

ベトナム社会主義共和国
(科学技術)
天然ゴムを用いる炭素循環システムの
構築プロジェクト
中間レビュー調査報告書

平成 26 年 4 月
(2014 年)

独立行政法人国際協力機構
地球環境部

環境
J R
14-159

ベトナム社会主義共和国
(科学技術)
天然ゴムを用いる炭素循環システムの
構築プロジェクト
中間レビュー調査報告書

平成 26 年 4 月
(2014 年)

独立行政法人国際協力機構
地球環境部

目 次

目 次
写 真
略語表

中間レビュー調査結果要約表

第1章 中間レビュー調査の概要	1
1-1 調査の背景	1
1-2 調査の目的	1
1-3 調査団の構成	1
1-4 調査の日程	2
1-5 プロジェクトの概要	3
第2章 評価の方法	4
2-1 評価手法・情報・データ収集方法	4
2-2 評価のポイント	4
第3章 プロジェクトの実績	5
3-1 投入の実績	5
3-1-1 日本側	5
3-1-2 ベトナム側	6
3-2 活動・成果の実績	8
3-3 プロジェクト目標達成の可能性	12
3-4 プロジェクト実施プロセス	13
第4章 評価結果	16
4-1 妥当性	16
4-2 有効性（予測）	16
4-3 効率性	17
4-4 インパクト（見込み）	17
4-5 自立発展性（見込み）	18
4-6 効果発現に貢献した要因	18
4-7 問題点及び問題を惹起した要因	18
第5章 まとめ	20
5-1 調査結果概要	20
5-2 提 言	20

付属資料

1. JST 中間評価報告書（公開書類）	25
2. 主要面談者リスト	30
3. ミニッツ（M/M）（含む合同レビュー報告書）	31
4. 評価グリッド（和文）	98

写 真



供与機材の一部
〔ハノイ工科大学 (HUST)〕



核磁気共鳴 (NMR) 装置
(HUST)



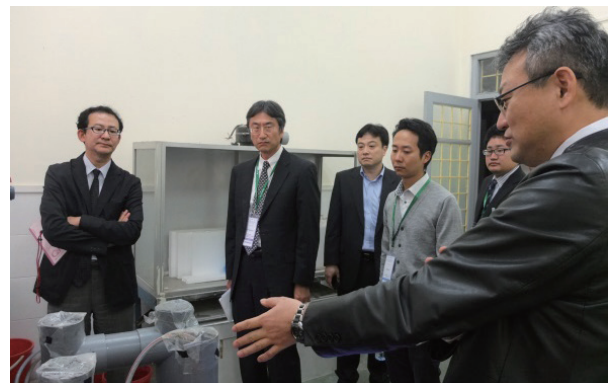
NMR による分析作業
(HUST)



テストプラント建設中
(HUST)



廃水処理パイロットスケールプラント建設中
ベトナム・ゴム研究所 (RRIV)



廃水処理ラボスケールリアクターの説明
(HUST)



ラテックス採取作業 (RRIV)



Dau Tieng 社ゴム製造工場



廃水処理池
(Dau Tieng 社ゴム製造工場)



MERUFA 社ゴム製品（手袋等）製造工場



計画投資省（MPI）との協議



教育訓練省（MOET）との協議



プロジェクト・ディレクターである
Dr. Top HUST 副学長との協議



RRIV との協議



合同調整委員会（JCC）会合



ミニッツ（M/M）署名式

略 語 表

略 語	欧 文	和 文
BOD	Biochemical Oxygen Demand	生物化学的酸素要求量
CDM	Clean Development Mechanism	クリーン開発メカニズム
COD	Chemical Oxygen Demand	化学的酸素要求量
C/P	Counterpart	カウンターパート
ESCANBER	Project Establishment of Carbon-Cycle-System with Natural Rubber	天然ゴムを用いる炭素循環システムの構築プロジェクト
GHG	Greenhouse Gas	温室効果ガス
HUST	Hanoi Univerity of Science and Technology	ハノイ工科大学
IRSG	International Rubber Study Group	国際ゴム研究会
ISO	International Organization for Standardization	国際標準化機構
JCC	Joint Coordinating Committee	合同調整委員会
JFY	Japanese Fiscal Year	日本・会計年度
JICA	Japan International Cooperation Agency	独立行政法人国際協力機構
JST	Japan Science and Technlogy Agency	独立行政法人科学技術振興機構
KNCT	Kure National College of Technology, Japan	呉工業高等専門学校
M/M	Minutes of Meeting	ミニッツ（協議議事録）
MOET	Ministry of Education and Training, Vietnam	教育訓練省（ベトナム）
MOU	Memorandum of Understanding	覚書
MPI	Ministry of Planning of Investment, Vietnam	計画投資省（ベトナム）
NIES	National Institute for Environmental Studies, Japan	独立行政法人国立環境研究所
NMR	Nuclear Magnetic Resonance	核磁気共鳴
NUT	Nagaoka University of Technology, Japan	長岡技術科学大学
PDM	Project Design Matrix	プロジェクト・デザイン・マトリックス
PMU	Project Management Unit (at HUST)	プロジェクト管理ユニット
PO	Plan of Operations	活動計画
R/D	Record of Discussions	討議議事録
RRIV	Rubber Research Institute of Vietnam	ベトナム・ゴム研究所
SATREPS	Science and Technology Research Partnership for Sustainable Development	地球規模課題対応国際科学技術協力

TCVN	Vietnam Standards and Quality Institute, Directorate for Standards, Metrology and Quality, Vietnam	標準・品質部門（ベトナム標準・計 量・品質総局傘下）
TNCT	Tokyo National College of Technology, Japan	東京工業高等専門学校
Vietnam STAMEQ	Directorate for Standards, Metrology and Quality, Ministry of Science and Technology, Vietnam	標準・計量・品質総局（ベトナム科 学技術省傘下）
VND	Vietnamese dong	ベトナム・ドン
VNFY	Vietnamese Fiscal Year	ベトナム・会計年度
VRG	The Vietnam Rubber Group	ベトナムゴムグループ

中間レビュー調査結果要約表

1. 案件の概要	
国名：ベトナム社会主義共和国	案件名：天然ゴムを用いる炭素循環システムの構築プロジェクト
分野：環境管理	援助形態：技術協力プロジェクト（科学技術）
所轄部署：地球環境部環境管理第二課	協力金額：総額約3億7,000万円（ODA分）
協力期間 2011年4月～2016年3月（5年間）	先方関係機関： ・主管官庁：教育訓練省（MOET） ・実施機関：ハノイ工科大学（HUST） ・協力機関：ベトナム・ゴム研究所（RRIV）
	日本側実施機関：長岡技術科学大学（NUT） 独立行政法人国立環境研究所（NIES） 〔他研究者所属先：東京工業高等専門学校（TNCT） 呉工業高等専門学校（KNCT）〕
<p>1-1 協力の背景と概要</p> <p>ベトナム社会主義共和国（以下、「ベトナム」と記す）では、近年天然ゴムの生産量が非常に増加しており、特に、2011年から2012年には17.7%増加〔国際ゴム研究会（IRSG）統計〕し、マレーシアを抜いて世界第3位となった。</p> <p>天然ゴムはアジア地域の有望な植物資源であるパラゴム樹から産出され、工業的に利用されている唯一の植物資源由来のゴムである。種々の合成ゴムが開発されているなか、大型車両や飛行機のタイヤ、医療用ゴム製品等において天然ゴムはいまだに欠かせない素材である。</p> <p>2012年には、世界で年間約1,100万tの天然ゴムが生産（IRSG統計）されているが、合成ゴムでは得られない特性も有しており、天然ゴムの需要は高い状況となっている。また、化石資源由来の合成ゴムは世界で年間に約1,500万t（2012年IRSG統計）生産され、合成ゴム生産に伴う二酸化炭素排出量は膨大な量に上ると推計されている。パラゴム樹の栽培では、年間約3億3,000万tの二酸化炭素が固定されていると推計されており、合成ゴムを天然ゴムに置き換えることで、非常に多くの二酸化炭素排出量削減が見込まれる。</p> <p>他方で、天然ゴムはタンパク質等の物質を含んでおり、ラテックスアレルギーを引き起こす原因といわれており、天然ゴムの生産量を安定的かつ発展的に活用していくためには、天然ゴムを精製することによる均質化、アレルゲンとなるタンパク質の除去が不可欠である。</p> <p>このような背景から、ベトナム政府はわが国に対して、天然ゴムの高性能化、高機能化、用途の拡大をもたらすナノテクノロジー技術及び生産廃水・廃木の効率的処理と利用による炭素循環の基盤技術の開発に係る、地球規模課題対応国際科学技術協力（SATREPS）の要請書を提出した。</p> <p>上記要請を受け、独立行政法人国際協力機構（JICA）は2011年4月より5年間の予定で、長岡技術科学大学（NUT）とハノイ工科大学（HUST）を日越双方の研究代表機関として「天然ゴムを用いる炭素循環システムの構築プロジェクト」（以下、プロジェクト）を開始した。プロジェクトでは天然ゴムを高度な工業素材として利用することを目的とし、タンパク質除去技術を用いて、高性能ゴム製品の開発、品質の均一化を図る品質規格の確立、製造過程から生じる天然ゴムの廃木の有効活用、プラントの廃水の適正な処理等の活動を行っている。長期専門家1名</p>	

(業務調整)のほか、14名の短期研究員〔NUT、東京工業高専(TNCT)、呉工業高専(KNCT))が活動している。

中間レビューは、プロジェクト活動の実績、成果をレビュー・確認するとともに、プロジェクトの後半の活動に向けた提言及び今後の類似事業の実施にあたっての教訓を導くことを目的に実施された。

1-2 協力内容

プロジェクト目標：「ハノイ工科大学とベトナム・ゴム研究所の環境にやさしい天然ゴムの生産、天然ゴム利用の高度化および天然ゴムの用途の拡大を実現する技術に係る能力が高まる。」

成果1：天然ゴムの高度利用に対応できる核磁気共鳴(NMR)法を利用した精緻な新世代の評価法が開発される。

成果2：省エネ効果の高いタイヤ等を実現する高性能ゴムを開発する。

成果3：天然ゴム由来高機能ポリマーが開発される。

成果4：ゴム廃木からのバイオ燃料製造のための技術が開発される。

成果5：高度ゴム廃水処理システムが開発される。

2. 評価調査団の概要

調査者	団長	安達 一郎	12/9 ~ 12	JICA 地球環境部環境管理 G 環境管理第二課 課長
	JST	佐藤 雅之	12/5 ~ 12	JST 地球規模課題国際協力室 上席主任調査員
	JST	高橋 美穂	12/3 ~ 12	JST 地球規模課題国際協力室 調査員
	協力企画	奥村 憲	12/3 ~ 12	JICA 地球環境部環境管理 G 環境管理第二課
	評価分析	河原 里恵	11/25 ~ 12/12	株式会社アールクエスト
調査期間	2013年11月25日～12月12日			

3. 評価結果の概要

3-1 実績の確認

(1) 成果1

成果1：新規天然ゴム評価法を開発する。

<科学的達成>

- ・天然ゴムの末端基を核磁気共鳴(NMR)分光法により分析し、 $^1\text{H-NMR}$ スペクトルに示された 1.5 ~ 1.7 ppm のシグナルを帰属した。
- ・天然ゴムの脱タンパク質化を行うことにより、末端基に由来する特異なシグナルが $^1\text{H-NMR}$ スペクトルに示された。
- ・ $^1\text{H-NMR}$ スペクトルに示されたシグナルの本数は、天然ゴムの構造に依存することが明らかになった。
- ・Nguyen Thu Ha 氏は、高分子学会 NMR 研究会において若手ポスター賞を受賞した。
- ・Trinh Xuan Anh 博士は、技学カンファレンスにおいてポスター賞を受賞した。

