地球規模課題対応国際科学技術協力

（環境・エネルギー分野「地球規模の環境問題の解決に資する研究」領域）

「天然ゴムを用いる炭素循環システムの構築」

（ベトナム社会主義共和国）

平成 25 年度実施報告書

代表者：福田　雅夫

長岡技術科学大学　教授

＜平成 22 度採択＞

1. プロジェクト全体の実施の概要

本プロジェクトは、ベトナムにおける天然ゴムの急速な生産拡大と地球温暖化対策を背景に、ベトナムで実装できる天然ゴムの脱タンパク高度精製技術とナノテクノロジーを核とする天然ゴムの利用高度化と用途拡大を実現する技術、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側と共同で開発することを目的とする。この技術開発により、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、先進廃水処理技術及び次世代バイオ燃料生産技術により廃水等からの温室効果ガス放出を防止してエネルギー生産を行い、地球温暖化・気候変動緩和に貢献する。さらに、天然ゴムにかか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る。

本格開始に至った平成 23 年度は、天然ゴムの個体 NMR 測定、低タンパク質天然ゴム調製、ナノマトリックス構造形成、廃木の前処理技術と分解微生物スクリーニング法の確立、天然ゴム製造廃水の分析法の確立と現状調査、ラボスケール廃水処理実験で成果を上げた。また、8 月に内外の関連研究者を集めたキックオフシンポジウムをハノイ工科大学(HUST)にて盛大に開催した。

平成 24 年度は、ベトナム新鮮天然ゴムの固体 NMR 測定、タンパク質非含有天然ゴム調製、3 次元ナノネットワークを有するナノマトリックス構造形成、スクリーニングによる廃木及び天然ゴムの分解微生物の取得、天然ゴム製造廃水の現状調査、現地でのラボスケール廃水処理実験の設備設置と運転などで成果を上げて、ほぼ当初計画に沿った進捗を達成した。当初計画していたゴム研究センター設置が取り止めになったが、NMR 及び天然ゴム精製テストプラントの設置場所がそれぞれ確保された。また、8 月に関連研究者を集めた研究ワークショップとベトナム標準化委員会(TCVN)及びゴム企業の幹部等を集めた天然ゴム精製技術標準化の集会を開催した。更に 1 月には、ホーチミンのベトナムゴム研究所(RRIV)にて中川正春文部科学大臣一行の視察を受けた。

平成 25 年度は、二次元 NMR による天然ゴムの末端基の構造解析、HUST における天然ゴム精製技術の移転、精製ゴムからの新たな高機能ポリマーの開発、優良廃木成分分解菌の単離、廃水分析方法の確立、現行廃水処理システムの温室効果ガス調査、廃水処理ラボスケールリアクターの設置と性能把握など、多くの成果が得られた。更に、HUST への NMR 設置、RRIV へのパイロットスケールリアクター設置を行い、8 月には、昨年度と同様に研究ワークショップと天然ゴム精製技術標準化の集会を開催した。また、JST 及び JICA による中間評価を受け、順調な進捗を評価していただく一方で、研究管理に関わる改善を実施した。

2. 研究グループ別の実施内容

(1) 新規天然ゴム評価法の開発

①研究のねらい

天然ゴムの末端構造とタイヤ性能には相関があり、新開発の磁場勾配固体 NMR プローブにより末端構造の解明が可能になる。この末端構造の解析技術を確立し、工業原料として品質を合理的に等級化できる新規天然ゴム評価法の開発する(図1)。特に後述の脱タンパク質精製天然ゴムの価値を正当に評価するために重要な評価法となる。開発する新規天然ゴム評価法はベトナム国の標準評価法として標準化し、将来的には国際標準とすることを目指す。

