

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

研究領域「低炭素社会の実現に向けた高度エネルギーシステムに関する研究」

研究課題名「水処理システムと湿式抽出法による藻類の高効率燃料化の融合と実用化」

採択年度：平成27年度/研究期間：5年/相手国名：南アフリカ共和国

平成29年度実施報告書

国際共同研究期間^{*1}

平成28年 3月30日から平成33年 3月29日まで

JST側研究期間^{*2}

平成27年 6月 1日から平成33年 3月31日まで
(正式契約移行日 平成28年 4月 1日)

*1 R/Dに基づいた協力期間（JICAナレッジサイト等参照）

*2 開始日=暫定契約開始日、終了日=JSTとの正式契約に定めた年度末

研究代表者： 神田 英輝

名古屋大学・助教

I. 国際共同研究の内容

地球温暖化対策として重要な二酸化炭素の固定化の切り札として、バイオ燃料が期待されている。しかし、例えばトウモロコシの場合には、世界の石油需要を満たすのに必要な面積は、世界の耕作面積の14.3倍、ヤトロファで1.3倍となり、これらでバイオ燃料を賄うのは極めて困難である。パームでも0.41倍を占めることから、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、パームも含む高等植物でバイオ燃料を生産するのは極めて困難である。このため、微細藻類からのバイオ燃料生産が期待されている。微細藻類は、他の高等植物に比べ、数十倍から数百倍以上の二酸化炭素の固定速度を有する。世界の耕作面積の1.8~4.2%で微細藻類を培養すれば、世界の石油需要を満たすことができるとの試算もある。(数値は筑波大学渡邊信研究室ホームページより <http://www.abes.tsukuba.ac.jp/clabes/watanabe-lab/02project/>) このように、持続可能なバイオエネルギー生産を実現するには、微細藻類からのエネルギー生産が避けられない状況にある。

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

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

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

1. 当初の研究計画に対する進捗状況

(1) 研究の主なスケジュール

研究題目・活動	H27年度 (10ヶ月)	H28年度	H29年度	H30年度	H31年度	H32年度 (12ヶ月)
1. 研究題目1 微細藻類の大量培養手法の構築 研究活動1-1 研究活動1-2 研究活動1-3 研究活動1-4 研究活動1-5 研究活動1-6		フラスコレベル培養 下水由来培養液での培養 集団組成の調査	分離・培養 基本特性の調査	屋外レースウェイ培養		
2. 研究題目2 微細藻類からの油脂抽出メカニズムの解明 研究活動2-1 研究活動2-2 研究活動2-3		抽出特性の解明			装置作成の支援研究	
研究題目3 藻類残渣の活用方法の検討 研究活動3-1 研究活動3-2 研究活動3-3 研究活動3-4 研究活動3-5 研究活動3-6		藻類残渣の化学分析 関連情報の調査	アグリマットの防蝕防止効果の検討 アグリマット製造装置の作成と現地における検証 試作アグリマットによるフィールドテスト アグリマットに関するビジネスモデル構築		2-3)	
研究題目4 実証試験装置の開発および実証試験 研究活動4-1 研究活動4-2 研究活動4-3 研究活動4-4 研究活動4-5 研究活動4-6		藻類の凝集条件の解明と回収装置の設計 回収装置の選定と現地への設置 油脂抽出装置の設計 油脂抽出装置の作成と現地への輸送			回収装置を用いた現地試験 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 研究活動5-5-1 研究活動5-5-2 研究活動5-5-3 研究活動5-5-4 研究活動5-5-5		南アフリカの環境政策に関する実態調査 ハンドブック（Ⅰ）の作成と実地研修 ハンドブック（Ⅱ）の作成とビジネスモデルの設計 ビジネスモデルのreviewと政府提案の策定計 事業化・継続的運営に必要な人材の創出のための諸調査と提言 高度産業人材育成状況調査（5-5）		質問票作成 質問票試行 技能アセスメント 技能ミスマッチの特定・政策提言		

【平成 29 年度実施報告書】【180531】

- 2-3) アグリマット製作試験に必要な藻類残渣数 kg は、ラボスケールの DME 抽出装置の規模よりも大きく、中規模の DME 抽出装置の開発と抽出の成功に時間を要したため、残渣作製が遅れている。
- 3-4) 現地環境を考慮して複数のアグリマット製造技術を開発したため、装置製造開始が遅れることになった。
- 4-5) 当初計画とは異なる企業が油脂抽出装置の製作することになったため、この変更に伴い製造開始が遅れることになった。
- 5-5) 研究活動 5-5 の内容を、5-5-1～5-5-5 に具体的に分割して記載した。

(2) プロジェクト開始時の構想からの変更点(該当する場合)

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

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

2. プロジェクト成果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

南アフリカ共和国ダーバン工科大学において、下水処理水を用いたイカダモやクロレラなど緑藻を中心に屋外培養を行い、昨年までの培養液 3ton 規模の培養能力から、培養液 300ton の培養能力へとスケールアップに成功した。油脂含有量が乾燥藻体中 29.6%に達するとともに、培養液中の藻類濃度も 1500ppm に達した。最適な培養時間は 11~13 日であることが判明した。300ton の培養液を回収するには、5ton/h の処理能力で 30 時間（2 日と 6 時間）必要であり、最適培養時間のうちに全量回収できる能力が必要である。なお、屋外で土着の微細藻類の大量培養を行い、さらに油脂含有量が 30% 程度に達するのは、世界でも殆ど例が無い画期的な成果である。

藻類からの液化ジメチルエーテルによる油脂抽出では、抽出に用いる液化ジメチルエーテルが、油脂と共に抽出除去された水の一部溶存する問題に着目した。ガス体のジメチルエーテルが水に溶解してロスする分の熱量を、抽出油脂の保有熱量の 1/10 以下にするためには、ジメチルエーテルで抽出除去された水が、0.1MPa (=0.0MPaG) のジメチルエーテルガスに接触した状態で 60℃に加熱させれば良いことが、プロセスシミュレーターを用いた計算や、聞き取り調査などで明らかになった。

アグリマットの製作では、南アフリカ共和国で持続可能な低コスト製造技術を検討した。また、前年度に設置した卓上ホットプレスを使用し、最適なマット製造条件を考慮した現地設置用のアグリマット製造装置の作製仕様を作成して製作を開始した（一部は、本報告書作成時点で完成済み）。また、試作したサンプルで気象条件が制御できるポット試験を国内で実施し、発芽、保水、肥料効果、表土流出、雑草防止等の防蝕機能を評価した。

南アフリカ共和国のインストールする藻類回収装置の選定に向けて、候補となった回収装置を用いた試験と消費エネルギーの推定を行い、回収した微細藻類の油脂の保有熱量の範囲内で、微細藻類を回収できることを確認した。現地に二次工事を含めた事前確認を済ませ、現在は装置の導入手続きを進めている。

南アフリカ共和国にインストールする液化ジメチルエーテルを抽出溶媒に用いる、藻類油脂抽出装置の配管計装図を作成した。また、装置の消費エネルギーの推算を行い、抽出した油脂の保有熱量の範囲内の消費エネルギーで、先述の藻類回収装置で微細藻類を回収するとともに、油脂を抽出できるとの試算を得た。この試算の結果、世界で初めて、微細藻類からの油脂抽出をエネルギー収支がプラスの状態で行うことができる可能性が高まった。また、南アフリカ共和国の現地における高圧ガスに関する規則を確認し、南アフリカ共和国における検査機関（Authorized Inspection Agency）と、南アフリカ共和国現地での装置の円滑なインストールに向けて事前打ち合わせを行った。現在は装置の導入手続きを進めている。

また、環境ビジネスモデルの構築では、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、微細藻類由来のバイオ燃料製造・供給、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。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・リスク構造に基づいて、南アフリカ関係者とともにハンドブック（改訂版）をまとめた。

【平成 29 年度実施報告書】【180531】

産業人材育成に関しては、南アフリカ共和国における産業人材育成戦略、産業人材育成・教育の実態、産業界の人材需要について全体像を把握するため、南アフリカ共和国の貿易産業省、統計局、農林水産省、エネルギー省、高等教育訓練省の過去 10 年間にわたる報告書や統計資料を分析して、国家産業政策アクションプランで開発重点セクターに挙げられている 12 分野に関し、各年の技能レベル別雇用状況と人材育成の状況を比較分析した。

・プロジェクト全体のねらい（これまでの技術と異なる点について）

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

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

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

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

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

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

藻類回収装置、藻類油脂抽出装置の開発と現地での試験のために、名古屋大学大学院工学研究科において、若手研究者を1名雇用して、2018年3月に現地調査のために派遣するとともに、2019年度には大学院生を派遣する予定である。また、産業人材育成に関する現地調査では、既に2017年2月に名古屋大学大学院国際開発研究科から若手研究員を派遣している。また、東京農工大学の実験においては、大学院生7名が雇用されて従事している。

2019年1月には、南アフリカ共和国ダーバン工科大学から、若手研究者2名が来日して、藻類油脂抽出装置の運転技能の習得のため、1週間のトレーニングを受ける計画である。

(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)

(研究グループ B (2016 年度報告書に記載した研究変更に伴い欠番))

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

昨年までの培養液 3ton 規模の培養能力から、培養液 300ton の培養能力へのスケールアップ試験を実施した。2017 年 10 月から 2018 年 3 月まで、夏季休暇を除く春から秋にかけての期間、培養に用いる下水二次処理水の性状のモニタリングを実施した。下水二次処理水の安定した性状は、培養条件の最適化を図る上で重要である。

10 月中旬に培養池が水没するほどの豪雨といった偶発事象が生じたにもかかわらず、下水二次処理水の性状およびレベルが一貫して安定していることが確認できた。その結果を表 1 に示す。下水二次処理水の性状は以下の範囲内に収まっている。pH = 6.68 - 6.9、溶存酸素 DO (mg/l) = 3.82 - 5.21、導電率 Conductivity ($\mu\text{S cm}^{-1}$) = 57.83 - 66.23、アルカリ度 Alkalinity (mg/l) = 89.73 - 101、浮遊物質 Suspended solid (mg/l) = 1.28 - 4.23、化学的酸素要求量 COD (mg/l) = <30 - 34.50 (56)

また、二次処理水に含まれる栄養物の濃度は以下の範囲内であった。NH₄ (mg/l) = 0.34 - 4.7 (12.36)、NO₃ (mg/l) = 0.26 - 5.5 (13.58)、PO₄ (mg/l) = 0.08 - 0.22 (1.3)

その後、窒素源の添加方法や添加量を様々に変えて、バッチ培養法において、クロレラおよびイカダモを主とする土着藻類の培養条件の最適化を図った。窒素を尿素として供給すると培養池において栄養毒性をもたらすことが示された。窒素を硝酸ナトリウムとして供給した場合は有効であり、その濃度を最適化した。250ppm の NaNO₃ の添加により油脂含有量が乾燥藻体中 29.6%に達するとともに、培養液中の藻類濃度も 1500ppm に達した。さらなる最適化を行ったところ、150ppm の NaNO₃ を添加した場合、培養液中の藻類濃度が低下するものの油脂含油量が乾燥藻体中 35.1%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。

