

地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム (SATREPS)
研究課題別終了時評価報告書

1. 研究課題名

「天然ゴムを用いる炭素循環システムの構築」(2011年4月 ～ 2016年3月)

2. 研究代表者

2.1. 日本側研究代表者：福田 雅夫 (長岡技術科学大学 工学部 教授)

2.2. 相手国側研究代表者：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)

3. 研究概要

本プロジェクトは、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ことを目的とする。

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。

具体的な研究項目としては、以下の5つである。

- ① 新規天然ゴム評価法の開発。
- ② 高性能ゴムの開発。
- ③ 新規高機能ポリマーの開発。
- ④ バイオ燃料生産技術の開発。
- ⑤ 資源回収型廃水技術の開発。

4. 評価結果

総合評価 (A+：所期の計画をやや上回る取り組みが行われ、大きな成果が期待できる。)

設定された5つの研究項目の目標はいずれも計画どおり、一部は計画を上回って達成されており、天然ゴム利用の拡大に向けた技術開発を大いに進展させ、ベトナムのみならず、マレーシア、タイなどのゴム原木生産国、引いては日本のゴム産業の健全な振興に繋がる科学技術的成果を生み出した点で高く評価される。

以下に、評価項目における特筆すべき内容を列挙する。

4-1. 地球規模課題解決への貢献

【課題の重要性とプロジェクトの成果が課題解決に与える科学的・技術的インパクト】

本課題は、世界のゴム生産の約6割を占める化石資源由来の合成ゴムを天然ゴムに置き換えることを最終目的に、天然ゴム評価手法の標準化を進め、また、天然ゴムからの脱タンパク技術を進展させることでその用途を拡大すること、さらに、天然ゴム生産における廃水の環境負荷の削減技術を開発することで、ベトナムでの天然ゴム産業の進展を共同研究により図るものであり、現地との密接な連携により当初の目的を達成したのみならず、脱窒素天然ゴムにおいては当初の目標より上回る性能を達成するなど、地球規模課題の解決に向けた基礎を築いた点は高く評価できる。しかしながら、研究課題名にある炭素循環における二酸化炭素のライフサイクルアセスメント（LCA）が完成していないことは残念である。

【国際社会における認知、活用の見通し】

物性を反映した新規天然ゴム評価法が、天然ゴムの品質を判別するために開発され、ベトナム標準・品質局に提案された。これは、天然ゴムの品質を保証する基準となるもので、ベトナムだけでなく、マレーシア、タイなどにも有用な品質保証のツールになるので、両国のゴム研究機関等にも情報を発信しながら、国際標準化を目指している。今後、世界へ向けての積極的な情報発信が期待される。

【他国、他地域への波及】

マレーシア、タイなどの天然ゴム産業における有力国と連携し、その他の国にも普及するという戦略で活動されていることは評価できる。ただし、その見通しはまだ明確とは言えない。

開発された新規天然ゴム評価法は、国際標準化に向けて世界各国のゴム産業に波及することが期待される。

【国内外の類似研究と比較したレベルや重要度】

長岡技術科学大学を中心とするこの研究グループは、天然ゴムの精製技術、高機能ポリマーの開発、品質評価法の確立などの研究において世界的に見ても最先端の研究実績を持っている。本プロジェクトの研究成果は、今後、乗用車のタイヤへの利用などボリュームゾーン市場への天然ゴムの利用拡大につながる貴重な発展として高く評価される。

4-2. 相手国ニーズの充足

【課題の重要性とプロジェクトの成果が相手国ニーズの充足に与えるインパクト】

ベトナムの研究界、産業界に大きなインパクトを与えつつあることは明らかであり、ゴム産業の活性化に大きく貢献する可能性が高い。

【課題解決、社会実装の見通し】

新規天然ゴム評価法は、ベトナム標準・品質局で採択の見通しである。今後、タイ、マレーシアのような先進天然ゴム生産国との合意を図りながら、国際標準化へと進展することが期待される。また、当初目標を超える脱タンパク質天然ゴムを開発し、医療用低タンパク質ゴム手袋の製品化に成功したのは、目に見える社会実装的な成果として高く評価できる。さらに、開発された資源回収型廃水処理技術については、ゴム研究所におけるパイロットプラントでの実証実験を経て有用性が確認され、比較的早い時期に生産現場への導入が見込まれている。

【継続的発展の見通し（人材育成、組織、機材の整備等）】

ベトナムにおける天然ゴム研究所の設立、ベトナム化学会のなかにゴム分科会を設立、ハノイ工科大学と長岡技術科学大学との研究協定やダブルディグリー制度など、今後の発展に期待できる基盤が構築された。また、両国の若手研究者も多数の学位取得者が輩出するなど人材育成もされてきた。