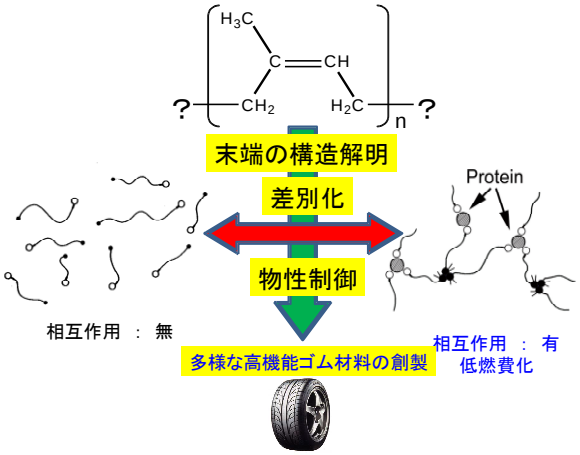

図1 天然ゴムの末端構造の解明

②研究実施方法

ベトナム新鮮天然ゴムおよびベトナム市販天然ゴムについて磁場勾配マジック角回転プローブを用いて固体 NMR 測定によるシグナルを帰属し、末端構造と物性との関係に基づく新しい標準の策定をめざしている。新鮮天然ゴムおよび市販天然ゴムについて、新しい標準にかかわるラウンドロビン方式試験を民間企業の協力を得て実施し、その妥当性を検証する。新しい標準に基づくベトナム国内標準案を標準化委員会へ提出し、さらに国際標準案を作成する。

③当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

長岡技術科学大学で開発した磁場勾配マジック角回転プローブを用い、当初計画であったベトナム新鮮天然ゴムの固体 NMR 測定を実施した。得られたシグナルの帰属をおこない、市販天然ゴムとの違いや末端基に由来するシグナルの解析を達成した。当初計画通りに進捗している。また、設置場所の確保や免税手続きの停滞で遅れていた HUST への NMR の設置導入も完了し、平成 26 年 3 月 10 日、11 日にハノイ工科大の研究者に対して NMR の原理および使用法に関する講義を開催した。更に、ベトナム国の標準化委員会メンバーとゴム会社の関係者を招いたワークショップも2回開催し、ベトナム国内標準に向けた準備を前倒しで進めている。

図2 Nguyen Thu Ha 講師

④カウンターパートへの技術移転の状況(日本側および相手国側と相互に交換された技術情報を含む)

来日した相手国側 Nghia 講師に、磁場勾配マジック角回転プローブを用いた固体 NMR 測定についての研修を実施した。また、平成 24 年 9 月にハノイ工科大講師の Nguyen Thu Ha 講師(図 2)を長岡技術科学大学材料工学専攻博士後期課程の学生として受け入れた。NMR による天然物のキャラクタリゼーションをテーマとすることにより固体 NMR 測定の教育を行っている。2013 年 NMR 研究会で Nguyen Thu Ha 氏が若手優秀ポスター賞を受賞したことは、技術移

図3 若手優秀ポスター賞

転の成果の一つと考えている。(図 3)

⑤当初計画では想定されていなかった新たな展開があった場合、その内容と展開状況(あれば)

当初、NMR の設置場所として計画されていた天然ゴム研究センターの設置が取り止めになり、更に教育訓練省が建物の新設を認めないため NMR 装置導入の見通しが立たない事態となった。しかし、HUST 側の努力により既存の建物の 1 階にあった駐輪場を廃止して設置場所を確保され、平成 25 年 12 月に NMR が設置された。(図 4)

図 4 HUST に設置された NMR

(2) 高性能ゴムの開発

① 研究のねらい

天然ゴムの脱タンパク質精製技術を改良してより高度精製技術を確立する。また天然ゴムを高純度精製してモノマー共重合とナノ相分離構造の制御を施し、制振性に優れたナノマトリックス構造を有する高性能ゴム(図 5)を開発する。高性能ゴムの開発で、天然ゴムの使用量抑制と合成ゴムの天然ゴムへの転換を図る。