現在も培養条件の更なる最適化を継続中である。また、10 月中旬にダーバンにて数十年に一度の豪雨があり、その影響で培養池が水没する不測の事態に見舞われた。その際、培養液を攪拌するためのパドルも水没したものの、南アフリカ共和国側の費用負担により、速やかに使用不可能となった装置を復旧して、11 月の JCC の際には通常の研究が行える状態に回復した。

表 1-1 下水二次処理水の性状の経時変化（その 1）

Month	Week	pH	DO (mg L ⁻¹)	Cond (μS m ⁻¹)	SS (mg L ⁻¹)	Alk (mg L ⁻¹)	COD (mg L ⁻¹)
October	1	7.16	5.27	70.96	6.28	138.6	34.8
	2	6.62	4.35	54.82	0.75	57	<30
	3	6.71	5.27	69.08	3.7	70.66	37
	4	6.73	5.60	70.08	6.43	92.67	35.83
November	1	6.72	6.06	68.4	3.3	105.8	35
	2	6.8	6.48	66.5	2.96	111.6	33.8
	3	6.89	4.63	62.16	3.76	104.4	33.6
	4	6.76	3.3	54.88	1.14	84.86	30

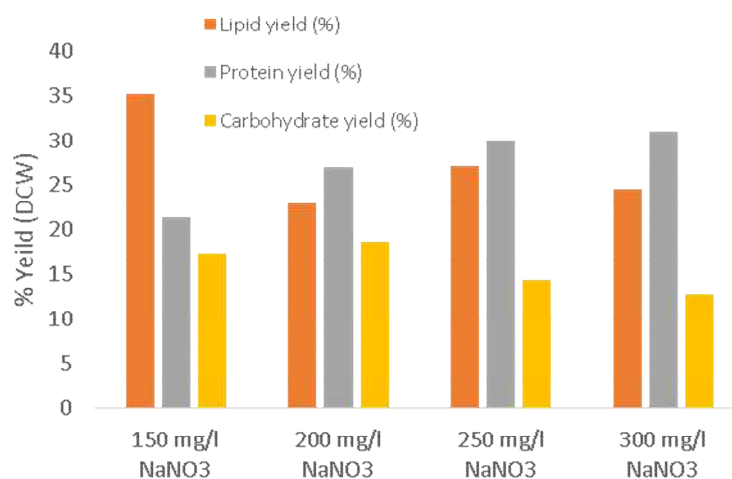
Month	Week	pH	DO (mg L ⁻¹)	Cond (μS m ⁻¹)	SS (mg L ⁻¹)	Alk (mg L ⁻¹)	COD (mg L ⁻¹)
January	1	6.79	-	64.7	5.75	72.25	<30
	2	7.14	4.37	64.08	0.92	98	<30
	3	6.78	4.87	64.2	2.36	89	<30
	4	6.8	3.97	62.48	0.56	95.33	<30
February	1	6.68	3.83	58.64	0.5	91.25	<30
	2	6.74	3.97	60.8	4.12	88.2	<30
	3	6.65	3.80	60.72	1	102.6	<30
	4	6.66	3.69	51.16	1.16	77.4	<30
March	1	7.03	4.50	57.8	-	90.0	<30
	2	6.79	5.13	62.32	2.28	102.4	<30
	3	6.85	6.64	59.35	2.12	110.5	59
	4	6.56	4.59	59.25	1.8	100	<32

表 1-2 下水二次処理水の性状の経時変化（その 2）

Month	Week	NH ₄ (mg L ⁻¹)	NO ₃ (mg L ⁻¹)	PO ₄ (mg L ⁻¹)
October	1	12.36	0.82	0.54
	2	0.48	11.78	0.13
	3	3.8	13.58	0.37
	4	4.7	9.5	0.24
November	1	2.86	1.7	0.09
	2	3.74	0.26	0.08
	3	4.5	1.62	0.22
	4	0.53	3.62	0.18

Month	Week	NH ₄ (mg/l)	NO ₃ (mg/l)	PO ₄ (mg/l)
January	1	0.63	5.5	0.10
	2	0.511	2.19	0.126
	3	0.492	2.63	0.122
	4	0.914	1.17	0.201
February	1	0.45	1.20	0.06
	2	0.34	1.39	0.105
	3	0.416	604	0.116
	4	0.424	3.608	0.262
March	1	0.822	3.59	0.152
	2	0.908	0.435	0.124
	3	3.48	0.39	1.3
	4	3.69	2.018	0.28

表 1-3 下水二次処理水への NaNO₃ の添加量と油脂含有量の関係



②研究題目 1 のカウンターパートへの技術移転の状況

研究題目 1 については、元々カウンターパート側の保有技術を活用するものであり、本項目は該当しない。

【平成 29 年度実施報告書】【180531】

③研究題目 1 の当初計画では想定されていなかった新たな展開
特になし

(3) 研究題目 2 : 「微細藻類からの油脂抽出メカニズムの解明」

研究グループ C (リーダー : 名古屋大学 神田英輝)

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

液化ジメチルエーテルは、水分を多量に含む微細藻類から油脂を抽出できる特徴を有し、南アフリカ共和国ダーバン工科大学が培養している種に対しても適用可能であることが昨年度までの研究で明らかになっている。その理由として、液化ジメチルエーテルが水と部分混合する点が挙げられる。微細藻類の周囲を取りまく水相の中を液化ジメチルエーテルが拡散して、微細藻類に液化ジメチルエーテルが到達し、その結果、微細藻類から油脂を抽出できる。

しかし、水分を多量に含む微細藻類油脂を抽出する際、油脂だけでなく水も同時に液化ジメチルエーテルで抽出される。抽出された水には液化ジメチルエーテルが溶解している。液化ジメチルエーテルは元々バイオマスから合成可能な人造燃料として開発された経緯があり、このため液化ジメチルエーテルを十分に回収しなければ熱量をロスすることになる。

しかしながら、液化ジメチルエーテルについては、高圧で液化された状態における水との液液相平衡のみが実験的に研究されてきた経緯があり、ガス体のジメチルエーテルの水への溶解度に関する研究事例は少ない。

そこで、本研究ではガス体のジメチルエーテルの水への溶解度を中心に検討した。

まず、微細藻類中の乾燥重量基準での油脂含有量を 30%、微細藻類の水分を湿潤重量基準で 80% と仮定する。これらの過程は、研究題目 1 におけるダーバン工科大学による培養結果と、研究題目 4 における藻類回収装置の基礎試験の結果 (非公開情報) を参考にしたものである。

ここで、水の液化ジメチルエーテルへの溶解度は 8.45wt% (40℃) である。つまり、40℃において、重要比率で液化ジメチルエーテル 100 に対して水 8.45 しか溶解できず、ここで、これ以下の量の水を含む微細藻類を液化ジメチルエーテルに混合した場合のみ、抽出溶媒である液化ジメチルエーテルは単一相になる。これ以上の水を含む微細藻類を液化ジメチルエーテルに混合した場合は、余剰の水が液化ジメチルエーテル相の下に分相する形となる。微細藻類は比重がほぼ 1 であるのに対して、液化ジメチルエーテル相は 40℃で 0.6359g/cm³ の密度であるので、液化ジメチルエーテル相の下に存在する水相中に微細藻類は沈殿する。つまり十分な攪拌がなければ、微細藻類は液化ジメチルエーテル相に接することができず、油脂が抽出されない状態となる。したがって、重量比率で液化ジメチルエーテル 100 に対して 8.45 以下の水を含む微細藻類を混合して、溶媒相を単一相とした方が良い。

この条件の場合、先述の設定した仮定と組み合わせると、液化ジメチルエーテル : 水 : 微細藻類 : 油脂の重量比率は、100 : 8.45 : 2.11 : 0.634 となる。従って、バッチ攪拌方式の場合には、液化ジメチルエーテル 100 によって、8.45 の水と、0.634 の油脂が抽出されることになる。

ここで、液化ジメチルエーテルと微細藻類に含まれる油脂の保有熱量を比較する。液化ジメチルエーテルの高位発熱量は 31.7MJ/kg であるのに対して、油脂の保有熱量は過去に名古屋大学が微細

【平成 29 年度実施報告書】【180531】

藻類の油脂に対して測定した (H Kanda, et, al., Fuel, vol. 105, p. 535, 2012) 33.8MJ/kg の値を用いる。この値を用いて計算すると、0.634 の油脂の高位発熱量は、0.676 の液化ジメチルエーテルの高位発熱量に相当する。つまり、液化ジメチルエーテルに抽出された水 8.45 に、0.676 のジメチルエーテルのガスが溶存していたら、油脂の高位発熱量と同等の熱量がロスすることを意味する。

仮に油脂の高位発熱量の 10%に匹敵する熱量が、水に溶存するジメチルエーテルのガスとしてロスする場合、水 8.45 に対して、ジメチルエーテルのガスは 0.0676 となる。これは、水 100 に対して、ジメチルエーテルのガスが 0.800 の重量割合である。

ここで、プロセスシミュレーターPro/II を用いて、液化ジメチルエーテルと水の混合液をフラッシュ蒸発させた際の、ジメチルエーテルと水の分離挙動について計算した。計算には NRTL モデルを用いている。フラッシュ蒸発の前の状態は、40℃、0.89MPa (40℃におけるジメチルエーテルの飽和蒸気圧) において、重量比率で、液化ジメチルエーテル 100 に対して、水が 8.00 溶存した状態を仮定している。これを圧力一定のまま 60℃に加熱してジメチルエーテルをフラッシュ蒸発させると、ジメチルエーテルを主とする気体と、水を主とする液体に分離した。

その際、水 100 に含まれるジメチルエーテルは 2.13 であり、これでは抽出した油脂の 26.6%の高位発熱量に匹敵する熱量がロスする計算となる。しかし、これを 0.1MPa (大気圧) まで減圧すると、水 100 に含まれるジメチルエーテルは 0.8 となり、抽出した油脂の 10%の熱量のロスに留めることが可能になる。0.1MPa (大気圧) までの減圧は極めて容易に達成することが可能である。また、60℃における 0.89MPa から 0.1MPa への減圧によって回収されるジメチルエーテルの量は 1.33 に過ぎない。ジメチルエーテルのガスを 60℃において、0.1MPa から 0.89MPa に圧縮するのに必要な電力は 0.149MJ/kg-DME である。この動力は抽出した油脂の保有熱量の 0.92% (火力発電による一次エネルギー換算で 2.5%) に過ぎない。

