

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先進的エネルギーシステムに関する研究」

研究課題名「地方電化及び副産物の付加価値化を目指した作物残渣からの  
革新的油脂抽出技術の開発と普及」

採択年度：平成30年度（2018年）/研究期間：6年/

相手国名：タンザニア連合共和国

## 終了報告書

国際共同研究期間<sup>\*1</sup>

2019年 8月 7日から2026年 2月 6日まで

JST側研究期間<sup>\*2</sup>

2018年 6月 1日から2025年 3月31日まで

(正式契約移行日 2019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：佐古 猛

静岡大学創造科学技術大学院・特任教授



4. マイクログリッド実証	担当者打ち合わせ	ダル大と一般家庭の電力需要データ収集				
4-1電力需給データ収集及び評価				発電/マイクログリッドの設計・製作・試運転		
4-2マイクログリッドと模擬負荷設計・ダル大での建設					発電/マイクログリッド実証試験	
4-3ダル大での実証試験						
4-4負荷変動への応答データ・電力需給モデルの提案					発電/マイクログリッドの特性評価、モデル提案	
4-5抽出油の規格分析			ベンチプラント抽出油分析		パイロットプラント抽出油分析	
4-6国内での抽出油の予備評価					国内での燃料性能評価	
4-7抽出油の燃料評価の実証試験					現地での燃料性能評価	
5. 事業性評価						
5-1 物量データの収集			物量データ収集			
5-2 LC-CO <sub>2</sub> データの収集			LC-CO <sub>2</sub> データ収集・評価			
5-3コスト評価・バイオマス利用技術評価					コスト解析・利用技術評価	
5-4 再エネ施設情報の収集・比較			情報収集		再エネ施設や地域適性を比較	
5-5 現地での再エネ利用提案					再エネ利用の提案	
5-6再エネ導入に関する議論					意見交換	
5-7 電気料金設定のデータ蓄積					データ蓄積・整理	
6. 人材育成						
6-1論文の掲載			学会誌や国際会議プロシーディングによる論文の掲載			
6-2タンザニア大学スタッフや大学院生の日本での研修	担当者打ち合わせ		タンザニア大学スタッフ、大学院生の日本での研修			
6-3タンザニア博士課程学生の静大・日大への受け入れ					タンザニア博士課程学生の受け入れ	
6-4ワークショップの実施					4研究課題のワークショップ実施	

(2) 中間評価での指摘事項への対応

中間評価において、「今後の課題・研究者に対する要望事項」として以下が指摘され対応した。

・指摘事項 1

二酸化炭素膨張へキサン抽出技術に関して、物質の抽出特性だけでなく、抽出速度のデータや原料装填の仕組みといった、商用化に寄与するプラントの生産性やコストに関連するデータを収集して、工学的な技術改善メカニズムをしっかりとまとめてほしい。その上で電化や副産物の創出など相手国での社会実装への道筋を明確化すべき。

(指摘事項 1 に対する対応)

将来の商業プラントとほぼ同じプロセスフローの抽出槽容積 5L のベンチプラントを用いて、米糠の前処理方法、溶媒使用量と油分抽出率の関係、抽出槽内の溶媒を均一に分散し高い油分収率を得る方法、二酸化炭素を循環使用するシステムの開発、粉末原料を短時間に抽出槽から出し入

れる方法の開発、二酸化炭素膨張ヘキサンに長期間使用可能な安価なパッキン材料の探索といった実用化に必要な多くの工学データを取得した。現在、ベンチプラントの10倍の内容積のパイロットプラントを用いた実証試験を行い、順調に油分を抽出できることを確認した。ベンチプラントとパイロットプラントの実験データを基に抽出技術の経済性を評価し、十分な経済性を持つ技術であるとの見通しを得た。更に抽出したバイオオイル中には薬効成分、生理活性物質、精油といった高付加価値物質が存在するケースが多いので、バイオ燃料として燃焼する前にこれらの有用物質を分離し、抽出プロセスの経済性を高めるための研究を行っている。

・指摘事項2

2024年3月ごろにはプラント建設が完了予定であるが、外部要因（ウクライナ情勢の不安定化・半導体の世界的な不足・円高など）によって当初スケジュールが後ろ倒しになる可能性が高いので、引き続きプロジェクトのスケジュール管理には注意してほしい。

(指摘事項2に対する対応)

外部要因等の影響により当初計画した予定通りにはプラントを完成できなかったが、2025年1月にバイオエネルギー実験棟がほぼ完成し、高圧抽出パイロットプラントは2025年1月に設置された。一方、大気圧抽出パイロットプラントは2025年1月上旬から組み立てを始めたが下旬に一旦中断し、5月下旬から修理と組み立てを再開し、6月中旬に設置が完了する予定である。実験棟の建設、機材の据え付けや抽出プラントの試運転に向けて、研究代表者自らが2025年1月1日から2月10日まで、約40日間現地に滞在した。その結果、2025年1月29日にCO<sub>2</sub>膨張液体を用いた50Lの高圧抽出槽による米糠からの油分抽出に世界で初めて成功することができた。更にその後、研究代表者は5月25日から6月14日までの約20日間、現地に滞在して、ヘキサンを用いた7,500Lの大気圧抽出プラントの修理、組み立て、試運転、研修を完了する予定である。

・指摘事項3

相手国研究メンバーや日本側研究メンバーとの関係構築が非常に重要と考える。このため、プロジェクト関係者と小規模ミーティングを開催するなどして、定期的な情報共有を行っていくことを強く希望する。

(指摘事項3に対する対応)

COVID-19による渡航制限が緩和され、両国の主要メンバーが直接話し合う機会を増やし、迅速な意思決定をするように心がけた。また5つの研究チームが自主的、主体的に活動できるように各チームに研究費を配分し、日本のチームと連携しながら研究を進めていくように体制を整えた。更にダルエスサラーム大学の工学技術部長とのパイプを強化し、懸案事項が発生した場合にはすぐに相談できるバックアップ体制を作った。

(3)プロジェクト開始時の構想からの変更点(該当する場合)

- ・当初の計画では、500Lの抽出槽を持つ高圧抽出パイロットプラントをダルエスサラーム大学に建設し米糠からバイオ燃料油を抽出する計画だったが、2021年のJCCミーティングにおいて、50~100Lの中規模の高圧抽出プラントと大気圧抽出プラントを建設して、油分抽出技術、発電/マイクログリッド技術、副製品製造技術の研究開発を行うように計画変更した。
- ・また共同研究を開始して1年経過した頃（2020年頃）から、バイオマスやバイオマス廃棄物の調達を調査するチーム1のタンザニア側メンバーから、米糠の調達が難しくなっているとの連絡を受け、日本側メンバーが現地調査を実施したところ、作物残渣を農村で調達することが想定以上に難しくなっていること、代替の野生植物がその不足分を補う存在になりつつあることが判明し、米糠以外の

作物残渣の利用についても検討を進めた。また同時期に、タンザニア側メンバーから作物残渣の代替原料として野生植物の調査も実施したいとの要望もあり検討した。

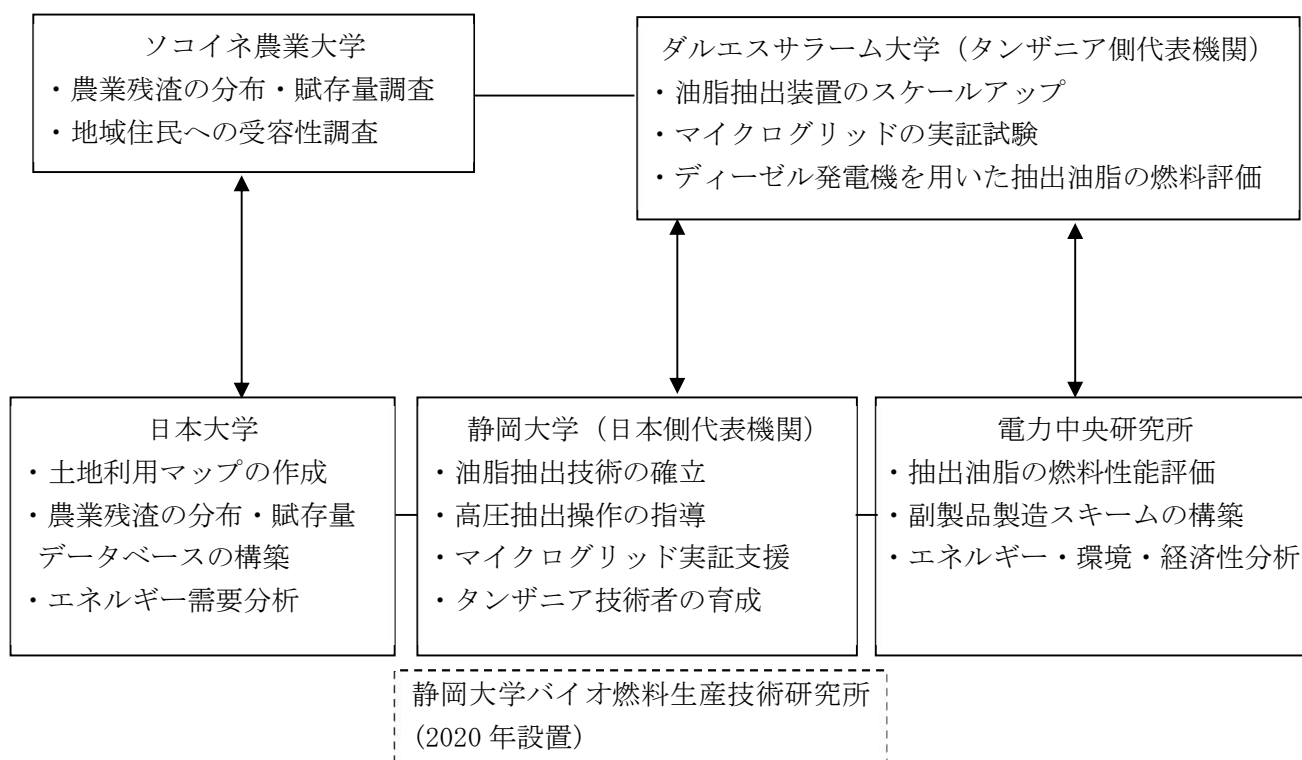
## 2. 目標の達成状況（公開）

### (1) プロジェクト全体

タンザニアでは都市部を中心に電力インフラが急速に整備されつつあるが、依然として地方電化率は低く、都市部と農村部の経済格差は拡大傾向にある。本プロジェクトでは、革新的な油脂抽出技術の確立により、地産の農業残渣を利用したバイオマス発電を実現するとともに、将来の系統連系を見据えた無電化農村地域におけるマイクログリッドによる給配電システムの有用性を実証することを目的とした。なお、本プロジェクトの成果は、他のアフリカ、東南アジアの農村地域における持続可能な低炭素社会のモデルとなり、また日本国企業にとっても新たな電力マネジメント事業の機会の創出に寄与する。

省エネ・低環境負荷のバイオ燃料生産技術を開発するために、独自に考案したCO<sub>2</sub>膨張液体抽出法を農業残渣からの油脂抽出に適用し、商業化に向けたパイロットプラントの開発を行った。得られた油脂はディーゼル発電機燃料や石鹼原料として使用するとともに、抽出残渣は家畜や養殖魚の飼料として有効利用し、極力廃棄物を排出しないバイオマス完全利用技術を開発した。さらに農業残渣等のバイオマス資源の調達に不可欠な分布・賦存量情報のデータベース化を図り、ロジスティクスの最適化を志向するとともに、環境・経済性評価により事業の成立性を見極めた。

連携機関の役割分担を以下に示す。



各研究題目への実施体制は以下の通りである。

研究題目	研究グループ
1. 電力需要地分析	グループB（リーダー：土屋陽子、電力中央研究所）

	グループC (リーダー: 加藤太、日本大学)
2. バイオエネルギー実験棟設置	グループA (リーダー: 佐古猛、静岡大学)
3. 油脂抽出技術確立	グループA (リーダー: 佐古猛、静岡大学) グループB (リーダー: 土屋陽子、電力中央研究所)
4. マイクログリッド実証	グループA (リーダー: 佐古猛、静岡大学) グループB (リーダー: 土屋陽子、電力中央研究所)
5. 事業性評価	グループB (リーダー: 土屋陽子、電力中央研究所)
6. 人材育成	グループA (リーダー: 佐古猛、静岡大学) グループB (リーダー: 土屋陽子、電力中央研究所) グループC (リーダー: 加藤太、日本大学)

日本大学はソコイネ農業大学と協力して農業残渣の分布や賦存量を調査し、得られたデータをマップ化やデータベース化して利便性を向上させた。静岡大学はダルエスサラーム大学と協力して、油脂抽出技術の開発、統合型バイオマス発電/太陽光発電マイクログリッド技術の実証試験を行い、高圧技術を持つタンザニア人材を育成した。一方、電力中央研究所はダルエスサラーム大学と協力して、抽出油脂の燃料評価、副製品製造技術の開発、本プロジェクトの事業性評価を行った。更に静岡大学のグループは、大学内の異分野の教員の協力を得るために、2020年に設置したバイオ燃料生産技術研究所を活用した。

若手の日本人人材の育成では、静岡大学を中心に、これまでに博士課程学生3名、修士課程学生10名、学部4年生3名がプロジェクトに参加し、基礎・基盤研究に従事し、その研究成果を国内外の学会で発表した。相手国の人材育成では、ほとんどのタンザニアメンバーは訪日経験が無く、2019年9月に全員を日本に招聘し、日本側メンバーと意見交換や施設見学を行い、両国間の交流を進めた。2020年2～3月に、2名のダルエスサラーム大学のエンジニアが静岡大学において、高圧抽出技術の研修を受けた。2023年5月に、油脂の抽出とマイクログリッドの担当のダルエスサラーム大学の教員7名を静岡大学に招聘し、担当分野の研修を行った。更に2021年4月～2024年3月の間、ダルエスサラーム大学の教員が静岡大学の博士課程に在籍し、CO<sub>2</sub>膨張液体による米糠の抽出に関する基礎及び応用に関する研究を行い、工学博士号を取得した。その後、2023年10月から2人目のダルエスサラーム大学の教員が静岡大学の博士課程に在籍し、CO<sub>2</sub>膨張液体によるヒマワリ種子と残渣の抽出に関する基礎及び解析に関する研究を行っている。本プロジェクトでは、タンザニアへの高圧抽出技術の技術移転が大きな目標であり、静岡大学で研修を受けたタンザニアメンバーや静岡大学博士課程に入学したダルエスサラーム大学の教員を通して、教育と技術移転を進めている。

2019年4月からの成果目標の達成状況とインパクトを簡単に説明する。

研究題目1の「電力需要地分析」では、マイクログリッドを村落に設置する場合の有望地域として、コメの大産地に近い農作農村であるモロゴロ州マリニ県イテテ郡が選定された。ただし米糠油は発電燃料のみならずバイオディーゼル油としての用途も考慮した方が良いとの知見を得た。近年、米糠を安価に確保するのが難しくなりつつあり、プロジェクト終了後のサステナビリティの観点からも野生の植物の種子から油脂を抽出する可能性についても知見が得られた。

研究題目2の「バイオエネルギーセンター設立」では、高圧抽出装置や可燃性のヘキサンを扱うことから、安全面に考慮し独立した実験棟が必要となった。最終的に450m<sup>2</sup>の平屋建てのバイオエネルギー

実験棟を新たに建設し、その中に高圧抽出装置、大気圧抽出装置、マイクログリッドシステム、養魚飼料製造装置等の中・大型実験装置を設置したことにより、施設運営費等の予算確保がダルエスサラーム大学内において容易になった。

研究題目3の「油脂抽出技術確立」では、2020年に世界初のCO<sub>2</sub>膨張液体による連続抽出ベンチプラント（5L抽出槽）を建設し、良質の米糠油を高収率で生産できることを実証した後、2024年に将来の社会実装を目指して、50Lの抽出槽を持つパイロットプラント、また米糠油の発電燃料としての特性を評価するために、大量の米糠油の抽出が可能な7500Lの抽出槽を持つ大気圧抽出装置を2025年にタンザニアに建設した。高圧流体中の溶質の拡散係数の測定装置を整備して、高圧液体や超臨界CO<sub>2</sub>中のバイオ系油分の分子拡散係数を測定し、その分子拡散係数を推算するための相関式を開発した。米糠油から石鹼の製造手法を検討し、本プロジェクトの指向するエネルギー消費や廃棄物が少ない石鹼製造技術実現の見通しが得られた。

研究題目4の「マイクログリッド実証」では、農村部へのマイクログリッド導入シミュレーションにおいて、複数の負荷パターンに対して、種々の発電、バッテリーの組合せをシミュレーションし、ディーゼル発電+太陽光発電+バッテリーの組合せが最適であること、およびその最適な導入量を示した。更にそこで得られた知見から、簡易なマイクログリッド設計指針を導き出すことができた。

研究題目5の「事業性評価」では、発酵米糠を主原料とし、大豆粕やヒマワリ搾油滓等、地産の農業残渣をタンパク源として、ティラピアの栄養要求（タンパク質30%以上）を満たす飼料の設計と製造法を確立した。更に生産能力50kg/hの飼料製造装置を設計・製作し、タンザニアに供与した。バイオマス発電と競合・協調する再生可能エネルギーとして、太陽光発電、小水力、バイオガスについて現地調査を行った。

研究題目6の「人材育成」では、タンザニア側の全メンバーの日本訪問、2名のメンバーの静岡大学での高圧技術の研修、2名のダルエスサラーム大学の教員の静岡大学博士課程への入学と、積極的に人的交流や人材育成を図ってきた。研究成果の公表について、2025年5月時点で21件の国際学術誌への掲載、1件の国内学術誌への掲載、1件の国際特許と2件の国内特許の申請があった。更に2019年9月、10名のタンザニアメンバーの出席の下、SATREPSプロジェクトのプレス発表を行い、国内の2紙に紹介記事が掲載された。

## (2) 研究題目1：「電力需要地分析」

研究グループC（リーダー：加藤太）

研究グループB（リーダー：土屋陽子）

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

1-1 マイクログリッド設置にむけた有望地域におけるGISによる土地利用図の作成については、土地の利用を分析することで、マイクログリッドを設置する場合に最適な設置場所を選定することを目的としている。本研究ではコメの産地を想定し、米糠による油脂抽出とその油脂によって発電をすることを想定した。有望地域としてモロゴロ州マリニ県イテテ地区を選出することができた。イテテ地区はコメの大産地であるキロンベロ谷（キロンベロ氾濫原）の東南部に位置する稲作農村である。

プロジェクト開始時は未電化村であったが、その後電化が進み、現在は村の中心部など村域の半分ほどが電化されている。この地域のコメの流通過程について、多くの稲作農家がコメを集落の中で買い付け人に売却していた。買い付け人は村内の富裕農家の場合もあれば、キロンベロ谷の中心都市であるイファカラやモロゴロ州の州都モロゴロ、あるいはダルエスサラームからくるトレーダーの場合もあると

の知見が得られた。村内で買い付けられたコメがある程度たまと、これらの買い付け商人はトラックをチャーターしてファカラまでコメを運び、ここで精米されることが多かった。精米後は、さらにコメを都市部に運ぶ別の卸売業者に販売していた。これらの中間卸売業者はイファカラ、モロゴロ、ダルエスサラームなどを拠点とする流通業者や精米所のオーナーであり、彼らがキロンベロ谷のコメを大都市へと運んでいるのである。

調査を開始した 2000 年前半はイファカラとその周辺部しか電化されていなかったため、精米所はこの周辺にしかなかった。しかし 2010 年以降はキロンベロ谷の村落が徐々に電化されており、この電化によってそれぞれの稲作農村にも精米所が開設されるようになってきている。こうした場所では、稲作農家が村内で精米をして買い付け商人にコメを売却することも多くなっている。

各村に 2010 年以降徐々に開業していった精米所は、基本的に集落内の幹線道路沿いに位置している。すなわち米糠を村内で確保しようとする場合、この精米所に行けば比較的安易に手に入れることができる。しかし、精米所がある場所は既に電化されている場所であるため、ここで米糠を手に入れて発電しても意味がなく、仮にこの精米所の横に 1 日に 600 kg 以上の米糠を処理できる抽出装置を設置する場合は発電ではなく、抽出油をそのままディーゼル油として利用することが好ましいと考えられる。

もし抽出油を発電に利用するならば、抽出装置と発電機は電化されていない場所であつ米糠が手に入れやすい場所に置く必要がある。図 1-1 はイテテ地区の土地利用図である。凡例にある水田（牧）や畑・放牧地（牧）と書かれている場所は、農牧民が居住している地域である。キロンベロ谷に居住する農牧民はすでに電力網が敷設されている農耕民の集落には居住していない。そのため農牧民は電化の恩恵を受けていないことになる。また農牧民もイネを栽培しているが、彼らはコメを農耕民の集落ではなく、センターと呼ばれる農牧民の居住する地域の店が集まった場所で販売する。このセンターにはディーゼル油で動く精米機も置かれており、ここで精米が行われている。つまりこのセンターの精米所に抽出装置を設置すればここで発電も可能になる。図 1-2 の星印は農牧民がセンターと呼ぶ店舗が集まった場所である。ここには精米所も建設されているため、発電を目的とした抽出装置を置く場合、この場所が好ましい。ただしセンターの設置されている精米機は比較的小型のものが多く、また持ち込まれるコメの量も農耕民の集落にある精米所よりも少ない。本研究の調査では 1 日あたり 50 kg 程度の米糠しか排出されていなかった。50 kg の米糠に含まれる油脂は 10 kg 程であるため、発電に使うにはかなり少ないことが問題である。

本研究で明らかになった稲作農村の実態としては以下のようにまとめられる。

- 1) 電化がかなり進んでおり、電化されている場所（精米所がある場所）に米糠が集まる傾向がある。
- 2) 電気式の精米所から発生する米糠を利用する場合は、抽出油をディーゼル油としてそのまま利用することが好ましい。
- 3) 米糠の抽出油を発電に用いる場合は、集落から離れており電化されていない場所にある精米所に抽出装置を設置することが好ましい。
- 4) ただし、ここに持ち込まれるコメの量は少ないため、発電については一部の店の電球をつけることや、携帯電話やスマートフォンの充電など比較的消費電力が少ないサービスを展開することが推奨される。

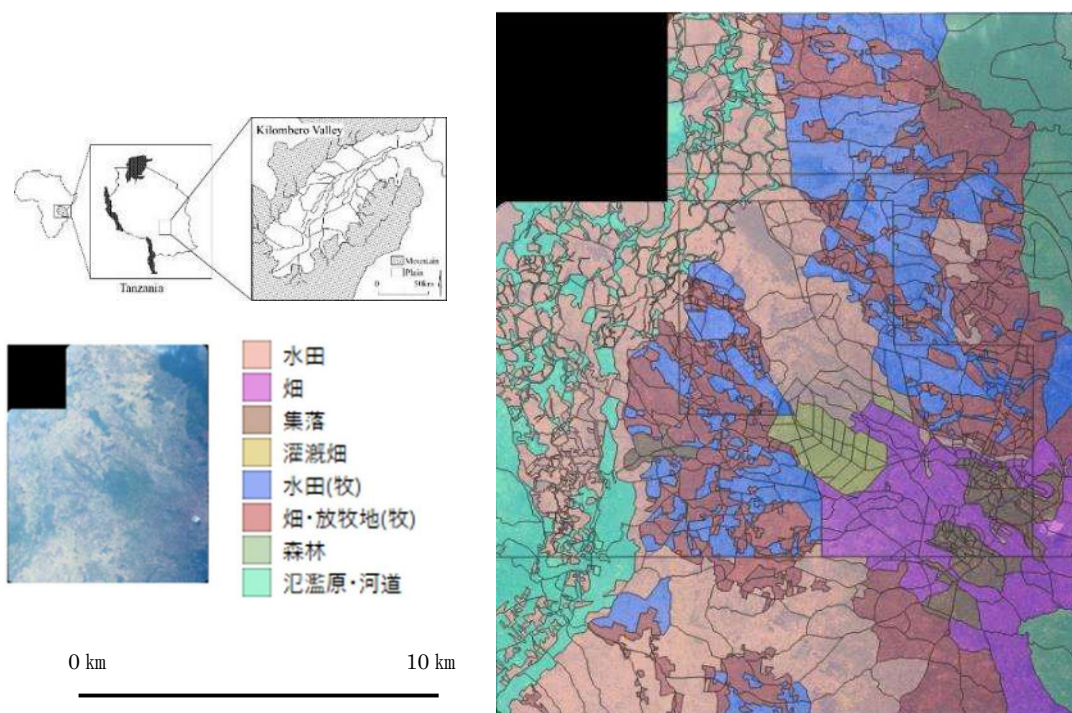


図 1-1 イテテ地区における地利用図

注：水田（牧）、畑・放牧地（牧）はここに居住する農牧民が利用している土地である。彼らは集落には住まず、このエリアに散在して居住している。

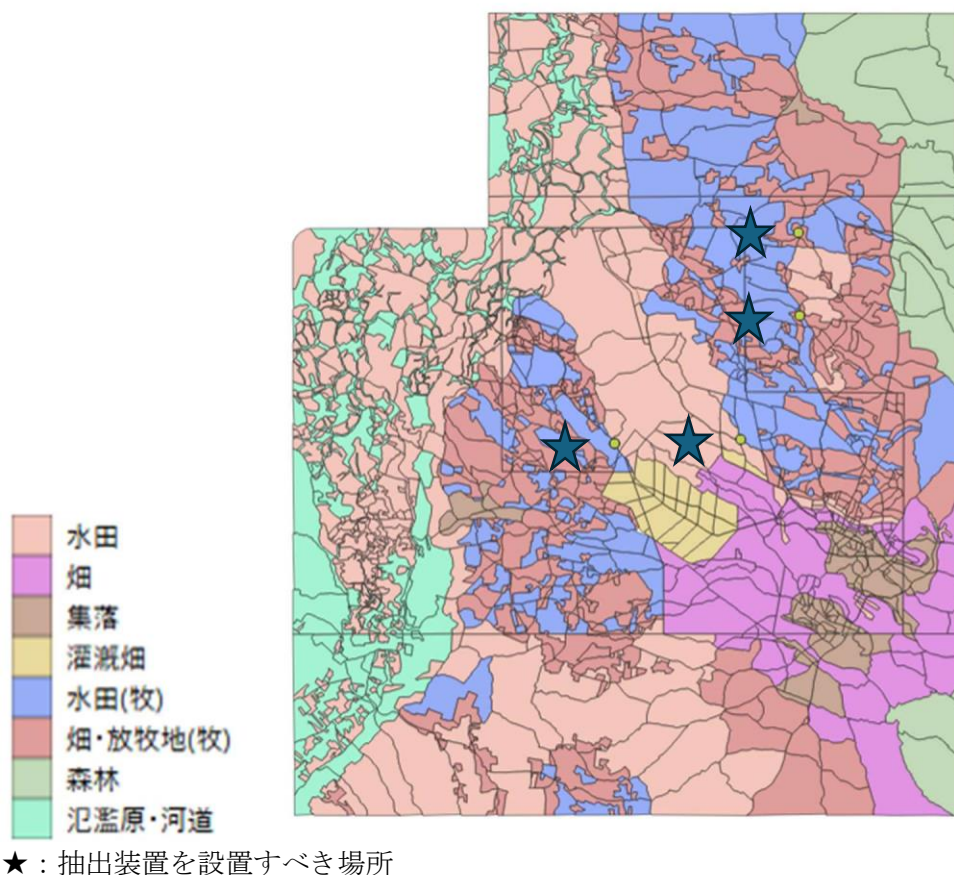
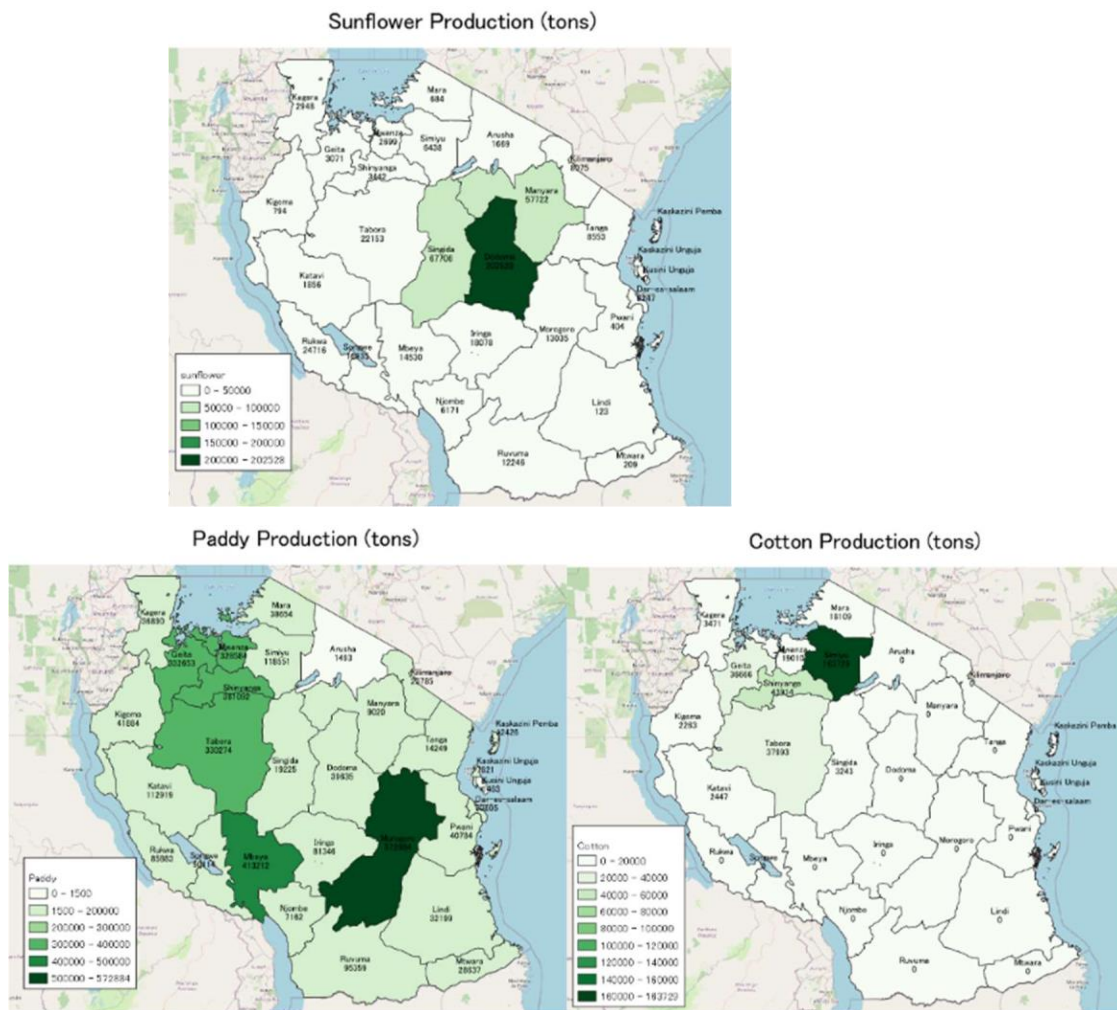