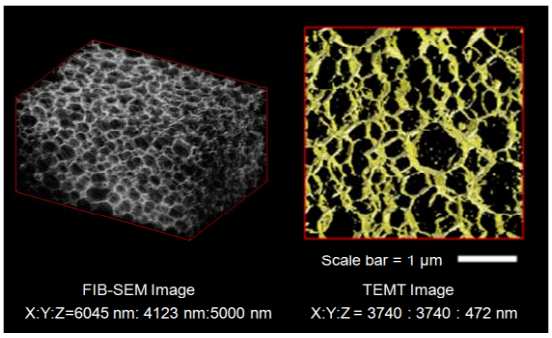

図5 ナノマトリックス構造の 3 次元イメージ

②研究実施方法

ベトナムにおいてラボスケールでのタンパク質非含有天然ゴム調製実験をおこなうため、現地に天然ゴム精製装置(テストプラント)を設置する。テストプラントを用いてタンパク質非含有天然ゴムの試験調製を実施し、条件検討を行う。テストプラントを用いて試験調製したタンパク質非含有天然ゴムのプロトタイプ試料について物性測定を実施する。

③当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

ベトナムでのタンパク質非含有天然ゴムの調製に成功した。また、平成 25 年度に計画している天然ゴム精製装置テストプラントに関わる調査と設計を実施した。当初の計画通り進捗している。

脱タンパク質精製技術を改良して窒素の含有量を 0.02 w/w%以下に抑えた高度精製天然ゴムを調製する技術を確立するとともに、ベトナム国に脱タンパク質精製技術を導入することが当初の計画である。

脱タンパク質精製技術を改良では、脂質を除去する工程の追加によりタンパク含量が 0.001%を下回る超高度精製技術の開発に成功した。これにより、到達目標の 0.02 w/w%以下を既に達成した。脱タンパク質精製技術のベトナムへの導入では、HUST においてラボスケールでの脱タンパク質精製天然ゴムの調製に成功した。また、脱タンパク質精製技術のベトナム社会への導入を促すため、HUST に天然ゴム精製テストプラントの設置を開始した。テストプラントの設置は今春に完了する予定である。しかし、脱タンパク精製技術が飛躍的に改良されたことにより、当初の目標値を上回った成果が期待できる。

図６ 脱タンパク質天然ゴムのラボスケール調製

④カウンターパートへの技術移転の状況(日本側および相手国側と相互に交換された技術情報を含む)

ハノイ工科大にて Thu Ha Nguyen 講師および Tran Thi Mai 研究員と共にタンパク質非含有天然ゴムを調製し、調製方法および分析方法に関する技術移転を行った。(図 6)

⑤当初計画では想定されていなかった新たな展開があった場合、その内容と展開状況(あれば)

当初、ベトナムのゴム会社による天然ゴム精製装置の自主的な設置を期待していたが、資金的な余裕のある企業がなかなか出てこないため、プロジェクト予算で天然ゴム精製テストプラントを HUST に設置することとした。HUST 側メンバーの努力により設置場所が HUST 敷地内に確保された (図 7)。既に建物の改修工事は完了し、テストプラントの設置が開始された。今春の設置完了を見込んでいる。

図 7　テストプラント設置予定場所

(3)　新規高機能ポリマーの開発

① 研究のねらい

ナノマトリックス構造を有する高性能ゴムのスルホン化や脱タンパク質精製天然ゴムのエポキシ化とリチウム塩添加により、イオン電池・燃料電池用電解質などに適した新規高機能ポリマー素材を開発する。

② 研究実施方法

脱タンパク質精製天然ゴムのグラフト共重合によりナノマトリックス構造を形成した高性能ゴムを調製し、電子顕微鏡による3次元形態観察をおこなってナノマトリックスの3次元ナノネットワーク構造を確認する。さらに、スルホン化によりナノマトリックス構造のイオン伝導性を向上させ、新規高機能ポリマーを開発する。また、ナノマトリックス構造形成過程のスケールアップを行う。