<活動の進捗・達成>

- ・中間レビュー時までには、活動 1-1 から 1-3 までは、ベトナムから日本に試料を持ち込み NUT が所有する核磁気共鳴 (NMR) を活用し、日本において実験が先行している。HUST への NMR 機材の設置後に、HUST においても実験を行い、成果を確認することとなっている。
- ・HUST での NMR 機材の設置は当初、2012 年 10 月の予定であったが、およそ 1 年ほど遅れることとなった。結果として、ベトナムにおいてはその間の研究実施が不可能であり、代替として NUT での実験の先行となった。
- ・2013 年 11 ～ 12 月の中間レビュー時点の経過は、10 月末に HUST において NMR が設置され、据え付け後 1 カ月間の製造業者によるガイダンスの終了直後である。今後の NMR の運転・稼働に向け準備の最終段階にある。
- ・以上の背景や現状から、ベトナム HUST での活動 1-1 から 1-4 は中間レビュー後の開始となっている。
- ・活動 1-5 のベトナム内の標準案の標準・品質部門 (ベトナム標準・計量・品質総局傘下) (TCVN) への提出と高性能天然ゴムに係る国際標準化機構 (ISO) にならった国際標準案の作成は HUST のカウンターパート (C/P) によりなされるべきものであり、ベトナムでの研究成果を踏まえ、プロジェクト終了時までには実施される予定である。ベトナムで TCVN へ国内・国際標準案を提出するための前提として、HUST 内で標準案の申請費用の確保を行い、TCVN への申請に関する HUST 内の承認手続きを経る必要がある。

指標に基づく進捗度と今後の達成への見込みは以下のとおりである。

指 標	進捗・見込
1-1 ベトナム国内標準案を TCVN へ提出する。	<ul style="list-style-type: none"> ・TCVN へ提出を想定するベトナム内標準案と国際標準案はベトナムでの今後の実験成果を踏まえる必要があるため、案は作成されておらず、今後の作業となる。 ・現在の計画では、国内標準案の作成はベトナム側グループ 2 のリーダーが行い、HUST 学内の承認を受けたのちに TCVN へ申請する予定である。 ・国際標準案も、国内案同様に日本側の技術支援を受けながら、ベトナム側グループ 2 のリーダーにより作成される予定となっている。
1-2 ベトナム国内標準案に対応する国際標準案を作成する。	

(2) 成果 2

成果 2 : 高性能ゴムを開発する。

<科学的達成>

- ・HUST でタンパク質フリー天然ゴムを調製した。
- ・得られたタンパク質フリー天然ゴムの窒素含有率をケルダール法により定量した結果、0.001 wt % 以下であった。

<活動の進捗・達成>

- ・5 つの活動は、上記の成果 1 と同様に、主に HUST における天然ゴム精製装置 (脱タンパク処理テストプラント) を設置する場の決定、建設・整備の遅延により、およそ半年から 1 年の遅れが生じている。2014 年 1 ～ 2 月に建設終了予定の脱タンパク処理テストプラント設置場所で機材を設置後は、成果の達成に向けた研究活動が HUST で本格的に

展開される予定である。中間レビュー時点での活動の進捗の詳細は下記のとおり。

- ・活動 2-1 はベトナムにおいて終了済みである。
- ・活動 2-4 と 2-5 の実験では上述のとおり、NUT にて先行している。活動 2-2、2-3 は HUST 敷地内に 2014 年 2 月をめどに完成予定の上記の脱タンパク処理テストプラントを建設中であり、本格的な実験はプラントの完成後に開始される。
- ・今後順調に研究活動が進めば、ベトナムにおける、指標 2-1 の精製天然ゴムの工業的応用への技術プロセスの開発の達成は可能と見込まれる。ただし、中間レビューの調査までの時点では、活動の実施方法や、誰が中心となってタスクや活動を実施、監理するのかなどが文書や PO などでは明記されていないままであった。残りのプロジェクト期間で成果の達成の可能性を高めるためには、より具体的な活動の方向性の検討が必要である。

指標に基づく進捗度と今後の達成への見込みは以下のとおりである。

指 標	進捗・見込み
2-1 窒素含有量が 0.01w/w% 以下の精製天然ゴムを工業的に応用するための技術プロセスが開発される。	<ul style="list-style-type: none"> ・日本国内のラボ・スケールでは天然ゴムの精製のターゲット指標（窒素含有量が 0.01w/w% 以下）は達成済みであるが、ベトナムにおいて実験はまだ開始されておらず、これからの段階である。 ・HUST において 2014 年 2 月に完成が予定される脱タンパク処理テストプラントに合わせ、機材が配置される予定である（注：中間レビュー時点は、建設終了を待たず機材の一部の組立は開始中であった）。 ・中間レビュー以後は、これらのプラントと機材の活用、日本の技術・知識の移転により、ベトナム内で指標を満たす天然ゴムの精製（指標：窒素含有量が 0.01w/w% 以下）は可能と見込まれている。 ・今後計画どおりに必要な活動が進捗すれば、ベトナムにおける、指標 2-1 の精製天然ゴムの工業的応用への技術プロセスの開発の達成は可能性が高い。

(3) 成果 3

成果 3：天然ゴム由来高機能ポリマーが開発される。

<科学的達成>

- ・ナノマトリックスチャンネルを有する高分子電解質膜は、脱タンパク質化天然ゴムへのスチレンのグラフト共重合とクロロスルホン酸を用いたスルホン化により調製した。
- ・ナノマトリックスチャンネルの三次元モルフォロジーは、透過型電子顕微鏡トモグラフィにより観察した。
- ・得られた高分子電解質膜のプロトン伝導度、イオン交換容量、硫黄含有率及び水取込量は、それぞれ 9.8×10^{-2} S/cm、1.41 meq/g、10.2 w/w% 及び 66.5 w/w% であった。

<活動の進捗・達成>

- ・成果 3 は新規高機能ポリマー素材の開発をめざすものであり、ベトナムの HUST が所有していない実験機材を利用すること、また先端技術の開発でもあるため、主に日本国内 (NUT) で日本側研究者により研究が実施されることが計画されていた。

- ・ベトナムでは高機能ポリマー開発に係るベトナム側 C/P への知識・技術の共有と人材の能力開発を行う予定である。

指標に基づく進捗度と今後の達成への見込みは以下のとおりである。

指 標	進捗・見込み
3-1 プロトン伝導度 0.1 S/cm 以上を示すポリマーが開発される。	・NUT において既に達成済みである（本グループの研究・開発は主に日本国内で実施することを当初から想定していた）。

(4) 成果 4

成果 4：ゴム廃木からのバイオ燃料製造のための技術が開発される。

<科学的達成>

- ・天然ゴム廃木の前処理技術を熱水処理法とアルカリ処理法を用いて確立した。植物バイオマスの糖化をリグニン分解酵素の添加により向上させるため、ラッカーゼ生産性真菌 *Phomopsis sp.* を単離した。*Trichoderma reesei* におけるヘミセルラーゼ（キシラナーゼ）の生産は前処理したゴムの木により向上した。
- ・ゴム工場に由来する集積培養からの選抜により、ゴム分解菌 H2DA3 株を取得した。
- ・同株は *Nocardia farcinica* であると同定され、全ゲノム配列から天然ゴム分解酵素遺伝子をもつことが示唆された。

<活動の進捗・達成>

- ・活動 4-1 と 4-2 はベトナムで用意した材を用い、NUT で前処理技術の評価と最適前処理法の確立を終了済みである。
- ・活動 4-3 から 4-5 は最適分解微生物のスクリーニング方法、分離・保存、前処理済みサンプルでの微生物の分解能力の評価であり、日本・ベトナム両側の分担とプロトコールに従い、それぞれ終了済みである。活動 4-4 の最適分解微生物の分離・保存は生物多様性条約により日本への微生物の持ち込みは不可であるため、ベトナムで酵素の分離、保存を行っている。
- ・活動 4-6 の最適分解微生物の酵素の性質の評価は日本側研究者による既存研究の成果を受け、既に評価済みである。
- ・活動 4-7 から 4-9 はこれからの活動であり、日本・ベトナム側で分担を分けて中間レビュー後に実施を行う。

指標に基づく進捗度と今後の達成への見込みは以下のとおりである。

指 標	進捗・見込み
4-1 微生物を利用した分解プロセスが、糖化率50%以上を達成する。	・中間レビュー時点では当初計画に比して、各活動の進捗や終了は早く、プロジェクト終了期間終了以前に果が達成される可能性は高い。

(5) 成果 5

成果 5：高度ゴム廃水処理システムが開発される。

<科学的達成>

- ・2種のラボスケールリアクター（BR-UASB-DHS システムと AO-UASB-AFR システム）

を開発し、天然ゴム製造廃水処理の実験を行った。

- ・現状のゴム製造廃水処理システムから放出される温室効果ガスの測定方法を確立した。本手法により現状のゴム製造廃水処理システム（開放型嫌気槽）から放出される温室効果ガスを測定し、メタンに加え亜酸化窒素が主要な温室効果ガスであることを明らかにした。
- ・ゴム製造工場の調査やインターンシップ、スタッフのトレーニングと分析手法の共有を通じて人的資源の向上を図った。

<活動の進捗・達成>

- ・活動 5-1 は主に日本側研究者により、ベトナムの 4 カ所のゴム精製工場で実験を進行中である。
- ・活動 5-2 はラボスケールのリアクターの設置で、当初の計画では 2011 年に実施される予定であった。しかしながら、民間企業へ、と想定した機材導入の変更が生じ、結果として 2012 年の予算を用いて HUST へ機材導入がなされた。機材は継続して運転中である。
- ・グループ 5 の活動の省エネの資源回収型廃水処理では、BR-UASB-DHS（槽式 UASB 反応槽：日本 HUST 式）と AO-UASB-AFR（ベトナム式）の 2 種の技術・システムの比較を実施する。前者システムは HUST で既に実験が開始されており、後者システムの実験は近々開始予定である。
- ・活動 5-3 の廃水や汚泥試料の分析方法の確立は終了済みである。
- ・活動 5-4 は現在継続中であり、今後温暖化ガスの削減量算出を行う予定である。
- ・活動 5-5 と 5-6 の HUST に設置したラボ機の運転方法の確立と廃水処理性能の把握は、NUT から派遣の日本人学生を中心に日本・ベトナム側が共同で継続中である。
- ・活動 5-7 のパイロットスケール・リアクターの設計は終了済みである。活動 5-8 の同リアクターの RRIV への導入については、中間レビュー時点で RRIV において基礎工事が開始されている。RRIV への引渡しは 2014 年 2 月頃の予定である（2013 年 11 ～ 12 月時点で同リアクターのための分析機器の RRIV への移管について事務処理が行われている）。
- ・活動 5-9 と 5-10 は 5-9 のリアクターの導入・設置完了を受け、運転の開始は 2014 年 4 月頃の予定である。
- ・活動 5-11 のリアクター運用の最適化は廃水処理のガイドライン作成を作成中であり、日本側研究者によりドラフトが作成される予定である。
- ・活動 5-12 の高度ゴム廃水処理システムによる温室効果ガス（GHG）削減効果の評価は、生産現場でのクリーン開発メカニズム（CDM）売買のための廃水量の測定を行うものである。RRIV は 2012 年以来、ホーチミン地域の 2 カ所のゴム精製工場で廃水量の測定を実施中で、そのデータを用いて日本側の NIES のメンバーが他途上国における GHG 削減の評価経験を応用し、ベトナムにおいて実施する予定である。

指標に基づく進捗度と今後の達成への見込みは以下のとおりである。

指 標	進捗・見込み
5-1 天然ゴム精製後のラテックス廃水からのゴム回収率 90%を達成する。	・ほとんどの研究は計画どおりにこれまで進捗してきているため、プロジェクト期間終了までに指標の達成は可能であると予測される。
5-2 残存廃水からのメタン回収率 80%を達成する。	

(6) プロジェクト目標

天然ゴムの環境にやさしい生産、利用の高度化および用途の拡大を実現する技術に関する HUST と RRIV の能力が向上する。

プロジェクト目標の達成を測る 2 つの指標のそれぞれの進捗と達成は以下のとおりである。

- 1) 学会誌の論文掲載や学会等での発表は当初の計画や想定に比して、下記の表に示すとおり、非常に大きな達成がなされている。
- 2) 天然ゴムに関する研究者グループの設立は進行中であり、中間レビュー時点ではその達成が可能かどうかは予測不可能な点もある。

プロジェクト目標の達成可能性や進捗度の概略は以下のとおりである。

指 標	進捗・見込み
1. 学会誌に論文が掲載される。	<ul style="list-style-type: none">・これまでの学会誌への論文寄稿や発表の実績は当初の想定（数）をはるかに上回り、下記のとおりである。（2013年3月までの記録） <p><u>論文掲載</u></p> <ul style="list-style-type: none">・国際：46・国内：7 <p><u>学会</u></p> <ul style="list-style-type: none">・国際：18・国内：15 <p><u>口頭発表</u></p> <ul style="list-style-type: none">・国際：20・国内：88 <p><u>学会誌等へのポスター展示</u></p> <ul style="list-style-type: none">・国際学術誌：38・国内：54
2. 天然ゴム分科会が既存の学会内に設立される。	<ul style="list-style-type: none">・進行中であり、詳細な経過は以下のとおりである。・ベトナムの既存の学会（ベトナムの場合、科学学会あるいはベトナム・ゴム協会がこれに相当）に天然ゴムの分科会は設立されていない。・当初計画の学会分科会設立の構想に代わり、プロジェクトではこれまでに2度、天然ゴムの評価方法の確立の前提として TCVN を交えたワークショップを実施した。・中間レビュー以降の展開として、天然ゴムの研究者あるいは企業のグループを設立する予定である。天然ゴムの研究者あるいは企業のグループの設立がなされれば、天然ゴムの評価方法の確立はプロジェクト終了までに可能であると予想される。