図 1-2 発電目的で抽出装置を利用する場合に推奨される設置箇所

1-2 バイオマスデータベースの構築については、プロジェクト期間中に更新を続け現段階では2019年-2020年版の農業センサスのデータを利用している。これは現時点で公開されている最新の農業統計データである。更新作業が継続しているものの生産量については州ごとの傾向が特に変わっておらず、コメはモロゴロ州、ムベヤ州、シニャンガ州、ゲイタ州、ムワンザ州、タボラ州の順に多かった。綿花についてはシミュ州、シニャンガ州、タボラ州、ゲイタ州の順に多かった。ヒマワリの種子については、ドドマ州、シンギダ州、マニヤラ州の順に多かった。後述する1-3の調査結果から、綿実油の搾りかすについては農村部での作物残渣の確保が難しいことが明らかになったため、ここでは米糠とヒマワリの残渣について、タンザニア全土における潜在的な現存量について算出した。この結果、米糠についてはタンザニア全土で24万トンが生産されており、その米糠には2万7千トンの油分が含まれていることが明らかになった。一方、ヒマワリ残渣については、タンザニア全土で22万トンが生産されており、それらの残渣には3万7千トンの油分が含まれていることが明らかになった（図1-3）。



出典：United Republic of Tanzania (2021) National Sample Census of Agriculture 2019/20)のデータを基に本課題において作成、背景地図：© OpenStreetMap contributors (データは ODbL ライセンスに基づく)

図 1-3 タンザニアのコム、ワタ、ヒマワリの州別生産量

1-3 バイオマスのロジスティクスについては、本プロジェクト期間中に米糠、ヒマワリ油の搾りかす、綿実油の搾りかすの3点について着目し、これらの作物残渣を効率的に入手する方法について検討した。またこれらの作物残渣を安価で入手することが困難になった場合を想定して、作物残渣以外で油脂抽出の原料になりうるものについても検討した。

米糠については、コムの大産地であるモロゴロ州とシニャンガ州で調査を実施した。シニャンガ州カハマ県の村落では、イネが村落の周辺部で栽培されていた。コムの販売ルートは、籾のまま買い付け商人に売却されていた。村には精米所がないため、買い付け商人は村でコムを購入すると、カハマやシニャンガといった都市まで籾を輸送しており、村内には米糠があまり存在していないことが判明した。

一方、モロゴロ州キロンベロ谷では近年、大規模な精米所が各村で開業しているため、多くの買い付け商人はここで精米をしてからコムを都市に輸送している。したがって村内には多くの米糠が存在していることになるが、大規模な精米所は電化されている地区に存在しているため、この米糠をそのまま発電に使用してもあまり意味がない。これらの米糠の利用法については、発電に使用するのではなく、そのままバイオディーゼル油として販売、利用することが好ましいといえる。その一方で、1-1 でも言及した

表 1-1 コメの生産量と油脂量 (2020 年度)

州	コメの生産量 (t)	コメ糠の現存量 (t)	糠に含まれる油脂量 (t)
Dodoma	39,635	2,854	317
Arusha	1,493	107	12
Kilimanjaro	23,785	1,713	190
Tanga	14,249	1,026	114
Morogoro	572,884	41,248	4,583
Pwani	40,784	2,936	326
Dar-es-salaam	93,805	6,754	750
Lindi	32,199	2,318	258
Mtwara	28,637	2,062	229
Ruvuma	95,359	6,866	763
Iringa	81,346	5,857	651
Mbeya	413,212	29,751	3,305
Singida	19,225	1,384	154
Tabora	330,274	23,780	2,642
Rukwa	85,883	6,184	687
Kigoma	41,884	3,016	335
Shinyanga	381,092	27,439	3,048
Kagera	36,890	2,656	295
Mwanza	328,584	23,658	2,628
Mara	38,654	2,783	309
Manyara	9,020	649	72
Njombe	7,162	516	57
Katavi	112,919	8,130	903
Simiyu	118,551	8,536	948
Geita	332,653	23,951	2,661
Kaskazini Pemba	12,426	895	99
Kusini Pemba	15,296	1,101	122
Kaskazini Unguja	7,821	563	63
Mjini Magharibi	13,416	966	107
Kusini Unguja	1,463	105	12
Songwe	50,114	3,608	401
合計	3,380,715	243,411	27,043

表 1-2 ヒマワリの生産量と油脂量 (2020 年度)

州	ヒマワリの生産量 (t)	ヒマワリ残さの現存量 (t)	残さに含まれる油脂量 (t)
Dodoma	202,528	91,138	14,901
Arusha	1,669	751	123
Kilimanjaro	8,075	3,634	594
Tanga	8,553	3,849	629
Morogoro	13,035	5,866	959
Pwani	404	182	30
Dar-es-salaam	6,247	2,811	460
Lindi	123	55	9
Mtwara	209	94	15
Ruvuma	12,246	5,511	901
Iringa	18,078	8,135	1,330
Mbeya	14,530	6,539	1,069
Singida	67,706	30,468	4,981
Tabora	22,153	9,969	1,630
Rukwa	24,716	11,122	1,818
Kigoma	794	357	58
Shinyanga	3,442	1,549	253
Kagera	2,948	1,327	217
Mwanza	2,699	1,215	199
Mara	684	308	50
Manyara	57,722	25,975	4,247
Njombe	6,171	2,777	454
Katavi	1,856	835	137
Simiyu	6,438	2,897	474
Geita	3,071	1,382	226
Kaskazini Pemba	0	0	0
Kusini Pemba	0	0	0
Kaskazini Unguja	0	0	0
Mjini Magharibi	0	0	0
Kusini Unguja	0	0	0
Songwe	16,935	7,621	1,246
合計	503,032	226,364	37,011

とおり、広大なキロンベロ谷には農牧民も居住しており、彼らは放牧をする必要があるため集落に居を構えていない。彼らもイネを栽培しており、その一部は農牧民の居住区域にあり複数の店舗が開設されているセンターと呼ばれる場所で精米されている。このセンターでコメを精米したときに出る米糠は、発電に利用できる可能性がある。ただしセンターで産出される米糠の量は比較的少量であるため、発電できる電力も限られたものになる可能性がある。ちなみに米糠の値段は 1 kgあたり 100 シリング (2022 年時点) だった。

以上の点を踏まえると、モロゴロ州キロンベロ谷では米糠を大量に確保できる可能があった。ただし発電に使用するよりもそのままバイオディーゼル油として利用するほうが効果的であることが判明した。

綿花についても産地であるシニャンガ州カハマ県で調査を実施した。カハマ県で綿花を栽培している村落では、組合が綿花を集荷し、それを販売していた。組合が村内に設置した貯蔵倉庫には収穫された綿花が保管いたが、これらの綿花は州都のカハマにある原綿工場に運ばれ繊維を取り除かれた後、搾油されていた。搾りかすはそのまま農牧民にウシの餌として販売されていて、作物残渣

が都市部で余ることはないとのことであった。搾りかすの値段は 1 kg 500 シリング（2018 年時点）であり、米糠に比べても高価であった。

以上のことから、綿実油の搾りかすについては非電化の農村で手に入れることは難しいことが判明した。また既に残渣の利用が進んでいるためにバイオディーゼル燃料の抽出原料として利用することも難しいといえる。

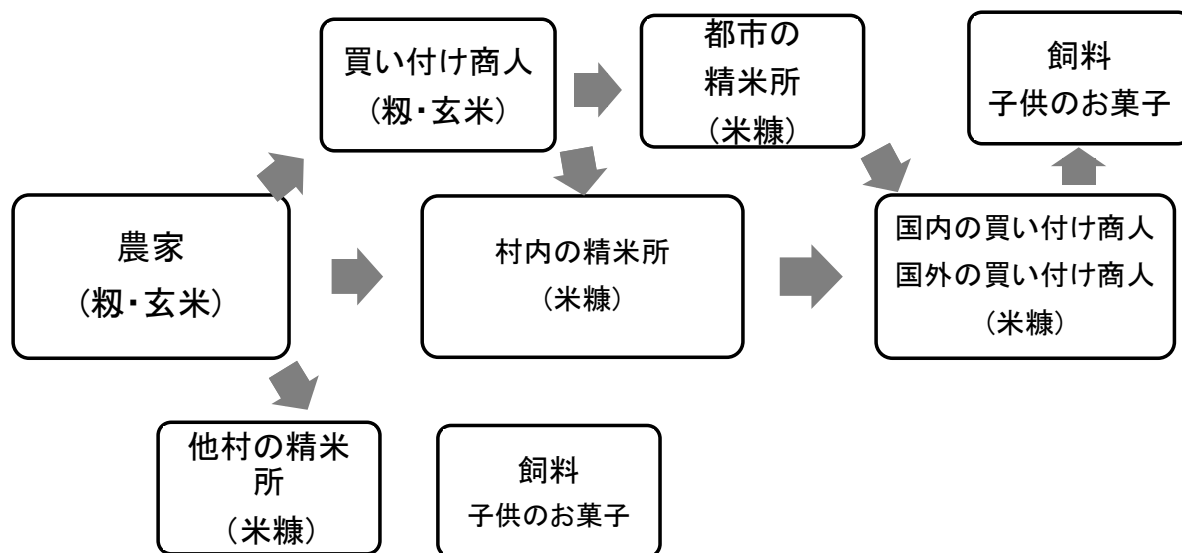


図 1-4 モロゴロ州におけるコメと米糠の流通経路

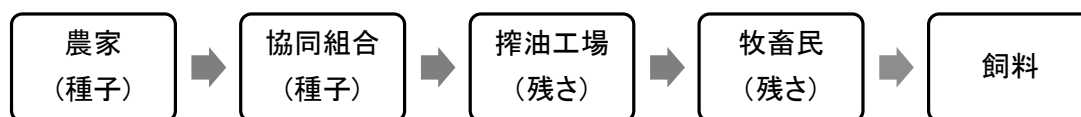


図 1-5 シニャンガ州における綿花とその残渣の流通経路

ヒマワリ油の搾りかすについては、ヒマワリの産地であるシンギダ州において現地調査をタンザニア側の研究者と共同で実施した。ほとんどの残渣は買い付け商人によって国内あるいは外国の業者に販売されていた。その後、買い取られた残渣は最終的に肥料や飼料に加工されるとのことであった。このため大量の残渣を確保するためには、残渣の買い付け商人との競争が生じてしまう恐れがあることが明らか

かになった。ヒマワリ残渣の値段は1 kg 250 シリングから 300 シリングであった（2023 年時点）。

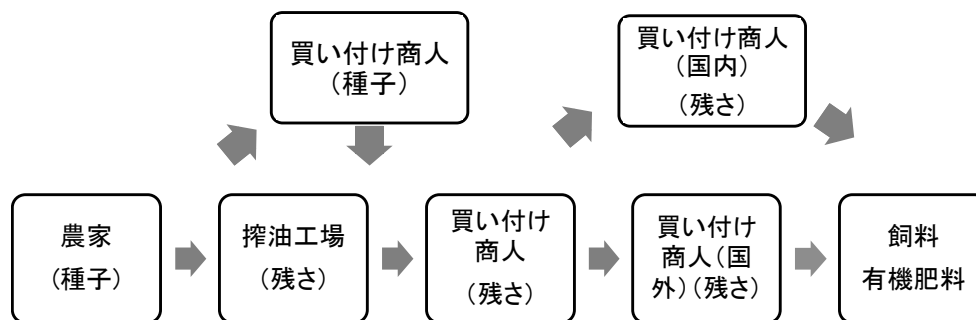


図 1-6 シンギダ州におけるヒマワリの種子とその残渣の流通経路

以上がタンザニア農村部における作物の残渣利用の実態である。また近年はヒマワリ油の搾りかすだけでなく、米糠もタンザニア国外に輸出されているため、タンザニア国内において安価に確保することは困難になりつつある。このことから作物残渣を大量に確保する手段として、収穫前の農家と種子を購入する契約をあらかじめ交わしておき、収穫直後に種子ごとを買い取ってしまうことを提案する。タンザニアの大半の地域では種子の所有者が、米やヒマワリを精米あるいは搾油する際に出てくる米糠や搾りかすの所有権も持っている。このため、白米やヒマワリ油はそのまま売却し、残渣は油脂抽出の原料とすれば、もっとも安価に作物残渣を確保することができる。

また上記の作物残渣を安定的に確保できなかった場合を想定して、本プロジェクトでは野生の植物である *Excoecaria bussei* に注目し、この種子から油脂を抽出できないか検討した。このため、*E. bussei* の分布、収穫した種子の重量、種子の含油量を調査した。まず分布について、*E. bussei* はイリング州、ドドマ州、シンギダ州など比較的乾燥した地域に生育する低木である。雨季に開花し、乾季の中盤である 8 月から 9 月に結実する（写真 1-1）。



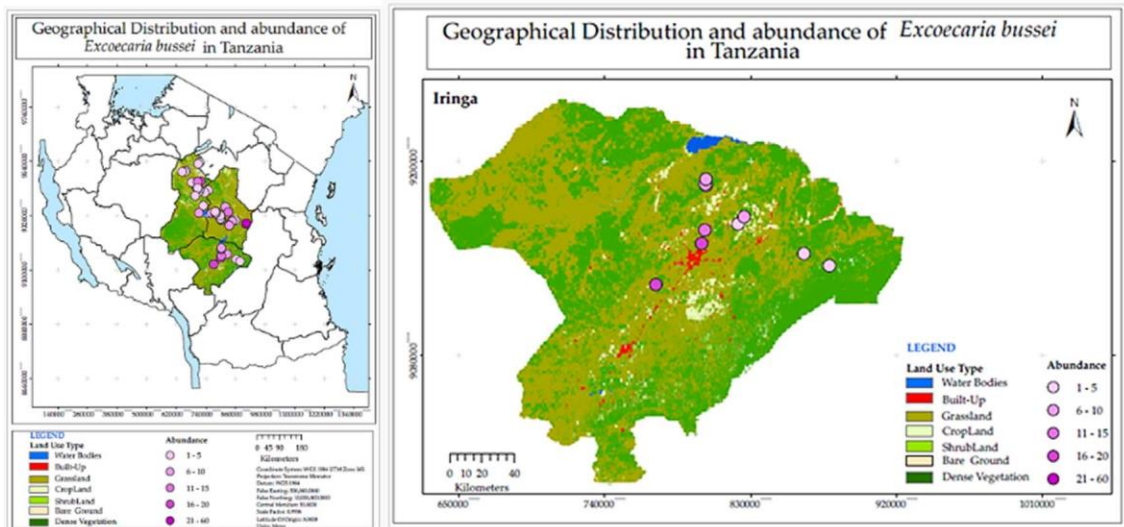
図 1-7 はタンザニアにおける *E. bussei* の分布を示している。一般的に、*E. bussei* の個体数が最も多かったのは、ドドマ州のムプワプワ県、コングワ県、チャムイノ県であり、次いでシンギダ州、イリンガ州であった。生育密度については半径 50m 以内の *E. bussei* の個体数として調査したが、最も多かったのはドドマ州で 60 本であった。イリンガとシンギダのほとんどの地域では、半径 50m あたり 10 本から 22 本の個体数であった。

次に果実の重量について、1kg の果実は 226.97 個の果物に相当することが明らかになった。各果実の平均重量は  $4.46\text{g} \pm 0.76$ 、果実に含まれる種子の平均重量は  $1.94\text{g} \pm 0.41$ 、種皮は  $1.30\text{g} \pm 0.46$  (57.75%) であった。果皮は  $0.64\text{g} \pm 0.23\text{g}$  であり、その他の部位が  $0.58\text{g}$  であった。これらの種子に含まれる含油量は平均して 52% であった。

さらに 2024 年 8 月にはダルエスサラーム大学、ソコイネ農業大学、日本大学の研究者によって、*E. bussei* の利用について民族植物学的調査を実施した。この結果、対象の樹木の樹液（白い乳液）が目に入ると目が痛くなることは全ての調査地でよく知られていた。一方、その樹液は、腹痛、産後の回復、解毒、強壮剤などに使われて

写真 1-1 果実をつけた *E. bussei*

いた。また切るときに樹液が飛び散ると危ないのでなるべく朝に切ること、薪にすると煙が多く出るのであまり使わないこと、シロアリに強いのでブドウの支柱や建材として利用されていることも明らかになった。人々の利用と樹木の個体数に関する聞き取り調査では、薪としては使えないもののブドウ栽培の支柱や建材としては価値のある植物であるため、ほかの木と同様に生育数が減っていることが明らかになった。そもそも平地でも生える木であるが、今回の調査では山地に行かないと確認できなかったことから、生育数は減っていると推察される。本調査項目は、ドドマ・イリンガ・シンギダ周辺の乾燥地の低木林をどのように保全していくかという極めて重要なテーマに関連していると考えられる。



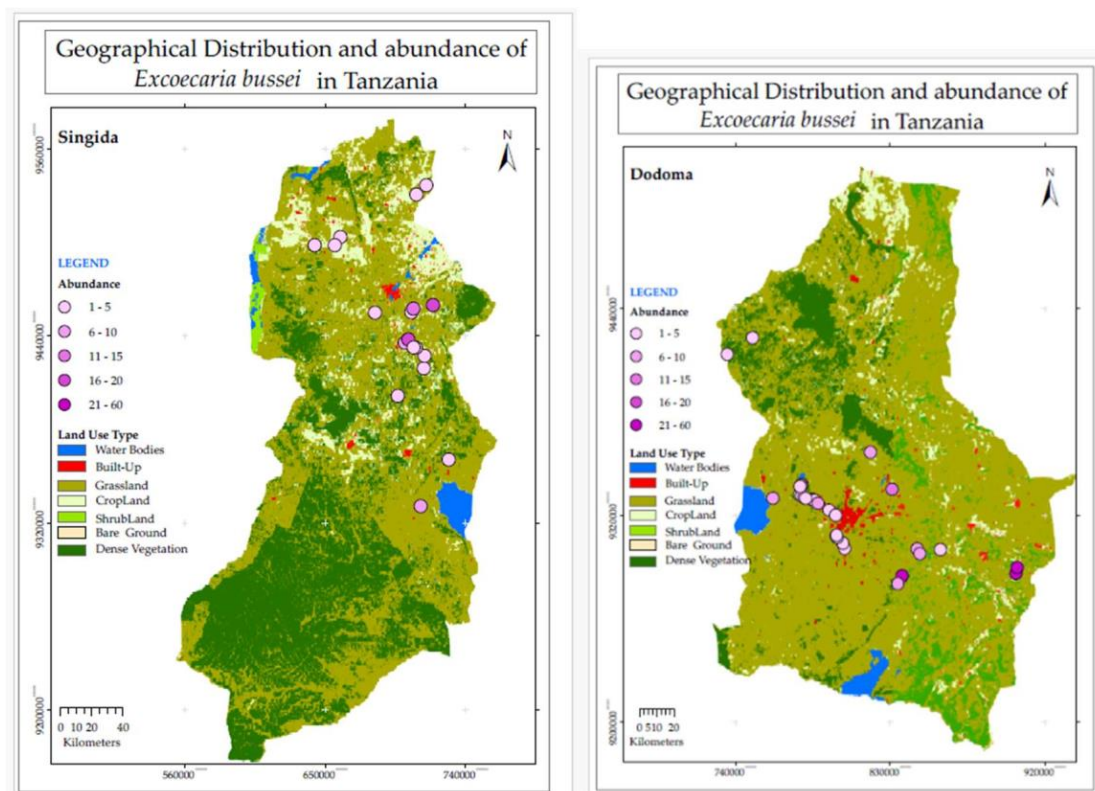


図 1-7 タンザニアにおける *E. bussei* の分布

1-4 電化に関する需要地分析では、未電化地域の電力需要を推定した。調査対象地域は 1-1 で分析した、モロゴロ州キロンベロ谷における稲作農村のイテテ地区である。イテテ地区の人口はおよそ 1 万人であり、地区に居住する人々のほとんどが稲作に従事している。イテテ地区は 2010 年代から電化が進み、2024 年時点では集落の中心部のほとんどが電化された。しかし本プロジェクトが開始された 2018 年時点では集落の一部しか電化されていなかったため、非電化地域の電力需要を調査することができた。また当時から電化されていた区域の世帯も調査することができたため、電化区域および非電化区域の電力需要の両方を調査した。本調査の対象となった世帯は非電化区域に居住していた 44 世帯である。その 44 世帯の中で太陽光発電を利用していた 2 世帯については、使用していた電化製品とその使用時間も調査した。またすでに電化されていた区域については、TANESCO の電気を使用していた 2 世帯についても使用していた電化製品と使用時間を調査した。

表 1-3 はイテテ地区の非電化区域に居住する世帯の携帯電話の保有率と太陽光発電の使用率を示している。携帯電話の保有率は 86%であった。携帯電話を保有していない世帯の世帯主はいずれも 68 歳以上の世帯であり、50 代より下の世代の保有率は 100%であった。太陽光パネルの使用率は 34%であった。

表 1-3 イテテ地区における世帯の携帯電話の保有率および太陽光パネルの使用率

携帯電話	86%
太陽光パネル	34%
(n=44)	

表 1-4 はイテテ地区の非電化および電化区域に居住する各世帯の 1 日あたり電力需要についてまとめたものである。

表 1-4 イテテ地区の非電化および電化区域に居住する各世帯の 1 日あたり電力需要

電化前の世帯当たり1日の電力需要 (世帯A)					電化後の1世帯当たり1日の電力需要 (世帯C)				
家電	台数	消費電力 (W)	電力使用時間(h)	消費電力 (kWh)	家電	台数	消費電力 (W)	電力使用時間(h)	消費電力 (kWh)
携帯電話	1	33	2	0.066	携帯電話	1	33	2	0.066
LED電球	4	10	12	0.48	LED電球	10	10	12	1.2
合計				0.546	テレビ	1	210	3	0.63
電化前の1世帯当たり1日の電力需要 (世帯B)					電化後の1世帯当たり1日の電力需要 (世帯D)				
家電	台数	消費電力 (W)	電力使用時間(h)	消費電力 (kWh)	家電	台数	消費電力 (W)	電力使用時間(h)	消費電力 (kWh)
携帯電話	1	33	2	0.066	携帯電話	1	33	2	0.066
LED電球	10	10	12	1.2	LED電球	5	10	12	0.6
テレビ	1	210	4	0.84	冷蔵庫	1	250	24	6
合計				2.106	合計				6.666

世帯 A および B がかつて非電化区域であった場所に居住していた世帯、世帯 C と D が 2018 年時点ですでに電化されていた区域に居住していた世帯である。世帯 A と世帯 B は太陽光発電を、世帯 C と D は TANESCO の電気を利用していた世帯である。電力需要の算出方法は家電の台数とその家電に記載されている消費電力を記録するとともに、1 日当たりの平均使用時間を記録した。その結果、非電化区域における世帯当たりの電力需要は 1 日あたり 0.546 と 2.106kWh であった。一方、電化区域における電力需要は 2.176 と 6.666kWh であった。世帯 A は小型のソーラーパネルを設置しており、電力も携帯電話の充電と夜につける電灯だけであったため、かなり少ない電力需要となった。一方、世帯 B は複数のソーラーパネルを設置しており、世帯 A よりも多くの電球を設置しているうえにテレビを使用していることから電力量は多くなった。一方、世帯 C と世帯 D は TANESCO の電気を使用できることから必然的に所有する家電も多くなっており、その分だけ使用電力も多かった。調査当時、いち早く TANESCO の電気を使用できた世帯は比較的経済的に余裕がある世帯であり、世帯 C と D もそのような世帯に該当する。このため多くの家電を購入することができたと考えられる。一方、世帯 B については電化されていない場所に居住しているものの、経済的には比較的余裕がある世帯であるため、もし世帯 B が居住している地区が電化されれば、消費電力は 2kWh よりも多くなる可能性がある。しかし世帯 A に関しては電化されてもこれ以上家電を購入する予定は当分ないと答えていたため、電化されたとしても消費電力は電化される前に比べてあまり増加しないものと推察できる。

すなわちイテテ地区の電力需要は大きく分けて 2 パターン考えられる。イテテ地区全体が電化された場合でも、携帯電話の充電と電灯しか使用しない世帯 A のようなパターンと新たな家電を購入して世帯 C や世帯 D のような世帯になるパターンである。実際に電化されれば、こうした 2 つのパターンの世帯が混在していくことが予想されるため、イテテ地区の世帯当たりの 1 日の電力量は、およそ 0.5kWh から 6kWh ほどであると推定できた。

