人)	SATREPS Handbook 1	

## VI. 成果発表等

## (2) 学会発表【研究開始～現在の全期間】(公開)

## ① 学会発表(相手国側研究チームと連名)(国際会議発表及び主要な国内学会発表)

年度	国内/ 国際の別	発表者(所属)、タイトル、学会名、場所、月日等	招待講演 /口頭発表 /ポスター発表の別
2018	国際学会	Qingxin Zheng (Nagoya Univ.), Wahyudiono, Motonobu.Goto, Ismail Rawat (DUT), Faizal Bux (DUT), Hideki Kanda Lipid Extraction From Wet Microalgae By Liquefied Dimethyl Ether The 7th Asia-Oceania Conference on Green and Sustainable Chemistry (AOC7-GSC), Singapore 2018/11/19-21	口頭発表
			招待講演 0件 口頭発表 1件 ポスター発表 0件

## ② 学会発表(上記①以外)(国際会議発表及び主要な国内学会発表)

年度	国内/ 国際の別	発表者(所属)、タイトル、学会名、場所、月日等	招待講演 /口頭発表 /ポスター発表の別
2016	国内学会	神田 英輝(名古屋大学)、星野倫太郎、村上和弥、小川真輝、勝部翼、岸野光弘、Wahyudiono、後藤元信、微細藻類種による油脂の液化DME抽出挙動の差異と不溶物に対する晶析への応用、分離技術会、日本大学、2016/5/27	口頭発表
2016	国内学会	神田 英輝(名古屋大学)、液化DMEなどの高圧流体を用いた抽出・晶析手法、化学工学会マイクロ化学プロセス分科会討論交流会、三重マリンセンター海の学舎、2016/7/2	招待講演
2016	国際学会	Hideki Kanda (Nagoya University), Energy-saving extraction of lipids from wet microalgae by low-boiling solvent, 11th International Marine Biotechnology Conference, Hyatt Regency Hotel, Baltimore, USA, 2016/8/30	招待講演
2016	国内学会	神田 英輝(名古屋大学)、液化ジメチルエーテルによる微細藻類からの油脂抽出、分離技術会東海地区見学講演会、竹本油脂株式会社、2016/10/11	招待講演
2016	国際学会	Kazuya Murakami (Nagoya University), Rintaro Hoshino, Wahyudiono, Hideki Kanda, Motonobu Goto, Lipid extraction from wet diatom by liquefied dimethyl ether, 1st International Conference on Bioresource Technology for Bioenergy, Bioproducts & Environmental Sustainability, 23-26 Oct. 2016 Sitges, nr Barcelona, Spain	ポスター発表
2016	国際学会	Rintaro Hoshino, Wahyudiono (Nagoya University), Hideki Kanda, Motonobu Goto, Lipid extraction from wet microalgae as biofuel resources by liquefied dimethyl ether, The third International Seminar on Fundamental and Application of Chemical Engineering (ISFACHE) 2016, 2016/11/2-3, Surabaya, Indonesia	口頭発表
2016	国内学会	西村真(東海学園大学)「R&Dにおける技術開発とビジネスモデルについて」科学技術交流財団主催「MOT研修」(2016年11月18日、名古屋商工会議所ビル)	口頭発表
2016	国内学会	Satoshi Watanabe(Suzuka University)“Possibilities of Environmental Technology Transfer toward Newly Industrializing Countries on the International Climate Policy Scheme: Case Study of Clean Development Mechanism to South Africa”国際開発学会第27回全国大会(2016年11月26-27日、広島大学)	口頭発表
2016	国際学会	山田肖子「変化する産業需要に見合う技能形成の課題:アフリカにおける課題と展望」TICAD VIフォローアップ国際シンポジウム『アフリカの持続可能な開発に向けた産業人材育成』国際開発機構・名古屋大学主催、科学技術振興機構後援、東京、2017/2/23	招待講演
2016	国際学会	Shoko Yamada (Nagoya University), 基調講演 DUT及びSAQAが主催するワークショップ「Transitions between education and training institutions and the workplace: the efficacy of training for employment」ダーバン、2016/12/14	招待講演
2016	国内学会	後藤元信(名古屋大学)、液化DMEを用いる抽出手法の最新動向、DMEシンポジウム2017、機械振興会館、2017/3/13	招待講演
2016	国際学会	SiawOnwona-Agyeman (TUAT), Richard AnsongOmari, Naomi Horiuchi, And Yoshiko Kawabata, Evaluating the Mulching Effectiveness of Wood Chips in Field Growth Blueberry, The 11th Asia Pacific Conference on Sustainable Energy & Environmental Technologies, Bihar, India, 2017/3/7	口頭発表
2017	国内学会	神田 英輝(名古屋大学)、液化ジメチルエーテルを用いる抽出・晶析手法、日本材料学会第66期学術講演会、名城大学、2017/5/27	招待講演
2017	国内学会	西村真(東海学園大学)、渡邊聡(鈴鹿大学)、環境改善のためのビジネスモデル、日本機械学会第27回環境工学総合シンポジウム、2017/7/11	招待講演
2017	国際学会	Shoko Yamada “Nagoya University and Research on Skills Development in South Africa: SDGs, decent work, and equity” The Third South Africa-Japan University Forum, Tokyo, Japan 2017/7/16.	招待講演

