

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

終了報告書

国際共同研究期間*1

平成 28 年 3 月 30 日から令和 4 年 3 月 31 日まで

JST 側研究期間*2

平成 27 年 6 月 1 日から令和 4 年 3 月 31 日まで

(正式契約移行日 平成 27 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該年度末

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（公開）

太陽光発電や風力発電が急速に普及しつつある現在でも、大気中の二酸化炭素を固定する方法として植物による光合成が重要である。また近い将来の化石資源の枯渇も懸念されており、生活に必要な様々な有機化合物を持続的に生産するにも、石油代替品としての意味合いから植物からの油脂の生産が重要となっている。しかし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が世界の耕作面積の14.3倍、ヤトロファで1.3倍となり、これらで油脂生産量を賄うのは困難である。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現実的ではない。このため、光合成能力に優れた微細藻類からの油脂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油脂の生産速度を有する。このように持続可能な石油代替品の製造、特にバイオエネルギー生産を実現するには、微細藻類からの油脂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（油脂だけでなく残渣も含む）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。

南アフリカ共和国政府は2019年10月18日、2030年までのエネルギー政策を定めた電力統合資源計画（IRP）を発表した。2030年時点での77,834MWの発電のうち、エネルギー別の電源比率は、石炭43.0%、再生可能エネルギー39.6%、天然ガス/ディーゼル8.1%、揚水6.4%、原子力2.4%、その他0.5%となっている。現在主流の石炭火力発電所は現在建造中のメデュピ、クシレ発電所を最後に打ち切り、再生可能エネルギーへシフトする。しかし再生可能エネルギーの内訳は、水力5.8%、太陽光10.5%、風力22.5%、太陽熱0.8%となっており、食料生産と競合するバイオマスは含まれていない。このため、ダーバン工科大学では、食料生産と競合しないバイオマスとして、下水処理水を利用して微細藻類を育てる技術の開発を進めていたが、微細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（アグリマット）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(実績)

研究題目・活動	2015年度 (10ヶ月)	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度	2021年度 (12ヶ月)
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		フラスコレベルの培養 下水由来培養液での培養 集団組成の調査		屋外レースウェイ培養 分離・培養		基本特性の調査	
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		装置作成の支援研究 抽出残渣の作成	抽出特性の解明				
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 アグリマットに関するビジネスモデル構築	
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		藻類の回収装置の設計 油脂抽出装置の設計	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	油脂抽出装置の作成と現地への輸送 抽出装置を用いた現地試験	
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-		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 ビジネスモデルのreviewと政府提案の策定	ハンドブック (II) の作成とビジネスモデルの設計		産業人材育成	

(2) 中間評価での指摘事項への対応

中間評価では、日本への留学生、研究生の引受について積極的に進めるよう指示がありました。ダーバン工科大学側の希望により若手研究者が来日して、微細藻類油脂抽出装置の運転技能のトレーニングを受けるなど、プロジェクトの遂行に直結する実践的な内容とした。また、日本側からは大学院生を派遣して現地に微細藻類油脂抽出装置の運転に従事した。

また、微細藻類回収装置や微細藻類油脂抽出装置の調達方法の変更に伴う遅れについては、名古屋大学を中心とした設計・開発に変更することにより、当初予定から半年程度の遅れに留めて2020年4～6月に現地にて運転を開始した。ただし、この半年程度の遅れは、調達の変更によるものではなく、南アフリカ共和国側の税務当局の不手際によるものであり、研究者サイドとしては懸念された遅れをほぼ解消できたと考えている。

(3) 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、この規模では当初の想定を超えて高額になったことから、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り、比較的省エネルギー性に優れた藻類回収装置をインストールした。

液化DMEを用いる藻類抽出装置については、開発体制・予算・スケジュールの側面から、当初計画していた参画企業による開発では無く、名古屋大学が自ら開発・設計して、別企業に作成と現地への設置を発注する調達方式へと変更し、予算・スケジュールを大幅に圧縮した。

産業人材育成に関する研究内容について、2019年9～10月に南アフリカ共和国DSI (Department of Science and Innovation) から、日本側が望む進め方では協力できないとの意向が示され、南アフリカ共和国側研究者と協議した結果、産業人材育成については、南アフリカ共和国内で微細藻類の回収装置・油脂抽出装置・アグリマットの生産装置を持続的に活用できるようにするための技術訓練に注力して、産業人材育成の内容をより実践的にすることとし、2019年10月末のJCCにて正式な合意に至った。

2020年から世界的に流行した新型コロナウイルス感染症(COVID-19)の影響により、同年3月から日本から南アフリカ共和国への新規渡航を無期限で中止するとともに、現地に残って研究活動を行っていた日本人メンバーも3月に日本へと退避する事態となった。そのうえ、3月にJICAの現地調整員が、4月にJICAの南アフリカ共和国事務所のスタッフも所長などの数名を除いて全員が日本へと退避した。

3月24日に南アフリカ共和国大統領がロックダウンの指示を出し、6月現在も南アフリカ共和国側メンバーの一部が自宅待機状態となっている。南アフリカ共和国では一般家庭における通信インフラが脆弱であり、一部のメンバーはテレワークできないことから、感染リスクを承知の上で大学にて職務を続けているような状態である。南アフリカ共和国では2021年5月12日時点で感染者は160万人を超えている。これに加えて南アフリカ型の変異株が発生しているにも拘わらず、2020年10月には経済的な理由でロックダウンが緩和されており、当面の封じ込めが期待できない状況である。こうした状況を鑑みて、JICA、JSTの方針で終了を1年間延長することとなった。

なお、微細藻類の培養や油脂の抽出を実施しているKingsburgh下水処理場にはCOVID-19ウイルスに汚染された糞尿が下水とともに流入している危険があり、当初ダーバン工科大学(DUT)は防護服を着用してKingsburgh下水処理場に立ち入りしていた。しかし、2020年10月時点で当該下水処理場に勤務する職員や警備員の間にはクラスターが発生したという情報がなかったため、DUTの防護服も簡易なものに変更するとともに、南アフリカ共和国在住の邦人の協力も仰いで、日本からのリモート指示に基づいて微細藻類油脂抽出装置で残

渣を製造する作業を再開するとともに、農業研究機構（ARC）に対するリモートでの技術移転に向けた作業を進めている。

2. プロジェクト成果目標の達成状況とインパクト（公開）

(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 Kingsburgh 水処理場において、下水処理水を用いたイカダモヤ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達成した。

微細藻類回収装置と微細藻類油脂抽出装置が、南アフリカ共和国 Kingsburgh 水処理場にて運転を開始した。その結果、微細藻類をバガスと混合して抽出槽に充填することによって、油脂を液化 DME から抽出する事に成功した。また温水で液化 DME を蒸発させた後に、冷却水で凝縮させて溶媒として再利用することに成功した。この抽出技術の成功により、抽出工程での CO₂ 排出量が微細藻類による CO₂ 吸収量を下回る見通しを得た。

微細藻類から油脂を抽出した残渣を草木質バイオマスと混合し高圧プレスすることで作成する板状肥料アグリマットについては、既存の水蒸気共存下で高圧プレスする「高温高圧圧縮成形加工」に比べ、安く簡単にアグリマットを製造できる 2 つの手法を開発した。アグリマットに混合する草木質バイオマスとして様々な材料を試した結果、南アフリカ共和国のダーバンにて未利用で大量に存在するバガスを選定した。またバインダーとして現地でも安価に入手できる MgO 粉末（所謂にがり）、藻類残渣の組み合わせが最も効率よく、環境フレンドリーな材料であることが分かった。南アフリカ共和国 ARC に様々な材料に対応したアグリマット作成装置を設置し、今後の現地での更なる研究・量産が期待できるようになった。

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における大量の窒素肥料の消費、②多量の二酸化炭素排出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乾燥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となって下水二次処理水を培養液として活用することで解決し、②の問題を日本の名古屋大学が中心となって液化 DME を溶媒とする油脂抽出技術を活用することで解決する。

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を有効活用するために、残渣は現地のバガスなどの植物と混合して、高温水蒸気とともにプレスして板状にすることで、南アフリカ共和国の降雨でも流出しない板状の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）

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。従って世界の耕作面積程度の現実的な面積で油脂を生産するには、

微細藻類を用いなければならない。しかし、微細藻類の乾燥や、微細藻類への窒素肥料の添加によって、微細藻類が光合成で獲得した油脂の熱量を遙かに上回るエネルギーが投入される。このエネルギー消費の際に二酸化炭素が排出される。最大の問題は微細藻類の乾燥工程であるが、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したうえで、少ない二酸化炭素排出量で済む手法で油脂抽出できる手法は、代表者の JST さきがけ研究の成果以外には殆ど例が無い。

乾燥工程の問題の本質は、微細藻類からの油脂抽出において用いる溶媒が、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、水との共沸点があるなどの理由で、分離が蒸留工程になる点である。乾燥や水と溶媒との分離において他の燃料を消費することによって二酸化炭素が排出される。本プロジェクトでは、代表者がこれまで JST さきがけ研究で試験管レベルの基礎実験において世界で初めて編み出した、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) を用いた抽出手法を活用する。世界最大級の液化 DME 抽出装置を開発するとともに、二酸化炭素を排出しない太陽熱温水を模擬した 60～70℃の温水で DME を蒸発させることで、二酸化炭素排出量が油脂の保有熱量を下回るような新たな抽出手法の妥当性を実証することが、本プロジェクトの最も重要かつ科学技術・学術上の独創的・新規な点である。

また、微細藻類は窒素の含有量が 5～10%程度と高等植物より数十～百倍も高く、そのためにアンモニア合成を起点とする窒素肥料の消費とその合成における二酸化炭素排出も問題となる。この問題の解決のためには、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により、培養液に投入する窒素肥料の消費量の著しい低減を目指す。

- ・ 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

2019 年度は、藻類回収装置と藻類油脂抽出装置の設置・現地での運転指導に関連して、名古屋大学大学院工学研究科の教員、研究者、大学院生、装置を作成した企業の技術者を延べ大凡 400 人日投入して、藻類回収装置と藻類油脂抽出装置の設置・現地での運転指導を実施した。これにより若手研究者と大学院生の大型装置の運転スキルと、通常の英会話とは異なる技術英語のコミュニケーション能力が著しく向上し、最終的にはダーバン工科大学の若手研究者・大学院生と技術内容についてのコミュニケーションに支障がないレベルに到達できた。また日本側の技術指導の結果、ダーバン工科大学の大凡 12 名の若手研究者・大学院生が運転技能を習得し、その内 3 名の若手研究者は、平常運転時には日本側からの指導がなくても問題無いレベルに到達できた。

また、2019 年 10 月には、南アフリカ共和国チームの主要メンバーが来日して、岐阜県と沖縄県の微細藻類製造企業 (マイクロアルジェ社) の微細藻類培養工場と本社を見学し、食品事業として日本で成立した実例や事業規模について情報収集を行った。2020 年 2 月には南アフリカ共和国農業研究機構から若手研究者が約 2 週間、東京農工大学において、アグリマット製造装置の運転技能に関する訓練を受けている。

しかしながら、2020 年から世界的に流行した COVID-19 の影響により、同年 3 月から日本から南アフリカ共和国への新規渡航を無期限で中止するとともに、現地に残って研究活動を行っていた日本人メンバーも 3 月に日本へと退避した。そのうえ、3 月に JICA の現地調整員が、4 月に JICA の南アフリカ共和国事務所のスタッフも所長などの数名を除いて全員が日本へと退避しており、現在現地調整員は不在の状況である。

このため、名古屋大学が担当する藻類回収装置と藻類油脂抽出装置に関する DUT への運転指導では、南アフリカ共和国在留の邦人に協力を仰ぎ、名古屋大学からのリモート指示に基づいて実施する対応を執っている。また東京農工大学が担当するアグリマットの ARC への作成指導については、東京農工大学にも ARC と同型の装置を設置する作業を進めており、この同型装置を用いてリモートの動画指示による指導に 2021 年度より切り換えた。

(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、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。

最適な培養条件は、下水二次処理水に硝酸ナトリウム 250ppm を添加する条件であり、これは微細藻類に含まれる窒素分のおおよそ 28% に相当する。つまり、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。

これにより環境大気中の二酸化炭素を吸収し、下水処理水からアンモニアイオン、硝酸塩、リン酸塩などの栄養素を吸収して微細藻類を培養できる目処が立った。その後、塩素で下水処理水を滅菌処理した「後塩素処理水 (PCW)」を用いて土着藻類 (クロレラやイカダモ) の培養のスケールアップにも成功した。



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 1000m²) 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)

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、元々ダーバン工科大学が保有する技術を活用するものであるが、培養条件の最適化に際しては、日本側から南アフリカ共和国ダーバン工科大学に供与された、微細藻類回収装置 (最大回収能力 7ton/h)、クロロフィル量測定装置、卓上 Soxhlet 抽出器、分光光度計、グラインダー式細胞破壊装置、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できるようになり、本研究題目の実施に至った。

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

今後周辺のアフリカ諸国へと本技術を展開するにあたって、様々な下水由来の感染症に対応するため、新たに下水処理水を塩素処理した「後塩素処理水」を用いて、300ton レースウェイ培養池を用いた微細藻類の培養実験を行った。これにより、周辺のアフリカ諸国への今後の展開や、現在は衛生面から活用できないカロテノイドなどの副産物を利用へと一歩前進できる。特に現在は COVID-19 の問題もあり、安全に下水由来の培養液を活用するためにも重要な研究成果である。

④研究題目 1 の研究のねらい (参考)

微細藻類の培養に不可欠である窒素肥料の投入量を大幅に削減することで、窒素肥料の源であるアンモニア合成におけるエネルギー消費とそれに伴う二酸化炭素排出量の削減をねらった。

⑤研究題目 1 の研究実施方法 (参考)

Kingsburgh 下水処理場に設置した池から単離した種の培養は、まずストリークプレート法を用いた後に、100 mL フラスコの標準 BG11 培地を用いて行い、20 L まで段階的にスケールアップする継代培養により微細藻類のスクリーニングを実施した。この間の培養は室温 (22±2°C) で、16 : 8 時間の明期 : 120 μmol m⁻² s⁻¹ の明度での暗期のサイクルで維持した。

300,000 L (300ton) 培養液のレースウェイポンドでの栽培のためには、総微細藻類量の 10%に近い細胞量を準備することが不可欠であり、これは培養の際に混入する別の微生物を排除するため、つまり別の微生物に対して増殖過程で一定の優位を保つために必要である。いわゆる「種培養」は、Kingsburgh 下水処理場に併設された 3000 L の円形の小型池でイカダモやクロレラを栽培することにより開発され、これにより屋外での純化とスケールアップが可能になった。培養条件は、水温 20~25° C、自然光条件 (200~1200 μmol m⁻² s⁻¹) で、110 L min⁻¹ の流速の水中ポンプによって混合と曝気を行った。この培養には 3000L の池を合計 7 つ用いて実施された。実験室から大規模な微細藻類の培養への過程を以下に示す。種培養は、まず標準的な成長培地で屋外条件に順応させた後に、次に下水処理水中で増殖させることで行われた。

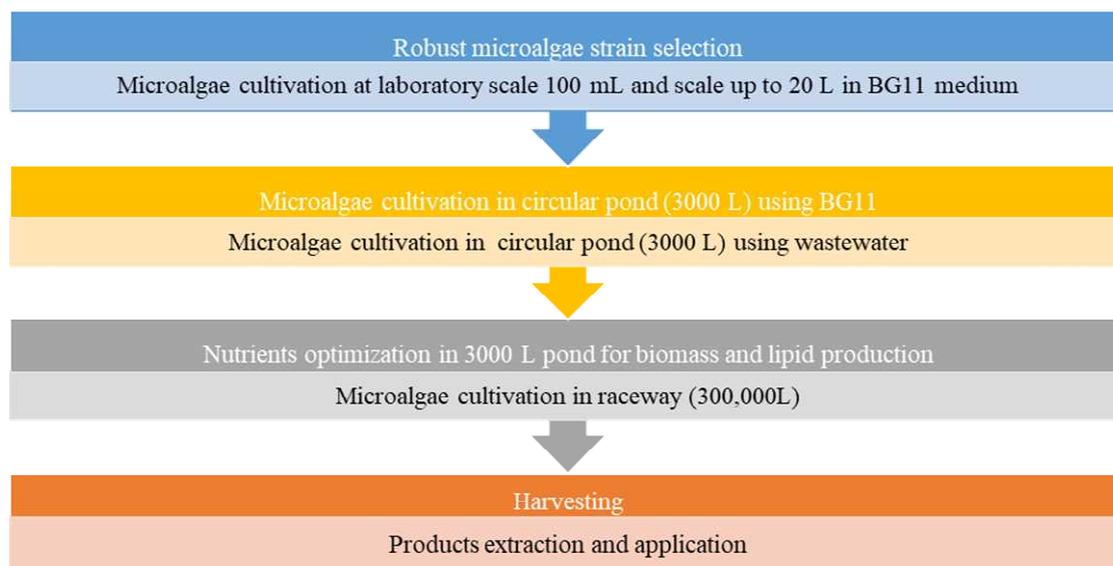


図 1-2 キングスバークで行われた培養の流れ



図 1-3 3000L 池における種栽培の様子



Fig. 4 微細藻類の培養のために後塩素処理された下水処理水



図 1-5 レースウェイ池 (300,000L) での微細藻類の培養の様子

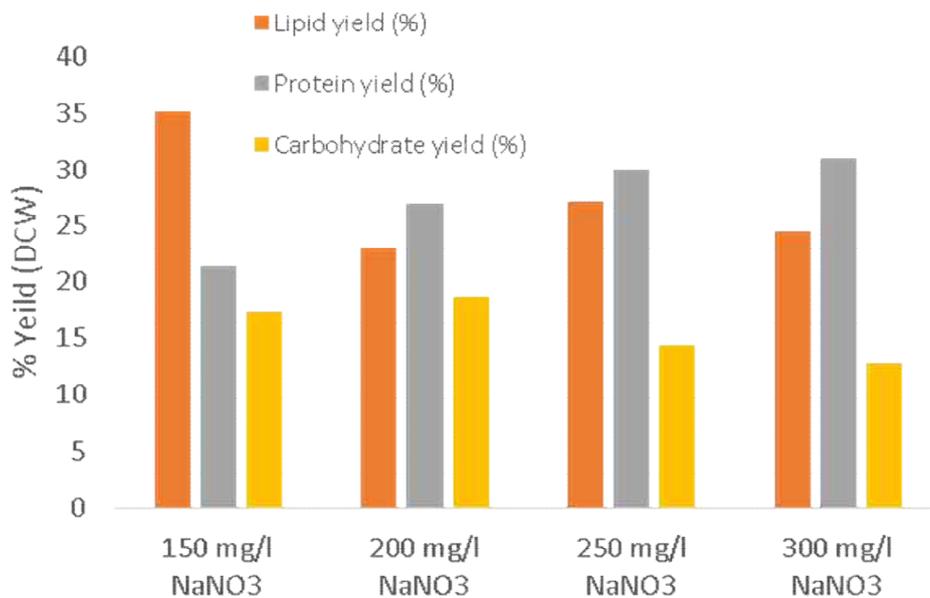


図 1-6 下水二次処理水への窒素栄養源の添加による油脂含有量の変化

まず、300tonのレースウェイポンドを用いたネイティブの微細藻類の安定的な培養を目指したものの、下水二次処理水だけでは増殖に必要な窒素栄養源が不足して、十分な濃度まで増殖できないことが判明したため、様々な種類や濃度の窒素栄養源を下水二次処理水に添加した大量培養を試みた。尿素を添加した場合には微細藻類に毒性をもたらす培養が阻害された。一方で図 1-6 に示す様な 150~300mg/L の NaNO₃ を添加する条件で大量培養できることが判明した。その際の油脂含有量は、NaNO₃ の添加量が 150mg/L の際に 35.1%で最大となったが微細藻類の濃度は低く、光合成で得られた油脂の総量は最大とはならなかった。油脂の総量が最大となったのは、250mg/L の NaNO₃ を添加した場合であり、その際の油脂の含有量は 29.6%となった。その際の培養液中の藻類濃度は 1500ppm に達した。

また、最適な培養時間は11～13日であることが判明した。これは、元々の下水二次処理水に含まれる栄養分と、添加したNaNO₃によって微細藻類が増殖した後、栄養欠乏状態になって油脂含有量が増えたためである。更に4ヶ月の培養のモニタリングを継続することで、季節による温度や湿度や日照の変化に連動して、クロレラとイカダモの割合が変動して違いに入れ替わる共生状態となっていることが判明した。