1-5 バイオマス中の油分量調査については、タンザニア産イネ品種の米糠およびヒマワリの搾りかすの含油量の調査を実施した。

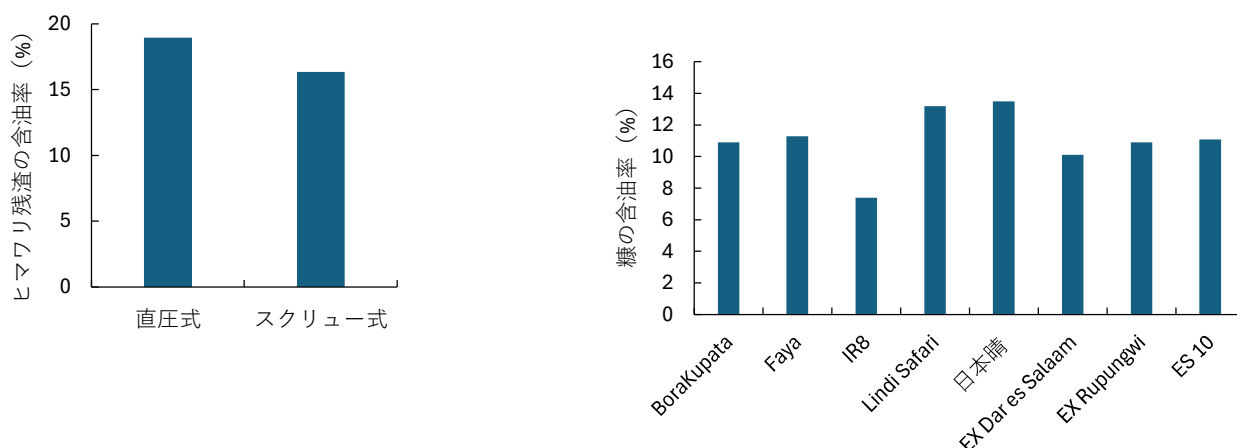


図 1-8 ヒマワリの搾油残渣の含油率と米糠の含油率

図 1-8 はヒマワリの搾油残渣と米糠の含油率である。ヒマワリ種子を搾油する場合、直圧式とスクリー式の搾油方法がある。タンザニアでは、スクリー式の搾油機が使用されている。スクリー式の場合、ヒマワリ残渣に含まれる含油率は 16.4%であった。一方、米糠は品種で異なり、含油率は 7.4%から 13.5%であった。図 1-8 に示されている品種はイネの日本晴と IR8 を除いてすべてタンザニア由来のイネ品種である。このことからタンザニアで栽培されているイネの品種群は、10%から 11%の含油率であることが分かった。

1-6 抽出油の燃焼特性評価は 4-7 の項目とも同じであるためにここでは省略する。

## ② 研究題目 1 のカウンターパートへの技術移転の状況

2023 年度に初めてタンザニア側メンバーとの共同調査として、農村部におけるフィールドワークを実施することができ、2024 年度には日本側メンバー 1 名とタンザニア側メンバー 2 名による共同調査を行った。本調査では持続的開発手法の一つである、SUA メソッドの農村の実態把握の部分を意識しながら、両国のメンバーが現地の農村においてフィールドワークを実施した。ソコイネ農業大学は JICA の技術協力 (1999 年～2004 年) によって SUA メソッドが確立されたときのカウンターパートであったが、今回のフィールドワークはその手法や特徴を現場で再確認する機会につながった。また日本側メンバーとしても、タンザニア側メンバーがどのように農村でフィールドワークをしているかを知るよい機会となった。特に調査協力者へのお礼の方法や調査時のインフォーマントとの距離の取り方など、日本側メンバーも大いに学ぶことがあった。一方、野生植物の *E. bussei* の民族植物学調査では、専門性の異なるダルエスサラーム大学とソコイネ農業大学、日本大学のメンバーが農村においてそれぞれの専門分野からの多角的な調査をすることで、効率よく対象植物の利用の実態を把握することが可能になった。

## ③ 研究題目 1 の当初計画では想定されていなかった新たな展開

COVID-19 のパンデミックによって、途中中断を余儀なくされた。特に現地調査を前提として計画されていた研究項目については、2 年余り実施することができなかった。しかし日本側メンバーが現地入りできなかった期間に、タンザニア側メンバーによって始められた野生植物の調査は、パンデミックの収束後に作物残渣の調達に関して不足分を補う存在になりつつある。また野生植物の調査はタンザニアの環境問題の解決策を導き出す可能性もあることから、今後の展開が期待される。

## ④ 研究題目 1 の研究のねらい (参考)

研究題目のねらいは現地の実態把握を通じて、プロジェクトの社会実装に必要な情報を収集することである。

## ⑤ 研究題目 1 の研究実施方法 (参考)

研究題目 1 の研究はフィールドワークを伴う現地調査が主体となっている。

## (3) 研究題目 2 : 「バイオエネルギーセンター設立」

研究グループ A (リーダー: 佐古猛)

## ① 研究題目 2 の当初の計画 (全体計画) に対する成果目標の達成状況とインパクト

バイオエネルギーセンターの設立について、暫定採択期間の 2018 年に日本側研究代表者とタンザニア側研究代表者の間で協議を行った。その結果、大型の高圧抽出装置や可燃性のヘキサンを用いる抽出実験を行うので、安全面から学内の他の建物から少し離れた場所に実験棟を建設するのが適切との合意が得られた。その後、設置する実験装置、レイアウト、面積、運営方法等について協議を行い、2019 年 11 月に開催された JCC ミーティングにおいて、バイオエネルギーセンターをバイオエネルギー実験棟に名称変更し、ダルエスサラーム大学キャンパス内の既存の実験装置置き場を改修して実験棟とすることで合意した。

その後、COVID-19 の蔓延のために現地での打ち合わせが出来ず、協議を中断せざるを得なかった。更に実験棟内に設置する高圧抽出パイロットプラントの規模で両国間の合意が得られなかったために、実験棟の設計まで協議を進めることが出来なかった。2022 年 9 月、COVID-19 が下火になり現地への渡航が許可されたので、タンザニアのモロゴロ州に両国メンバーが集まって 5 日間の合宿を行い、バイオエネルギー実験棟のレイアウト、予算、建設方法、スケジュールについて、両国メンバーの同意が得られた。その後、2022 年 12 月の JCC ミーティングで、バイオエネルギー実験棟の建設に関する基本合意が正式に得られた。

2023 年 3 月の両国メンバーと JICA 担当者による会議で、建物の面積を 450m<sup>2</sup> とし、その中に高圧抽出パイロットプラント、大気圧抽出パイロットプラント、マイクログリッドシステム、養魚飼料製造装置等の中・大型実験装置を設置すること、建設予算を 175,000 ドルとすること、実験棟建設の契約は静岡大学と現地のコンサルタント会社および建設会社が直接契約を結ぶ方式で進めることで合意した。2023 年 9 月に入札によりコンサルタント会社を決定したが、実験棟の予備設計や詳細設計を行う中で、安全対策、必要な電源の確保、ユーティリティーの充実等により、最終的な建設総額は当初の約 2 倍の 355,000 ドルに増加することが明らかになった。

両国メンバーで協議した結果、他グループの研究予算を 30%削減することで実験棟の建設費の増加分を捻出することで合意した。2024 年 4 月に入札により現地の建設会社を決定し、10 月 29 日の竣工を目指して実験棟の建設が始まった。その後、建設資材の調達の遅れや追加工事により工事が大幅に遅れたが、2025 年 5 月 31 日にバイオエネルギー実験棟が竣工した。

実験棟のレイアウトを図 2-1 に示す。縦 15m×横 30m×高さ 10m、床面積 450m<sup>2</sup> の平屋建てである。棟内には大、中、小の 3 つの実験室、スタッフの居室、分析室、トイレがある。大型機材の搬入も可能なように正面の扉の開口部は 4m である。

本プロジェクトでは、ヘキサンという可燃性溶媒を大量に使用するので、自然換気、強制循環換気、緊急換気の 3 つで対応するようにした。またメインの建物の裏側には、ディーゼル発電機、ヘキサン貯

留タンク、原料のバイオマス廃棄物を設置および保管する為の小部屋を建設した。ヘキサンを用いる大気圧抽出パイロットプラント（抽出槽が7,500L）では大量の米糠を抽出実験で使用するために、バイオマス廃棄物の保管室の裏側にトラックが直接横付け出来るように新しい道路も敷設した。

② 研究題目2のカウンターパートへの技術移転の状況  
特になし

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

当初計画では2019年度にバイオエネルギー実験棟を設計し、2020年に竣工の予定だったが、COVID-19の蔓延により現地での打ち合わせが出来ない、本プロジェクトの中核の高圧抽出パイロットプラントの規模で両国間の合意が得られない、その為に建物の規模やレイアウトを決めることが出来ないといった様々な問題が顕在化したために、コンサルタント会社の入札に必要な建物の基本設計が出来たのは2023年春になってしまった。

更に2023年9月から始まったコンサルタント会社によるバイオエネルギー実験棟の設計では、当初の建設予算の175,000ドルに対して、詳細設計の第1案の建設費は485,000ドルと、予算との差が非常に大きいために、建物の仕様の見直し、外構工事の再検討等の調整に多くの時間がかかり、10月末に設計が完了する予定が、2024年3月までかかった。そして4月から工事が始まり、2025年5月31日にバイオエネルギー実験棟が竣工した。

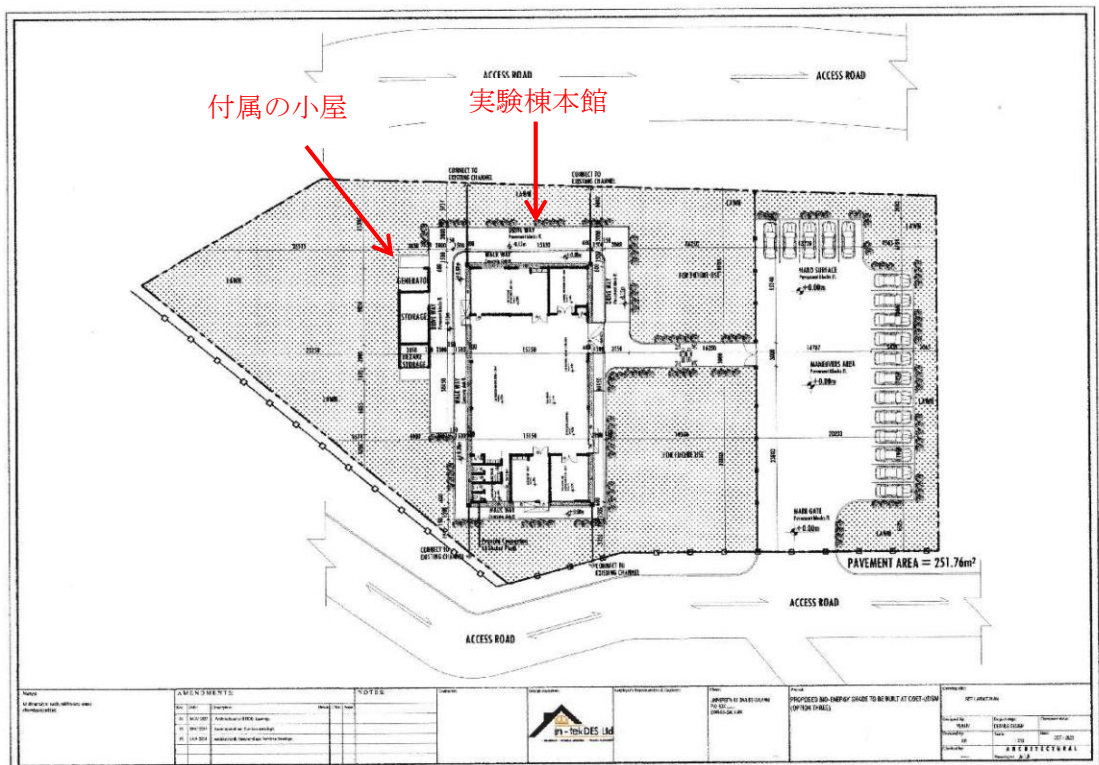
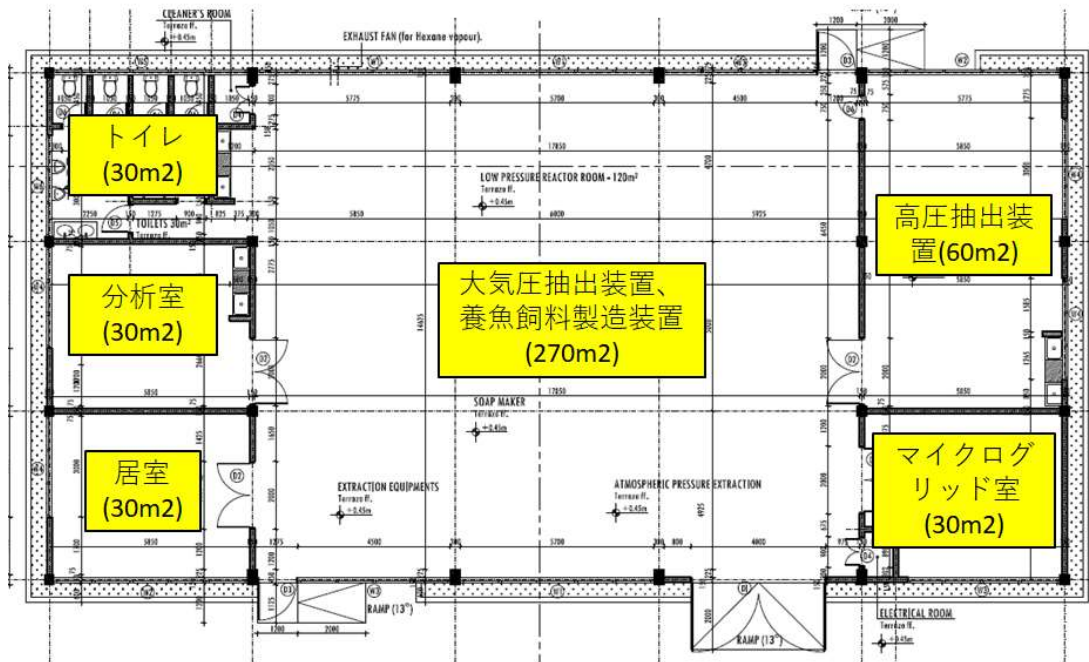


図 2-1 バイオエネルギー実験棟のレイアウトと付属の小屋

- ④ 研究題目 2 の研究のねらい (参考)
- ⑤ 研究題目 2 の研究実施方法 (参考)

#### (4) 研究題目 3 : 「油脂抽出技術確立」

研究グループ A (リーダー: 佐古猛)

研究グループ B (リーダー: 土屋陽子)

##### ① 研究題目 3 の当初の計画 (全体計画) に対する成果目標の達成状況とインパクト

当初の計画では、0.15L の小型抽出装置を用いて CO<sub>2</sub> 膨張液体を用いた米糠油の最適抽出条件を決定し、次に 5L のベンチプラントを製作して、溶媒流量、組成、圧力の安定した CO<sub>2</sub> 膨張液体を連続して抽出槽に供給する技術や外界への排出を出来るだけ抑制しながら CO<sub>2</sub> を循環使用する技術の開発といった実用プラントに必要な要素技術を開発し、最終的には実用プラントとほぼ同じ構成の 500L の CO<sub>2</sub> 膨張液体を用いるパイロットプラントを製作して、全体システムの最適化やスケールアップの検討を行う予定だった。

しかしながらタンザニア側は大型の高圧装置を扱った経験がほとんどないこと、高圧装置を維持・改造するための工作機械や溶接技術がないことがプロジェクト発足後に明らかになったために、2021 年 12 月の JCC ミーティングとその後の協議において、500L の CO<sub>2</sub> 膨張液体を用いるパイロットプラント建設を 50L のパイロットプラントに変更した。そしてディーゼル発電やマイクログリッドの研究開発に必要なバイオ燃料を確保するために、大気圧のヘキサンを用いる 7,500L のヘキサン抽出パイロットプラントを併せてダルエスサラーム大学に設置することにした。この結果、抽出技術の研究開発では、CO<sub>2</sub> 膨張液体を用いる小型抽出装置 (0.15L)、ベンチプラント (5L)、パイロットプラント (50L)、そしてヘキサンを用いる大気圧抽出パイロットプラント (7,500L) の 4 つの抽出装置を用いている。

0.15L の手作りの小型抽出装置を用いて、本プロジェクトがスタートした 2019 年より、米糠から高収率で、リン等の不純物濃度が低い油分を抽出する最適抽出条件の決定、気体の CO<sub>2</sub> と液体の有機溶媒という 2 種類の溶媒を迅速に混合する方法の開発、油分量や不純物濃度の測定方法を確立した。また 2022 年に静岡大学と同じ小型抽出装置をダルエスサラーム大学にも設置し、タンザニア産の米糠を用いた抽出実験を行い、日本産の米糠と比較した。静岡大学とダルエスサラーム大学で得られた研究成果を以下に示す。

まず初めに、CO<sub>2</sub> をヘキサンに溶解した CO<sub>2</sub> 膨張ヘキサンを用いて米糠の抽出条件を検討した。この場合、CO<sub>2</sub>+ヘキサン 2 成分系混合物中の CO<sub>2</sub> モル分率が低いと、液相のみの均一な CO<sub>2</sub> 膨張ヘキサンになるが、CO<sub>2</sub> モル分率が高くなると、ヘキサンに溶解しきれない CO<sub>2</sub> が存在し気液 2 相の CO<sub>2</sub> 膨張ヘキサンになる。2 種類の相状態が異なる CO<sub>2</sub> 膨張ヘキサンについて、抽出特性を比較した。

均一液体の CO<sub>2</sub> 膨張ヘキサンを抽出溶媒にして、油分収率、CO<sub>2</sub> 膨張ヘキサン中の油分の溶解度、リン等の不純物濃度に対する抽出条件の影響を測定し、高品質のバイオ燃料を効率よく抽出するための最適条件を検討した。その結果、油分収率 (油分/米糠の重量比) が 25wt% と高く、油分中の不純物のリン濃度が 20ppm 以下と低い米糠油を抽出するための最適条件として、25°C、5.1MPa、CO<sub>2</sub> モル分率 0.87 を決定した。この時に得られた油分収率は従来のヘキサン抽出法の 20wt% よりも約 5wt% 高く、リン濃度はヘキサン抽出の場合の 300ppm の 1/15 以下という優れた値だった。25°C、5.1MPa の均一液体の CO<sub>2</sub> 膨張ヘキサンにより米糠油を抽出した時、油分収率、油分溶解度、リン濃度と CO<sub>2</sub> 膨張ヘキサン中の CO<sub>2</sub> モル分率の関係を図 3-1 (a) ~ (c) 中の青丸で示す。図の (a) の油分収率は CO<sub>2</sub> モル分率が変化してもほぼ一定で、緑の破線で示したヘキサン抽出よりも約 5wt% 高いこと、図の (b) と (c) の油分溶解度と油分中のリン濃度は CO<sub>2</sub> モル分率が増加すると直線的に減少することが明らかになった。

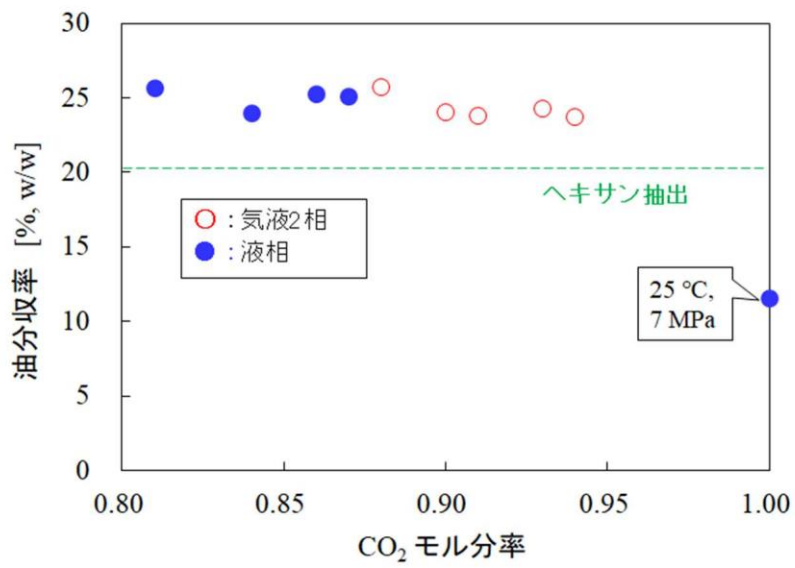


図 3-1-(a) 油分収率と CO<sub>2</sub> モル分率の関係 (25°C、5.1MPa)

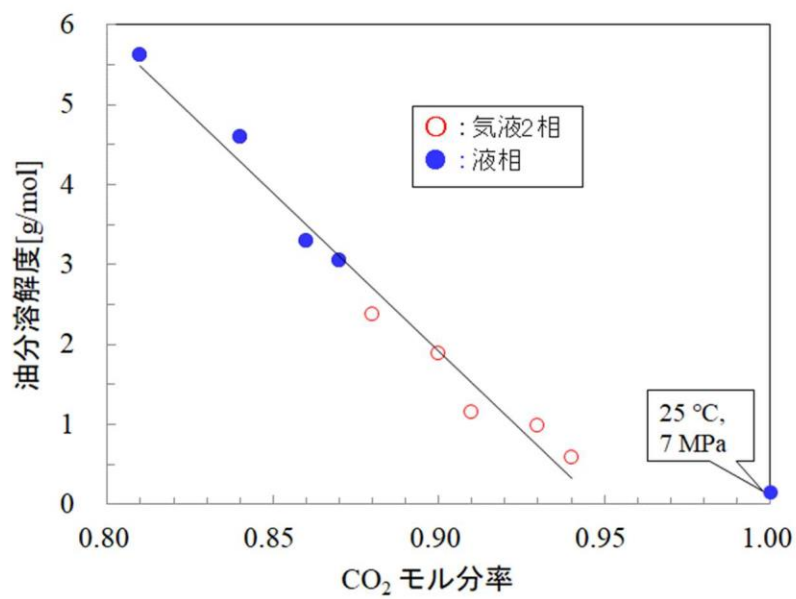


図 3-1-(b) 油分溶解度と CO<sub>2</sub> モル分率の関係 (25°C、5.1MPa)

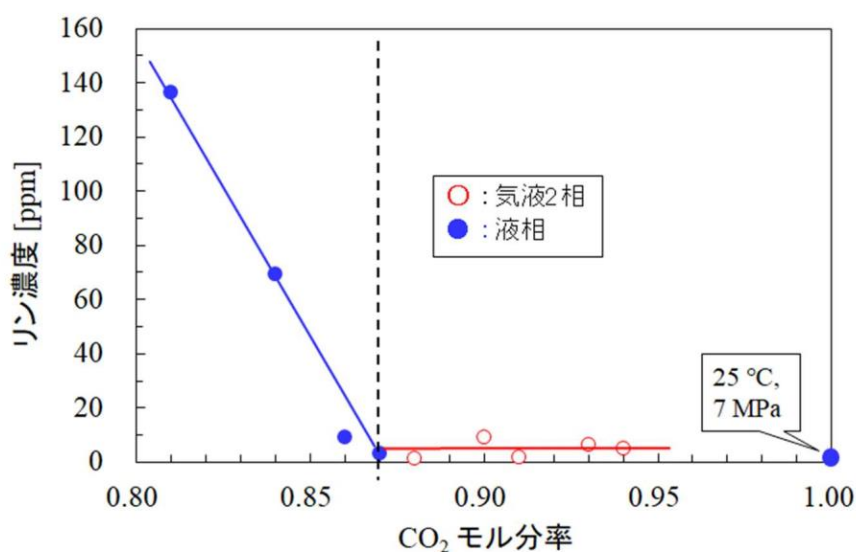


図 3-1-(c) 油分中のリン濃度と CO<sub>2</sub> モル分率の関係 (25°C、5.1MPa)

次に気液 2 相領域の CO<sub>2</sub> 膨張ヘキサンを用いて米糠から油分を抽出した時の結果を図 3-1(a)～(c)中の赤丸で示す。その結果、図(a)より 2 相領域の CO<sub>2</sub> 膨張ヘキサンは均一液体の CO<sub>2</sub> 膨張ヘキサンと同様に、ヘキサン抽出よりも約 5%高い油分収率であること、図(b)より均一液体と 2 相領域中の油分溶解度は CO<sub>2</sub> モル分率が増加すると同じ直線上で減少すること、一方、図(c)より均一液体の CO<sub>2</sub> 膨張ヘキサンと異なり、膨張ヘキサンの CO<sub>2</sub> モル分率が変動しても安定してリン濃度が低い油分を抽出できるという利点があることが明らかになった。また油分溶解度とリン濃度に対する抽出温度と圧力の影響を測定し、油分の溶解度の増加のためには高温・低圧、リン濃度の低下のためには低温・高圧の条件が適切なことを見出した。現在、CO<sub>2</sub> 膨張ヘキサン中の油分溶解度とリン濃度の CO<sub>2</sub> モル分率依存性を計算するためのモデルを作成し、油分溶解度、リン濃度共に CO<sub>2</sub> モル分率に対して直線で表されることを明らかにした。以上の研究成果は国際誌に 5 件と国際学会のプロシーディングに 1 件掲載され、更に国際誌に 3 件投稿中である。

これまで主に米糠中の油分を抽出する溶媒として、CO<sub>2</sub> 膨張ヘキサンを用いてきたが、この溶媒よりも安全性が高く、不純物濃度を抑制する可能性がある溶媒として CO<sub>2</sub> 膨張アセトンを取り上げた。実験計画法により、油分収率が高く、リン濃度と遊離脂肪酸濃度が低い最適抽出条件を決定したところ、25°C、5.0MPa、CO<sub>2</sub> モル分率 0.76 の条件で、油分収率 24%、リン濃度 4.2ppm、遊離脂肪酸濃度 9.6wt%が得られた。抽出圧力 5MPa、抽出時間 120 分における、油分収率とリン濃度の抽出温度、CO<sub>2</sub> モル分率依存性を図 3-2 に示す。CO<sub>2</sub> 膨張アセトンは、CO<sub>2</sub> 膨張ヘキサンと同程度の油分収率と遊離脂肪酸濃度、より低いリン濃度を実現できる有望な膨張液体であることが実証された。この結果は、燃料やエネルギー分野の学術誌として最も著名な Fuel に掲載された。

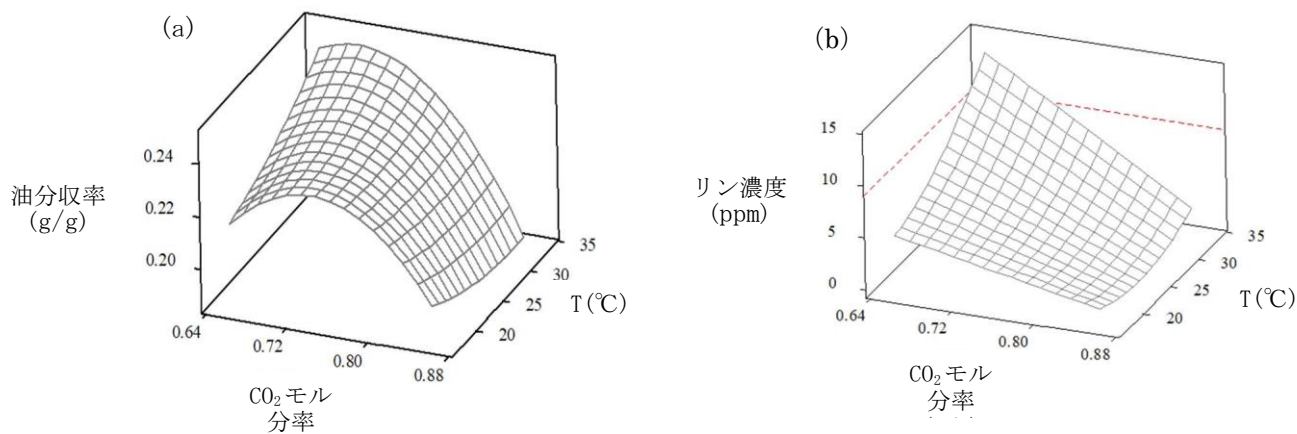


図 3-2 CO<sub>2</sub> 膨張アセトンにより米糠を抽出した時、油分収率とリン濃度の抽出温度、CO<sub>2</sub> モル分率依存性 (5MPa、120 分)