3-2 評価結果の要約

評価5項目による評価結果は下記の整理のとおり。その評定は、高い順から「高い」、「やや高い」、「中程度」、「やや低い」、「低い」である。

(1) 妥当性：高い。

下記の理由により本プロジェクト実施の妥当性は高い。

<必要性>

ベトナムの「国家天然ゴム開発計画（2015～2020年）」や分野ニーズを満たす点から、プロジェクトの必要性は高い。天然ゴムの生産は近年、急速な伸びを示し、プロジェクトが品質の付加価値化や精製過程で生じる廃木と廃水の処理の改善に資することが期待されている。同時にプロジェクトの内容は日本の対ベトナムの国別援助方針（2012）の優先事項である「経済成長と国際競争力の促進」、「気候変動のリスク軽減のための環境対策」との一貫性が保たれている。

<アプローチの適切性>

・ターゲットグループの選定

HUSTとRRIVをC/P機関としての選定は、以下の理由により妥当性が高い。HUSTはベトナムの科学技術の研究・振興を専門とする学術機関で、プロジェクト開始以前からNUTと共同研究や研究者の交流等が行われていた。またRRIVは天然ゴム研究を専門とし、同国の天然ゴムの品質保証に係る承認を行う機関でもある。特にグループ5の活動に関し、RRIVの敷地内に廃水処理のパイロットスケール・リアクターの設置への基礎工事が進むなど、今後もRRIVは適切に実験を遂行する能力や意欲を備えている。

・日本の技術の優位性

NUTは天然ゴム精製と産業での利用に関する研究において世界的な評価を得ており、またゴム廃木成分分解菌・酵素開発の分野でも、先進的研究の実績と蓄積を有している。他の協力機関より参加の研究者は天然ゴム処理に関する地球温暖化ガスの測定等について豊富な経験を有し、本プロジェクトでの日本の技術の優位性が発揮される可能性は高い。

(2) 有効性（予測）：中程度からやや高い、と予測される。

<プロジェクト目標達成の見込み>

中間レビューの時点で、プロジェクト目標達成を測る2つの指標の1つである「学会誌での論文の掲載」は当初の計画や予想を上回る成果を得ている。もう1つの指標である「天然ゴム分科会の設立」はベトナムにおける天然ゴムの品質の評価基準の設定で基礎となる事項で、中間レビュー後の活動が今後順調に実施されればプロジェクト期間終了までに達成される可能性は高い。

<成果とプロジェクト目標の因果関係>

機材配置の遅延等の理由により、ベトナムでの本格的な実験開始は半年から1年の遅れが生じている。それ以外の当初に計画された日本での研究活動や実験は、おおむね順調に進められている。中間レビューまでの遅延を取り戻し、今後の期間で計画した成果や目標を達成するためには、今後はベトナムでの活動を活性化し早めていく必要がある。

<成果からプロジェクト目標への外部条件の変化等>

日本側、ベトナム側ともに研究者の変更はほとんど生じていない。ベトナム側の活動に係る予算、とりわけ実験に必要な消耗材の費用と必要な人員を確保することが望ましい。

(3) 効率性：中間レビュー時点では効率性は中程度、と判断される。

＜成果の達成状況・活動と成果の因果関係＞

概して、成果を達成するための活動はおおむね順調に実施されてきている。中間レビュー後はベトナムでの供与機材設置の終了や運転環境も整い、研究活動は本格化されていくであろう。

＜投入の状況：タイミング、質・量＞

ベトナムへ派遣されてきた日本側研究者の専門性、人数は十分であるが、これまではグループによっては1回の派遣期間が短い、ベトナムでの研究に時間を十分に配分できていないなどの様子が見え、ベトナムでの活動で技術移転が十分に発揮されているかどうかは不確実な面がある。日本側研究者のベトナムでのより長期的な時間配分や人数の配置が行われることが望ましい。また、プロジェクト調整員がプロジェクト全体の進捗を管理し、より円滑で効率性が高いプロジェクト実施が行われるよう調整の役割を増していくことが望まれる。

(4) インパクト（見込み）：インパクトの予想が可能な点もいくつかはあるものの、その達成可能性の判断にはまだ時間が必要である。

プロジェクト目標が達成された場合、科学的な前進、技術移転や産業界での応用などに資することが期待される。また中間レビューの時点で既に53論文が学会誌に発表されているなど、大きなインパクトを生みだしている。日本並びにベトナムで天然ゴムの精製や処理にかかわる複数の企業が本プロジェクトでの研究・開発の成果に関心をもっていることなどから、産業界での応用等の将来のインパクトも期待される。他方で、天然ゴムの品質の新たな評価基準の構築については、中間レビュー以降に行われるべきタスクは多く、これらのプロセスが計画どおり確実に実施されるよう留意を行う必要がある。

＜波及効果、自立発展性への可能性等＞

プロジェクトは若手研究者、特に日本側研究者が、天然ゴム生産国での研究や実践で貴重な経験を得る機会となっている。また、中間レビューの聞き取り調査でベトナム側から指摘されたとおり、天然ゴムに関する研究や知識の国際レベルの交流及びベトナム内の天然ゴム処理に係る関連企業の交流を促す点でも有効である。

(5) 持続性：中程度と見込まれる。

プロジェクトによる成果や効果が継続される可能性は中程度と見込まれるが、プロジェクトの後半期にプロジェクト実施体制についていくつか改善が行われるべき点もある。

＜政策面＞

ベトナムの「国家天然ゴム開発計画2015～2020」によれば、ベトナムは天然ゴムの生産量の増大、質の向上と付加価値化を進める計画があり、今後も天然ゴムの研究・開発に対する政策は変わらず続いていくと予想される。

＜技術面＞

・技術移転の受容性

中間レビュー時のベトナム側 C/P への聞き取り調査結果では、日本側研究者からベトナム

ム側 C/P への技術移転の満足度はおおむね高いとの返答であった。ベトナム側の自立発展性を高めるために、中間レビュー時点以降は技術移転の内容や範囲を広げ、供与機材の運用と維持管理の強化への支援も行っていく必要がある。

<組織・財政面>

HUST 側の経費負担により実験室の改修や整備された例からも、ベトナム側、特に HUST のプロジェクトの実施に関するオーナーシップの意識は高い。本プロジェクトの将来の目標はベトナムにおける環境付加の軽減を指すものであり、HUST が今後もオーナーシップの意識を持続する可能性も高い。供与機材の維持管理については、とりわけ NMR のような高額機材に関し、HUST が早急に機材運用・維持管理と必要な維持管理費用の調達の方法について詳細な計画や方法を明らかにすることが望まれる。

3-3 効果発現に貢献した要因

HUST-NUT 間ではプロジェクト開始以前から学術・共同研究の交流関係が構築されていた。(注：これは優位点であると同時に、研究のグループによっては計画策定や各活動の進行を行ううえで、日本・ベトナム側とも役割分担あるいは作業進行の手順等が各グループの意思決定者間で十分に検討されないまま中間レビューまでの活動が進行する結果となった。)

3-4 問題点及び問題を惹起した要因

- ・プロジェクト計画の策定、特に活動計画 (PO) の作成の段階で一部のグループ活動での分担や実施可能性の検証は不十分な面があった。そのため、中間レビューでは、成果や目標の達成に向け日本側、ベトナム側研究が合同でグループ別の各 PO の詳細な見直しを行い、PO の修正案の作成と時間枠を含めた詳細活動計画 (Time-Bound Action Plan) の作成を行った。
- ・計画段階で、ベトナム側の負担による設立が計画されていた HUST 内の天然ゴム研究センターの構想についてはベトナムの経済状況もあり、中間レビュー時点では、明確には確認できなかったといえる。方針が明確にならなかったことから、当初に計画していた HUST 内の供与機材の設置場所の変更、代替案としての HUST 内の 6 カ所の既存設備を実験室への改修や、脱タンパク処理等の実験室の設置場所決定までの紆余曲折などを理由に機材配置の遅延が生じ、ベトナムでの実験活動の本格的な開始が遅れる結果となった。
- ・ベトナム側の研究者の配置：2013 年 11～12 月の中間レビュー時に、ベトナム側研究開発の本格化に備え、ベトナム側 C/P の数が増加された。中間レビュー以前にはベトナム側参加メンバー、特にグループ 1～3 は、人数が 2～3 名と限られており、実験の実施やその成果の発現には不安があったが、ベトナムにおける実験を手掛ける C/P の人数が増え、リスク軽減への改善がなされた。
- ・RRIV の関与については計画段階で明確に定められていなかった。これによりグループ 4 と 5 の活動にかかわる機材の受渡し等の事務処理の煩雑さが増し、配置のタイミングにも遅れが生じた。

3-5 結論

中間レビューにおける情報収集や検証の結果、評価調査団はプロジェクトの活動はおおむね計画に従って進捗しており、当初に計画された成果やプロジェクト目標の達成に向けた努力が

なされていることを確認した。

一方で、前述の改善への指摘や以下に記載する提案事項にあるとおり、残りの約2年間のプロジェクト期間で、プロジェクトの成果や目標への達成の可能性をより高く、確実なものとするために、プロジェクトの進捗管理、ベトナム側 C/P の研究活動への参加の促進と将来の自立発展性を高めるための方策など、再検討がなされるべきあるいは改善を講じることが望ましい点がある。

3-6 提言

本プロジェクトでは、NMR といった高額な機材が供与されている。この NMR の使用には、液体窒素、液体ヘリウムといった高額な維持管理用の液体ガスが必要である。今回の中間レビューの機会に、これらの機材の維持管理については、HUST が責任を有することを確認、そのうえで、プロジェクト終了後の NMR 含む機材の維持管理に向けた具体的な方法について、双方で協力しながら次回の合同調整委員会 (JCC) まで検討していくこととした。企業等の学外関係者による HUST 機材使用は問題ないとのことでもあり、そうした方法も含めて、幅広く活用方法の検討を行っていくことが重要である。

HUST 並びに RRIV は既に天然ゴム産業界とは強い連携関係をもっているため、これを活用し、本プロジェクトの活動期間中からセミナー、ワークショップ等の場で天然ゴム産業界に対し積極的に情報提供をしている。今後も、社会実装の道筋の明確化、並びにプロジェクトで導入した機材の有効活用も図るため、研究成果を学内、学外問わずアピールしていくことが重要である。ベトナムゴムグループ (Vietnam Rubber Group : VRG) 傘下のさまざまなベトナム企業が、天然ゴム製造に関心を有していることが確認されているものの、今回調査で確認したところ、まだ限定された企業にとどまっていること、関心をもっている企業もコストの問題を含めて検討課題があるとのことを指摘していた。そのため、研究成果の意義・価値の広報を行い、更なる関心を呼び込んでいくことも重要であると判断し、ミニッツ (M/M) にも記載した。

RRIV は、現在グループ 5 の活動にのみ明確に関係しているが、グループ 1～3 の活動においても重要と考えられ、RRIV との連携強化を提言した。RRIV は TCVN 品質規格のテクニカルコミッティ 45 (ゴム分野) のメンバーとして、出願された規格案の技術的妥当性、ISO との整合性等の検討を行っている。この点においてグループ 1 の今後の活動との協力がより戦略的に重要となると考えられる。

第1章 中間レビュー調査の概要

1-1 調査の背景

ベトナム社会主義共和国（以下、「ベトナム」と記す）では、近年天然ゴムの生産量が非常に増加しており、特に、2011年から2012年には17.7%増加〔国際ゴム研究会（IRSG）統計〕し、マレーシアを抜いて世界第3位となった。

天然ゴムはアジア地域の有望な植物資源であるパラゴム樹から産出され、工業的に利用されている唯一の植物資源由来のゴムである。種々の合成ゴムが開発されているなか、大型車両や飛行機のタイヤ、医療用ゴム製品等において天然ゴムはいまだに欠かせない素材である。また、パラゴム樹の栽培では、年間約3億3,000万tの二酸化炭素が固定されていると推計されており、合成ゴムを天然ゴムに置き換えることで、多くの二酸化炭素排出量削減が見込まれる。