③ 当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

高度精製した脱タンパク質精製天然ゴムを用いてグラフト共重合体を調製し、共重合体のナノマトリックス構造における三次元ナノネットワーク構造を確認した後に、イオン伝導性を高めた新規高機能ポリマーを開発し、更にナノネットワーク構造の形成をスケールアップする計画である。H25 年度までにグラフト共重合体の調製と三次元ナノネットワーク構造の確認を終え、H26 年度にイオン伝導性高めてプロトン伝導度の目標値 0.1S/cm を達成することになっている。

既に、脱タンパク質精製天然ゴムにスチレンをグラフト共重合し、制振性に優れたナノマトリックス構造を有する高機能ポリマーを開発し、電子顕微鏡による三次元形態観察により三次元ナノネットワーク構造を確認した(図 8, 9)。高性能の免震ゴムとしての応用が期待される成果である。更に、H26 年度に予定されていたスルホン化を進め、新たな高機能ポリマーの開発に成功した。したがって、当初計画より前倒しで進捗している。

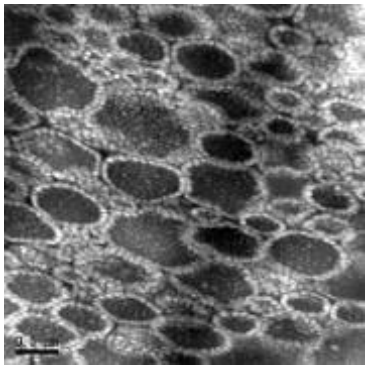

図 8　ナノマトリックス構造の 2 次元像

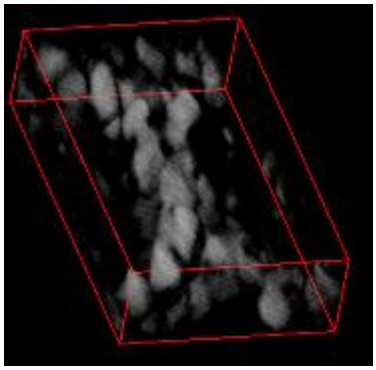

図 9　ナノマトリックス構造の 3 次元像

図 10　グラフト共重合の実験風景

④ カウンターパートへの技術移転の状況（日本側および相手国側と相互に交換された技術情報を含む）

HUST にグラフト共重合に必要な設備を導入し、Nghiem Thi Thuong 講師および Tran Thi Mai 研究員を指導して脱タンパク質精製天然ゴムへのグラフト共重合にかかわる技術移転を行った（図 10）。尚、Nghiem Thi Thuong 講師は平成 25 年 4 月に長岡技術科学大学材料工学専攻博士後期課程に入学し、長岡技術科学大学でプロジェクトにかかわる研究を継続している。

⑤ 当初計画では想定されていなかった新たな展開があった場合、その内容と展開状況（あれば）

なし

(4) ゴム廃木からの次世代バイオ燃料生産技術の開発

① 研究のねらい

パラゴム樹の廃木に適した破砕法の確立と分解微生物の探索ならびに分解酵素の選抜・改良により、ゴム廃木から効率的に次世代バイオ燃料を生産する技術を開発する。

② 研究実施方法

ゴム廃木の前処理技術を評価するために、乾燥したゴムノキ廃木を微粉砕処理した後、化学的前処理としてアルカリ処理、希硫酸処理、加圧熱水処理を行った。得られた各前処理サンプルについてセルラーゼによる糖化効率を調べた。パラゴム樹の廃木に適した分解微生物ならびに分解酵素を選抜するために、セルロース類（アビセル及び CMC）を基質としたセルラーゼ検定系及び天然ゴムを基質としたラバーオキシゲナーゼ検定系を利用したスクリーニング方法をプロトコール化し、ベトナムのゴム製造現場で採取した試料を用いてスクリーニングを行った。得られた分解性微生物については微生物種の同定を含む菌学的解析と分解活性及び分解酵素についての詳細な解析を実施した。優れた活性を示した分解酵素については酵素学的解析と変異処理や組換え技術によって酵素の高機能化を実施する。