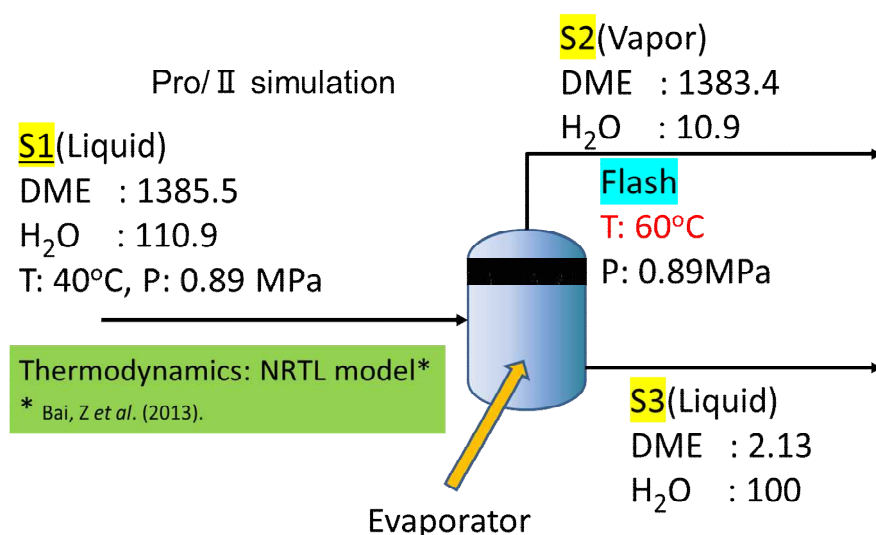


図 2-1 プロセスシミュレーターPro/II による計算結果
(60℃、0.89MPa でのフラッシュ蒸発)

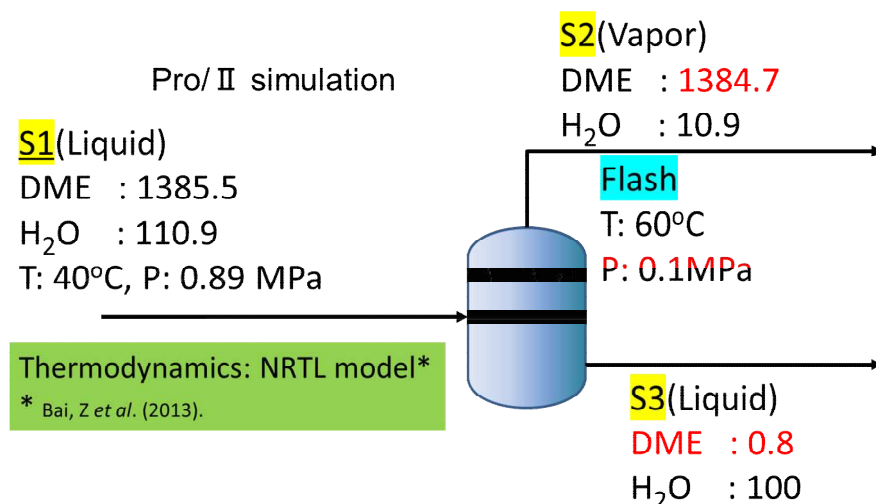


図 2-2 プロセスシミュレーターPro/II による計算結果
(60°C、0.1MPa でのフラッシュ蒸発)

これらの他に、太陽熱温水の循環に要するポンプ消費動力があるものの、将来的には液化ジメチルエーテル自体を太陽光で加熱する方式への変更によって、太陽熱温水の循環に要するポンプ消費動力は省略可能である。本プロジェクトで液化ジメチルエーテル自体の太陽光による沸騰まで踏み込まない理由としては、液化ジメチルエーテルが可燃性ガスであり、高压装置を太陽光という変動する熱源によって加熱する手法に対する技術検討が別途必要である上に、このような高压装置の開発に前例が無く、高压ガス保安法などの基準が不明確であることが挙げられる。

また、液化ジメチルエーテル自体の送液ポンプの消費動力については、SATREPS 開始前の JST さきがけ研究で、ユーグレナの場合には 1.09MJ/kg 油脂であることが明らかになっている。これは油脂の保有熱量の 3.2% (火力発電による一次エネルギー換算で 8.8%) に過ぎない (H Kanda et al., Energies, 8, 610, 2015)。微細藻類の種類が異なっても、ポンプ出力計算に必要な、所要ジメチルエーテル量は、大幅には変わらないことと考えられ、上記の値は十分に参考となる。なお、この値は大規模の産業用の送液ポンプのカタログスペックを元にして計算された値であり、獲得した油脂の保有熱量よりも十分に小さく無視できる値である。

本プロジェクトで製作する装置は小規模であるので、これらの推算値より消費エネルギーが大きい可能性があるものの、将来的にスケールアップした際にはこれらの推算値に近づくと考えられる。

つまり、60°C、0.1MPa で水とジメチルエーテルを分離すれば、抽出工程における消費エネルギーは、火力発電による一次エネルギー換算でも油脂の保有熱量の 21.3%であり、装置をスケールアップした際には、理想的にはエネルギー収支をプラスに転じることが可能である。

繰り返しになるが、ここで、本プロジェクトで製作する装置はまだ極めて小規模である。例えば、一般的な 100 万 kW の石炭火力発電所は 8000ton/日の瀝青炭を消費する。これに匹敵する熱量を微細藻類の培養で賄うには、仮に、微細藻類から抽出した油脂と瀝青炭の熱量が同じだと仮定、計算を簡便にするため微細藻類の油脂含有量が 25%と仮定すると、乾燥微細藻類は 3.2 万 ton/日必要に

【平成 29 年度実施報告書】【180531】

なる。培養液中の微細藻類の濃度は 1000ppm 程度であるから、濃縮液に換算すると 3200 万 ton/日になる。培養液の深さは、一般に日光が届く深さから 50cm 程度であるので、計算を簡便にするため 50cm とする。3200 万 ton の培養液は 64km² という膨大な量になる。実際の培養にはダーバン工科大学の結果の通り、12 日程度かかるので、38400 万 ton の培養池が必要である。これに対して、ダーバン工科大学の培養池は 300ton (約 600m²) の規模であるから、エネルギー産業で用いるには、本プロジェクトの 130 万倍のスケールアップが必要である。もちろん 300ton の培養液規模での屋外培養でも、世界でも極めて大きな規模であり、日本国内でも同程度の実施例が僅かにあるのみである(例：スメーブジャパン社(石巻市)、ユーグレナ社(石垣島)、筑波大学、神戸大学など)。

つまり、本プロジェクトで製作する藻類抽出装置は、世界最大規模のオープンポンドに対応する規模であるものの、それでも 100kW 火力発電に対応する規模の 1/130 万～1/数千万のスケールという極めて小さいものである。このため、本プロジェクトにおいて機械的なスケールメリットが効いていない小型装置の実消費動力が、理想的な消費動力よりも著しく大きくなるのは当然のことであり、実消費動力での議論は難しい。それよりも、本コンセプトで、現在存在する最大規模の屋外培養システムと連動する規模で、現実に油脂を抽出できることの実証が重要な点である。

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 で開発する藻類油脂抽出装置の構造や運転条件に反映された後に、藻類油脂抽出装置は南アフリカ共和国にインストールされる予定である。

③研究題目 2 の当初計画では想定されていなかった新たな展開

特になし。

(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）に対する当該年度の成果の達成状況とインパクト

今年度は、アグリマットの低コスト製造技術を調査、検討し、南アフリカ現地の製造環境を考慮した製造法に関し複数の製造技術を検討した。また、前年度に設置した卓上ホットプレスを使用し、最適なマット製造条件を考慮した現地設置用のアグリマット製造装置の作製仕様を作成し、来年度前半に製作するよう計画変更した。また、試作したサンプルで気象条件が制御できるポット試験を国内で実施し、発芽、保水、肥料効果、表土流出、雑草防止等の防蝕機能を評価した。

(i) 研究活動 3-3 「アグリマットの防蝕効果の検討」

① アグリマット敷設による作物の発育の影響の検討

少雨地域の乾燥農地で使用する開発中のアグリマットは、国内で敷設されるマルチ処理の黒色ビニールのような保水機能を有する必要がある。現在、種々のマルチ処理と大根の農作物収量データを取得中である。実験状況を図 3-1-1 に示す。平成 29 年 11 月に実験開始したため、秋季、冬季のデータの取得のみであり、収穫物のデータは今後取得予定である。



図 3-1-1 種々のマルチ処理と大根の農作物収量データを取得状況

表 3-1-1 大根の収穫量

Treatment	Fresh weight (g pot ⁻¹)	
	Above ground	Below ground
	地上の部位	地中の部位
CON (コントロール：何も敷かない)	38.37±6.27 b	105.33±6.09 b
PLASTIC 効果が無いプラスチック	65.20±5.79 a	214.67±3.80 a
SHREDDED バガスの粉砕物	72.40±11.52 a	235.93±27.97 a
THICK アグリマット	68.23±6.01 a	198.90±16.20 a
THICKER アグリマット	67.40±5.90 a	225.03±12.39 a
THICKEST アグリマット	72.17±7.51 a	237.53±17.10 a
Means	63.96	202.90
MSD	19.62	47.94
CV (%)	10.82	8.33
R ²	0.85	0.93

Different letters (a, b) within the same column indicate treatments with significant differences ($P < 0.05$). MSD; Minimum significant difference, CV; Coefficient of variation. Treatment codes: THICK; (0.5cm thick; 0.7 dense), THICKER; (0.7 cm thick; 0.5 dense), THICKEST; (1.2cm thick; 0.3 dense).

現在までのデータをまとめた結果を表 3-1-1 に示す。表に示すように土壌下の大根の収量は、異なったマルチ処理間で変化した。統計学的有意性はまだ観察されなかった。SHREDDED および厚さが 12 mm の最も厚いアグリマットの THICKEST 処理は、地上の発育量で最も高く、有効性を示している。対照的に、最低値は未処理のコントロールで観察され、マルチ処理の有効性は明らかである。マルチボードの中で、THICKEST 処理は、地上高および地上バイオマスを示した。引き続き育成速度が大きい春季、夏季のデータを取得する計画である。

② アグリマットの人工降雨試験による防蝕効果の検討

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。したがって、種々の製造条件で試作したアグリマットの透水性を定量化し、併せてアグリマット敷設育成試験データとの比較評価を行い、敷設耕作地毎に最適なアグリマットを製造、提供する必要がある。国内の揖斐森林組合製のアグリボード（高圧加熱蒸気による加圧

【平成 29 年度実施報告書】【180531】

加熱接合法) を南アフリカの農耕地に敷設して実験した結果、作物の生育に対して有効性が認識されているので、まず市販されている揖斐森林組合製のアグリボード (以後、揖斐ボードと称す、価格数千円 / m^2) を図 3-2-1、本研究において、後節で記述するバガスを接着剤接着する接着接合法で試作したアグリマットを図 3-2-2 に示すように、東京農工大学のミニ降雨シミュレーターで透水性について、実験的検討を実施した。揖斐ボード比重量は $0.7 \text{ g} / \text{cm}^3$ (ボード厚さ 20mm) と $0.5 \text{ g} / \text{cm}^3$ (ボード厚さ 20mm) の 2 種類のボードを試供した。バガスのアグリボード (以後、バガスマットと称す) 比重量は $0.3 \text{ g} / \text{cm}^3$, $0.5 \text{ g} / \text{cm}^3$, $0.7 \text{ g} / \text{cm}^3$ の 3 種類のバガスマットを試供した。