他方で、天然ゴムはタンパク質等の物質を含んでおり、ラテックスアレルギーを引き起こす原因といわれており、天然ゴムの生産量を安定的かつ発展的に活用していくためには、天然ゴムの精製することによる均質化、アレルゲンとなるタンパク質の除去が不可欠である。

こうした背景の下、地球規模課題対応国際科学技術協力（SATREPS）案件、「天然ゴムを用いる炭素循環システムの構築プロジェクト」（以下、本プロジェクト）は、長岡技術科学大学（Nagaoka University of Technology, Japan : NUT）が開発した「除タンパク質精製技術」を用いて、天然ゴムを高度な工業素材として利用することを目的に、NUTとハノイ工科大学（Hanoi University of Science and Technology : HUST）を日・越双方の研究代表機関とし、2011年4月から2016年3月までの5年間の予定で実施中である。

1-2 調査の目的

- (1) 投入実績、活動実績、プロジェクト目標達成度を、プロジェクトの内容について定めた討議事録（R/D）に基づき、ベトナム側と確認・評価し、課題と問題点の整理を行う。
- (2) JICA 事業評価ガイドラインに基づき、5項目（妥当性、有効性、効率性、インパクト、自立発展性）の観点から評価を実施し、プロジェクトが順調に成果発現に向けて実施されているかを検証する。
- (3) 上記の調査結果に基づき、今後の活動計画に関する提言を行う。
- (4) 上記変更や、評価結果を合同評価レポートにまとめ、合同調整委員会（Joint Coordinating Committee : JCC）にて承認、今後の活動に反映させる。

1-3 調査団の構成

独立行政法人国際協力機構（JICA）

団 長	安達 一郎	12/9 ~ 12	JICA 地球環境部環境管理 G 環境管理第二課 課長
評価分析	河原 里恵	11/25 ~ 12/12	株式会社アールクエスト
協力企画	奥村 憲	12/3 ~ 12	JICA 地球環境部環境管理 G 環境管理第二課

独立行政法人科学技術振興機構（JST）

佐藤 雅之	12/5 ～ 12	JST 地球規模課題国際協力室 上席主任調査員
高橋 美穂	12/3 ～ 12	JST 地球規模課題国際協力室 調査員

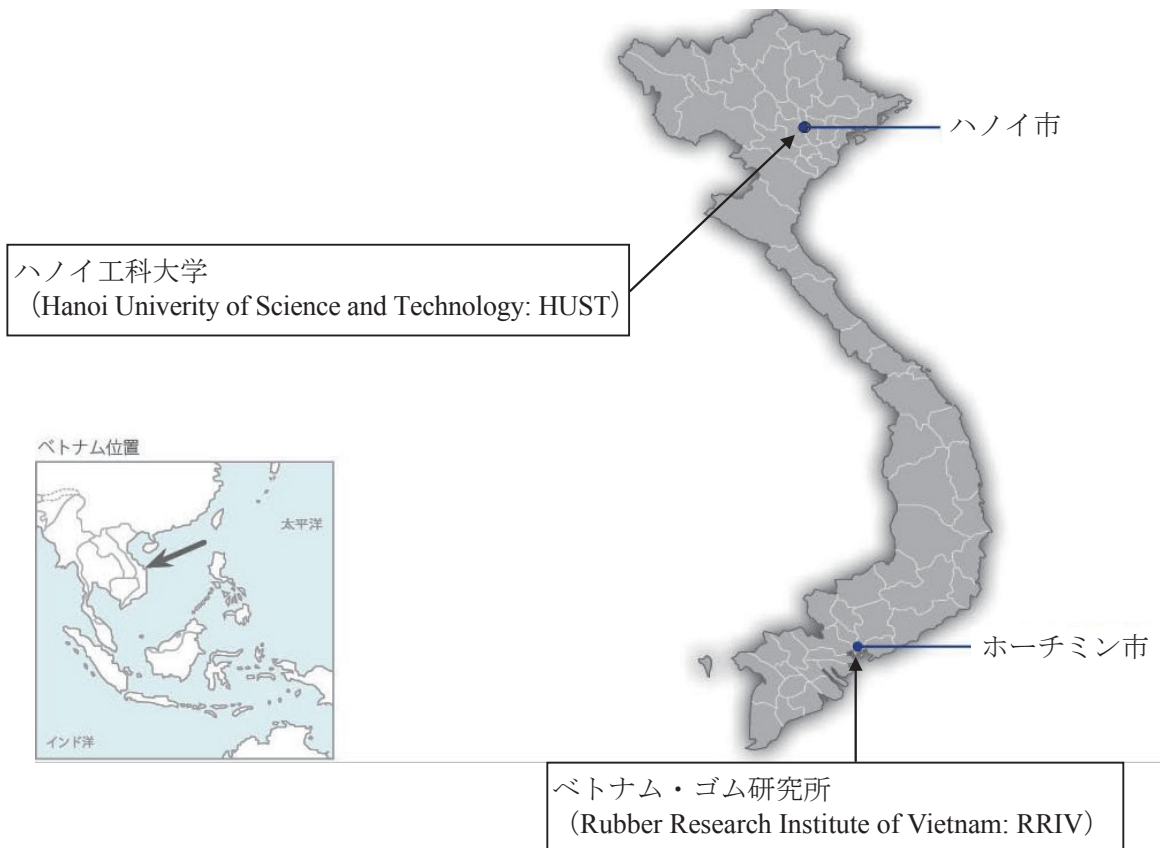
1-4 調査の日程（2013年11月25日～12月12日）

	月 日	安達	佐藤	奥村・高橋	河原	
1	11/25 (Mon.)				10:00 成田 - 14:05 ハノイ JICA ベトナム事務所にて打ち合せ	
2	11/26 (Tue.)				インタビュー調査① (HUST)、 HUST ラボ供与機材視察	
3	11/27 (Wed.)				インタビュー調査② (HUST)	
4	11/28 (Thu.)				インタビュー調査③ (HUST)、 情報整理・報告書作成	
5	11/29 (Fri.)				インタビュー調査④ [HUST、 標準・品質部門 (TCVN)]、情 報整理・報告書作成	
6	11/30 (Sat.)				情報整理・報告書作成	
7	12/1 (Sun.)				情報整理・報告書作成	
8	12/2 (Mon.)				報告書作成②	
9	12/3 (Tue.)				17:55 成田→ 22:10 ハノイ	報告書作成③、社内打合せ
10	12/4 (Wed.)				【AM】 計画投資省 (MPI)、教育訓練省 (MOET)、 HUST 副学長との協議 【PM】 HUST ラボ供与機材設置状況視察、	
11	12/5 (Thu.)				成田→ ハノイ	【AM】 HUST 側各グループ研究代表者との協議 17:00 ハノイ→19:00 ホーチミン
12	12/6 (Fri.)				【AM】 Dau Tieng 社視察 (ゴムプランテーション、ラテッ クス加工製造プラント、廃水処理施設等) 【PM】 Merufa 社視察 (ゴム手袋等製造工場)	
13	12/7 (Sat.)				社内協議・文書作成	
14	12/8 (Sun.)				社内協議・文書作成	
15	12/9 (Mon.)	10:00 成田→ 13:50 ハノイ	ベトナム・ゴム研究所 (RRIV) 協議、研究施設、グルー プ5パイロットスケールプラントの視察 17:30 ホーチミン→19:30 ハノイ			
16	12/10 (Tue.)	【AM】 評価レポートに係る協議 【PM】 日・越グループごとの今後の行動計画ミーティング				
17	12/11 (Wed.)	【AM】 評価レポートに係る協議 【PM】 HUST 副学長協議、MOET 協議				

18	12/12 (Thu.)	【AM】 JICA ベトナム事務所報告 【PM】 JCC、署名式	
			23:55 ハノイ→
19	12/13 (Fri.)	スーダンへ	→ 6:40 成田着

1-5 プロジェクトの概要

プロジェクト名	(科学技術) 天然ゴムを用いる炭素循環システムの構築プロジェクト
国名	ベトナム社会主義共和国
協力期間	2011年4月から2016年3月(5年間)
相手側実施機関	ハノイ工科大学 (HUST)、協力機関: ベトナム・ゴム研究所 (RRIV)
日本側実施機関	長岡技術科学大学 (NUT) (研究代表者所属機関) 参画機関: 独立行政法人国立環境研究所 (NIES)
プロジェクト目標	ハノイ工科大学とベトナム・ゴム研究所の環境にやさしい天然ゴムの生産、天然ゴム利用の高度化および天然ゴムの用途の拡大を実現する技術に係る能力が高まる。
成果	成果1: 天然ゴムの高度利用に対応できる核磁気共鳴 (NMR) 法を利用した精緻な新世代の評価法が開発される。 成果2: 省エネ効果の高いタイヤ等を実現する高性能ゴムを開発する。 成果3: 天然ゴム由来高機能ポリマーが開発される。 成果4: ゴム廃木からのバイオ燃料製造のための技術が開発される。 成果5: 高度ゴム廃水処理システムが開発される。



第2章 評価の方法

2-1 評価手法・情報・データ収集方法

評価グリッドを基に評価の要点や収集すべき情報、その収集方法などを検討した。調査方法は、日本人専門家・ベトナム側カウンターパート（Counterpart：C/P）への質問票調査、日本人専門家（研究者、調整員等）やベトナム側C/Pへの聞き取り調査、またプロジェクトの記録等の文献調査を行った。これらの方法で収集した情報・データを基に、これまでの進捗、目標と比較した達成度、実施プロセス等を検証、整理し、5項目評価（妥当性、有効性、効率性、インパクト、自立発展性）に基づく評価を行った。さらに、達成度、実施プロセス、5項目評価に合わせプロジェクト後半期において改善を行うべき点などの提言を示した。

2-2 評価のポイント

投入、活動、成果やプロジェクト目標の達成度を測るために実際のプロジェクト活動等の進捗状況と比較・検証し、さらに下記の評価5項目に則した評価を行った。実施プロセスに関してはモニタリングや意思疎通の方法や状況などの視点に基づき検証を行った。

<評価5項目>

(1) 妥当性

プロジェクト目標は、日本・ベトナム両国の開発目標や当該国での対象セクターのニーズと合致しているかどうかを検証する。

(2) 有効性

プロジェクト目標は、プロジェクト終了期間までに達成できるかどうか、成果の達成がプロジェクト目標の達成に資するかどうかなどを検証する。

(3) 効率性

効率性は、プロジェクトでの投入が効率的に成果の達成に結びついているかどうか、有効に活用されているかどうかを検証する。

(4) インパクト

インパクトでは、プロジェクト実施の結果、直接・間接的な変化、あるいはポジティブ・ネガティブな影響が生じているかや、将来の上位目標（またはそれに代わる将来の目標）の達成可能性を検証する。

(5) 自立発展性

プロジェクトで達成される効果がプロジェクトの終了後もベトナムの政策・制度面、財政面や技術面においてベトナム側が自ら持続、発展させていくことが可能かどうかを検証する。

第3章 プロジェクトの実績

3-1 投入の実績

3-1-1 日本側

(1) 専門家の派遣（付属資料3に含まれる合同レビュー調査報告書の Annex 3 参照）

- ・2013 年末までに下記のとおり 2 名のプロジェクト調整員が派遣された。
- ・2011 年 5 月～2013 年 5 月（グループ 4 研究者兼務）
- ・2013 年 5 月～2015 年 5 月（予定）
- ・5 グループで延べ 14 名の研究者が配置されている（付属資料3に含まれる合同レビュー調査報告書の Annex 2-1 参照）。

グループ別研究者人数		リーダー
プロジェクト・リーダー	福田教授（グループ 4 メンバー兼務）	
グループ 1	2 名	河原准教授
グループ 2	3 名	
グループ 3	2 名	山本教授
グループ 4	5 名	小笠原助教授
グループ 5	5 名	山口教授
合計 14 名：（注：グループ 1～3 は計 3 名、また福田教授はグループ 4 メンバー兼務）		

- ・2011-2013 年の日本研究者のベトナムへの派遣：計 79 回（付属資料3に含まれる合同レビュー調査報告書の Annex 3 参照）

初年度（JFY 2011）	25 回
2 年次（JFY 2012）	17 回
3 年次（JFY 2013）12 月末までの予定も含む	37 回
計（2013 年 12 月末まで）	79 回