【成果を基とした研究・利用活動が持続的に発展していく見込み（政策等への反映、成果物の利用など）】

ベトナムにおいて天然ゴムを高品質化させ、より高付加価値を付けた天然ゴム製品の開発は、まだ始まったばかりである。ベトナムではまだ周辺産業が未熟なため、近未来的にはどの段階までベトナム側で付加価値を高めて素材として国外に出すかに関しての検討が必要であろう。

4-3. 付随的成果

【日本政府、社会、産業への貢献】

ベトナム側の日本への信頼感は大幅に高まった。日本企業が成果に関心を持ち、その活用について長岡技術科学大学と共同研究を実施している。

【科学技術の発展】

貴重な科学技術的成果としては、①窒素含有量に基づく天然ゴム品質評価法を開発したこと。②窒素含有量 0.0005wt/wt%未満の高性能天然ゴムの精製法を開発し、低タンパク質手袋の試作に成功したこと。③天然ゴム由来の高機能ポリマーとして、イオン伝導度 0.1S/cm の優れた燃料電気用電解素材を開発したこと。④ベトナム産分解微生物から有効な酵素が探索され、前処理と酵素材添加によって糖化率 50%となったゴムで、廃木からのバイオ燃料製造技術を開発したこと。⑤ゴム回収率 90%、メタン回収率 80%でベトナムの廃水

処理基準 B を達成する資源回収型廃水処理技術を開発したことが挙げられる。

【世界で活躍できる日本人人材の育成（若手、グローバル化対応）】

海外からの留学生も含めて日本側でこのプロジェクトの間に 11 名の博士を輩出したことは高く評価できる。一方、ベトナム側では 2 名が博士号を得ているが、ベトナムにおけるこの分野の研究者の層を厚くすることが長期的には極めて大事であるので、今後も継続してベトナムにおける人材育成に努力して欲しい。

【知財の獲得や、国際標準化への取り組み、生物資源へのアクセスや、データ入手手法】

生物資源については、廃木のエネルギー資源化などのプロセスに有効な細菌類、酵素などが発見されている。特許は別途日本側のみで取得されている。一方、共同研究で新規に開発された技術、例えば、資源回収型廃水処理技術などについては、ベトナム側との共同で特許出願を申請することを検討してほしい。

【その他の具体的成果物（提言書、論文、プログラム、試作品、マニュアル、データなど）】

発表論文は共著も含めて多数(95 編)出されている。また、窒素含有量 0.0005wt/wt%未満の高性能天然ゴムの精製法を開発し、目に見える成果として低タンパク質手袋の試作に成功したことは高く評価できる。

【技術および人的ネットワークの構築（相手国を含む）】

ベトナム側の研究者はまだ数として十分とはいえないが、ハノイ工科大学やベトナムゴム研究センターとは緊密な人間関係が構築されており、今後共同研究や研究支援が継続されることが期待される。特に、ハノイ工科大学に設置される天然ゴム研究センターの主要なポストに日本側研究者が就くことになっているのは、その証左と言えよう。

4-4. プロジェクトの運営

【プロジェクト推進体制の構築（他のプロジェクト、機関などとの連携も含む）】

ベトナム側の研究者は少ないが、その範囲でできる最善の体制は組まれていたと言えよう。タイ、マレーシアなどの関係者との連携も並行して進められてきた。国際標準化まで進める体制は、SATREPS における社会実装の典型例として挙げられよう。

【プロジェクト管理および状況変化への対処（研究チームの体制・遂行状況や研究代表者のリーダーシップ）】

当初、ハノイ工科大学側に消極的なスタッフが入っていることなど、研究の障害となっていたが、プロジェクト後半では、ベトナム側研究代表者の副学長の積極的な関与によりモチベーションが高まったことと、日本側研究代表者のリーダーシップのもと、グループ間交流や合同ワークショップの頻繁な開催によって、プロジェクトを緊密な連携関係のも

とに進めたことが、一部当初計画を上回る優れた成果につながったものと高く評価できる。

【成果の活用に向けた活動】

本プロジェクトの成果の実用化に向けて、民間企業との共同研究が進められている。また、ベトナムゴム研究所では、本プロジェクトで開発された廃水処理プラントの普及に向けた改良のための研究も始めている。

【情報発信（論文、講演、シンポジウム、セミナー、マスメディアなど）】

論文数の合計については上記 4.3 項に記述してあるが、その内訳は国際誌 84 編、国内誌 11 編で、そのうちベトナム側研究者との共著論文 14 編と論文発表も活発に行われている。また、2016 年 3 月にハノイで開催された dissemination Symposium がベトナム国営テレビ (VTV4) の取材を受けた。

【人材、機材、予算の活用（効率、効果）】

供与機材の導入において途中遅れなどが見受けられたが、大きな問題は発生しておらず、ハノイ工科大学に新設される天然ゴム研究センターにおいて機材は有効に活用されるとともに、人材育成も進むものと期待される。

