

# 地球規模課題対応国際協力プログラム (SATREPS) 研究課題別追跡調査報告書

## I. 序文

SATREPS 追跡評価実施要領 (<https://www.jst.go.jp/global/hyouka/pdf/follow-up-evaluation-procedure.pdf>) に基づき、追跡調査を実施した。具体的には、プロジェクト終了後の各研究課題の国際共同研究の成果の発展状況や活用状況を明らかにするために、対象課題の研究者に対し質問票による基礎データ調査を行い、その結果を踏まえた研究者インタビュー調査を経て得られた情報を整理しまとめた<sup>1</sup>。

今般の研究課題別追跡調査にあたっては、以下の方にご協力頂き厚く御礼申し上げます。

福田 雅夫 (中部大学 教授)

## II. プロジェクト基本情報

### 1. 課題名

天然ゴムを用いる炭素循環システムの構築

### 2. 日本側研究代表者名

福田 雅夫 (プロジェクト終了時 長岡技術科学大学 工学部 教授)  
(現 中部大学 教授)

### 3. 相手国側研究代表者名

Tran Van Top (ベトナム社会主義民主共和国 ハノイ工科大学 副学長)

---

<sup>1</sup> 2021年11月から2022年3月に各種調査および報告書のとりまとめを実施した。

#### 4. 国際共同研究期間

2011年4月～2016年3月

#### 5. 研究概要

##### (1) 目的

年間約 5.0 億トンの膨大な二酸化炭素排出を伴う化石資源由来の合成ゴムの利用をカーボンニュートラルな天然ゴムに置き換えるとともに、天然ゴム生産現場で有効な先進廃水処理技術やゴム廃木からの次世代バイオ燃料生産技術をベトナムと共同開発し、地球温暖化を防ぐ近代的天然ゴム生産方式を確立する。

そのために、天然ゴムの脱タンパク質精製技術および天然ゴム評価法と、脱タンパク質精製ゴムを用いた有機材料生産技術の開発を通じて、天然ゴムの利用の高度化と用途の拡大を目指すとともに、天然ゴムに関わる新産業を支える人材および環境保全に資する人材の育成にも努め、持続可能な有機材料として天然ゴムを利用する新たな天然ゴム産業の創成を目指す。

##### (2) 各グループの研究題目と実施体制

研究題目 1. 天然ゴム評価技術の開発（主担当：長岡技科大、HUST<sup>2</sup>）。

研究題目 2. 高度精製技術と高性能ゴムの開発（主担当：東京工業高等専門学校 HUST, RRIV<sup>3</sup>）。

研究題目 3. 新規高機能ポリマーの開発（主担当：長岡技科大、HUST）。

研究題目 4. 廃木からのバイオ燃料生産技術の開発（主担当：長岡技科大、HUST）。

研究題目 5. 資源回収型廃水処理技術の開発（主担当：長岡技科大、国立環境研究所、HUST, RRIV）。

---

<sup>2</sup> HUST: ハノイ工科大学

<sup>3</sup> RRIV: ベトナムゴム研究所

### (3) SATREPS 期間中の各グループの成果

#### 研究題目 1：天然ゴム評価技術の開発

市販天然ゴム及びベトナム新鮮天然ゴムの固体 NMR 測定により天然ゴムの末端構造を明らかにすると共にハノイ工科大学 (HUST) へ NMR 装置を導入し、天然ゴムの品質を評価する新評価法の基盤を固めた。更に、当初目標を超えてベトナムにおける標準化に向けて新評価法の提案を進めるに至り、当初目標を超える成果を上げた。

#### 研究題目 2：高度精製技術と高性能ゴムの開発

天然ゴムの脱タンパク質においては目標の 0.02w/w% を遙かに超える 0.001w/w% 以下の低タンパク含量を達成する高度精製技術を開発した。世界をリードする精製技術である。更にベトナムにおける社会実装を促すために、HUST にテストプラントを設置して技術移転を行い、所期の目標を達成した。

#### 研究題目 3：新規高機能ポリマーの開発

脱タンパク質精製天然ゴムを用いて制振性に優れ三次元ナノマトリックス構造を有するスチレンとの共重合体の創成に成功し、更にスルホン化により従来の素材を上回るプロトン伝導度 0.1S/cm の性能を有する燃料電池の電解質に適した材料の開発にも成功し、期待された成果を上げた。