(2) C/P の本邦への招へい・受入れ（付属資料3に含まれる合同レビュー調査報告書の Annex 4 参照）

(3) ベトナム側 C/P の招へい（付属資料3に含まれる合同レビュー調査報告書の Annex 4 参照）

- ・日本への招へい：計 22 回

初年度（JFY 2011）	12 回
2 年次（JFY 2012）	5 回
3 年次（JFY 2013）12 月末までの予定も含む	5 回
計（2013 年 12 月末まで）	22 回

- (4) JICA による供与機材（付属資料 3 に含まれる合同レビュー調査報告書の Annex 5 参照）
- ・2014 年 3 月までにハノイ工科大学（HUST）並びにベトナム・ゴム研究所（RRIV）に設置、あるいは今後に設置予定の実験機材は、付属資料 3 に含まれる合同レビュー報告書の Annex 5 のとおりである。2012 年から 2013 年まで（中間レビューまで）に機材についての輸入・関税処理で支障等が生じたため、おおよそ半年から 1 年間の機材の納入の遅延が生じている。
- (5) ローカルコスト（現地業務費）支出（付属資料 3 に含まれる合同レビュー調査報告書の Annex 6 参照）
- ・日本側による 2013 年 9 月末までのローカルコスト（注：この数値は JICA 支出のみで JST 支出は含まないもの）支出の合計は USD 28 万 9,484.71（＝日本通貨 2,979 万 7,000 円相当、為替レート：2013 年 12 月 3 日現在、1USD=102.93JPY）である。この金額に JICA 供与の機材は含まれていない。ローカルコスト経費の主な用途は一般の活動運営費で、交通費、消耗品、旅費、手当、セミナー・ワークショップ開催費等である。詳細は付属資料 3 に含まれる合同レビュー報告書の Annex 6 のとおり。

日本会計年度	計（単位：USD）
初年度（JFY 2011）	100,640.57
2 年次（JFY 2012）	136,594.84
3 年次（JFY 2013）2013 年 9 月末まで	52,801.47
計（2013 年 9 月末まで）	289,484.71

- (6) ワークショップ・セミナーの開催に費用やベトナム側 C/P に対する国際会議への参加費用負担（付属資料 3 に含まれる合同レビュー調査報告書の Annex 8 と 9 参照）
- ・ワークショップ：6 回開催
 - ・ JFY 2011：1 回 キックオフ会議
 - ・ JFY 2012：2 回 活動の年次レビューと TCVN への申請準備に係る宣伝・情報収集活動（TCVN への申請手続き、等）
 - ・ JFY 2013：3 回 活動の年次レビューと TCVN への申請に係る情報収集（天然ゴム評価方法の標準化に係る新基準制定への準備、等）
 - ・ベトナム側 C/P の国際会議への派遣（主にプロジェクトによる経費負担）：6 回
 - ・ JFY 2012：2 回 2 名
 - ・ JFY 2013：4 回 2 名ずつを 2 回

3-1-2 ベトナム側

- (1) 人材配置（付属資料 3 に含まれる合同レビュー調査報告書の Annex 2 参照）
- ・主要なアサインメントは以下のとおり。
 - ・プロジェクト・ディレクター：HUST 副学長（Dr. Top）
 - ・プロジェクト・マネジャー：HUST 講師（Dr. Nghia）

- ・また、5つの研究グループに上記2名も加えた合計で35名の研究者、管理者が配置された。

ベトナム側各グループの研究者・技術者数		リーダー (HUST)
グループ 1	5名	Dr. Trinh Xuan Anh
グループ 2	9名	Dr. Nghia
グループ 3	5名	Dr. Chuong
グループ 4	7名	Dr. To Kim Anh
グループ 5	10名 (HUST) 及び RRIV 研究者と管理職	Dr. Hai
アドバイザー	HUST 4名	
計：35名 (注：グループ1～3では特にHUSTのC/Pの1～2名が複数グループのメンバーとして兼務しているため、グループ別人数には重複がある。)		

(2) プロジェクト執務室と研究室の供与

- 1) HUST内のプロジェクト調整オフィス
- 2) HUST内に6カ所の実験室 (この改修費用はベトナム側HUSTが負担した。)

(3) ベトナム側経費負担 (付属資料3に含まれる合同レビュー調査報告書のAnnex 7参照)

- ・HUSTのプロジェクト管理ユニット (PMU) で聞き取りを行った際に、MOETによりプロジェクト期間中の予算として8億7,000万VNDが準備され、2013年末時点で約59億VND以上は既に使用済み、とのことであった。
- ・詳細な支出項目についてのHUST・PMU作成のデータは付属資料3に含まれる合同レビュー調査報告書のAnnex 7のとおり2013年末までにおよそ60億4,000万VND (=日本円にして約2,928万8,000円、為替レート：2013年12月3日現在1VND = 0.004849JPY) となっている。経費の用途の多くは、実験室の改装、機材調達や光熱費、コンサルタント料等の管理費用である。

ベトナム会計年度 (VNFY) *	計 (単位：千VND)
初年度 (2011)	—
2年次 (2012)	3,016,405
3年次 (2013)	3,023,436
2013年末までの計	6,039,840
VNFY 2014の計画予算**	2,940,000

注)*：ベトナム・会計年度 (VNFY) は1月開始。HUSTによれば、初年度は会計年度開始が日本側と異なるため初年度経費を準備できなかったとのこと。

**：2014年会計年度へのプロジェクト予算はMOETにより既に承認済とのこと。

3-2 活動・成果の実績

成果1：新規天然ゴム評価法を開発する。

<科学的達成>

- ・天然ゴムの末端基を核磁気共鳴（NMR）分光法により分析し、¹H-NMR スペクトルに示された 1.5 ～ 1.7 ppm のシグナルを帰属した。
- ・天然ゴムの脱タンパク質化を行うことにより、末端基に由来する特異なシグナルが ¹H-NMR スペクトルに示された。
- ・¹H-NMR スペクトルに示されたシグナルの本数は、天然ゴムの構造に依存することが明らかになった。
- ・Nguyen Thu Ha 氏は、高分子学会 NMR 研究会において若手ポスター賞を受賞した。
- ・Trinh Xuan Anh 博士は、技学カンファレンスにおいてポスター賞を受賞した。

<活動の進捗・達成>

- ・中間レビュー時までには、活動 1-1 から 1-3 までは、ベトナムから日本に試料を持ち込み長岡技術科学大学（NUT）が所有する核磁気共鳴（NMR）を活用し、日本において実験が先行している。HUST への NMR 機材の設置後に、HUST においても実験を行い、成果を確認することとなっている。
- ・HUST での NMR 機材の設置は当初、2012 年 10 月の予定であったが、およそ 1 年ほど遅れることとなった。結果として、ベトナムにおいてはその間の研究実施が不可能であったため、代替として NUT での実験の先行となった。
- ・2013 年 11 ～ 12 月の中間レビュー時点の経過は、10 月末に HUST において NMR が設置され、据え付け後 1 カ月間の製造業者によるガイダンスは終了した直後である。今後の NMR の運転・稼働に向け準備の最終段階にある。
- ・以上の背景や現状から、HUST での活動 1-1 から 1-4 は中間レビュー後の開始となっている。
- ・活動 1-5 のベトナム内の標準案の標準・品質部門（ベトナム標準・計量・品質総局傘下）（TCVN）への提出と高性能天然ゴムに係る ISO にならった国際標準案の作成は HUST の C/P によりなされるべきものであり、ベトナムでの研究成果を踏まえ、プロジェクト終了時までには実施される予定である。ベトナムで TCVN へ国内・国際標準案を提出するための前提として、HUST 内で標準案の申請費用の確保を行い、TCVN への申請に関する HUST 内の承認手続きを経る必要がある。

中間レビュー時点の指標に基づく進捗度と今後の達成への見込みは以下のとおりである。

指 標	進捗・見込み
1-1 ベトナム国内標準案をTCVNへ提出する。	<ul style="list-style-type: none"> ・TCVNへ提出を想定するベトナム内標準案と国際標準案はベトナムでの今後の実験成果を踏まえる必要があるため、案は作成されておらず、今後の作業となる。
1-2 ベトナム国内標準案に対応する国際標準案を作成する。	<ul style="list-style-type: none"> ・現在の計画では、国内標準案の作成はベトナム側グループ2のリーダーが行い、HUST学内の承認を受けたのちにTCVNへ申請する予定である。 ・国際標準案も、国内案同様に日本側の技術支援を受けながら、ベトナム側グループ2のリーダーにより作成される予定となっている。

成果2：高性能ゴムを開発する。

<科学的達成>

- ・HUSTでタンパク質フリー天然ゴムを調製した。
- ・得られたタンパク質フリー天然ゴムの窒素含有率をケルダール法により定量した結果、0.001 wt%以下であった。

<活動の進捗・達成>

- ・5つの活動は、上記の成果1と同様に、主にHUSTにおける天然ゴム精製装置（脱タンパク処理テストプラント）を設置する場の決定、建設・整備の遅延により、およそ半年から1年の遅れが生じている。2014年1～2月に建設終了予定の脱タンパク処理テストプラント設置場所で機材を設置後は、成果の達成に向けた研究活動がHUSTで本格的に展開される予定である。中間レビュー時点での活動の進捗の詳細は下記のとおり。
- ・活動2-1はベトナムにおいて終了済みである。
- ・活動2-4と2-5の実験では上述のとおり、NUTにて先行している。活動2-2、2-3はHUST敷地内に2014年2月をめどに完成予定の上記の脱タンパク処理テストプラントを建設中であり、本格的な実験はプラントの完成後に開始されることになっている。
- ・今後順調に研究活動が進めば、ベトナムにおける指標2-1の精製天然ゴムの工業的応用への技術プロセスの開発の達成は可能と見込まれる。残りのプロジェクト期間で成果の達成の可能性を高めるために、活動の実施方法やタスクや活動の実施、監理体制等、より具体的な活動の方向性の検討が必要である。

当初に計画された指標に基づく進捗度と今後の達成への見込みは以下のとおりである。

指 標	進捗・見込み
2-1 窒素含有量が 0.01w/w% 以下の精製天然ゴムを工業的に応用するための技術プロセスが開発される。	<ul style="list-style-type: none"> ・日本国内のラボ・スケールでは天然ゴムの精製のターゲット指標（窒素含有量が 0.01w/w%以下）は達成済みであるが、ベトナムにおいて実験はまだ開始されておらず、これからの段階である。 ・HUST において 2014 年 2 月に完成が予定される脱タンパク処理テストプラントに合わせ、機材が配置される予定である（注：中間レビュー時点は、建設終了を待たず機材の一部の組立は開始中であった）。 ・中間レビュー以後は、これらのプラントと機材の活用、日本の技術・知識の移転により、ベトナム内で指標を満たす天然ゴムの精製（指標：窒素含有量が 0.01w/w%以下）は可能と見込まれている。 ・今後計画どおりに必要な活動が進捗すれば、ベトナムにおける、指標 2-1 の精製天然ゴムの工業的応用への技術プロセスの開発の達成は可能性が高い。

成果 3：天然ゴム由来高機能ポリマーが開発される。

<科学的達成>

- ・ナノマトリックスチャンネルを有する高分子電解質膜は、脱タンパク質化天然ゴムへのスチレンのグラフト共重合とクロロスルホン酸を用いたスルホン化により調製した。
- ・ナノマトリックスチャンネルの三次元モルフォロジーは、透過型電子顕微鏡トモグラフィにより観察した。
- ・得られた高分子電解質膜のプロトン伝導度、イオン交換容量、硫黄含有率及び水取込量は、それぞれ 9.8×10^{-2} S/cm、1.41 meq/g、10.2 w/w%及び 66.5 w/w%であった。

<活動の進捗・達成>

- ・成果 3 は新規高機能ポリマー素材の開発をめざすものであり、ベトナムの HUST が所有していない実験機材を利用すること、また先端技術の開発でもあるため、主に日本国内（NUT）で日本側研究者により研究が実施されることが計画されていた。
- ・ベトナムでは高機能ポリマー開発に係るベトナム側 C/P への知識・技術の共有と人材の能力開発を行う予定である。

指標に基づく進捗度と今後の達成への見込みは以下のとおりである。

指 標	進捗・見込み
3-1 プロトン伝導度 0.1 S/cm 以上を示すポリマーが開発される。	<ul style="list-style-type: none"> ・NUT において既に達成済みである（本グループの研究・開発は主に日本国内で実施することを当初から想定していた）。

