

SICORP e-ASIA共同研究プログラム
「材料 (ナノテクノロジー)」分野 事後評価報告書

1 共同研究課題名

「触媒的効率炭素－炭素結合形成を基盤とする植物油由来の高分子機能材料の開発」

2 日本－相手国研究代表者名（研究機関名・職名は研究期間終了時点）：

日本側研究代表者

野村 琴広(東京都立大学 大学院理学研究科・教授)

タイ側研究代表者

ブーンヤラ・キティヤナン (チュラロンコン大学 石油・石油化学院・教授)

フィリピン側研究代表者 (研究代表者退職のため 2021 年 7 月より変更)

ギルバート・ユウ (アテネオ・デ・マニラ大学 理工学部・助教)

ディムゾン イアン ケン (アテネオ・デ・マニラ大学 理工学部・助教授)

※2021 年 7 月より

3 研究概要及び達成目標

本課題は、ASEAN 諸国に豊富に存在する非可食の植物資源から、触媒による精密重合を基盤技術として、分解・リサイクル可能な高分子機能材料を創製しようというものである。具体的には、日本側が植物油等から誘導される各種ポリマー原料（モノマー、非共役ジエン）より、独自の触媒技術（オレフィンメタセシス重合と水素化）による高分子機能材料の合成に取り組む。特に植物油（ひまし油など）とグルコースから誘導されるモノマーに注目し、フィルム性状（引張り強度や破断伸び）に優れる高分子量ポリマーの合成法の開発と機械特性評価に取り組んだ。

タイ側では合成したポリマーの機能評価、特にジアセチレンポリマーとの複合化による微量の酸・塩基性等により色調変化する高分子機能材料への可能性を追求し、フィリピン側では合成したポリマーと糖鎖ポリマーとの複合材料を合成し、重金属等を捕捉・回収する水質浄化材料の開発に取り組んだ。

さらに、タイ側と日本側とで連携し、タイ側では過剰の強塩基を必要とする従来法よりも革新的に環境低負荷型の植物油（脂肪酸トリグリセリド）から脂肪酸エステル（FAEs）を得る触媒的分解法の開発、日本側では FAEs からモノマーやファインケミカルズの精密合成法の開発に取り組む。

4 事後評価結果

4.1 研究成果の評価について

4.1.1 研究成果と達成状況

本課題の実施に際し、(1)分子触媒による精密重合を利用したバイオベースポリマーの合成（日本側が中心、ネットワークポリマーはフィリピン側と共同）、(2) 植物由来原料からの効率化学変換、モノマー合成手法の開発（日本側とタイ

側で連携)、(3) 高分子機能材料の開発 (タイ側とフィリピン側で検討、日本側はサンプル提供) の検討項目に取り組んだ。各項目における成果は以下の通り。

(1) 分子触媒による精密重合を利用したバイオベースポリマーの合成 (日本側)

植物油とグルコースから誘導される原料 (モノマー、非共役ジエン) のオレフィンメタセシス重合と得られるポリマーのオレフィン水素化手法の開発に取り組み、従来手法で得られるポリマー (数平均分子量で 1 万前後) よりもフィルム特性 (引張強度や破断伸び) に格段に優れる高分子量ポリマーの合成法を確立した。また、重合後にポリマーを単離することなく、従来よりも格段に温和な条件下で **One-Pot** でオレフィンを水素化する手法を開発した。特にモリブデン触媒で合成した分子量約 5 万のポリマーは、市販のポリエチレンやポリプロピレンよりもフィルム特性に優れることを明らかにした。溶媒可溶性ネットワークポリマーとすることで、引張強度を保持しつつ破断伸びが増加する材料を創製した。

(2) 植物由来原料からの効率化学変換、モノマー合成手法の開発 (日本側とタイ側で共同)

植物油・トリグリセリドのアルコール分解に有効な酸化カルシウム触媒が、植物油・不飽和脂肪酸エステルから化学品の合成 (トランスエステル化) の有用な触媒となること、さらにポリエステルアルコール分解触媒となることを見出した (タイ側と共著)。日本側独自で触媒探索を重ね、銅担持酸化バナジウム触媒や均一系のチタン錯体触媒を見出した。酸化チタン担持モリブデン触媒でも触媒性能がみられた。特にチタン錯体触媒による長鎖不飽和脂肪酸エステルのトランスエステル化 (アルコールとのエステル交換) 反応は高い触媒活性で進行し、ほぼ定量的な選択率で目的化合物を得た。この触媒は一般的なポリエステルアルコール分解にも有用で、対応するジエステルとジオールを定量的な選択率・収率で得た。

(3) 高分子機能材料の開発 (タイ側とフィリピン側で検討、日本側はサンプル提供)