その後、今後周辺のアフリカ諸国へと本技術を展開するにあたって、COVID-19を含む様々な下水由来の感染症の防止のため、新たに下水二次処理水に塩素処理を加えた後塩素処理水(PCW)を用いて、300ton レースウェイ培養池を用いた微細藻類の培養実験を行った。培養に際して、通常の下水二次処理水で最適な窒素栄養源の条件であった、250mg/LのNaNO₃を添加した。油脂の含有量は、PCWの場合は20.4%、PCWにNaNO₃を添加した培養液は22.1%、人工培養液は20.2%であった。この結果、後塩素処理を導入した場合でも、下水二次処理水の結果と同様にNaNO₃の添加により微細藻類の濃度・油脂含有量ともに培養を最大化できた。ただし、昨年度までの結果では、後塩素処理を施していない場合には、油脂含有量が29.6%であり、後塩素処理は微細藻類の油脂含有量を抑制することが分かる。

(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）に対する成果目標の達成状況とインパクト

液化DMEによる油脂抽出自体が新たな手法であり、これまで知見が十分ではなかったが、本題目の実施によって、液化DMEによる微細藻類の油脂抽出現象と周辺技術について様々な知見が蓄積され、南アフリカ共和国に設置された微細藻類油脂抽出装置の開発や運転に活かされた。液化DME抽出法は、従来技術が必要としていた事前の乾燥処理を要せずに、微細藻類から油脂を抽出可能とするものである。本題目によって油脂抽出量に対する温度や圧力の効果、油脂以外に抽出可能な副産物、排水に溶存してロスとなるDMEガス量を明らかにするとともに、排水中に溶存するDMEの毒性評価試験、脂質の超臨界メタノール処理におけるCa系固体触媒のメチルエステル化反応の促進といった周辺技術についても有用な知見を得た。また、細胞壁のナノ細孔の存在に着目し、その内部では溶媒・溶質間の飽和溶解度が著しく変化する現象を計算化学的アプローチによって解明した。これにより、液化DME抽出法に限らず抽出技術全般において従来不明な点が多かったが、普遍的な平衡理論を構築できたことで抽出技術全般における大きな指針を提供できた。

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設計や運転条件や消費エネルギーの検討に反映され、同装置は2019年6月に南アフリカ共和国Kingsburgh水処理場にインストールされ運転開始している。

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

計算化学的アプローチの導入（COVID-19感染症対策に伴う研究活動の制約への対応）

COVID-19感染症対策のため、日本側の大学においても、感染拡大防止のために大学内への断続的に立ち入りが禁止・制限されたり、三密を避けるために実験室内での作業人数を大幅に削減しなければならないなど、研究活動に甚大な制約が課せられた。さらにプロジェクトの期限が1年間延期となり、当初の最終年度の1年間の予算で2年間の活動が必要となるという事態も生じた。この未曾有の事態により、当初の計画に囚われずに、実施に必要な予算やプロジェクト従事者の雇用なども考慮しながら研究内容を見直すという難しい対応を迫られた。

以上のことから、一部のプロジェクト従事者を他のプロジェクトに配置転換したり、実験そのものを大幅に減らした上で、論理的に少額の予算で本研究の液化DME抽出メカニズム

ムを理解するためには、実験に依らない計算化学的なアプローチを導入せざるを得ないと判断した。2020年度の途中に分子動力学シミュレーションのプログラムコードの開発に着手し、同年度中にプログラムの運用開始に至った。また、分子動力学シミュレーションで扱う仮想物質と現実の实在物質の間の定量的な結果の違いを超越するため、熱力学方程式が仮想物質にも实在物質にも適用できる特徴に着目して、抽出平衡を普遍的に記述する熱力学方程式の導出を進めた。

④研究題目2の研究のねらい（参考）

液化DMEによる油脂抽出自体が、2016年までJST さきがけで本プロジェクトの代表が実施し、その中で考案・開発したものであり、SATREPS開始時点では国内外でDMEを用いる他の研究者が存在しない様な新しい手法であった。このためメカニズムに関しては不明な点が多い状況であった。例えば、抽出における温度・圧力条件、抽出可能な脂質の種類、藻類に含まれるカロテノイドの抽出成否、DMEと水の気液平衡関係や、スピルリナや円石藻や珪藻などの他の種類への適用の成否も不明な状況であった。このため、大型装置の設計や運転指針を与える上で知見を充実させるための、これらの液化DME抽出に係る現象やメカニズムの解明が必要である。

⑤研究題目2の研究実施方法（参考）

DME抽出に対する温度・圧力依存性

液化DMEを用いて湿潤状態の微細藻類ナンノクロロプシスから、様々なDMEの温度・圧力の制御のもとで、油脂の抽出を行った。次の図2-1に示すように、25℃と40℃の間で、昇温に伴い明らかな油脂の抽出量の増大および抽出速度の加速が見られたが、それ以上に加熱しても更なる増大や加速は見られなかった。また、40℃において増加した脂質の種類を調べたところ、図2-2に示すように極性が高い糖脂質やリン脂質が40℃以上で新たに抽出されたことが判明した。また抽出圧力を1MPaから3MPaに上昇させても影響は見られなかった。

これにより南アフリカに設置する大型装置の抽出温度・圧力は 40°C・1MPa 程度とするとの指針が得られた。

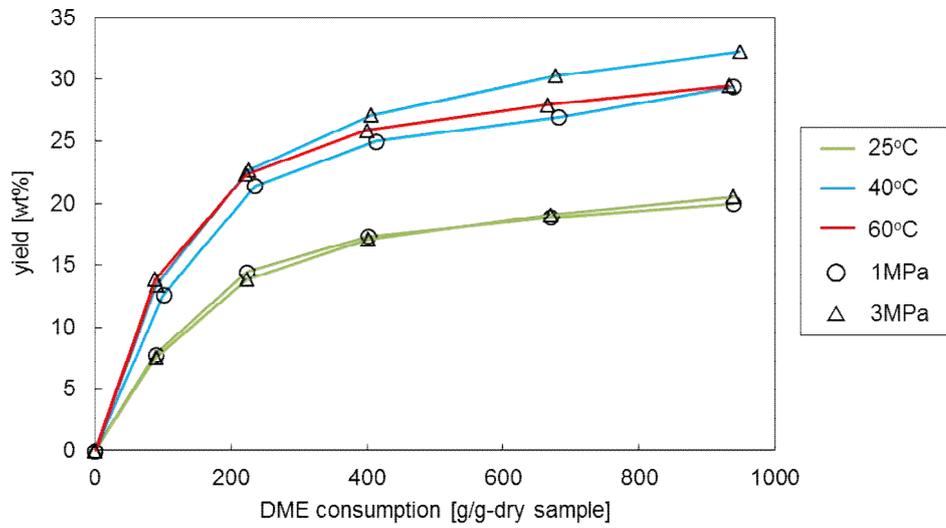


図 2-1 抽出の温度・圧力条件が油脂抽出量に及ぼす影響

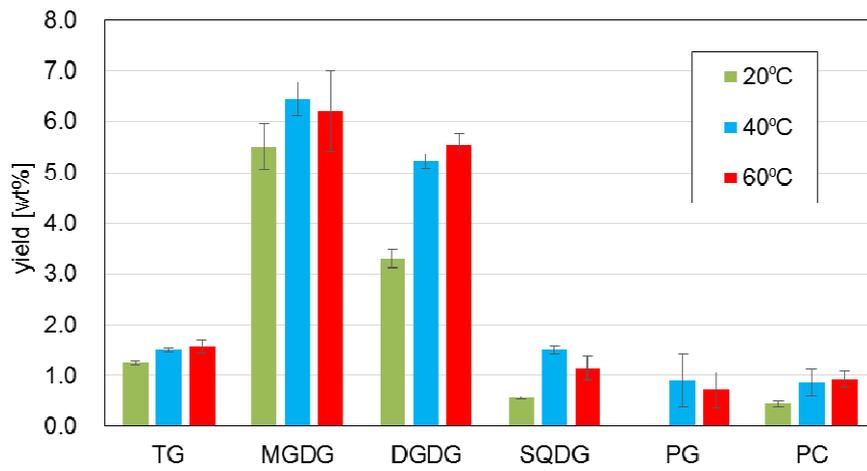


図 2-2 各温度において微細藻類から抽出された油脂の種類

様々な微細藻類への液化DME抽出法の適用 (H. Kanda, *et al.*, Fuel 262, 116590, 2020; R. Hoshino, *et al.*, Solvent Extraction Research and Development Japan 24, 47, 2017)

今後、本技術が他国に展開された場合、気候や土着の微細藻類の種類が異なることは容易に想像できる。これまで液化DME抽出技術ではラン藻、緑藻、ユーグレナ（みどりむし）などの一部の種類について、試験管レベルの実験で適用可能だと知られているが、比較的大きなスピルリナや、珪藻と円石藻については未解明であった。

例えば、珪藻はSiO₂の被殻、円石藻はCaCO₃の被殻で覆われている。無機系の細胞壁に存在する細孔を液化DMEや油脂が通過することで、液化DMEで油脂を抽出できるか検討する必要があった。

このため、珪藻であるキートセロス、円石藻であるプレウロクリシスの他、これまで同様に未解明だったスピルリナやラビリンチュラなど様々な微細藻類に対して液化DME抽出試験を実施した。例えば、図2-3に示すように、キートセロスやプレウロクリシスの抽出後の残渣からは、液化DMEによって油脂と水が抽出されたことが目視からも明らかである。これら微細藻類から液化DMEで抽出できた油脂は、従来の有機溶媒抽出よりも多く、液化DMEの優れた溶媒特性を改めて確認できた。

これにより、ほぼ全ての微細藻類に本手法が適用できるとの知見を得た。将来的に異なる都市や国への展開において、その土地でネイティブの微細藻類に適用できるとの見通しを得た。

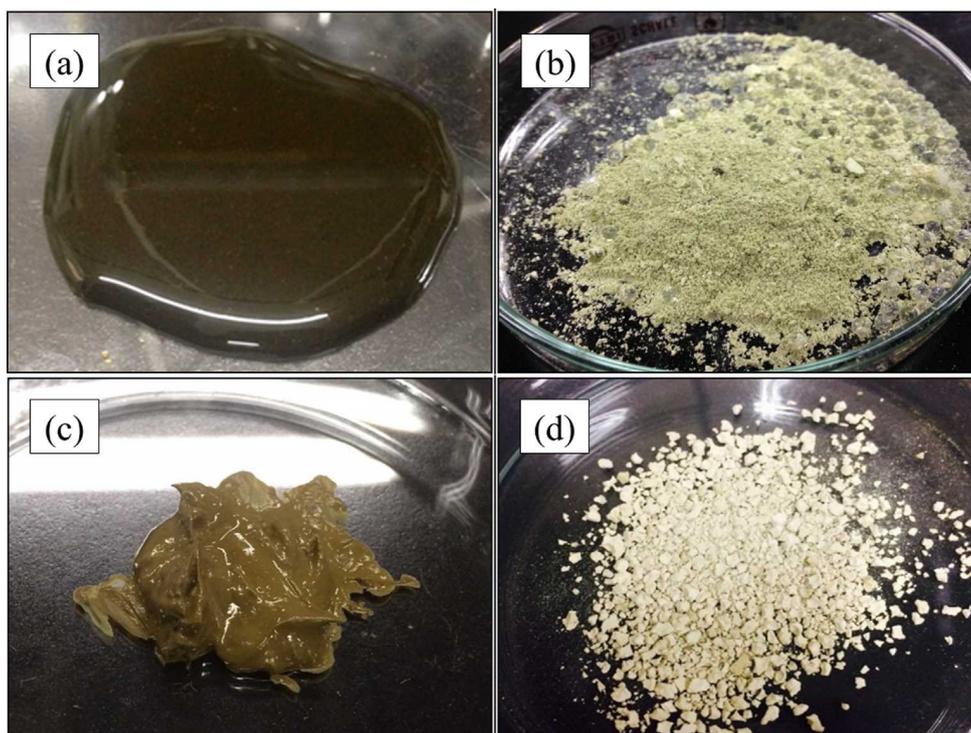


図 2-3 (a)珪藻キートセロス、(b) キートセロス残渣
(c)円石藻プレウロクリシス、(d) プレウロクリシス残渣

DMEによるカロテノイドの抽出能力の検証 (H. Kanda, *et al.*, ACS Omega 5, 24005, 2020; S. Machmudah, *et al.*, Engineering Journal, 22, 13, 2018)

藻類由来のバイオ燃料の社会実装にはコスト低減が重要である。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。このため、液化DMEで抽出可能な物質を実験的に検討した。これまでの研究結果を総合すると、

アスタキサンチン、フコキサンチン、ルテインといったカロテノイドが液化 DME に溶解するとともに抽出可能である。なお、これらのカロテノイドは広く様々な微細藻類に含まれることも調査により確認した。アスタキサンチンの価格には 100 万円/g であり、燃料の数
百万～1000 万倍の価格である。但し、微細藻類に含まれるカロテノイドは微量であるとともに、カロテノイド含有量の増大に最適な培養条件は、必ずしもバイオ燃料生産に最適な条件と一致するわけではない。しかし、カロテノイドを液化 DME で抽出可能との知見は、カロテノイドの併産によるコスト低減の可能性について、今後研究する価値があることを示した重要な成果である。

DME 溶存水の毒性評価 (H. Kanda, et al., ACS Omega 6, 13417, 2021)

従来より DME が溶存した水は無毒だと知られていたが、過去の学術論文を調査したところ、明確なエビデンスが示された論文が無かったので、微生物を用いたバイオアッセイ法により DME 溶存水の毒性を評価した。土壌・ほこり・空気中などに広く存在し、哺乳類の皮膚の常在菌でもある *Micrococcus luteus* を塗布した培地を用い、その一部を円状にくりぬき、DME ガスが飽和溶解した水を滴下した。DME ガスの溶存量は温度に依存して変化するので、水と DME との混合温度は 20℃、40℃、60℃と変化させた。その結果、図 2-4 に示すように DME 溶存水を滴下しても *M. luteus* は死滅しなかった。つまり DME 溶存水は無毒であることが示された

Higher DME solubility in water

Lower DME solubility in water



図 2-4 バイオアッセイ法による DME 溶存水の毒性評価試験の結果

DME 回収に関する温度・圧力依存性

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。抽出に用いた DME を蒸発させると、DME ガスと水に分離するが、この水には DME ガスが溶存しているので、その溶存 DME がエネルギーロスになる。従って、エネルギーロスとなる溶存 DME 量を把握するとともに、その回収動力を試算して、DME ガスを回収するメリットがエネルギー収支の観点からあるのか評価する必要がある。

プロセスシミュレーター Pro/II に内蔵された熱力学モデル (NRTL model) を用い、DME と水の気液平衡関係を推算するとともに、この平衡関係に基づいて、水に溶存する DME ガス量を計算した。溶存する DME ガス量は圧力に依存するので、様々な圧力で計算した。その結果、0.1MPa (大気圧) に水を減圧すれば、そこに溶存する DME ガスの熱量は抽出される微細藻類の油脂熱量の 13.2% (発電効率と DME 製造時の冷ガス効率を考慮した一次エネルギー換算) となることが判明した。また大気圧への減圧によって回収可能となる DME ガスの回収動力は油脂熱量の 0.3% であり、この条件で水の溶存 DME を回収すれば、油脂熱量の 13.5% のエネルギーロスにとどめられることが判明した。

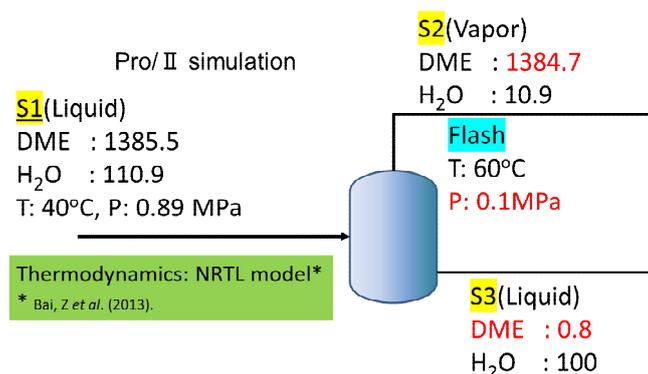


図 2-5 プロセスシミュレーターPro/IIによるDMEと水の気液平衡の理論計算の例 (60°C・0.1MPaでDMEを蒸発・分離)

アルカリ廃液を発生させない油脂のメチルエステル化手法

微細藻類から得られた油脂はそのままでは原油相当であり、自動車燃料として用いるには軽油相当に変換するメチルエステル化が必要となる。従来技術では通常大量のNaOHを触媒としてメタノールと油脂をメチルエステル化反応させる。その際にNaOHに由来する副産物の界面活性剤を含むアルカリ排水が生じ、環境負荷が大きい問題がある。

既往の研究でも、350°C程度の超臨界メタノールを油脂と反応させれば、NaOHを用いずにメチルエステル化が進むことが知られていたが反応温度が高いため、僅かでも反応温度を低くしたいという工業ニーズがある。これに対して固体触媒を用いれば廃水を汚染せずに済むと着想し、安価に入手可能な焼石膏 (CaSO₄・0.5H₂O) や、円石藻の被殻でもあるCaCO₃を用いれば、300°Cでもエステル化反応が進むことを見いだした。

クロレラをCaCO₃粉末とメタノールとともに耐圧容器に封入し、高温で超臨界メタノールと30分反応させた。その結果、図2-6に示すように300°CでC16~C20のメチルエステル化された脂肪酸が検出された。その量は無触媒の同じ温度での300倍に達した。また、図2-7に示すように円石藻プレウロクリシスに超臨界メタノール反応を適用して得た、脂肪酸メチルエステルも300°Cで有意に増加し、その量は従来の無触媒で350°Cの超臨界メタノール反応で得られる量に匹敵した。これにより反応温度を50°C下げること成功した。

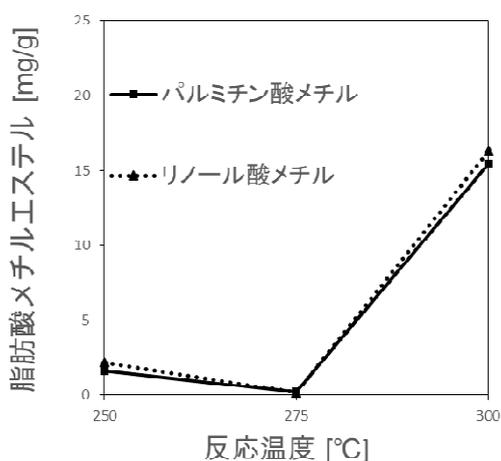


図 2-6 クロレラに焼石膏を添加して超臨界メタノール反応で得た脂肪酸メチルエステル

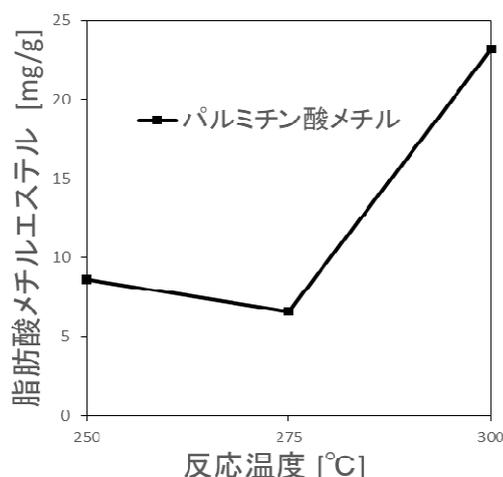


図 2-7 円石藻から超臨界メタノール反応で得た脂肪酸メチルエステル

計算化学アプローチによるDME抽出メカニズムの解明 (H. Kanda, *et al.*, Chemical Engineering Science, in press, 117116, 2021; 同 in press, 117115, 2021; 同 244, 116829 2021; H. Kanda, *et al.*, Symmetry, 13, 1376, 2021)

植物の細胞壁にはメソ孔が存在しており (Nopens, M. *et al.*, *Sci. Rep.* **2020**, *10*, 9543)、液化 DME 抽出においても細胞内の油脂が、細胞壁のメソ孔を通過して細胞外に抽出されていると考えるのが自然である。このメソ孔の相互作用により油脂の液化 DME への抽出平衡が変化することが論理的には予想されるが、これまでそのような先行研究が無かった。このため、今後液化 DME 抽出法に対して論理的な指針を与えるため、その溶媒と溶質の平衡関係を正しく理解することが重要である。

詳細は過年度の報告書の通りであり省略するが、まず最適な方法として分子動力学法を採用し、NVT アンサンブルを採用することとした。細孔の内部を模擬する空間と、細孔の外の溶媒相を模擬する空間を連結して、溶媒と溶質を模擬した分子の挙動をニュートンの運動方程式を解くことで、溶媒による溶質の抽出現象を分子レベルで理解した。また、分子動力学シミュレーションのプログラムコードを自作するとともに、市販のソフトウェアにおいても設定ミス無くすために、まずは溶質のみで細孔内での相挙動を模擬することとした。また、同様の理由により、溶媒と溶質の細孔外のパルク空間での相平衡挙動についても模擬することとした。細孔壁は酸素、溶媒と溶質は共にアルゴンとした上で溶媒と溶質と装甲壁の相互作用に違いを設けることで、溶媒と溶質の物性に違いを持たせた。