図 3-2-1 ミニ降雨シミュレーターによる揖斐森林組合のアグリボードの透水性の測定状況

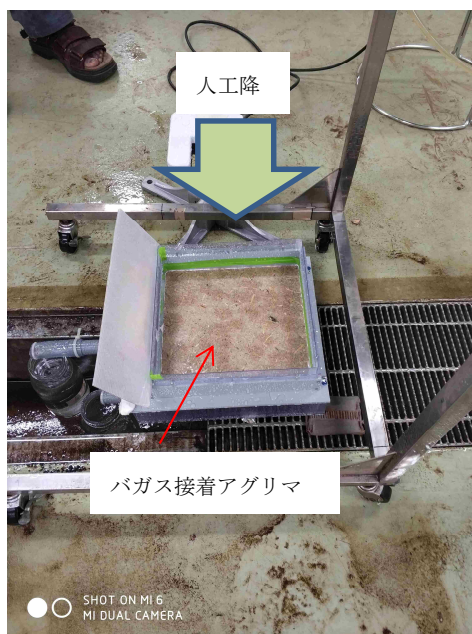


図 3-2-2 ミニ降雨シミュレーターによるバガス接着アグリマットの透水性の測定状況

【平成 29 年度実施報告書】【180531】

シミュレーターの実験は、供試体を 5%の傾きでセットし、上部からの雨量を時間当たり 70mm の降雨速度に設定した。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、流出および浸潤の雨水量を 1 時間、10 分毎に採取し測定した。実験結果を表 3-2-1 に示す。

表 3-2-1 ミニ降雨シミュレーターによる透水性の実験結果

Board Type	Treatment			
	Time of First Runoff (min) 吸収されずに表面を伝って流れ出る時間	Time of First Infiltration (min) 厚み方向に通 り抜けて出てくる時間	Runoff (%) 供給された水基準	Infiltration (%) 供給された水基準
Bagasse (0.3 g/cm ³)	1.11	8.59	71.22	28.78
Bagasse (0.5g/cm ³)	3.00	4.30	69.83	30.17
Bagasse (0.7g/cm ³)	1.12	14.57	95.71	4.29
Ibi thickness 2 cm (0.7g/cm ³))	2.07	1.24	17.82	82.18
Ibi thickness 3 cm (0.5g/cm ³)	0.56	9.02	87.74	12.26

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。

一方、接着剤を使用したバガスマットにおいて、より高密度のマットでは十分な水が土壤に浸透できないと推測することができた。

以上の結果から、揖斐ボードでは、厚さ 2cm (0.7 g / cm³) タイプのボードでは、厚さ 3cm タイプよりも多くの浸潤 (ほぼ 80%) が可能で、厚さ 3cm タイプでは 12%の浸入しか許容できなかった。揖斐ボードは、異なる樹種や異なる場所の異なるチップ材料で作られているため以上の結果を得たと考えられる。

(ii) 研究活動3-4 「アグリマット製造装置の作製と現地における検証」

①シールプレス法によるアグリマット製造技術

前年度アグリマットの製造装置の製作に係り、装置構造設計に必要となるアグリマットの製法を検討し、粘土鉱物や活性炭などの天然の接着剤を使用しない加圧・加熱接合法を研究し、ウッドチップの接合、藻類の固着、製造後の乾燥状態での強度および保水機能は十分認められたが、吸水後のマット強度は著しく低下し耐水機能が低いことが分り、耐水性向上化策の検討が必要となった。

したがって、本年度の技術課題の1つとして、より接着強度を強化できるシールプレス法を検討した。シールプレス法とは、密閉容器内でプレスを行い、その過程で放出される水蒸気による処理によりボードの疎水化、および寸法安定性向上を行う接合法である。シールプレスには図3.3-1のような治具を用いる。この治具は周囲の枠組みがデスタンスバーの代わりとなっており、プレス時に上盤のコールプレートがこの枠組みに接し、バルブを閉じることで密閉される構造である。本構造により、加熱プレス中に発生する水蒸気が容器内に満ち、高圧の水蒸気処理が行える。



図 3.3-1 シールプレス治具の外観

【実験方法】

材料として針葉樹広葉樹混合パーティクル((株)永大小名浜)、およびイカダモ類(*Desmodesmus* sp.)を主成分とした乾燥粉末状藻類((一社)藻類産業創成コンソーシアム製)を用い、パーティクルボードを製造した。ボードの仕様は、寸法：10×200×200 mm、目標全乾密度は 1.0 g/cm³、藻類含有率を 10%とした。

ホットプレスには通常のプレスとシールプレスを併用し、アグリマット含水率を常圧のホットプレスでは 15、20、25%の3条件(N15、N20、N25)、シールプレスでは 25、30%の2条件(S25、S30)とし、ボードを製造した。圧縮条件は通常のプレスで圧力 3.0 MPa、温度 180 °C、時間 20 分とした。シールプレスでは圧縮時間を 15 分とし、圧力は上盤が治具に密着するときの値とした。

物性評価は、JIS A 5908:2015(パーティクルボード)に準じて曲げ強さ試験 (MOR)、はく離強さ試験 (IB)、吸水試験(吸水厚さ膨張率試験 (TS) および吸水率試験 (WA))を行った。

そして、耐久性を評価するため乾湿繰り返し試験として水への浸漬 4 時間+60 °Cでの乾燥 20 時間を

【平成 29 年度実施報告書】【180531】

1 サイクルとし、これを 12 サイクル行い、各段階での厚さ変化率と質量変化率を測定した。また、平板比較法(JIS A 1412)で熱伝導率を、カップ法(JIS Z 0208)で透湿度をそれぞれ測定した。

【結果および考察】

藻類を添加したパーティクルボードは製造可能であった。シームプレスにて含水率 25%、藻類添加 10%（重量%）のアグリマットで製作したボードの外観を図 3.1-2 に、試作したボードの切断断面の外観を図 3.1-3 に示す。図 3.1-2 に示すようにボード周辺部を除く表面が黒く変色しているが、これは高圧のプレスにより藻類中の成分が染み出して生じたと考えられる。また、マット内部には図 3.1-3 に示すような割れが複数個所確認できた。この割れは、処理後の内部圧力をバルブで開放する際に、ボード内に残留した水蒸気が膨張して生じたものと考えられる。

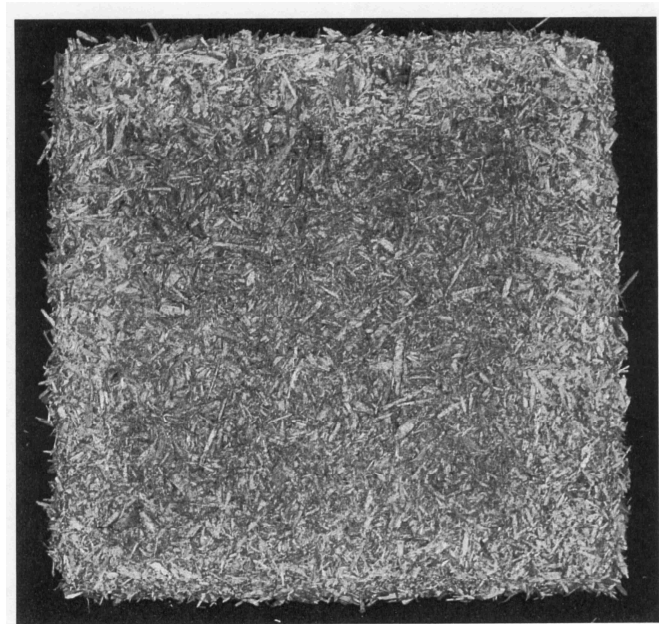


図 3.1-2 試作したアグリボードの外観



図 3.1-3 割れが発生したアグリボードの切断断面の外観

図 3.1-4 にボードの曲げ強さ(MOR)とはく離強さ(IB)を、JIS で規定された方法に従って、図 3.1-5 に吸
【平成 29 年度実施報告書】【180531】

水厚さ膨張率(TS)と吸水率(WA)の試験結果をそれぞれ示す。

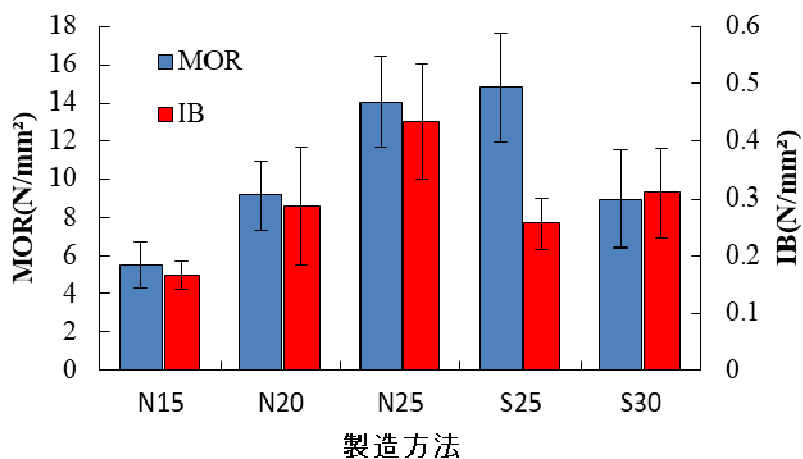


図 3.1-4 グリボードの曲げ強さ(MOR)とはく離強さ(IB)

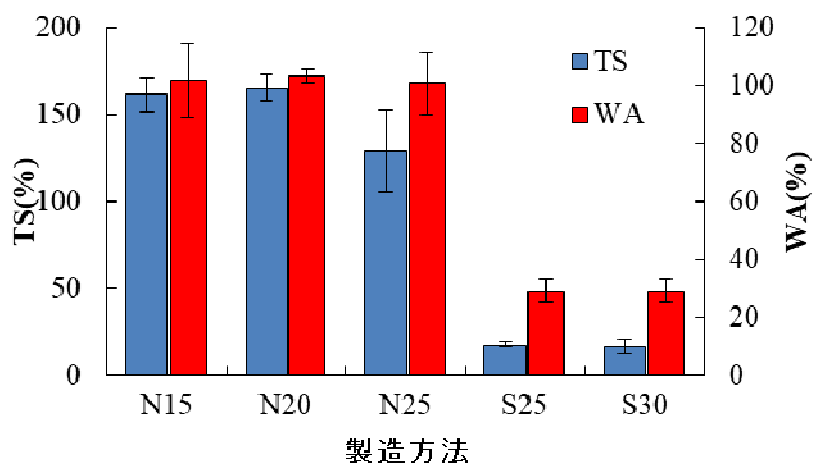


図 3.1-5 アグリボードの吸水厚さ膨張率(TS)と吸水率(WA)

常圧のホットプレスで製造したアグリボードにおいて、MOR、IB はマット含水率の増加に伴い増加した。これはマット含水率の増加に伴い木材の可塑化が促進され、熱圧縮時に木材パーティクル同士の接触面積が増加したためと考えられる。TS および WA はマット含水率による有意差は見られず、全てのボードで低い耐水性を示した。

