

二国間交流事業 共同研究報告書

令和6年4月12日

独立行政法人日本学術振興会理事長 殿

[日本側代表者所属機関・部局]
東京大学・大学院農学生命科学研究科
[職・氏名]
教授・山本 光夫
[課題番号]
JPJSBP 120216001

1. 事業名 相手国: エジプト (振興会対応機関: STDF) との共同研究

2. 研究課題名

(和文) 海洋ごみ削減に向けたエジプトでの生分解性プラスチック製造へのナツメヤシ残渣の活用

(英文) Utilization of date palm residue to biodegradable plastic production in Egypt for reducing marine plastic litter

3. 共同研究実施期間 2021年9月1日～2024年3月31日 (2年7ヶ月)【延長前】 2021年9月1日～2024年8月31日 (2年0ヶ月)

4. 相手国側代表者(所属機関名・職名・氏名【全て英文】)

Egypt-Japan University of Science and Technology (E-JUST),
Professor, Abdel-Mawgood, Ahmed Lotfy

5. 委託費総額(返還額を除く)

本事業により執行した委託費総額	4,775,000 円
内訳	
1年度目執行経費	1,900,000 円
2年度目執行経費	2,375,000 円
3年度目執行経費	500,000 円

6. 共同研究実施期間を通じた参加者数(代表者を含む)

日本側参加者等	9名
相手国側参加者等	7名

* 参加者リスト(様式 B1(1))に表示される合計数を転記してください(途中で不参加となった方も含め、全ての期間で参加した通算の参加者数となります)。

7. 派遣・受入実績

	派遣		受入
	相手国	第三国	
1年度目	0	0	0(0)
2年度目	3	0	1(0)
3年度目	3	0	1(0)

* 派遣・受入実績(様式 B1(3))に表示される合計数を転記してください。

派遣:委託費を使用した日本側参加者等の相手国及び相手国以外への渡航実績(延べ人数)。

受入:相手国側参加者等の来日実績(延べ人数)。カッコ内は委託費で滞在費等を負担した内数。

8. 研究交流の概要・成果等

(1)研究交流概要(全期間を通じた研究交流の目的・実施状況)

本研究の目的は、海洋プラスチックごみ削減に向けて、エジプトにおけるナツメヤシ残渣由来の生分解性プラスチック(プラスチック代替素材)の製造プロセスの設計と実際の利用可能性を検討することである。そのために東京大学は「1-1 ナツメヤシ残渣由来の生分解性プラスチック生成プロセスの設計とその実現可能性評価」、「1-2 ナツメヤシ残渣を原料とする環境材料生成手法の検討」に取り組んできた。一方で E-JUST は、「2-1 ナツメヤシ残渣由来の生分解性プラスチック製造の最適化及び低コスト化に関する検討」、「2-2 ナツメヤシ残渣由来の生分解性プラスチックの分解速度及び材料特性評価」を行うとの実施計画を立て、共同研究を行ってきた。全体を通して、本研究は当初の予定通りに進めることができた。特に相手国との交流に関しては当初の想定以上の成果を得ることができたと考えている。

研究成果に関しては、1-1~2-2 の計画に沿って日本側、相手国側ともに研究を進めた。本研究申請当初は、石油由来プラスチックの代替素材として、生分解性プラスチックの研究開発を進めることを考えていたが、エジプトの状況や農作物残渣を活用した代替素材製造の実用化までに要する時間等を検討した結果、紙製造とバイオコンポジット(農作物残渣と生分解性プラスチックの混合物)の研究開発を行う方が有益であるとの結論に至り、紙とコンポジットの研究開発(基礎研究)を中心として行うことにした。その結果、材料研究、環境影響・経済性評価といった当初想定していたすべての研究項目について成果を得ることができた。相手国側と日本側の共著論文は 5 報(全て査読付き、総説 1 報含む)となり、日本側の成果に関しては国際学会発表 1 回、国内学会発表 2 回であり、それらを踏まえて 1 報はまもなく論文投稿が完了、1 報が論文執筆中となっている。研究者の交流については、1 年目(2021 年度)はコロナ禍のため、オンラインによるミーティング及びワークショップ実施となったが、2 年目、3 年目は日本側、相手国側がそれぞれ 1 回ずつ、エジプト及び日本に訪問している。これらの詳細に関しては、(2)及び(3)に記述する。

(2)学術的価値(本研究交流により得られた新たな知見や概念の展開等、学術的成果)