シミュレーションセルと結果の例を図 2-8 と 2-9 に示す。図 2-9 の (a) から (d) にかけて細孔外の溶媒中の溶質濃度が上昇している。途中の (b) と (c) で急激に細孔内での溶質量が増大しており、この変化から (b) と (c) の間の溶質濃度で抽出現象が生じることが解る。

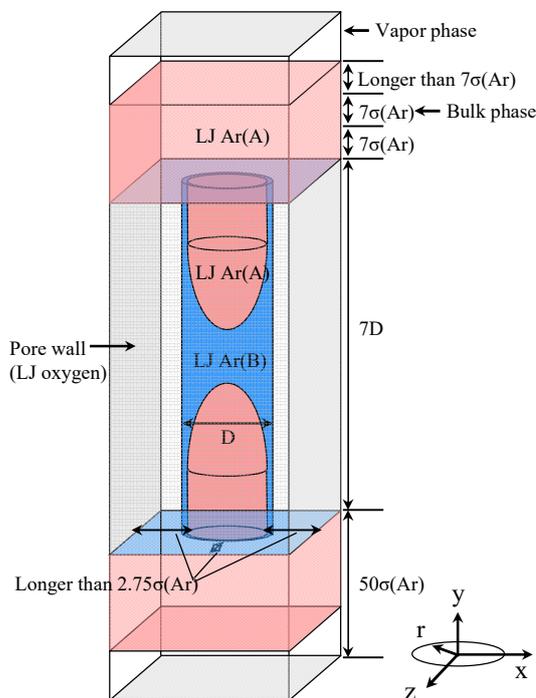


図 2-8 分子動力学シミュレーションセル
(灰) 細孔壁 (青) 溶質 (赤) 溶媒

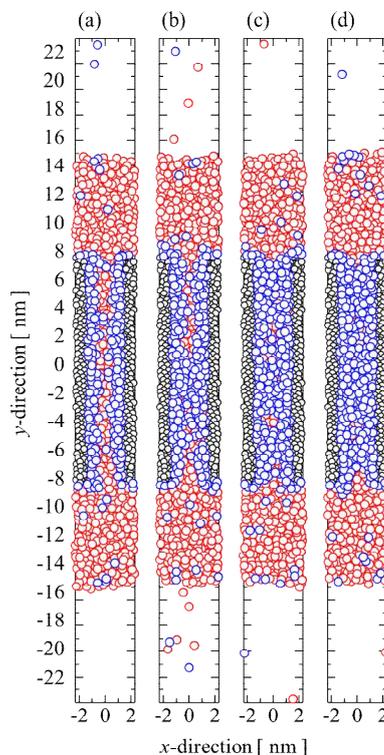


図 2-9 細孔径が分子 7.5 個での計算例

分子動力学シミュレーションとは全く独立して、抽出現象が生じる際のバルク濃度と細孔径の関係を記述する熱力学方程式を導出した。この熱力学方程式と分子動力学との結果の被殻を図 2-10 に示す。黒線が本研究での熱力学方程式、赤線と青線は 1997 年と 1925 年に熱力学的に予測された方程式による計算結果である。過去のモデルは、植物細胞壁と溶質との相互作用を熱力学的に考慮しておらず、その結果として分子動力学の結果と不一致が生じている。これに対して、本研究で開発した熱力学方程式は分子動力学の結果と一致した。なお熱力学方程式の計算は、分子動力学の計算結果は用いられておらず、つまり完全に独立している。熱力学方程式は様々な物質に適用できる。例えば希ガス・有機物・無機物・金属は勿論のことシミュレーション世界の仮想物質にも適用できる。つまり、この方程式は現実系、つまり原理上は液化 DME による微細藻類からの油脂の抽出にも適用できる。

本研究は世界で初めて溶媒と溶質の平衡関係に、固体その相互作用の概念を組み込んだものであり、これまで実験結果だけで述べられていた抽出現象について、物質種に依存しない普遍的なメカニズムを世界で初めて解明した。

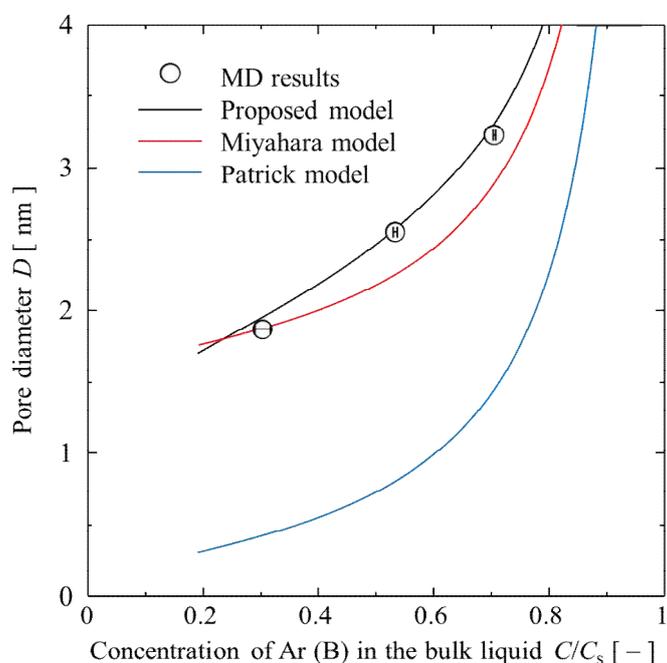


図 2-10 抽出平衡が生じるメソ孔径と溶媒中の溶質濃度との関係

(4) 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) に対する成果目標の達成状況とインパクト

本研究では、藻類から DME を抽出した後の残りかす (残渣) を、後述のアグリマットに添加することで農業において有効利用する検討を行い、日本での農業的・機械的・化学的見地のそれぞれからアプローチした研究によるアグリマット作製技術の向上および評価、日本におけるフィールドテスト、そして現地におけるアグリマット生産支援およびフィールドテストを並行して進めた。なお、当初は藻類残渣を養殖魚類の餌として利用することも検討されたが、供給される栄養成分が藻類の状態により一定でないために安定した水質を保つのが難しいと考えられ、本研究対象からは除外した。

【研究活動 3-1 藻類残渣の化学分析】

国産 (南相馬産) 藻類の化学分析の結果、藻類 (アウジ) は DME の抽出工程を経た残渣は、減少はあるものの十分な量の肥料成分であるリン・窒素を含有し、土壤に添加することで食糧生産植物の発育を促進できる可能性が示された。

表 3.1.1 南相馬藻類の油抽出前後の窒素, リンの測定結果

肥料成分元素	抽出前	抽出後	減少量 (%)
全窒素 N (%)	74.77	52.91	29.24
有効リン P (g/kg)	2.92	2.54	13.00
全炭素 C (%)	424.08	366.75	13.52

この結果は、藻の培養池中の藻類の成長によって、富栄養物質である有機物の全窒素、利用可能なリンおよび全炭素を回収、除去し池水を浄化できることを意味する。特に今後、世界規模で希少資源となり輸入が困難となると考えられているリンを自主リサイクルすることから、有望な低コストのリン回収技術となることが期待できる。

また、食糧生産植物の発育や土壌生物の生存を阻害する重金属について、共同研究先であるダーバン工科大学 (DUT) で現地採取した藻類成分を調べたところ、複数種の重金属種について南アフリカの基準値以上の成分が検出されたことを 2016 年のレポートで報告したが、2019 年に再測定の結果、水銀やクロムを含む全ての重金属について基準値以下であることが示された (Faiz. A. A., et al., J. Environ. Manage., 2019)。よって、DME 抽出後に重金属が増加することは考えられないため、藻類の土壤への添加が悪影響を及ぼす可能性は極めて低いと考えられた。

【研究活動 3-2 関連情報の調査】

南アフリカの半乾燥地域では、全体として降水量が少なく農業を行うには水は貴重であるが、降る時では短時間に大量 (雨期の降水量は 300~800mm) の降雨があり、藻類の残渣を直接農耕地に散布すると土の表層とともに流失し、残渣を活用できない問題がある。

また、乾燥した地域では強い日射やそれによる地温の上昇や水分の蒸発などの問題点があり、一般的には表層流失の防止、水の蒸発抑制、雑草の抑制を目的に、地面を覆うマルチングを行う。日本では黒色の樹脂製ビニールを使用したビニルマルチを行っているが、南アフリカでこのビニルマルチを施すと、土壤の表面温度の更なる上昇を招いてさらに水分が蒸発し、かつ使用後は取り除いて廃棄物とする必要があり適さない。そこで、本研究では、新たなマルチング材として、現地で容易に調達できるバガス (サトウキビの搾りかす) をはじめとする未利用の天然繊維系材料をボード状に積層形成したアグリマットを開発する。

アグリマットに求められる新しい機能は、内部に藻類の残渣を固定保持でき、多量の降雨に流されない強さを持ち、かつ内部に保水機能を有し、雑草を抑制して収穫量を増やす機能である。さらには環境に優しく廃棄物とならずに農耕地に還元され、現地において低

コストかつ容易に製造できることが望ましい。

現地で調達可能な土壌改良材料として、ウッドチップ、木材製材所から出た木質系雑草、トウモロコシ繊維等様々な選択肢が考えられたが、南アフリカ共和国においてはバガスが最適であるとされた。バガスは全体量・回収コストに優れており、加えて、ダーバンは南アフリカ有数のサトウキビ栽培地であり、廃棄場がプロジェクトサイトのダーバンに近接していることから運搬コストをかけずに研究利用ができる。なお、バガスは他地域においては火力発電の燃料として利用されているが、南アフリカ共和国全土においては、石炭の価格が非常に低く（同国では発電の80%が石炭で賄われている）、バガスは使用されずに廃棄されている状況である。また、以降の項で述べるように、バガスを使用して作製したアグリマットは機能性においても他材料より優れていることも示された。

下水汚泥（スラジ）は既にエテクイニで土壌に直接肥料と共に添加する形で農業への利用が検討されていたが、その含有物から作物の病気を引き起こす可能性があるためと現地から報告があり、日本での研究において目標としている常温プレス式アグリマットにおける検討の対象とはしなかった。なお、南アフリカ共和国のカウンターパートである ARC では、日本から輸送したホットプレスマシンと常温プレスマシン（後述）を作製期間等に合わせて使い分けており、このうちホットプレスでは加熱による殺菌が可能であるため、2021 年度以降、下水汚泥を用いたアグリマット作製研究も行う予定である。

【研究活動 3-3 アグリマットの防蝕効果の検討】

1. 屋内用ミニ人工降雨装置試験によるアグリマットの透水性の評価(2018)

アグリマット敷設による表土防蝕性は、アグリマットの透水性の制御が必要となる。透水性が高いと雨水がマットを大量に通過し、表土の流出を防ぐことができない。しかし、透水性を低くすると農地に水が浸透せず作物の育成が妨げられるため、透水性が高く保水性の高いアグリマットが求められている。

国内の揖斐森林組合製のアグリマット（高圧加熱蒸気による加圧加熱接合法）を南アフリカの農耕地に敷設して実験した（研究活動 3-5）結果、作物の生育に対して有効性が認識されているので、市販されている揖斐森林組合製のアグリマット（以後、揖斐ボードと称す、価格数千円/m²）を使用した場合と、水性高分子-イソシアネート系接着剤を用いて作製したバガス製アグリマットを使用した場合で、東京農工大学のミニ降雨シミュレータで透水性について実験的検討を実施した。実験に使用した屋内型降雨装置は農工大で設計されたものである。揖斐ボードおよびバガスマットのそれぞれについて、雨水の流出が始まるまでの時間、最初の浸潤が測定された時間、その後、表面流出および浸透漏出した雨水量を1時間、10分毎に採取し測定した。

揖斐ボードから最初に水の浸透が観測されるまでに約15分かかったが、ボード上面から流れ落ちて流出するまでの時間は3分未満であった。流出量と浸透量の合計を各ボードの割合で計算すると、水の約95%が最高密度のボード（0.7 g/cm³）の表面からはみ出し、5%のみが浸透していることが分かった。他方、0.3 g/cm³および0.5 g/cm³のボードはほぼ70%の流出を有し、ほぼ30%の浸透を可能にした。いずれの種類ボードにおいても、高密度のときに8割以上を表面流出水が占め、ボードに水が浸透できていない（表面が撥水状態）ことがわかる。以降の研究において、ボード設置効率のためには高密度かつ透水性および濡れ性が良い素材・製法を探索する必要があることが明らかになった。



図 3.3.1 屋内用ミニ人工降雨装置

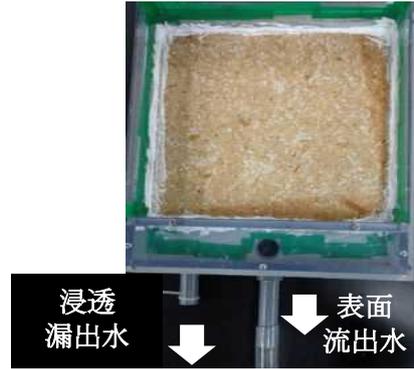


図 3.3.2 シーリング後のサンプル

2. 屋外人工降雨装置試験によるアグリマットの防食機能(土壌流亡物制御)の評価

アグリマットを利用する目的の一つとして、土壌表面の雨水の流れを遅くし、土壌成分が流出するのを防ぐことが挙げられる。この効果について評価するため、模擬降雨装置(図 3.3.3)を用いたフィールドテストを東京農工大学小金井キャンパスで行った。テスト区画に 100 cm×30 cm の枠を設置し、アグリマットによる土壌被覆率 50%、25%、0%の 3 条件について、降雨強度 70 mm/h で 60 分間の継続した降雨実験を行った。テスト区画には 5%の勾配をつけ、図 3.3.4、図 3.3.5 に示したように、10 分おきに容器を替えながら水および土壌流亡物を回収した。

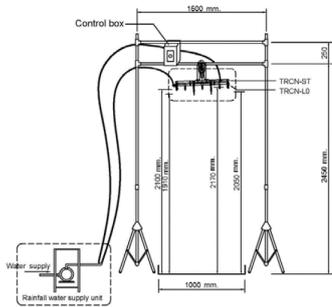


図 3.3.3 降雨装置の概要



図 3.3.4 降雨実験の様子



図 3.3.5 流出物回収の様子

流出した水量およびろ過・乾燥して集めた土壌流亡物の累積重量と流出が始まってからの時間の関係を図 3.3.6、図 3.3.7 にそれぞれ示した。図 3.3.6 より、マットを使用することで土壌流亡の発生を大幅に抑制できることが示された。図 3.3.7 においても、マットの利用により表面流出水量を抑制できることが示された。また、現地での評価のため、同様の降雨装置が南アのカウンターパートへ輸送された。

表 3.3.1 降雨開始時刻からの水の流出開始時間

マットの土壌被覆率	流出開始時間(s)
0%	170
25%	820
50%	1585

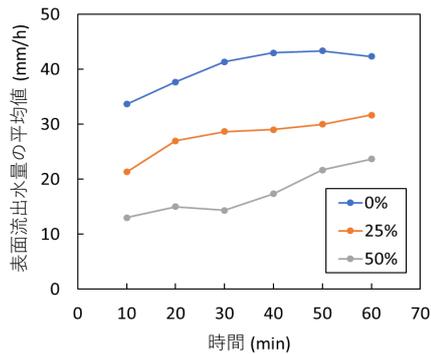


図 3.3.6 表面流出水量と時間の関係

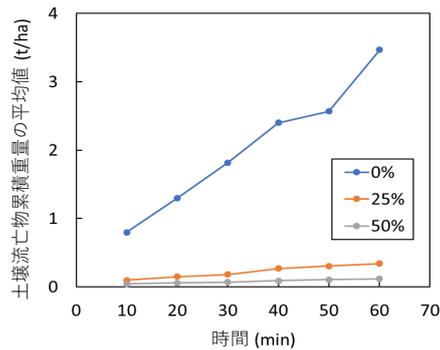


図 3.3.7 土壌流亡物の累積重量と時間の関係

【研究活動3-4 アグリマット製造装置の作成と現地における検証】

現地で製造するアグリマットに求められる性能を満たす製造方法を探索するため、まずアグリマットの国内の製造技術を調査し、検討・評価を行った。表 3.4.1 に調査、検討結果を示した。

表 3.4.1 アグリマット製造方法の比較評価表

No.	機能	加熱・加圧法	接着剤加熱・加圧法	MgO 接合法	水蒸気法	セメント接合法
1	繊維材料接合	要試験	○	○	◎	◎
2	藻類残渣固定	要試験	○	◎	△	◎
3	マット強度	要試験	○	要試験	◎	◎
4	保水	要試験	○	○	△	×
5	耐水	要試験	○	◎	◎	◎
6	雑草抑制	要試験	○	◎	◎	◎
7	ゼロエミッション	◎	○	○	◎	×
8	製造設備コスト	△	○	◎	×	◎
9	製造コスト	○	△	○	×	○
10	ゼロエミッション性	◎	△	○	◎	×

評価：◎ 最適、○ 良、△ 可、× 不適、要試験 試験確認が必要

表中の「加熱・加圧法」は、合成樹脂接着剤等を使用せずウッドチップ自身を熱と加圧のみで接合し、使用後は耕作地に還元可能なゼロエミッションの加熱、圧縮接合技術である。「接着剤加熱・加圧法」は、室内の合板建材用として有害なホルムアルデヒドの代わりに高価な無害のイソシアネード等を使用する接合技術である。「MgO 接合法」は日本発の技術で、海水から製造されるにがり成分の MgO 粉末と水を混合し、セメントのようにウッドチップに混ぜて常温圧縮後自然乾燥で固着、または加熱圧縮する技術である。MgO は元来肥料成分であり使用後は破砕して農耕地に無害還元できゼロエミッション性が高い。「水蒸気法」は、接着剤を使用せずにウッドチップを密閉蒸気室内で加圧、加熱し、チップ内のセルロースの水熱反応で接合する日本発の無害な接合技術であるが、製造装置が高価となる問題がある。「セメント法」は、ウッドチップと通常のセメントを混合して固着する断熱建材の製造に使用されている技術で、加熱、加圧が必要なく製造設備コストは低いが、使用後は産業廃棄物となり自然環境に還元できない。以上より、本研究の目的である藻類残渣を固定保持でき、使用後土中で自然分解されゼロエミッション性が高い製造方法は、順に合成樹脂接着剤を使用しない「加熱・加圧法（ホットプレス）」、「水蒸気法」、「MgO 接合法」、「接着剤加熱・加圧法」であると考えられるが、「水蒸気法」は製造コストの面から評価が低くなる。

以上の検討と、以下に述べる種々の実験を踏まえ、アグリマットチームは 2 種類の装置

(ホットプレスとコールドプレス)を開発・設計し、2019年に南アフリカのカウンターパートに装置の提供を行い、現地で様々な種類のアグリマットの製造の製造に用いられている。

ホットプレスのアグリマットは155℃に加熱したマシンで材料繊維・水の混合物を10分間プレスすることで作製する。混合から完成まで約30分と時間コストが低く、現在現地でメインで使用されているのはこちらである。しかし、加熱によるアグリマットの肥料有効成分の低下が懸念されている。さらに、装置コスト・電気代いずれも高価であることに加え、装置重量は715kgと非常に重い。これらのことから、まだ電気がない地域もあるアフリカ全体への普及は難しいことが考えられる。

コールドプレスによる製造機は、加熱を要さず低コストで運用でき、40kgと重量も軽いため環境を選ばずどこでも使えるというメリットを有するものの、MgOの硬化および乾燥に約6日と、アグリマットの製作に時間を要するため2020年時点で現地では使用されていなかった。カウンターパートからは、現行のコールドプレス機を改良することでアグリマットの製造コストを下げたいという強い要望があり、硬化のための添加材を検討した。(検討4、5)

以下では、これまでの種々の検討のうち、主要なものに絞って報告する。

検討 1. ウッドパーティクル/ファイバーを使用したホットプレスによる木質系アグリマットの作製 (2016)



図 3.4.1 ウッドパーティクル+加熱・加圧法アグリマット外観

最初は南アフリカ現地の製造環境を考慮し、藻類残渣を固定保持の機能が期待できる「加熱・加圧法」によるアグリマットの製造技術について検討した。製法は、水と木材を混合し、加熱前の含水率や加圧圧力を変えて複数のサンプルを作製した結果、以下の結論が得られた。乾燥時の藻類の固着は問題なく、強度も曲げ試験において良好な値を得た。ウッドパーティクルを材料に用いたマットは重量比で約100%の吸水率が得られ、保水機能が示された。しかし、吸水後の浸潤により強度が著しく低下し、マットとしての形状を維持できなくなる、つまり耐水性が低いという欠点が明らかになった。また、ウッドファイバーでは反対に、浸潤後の強度は保たれるが保水力が弱いことが分かった。