これらより、常圧のホットプレスで製造したボードではマット含水率の増加に伴いボードの物性は向

【平成 29 年度実施報告書】【180531】

上するが、耐水性はマット含水率によらず著しく低いということが明らかとなった。

一方、シールプレス法で作製した S25、S30 は、N25 よりも IB が低下したものの、TS や WA などの耐水性は大きく向上し、耐水性も大幅に向上した。

図 3.1-5 に降雨の繰返しを模擬した乾湿繰返し試験の厚さ変化率の結果を示す。S30 で増減を繰返しているのは、湿潤による体積膨張の後に、乾燥によって再収縮するためである。N25 では湿潤によって急激に体積膨張したため、構造が弱くなり崩れやすくなった。S30 は徐々に厚さが増加した、10 サイクル目の水への浸漬後でも N25 の 1 サイクル目終了時の厚さ変化率より低かった。これらの結果から、シールプレスを用いてアグリボードを製造することで、降雨による耐久性は大きく向上した。

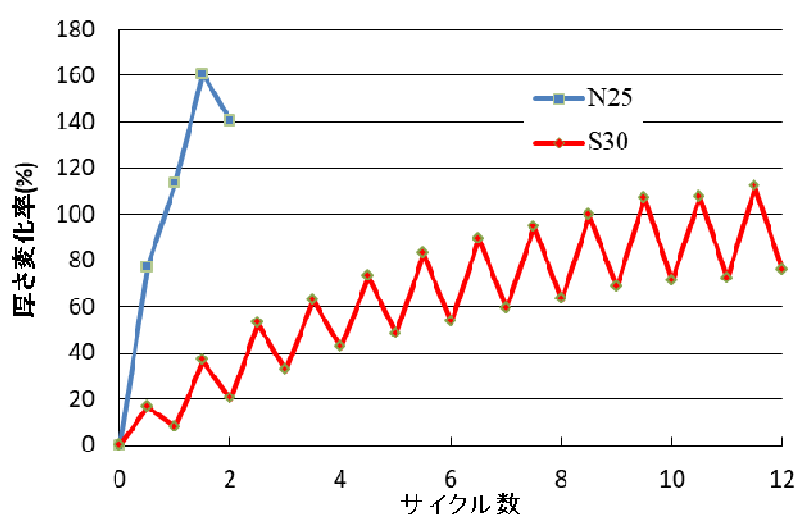


図 3.1-6 アグリボードの吸水厚さ膨張率(TS)と吸水率(WA)

図 3.1-7 に熱伝導率試験と透湿性試験の結果を示す。断熱装置内にアグリマットを設置して両端に温度差を設け、その熱流束を測定することで熱伝導率を決定した。透湿性とはアグリマットの厚み方向の水の移動速度である。熱伝導率はマット含水率、プレス方法による有意差は見られなかった。透湿度は、S25 は N25 より有意に低下した。また、一般的なファイバーボードが断熱材として用いられる際の TC $0.067 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ には及ばないが、ビニルマルチの主原料であるポリエチレンの TC $0.4 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ に比べると低い TC を示した。

以上の結果より、マルチング材として求められる機能については、マット含水率 25%でシールプレスによる製造が適していることが分かった。しかし、実際にマルチング材として使用する際の厚さを考慮したビニールの透湿係数は、S25 の約半分であるため、透湿性については十分であるとはいえず、さらなる改良が必要であると考えられる。また、アグリマット製造中に発生するボード内の割れの防止技術に関しても検討する必要がある。

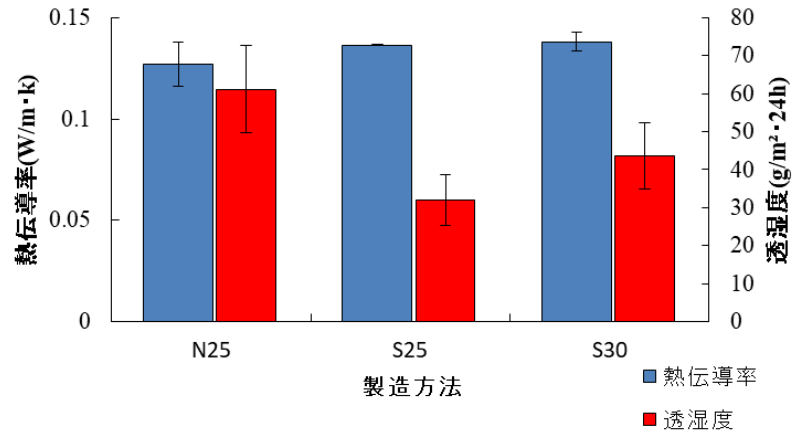


図 3.1-7 アグリボードの熱伝導率試験と透湿性試験の結果

② 接着剤添加による加熱・加圧接合法によるアグリマット製造技術

接着剤添加による加熱・加圧接合法は、室内の合板建材用として有害なホルムアルデヒドを使用しない環境に優しい無害のイソシアネード系接着剤を使用する接合技術である。検討結果は、様式 0 4 の非公開情報欄で報告する。

③ MgO 添加による常温接合法によるアグリマット製造技術

MgO 添加による常温接合法は、日本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、水酸化マグネシウムの自硬性により、混合する木質材を自然乾燥で固着する技術である。MgO は元来肥料成分であり使用後は破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。検討結果は、様式 0 4 の非公開情報欄で報告する。

(5) 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）に対する当該年度の成果の達成状況とインパクト

液化ジメチルエーテルを用いる藻類抽出装置については当初の参画企業による設計・開発から、名古屋大学による設計に基づいて別の企業が装置を製作する装置調達方式に変更した。また、ダーバン工科大学が保有する培養池に見合うことを目指して、予算の範囲内で可能な限り大きく開発可能な規模として、抽出槽のサイズが 30L の装置を開発することとした。

また、4 ページ目の冒頭の(2)プロジェクト開始時の構想からの変更点に記載の通り、磁気凝集方式による藻類回収装置の開発から、予算の範囲内で調達可能で、国内の大型培養施設において商業ベースで既に導入実績があるなどの実績があり、比較的に省エネルギー性に優れる藻類回収装置を選定する方向へと転換した。

藻類回収装置の南アフリカ共和国へのインストールは当初計画から数ヶ月遅れの 2018 年度中、藻類油脂抽出装置は当初計画から約半年遅れの 2019 年 4～6 月のインストールとなり、遅れを最小限に留められる予定である。これらのタイムスケジュールの遅れを最小限に留めることも、変更の際に判断において重視した。

まず、南アフリカ共和国にインストールする液化ジメチルエーテルを抽出溶媒に用いる藻類油脂抽出装置の基本構成を名古屋大学において再構築した。その結果は図 4-1 の通りであり、まずジメチルエーテル貯留槽から抽出槽へと液化ジメチルエーテルが送液ポンプで送られる。その際に油脂と水が抽出された後に、熱交換器（Evaporator）によって太陽熱温水を加熱媒体に用いてジメチルエーテルが蒸発する。この熱交換器において水と油脂が分離される。その際、研究題目 2 で示したとおり、水を 60℃、1 気圧に加熱、減圧すれば、得られる油脂の保有熱量の 10%程度のジメチルエーテルガスのロスに抑えることができる。蒸発したジメチルエーテルガスは冷却水によって再び液体となり、再び貯留槽に蓄えられ、装置内を循環利用される。

なお、昨年度、日本側研究チームの参画企業から寄せられた、「サブ mm オーダーのスリット空隙内を、DME と藻類の混合液を通過させ、その際に発生するキャビテーションとその破壊によって DME 中で藻類を破壊」して、「硬い細胞壁を持つ藻類に対して抽出油脂量を増加させる」機構について、ラボスケールでの基礎検討に着手したものの、これを実現するために必要な液化ジメチルエーテルの線速度が数十 m/sec も必要であり、それに対応する機器開発が新たに必要であったり、送液ポンプの高圧ガス保安法上での処理量が膨大な値となる。このため、送液ポンプが卓上レベルの試験の規模ですらも高圧ガス保安法上の第一種もしくは第二種製造設備となることから、大学における基礎試験としては当初想定外の実施困難なアイデアであることが明らかになった。また、送液量が膨大になることは、送液ポンプの消費エネルギーが無視小では無くなることを意味している。

これと同時に、南アフリカ共和国でも培養している緑藻 *Scenedesmus* sp. と同種の国内サンプルを用いて、液化ジメチルエーテルによる抽出試験を卓上レベルの試験装置で実施した。その結果、乾燥工程や細胞破壊工程を経ることなく、ほぼ全ての油脂を抽出することに成功した（一般に全量測定に多用されるメタノール/クロロホルム抽出法と同等）。これらの種は細胞壁が強固であり、一

【平成 29 年度実施報告書】【180531】

一般的な溶媒抽出では、細胞破壊が必須とされているものの、これらを省略可能であると判明した。

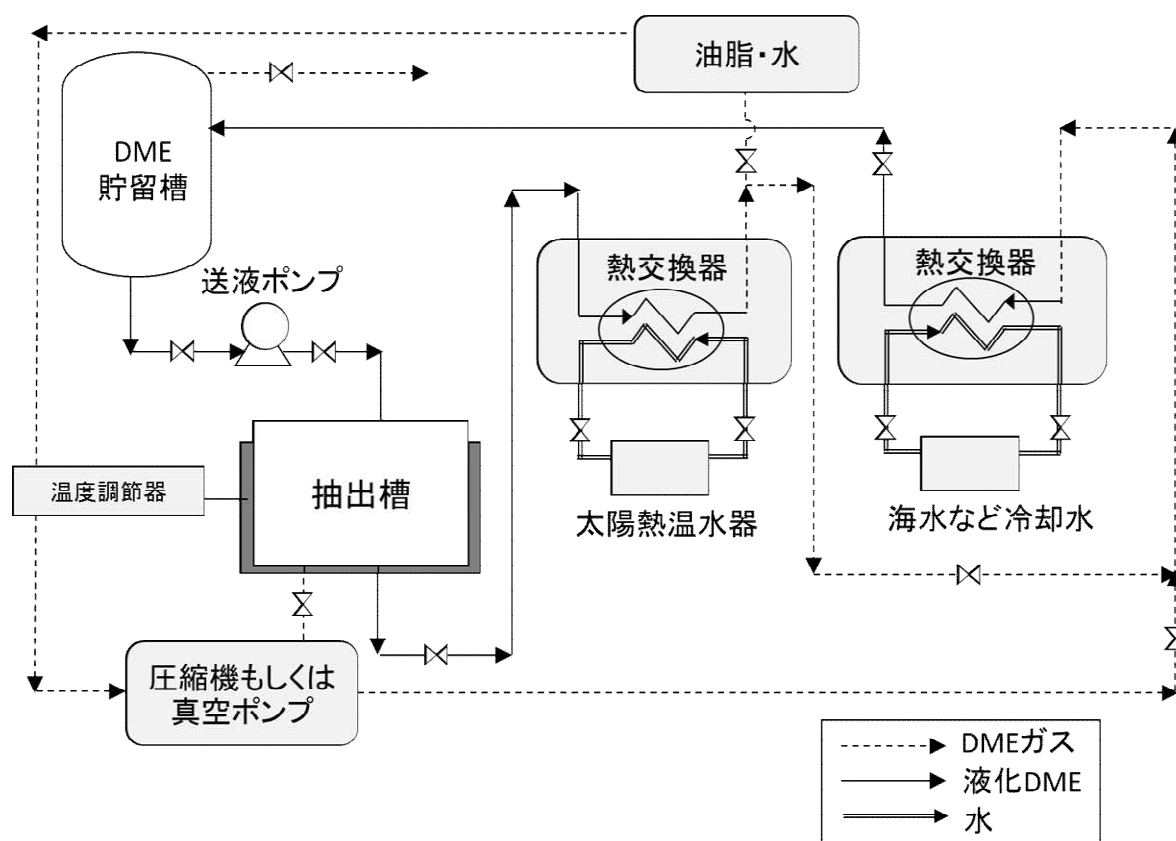


図 4-1 藻類油脂抽出装置の基本構成

この基本構成をもとに、藻類油脂抽出装置の配管計装図を作成した。配管計装図は、配管プロセスと他の機器や計測器との相互作用を示すダイアグラムである。また、配管計装図には、設計圧力や、主要装置の出力やサイズ、装置内での微細藻類によるフィルター閉塞などによる圧力異常上昇に対するインターロックの仕組みなどに関する記載が、バルブや安全弁の位置、圧力計や温度計と各種の制御機器との接続などについて詳細に記載されている。