#### 研究題目 4：廃木からのバイオ燃料生産技術の開発

廃木の前処理技術と分解微生物スクリーニング法を確立し、技術移転したスクリーニング法により HUST において優れたベトナム産分解微生物を複数取得する成果を上げた。ベトナム産分解微生物からユニークな酵素を取得し、前処理法や酵素剤の検討により世界で初めてゴム廃木での糖化に取り組み、目標とする 50% の糖化率を達成した。また、ゴム成分を分解する酵素の探索において、新しいユニークな酵素の取得にも成功した。

#### 研究題目 5：資源回収型廃水処理技術の開発

分析法の確立と地球温暖化ガス放出の現状調査を進めて、ゴム製造廃水から発生する大量の亜酸化窒素の存在を世界で初めて明らかにした。廃水処理技術においてはラボスケール処理実験で基盤を確立した後、HUST に設置したラボスケールリアクターでの実証試験を行い、目標とする性能を達成した。更に、ベトナムゴム研究所 (RRIV) にパイロットスケールリアクターを設置して実用的な処理システムを確立し、実証試験の結果、目標とするメタン回収率を含む性能を達成すると共に、廃水の種類に応じた処理方法の提案をおこなうことができ

た。初期には天然ゴム研究センター設置計画の取り止めが起こり、中・後期には機材導入において免税手続きの停滞や設置場所の迷走などの深刻な問題もあったが、JICA や HUST 側の努力もあり漸次解決し、両国メンバーの協力と努力により遅れを取り戻すことができた。

### III. 追跡調査結果まとめ

#### 1. 研究の継続・発展について

##### (1) 長岡技術科学大学・中部大学・東京高専

- 福田教授は本 SATREPS では天然ゴムの微生物分解のテーマを担当し、一方で経産省プロジェクトでトリクロルエチレンなど環境負荷物質の分解などの研究をした。終了後は 2015 年に環境省の実証実験プロジェクトにも携わった。
- 2018 年に長岡技科大から中部大に異動後も、ジオキサンや合成ゴム分解菌などの研究を継続した（2020 年度まで応用生物学部学部長を務め、2022 年 3 月退官予定）。
- 微生物分解のテーマは、福田教授異動後は長岡技科大笠井大輔准教授が継続、ハノイ工科大学 (HUST) Lecturer の N. L. Huong 先生との共同研究が進んでいる。
- 長岡技科大の天然ゴムのタンパク質フリー化の研究は河原成元教授・東京高専の山本祥正准教授が継続している。除去工程はほぼ完成し、実用化を目指した効率向上の段階にある。
- その応用については化学修飾や添加剤などによる「環境にやさしいタイヤ」を目指すと共にスチレンをグラフト重合し、更にスルホン化して燃料電池用新規高機能ポリマーとして応用するなどが研究されている。
- 廃木からのバイオ燃料生産については長岡技科大生物機能工学部小笠原涉教授がセルロース分解や糖化などの研究を進めた。小笠原教授はバイオマスのセルロース成分糖化の専門家として広く活躍中である。笠井大輔准教授はゴム分解酵素については世界をリードするドイツの二つのグループと伍していける実力である。ただ、ベトナムでのこのテーマは廃木に家具材として需要があり、ストップした。
- 長岡技科大山口隆司教授の廃水処理のテーマは期間中にホーチミン市北隣、ビンズオン省のゴム研究所にパイロットプラントを導入したが、その後中心人物が退職したため HUST での研究が中心になっている。山口教授の廃水処理関連テーマはインドネシア・インド・タイ・エジプトなど広く拡大している。廃水処理の社会実装の例としては、すみだ水族館の廃水・浄化再利用プロセスに使われている。

- ー 2020年～2022年に河原教授を代表者としてJSTのaXis(持続可能開発目標達成支援事業)で、「持続可能な天然ゴムエコシステムの社会実装拡大に向けた技術開発と新産業の創出」というプロジェクトが進行中であるが、このプロジェクトの共同研究者はほぼ全員本SATREPSの参画者である。また、現在国際共同研究に向けて詳細計画策定調査が進んでいる山口教授を代表者とする次のSATREPS(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)も同じグループによるプロジェクトでありいずれもベトナムとの共同研究である。本SATREPSは脈々と発展していることが分かる。

## (2) 国立環境研究所

珠坪一晃副領域長は山口教授との個人的繋がりも強く、現在も協力関係は続いている。「有機性廃水の省エネルギー型処理技術の開発」をテーマにしている、山口教授の関わるプロジェクトにはしばしば参画している。