検討 2. ウッドパーティクルを使用したニカワ接着による木質系アグリマットの作製 (2017)

本項では、天然素材かつ現地で入手可能なニカワを接着剤としたアグリマットの製造方法を検討した結果を述べる。ニカワは粒状の製品を、ブレンダーミルで粉砕し、目開き850μmのふるいで粒度をそろえ粉末もしくは溶液にしてウッドパーティクルに添加した。藻類添加率はウッドパーティクル全乾質量に対し10%もしくは0%とし、熱圧縮はホットプレスの熱盤温度を150℃とした。製造されたアグリマットの外観を以下に示す。製造されたマットには条件によっては欠点等が目視の観察によりみられた。



接着不良

ニカワの偏在

内層割れ

図 3.4.2 ニカワ接着アグリマット外観・欠陥

乾燥状態での曲げ試験では非常に強度があることを示したが、吸水率試験では実験に供したマットは24時間の水浸漬によりすべての試料が膨潤により崩壊する結果となった。接着剤として用いたニカワでは耐水性を付与するには不十分であったことが考えられる。ニカワを接着剤としてアグリマットは製造可能であったが、欠陥のないマット製造にはニカワを水溶液にしてから木材パーティクルに混合し、適切なプレ乾燥を行う必要があり、作業コストが高いことが明らかとなった。また、製造できたアグリマットでは強度的な性質は十分高いが、耐水性が低いことが明らかとなった。

検討 3. バガスを使用した MgO 接着コールド/ホットプレスによるアグリマットの作製 (2018~)

乾燥したバガスに接合剤となる微細な MgO 粉および水を均一に混合し、サンプル型に敷き詰め圧縮後、型に入れたまま約1日間養生し、その後2~3日間天日乾燥を行った。得られたマットは水中で分解せず、また MgO 自体が肥料成分であることから、これまでの製法より優れていると判断し、スケールアップおよび最適な MgO の割合を検討した。検討の結果、最も経済的かつ構造的に適した MgO 混合比率は20%であると結論付けた。また、本方法はホットプレスにおいても有効で、製作時間を短縮できることがわかった。この結果を基に、南アフリカに供与する 300mm×500mm アグリマット製造装置の仕様を検討し作成した。プレス供給源は、現地でも容易に入手できるカージャッキを適用することとした。

検討 4. バガスを使用した MgO 接合法におけるコールドプレス製造時間短縮のための硬化剤の検討

クエン酸 (SH Lee, *et al.*, Polymers, 2020) やその他の硬化剤 (L Wang, *et al.*, Construct Build Mater., 2018 など) をアグリマットの製造に適用することで、コールドプレスボードの生産効率および性能を向上させる手法を検討した。このうち、クエン酸は成型はできたものの水中で安定を保てなかった。

リン酸二水素カリウム KH_2PO_4 (KDHP: Potassium Dihydrogen Phosphate) 水溶液はセメントの硬化剤として広く用いられており、近年では建築資材をターゲットとしたパーティクルボードの製造にも使用されている (L. Wang, *et al.*, Construct Build Mater., 2018 など)。また、KDHP に含まれるリン酸は、農業においては肥料としても使用されている。しかし、本手法で作製したアグリマットを農業に適用した事例はこれまで報告されていない。そこで、本研究では KDHP をアグリマットの硬化剤として使用することを試みた。KDHP を用いることで MgO を中和し、酸塩基反応により K-ストルバイトと呼ばれるリン酸マグネシウムカリウム六水和物 ($\text{MgKPO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) を得る。本手法ではこれをボードの結合剤として用いた。 KH_2PO_4 飽和水溶液は、水 100g に対し KH_2PO_4 を 22g 溶解して調製した。 KH_2PO_4 飽和水溶液と MgO を混合することで、K-ストルバイトが生成する。これまでの MgO のみを用いたアグリマットでは最終硬化に1週間程度の時間を要していたが、KDHP を用いて作製したサンプルは、硬化時間を約25分と大幅に短縮することができ、実用化に有効な手法として期待される。

検討 5. バガスの粒子サイズとアグリマット製造手法が小型試験片に与える影響の分析と評価

製法および藻類残渣の含有量が構造的安定性や吸水率にどのような特性を示すかを小型の試験片で検証した。比較のため、ホットプレス・コールドプレスを用いた MgO アグリマット両方を作製した。バガスの粒子サイズをそろえるためふるいにかけて得られた3種類の異なる粗さのバガスを使い、粒子サイズおよび藻類残渣含有量の異なる HP アグリマットを9種類用意した。12種類の試験片を水中に24時間放置したのちに水中から引き上げた。浸漬前後の試験片厚さおよび重量を計測し厚さ膨潤率(試験前からの厚さの変化)と吸水率(試験前からの重量の変化)を計測した。KDHP アグリマットでは藻類残渣の割合が高くなると吸水率が高くなったのに対し、HP アグリマットでは藻類残渣を加えることで厚さ膨

潤率が増加することが分かったが吸水率では傾向が確認できなかった。KDHP アグリマットはHP アグリマットを比較して、厚さ膨潤率は低かったにもかかわらず、同等程度の吸水率を保っていた。したがって、KDHP アグリマットはコールドプレスで作成しているため、製造時のエネルギー消費が少ないにもかかわらず、高い寸法安定性と吸水性を有している。

次に、アグリマットの吸水保持性を確認するため、24時間の浸水の後、試験片を25°C、湿度60%および35°C、湿度40%で強制乾燥した。強制乾燥中の試験片重量を計測することで、乾燥過程における含水率（吸水率と同様の定義）を計測した。高圧水蒸気によるバイオマスボードとMgOアグリマット（藻類残渣含有率0%、20%）およびKDHPアグリマット（藻類残渣含有率0%、20%）の5種類の試験片を用意した。図3.4.4は強制乾燥後5時間までの試験片の含水率を示す。図3.4.4より、藻類残渣を含むKDHPアグリマットが最も保水性に関して優れているといえる。



図 3.4.3 実験の様子

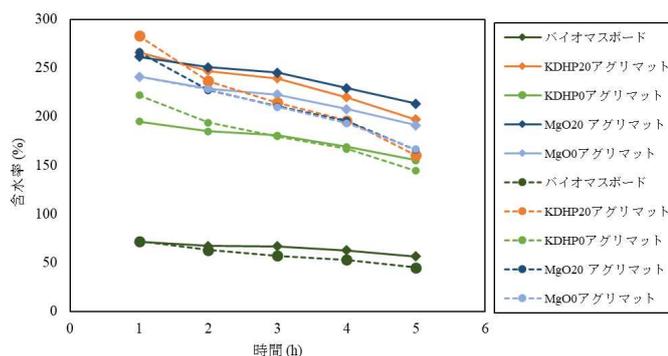


図 3.4.4 各材料および藻類残渣量における含水率の時間変化(実線：25°C湿度 60% 破線：35°C湿度 40%)

検討6. 温室条件下での試験作物に対する藻類残渣含有アグリマットの効果の検証

・マルチングアグリマット処理が植物の成長と物理化学パラメータに及ぼす影響

各マルチングアグリマット処理状態におけるハツカダイコンの成長を、6週間の温室実験においてライシメーターで実施した。ライシメーターは5%の傾斜を持たせて設定した。ハツカダイコンの育成はアグリマット（KDHP0）、藻類残渣含有率が質量比で20%のアグリマット（KDHP20）、コントロール（C）の3つの処理条件で実施した。コントロール（C）とアグリマット（KDHP0）には藻類残渣アグリマット（KDHP20）に添加した藻類残渣と同じ質量の藻類残渣を土の表面に設置した。



図 3.4.5 実験開始時の構成

表 3.4.2 に収穫物の地下部と地上部の生重量と乾燥重量を、図 3.4.6 に収穫物外観を示す。アグリマット（KDHP0）では、藻類残渣アグリマット（KDHP20）およびコントロール（C）と比較して地上部のハツカダイコンの重量（生重量）はわずかに高かった。

図 3.4.7 に葉のクロロフィル含有量（SPAD 値）を示す。アグリマット（KDHP0）とコントロール（C）は、藻類残渣アグリマット（KDHP20）に比べて SPAD 値が高い結果となった。これは藻類残渣アグリマットが他の条件より保水性が高いことによりアグリマット中の藻

類残渣が保有する K⁺の流出を抑え、K⁺が土からあまり流失しなかったため、植物の窒素の吸収を阻害したためと考えられる。

表 3.4.2 マルチングアグリマット処理によるハツカダイコンの重量への影響

処理手法	生重量 (g)		乾燥重量 (g)	
	地下部	地上部	地下部	地上部
アグリマット (KDHP0)	6.50 ± 0.71	17.28 ± 1.10	0.59 ± 0.05	1.43 ± 0.09
藻類残渣アグリマット (KDHP20)	5.91 ± 0.51	10.75 ± 0.81	0.56 ± 0.05	0.95 ± 0.08
コントロール (C)	6.46 ± 0.50	10.02 ± 0.58	0.51 ± 0.04	0.88 ± 0.29



図 3.4.6 各マルチングアグリマット処理において収穫されたハツカダイコン (左から順に KDHP20, KDHP0, C)

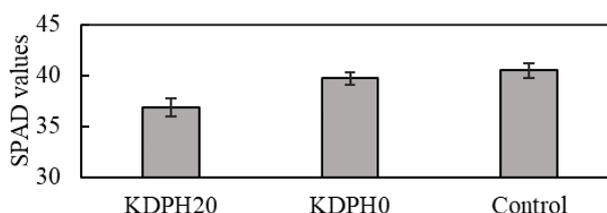


図 3.4.7 マルチングアグリマット処理によるクロロフィル含有量 (SPAD 値) への影響

・降雨シミュレーションによるハツカダイコンの土中の物理化学特性の分析

収穫直前のハツカダイコンの土に降雨シミュレーションを実施した。図 3.4.12 に実験の様子を示す最初の 10 分間の計測では KDHP20 の浸透水量は無く、土壌中の栄養素の流出はなかった。また、浸透水量はコントロールが一番多く、KDHP20 が一番少ない結果となった。これは藻類残渣入りアグリマットの保水性能の高さを支持するものである。また、特筆すべきは、今回の表面流出水が発生せず、全ての水がアグリマットに浸透したことである。研究活動 3-3 においても同様の実験を行い、表面流出水の量が多く問題となったが、バガス-MgO-KDPH 法ではこの問題が解決されている。また、流出水は全ての条件で農業に適した中性～弱アルカリ性に保たれていた。



図 3.4.12 実験の様子

【研究活動 3-5 試作アグリマットによるフィールドテスト】

<南アフリカにおけるフィールドテスト>

2017 年度に南アフリカ共和国の現地 ARC 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およびハウレンソウ畑に敷設され、表土流出、雑草防止等の機能、またその持続性について評価が行われている。当該アグリマットは効果の持続性の評価のため、敷設されたまま栽培が続けられている。図 3.5.1 のようにアグリマット 100%、50%、干し草 6 t/ha、3 t/ha、被覆なしの 5 つの土壌被覆条件で、同じマット・干し草を継続して用い、トウモロコシとほうれん草を交互に 2 回ずつ、計 4 回栽培を行った。

図 3.5.2 に、1 年目のトウモロコシの収穫量を示した。どの季節・作物においても、土壌表面をアグリマットまたは干し草で被覆することにより、被覆なしの条件と比較して P<0.05 の有意な差が得られた。アグリマットは藻類残渣や肥料成分を導入せずとも干し草と同等またはそれ以上の保湿・雑草防止性能を示すため、設置が容易で風などに飛ばされにくいアグリマットの優位性が示された。今後は、アグリマットに藻類残渣やその他の肥料成分を添加することで、肥料性が保たれ、作物の栽培に有利な環境となるかどうかをテ

ストする。

<日本におけるフィールドテスト>

Covid-19 の影響により、南アフリカでフィールドテストが行えなかったため、カウンターパートからの要請を受け、現在進行形で、東京農工大学府中キャンパスにおけるフィールドテストを行っている。前述の南アフリカのフィールドテストは既成品アグリマットを利用したのに対し、今回はバガスに名古屋大学から提供を受けた藻類残渣を 10% 添加し、MgO+KDHP 硬化剤で作製した本プロジェクトの成果であるアグリマットを用い、トマトの成長にどのように影響するか 2022 年 2 月まで試験を実施した（結果を非公開資料に掲載）。



図 3.5.1 アグリマット・干し草による土壌の被覆

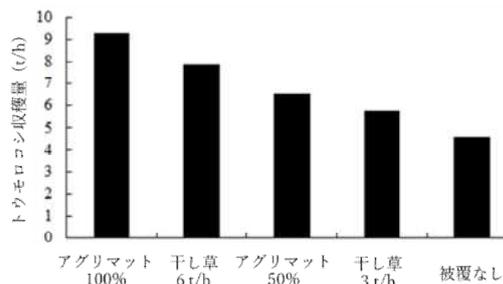


図 3.5.2 1 年目の土壌被覆条件とトウモロコシ収穫量



図 3.5.3 1 年目に収穫されたハウレンソウ、トウモロコシ（現地の人が驚く大きさ）



図 3.5.4 農工大におけるフィールドテストの様子(2021)

【研究活動3-6 アグリマットに関するビジネスモデル構築】

世界的な Covid-19 の流行により、改良バガス-MgO 製アグリマットの試供品を現地農家へ提供し、ニーズおよびコストバランスを把握するフェーズには残念ながら至ることができなかった。なお、バガス-MgO を KDHP 硬化剤を使用して作製する場合に製造にかかる化学材料コストは、日本国内において表 3.6.1 のとおりである。ただし、メーカー等との契約締結による低コスト化・倉庫等での保管のための費用は考慮していない。バガス製アグリマット 1 平方メートルあたりにかかる材料費は 1~2 ドル程度である。市販の揖斐郡森林組合製マットは 1 枚あたり 2000 円以上のため、10 分の 1 以下での生産が可能である。

表 3.6.1 バガス製アグリマット 1 平方メートルあたりにかかる化学材料コスト

品目	購入先	費用 (\$/m ²)
MgO	Amazon	0.08
	宇部興産	0.62
KDHP	モノタロウ	2
	Aliexpress(一度に~10 トン購入)	1.5
	Aliexpress(一度に 100 トン以上購入)	0.01

②研究題目 3 のカウンターパートへの技術移転の状況

2016 年に、現地でアグリマットの防蝕機能を評価し現地ニーズを調査するため、国内市販の舗装用パーティクルボード品（揖斐郡森林組合製）200 枚を現地カウンターパートである ARC(Agriculture Research Council)に供与した。2017 年には、降雨量の少ない現地でもアグリマットの評価を行うため、日本で使用したものと同型の人工降雨装置を供与した。また、現地フィールドでのサトウキビ栽培への敷設方法の技術供与と、敷設後の効果を試験した。2018 年 11 月には、ARC（農業研究機構、南アフリカ・プレトリア市）の研究者と博士後期課程の学生 2 人が東京農工大学でマット製作法の実習と、キャンパス内のフィールド試験場にて農業生産に関する研修を行った。また、研究成果を基に、2 種類の手動加圧式製造装置を開発し、いずれも南アフリカに輸送された。2019 年 3 月末に国内輸出・現地輸入手続きを完了し、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もと、ARC 建屋内に設置・試運転を行った。2020 年 2 月には南アフリカ共和国の ARC の研究者 Sibongiseni Mgozozeli が来日し、農工大にて擬降雨試験および測定・評価の技能訓練を受けた。2021 年度中には、農工大で評価を行い非常に高い実績を得た MgO 法の硬化促進剤であるリン酸二水素カリウムの輸送を行う予定である。また、現地からの要請により、現在農工大でのフィールドテストが進行中である。



図 3.7.1 ARC 荷受け後のアグリマット製造装置 図 3.7.2 ホットプレス機の移動



図 3.7.3 ホットプレス機の組立



図 3.7.4 現地バガスで試作したアグリマット

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

世界的な Covid-19 の流行により、南アフリカで新たに作製したアグリマットを用いたフィールドテストが行えなかったため、カウンターパートからの要請を受け、東京農工大学府中キャンパスにおいて代行している。フィールドテストは 2022 年 2 月まで続行予定である。また、同様の理由で、現地で作製したバガス-MgO 製アグリマットの試供品を現地農家へ提供し、ニーズおよびコストバランスを把握するフェーズに遅れが生じている。

研究題目 4：「実証試験装置の開発および実証試験」
研究グループ E（リーダー：名古屋大学 神田英輝）

①研究題目 4 の当初の計画（全体計画）に対する成果目標の達成状況とインパクト

微細藻類回収装置を 2019 年 5 月に、微細藻類油脂抽出装置を 2019 年 6 月に現地にインストールして運転を開始した。微細藻類の回収では遠心分離方式でも、最適条件において投入エネルギーを油脂の保有熱量の範囲内におさえられることが判明した。油脂抽出においてはバガスと微細藻類を適切な割合で混合することによって、世界最大規模の抽出装置で高含水の微細藻類を乾燥させることなく油脂を抽出することに初めて成功するとともに、抽出工程での二酸化炭素排出量を油脂が固定した二酸化炭素の範囲内に収めることにも成功した。

②研究題目 4 のカウンターパートへの技術移転の状況

日本から若手研究者・大学院生・装置製作企業の若手技術者を中心に延べ 300 人日を南アフリカ共和国に派遣し、装置の運転を通じた南アフリカ共和国側への技能訓練を行った。回収装置については 2019 年 5 月に技能訓練が終了した。油脂抽出装置については 2019 年 6 月、8 月、9 月に現地で実施し、12 名の南アフリカ共和国の若手研究者・大学院生が運転技能を習得した。そのうちの 3 名が指導的な役割を担うことで、彼らを中心に南アフリカ共和国側でもある程度装置を運転できるが、まだ操作ミスやミスをした状態からの回復作業については日本側研究者のサポートが必要なレベルに留まっている。このため、最終年度も日本側研究者が南アフリカ共和国側に技能訓練を実施する計画である。



図 4-1 現地での技能訓練の様子（左）微細藻類回収装置、（右）微細藻類油脂抽出装置

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

これまで、研究題目 2 による試験管レベルの検討において、様々な微細藻類に対して液化 DME 抽出法を適用できることが明らかになっていたが、南アフリカ共和国に設置した大型装置の 30L 抽出槽に微細藻類を充填すると抽出槽が閉塞したり、一部しか抽出されないといった、当初研究計画では予期していない新たな課題が発生した。このためバガスや多孔体セルロース球を微細藻類と充填することでこの問題を解決した。

④研究題目 4 の研究のねらい（参考）

世界で最大規模の微細藻類油脂抽出装置を中心に、現地試験において、液化 DME によって微細藻類を乾燥させることなく油脂を抽出できることを立証するとともに、二酸化炭素の排出を伴うエネルギー消費量を明らかにする。微細藻類回収装置についても消費エネルギーを把握する。

⑤研究題目 4 の研究実施方法（参考）

微細藻類の回収

DUT が保有する 300ton レースウェイ培養池からの微細藻類の回収について成果を示す。まず、国内企業の導入実績がある遠心分離装置（図 4-2、BDN034 巴工業）を 2019 年 5 月に現地にインストールし、1500G～2100G、処理速度 3～7ton/h で微細藻類を回収した。この際の消費動力を計測したところ、培養液 1ton あたりで 0.561～0.903kWh/ton となった。ここで Kingsburgh 水処理場で培養された微細藻類の濃度は、日によって変動があるものの 1000～1600ppm の範囲内、油脂の含有量も 18～30%の範囲内である。つまり、油脂は培養液 1ton あたりで 0.18～0.48kg/ton である。また、微細藻類の回収率は最大 70%程度であった。含水率は 86～91%程度であり、処理速度よりも遠心力の強さによる影響を強く受けた。これを元に消費動力を油脂重量基準に変換すると 1.67～7.17kWh(=6.01～25.8MJ)/kg となる。ここで受電端効率を日本と同等の 37%と仮定すると、一次エネルギー換算で 16.2～69.8MJ/kg となる。

現地で培養した油脂から液化 DME で抽出した油脂の高位発熱量を計測したところ 30.18MJ/kg であった。この高位発熱量を遠心分離装置の一次換算の消費エネルギーと比較すると、遠心分離装置の運転条件の調整が大切なことが分かる。つまり、培養条件と回収条件の双方が最適な条件で遠心分離によって油脂の保有熱量の 47%が失われ、最適化されない場合には油脂の保有熱量を超えるエネルギーが消費されることになる。ここで、遠心分離による回収では消費エネルギーは処理する培養液の濃度にさほど依存せず、処理する量のみ依存することが知られている。仮に 10 倍(=1.0～1.6%)に濃縮することができれば消費エネルギーは 1/10 となる。つまり磁気凝集分離ではなく遠心分離による回収でも、凝集剤で培養液を濃縮すれば十分に消費エネルギーを低減できる可能性がある。