本プロジェクトで開発する、「高含水の微細藻類を乾燥させることなく、液化ジメチルエーテルで油脂を抽出する藻類油脂抽出装置」は、これまで卓上レベルでも世界的に研究代表者が作製しただけであり、ましてや抽出槽 30L 規模のスケールでは世界で初めて開発するものである。この藻類油脂抽出装置の配管計装図を公開すると、この配管計装図を元にして、第三者によって容易に藻類油脂抽出装置を製作可能になる。よって、これを公開すると、世界で初めて液化ジメチルエーテルを抽出溶媒に用いた藻類油脂抽出装置を開発して、実証試験を実施するという、本プロジェクトの達成目標に悪影響を及ぼすので、非公開情報として報告する。

また、熱交換器などの設計について、2016 年度に実施した計算結果は極めて小規模であったことから、抽出槽 30L 以上の規模で再び計算を実施した。これらの結果についても公表すると、第三者によって容易に藻類油脂抽出装置を製作可能になるので、非公開情報として報告する。

藻類回収装置の選定結果は以下の通りである。本プロジェクトでは社会実装が求められており、微細藻類に対して現実に産業レベルで導入に適している回収装置の方式として、1) 低コストであること、2) 様々な種に対応できること、3) 高速であること、4) メンテナンスが簡便であること、5) 将来の大規模化が容易なことが、挙げられる。磁気凝集方式については、装置コストが高く、鉄系磁気粒子の補充や分離の手間がかかること、微細藻類より多量の投入が必要な鉄系磁気粒子の存在によりフロックの体積が増大する。これに伴って、残渣のハンドリング性の悪化、アグリマットに残渣を含有した際のアグリマット製造への悪影響が懸念される。また、装置のメンテナンスが煩雑だと予想され、南アフリカ共和国ダーバン工科大学がメンテナンスが難しいと考えていることから、他の手法として、以下の様々な方式について調査をした。

Sedimentation、vacuum filtration、pressure filtration、cross flow filtration、disc stack centrifugation、decanter centrifuge、dispersed air floatation、dissolved air flotation、fluidic oscillation、inorganic flocculation、organic flocculation、auto-flocculation、bio-flocculation electrolytic coagulation、electrolytic flocculation、electrolytic floatation。これらの回収方式は、これまで主に汚泥処理などで開発されてきた経緯がある。その中で、微細藻類に対して適用可能な種類は極めて少ない。まず、微細藻類で実績がある装置として、disc stack centrifugation、decanter centrifuge が現在有力視されていると文献調査により判明した。(Al Hattab, et al. J Fundam Renewable Energy Appl, 2015, 5:2. など)。

こうした文献情報に加えて、Disc stack centrifugation は、現在ダーバン工科大学が 1ton/h の処理量の装置を 300ton の培養池からの微細藻類の回収に利用しているものの、処理速度が遅いことから 300ton の培養液の回収に、膨大な時間を要する問題が生じており、さらに消費エネルギーが大きいことが既に判明している。

また、南アフリカ共和国ダーバン工科大学の研究チームによると、近年様々な微細藻類の国際会議において装置出品を行っており、微細藻類の回収に特化した Spiral plate centrifuge が注目されている。このため、Spiral plate centrifuge と Decanter centrifuge について性能を比較した。

この検討で用いた装置名の公表については、現段階で装置を製作したメーカーから公表の許可が得られておらず、また、結果の公表が特定の企業の利益や不利益になる可能性があるので非公開情報として報告する。同様の理由から、試験の結果から推定される消費エネルギーについても、非公開情報として報告する。

②研究題目 4 のカウンターパートへの技術移転の状況

2018 年 3 月に、名古屋大学の研究員が、藻類回収装置の設置予定場所である、南アフリカ共和国 eThekwin 自治政府が保有する Kingsburgh 水処理場に赴き、ダーバン工科大学と eThekwin 自治政府の担当者とともに、藻類回収装置の設置場所を詳細に確認し、また藻類回収装置の重量に地盤が耐えられるよう設置場所の地盤工事を、eThekwin 自治政府が実施することを確認した。また、eThekwin 自治政府のルールに従って、藻類回収装置から排出される分離液は、下水処理場の頭首工に戻すとともに、排出のための配管と培養液の導入のための配管の地中埋設など、必要な設置工事の詳細を確認した。



図 4-2 藻類回収装置の設置予定場所（地図データ Google earth を加工）
 (Kingsburgh 水処理場の航空写真。中心に写るドーナツ状の白い物体が培養池)

③研究題目 4 の当初計画では想定されていなかった新たな展開

本項目については、特定企業に関する情報が記載されていることから、非公開情報として報告する。

(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：鈴鹿大学 渡邊聡）

① 当該年度までの進捗状況

1. 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

前年度の研究では、環境ビジネス全般におけるビジネスモデルのケーススタディを行い、そのうえで本プロジェクトにおけるビジネスモデル構築に向けた議論を行った。

今年度の研究では、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、生産コストの高さ、生産量の少なさ、製品品質上の不確実性、製造過程の安全性、製品品質、安定供給などの問題点が挙げられる。このなかで、付加価値を担保するのが製造技術の革新性と環境への配慮ということになる。下記図 5 が、本プロジェクトにおける収益構造ならびに想定される便益・リスク構造である。

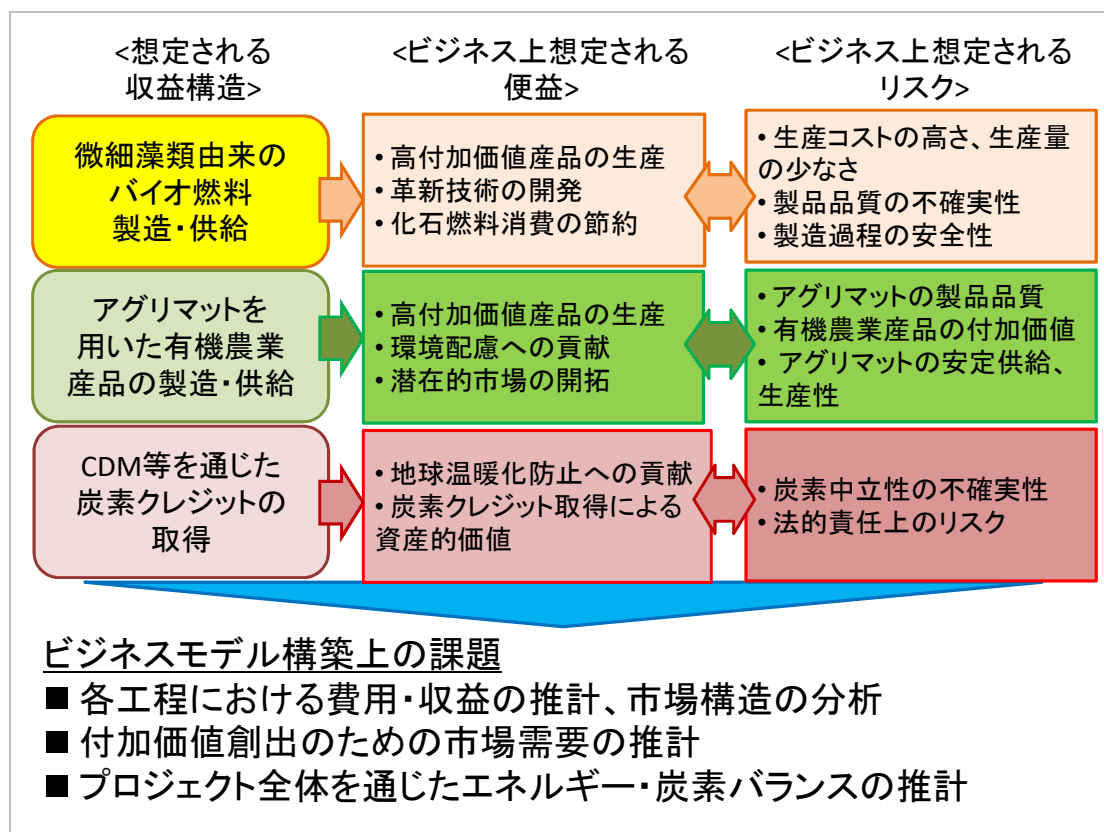


図 5 本プロジェクトにおける収益構造ならびに想定される便益・リスク構造

2. ハンドブック（改訂版）の作成

【平成 29 年度実施報告書】【180531】

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（テキスト）を2017年2月に作成した。第1版のハンドブックは日本側の研究チームのメンバーが分担、執筆し、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5にハンドブック（改訂版）の目次と主な内容をまとめた。

Chapter No. and Title	Main Contents
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 by the Japanese Team	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 the South African Team	Production of biofuels using algal biomass / Agri-mats evaluation for potential uses in agriculture in South Africa / Agri-mats testing in eThekweni
Appendix	Agri-mat Production Technologies