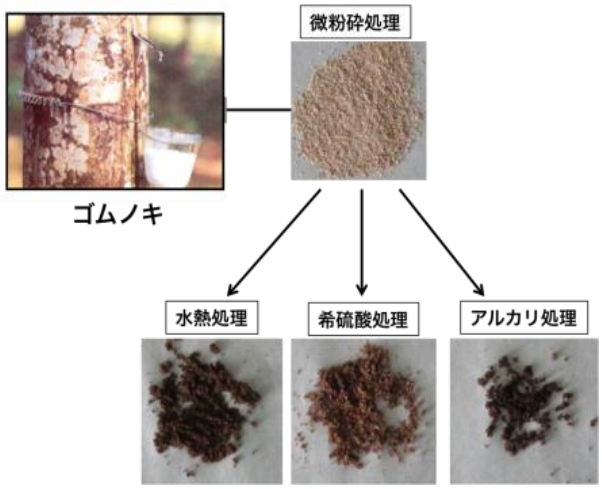

図 11　ゴムノキ廃木の前処理技術

③ 当初の計画（全体計画）に対する現在の進捗状況

H24 年度までにゴム廃木の前処理技術とスクリーニング法を確立してスクリーニングを進め、H26 年度までにパラゴム樹の廃木の成分（セルロース類、ゴム）を分解する優良微生物を選抜して保存するとともに、酵素の評価を進めることになっている。また H26 年度以降には分解酵素の改良と最適分解プロセスの構築を進めるのが当初計画である。パラゴム樹の廃木のゴム成分の優良分解菌 3 株以上の取得およびセルロース成分の糖化率 50%を達

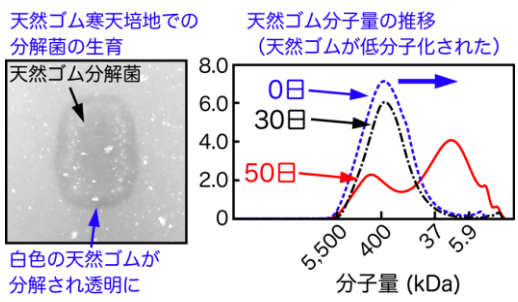

図 12　天然ゴム分解菌株のゴム分解によるクリアゾーン形成（左）と分子量低下（右）

成する次世代バイオ燃料生産技術の確立を最終目標としている。

前処理技術においては、微粉砕処理後に化学的前処理を施した各試料(図 11)について、セルラーゼによる糖化効率を調べた結果、アルカリ処理による前処理が最も効果的であることを明らかにし、前処理技術を確立した。

一方、プロトコールに従って実施したスクリーニングにより、廃木成分分解性微生物が多数得られ、選抜の結果、セルロース及び天然ゴムを良好に分解する優良菌株をそれぞれ数株ずつ取得した。*Phomopsis* 属などの選抜したセルロース分解菌については酵素種を同定するため、菌体外酵素の部分アミノ酸配列の解析を進めている。*Nocardia* 属などの選抜した天然ゴム分解菌株は、天然ゴムを分解・低分子化する優れた分解能を示した(図 12)。また、天然ゴムを分解する新規ラバーオキシゲナーゼ遺伝子の解明にも成功した。計画は当初の予定を部分的に先取りして進捗している。

④ カウンターパートへの技術移転の状況(日本側および相手国側と相互に交換された技術情報を含む)

分解微生物のスクリーニング方法のプロトコールを作成してベトナム側に提供し、ベトナムのゴム製造現場の試料からのスクリーニングに活用した。また、来日した Nguyen Lan Huong 講師および Pham Tuan Anh 講師に対して、廃木の破砕処理と天然ゴム分解酵素の解析に関する研修を実施し、技術移転をおこなった(図 13)。

図 13　廃木破砕処理の技術指導

⑤ 当初計画では想定されていなかった新たな展開があった場合、その内容と展開状況(あれば)