2017	国際学会	Naomasa Yamamoto (Nagoya University), Kazuya Murakami, Masaki Honda, Wahyudiono, Hideki Kanda, Motonobu Goto Classification of lipid extracted from green microalgae <i>Desmodesmus subspicatus</i> by liquefied dimethyl ether The Second Seminar on JSPS Core-to-Core Program (B. Asia-Africa Science Platforms) “Establishment of Research Hub for Compact Mobility Model in the ASEAN Region” Chulalongkorn University, Thailand, 2017/8/2-3	ポスター発表
2017	国際学会	Siaw Onwona-Agyeman (TUAT), Richard AnsongOmari, Norihide Saho, Akira Mochizuki Eco-mulch production and their beneficial roles in sustainable agriculture The 15th International Conference on Advanced Materials, Kyoto, Japan 2017/8/28- 2017/9/1	口頭発表
2017	国内学会	山本 直将(名古屋大学)・村上 和弥・本田 真己・Wahyudiono・神田 英輝・後藤 元信 液化ジメチルエーテルを用いた微細藻類 <i>Desmodesmus subspicatus</i> からの油脂抽出及び脂質クラス分析、化学工学会 第49回秋季大会、名古屋大学、2017/9/22	口頭発表
2017	国際学会	Naomasa Yamamoto (Nagoya University), Kazuya Murakami, Masaki Honda, Wahyudiono, Hideki Kanda, Motonobu Goto Classification of lipid extracted from microalgae <i>Nannochloropsis oceanica</i> by liquefied dimethyl ether, The 11th International Conference on Separation Science and Technology、韓国・釜山 海雲台(ヘウンデ)グランドホテル、2017/11/9-11	ポスター発表
2017	国際学会	Kazuya Murakami, Wahyudiono(Nagoya University), Hideki Kanda, Motonobu Goto Direct Extraction and Fractionation of Lipid from <i>Nannochloropsis oceanica</i> by Liquefied Dimethyl Ether The 24th Regional Symposium on Chemical Engineering, Semarang, Indonesia, 2017/11/15-16	口頭発表
2017	国内学会	神田 英輝(名古屋大学)、低沸点弱極性溶媒による微細藻類からの油脂抽出とスキヤホールド作成への応用、JST-CREST「藻類バイオエネルギー」領域公開シンポジウム、新宿NSスカイカンファレンス、2017/11/30	招待講演
2017	国際学会	Hideki Kanda (Nagoya University), Wahyudiono, Motonobu Goto, Lipid Extraction from Wet Microalgae by Liquefied Dimethyl Ether, Supergreen 2017, the 10th International Conference on Supercritical Fluids, Nagoya University, Nagoya, 2017/12/1-3	招待講演
2017	国際学会	Naomasa Yamamoto (Nagoya University), Kazuya Murakami, Masaki Honda, Wahyudiono, Hideki Kanda, Motonobu Goto Lipid extracted from green microalgae <i>Desmodesmus subspicatus</i> by liquefied dimethyl ether and its classification Supergreen 2017, the 10th International Conference on Supercritical Fluids, Nagoya University, Nagoya, 2017/12/1-3	ポスター発表
2017	国内学会	神田 英輝・山本 直将・村上 和弥・星野 倫太郎・Wahyudiono・後藤 元信 液化ジメチルエーテルによる高含水微細藻類からの油脂抽出装置の開発 化学工学会第83年会、関西大学、2018/3/14	口頭発表
2017	国内学会	岸基生・佐保典英・近江正陽・Onwona-Agyeman Siaw 藻類を添加したファイバーボードを用いた農業用マルチング材の開発 第68回日本木材学会大会、京都府立大学、2018/3/14-16	ポスター発表
2017	国内学会	若松建吾・宮川典子・佐保典英・近江正陽・Onwona-Agyeman Siaw パーティクルボードを用いた農業用マルチング材の開発 第68回日本木材学会大会、京都府立大学、2018/3/14-16	ポスター発表
2018	国内学会	神田 英輝(名古屋大学)、乾燥や細胞破壊が不要な微細藻類からの油脂抽出技術、分離技術会、日本大学、2018/5/26	招待講演
2018	国際学会	Motonobu Goto (Nagoya Univ.), N. Yamamoto, Q. Zheng, M. Honda, Wahyudiono, H. Kanda Development of biofuel production process from wet microalgae by liquefied dimethylether The 14th edition of the International Conference on Renewable Resources & Biorefineries, Ghent, Belgium 2018/5/30-6/1	口頭発表
2018	国際学会	Hideki Kanda(Nagoya Univ.), Qingxin Zheng, Wahyudiono and Motonobu.Goto Energy-saving lipid extraction from et microalgae by liquefied dimethy ether Grand renewable exery 2018 international conference and exhibition、Pasifico Yokohama, Japan 2018/6/17-22	口頭発表
2018	国内学会	神田 英輝(名古屋大学)、亜臨界流体のバイオ燃料の抽出やナノ複合粒子のプラズマ合成への利用、化学工学会超臨界流体部会サマースクール、金沢、2018/7/31-8/1	招待講演
2018	国内学会	神田 英輝(名古屋大学)、亜臨界流体中の抽出分離とプラズマ反応、化学工学会東海支部 未来の化学工学を考える会、愛知県知多郡、2018/9/3-9/4	招待講演
2018	国内学会	神田 英輝(名古屋大学)、液化ジメチルエーテル抽出法による微細藻類の燃料化におけるエネルギー収支の改善、化学工学会第50回秋季大会、鹿児島、2018/9/18-20	招待講演

