

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28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

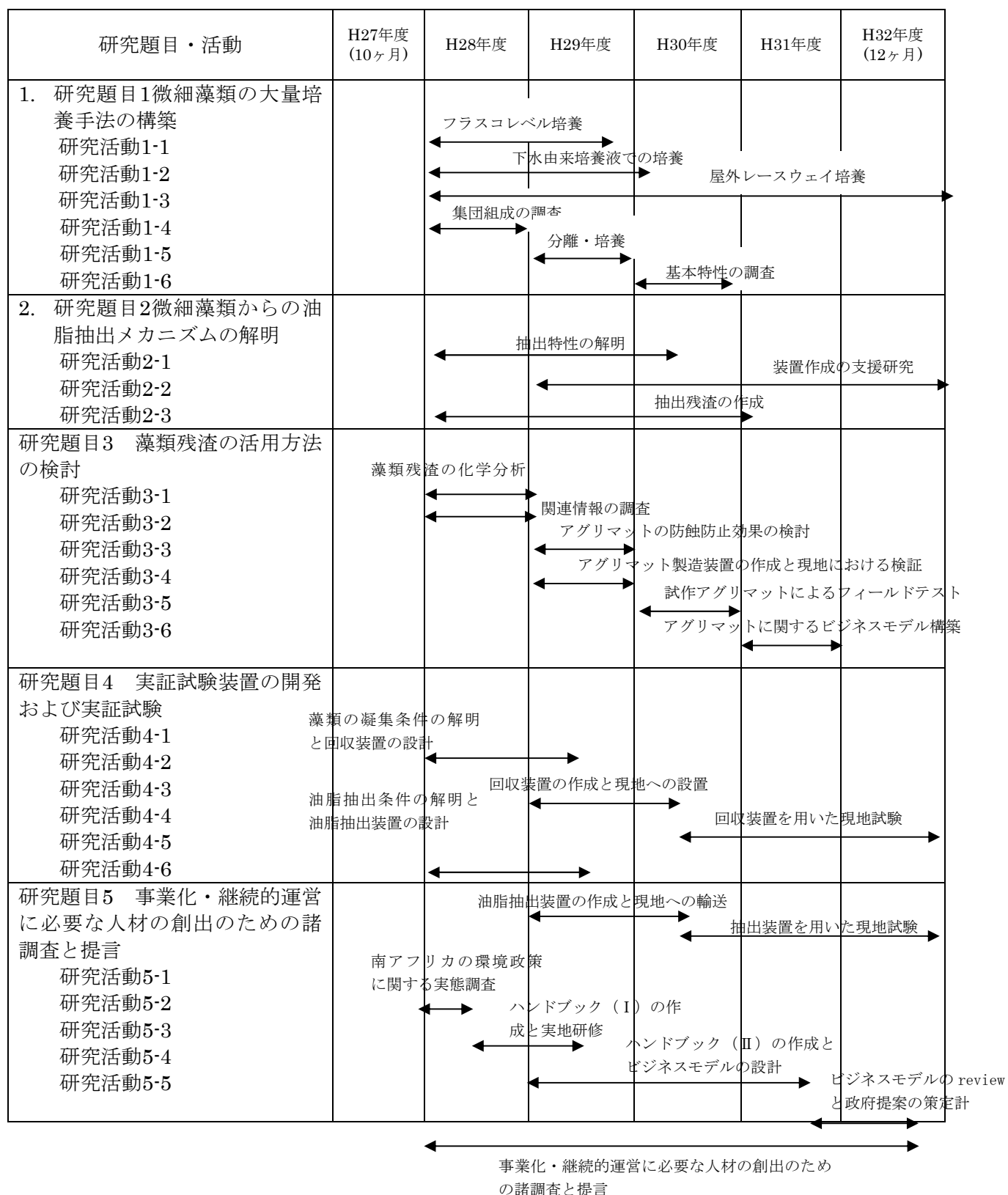
地球温暖化対策として重要な二酸化炭素の固定化の切り札として、水生生物、特に、微細藻類が期待されている。微細藻類は、他の高等植物に比べ、数十倍から数百倍以上の二酸化炭素を固定速度を有する。また、同時にバイオ燃料等の原料となる脂肪酸を体内に作り、かつ、窒素やリン等の貴重な物質も吸収しながら成長するため、下水等进行处理することに適していると言われている。

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、日本が油脂抽出を共同で検討して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。

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



2. プロジェクト成果の達成状況とインパクト

(1) プロジェクト全体

・成果目標の達成状況とインパクト等

南アフリカ共和国ダーバン工科大学において、下水処理水を用いたイカダモやクロレラなど緑藻を中心に屋外培養を行い、3000L までのスケールアップに成功した。油脂含有量は藻体乾燥重量基準で17%に到達した。

筑波大学のオープンポンドを用いて、南アフリカ共和国で培養しているものと近種の緑藻を培養し、これを日本国内における油脂抽出やアグリマット作成の試験に用いた。

藻類からの液化 DME による油脂抽出では、抽出に用いる液化 DME への水の溶解量が増加する条件で、リン脂質などの高極性の油脂の収量が増加することが明らかになった。また、イカダモに液化 DME 抽出法を適用した結果、一般的な抽出溶媒で必要とされる、抽出前の乾燥処理や細胞破壊処理を施さなくても、従来法と同等以上の量の油脂を抽出できることが明らかになった。

アグリマット作成条件として、接着剤を用いない高温水蒸気によるプレス方式を検討した。現地での成分分析結果を入手して有害物質の有無、南アフリカの肥料成分に関する規制を調査すると共に、国内の藻について、油抽出前後の肥料成分である窒素、リン含有量を測定した。

南アフリカ共和国に2018年度中に設置する液化DME 油脂抽出試験装置の概念設計に取り掛かった。また、熱交換器やポンプ消費動力を概略設計し、機器選定を一部行った。

南アフリカの環境政策に関する実況を文献調査により概略を把握した。ハンドブック（1）の作成を前倒しし、平成28年度に完成させた。実地研修において社会実装の概要と、それに従った活動計画に関し南ア側の共同研究者と共有した。

また、ダーバン工科大学及び南アフリカ資格認定機構と連携し、ダーバン市における産業人材需要に関する予備データ収集を実施した。

(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)

研究グループ B (リーダー：筑波大学 吉田昌樹)

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の現地自治政府が管理する下水処理所に、ダーバン工科大学の F.Bux 教授が設置したオープンポンドの大型微細藻類培養プールでの培養を目指して、下水二次処理水を用いた土着藻類の培養を行った。イカダモやクロレラなど緑藻を中心に 3000L までのスケールアップに成功した。藻類の収穫量は $30\text{g}/\text{m}^2\text{day}$ 、油脂含有量は 17% に到達した。



写真 南アフリカ共和国ダーバンの現地自治政府が管理する
下水処理場内に設置した、F. Bux 教授の微細藻類培養プールの様子

②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

当初、南アフリカ現地の藻類サンプルを日本に輸送して、南アフリカ共和国ダーバン工科大学と筑波大学の双方で培養する予定であったが、生物遺伝資源等利用に伴う各種規制の厳格化により、現地における審査に最低でも 2~3 年を要することが判明した。これにより現地からの輸送を断念することとなった。このため、国内の屋外培養プールを用いて、緑藻を中心とする近種の藻類サンプルを筑波大学において培養した。これを国内研究で用いる、アグリマット作成や、液化 DME を用いた油脂抽出試験、凝集磁気分離による藻類回収実験のサンプルとした。

③研究題目 1 の研究のねらい

微細藻類は窒素含有量が多く、微細藻類の培養工程において窒素肥料の投入が不可欠である。しかし、アンモニア合成法由来の窒素肥料は大量の化石エネルギーを投入した結果得られるものであり、これを用いると、微細藻類からのエネルギー生産において、エネルギー収支が著しいマ

【平成 28 年度実施報告書】【170531】

イナスになる。これに対して下水は窒素含有量が高いと考えられることから、下水の二次処理水を培養に用いれば、人間の食物由来である下水含有窒素の回収が可能になると考えている。

④研究題目 1 の研究実施方法・結果

まず、南アフリカ共和国ダーバン工科大学において、微細藻類の培養に用いる下水処理水に含まれる窒素・リンの濃度を把握した。その結果、アンモニア濃度は大凡 15mg/L 以下、硝酸は 4mg/L 以下、リン酸は 0.35mg/L 以下であった。

Table Nutrients in Wastewater

Month	Week	NH_4 (mg L ⁻¹)	NO_3 (mg L ⁻¹)	PO_4 (mg L ⁻¹)
October	1	0.34	3	0.19
	2	9.03	3.28	0.29
	3	4.28	0.3	0.154
November	1	6.42	0.32	0.345
	2	0.338	1.11	0.176
	3	0.302	3.86	0.254
	4	1.96	0.28	0.133
December	1	15.6	0.29	0.13
	2	4.99	1.18	0.04
	3	0.86	0.26	0.1
	4	2.15	0.28	0.08

また、南アフリカ共和国ダーバン工科大での 3000L 規模の中規模培養装置を用いた結果、下水処理水中で培養した微細藻類の濃度は以下の図のように、34 日間に渡って安定的に培養し、最終的には 1g/L 程度の高濃度での培養に成功した。培養した藻類はイカダモと同様の緑藻の *Chlorella sorokiniana* が中心である。



Fig. Dry cell weight (DCW)

また、培養液での培養（DCWM）と、下水処理水での培養（DCWW）を、3000L に屋外培養して比較したところ、以下の様に培養液での培養の方が培養液中の微細藻類濃度が高い結果となった。また、途中 25～32 日の間に最大 28mm の降雨があったものの、微細藻類の濃度は低下すること無く、安定的な培養ができることが確認できた。藻類の収穫量は $30\text{g/m}^2\text{day}$ 、油脂含有量は 17% に到達した。

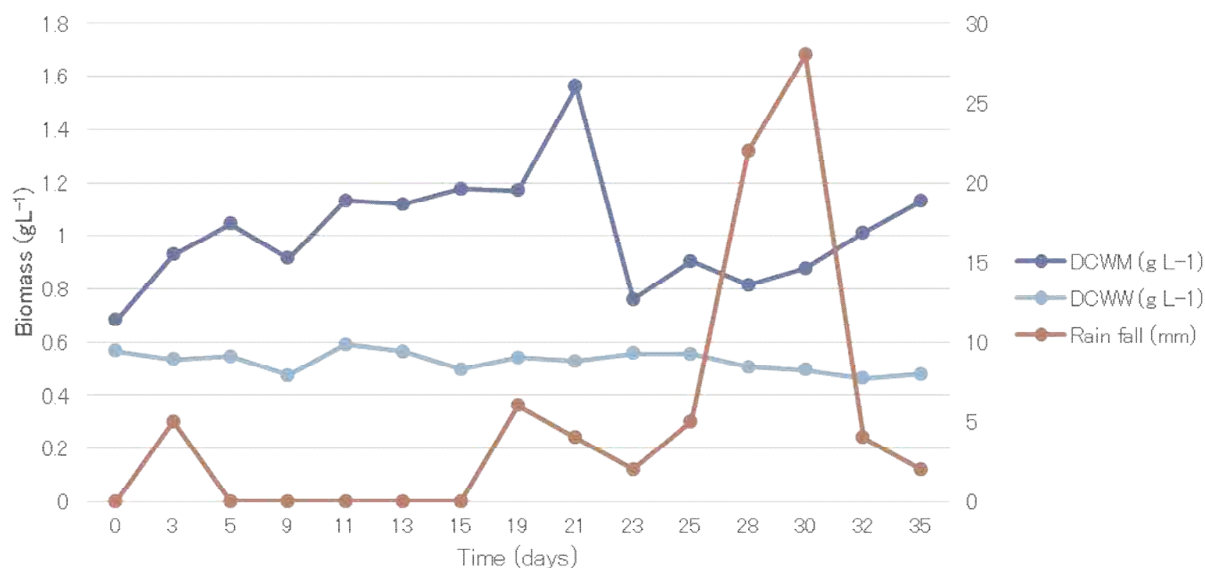


Fig. Algae cultivation: Media vs wastewater

また、南アフリカ共和国ダーバン工科大でのフラスコレベルでの培養検討の結果、下水処理水に硝酸ナトリウム、尿素、硝酸カリウム、硝酸ナトリウムを添加して、培養試験を行ったところ、尿素を添加した場合が最も培養液中の藻類濃度が高く、最も培養に適していることが判明している。このため、添加する尿素的の濃度を検討したところ、1.5g/L 程度を添加した場合が、最も培養液中の藻類濃度が高く適していることが判明している。

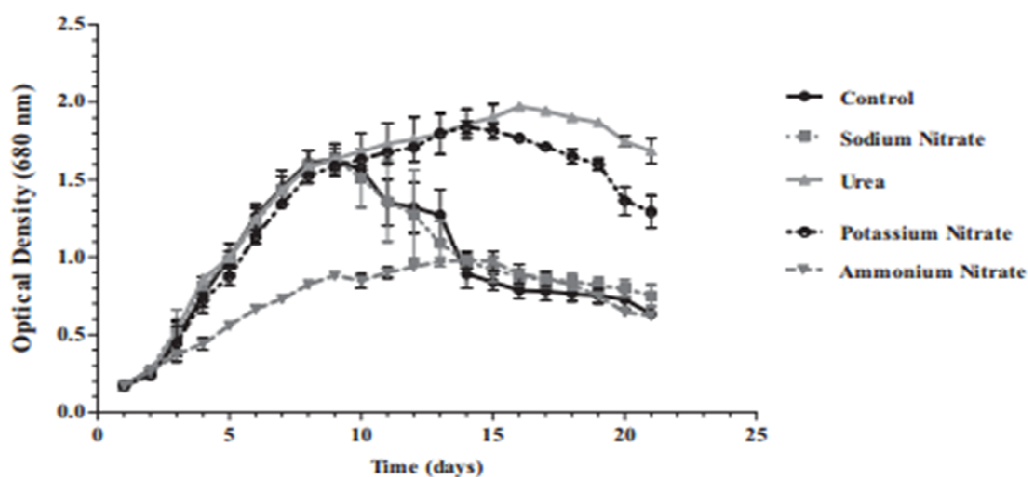


Fig: Growth curve under different N sources

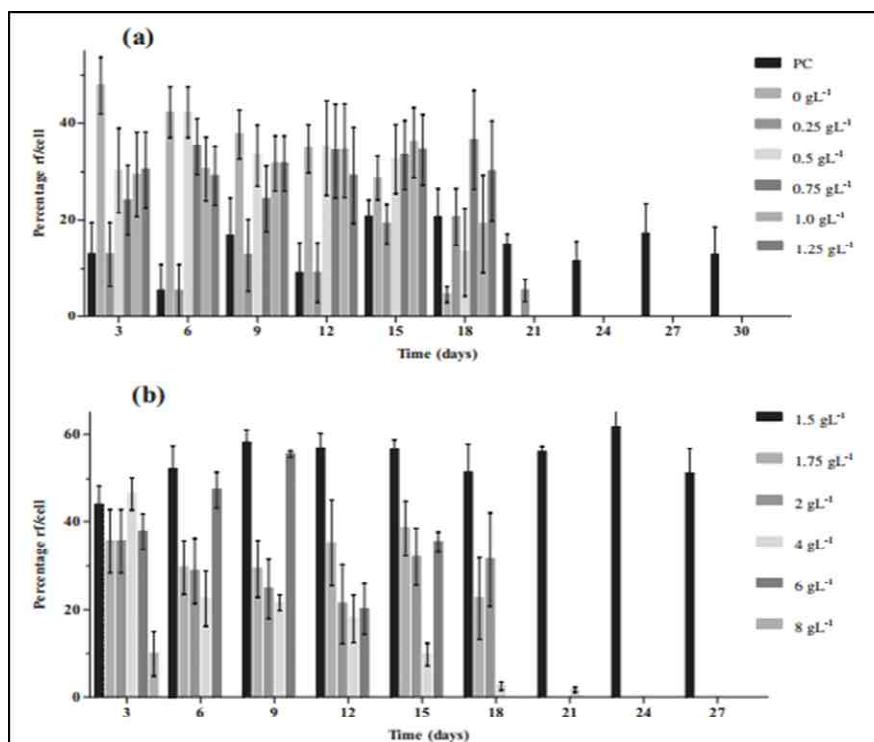


Fig: Lipid content of the microalga under varying urea concentrations
 (a) Positive control – 1.25 g L⁻¹ urea. (b) 1.5–8 g L⁻¹ urea.

この条件での培養において微細藻類に含まれる油脂中の脂肪酸の種類は以下の図の通り、C16:0、C18:0、C18:1、C18:2、C18:3 が中心であった。これらの割合は BG11 で培養した場合と比較して、著しい違いは無かった。

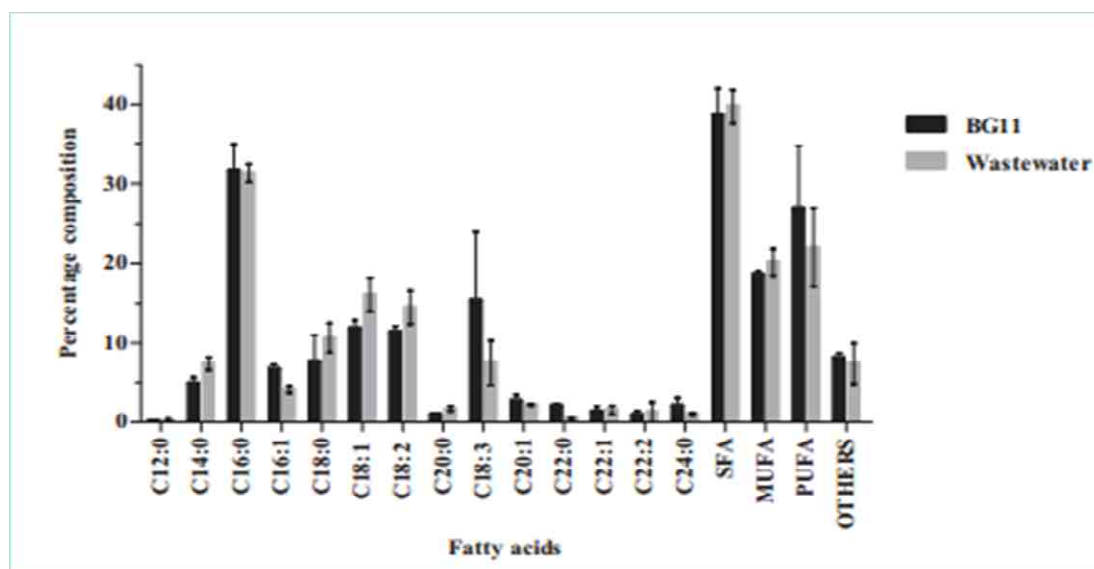


Fig: Fatty acid profile of *Chlorella sorokiniana* in BG11 and wastewater (1.5 g L⁻¹ urea)

これらの知見を元に、前述の写真で示した様な 300ton 規模での培養装置を目指したスケールアップを継続して行く計画である。

【平成 28 年度実施報告書】【170531】

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 の研究のねらいと、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やインパクト