生物遺伝資源の利用に関する利益配分に関わる生物多様性条約に配慮してベトナム側で分離した微生物の解析を日本で実施するため、製品評価技術基盤機構(NITE)生物遺伝資源開発部門の安藤勝彦部門長の助言を受け、ベトナム国家大学ハノイ校のベトナム微生物菌株保存施設(VTCC)を訪問し、分離した微生物の日本への移動手順を相談した。その結果、ベトナム側で分離した微生物を VTCC に寄託した後、日本側が VTCC から分譲を受けることになった。この手順により生物多様性条約を遵守しつつ、微生物の解析を日本で実施できるようになった。

(5)　資源回収型廃水処理技術の開発

① 研究のねらい

ゴム廃水の温室効果ガス排出能・分解機構の評価、および資源回収型廃水処理技術の開発を行う。

② 研究実施方法

ゴム製造・加工廃水の成分やその分解機構の解明、現状調査等により、ゴム製造廃水の温室効果ガス排出能を評価する。また、廃水の分解機構に関する基礎知見を廃水処理技術の開発にフィードバックする。同時に、ゴム製造・加工廃水からのゴム資源回収・ゴム残渣液分解処理を含む廃水処理技術の開発を行い、ゴムやメタンの回収率を向上することで、高度資源回収型廃水処理技術を確立する。

③ 当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

廃水の分析法の確立と現状の天然ゴム製造現場における廃水処理システムの温室効果ガス放出量および微生物活動の調査、ラボスケールリアクターのハノイ工科大学への設置と処理性能の把握、パイロットスケー

ルリアクターのベトナムゴム研究所への導入が H25 年度までの当初計画であった。H25 年度からは脱タンパク質化天然ゴム(Deproteinized Natural Rubber：DPNR)廃水を対象としたラボスケールリアクターの運転方法確立を開始し、H26 年度以降はパイロットスケールリアクターの性能評価と最適化、適切廃水処理システムの導入による温室効果ガス削減効果の評価、ゴム廃水処理システムの設計指針の作成を計画している。

ベトナムでの資材調達の遅れから、当初はハノイ工科大学に設置予定だったラボスケールリアクターを長岡技大に設置して研究を開始し、平成 24 年度にラボスケールリアクターと水質分析機器をハノイ工科大学に設置した（図 14)。ラボスケールリアクターは、バッフル反応槽（Baffled Reactor：BR)、上向流嫌気性汚泥床(Up-flow Anaerobic Sludge Blanket：UASB)リアクターと下降流懸垂型スポンジ(Down-flow Hanging Sponge：DHS)リアクターによって構成されており(BR-UASB-DHS システム)、有機酸を主体とした人工廃水によりリアクターのスタートアップを行い、現在は、天然ゴム製造工場から採取した実廃水を用いて連続処理試験を実施している。現在、廃水切り替え後 6 ヶ月が経過しており、全システムの COD 容積負荷 3.7 kgCOD/(m^3.d)（UASB の COD 容積負荷 14 kgCOD/(m^3.d))の条件において、COD 除去率 95%以上、メタン回収率 70%以上を達成している。今後は、COD 容積負荷を増加させながら運転を実施し、最大許容負荷の評価を行う。天然ゴム精製テストプラント稼働後は、DPNR 廃水に切り替えてラボスケールリアクターの処理性能を評価する予定である。更に、ハノイ工科大学側の提案システムである無酸素槽(Anoxic Reactor：AR)-UASB-好気性生物膜槽(Aerobic Filtration Reactor：AFR)システムとの性能比較を行い、最適な処理プロセスの提案を行う。

図 14　ハノイ工科大学に設置したラボスケールリアクター

図 15　ベトナムゴム研究所に設置中のパイロットスケールリアクター

ベトナムゴム研究所におけるパイロットスケールリアクターの設置工事は H25 年度内で概ね完了しており(図 15)、3 月に実験計画や運転管理方法等に関する詳細な打ち合わせを実施した。今後は、工場の稼働が始まった直後の 5 月を目処に連続廃水処理試験を開始するための準備を、日本とベトナムの双方で進めている。