2018	国際学会	Naomasa Yamamoto (Nagoya University), Qingxin Zheng, Hideki Kanda, Motonobu Goto Lipid profile in liquified dimethyl ether extraction from microalgae Chlorella vulgaris The 7th Asia-Oceania Conference on Green and Sustainable Chemistry (AOC7-GSC), Singapore 2018/11/19-21	ポスター発表
2018	国際学会	Wahyudiono (Nagoya Univ.), Qingxin Zheng, Hideki Kanda, Motonobu.Goto Lipid Recovery from Wet Desmodosmus sp for Biofuel Production by Liquefied Dimethyl ether Indonesia Malaysia Research Consortium Seminar 2018、Surabaya, Indonesia 2018/11/21-22	口頭発表
2018	国際学会	Jiraratchwaro Charoen, Siaw Onwona-Agyeman, Suzuki Yutaka, Watanabe Hirozumi. Overflow and Permeability characteristics of Mulching Boards by using rainfall simulator. The 2nd International Conference on Environment, Livelihood and Service (ICELS 2018), Bangkok, Thailand 2018/11/19-2018/11/22	口頭発表
2018	国際学会	Siaw Onwona-Agyeman(TUAT), Richard Ansong Omari, Norihide Saho, Jiraratchwaro Charoen, Benjamin Edward Sabi. Evaluation of Compressed Biodegradable Mulching Boards in Sustainable Agriculture. The 2nd International Conference on Environment, Livelihood and Service (ICELS 2018), Bangkok, Thailand 2018/11/19-2018/11/22	口頭発表
2018	国際学会	Siaw Onwona-Agyeman, Richard Ansong Omari, Norihide Saho, Norihide Saho, Jiraratchwaro Charoen, and Sota Oshima. Development and Evaliation of Mulching Boards Fabricated from Bagasse 28th Annual Meeting of MRS-J、Kitakyushu International Coference Center, 2018/12/10-14	口頭発表
2018	国際学会	Sota Oshima, Onwona-Agyeman Siaw, Norihide Saho Development and Evaliation of Mulching Boards Fabricated from Bagasse 28th Annual Meeting of MRS-J、Kitakyushu International Coference Center, 2018/12/10-14	ポスター発表
2018	国内学会	神田英輝(名古屋大学)、乾燥工程が不要な微細藻類からの油脂抽出手法について、JCOAL技術者セミナー、東京、2019/3/12	招待講演
2018	国内学会	櫻木 優治・(名古屋大学)・山本 直将・鄭 慶新・ Wahyudiono・神田 英輝・後藤 元信、液化ジメチルエーテルを用いる微細藻類からの油脂抽出プロセスの収支計算、化学工学会第84年会、芝浦工業大学、2019/3/13	ポスター発表
2018	国内学会	岸基生・佐保典英・Onwona - Agyeman Siaw・近江正陽 藻類を添加したファイバーボードの農業用マルチング材としての評価 第69回日本木材学会大会、函館アリーナ、2019/3/14-16	ポスター発表
2018	国内学会	若松建吾・佐保典英・Onwona - Agyeman Siaw・近江正陽 マルチング材用パーティクルボードの性能評価 第69回日本木材学会大会、函館アリーナ、2019/3/14-16	ポスター発表