## 2. 地球規模課題の解決に向けた科学技術の進展への貢献について

- ー 本SATREPSの成果としてベトナムの「研究レベル」が大幅にアップし、大学・人材のレベルが向上した。論文発表も増え、人材も育成された。その結果、植民地時代からのフランスやベルギーの影響力が強い中で日本最良の実力者が増え、将来の2国間関係の向上も期待できる。
- ー 技術面では高性能NMRのハノイ工科大学への導入が大きなインパクトであった。

## 3. 地球規模課題の解決、及び社会実装に向けての発展について

- ー 脱タンパク質天然ゴム製の手袋を作製して病院に配布するところまで進めた。更なる用途拡大が期待される。
- ー 廃水処理プロセスはパイロット建設まで進めたがキーマンが不在になり動いていない。次期新プロジェクトではタンパクフリーが対象になり、本プロジェクトで導入したパイロットが活用される見込みはない。最大の課題は排水の基準が緩いのと産業界側に基準を遵守する意識が薄いことである。

## 4. 日本と相手国の人材育成や開発途上国の自立的な研究開発能力の向上について

- ー プロジェクト期間は大学院生であった渡利高大助教が活躍中で、ダブルディグリー(日本・ベトナム両国での博士号)を狙って努力してい

る。HUST と長岡技科大にはツイニングプログラム もあり、HUST に長岡オフィスもある。渡利助教はベトナムと非常に強いコネクションを築いている。

- － 長岡技科大と HUST は SATREPS 以前から連携が強く、ベトナムからの留学生を長岡技科大で多数受け入れている。SATREPS にベトナム側では多くの講師(Lecturer)が参画したが、その多くが昇任した。本プロジェクトの成果とも言えるし、今後のベトナムとの国際交流への貢献も期待できる。
- － 上記 1 項に挙げたメンバー以外にも多くの参加者がベトナム社会で活躍している。
- － 山口 G であった谷川大輔先生は呉高専の准教授で現在も廃水関係の研究をしている。
- － JICA 調整員の飯島想氏はその後長岡技科大でポストドクを終了、現在は新潟大学で URA(研究アドミニストレーター)をしている。
- － 福田・笠井 G であった今井俊輔氏は住友理工で、D.V.Linh 氏はスパイバー(株)で、河原 G であった石井宏幸氏は北九州高専でそれぞれ活躍している。

## 5. 日本と開発途上国との国際科学技術協力の強化、科学技術外交への貢献について

- － HUST のプロジェクトマネージャーであった P. T. Nghia 氏は HUST ゴムセンター長となっていて政治力もあり、実力者である。この様な存在を得るとプロジェクト遂行と共にそれ以上の貢献がある。

## 6. 終了時評価における要望事項に対する現状報告

要望事項と現状：

### (1) タイヤなどの大きな市場への天然ゴムの普及を拡大すること。

- － 大きな市場への天然ゴムの普及は「エコタイヤ」の普及で徐々に進んでいる。「エコタイヤ」自体は SATREPS 成果の技術ではない

### (2) 高性能ゴム、高機能ポリマーの利用を拡大すること。

- － 脱炭素は最も大きい関心事であり、住友理工など企業と共同で取り組むべきと考えている。

### (3) 廃水処理技術および廃木利用技術の産業化を図ること。

- － 既述のとおり廃木利用はベトナムでは別のニーズがあるために当面不要である。廃水処理は必ず必要になると考えており、山口教授を研究代表とする SATREPS プロジェクトなどで活動が継続されている。

(4) 本 SATREPS で提案された低タンパク質天然ゴムの品質基準を国際化させること。

- － 低タンパク評価法の標準化は 2016 年にベトナム国家規格として採択された。現在、ISO 申請中である。

(5) 日本側のサポート(例えば、人的交流による助言や技術指導など)を継続して欲しい。

- － 日本側サポートは現在も継続中である。

(6) 天然ゴムの高付加価値化により産業の振興を図るために、どのような戦略をとれば良いか本プロジェクトの出口としてしっかりした指針を残して欲しい。

- － 天然ゴム高付加価値化戦略は現在の世の中のグリーン化トレンドが後押しする。

## 7. プロジェクトの上位目標を踏まえた現状報告

上位目標「新品質評価法を国際標準化し、高性能ゴムの普及により化石燃料利用の合成ゴムから天然ゴム利用におきかえ温室効果ガス(CO<sub>2</sub>換算)を年5億トン削減する。」

- － 前述のとおり低タンパク評価法の品質評価の標準化を進めており、「合成ゴムの天然ゴム化」は容易ではないものの、タンパク質フリーが実現できれば、GHG5 億トン削減は不可能な数字ではない。

以上