本研究で得られた学術的価値は、プラスチック代替素材製造へのシステム・プロセス検討(シナリオ構築)、代替素材開発・実用化に向けた基礎研究について、Chemical free な手法と生物学的手法を用いたアプローチを行い、研究成果が得られたことである。

1-1 では、最終目標である「(a)ナツメヤシ残渣の回収・輸送→(b)ナツメヤシ由来の生分解性プラスチック生成→(c)市場への輸送・販売」の最適なプロセス設計を目指した。エジプト北部におけるナツメヤシ残渣からのパルプ・紙製造の物流システムを経済モデル(Integer Linear Programming (ITL) model)により最適化し、パルプ製造で利益が得られるシナリオの構築と、このシナリオについてのライフサイクルアセスメント(LCA)を行った。これらの成果については、経済モデルによるシナリオ構築に関して国内学会発表を行い、それをもとに現在論文執筆中である。LCA に関しては、国内学会で発表を行ったほか、この研究成果が基になって以下のナツメヤシ以外の農作物残渣活用の研究へとつながっている。1-2 については、化学物質・薬品を使わない方法(Chemical-free)で、ナツメヤシ残渣とポリ乳酸(PLA)のコンポジット材料開発に取り組み、引張強度測定や電子顕微鏡による観察に基づいてその特性評価を行った成果に関して、まもなく論文投稿が完了する予定である。さらに、得られたコンポジットからシート状の成型物を製造するプロセスについても、適切な製造条件の検討を行った。

一方で、今後の研究発展を視野に入れて、ナツメヤシ以外の農作物残渣についても検討していくものとし、最終年度には、ナツメヤシと同じエジプト北部を対象として、特にナイルデルタで行われる稲作由来の残渣に着目

し、稲わらのプラスチック代替素材への利用可能性として紙とコンポジットの検討を開始した。紙製造については、既に稲わらからの紙製造法が存在しているため、それらのデータをもとに LCA を行い、環境負荷の観点からは有用である可能性が示唆された。この成果については、今後学会発表及び論文執筆を進めていく予定である。

次に 2-1 及び 2-2 については、エジプトにおける年間残渣発生量とその地域特性からナツメヤシに加えてバナナの残渣に着目し、プラスチック代替素材開発・製造の基礎研究を行ってきた。E-JUST は、バナナやナツメヤシ残渣からセルロースやファイバー（セルロースファイバー）の抽出に向けた研究を 2 つの方法で行ってきた。1 つは、地中海海水を利用したバナナ残渣のセルロース比率向上と、代替素材製造に適したファイバー抽出プロセスの確立、もう一つは、菌類や細菌を利用した生物学的分解手法でセルロース比率を制御することによる代替素材製造への利用である。基礎研究成果は着実に得られており、これまで査読付論文 5 報（総説 1 報含む）を論文としてまとめることができた。

(3)相手国との交流(両国の研究者が協力して学术交流することによって得られた成果)

前述の通り、1 年目はオンラインによる交流が中心であったが、2 年目(2022 年度)、3 年目(2023 年度)に日本側からエジプトに 1 回ずつ、エジプト側から日本に 1 回ずつの訪問を行っている。

まず 2022 年 5 月に日本側研究代表者の山本と、研究分担者の佐藤、そして大学院生の謝がエジプトを訪問し、それまでの成果報告に関するワークショップを E-JUST で開催したほか、環境影響評価等を行うにあたって必要なフィールド視察・調査を実施した。また 2023 年 11 月には、エジプト側の代表者である Abdel-Mawgood 教授が来日し、成果報告に関するワークショップを東京大学で開催したほか、今後の研究発展に向けた打ち合わせ等を行った。2023 年 5 月には、今度は日本側研究分担者の斎藤と黒河内が山本とともにエジプトを訪問し、再びワークショップを開催したほか、二国間交流事業後の研究プロジェクト継続・発展を見越して、現地企業や研究機関に E-JUST の共同研究者とともに訪問して打ち合わせを行った。また 2024 年 1 月には E-JUST の Abdel-Mawgood 教授が再び来日し、ワークショップ(同教授による研究成果に関する講演)を開催したほか、紙製造の専門家との今後の連携に向けた打ち合わせを行った。