○ 実験 1 抽出メカニズムの解明

SATREPS 開始時点で、緑藻や珪藻、藍藻、円石藻などの微細藻類や、炭化水素を生産するオーランチオキトリウム、大型藻類などのサンプルに液化 DME 抽出法を適用して油脂の抽出を行い評価を済ませてきた。これらの藻類サンプルからは、抽出前の乾燥処理や細胞の破壊処理を施さなくても、含まれる脂質のほとんどが抽出されたが、それらの検討は、 $20^{\circ}\text{C} \cdot 0.51\text{MPa}$ のように抽出温度・圧力を固定した検討であった。そのため本研究では、液化 DME 抽出装置に、シリンジポンプと圧力調整弁を接続し、温度・圧力の制御を可能にしたうえで抽出を行うことで、温度・圧力条件が油脂抽出量に及ぼす影響についても明らかにした。

また、油脂を構成する脂質の種類は多く、無極性の脂質から極性が高い脂質まで存在する。液化 DME は弱極性であるものの抽出油脂の極性を議論した事例が無く、どのような脂質が抽出されやすいかなどは不明であるのが現状である。そこで本研究では、脂質のクラスに着目した分析法を用いることで n 液化 DME により抽出された油脂の組成を明らかにし、温度や圧力や藻類に含まれる水分が、抽出される脂質の種類に対してどのような影響を及ぼすのか解明した。

○ 実験 2 イカダモに対する細胞破壊の可否の検討

また、南アフリカ共和国 DUT が培養している緑藻であるイカダモやクロレラと近種のサンプル（イカダモ）を、筑波大学において培養した。このサンプルに対して、液化 DME 抽出法を適用して、抽出できる油脂量を評価した。一般にイカダモやクロレラなどの緑藻は強固な細胞壁を有しており、ヘキサンや、Bligh-Dyer 法で用いられるメタノール・クロロホルム混合液による抽出では、抽出前に細胞を破壊する工程が必要とされている。これに対して、液化 DME 抽出法がイカダモに対しても、事前の乾燥処理や細胞を破壊する処理を省いて、油脂を抽出できるのか検討した。

②研究題目 2 のカウンターパートへの技術移転の状況

実験 1 の研究結果は、南アフリカ共和国 DUT に伝達済みである。また、イカダモに対しても、油脂抽出における細胞破壊の必要性が薄まった点は、南アフリカ共和国への技術移転に際して、細胞破壊の必要性が薄まったことを意味しており、技術的なハードルが下がったことを意味する。

南アフリカ共和国 DUT に、YSI multi-parameter system including chlorophyll sensor、Soxhlet extractor、Industrial Grinder、Jar test apparatus、Double beam spectrophotometer、Microwave digestion system を供与し、現地でも濃縮・細胞破壊・有機溶媒抽出・油脂の成分分析といった、従来法による有機溶媒を用いたラボスケールでの Soxhlet 法による油脂抽出が可能な環境を構築した。

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

【平成 28 年度実施報告書】【170531】

④実験方法と結果

○ 実験 1 抽出メカニズムの解明

液化 DME による抽出

用いた液化 DME 抽出装置を Fig. 1 に、装置の概要を Table 1 に示す。抽出装置は、シリンジポンプに液化 DME を充填するための DME 供給タンクが接続されており、シリンジポンプから送液された液化 DME が抽出カラム、背圧弁(BPR)を通過し、回収器に回収される構成になっている。温度制御を行うために抽出カラムは湯浴に浸されており、背圧弁により圧力制御した。

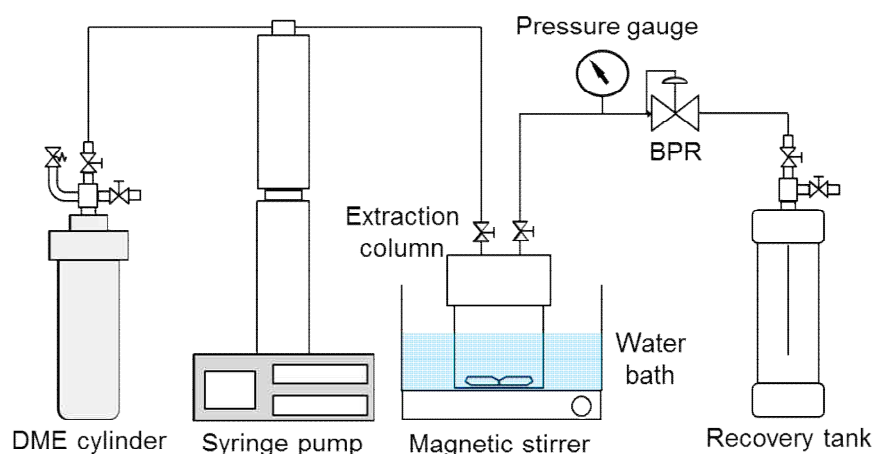


Fig. 1 液化 DME 抽出装置

Table 1 装置概要

機器名	提供会社	備考
DME cylinder	耐圧硝子工業(株)	TVS-1-100
Recovery tank	耐圧硝子工業(株)	HPG-96-3
Syringe pump	ISCO	260D
Column	耐圧硝子工業(株)	
BPR	Swagelok	

サンプルは、イカダモと同様に細胞壁が強固で油脂の抽出が困難だとされている、真正眼点藻類 *Nannochloropsis oceanica* (ナンノクロロプシス) を用いた。これは石巻市のスメーブジャパン社が屋外培養池で食品用途で大量培養したもので、水分 85%の濃縮状態である。

抽出温度は 25, 40, 60°C に設定し、抽出圧力は 1, 3 MPa とした。60°C における DME の飽和蒸気圧が 1.4 MPa のため、60°C では実験圧力 3 MPa のみ行った。*N. oceanica* を抽出容器に湿潤重量で 2.0 g 量り取り、液化 DME を所定の圧力で充填した後、スターラーで攪拌しながら 10 分間保持した。その後、液化 DME を流速 5 ml/min で一定時間送液し、一定量の抽出物が集まった後、再び 10 分間保持した。この操作を抽出完了まで 5 回繰り返した。抽出終了後、得られた抽出物にクロロホルム、メタノール、水を 1:1:1 の割合で加え、遠沈管に取り分け、遠心分離を行い下層のクロロホルムのみを回収した。この操作により抽出物中の水溶性成分を完全に除去した。その後、回収したクロロホルムを秤量した瓶に入れ、溶媒を完全に揮発させ、真空乾燥器内で数時間保管し

【平成 28 年度実施報告書】【170531】

た後再度秤量した。その際得られた油脂を抽出時間ごとの抽出物量とし、抽出曲線を作成した。

サンプルに含まれる油脂全量の分析結果

比較対象として、生物化学分野において、一般的にほぼ全ての油脂の回収が可能とされている Bligh-Dyer 法を用いて *N. oceanica* に含まれる油脂の全量抽出を行い、油脂と各成分の収率を算出した。油脂抽出および分析は 2 回行い、その平均を結果とした。まず、油脂の収率を求めたところ乾燥重量基準で 29.9 ± 1.2 wt% であった。これは、微細藻類の中では高い油脂含有量である。

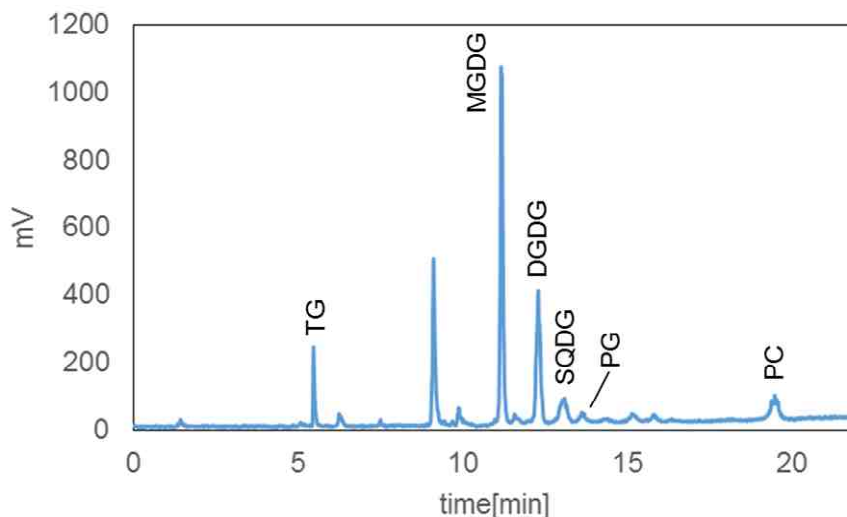


Fig. 2 Bligh-Dyer 抽出油脂の HPLC-ELSD クロマトグラム

得られた油脂中の脂質クラスのうち、極性が低い種類から順番に、中性脂質(triglyceride; TG)、糖脂質(mono-galactosyl diacylglycerol; MGDG, digalactosyl di-acylglycerol; DGDG, sulfoquinovosyl diacylglycerol; SQDG)、リン脂質(PG; phosphatidylglycerol, phosphatidylcholine; PC)について用いて HPLC-ELSD により定性・定量分析を行った。得られた油脂を HPLC により分析した結果を Fig. 2 に示す。抽出された油脂に含まれる脂質クラスを分析するため蒸発光散乱検出器 (Evaporative Light Scattering Detector, ELSD; ELS-2040, 日本分光, 東京) を用いた。分析条件は過去の論文を参考にし、修正を加えたものを適用した (Graeve, & Janssen, Journal of chromatography B, 877(20), 1815, 2009)。分離用のカラムは Chromolith® Performance-Si (100×4.6mm I.D., Merck Millipore, Darmstadt, Germany) を 40℃ で用い、窒素ガス 2.5slm、ネブライザー温度 60℃、ドリフトチューブ温度 40℃、溶離液は A: isooctane/ethyl acetate (99.8:0.2), B: acetone/ethyl acetate (2:1, v/v) 0.02% acetic acid(v/v), C: 2-propanol/H₂O (85:15, v/v) 0.05% Ethanolamine and acetic acid(v/v) の 3 液を用いた条件でのグラジエント分析を行った。グラジエントプログラムを Table 3 に示す。また、分析サンプルは全てクロロホルム/メタノール(2:1)に溶解したものを用いた。以後の同様の分析においても、これらの条件は同じである。

HPLC の結果から、今回用いた *N. oceanica* には糖脂質やリン脂質といった極性の高い脂質が多く含まれており、トリグリセリドなどの中性脂質の割合が少ないサンプルだと判明した。

Table 2 グラジエントプログラム

Time[min]	Percent solvent			Flow-rate [mL/min]
	A	B	C	
0.0	100	0	0	0.0
0.1	100	0	0	1.4
1.5	100	0	0	1.4
1.6	97	3	0	1.4
6.0	94	6	0	1.4
8.0	50	50	0	1.4
8.1	46	39	15	1.4
14.0	43	30	27	1.4
14.1	43	30	27	1.4
18.0	40	0	60	1.4
23.0	40	0	60	1.4
23.1	0	100	0	3.0
25.0	0	100	0	3.0
25.1	100	0	0	3.0
35.0	100	0	0	3.0
35.1	100	0	0	0

Table 3 各脂質クラスおよび総抽出油脂の収率

Lipid class	Yield[wt%]
TG	1.47±0.17
MGDG	8.28±0.04
DGDG	5.91±1.2
SQDG	3.02±0.33
PG	1.18±0.02
PC	2.97±0.25
total lipid	29.9±1.2

Table 3 に各脂質の収率を示す。収率の計算は、乾燥藻体基準の油脂の抽出量として求めた。今回用いた *N. oceanica* に最も含まれていた脂質は MGDG であり乾燥藻体に約 8.3 wt%含まれていることが確認された。次いで DGDG, SQDG が多く、*N. oceanica* に含まれている脂質の割合は糖脂質が 50%以上を占めていることが明らかとなり、定量結果からもトリグリセリドの含有量が少ないことが示唆された。これは、スメーブジャパン社が燃料生産に特化して、このサンプルを培養し

【平成 28 年度実施報告書】【170531】

た訳ではないことに起因している。燃料に適したトリグリセリド含有量が少ないものの、本研究の目的は、液化 DME による油脂の抽出メカニズムを解明することであり、そのモデルサンプルとして用いたものである。つまりトリグリセリド含有量が少ない点は、本質的に大きな問題では無いことに留意して頂きたい。

乾燥 *N. oceanica* からの液化DMEを用いた油脂抽出

藻類に含まれる水分が、抽出された油脂の性状に及ぼす影響を検討するため、まずは乾燥状態の *N. oceanica* から液化DMEを用いて油脂の抽出を行った。また、液化DMEによる抽出の後、その残渣から Bligh-Dyer 抽出により残存する油脂の全量抽出も行った。まず、液化DMEによって乾燥サンプルから乾燥藻体基準で 16.2 wt%、そして残渣からは 14.1 wt%の油脂が抽出された。それぞれの収率の合計が Bligh-Dyer の抽出結果 (29.9±1.2 wt%) とほとんど一致することが確認された。この結果から、乾燥の *N. oceanica* からは液化 DME を用いた場合には、*N. oceanica* に含まれる油脂の半分程度しか抽出されないことが明らかとなった。

次に、得られたそれぞれの油脂を HPLC-ELSD により分析を行った結果のクロマトグラムを Fig. 3 に、そしてそれぞれの脂質クラスに対して定量した結果を Fig.4 にそれぞれ示す。まず、HPLC-ELSD 分析結果から、乾燥サンプルから液化 DME で抽出された油脂には分析時間初期の方に検出ピークが多く確認され、一方で残渣の油脂では後半の方に検出ピークが多く確認された。今回の HPLC は順相であり、カラムの極性が高いため、高極性の物質は保持されやすく極性の低い物質から溶出する傾向にある。実際に、極性の低い中性脂質の TG が 5 分程度で検出されていることから、残渣にはより高極性の脂質が多く残存していたことが示唆された。具体的には、液化 DME 抽出油脂では TG や MGDG などが抽出されたが、SQDG, PG, PC のピークが確認されず、対照的に残渣の油脂からは SQDG, PG, PC のピークは確認されるが、TG などのピークが確認されなかった。

また、Fig. 4 から、乾燥サンプルから液化DMEで抽出された油脂、残渣に残留した油脂、それぞれの量を Bligh-Dyer 法で定義した全量と比較すると、液化 DME により乾燥状態の *N. oceanica* から、TG を全量および MGDG を 70%以上抽出されたことが明らかとなった。そして残渣には 70%程度の DGDG の他に SQDG, PG, PC がほぼ全量残存していたことが明らかとなった。

以上の結果から、乾燥状態の *N. oceanica* からの液化 DME 抽出では、全脂質の半分程度の量しか抽出されないが、TG などの低極性の脂質はほぼ全量抽出を行うことが可能であった。しかし一方で、リン脂質などの高極性の脂質はほとんど抽出されなかった。

このため、液化 DME 抽出においては、藻類サンプルが乾燥していると、極性が高い油脂が抽出されないことが判明した。

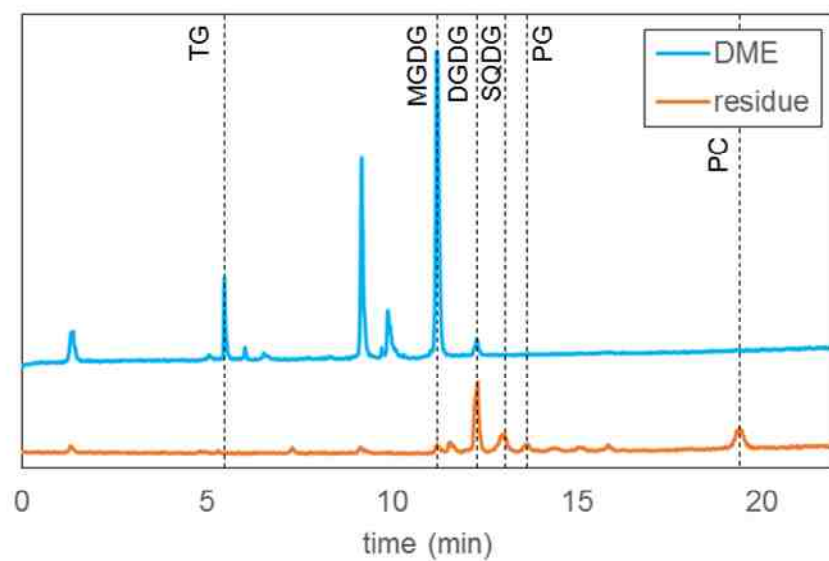


Fig. 3- HPLC-ELSD 分析結果

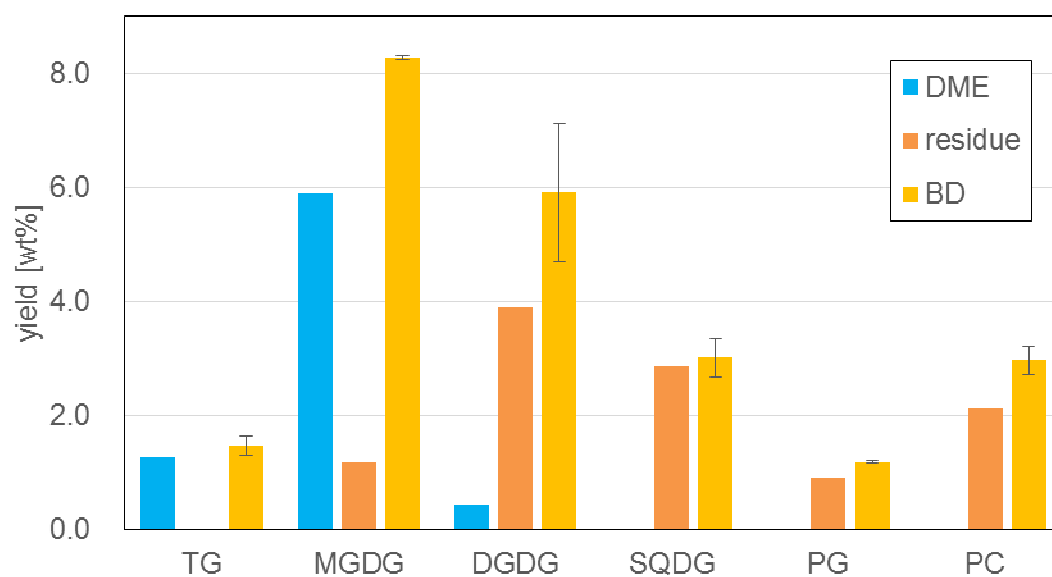


Fig. 4 定量結果 (BD: Bligh-Dyer 抽出によって定義した全量)

湿潤 *N. oceanica* からの液化 DME 抽出

液化 DME を用いて湿潤状態の *N. oceanica*(水分 85%)から温度・圧力の制御のもとで、油脂の抽出を行った。Fig. 5 に各温度・圧力における収率と、液化 DME 消費量をプロットした抽出曲線を示す。実験結果から、温度の増加に伴い明らかに油脂の抽出量および油脂の抽出速度は増加したが、40°C と 60°C では大きな差は見られなかった。また 25°C の結果から、1 MPa から 3 MPa に抽出圧力が増加してもほとんど影響を与えないということが確認された。DME の液密度はこの範囲でさほど変化しないことにより、油脂の液化DME への溶解度や抽出速度に大きな影響を与えなかったからだと考えられる。それぞれの収率は、25°C; 1, 3 MPa においてそれぞれ 20.0, 20.6 wt%、40°C; 1, 3 MPa においてそれぞれ 29.4, 32.2 wt%、60°C, 3 MPa において 29.5 wt%であった。温度の上昇に伴い収率が増加する傾向が確認されたが、この要因は以下の 3 点が考えられる。まず 1 つ目に、高温ほど液化 DME への油脂の溶解度が向上して多量の脂質が液化 DME に溶解するようになったこと、2 つ目に温度の上昇に伴い油脂の流動性が上昇したことにより抽出されやすくなったこと、3 つ目に温度の上昇に伴い液化DME への水の溶解度が向上して、高極性の油脂が抽出されやすくなったことが挙げられる。