招待講演	16 件
口頭発表	15 件
ポスター発表	11 件

VI. 成果発表等

(3) 特許出願【研究開始～現在の全期間】(公開)

①国内出願

	出願番号	出願日	発明の名称	出願人	知的財産権の種類、出願国等	相手国側研究メンバーの共同発明者への参加の有無	登録番号 (未登録は空欄)	登録日 (未登録は空欄)	出願特許の状況	関連する論文のDOI	発明者	発明者所属機関	関連する外国出願※
No.1													
No.2													
No.3													

国内特許出願数 0 件  
公開すべきでない特許出願数 0 件

②外国出願

	出願番号	出願日	発明の名称	出願人	知的財産権の種類、出願国等	相手国側研究メンバーの共同発明者への参加の有無	登録番号 (未登録は空欄)	登録日 (未登録は空欄)	出願特許の状況	関連する論文のDOI	発明者	発明者所属機関	関連する国内出願※
No.1													
No.2													
No.3													

外国特許出願数 0 件  
公開すべきでない特許出願数 0 件

VI. 成果発表等

(4) 受賞等【研究開始～現在の全期間】(公開)

①受賞

年度	受賞日	賞の名称	業績名等 (「〇〇の開発」など)	受賞者	主催団体	プロジェクトとの関係 (選択)	特記事項
2017	2017/11/11	Best poster award	Classification of lipid extracted from microalgae Nannochloropsis oceanica by liquefied dimethyl ether	(Nagoya University) Naomasa Yamamoto, Kazuya Murakami, Masaki Honda, Wah yudiono, Hideki Kanda, Motonobu Goto	分離技術国際会議	1.当課題研究の成果である	

1 件

②マスコミ(新聞・TV等)報道

年度	掲載日	掲載媒体名	タイトル/見出し等	掲載面	プロジェクトとの関係 (選択)	特記事項

0 件

VI. 成果発表等

(5) ワークショップ・セミナー・シンポジウム・アウトリーチ等の活動【研究開始～現在の全期間】(公開)