米糠以外で、タンザニアにおいて有望なターゲットとして、ヒマワリ種子を取り上げた。ヒマワリ種子は 50～60 wt%の豊富な油分を含んでおり、最近、バイオ燃料や高機能食品としての需要が増えているために、その生産量は大幅に増加している。2022 年、タンザニアのヒマワリ種子の生産量は世界 12 位である。タンザニアではヒマワリ油は圧搾法で生産されており、油分の収率が低い、リン脂質やガム成分等の不純物濃度が高いため精製工程が必要という問題がある。そのために溶媒として、米糠の抽出で優れた性能を示した CO<sub>2</sub> 膨張ヘキサンを用いて、ヒマワリ種子から油分の抽出を行い、ヒマワリ油の収率、溶解度、不純物濃度に対する抽出温度、抽出圧力、抽出溶媒の量、CO<sub>2</sub> モル分率の影響を検討した。更に従来から天然物の油分抽出にしばしば用いられてきた溶媒であるヘキサン、超臨界 CO<sub>2</sub>、液体 CO<sub>2</sub> の抽出特性と比較した。

図 3-3 に CO<sub>2</sub> 膨張ヘキサン (CXL と略記)、超臨界 CO<sub>2</sub> (SC-CO<sub>2</sub>)、液体 CO<sub>2</sub> (L-CO<sub>2</sub>) の溶媒消費量とヒマワリ油の抽出量の関係を示す。参考のためにヘキサンで 24 時間ヒマワリ種子を抽出した場合の油分収率を茶色の破線で示す。3 種類の溶媒中のヒマワリ油の溶解度を抽出初期の近似直線の傾きから決定したところ、CO<sub>2</sub> 膨張ヘキサンでは 0.0801g/g-溶媒、超臨界 CO<sub>2</sub> では 0.0051g/g-溶媒、液体 CO<sub>2</sub> では 0.0034g/g-溶媒と CO<sub>2</sub> 膨張ヘキサンは超臨界 CO<sub>2</sub> の 15 倍以上の溶解度を持つことが明らかになった。また CO<sub>2</sub> 膨張ヘキサンの油分収率は 62wt%であり、ヘキサンや超臨界 CO<sub>2</sub> よりも 17%高かった。

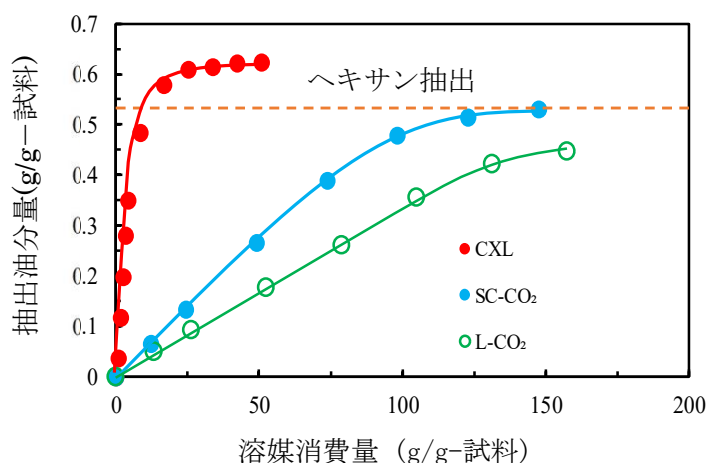


図3-3 溶媒消費量とヒマワリ油抽出量の関係

CO<sub>2</sub>膨張ヘキサン (CXL): 25 °C、5.0 MPa、CO<sub>2</sub>モル分率0.85  
 超臨界 CO<sub>2</sub> (SC-CO<sub>2</sub>): 40 °C、24.9 MPa  
 液体 CO<sub>2</sub> (L-CO<sub>2</sub>): 25 °C、20.0 MPa

CO<sub>2</sub> 膨張ヘキサンによるヒマワリ種子の最適抽出条件は 25℃、5.0MPa、CO<sub>2</sub> モル分率 0.85 であり、その時の油分収率は 62wt%、リン濃度は 2.9ppm となり、室温、大気圧のヘキサン抽出の場合の油分収率 57wt%よりも高く、その時のリン濃度 16ppm よりも大幅に低い高品質のヒマワリ油を抽出できることが明らかになった。

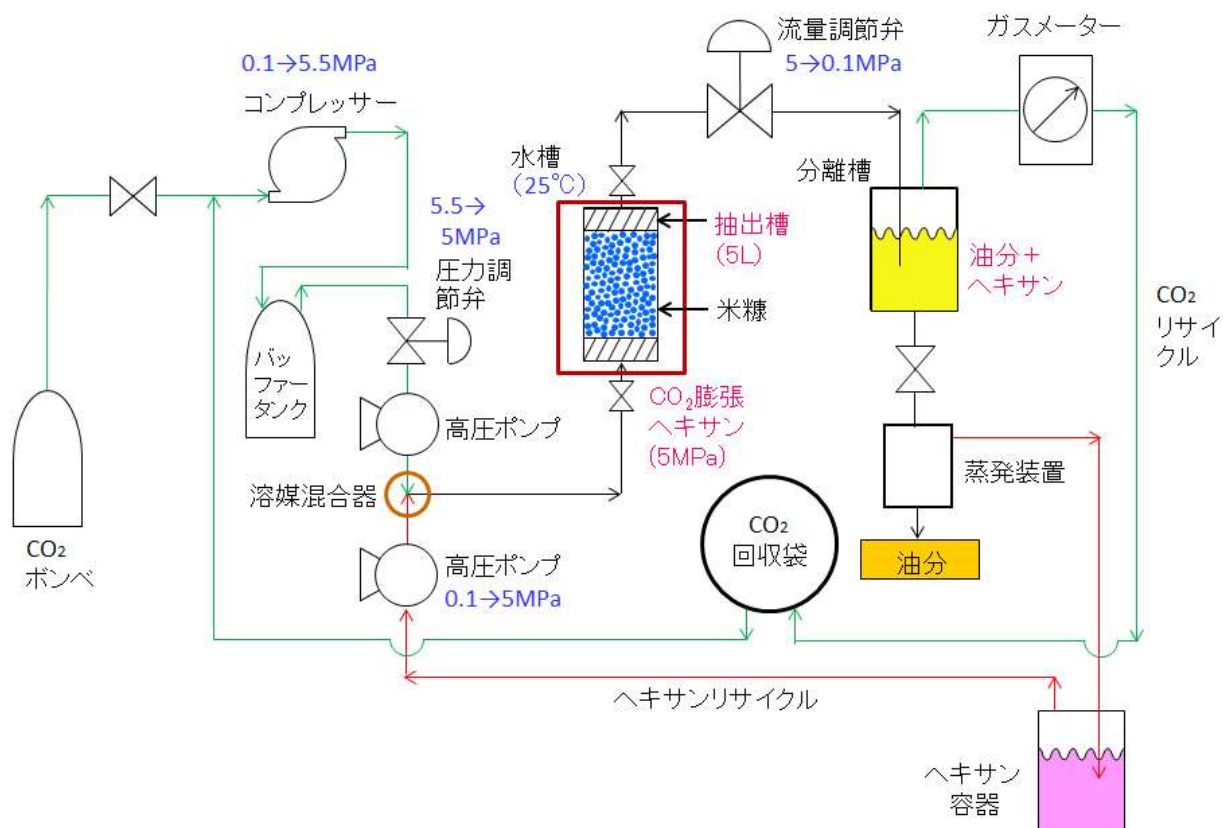


図 3-4 CO<sub>2</sub> 膨張液体抽出用ベンチプラント

次に 2020 年に、高圧装置メーカーと協力して 5L の抽出槽によるベンチプラントを開発し、静岡大学に設置した。ベンチプラントのフロー図を図 3-4 に示す。このベンチプラントは、世界初の膨張液体による連続抽出が可能な流通型装置である。試運転の結果、25℃、5MPa、CO<sub>2</sub> モル分率 0.90、抽出時間 3 時間の条件で、1.2kg の米糠中の油分のほぼ全量の 280 g を抽出できることを確認した。ただし溶媒混合器中で、液体のヘキサンと CO<sub>2</sub> ガスが完全に混合して均一な CO<sub>2</sub> 膨張ヘキサンを生成していなかったことと、コンプレッサーのみで CO<sub>2</sub> ガスを抽出槽に送ろうとすると高圧ポンプで送液されているヘキサンの勢いに押されて CO<sub>2</sub> ガスの流量が徐々に低下するという現象が起こったために、油分中の不純物のリン濃度が目標値の 5 倍以上になるという問題が発生した。

2021年、その対策として溶媒混合器を改良し、CO<sub>2</sub>用コンプレッサーの後段に高圧ポンプを設置して油分中の高リン濃度という問題を解決した。更にニトリルゴムがCO<sub>2</sub>膨張ヘキサンに対して耐性が大きいことを見出し、抽出槽や配管部分のパッキンをニトリルゴムに取り換えた。ベンチプラントの研究成果の一部を以下に示す。

5Lの抽出槽を持つベンチプラントにより、小型抽出装置を用いて決定した最適抽出条件で米糠を抽出すると、油分収率（米糠100gから抽出される油分の重量分率）22~25%、油分中のリン濃度10ppm以下、遊離脂肪酸濃度8~10wt%という想定通りの米糠油を抽出できた。抽出された油分量の時間依存性を図3-5に示す。約3時間半で米糠中の油分を完全に抽出できた。またCO<sub>2</sub>膨張ヘキサン抽出油とヘキサン抽出油の比較を図3-6に示す。CO<sub>2</sub>膨張ヘキサンにより抽出された米糠油は油分収率が高く、透明でリンやワックス等の不純物濃度が低かった。一方、現行のヘキサン抽出法では、油分収率が5%程度低く、リンやワックスの濃度が高いために濁った油分になった。

5Lのベンチプラントと0.15Lの小型抽出装置を用いた時、溶媒使用量と抽出油の重量の関係と比較した。結果を図3-7に示す。2つの抽出装置の抽出曲線がほぼ一致していることから、抽出槽の内容積の大きなベンチプラントでも抽出溶媒は均一に分散し、米糠と良好に接触していることが分かった。この結果から、タンザニアに設置する抽出槽の体積50Lのパイロットプラントにおいても、ベンチプラントと同様のフローや抽出槽の構造で問題ないことが明らかになった。

ベンチプラントでの米糠の抽出において、前処理として米糠を乾燥して含水率を下げてから抽出を行うと、高圧用流量調節弁内部での氷の析出による閉塞を回避し、長時間安定して抽出できることを見出した。約12wt%の含水率の米糠を3wt%の含水率まで乾燥させて行った抽出実験では、1.2kgの米糠から280gの米糠油を抽出し（収率23%）、油分中のリン濃度は3ppmと非常に低い値だった。

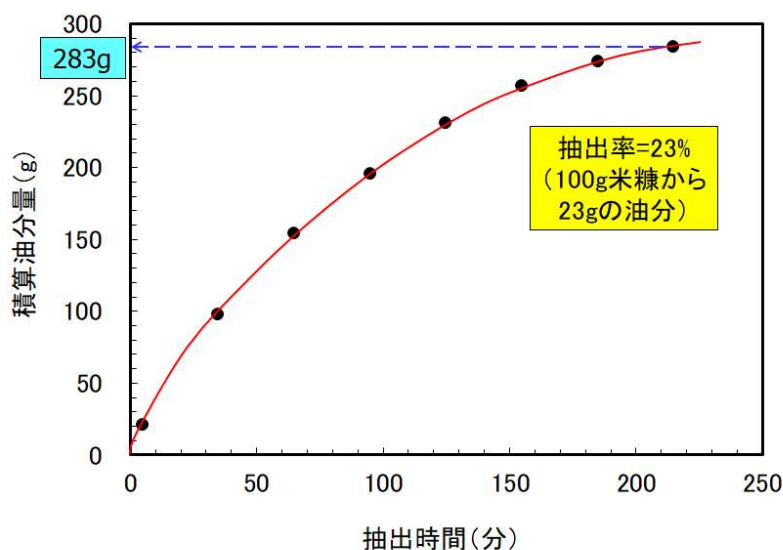


図3-5 ベンチプラントを用いた時、積算油分量の時間変化 (23~24℃、5.0~5.2MPa、CO<sub>2</sub>モル分率=0.89、米糠=1223g)



図3-6 CO<sub>2</sub>膨張ヘキサン抽出油とヘキサン抽出油の比較

2024年、ベンチプラントで得られた知見を基に、高压装置製造業者と協力してCO<sub>2</sub>膨張液体を用いる50Lの抽出槽を持つパイロットプラントを設計・製作した。2025年1月にダルエスサラーム大学内のバイエネルギー実験棟に設置した。高压抽出パイロットプラントのフローと写真を図3-8に示す。このフロー図はベンチプラントのフロー図とほぼ同じである。ただしCO<sub>2</sub>ガスと油分+ヘキサン混合液体の分離槽では、ヘキサンのミストがCO<sub>2</sub>ガスに混入することを防止するために、伝熱面積を大幅に増やしたミストセパレータを製作し、CO<sub>2</sub>ガス中のヘキサンのミストをほぼゼロにした。またベンチプラントに比べてCO<sub>2</sub>ガスの循環量が10倍になるために、ベンチプラントで用いた体積可変のCO<sub>2</sub>回収バルーンをステンレス製回収容器に代えて、内部のCO<sub>2</sub>のガス圧をモニターすることでCO<sub>2</sub>の循環をスムーズに行うようにした。この抽出装置を用いると、3時間以内に15kgの米糠から約3kgの油分を抽出可能である。

この装置を用いて、実用プラントの設計、製作に必要な溶媒流量、組成、圧力の安定したCO<sub>2</sub>膨張液体を連続して抽出槽に供給する技術、抽出槽内でのCO<sub>2</sub>膨張液体の偏流や温度むらを抑制して米糠中の油分を効率よく完全に抽出する技術、外界への排出を出来るだけ抑制しながらCO<sub>2</sub>を循環使用する技術、米糠等の固体原料を抽出槽に迅速に仕込む方法、大量の高压CO<sub>2</sub>ガスと可燃性有機溶媒を安全に取り扱う技術を開発することを目指している。CO<sub>2</sub>膨張液体を用いる有機物の連続抽出技術への注目度は高く、今回のパイロットプラントは、2024年9月6日付の日刊工業新聞で紹介された。

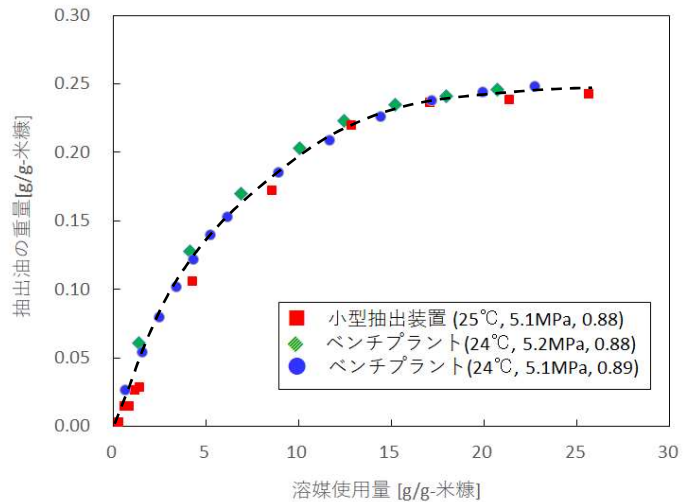


図 3-7 抽出油分量と溶媒使用量の関係

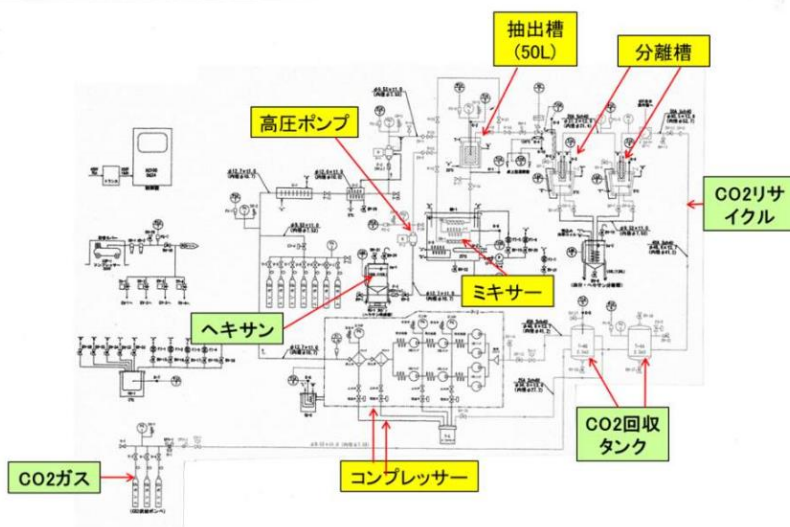


図 3-8 CO<sub>2</sub>膨張ヘキサンを用いる50L 高压抽出パイロットプラント

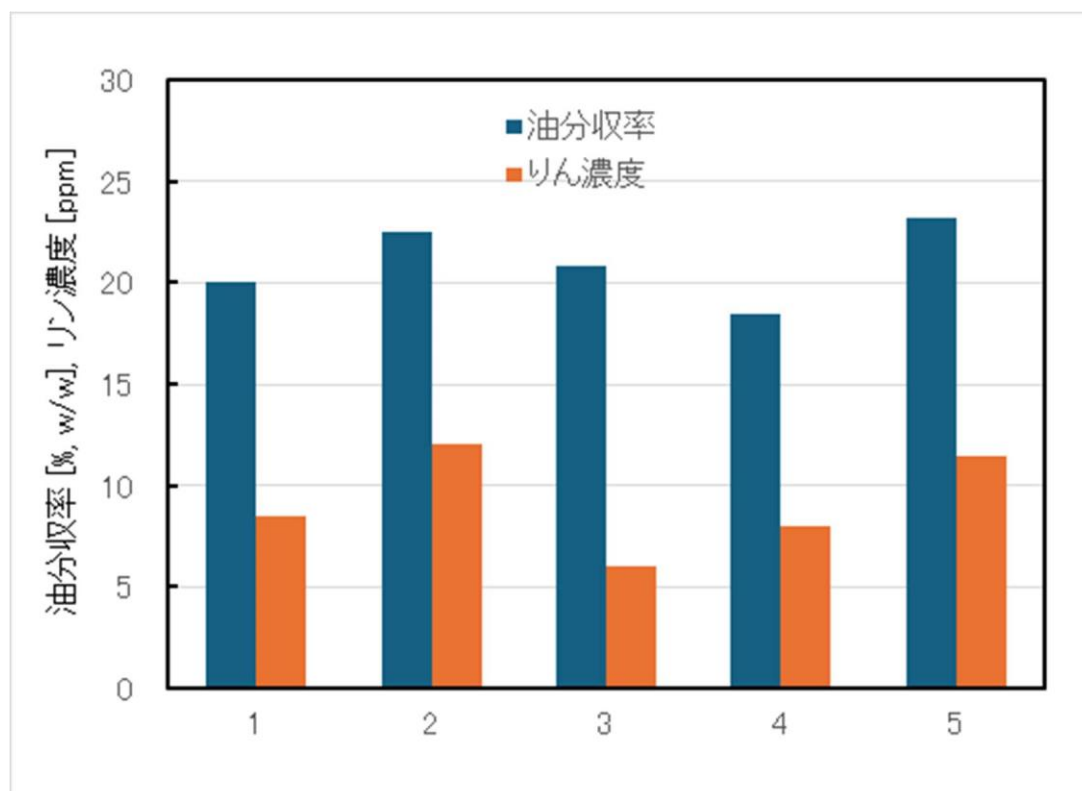


図 3-9 高圧抽出パイロットプラントを用いてタンザニア産米糠を抽出した時の油分収率と油分中のリン濃度 (25~26℃、5.0~5.3MPa、CO<sub>2</sub> モル分率=0.86~0.90、米糠=15kg)

図 3-9 に、高圧抽出パイロットプラントを用いてタンザニア産米糠を CO<sub>2</sub> 膨張ヘキサンで抽出した時の油分収率とリン濃度を示す。抽出条件は小型抽出装置やベンチプラントで決定された最適条件 (25℃、5.1MPa、CO<sub>2</sub> モル分率=0.87) にほぼ合致している。

今回用いたタンザニア産の米糠をヘキサンで 24 時間抽出したところ、油分収率は 16~19% だった。日本産の米糠をヘキサン抽出した時、油分収率の平均値は約 20% なので、少し低い値だった。本来、タンザニア産の米糠中の油分量が少ないのか、倉庫で保存中に昆虫等に食べられたためなのか、今後検討する予定である。CO<sub>2</sub> 膨張ヘキサンにより米糠を抽出したところ、油分収率は 18~23% だった。抽出槽の容量が 0.15L の小型抽出装置や 5L のベンチプラントに比べて各実験の収率の変動が大きかったのは、CO<sub>2</sub> モル分率の変動の影響と考えられる。抽出実験中、ヘキサンの流量は安定しているが、CO<sub>2</sub> の流量はコンプレッサーの ON/OFF によりかなり変動している。今後の状況により、コンプレッサーの出口にバッファータンクを設置し、CO<sub>2</sub> 流量の変動を抑制する必要がある可能性がある。

リン濃度について、米糠をヘキサンで抽出すると、抽出油分中のリン濃度は 304ppm だった。一方、最適条件の CO<sub>2</sub> 膨張ヘキサンで抽出すると 5~15ppm の範囲で変動した。CO<sub>2</sub> モル分率が低い時、言い換えると抽出溶媒中のヘキサン濃度が高い時、リン濃度、油分収率共に高くなる傾向があることから、CO<sub>2</sub> 膨張ヘキサン中のヘキサン濃度が高くなって膨張ヘキサンの溶解力が高くなり、リン濃度が上がったと推測される。常に 10ppm 以下のリン濃度の油分を抽出するためには、バッファータンクの設置等により、CO<sub>2</sub> の流量を安定させることが必要である。

次に高圧抽出装置の 1 日当たりの収支計算を図 3-10 に示す。ここでは 500L 抽出槽を用いて、1 日に 4 バッチで米糠 600kg を抽出し、150kg の油分を抽出すると仮定する。収入では、抽出油が 150kg 得ら

れるので、ディーゼル油相当とすると価格は 28200 円、450kg の米糠残渣の中から、250kg で魚の飼料を製造すると 20000 円、残りを固体燃料にすると 1086 円になる。その結果、収入の合計は 49,286 円である。

一方、支出は、原料の米糠、抽出溶媒のヘキサンと CO<sub>2</sub>、コンプレッサーやポンプの電気代、2名の人件費、養魚飼料の製造費である。更に高圧抽出装置の価格を 4000 万円、年間の保守費を 200 万円とすると、支出の合計は 36320 円である。

その結果、1日の利益は、収入－支出から 12,966 円、年間の利益は操業日を 300日とすると、389 万円になる。現時点では大雑把な収支計算だが、今後の技術開発により収益がプラスになる可能性は十分であると推測している。

図3-10 高圧抽出装置の1日当たりの収支計算(500L抽出槽、4バッチ/日、米糠600kg/日)

【収入】		重量、電力	単価[円/kg]	価格[円]	合計[円]
抽出油 (150kg)	ディーゼル油	150kg	188	28,200	49,286
	全量を発電	585kWh			
養魚飼料(原料250kg)		500kg	40	20,000	
固体燃料		155kg	7	1,086	
【支出】		追加・使用量等	単価[円/kg]	価格[円]	合計[円]
米糠		600kg	2.35	1,410	36,320
ヘキサン(2wt%追加)		16.6kg	225	3,744	
CO <sub>2</sub> (1wt%追加)		28.6kg	180	5,141	
電気代(コンプ+ポンプ)		199.5kWh	11.5円/kWh	2,295	
固体燃料(12.7MJ/kg)		米糠の前処理加熱用 15.5kg、ヘキサンの蒸発用 29.3kg			
人件費		2人	1000円/日/人	2,000	
養魚飼料の製造費		250kg	別のエクセル	1,730	
高圧抽出装置の減価償却	価格[円]	耐用年数[年]	稼働日数[日/年]	減価償却+保守費[円]	
	4,000万円	10	300	13,333+6,667	
1日の利益(円) 【収入】－【支出】					
年間の利益(円) 【1日の利益】×300日					3,889,913

農作物や作物残渣から抽出した油分中には薬効成分、生理活性物質、サプリメント成分、精油といった有用成分が含まれていることが多い。CO<sub>2</sub> 膨張液体を用いる高圧抽出技術は目的物質の選択的抽出が可能なので、タンザニアメンバーが中心になって、抽出油をバイオ燃料として燃焼する前に高付加価値成分を分離し、製品化する研究を行っている。タンザニアで生産されている機能性植物油脂、例えばダイエット効果や免疫力アップが期待されるココナッツオイル、抗酸化作用やアンチエイジング効果があるカシューナッツオイル、自律神経失調症に有効なγ-オリザノールを含む米糠油といった高付加価値

の天然オイルが有力なターゲットである。一例として、タンザニアのメンバーが静岡大学の博士課程で行った研究を示す。彼は CO<sub>2</sub> 膨張ヘキサンを用いてミカンのエッセンシャルオイルと D-リモネンを抽出し、従来のヘキサン抽出、水蒸気蒸留法と比較した。その結果を図 3-11 に示す。25°C、6.5MPa、CO<sub>2</sub> モル分率 0.70 の CO<sub>2</sub> 膨張ヘキサンを用いると、両成分共に高収率で抽出できることを見出した。

CO<sub>2</sub> 膨張ヘキサンを用いる高圧抽出パイロットプラントよりも約 4 ヶ月遅れて、液体のヘキサンを用いる抽出槽の容積が 7,500L の大気圧抽出パイロットプラントをダルエスサラーム大学に設置する。この抽出装置の位置付けは、米糠から大量の油分を抽出しディーゼル発電機に供給して発電試験を行い、米糠油の燃焼特性やバイオ系発電燃料としての有用性を明らかにすること、タンザニア初の大型の溶媒抽出装置であり、溶媒抽出の先駆けの装置になることである。そしてこの装置の次の世代として、CO<sub>2</sub> 膨張ヘキサンを用いる高圧抽出装置が位置付けられる。

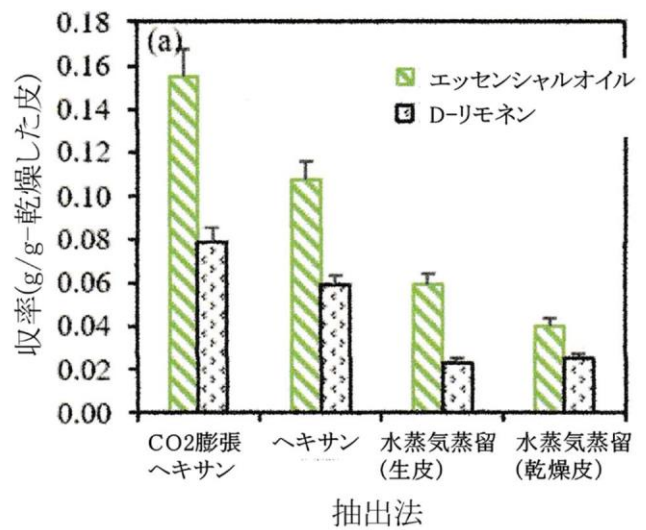


図 3-11 みかん中のエッセンシャルオイルと D-リモネンの収率に対する抽出法の影響

大気圧ヘキサン抽出プラントのブロック図を図 3-12、前処理部と抽出部の写真を図 3-13 に示す。米糠 500kg とヘキサン 2500L を 7,500L の抽出槽に仕込み、5~6 時間で抽出する。次に油分とヘキサンの混合物を蒸発器に送って、ヘキサンを蒸発・除去して油分を回収する。その後、油分中のガム成分、ロウ成分を除去して、精製米糠油を得る。現在、このフロー図を基に、物質収支とエネルギー収支を計算し、エネルギー効率と経済性の事前評価を行っている。