図 4-2 微細藻類回収装置の外観

微細藻類からの油脂抽出

南アフリカ共和国ダーバン郊外の Kingsburgh 水処理場に、微細藻類油脂抽出装置を 2019 年 6 月に設置した (図 4-3)。同装置は、抽出槽がカラム流通式の液化 DME 抽出装置としては世界最大である。また、研究題目 2 の試験管レベルの装置 (抽出カラム中の充填容積 5 ~10mL) と比較すると、3000~6000 倍のスケールアップである。一般的に、装置のスケールアップ開発は容量比で 100 倍程度とされているので、それを越えた挑戦的な取り組みであり、設計は名古屋大学が担当した。

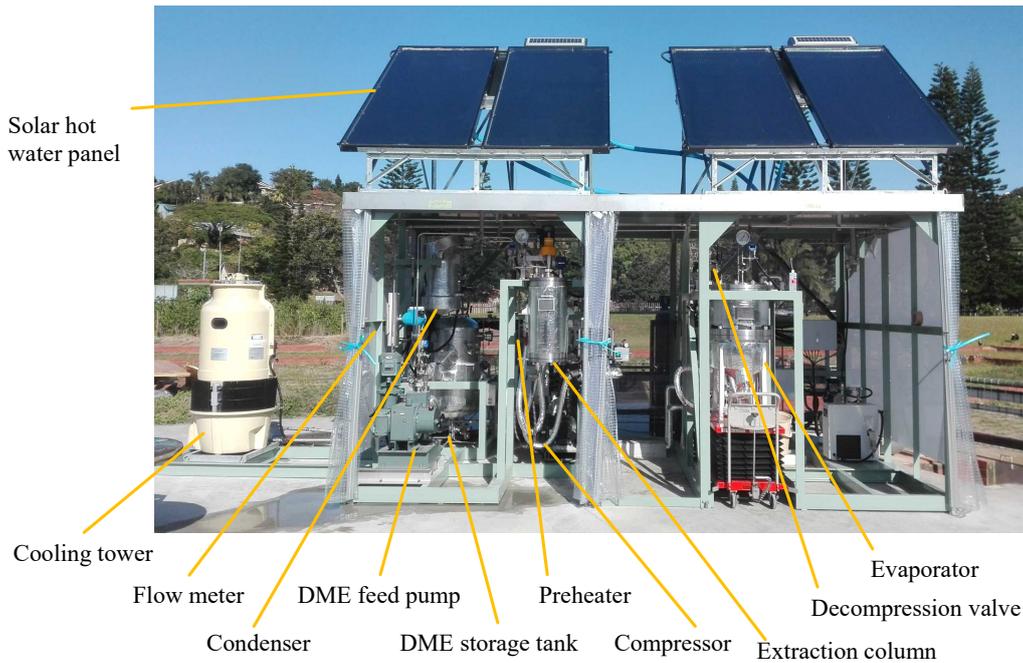


図 4-3 液化 DME を用いる微細藻類油脂抽出装置の外観

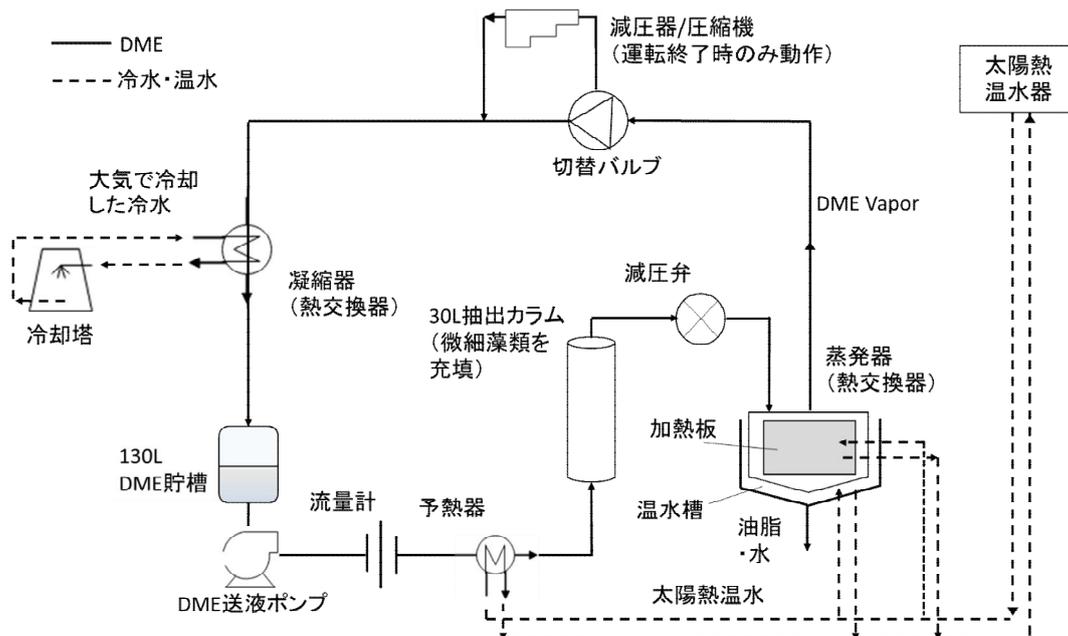


図 4-4 液化 DME を用いる微細藻類油脂抽出装置の構成図

同装置の構成を図 4-4 に示す。DME 貯槽から送液ポンプで送り出された液化 DME は、抽出カラムに充填された微細藻類から水と油脂を抽出する。液化 DME は太陽熱温水で加熱されて蒸発し、蒸発で生じた DME 蒸気は冷水で凝縮されて、再び DME 貯槽へと戻って再利用される。DME 蒸気が通過する箇所には、圧縮機（減圧機）を設置しており、運転終了時に稼働させることで抽出カラムや蒸発器に残留する DME 蒸気を吸引して、圧縮した後に DME 貯槽へと押し込む役割を担う。予備実験として太陽熱温水器の動作確認を行ったところ、南半球の冬至頃（6 月 14～18 日）にも拘わらず、晴天時には正午頃に水を 72～73℃に加熱できることを確認した。この予備検討の後、雨天や夜間の試験に安定的に対応するため、模擬的に電気ヒータで加熱した 60℃の温水を用いた。

ダーバン工科大学が Kingsburgh 水処理場で培養し、微細藻類回収装置で回収された微細藻類の水分は 91.1%であり高粘度の泥状であった（図 4-5 左上）。メタノール・クロロホルム混合液抽出で測定された油脂の総含有量は 18.3%である。微細藻類のみを 30L 抽出カラムに充填した場合には、抽出カラムが閉塞して液化 DME が流れなかったため、微細藻類にウッドチップやバガスや日本より搬入したセルロース球を混合し、これを抽出カラムに充填することで、閉塞の問題を解消できることを実験で見いだした。

これら充填物のうち、南アフリカ共和国の農業研究機構（ARC）がアグリマットの原料としてバガスを利用することから、バガスを微細藻類と混合し、そこから油脂を抽出することで、アグリマットの原料となる微細藻類の残渣とバガスの混合物を製造することとした。ウッドチップやバガスやセルロース球に共通するのはセルロースやヘミセルロースが主成分であることで、これらが液化 DME に不活性であることは、日本側の試験管レベルの基礎実験で明らかにした。（S. Machmudah, *et al.*, Energy Reports, 6, 824, 2020）微細藻類とバガスの混合比率を様々に変えて抽出カラムの閉塞の有無を検討したところ、湿潤重量比で 2: 1 が抽出可能な最大の混合比率となることが判明した（図 4-5）。この条件では、微細藻類から油脂の 93.2%と水分の 99.0%を抽出でき、バガスと微細藻類の混合残渣は黄緑色に脱色された乾燥状態であった（図 4-5, 4-6）。



図 4-5 液化 DME 抽出の前後のバガスを混合した微細藻類と油脂



図 4-6 (左) 蒸発器の底部に溜まった油脂、(右) 取り出された油脂 (エタノール希釈)

微細藻類と油脂の構成元素割合と高位発熱量を表 2-1 に示す。一般に、構成元素のうち C/N 比が 30 より高いと熱化学変換プロセスに適合しており、C/N 比がこれより低いと生物学的変換プロセスに適していると見なされる。元の微細藻類の C/N 比は 7.7 であり、燃焼の化学的な変換プロセスに適さず、アルコール発酵などの生物学的な変換プロセスに適していることが分かる。一方で抽出油脂の C/N 比は 84.9 であることから、抽出油脂はメチルエステル化などの化学変換プロセスを経て、燃料としてエネルギー活用することに適していることが分かる。

油脂の高位発熱量は 30.18MJ/kg であり、これは過去に代表者が JST さきがけ研究などで研究したラン藻や緑藻が混合した日本のアオコから抽出された油脂の高位発熱量 (33.8MJ/kg) に近く、十分な熱量を有していることが分かった。

表 2-1 微細藻類と油脂の構成元素割合と高位発熱量

	Microalgae	Lipid
Elemental analysis (wt.% dry ash-free)		
C (±0.3)	41.0	62.0
H (±0.1)	6.4	10.5
N (±0.4)	5.3	0.7
O (±0.6) ^a	47.4	26.8
Higher heating value (MJ kg ⁻¹)	17.65	30.18

しかし、バガスと微細藻類の混合では抽出カラムに充填できる微細藻類の湿潤重量が 11.1kg に止まった。将来の更なるスケールアップの際に装置コストを抑制するため、微細藻類の充填量を増大させることが望ましく、このため、バガス以外の充填物としてセルロース球を試した。セルロース球は図 4-7 に示すような直径 2mm の球形であり、その内部は図 4-8 に示すような多孔質構造である。微細藻類 20kg とセルロース球 2.2kg を充填して図 4-9 に示す 30L の混合物を作成し、抽出カラムに充填して液化 DME 抽出を実施したところ図 4-10 の様な脱色された乾燥残渣が得られ、油脂の抽出に成功した。これにより微細藻類の充填量を増大させることが可能になった。

続いて、同装置における消費エネルギーについて説明する。ここでの試算では研究題目1において、微細藻類中の最大の油脂含有量であった 29.6%と仮定して計算した。微細藻類の回収から油脂の抽出までに要するエネルギーを図 4-11 に示す。



図 4-7 セルロース球の外観

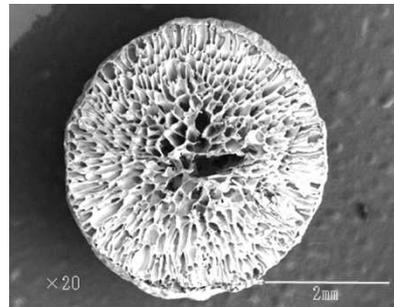


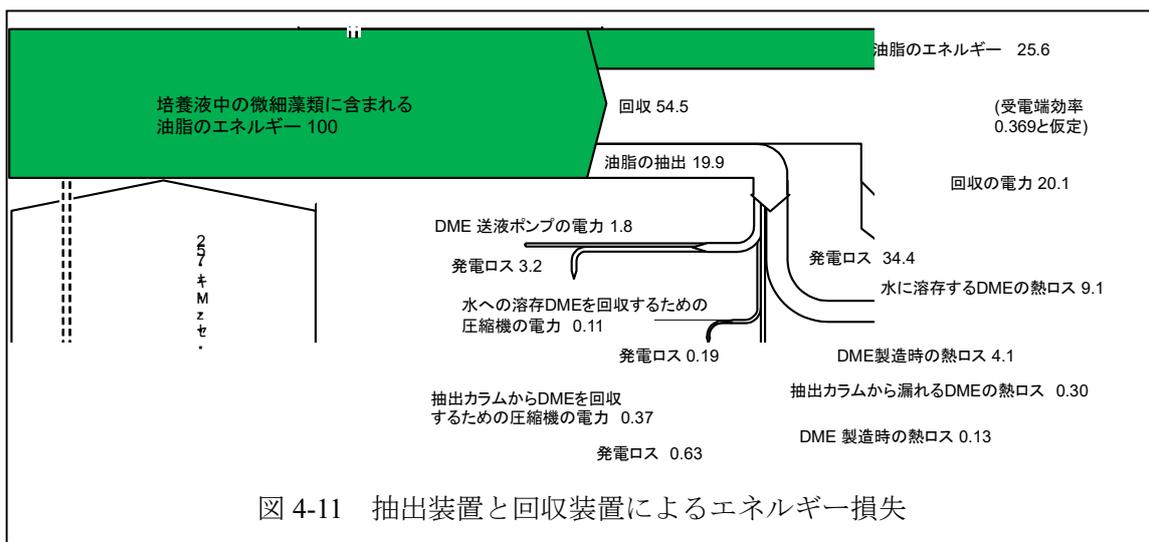
図 4-8 セルロース球の断面



図 4-9 液化 DME 抽出前の微細藻類とセルロース球の混合物



図 4-10 液化 DME 抽出後の微細藻類とセルロース球の混合残渣



油脂に含まれる油脂の保有熱量を 100 とすると、微細藻類回収装置の消費電力は発電効率を考慮した一次エネルギー換算で 54.5 と見積もられた。また、油脂の抽出に関連する消費電力は、DME の送液のポンプの消費電力が 5.0、排水や装置内から DME を回収するた

めの圧縮機の消費電力が 1.30 となった。また、排水や装置内から失われる DME の保有熱量は DME の製造時の冷ガス効率も考慮すると 13.63 である。つまり油脂の抽出に関連する消費エネルギーは 19.9 となる。また、液化 DME の蒸発と凝縮に投入される太陽熱温水の熱量のうち 752 が失われるが、これは二酸化炭素の排出を伴わない。ここで太陽光から太陽熱温水への変換効率は 40~60%程度であり、太陽光発電の効率 20%程度よりも著しく高い。つまり太陽光発電よりも効率的に太陽光のエネルギーを獲得し、抽出装置の分離のエネルギー源としての利用が可能となる。

回収と抽出に係わる消費エネルギーを全て差し引くと、油脂の保有熱量の 25.6 が残ることになる。ここで、従来のような乾燥の前処理を施す溶媒抽出法での消費エネルギーは 700~1600 程度であり、二酸化炭素の排出を伴うエネルギーに限れば収支がマイナスとなる。この原因は乾燥に要するエネルギーを 100℃以上の熱で投入する上に、その廃熱を水蒸気から回収できていないからである。仮に乾燥のエネルギーを全て太陽光発電などで賄うにしても、700~1600 程度の電力を、100 の熱量の有機物に変換することを意味しており、効率が高いかは注意深く検討する必要がある。この従来技術と比較すると、本手法で油脂の保有熱量が残るという結果は画期的である。また、回収と抽出に関連する消費電力を太陽光発電や風力発電で賄う場合には、さらに二酸化炭素の排出量を削減することができる。ただし、この場合には、他の用途に利用可能であった電力を消費することになるので、注意が必要である。

本手法の本質は、太陽光からの変換効率が高いものの利用価値に乏しい 100℃未満の太陽熱温水や未利用廃熱を効果的に分離へのエネルギーに使用する点にある。これにより、利用価値が高いものの二酸化炭素の排出を伴う 100℃以上の熱源や従来電力の消費量を大幅に低減することが可能になる。

(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)に対する成果目標の達成状況とインパクト

1. ビジネスモデル構築に関する日本・南アフリカの環境政策研究

ビジネスモデル構築のために日本における環境問題解決のためのケーススタディと、南アフリカ共和国の環境政策(気候変動政策・再生可能エネルギー政策)の現状を整理した。そのうえで、環境ビジネス、特に気候変動緩和技術・再生可能エネルギー技術関連の現状をサーベイした。

日本における環境問題解決のためのケーススタディとして、2016年度に国内における2つの事例、三重県四日市市と福岡県北九州市の事例を現地視察・担当者へのインタビュー調査を行った。三重県四日市市については、2016年8月12日に四日市公害と環境未来館にて館長ほか職員2名にインタビュー調査を実施した。1950年代半ばから1960年代にかけて問題化した四日市ぜんそくとその克服を事例に、①問題の顕在化(市民運動と専門家による公害訴訟)、②行政による規制(県のモニタリング、公害防止条例の策定)、③コンビナート関連企業中心とした地域企業における環境技術革新の誘発、④地域の環境ビジネスの成立、などについて館内展示の視察を含めて聞き取りを行った。また、現在四日市公害と環境未来館をはじめ、四日市市内で中国や東南アジア諸国をはじめとした発展途上国からの人材の受け入れによる環境技術移転を行っている事例について紹介を受け、本プロジェクトとの関連や連携可能性について意見交換を行った。福岡県北九州市については、2016年8月22-24日に北九州市環境ミュージアム、北九州エコタウンセンター、JICA北九州を訪問し、JICA北九州、北九州市環境ミュージアム、北九州エコタウンセンターの職員など3名にインタビュー調査を実施した。1950年代半ばから1960年代にかけて問題化した福岡県北九州市の洞海湾での水質汚染・大気汚染に関して①市民運動とそれに対する市の環境規制の整備、②地場産業による環境ビジネスの集積化、③現在の途上国への環境技術移転ビジネスに関する事例研究、について関連施設の視察ならびに担当者などからの聞き取り調査を行った。特に環境技術革新と技術移転における、行政の規制と競争政策の関連について文献調査を基に質問を行った。また、東南アジア等発展途上国への環境技術移転に関しての取り組みに関して調査を行い、本プロジェクトとの関連や連携可能性について意見交換を行った。

南アフリカ共和国の環境政策、特に気候変動政策・再生可能エネルギー政策について、2016年度は南アフリカ側の研究者から提供された資料などを活用し、現状の整理を行った。その結果、2000年代以降多様な気候変動ならびに再生可能エネルギー関連の国家戦略・基本計画は策定されているが、国家方針となる基本法・対策法などの不在が明らかになった。また、南アフリカ共和国における気候変動緩和技術や再生可能エネルギー技術の技術革新の社会・経済的状況に関して、関連資料をサーベイし、特許出願件数などを調査することで概観した。南アフリカ共和国の上記の技術の特許出願件数は、2000年代初頭に一時的な盛り上がりを見せたものの、その後は低調に推移している。原因として、政策上の制度を含めた研究開発環境の整備の遅れが原因と考えられる。さらには、また、南アフリカ共和国における部門別の環境・エネルギー関連の研究開発の支出動向をみると、上記表1のとおり、民間企業等へのインセンティブ策を導入しているにもかかわらず、研究開発の支出の中心は政府機関や大学などの公的機関が中心であり、民間企業は2割以下で横ばい傾向が続いている。この点は、気候変動・再生可能エネルギー関連の技術開発環境が整っていないことに加え、環境技術革新における競争的市場の創出に至っていないという課題が指摘できる。これらの研究成果は後述のHandbook Iでまとめ、南アフリカ側の研究者と共有したうえで、2017年度のJCCなどで報告した。また国際開発学会2016年度秋季大会(於・広島大学)英語セッションで報告した。

表1 南アフリカ共和国の主な気候変動・再生可能エネルギー関連政策の概要と特徴(抜粋)

年	主な出来事	主な政策など	概要/主な特徴	主な再エネ等 R&D 投資策
2000-2005年	2002年 リオ+10(ヨハネスブルグ・サミット) 2005年 京都議定書発効	再生可能エネルギー白書の発行(1998・2003年) 2004年 国家気候変動対策戦略	京都議定書批准に伴い、2020年までに温室効果ガス34%削減を公約 国内エネルギー消費のうち10,000 GWhの再生可能エネルギーによる発電供給を目標⇒実行計画の欠如により、2013年の再エネ発電供給は4%	
2005-2011年		国家エネルギー効率化戦略(1998・2005・2008・2011年) 2008年 気候政策に関するビジョン・戦略的方向性・ならびに枠組 2011年 国家気候変動対策政策	2005年 エネルギー効率化のための所得税控除	地方自治体のインフラのエネルギー効率改善に約6億ランドの国庫拠出を決定 57.5億ランドにわたる企業のグリーン技術革新・企業のインフラ更新・競争力向上に向けた予算化
2007年		2007 バイオ燃料産業戦略	2017年までディーゼル消費の5%をバイオディーゼルに、石油消費の2-10%をバイオエタノールに代替する目標を発表	バイオディーゼル生産への財政補助
2008年	2008 世界金融危機	持続可能な開発にむけた国家戦略		
2009年		世界的経済危機に対する南アフリカ共和国の対応の枠組 再生可能エネルギー固定買い取り制度	グリーン投資によるグリーン雇用に初めて言及した政策文書	
2010		新成長戦略	グリーン経済による30万人の雇用創出目標	
2011-2012	COP 17 (ダーバン)	2011年 国家発展戦略 統合資源計画 2012年 エネルギー戦略計画	低炭素経済への移行に向け、「技能・技術・制度面の能力への投資」を強調⇒炭素価格の導入、消費者意識の必要性、グリーン製品・サービスの開発の必要性(DST, 2014 p. 50)	

(出典) Department of Science Technology (DST) (2014) *the State of Green Technologies in South Africa*, Academy of Science of South Africa.などを基に筆者作成.