① ワークショップ・セミナー・シンポジウム・アウトリーチ等

年度	開催日	名称	場所 (開催国)	参加人数 (相手国からの招聘者数)	公開/ 非公開の別	概要
2015	2015/7/23	日本南ア合同グループリーダー会議	eThekweni municipality (南アフリカ共和国)	6人(2人)		MOU、POの締結に向けた調整会議
2015	2015/7/24	日本南ア合同グループリーダー会議	ダーバン工科大学(南アフリカ共和国)	20人(16人)		MOU、POの締結に向けた調整会議
2015	2015/9/3-4	日本南ア合同グループリーダー会議	ダーバン工科大学(南アフリカ共和国)	32人(23人)		MOU、POの締結に向けた調整会議
2015	2015/9/4-5	日本南ア合同グループリーダー会議	eThekweni Water Service(南アフリカ共和国)	15人(6人)		MOU、POの締結に向けた調整会議
2015	2015/11/16	相手国側研究者を招聘して開催した会議	名古屋大学	15人(8人)		MOU、POの締結に向けた調整会議
2016	2016/4/11	日本側全体会議	名古屋大学	6人		調整会議
2016	2016/5/9	日本側全体会議	名古屋大学	7人		調整会議
2016	2016/5/31	愛知県立安城南高校の総合学習授業	名古屋大学	32人	公開	アウトリーチ活動 対象・高校3年生31名、引率教員1名
2016	2016/6/20	日本側全体会議	名古屋大学	8人		調整会議
2016	2016/6/21	昴学園高校のキャリア形成授業	鈴鹿大学	82人	公開	アウトリーチ活動 対象・高校1年生78名、引率教員4名
2016	2016/7/28	日本側全体会議	名古屋大学	6人		調整会議
2016	2016/8/17	日本側全体会議	名古屋大学	5人		調整会議
2016	2016/9/2	日本南ア合同グループリーダー会議	ARC(南アフリカ共和国)	15人(6人)		調整会議
2016	2016/9/6	日本南ア合同グループリーダー会議	eThekweni municipality (南アフリカ共和国)	15人(6人)		調整会議
2016	2016/9/6	日本南ア合同グループリーダー会議	ダーバン工科大学(南アフリカ共和国)	21人(12人)		調整会議
2016	2016/9/12	日本側全体会議	名古屋大学	7人		調整会議
2016	2016/10/18	日本側全体会議	名古屋大学	11人		調整会議
2016	2016/10/19	あいちサイエンスフェスティバル2016 サイエンストーク	名古屋市内	23人	公開	アウトリーチ活動 対象・一般市民(高校生以上)
2016	2016/11/22	日本側全体会議	名古屋大学	11人		調整会議
2016	2016/12/13	日本側全体会議	名古屋大学	6人		調整会議
2016	2017/1/17	日本側全体会議	名古屋大学	7人		調整会議
2016	2017/2/20-2	相手国側研究者を招聘して開催した会議	名古屋大学	10人(5人)		次回JCC開催に向けた調整会議・南アフリカ共和国駐日大使館 Mabuza Eudy公使がオブザーバーとして参加し謝辞を頂いた。
2016	2017/2/23	TICADVI Follow Up・International Symposium "Industrial Skills Development for the Sustainable Growth in Africa"	JICA国際会議場	約220人(5人)	公開	戸田隆夫JICA上級審議役、堤敦司JST SATREPS研究主幹(東京大学教授)に開会挨拶を頂いた。登壇者(招聘者): 富田洋行 JICA産業開発・公共政策部 課長、レンマ・テシヨメ エチオピア連邦民主共和国教育省副大臣、ジュリー・レディー 南アフリカ共和国・技能認定機構Deputy CEO、白戸圭一 三井物産戦略研究所 中東アフリカ室主席研究員
2016	2017/3/17	日本側全体会議	名古屋大学	7人		調整会議
2017	2017/4/4	日本側全体会議	名古屋大学	6人		装置調達に関する会議
2017	2017/4/5	JICAとの会議	JICA中部	6人		装置調達に関する会議
2017	2017/5/1	日本側全体会議	名古屋大学	4人		法人・日立製作所を交えた装置調達に関する会議
2017	2017/5/31	日本側全体会議	JST	6人		法人・日立製作所を交えた装置調達に関する会議
2017	2017/10/5	科学技術省との会議	科学技術省(南アフリカ共和国)	9人(6人)		JCCIに向けた調整会議
2017	2017/10/5	日本南ア合同グループリーダー会議	ARC(南アフリカ共和国)	9人(6人)		JCCIに向けた調整会議