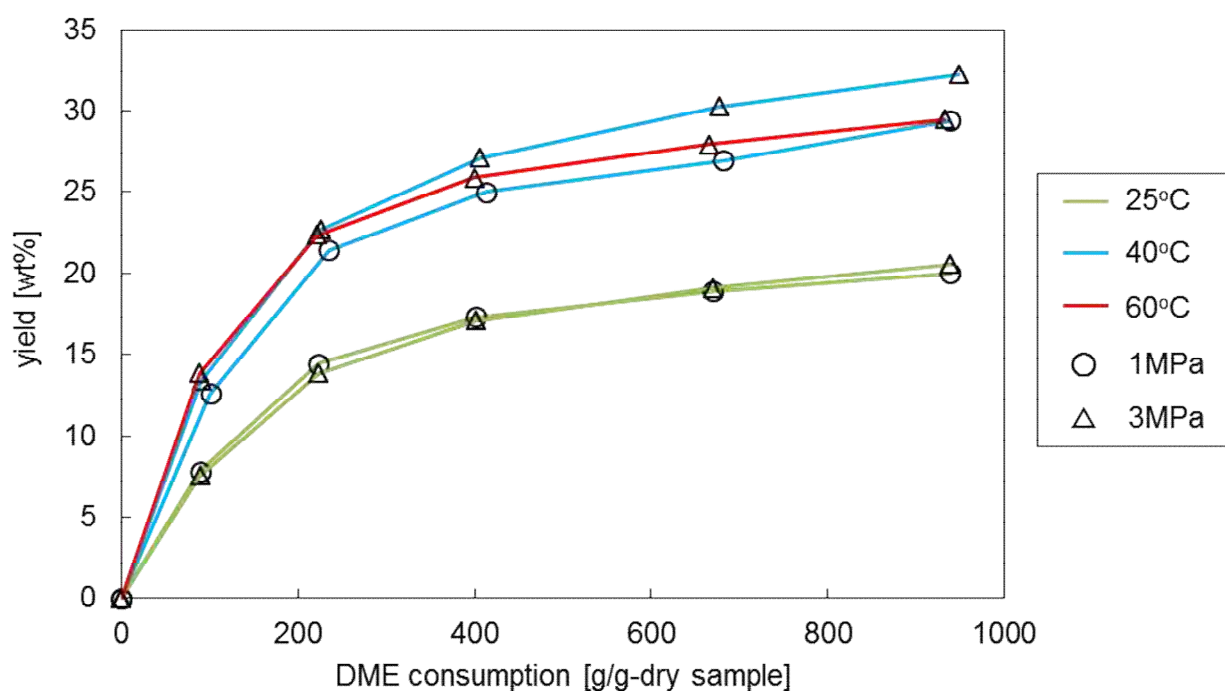


Fig. 3-40 各抽出温度・圧力条件での液化 DME 抽出曲線

次に、抽出条件 25°C; 1 MPa, 60°C; 3 MPa におけるサンプリングタイム毎の抽出油脂のクロマトグラムを Fig. 6 と 7 に示す。図中に示す①, ②, ③, ④, ⑤は Fig. 5 における DME 消費量 90, 220, 400, 670, 940 g/g-dry sample のプロットとそれぞれ対応する。また、サンプル量が少なく、

【平成 28 年度実施報告書】【170531】

リン脂質などの高極性の脂質の検出感度が悪いいため検出が視認できなかったため、ここでは TG, MGDG, DGDG について議論する。まず 25°C; 1 MPa の分析結果から、TG については④の時点で微量にしか検出されず⑤の時点で抽出油脂にはほとんど含まれていないことが確認された。また、MGDG についても⑤の時点におけるピークの高さから抽出量が低く、抽出後半に行くほど抽出量の低下が確認された。一方で DGDG については、どのサンプリングタイムにおいて一定量は検出されているように伺える。そして⑤の時点でも、抽出油脂中に多く含まれていると考えられる。それに対して 60°C; 3 MPa の結果からは、TG, MGDG, DGDG のどの脂質においても抽出終了にかけて検出量が低下していったことが確認された。更に TG, MGDG については④でほとんど検出されていないことから、③の時点で抽出が完了したことが考えられる。同様に DGDG では、④の時点で抽出が完了したことが考えられる。

以上の結果を比較すると、抽出条件 25°C; 1 MPa では DGDG のように高極性の脂質に対して緩やかに抽出が行われており、抽出条件 60°C; 3 MPa では抽出が素早く行われたと考えることが可能である。即ち、高温条件はより脂質を溶解する能力が高い =脂質に対する溶解度が高いと言い換えられる。これは前述の、3 つのメカニズムが合わさって、液化 DME の溶解度の変化により多量の脂質、または高極性の脂質が液化 DME に溶解するようになったことを裏付ける結果と言える。

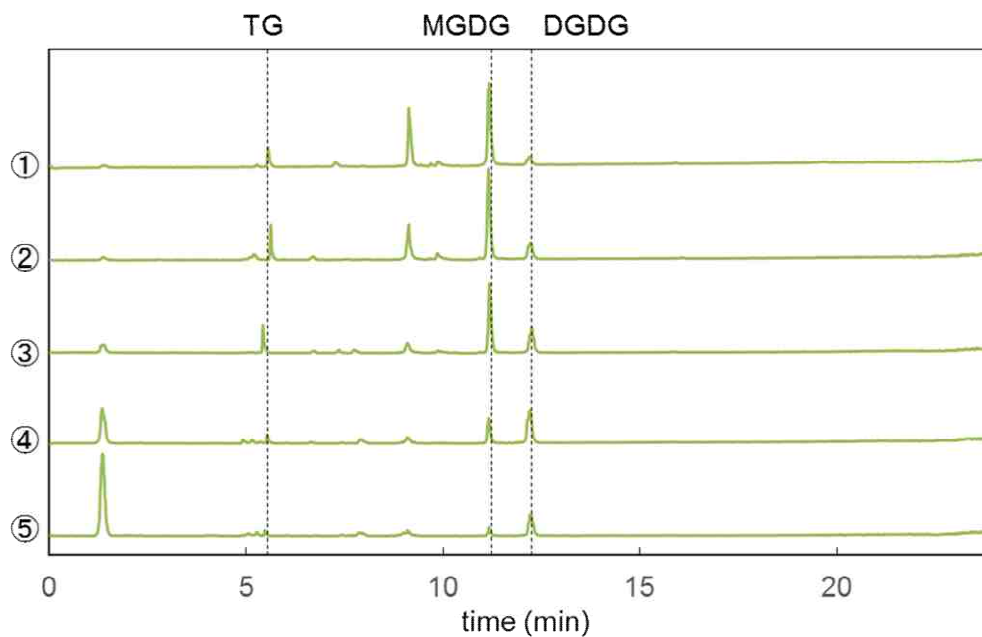


Fig. 6 各サンプリングタイムにおける抽出油脂のクロマトグラム (25°C; 1 MPa)

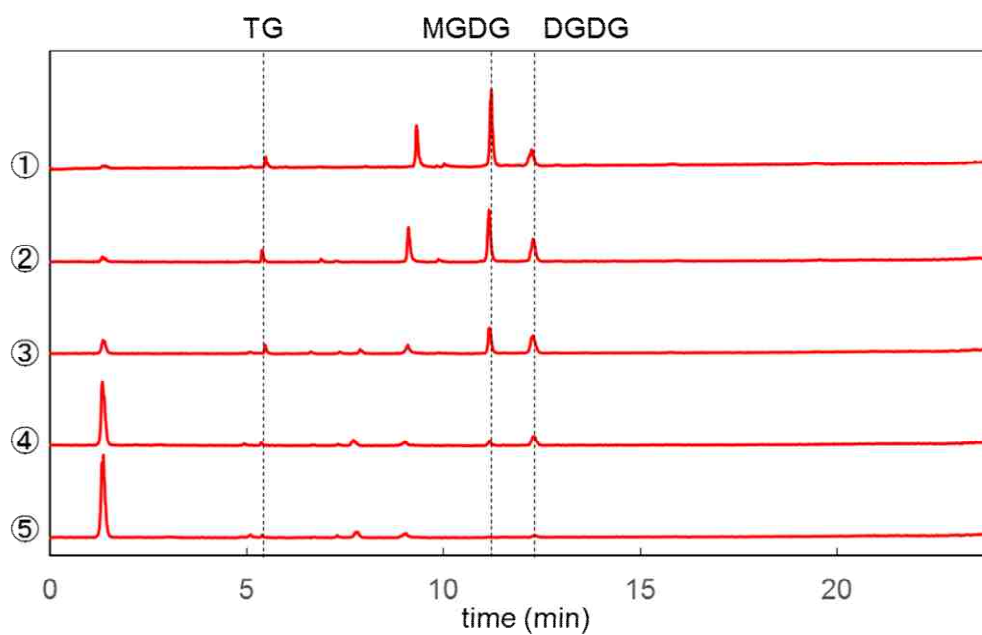


Fig. 7 各サンプリングタイムにおける抽出油脂のクロマトグラム (60°C; 3 MPa)

次に、実験圧力 3 MPa、実験温度 20, 40, 60°C における脂質クラスの収率を比較した結果を Fig. 8 に示す。この結果から、20°C と 40, 60°C の収率の差が抽出された脂質のクラスの違いであることが明らかとなった。即ち、20°C における抽出量が少なかった DGDG や SQDG といった高極性の脂質が 40, 60°C の条件ではより抽出されるようになったため、油脂の収率自体も向上したと考えられる。そして、各脂質の収率において 40, 60°C でほとんど差が見られなかったことから、N.

oceanica からの液化 DME 抽出では 40℃ 以上にすれば、高極性の油脂も抽出でき、多くの油脂を得るには適していることが示唆された。逆に、低極性の油脂だけを選択的に抽出したい場合には、20℃の抽出温度が適していることが判明した

しかし、DME の蒸発と凝縮のサイクルにおいて、特に凝縮する際には、現地の下水処理水などで DME 蒸気を冷却する必要がある。DME 蒸気と下水処理水の間で熱伝達するには 15～20℃程度の温度差を設ける必要があり、このため抽出に用いる DME の温度は、現地の下水処理水の温度より 15～20℃程度の高い必要性がある。従って、20℃の抽出温度は考えられない。このため、40℃以上での抽出結果が、南アフリカ共和国に導入する抽出試験装置の運転条件となる。

また、乾燥サンプルからの抽出結果と組み合わせて考察すると、湿潤サンプルの方が、高極性の油脂も抽出でき、多くの油脂を得るには適していることが示唆された。低極性の油脂だけを選択的に抽出したい場合には、乾燥サンプルからの抽出が適していることが判明した

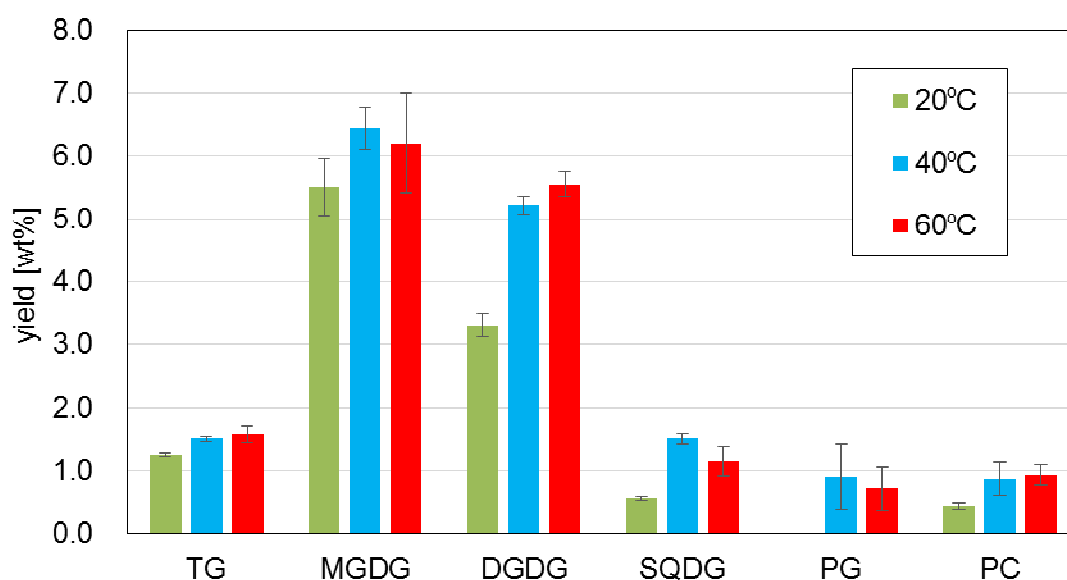


Fig. 8 各温度における湿潤サンプルからの抽出油脂タイプの定量結果

○ 実験 2 イカダモに対する細胞破壊の要否の検討

筑波大学が培養したイカダモ (*Desmodesmu* sp.) に対して、従来の Bligh-Dyer 法と液化 DME を用いた抽出法で、抽出油脂量を把握した。

なお、従来の Bligh-Dyer 法では、細胞の破壊処理を施しており、一方の液化 DME を用いた抽出法では、全く細胞破壊処理を施していない。Bligh-Dyer 法ではサンプル乾燥重量の 12.6%、液化 DME 抽出法では 13.5%であり、細胞破壊処理を施す必要が無いと思われることが判明した。このため、現時点では抽出装置に細胞破壊機能を追加する必要性は薄れている。

(3) 研究題目 3 : 「藻類残渣の活用方法の検討」

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

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

(i) 研究活動 3-1 「藻類残渣の化学分析」

・南アフリカ産藻の化学成分分析

油を抽出した藻類の残渣には、窒素、リンが多く含まれており、肥料として耕作地に活用する方法が有効である。ここで、現地南アフリカで藻類の活用を研究し本プロジェクトのカウンターパートであるダーバン工科大学 (DUT) が所有する培養池の藻類に、耕作地で栽培する食糧生産植物の発育を阻害する含有量以上が含まれないことが重要である。当初の計画では、DUT からの藻類の供与により国内にて藻の化学成分分析を行う予定であったが、供与されなくなったため現地産藻の成分分析を断念し、現地 DUT で行われた成分分析結果を入手することにした。入手した化学成分結果を表 3. 1-1 に示す。いっぽう、入手した現地政府機関による耕作地土壌中の最大許容金属含量を表 3. 1-2 に示す。

表 3. 1-1 DUT で分析された現地産の藻の成分分析結果

Metal conc.	Zn	Cr	Mn	Cu	Al	Fe	C	H	N	S	O
	mg kg ⁻¹						%				
Measured value	284.5	284.5	345	94.5	427	863.5	48.4	8.5	5.7	0.98	36.42

表 3. 1-2 南アフリカ水調査委員会発行の土壌中の最大許容金属および無機含有量 (1997 年 8 月)

Element	Regulation value (mg / kg)
*Cadmium Cd	2
Cobalt Co	20
Chromium Cr	80
Copper Cu	6.6
*Mercury Hg	0.5
Molybdenum Mo	2.3
Nickel Ni	50
*Lead Pb	6.6
Zinc Zn	46.5
Arsenic As	2
Selenium Se	2
Boron B	10
Fluoride F	200

現地藻の測定値表 3. 1-1 には、有害成分であるヒ素、カドミウム、水銀、ニッケル、鉛の測

定値が記載されていないので、現地藻のアグリマット中への許容添加量について現段階で評価できないが、規制金属成分の一つであるクロムの計測値は 284.5 mg / kg で表 3.1-2 の規制値 80 mg / kg の約 3.5 倍の値である。したがって、アグリマット内へのこの藻の添加量は重量比で少なくとも 1/3.5 以下にしなければならないことが分かる。

・国内産藻（南相馬藻類）の窒素、リン、カーボン含有量に対する油抽出の影響

当初の計画では、供与された現地産藻を使用した油抽出後の藻残渣による土壌の生物学的機能効果を検討する予定であったが、現地産藻が供与されなくなったため国内産藻の南相馬藻類を使用して油抽出後の藻残渣の肥料成分の残留濃度を測定し、その機能効果を検討することにした。

藻の油抽出前後の肥料成分である窒素、リンおよび炭素の測定結果を表 3.1-3 に示す。表 3.1-3 に示すように、藻類の油分を抽出すると、全窒素、利用可能なリンおよび全炭素がそれぞれ 29.24%、13.00% および 13.53% 減少することが示された。この結果は、この研究の目的の一つが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、除去し池水を浄化することである。特に今後、世界規模で希少資源となり輸入が困難となるであろうリンを自主リサイクルできることから、非常に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。

表 3.1-3 南相馬藻類の油抽出前後の肥料成分である窒素、リンの測定結果

Element	Before Extraction	After Extraction	Reduction (%)
Total Nitrogen N	74.77	52.91	29.24
Available Phosphorus P	2.92	2.54	13.00
Total Carbon C	424.08	366.75	13.52

(ii) 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、農業を行うには降水量が少なく貴重であるが、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。日本では黒い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、更なる地温の上昇を招いてさらに水分が蒸発し、かつ使用後は廃棄物となり適材ではない。

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ウッドチップをボード状に積層形成したアグリマットを開発する。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り、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で製造できることが望ましい。これらの条件に合うものを探索するためアグリマットの国内の製造技術を調査し、条件の適合等を考慮して検討、評価した。表 3.1-1 に調査、検討結果を示す。表中の

「加熱・加圧法」は、化学薬品などを添加すると農作物への悪影響が懸念されるため、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。

表 3.1-1 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	水蒸気加熱・加圧法	セメント接合法
1	ウッドチップ接合	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	○	△	○	×	○

評価:◎ 最適、○ 良、△ 可、× 不適、要試験 試験確認が必要

「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、「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。「水蒸気加熱・加圧法」は、接着剤を使用せずにウッドチップを密閉蒸気窯内で加圧、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点がある。「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。この中で、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」、「水蒸気加熱・加圧法」、「MgO 接合法」、「接着剤加熱・加圧法」であると考えられるが、「水蒸気加熱・加圧法」は製造コストの面から評価が低くなる。

本年度は、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。本製造技術に関する文献は無く、表中 No. 1～5 に関して既存の製造設備を使用してアグリマットを試作し、諸機能に関する要素試験を実施した。

アグリマットの原料となるウッドチップは、国産の小木片のパーティクルを使用した。また、藻類残渣を現段階で多量に入手することはできないので、国内で培養された油未抽出の乾燥藻類を使用した。藻類の組織を表 3.1-2 に、外観を図 3.1-1 に、パーティクルの外観を図 3.1-2 に示す。

表 3.1-2 藻類の組成

組成	割合 (%)
イカダモ類 (Desmodesmus sp.)	70
糸状藍藻類 (Cyanobacteria sp.)	20
その他	10



図 3.1-1 乾燥藻類の外観

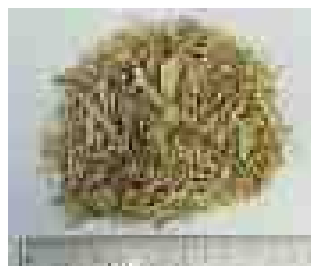


図 3.1-2 パーティクルの外観

表 3.1-3 アグリマットの製造条件

No.	項目	設定値
1	圧縮密度 (g/cm ³)	1.0
2	初期含水率 (%)	15, 20, 25
3	アオコ添加重量率 (%)	10
4	加熱温度 (°C)	180
5	加圧圧力 (MPa)	3.0
6	加熱・加圧時間 (分)	20