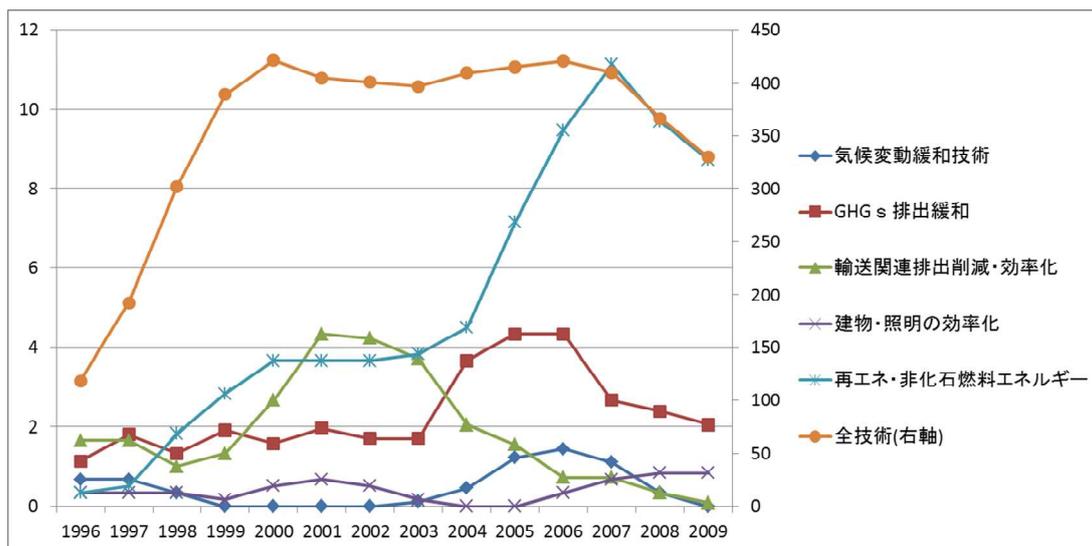


図1 南アフリカ共和国の気候変動緩和・再生可能エネルギー関連技術の特許出願件数の推移（単位：件、1996-2009年）

（出典）OECD（2013）*OECD Environmental Performance Reviews: South Africa 2013*, OECD publishing. を基に筆者作成.

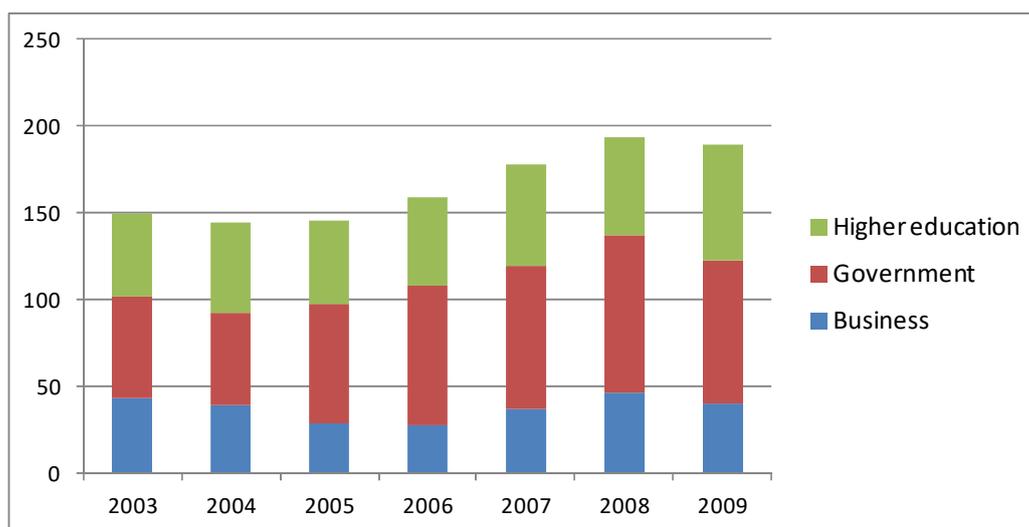


図2 南アフリカ共和国のセクター別環境・エネルギー関連の研究開発支出の推移（単位：米百万ドル、2003-2009年）

（出典）OECD（2013）*OECD Environmental Performance Reviews: South Africa 2013*, OECD publishing. を基に筆者作成.

また、2018年度の研究では、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った。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。南アフリカの主なバイオ燃料生産と普及に関する政策は、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(IFS)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 2 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。

2. Handbook I の作成

本プロジェクトで扱う多種多様な問題 (気候変動・エネルギー・水浄化・土壌開発・産業発展・人材育成) の全体像の整理と、社会ソフトインフラの開発・人材育成の重要性を共有することを目的に、網羅的に把握できるハンドブックを作成し、南アフリカ共和国側の研究者とのディスカッションを行うベースを構築するため、日本側の研究チームのメンバーが分担し、執筆した。このハンドブックは、2017 年 2 月の南アフリカ共和国側の訪日メンバーに配布され、プロジェクトの目的と、その中での社会実装の位置づけと考え方に関して共有された。そのなかで、南アフリカ側の研究者 3 名が本プロジェクトでの貢献をまとめ、加筆することが決められ、2017 年度前半に作成、2017 年 11 月の南アフリカ・ダーバン工科大 (DUT) での JCC で、DST・ARC・エテクイニ行政府・DUT の関係者など南アフリカ関係者ならびに JICA 関係者・在南アフリカ日本大使館関係者などに配布された。

表 3 ハンドブックの目次と主な内容

章番号. 章題	主な内容
1. Sustainability and the risk of climate change	What's sustainability?/ Threat to sustainability/ Climate Change and Global Warming/ Industrial Pollution and Transboundary Pollution/ Soil Contamination, Erosion and Water Resource/ Challenge to Sustainability

2. The role of business model for achieving sustainability	Definition of Business Model / Business Model and Market (Environmental Mindset and Social Consensus, Environmental Regulation, Design of Incentive System, Competition) / “Soft” Infra-structure for Environment Business
3. Case study: Business model for achieving the sustainability	Air Pollution in Kitakyushu City / Improvement of Air Quality and Reduction of Pollution in Yokkaichi City / DPF (Diesel Particulate Filter) Regulation in Tokyo / Bio-Diesel Fuel from used Tempura oil in Kyoto / Improvement of the water pollution in Biwako Lake / Eco-Point System by METI Sales promotion of eco-friendly goods
4. Environmental policies and business in South Africa	Background and Actual Status of Environmental Policies / Environmental Innovation and Business / Environmental NPO and Impact to Business
5. Contribution of our Project to Sustainability in South Africa	Overview of SATREPS project / Low-carbon / Energy Security / Prevention of Soil Contamination and Protection of Water Resources / Development of Human Resource
6. Contribution of our Project to Sustainability in South Africa by South Africa Teams	Production of biofuels using algal biomass/Agri-mat evaluation for potential uses in agriculture in South Africa/ Agri-mats testing in eThecwini
Appendix	Agri-mat Production Technologies

3. ビジネスモデルの構築と事業化へ向けた研究

技術的な枠組みを基に、技術の社会実装を可能にするビジネスモデルを構築するための研究を行った。主な議論として、①本プロジェクトのビジネス化による主な収益構造とその実現可能性、②アグリ・マットの収益構造とその可能性、③CDM（クリーン開発メカニズム）を利用したモデルの構築、以上3点についてディスカッションを行った。

2016年度の研究による主な成果として、①藻類からのバイオ燃料生産量は少量のため、本プロジェクトの予算規模だけでは、競争市場におけるビジネスモデル設計は難しい、②アグリ・マットは日本と異なり、南アフリカでは有力な潜在市場が存在する故、customizationを意識したビジネスモデル設計が必要である、③本プロジェクトの収益化には、CDMの構築が必須であり、このためには、プロジェクト全体でのエネルギー収支の黒字化（エネルギー投入以上のエネルギー回収）・ならびにCO₂排出収支の黒字化（CO₂排出以上の排出削減）が必要である、以上3点を確認した。そのうえで、本プロジェクト関連のビジネスで考える3つの収入源として、①バイオ燃料の生産・販売による収益、②アグリ・マットの生産・販売による収益、③CDMによる炭素クレジット獲得、以上3点が考えられることを確認した。一方で、以上のような収益モデルだけでなく、リスクに関して、①環境的リスク（下水の処理水の水質が基準に達しない、育成した藻類が疫病や他の生物を浸食して環境問題を発生すること、など）、②技術的リスク（DMEで抽出できない、性能が非常に低い、凝集剤の問題、安全性の問題、など）、③経済的リスク（採算性の問題、藻類回収および燃料抽出コストの問題、為替レート変動リスク、金融リスク、特にリコース/ノンリコースの違い、など）、④社会的・地政学的リスク（政治、労働運動、事故発生時の裁判、外国企業に対する不利な法律の有無など）があることが確認された。特にプロジェクトのliabilityが伴うとリスクの限界が見えなくなるので要注意であり、どうリスクを軽減するか、日本・南ア双方の研究メンバーと相談しつつ検討すべきことが確認された。

2017年度の研究では、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、(2)アグリ・マットを用いた有機農業製品の製造・供給、CDM等を通じた炭素クレジットの取得、以上三つからの収益が期待できる。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

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。

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。また、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。

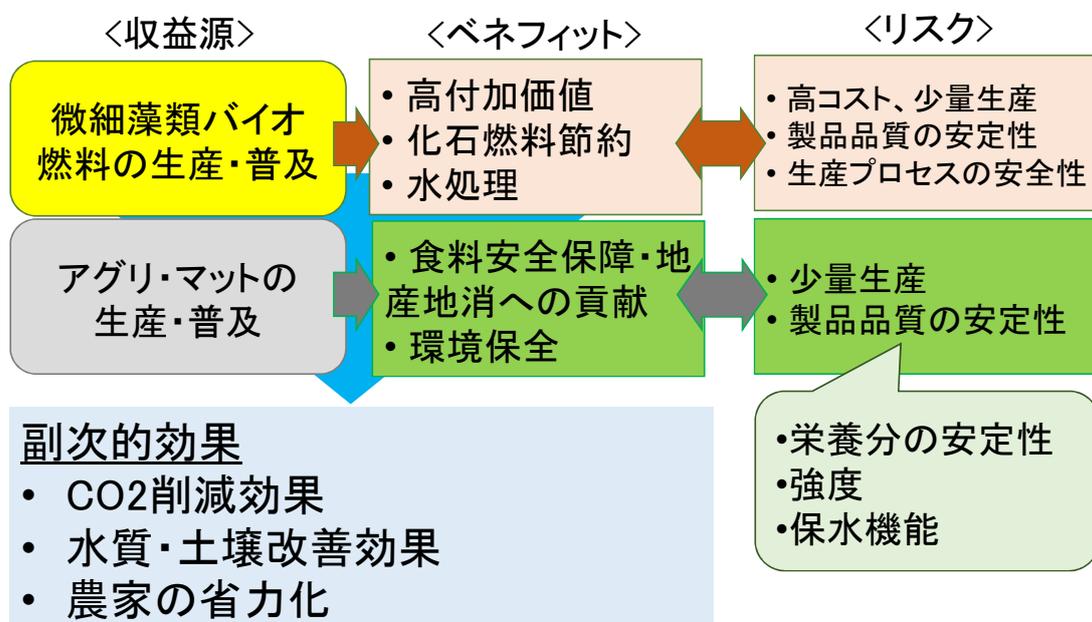


図1 本プロジェクトにおける収益構造ならびに想定される便益・リスク構造 (出典) 渡邊作成。

2019 年度の研究では、これまで本プロジェクトで検討してきた南アフリカにおける藻類バイオ燃料とアグリ・マットを用いた有機農業に市場経済動向を踏まえ、本プロジェクトで考えられるビジネスモデルの基本的な枠組みの検討を行った (図1 参照)。図1での基本的な枠組みの中では、日本・南アフリカ双方の研究メンバーの技術による収益化可能な部分を明示的に示すことを目的としており、その内訳として、(1)下水処理施設での微細藻類の培養、(2)DMEを用いた微細藻類由来のバイオ燃料のエネルギー効率的な生産、(3)微細藻類残渣を用いたアグリ・マットによる農業生産、(4)CO2 排出削減と化石燃料消費の節約、以上4点から成る。

このビジネスモデルの中での収益化できる部分について、どのような形で収入を得て、一方で基本的な枠組みのなかで投入に必要な費用はどのようなものがあるかを検討した。収入源として、(1)微細藻類由来のバイオ燃料、(2)バイオ燃料以外の微細藻類由来の製品、

(3)微細藻類の残渣を含めたアグリ・マット、(4) 微細藻類の残渣用いた窒素肥料、(5)一連の取り組みによる CO2 排出削減と化石燃料の節約による利益、以上 5 点となる。一方、費用構造として機械設備等の投入に係る初期費用とプロジェクト運営に係る運転費用に大別される。初期費用として、(1)微細藻類培養のための周回型開放池、(2)培養微細藻類の収穫装置、(3)DME によるバイオ燃料の抽出装置、(4)アグリ・マットのプレス機械の 4 項目からなる、また、運転費用として(1)培養・収穫・抽出・プレスにかかるエネルギー費用、(2)培養のための窒素、抽出のための DME、マット製作のためのボンド供給、(3)作業のための労働コスト、(4)設備の保守管理費用の 4 項目である。

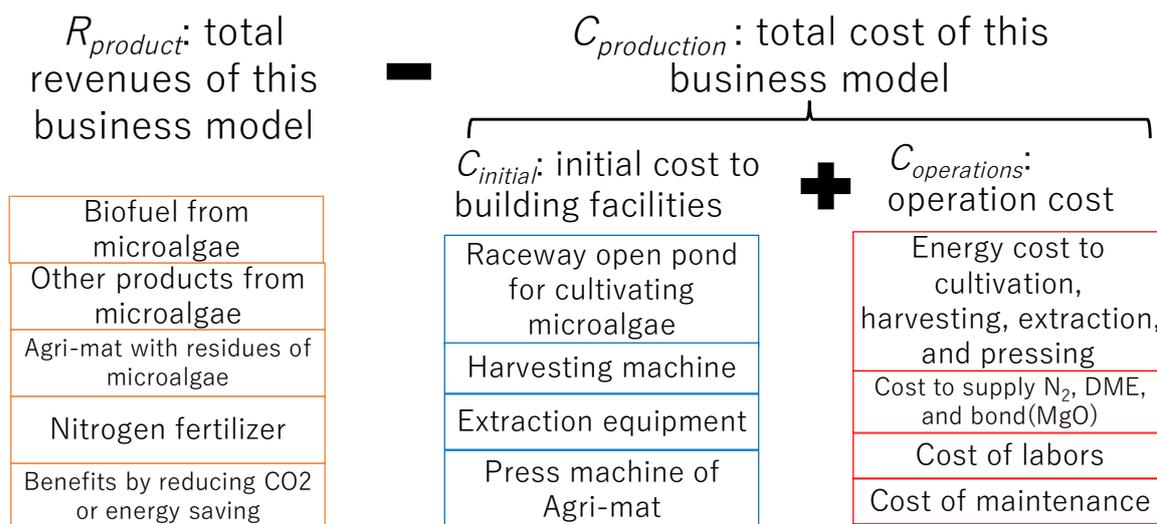


図2 本プロジェクトのビジネスモデルにおける収入-費用構造の概要
(出典) 研究メンバー間での議論に基づき作成。

そのうえで、2020 年度の研究では、南アフリカ側研究メンバーと共同で、これまでの研究結果を基にスケールアップに伴う諸費用ならびに起こりうるリスクの抽出を行い、ビジネスモデル構築のためのシミュレーションに着手した。スケールアップについては、微細藻類培養プールの規模実に応じて、実験室レベルの 100mL から 1L、3KL、300kL までを想定している。そのうえで、微細藻類の収穫、DME によるバイオ燃料抽出、残渣のアグリ・マット利用と他の用途（肥料ならびに飼料への利用）の各段階に分けて考えられる費用と収入を算出していく。特に、スケールアップにしたがって、それぞれの規模に応じた最適化を行うための追加的な設備投資を考慮したうえで、どの程度の期間でのコストを考慮するか検討した。また、スケールアップをしていく過程のどの規模でどの程度の収益が得られるのかを試算していく。さらには、想定しうる不確実性とリスクに関してリストアップをし、ビジネスモデルの持続可能性について検討した。

これまでの研究成果からビジネスモデルを構築していくにあたってのシミュレーションを行う一方で、ビジネスモデルのキーコンセプトを検討した。研究者間で議論の中で、培養・収穫・バイオ燃料の抽出・アグリ・マット製造・農業生産の一連の事業に関して、物質循環と資金循環を実現するようなサーキュラーエコノミーを検討することとなった。特に、サーキュラーエコノミーに関して、いかに事業規模の再適性を担保するのが重要であることが確認され、具体的なサーキュラーエコノミー型のビジネスモデルの実現可能性について検討を行った。サーキュラーエコノミーのビジネスモデルについていくつかの類型的なパターンを検討したうえで、本プロジェクトに関連する資源循環と廃棄物の発生抑制に関連するサーキュラーエコノミーのビジネスモデルの選定を行った。

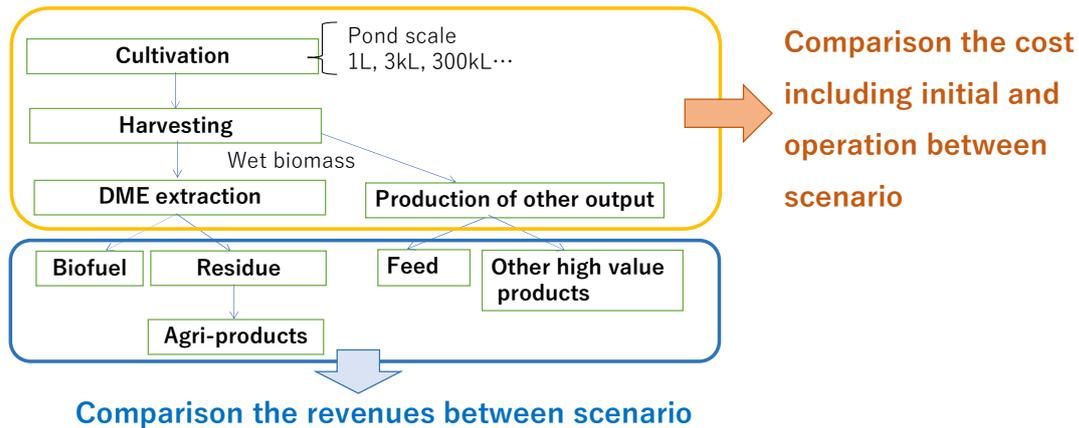


図3 本プロジェクトのビジネスモデルのシナリオ分析の基本構造
 (出典) 研究メンバー間での議論に基づき作成。

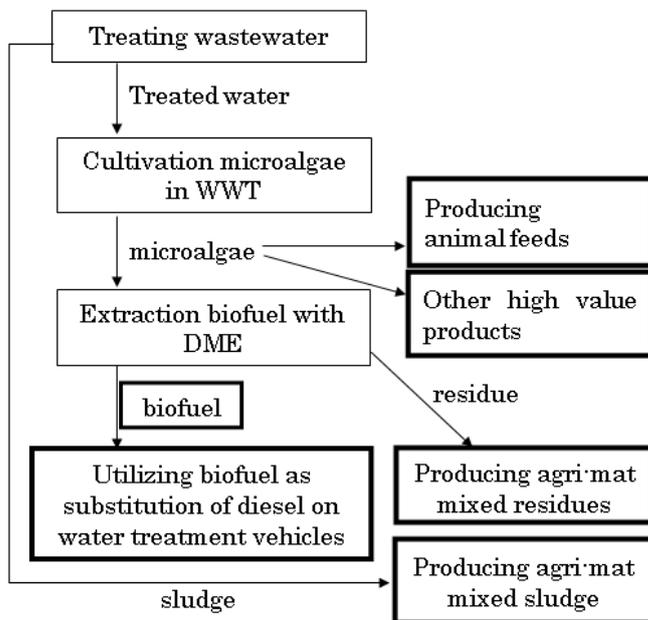


図4 本プロジェクトにおけるビジネスモデルのフローチャート

(注) 1回の必要培養日数を17日、下水処理場での微細藻類の培養の年間稼働日数を350日とし、1年間で20回の培養実施を仮定。

(出典) 研究メンバー間での議論に基づき作成。

動物・魚類の飼料としての活用、微細藻類由来の高付加価値製品の原材料への利用、下水汚泥のアグリマットへの活用などによる、既存の公的支出の節約や新たな収入源などの副次的効果を期待できるようにビジネスモデルを設計した。

これらを踏まえ、本プロジェクト内の各研究者から、現状のプロジェクトの規模(300,000Lのレースウェイ池を想定)での微細藻類の生産量を推計し、その他の油脂や残渣の産出量を算出した。表1が本プロジェクトのベースラインとなる各技術工程での1回あたり産出量ならびに想定される年間生産量を示した。

また、本プロジェクトにおけるビジネスモデルを実行するための事業体組織の在り方について議論し、PPP

(Public-Private-Partnership, 公民連携)の枠組みについて検討することとなった。特に、南アフリカ共和国の政策・制度を基にしたPPPの在り方について関連研究を収集しながら検討を進めた。

そのうえで、本プロジェクトで想定するビジネスモデルのフロー図を図3のとおりまとめた。下水処理場の二次処理水を用いて微細藻類を培養する。培養された微細藻類からDME抽出によって油脂を抽出する。抽出された油脂をダーバン市が所有する下水処理場で使用されている下水処理用車両のディーゼル燃料の代替燃料として活用する。DME抽出の残渣をアグリマットの製造に活用し、近隣農家で活用する。またこれらビジネスモデルの主流に加えて、副産物としての微細藻類を

表1 各生産工程の1回あたり生産量ならびに想定年間生産量

	unit	baseline per time	baseline per year
cultivation microalgae	t	0.486	9.72
extracting lipid from microalgae	kg	0.497	241.33
residues after extracting microalgae	kg	1.303	633.47
quantities of agri-mat production	mats	54	26394

(注) 1回の必要培養日数を17日、下水処理場での微細藻類の培養の年間稼働日数を350日とし、1年間で20回の培養実施を仮定。

(出典) 本研究プロジェクトの研究成果に基づき、渡邊推計。

また、現状の300,000Lのレースウェイ池による微細藻類の培養規模における培養池、回収装置、DME抽出装置、ならびにアグリマットのホットプレス機の初期費用を整理した。さらには、微細藻類の培養・回収、DME抽出、アグリマット製造過程に使う運用費用を推計した。表2および3にプロジェクトの初期費用ならびに運用費用をまとめた。

表2 各生産工程の装置・設備などにかかる初期費用

Initial Cost (unit:ZAR)	
Open raceway pond	16,583,587
Harvesting machine	3,687,500
Extraction equipment	3,021,250
Hot press machine	621,405

(注) 1回の必要培養日数を17日、下水処理場での微細藻類の培養の年間稼働日数を350日とし、1年間で20回の培養実施を仮定。また、為替レートを1南アランド=8円と想定。

(出典) 本研究プロジェクトの研究内容に基づき、渡邊作成。

表3 各生産工程における運用費用

	price	unit	note
Nitrate	17.80	ZAR/kg	quantities of usage: 250mg/L
Phosphate	45.76	ZAR/kg	quantities of usage: 40mg/L
electricity	1.61	ZAR/kWh	Based on ESKOM (power utility) rates in Feb. 2022.
celloseball	7.50	ZAR/kg	quantities of usage: celloseball of 2kg for extracting microalgae of 20kg
ahesive for producing agri-mat	200.00	ZAR/kg	quantities of usage: 0.084kg/mat
wage to labor	23.19	ZAR/hr	Based on current minimum wages by Dept of Labour.