2017	2017/10/6	日本南ア合同グループリーダー会議	ダーバン工科大学(南アフリカ共和国)	9人(6人)		JCCに向けた調整会議
2017	2017/10/17	日本側グループリーダー会議	東京農工大学	3人		アグリマット製作プレス機に関する会議
2017	2017/11/9	日本南ア合同グループリーダー会議	科学技術省(南アフリカ共和国)	20人(15人)		JCCに向けた調整会議
2017	2017/12/14	日本側グループリーダー会議	名古屋大学	3人		産業人材育成に関する会議
2017	2018/3/21	名古屋大学オープンレクチャー	名古屋大学	約50人	公開	名古屋大学機関における一般公開によるアウトリーチ活動
2018	2018/5/8	日本南ア合同グループリーダー会議	名古屋大学東京オフィス	10人(5人)		日本が開発中の藻類油脂抽出装置、藻類回収装置、アグリマット製造プレス機の開発・インストールのスケジュールについて会議
2018	2018/10/3	科学技術省との会議	科学技術省(南アフリカ共和国)	10人(7人)		JCCに向けた調整会議
2018	2018/10/4	日本南ア合同グループリーダー会議	ARC(南アフリカ共和国)	10人(7人)		JCCに向けた調整会議
2018	2018/10/5	日本南ア合同グループリーダー会議	ダーバン工科大学(南アフリカ共和国)	8人(5人)		JCCに向けた調整会議
2018	2018/10/25	福島県立福島高校の総合学習授業	名古屋大学	5人	公開	アウトリーチ活動 対象・高校2年生5名
2018	2018/10/30	日本南ア合同グループリーダー会議	科学技術省(南アフリカ共和国)	15人(10人)		JCCに向けた調整会議
2018	2019/3/21	名古屋大学オープンレクチャー	名古屋大学	約40人	公開	名古屋大学機関における一般公開によるアウトリーチ活動
2019	2019/4/1	日本側グループリーダー会議	東京農工大学	5人		装置インストール後の現地活動に関する調整会議

43 件

②合同調整委員会(JCC)開催記録(開催日、議題、出席人数、協議概要等)

年度	開催日	議題	出席人数	概要
2017	2017/11/10	JCC	約20名	ダーバン工科大学(南アフリカ共和国)、油脂抽出装置と藻類回収装置を、当初予定していた企業以外から調達する新たな方針について協議した。南アフリカ共和国Department of Science and Technologyから、特定企業の都合より、プロジェクトの成功を優先した判断だとコメントを頂き、方針変更を合意した。
2018	2018/10/31	JCC	約20名	Department of Science and Technology(南アフリカ共和国)、日本における藻類油脂抽出装置と藻類回収装置の開発が順調で、2019年2~4月に順次南アフリカ現地にインストール可能であると日本側から報告した。南アフリカ側からは300tonオープンポンドでの微細藻類の培養が順調だが、税務当局との情報交換が円滑に行かず、日本から供与される装置の通関時に付加価値税の立替払い(当初予定外)が生じる可能性がある旨と、南アフリカJICAが南アフリカ側を支援して問題解決に当たっている旨の報告があった。

2 件

# 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3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"> <li>・二酸化炭素の大幅な固定化</li> <li>・世界初の藻類由来バイオ燃料の高効率抽出法の開発</li> <li>・藻類残渣によるアフリカの農業の発展</li> <li>・成果活用による日本の産業の国際競争力の向上</li> </ul>
科学技術の発展	<ul style="list-style-type: none"> <li>・微細藻類からのバイオ燃料抽出技術の開発</li> <li>・微細藻類残渣を用いた保水・栄養維持可能なアグリマツ生産技術の開発</li> </ul>
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"> <li>・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</li> <li>・微細藻類、下水汚泥、木質チップを用いた農業マツ生産技術</li> </ul>
世界で活躍できる日本人人材の育成	・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	・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"> <li>・国際会議での発表</li> <li>・国際的なレビュー付雑誌への共著論文の掲載</li> <li>・ビジネスモデルや技術に関するハンドブック</li> </ul>

## 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