日本側は共同研究先への試料提供に取り組んだ。先方からの研究者を受入れて実施予定であったが、コロナ禍により来日不可能となったため、日本側で対応した。

まとめ:

生分解性でリサイクル可能な高分子機能材料の創製に寄与するオレフィンメタセシス重合および水素化に関する触媒技術の開発など、非可食の植物資源の利用に挑む意義ある研究と評価できる。資源循環の促進を目指すという観点からも、国際的に注目に値する課題である。本研究で行われた合成技術や得られたポリマー物性は十分に高いレベルのものであった。

研究遂行にあたっては、**Covid-19** による研究活動の停止およびフィリピンか

らの国費留学生の渡日の遅れ、フィリピンの代表者の退職に伴う交替などの理由により研究計画の訂正が必要であったが、事前の研究打合せがなされていたことも功を奏し、学術的に国際共同研究として十分な成果が得られている。日本側の単独成果に比べて、国際共著論文は2報（改訂中のものも含めて3報）と数は少ないが、質的に優れた成果が出ている。学術論文や学会発表などの成果発表も十分なされていて、プロジェクトとして良い成果が得られている。

4.1.2 国際共同研究による相乗効果

本国際共同研究を進めるに際し、日本側の代表者は事前に共同研究先を訪問し、さらに両国の代表者を大学に招聘し、共同研究計画・互いの役割分担確認を行い国際共同研究に取り組んだ。日本側で合成したバイオベースポリエステルは、ごく微量のアンモニアで色調変化する機能（タイ側）や、水銀等の重金属の捕捉機能（フィリピン側）が発現することを見出し、材料開発が進展した。さらに、植物油からポリマー原料や化学品を合成する触媒開発に成功し、この触媒が酸や塩基フリー条件下でもポリエステルを定量的にアルコール分解することを示した。

まとめ：

研究成果のみならず、学術論文や国際会議などにおける成果発表、招待講演をはじめ様々な発信を行っており、高く評価できる。また新規素材の開発に止まらず、応用開発に至った経緯に相乗効果が認められる。

4.1.3 研究成果が与える社会へのインパクト、我が国の科学技術協力強化への貢献

まとめ：

非可食の植物資源の利用は SDGs の観点から大きな注目を集めており、分解・リサイクル可能な高分子機能性材料の開発と産業化は世界的にも共通の課題となっている。温和な条件下での One-Pot 水素化反応やトリグリセリドの分解反応なども、産業化への貢献が期待される課題である。

しかし、本プロジェクト内では、研究開発の工業展開に関する可能性や技術的優位性に関する検討は十分ではなかった。産業化には知財権の確立を進めることも重要であり、その点についても今後の活動を期待したい。学術的な成果は十分に得られているので、社会的なインパクトに関しても、産業的な開発を継続することによって今後増大することが期待される。

4.2 相手国研究機関との協力状況について

本国際共同研究を進めるに際し、日本側の代表者は事前に共同研究先を訪問し（2019年12月チュラロンコン大学、2020年1月アテネオ・デ・マニラ大学）、

さらに両国の代表者を大学に招聘し（2020年1月及び3月）、実際の実験設備も確認して研究の進め方に関する具体的な打ち合わせを行った。この事前打ち合わせにおいて、研究計画・互いの役割分担を確認し、国際共同研究に取り組んだ。COVID-19で現地訪問ができない期間は、メールやオンライン会議で進捗状況を確認した。

フィリピン側も含めた現体制での国際共同研究は現在も継続しており、他のASEAN諸国も含めた多くの研究機関との共同研究の希望も多く、今後課題が大きく発展する可能性がある。フィリピン側には、JSTの国費留学生のe-ASIA特別枠で入学した学生が教員として復職予定で、共同研究がさらに進展することが大いに期待できる状況にある。タイの共同研究機関からは、日本側の研究室に2022年度10月入学で2名、2023年10月入学で2名の学生が入学予定であり、国際交流がさらに活発になることが期待できる。なお、タイ側の材料開発の共同研究者も10月に本学に滞在予定で、高機能材料の開発に向けた研究開発を加速する。

まとめ：

Covid-19を鑑みて十分な交流がなされ、活発な共同研究が遂行された。活発にセミナー、ワークショップ等を実施するなど各国との連携関係も良好であるが、今後研究面においてさらなる連携強化の発展を期待したい。特に、Covid-19の影響もあったとは推察されるが、共同研究の成果発表がもっとあると良かった。期間内研究においては、フィリピンサイドとの交流が低調であったように見受けられた。

4.3 その他

一部の研究成果はJSTよりプレスリリースし、国内外に発信した。本共同研究課題に取り組んだ2名の学生・研究員（タイ、フィリピン）が、国際会議（11th International Symposium on Feedstock Recycling of Polymeric Materials, ISFR2022）にて、優秀講演賞（第1位、第2位）を受賞した。