(注) 1回の必要培養日数を17日、下水処理場での微細藻類の培養の年間稼働日数を350日とし、1年間で20回の培養実施を仮定。また、為替レートを1南アランド=8円と想定。

(出典) 本研究プロジェクトの研究内容に基づき、渡邊作成。

したがって、表1の産出量を達成するために必要な費用として表2と表3の費用がかかるといことになるので、ここから各産出物の単位当たり費用（経済学的には平均費用）を計算することができる。この単位当たり費用とは各産出物がつけることができる最低販

売価格 (minimum selling price, MSP) であるが、すなわち単位当たり収益=0 となる価格であり、事業運営にあたり収益を得るためには MSP 以上の価格設定を行うことが必要になる。表 4 に現状のプロジェクト (ベースライン) の規模における各産出物の MSP をまとめた。

表 4 ベースラインの生産規模における各産出物の最低販売価格

Minimum Selling Price		
Microalgae biomass	170.27	ZAR/kg
Lipid from microalgae	1516.83	ZAR/kg
Agri-mat	29.48	ZAR/mat

(出典) 表 1・2・3 の結果に基づき、渡邊推計。

この MSP を、例えば油脂を既存のディーゼル燃料価格と競合する価格まで引き下げるためには生産規模の増大が必要である。そのため、現状の 300,000L の培養池を規模拡大する 2 つのケースを設定した。第一に、Kingsburgh WWT 全体 (約 600 万 L) での微細藻類の培養を行うことを想定して約 20 倍の規模の拡大となる。第二に、ダーバン市すべての下水処理場 (約 5 億 L) での培養を想定して、約 1666 倍の規模の拡大となる。この 2 つのスケールアップケースについても想定される産出量ならびに初期費用、運用費用を推計したうえで、各産出物におけるベースラインと 2 つのスケールアップ・シナリオの MSP を算出した。表 5 に Kingsburgh WWT 全体での培養ケースにおける各産出物の MSP、表 6 にダーバン市全体での培養ケースにおける各産出物の MSP をまとめた。

表 5 Kingsburgh WWT 全体でのスケールアップケースにおける各産出物の MSP

Minimum Selling Price		
Microalgae biomass	120.73	ZAR/kg
Lipid from microalgae	1224.58	ZAR/kg
Agri-mat	24.64	ZAR/mat

(出典) 渡邊推計。

表 6 ダーバン市全体でのスケールアップケースにおける各産出物の MSP

Minimum Selling Price		
Microalgae biomass	104.31	ZAR/kg
Lipid from microalgae	1121.16	ZAR/kg
Agri-mat	19.56	ZAR/mat

(出典) 渡邊推計。

本プロジェクトのビジネスモデルにおける収益源として、下水処理場での微細藻類培養、藻類バイオ燃料代替、アグリマット活用による作物の高い植生効果による CO2 排出削減、ならびに CO2 固定化効果に対する炭素クレジットの獲得があげられる。また、各製造工程の収益化に加えて、これまでの必要な費用の節約効果が期待できる。

一方で、スケールアップケースにおいても抽出油脂の価格の高さは、既存の燃料と比較して競争上不利に働く。これに対し、培養した微細藻類を動物用飼料や他の高付加価値商品の原材料に活用するなど、多様な収益源を確保することで価格競争力の面での不利を克服する可能性がある。また、アグリマット製造に際し下水汚泥を活用することにより、月 616,000 南アランドもの下水汚泥処理費用を節約することが可能になる。これら様々なプロジェクト上の選択オプションを組み合わせることで、CO2 排出削減と燃料節約などの環境性と費用最小化と利潤最大化という経済性を両立することを検討することが必要である。

4. 2017年2月の訪日研修

環境技術の社会実装に向けて、環境ビジネスが成立するうえでの社会ソフトインフラの重要性を、日本における実例をもとに研修し、また研究の進捗状況と今後の研究計画に関して、打ち合わせを行った（表4、図3・4）。

表4 2017年2月の訪日研修のスケジュール

日時	訪問場所等	内容
2/18	東京	日本到着、東京宿泊
2/19	名古屋	移動日、名古屋宿泊
2/20	名古屋大学	JCCに向けたディスカッション
2/21	名古屋、 岐阜県揖斐川町	JCCに向けたディスカッション、 アグリ・マット製造工場視察
2/22	四日市公害と環境未来館	環境ビジネスモデルにおける社会ソフトインフラ 構築のケーススタディ見学、東京移動
2/23	東京 JICA 研究所	アフリカにおける産業人材育成に関するシンポジウム
2/24	東京、 茨城県霞ヶ浦	JCCに向けたディスカッション、 藻類回収事業の視察
2/25	東京	日本出国、帰国

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. 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）

(1) プロジェクト全体

2019 年末～2020 年初頭に始まった COVID-19 パンデミックにより、南アフリカ共和国への渡航が 2020 年 3 月以降事実上不可能となり、さらに 2020 年 9 月まで南アフリカ共和国では軍隊が外出禁止を取り締まるほど、世界的にも厳しいロックダウンが実施された。こうした感染拡大のため、2020/4～2020/9 と 2021/9 は Kingsburgh での微細藻類からの油脂の抽出作業が中止となった。

また、現地 JICA も幹部スタッフ数名を除いて、SATREPS 現地調整員を含めたスタッフ全員が日本へと退避している。また、ロックダウンに伴って警備が手薄になった学校などからの略奪と証拠隠滅のための放火が数百件起きており、学校と同様に公共施設である Kingsburgh 水処理場も略奪行為のターゲットになる恐れがある。ここ数年間、南アフリカ共和国の殺人事件は増大しており現地警察相が「戦場に近い状態」と発言するほど危険な状況が続いている。このため、現地での安全な移動や活動のためには JICA スタッフのサポートが必要な状態である（朝日新聞 Web 2018/9/12 記事 <https://www.asahi.com/articles/ASL9D1R6TL9DUHBI001.html>）。また、COVID-19 によって 2020/3～2021/9 の間、JICA の現地調整員が日本に退避して不在になったことで現地でのサポートが受けられない点も現地作業が困難な要因になった。

加えて 2021 年 9 月時点で南アフリカ共和国の失業率は 44.4%に達しており、社会全体が不安定化している（<https://news.yahoo.co.jp/articles/c73b2cf015571d41b37b8cfdfff2eab7423e35>

95)。例えば 2021 年 7 月にズマ前大統領が汚職の疑いで収監された際には支持者が暴徒化し、Kingsburgh 水処理場の近隣の高速道路やダーバン工科大学近くのスーパーが放火により炎上する事態となり、国軍派遣により鎮圧されたものの、トヨタ南アフリカなどからは、いつまで警備体制の強化を維持するべきかなど、操業を続ける上での不安の声が上がっている。（<https://www.jetro.go.jp/biznews/2021/07/ff2af7f8c789a72e.html>）。この治安面の問題のため 2021/7～2021/8 は Kingsburgh での微細藻類からの油脂の抽出作業が中止となった。

本プロジェクトにおいて、微細藻類を培養・収穫・油脂抽出を行っている Kingsburgh 水処理場には下水に COVID-19 ウイルスやその断片が含まれる恐れがあるが、これらの下水管での滞留時間は日本とは異なっており、不活性になっているか否かの判断が難しい状況であった。また、南アフリカ共和国政府により COVID-19 ウイルスの検出や活性に関する試験は医療にリソースが集中投入されたために、下水中の COVID-19 ウイルスに関する試験ができない状況が続いた。

その間にも、DUT は Kingsburgh 水処理場にて下水二次処理水を用いた微細藻類の培養試験を 2020 年 6 月に再開したが、防護服を着用しての実施であった。しかし同水処理場内にいる eThekweni 自治政府職員や管理を委託された警備員などは防護服を着用



図 2020 年 5 月頃の Kingsburgh 水処理場内で防護服を着用した DUT 研究者の様子

せずに業務を継続し、これら人員にクラスターが発生していないことから、同水処理場が感染源となる可能性は小さいと判断して、ロックダウンが緩和された 2020 年 10 月から微細藻類油脂抽出装置の運転を再開した。また、DUT も防護服を簡易的なものに変更するなど対応を緩めた。

(2) 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)

ARC によるアグリマットを用いたフィールド試験については、今後ロックダウンが再び実施される場合、外出制限によりアグリマットを用いたフィールドテストを行えなくなるので、屋内に大型の植木鉢を設置したポットテストを並行して実施する。また、東京農工大学による現地における ARC へのアグリマットの作成に関する技術指導が行えなくなるので、東京農工大学にも同型のアグリマット作成装置を設置してリモートで ARC に作成方法の指導を行う対応を取った。

(3) 研究題目 4 : 「実証試験装置の開発および実証実験」

グループ E (リーダー: 名古屋大学 神田)

装置の日本から南アフリカ共和国へのインストールに際する免税処置について、南アフリカ共和国の税務当局の担当者の理解不足による手続上の問題が発生した。これは日本側研究者にとっては回避できない問題であり、日本国内では考えられないトラブルである。

藻類回収装置と藻類油脂抽出装置について、当初の参画企業による開発と製作では、費用があまりに高額になったり、卓上レベルといった極めて小型であっても製作できないといった問題が生じた。これは参画企業内部での事前の内部調整が不十分で、プロジェクト開始後に、開発や製作の内部許可に数年単位の時間を要する問題が生じたにも拘わらず、その問題が参画企業から他のプロジェクト参画者に対して隠匿されたことが深く関連している。これに関しては参画企業の執行役員と連絡を取り、名古屋大学が装置を設計・製作することや調達元を変更することで対応したが、このような変更は他のプロジェクト参画者に当初の計画外の甚大な負担を強いるとともに、スケジュール上の問題も生じることから、当然許容されるはずもない。このため、参画企業の内部で問題が発生した際に隠匿できなくする仕組みが必要である。

大型装置を海外に設置する場合、輸送中の装置の保護 (破損防止)、現地企業による工事の品質、現地での上水の不純物や電気周波数・電圧の安定性といったユーティリティの品質などが、日本より著しく劣るケースがある。または事前に把握した内容と異なるケースもある。例えば、本プロジェクトでは、装置の設置場所の電圧について eThekwini 政府の担当者から 415V と連絡を受け、日本側も幾度も確認を繰り返した。しかし日本側が現地で実測すると 360~380V 程度で安定せず、装置が許容する誤差内に収まらなかった。間違った情報が提供された原因は eThekwini も現地国営電力会社も供給電圧を間違って理解していたのが原因で、日本では考えられないトラブルである。また南アフリカ共和国では国営電力会社が経営危機に陥っており、このために 1 日に 2~4 時間も計画停電が実施されたり、前述の電圧降下が生じるなどの支障がでている。このため Kingsburgh 水処理場に施設内の電圧を 400V に昇圧する工事を依頼して、装置運転への影響を小さくするよう対応した。

また、海外での装置の屋外設置は予測困難な装置故障が生じる。今回の Kingsburgh 水処理場の周囲は郊外にあり比較的緑が多いエリアである。また記録的な豪雨がここ数年頻発しており雨天時に雨が装置内に流入する、装置の圧縮機や駆動モーター内に虫が侵入したことによる故障やトラブルが生じている。研究代表は過去に日本国内で類似の装置を設置し屋外運転した経験があるが、その際の経験からは想像が及ばなかった。

また装置の交換部品を日本から取り寄せたところ、南アフリカ共和国側の受け取り

業者のミスで、通関で 1 ヶ月も止められる事態が生じた。日本製の装置の場合には現地での修理に時間を要することから、非常に重要なパーツについては、装置の故障が生じた場合も運転を継続できるように、予算が許す限りにおいて、可能な限りの装置の冗長性を確保しておくべきである。

また、COVID-19 パンデミックにより、南アフリカ共和国への渡航が 2020 年 3 月以降事実上不可能となり、現地での抽出試験では、日本からのリモート指示に従って南アフリカ共和国在住の邦人と DUT 研究者が微細藻類油脂抽出装置を運転・保守管理を行うこととした。藻類回収装置と藻類油脂抽出装置については、制作元の企業の技術者が COVID-19 パンデミックにより南アフリカ共和国への渡航が事実上不可能となっており、装置の故障時の対応についても現地企業の技術者にリモート指示をする場合が生じている。

- ・プロジェクトの自立発展性向上のために、今後相手国（研究機関・研究者）が取り組む必要のある事項。

微細藻類油脂抽出装置の送液ポンプの故障が生じたが、修理と交換の作業が 2021 年度初めに終了し、日本側からダーバン工科大学側への運転指導を実施した。SATREPS 終了後も日本側から適時運転指導は継続するものの、この運転技能の習得は社会実装に向けてさらに大型装置を作る際の運転技能にも直結するので、運転技能の完全な習得が望まれる。また、今後さらに大型のプロジェクトに向けて南アフリカ共和国内で予算獲得することが必要である。

本プロジェクトでは微細藻類を下水の二次処理水で培養していることから、下水に含まれる COVID-19 のウイルスが懸念材料となる。COVID-19 の根絶は困難だと考えられるので、今後は COVID-19 との共存を前提としなければならない。また、下水処理水を培養に用いることによって、微細藻類から生産可能なカロテノイドなどを併産物として利用するのに制限が生じている。カロテノイドの併産はバイオ燃料に関するビジネスモデル構築にも有効であるので、食品以外のカロテノイドの利用先の開拓や、安価な滅菌方法の開発が望まれる。これに関連して、研究題目 1 にあるように、ダーバン工科大学の新たな取り組みとして下水処理水の塩素処理を開始した。

Ⅲ. 社会実装（研究成果の社会還元）（公開）

(1) 成果展開事例

バカスなど、単に燃焼エネルギーに変換していたものを主素材とし、ここへ藻類の抽出残渣や農業あるいは林業などからの未利用資源を配合することで、農地の保水性の向上、土壌流出および雑草防止、さらに土壌への不足している栄養素などを添加し、多機能アグリマットの開発を行った。ここで言うアグリマットは、通常日本で畑のうねで使われる藁やビニールシートの代替で、地温の調節、土壌の乾燥防止、雑草の抑制あるいは雨などによる肥料の流出を防ぐ目的で使われているものである。

マットの成型は、肥料としても活用できる成分を凝集剤および硬化促進剤として用いることで、常温で短時間に人力で硬化させることができるようになり、さらにプレス圧力を変化させることで保水性および硬度の異なったアグリボードも作ることができ実用化への目途が立った。試作したアグリマットを用いて、現在大学内で小規模のトマトの成育評価試験を行っており、試験において良好な成長経過を確認しており、圃場においてもアグリマットの活用が期待できる。

(2) 社会実装に向けた取り組み

南アフリカでは、気候変動による水不足からワイン用のブドウ生産減少に悩んでおり、また多くのアフリカ諸国でも乾燥地域の拡大やそれに伴う耕作地の減少などが大きな社会問題となっている。もともとアフリカは水さえ確保されれば森林や農耕には適した土地であると言われている。今回開発したアグリマットは、単に燃料としてのみ使われていたサトウキビの搾り滓（バカス）を主材料とし、農業あるいは林業などに再利用できるアグリマットの製造技術の開発である。本アグリマット製造技術は、主材料がバカスのみに限らず、雑草や農業および林業から廃棄される未利用資源の有効活用が可能である。またアグリマットの成型には、肥料としても活用できる成分を用いて常温で短時間に凝集および硬化させることができ、より実装性が高いものに仕上がっている。開発したアグリマットにより地温の調節、土壌の乾燥防止あるいは雑草の抑制などが期待され、さらに肥料などの流出を防ぐだけではなく、栄養素を多く含む農業廃棄物などをアグリマットに均一に配合させたりサンドイッチさせたりすることで、作物の生産性を上げることも可能になると期待される。

2019年8月に横浜で開かれた TICAD サイドイベントでブースを出典し、アフリカ諸国の政府関係者に対し、説明、照会対応等を行った。これに関連し、微細藻類油脂抽出装置について、日本の複数の上場企業が SATREPS 終了後に更なる大型プロジェクトに発展できないか関心を示しており協議を進めている。

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2022年4月より、本 SATREPS プロジェクトのコア技術である「液化 DME 抽出技術を用いた微細藻類からの油脂抽出」について、ERCA の環境研究総合推進費に3ヶ年プロジェクトとして採択された。SATREPS プロジェクトにおいて、遠心分離による回収前に凝集剤を用いて減容化することが CO2 排出量の低減に有効と判明した。この知見を元に、ERCA プロジェクトでは可食性ポリマー凝集剤を用いた場合に、この凝集剤の液化 DME への溶解性を解明するとともに、DME 抽出技術で得られる油脂の性状に悪影響を及ぼすのか否かを検討することを目的としている。凝集剤が可食性ポリマーであることは、残渣の肥料（アグリマット）や家畜飼料としての有効活用を念頭に置いたときに欠かせない条件である。SATREPS で得られた知見に立脚した研究提案の重要性が、ERCA の環境研究総合推進費の審査過程でも認められたものと考えている。

IV. 日本のプレゼンスの向上（公開）

南アフリカからは、今回のプロジェクトの最大の成果であるアグリマットについて、南アフリカでの実用化を期待する声が寄せられている。

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る。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。

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。)
2022	Mgolozeli S, Nciizah AD, Onwona-Agyeman S, Dhavu K, Wakindiki IIC, Mudau FN. Utilization of X-ray computed tomography to discriminate aggregates of a loam and sandy loam soil under agrimat and grass mulch. Heliyon.		国際誌	accepted	分野トップレベル雑誌(Scimago Journal & Country Rank Q1)への掲載。
2022	Mgolozeli S, Nciizah AD, Onwona-Agyeman S, Dhavu K, Wakindiki IIC, Mudau FN. Effect of agri-mat and grass mulch on soil water regime, temperature and crop yield in sandy loam and loam soils. Agricultural Water Management		国際誌	accepted	分野トップレベル雑誌(Scopus最大パーセンタイル90%以上)への掲載。
2022	Mgolozeli S, Nciizah AD, Onwona-Agyeman S, Dhavu K, Wakindiki IIC, Mudau FN. Investigation of Agri-mats infiltration runoff rate using a laboratory rainfall simulator. Communications in Soil Science and Plant Analysis.		国際誌	accepted	