表5 ハンドブック（改訂版）の目次と主な内容

今後、プロジェクトの進捗に併せて新たなハンドブックを作成し、ビジネスモデルとしての各担当の連関性を構築するために活用することを予定している。

②H30年度の実施計画

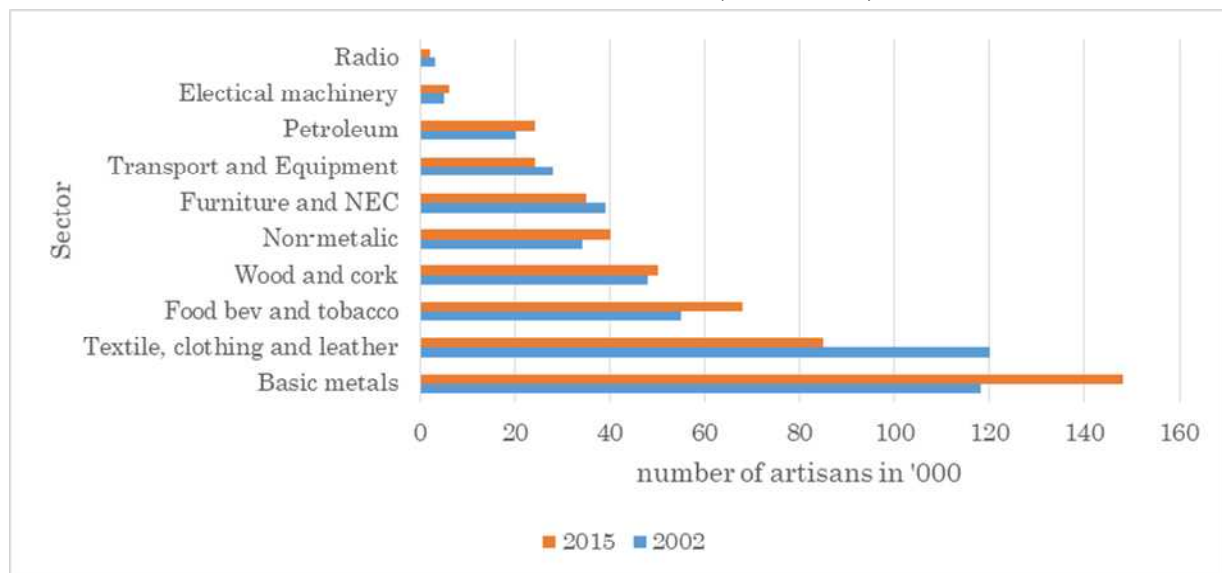
H30年度の研究は、各工程における費用・収益構造の分析、ならびに市場構造の推計を行う。特に、収益として付加価値をどのように創出するかを検討するために、バイオ燃料ならびに有機農業製品の市場需要に関して理論研究を行ったうえで、本プロジェクトでの付加価値の可能性について、シミュレーション研究を通じて行う。さらには、プロジェクト全体を通じたエネルギー・炭素バランスの推計を始めるための調査を始める。

①当初の計画に対する成果の達成状況とインパクト

南アフリカ共和国における産業人材育成戦略、産業人材育成・教育の実態、産業界の人材需要について全体像を把握するため、貿易産業省(Department of Trade and Industry)、統計局(Statistics South Africa)、農林水産省(Department of Agriculture, Forestry and Fishery)、エネルギー省(Department of Energy)、高等教育訓練省(Department of Higher Education and Training)の過去10年間にわたる報告書や統計資料を分析した。特に、国家産業政策アクションプラン(National Industrial Policy Action Plan)で開発重点セクターに挙げられている(1)自動車、(2)服飾、繊維、皮革、靴、(3)農産物加工、(4)グリーン産業、(5)林業、木材、紙、家具、(6)プラスチック、ケミカル、(7)鉱物採掘、(8)鉄鋼、(9)サービス産業、(10)水・衛生、(11)水産物加工、(12)航空・防衛、(13)電気・電子の12分野に関し、各年の技能レベル別雇用状況と人材育成の状況を比較分析した。

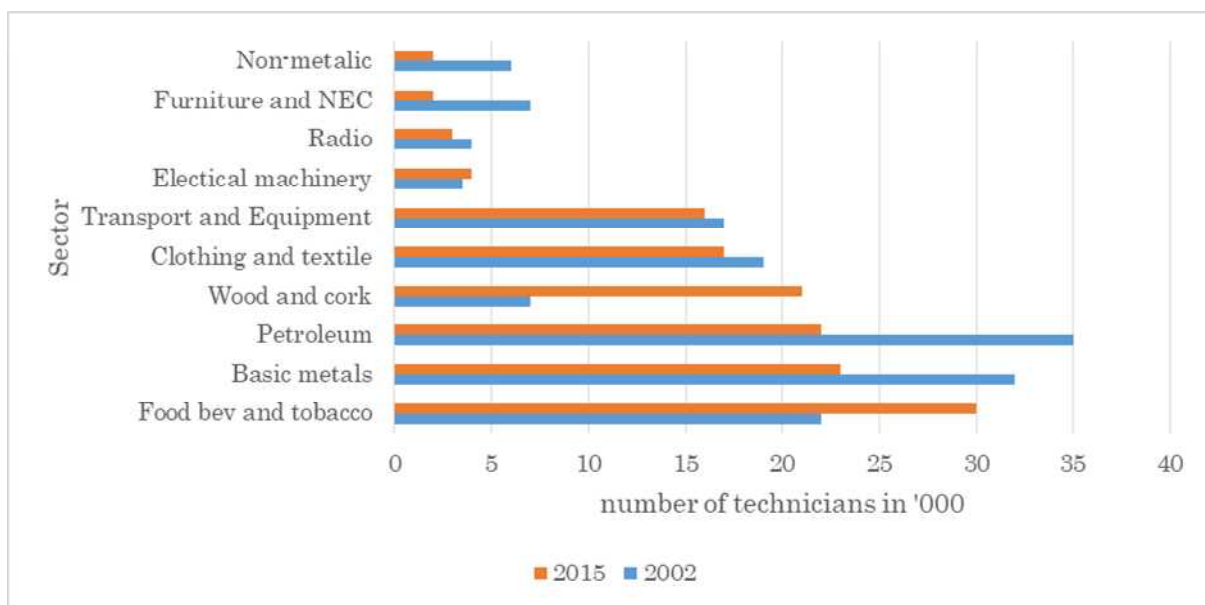
図6及び図7からは、金属加工や服飾・繊維産業など、比較的労働集約的な産業で、職工レベルの労働者の雇用が高いのに対し、高卒程度の技術者の雇用はこれらの産業では減少傾向にあることが分かる。他方、食品加工、木材加工では、高卒程度の技術者の需要が伸びており、産業分野によって、求められる技能のレベルに棲み分けがあることが見て取れる。南アフリカでは、若年失業率がアフリカの中でも突出して高く、高学歴化が進むのに反して、特定産業の技術訓練を受けた人材の需要は必ずしも伸びていない。

図6：職工レベルの技術者の分野別雇用数の変遷 (2002, 2015)



Source: DTI, Facts and figures on skills in manufacturing report 4 (2016. p.16)

図7：高卒程度の技術者の分野別雇用数の変遷 (2002, 2015)



Source: DTI, Facts and figures on skills in manufacturing report 4 (2016. p.15)

こうした分析結果を英文で 60 ページ程度の報告書にまとめ、プロジェクト内外で共有した。

Ⅱ. 今後のプロジェクトの進め方、および成果達成の見通し（公開）

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

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

バイオ燃料生産において、最大の問題はエネルギー収支である。バイオ燃料として獲得できるエネルギーよりも、バイオ燃料生産で消費するエネルギーが多い場合、消費エネルギーのコストがバイオ燃料のコストに転嫁されることになる。現状では、消費エネルギーが化石燃料由来で、この消費エネルギー量が微細藻類の保有熱量（残渣も含む）の 7 倍であるので、必然的に微細藻類由来の燃料は、化石燃料の 7 倍以上の価格となる。これがバイオ燃料のコストが高い根源的な原因であるので、エネルギー収支を考慮せずに闇雲にコスト削減だけを追い求めても、根源的なコスト高の問題を解決することはできない。

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

藻類回収装置と藻類油脂抽出装置の製作企業に変更が生じたため、先述のエネルギー収支とコストとの関係や、非公開の成果（様式 4）で示した劇的なエネルギー収支の改善効果について、南アフリカ共和国の省庁（例えば、日本の経済産業省の相当する機関）の政府関係者などに情報展開したり、日本国内でも企業が参加する各種の展示会や、JETRO など、情報発信を進めることによって、現地における社会実装を展開したいと考えている。

Ⅲ. 国際共同研究実施上の課題とそれを克服するための工夫、教訓など（公開）

(1) プロジェクト全体

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、手続上の問題があることが判明した。また、藻類回収装置と藻類油脂抽出装置について、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とから、これらの問題を 2017 年度に解決した。

(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）

南アフリカ共和国へのインストールを計画している、アグリマット製作のためのプレス機については、南アフリカ共和国の農業研究機構（ARC）に設置する計画であるものの、ARC が海外から装置を受け取る場合には、免税処置を受けられない可能性が高いことが判明したため、装置の受け取り機関をダーバン工科大学とし、ダーバン工科大学と ARC の間で共同研究などの契約を締結するなどして、ARC が装置を使用するといった手続上の工夫が必要だと判明した。現在その方向で DUT と ARC の間で契約手続きを進めている。

(3) 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）

本項目については、特定企業に関する情報が記載されていることから、非公開情報として報告する。

IV. 社会実装（研究成果の社会還元）（公開）

(1) 成果展開事例

研究題目 3 に関連して、南アフリカ共和国 ARC では、アグリマットを用いた農作物の育成向上に向けた実証試験を行うため、テストフィールドとなる農地を整備中である。テストフィールドの整備にあたって、東京農工大学から ARC に、アグリマットを模擬した木質ボード（微細藻類を含んでいない）を輸送して、この木質ボードを農地に敷き詰めた事前準備を進めている。



図 ARC による農地整備と木質ボードを用いた事前準備の様子



図 ARC による木質ボード（左）、草（中央）を敷き詰めてトウモロコシを栽培した様子（右）はコントロールである。

(2) 社会実装に向けた取り組み

研究課題5で作成する環境ビジネスモデルに関するハンドブックにより南アフリカ共和国に適したビジネスモデルの提案を行う計画である。すでに2016年度に作成したハンドブックについて、2017年度は新たに南アフリカ共和国側のメンバーと共にハンドブックを改訂した。今後ダーバン自治政府（eThekweni 自治政府）に供与して社会実装に向けて活用する。

V. 日本のプレゼンスの向上（公開）

科学技術上の成果として、まず、南アフリカ共和国ダーバン工科大学において、300ton 規模の屋外培養システムで、微細藻類濃度 1500ppm、油脂含有量約 30%を、11～13 日の培養期間で達成することに成功した。

さらに、名古屋大学の装置設計結果を元にしたエネルギー試算によって、液化ジメチルエーテルを用いた抽出法によって、火力発電による一次エネルギー換算でも油脂の保有熱量の 21.3%の消費エネルギーで、油脂を抽出可能であることが判明した。また、藻類回収においても、一次エネルギー換算で 2.7～54.5%の消費エネルギーで藻類を回収できることが示された。つまり、微細藻類の保有熱量より少ない消費エネルギーで、微細藻類の回収と油脂抽出を実施することが可能になる。

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で、大量かつ高速に微細藻類からのバイオ燃料生産の可能性を示すことができる。これは世界のバイオ燃料生産を一変させるポテンシャルを秘めている。

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

VI. 成果発表等【研究開始～現在の全期間】（公開）

別添に記入

VII. 投入実績【研究開始～現在の全期間】（非公開）

VIII. その他（非公開）

以上

VI. 成果発表等

(1) 論文発表等【研究開始～現在の全期間】(公開)

① 原著論文(相手国側研究チームとの共著)

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

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

② 原著論文(上記①以外)

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

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

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, I.Rawat, A.D.Nciizah, T.C.Kasie, "Handbook 1 of SATREPS Project (Revised Ver.)", 64pages, 2017年9月		ハンドブック	発表済	

著作物数 1 件

公開すべきでない著作物 0 件

④その他の著作物(上記③以外)(総説、書籍など)

年度	著者名,論文名,掲載誌名,出版年,巻数,号数,はじめ—おわりのページ		出版物の種類	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項
2016	神田英輝、藻類由来バイオ燃料と有用物質、分担執筆12章 低沸点溶媒による高含水微細藻類からの油脂抽出技術、2016年11月、シーエムシー出版		書籍	発表済	
2016	Book chapter*: Rawat, I., Gupta, SK., 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	