5. 今後の研究に向けての要改善点および要望事項

本プロジェクトに対する要望事項としては、以下のとおりである。

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。
2. 高性能ゴム、高機能ポリマーの利用を拡大すること。
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。
4. 低タンパク質天然ゴムの品質基準を国際化させること。
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。
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。

以上

JST成果目標シート

研究課題名	天然ゴムを用いる炭素循環システムの構築
研究代表者名 (所属機関)	福田 雅夫 (長岡技術科学大学)
研究期間	H22探択(平成23年4月1日～平成28年3月31日)
相手国名／主要相手国研究機関	ベトナム社会主義共和国／ハノイ工科大学、ベトナムゴム研究所

付随的成果

日本政府、社会、産業への貢献	<ul style="list-style-type: none"> 文部科学大臣視察のメディア報道 ゴム業界へのアウトリーチ活動による日越関係強化 天然ゴム利用に関わるゴム業界の活発化
科学技術の発展	<ul style="list-style-type: none"> 天然ゴムにおけるナノマトリックス形成 新規分解遺伝子発見
知財の獲得、国際標準化の推進、生物資源へのアクセス等	<ul style="list-style-type: none"> 新評価法国際標準化案作成 新評価法をベトナム国際標準化提案 廃木成分分解微生物取得(優良株8株)
世界で活躍できる日本人人材の育成	<ul style="list-style-type: none"> 若手研究者＝博士取得者輩出(累計11名)
技術及び人的ネットワークの構築	<ul style="list-style-type: none"> ベトナム標準・品質局及びベトナムゴム業界とのネットワーク
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"> レビュー付き学術誌への成果公表(累計95件) 示差走査熱量計操作マニュアル 分解微生物探索マニュアル ラボスケールリアクター運転・管理マニュアル

()内は、実績値。

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(CO₂換算)を年5億トン削減する。

ベトナムから他の天然ゴム生産国に天然ゴムの精製技術及び低環境負荷型資源回収生産プロセスが普及し、精製ゴムに対応した新品質評価法が支持を得る。
高性能ゴムや新規高機能ポリマーが実用化されて超軽量タイヤなどの製品として普及する。

プロジェクト目標

ベトナム国標準への新評価法提案、高度精製技術及び低環境負荷型資源回収生産プロセスのベトナムゴム業界への提案、高性能ゴム・高機能ポリマーの日越ゴム業界への提案

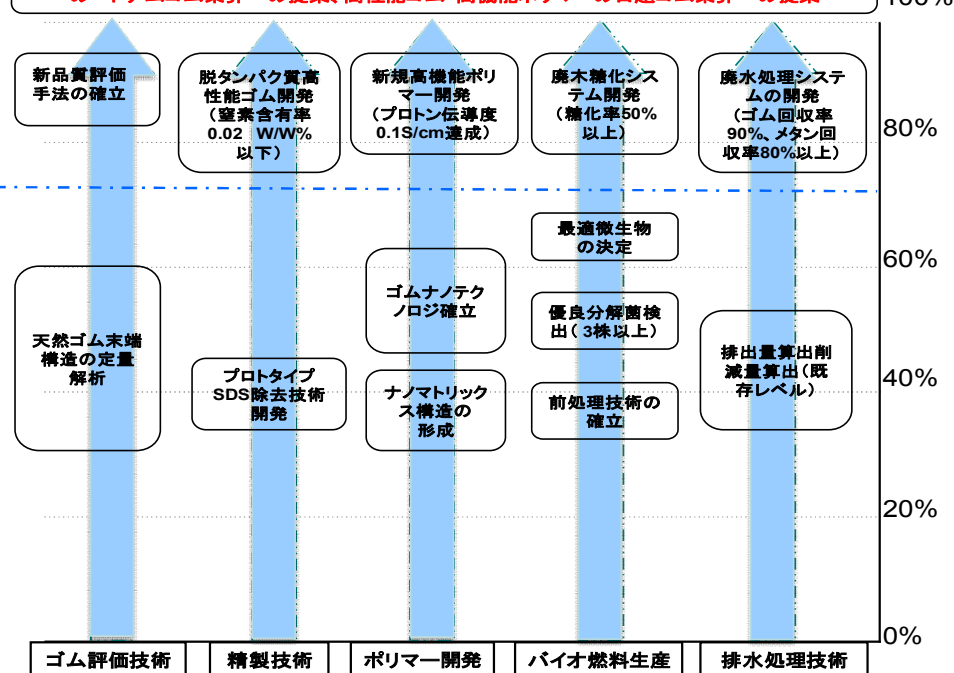


図1 成果目標シートと達成状況 (2016年3月時点)