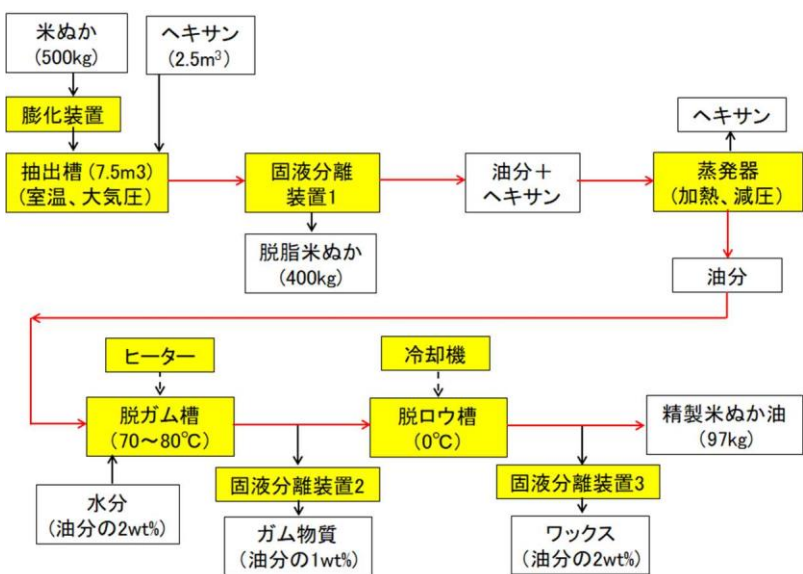


図 3-12 大気圧ヘキサン抽出プラント

抽出した油分とヘキサンの混合物から、沸点の低いヘキサンを除去するための蒸発器について、2019 年から蒸留による溶媒回収に実績のある国内の民間企業とガラス製蒸発器を用いて共同研究を行った。その結果、2020 年に 99%以上のヘキサンを油分から分離・回収できることを明らかにした。

現在、ダルエスサラーム大学には、抽出槽の内容積が 0.15L の小型高圧抽出装置、5L の高圧ベンチプラント、50L の高圧抽出パイロットプラント、7,500L の大気圧抽出パイロットプラントの 4 台が設置されている。ヘキサンを使用する大型の大気圧抽出プラントは、本プロジェクトのマイクログリッドによる発電/給電に必要なバイオ燃料油を供給するために使用する。更にこの抽出法は既に海外では商業化されているが、タンザニアでは初めての大型プラントである。このために現行の圧搾法による油分生産

を高収率のこの抽出法に置き換える可能性がある」と期待される。一方、小型から大型の高圧抽出装置は、油分収率が高い、不純物濃度が低い、特定成分の抽出分離が可能といった利点がある。一方、高圧操作なので、コストがかかる、扱いにくいといった課題もある。このために当面は、大気圧抽出法で高収率、安価



図 3-13 大気圧ヘキサン抽出プラントの前処理部と抽出部

にバイオ燃料油を抽出する技術を確認して、社会実装を目指すとともに、将来は高品質のバイオ燃料油を高収率で抽出できる高圧抽出法への移行を目指す。更に高圧抽出法は分離選択性が高く、分離速度が速いという利点があるので、天然物中の薬効成分等の微量成分の迅速分離に適している。この特性に注目して、タンザニア国内に豊富に存在する高付加価値成分を含む油分の抽出への応用を進めていく予定である。

基礎物性の測定について、高圧流体中の溶質の拡散係数の測定装置を整備して、高圧液体（ヘキサン、エタノール、メタノール）及び超臨界 CO<sub>2</sub> 中のバイオ系油分（トリオレインなど）の分子拡散係数を測定した。さらにガス膨張液体領域におけるトリオレインなどの分子拡散係数を推算するための相関式を開発した。それらの研究成果を国際誌に掲載した。その後、高圧流体中における溶質の分子拡散係数の測定精度を向上させるために、検出器セルや温度・圧力制御系の改良を続けている。バイオ燃料の成分の一例として、オレイン酸メチルの分子拡散係数を高精度で測定し、分子拡散係数のデータ解析および相関式の開発に取り組んでいる。ここでは、ガス膨張液体の領域を含め、液体の状態から超臨界状態までの幅広い密度、粘度領域において油分の拡散係数の推算が可能な相関式の開発を目指しており、当初の計画通りの成果が得られたので国際誌に投稿する予定である。

副製品による石鹼製造技術について、一般的な石鹼製造手法の中で、廃棄物が出ないとされる焚き込み法と冷製法について比較検討を行い、鹼化反応における加熱・攪拌の消費エネルギーを計測した。その結果、冷製法では石鹼だけでなく通常は生成しない液体廃棄物が生成した。原料に遊離脂肪酸(FFA)を多く含むため石鹼とグリセロールが分離し、液体廃棄物が生成したと考えられる。一方、焚き込み法では、高温で長時間加熱・攪拌することで廃棄物を出さずに石鹼が製造できたが、冷製法の約 100 倍の

エネルギーを消費した。本検討において、廃棄物の生成とエネルギー消費がトレードオフの関係にあり、いずれも望ましい石鹼製造手法とはいえなかった。これを改善する新しい想定プロセスとして、抽出油を全量石鹼製造に供して遊離脂肪酸を優先的に消費し、石鹼成分を固相として分離し、残りの油脂成分を発電に供する手法を検討した。この手法により遊離脂肪酸が優先的に石鹼となれば、余分な廃棄物を出さないだけでなく、発電に供する抽出油中の遊離脂肪酸含有量を低減でき、部材腐食など発電機に与える悪影響を低減できるメリットがある。30wt%の遊離脂肪酸を含む模擬油脂に対して、添加する水酸化ナトリウムの当量を20～40%にして検討を行った結果、焼き込み・冷製法ともに石鹼および燃料油が得られることがわかった。

次に、国内事業者から市販の米糠油を調達して、実際の抽出油を想定した本プロセスの適用可能性を検討した。約10wt%の遊離脂肪酸を含む米糠油に対して、水酸化ナトリウムが等量となるように水酸化ナトリウム水溶液を添加して冷製法で鹼化を行ったところ、石鹼成分の一部が分離後の油脂中に懸濁し、燃料油には望ましくない状態であることがわかった。そこで油脂を清浄化する後処理について検討した結果、懸濁した米糠油を12倍重量のヘキサンに溶解して攪拌することで石鹼成分の析出を促進し、ろ過・エバポレーター濃縮することにより、図3-14に示すように懸濁が解消され、石鹼成分と油脂成分の分離が可能となった。使用したヘキサンは膨張液体抽出に再利用することを想定しており、今回の方法は廃棄物が出ない後処理法の可能性がある。

以上の結果、原料となる抽出油の特性に応じた副製品製造手法として、本プロジェクトの指向するエネルギー消費と廃棄物が少ない石鹼製造プロセスの見通しが得られた。



図 3-14 実際の米糠油を用いた部分鹼化と懸濁油脂の後処理

## ② 研究題目3のカウンターパートへの技術移転の状況

2020年2～3月、2名のタンザニアメンバーが静岡大学に滞在し、油脂抽出技術の基礎、抽出装置の組み立て方、運転方法、データの解析方法等について研修を受けた。また2021年4月～2024年3月の間、1名のタンザニアメンバーが静岡大学博士課程に在籍し、CO<sub>2</sub>膨張液体による天然物中の油分抽出の研究を行い、学位を取得した。彼は2025年1月にダルエスサラーム大学に設置された高圧抽出パイロットプラントの研究リーダーを務めている。更に2023年10月から、2人目のタンザニアメンバーが静岡大学博士課程に在籍し、CO<sub>2</sub>膨張液体によるヒマワリ種子と残渣の抽出実験と解析を行っている。静岡大学で研修を受けたタンザニアメンバーは、2025年1月にダルエスサラーム大学に設置した高圧および大気圧抽出プラントの運転研究において、中心的な役割を担うと期待される。特に静岡大学で学位を取得した2名の教員は、タンザニアにおける油脂の抽出技術のリーダーとして活躍することが期待されている。更に2019年と2023年に、タンザニアの抽出グループのメンバー全員が日本を訪問し、日本

側の研究機関、パイロットプラントの製造業者、JICA と意見交換した。

副製品製造技術の研究開発について、タンザニアにおける調査研究を日本とタンザニアのメンバーにより共同実施することにより、調査技法および調査結果の共有を行った。

### 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

当初、500L の抽出槽を持つ高圧抽出パイロットプラントで米糠を抽出する計画だったが、2021 年 12 月の JCC ミーティングにおいて、相手大学の高圧技術の状況から 50L の高圧抽出プラントと 7,500L の大気圧抽出プラントを建設して、油分抽出技術、発電/マイクログリッド技術、副製品製造技術の研究開発を行うことに計画変更した。

バイオエネルギー実験棟に設置する 3 種類の大型実験装置(高圧抽出パイロットプラント、大気圧抽出パイロットプラント、養魚飼料製造装置)は 2024 年 9~10 月に日本と中国を出発し、ダルエスサラーム大学に 12 月~2025 年 1 月に到着した。その後、養魚飼料製造装置は 1 月、高圧抽出パイロットプラントは 2 月 10 日までにバイオエネルギー実験棟での装置の組立、試運転、タンザニアメンバーの研修を完了し、これらの装置を用いた研究を開始した。一方、大気圧抽出パイロットプラントは 1 月 24 日に一旦、バイオエネルギー実験棟での組み立てを中断して、不具合な箇所の点検を行った。その後、5 月下旬から工事を再開した。今後の予定では、6 月中旬に組み立て、試運転、研修を完了し、6 月下旬から運転研究を本格的に始める予定である。

### ④ 研究題目 3 の研究のねらい (参考)

### ⑤ 研究題目 3 の研究実施方法 (参考)

## (5) 研究題目 4 : 「マイクログリッド実証」

研究グループ A (リーダー: 佐古猛)

研究グループ B (リーダー: 土屋陽子)

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

研究題目 4 はマイクログリッドの設計における一連の過程を通して、マイクログリッドの適切な設計・施工を行う能力を身につけ、かつ現地で生産されたバイオ燃料油を用いて実際の発電を行い、その評価を行うことを目的としている。この目的を達成するために、電力データの収集、マイクログリッドの設計 (シミュレーション)、施工、マイクログリッドの実証試験、抽出油の分析、抽出油を用いた実証試験を行う。

4-1 電力需要データの収集及び評価について、ダルエスサラーム大学周辺住宅および農村部で電力需要データを収集する予定であったが、COVID-19 の影響もあり実施に至らなかった。文献データを元に農村部へのマイクログリッド設置の例として、モロゴロ州キロンベロ県ムクラ市カトゥルキラ村を対象として負荷パターンを作成し(図 4-1)、配線設計方法や損失評価などに関して国際学術誌の IJRASET にて論文発表した。図中 TL が対象村の想定負荷であり、RL および CML はシミュレーション用に想定した異なる負荷プロファイルである。

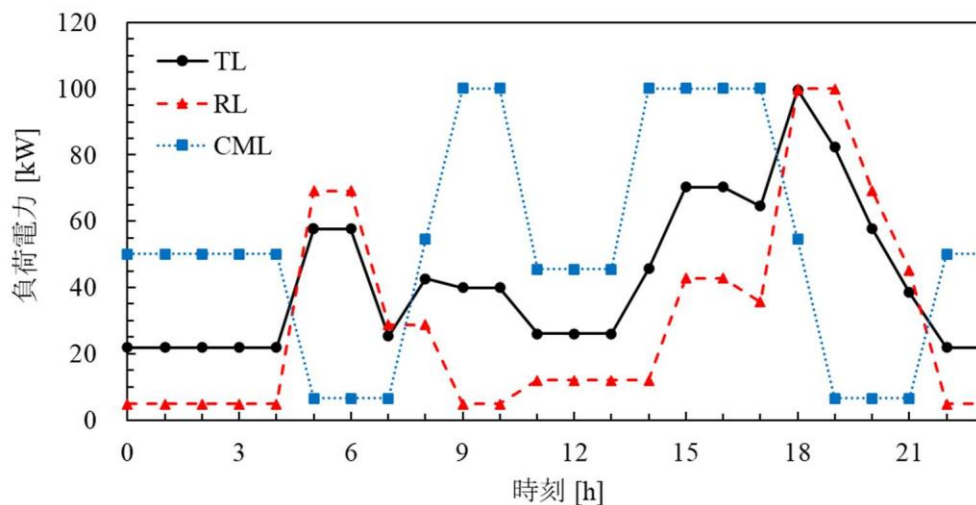


図 4-1 カトゥルキラ村を想定した負荷(TL)及び他の想定プロファイル

4-2 マイクログリッドと模擬負荷の設計・ダル大での建設に関して、マイクログリッドの設計に関しては、前述の電力負荷プロファイルを用いて設計を行うとともに設計方法を教授した。農村部へのマイクログリッド導入シミュレーションでは複数の負荷パターンに対して、種々の組合せをシミュレーションし、ディーゼル発電+太陽光発電+蓄電池の組合せが最適であることおよびその最適な導入量を示し、第 11 回 SOLARIS 国際会議で発表した (図 4-2)。さらにディーゼル発電機の制御則、負荷プロファイルの大きさ及び日射量を変えてシミュレーションを繰り返し、費用対効果の高い PV 導入量は日平均負荷電力量と平均日射量に依存し、蓄電池の最適容量は夜間の負荷電力量に比例することを示し (図 4-3 および 4-4)、費用対効果の高い最適な PV 容量および蓄電池容量は、ディーゼル発電機の負荷追従制御(LF)の際にシミュレーションをせずとも次式で表されることを示した。

$$P_{PV} = (0.0097 \times G_{avg}^2 - 0.156 \times G_{avg} + 0.928) \times W_{day}$$

$$W_{BESS} = 1.35 \times W_{night}$$

ここで、 $P_{PV}$  は最適 PV 導入量 [kW]、 $W_{day}$  は平均日積算消費電力量 [kWh]、 $W_{BESS}$  は最適蓄電池容量 [kWh]、 $W_{night}$  は平均夜間消費電力量 [kWh]である。これは非常に簡易な費用対効果の高いマイクログリッドの設計指標であり、マイクログリッド設計の指標となるものと考えられる。

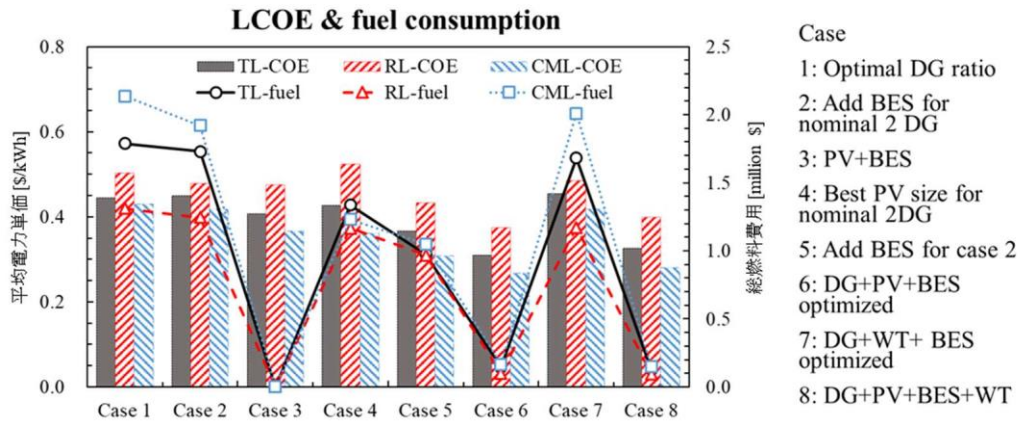


図 4-2 電力単価および燃料消費のシミュレーション結果

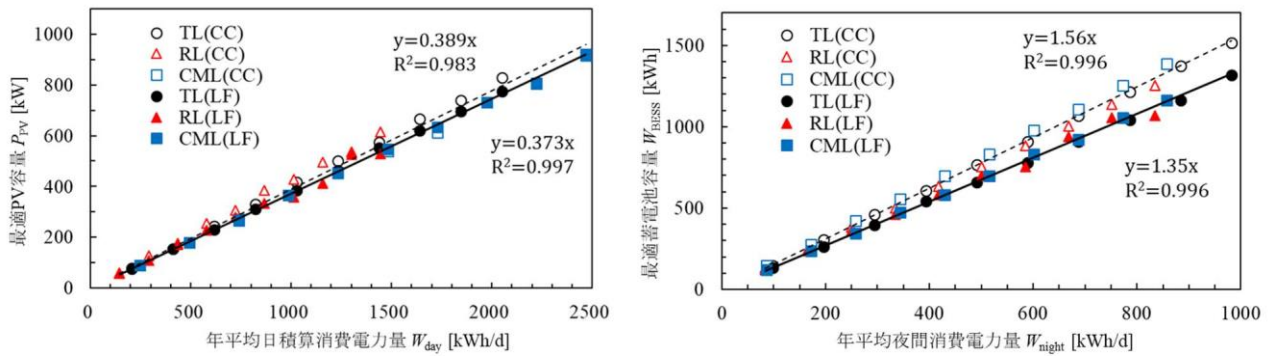


図 4-3 最適な PV および蓄電池容量

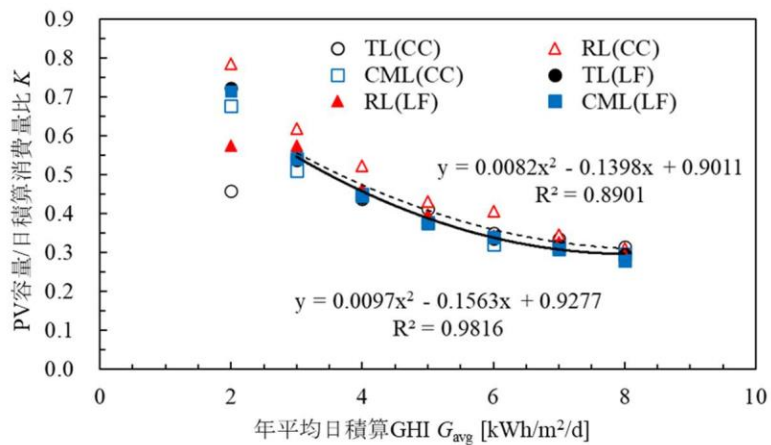


図 4-4 日射量に応じた PV 最適導入量の係数

模擬負荷について、負荷の組合せスイッチングによる負荷装置を作成し、静岡大学における模擬システムを完成させて各種実験を行った(図 4-5 および 4-6)。その結果、ディーゼル発電機に蓄電池を組合せることでエネルギー効率が改善されることを実験的にも明らかにし(図 4-7)、図 4-8 に示すようにシミュレーションによる再現性の確認と実測性能との差異を明らかにすることを経て、世界的に広く使われている HOMER シミュレーションを行う際には、コンバータの効率を 5%程度低下させ、負荷入力としては配線損失模擬分として 15%程度上乘せする必要があることを明らかにした(図 4-9)。

ダルエスサラーム大学へのマイクログリッドの設置に関して、バイオエネルギー実験棟の予算の増加によりマイクログリッドの予算の大幅な低減が必要になったために仕様変更を行い、予算内に納まる内容で実施できるようにして入札を実施し、2025 年 4 月に現地での施工を行った。



図 4-5 静岡大学における小規模マイクログリッド実験システム

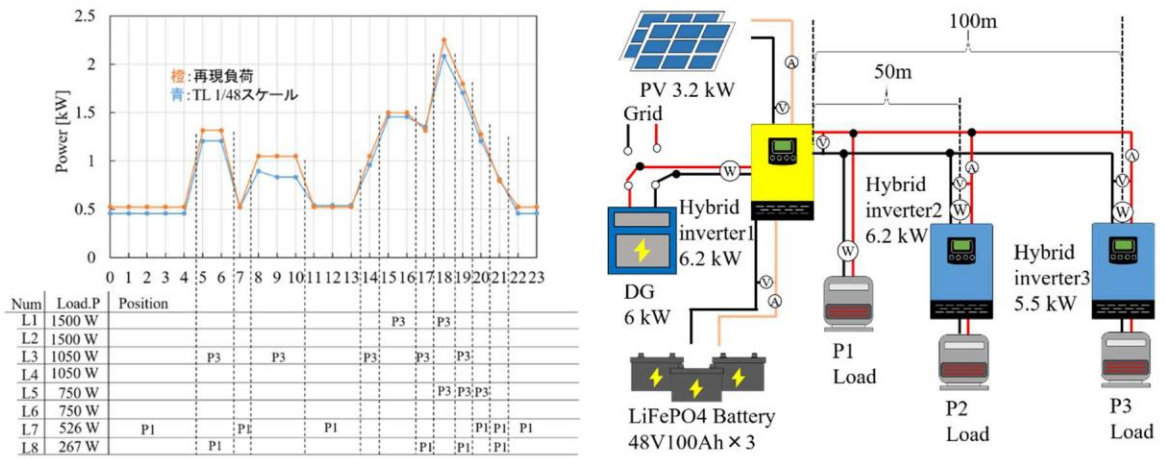


図 4-6 模擬マイクログリッドと負荷パターンの再現

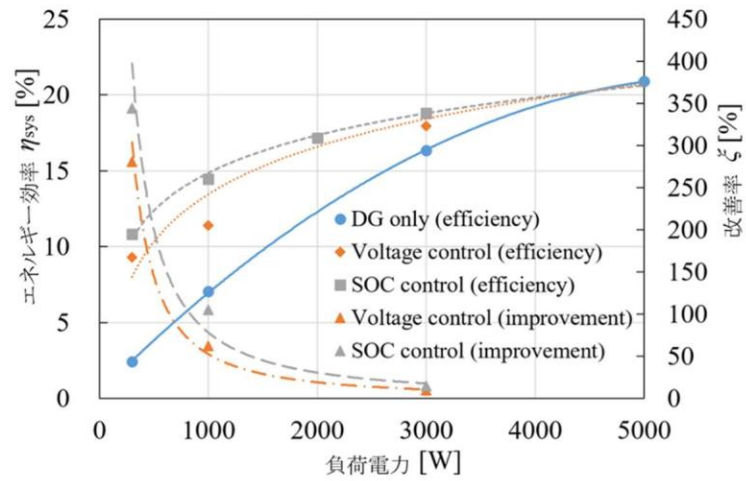


図 4-7 ディーゼル発電機への蓄電池追加による総合エネルギー効率の改善

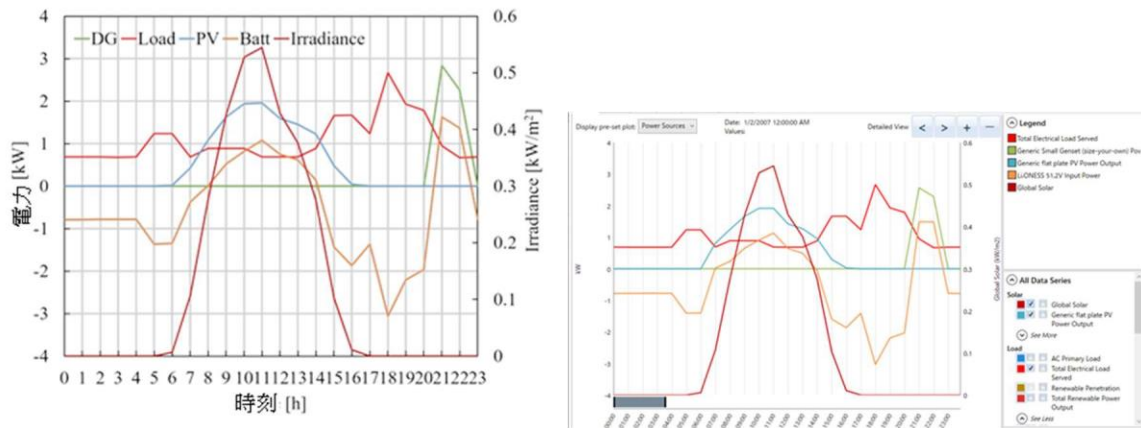


図 4-8 1/48 スケール TL 運転試験結果およびシミュレーションによる再現

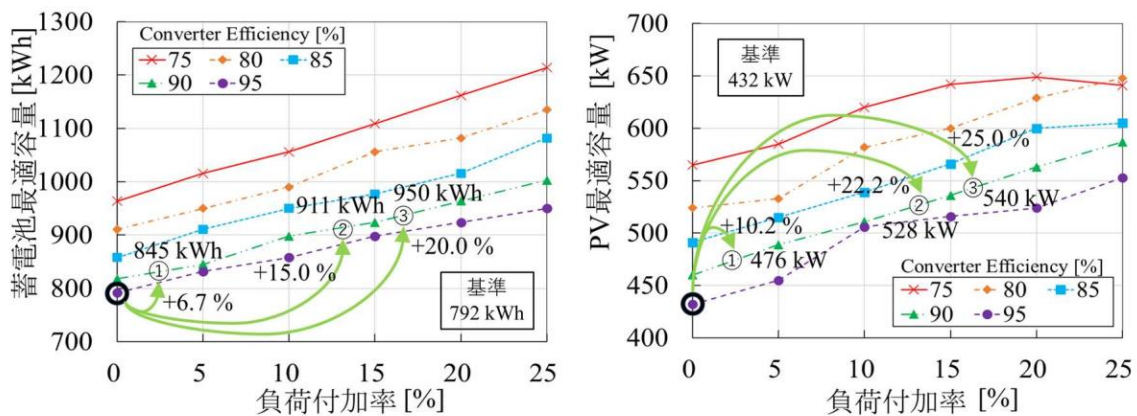


図 4-9 補正の有無による PV 容量および BESS 容量の検討

4-3 ダルエスサラーム大学での実証試験に関して、図 4-10 に示すように関連の機器(PV: 10kW, BESS: 20kWh, Inverter: 12kW, Diesel Generator: 15kVA, Simulated line: 200m and Variable load 10kW max)を設置し、動作試験を行った。その結果、日射量がありかつバッテリーのSOCが指定値を上回る場合にはPV+BESSから電力が供給され、不足すると発電機が起動し、電力を賄うことが確認された。また、その際に指定の電流値でBESSへの充電がなされることも確認した。加えて、インバータの遠隔監視・設定が可能となるように設定した。これを活用して今後も共同研究を継続する予定である。

4-4 負荷変動への応答データ・電力需給モデルの提案に関して、負荷変動への応答データは抽出油との比較検証のために小型のディーゼル発電機を用いて行った。抽出油が入手できなかったため、市販軽油でのみ実験を行った。結果のみを図 4-11 に示す。同図から負荷の増加に伴い高調波の増加(特に5次と偶数次が顕著)が確認されるものの、発電動作に問題無いことが確認された。電力需



(a) 屋上の PV



(b) インバーター・バッテリー・負荷の一部及び配線類



(c) ディーゼル発電機



(d) 模擬配電線



(e) インバータ遠隔監視・設定画面

図 4-10 UDSM に設置したマイクログリッド

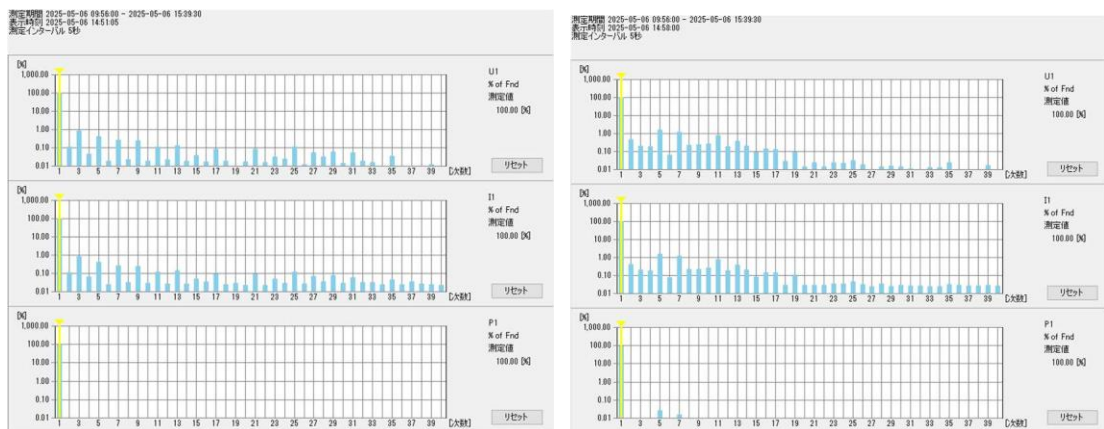


図 4-11 応答実験の高調波計測結果例(左: 変更前、右: 負荷増加後)

給モデルの提案に関しては、静岡大学での実験結果から配線損失やインバータ等のロスを想定し、インバータ損失を5%多く見積、負荷を15%程度増加させる必要があることを示した。現地での抽出油を用いた実験は抽出油が入手できなかったことから実施できなかった。