著作物数 3 件

公開すべきでない著作物 0 件

⑤研修コースや開発されたマニュアル等

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

VI. 成果発表等

(2) 学会発表【研究開始～現在の全期間】(公開)

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

年度	国内/ 国際の別	発表者(所属)、タイトル、学会名、場所、月日等	招待講演 /口頭発表 /ポスター発表の別
			招待講演 0 件
			口頭発表 0 件
			ポスター発表 0 件

②学会発表(上記①以外)(国際会議発表及び主要な国内学会発表)

年度	国内/ 国際の別	発表者(所属)、タイトル、学会名、場所、月日等	招待講演 /口頭発表 /ポスター発表の別
2016	国内学会	神田 英輝(名古屋大学)、星野倫太郎、村上和弥、小川真輝、勝部翼、岸野光弘、Wahyudiono、後藤元信、微細藻類種による油脂の液化DME抽出挙動の差異と不溶物に対する晶析への応用、分離技術会、日本大学、2016/5/27	口頭発表
2016	国内学会	神田 英輝(名古屋大学)、液化DMEなどの高圧流体を用いた抽出・晶析手法、化学工学会マイクロ化学プロセス分科会討論交流会、三重マリンセンター海の学舎、2016/7/2	招待講演
2016	国際学会	Hideki Kanda (Nagoya University), Energy-saving extraction of lipids from wet microalgae by low-boiling solvent, 11th International Marine Biotechnology Conference, Hyatt Regency Hotel , Baltimore, USA, 2016/8/30	招待講演
2016	国内学会	神田 英輝(名古屋大学)、液化ジメチルエーテルによる微細藻類からの油脂抽出、分離技術会東海地区見学講演会、竹本油脂株式会社、2016/10/11	招待講演
2016	国際学会	Kazuya Murakami (Nagoya University), Rintaro Hoshino, Wahyudiono, Hideki Kanda, Motonobu Goto, Lipid extraction from wet diatom by liquefied dimethyl ether, 1st International Conference on Bioresource Technology for Bioenergy, Bioproducts & Environmental Sustainability, 23-26 Oct. 2016 Sitges, nr Barcelona, Spain	ポスター発表

2016	国際学会	Rintaro Hoshino, Wahyudiono (Nagoya University), Hideki Kanda, Motonobu Goto, Lipid extraction from wet microalgae as biofuel resources by liquefied dimethyl ether, The third International Seminar on Fundamental and Application of Chemical Engineering (ISFACHE) 2016, 2016/11/2-3, Surabaya, Indonesia	口頭発表
2016	国内学会	西村真(東海学園大学)「R&Dにおける技術開発とビジネスモデルについて」科学技術交流財団主催「MOT研修」(2016年11月18日、名古屋商工会議所ビル)	口頭発表
2016	国内学会	Satoshi Watanabe(Suzuka University)“Possibilities of Environmental Technology Transfer toward Newly Industrializing Countries on the International Climate Policy Scheme: Case Study of Clean Development Mechanism to South Africa”国際開発学会第27回全国大会(2016年11月26-27日、広島大学)	口頭発表
2016	国際学会	山田肖子「変化する産業需要に見合う技能形成の課題: アフリカにおける課題と展望」TICAD VIフォローアップ国際シンポジウム『アフリカの持続可能な開発に向けた産業人材育成』国際開発機構・名古屋大学主催、科学技術振興機構後援、東京、2017/2/23	招待講演
2016	国際学会	Shoko Yamada (Nagoya University), 基調講演 DUT及びSAQAが主催するワークショップ「Transitions between education and training institutions and the workplace: the efficacy of training for employment」ダーバン、2016/12/14	招待講演
2016	国内学会	後藤元信(名古屋大学)、液化DMEを用いる抽出手法の最新動向、DMEシンポジウム2017、機械振興会館、2017/3/13	招待講演
2016	国際学会	SiawOnwona-Agyeman (TUAT), Richard AnsongOmari, Naomi Horiuchi, And Yoshiko Kawabata, Evaluating the Mulching Effectiveness of Wood Chips in Field 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	西村真(東海学園大学)、渡邊聡(鈴鹿大学)、環境改善のためのビジネスモデル、日本機械学会第27回環境工学総合シンポジウム、2017/7/11	招待講演
2017	国際学会	Shoko Yamada “Nagoya University and Research on Skills Development in South Africa: SDGs, decent work, and equity” The Third South Africa-Japan University Forum, Tokyo, Japan 2017/7/16.	招待講演

2017	国際学会	Naomasa Yamamoto (Nagoya University), Kazuya Murakami, Masaki Honda, Wahyudiono, Hideki Kanda, Motonobu Goto Classification of lipid extracted from green microalgae <i>Desmodesmus subspicatus</i> by liquefied dimethyl ether The Second Seminar on JSPS Core-to-Core Program (B. Asia-Africa Science Platforms) “Establishment of Research Hub for Compact Mobility Model in the ASEAN Region” Chulalongkorn University, Thailand、2017/8/2-3	ポスター発表
2017	国際学会	Siaw Onwona-Agyeman (TUAT), Richard AnsongOmari, Norihide Saho, Akira Mochizuki Eco-mulch production and their beneficial roles in sustainable agriculture The 15th International Conference on Advanced Materials, Kyoto, Japan 2017/8/28- 2017/9/1	口頭発表
2017	国内学会	山本 直将(名古屋大学)・村上 和弥・本田 真己・Wahyudiono・神田 英輝・後藤 元信 液化ジメチルエーテルを用いた微細藻類 <i>Desmodesmus subspicatus</i> からの油脂抽出及び脂質クラス分析、化学工学会 第49回秋季大会、名古屋大学、2017/9/22	口頭発表
2017	国際学会	Naomasa Yamamoto (Nagoya University), Kazuya Murakami, Masaki Honda, Wahyudiono, Hideki Kanda, Motonobu Goto Classification of lipid extracted from microalgae <i>Nannochloropsis oceanica</i> by liquefied dimethyl ether、 The 11th International Conference on Separation Science and Technology、韓国・釜山 海雲台(ヘウンデ)グランドホテル、2017/11/9-11	ポスター発表
2017	国際学会	Kazuya Murakami, Wahyudiono(Nagoya University), Hideki Kanda, Motonobu Goto Direct Extraction and Fractionation of Lipid from <i>Nannochloropsis oceanica</i> by Liquefied Dimethyl Ether The 24th Regional Symposium on Chemical Engineering, Semarang, Indonesia、2017/11/15-16	口頭発表
2017	国内学会	神田 英輝(名古屋大学)、低沸点弱極性溶媒による微細藻類からの油脂抽出とスキ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	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

招待講演	12	件
口頭発表	10	件
ポスター発表	6	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	山本 直将	分離技術国 際会議	1.当課題研究の成果である	

1 件

②マスコミ(新聞・TV等)報道

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

0 件

VI. 成果発表等

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

① ワークショップ・セミナー・シンポジウム・アウトリーチ等

年度	開催日	名称	場所 (開催国)	参加人数 (相手国からの招聘者数)	公開/ 非公開の別	概要
2015	2015/7/23	日本南ア合同グループリーダー会議	eThekweni municipality (南アフリカ共和国)	6人(2人)	非公開	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)	非公開	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)	非公開	MOU、POの締結に向けた調整会議
2015	2015/9/4-5	日本南ア合同グループリーダー会議	eThekweni Water Service (南アフリカ共和国)	15人(6人)	非公開	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)	非公開	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	非公開	調整会議
2016	2016/5/9	日本側全体会議	名古屋大学	7人	非公開	調整会議
2016	2016/5/31	愛知県立安城南高校の総合学習授業	名古屋大学	32人	公開	アウトリーチ活動 対象・高校3年生31名、引率教員1名
2016	2016/6/20	日本側全体会議	名古屋大学	8人	非公開	調整会議
2016	2016/6/21	昴学園高校のキャリア形成授業	鈴鹿大学	82人	公開	アウトリーチ活動 対象・高校1年生78名、引率教員4名
2016	2016/7/28	日本側全体会議	名古屋大学	6人	非公開	調整会議
2016	2016/8/17	日本側全体会議	名古屋大学	5人	非公開	調整会議
2016	2016/9/2	日本南ア合同グループリーダー会議	ARC(南アフリカ共和国)	15人(6人)	非公開	調整会議
2016	2016/9/6	日本南ア合同グループリーダー会議	eThekweni municipality (南アフリカ共和国)	15人(6人)	非公開	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)	非公開	調整会議

2016	2016/9/12	日本側全体会議	名古屋大学	7人	非公開	調整会議
2016	2016/10/18	日本側全体会議	名古屋大学	11人	非公開	調整会議
2016	2016/10/19	あいちサイエンスフェスティバル2016 サイエンストーク	名古屋市内	23人	公開	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	非公開	調整会議
2016	2016/12/13	日本側全体会議	名古屋大学	6人	非公開	調整会議
2016	2017/1/17	日本側全体会議	名古屋大学	7人	非公開	調整会議
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)	非公開	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 Mabuya 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	非公開	調整会議
2017	2017/4/4	日本側全体会議	名古屋大学	6人	非公開	装置調達に関する会議
2017	2017/4/5	JICAとの会議	JICA中部	6人	非公開	装置調達に関する会議
2017	2017/5/1	日本側全体会議	名古屋大学	4人	非公開	法人・日立製作所を交えた装置調達に関する 会議
2017	2017/5/31	日本側全体会議	JST	6人	非公開	法人・日立製作所を交えた装置調達に関する 会議
2017	2017/7/17	第3回 日本・南アフリカ大学フォーラム (SAJUフォーラム)	東京国際交流館	約200人	公開	ダーバン工科大学のVice-Chancellor(日本の 学長に相当)Prof. Thandwa Mthembuから SATREPS推進に対して謝辞を頂いた。
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)	非公開	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)	非公開	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)	非公開	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	非公開	アグリマット製作プレス機に関する会議
2017	2017/12/14	日本側グループリーダー会議	名古屋大学	3人	非公開	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

35 件

②合同調整委員会(JCC)開催記録(開催日、議題、出席人数、協議概要等)

年度	開催日	議題	出席人数	概要
2017	2017/11/10	JCC	約20名	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。南アフリカ共和国科学技術省から、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。

1 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～平成33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	・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	・微細藻類からのバイオ燃料抽出技術の開発 ・微細藻類残渣を用いた保水・栄養維持可能なアグリマット生産技術の開発
知財の獲得、国際標準化の推進、生物資源へのアクセス等	・太陽エネルギーを利用した微細藻類からのバイオ燃料生産技術 ・微細藻類、下水汚泥、木質チップを用いた農業マット生産技術
世界で活躍できる日本人人材の育成	・南アフリカでの共同研究活動を通じた日本人若手研究者の国際研究活動能力の育成
技術及び人的ネットワークの構築	・日本と南アフリカの若手研究者や技術者の人材交流を中心とした技術及び人材ネットワークの構築。
成果物(提言書、論文、プログラム、マニュアル、データなど)	・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