現状の天然ゴム製造現場の廃水処理システムにおける温室効果ガスの排出量を調べるため、ベトナムのゴム会社数社とベトナムゴム研究所の廃水処理施設にて調査を行った。ベトナムゴム研究所において

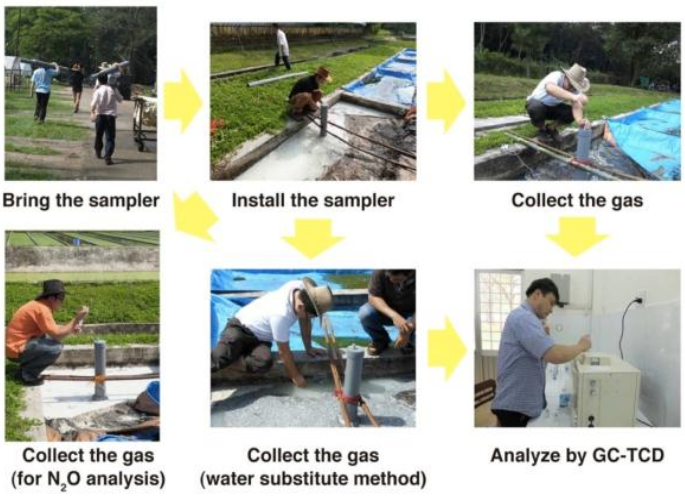

図 16　現地廃水処理施設からの温室効果ガス放出量調査（ベトナムゴム研究所）

は開放型嫌気性処理槽からの温室効果ガス放出量、廃水処理性能の調査および汚泥の微生物叢の解析を行った (図 16)。

以上に述べたように、廃水の分析法確立と現状の廃水処理システムの調査、ラボスケールリアクターの導入と性能把握、パイロットスケールリアクターの設置工事を当初の計画通りに進め、期待した成果を得ている。日本調達機材の到着の遅れにより、パイロットスケールリアクター設置工事の完了が若干遅れてはいるが、概ね当初計画通りに進捗している。

④ カウンターパートへの技術移転の状況(日本側および相手国側と相互に交換された技術情報を含む)

ハノイ工科大学側は廃水処理の研究に関する経験が少なかったため、ラボスケールリアクターにおける処理プロセスの仕様決定に関して、現地での実用化を見据えた技術的なアドバイスを行った。ハノイ工科大学およびベトナムゴム研究所に設置したガスクロマトグラフィについて機器の管理・運用とバイオガスの組成分析に関する講習会を実施した。ラボスケールリアクターの設置に伴い、ラボスケールリアクターの運転・管理、水質分析およびデータ整理等に関してハノイ工科大学への技術移転を行った。嫌気性メタン発酵廃水処理試験にかかわるハノイ工科大学側の経験が乏しいことから、定期的にラボスケールリアクターの運転状況を日本側へ報告してもらい、日本側から運転方法の修正やトラブルへの対処等にかかわるアドバイスを行い、ハノイ工科大学におけるラボスケールリアクターのスムーズな運用を実現した。現状の天然ゴム製造現場の廃水処理システムの調査はベトナムゴム研究所側と共同で実施し、嫌気性廃水処理槽からの温室効果ガス放出量の評価方法を技術移転した (図16)。特に測定に用いたガスサンプラーは、現地で調達可能なPVCパイプを加工して作成し、現地の研究者が容易に測定できる様に工夫した。ベトナムゴム研究所に設置するパイロットスケールリアクターについては、ベトナム国内での将来的な普及を見据えて、現地で調達可能な機材を使用し、現地の技術者によって施工等が実施可能となる様に設計を行い、共同で設置工事を実施した。

⑤ 当初計画では想定されていなかった新たな展開があった場合、その内容と展開状況(あれば)

なし。

3. 成果発表等

(1)原著論文発表

① 本年度発表総数(国内 3 件(うち in press 1 件)、国際 4 件(うち in press 1 件))

② 本プロジェクト期間累積件数(国内 8 件, 海外 58 件)

② 論文詳細情報

M. Gonokami, Y. Yamamoto, O. Chaikumpollert, Y. Ohtake, S. Kawahara, " Antioxidants for EPDM Seals Exposed to Chlorinated Tap Water ", *Rubber Chem. Technol.*, **86**, in press (2013).