4-5 抽出油の規格分析に関して、2022年度と2023年度の2回にわたり、燃料規格分析に即した油脂の物性評価を行った。ただし燃焼試験のために一定量の抽出油が必要となるため、1年程度保管した油脂を試験に供した。分析の結果、固形不純物、水分、遊離脂肪酸の濃度が規格値を上回り、またヘキサン残留より引火点が低下する結果が得られた(表4-1)。

表 4-1 膨張液体抽出による米糠油の分析結果(抜粋)

項目	単位	試験法	米糠油	軽油	規格
動粘度(40℃)	mm <sup>2</sup> /s	JIS K 2283	18.0	2.46	3.5-5.0
引火点	℃	JIS K 2265-2	<0	56	≥120
固形不純物	mg/kg	JIS K 12662	546	0.4	≤24
水分	mg/kg	JIS K 2275-3	673	20	≤500
酸価	mgKOH/g	zJIS K 2501	17.7	0.02	≤0.5

4-6 国内での抽出油の予備評価として、上記の米糠油を燃料として小型ディーゼルエンジン(図4-11)による燃焼試験を実施した。その結果、エンジン出力を制御することで、ディーゼルエンジンが作動することが確認された。しかし出力が不安定で、理想的な条件下における軽油での運転時に比べて約15%の熱効率の低下がみられた(図4-11)。抽出油の規格分析および国内での抽出油の予備評価については初期の目標を達成し、また抽出油の燃料利用時の課題を明らかにした。得られた成果については、学術誌に掲載された。

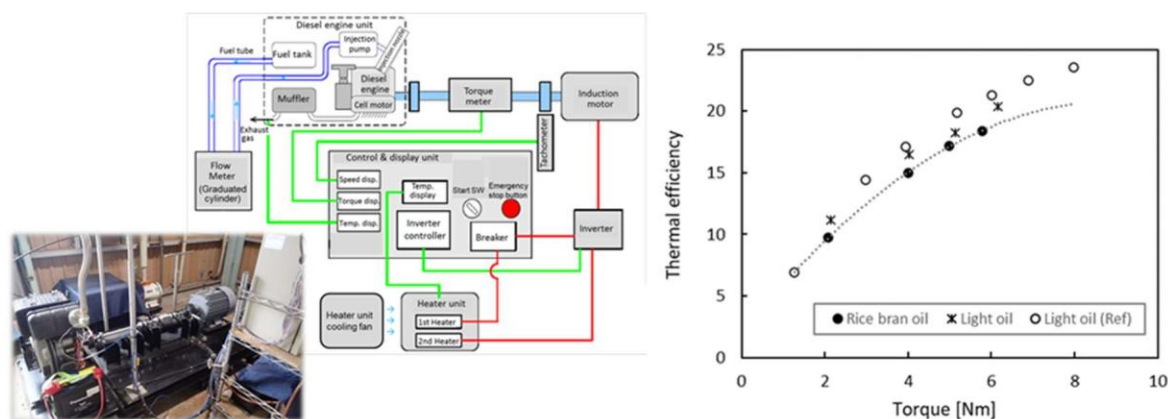


図 4-11 燃焼試験装置および熱効率

4-7 抽出油の燃料評価の実証試験に関しては、予算の大幅な削減に伴い分析機器の購入が不可能になったために、使用する発電機の動作と発電特性に関してのみ計測を行うこととしたが、抽出油が入手できなかったため実施に至らなかった。

② 研究題目 4 のカウンターパートへの技術移転の状況

2023 年 5 月にダルエスサラーム大学の教員 2 名が静岡大学で研修を受けた。その時の研修を通して、市販ソフトウェアを用いたマイクログリッド設計方法や基本的な施工方法を教授した。

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

2020 年のタンザニアにおける COVID-19 の感染拡大により、ダルエスサラーム大学およびその周辺住宅での電力データの収集を中止した。予算変更および設計変更により、現地の小規模実験用マイクログリッドの設置および実験が遅れた。

④ 研究題目 4 の研究のねらい（参考）

⑤ 研究題目 4 の研究実施方法（参考）

(6) 研究題目 5 : 「事業性評価」

研究グループ B（リーダー：土屋陽子）

① 研究題目 5 の当初の計画（全体計画）に対する成果目標の達成状況とインパクト

研究題目 5 では、物量データ収集（5-1、5-2）、副製品評価（5-3）、再エネ調査（5-4、5-6）を活動項目としている。以下、項目ごとに達成状況を記載する。

【物量データの収集】（5-1、5-2）

燃料/副製品の製造・評価では、原料となる米糠および米糠油が大量に必要なことから、研究開始初年度に、10 品種のアフリカ原産米の中から日本の気候に適した系統をポット栽培試験で選別し、圃場（栽培面積：約 5a）に展開することで米糠の量産を図った。一連の研究に使用した米糠の栄養成分を表 5-1 に示す。

表 5-1 米糠の栄養成分

	粗たんぱく質 (%)	粗脂肪 (%)	粗繊維 (%)	粗灰分 (%)	可溶無窒素物 (%)
米糠（産地）					
アフリカ米（佐賀）	14.7	12.5	10.0	11.8	51.0
アフリカ米（ブルキナファソ）	18.9	17.5	8.0	13.3	42.3
日本米（千葉）	16.1	21.6	8.7	9.2	44.5

植物油の主成分はトリグリセライド (TG) であるが、米糠油では、米糠に含まれるリパーゼの作用により TG が加水分解され、遊離脂肪酸 (FFA) が生成することが知られている。FFA は燃料油に適さないため、この増加を抑える前処理について検討した。精米直後の米糠に、低温保存、加熱処理、搾油処理を施し、6 ヶ月間にわたり FFA 濃度の変化を調べた。その結果、加熱処理と搾油処理で効果の高いことがわかった (図 5-1)。一方、代表的な油脂の劣化原因として酸化の影響が考えられるが、過酸化価 (POV) の簡易測定では、搾油処理を施した油で POV の著しい上昇が確認され

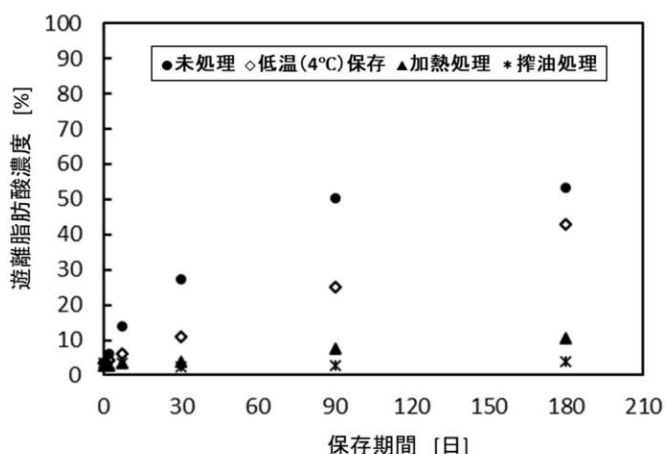


図 5-1 前処理による FFA 濃度の変化

た。他方、未処理あるいは加熱処理した米糠から抽出した油の POV は低い値に抑えられていた。米糠には数種の抗酸化物質が含まれるが、中でも  $\gamma$ -オリザノールが加熱処理後も有効に作用すると考えられた。タンザニアで流通しているネリカについても加熱処理の効果を検証し、同様の効果が得られることを確認した。検討の過程で、ガスクロマトグラフにより、グリセライド類および FFA を簡便に同時定量する手法についても確立した。一連の成果は、Tropical Agriculture and development に掲載された。

以降の研究では、得られた米糠および米糠油の物性を基に、物量推計等を行った。なお原料糠以外に必要なライフサイクルインベントリーデータについては、各実施項目において収集・整備した。

#### 【副製品評価】 (5-3)

副製品評価では、燃料油に適さない遊離脂肪酸を原料とする石鹼製造と脱脂米糠のペレット燃料化について、BOP ビジネスの可能性を検討した。石鹼製造では、2019 年から 2020 年にかけて、タンザニア都市部で商業化している小規模事例を対象に、ヒアリング調査を実施した。調査結果に基づき、主要な稲作地帯であるモロゴロ州およびムベヤ州において、稲作農家が副業として石鹼を製造する場合の事業成立性を評価した。稲作農家が石鹼製造事業を行う場合、原料調達や製品販売のため都市部へアクセスする必要があり、輸送費が大きな負担になると考えられた。よってポロノイ分割から輸送距離分布を推計し (図 5-2)、輸送費用を加味した石鹼製造コストを試算した (表 5-2)。その結果、石鹼製造では原料油脂の調達価格が支配的な要因となるため、油脂を自前で調達可能な稲作農家による石鹼製造事業は、都市部で事業を行う場合に比べて優位性のあることが明らかになった。得られた成果は共著論文として、African Journal of Applied Research に掲載された。

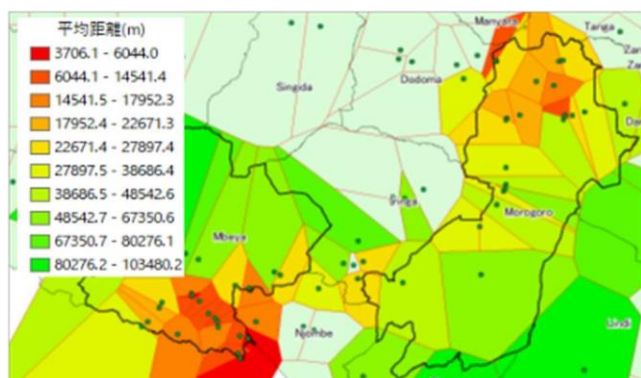


図 5-2 ボロノイ分割による対象エリアの輸送距離分布

表 5-2 農村部と都市部の石鹼製造コスト比較

項目	単位	農村部		都市部
		Morogoro	Mbeya	Dar es
パームオイル	10 <sup>3</sup> TZS (US\$)	-	-	-
苛性ソーダ	10 <sup>3</sup> TZS (US\$)	790-1,300 (340-560)	880-1,400 (380-610)	230 (100)
輸送(軽油)	10 <sup>3</sup> TZS (US\$)	61 (26)	85-89 (37-39)	-
生産コスト	10 <sup>3</sup> TZS (US\$)	850-1,400 (370-610)	970-1,500 (420-660)	4,200 (1,800)

脱脂米糠のペレット燃料化については、プロジェクト3年目の研究開始を予定していたが、COVID-19感染拡大による渡航制限を受け、1年前倒しで日本国内での検討を開始した。脱脂米糠は燃料、飼料、肥料としての活用が考えられるが、近年タンザニアでは魚の消費量が増加し、養殖への関心が高まっている。しかし、養魚用飼料は輸入に依存しており、その経済的負担が大きいことから、現地での養魚用飼料の開発を目指すこととした。まずは、養殖事業の受容性を調査するため、ソコイネ農業大学やティラピア養殖を手掛ける企業へのヒアリングを実施した(図5-3)。調査の結果、効率的な農業経営形態と



水耕栽培と組み合わせた養殖池 (SUGECO)



ティラピア養殖業者の生簀 (Bagamoyo)



図 5-3 養殖事業に係る現地調査

して水耕栽培と養殖とを組み合わせたアクアポニクスを導入が進められており、また有機農法への関心の高まりから、地産の農業残渣を利用した養魚用飼料の製造とこれを利用した養殖事業は実現性が高いと考えられた。タンザニアでは乾季の水不足が深刻であるが、地下水を利用することで、年間を通して安定した養殖事業が可能であると判断された。

養魚用飼料の製造については、稲作農家の廃棄物である米糠を主原料とし、大豆粕やヒマワリ搾油滓等、地産の農業残渣をタンパク源として、ティラピアの栄養要求(タンパク質30%以上)を満たす飼料の配合と製造法を確立した。米糠を多く含む飼料は傷みやすく、タンザニアでの使用には保存性が課題であったが、発酵米糠を使用することで、この問題を解決した。得られた成果は、共著論文として Tropical Agriculture and development に投稿中である。確立した飼料製造法および製造装置(プロト

タイプ機)を基に、タンザニアへ供与するデモ機の設計・製作を行った。

デモ機の設計・製作では、プロトタイプ機からの改良点として、破碎容器を増設するとともに、大容量の処理に適した混練機へ仕様を変更し、タンザニア側カウンターパートが希望する生産能力 50kg/h を満たす装置を完成させた(図 5-4)。現地の電源への対応を考慮し、主電源部にダウントランスを設けるとともに、複雑化する構成機器間の電気系統についても集約し、操作する上での安全性・利便性にも配慮した。2023 年 8 月に装置が完成し、タンザニアへの輸送手続きを開始した。しかし、アフリカへの海上輸送環境の悪化により運送会社の確保等に時間を要し、装置の現地到着は 2025 年 1 月となった。

最終年度では、管理水槽を利用した試作飼料の有効性検証に取り組んでいる。異なる粒径の飼料をティラピアに供試し、摂餌行動を詳細に観察した結果、飼料の粒径が摂餌率に影響を及ぼすことが明らかになった(図 5-5)。さらに、試作飼料がティラピアの生育や魚体組織に及ぼす影響、ならびに飼料投与が水質に与える影響についても継続評価している。得られた成果は学術誌への投稿を準備している。



図 5-4 養魚用飼料製造装置(供与機)

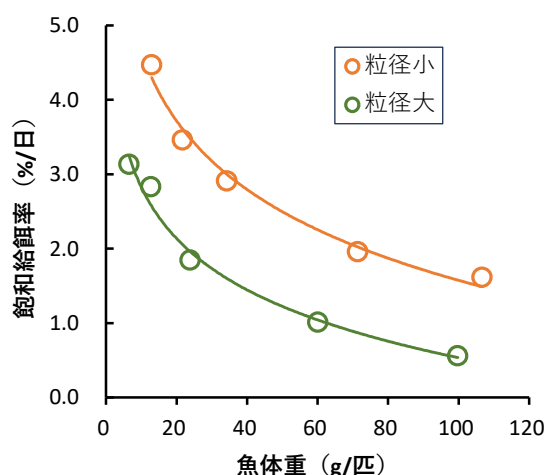


図 5-5 粒径の異なる飼料による魚体重の違い

【再エネ調査】(5-4、5-6)

バイオマス発電と競合・協調する再生可能エネルギーとして、タンザニアで導入が進む太陽光発電(PV)、小水力、バイオガスについて現地調査を実施した。2019 年に実施した PV 調査では、モロゴロ州やタンガ州の無電化村落を訪れ(図 5-5a)、PV システムの投資・エネルギー回収実態について分析した。その結果、SolarGIS による対象地域の日射量条件の下、導入されている中国製多結晶ソーラーパネルの発電量から推定されるエネルギー回収期間(EPBT)は、理論的には 2 年と算出されるが、実データに基づく試算では 60 年を超える事例もあり、電力需給バランスの改善と O&M 体制の整備が課題として抽出された(表 5-3)。この成果は、Sustainable energy technology & assessment に掲載された。またこの功績により、ASTRA2023 から Outstanding Scientist Award を受賞した。

表 5-3 PV 導入事例のエネルギー収支分析

		Mpale 村	Zombo 村
パネル製造のエネルギー	MJ/m <sup>2</sup>	4070	4070
日射量	kWh/m <sup>2</sup> /year	1900	1900
発電量(理論値)	MJ/m <sup>2</sup> /year	2035	2105

EPBT (理論値)	year	2.0	1.9
発電量 (実測値)	MJ/m <sup>2</sup> /year	235	61
EPBT (実測値)	year	17.3	67.0

2022年に実施した小水力調査では、タンザニア南端部に位置するイリンガ州やジョンベ州を訪れ、稼働中および建設中の水力発電設備を視察した(図 5-5b)。大がかりな水力発電設備ではインベントリーデータの入手が困難であり、LCA 評価の実施には至っていない。しかし現地の管理運営者や小規模発電を所管する Rural Energy Agency (REA)との意見交換を実施し、地方電化の在り方や支援体制等について広く状況を把握することができた。

2023年には、アルーシャ地域で広く普及しているバイオガスシステムについて現地調査を実施した(図 5-5c)。この地域では、1990年代頃から牛糞を利用したバイオガス製造の取り組みが進められ、畜産農家にとどまらず集合住宅やホテル等、広く日常的にバイオガスが使用されている。現地で主流となっているドーム型バイオガスプラントシステムを対象に、環境性・経済性の評価を実施した。その結果、対象プラントは設備製造以外のエネルギー投入がないため、エネルギー収支が良好で、エネルギー回収期間は3~4年と見積もられた。また放牧により牛糞を放置した場合と比較して、CO<sub>2</sub>排出量が大幅に削減されることが示唆された。しかしLPGの代替としてバイオガスを使用した場合の費用便益比は、設備費用の負担があるため限定的な効果にとどまった(表 5-4)。熱利用だけでなく、発電や輸送用燃料といった高度な利用形態に適用することで、LPGを代替するクリーンで近代的なエネルギー源に成り得ると考えられた。得られた成果は共著論文として取り纏めた。

表 5-4 ドーム型バイオガスプラントの費用便益分析

資本コスト	TZS (\$)	2,400,000	(928)
ライフサイクルコスト	TZS (\$)	10,800,000	(4170)
便益の現在価値	TZS (\$)	6,650,000	(2570)
費用の現在価値	TZS (\$)	5,680,000	(2190)
費用対効果	—	1.17	
正味現在価値	—	971,000	(375)
投資回収	年	11	

割引率 10%、評価期間 20 年、1TZS=\$0.00039



図 5-5 無電化村落に導入された再エネの事例

タンザニアの農村地域に導入されている再生可能エネルギーとして太陽光発電、小水力発電、バイオガスの比較調査を実施した結果、タンザニアでは南部の高地を中心に住民主導による小規模水力発電が普及していることが確認された。しかし、小水力発電は初期投資の負担が大きいことに加え、水資源の不足による影響を受けやすいことから、安定した電力供給を実現するためには多様な電源の導入を検討する必要があると考えられた。近年導入が進む太陽光発電については、当該地域の良好な日射条件にもかかわらず、十分な運用実績が得られていないことが明らかとなった。太陽光発電の効率的な運用および維持管理を実現するためには、地域の電力需要の掘り起こしが必要であり、そのためには農民の経済力向上が必要不可欠といえる。農家の収入向上につながる地域経済の活性化を図ることが、持続可能なエネルギー供給の実現につながると考えられた。

エネルギー庁および地方エネルギー省との意見交換によれば、国の電化政策は、再エネ比率の拡大を目指しつつも、オフグリッド電化から大規模集約型発電による送電網拡大へと方針転換が図られている。オフグリッド電化のニーズは高地などに限定され、新しいエネルギー政策の枠組みでは、発電機の使用も限定されている。一方で、森林伐採や調理時の健康被害を背景に、クリーンな調理用エネルギーの導入にも重点が置かれている。膨張液体抽出による農業残渣からの抽出油の適用先として、調理用燃料油は一つの選択肢と成り得る。

## ② 研究題目 5 のカウンターパートへの技術移転の状況

副製品のうち、石鹼製造については、ダルエスサラーム大学による技術支援プログラムに石鹼製造が含まれており、都市部を中心に既に技術移転が行われている。農村地域で石鹼製造を行う場合の事業性については、本プロジェクトでの取組から、稲作農家が自前で米糠油を調達できる場合、経済性が見込めることが明らかになった。

養魚用飼料製造については、タンザニアの主要な農業大学であるソコイネ農業大学 (SUA) が展開する農業事業化支援団体 (SUGECO) やダルエスサラーム大学水産学部、さらにティラピア養殖事業を手掛ける地元企業等、ティラピア養殖の事業性に必要な情報を広く収集してきた。こうした情報に基づき、タン



図 5-6 タンザニアの試験養殖池

ザニア側のカウンターパートが独自に養殖池を試作し（図 5-6）、市販のエサを用いてティラピアの試験養殖を開始している。供与した飼料製造装置により農業残渣を利用した飼料製造が可能となり、養殖事業を立ち上げる環境が整ったといえる。

村落電化の支援体制に関しては、タンザニアのカウンターパートとともに地方エネルギー庁との意見交換を実施し、本プロジェクトが取り組むバイオマス発電を活用したマイクログリッドの敷設が、地方エネルギー庁の支援対象となることを確認している。農業残渣からの燃料油抽出が実証された場合、マイクログリッド敷設や副製品利用に関し、補助金による事業継続を検討する予定である。

### ③ 研究題目 5 の当初計画では想定されていなかった新たな展開

副産物の付加価値化に関する取り組みとして、当初は脱脂米糠を厨房用固形燃料として活用することを検討し、燃料ペレットの製造を志向していた。しかしタンザニア側から煮炊き用ペレットの普及は難しく、経済的な利益が期待できないとの指摘を受けた。これに基づき、より経済的価値の高い飼料、特にタンザニアにおいて需要が拡大している養殖魚向けの餌への加工に方向転換を図った。飼料製造およびそれに関連する養殖事業については、タンザニアカウンターパート自身も高い関心を示しており、現在、自ら事業化に向けた取り組みを進めている。本プロジェクトでは実験的なアプローチと事業性評価を実施し、社会実装の道筋を明らかにした。

### ④ 研究題目 5 の研究のねらい（参考）

### ⑤ 研究題目 5 の研究実施方法（参考）

## (7) 研究題目 6 : 「人材育成」

研究グループ A（リーダー：佐古猛）

研究グループ B（リーダー：土屋陽子）

研究グループ C（リーダー：加藤太）

### ① 研究題目 6 の当初の計画（全体計画）に対する成果目標の達成状況とインパクト

論文による研究成果の発表について、2019 年度は、拡散係数の測定と相関に関する 2 件の論文が国際誌に掲載され、CO<sub>2</sub> 膨張ヘキサンによる米糠油の抽出に関する国際会議での発表とプロシーディングへの掲載、さらに CO<sub>2</sub> 膨張ヘキサンによる米糠の抽出に関する 1 件の国際特許の申請が行われた。また 10 名のタンザニア研究者が訪日して日本側メンバーと意見交換した後、SATREPS プロジェクトのプレス発表を行い、国内の 2 紙に紹介記事が掲載された。2020 年度には、タンザニアにおける再生可能エネルギー調査に関する 1 件の共著論文と、タンザニア農村部へのマイクログリッド導入のシミュレーションに関する 1 件の論文が国際誌に掲載された。2021 年度には、拡散係数の測定と相関、CO<sub>2</sub> 膨張ヘキサンによる米糠中の油分抽出、米糠油の劣化抑制処理に関する 4 件の論文が国際誌に掲載された。2022 年度には、国際誌に掲載された 3 件の論文は全て両国研究者の共著論文であり、共同研究の成果が表れてきた。2023 年度は、共著論文 1 件を含む 4 件の論文の国際誌への掲載と 1 件の論文の国内誌への掲載があった。2024 年度は 2 件の共著論文を含む 5 件の論文が国際誌へ掲載された。そして 2025 年度には、発酵させた米糠の抽出残渣から養魚飼料を製造する技術に関する 1 件の論文が国際誌に掲載された。この結果、国際誌への掲載論文数は 21 件（その中で共著論文 7 件）になり、掲載論文数の目標を達成した。更に現時点で国際誌へ投稿中の 4 件の共著論文がある。これらの投稿論文が近々掲載決定になると、国際誌への掲載論文が 25 件、その中で共著論文が 11 件になり、共著論文数についても 10 件の目標の達成が見込まれる。

日本での研修について、2019年9月にタンザニア側プロジェクトメンバー10名全員が来日し、日本の3つの研究機関を訪問し、日本側メンバーと意見交換を行った。2020年2～3月にタンザニアメンバー2名が静岡大学でCO<sub>2</sub>膨張ヘキサンによる米糠中の油脂抽出技術の研修を受けた。2021年4月にダルエスサラーム大学の講師1名が国費外国人留学生 SATREPS 枠で静岡大学博士課程に入学し、2024年3月工学博士号を取得してダルエスサラーム大学に戻った。2023年5月にタンザニアメンバー7名が来日し、静岡大学で約2週間、米糠の抽出技術と油脂分析、マイクログリッド構築について研修を受けた。2023年10月、2人目のダルエスサラーム大学の講師が JICA 長期研究員として静岡大学博士課程に在籍し、CO<sub>2</sub>膨張液体による農業廃棄物中の油分抽出の実験と解析を行っている。彼も学位を取得してダルエスサラーム大学に戻った後、抽出技術の中核メンバーとして活躍することが期待されている。

本プロジェクトの研究成果を発表し、国内外の専門家や技術のユーザーと意見交換することが出来るワークショップは、技術開発の取りまとめや技術を国内外にアピールする場としても重要である。当初の計画では、プロジェクトの中間と終了時に開催する予定だったが、COVID-19の流行やプロジェクトの遅れにより、中間時のワークショップは中止した。現在、2025年7月4日に開催予定の JCC ミーティングに合わせて、終了時のワークショップを開催する予定である。

## ② 研究題目6のカウンターパートへの技術移転の状況

両国メンバーの共同研究の促進、タンザニアメンバーの日本での研修、タンザニアメンバーの博士課程での研究を通して、フィールドワークの手法、油脂の抽出技術、マイクログリッド構築および解析技術、副製品製造技術のタンザニア側への技術移転を進めてきた。2020年から約2年半、COVID-19の感染拡大により両国間の交流はかなり制限されたが、その後の両国メンバーの努力と1年間の期間延長により、遅れをかなり取り戻すことができた。

研究成果の公表について、国際学術誌への掲載、国内外の学会発表は概ね順調に進んでいる。国際学術誌への掲載について、20件以上、その中で共著論文は半数以上という目標を設定したところ、2025年5月時点で21件が国際学術誌に掲載され、その中で7件が共著論文である。更に現時点で4件の共著論文が国際学術誌に投稿されているので、近々、全体の論文数、共著論文数ともに目標を達成すると想定している。

最も効果的な人材育成の一つであるタンザニアメンバーの日本の博士課程での研究について、2021年からダルエスサラーム大学の講師1名が静岡大学で高圧抽出技術の研究を行い、2024年3月に学位を取得して帰国した。更に2023年10月に2人目のダルエスサラーム大学の講師が静岡大学で高圧抽出技術の博士研究を行っている。この2名の教員はタンザニアでの抽出技術の中核を担う人材になると期待される。

プロジェクト期間中、両国間で常に議論の対象になったことは、どのような技術を移転するのかということだった。タンザニア側は基礎技術の移転よりも実用技術の移転を希望し、小型の試験装置よりも大型のパイロットプラントや実用装置の設置を希望した。一方、日本側は相手国での将来の技術の社会実装のためには、基礎研究から実用技術までの積み上げが必要であり、それに対応する実験装置の導入を強く勧めた。結果的にはタンザニア側は日本側の提案を承諾したが、それまでには2年以上の厳しい議論が必要だった。この点について、プロジェクトを始める前の両国メンバーの意見のすり合わせが不十分だったと反省している。

## ③ 研究題目6の当初計画では想定されていなかった新たな展開

世界的な COVID-19 の感染拡大により、2020年～2022年の間、タンザニアメンバーの日本での研修や

タンザニアでのワークショップを実施できなかった。

④ 研究題目 6 の研究のねらい（参考）

⑤ 研究題目 6 の研究実施方法（参考）

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

### (1) プロジェクト全体

2018 年以降、プロジェクトを実施する際に発生した問題点の多くは、本プロジェクトに対する両国間の認識の相違から生じており、共同研究提案書を作成する際や正式にプロジェクトが開始する前の暫定採択期間中に両国間での相互理解が十分でなかったことによる。すなわち技術の実用化や社会実装を優先するタンザニア側と、技術の研究開発や人材育成を重視する日本側の意見がぶつかり、COVID-19 の影響による往来も制限され、その調整に長時間を要するが多かった。この間、両国の意見が対立した項目が 3 つあった。(1) バイオエネルギー実験棟の面積、(2) 高圧抽出パイロットプラントと大気圧抽出パイロットプラントの大きさ、(3) マイクログリッドの設置場所である。

(1) については、実験装置の設置に必要な最小限の大きさを主張する日本側と、1,000m<sup>2</sup> 以上の広い建屋がほしいというタンザニア側の意見がぶつかったが、最終的にはダルエスサラーム大学の建築士が主要な 4 つの実験装置が入った建物のレイアウトを作成し、450m<sup>2</sup> の実験棟を建設することで決着した。