論文数 3 件
 うち国内誌 0 件
 うち国際誌 3 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。)
2016	R. A. Omari, H. P. Aung, M. Hou, T. Yokoyama, S. Onwona-Agyeman, Y. Oikawa, Y. Fujii, and S. D. Bellingrath-Kimura "Influence of Different Plant Materials in Combination with Chicken Manure on Soil Carbon and Nitrogen" Pedosphere, 26, 4, pp.510-521	10.1016/S1002-0160(15)60061-3	国際誌	発表済	
2017	T. Tokumaru, H. Okazaki, S. Onwona-Agyeman, J. Ofosu-Anim, and I. Watanabe "Determination of Trace Metals in Soils, Sediments, and Human Hair at e-Waste Recycling Site in Ghana" Arch Environ Contam Toxicol. 73,3, pp.377-390	10.1007/s00244-017-0434-5	国際誌	発表済	
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.envman.2017.08.012	国際誌	発表済	分野トップレベル雑誌(Scimago Journal & Country Rank Q1)への掲載
2018	S. Machmudah, Wahyudiono, H. Kanda, M. Goto, Supercritical Fluids Extraction of Valuable Compounds from Algae, Engineering Journal, 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.clepro.2018.02.098	国際誌	発表済	分野トップレベル雑誌(Scimago Journal & Country Rank Q1)への掲載
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	分野トップレベル雑誌(Scimago Journal & Country Rank Q1)への掲載
2019	H. Kanda, R. Hoshino, K. Murakami, Wahyudiono, Q. Zheng, M. Goto, Lipid extraction from microalgae covered with biomineralized cell walls using liquefied dimethyl ether, Fuel 262, 116590 (p8) (2020).	0.1016/j.fuel.2019.116590	国際誌	発表済	分野トップレベル雑誌(Scopus最大パーセンタイル90%以上)への掲載。
2019	C. JIRARATCHWARO, Y. Suzuki, N. Saho, Siaw Onwona-Agyeman, Hirozumi Watanabe "Development of Mini Portable Pressure Head Type Rainfall Simulator for Investigating Runoff, Infiltration and Sediment Discharge" The Japanese Society of Irrigation, Drainage and Rural Engineering. 87, 2, pp.297-302	10.11408/jisidre.87.1_297	国内誌	発表済	
2019	Sota Oshima, Siaw Onwona-Agyeman, Norihide Saho, Kwame Sarpong Appiah, Yoshiharu Fujii, "Development and Evaluation of Mulching Boards Fabricated from Bagasse", The Materials Research Society of Japan, 2020.02.451, pp.9-13	10.14723/tmrsj.45.9	国内誌	発表済	
2020	Ansari, FA., Nasr, M., Rawat, I. and Bux, F. Artificial neural network and techno-economic estimation with algae-based tertiary wastewater treatment. Journal of Water Process Engineering, 40, 101761, 2020	10.1016/j.wpe.2020.101761	国際誌	発表済	分野トップレベル雑誌(Scimago Journal & Country Rank Q1)への掲載
2020	Siti Machmudah, Dimas Tiar Wicaksono, Mary Happy, Sugeng Winardi, Wahyudiono, Hideki Kanda, Motonobu Goto, Water Removal from Wood Biomass by Liquefied Dimethyl Ether for Enhancing Heating Value, Energy Reports, 6, 824-831, 2020	10.1016/j.egy.2020.04.006	国際誌	発表済	分野トップレベル雑誌(Scimago Journal & Country Rank Q1)への掲載。木質がDMEに対して不活性であることを検討。この知見を元に藻とバガスを混合する手法を考案。

2020	Hideki Kanda, Tsubasa Katsube, Rintaro Hoshino, Mitsuhiro Kishino, Wahyudiono, Motonobu Goto, Ethanol-free antisolvent crystallization of glycine by liquefied dimethyl ether, Heliyon, 6, e05258	10.1016/j.heliyon.2020.e05258	国際誌	発表済	分野トップレベル雑誌(Scimago Journal & Country Rank Q1)への掲載。微細藻類を構成するアミノ酸がDMEに不要であり残渣に残留することを補強する内容。
2020	Hideki Kanda, Wahyudiono, Siti Machmudah, Motonobu Goto, Direct extraction of lutein from wet algae by liquefied dimethyl ether without any pretreatment, ACS Omega, 5, 24005-24010	10.1021/acsomega.0c03358	国際誌	発表済	分野トップレベル雑誌(Scimago Journal & Country Rank Q1)への掲載。藻類に含まれるcarotenoidを抽出。
2020	Akwasi Dwira Mensah et al., S. Onwona-Agyeman, Influence of Soil Characteristics and Land Use Type on Existing Fractions of Radioactive 137Cs in Fukushima Soils, Environments, 2020, 7, no.16	10.3390/environments7020016	国際誌	発表済	
2020	Sibongiseni Mgozeli, Adornis D. N. et al., Innovative Pro-Smallholder Farmers' Permanent Mulch for Better Soil Quality and Food Security Under Conservation Agriculture, Agronomy 2020, 10(4), no. 605	10.3390/agronomy10040605	国際誌	発表済	分野トップレベル雑誌(Scimago Journal & Country Rank Q1)への掲載
2021	Hideki Kanda et al., Surfactant-free decellularisation of porcine aortic tissue by subcritical dimethyl ether, ACS Omega, 6, 13417 - 13425, 2021	10.1021/acsomega.1c01549	国際誌	発表済	分野トップレベル雑誌(Scimago Journal & Country Rank Q1)への掲載。本論文の supplemental information に記載のDMEの生物毒性に関する部分が該当。
2021	Hideki Kanda et al., Molecular dynamics simulation and thermodynamic model of triple point of Lennard-Jones fluid in cylindrical nanopores, Chemical Engineering Science, 244, 116829, 2021	10.1016/j.ces.2021.116829	国際誌	発表済	分野トップレベル雑誌(Scopus最大パーセンタイル90%以上)への掲載。研究題目2における抽出シミュレーションのプログラム開発段階で実施した単成分での結果に相当。
2021	Hideki Kanda et al., Molecular Dynamics Simulation of Tolman Length and Interfacial Tension of Symmetric Binary Lennard-Jones Liquid, Symmetry, 13, 1376, 2021	10.3390/sym13081376	国際誌	発表済	分野トップレベル雑誌(Scopus最大パーセンタイル90%以上)への掲載。研究題目2における抽出シミュレーションで実施した二成分流体のバルク物性検証の結果に相当。
2021	S. Takahashi, J. Che, N. Horiuchi, H. Y. Cho, S. Onwona-Agyeman, K. Kojima, M. Yamada, and I. Ogiwara "Production of Low-potassium Fruit of Potted and Fertigated Southern Highbush Blueberry (Vaccinium corymbosum L. interspecific hybrid)" 90,2,pp.161-171	10.2503/hortj.UTD-238	国内誌	発表済	
2021	A. Yakubu, E. B. Sabi, S. Onwona-Agyeman, H.Takada, and H. Watanabe "Impact of sugarcane bagasse mulching boards on soil erosion and carrot productivity" CATENA 26, pp.1-9	10.1016/j.catena.2021.105575	国際誌	発表済	分野トップレベル雑誌
2021	T. Ohgaki et al and S. Onwona-Agyeman "International pellet watch: Global monitoring of polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) in plastic resin pellets" Environmental Monitoring and Contaminants Research 1, pp.75-90	10.5985/emcr.20210002	国際誌	発表済	
2021	Hideki Kanda et al., Molecular dynamics simulation and thermodynamic model of solid-vapor equilibrium of Lennard-Jones fluid in cylindrical nanopores, 248, 117116, 2022	10.1016/j.ces.2021.117116	国際誌	発表済	分野トップレベル雑誌(Scopus最大パーセンタイル90%以上)への掲載。研究題目2における抽出シミュレーションのプログラム開発段階で実施した単成分での結果に相当。
2021	Hideki Kanda et al., Thermodynamic model of extraction equilibrium in cylindrical nanopores validated with molecular dynamics simulation, 248, 117115, 2022	10.1016/j.ces.2021.117115	国際誌	発表済	分野トップレベル雑誌(Scopus最大パーセンタイル90%以上)への掲載。研究題目2における抽出シミュレーション

論文数 21 件
うち国内誌 3 件
うち国際誌 18 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, pages, 2017年2月		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	星野倫太郎, 液化ジメチルエーテルの湿潤バイオマスからの油脂抽出およびアミノ酸晶析への適用, 名古屋大学, 2016.9	学位論文(博士)	発表済	
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., Shriwastav, 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	発表済	
2018	神田 英輝, 後藤 元信"化学工学の進歩52物質循環とマテリアル開発, 4.3 超臨界流体・亜臨界流体を用いた有機マテリアルの抽出分離 ISBN: 978-4-86487-968-2, 2018	書籍	発表済	
2019	神田 英輝「微細藻類からの油脂抽出技術」Bio industry, 56(8), 64-77, 2019	総説	発表済	
2019	Charoen Jiraratchwaro, Investigation of runoff and sediment transport using rainfall simulator and erosion control by using mulching boards under Asian monsoon condition, 東京農工大学, 2019.12	学位論文(博士)	発表済	
2020	神田 英輝"バイオリファイナリーと分離技術, 7章 微細藻類'微細藻類からの油脂抽出技術, 日本液体清澄化技術工業会, ISBN 978-3-11-058139-3, 2020.9	書籍	発表済	
2020	加藤美砂子, 今村壮輔, 宮下英明, 齋藤猛, 松本光史, 増田篤稔, 神田英輝他, 藻類応用の技術と市場, シーエムシー出版, ISBNコード 978-4-7813-1516-4, 2020	書籍	発表済	
2020	神田 英輝, CO2量抑え抽出に成功 微細藻類からバイオ燃料, 名古屋大学環境報告書2020, 23-24, 2020.9	総説	発表済	
2021	神田英輝など, 藻類培養技術~屋内外大量生産・各種処理評価/トラブル対応・商業化に向けた取り組み, ISBN 978-4-86502-219-3, 情報機構, 2021.10	書籍	発表済	
2021	神田英輝など, 高圧力の科学・技術事典, 朝倉書店, 印刷中	書籍	in press	
2021	神田英輝, 低沸点弱極性溶媒による高含水微細藻類からの油脂抽出方法, 生物工学会誌, 99(9), 482-485 2021.9.	総説	発表済	

著作物数 15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

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
2018	国際学会	Qingxin Zheng, Wahyudiono, Motonobu.Goto, Ismail Rawat, Faizal Bux, Hideki Kanda Lipit extraction from wet microalgae by liquefied dimethyl ether in pilot scale The 18th Asian Pacific confederation of chemical engineering congress, Sapporo, Japan, 2019/9	口頭発表
2019	国内学会	神田 英輝・櫻木優治・Wahyudiono・鄭慶新・後藤 元信・Ismail Rawat・Faizal Bux 下水処理水で屋外培養した微細藻類の回収と油脂抽出 分離技術会年会2019、名古屋工業大学、2019/5	口頭発表
2019	国内学会	神田英輝・Ansari Faiz Ahmad・櫻木優治・鄭慶新・Wahyudiono・Rawat Ismail・後藤元信・Bux Faizal、試 作プラントを用いた湿潤微細藻類からの油脂の液化ジメチルエーテル抽出、 化学工学会第85年会、2020/3/16	口頭発表

招待講演 0 件
口頭発表 4 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	Siaw Onwona-Agyeman (TUAT), Richard AnsongOmari, Naomi Horiuchi, And Yoshiko Kawabata, Evaluating the Mulching Effectiveness of Wood Chips in Field Grown 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	西村眞(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ャ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, Wahyudiono, 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 Desmodesmus 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
2019	国内学会	櫻木優治、山本直将、Wahyudiono、鄭慶新、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からの油脂抽出プロセスの設計 分離技術会年会2019、名古屋工業大学、2019/5	ポスター発表
2019	国内学会	櫻木優治、Wahyudiono、鄭慶新、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からの油脂抽出プロセスの設計 第8回 JACI/GSCシンポジウム、東京国際フォーラム、B-33、2019/6	口頭発表
2019	国内学会	Masaya, Sakuragi, Naomasa Yamamoto, Qingxin Zheng, Wahyudiono, Hideki Kanda, Motonobu Goto, Design of lipids extraction prpcess from microalgae by using liquefied DME 化学工学会東海支部、2019/11/7	ポスター発表
2019	国際学会	Nirmal Renuka, Faiz Ahmad Ansari, Ismail Rawat, Abhishek Guldhe and Faizal Bux. Microalgae cultivation using wastewater at demonstrate scale for various commercial applications. Oral presentation at 4th South Africa Japan University - (SANJU) Forum, Pretoria, South Africa. 23-24 May 2019.	口頭発表
2019	国内学会	Mgolozeli S, Nciizah A.D. Agrimat mulching - an innovative and sustainable approach for improved Conservation Agriculture adoption. Oral presentation at the 2019 World Soil Day Commemorations, ARC-SCW, Pretoria, South Africa. 4th December 2019	口頭発表
2019	国内学会	Mgolozeli S, Nciizah A.D. 2019. Agrimat mulching - an innovative and sustainable approach for improved Conservation Agriculture adoption. Oral presentation at the National Conservation Agriculture Task Force Meeting, Misty Hills Hotel, Muldersdrift, Johannesburg, South Africa. 12 - 13 December 2019.	口頭発表
2019	国際学会	Mgolozeli S, Nciizah A.D. (ARC-SCW)、Agrimat mulching - an innovative and sustainable approach for improved Conservation Agriculture adoption、2019 World Soil Day Commemorations、ARC-SCW、 Pretoria, South Africa、4th December 2019	口頭発表
2019	国際学会	Mgolozeli S, Nciizah A.D. (ARC-SCW)、Agrimat mulching - an innovative and sustainable approach for improved Conservation Agriculture adoption、the National Conservation Agriculture Task Force Meeting、Misty Hills Hotel, Muldersdrift, Johannesburg, South Africa、12 - 13 December 2019.	口頭発表
2020	国内学会	神田英輝(名古屋大学)、低沸点弱極性溶媒DMEを用いる乾燥不要の油脂抽出技術、JST/OPERA機 能性バイオ共創コンソーシアム・東京大学大学院新領域創成科学研究科 第10回「機能性バイオ」ミニ シンポ (2020/12/23)	招待講演
2020	国際学会	S. Onwona-Agyeman (Institute of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology)、 Development of Eco-friendly Mulching Boards and their Role in Conservation Agriculture、Soil & Water Conservation Society 第75回年度大会、オンライン、7月28日	口頭発表
2020	国内学会	S. Onwona-Agyeman (Institute of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology)、 Nutrient Release Patterns of Bagasse-based Mulching Boards at Different Fabrication Conditions、第 30回日本MRS年次大会、オンライン、12月9日	口頭発表

招待講演	17 件
口頭発表	23 件
ポスター発表	13 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, Wahyudiono, Hideki Kanda, Motonobu Goto	分離技術国際会議	1.当課題研究の成果である	
2019	2019/11	優秀ポスター賞	Design of lipids extraction process from microalgae by using liquefied DME	(Nagoya University) Masaya, Sakuragi, Naomasa Yamamoto, Qingxin Zheng, Wahyudiono, Hideki Kanda, Motonobu Goto	化学工学会 東海支部	1.当課題研究の成果である	
2021	2022/3/15	奨励賞	高圧グリーン流体による特異な反応・分離場による素形材製造技術の開発	神田 英輝	永井科学技術財団	3.一部当課題研究の成果が含まれる	

3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
2019	2019/5/8	中部経済新聞	SDGsビジネスでの商機と課題 微細藻類燃料と持続可能性	朝刊8面	1.当課題研究の成果である	
2019	2019/8/27	中日新聞	藻類からバイオ燃料 CO2量抑え抽出に成功 名大、愛知淑徳大など 南アで実験	朝刊27面	1.当課題研究の成果である	
2019	2019/10/10	宮古毎日新聞	微細藻類の培養視察 南アフリカの教授ら	朝刊9面	1.当課題研究の成果である	
2019	2019/10/11	中日新聞	南アフリカの研究者 微細藻類燃料製造を視察	朝刊13面	1.当課題研究の成果である	
2019	2019/10/11	岐阜新聞	藻類から燃料抽出 南ア研究者と意見	朝刊8面	1.当課題研究の成果である	
2019	2019/10/28	中部経済新聞	SDGsビジネスで多様性と柔軟性を引き出せ	朝刊8面	1.当課題研究の成果である	
2019	2019/11/28	読売新聞	微細藻類からバイオ燃料	朝刊26面(地域)愛知2	1.当課題研究の成果である	
2020	2020/4/22	中部経済新聞(朝刊)	オープンカレッジ「グローバル経済は終わったのかーコロナ後の世界と循環型経済ー」	8面	3.一部当課題研究の成果が含まれる	
2020	2021/3/7	朝日新聞	先端人 名大神田英輝さん 効率的に藻類から油脂を抽出	朝刊18面	1.当課題研究の成果である	
2021	2021/4/1	中部経済新聞(朝刊)	オープンカレッジ「コロナ後の世界経済のあり方ー経済復興へ脱炭素・循環経済・SDGsの取り組みが加速」	8面	3.一部当課題研究の成果が含まれる	

10 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	eThekwini 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	eThekwini 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(日立の社内調整の状況確認)
2016	2016/5/9	日本側全体会議	名古屋大学	7人		調整会議(日立の社内調整の状況確認)
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(日立の社内調整の状況確認)
2016	2016/6/21	昂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(日立の社内調整の状況確認)
2016	2016/8/17	日本側全体会議	名古屋大学	5人		調整会議(日立の社内調整の状況確認)
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	eThekwini 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(日立の社内調整の状況確認)
2016	2016/10/18	日本側全体会議	名古屋大学	11人		調整会議(日立の社内調整の状況確認)
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(日立の社内調整の状況確認)
2016	2016/12/13	日本側全体会議	名古屋大学	6人		調整会議(日立の社内調整の状況確認)
2016	2017/1/17	日本側全体会議	名古屋大学	7人		調整会議(日立の社内調整の状況確認)
2016	2017/2/20-22	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(日立による装置開発ができない問題について)
2017	2017/4/4	日本側全体会議	名古屋大学	6人		調整会議(日立による装置開発ができない問題について)
2017	2017/4/5	JICAとの会議	JICA中部	6人		調整会議(日立による装置開発ができない問題について)
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開発・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開発・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)		JCC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)		JCC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・調達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
2019	2019/10/1	名古屋大学 農学国際教育研究センター第18回オープンフォーラム アフリカにおける持続可能な開発への科学技術による貢献 ～名古屋大学の挑戦～	名古屋大学	約200人	公開	アウトリーチ活動
2019	2019/10/7	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	9人(5人)		産業人材育成(山田先生担当)の現地活動に関する調整会議

2019	2019/10/11	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	8人(5人)		産業人材育成(山田先生担当)と環境ビジネスモデル(渡辺先生担当)の現地活動に関する調整会議
2020	2019/10/19	名古屋市立桜台高校の総合学習授業	名古屋市内	11人	公開	アウトリーチ活動 対象・一般市民(高校生以上)
2021	2022/3/17	SATREPS最終成果symposium	Web併用(ダーバン市内)	約60人(約50人)	公開	アウトリーチ活動 対象・一般市民/専門家

48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	日立製作所による装置開発と調達ができない問題への対応について	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	装置の輸入関税に関する手続き上の問題について	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オープンボ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。
2019	2019/10/30	装置の設置と運転に成功したことの確認、アグリマット試験の遅れへの対応、環境ビジネスモデル構築と産業人材育成についての今後の活動方針について	約20名	ダーバン工科大学(南アフリカ共和国)、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を南アフリカに設置して、その試運転に成功した結果を報告した。産業人材育成は藻類油脂抽出装置の運転技能訓練に集中するべきとの方針で合意した。その後、日本大使館と南アDepartment of Science and Innovation関係者が藻類油脂抽出装置・藻類回収装置を視察した。
2020	2021/2/23	コロナ禍での相互渡航の中断と南アロックダウンへの対応について	約20名]Web開催 アグリマットを用いる試験を屋内ポットテストに変更するとともに、抽出装置にバガスを閉塞防止材として充填することに伴う容量減少への対応方法について確認した。またプロジェクトの終了を1年間延長して2022/3/31とすることで合意した。
2021	2021/11/8	終了時までの技術移転のスケジュールについて	約20名	Web開催 主にアグリマット作成装置とDME抽出装置の運転ノウハウのARCおよびDUTへの技術移転を3月まで継続するスケジュールについて議論して合意した。

5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ツト生産技術の開発
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ツト生産技術
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 ・国際的な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