成果 4：ゴム廃木からのバイオ燃料製造のための技術が開発される。

<科学的達成>

- ・天然ゴム廃木の前処理技術を熱水処理法とアルカリ処理法を用いて確立した。植物バイオマスの糖化をリグニン分解酵素の添加により向上させるため、ラッカーゼ生産性真菌 *Phomopsis sp.* を単離した。*Trichoderma reesei* におけるヘミセルラーゼ（キシラナーゼ）の生産は前処理したゴムの木により向上した。
- ・ゴム工場に由来する集積培養からの選抜により、ゴム分解菌 H2DA3 株を取得した。
- ・同株は *Nocardia farcinica* であると同定され、全ゲノム配列から天然ゴム分解酵素遺伝子をもつことが示唆された。

<活動の進捗・達成>

- ・活動 4-1 と 4-2 はベトナムで用意した材を用い、NUT で前処理技術の評価と最適前処理法の確立を終了済みである。
- ・活動 4-3 から 4-5 は最適分解微生物のスクリーニング方法、分離・保存、前処理済みサンプルでの微生物の分解能力の評価であり、日本・ベトナム両側の分担とプロトコールに従い、それぞれ終了済みである。活動 4-4 の最適分解微生物の分離・保存は生物多様性条約により日本への微生物の持ち込みは不可であるため、ベトナムで酵素の分離、保存を行っている。
- ・活動 4-6 の最適分解微生物の酵素の性質の評価は日本側研究者による既存研究の成果を受け、既に評価済みである。
- ・活動 4-7 から 4-9 はこれからの活動であり、日本・ベトナム側で分担を分けて中間レビュー後に実施を行う。

当初に計画された指標に基づく進捗度と今後の達成への見込みは以下のとおりである。

指標	進捗・見込み
4-1 微生物を利用した分解プロセスが、糖化率 50%以上を達成する。	・中間レビュー時点では当初計画に比して、各活動の進捗や終了は早く、プロジェクト終了期間終了以前に成果が達成される可能性は高い。

成果 5：高度ゴム廃水処理システムが開発される。

<科学的達成>

- ・2種のラボスケールリアクター（BR-UASB-DHS システムと AO-UASB-AFR システム）を開発し、天然ゴム製造廃水処理の実験を行った。
- ・現状のゴム製造廃水処理システムから放出される温室効果ガスの測定方法を確立した。本手法により現状のゴム製造廃水処理システム（開放型嫌気槽）から放出される温室効果ガスを測定し、メタンに加え亜酸化窒素が主要な温室効果ガスであることを明らかにした。
- ・ゴム製造工場の調査やインターンシップ、スタッフのトレーニングと分析手法の共有を通じて人的資源の向上を図った。

<活動の進捗・達成>

- ・活動 5-1 は主に日本側研究者により、ベトナムの 4 カ所のゴム精製工場実験を進行中であ

- る。
- ・活動 5-2 はラボスケールのリアクターの設置で、当初の計画では 2011 年に実施される予定であった。しかしながら、民間企業へ、と当初に想定した機材導入について計画の変更が生じ、結果として 2012 年の予算を用いて HUST へ機材導入がなされた。機材は現在も継続して運転中である。
 - ・グループ 5 の活動の省エネの資源回収型廃水処理では、BR-UASB-DHS（槽式 UASB 反応槽：日本 HUST 式）と AO-UASB-AFR（ベトナム式）の 2 種の技術・システムの比較を実施することとなっている。前者システムは HUST で既に実験が開始されており、後者システムの実験は近々開始予定である。
 - ・活動 5-3 の廃水や汚泥試料の分析方法の確立は終了済みである。
 - ・活動 5-4 は現在継続中であり、今後温暖化ガスの削減量算出を行う予定である。
 - ・活動 5-5 と 5-6 の HUST に設置したラボ機の運転方法の確立と廃水処理性能の把握は、NUT から派遣中の日本人学生を中心に日本・ベトナム側が共同で継続中である。
 - ・活動 5-7 のパイロットスケール・リアクターの設計は終了済みである。活動 5-8 の同リアクターの RRIV への導入については、中間レビュー時点で RRIV において基礎工事が開始されている（準備中）。RRIV への引渡しは 2014 年 2 月頃の予定となっている（2013 年 11 ～ 12 月時点で同リアクターのための分析機器の RRIV への移管について事務処理が行われているところである）。
 - ・活動 5-9 と 5-10 は 5-9 のリアクターの導入・設置完了を受けて、運転の開始は 2014 年 4 月頃の予定である。
 - ・活動 5-11 のリアクター運用の最適化は廃水処理のガイドライン作成を作成中であり、日本側研究者によりドラフトが作成される予定である。
 - ・活動 5-12 の高度ゴム廃水処理システムによる温室効果ガス（GHG）削減効果の評価は、生産現場でのクリーン開発メカニズム（CDM）売買のための廃水量の測定を行うものである。RRIV は 2012 年以来、ホーチミン地域の 2 カ所のゴム精製工場で廃水量の測定を実施中で、そのデータを用いて日本側の NIES のメンバーが他途上国における GHG 削減の評価経験を応用し、ベトナムにおいて実施する予定である。

指標に基づく進捗度と今後の達成への見込みは以下のとおりである。

指 標	進捗・見込み
5-3 天然ゴム精製後のラテックス廃水からのゴム回収率 90%を達成する。	・ほとんどの研究は計画どおりにこれまで進捗してきているため、プロジェクト期間終了までに指標の達成は可能であると予測される。
5-4 残存廃水からのメタン回収率 80%を達成する。	

3-3 プロジェクト目標達成の可能性

プロジェクト目標：天然ゴムの環境にやさしい生産、利用の高度化および用途の拡大を実現する技術に関する HUST と RRIV の能力が向上する。

プロジェクト目標の達成を測る2つの指標のそれぞれの進捗と達成は以下のとおりである。

(1) 学会誌の論文掲載や学会等での発表は当初の計画や想定に比して、下記の表に示すとおり、非常に大きな達成がなされている。

(2) 天然ゴムに関する研究者グループの設立は進行中であり、中間レビュー時点ではその達成が可能かどうかは予測不可能な点もある。

プロジェクト目標のプロジェクト期間中の達成可能性や進捗度の概略は以下のとおりである。

指 標	進捗・見込み
1. 学会誌に論文が掲載される。	<ul style="list-style-type: none"> ・これまでの学会誌への論文寄稿や発表の実績は当初の想定(数)をはるかに上回り、下記のとおりである。(2013年3月までの記録) <u>論文掲載:</u> ・国際: 46 ・国内: 7 <u>学会:</u> ・国際: 18 ・国内: 15 <u>口頭発表:</u> ・国際: 20 ・国内: 88 <u>学会誌等へのポスター展示:</u> ・国際学術誌: 38 ・国内: 54
2. 天然ゴム分科会が既存の学会内に設立される。	<ul style="list-style-type: none"> ・進行中であり、詳細な経過は以下のとおりである。 ・ベトナムの既存の学会(ベトナムの場合、科学学会あるいはベトナム・ゴム協会がこれに相当)に天然ゴムの分科会は設立されていない。 ・当初計画の学会分科会設立の構想に代わり、プロジェクトではこれまでに2度、天然ゴムの評価方法の確立の前提としてTCVNを交えたワークショップを実施した。 ・中間レビュー以降の展開として、天然ゴムの研究者あるいは企業のグループを設立する予定である。天然ゴムの研究者あるいは企業のグループの設立がなされれば、天然ゴムの評価方法の確立はプロジェクト終了までに可能であると予想される。

3-4 プロジェクト実施プロセス

(1) 活動の実施体制と技術移転

<技術移転の方法>

中間レビューまでは、活動と技術移転はほとんどはグループ別の実施されてきている。

日本側研究者が折々のベトナムへの訪問（訪問期間は3～49日間とさまざまであるが、中間レビューまでは概して短期間の訪問が多い）、また主に、ベトナム側研究者がNUTを訪問して研究を行う方法で技術移転や意見交換が実施されてきている（付属資料3に含まれる合同レビュー報告書のAnnex 3並びに4参照）。上記に加え、両国側研究者間では頻りにインターネットによる意思の疎通や意見交換がなされている。

中間レビュー時の聞き取り調査では、ベトナム側研究者は技術移転の方法や意思の疎通の点で、日本側研究者のベトナム滞在は研究目的を満たすためにこれまでよりも長期になされる方が理想、その反面、より長めのベトナム滞在の制約も理解しており、日本側による技術移転に基本的に満足との返答であった。

<研究・開発活動へのベトナム側の参加状況>

中間レビューでのベトナム側C/Pへの聞き取りではSATREPSの活動の参加は、ベトナム側研究者にとり、HUSTで抱える通常業務への追加的なタスクとの意見が出された。そのためか、中間レビュー時の観察では、ベトナム側研究者のなかには活動の参加に対してやや消極的なメンバーもいるとの印象を受けた。ベトナム側研究者や研究助手が、SATREPSにかかわることはHUSTでの業務の一部であると確固に認識され、C/Pがより高い活動の参加への動機づけをもつよう方策を講ずることが望ましい。

(2) モニタリング

<プロジェクト・モニタリングの方法>

以下の1)から3)の3つの方法により、利害関係者間の意思疎通やプロジェクトの進捗監理が実施されている。

1) 合同調整委員会 (JCC)

・JCCでは主にプロジェクト活動の進捗と課題等の意見交換や合意を行う。これまでに3回(2011年8月、2012年2月、8月)、開催された(付属資料3に含まれる合同レビュー報告書のAnnex 10参照)。

2) 年間活動報告書は日本側により和文で作成され、JSTとJICAへ提出されている。

3) プロジェクト・ディレクター、プロジェクト・マネジャーと調整員による月例会議

中間レビュー時に、HUSTのPMU(HUSTでプロジェクト予算の計画や管理を担当する部署)から本プロジェクトの各グループの技術面での活動でHUST側とプロジェクトの間で十分に認知や連絡が取られていない、また、ベトナム側のMOETへの本プロジェクトに係る進捗の報告や意思の疎通は十分ではないとの様子がうかがえた(一例として、RRIVへの供与機材の引き渡しに係る処理やその結果としての実験開始の遅延、HUSTにおけるプロジェクト予算の計画・執行に関し、十分に意思の疎通が図られていないなどの事例がうかがえた)。プロジェクトの後半期間では意思の疎通の頻度(例、進捗の報告)を高める方策を講じて、ベトナム内の利害関係機関・者間の情報共有が図られるべきである。

また中間レビュー時点までに、意思の疎通のためのツールとなりプロジェクトの進捗を示した英語による文書や報告書はなく、ベトナム側との進捗等の情報共有のツールや記録となるべき英語での文書は不足している。できれば、グループ別にベトナム側研究者が四半期あるいは半期ごとの定期的な英語での進捗報告書の作成を行うなど、ベトナムにおける利害関

係機関・者も情報を共有する方策が講じられるべきである。この英文による報告書では、研究活動の内容・結果、活動計画（PO）に即したプロジェクトの進捗の確認等も記載されることが望ましい。

<ベトナム側研究者の参加状況>

中間レビュー時点までは、ベトナム C/P による日本での研究活動は計画どおり実施されてきた。中間レビュー直後からベトナムにおける機材配置もおおむね終了し、本格的なラボあるいはパイロット・スケールの実験を行うことが可能となる。これによりベトナム側研究者がより積極的にプロジェクト活動へ参加する機会が増えることが期待される。

第4章 評価結果

評価5項目による評価結果は下記の整理のとおり。その評定は、高い順から「高い」、「やや高い」、「中程度」、「やや低い」、「低い」である。

4-1 妥当性：高い。

下記の理由により本プロジェクト実施の妥当性は高い。

<必要性>

ベトナムにおいて天然ゴムとその産業に関する技術の確立と高度化を推進する政策（国家天然ゴム開発計画 2015～2020年）や分野ニーズを満たす点から、プロジェクトの必要性は高い。ベトナムの天然ゴムの生産は近年急速な伸びを示しており、プロジェクトが品質の付加価値化や精製過程で生じる廃木と廃水の処理の改善に資することが期待されている。

同時に、プロジェクトの内容は、日本の対ベトナムの国別援助方針（2012）の優先事項である「経済成長と国際競争力の促進」、「気候変動のリスク軽減のための環境対策」との一貫性が保たれている。

<アプローチの適切性>

・ターゲットグループの選定

HUSTとRRIVをC/P機関としての選定は、以下の理由により妥当性が高いと判断される。HUSTはベトナムの科学技術の研究・振興を専門とする学術機関であり、プロジェクト開始以前からNUTと共同研究や研究者の交流等が行われていた。

またRRIVは天然ゴム研究を専門とする研究機関で、同国の天然ゴムの品質保証に係る承認を行う機関でもある。特にグループ5の活動に関してRRIVの敷地内に廃水処理のパイロットスケール・リアクターの設置への基礎工事が進んでいるなど、今後もRRIVは適切に実験を遂行する能力や意欲を備えている。