図 3.1-3 試作アグリマットの外観 200 x 200 mm (左：表 (重力方向上部) 右：裏)

表 3.1-3 にアグリマットの製造条件を示す。乾燥藻類の添加濃度は 10% である。試作したサイズ 200 x 200 x 10 mm のアグリマット外観写真を図 3.1-3 に示す。表側、裏側共に固着した藻類によ

【平成 28 年度実施報告書】【170531】

る緑色の領域が確認でき、乾燥藻類をアグリマット内に固着することができた。したがって、油抽出後の藻類残渣も同様にアグリマットに固着保持できる見通しを得た。

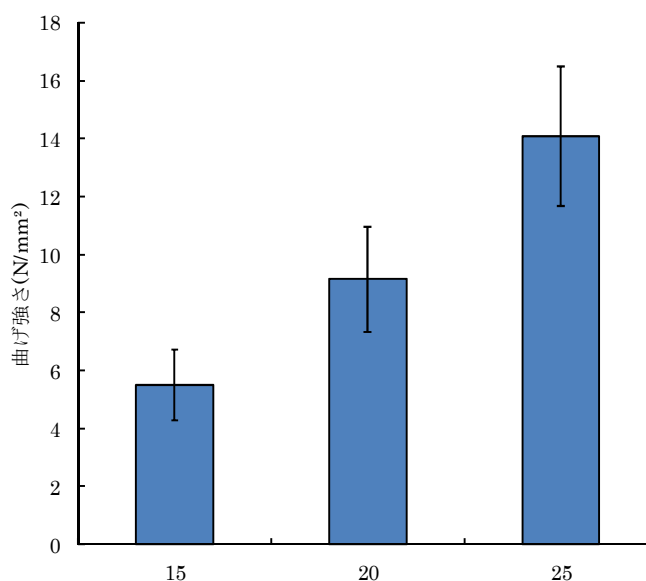


図 3.1-4 曲げ強さ

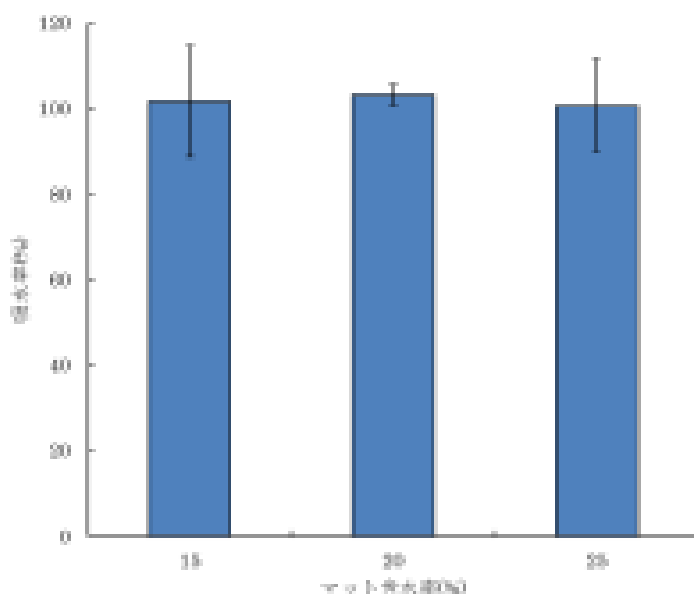


図 3.1-5 吸水率

図 3.1-4 に示すように、初期のマット含水率の増加に伴い曲げ強さは増加した。これは含水率の増加に伴いマット内部に発生する過熱蒸気発生による水熱作用でパーティクル間の接着力が向上したのが原因の一つとして考えられる。マルチング材としてのアグリマットにはあまり強度は必要とされない。自重で崩壊しないためにはどの程度の強度が必要であるかはわかっていないため、ここではパーティクルボードの JIS 規格における 8 タイプの性能である曲げ強さ 8.0 N/mm^2 以上を満たすことを最低条件とした。これより、強度は初期パーティクルの含水率が 20% 以上であれば担保できると分かった。

アグリマットの保水機能を評価するため、製造後のアグリマットの吸水率を測定した。測定結果を図 3.1-5 に示す。初期パーティクルの含水率 15、及び 20% のマットでは試験後に浸漬した水中より取り出す際に、自重により崩壊し測定できなかったマットがあったが、含水率 25% のマットで崩壊したものはなかった。

したがって、試作したアグリマットに、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かった。今後、耐水性向上化策の検討が必要である。

②研究題目 3 のカウンターパートへの技術移転の状況

アグリマットの現地で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）を現地に供与した。

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

南アフリカ現地の藻を入手できなくなった。このため、当初計画していた現地産藻の国内での化学成分分析を断念し、現地での成分分析結果を入手して有害物質の有無を確認するとした。

④研究題目 3 の研究のねらい

藻類からバイオ燃料を抽出した残渣には、窒素やリンなどの植物にとって必須栄養成分が含まれている。この栄養分を有効利用するために、農業および林業残渣でつくるマットに藻類残渣を添加したアグリマットを試作し、実証試験を行う。本アグリマットを南アフリカの半乾燥地域の耕作地に適用することで、半乾燥地域の緑化や耕作地の農業生産力向上に貢献することをねらいとする。

⑤研究題目 3 の研究実施方法

現地産の藻類や現地産のウッドチップが入手できないため、国内で培養された藻類および国産木材のパーティクルを使用し、アグリマットの製造条件を求めた。既存の小型パーティクルボード製造設備を使用して試作し、強度等の諸機能を評価した。

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：望月明 日立製作所）

（株）日立製作所（以下、日立）は、アオコ（微細藻類の一種）、石油、浮遊物質、重金属、オイルサンド等が含まれる排水の高速水処理のために、凝集磁気分離技術を開発してきた。凝集磁気分離技術とは、水中の物質をマグネタイトと一緒に凝集して、フロックを作り、そのフロックを磁気力で水中から除去する分離方式である。

凝集のメカニズムを示すと、塩化第二鉄等の凝集剤で水中の物質（表面電位が負の場合が多い）を電氣的に中和する作用をすることで、他の物質と凝集させ、数十 μm 程度のマイクロフロックを作る。この際にマグネタイトも添加され、マイクロフロックには、水中の物質、例えば、油、微細藻類等と一緒にマグネタイトが含まれる。このマグネタイトは磁石に吸着する性質を持っている。ただ、マイクロフロックの大きさは粒径で数十 μm 程度と非常に小さいので、その後、ポリアクリルアミド等の高分子凝集剤を添加して、0.1mm から 1mm 程度のフロックを作る。従来、後段でフィルタで分離していたため、フロックを大きくしていた。

なお、微細藻類の大きさは、数 μm から数十 μm 程度である。

今回、下水により育成された微細藻類を回収することに対して、凝集磁気分離技術が適用できる可能性が高い。

ただ、凝集に用いる薬等品である塩化第二鉄やマグネタイトは、他の薬品に比べ、比較的值段が高い。今回、名大の DME Extraction 法では、藻類から油抽出後の排水の中や残渣として、塩化第二鉄やマグネタイトが再利用できる可能性が高いため、DME Extraction 法との組み合わせは効果的である。

2. 研究成果（研究計画書の項番対応）

4.1.1 藻類の凝集条件の研究（資料 1 参照）

背景）

上記、背景で示したように、日立の凝集磁気分離装置において、対象物の凝集条件を明確化する必要がある。霞ヶ浦のアオコの凝集条件、アブダビの油等の凝集条件、カナダのオイルサンドの凝集条件、メキシコの油等の凝集条件は、溶解物の種類や濃度、凝集対象物の表面電位（ゼータ電位）等で大きく異なることがわかっている。

本研究では、南アフリカの藻類（*Arthrospira*, *Chlamydomonas*, *Chlorella*, *Closterium*, *Crucigenia*, *Euglena*, *Micractinium*, *Microcystis*, *Oocystis*, *Pandorina*, *Pediastrum*, *Pennate*, *Diatoms*, *Phacus*, *Pteromonas*, *quadrigula*, *Scenedesmus*, *Trachelomonas*）

について凝集条件（最適な薬剤添加量と攪拌強度）を調べる必要がある。

しかし、生物多様性条約の関係で南アの微細藻類を入手困難であるため、筑波大学が南相馬で下水を利用して育てている微細藻類を入手して凝集条件を実験的に求めた。南アによると、Dominant な微細藻類はイカダモ（*Scenedesmus*）であるとのことで、南相馬の微細藻類と同種である。

【平成 28 年度実施報告書】【170531】

研究内容)

凝集は凝集剤(塩化第二鉄)とマグネタイトによる凝集結果とこれにポリマー(ポリアクリルアミド)を加えた凝集実験結果を比較検討した。なお、塩化第二鉄を採用した理由は、環境への安全性である。凝集条件は、磁気分離後の処理水の濁度をパラメータとした。

結果)

- ① 南相馬の下水で育てた現地の微細藻類(イカダモ)について、最適な凝集条件(塩鉄濃度、ポリマー濃度、マグネタイト濃度)を実験的に解明した。
- ② ポリマーを使わなくても、微細藻類を凝集できることを確認した。
詳細は、添付資料1を参照のこと。
- ③ ビーカ実験の条件で、磁気力で保持する限界攪拌速度を実験的に解明した。

考察)

- ① 南アと同種のイカダモ(Scenedesmus)の凝集に最適な塩鉄濃度、ポリマー濃度、マグネタイト濃度が実験的に解明したことは、本イカダモと同種の藻類藻類が支配的と言われている南アの微細藻類でも凝集の可能性が高いことを示している。

ただ、南アは、イカダモ(Scenedesmus)以外でも17種類の微細藻類が存在しているため、今後は、それぞれの凝集実験を行う必要がある。

- ② ポリマーを使わない場合でも磁気分離可能であることを証明できたことは、メリットが大きい。

その理由は、微細藻類を凝集する凝集部では、以下の順序で凝集する。
まず、高速で攪拌する急速攪拌部で塩鉄とマグネタイトを添加して、微細藻類と一緒に攪拌する。次に、ポリマーを添加して低速で攪拌する緩速攪拌するという手順である。そこで、凝集の速度は、該緩速攪拌の速度が支配的であるため、ポリマーが不要となれば、凝集部の小型化が可能となるというメリットがある。また、ポリマーで作るフロックは乱流エネルギーが大きくなると、壊れやすく、日立では、ある任意の流速値に限界を設けている。

- ③ 磁石の磁気力で保持できる流体の回転数に限界があることが実験的に解明できたことは、実験装置の設計を行う際、流速の設定が重要なパラメータであることを示している。

4.1.3 藻類の回収実験装置の概念設計

開発経緯)

背景で述べたように、日立では、凝集磁気分離装置に関して、20年を超える研
【平成28年度実施報告書】【170531】

究開発を続けてきた。

開発してきた凝集磁気分離方法は、大きく分けて二つある。

① ディスク式

ネオジウム磁石を配置した複数の回転する複数の磁気ディスクの間をバラスト水が通過して、そのディスク表面の磁力でフロックを確保し、その後、フィルタードラムでさらにもれたフロックを確保する方式である。本方式は、流量を大きくすることができるというメリットがある。

② ドラム式

半分程度、水中を回転するドラムの表面にネオジウム磁石を配置して、その回転ドラムの周辺を排水が流れることで、排水中のフロックをドラムの表面で確保する。その後、ドラムは水中から空気中に回転しながら出る。そこで、スクレーパにより、確保したフロックを回収する方式である。

そこで、今回、開発を目指しているのが、低コストサイクロン方式の凝集磁気装置である。

基本設計方針)

凝集磁気分離装置の概念設計では、まず、解析的な検討をおこなう。

つまり、流体内のフロックの流れを解析する。解析では、パラメータが明確化できる。

まず、(4.3.1.1) 式で示すように、フロックに加わる磁気力を求める。

$$F_M = \frac{1}{\mu_o} \cdot \varepsilon \cdot V \cdot M \cdot \frac{\partial B}{\partial z} \quad \cdots (4.3.1.1)$$

μ_o : 真空の透磁率 ($= 4 \pi \times 10^{-7} [\text{H/m}][\text{N/A}^2]$) ($H = m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-2}$)

ε : マグネタイトのフロック中体積含有率

($=0.004$ とする。フロック含水率 90%,SS 中マグネタイト重量含有率 20%の場合)

V : フロック体積 $[\text{m}^3]$

M : マグネタイトの磁化 $[\text{T}][\text{N/Am}][\text{Wb/m}^2]$

B : 磁束密度 $[\text{Wb/m}^2][\text{T}]$

次に、フロックが、流体内で流体の流れに逆らって移動する際の流体抵抗をも求める。

$$\vec{F}_D = \frac{1}{2} \rho_w \cdot \frac{\pi D_p^2}{4} C_D \cdot |\vec{V} - \vec{u}| \cdot (\vec{V} - \vec{u}) \quad \cdots (4.3.1.2)$$

$\vec{u}$: 流体の流速ベクトル $[\text{m/s}]$

$\vec{V}$: フロックの流速ベクトル $[\text{m/s}]$

ρ_w : 流体の密度 $[\text{kg/m}^3]$

C_D : フロックの抗力係数

D_p : フロック径 $[\text{m}]$

さらに、重力の影響を考慮する。

$$\vec{F}_G = \frac{1}{2}(\rho_w - \rho_p) \cdot \frac{\pi D p^3}{6} \cdot \vec{g} \quad \cdots (4.3.1.3)$$

g : 重力加速度 (=9.8 m/s²)

ρ_p : フロック密度 [kg/m³]

以上の (4.3.1.1) 式、(4.3.1.2) 式、(4.3.1.) 式の総和は、フロックに加わる力 F_1 である。

$$\vec{F}_1 = \vec{F}_D + \vec{F}_G + \vec{F}_M \quad \cdots (4.3.1.4)$$

次に、運動方程式にするために、慣性項を考えると、(4.3.1.5) 式となる。

$$\vec{F}_1 = (\rho_p + C_D \cdot \rho_w) \cdot \frac{d}{dt} \vec{v} \quad \cdots (4.3.1.5)$$

上記、(4.3.1.4) 式と (4.3.1.5) 式より、フロックのサイクロン内の挙動を示す、運動方程式ができる。この運動方程式を解析すれば、サイクロン内の挙動を解析できる。しかし、磁気力の与え方等が工夫が必要となる。(添付資料 2) に示すように、サイクロンの一部に磁気力発生機構 (電磁石) を置く場合、プログラム上の工夫が必要である。

通常のパソコンでの Runge-Kutta 法による味見計算結果では、フロックはサイクロンの壁面に向かっていく挙動が得られた。

詳細設計を行う場合は、上記の磁気力発生機構の位置、磁力の方向や磁気力の加え方等をパラメータにして、Star=CD などの汎用流体解析ソフトで検証する必要があると考えている。

実験装置の概略設計)

実験装置の概念設計を開始した。特に、20ft コンテナを実験施設とすることを想定して、装置の大きさなどの概念図を作成した。(資料 2)

4.2.1 藻類から油抽出メカニズムの研究

経緯)

凝集磁気分離の汚泥 (フロック) の減容化を目的に DME 抽出法の開発に協力することになった。

研究成果)

微細藻類の内部にある脂質が抽出するメカニズムを解明することは、DME 抽出方法を実用化する上で大変重要である。神田助教には、DME 抽出の圧力や熱の影響について、実験的に明らかにすることを要請した結果、神田助教から報告されているが、抽出メカニズムでは、圧力の影響は少なく、熱の影響はあるとの報告があった。

そこで、有識者に相談した結果、藻類の細胞壁を水は自由に行き来しているが、藻類の内部に存在する脂質は、簡単に抽出できないとの見解を得た。

【平成 28 年度実施報告書】【170531】

さらに、藻類によっては、脂質が効率よく抽出できない可能性があるため、藻類の細胞壁を壊す機構を実験装置につけることを検討した。しかし、藻類の大きさは、数十 μm であり、高圧下（約8気圧）で藻類をすり潰すことは、非常に困難である。そこで、抽出実験装置の概念設計では、その点を考慮することとした。

4.2.2 抽出実験装置の概念設計

抽出実験装置の概念設計について、DMEの蒸発器、凝集器、熱交換器等の設計に関して、検討を重ねた。

名古屋大学の神田助教の協力を得て、DME抽出実験装置の概念設計を開始した。2015年7月9日から2017年4月17日まで装置開発の打合せを社内外で実施した。延べ35回以上の会議を行い、延べ参加した技術者の人数は131名以上、延べ時間85時間以上の打合せを行った。

最終期には、藻類の基礎的な実験が可能であることを想定して、さらに、学生実験に対応するために、安全と輸送、設置の容易さを考慮して、20ftコンテナを実験施設として考え、装置の大きさや設置、配管等を工夫した概念図を作成した。藻類を粉砕するメカニズムも検討可能な構成にした。

微細藻類は、上述のように数 μm から数十 μm と小さいため、破壊する方法として、超音波処理等が提案されているが、高圧下（約0.8MPa）であり、実用化を考えると適していない。そこで、バラスト水浄化装置で提案されていたスリットを通過する際のせん断とキャビテーションによるプランクトンの破壊を行うスペシャルパイプ法の考え方を入れた実験装置を提案した。また、スリットを交換できるようにすることで、スリットの幅や配置をパラメータに藻類の破壊性能を実験的に検討できると考えた。

また、そのスリットを通過する流速や圧力などのパラメータも振ることができるように、実験装置の概念を設計した。

さらに、蒸発器、凝集器に関しては、簡易熱計算を行い、下水温度や太陽熱で獲得できる温水温度を制御可能なシステムを提案した。

最新の提案内容は、添付資料3に記載している。

資料1)

4.1.1 藻類の凝集条件の研究

4.1.1.1 目的

下水を利用して育成した藻類を凝集磁気分離装置で回収 (Harvesting) するために、藻類 1000ppm (乾燥重量換算) の模擬原水に対し各パラメーターの最適条件を確認することを目的に凝集のジャーテストを実施した。なお、実験対象の藻類の選定理由は、南アの情報からで、南アの Dominant な藻類はイカダモ (Scenedesmus) で南相馬の藻類と同種であり、その藻類の濃度は 1000ppm であることから、イカダモの濃度 1000ppm で凝集実験を行った。さらに、薬剤等の選定理由は、塩化第二鉄 (以下、塩鉄)、ポリアクリルアミド (以下、ポリマー) は、環境にやさしい理由から、マグネタイトは、自然界に存在する黒錆と同じであるため、同じく、安全である理由からである。