W. Ariyawiriyanan, J. Nuinu, K. Sae-heng, S. Kawahara, " The Mechanical Properties of Vulcanized Deproteinized Natural Rubber ", *Energy Procedia*, **34**, 728-733 (2013).

O. Chaikumpollert, Y. Yamamoto, S. Kawahara, " Structural Analysis of Crosslinking Junctions of Vulcanized Natural Rubber by Solid-State NMR Spectroscopy Equipped with Field-Gradient-Magic Angle Spinning Probe ", *Kautsch. Gummi Kunst.*, **66 (5)**, 28-33 (2013).

河原 成元, " 天然ゴムのナノマトリックス構造と物性 ", *高分子*, **62**, 329-333 (2013)

Y. Ohtake, Y. Yamamoto, M. Gonokami, T. Nakamura, H. Ishii, S. Kawahara, “Degradation profiles in aged EPDM water seals using focused ion beam-scanning electron microscopy”, Polym.

Degrad. Stab. (2013), 98(12), 2489-2496.
岡部陽平, 齋藤耕平, 中村明靖, 幡本将史, 志田洋介, 小笠原渉, 福田雅夫, 若山樹, 今田美郎, 山口隆司「NaOH 処理を利用したきのこ廃菌床からの資源回収」土木学会論文集 G（環境）, 69(7), III_145-III_150, 2013
河原 成元, " カーボンニュートラルな原料としての天然ゴム ", *日本接着学会誌*, **49**, in press (2013).

（2）特許出願
① 本年度特許出願内訳（国内 0 件, 海外 0 件, 特許出願した発明数 0 件）
② 本プロジェクト期間累積件数（国内 0 件, 海外 0 件）

4. プロジェクト実施体制

（1）「新規天然ゴム評価法の開発」グループ
①研究グループリーダー名： 河原 成元 （国立大学法人 長岡技術科学大学・准教授）
②研究項目： 天然ゴムの末端構造の解析技術を確立し、工業原料として品質を合理的に等級化できる新規天然ゴム評価法を開発する。また、天然ゴムの末端基の構造と力学物性の関係、および、この関係に基づく天然ゴムの評価法と規格を作製する

(2)「高性能ゴムの開発」グループ
①研究グループリーダー名： 河原 成元 （国立大学法人 長岡技術科学大学・准教授）
②研究項目： 天然ゴムの精製技術を改良し、ベトナムに実装する高度精製技術を確立する。窒素含有率が 0.01w/w%の脱蛋白質化天然ゴムを 1 日 1.5 トン生産するプラントを製造する

(3)「新規高機能ポリマーの開発」グループ
①研究グループリーダー名： 山本 祥正 （国立高等専門学校機構 東京工業高等専門学校・講師）
②研究項目： ナトマトリックス構造を有する高性能ゴムをスルホン化することによりスルホン基を有する天然ゴムを作製する。スルホン基は、H+の輸送が可能であるため、燃料電池用電解質等を開発する

(4)「ゴム廃木からの次世代バイオ燃料生産技術の開発」グループ
①研究グループリーダー名： 小笠原 渉 (国立大学法人 長岡技術科学大学・准教授)
②研究項目： パラゴム樹の廃木に適した破砕法、分解微生物、分解酵素を選抜・改良し、効率的に次世代バイオ燃料を生産する技術を開発する

(5)「資源回収型廃水処理技術の開発」グループ
①研究グループリーダー名： 山口 隆司 （国立大学法人 長岡技術科学大学・教授）
②研究項目： ゴム製造・加工廃水からのゴム資源回収・ゴム残渣液分解処理を含む廃水処理技術の開発を行い、ゴムやメタンの回収率の向上により高度資源回収型廃水処理技術を確立する

以上