・日本の技術の優位性

NUTは天然ゴム精製と産業での利用に関する研究において世界的な評価を得ており、またグループ4と5の活動であるゴム廃木成分分解菌・酵素開発の分野でも、先進的研究の実績と蓄積を有している。さらに、他の協力研究機関より参加している研究者は天然ゴム処理に関するGHGの測定等について豊富な経験を有しており、本プロジェクトでの日本の技術の優位性が発揮される可能性は高い。

4-2 有効性（予測）：中程度からやや高いと予測される。

<プロジェクト目標達成の見込み>

中間レビューの時点で、プロジェクト目標達成を測る2つの指標の1つである「学会誌での論文の掲載」は当初の計画や予想を上回る成果を得ている。もう1つの指標である「天然ゴム分科会の設立」はベトナムにおける天然ゴムの品質の評価基準の設定で基礎となる事項であり、中間レビュー後の活動が今後順調に実施されれば、プロジェクト期間終了までに達成される可能性は高いと見込まれる。

<成果とプロジェクト目標の因果関係>

機材配置の遅延等の理由により、ベトナムでの本格的な実験開始は半年から1年の遅れが生じているが、それ以外の当初に計画された日本での研究活動や実験はおおむね順調に進められている。中間レビューまでの遅延を取り戻し、今後の期間で計画した成果や目標を達成するためには、今後はベトナムでの活動を活性化し、早めていく必要がある。

<成果からプロジェクト目標への外部条件の変化等>

日本側、ベトナム側ともに研究者の変更はほとんど生じていない。ベトナム側の活動に係る予算、とりわけ実験に必要な消耗材の費用と必要な人員を確保することが望ましい。

4-3 効率性：中間レビュー時点では効率性は中程度と判断される。

<成果の達成状況・活動と成果の因果関係>

概して、成果を達成するための活動はおおむね順調に実施されてきている。中間レビュー後はベトナムでの供与機材設置の終了と運転環境も整い、研究活動は本格化されていくであろう。

<投入の状況：タイミング、質・量>

ベトナムへ派遣されてきた日本側研究者の専門性、人数は十分であるものの、これまではグループによっては1回の派遣期間が短い、時間を十分に配分できていないなどの様子から、ベトナムでの活動で技術移転が十分に発揮されているかどうかは不確実な面がある。日本側研究者のベトナムでのより長期的な時間配分や人数の配置が行われることが望ましい。

またプロジェクト調整員がプロジェクト全体の進捗を管理し、より円滑で効率性が高いプロジェクト実施が行われるよう、調整の役割を更に増していくことが望まれる。

4-4 インパクト（見込み）：インパクトの予想が可能な点もいくつかはあるものの、その達成可能性の判断にはまだ時間が必要である。

プロジェクト目標が達成された場合、科学的な前進、技術移転や産業界での応用などに資することが期待される。また中間レビューの時点で53論文が学会誌に発表されているなど、大きなインパクトを生みだしている。日本並びにベトナムで天然ゴムの精製や処理にかかわる複数の企業が本プロジェクトでの研究・開発の成果に関心をもっていることから、産業界での応用等の将来のインパクトも期待されるが、同時に天然ゴムの品質の新たな評価基準の構築については、中間レビュー以降に行われるべきタスクは多く、これらのプロセスが計画どおり確実に実施されるよう留意する必要がある。

<波及効果、自立発展性への可能性等>

プロジェクトは若手研究者、特に日本側研究者が、天然ゴム生産国での研究や実践で貴重な経験を得る機会となっている。また、中間レビューの聞き取り調査でベトナム側から指摘されたとおり、天然ゴムに関する研究や知識の国際レベルの交流、またベトナム内の天然ゴム処理に係る関連企業の交流を促す点でも有効である。

4-5 自立発展性（見込み）：中程度と見込まれる。

プロジェクトによる成果や効果が継続される可能性は中程度と見込まれるが、プロジェクトの後半期にプロジェクト実施体制についていくつかの改善が行われるべき点もある。

<政策面>

- ・ベトナムの「国家天然ゴム開発計画 2015～2020」によれば、ベトナムは天然ゴムの生産量の増大、質の向上と付加価値化を進める計画があり、今後も天然ゴムの研究・開発に対する政策は変わらず続いていくと予想される。

<技術面>

- ・技術移転の受容性

中間レビュー時のベトナム側 C/P への聞き取り調査結果では、日本側研究者からベトナム側 C/P への技術移転の満足度はおおむね高いとの返答であった。ベトナム側の自立発展性を高めるために、中間レビュー時点以降は技術移転の内容や範囲を広げ、供与機材の運用と維持管理の強化への支援も行っていく必要がある。

<組織・財政面>

- ・HUST 側の経費負担により実験室の改修や整備がなされた例からも、ベトナム側、特に HUST のプロジェクトの実施に関するオーナーシップの意識は高い。本プロジェクトの将来の目標はベトナムにおける環境付加の軽減を指すものであり、HUST が今後もオーナーシップの意識を持続する可能性も高い。
- ・供与機材の維持管理については、とりわけ NMR のような高額機材に関し、HUST が早急に機材運用・維持管理と必要な維持管理費用の調達の方法について詳細な計画や方法を明らかにすることが望まれる。

4-6 効果発現に貢献した要因

- ・HUST-NUT 間ではプロジェクト開始以前から学術・共同研究の交流関係が構築されていた。
(注：これは優位点であると同時に、研究のグループによっては計画策定や各活動の進行を行ううえで、日本・ベトナム側とも役割分担あるいは作業進行の手順等が各グループの意思決定者間で十分に検討されないまま中間レビューまでの活動が進行する結果となった。)

4-7 問題点及び問題を惹起した要因

- ・プロジェクト計画の策定、特に PO の作成の段階で一部のグループ活動での分担や実施可能性の検証は十分ではなかった面がある。中間レビューでは、成果や目標の達成に向け日本側、ベトナム側研究が合同でグループ別の各 PO の詳細な見直しを行い、PO の修正案の作成と時間枠を含めた詳細活動計画（Time-Bound Action Plan）の作成を行った。
- ・計画段階で、ベトナム側の負担による設立が計画されていた HUST 内の天然ゴム研究センターの構想についてはベトナムの経済危機を受け中止となった。同センターの構想の内容の精査と設立の実現可能性の検討は十分ではなかったといえる。中止をうけ、当初に計画していた HUST 内の供与機材の設置場所の変更、代替案としての HUST 内の 6 カ所の既存設備を

実験室への改修や、脱タンパク処理等の実験室の設置場所決定までの紆余曲折などを理由に機材配置の遅延が生じ、ベトナムでの実験活動の本格的な開始が遅れる結果となった。

- ベトナム側の研究者の配置：2013年11～12月の中間レビュー時に、ベトナム側研究開発の本格化に備え、ベトナム側C/Pの数が増加された。中間レビュー以前にはベトナム側参加メンバー、特にグループ1～3は、人数が2～3名と限られていたため、実験の実施やその成果の発現には不安要因があったが、C/Pの人数が増加され、そのリスクの軽減への改善がなされた。

第5章 まとめ

5-1 調査結果概要

本中間レビュー調査における情報収集や検証の結果、評価調査団はプロジェクトの活動はおおむね計画に従って進捗しており、当初に計画された成果やプロジェクト目標の達成に向けた努力がなされていることを確認した。

一方で、残りの約2年間のプロジェクト期間で、プロジェクトの成果や目標への達成の可能性をより高く、確実なものとするために、プロジェクトの進捗管理、ベトナム側 C/P の研究活動への参加の促進と将来の自立発展性を高めるための方策など、再検討がなされるべきあるいは改善を講じることが望ましい点があるところも確認された。

その他、今次調査では、アクションプランの作成による進捗モニタリング強化、ベトナムにおける研究環境の整備がなされたのちの活動の加速化、さらにはプロジェクト終了後の供与機材の維持管理の継続と社会実装に向けて必要な活動があることを調査団として指摘し、プロジェクト関係者の合意を得た。また HUST、RRIV の研究実施体制、予算配分状況の問題点、スタッフのプロジェクト活動にかかわる参画状況等を確認した。

5-2 提言

(1) プロジェクト進捗の確認

現在まで各グループともに多少の遅れはあるがおおむね研究計画どおりに実施してきた。ただし、これまでは（当初より予定されていた計画ではあるが）、日本の NUT で主として研究業務を実施してきた。あわせて、HUST における研究施設の整備を行ってきた。

半年から10カ月程度の遅れはあったものの、2013年度中には供与機材の輸出がほぼ完了し、成果1～3関連で「核磁気共鳴（NMR）法装置」と「天然ゴム精製テストプラント」が HUST に整備される。また成果5関連では、廃水処理性能を実験する「パイロットスケール・リアクター」が RRIV に整備される（MOET から RRIV への機材移管手続きも完了されたことを確認した）。今後は、これらの供与機材を活用し、ベトナムにおいて日本・ベトナム側との双方の共同研究の推進により重心が置かれることが重要となる。

そのため、今後の研究活動計画をグループ活動間で横断的に共有するために、各研究グループで PO とは異なる形で実施事項の詳細化及び、実施責任者の設定、実施期間を書いた詳細活動計画（Time-Bound Action Plan）の作成を提言し、本調査最終日に行われた JCC のミニッツ（M/M）の添付文書とした。また、このプランに基づき進捗を定期的に確認し、プロジェクトディレクターの Dr. Top HUST 副学長にも随時共有し、プロジェクト進捗のモニタリングを行っていく体制を提言した。

(2) プロジェクトの広報活動の強化

本プロジェクトで得られる成果を、社会実装につなげていくためのシナリオについて関係者と協議した。ベトナムの天然ゴムの生産量・輸出量が増加傾向にある現状において、本プロジェクトの意義が、確実に天然ゴム産業に理解され成果が浸透していくことはきわめて重要である。

HUST 並びに RRIV は既に天然ゴム産業界とは強い連携関係をもっているため、これを活

用し、本プロジェクトの活動期間中からセミナー、ワークショップ等の場で天然ゴム産業界に対し積極的に情報提供をしている。今後も、社会実装の道筋の明確化、並びにプロジェクトで導入した機材の有効活用を図るため、研究成果を学内、学外問わずアピールしていくことが重要であることを確認した。既にプロジェクトで開催したベトナム企業向けのワークショップを通じて、ベトナムゴムグループ（Vietnam Rubber Group：VRG）傘下のさまざまなベトナム企業が、天然ゴム製造に関心を有していることが確認されているものの、今回調査で確認したところ、まだ限定された企業にとどまっていること、関心をもっている企業もコストの課題があることを指摘していた。そのため、研究成果の意義・価値の広報を行い、更なる関心を呼び込んでいくことが重要である。

（３）機材維持管理について

今回のプロジェクトでは、NMR といった高額な機材が供与されている。この NMR の使用には、液体窒素、液体ヘリウムといった高額な維持管理用の液体ガスが必要である。今回の中間レビューの機会に、これらの機材の維持管理については、HUST がまず一義的な責任を有することを確認、そのうえで、維持管理に向けた具体的な方法について、双方で協力しながら次回の JCC までに検討していくこととした。

依然として、プロジェクト終了後の維持管理体制の強化（財政面含めて）は不可欠である。企業等の学外関係者による HUST 機材使用は問題ないとのことでもあり、そうした方法も含めて、幅広く活用方法の検討を行っていくことが重要である。

（４）ベトナム側の研究実施体制

・ RRIV

本調査団の視察時のヒアリングでは、約 160 名のスタッフのうち 30 名が研究に従事し、うち 10 名が Rubber Technique Center（RTC）に配置されている（RTC は先進的技術の研究部署であり、RRIV のなかでも特に選別された研究者 10 名によるグループ）。RRIV での主要な C/P である Dr. Bich もこの RTC 配属の研究者である。RTC は 3 つの研究分野（プロセス、製造、排水）を有し、プロセス分野では脱タンパク技術の研究も行っているとのこと。

RRIV は、現在グループ 5 の活動にのみ明確に関係しているが、グループ 1～3 の活動においても重要と考えられ、より一層の RRIV との連携強化を提言している。RRIV は TCVN 品質規格のテクニカルコミッティ 45（ゴム分野）のメンバーとして、出願された規格案の技術的妥当性、国際標準化機構（ISO）との整合性等の検討を行っている。この点においてグループ 1 の今後の規格化の動きにおいて戦略的により重要となると考えられる。