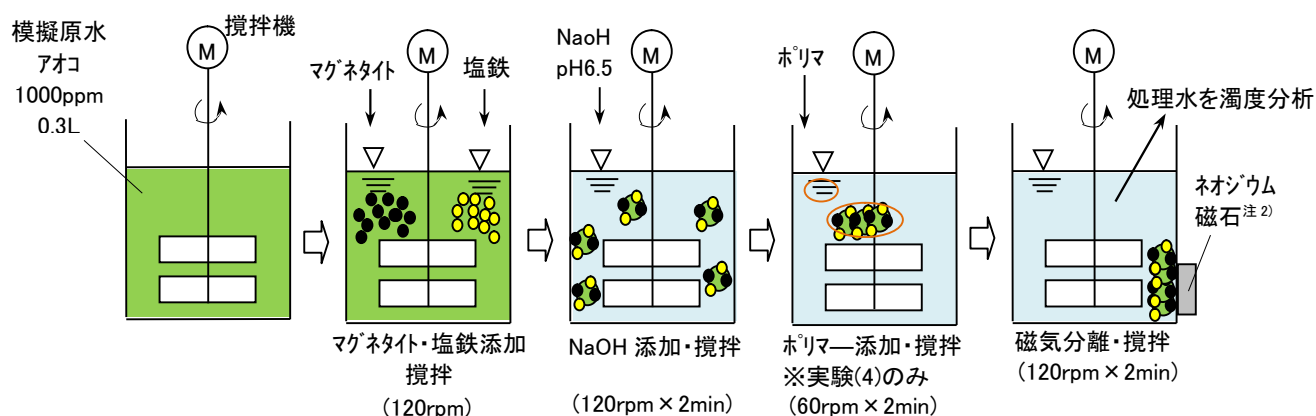
4.1.1.2 実験方法

模擬原水は乾燥藻類 2g を 2L の純水に溶かし 1000ppm に調整した。処理水の性能評価は濁度 (単位: NTU) とした。検討項目として、(1) 塩鉄最適濃度確認、(2) マグネタイト最適濃度確認、(3) 磁気分離最適撹拌回転数確認、(4) ポリマー添加による塩化第二鉄との比較の 4 種のジャーテストを実施した。なお、実験に用いた凝集の撹拌速度、撹拌時間は、実際に実用化しているシステムで適用している数値を用いている

表 1 に実験条件、図 1 にジャーテストフローを示す。

表 1. 実験条件

実験内容		条件 ^{注1)}
(1)	塩鉄最適濃度確認	塩化第二鉄 (as Fe) 10 ~ 200 (mg/L)
(2)	マグネタイト最適濃度確認	マグネタイト 25 ~ 300 (mg/L)
(3)	磁気分離最適撹拌回転数確認	磁気分離撹拌回転数 40 ~ 120 (rpm)
(4)	ポリマー添加による塩鉄との比較	(1) ~ (3) 結果による最適条件にポリマー 1 (mg/L) 添加



注 1) 過去に実施した随伴水処理における凝集磁気分離実験の条件をベースとした

注 2) ネオジウム磁石 : ビーカー外壁に設置

処理水は、磁気分離 2min 経過後、同回転数で撹拌しながらビペットで吸引採取

図 1. ジャーテストフロー

4.1.1.3 実験結果

以下に各実験結果を示す。また、写真 1 に凝集磁気分離の写真を示す。

(1) 塩鉄の最適濃度確認実験

過去の実験の経験から、表 2 に実験結果を示す。最適条件は RUN1-4 の塩鉄 50(mg/L) で、濁度が 9.7(NTU) となった。

表 2. 塩鉄最適濃度確認実験結果

RUN	条件	塩鉄濃度	マグネタイト濃度	攪拌速度 (凝集)	攪拌時間 (凝集)	攪拌速度 (磁気分離)	攪拌時間 (磁気分離)	濁度
		(mg-Fe/L)	(mg/L)	(rpm)	(min)	(rpm)	(min)	(NTU)
—	原水	—	—	—	—	—	—	784
1-1	塩鉄0 マグ300	0	300	120	2.0	120	2.0	101
1-2	塩鉄10 マグ300	10	300	120	2.0	120	2.0	70.5
1-3	塩鉄25 マグ300	25	300	120	2.0	120	2.0	10.1
1-4	塩鉄50 マグ300	50	300	120	2.0	120	2.0	9.7
1-5	塩鉄100 マグ300	100	300	120	2.0	120	2.0	12.4
1-6	塩鉄200 マグ300	200	300	120	2.0	120	2.0	65.1

以上の結果から、塩鉄の濃度が少ない場合は、凝集できない藻類が原因で濁度が上がり、塩鉄の濃度が多い場合は、塩鉄自身が濁度を高めていると推測できる。

(2) マグネタイト最適濃度確認実験

表 3 に実験結果を示す。最適条件は RUN1-5 のマグネタイト 200(mg/L) で、濁度が 6.8(NTU) となった。

表 3. マグネタイト最適濃度確認実験結果

RUN	条件	塩鉄濃度	マグネタイト濃度	攪拌速度 (凝集)	攪拌時間 (凝集)	攪拌速度 (磁気分離)	攪拌時間 (磁気分離)	濁度
		(mg-Fe/L)	(mg/L)	(rpm)	(min)	(rpm)	(min)	(NTU)
—	原水	—	—	—	—	—	—	784
1-1	塩鉄50 マグ25	50	0	120	2.0	120	2.0	710
1-2	塩鉄50 マグ25	50	25	120	2.0	120	2.0	734
1-3	塩鉄50 マグ50	50	50	120	2.0	120	2.0	296
1-4	塩鉄50 マグ100	50	100	120	2.0	120	2.0	124
1-5	塩鉄50 マグ200	50	200	120	2.0	120	2.0	6.8
1-6	塩鉄50 マグ300	50	300	120	2.0	120	2.0	9.7

以上の結果より、塩鉄の濃度 50ppm に対して、マグネタイトの濃度が少ない場合は、マグネタイトの含まれないフロックができ、該フロックは磁石に吸着されないため、濁度が高くなっていると推測される。また、マグネタイトの濃度が多い場合は、マグネタイトが磁気力と流体抵抗がつり合い、磁石に吸着されていない、つまり、磁気分離できていないと推測される。

(3) 磁気分離最適攪拌回転数確認実験

表 4 に実験結果を示す。最適条件は RUN1-2 の攪拌速度 60 (rpm) で、濁度が 2.0 (NTU) となった。

表 4. 磁気分離最適攪拌回転数確認実験結果

RUN	条件	塩鉄濃度	マグネタイト濃度	攪拌速度 (凝集)	攪拌時間 (凝集)	攪拌速度 (磁気分離)	攪拌時間 (磁気分離)	濁度
		(mg-Fe/L)	(mg/L)	(rpm)	(min)	(rpm)	(min)	(NTU)
—	原水	—	—	—	—	—	—	710
1-1	塩鉄50 マグ200	50	200	120	2.0	40	2.0	2.8
1-2	塩鉄50 マグ200	50	200	120	2.0	60	2.0	2.0
1-3	塩鉄50 マグ200	50	200	120	2.0	80	2.0	3.7
1-4	塩鉄50 マグ200	50	200	120	2.0	100	2.0	5.0
1-5	塩鉄50 マグ200	50	200	120	2.0	120	2.0	9.8

以上の結果より、磁気分離により、ビーカの壁面についたフロックが攪拌速度が高くなると、その流速で磁気分離状態を維持できないと推測される。

(4) ポリマー添加による塩鉄処理との比較実験

表5に実験結果を示す。最適条件は RUN1-2 のポリマー添加 1 (mg/L) で、濁度が 1 (NTU) 以下となった。

表5. ポリマー添加による塩鉄処理との比較実験結果

RUN	条件	塩鉄濃度	マグネタイト濃度	攪拌速度 (凝集)	攪拌時間 (凝集)	攪拌速度 (磁気分離)	攪拌時間 (磁気分離)	ポリマー濃度	濁度
		(mg-Fe/L)	(mg/L)	(rpm)	(min)	(rpm)	(min)	(mg/L)	(NTU)
1-1	塩鉄50 マグ200	50	200	120	2.0	60	2.0	—	2.3
1-2	塩鉄50 マグ200 ポリマー1	50	200	120	2.0	60	2.0	1.0	<1

以上の結果より、高分子凝集剤のポリマーがある場合の方が、凝集磁気分離性能が高い。

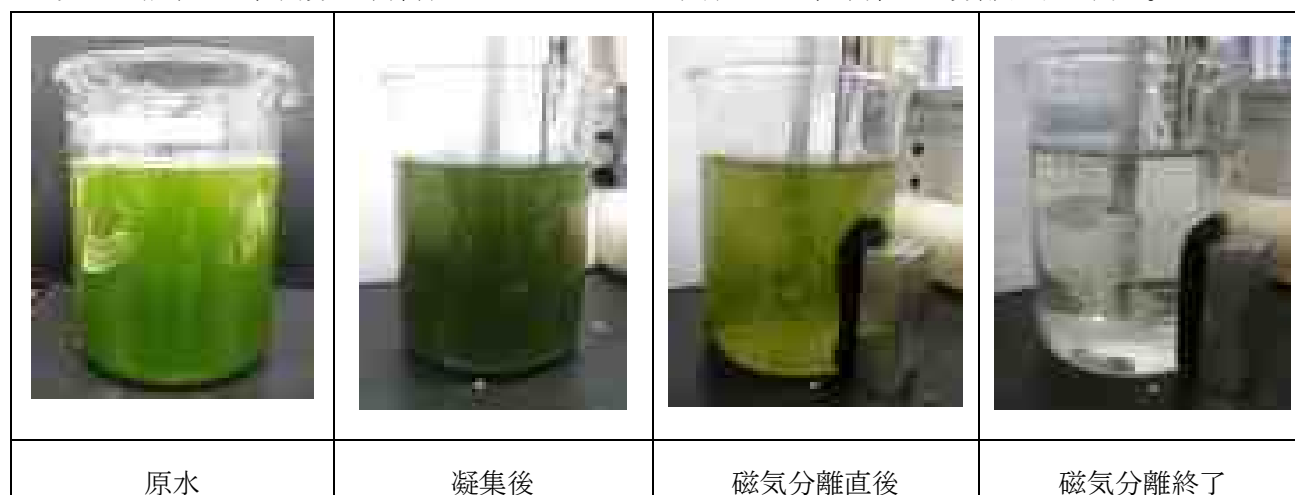


写真1 凝集磁気分離写真

4.1.1.5 まとめ

実験結果より、藻類 1000ppm 原水に対する凝集磁気分離の最適な処理条件は以下の通りとなり、その時の濁度は 1 (NTU) 以下となった。

塩鉄濃度(mg/L-as Fe)	50
マグネタイト濃度(mg/L)	200
磁気分離時攪拌速度(rpm)	60
ポリマー濃度(mg/L)	1

本実験結果を凝集磁気分離装置の実験装置 (Test Equipment) の凝集部の設計に適用する予定である。

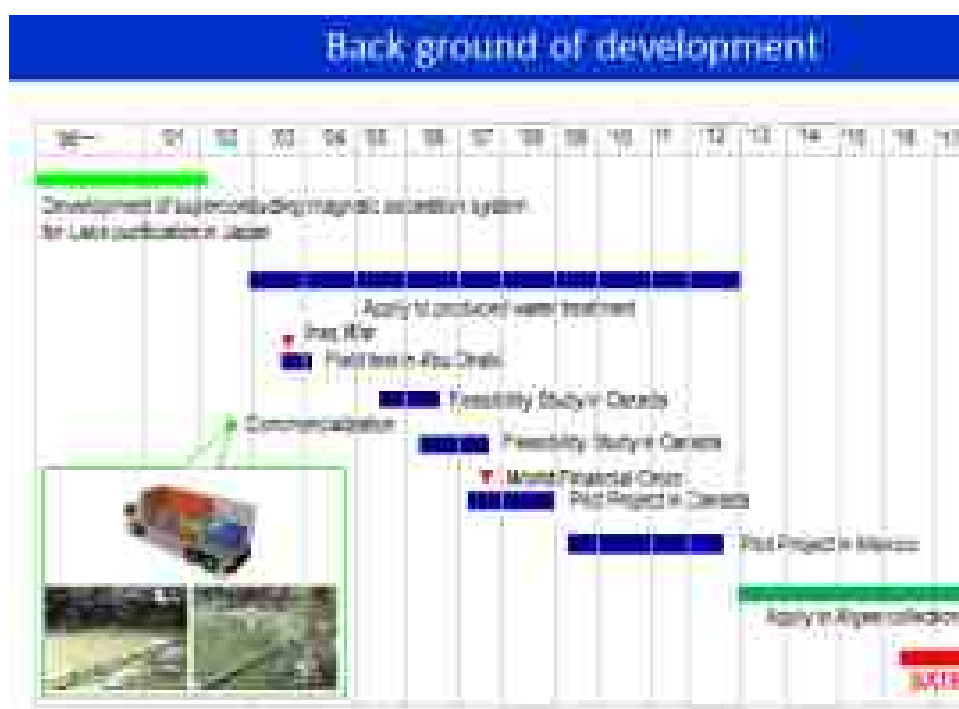
【平成 28 年度実施報告書】【170531】



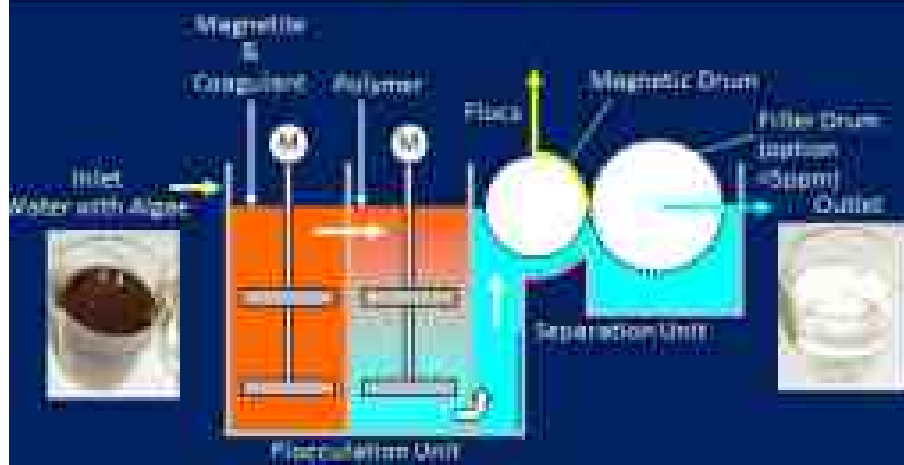
平成28年度 成果報告書

(4.1.3) 藻類の回収実験装置の概念設計 (資料2)

Hitachi, Ltd.
Atsuo Mochimaru, Ph.D.



System Flow



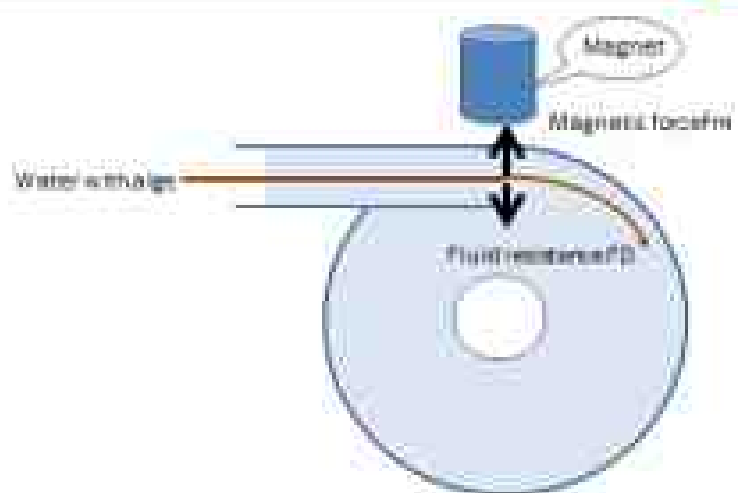
Features

1. High Speed (< 5sec)
2. High Efficiency (< 10ppm)
3. Compact
4. Removal of Heavy Metals
5. Easy to operate

Comparison (between conventional and our system)



HITACHI
Inspire the Next



© Hitachi Plant Technologies, Ltd. 2011. All rights reserved.

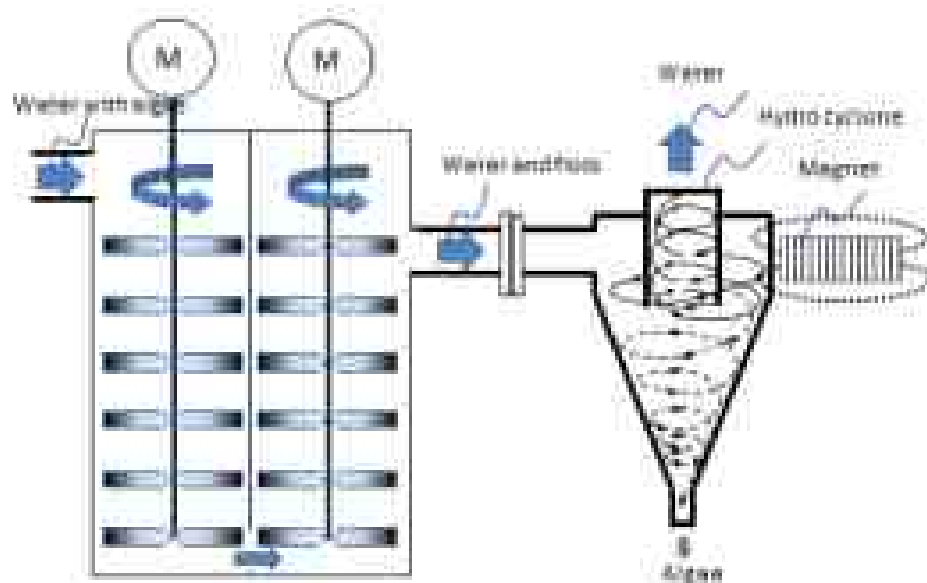
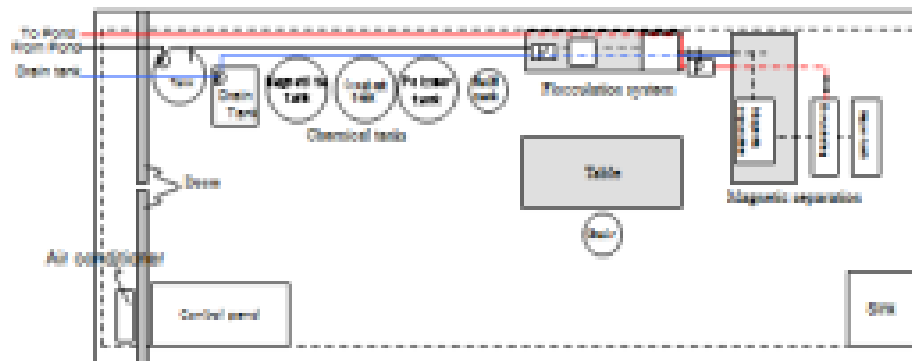


図1 Magnetic hydro cyclone

Draft Design of test equipment of harvesting for South Africa



20ft Container Layout of test equipment of magnetic hydro cyclone

Basic Experiments

HITACHI
Inspire the Next

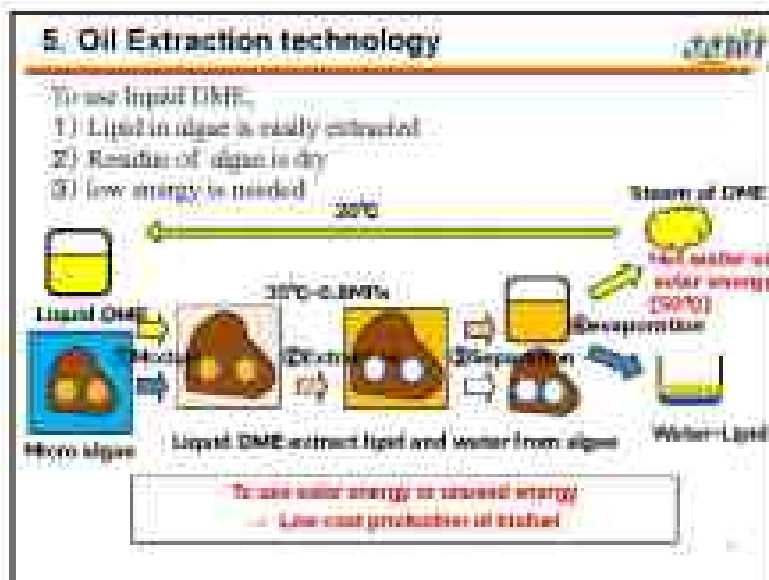
1) Coagulation test of Japanese algal

Coagulant and magnetite : Successful
+ polymer : Successful

→ Polymer might be not need, so low cost harvest.