(2) については、大型の高圧抽出装置を製作して農村部で実証試験を行いたいというタンザニア側と、高圧技術を扱った経験や大型高圧装置を修理する工作機械がないタンザニア側がいきなり大型の高圧パイロットプラントを製作して運転するのは無理だという日本側の意見がぶつかり多くの時間を費やした。2022 年 4 月の両国の合同ミーティングで、中サイズの高圧抽出パイロットプラントと大気圧抽出パイロットプラントの 2 つを建設することで合意が得られ、その後の抽出チームの会議で、高圧抽出槽の大きさを 50L、大気圧抽出槽の大きさを 7,500L にすることが決まった。大気圧抽出プラントの大きさについては、タンザニア側のリーダーは農村部に設置することを想定して 2000L/日の油分生産が可能な抽出装置(想定される抽出槽の大きさは約 35,000L)の設置を強く希望したが、プロジェクトがこれ以上遅れることを危惧した工学技術部長が、日本側が提案する 7,500L の抽出槽を受け入れるように強く説得し、タンザニアリーダーが受け入れて決着した。

(3) については、バイオマス発電/給電の社会実装のためには農村部にマイクログリッドを設置して実証試験を行うのが適切というタンザニア側と、研究開発段階の機器を農村部で実証試験に用いると、成果がまとまらない恐れが高いという日本側の対立があり、最終的にはプロジェクトの PDM 中にダルエスサラーム大学内に設置すると明記して決着した。

一刻も早く新しい技術を実用化したい発展途上国側と、きちっと技術開発をした上で実用化を目指す日本側の立場の違いをどのように調整するのかは難しい問題である。今回は更に COVID-19 の流行のために直接面談が出来ず、ますます話がこじれた面もある。プロジェクトが走り出す前の申請の段階での、両国の十分な意思疎通が最も効果的な方法であり、プロジェクト終了後の活動を見据えた SATREPS 期間中の目標や到達点の擦り合わせは必須であった。

### (2) 研究題目 1 : 「電力需要地分析」

研究グループ C (リーダー: 加藤太)

研究グループ B (リーダー: 土屋陽子)

・ 相手国側研究機関との共同研究の実施状況と問題点、その問題点を解決するために取り組んだ事項

本研究題目の一つに、農村調査をベースとしたフィールドワーク型の研究がある。タンザニア側メンバーと共同で農村におけるフィールドワークを予定していたが、COVID-19の世界的な拡大によって中止せざるを得なくなってしまう。このために研究に関連するデータのやり取り等に限った共同研究しかできない状況になってしまった。しかしお互いに研究室にいる時間が長くなったことで、よりスムーズなやり取りが行われるようになった。また移動を伴わない共同研究を実施するため、論文を前倒しで執筆することを決定し、オンライン会議、メールや電話等の通信手段を活用することで、頻繁にディスカッションをすることを心掛けた。さらに通話機能のあるスマートフォンアプリなどを駆使することでコンタクトを密にすることを心掛けた。

プロジェクト全体では、2022年までタンザニアと日本のメンバー間にはプロジェクトの進め方についての認識の違いがあった。これらがプロジェクト全体の進捗に深刻な影響を及ぼしていたが2022年9月に両者で泊まり込みのミーティングを実施した。このミーティングにおいてお互いの考えを率直に伝え合い、妥協点を見いだせたことがその後のプロジェクトの進展につながった。

・本研究課題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。

チーム1では、野生植物の調査については、今後、日本側の資金援助が無くても継続する必要がある。この研究項目は今後、タンザニアの環境保全やエネルギー問題を解決するテーマになりうるためである。

・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。また類似プロジェクトや類似分野への今後の活動実施にあたっての教訓、提言等。

密にコンタクトを取りあうことである。様々な通信手段を活用すればタンザニアとも頻繁に連絡を取り合えることが可能であることが明らかになった。もちろんタンザニアは通信環境が日本よりも整備されていないため、時々通話が途切れたりすることもあったが、こうした問題は現地のメンバーが経験的によく理解しているため、通話が途切れない時間帯や場所、方法など先方も進んで工夫してくれることが明らかになった。国によって普及している通話機能を持ったスマートフォンアプリが異なるため、本研究では日本側の研究者がタンザニアで普及しているスマートフォンアプリをインストールすることで連絡が密に取れるようになった。

2023年度はタンザニア側メンバーが自発的に研究を実施し、日本側メンバーが渡航できない時期も彼らだけで研究課題に取り組む姿勢がみられるようになった。これはタンザニア側メンバーの間に強い当事者意識が共有されているからである。よく思い返してみると、プロジェクトの開始時点で日本側メンバーとの意見の乖離がみられたのも、タンザニア側メンバーの間に強い当事者意識があったからであると理解することもできる。現在は相手国側の当事者意識がよい方向に向いており、それがプロジェクトを前に進めている。相手国の意欲をうまくプロジェクトの進展につなげることの重要性を再認識した。

最後に、予定していた計画が急遽変更されるような事態になることはよくあることである。刻々と変化する状況に一喜一憂するのではなく、置かれた状況下で最大の成果が出るように粛々と研究を続けることが重要だと感じた。

### (3) 研究題目2：「バイオエネルギーセンター設立」

研究グループA（リーダー：佐古猛）

・相手国側研究機関との共同研究の実施状況と問題点、その問題点を解決するために取り組んだ事項。

2018年、両国の研究代表者の間でダルエスサラーム大学内に設置するバイオエネルギー実験棟について協議を行った結果、本実験棟の必要性、機能、運営方法については大筋で合意したが、面積について

は両国間の差が大きかった。その後、2019年11月のJCCミーティングで、既存の実験装置置き場の改修という方法で平屋の建屋を建設することで基本合意したが、依然として面積について両国間の開きは大きかった。最終的には2022年9月の合宿ミーティングで両国メンバーが率直に意見交換して、450m<sup>2</sup>の面積で合意した。

・本研究課題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。

本プロジェクトの終了後、バイオエネルギー実験棟の維持・管理のためにはダルエスサラーム大学からの人的、財政的な支援が必要である。

・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。また類似プロジェクトや類似分野への今後の活動実施にあたっての教訓、提言等。

連携相手における研究場所の確保は難しい問題である。開発途上国では研究施設が不足している場合が多いので、プロジェクトを提案する前に打ち合わせを行い、ある程度の目途をつけておくことが重要である。開発途上国の多くの大学は慢性的な財源不足であり、実験棟の建設は大学の研究環境の充実に大きな効果があると受け取られている。今後の研究協力の中で、実験棟の建設による研究環境の整備を前向きにとらえることが必要かもしれない。

(4) 研究題目3：「油脂抽出技術確立」

研究グループA（リーダー：佐古猛）

研究グループB（リーダー：土屋陽子）

・相手国側研究機関との共同研究の実施状況と問題点、その問題点を解決するために取り組んだ事項

500Lの抽出槽を持つ高圧抽出パイロットプラントの建設について、2020年8月から抽出槽の適切な大きさについて議論を行い、2021年12月のJCCミーティングにおいて、ダルエスサラーム大学は高圧装置製作の経験を持つ技術者がおらず、大型高圧装置を修理する工作機械もそろっていないので、高圧抽出パイロットプラントの規模を縮小した代替案を作成することになった。2022年4月の両国研究者の合同ミーティング、9月の合宿ミーティングを経て、ようやく予算の上限が3000万円の高圧抽出パイロットプラントと1500万円の大気圧抽出パイロットプラントの建設、それらのプラントを設置するバイオエネルギー実験棟の建設が基本合意された。その後の進捗状況も平坦ではなく、高圧抽出パイロットプラントと大気圧抽出パイロットプラントが工場内に完成したのは2024年9月と、プロジェクトの終了の10ヶ月前である。

タンザニアのプロジェクトメンバーを日本に招聘し、1~2ヶ月、集中して特定技術の研修を行うことは有効な技術移転方法である。2019年2~3月、タンザニア側の2名のメンバーを日本に招聘し、集中して高圧抽出技術の研修を行った。今後、彼らはタンザニアでの高圧抽出プラントを用いた実証研究で大きな役割を担うと期待される。

タンザニア側メンバーによる膨張液体を用いた米糠の抽出実験が出来るように、2021年末にODA予算により小型抽出措置と分析装置をダルエスサラーム大学に供与したところ、米糠中の油分のみならず天然物中の薬効成分の抽出にも取り組みたいとの相談を受けたので、関連する文献を紹介した。その結果、タンザニア側が主体的に研究を行うようになったのは大きな成果である。一方で、多くのダルエスサラーム大学のメンバーは、学生の教育や会議に多くの時間が取られ、SATREPSプロジェクトの研究のための時間が限定されるという問題が発生している。大学院生の確保や研究アシスタントの配置等、相手大学の研究力の確保への対策が必要である。

基礎物性の測定について、整備済みの測定装置を用いて、CO<sub>2</sub> や有機溶媒中でのトリオレインなどの脂質の拡散係数を測定し、実験データの相関を行った。拡散係数の値が非常に小さいため、再現性の確認が課題である。このために測定精度向上に向けて検出器セルおよび温度・圧力制御系の改良を進めている。

タンザニアにおける主な石鹼製造手法、石鹼販売様態、市場実態および石鹼品質に関する情報は、まとまった統計がないことから逐一現地を回って調査をする必要があり、膨大な時間と費用を要する。そのために SATREPS プロジェクトのターゲットに即した石鹼製造手法の確立など、日本国内において実施可能な事項を優先し、手法の高付加価値化や技術的新規性を追求していくことで費用対効果の高い研究推進を進めた。

#### 類似プロジェクトや類似分野への今後の活動実施にあたっての教訓、提言等。

開発途上国で新しい技術を社会実装するためには、安全、安価、操作しやすい実用機の製作が重要であり、現地での実用機の製作技術の開発は重要である。一方、現地の技術レベルが不十分な場合も大いにありうる。相手国にある JICA 事務所や日本企業等から、前もって相手の技術レベルや社会実装にあたっての課題についての情報を収集しておくことが必要である。

#### (5) 研究題目 4 : 「マイクログリッド実証」

研究グループ A (リーダー: 佐古猛)

研究グループ B (リーダー: 土屋陽子)

#### ・相手国側研究機関との共同研究の実施状況と問題点、その問題点を解決するために取り組んだ事項。

タンザニアのカウンターパーソンの対応が遅いために、対応に窮することがしばしばあった。日本側の研究者が、タンザニアで普及しているスマートフォンアプリを利用することで若干連絡が取りやすくなった。

#### ・本研究課題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。

率先して自分で行うこと。

#### ・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。また類似プロジェクトや類似分野への今後の活動実施にあたっての教訓、提言等。

開発途上国においては、マイクログリッドの設計・導入時の検討が不十分なために、電力需要の増加に伴い電力系統の不安定性が増し、電力品質の低下が著しい場合が多い。これに対してマイクログリッド導入時の適切な設計や運用時の改修、加えて PV 等の再生可能エネルギーの連系や導入などに対する簡便な指針が求められている。そこでシミュレーション等を用いることなくそれらの簡易計算ができる方法を考案した。

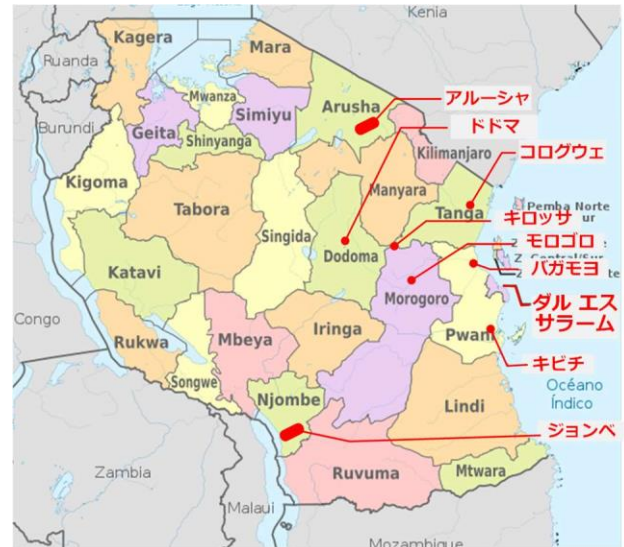
現地と日本では電力供給や電力品質に対する考え方に大きな違いがあることも想定されるので、それを事前に調整しておく必要がある。

現地における電力調査に際しては、停電しても電力計測に影響を与えない機器の使用が求められる。太陽光発電は安価な発電方式ではあるものの、需給バランスや日射変動による電力の変動を考えると、それ単独でのマイクログリッドへの電力供給は困難であり、その安定には高価な蓄電システムの導入が必要となる。とはいえ長期使用を考えると太陽光発電+蓄電システム+ディーゼル発電の組合せがトータルで最も安価になることが明らかになった。

(6) 研究題目 5 : 「事業性評価」

研究グループ B (リーダー: 土屋陽子)

本研究題目の主な活動内容には、現地に導入されている再生可能エネルギーの調査や、農村地域における副産物の事業化の検討が含まれる。日本とは異なる環境下で、安全かつ効率的に研究を進めるには、タンザニア側カウンターパートとの緊密な連携が必要不可欠である。特に日本人研究者にとってタンザニア農村地域についての知見は乏しく、SNS による情報も得られないことから、タンザニアカウンターパートの協力に依存する部分が非常に大きい。しかしタンザニアにおいて大学が果たす役割は大きく、大学教員は多忙を極めており、そのためプロジェクト遂行のためにまとまった時間を確保することは難しく、現地調査等の日程調整は困難を極める。本プロジェクトにおいても、研究者間の相互理解と日程調整には多くの時間を要したが、そうしたプロセスを経ることで、両国のカウンターパートが協力して十分な合同調査を実施することができた (右図)。



両国 c/p が共同で実施した調査サイト

一方、タンザニアでは大学教員に対する大学側からの経済的支援は限定的であり、出張にかかる旅費の支出も期待できない状況にある。相手国政府に対し、本プロジェクトへの更なる理解を促すとともに、日本側においても各国の状況に応じた柔軟な研究資金の運用が望まれる。

(7) 研究題目 6 : 「人材育成」

研究グループ A (リーダー: 佐古猛)

研究グループ B (リーダー: 土屋陽子)

研究グループ C (リーダー: 加藤太)

・相手国側研究機関との共同研究の実施状況と問題点、その問題点を解決するために取り組んだ事項。

国によって技術研修や人材育成に関する考え方の違いがある。特に開発途上国の大学では教員一人当たりの教育や会議の負担が大きく、中長期の海外出張はなかなか困難な状況である。そのために事前にプロジェクトの目的や人材育成の重要性について意思疎通しておくことが大切である。

個々の研究テーマについて、両国の担当者を決めて定期的に情報交換を行い、共著論文を増やすことが若手研究者の成長や研究者間の信頼育成に重要である。

・本研究課題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。

本プロジェクトの終了後、プロジェクトメンバーが実験棟や実験装置を用いて、どのように研究開発を進めていくのか、その時、大学がどのようにその研究を支援するのかは重要な点である。2025年1月のJST現地評価会において、JST評価会メンバー、両国メンバー、ダルエスサラーム大学執行部とプロジェクトの将来計画について議論した。その結果、大学の執行部から、本プロジェクトの終了後も積極的に支援するとの発言が得られたのは大きな一歩だった。

・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。類似プロジェクト、類似分野への今後の活動実施にあたっての教訓、提言等。

COVID-19 の感染拡大により、これまでタンザニアでワークショップを開催し、本プロジェクトの研究成果を広く発表することが出来なかった。今後、研究成果を取りまとめて、タンザニアでワークショップを行うことが重要である。

### Ⅲ. 社会実装に向けた取り組み（研究成果の社会還元）（公開）

本研究で得られた成果をインターネット（URL；<https://www.shizuoka.ac.jp/satreps/home/>）で公開し、一般に情報提供している。

JST の現地評価会（2025 年 1 月 27～30 日）に合わせて、ダルエスサラーム大学の副学長補佐（研究担当）兼 JCC 会議議長がバイオエネルギー実験棟とその中に設置された実験装置の見学に訪れ、プロジェクトメンバーと意見交換した。その中で、副学長補佐は本プロジェクトの取り組みを高く評価し、今後のダルエスサラーム大学のエネルギー分野の重点研究にすること、そのために大学として、バイオエネルギー実験棟をバイオエネルギーセンターに格上げし、スタッフと研究費を支援することを早急に検討し、SATREPS プロジェクト終了後の研究開発を継続して行う意向であると話した。今回の大学の意向を確実なものにするために、7 月の JCC ミーティングでプロジェクト終了後の研究の継続対策を決定することが必要である。

### Ⅳ. 日本のプレゼンスの向上（公開）

#### 2019 年

- ・2 月、タンザニア高等教育省事務次官 L. Akwilapo 博士に本プロジェクトの説明を行ったところ、プロジェクトの成功とタンザニア若手人材の育成に成果を上げることが強く期待しているとの言葉をいただいた。
- ・第 7 回アフリカ開発会議の出席者に配布する日本ーアフリカ共同研究成果集に本プロジェクトの紹介記事を掲載した。
- ・4 月、研究代表者の佐古が高圧流体の基礎及び応用研究に対して、化学工学会からフェローの称号を授与された。
- ・9 月、タンザニアメンバー全員が来日し、日本側の研究機関で研修を行った機会に、タンザニアメンバーの同席の下で SATREPS プロジェクトの社会的意義と研究計画についてプレス発表を行ったところ、「中日新聞」（9 月 27 日付け）と「静岡新聞」（10 月 17 日付け）の 2 紙が、タンザニアと日本の研究者の写真付きの大きな記事で本プロジェクトを紹介していただいた。

#### 2020 年

- ・2 月、プロジェクトメンバーの岡島准教授が、高圧流体を用いる有機廃棄物からの燃料および熱エネルギー製造技術に関する研究の業績により、日本エネルギー学会進歩賞（学術部門）を受賞した。
- ・4 月、バイオ燃料生産の基盤技術の研究を行い、SATREPS プロジェクトを支援するために、静岡大学内にプロジェクト研究所として「バイオ燃料生産技術研究所」を設立した。研究所長は岡島准教授であり、静岡大学の SATREPS メンバー全員と他の研究分野の教員が参画している。
- ・6 月、研究代表者の佐古が超臨界／亜臨界流体技術を用いる抽出技術の研究開発の業績に対して、分離技術会功労賞を受賞した。

2021年

- ・3月、プロジェクトメンバーの岡島准教授が、高圧流体利用技術に関する産学連携の推進に関する業績により、令和3年度静岡大学産学連携奨励賞を受賞した。
- ・カウンターパートであるダルエスサラーム大学 Swai 博士が、PV 導入事例について分析した共著論文等の成果が認められ、4月にダルエスサラーム大学から表彰された。

## 2023年

- ・4月、プロジェクトメンバーの土屋教授が、「タンザニアの農村地域におけるオフグリッド太陽光発電システムのエネルギー回収期間分析と投資収益率」の論文に対して Outstanding Scientist Award を受賞した。
- ・8月7日の電気新聞において、「アフリカの電化促進を目指し・農業残さの付加価値化と両立」というタイトルで本プロジェクトの成果が紹介された。

## 2024年

- ・3月、プロジェクトメンバーの加藤准教授が、「タンザニア連合共和国における稲作体系の解明とそれを取り巻く社会的環境」に関する業績により、日本熱帯農業学会奨励賞を受賞した。
- ・9月6日の日刊工業新聞において、「ディーゼル発電に米ぬか」というタイトルで、SATREPS プロジェクトが AKICO(株)に発注した CO2 膨張液体を用いる高圧抽出パイロットプラントが紹介された。

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。)
2020	Yooko Tsuchiya, Tobias A. Swai, Fumiya Goto, "Energy payback time analysis and return on investment of off-grid photovoltaic systems in rural areas of Tanzania", Sustainable Energy Technologies and Assessments, 2020.11.42-pp.100887-100887	10.1016/j.esta.2020.100887	国際誌	発表済	分野トップレベルの学術誌 IF.=7.1(2023)
2022	Mathayo Gervas Mathias, Idzumi Okajima, Kaichi Ito, Yusuke Aoki, Chang Yi Kong, and Takeshi Sako, "Influence of Extraction and Pretreatment Conditions on the Yield, Solubility, and Quality of Rice Bran Oil Extracted with CO <sub>2</sub> -Expanded Hexane", BioEnergy Research, 2023.1.	10.1007/s12155-022-10542-x	国際誌	発表済	
2022	Yooko Tsuchiya, Tobias Swai, Takashi Wakamatsu, Ryo Watari, Justus Nsenga, "The Entrepreneurship Potential of Rural Areas: Soap Production as a Side Business for Tanzanian Rice Farmers", African Journal of Applied Research, 2022.01.vol. 8, No. 2, pp.1-13	10.26437/ajar.31.10.2022.01	国際誌	発表済	
2022	Futoshi KATO, Justus Vincent NSENGA, "Agricultural Modernization in Tanzania: A Case Study on the Transition of Increasing Tractor-Hiring Services in the Rice-Producing Area of Kilombero Valley", Tropical Agriculture and Development, 2022.12.66(4), pp.150-155	0	国際誌	発表済	
2023	Mathayo Gervas Mathias, Idzumi Okajima, Yusuke Aoki, Chang Yi Kong, Ambrose Itika, Emrod Elisante, Takeshi Sako, "Extraction of high-quality rice bran oil with CO <sub>2</sub> -expanded acetone for biofuel production", Fuel, 2024, 356, 129491	10.1016/j.fuel.2023.129491	国際誌	発表済	分野トップレベルの学術誌 IF.=6.7(2024)
2024	Y. Tsuchiya, T. A. Swai, "Life cycle assessment and return on investment of biogas utilization in dairy farming areas of Tanzania", Low Carbon Economy, 2024, 15, pp.35-46	https://doi.org/10.4236/lce.2024.1520	国際誌	発表済	
2024	Mathayo Gervas Mathias, Idzumi Okajima, "Optimizing CO <sub>2</sub> -expanded hexane for enhanced yield and antioxidant activity of essential oils from citrus reticulate, Tanzania Journal of Science, 2024, 50(5), pp.975-985	https://doi.org/10.4314/tjs.v50i5.6	国際誌	発表済	
2024	Futoshi KATO, Makoto NAGAMORI, Futoshi SASAKI, Heriel MOSHI, Justus NSENGA, Nobuyuki KURAUCHI, "Photoperiodic response of Tanzanian rice cultivar named India Supa", submitted to Tropical Agriculture and Development		国際誌		投稿中
2024	Mapesa Kamisa Luhasilie, Takeshi Sako, Haruka Sano, Yusuke Aoki, Mathayo Gervas Mathias, Idzumi Okajima, "Extraction of High Quality Sunflower Seed Oil with Carbon-dioxide Expanded Hexane for Biofuel Production", submitted to Bioresource Technology		国際誌		投稿中
2024	Mathayo Gervas Mathias, Idzumi Okajima, "Extraction of $\gamma$ -Oryzanol Enriched Rice Bran Oil with CO <sub>2</sub> -expanded Liquids", submitted to Food and Bioprocess Technology		国際誌		投稿中
2024	Yooko Tsuchiya, Hitoshi Terazoe, Tobias A. Swai, "Production of rice bran-based fish feed for the dissemination of aquaculture in rural Tanzania", submitted to Trop. Agr. Develop.		国際誌		投稿中

論文数 7 件  
うち国内誌 0 件  
うち国際誌 7 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。)
2019	Chang Yi Kong, Kaito Sugiura, Toshitaka Funazukuri, Koji Miyake, Izumi Okajima, Sushmee Badhulika, Takeshi Sako, "The retention factors and partial molar volumes of ibuprofen at infinite dilution in supercritical carbon dioxide at T = (308.15, 313.15, 323.15, 333.15, 343.15 and 353.15) K", Journal of Molecular Liquids, 2019.11.296, pp.111849-1-111849-7	10.1016/j.molliq.2019.111849	国際誌	発表済	
2019	Chang Yi Kong, Kaito Sugiura, Shingo Natsume, Junichi Sakabe, Toshitaka Funazukuri, Koji Miyake, Izumi Okajima, Sushmee Badhulika, Takeshi Sako, "Measurements and correlation of diffusion coefficients of ibuprofen in both liquid and supercritical fluids", The Journal of Supercritical Fluids, 2020.01.159-pp.104776-1-104776-9	10.1016/j.supflu.2020.104776	国際誌	発表済	
2019	Le Thi Thien Ly, Idzumi OKAJIMA, Chang Yi Kong, Takeshi SAKO, "Oil extraction from rice bran using expanded liquid hexane with CO <sub>2</sub> ", Proceeding of APChE 2019, 2019.09.--, pp.1-4	-	国際誌	発表済	
2020	Nabin Shrestha, Hironobu Matsuo, "A Simple Design Method for Island Microgrid in Rural Area", International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology, 2020.07.87, pp.246-254	10.22214/ijraset.2020.7044	国際誌	発表済	
2021	Guoxiao Cai, Wataru Katsumata, Idzumi Okajima, Takeshi Sako, Toshitaka Funazukuri, Chang Yi Kong, "Determination of diffusivities of triolein in pressurized liquids and in supercritical CO <sub>2</sub> ", Journal of Molecular Liquids, 2022, 354, 118861, pp. 1-12	10.1016/j.molliq.2022.118860	国際誌	発表済	
2021	Idzumi Okajima, Le Thi Thien Ly, Chang Yi Kong, Takeshi Sako, "Phosphorus-free oil extraction from rice bran using CO <sub>2</sub> -expanded hexane", Chemical Engineering & Processing: Process Intensification, 2021.06.166, pp.108502-1-108502-10	10.1016/j.ccep.2021.108502	国際誌	発表済	
2021	Idzumi Okajima, Kaichi Ito, Yusuke Aoki, Chang Yi Kong, Takeshi Sako, "Extraction of rice bran oil using CO <sub>2</sub> -expanded hexane in the two-phase region", Energies, 2022.03, 15, pp. 2594-1-2594-14	10.3390/en15072594	国際誌	発表済	
2021	Yooko Tsuchiya, Hitoshi Terazoe, "Treatment to control the deterioration of rice bran oil as a fuel during long-term storage of rice bran in Africa", Trop. Agr. Develop., 2022.03, 6, 1, pp.44-49	10.11248/jsta.66.44	国際誌	発表済	
2023	加藤 太, "イネは湿地の雑穀か? -東アフリカの稲作農耕について-", 農耕の技術と文化, 2023.11, vol.30--pp.1-12	0	国内誌	発表済	

2023	Y. Fu, G. Cai, T. Funazukuri, C. Y. Kong, "Diffusion coefficients of zirconium (IV) acetylacetonate: Measurements and correlation in both pressurized liquid and supercritical fluid", Journal of Molecular Liquids, 2024.02.397-, pp.124149-1-124149-10	doi.org/10.1016/j.molliq.2024.124149	国際誌	発表済	
2023	G. Cai, Y. Fu, C. Y. Kong, "Comprehensive Volumetric Property of Eco-Friendly Pressurized Fluids by Experimental, Theoretical Modeling, and MD Simulation for Sustainable Oil Extraction from Waste Rice Bran", ACS Sustainable Chemistry & Engineering, 2024. 01.12-, pp.325-345	doi.org/10.1021/acsuschemeng.3c05836	国際誌	発表済	
2024	Yooko Tsuchiya, "Performance of Diesel Engines Fueled by Rice Bran Oil Extracted with CO <sub>2</sub> -expanded Hexane", Trop. Agr. Develop., 2024. 68, 4, pp.75-81		国際誌	発表済	
2024	Yao Fu, Ryohei Umemura, Guoxiao Cai, Toshitaka Funazukuri, Yooko Tsuchiya, Chang Yi Kong, "The retention factors and partial molar volumes of cycloartenyl ferulate at infinite dilution in supercritical carbon dioxide: Measurements and correlation", Journal of Molecular Liquids, 2024 08, 411, pp.125737-1-125737-9	doi.org/10.1016/j.molliq.2024.125737	国際誌	発表済	
2024	G. Cai, Y. Fu, C. Fukuhara, C. Y. Kong, "Fundamental properties of the green solvent CO <sub>2</sub> expanded ethyl lactate: Peng-Robinson equation of state, molecular dynamics simulation, and density functional theory studies", Journal of Environmental Chemical Engineering, 2024, 12, pp.114850-1-114850-12	doi.org/10.1016/j.jece.2024.114850	国際誌	発表済	
2025	Hitoshi Terazoe, Yooko Tsuchiya, "Effects of feeds containing fermented rice bran and sunflower meal as main ingredients on initial growth and body composition of tilapia juveniles " Journal of Aquaculture Research and Development, 2025. 16, pp.1000947-1-1000947-6	doi/10.35248/2155-9546.25.16.957	国際誌	発表済	