・ HUST、MOET

HUST 及び MOET に対しては、今後の研究活動の加速化に向けて更なる人員の要求及びプロジェクトコストの検討について依頼を行った。

HUST 副学長からは、新規の雇用は定数の関係で難しいが、他のセンターからの人員の異動といったことは検討可能であるとの回答を得た。また MOET からは、プロジェクトフェーズの検討を前向きに行いたいとの回答を得た。これらの事項は M/M に記載した。

(5) 調整員の役割について

今後は、プロジェクト活動が HUST を中心に本格的に行われていく。そのため、日本側研究者のベトナムでの滞在が増えるほか、広報活動の強化も必要とされ、現地の業務調整員の役割がますます重要になっていく。先方からも、調整者の役割の重要性の指摘があったところ、JICA ベトナム事務所との情報共有の窓口でもあり、担当部としても調整員との情報共有を更に強化していくべきと思料される。

付 属 資 料

1. JST 中間評価報告書（公開書類）
2. 主要面談者リスト
3. ミニッツ（M/M）（含む合同レビュー報告書）
4. 評価グリッド（和文）

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

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」（国際共同研究期間：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。

4. 評価結果

総合評価 A（所期の計画と同等の取組みが行われている）

研究面では 5 つのサブグループのいずれにおいても、内容的には当初計画通りか、それを上回る成果を上げており、最終的に大きな成果があがるものと期待される。特に脱タンパク質による高性能天然ゴムの開発において大きな成果を上げており、これは世界トップレベルの研究と評価される。

ただし工程について見ると、ベトナムにおける施設建設とそれに伴う機材整備の一部に遅れが見られ、本来ベトナムで実施すべき研究を日本で行うことで進捗を確保している点にやや問題があるともいえる。

また新規天然ゴム評価法の国際標準化を推進するため、特にベトナム側については一層のリーダーシップの発揮と研究体制の強化が望まれる。

今後、施設整備の遅れを取り戻し、ベトナムにおける実システムでの実証研究を遂行し、早期に評価を実施することにより、当初計画どおり目標が達成されることを期待する。

4-1. 国際共同研究の進捗状況について

研究はおおむね当初の計画どおり順調に進捗している。天然ゴムの脱タンパク質精製技術の改良のように、一部は非常にレベルの高い研究がなされており、計画を上回る成果を上げている。国内外の類似研究と比較しても科学的・技術的インパクトが大きく、国際的にも高く評価されるものである。天然ゴムの高性能化、高機能化による用途の拡大は、合成ゴム生産にともなって発生する膨大な温室効果ガスの削減に寄与するとともに、東南アジアの天然ゴム生産国の経済発展に貢献することが見込まれる。

長岡技術科学大学を中心とする本研究グループは、本プロジェクトに関連する研究分野において世界的にも最先端の研究実績を有しており、本プロジェクトで開発を目指す新たな天然ゴム評価法は、ベトナムの標準になるとともに、将来は国際標準へと発展することが期待される。

一方で、輸入免税手続き等に起因する機材整備の遅れや関係者間の調整不足から、一部の研究進捗にやや遅れが見られる。また本来ベトナムで実施すべき研究がベトナム人研究者を日本に招へいして、日本において日本人研究者を中心に実施された。そのため研究の進行に大きな影響を与えるには至っていないが、ベトナム側研究者の研究能力の向上と人材育成という意味では負の効果であったと判断される。

施設建設および機材整備を早急に完了させ、これまでの遅れを取り戻し、ベトナム側研究者によってそれらが十分に有効活用され、高レベルの実証研究が円滑に遂行されることが望まれる。

また現在検討されている、日本・ベトナム両国の研究者が参画した天然ゴム研究センターの設立が実現されれば新たな展開として評価できる。

4-2. 国際共同研究の実施体制について

日本側研究代表者のリーダーシップは高く評価されるものの、各サブグループがやや独立に活動している感がある。全体をどのように統合してプロジェクト全体の成果とするのかが、後半の課題である。

ベトナム側の研究体制は現時点では必ずしも十分には統制されていない。特にサブグループ1、2、3においてはベトナム側研究者の貢献が希薄であると見受けられる。

またベトナム側の管理体制は、当初の計画と比較すれば良い体制になっているものの、依然やや弱体との印象である。ベトナム政府への働きかけの強化やベトナムゴム研究所の参画をより組織的なものにすべきと思われる。中間評価現地調査の際に、プロジェクトダイレクターのトップ副学長のもと、定期的に研究進捗を報告・モニタリングすることが提案されており、今後は効果的・効率的な研究運営がなされることが期待される。

4-3. 科学技術の発展と今後の研究について

天然ゴム研究分野の競争は厳しく予断を許さないが、これまでの研究を見る限り、天然ゴムの脱タンパク質精製技術の改善、新規高機能ポリマーの開発等に優位性のある大きな成果が得られている。またバイオ燃料生産技術の開発、資源回収型廃水処理技術の開発等

においても世界トップレベルの成果が上がっていると評価され、今後大きな成果が期待できる。

脱タンパク質精製技術は、特に国際的なインパクトが大きいと考えられる。また本プロジェクトで開発される天然ゴム評価法をベトナムの標準にするとともに、国際標準にすることが重要である。国際標準化と研究成果のアジアへの波及のため、国際的なリーダーシップをとるべく、マレーシアやタイといった他の天然ゴム産出大国との連携が進められていることは評価できる。今後、研究交流・人的交流のさらなる発展が望まれる。

進捗の遅れ等を解消する努力はなされており、遅滞している施設整備がすべて完成すれば、予定通りの成果が得られると期待する。今後は導入した機材による試験研究が十分な期間行えるかどうかが鍵となる。バイオ燃料生産技術の開発においては、微生物資源の取り扱いに細心の注意を払うことが求められる。

また各成果をどこまで社会実装できるかが、プロジェクト後半の大きな課題である。“社会実装への道筋”をより具体化し、それぞれの社会実装目標を実現することが期待される。そのうえで各サブグループの成果をプロジェクト全体として統合することにも配慮された。

日本人若手研究者の育成に関しては、プロジェクト終了後の研究の発展をリードする人材が育っている。特にサブグループ4、5において大学院生やポスドク研究員といった日本人若手人材を積極的にベトナムに派遣している。本プロジェクトで雇用されていたポスドク研究員が日本のゴム関連企業に就職する等、プロジェクトが良いキャリア・パスとしてはたらいっている点も評価できる。プロジェクトを通じて6名の博士を育成するという目標を含め、引き続きグローバル化に対応した日本人材の育成に取り組んでいくことが期待される。

4-4. 持続的研究活動等への貢献の見込みについて

天然ゴム研究センター構想においては、建屋の新設が中止され、バーチャルな組織へと計画が変更された。活発な研究センターとなるかは今後の活動にかかっており、今後ベトナム政府への働きかけをよりいっそう積極的に行っていく必要があると思われる。

またベトナムゴム研究所が JCC の公式な署名者に追加されたことよって、ベトナムゴム関連企業への研究成果の波及の道筋がついた。これにより成果が持続的に発展していくことが期待される。

ベトナムからの留学生の受入れや博士育成等は順調に進んでいるものの、これまでサブグループによってはベトナム側研究者の関与が十分とはいえなかった。この点は今後の課題である。

4-5. 今後の課題・研究者に対する要望事項

機材の輸入免税手続きの遅れがベトナムでの施設建設、機材整備等の遅れの一因とのこ

とであるが、これらがプロジェクト全体への障害とならないよう、今後の計画と対策を明確にしたうえで善処されたい。

今後の課題となってくる天然ゴム評価方法の国際標準化に向けては、マイルストーンを設けて活動計画を明確化する必要がある。

バイオ燃料の生産に関しては、ゴム材のカスケード利用等を意識した研究開発の方向性も必要ではないかと思われる。なお微生物資源の取り扱いに関わる問題が生じないようあらためて確認頂きたい。

プロジェクト全体としては、高機能ポリマーの開発、バイオ燃料生産技術の開発、資源回収型廃水処理技術の開発等の技術を含むプロジェクト全体のアウトプットの統合化を期待している。そのうえで天然ゴム製造・消費サイクル・システム全体の LCA 評価を実施することが必要であろう。

研究成果の社会実装にあたっては、ベトナム側カウンターパートと協力しながら、より具体的な実装化プロセスを描き、実現に向けて努力頂きたい。ベトナム側の管理体制の強化、ベトナムゴム研究所の組織的参画、ベトナム政府への働きかけの強化といったベトナム側の研究体制強化が重要であり、ベトナム側研究者の育成が今後の鍵となるであろう。

知的財産権の取得にも積極的に取り組んで頂きたい。

以上

図1 成果目標シートと達成状況 (2013年12月時点)

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採択(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性化
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"> 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6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(TCVN)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"> ビュー付き学術誌への成果公表(累計51件) 分解微生物探索マニュアル

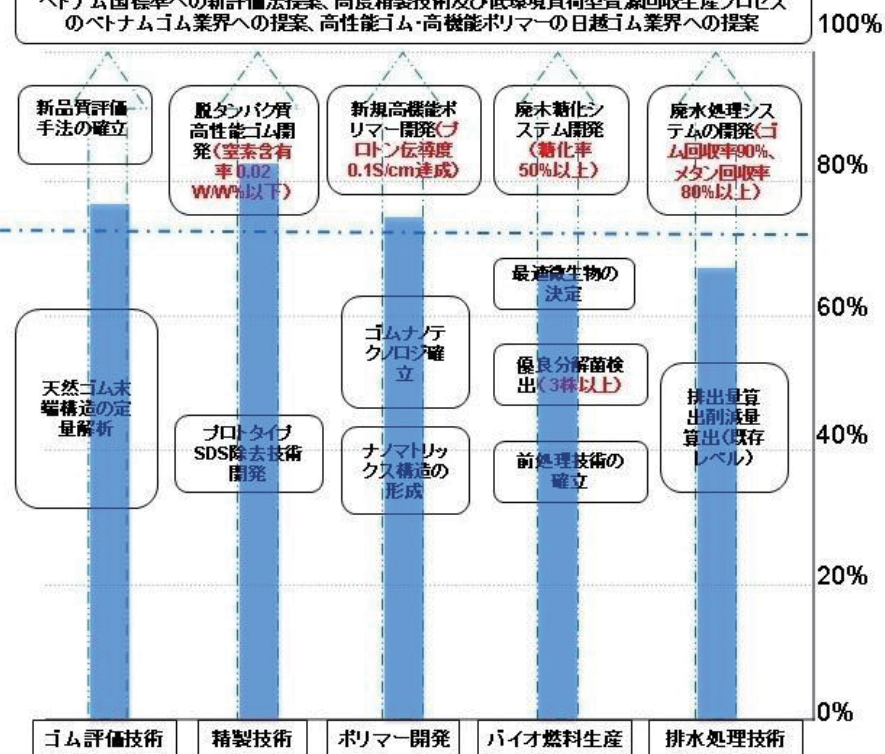
上位目標

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5億円削減する。

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



2. 主要面談者リスト

ハノイ工科大学 (HUST)

Tran Van Top	Project Director, Vice President, Associate Professor
Phan Trung Nghia	Project Manager, Lecturer
Bui Chuong	Associate Professor, Director of Polymer Centre
Huynh Trung Hai	Associate Professor, Dean of School of Environmental Science and Technology
La Ngoc Diem,	Deputy Director, Project Management Unit
Nguyen Lan Huong	Associate Professor
Nguyen Minh Tan	Lecturer
To Kim Anh	Associate Professor, Dean of School of Biotechnology and Food Technology
Tran Le Minh	Lecturer
Tran Thi Thuy	Lecturer
Trịnh Xuân Anh	Lecturer

ベトナム標準・計量・品質総局 (TCVN)

Ngo Thị Ngọc Hà	Deputy Director
Bui Ngọc Bích	Deputy Head, Methodology Division
Trần Thị Thanh Xuân	Chemistry, Construction, Petroleum and Mining Division

ベトナム・ゴム研究所 (RRIV)

Nguyen Ngọc Bích	Director, Rubber Technology Center
------------------	------------------------------------

長岡技術科学大学

福田 雅夫	工学部教授
飯島 想	研究員 (前業務調整員)
小笠原 涉	工学部准教授
河原 成元	工学部准教授
幡本将史	工学部助教
山口 隆司	工学部教授

教育訓練省 (MOET)

Tran Viet Phuong	ODA Management Division, Department of Finance and Planning
------------------	---

計画投資省 (MPI)

Nguyen Hoang Lin	Head, Japanese Division, Foreign Economic Relations Department
------------------	--