これらの交流によって、本事業が終了した後の更なる研究継続・発展に向けた研究・プロジェクト体制が構築できたと考えている。日本側のエジプト訪問によって、将来的にプラスチック代替素材製造に関わる可能性があるような現地企業、また政府関連機関・研究所との将来的な連携が可能となった。また E-JUST は JICA が支援している大学でもあることから JICA との連携が強化されたほか、2022 年 5 月のエジプト訪問時は国際連合工業開発機関(UNIDO)の専門家と一緒に E-JUST を訪問したことから、将来的に国際機関との更なる連携も可能となり、交流面でも大きな成果を挙げることができたと考えている。

(4)社会的貢献(社会の基盤となる文化の継承と発展、社会生活の質の改善、現代的諸問題の克服と解決に資する等の社会的貢献はどのようにあったか)

本事業は、「①現代的諸問題の克服と解決」に向けた取組み・貢献を通して、将来的には「②社会生活の質の改善」にも貢献していけるものと考えている。

①については、海洋プラスチック問題解決に向けて、基礎研究成果や今後の研究・プロジェクト発展に向けた国際協力体制を構築できたという意味で社会貢献ができたと考えている。申請書にも書いた内容であるが、海洋プラスチックごみ問題については、既に海洋には約 83Mt(Million metric tons)のプラスチックごみが存在し、毎年 8Mt が海洋に流入している(UNIDO, 2019)。80%が陸域起源であることから、陸域でのプラスチック廃棄物管理は重要であるものの、アフリカ諸国をはじめとした開発途上国は、適切な管理が行われているとは言い難い。その中でエジプトは、世界第7位のプラスチック廃棄物排出国となっている。また廃棄物問題が深刻(リサイクル率 2%)で、農業廃棄物は年間 3,500 万トン以上発生している(E-JUST 側資料)。このようにエジプトでは、

石油由来プラスチック削減と農業廃棄物の適切な処理と有効活用が大きな課題となっている。これらの課題解決に向けた科学的知見を蓄積することができたことが社会的貢献の観点からも大きな成果といえる。②については、エジプトにおいて将来的にプラスチック代替素材導入が進み、プラスチックごみ、海洋プラスチックを減少させることができれば、「社会生活の質が改善」されるとともに、新たな産業創出などの可能性も考えられる。この点に関しては、以下の(5)に記述する。

(5)若手研究者養成への貢献(若手研究者養成への取組、成果)

本事業においては、若手・中堅の研究者が中心となって研究を推進することができた。材料開発研究に関しては、女性研究者の黒河内が中心となり研究を遂行したことによって、論文成果(まもなく投稿)が得られたほか、所属する研究室学生へのテーマ提示・指導にもつながっている。またエジプト側の研究者とも共同研究・分析を担当することで、今後の国際協力(研究発展)における中心的な立場となった。一方で共同研究者の佐藤については、日本側が最初にエジプトに訪問した出張に参加しており、研究面では経済モデルの構築への大きな寄与があった。今後、代替素材をエジプトに導入するには社会経済的な評価が不可欠であり、今後の更なる貢献が期待される。

一方で、学生の教育面での貢献(若手研究者養成)についても、大きな成果をあげることができた。E-JUSTの修士課程で本事業に参画した学生が、日本(東京大学)での博士号取得を希望し、研究代表者が東京大学大学院農学生命科学研究科の博士後期課程に2023年10月に入学し、東京大学の一員として本事業に携わるに至った。このことは、若手研究者養成面での貢献はもとより、日本とエジプトの大学間の教育交流促進の面でも大きな成果といえる。その他、日本側で研究に取り組んだ学生が海外の大学(大学院)に進学・修了するなどもしている。

(6)将来発展可能性(本事業を実施したことにより、今後どのような発展の可能性が認められるか)

本事業を実施したことにより、研究及び研究協力体制の確立の面で大きな成果が得られたことから、それを基にした他事業(実用化に向けたプロジェクト)への展開が可能となった。具体的には、紙及びコンポジットの製造プロセス構築、そして実験室規模及びパイロットスケール規模での研究・プロジェクトを実施する事業へと新たに展開することで、企業及びエジプトの政府関連機関などとの連携・協力関係を確立して、実際にプラスチック代替素材の導入を目指すことが可能となると考えている。そうすることによって、紙製造やコンポジット製造などの新たな産業をエジプトに創出することにつながる可能性も考えられる。とくにエジプトは木質パルプを自国で生産することが容易でないことから農作物残渣由来の新たな非木質パルプ製造プロセス構築ができれば、大きなインパクトになると推察される。

(7)その他(上記(2)～(6)以外に得られた成果があれば記載してください)

例: 大学間協定の締結、他事業への展開、受賞など