論文数	15 件
うち国内誌	1 件
うち国際誌	14 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
2019	佐古猛、タンザニアと静岡大学の11,000kmのつながり(その1)、佐鳴、2019、139		総説	発表済	
2020	佐古猛、タンザニアと静岡大学の11,000kmのつながり(その2)、佐鳴、2020、141		総説	発表済	

著作物数 2 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
2019	高圧抽出装置の組み立て、操作法、生成物の分析方法を説明、2回、3名	高圧抽出技術マニュアル	
2023	高圧抽出ベンチプラントの操作、洗浄、データ解析法を説明、2回、3名	高圧抽出ベンチプラントの操作マニュアル	

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
2020	国内学会	加藤太・Justus V. NSENGA(日本大学・Sokoine University of Agriculture)、タンザニアにおけるコメ価格の変動と稲作農家の経営戦略、日本熱帯農業学会第129回講演会、JIRCAS(オンライン開催)、2021年3月17日	口頭発表
2022	国内学会	Mathias M. G.(静岡大)、Okajima I.(静岡大)、Kong C. Y.(静岡大)、Sako T(静岡大)、Effect of temperature and pretreatment on CO <sub>2</sub> -expanded hexane extracted bio-oil quality、化学工学会第53回秋季大会、オンライン・信州大学長野キャンパス(2022.9.14-16)	口頭発表
2023	国内学会	土屋陽子(電中研)、Tobias A. Swai(UDSM)、国際援助による太陽光発電(PV)システム導入の実態調査-タンザニア農村部における事例-、日本アフリカ学会第60回学術大会、幕張国際研修センター、2023/5/13	ポスター発表
2023	国際学会	Mathayo Gervas MATHIAS(静岡大)、Idzumi OKAJIMA(静岡大)、Chang Yi KONG(静岡大) Takeshi SAKO(静岡大)、Extraction of high-quality rice bran oil with CO <sub>2</sub> -expanded liquids, The 12th International Conference on Separation Science and Technology, Okinawa, 2023.11.15-17	口頭発表
2023	国内学会	佐野 晴香、Mathayo Gervas Mathias, Luhasile Mapesa Kamisa, 岡島 いつみ, 孔 昌一, 佐古 猛(静岡大)、二酸化炭素膨張液体を用いたヒマワリ油の抽出、化学工学会第89年会大阪公立大学 中百舌鳥キャンパス(2024.3.18-20)	ポスター発表
2024	国内学会	佐野 晴香(静岡大)、Mathayo Gervas Mathias(USDM)、Luhasile Mapesa Kamisa(静岡大)、岡島 いつみ(静岡大)、孔 昌一(静岡大)、佐古 猛(静岡大)、二酸化炭素膨張液体を用いたヒマワリ油抽出	口頭発表

招待講演 0 件  
口頭発表 4 件  
ポスター発表 2 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
2019	国内学会	LE THI THIEN LY(静岡大)、岡島いつみ(静岡大)、孔昌一(静岡大)、佐古猛(静岡大)、“ヘキサン+CO <sub>2</sub> 膨張液体による米糠からのバイオオイルの抽出”、分離技術会年会2019、名古屋工業大学(2019.5.24-25)	ポスター発表
2019	国際学会	LE THI THIEN LY(Shizuoka Univ.)、Idzumi OKAJIMA(Shizuoka Univ.)、Chang Yi Kong(Shizuoka Univ.)、Takeshi SAKO(Shizuoka Univ.)、“Oil extraction from rice bran using expanded liquid hexane with CO <sub>2</sub> ”、18th Asian Pacific Conference of Chemical Engineering Congress (APCCHE2019)、Sapporo(2019.9.23-27)	ポスター発表
2020	国内学会	Kabir Md Imtiaz, Nabin Shrestha and Hironobu MATSUO、Identification of the optimal bio diesel generator ratio for an island micro grid in combination with battery、2020年度日本太陽エネルギー学会研究発表会、オンライン、11/6	口頭発表
2020	国内学会	勝間田 亘(静岡大)、采 国孝(静岡大)、岡島いつみ(静岡大)、孔昌一(静岡大)、佐古猛(静岡大)、船造俊孝(中大)、“加圧流体中におけるトリグリセリドの拡散係数とその相関”、第61回高压討論会2020、オンライン開催(2020.12.2-4)	ポスター発表
2020	国内学会	采 国孝(静岡大)、勝間田 亘(静岡大)、岡島いつみ(静岡大)、佐古猛(静岡大)、船造 俊孝(中大)、孔昌一(静岡大)、“Measurements of diffusion coefficients of lipid in various pressurized fluids with different viscosities”、化学工学会第86年会2021、オンライン開催(2021.3.20-22)	ポスター発表
2020	国内学会	伊藤開知(静岡大)、西本友里(静岡大)、LE THI THIEN LY(静岡大)、孔昌一(静岡大)、岡島いつみ(静岡大)、佐古猛(静岡大)、“二酸化炭素膨張液体による米糠からのバイオオイルの抽出”、化学工学会第86年会、オンライン開催(2021.3.20-22)	ポスター発表
2021	国際学会	G. Cai, W. Katsumata, I. Okajima, T. Sako, T. Funazukuri, C. Y. Kong, Measurements of diffusion coefficient for triolein in various pressurized fluids with different viscosities, the 9th International Symposium on Molecular Thermodynamics and Molecular Simulation (MTMS2021), Virtual, Japan, September 7-9, 2021.	ポスター発表
2021	国内学会	采国孝、岡島いつみ、佐古猛、船造俊孝、孔昌一、加圧流体中のトリオレインの無限希釈相互拡散係数の実測と相関、化学工学会第87回年会2022(神戸大学)、3月16-18日2022年	ポスター発表
2021	国内学会	加藤太・永森慎人・佐々木大・倉内伸幸(日本大学生物資源科学部)、タンザニアのイネ品種における日長反応性、日本熱帯農業学会第131回講演会、茨木大学(オンライン開催)、2022年3月15日	口頭発表
2021	国際学会	Kabir Md Imtiaz, Hironobu Matsuo, The Best Energy Combination for an Island Micro-grid in a Rural Village of Tanzania, with an Emphasis on the Total Cost, 11th SOLARIS 2021, Tokyo (Online), 2021.9.29	口頭発表
2021	国内学会	伊藤 開知、岡島 いつみ、孔 昌一、佐古 猛、“二酸化炭素膨張液体による米糠からのバイオオイルの抽出”、化学工学会第52回秋季大会、オンライン開催(2021.9.22-24)	口頭発表
2021	国内学会	青木悠亮、岡島 いつみ、佐古 猛、“加圧二酸化炭素によるヒマワリ種子からのバイオオイル抽出”、化学工学会第87年会、オンライン開催(神戸大)(2022.3.16-18)	ポスター発表
2022	国内学会	G. Cai, R. Umamura, I. Okajima, T. Sako, T. Funazukuri, Chang Yi Kong: “Using SCF chromatography to determine the PMV and solubility of lipid in supercritical CO <sub>2</sub> ”、化学工学会第53回秋季大会2022(信州大学、長野(工学)キャンパス/オンライン)、9月14-16日2022年(CB216)	口頭発表
2022	国内学会	G. Cai, 船造俊孝、佐古猛、福原長寿、孔昌一: “MD simulation study on the density behavior of gas expanded liquid”、化学工学会第88回年会2023(東京農工大学)、3月15-17日2023年(E219)	口頭発表
2022	国内学会	G. Cai, 福西晃太、佐古猛、船造俊孝、孔昌一: “Determination of the PMV values of OAME in supercritical carbon dioxide”、化学工学会第88回年会2023(東京農工大学)、3月15-17日2023年(E220)	口頭発表
2022	国際学会	G. Cai, K. Harasaki, S. Sugiura, T. Sako, C. Choji, T. Funazukuri, C. Y. Kong, Densities of pressurized ethanol by MD simulation (1), The 9th International Symposium toward the Future of Advanced Researches in Shizuoka University (ISFAR-SU2023) - Joint International Workshops on Advanced Nanovision Science / Advanced Green Science / Promotion of Global Young Researchers on the basis of Interdisciplinary Domain Researches - (Zoom), March 1, 2023.	口頭発表

2022	国際学会	G. Cai, K. Harasaki, S. Sugiura, T. Sako, T. Funazukuri, C. Y. Kong, Densities of pressurized ethanol by MD simulation (2), 7th International Conference on Nanoscience and Nanotechnology (ICONN 7th, Virtual Conference), March 27-29, 2023.	口頭発表
2022	国内学会	青木悠亮(静岡大)、岡島いづみ(静岡大)、佐古 猛(静岡大)、“加圧二酸化炭素によるヒマワリ種子からのバイオオイル抽出”、化学工学会第53回秋季大会、オンライン・信州大学長野キャンパス(2022.9.14-16)	口頭発表
2022	国内学会	野田靖仁、中津陽太、松尾廣伸、エネルギー効率向上のための蓄電システム導入 によるディーゼル発電小規模実験、日本太陽エネルギー学会、福井、2022.11.10	口頭発表
2023	国内学会	Guoxiao Cai(静岡大)、Fu Yao(静岡大)、茂木 堯彦(静岡大)、船造俊孝(中央大)、佐古猛(静岡大)、孔 昌一(静岡大)、“Density estimation of CO2 expanded liquids by molecular dynamics simulation”、化学工学会第54回秋季大会、福岡大学七隈キャンパス(2023.9.11-13)	口頭発表
2023	国内学会	Fu Yao(静岡大)、梅村 涼(静岡大)、Guoxiao Cai(静岡大)、茂木 堯彦(静岡大)、船造俊孝(中央大)、孔 昌一(静岡大)、“Retention factors and partial molar volumes of $\gamma$ -Oryzanol in supercritical CO2”、化学工学会第54回秋季大会、福岡大学七隈キャンパス(2023.9.11-13)	口頭発表
2023	国内学会	Fu Yao(静岡大)、Guoxiao Cai(静岡大)、茂木 堯彦(静岡大)、船造俊孝(中央大)、孔 昌一(静岡大)、“[注目講演] Measurements and Correlation of Diffusivities for Zirconium Acetylacetonate in Pressurized Fluids”、化学工学会第89年会、大阪公立大学中百舌鳥キャンパス(2024.3.18-20)	ポスター発表
2023	国際学会	G. Cai, T. Funazukuri, I. Okajima, T. Sako and C. Y. Kong, Measurements of the pressurized fluid densities using impulse response technique, Proc. of the 16th International Conference on Properties and Phase Equilibria for Product and Process Design (PPEPPD 2023), LA Pineda, Tarragona, Spain, May 21-25, 2023.	ポスター発表
2023	国際学会	G. Cai, H. Matsui, R. Umemura, I. Okajima, T. Sako, T. Funazukuri, C. Y. Kong, Density determination of the CO2-expanded liquid by MD simulation, 20th International Conference on Global Research and Education INTER-ACADEMIA 2023, September 27-29, 2023.	口頭発表
2023	国際学会	G. Cai, Y. Fu, T. Sako, C. Choji, T. Funazukuri, C. Y. Kong, Densities and viscosities of ethyl lactate by MD simulation, The 10th International Symposium toward the Future of Advanced Researches in Shizuoka University (ISFAR-SU2024) - Joint International Workshops on Advanced Nanovision Science / Advanced Green Science / Promotion of Global Young Researchers on the basis of Interdisciplinary Domain Researches - (Zoom), March 6, 2024.	口頭発表
2023	国内学会	野田靖仁、松尾廣伸、再生可能エネルギーだけで構築される実験用マイクログリッドの構築と運用シミュレーション、日本太陽エネルギー学会、泉佐野、2023.11.16	口頭発表
2023	国際学会	Takeshi SAKO (静岡大)、Idzumi OKAJIMA (静岡大)、Le Thi Thien LY (静岡大)、Chang Yi KONG (静岡大)、CO2-expanded hexane extraction of rice bran oil using semi-flow bench plant, The 12th International Conference on Separation Science and Technology, Okinawa, 2023.11.15-17	口頭発表
2023	国際学会	Idzumi OKAJIMA (静岡大)、Takeshi SAKO (静岡大)、Yusuke AOKI (静岡大)、Haruka SANO (静岡大)、Chang Yi KONG (静岡大)、Extraction of sunflower oil using compressed carbon dioxide, The 12th International Conference on Separation Science and Technology, Okinawa, 2023.11.15-17	ポスター発表
2024	国内学会	岡村遼斗、野田靖仁、松尾廣伸(静岡大学)、マイクログリッドにおける損失の実験的把握とそれを用いたシミュレーション精度向上、日本太陽エネルギー学会、札幌、2024.11.2	口頭発表
2024	国内学会	YASH PANDEY, 松尾廣伸(静岡大学)、Impact of Load Profile Variability on Optimal PV and BESS Capacities of Diesel Generator based Microgrid, 日本太陽エネルギー学会、札幌、2024.11.2	口頭発表
2024	国内学会	岡島いづみ(静岡大)、佐古猛(静岡大)、二酸化炭素膨張液体によるバイオマスからのオイル抽出、分離技術会年会2024、松江、2024.12.19	招待講演
2024	国内学会	加藤太(日本大)、タンザニア連合共和国における稲作体系の解明とそれを取り巻く社会環境、日本熱帯農業学会第137回講演会、玉川大学、2024年3月18日	招待講演

招待講演	2 件
口頭発表	19 件
ポスター発表	11 件

VI. 成果発表等

(3) 特許出願【研究開始～現在の全期間】(公開)

①国内出願

	出願番号	出願日	発明の名称	出願人	知的財産権の種類、出願国等	相手国側研究メンバーの共同発明者への参加の有無	登録番号 (未登録は空欄)	登録日 (未登録は空欄)	出願特許の状況	関連する論文のDOI	発明者	発明者 所属機関	関連する外国出願※
No.1	特願2019-043827	11/03/2019	油脂抽出方法	静岡大学、電力中央研究所	日本	無し			公開		岡島いづみ 孔昌一 佐古猛 土屋陽子	静岡大学大学院総合科学技術研究科工学専攻 静岡大学創造科学技術大学院エネルギーシステム部門 電力中央研究所環境科学研究所	PCT/JP2020/10390
No.2	特願2023-079595	12/05/2023	生物用の飼料	電力中央研究所	日本	無し					土屋陽子 寺添斉	電力中央研究所サステナブルシステム研究本部	
No.3													

国内特許出願数 2 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	PCT/JP2020/10390	10/03/2020	油脂抽出方法及び油脂抽出装置	国立大学法人静岡大学	国際出願特許、タンザニア	無し			国際公開 指定国移行しない		岡島いづみ 孔昌一 佐古猛 土屋陽子	静岡大学大学院総合科学技術研究科工学専攻 静岡大学創造科学技術大学院エネルギーシステム部門 電力中央研究所環境科学研究所	特願2019-043827
No.2													
No.3													

外国特許出願数 1 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
2019	01/04/2019	フェロー	超臨界/亜臨界流体の基礎および応用研究	佐古猛	化学工学会	3.一部当課題研究の成果が含まれる	
2019	26/02/2020	進歩賞(学術部門)	高圧流体を用いる有機廃棄物からの燃料および熱エネルギー製造技術に関する研究	岡島いづみ	日本エネルギー学会	3.一部当課題研究の成果が含まれる	
2020	26/06/2020	功労賞	超臨界/亜臨界流体を用いる抽出技術の研究開発	佐古猛	分離技術会	3.一部当課題研究の成果が含まれる	
2021	11/03/2022	令和3年度静岡大学産学連携奨励賞	高圧流体利用技術に関する産学連携	岡島いづみ	静岡大学イノベーション社会連携推進機構	3.一部当課題研究の成果が含まれる	
2022	27/01/2023	奨励賞 学生部門	エネルギー効率向上のための蓄電システム導入によるディーゼル発電小規模実験	野田靖仁	日本太陽エネルギー学会	2.主要部分が当課題研究の成果である	
2023	21/04/2023	Outstanding Scientist Award	Yooko Tsuchiya, Tobias A. Swai, Fumiyuki Goto, "Energy payback time analysis and return on investment of off-grid photovoltaic systems in rural areas of Tanzania". Sustainable energy Technologies and Assessmentsの功績により	土屋陽子	Asia International Research Awards	1.当課題研究の成果である	
2024	18/03/2024	日本熱帯農業学会奨励賞	タンザニア連合共和国における稲作体系の解明とそれを取り巻く社会的環境	加藤太	日本熱帯農業学会	3.一部当課題研究の成果が含まれる	
2024	03/02/2025	奨励賞 学生部門	マイクログリッドにおける損失の実験的把握とそれを用いたシミュレーション精度向上	岡村遼斗	日本太陽エネルギー学会	2.主要部分が当課題研究の成果である	

8 件

②マスコミ(新聞・TV等)報道

年度	掲載日	掲載媒体名	タイトル/見出し等	掲載面	プロジェクトとの関係 (選択)	特記事項
2019	27/09/2019	中日新聞	米糠燃料で発電技術	9面	1.当課題研究の成果である	
2019	17/10/2019	静岡新聞	タンザニアでバイオマス発電	2面	1.当課題研究の成果である	
2023	07/08/2023	電気新聞	アフリカの電化促進を目指し・農業残さの付加価値化と両立	8面	1.当課題研究の成果である	
2024	06/09/2024	日刊工業新聞	ディーゼル発電に米糠、CO2膨張液体活用	4面	1.当課題研究の成果である	

4 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
2019	04/09/2019	SATREPSプロジェクトキックオフミーティング	ダルエスサラーム大学(タンザニア)	23名(15名)	公開	プロジェクトの概要説明、両国関係者の交流を実施
2019	25/01/2020	名古屋工業会静岡支部テクノフォーラム	浜松	30名	公開	SATREPSプロジェクトの概要を紹介した。
2022	14/12/2022	ダルエスサラーム大学講演会	ダルエスサラーム大学(タンザニア)	50名	公開	SATREPSプロジェクトの概要、成果、人材交流について説明した。
2023	30/08/2023	静岡県産業振興財団ラウンドテーブル	浜松	23名	公開	SATREPSプロジェクトの一部で実施中であるマイクログリッドに関する研究内容を紹介した。

4 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
2019	28/11/2019	初年度の重要事項の協議と承認	12名	PDMとPOの修正、2019年度研究計画、タンザニア渡航と日本への招聘の日程、バイオエネルギー実験棟の建設、プロジェクトの未確定重要事項等について協議し承認された。
2021	2021/10/1	パイロットプラントの建設方針の打ち合わせ	15名	ダルエスサラーム大学の高圧技術のレベル、経験、技術者等を基にして、500L高圧抽出パイロットプラントの建設・維持管理が可能かどうか話し合った。
2021	2021/12/8	パイロットプラントの建設方針の打ち合わせ	10名	ダルエスサラーム大学の高圧技術の現状から、500L高圧抽出パイロットプラントの建設や維持管理は難しいとの結論になり、早急に抽出技術についてプランBを作成することになった。
2022	2022/12/8	研究計画と予算の修正案の審議および承認	19名	500L高圧抽出プラントを50～100L高圧抽出プラントに縮小し、不足する油分を供給するために大気圧抽出プラントを製作すること、392m2のバイオエネルギー実験棟を建設することを承認した。
2024	2024/7/2	PDM、PO、ODA予算の修正案の審議と承認、実験棟、大型装置の進捗状況	20名	研究計画と予算の見直しを行った。バイオエネルギー実験棟の建設、大型実験装置の製作・輸送の進捗状況を説明した。大型実験装置の通関を早めるための対策を打ち合わせた。

5 件

# 成果目標シート(雛形:適宜変更してご利用ください)

研究課題名	地方電化及び副産物の付加価値化を目指した作物残渣からの革新的油脂抽出技術の開発と普及
研究代表者名(所属機関)	佐古 猛(静岡大学創造科学技術大学院エネルギーシステム部門 特任教授)
研究期間	H30採択(平成30年6月1日~令和7年3月31日)
相手国名/主要相手国研究機関	タンザニア連合共和国/ダルエスサラーム大学、ソコイネ農業大学
関連するSDGs	目標 7. すべての人々の、安価かつ信頼できる持続可能な近代的エネルギーへのアクセスを確保する 目標 9. 強靱(レジリエント)なインフラ構築、包摂的かつ持続可能な産業化の促進及びイノベーションの推進を図る

## 成果の波及効果

日本政府、社会、産業への貢献	<ul style="list-style-type: none"> <li>・低コストバイオ燃料油抽出技術の普及</li> <li>・CO<sub>2</sub>排出削減に向けたビジネスモデルの提案</li> <li>・農業残渣徹底利用による廃棄物極小化技術の開発</li> </ul>
科学技術の発展	<ul style="list-style-type: none"> <li>・精製処理を必要としないバイオ燃料油製造技術</li> <li>・未利用・廃棄バイオマスのカスケード利用技術</li> <li>・バイオマスの利活用によるCO<sub>2</sub>排出削減技術</li> </ul>
知財の獲得、国際標準化の推進、遺伝資源へのアクセス等	<ul style="list-style-type: none"> <li>・新規の膨張液体循環型バイオ燃料油抽出装置</li> <li>・未利用・廃棄バイオマス由来の新燃料導入拡大によるCO<sub>2</sub>排出削減政策</li> </ul>
世界で活躍できる日本人人材の育成	<ul style="list-style-type: none"> <li>・国際技術協力のプロモーターを輩出</li> <li>・途上国のCO<sub>2</sub>排出削減ヘリダーシップを発揮できる若手人材の育成</li> </ul>
技術及び人的ネットワークの構築	<ul style="list-style-type: none"> <li>・地産地消のエネルギー・資源循環システムの構築と雇用創出を目指すプロジェクトを通してアフリカ・東南アジア地域との連携強化</li> </ul>
成果物(提言書、論文、プログラム、マニュアル、データなど)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・膨張液体循環型バイオ燃料油抽出技術の確立と適用</li> <li>・未利用・廃棄バイオマスのカスケード利用マニュアル</li> <li>・CO<sub>2</sub>排出削減に寄与する地産のエネルギー・資源利用スキームの提案</li> </ul>

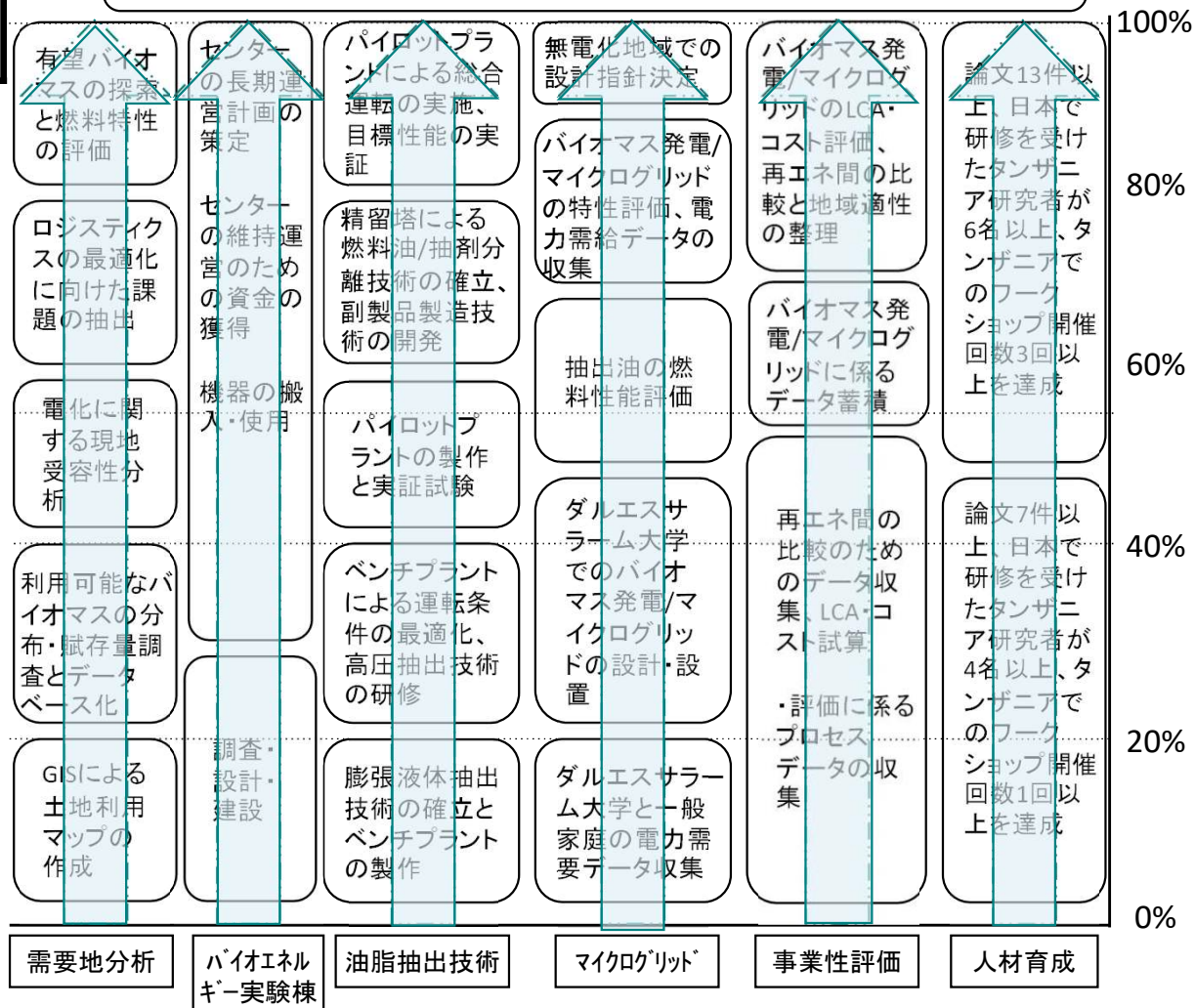
## 上位目標

プロジェクトにより提示されたモデルが普及し、タンザニアの地方電化に貢献する。

プロジェクトにより開発された技術が実用に供され、提示されたモデルの有用性が実証される。

## プロジェクト目標

作物残渣からの革新的な油脂抽出技術が開発され、発電及びマイクログリッドへの適用並びに副製品の製造がモデルとして提示される。



有望バイオマスの探索と燃料特性の評価	センターの長期運営計画の策定	パイロットプラントによる総合運転の実施、目標性能の実証	無電化地域での設計指針決定	バイオマス発電/マイクログリッドのLCA・コスト評価、再エネ間の比較と地域適性の整理	論文13件以上、日本で研修を受けたタンザニア研究者が6名以上、タンザニアでのワークショップ開催回数3回以上を達成
ロジスティクスの最適化に向けた課題の抽出	センターの維持運営のための資金の獲得	精留塔による燃料油/抽出分離技術の確立、副製品製造技術の開発	バイオマス発電/マイクログリッドの特性評価、電力需給データの収集	バイオマス発電/マイクログリッドに係るデータ蓄積	
電化に関する現地受容性分析	機器の搬入・使用	パイロットプラントの製作と実証試験	抽出油の燃料性能評価		
利用可能なバイオマスの分布・賦存量調査とデータベース化		ベンチプラントによる運転条件の最適化、高圧抽出技術の研修	ダルエスサラーム大学でのバイオマス発電/マイクログリッドの設計・設置	再エネ間の比較のためのデータ収集、LCA・コスト試算	論文7件以上、日本で研修を受けたタンザニア研究者が4名以上、タンザニアでのワークショップ開催回数1回以上を達成
GISによる土地利用マップの作成	調査・設計・建設	膨張液体抽出技術の確立とベンチプラントの製作	ダルエスサラーム大学と一般家庭の電力需要データ収集	・評価に係るプロセスデータの収集	

需要地分析	バイオエネルギー実験棟	油脂抽出技術	マイクログリッド	事業性評価	人材育成
-------	-------------	--------	----------	-------	------