2) Flow flow observation test

The test will be conducted from end of February to early March.



**乾燥藻処理速度125g/h
の時の熱交換**

非公開スライドを1枚除いた。

[illegible]

陽極の放電重量	x	1
陽極の割合	0.28	10%
陽極の放電重量	10%	本分(100%)
アノードの重量	10%	マグネサイト(本分)20%
10%陽極の放電重量	10%	以上、20%以上

0.001 0.002 0.003 0.004 0.005 0.006 0.007 0.008 0.009 0.010 0.011 0.012 0.013 0.014 0.015 0.016 0.017 0.018 0.019 0.020 0.021 0.022 0.023 0.024 0.025 0.026 0.027 0.028 0.029 0.030 0.031 0.032 0.033 0.034 0.035 0.036 0.037 0.038 0.039 0.040 0.041 0.042 0.043 0.044 0.045 0.046 0.047 0.048 0.049 0.050 0.051 0.052 0.053 0.054 0.055 0.056 0.057 0.058 0.059 0.060 0.061 0.062 0.063 0.064 0.065 0.066 0.067 0.068 0.069 0.070 0.071 0.072 0.073 0.074 0.075 0.076 0.077 0.078 0.079 0.080 0.081 0.082 0.083 0.084 0.085 0.086 0.087 0.088 0.089 0.090 0.091 0.092 0.093 0.094 0.095 0.096 0.097 0.098 0.099 0.100 0.101 0.102 0.103 0.104 0.105 0.106 0.107 0.108 0.109 0.110 0.111 0.112 0.113 0.114 0.115 0.116 0.117 0.118 0.119 0.120 0.121 0.122 0.123 0.124 0.125 0.126 0.127 0.128 0.129 0.130 0.131 0.132 0.133 0.134 0.135 0.136 0.137 0.138 0.139 0.140 0.141 0.142 0.143 0.144 0.145 0.146 0.147 0.148 0.149 0.150 0.151 0.152 0.153 0.154 0.155 0.156 0.157 0.158 0.159 0.160 0.161 0.162 0.163 0.164 0.165 0.166 0.167 0.168 0.169 0.170 0.171 0.172 0.173 0.174 0.175 0.176 0.177 0.178 0.179 0.180 0.181 0.182 0.183 0.184 0.185 0.186 0.187 0.188 0.189 0.190 0.191 0.192 0.193 0.194 0.195 0.196 0.197 0.198 0.199 0.200 0.201 0.202 0.203 0.204 0.205 0.206 0.207 0.208 0.209 0.210 0.211 0.212 0.213 0.214 0.215 0.216 0.217 0.218 0.219 0.220 0.221 0.222 0.223 0.224 0.225 0.226 0.227 0.228 0.229 0.230 0.231 0.232 0.233 0.234 0.235 0.236 0.237 0.238 0.239 0.240 0.241 0.242 0.243 0.244 0.245 0.246 0.247 0.248 0.249 0.250 0.251 0.252 0.253 0.254 0.255 0.256 0.257 0.258 0.259 0.260 0.261 0.262 0.263 0.264 0.265 0.266 0.267 0.268 0.269 0.270 0.271 0.272 0.273 0.274 0.275 0.276 0.277 0.278 0.279 0.280 0.281 0.282 0.283 0.284 0.285 0.286 0.287 0.288 0.289 0.290 0.291 0.292 0.293 0.294 0.295 0.296 0.297 0.298 0.299 0.300 0.301 0.302 0.303 0.304 0.305 0.306 0.307 0.308 0.309 0.310 0.311 0.312 0.313 0.314 0.315 0.316 0.317 0.318 0.319 0.320 0.321 0.322 0.323 0.324 0.325 0.326 0.327 0.328 0.329 0.330 0.331 0.332 0.333 0.334 0.335 0.336 0.337 0.338 0.339 0.340 0.341 0.342 0.343 0.344 0.345 0.346 0.347 0.348 0.349 0.350 0.351 0.352 0.353 0.354 0.355 0.356 0.357 0.358 0.359 0.360 0.361 0.362 0.363 0.364 0.365 0.366 0.367 0.368 0.369 0.370 0.371 0.372 0.373 0.374 0.375 0.376 0.377 0.378 0.379 0.380 0.381 0.382 0.383 0.384 0.385 0.386 0.387 0.388 0.389 0.390 0.391 0.392 0.393 0.394 0.395 0.396 0.397 0.398 0.399 0.400 0.401 0.402 0.403 0.404 0.405 0.406 0.407 0.408 0.409 0.410 0.411 0.412 0.413 0.414 0.415 0.416 0.417 0.418 0.419 0.420 0.421 0.422 0.423 0.424 0.425 0.426 0.427 0.428 0.429 0.430 0.431 0.432 0.433 0.434 0.435 0.436 0.437 0.438 0.439 0.440 0.441 0.442 0.443 0.444 0.445 0.446 0.447 0.448 0.449 0.450 0.451 0.452 0.453 0.454 0.455 0.456 0.457 0.458 0.459 0.460 0.461 0.462 0.463 0.464 0.465 0.466 0.467 0.468 0.469 0.470 0.471 0.472 0.473 0.474 0.475 0.476 0.477 0.478 0.479 0.480 0.481 0.482 0.483 0.484 0.485 0.486 0.487 0.488 0.489 0.490 0.491 0.492 0.493 0.494 0.495 0.496 0.497 0.498 0.499 0.500 0.501 0.502 0.503 0.504 0.505 0.506 0.507 0.508 0.509 0.510 0.511 0.512 0.513 0.514 0.515 0.516 0.517 0.518 0.519 0.520 0.521 0.522 0.523 0.524 0.525 0.526 0.527 0.528 0.529 0.530 0.531 0.532 0.533 0.534 0.535 0.536 0.537 0.538 0.539 0.540 0.541 0.542 0.543 0.544 0.545 0.546 0.547 0.548 0.549 0.550 0.551 0.552 0.553 0.554 0.555 0.556 0.557 0.558 0.559 0.560 0.561 0.562 0.563 0.564 0.565 0.566 0.567 0.568 0.569 0.570 0.571 0.572 0.573 0.574 0.575 0.576 0.577 0.578 0.579 0.580 0.581 0.582 0.583 0.584 0.585 0.586 0.587 0.588 0.589 0.590 0.591 0.592 0.593 0.594 0.595 0.596 0.597 0.598 0.599 0.600 0.601 0.602 0.603 0.604 0.605 0.606 0.607 0.608 0.609 0.610 0.611 0.612 0.613 0.614 0.615 0.616 0.617 0.618 0.619 0.620 0.621 0.622 0.623 0.624 0.625 0.626 0.627 0.628 0.629 0.630 0.631 0.632 0.633 0.634 0.635 0.636 0.637 0.638 0.639 0.640 0.641 0.642 0.643 0.644 0.645 0.646 0.647 0.648 0.649 0.650 0.651 0.652 0.653 0.654 0.655 0.656 0.657 0.658 0.659 0.660 0.661 0.662 0.663 0.664 0.665 0.666 0.667 0.668 0.669 0.670 0.671 0.672 0.673 0.674 0.675 0.676 0.677 0.678 0.679 0.680 0.681 0.682 0.

例 1 已知 $\log_2 a = 1$, $\log_2 b = 2$, 求 $\log_2 \frac{a}{b}$ 的值.

100

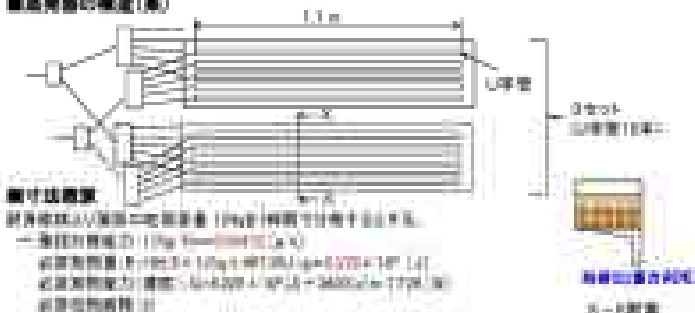
YATIRIM MENKUL DEĞERLER A.Ş.
YATIRIM MENKUL DEĞERLER A.Ş.

Abstract

② 果食部で約90%の果糖は、連続反復とすと、果食部で十分果糖量までから水と糖類(果糖)に轉ず。

ポンプサイクルでのOME蒸発器の概要

RESEARCH DESIGN



2010年12月10日 星期五

— 1998 —

© 2000 Blackwell Science Ltd *Journal of Internal Medicine* 247: 391–397

[illegible]

1000

1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023, 2024, 2025, 2026, 2027, 2028, 2029, 2030, 2031, 2032, 2033, 2034, 2035, 2036, 2037, 2038, 2039, 2040, 2041, 2042, 2043, 2044, 2045, 2046, 2047, 2048, 2049, 2050, 2051, 2052, 2053, 2054, 2055, 2056, 2057, 2058, 2059, 2060, 2061, 2062, 2063, 2064, 2065, 2066, 2067, 2068, 2069, 2070, 2071, 2072, 2073, 2074, 2075, 2076, 2077, 2078, 2079, 2080, 2081, 2082, 2083, 2084, 2085, 2086, 2087, 2088, 2089, 2090, 2091, 2092, 2093, 2094, 2095, 2096, 2097, 2098, 2099, 2100, 2101, 2102, 2103, 2104, 2105, 2106, 2107, 2108, 2109, 2110, 2111, 2112, 2113, 2114, 2115, 2116, 2117, 2118, 2119, 2120, 2121, 2122, 2123, 2124, 2125, 2126, 2127, 2128, 2129, 2130, 2131, 2132, 2133, 2134, 2135, 2136, 2137, 2138, 2139, 2140, 2141, 2142, 2143, 2144, 2145, 2146, 2147, 2148, 2149, 2150, 2151, 2152, 2153, 2154, 2155, 2156, 2157, 2158, 2159, 2160, 2161, 2162, 2163, 2164, 2165, 2166, 2167, 2168, 2169, 2170, 2171, 2172, 2173, 2174, 2175, 2176, 2177, 2178, 2179, 2180, 2181, 2182, 2183, 2184, 2185, 2186, 2187, 2188, 2189, 2190, 2191, 2192, 2193, 2194, 2195, 2196, 2197, 2198, 2199, 2200, 2201, 2202, 2203, 2204, 2205, 2206, 2207, 2208, 2209, 2210, 2211, 2212, 2213, 2214, 2215, 2216, 2217, 2218, 2219, 2220, 2221, 2222, 2223, 2224, 2225, 2226, 2227, 2228, 2229, 2230, 2231, 2232, 2233, 2234, 2235, 2236, 2237, 2238, 2239, 2240, 2241, 2242, 2243, 2244, 2245, 2246, 2247, 2248, 2249, 2250, 2251, 2252, 2253, 2254, 2255, 2256, 2257, 2258, 2259, 2260, 2261, 2262, 2263, 2264, 2265, 2266, 2267, 2268, 2269, 2270, 2271, 2272, 2273, 2274, 2275, 2276, 2277, 2278, 2279, 2280, 2281, 2282, 2283, 2284, 2285, 2286, 2287, 2288, 2289, 2290, 2291, 2292, 2293, 2294, 2295, 2296, 2297, 2298, 2299, 2300, 2301, 2302, 2303, 2304, 2305, 2306, 2307, 2308, 2309, 2310, 2311, 2312, 2313, 2314, 2315, 2316, 2317, 2318, 2319, 2320, 2321, 2322, 2323, 2324, 2325, 2326, 2327, 2328, 2329, 2330, 2331, 2332, 2333, 2334, 2335, 2336, 2337, 2338, 2339, 2340, 2341, 2342, 2343, 2344, 2345, 2346, 2347, 2348, 2349, 2350, 2351, 2352, 2353, 2354, 2355, 2356, 2357, 2358, 2359, 2360, 2361, 2362, 2363, 2364, 2365, 2366, 2367, 2368, 2369, 2370, 2371, 2372, 2373, 2374, 2375, 2376, 2377, 2378, 2379, 2380, 2381, 2382, 2383, 2384, 2385, 2386, 2387, 2388, 2389, 2390, 2391, 2392, 2393, 2394, 2395, 2396, 2397, 2398, 2399, 2400, 2401, 2402, 2403, 2404, 2405, 2406, 2407, 2408, 2409, 2410, 2411, 2412, 2413, 2414, 2415, 2416, 2417, 2418, 2419, 2420, 2421, 2422, 2423, 2424, 2425, 2426, 2427, 2428, 2429, 2430, 2431, 2432, 2433, 2434, 2435, 2436, 2437, 2438, 2439, 2440, 2441, 2442, 2443, 2444, 2445, 2446, 2447, 2448, 2449, 2450, 2451, 2452, 2453, 2454, 2455, 2456, 2457, 2458, 2459, 2460, 2461, 2462, 2463, 2464, 2465, 2466, 2467, 2468, 2469, 2470, 2471, 2472, 2473, 2474, 2475, 2476, 2477, 2478, 2479, 2480, 2481, 2482, 2483, 2484, 2485, 2486, 2487, 2488, 2489, 2490, 2491, 2492, 2493, 2494, 2495, 2496, 2497, 2498, 2499, 2500, 2501, 2502, 2503, 2504, 2505, 2506, 2507, 2508, 2509, 2510, 2511, 2512, 2513, 2514, 2515, 2516, 2517, 2518, 2519, 2520, 2521, 2522, 2523, 2524, 2525, 2526, 2527, 2528, 2529, 2530, 2531, 2532, 2533, 2534, 2535, 2536, 2537, 2538, 2539, 2540, 2541, 2542, 2543, 2544, 2545, 2546, 2547, 2548, 2549, 2550, 2551, 2552, 2553, 2554, 2555, 2556, 2557, 2558, 2559, 2560, 2561, 2562, 2563, 2564, 2565, 2566, 2567, 2568, 2569, 2570, 2571, 2572, 2573, 2574, 2575, 2576, 2577, 2578, 2579, 2580, 2581, 2582, 2583, 2584, 2585, 2586, 2587, 2588, 2589, 2590, 2591, 2592, 2593, 2594, 2595, 2596, 2597, 2598, 2599, 2600, 2601, 2602, 2603, 2604, 2605, 2606, 2607, 2608, 2609, 2610, 2611, 2612, 2613, 2614, 2615, 2616, 2617, 2618, 2619, 2620, 2621, 2622, 2623, 2624, 2625, 2626, 2627, 2628, 2629, 2630, 2631, 2632, 2633, 2634, 2635, 2636, 2637, 2638, 2639, 2640, 2641, 2642, 2643, 2644, 2645, 2646, 2647, 2648, 2649, 2650, 2651, 2652, 2653, 2654, 2655, 2656, 2657, 2658, 2659, 2660, 2661, 2662, 2663, 2664, 2665, 2666, 2667, 2668, 2669, 2670, 2671, 2672, 2673, 2674, 2675, 2676, 2677, 2678, 2679, 26

● 2019年12月10日，中国银保监会发布《关于规范商业银行互联网贷款业务的通知》，规定互联网贷款业务应当坚持小额、分散的原则，提高资产分散度，不得将互联网贷款资金用于投资、融资、还本付息、发放贷款等用途，不得将互联网贷款资金用于其他用途。

Downloaded from <http://ajphaphapublications.sagepub.com/> at 11:01 11 November 2014

doi:10.1017/S0022292412001909

Copyright © 2010 John Wiley & Sons, Ltd.

ポンプサイクルでのDME蒸発量の概算

蒸発機部の構造(概)

- ・2列並列のプレート熱交換器を駆動する
- ・蒸気側と冷却水を配管する
- (注: 1列は蒸気側、1列は冷却水側)



プレート熱交換器構造(概略図)

概算式例

必要蒸気量: $Q_{\text{必要}} = (Q_{\text{加熱}} + Q_{\text{冷却}}) / (h_{\text{蒸気}} - h_{\text{凝縮}}) = 1000 \times 10^3 \text{ J}$
 (単位: J/s) (注: 1000 J/s = 1 kW)
 必要冷却水量: $Q_{\text{必要}} = (Q_{\text{加熱}} + Q_{\text{冷却}}) / (T_{\text{冷却水}} - T_{\text{冷却水}}) = 1000 \times 10^3 \text{ J}$ (単位: J/s) (注: 1000 J/s = 1 kW)
 必要冷却水量:
 $Q_{\text{必要}} = 1000 \text{ J/s}$
 冷却水流量: $Q_{\text{必要}} = 1000 \text{ J/s}$ (単位: J/s) (注: 1000 J/s = 1 kW)
 $Q_{\text{必要}} = 1000 \text{ J/s}$ (単位: J/s) (注: 1000 J/s = 1 kW)
 プレート熱交換器は、必要蒸気量(冷却水側)と必要冷却水量(蒸気側)を比較して、以下の値を算出する。

・ $Q_{\text{必要}} = 1000 \text{ J/s}$ (単位: J/s) (注: 1000 J/s = 1 kW) である。

(資料) 日販製作所製 プレート熱交換器

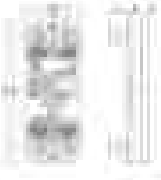


図1: プレート熱交換器の構造図

仕様書

1. 型式: PHE-1000

2. 材質: SUS304

3. 構造: プレート型

4. 用途: 冷却・加熱

5. 仕様: 1000 J/s

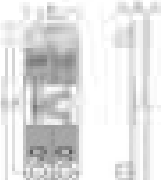


図2: プレート熱交換器の構造図

仕様書

1. 型式: PHE-1000

2. 材質: SUS304

3. 構造: プレート型

4. 用途: 冷却・加熱

5. 仕様: 1000 J/s

DME蒸発器の特性

■DME蒸発器の熱伝達特性

熱伝達係数、 $U=100 \text{ W/m}^2\text{K}$ 、 $U=0.22 \text{ kcal/m}^2\text{K}$ 、 $U=0.00022 \text{ kW/m}^2\text{K}$

熱伝達面積、 $A=0.0001 \text{ m}^2$

温度差、 $\Delta T=10^\circ\text{C}$ 、 $\Delta T=18^\circ\text{F}$ 、 $\Delta T=1 \text{ K}$

伝熱量、 $Q=100 \text{ W}$ 、 $Q=2.2 \text{ kcal}$ 、 $Q=0.22 \text{ kW}$ 、 $Q=0.22 \text{ kW}$

■DME蒸発器の蒸気発生特性

※次の特性値は20℃時です。

蒸気圧、 $P_{\text{sat}}=0.023 \text{ MPa}$ 、蒸気密度、 $\rho_{\text{sat}}=0.00023 \text{ kg/m}^3$ 、蒸気伝達係数、 $h_{\text{sat}}=100 \text{ W/m}^2\text{K}$ 、 $h_{\text{sat}}=0.22 \text{ kcal/m}^2\text{K}$

