公開

2025 年度実施報告書

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）

【研究領域名：地球規模の環境課題の解決に資する研究】

【研究課題名:：天然ゴムを用いるグローバル炭素循環プロセスの科学技術イノベーション】

採択年度：令和 3 年（2021 年）度/研究期間：５年
相手国名：ベトナム社会主義共和国

国際共同研究期間[*1]
2023 年 2 月 10 日から 2028 年 2 月 9 日まで
JST 側研究期間[*2]
2021 年 6 月 1 日から 2027 年 3 月 31 日まで
（正式契約移行日　　2022 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】
山口 隆司　長岡技術科学大学　教授

【主たる共同研究者】
山本 祥正　東京工業高等専門学校　准教授
谷川 大輔　呉工業高等専門学校　准教授
儀武 菜美子　沖縄工業高等専門学校　特命助教
珠坪 一晃　国立環境研究所　領域長
佐藤 伸　鳥取環境大学　准教授

公開

1. 研究進捗状況と成果

2025 年度は、タンパク質フリー天然ゴム(PFNR)の大量生産、製品化、生分解、および廃水処理技術に関する研究をハノイ工科大学(HUST)と共同で推進した。PFNR 大量生産では、HUST に 20 kg/day 規模のパイロット装置を設置し、ベトナムの水道水条件下において PFNR ラテックスの製造に成功した。製品化研究では、含窒素化合物および CaO を利用した新規加硫条件を確立し、PFNR 製品の物性向上を達成した。また、企業との連携により、将来的なプロトタイプ製造に向けた協議を進めた。天然ゴムの生分解研究では、改良型分解酵素の開発および down-flow hanging sponge (DHS)リアクターを用いた加硫ゴム廃棄物の連続処理試験を実施し、分解性能の向上を確認した。廃水処理研究では、sodium dodecyl sulfate (SDS)および極性溶媒を含む PFNR 製造廃水に対し、マグネタイト添加による嫌気性処理性能向上を確認した。また、長岡技術科学大学および HUST に upflow anaerobic sludge blanket (UASB)リアクターを設置し、実廃水を用いた連続処理試験を開始した。以上より、本年度は、PFNR 関連技術の実証・社会実装に向けた重要な進展を得るとともに、ベトナム側研究機関との共同研究および技術移転を推進した。

1. Pamanuluk, K., Yamamoto, Y., Kawahara, S. Preparation of protein-free natural rubber vulcanizate with outstanding mechanical properties by forming polyacrylonitrile island-nanomatrix structure, *Mater. Today Chem.* 51, 103332 (2026). DOI: 10.1016/j.mtchem.2025.103332

概要：本研究では、ラテックス状態の PFNR にアクリロニトリル (PAN) をグラフト共重合し、PFNR-*graft*-PAN を調製した。得られたラテックスに加硫剤を混合し固形化後、加硫特性およびネットワーク構造を評価した。その結果、PFNR-*graft*-PAN は機械混練品と同等の加硫特性を示し、Zn-PAN 錯体による硫黄加硫の促進が確認された。PFNR-*graft*-PAN では主にイオン加硫が進行することに対し、天然ゴムおよび PFNR ではラジカル加硫とイオン加硫の両方が生じるとともに副生成物として C-C 架橋結合を形成することが明らかとなった。さらに、PAN を含むナノマトリックス構造は加硫効率を高め、機械特性の向上に寄与することが示された。

2. Hong Dao Nguyen Pham, Takahiro Watari, Nhu Nguyet Phan, Minh Duc Tran, Lan Huong Nguyen, Masashi Hatamoto, Kazuaki Syutsubo, Takashi Yamaguchi,
Energy-water usage and greenhouse gas emissions nexus of the natural rubber industry in Vietnam, Case Studies in Chemical and Environmental Engineering, Volume 12, 2025, 101245, https://doi.org/10.1016/j.cscee.2025.101245.

概要：ベトナムの天然ゴム産業における持続可能性評価を目的として、南部および中部高原地域の天然ゴム加工工場 6 か所を対象に、エネルギー・水消費量および温室効果ガス (GHG) 排出量を調査した。2 年間にわたり試料分析とカーボンフットプリント解析を実施した結果、SVR および遠心ラテックス (CL) の GHG 排出量はそれぞれ 589 および 133 kg CO_2eq./ton であった。主な排出源として、SVR 製造時の電力消費、CL 製造時のアンモニア使用、ならびに廃水処理工程からの CH_4・CO_2排出が特定された。本研究は、天然ゴム産業における GHG 排出実態を明らかにし、省エネルギー化および持続可能な生産に向けた改善方策を提示した。