伝熱量、 $Q=100 \text{ W}$

蒸気発生量、 $\dot{m}=\frac{Q}{h_{\text{sat}}}=100 \text{ W} / 100 \text{ W/m}^2\text{K} = 1 \text{ kg/m}^2\text{K}$

蒸気発生量、 $\dot{m}=\frac{Q}{h_{\text{sat}}}=100 \text{ W} / 100 \text{ W/m}^2\text{K} = 1 \text{ kg/m}^2\text{K}$

蒸気発生量、 $\dot{m}=\frac{Q}{h_{\text{sat}}}=100 \text{ W} / 100 \text{ W/m}^2\text{K} = 1 \text{ kg/m}^2\text{K}$

蒸気発生量、 $\dot{m}=\frac{Q}{h_{\text{sat}}}=100 \text{ W} / 100 \text{ W/m}^2\text{K} = 1 \text{ kg/m}^2\text{K}$

蒸気発生量、 $\dot{m}=\frac{Q}{h_{\text{sat}}}=100 \text{ W} / 100 \text{ W/m}^2\text{K} = 1 \text{ kg/m}^2\text{K}$

蒸気発生量、 $\dot{m}=\frac{Q}{h_{\text{sat}}}=100 \text{ W} / 100 \text{ W/m}^2\text{K} = 1 \text{ kg/m}^2\text{K}$

蒸気発生量、 $\dot{m}=\frac{Q}{h_{\text{sat}}}=100 \text{ W} / 100 \text{ W/m}^2\text{K} = 1 \text{ kg/m}^2\text{K}$

蒸気発生量、 $\dot{m}=\frac{Q}{h_{\text{sat}}}=100 \text{ W} / 100 \text{ W/m}^2\text{K} = 1 \text{ kg/m}^2\text{K}$

蒸気発生量、 $\dot{m}=\frac{Q}{h_{\text{sat}}}=100 \text{ W} / 100 \text{ W/m}^2\text{K} = 1 \text{ kg/m}^2\text{K}$

蒸気発生量、 $\dot{m}=\frac{Q}{h_{\text{sat}}}=100 \text{ W} / 100 \text{ W/m}^2\text{K} = 1 \text{ kg/m}^2\text{K}$

蒸気発生量、 $\dot{m}=\frac{Q}{h_{\text{sat}}}=100 \text{ W} / 100 \text{ W/m}^2\text{K} = 1 \text{ kg/m}^2\text{K}$

蒸気発生量、 $\dot{m}=\frac{Q}{h_{\text{sat}}}=100 \text{ W} / 100 \text{ W/m}^2\text{K} = 1 \text{ kg/m}^2\text{K}$

蒸気発生量、 $\dot{m}=\frac{Q}{h_{\text{sat}}}=100 \text{ W} / 100 \text{ W/m}^2\text{K} = 1 \text{ kg/m}^2\text{K}$

蒸気発生量、 $\dot{m}=\frac{Q}{h_{\text{sat}}}=100 \text{ W} / 100 \text{ W/m}^2\text{K} = 1 \text{ kg/m}^2\text{K}$

DME蒸発器用ポンプ（温水循環）

■ポンプの仕様

ポンプの最大流量は1000 L/min、 $Q=1000 \text{ L/min}$

ポンプの最大圧力は10 MPa、 $P=10 \text{ MPa}$

ポンプの最大電力は100 W、 $P=100 \text{ W}$

ポンプの最大流量は1000 L/min、 $Q=1000 \text{ L/min}$

ポンプの最大圧力は10 MPa、 $P=10 \text{ MPa}$

ポンプの最大電力は100 W、 $P=100 \text{ W}$

ポンプの最大流量は1000 L/min、 $Q=1000 \text{ L/min}$

ポンプの最大圧力は10 MPa、 $P=10 \text{ MPa}$

ポンプの最大電力は100 W、 $P=100 \text{ W}$

ポンプの最大流量は1000 L/min、 $Q=1000 \text{ L/min}$

ポンプの最大圧力は10 MPa、 $P=10 \text{ MPa}$

ポンプの最大電力は100 W、 $P=100 \text{ W}$

ポンプの最大流量は1000 L/min、 $Q=1000 \text{ L/min}$

ポンプの最大圧力は10 MPa、 $P=10 \text{ MPa}$

ポンプの最大電力は100 W、 $P=100 \text{ W}$

ポンプの最大流量は1000 L/min、 $Q=1000 \text{ L/min}$

ポンプの最大圧力は10 MPa、 $P=10 \text{ MPa}$

ポンプの最大電力は100 W、 $P=100 \text{ W}$

ポンプの最大流量は1000 L/min、 $Q=1000 \text{ L/min}$

ポンプの最大圧力は10 MPa、 $P=10 \text{ MPa}$

ポンプの最大電力は100 W、 $P=100 \text{ W}$

ポンプの最大流量は1000 L/min、 $Q=1000 \text{ L/min}$

ポンプの最大圧力は10 MPa、 $P=10 \text{ MPa}$

ポンプの最大電力は100 W、 $P=100 \text{ W}$

ポンプの最大流量は1000 L/min、 $Q=1000 \text{ L/min}$

ポンプの最大圧力は10 MPa、 $P=10 \text{ MPa}$

ポンプの最大電力は100 W、 $P=100 \text{ W}$

ポンプの最大流量は1000 L/min、 $Q=1000 \text{ L/min}$

ポンプの最大圧力は10 MPa、 $P=10 \text{ MPa}$

ポンプの最大電力は100 W、 $P=100 \text{ W}$

ポンプの最大流量は1000 L/min、 $Q=1000 \text{ L/min}$

ポンプの最大圧力は10 MPa、 $P=10 \text{ MPa}$

ポンプの最大電力は100 W、 $P=100 \text{ W}$

ポンプの最大流量は1000 L/min、 $Q=1000 \text{ L/min}$

ポンプの最大圧力は10 MPa、 $P=10 \text{ MPa}$

ポンプの最大電力は100 W、 $P=100 \text{ W}$

ポンプの最大流量は1000 L/min、 $Q=1000 \text{ L/min}$

ポンプの最大圧力は10 MPa、 $P=10 \text{ MPa}$

ポンプの最大電力は100 W、 $P=100 \text{ W}$

ポンプの最大流量は1000 L/min、 $Q=1000 \text{ L/min}$

ポンプの最大圧力は10 MPa、 $P=10 \text{ MPa}$

ポンプの最大電力は100 W、 $P=100 \text{ W}$

ポンプの最大流量は1000 L/min、 $Q=1000 \text{ L/min}$

ポンプの最大圧力は10 MPa、 $P=10 \text{ MPa}$

ポンプの最大電力は100 W、 $P=100 \text{ W}$

DME蒸発器の熱伝達率のチェック

運転時管内の氷熱伝達率

管内径 $\phi 1.25$ は、設計は間違
 管内の熱伝達率 h_{in} は、DME熱伝達率 $h_{DME} = 962.5 \text{ W/m}^2\text{K}$ (12300 Btu/hr-ft²)
 管内径 $\phi 1.25$ は、設計は間違(後述)
 → $h_{in} = 962.5 \text{ W/m}^2\text{K}$ (12300 Btu/hr-ft²)

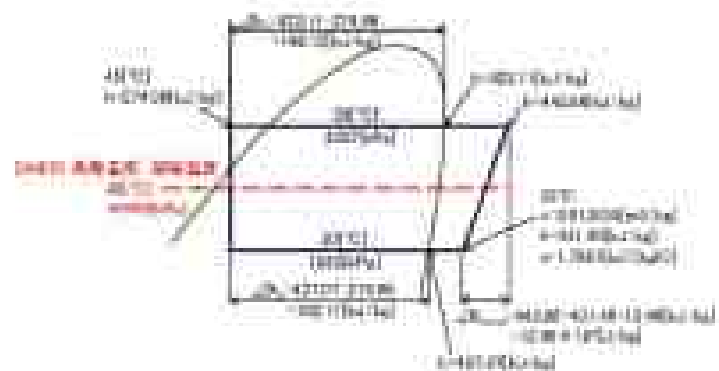
運転時管外の氷熱伝達率

氷熱伝達率 h_{out} は、
 $h_{out} = \frac{1}{\frac{1}{h_{DME}} + \frac{1}{h_{ice}}}$ (12300 Btu/hr-ft²)
 $h_{out} = \frac{1}{\frac{1}{962.5} + \frac{1}{1000}} = 500 \text{ W/m}^2\text{K}$ (6000 Btu/hr-ft²)
 → $h_{out} = 500 \text{ W/m}^2\text{K}$ (6000 Btu/hr-ft²)
 → $h_{out} = 500 \text{ W/m}^2\text{K}$ (6000 Btu/hr-ft²)

熱伝達率 U

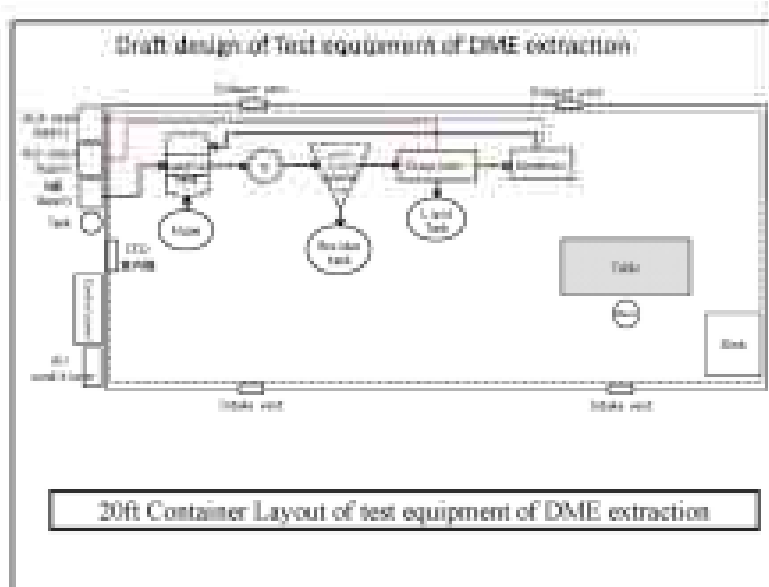
$U = \frac{1}{\frac{1}{h_{in}} + \frac{1}{h_{out}}} = \frac{1}{\frac{1}{962.5} + \frac{1}{500}} = 333.3 \text{ W/m}^2\text{K}$ (4000 Btu/hr-ft²)
 氷熱伝達率 h_{out} は、 $h_{out} = 500 \text{ W/m}^2\text{K}$ (6000 Btu/hr-ft²)

R410A冷媒サイクルでのモリエ線図



補足

1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023, 2024, 2025, 2026, 2027, 2028, 2029, 2030, 2031, 2032, 2033, 2034, 2035, 2036, 2037, 2038, 2039, 2040, 2041, 2042, 2043, 2044, 2045, 2046, 2047, 2048, 2049, 2050, 2051, 2052, 2053, 2054, 2055, 2056, 2057, 2058, 2059, 2060, 2061, 2062, 2063, 2064, 2065, 2066, 2067, 2068, 2069, 2070, 2071, 2072, 2073, 2074, 2075, 2076, 2077, 2078, 2079, 2080, 2081, 2082, 2083, 2084, 2085, 2086, 2087, 2088, 2089, 2090, 2091, 2092, 2093, 2094, 2095, 2096, 2097, 2098, 2099, 2100, 2101, 2102, 2103, 2104, 2105, 2106, 2107, 2108, 2109, 2110, 2111, 2112, 2113, 2114, 2115, 2116, 2117, 2118, 2119, 2120, 2121, 2122, 2123, 2124, 2125, 2126, 2127, 2128, 2129, 2130, 2131, 2132, 2133, 2134, 2135, 2136, 2137, 2138, 2139, 2140, 2141, 2142, 2143, 2144, 2145, 2146, 2147, 2148, 2149, 2150, 2151, 2152, 2153, 2154, 2155, 2156, 2157, 2158, 2159, 2160, 2161, 2162, 2163, 2164, 2165, 2166, 2167, 2168, 2169, 2170, 2171, 2172, 2173, 2174, 2175, 2176, 2177, 2178, 2179, 2180, 2181, 2182, 2183, 2184, 2185, 2186, 2187, 2188, 2189, 2190, 2191, 2192, 2193, 2194, 2195, 2196, 2197, 2198, 2199, 2200, 2201, 2202, 2203, 2204, 2205, 2206, 2207, 2208, 2209, 2210, 2211, 2212, 2213, 2214, 2215, 2216, 2217, 2218, 2219, 2220, 2221, 2222, 2223, 2224, 2225, 2226, 2227, 2228, 2229, 2230, 2231, 2232, 2233, 2234, 2235, 2236, 2237, 2238, 2239, 2240, 2241, 2242, 2243, 2244, 2245, 2246, 2247, 2248, 2249, 2250, 2251, 2252, 2253, 2254, 2255, 2256, 2257, 2258, 2259, 2260, 2261, 2262, 2263, 2264, 2265, 2266, 2267, 2268, 2269, 2270, 2271, 2272, 2273, 2274, 2275, 2276, 2277, 2278, 2279, 2280, 2281, 2282, 2283, 2284, 2285, 2286, 2287, 2288, 2289, 2290, 2291, 2292, 2293, 2294, 2295, 2296, 2297, 2298, 2299, 2300, 2301, 2302, 2303, 2304, 2305, 2306, 2307, 2308, 2309, 2310, 2311, 2312, 2313, 2314, 2315, 2316, 2317, 2318, 2319, 2320, 2321, 2322, 2323, 2324, 2325, 2326, 2327, 2328, 2329, 2330, 2331, 2332, 2333, 2334, 2335, 2336, 2337, 2338, 2339, 2340, 2341, 2342, 2343, 2344, 2345, 2346, 2347, 2348, 2349, 2350, 2351, 2352, 2353, 2354, 2355, 2356, 2357, 2358, 2359, 2360, 2361, 2362, 2363, 2364, 2365, 2366, 2367, 2368, 2369, 2370, 2371, 2372, 2373, 2374, 2375, 2376, 2377, 2378, 2379, 2380, 2381, 2382, 2383, 2384, 2385, 2386, 2387, 2388, 2389, 2390, 2391, 2392, 2393, 2394, 2395, 2396, 2397, 2398, 2399, 2400, 2401, 2402, 2403, 2404, 2405, 2406, 2407, 2408, 2409, 2410, 2411, 2412, 2413, 2414, 2415, 2416, 2417, 2418, 2419, 2420, 2421, 2422, 2423, 2424, 2425, 2426, 2427, 2428, 2429, 2430, 2431, 2432, 2433, 2434, 2435, 2436, 2437, 2438, 2439, 2440, 2441, 2442, 2443, 2444, 2445, 2446, 2447, 2448, 2449, 2450, 2451, 2452, 2453, 2454, 2455, 2456, 2457, 2458, 2459, 2460, 2461, 2462, 2463, 2464, 2465, 2466, 2467, 2468, 2469, 2470, 2471, 2472, 2473, 2474, 2475, 2476, 2477, 2478, 2479, 2480, 2481, 2482, 2483, 2484, 2485, 2486, 2487, 2488, 2489, 2490, 2491, 2492, 2493, 2494, 2495, 2496, 2497, 2498, 2499, 2500, 2501, 2502, 2503, 2504, 2505, 2506, 2507, 2508, 2509, 2510, 2511, 2512, 2513, 2514, 2515, 2516, 2517, 2518, 2519, 2520, 2521, 2522, 2523, 2524, 2525, 2526, 2527, 2528, 2529, 2530, 2531, 2532, 2533, 2534, 2535, 2536, 2537, 2538, 2539, 2540, 2541, 2542, 2543, 2544, 2545, 2546, 2547, 2548, 2549, 2550, 2551, 2552, 2553, 2554, 2555, 2556, 2557, 2558, 2559, 2560, 2561, 2562, 2563, 2564, 2565, 2566, 2567, 2568, 2569, 2570, 2571, 2572, 2573, 2574, 2575, 2576, 2577, 2578, 2579, 2580, 2581, 2582, 2583, 2584, 2585, 2586, 2587, 2588, 2589, 2590, 2591, 2592, 2593, 2594, 2595, 2596, 2597, 2598, 2599, 2600, 2601, 2602, 2603, 2604, 2605, 2606, 2607, 2608, 2609, 2610, 2611, 2612, 2613, 2614, 2615, 2616, 2617, 2618, 2619, 2620, 2621, 2622, 2623, 2624, 2625, 2626, 2627, 2628, 2629, 2630, 2631, 2632, 2633, 2634, 2635, 2636, 2637, 2638, 2639, 2640, 2641, 2642, 2643, 2644, 2645, 2646, 2647, 2648, 2649, 2650, 2651, 2652, 2653, 2654, 2655, 2656, 2657, 2658, 2659, 2660, 2661, 2662, 2663, 2664, 2665, 2666, 2667, 2668, 2669, 2670, 2671, 2672, 2673, 2674, 2675, 2676, 2677, 2678, 2679, 26



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：東海学園大学 西村眞 鈴鹿大学 渡邊聡）

1. 日本における環境問題解決とビジネスモデル構築に関するケーススタディ

上記の問題に関する研究として、先行研究のサーベイを行ったほか、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によって行った。

1-1 三重県四日市市の事例

調査日：2016 年 8 月 12 日

調査場所：四日市公害と環境未来館

調査対象：四日市公害と環境未来館館長 T 氏、ほか職員 2 名

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。さらには、1 年目の南アフリカ共和国側の研究者の受け入れ事業に関して、研修施設の一つとして検討している旨を伝え、研修時の見学ルートや施設利用に関して、意見をもらった。

1-2 福岡県北九州市の事例

調査日：2016 年 8 月 22-24 日

調査場所：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

調査対象：JICA 北九州 T 氏ほか、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

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する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。

2. 南アフリカにおける環境政策と環境ビジネスに関する現状の整理

本プロジェクトにおける環境技術移転を進めるにあたり、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。

【平成 28 年度実施報告書】【170531】

主な研究成果として、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（表 1）。

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。

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（図1）。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。

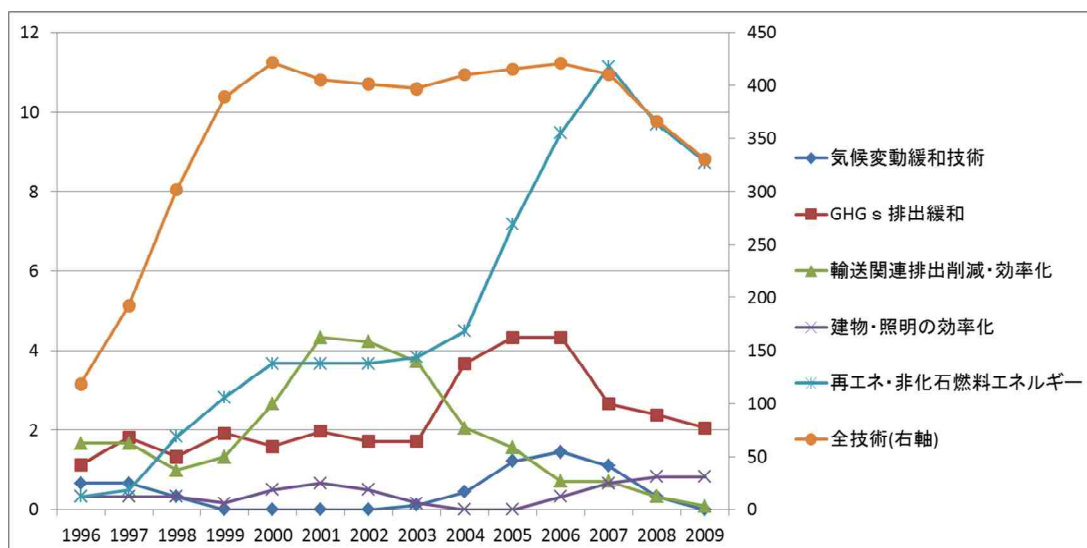


図1 南アフリカ共和国の気候変動緩和・再生可能エネルギー関連技術の特許出願件数の推移（単位：件、1996-2009年）

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

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（図2）。この点は、OECD（2013）が指摘するように、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。

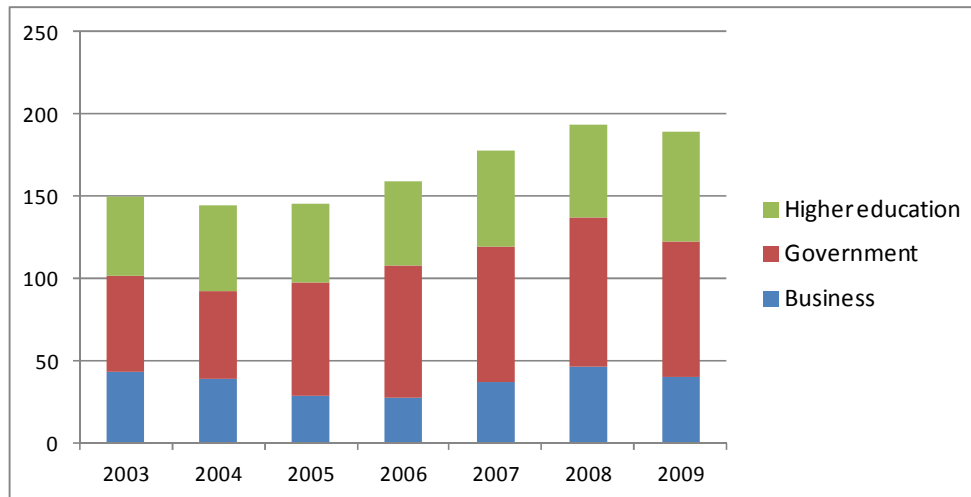


図2 南アフリカ共和国のセクター別環境・エネルギー関連の研究開発支出の推移 (単位：米百万ドル、2003-2009年)

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

3. ビジネスモデルの構築へ向けた研究

以上のような日本における環境ビジネスの創出に向けたケーススタディと、南アフリカ共和国の環境ビジネス関連の社会・経済状況の現状分析を踏まえたうえで、本プロジェクトの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。本研究プロジェクトの枠組み内でのビジネスモデル構築に向けたディスカッションを、東海学園大学・西村教授と日立製作所・望月担当部長との間で、以下の日時で行った (表2)。

表2 ビジネスモデル関連の打ち合わせの概要

日時	場所	内容
2016年7月15日 15:00	名古屋大学	ビジネスモデル提案におけるキーポイントの整理 (CDM、CSR・事業化にあたって日立社内での協力体制構築、事業化にあたってのベネフィット・リスクの整理、など)
2016年8月3日 14:00	日立製作所本社	ビジネスモデルの検討 (SDGs 関連のビジネス界に動向、アグリ・マットのビジネス化に向けた留意点に関する意見交換、汚水処理・汚泥からの燃料抽出ビジネスに関する動向、など)
2016年11月25日 15:00	日立製作所本社	ビジネスモデルの検討 (日立社内での社会実装に向けた体制構築の状況、事業化にあたってのベネフィット・リスクの整理、バイオ燃料・アグリ・マットの収益構造、CDM など)
2016年12月22日 15:00	日立製作所本社	ビジネスモデルの検討 (事業化にあたってのベネフィット・リスクの整理、バイオ燃料・アグリ・マットの収益構造、CDM など)

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**（アレロパティ）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うる 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、③**CDM** 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。

4. ハンドブックの作成

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（テキスト）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。表 3 にハンドブックの目次と主な内容をまとめた。

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

【平成 28 年度実施報告書】【170531】

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。また、このハンドブックに対し、南アフリカ共和国側の研究者たちも加筆する形で作成することが決められ、2017年度に修正版が作成されることになっている。

5. 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



図3 四日市公害と環境未来館での研修

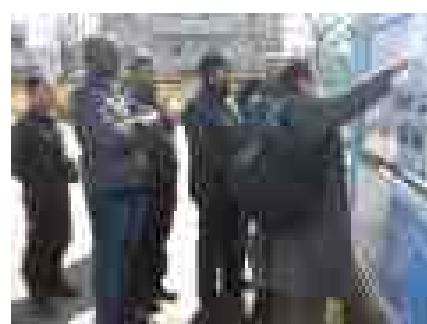


図4 茨城県霞ヶ浦の藻類回収施設の見学

研究グループ G（リーダー：名古屋大学 山田肖子）

(1) 当初の計画に対する成果の達成状況とインパクト

2016 年 9 月にプレトリア市において、南アフリカ国の人材育成の制度及び資格認定を統括している南アフリカ資格認定機構を訪問し、本 SATREPS において、人材育成の調査を行う予定であることを説明し、協力を求めるとともに、ダーバン工科大学で連携の可能性がある研究者を紹介された。その後、ダーバン市を訪問した際、ダーバン工科大学から、当方の調査手法を用いて、人材の教育訓練と産業界の雇用需要の整合性に関する共同研究を行うことが要請された。その後、メール等を通じて、ダーバン工科大学及び南アフリカ資格認定機構と連携し、ダーバン市における産業人材需要に関する調査を実施するための協議を進めた。

こうした協議に基づき、平成 28 年 12 月には、ダーバン工科大学主催で、当該テーマに関するワークショップが開催され、基調講演者として、本研究グループのエチオピア、ガーナでの研究成果を発表し、南アフリカの産業界、教育訓練機関の人々と意見交換をした。

2017 年 3 月には、本研究グループとして、中・高等教育機関と企業での予備的聞き取り調査を実施した。2017 年度の後半には本調査に着手できるよう、準備を進める予定である。

これらと並行して、2017 年 2 月に、TICAD VI のフォローアップの一環として、東京の JICA 研究所にて、名古屋大学と JICA の共催、JST の後援により、アフリカの持続的な産業人材育成に関する国際シンポジウムを開催した。パネリストとして、南アフリカ資格認定機構の副代表とエチオピア民主共和国の教育副大臣（職業教育訓練担当）を招聘して、220 名の参加者を得た。

1) TICAD VI のフォローアップ企画提案のねらい

本企画では、SATREPS 課題で目指している南アフリカ共和国における水処理システムの効率化と、そこで得られたバイオ燃料利用の制度構築に関連し、科学技術と産業育成の両方を視野に入れた政策形成ができる人材を育成するため、エチオピア国およびガーナ国の産業省、教育省等から職員を招聘し、研修を実施する。この研修は、SATREPS にて招聘予定の南アフリカの行政官・研究者に対するものと同時期に行い、相互に関連づけることで、南アフリカ・エチオピア・ガーナという、サブサハラ・アフリカで急速に成長が進む国々の持続可能な産業育成に向けた人材のネットワークを構築することに貢献する。また、招聘期間中に、名古屋大学において、「アフリカの持続可能な開発のための産業人材育成」というテーマでシンポジウムを行うことで、本事業の貢献を日本の関係者に発信する。

2) TICAD VI のフォローアップ企画の実施報告

平成 29 年 2 月 19 日に海外招聘者 2 名が来日し、20 日から 22 日の 3 日間、名古屋大学に留学中の ABE イニシアチブの学生 10 名とともに、日本の産業人材育成の現場（花王、日産、味の素工場及び東京都立高等専門学校）を視察し、研鑽・交流の機会を持った。



また、2月23日には、招聘者をパネリストとして、JICAと名古屋大学共催、JST後援で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のための産業人材育成」を開催した。

シンポジウムには、当初予定した150名を大きく上回る220名が参加した。在京大使館（ジブチ、マラウイ、アンゴラ、モザンビーク、南アフリカ、レソト、エジプト、ジンバブエ、モロッコ、コンゴ民主共和国、ブルキナファソ、エチオピア、ケニア）や企業からのアフリカ人参加者は40名を超え、ABEイニシアチブの留学生等、アフリカ諸国出身の学生・若手研究員の参加も多数得た（国籍が明らかな学生・若手研究員の参加者数43名：エチオピア5名、モロッコ4名、ウガンダ2名、モザンビーク4名、コートジボワール2名、ケニア6名、タンザニア2名、ナイジェリア3名、エジプト1名、南アフリカ3名、南スーダン1名、コンゴ民主共和国・コンゴ共和国3名、セイシェル1名、マダガスカル1名、エリトリア1名、マラウイ2名、ガーナ1名、ジンバブエ1名）。このことから、アフリカ諸国との学術研究を通じた交流を促進し、アフリカの学生等に対してシンポジウム開催を通じて育成を行うことができたと考えられる。



3) 企画提案時の構想からの変更点

当初、SATREPS 事業実施国の南アフリカ以外への水平拡大を目的とし、エチオピア及びガーナからの招聘を予定していたが、ガーナからの招聘予定者が直前で参加できなくなったため、2 か国からの招聘を断念することとなった。

(2) 企画提案の成果の達成状況とインパクト

1) 当初の計画に対する成果の達成状況とインパクト

ABE イニシアチブの学生 10 名と海外招聘者 2 名に対し、3 日間の研修プログラムを実施したことで、日本の産業人材育成の実情を学ぶだけでなく、相互に交流する中で、ネットワークが拡大された。また、2 月 23 日に開催したシンポジウムには、在京大使館や ABE イニシアチブの留学生等、アフリカ諸国出身者が 40 名ほど居り、シンポジウム開催を通じてアフリカの産業人材育成に効果的な貢献ができた。

ガーナからの参加者は得られなかったが、エチオピア国からは教育副大臣という産業人材育成に関して政府内で最も影響力がある人々のうちの 1 人を招聘し、シンポジウムでの発表を通じてアフリカ諸国の若手への育成を行った。また、シンポジウム以外に ABE イニシアチブのアフリカ各国からの留学生に対して本追加予算で開発した教材、コースにより育成を行い、相手国メンバーに含まれない

【平成 28 年度実施報告書】【170531】

アフリカからの学生・若手研究者を招聘し、育成を図る取り組みを行い、期待以上の波及効果が得られたと考える。

2) 今後のプロジェクトへの効果と新たな展開への見通し

アフリカに投資関心のある日本企業の関係者、在京大使館及び学生の間での連携が深まり、また、南アフリカ、エチオピアの招聘者を通じて、現地での調査研究もさらに促進されることが約束された。こうしたことから、今後、SATREPS プロジェクトにおいて、当該テーマでの研究の貢献可能性が高いと思われる。

Ⅱ．今後のプロジェクトの進め方、および成果達成の見通し

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

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

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、油脂抽出残渣を用いたアグリマットの効果に対する南ア側の期待度が予想以上に高いことが判明し、さらに、ARC で検討しているネットとの組み合わせの実施を新たに検討する可能性がある。

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

(1) プロジェクト全体

- ・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。

南アフリカ共和国では、藻類残渣を木質ボードと複合化したアグリマットへの関心が高く、この技術を現地で自立発展させるには、主にARCによって、現地におけるアグリマットのニーズを調査および供与した日本製のパーティクルボードの試験、評価および課題の抽出が必要となる。そのためには、ARCの現地での自立的な活動を支援するための、南アフリカ共和国による予算処置をARCが獲得することを期待する。

- ・諸手続の遅延や実施に関する交渉の難航など、進捗の遅れた事例があれば、その内容、解決プロセス、結果。

当初、南アフリカ現地の藻類サンプルを日本に輸送する予定であったが、生物遺伝資源等利用に伴う各種規制の厳格化により、現地における審査に最低でも2～3年を要することが判明した。これにより現地からの輸送を断念することとなった。生物遺伝資源等利用に伴う各種規制の厳格化により、これほど手続きが長期化することは当初計画での想定外であった。南アフリカ共和国側・日本側ともに事前に確認したはずであったのだが、それでも予期せぬ事態が生じたことから、担当者による事前確認と、担当者からの報告に対する裏付けの確認作業が不十分であったと反省せざるを得ない。また、この変更に伴い、現地におけるサンプル分析では、南アフリカ共和国ダーバン工科大学が分析費用を負担する必要性が生じた。本プロジェクトでは、この費用負担については問題にならなかったものの、これは幸運なケースであり、これについても新たな問題が生じてもおかしくない状況であった。この問題に伴い、当初日本国内で南アフリカ現地の藻類サンプルを培養する予定であったが断念し、日本国内での試験には、筑波大学などが国内で培養した近種の藻類を用いることにした。また、これに伴って、H29年度の研究チームから筑波大学が外れる変更を行った。H28年度の研究はDME抽出試験および残渣作成試験、アグリマットの評価試験、藻類の凝集磁気分離方式による回収試験は、国内で培養した藻類を用いた研究に変更した。

また、日本などから南アフリカ共和国に機材を輸入する場合、DUTやARCといった機材を受け取る側が、南アフリカ共和国の付加価値税14%を支払う必要があることが判明した。このため、H28年度ARCに機材を輸送しようとしたものの、ARCに付加価値税を支払う予算が無く、H29年度に輸送を延期することとなった。当初JICAのODAということで、名古屋大学・DUT・ARCともに免税処置が受けられるものと考えていたが、発送が名古屋大学名義（JICA名義では無い）であることもあって、免税処置を受けるにも南アフリカ共和国の税務局とDUT・ARCが協議しなければならず、この問題が解決しなければ、現地への装置導入にも遅れが生じることになる。

IV. 社会実装（研究成果の社会還元）

(1) 成果展開事例

南アフリカ共和国ダーバン工科大学に、藻類からの油脂の抽出機材の一部を導入し、従来の有機溶媒抽出法による油脂抽出が可能な環境を整備した。

また、アグリマットの現地で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）を現地に供与した。

(2) 社会実装に向けた取り組み

本プロジェクトでは、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い、また、産業人材育成に関する TICAD VI のフォローアップ企画の国際シンポジウムにより、南アフリカ共和国のみならずアフリカ諸国全般に対する、本技術の社会実装を進めていく。

V. 日本のプレゼンスの向上

TICAD VI のフォローアップ企画として、名古屋大学と JICA の共催、JST の後援により、アフリカの持続的な産業人材育成に関する国際シンポジウムを開催した。パネリストとして、南アフリカ資格認定機構の副代表とエチオピア民主共和国の教育副大臣（職業教育訓練担当）を招聘して、220 名の参加者を得た。先述の通り、在京大使館（ジブチ、マラウィ、アンゴラ、モザンビーク、南アフリカ、レソト、エジプト、ジンバブエ、モロッコ、コンゴ民主共和国、ブルキナファソ、エチオピア、ケニア）や企業からのアフリカ人参加者は 40 名を超え、ABE イニシアチブの留学生等、アフリカ諸国出身の学生・若手研究員の参加も多数得た（国籍が明らかな学生・若手研究員の参加者数 43 名：エチオピア 5 名、モロッコ 4 名、ウガンダ 2 名、モザンビーク 4 名、コートジボワール 2 名、ケニア 6 名、タンザニア 2 名、ナイジェリア 3 名、エジプト 1 名、南アフリカ 3 名、南スーダン 1 名、コンゴ民主共和国・コンゴ共和国 3 名、セイシェル 1 名、マダガスカル 1 名、エリトリア 1 名、マラウィ 2 名、ガーナ 1 名、ジンバブエ 1 名）。このことから、アフリカ諸国との学術研究を通じた交流を促進し、アフリカの学生等に対してシンポジウム開催を通じて育成を行うことができたと考えられる。

また、平成 29 年 2 月 19 日にこれらの海外招聘者 2 名が来日し、20 日から 22 日の 3 日間、名古屋大学に留学中の ABE イニシアチブの学生 10 名とともに、日本の産業人材育成の現場（花王、日産、味の素工場及び東京都立高等専門学校）を視察し、研鑽・交流の機会を持った。

このようにアフリカ諸国の要人を含め、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できたと考えている。こうした期待に応えるべく、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】

本項目については別添エクセル表（様式 02）に記入。

Ⅶ. 投入実績【研究開始～現在の全期間】

本項目については別添エクセル表（様式 03）に記入。

Ⅷ. その他

本項目については別添様式（様式 04）に記入。

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	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

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	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

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

著作物数 0 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		書籍	発表済	
2016	Book chapter*: Rawat, I., Gupta, SK., Shriwastav, A., Singh, P., Kumari, S and Bux, F. I		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		総説	発表済	

著作物数 3 件
公開すべきでない著作物 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検	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	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)	招待講演
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	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, 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

招待講演	6 件
口頭発表	4 件
ポスター発表	1 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	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

0 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)	概要
2015	2015/7/23	日本南ア合同グループリーダー会議	unicipality(南アフリカ)	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	ニ科大学(南アフリカ)	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	ニ科大学(南アフリカ)	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	ter Service(南アフリカ)	15人(6人)	MOU、POの締結に向けた調整会議
2015	2015/11/16	相手国側研究者を招聘して開催した会議	名古屋大学	15人(8人)	MOU、POの締結に向けた調整会議
2016	2016/4/11	日本側全体会議	名古屋大学	6人	調整会議
2016	2016/5/9	日本側全体会議	名古屋大学	7人	調整会議
2016	2016/5/31	愛知県立安城南高校の総合学習授業	名古屋大学	32人	対象・高校3年生31名、引率教員1名
2016	2016/6/20	日本側全体会議	名古屋大学	8人	調整会議
2016	2016/6/21	昴学園高校のキャリア形成授業	鈴鹿大学	82人	対象・高校1年生78名、引率教員4名
2016	2016/7/28	日本側全体会議	名古屋大学	6人	調整会議
2016	2016/8/17	日本側全体会議	名古屋大学	5人	調整会議
2016	2016/9/2	日本南ア合同グループリーダー会議	C(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	unicipality(南アフリカ)	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	名古屋大学(南アフリカ)	21人(12人)	調整会議
2016	2016/9/12	日本側全体会議	名古屋大学	7人	調整会議
2016	2016/10/18	日本側全体会議	名古屋大学	11人	調整会議
2016	2016/10/19	サイエンスフェスティバル2016サイエンス	名古屋市内	23人	対象・一般市民(高校生以上)
2016	2016/11/22	日本側全体会議	名古屋大学	11人	調整会議
2016	2016/12/13	日本側全体会議	名古屋大学	6人	調整会議
2016	2017/1/17	日本側全体会議	名古屋大学	7人	調整会議
2016	2017/2/20-22	日本南ア合同グループリーダー会議	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 Mabuya Eudy公使がオブザー
2016	2017/2/23	TICADVI Follow Up・International Symposium “Industrial Skills	JICA国際会議場	約220人	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
2016	2017/3/17	日本側全体会議	名古屋大学	7人	調整会議

24 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
2016	2017/5/11	PO/PDM、モニタリングシート、次年度研究計画の確認	約20名(予定)	2017/3/14開催予定だったが、南アフリカ共和国DSTの都合により延期。

--	--	--	--	--

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29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	・微細藻類の回収技術の開発 ・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に関する特許 ・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に関する特許 ・微細藻類の効率的な回収技術に関する特許
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

