

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「環境」

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

令和3（2021）年度実施報告書

国際共同研究期間^{*1}

20**年 月 日から20**年 月 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

I. 国際共同研究の内容 (公開)

1. 当初の研究計画に対する進捗状況

(1) 研究の主なスケジュール

研究題目・活動	2021年度 (10ヶ月)	2022年度	2023年度	2024年度	2025年度	2026年度
1. タンパク質フリー天然ゴムの大量生産 1-1 ベトナムの水道水の採取と分析 1-2 条件の最適化 1-3 大量生産 1-4 国際標準化		水の硬度測定 窒素含有率 0.00 w/w% ▼			窒素含有率 0.00 w/w%	国際標準提案 ▼
2. タンパク質フリー天然ゴム製品の製造 2-1 配合と加硫の最適化 2-2 老化防止剤の最適化 2-3 構造と物性の関係解明 2-4 民間企業の特許 2-5 医薬品の製造 2-6 自動車用プロトタイプ作製の作製		精製天然ゴムの最適加硫 ▼ 精製天然ゴムの老化防止剤の最適化 ▼			燃費 10%向上、制動性 10%向上 ▼	
3. 天然ゴムの生分解 3-1 分解関連酵素の探索と解析 3-2 天然ゴム分解能強化 3-3 ゴム配合剤に対応した変換系の確立と温室効果ガス排出削減の評価			優良分解酵素遺伝子 3種以上 ▼ 分解システムの構築		分解システムの能力 30%向上 ▼ 排出量算出 ▼	
4. 廃水処理技術 4-1 資源回収型廃水処理技術確立 4-2 廃水由来臭気物質の分解技術の確立 4-3 温室効果ガス排出削減の評価				排水基準達成、メタン回収率 80%の達成 ▼ 臭気原因主要物質特定、生分解リアクターの構築 ▼ 排出量算出 ▼		排出量算出 ▼

(2) プロジェクト開始時の構想からの変更点(該当する場合)

該当無し

2. プロジェクト成果の達成状況とインパクト (公開)

(1) プロジェクト全体

本プロジェクトの目標は、タンパク質フリー天然ゴムの大量生産技術と同天然ゴムにより製品のプロトタイプ作製技術、生分解技術、廃液処理技術を開発する事であり、これにより年間約6千万トン(※1)のCO₂排出を伴う化石資源由来の合成ゴム(約1,400万トン)を天然ゴムへ置き換えるための基盤を構築することである。具体的には、研究題目1「タンパク質フリー天然ゴムの大量生産」において、タンパク質フリー天然ゴムの大量生産技術の確立とタンパク質フリー天然ゴム及びその関連技術の国際標準規格の提案を行う。研究題目2「タンパク質フリー天然ゴム製品の製造」において、タンパク質フリー天然ゴム製品のプロトタイプの作製を行う。研究題目3「天然ゴムの生分解」において、天然ゴム製品の生分解技術の確立を行う。研究題目4「廃水処理技術」において、資源回収型廃水処理の環境保全技術の開発と、持続可能なゴムプランテーションに関する文献調査を行う。また、全体としてタンパク質フリー天然ゴムの製造工程から廃水処理までのプロセス全体から排出される温室効果ガス排出量を評価する。

2021年度は暫定期間として、次年度以降の本格研究に向けた基礎的な研究に着手した。また、ベトナム側カウンターパートであるハノイ工科大学とJICAと協力し国際共同研究の詳細計画の策定を行い、日本側からの若手研究者の投入、ベトナム人留学生の受入計画などを決定した。研究題目1「タンパク質フリー天然ゴムの大量生産」ではベトナムの水道水質の調査を行った。研究題目2「タンパク質フリー天然ゴム製品の製造」では、天然ゴムの加硫条件に影響を与える天然ゴム中のタンパク質の役割を解析した。研究題目3「天然ゴムの生分解」では、天然ゴム分解菌による天然ゴム分解の達成などの成果を得た。研究題目4「廃水処理技術」では、タンパク質フリー天然ゴムの製造工程から排出される廃水の基本的な性状を調査した。

各研究グループの成果の詳細以下に示す。

※1) 代表的な合成ゴムであるSBR(スチレンブタジエンゴム)の生産に係るCO₂排出量は3.72 t-CO₂/t-SBRであり、世界の合成ゴム生産量15,260,000トン/年(**)より、合成ゴムの生産により排出されるCO₂を15,260,000×3=56,781,395トン/年=約6千万トンとした。

(**)「18年の世界新ゴム総生産量 天然、合成とも4年連続増」

ゴムタイムス プラタイムス 2019年5月13日

> <https://www.gomutimes.co.jp/?p=142469>

(2) 研究題目1:「タンパク質フリー天然ゴムの大量生産」

研究グループ1(リーダー:山本 祥正)

① 研究題目1の当初の計画(全体計画)に対する当該年度の成果の達成状況とインパクト

タンパク質フリー天然ゴムは、アレルギーフリーの天然ゴム製品の製造やタイヤの燃費向上など、様々な用途での利用が見込まれる。このタンパク質フリー天然ゴムの大量生産技術が確立されれば、合成ゴムに対する天然ゴムの優位性が高まり、合成ゴムから天然ゴムへの置き換えが速まる

【令和3年度実施報告書】【220531】

と期待される。天然ゴムは、パラゴムノキの中では、タンパク質や脂質に覆われたゴム粒子として水に分散して存在する（図1）。それ故、タンパク質を除去した後、界面活性剤を加えてラテックスを安定化しなければならない（図2）。

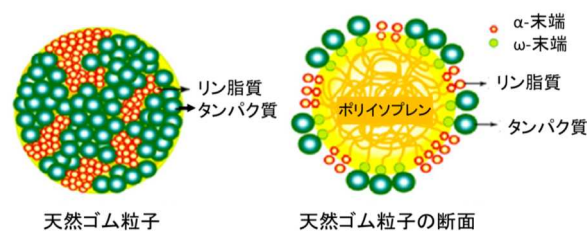


図1 天然ゴム粒子の模式図

この時、陽イオンが存在していると塩析によりラテックスは不安定になる。ラボスケールでは問題なくても、大量生産では陽イオンの影響は深刻であると考えられる。2021年度は、ICP 発光分光分析装置でベトナムハノイ市の水道水を分析し、 Ca^{2+} 濃度および Mg^{2+} 濃度はそれぞれ0.655mmol/L および0.250 mmol/L であることを明らかにした。

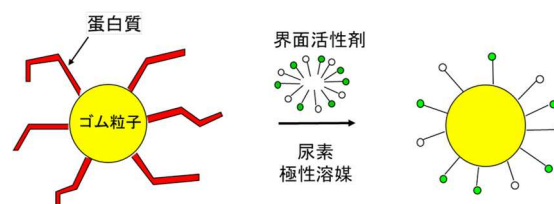


図2 天然ゴムの精製

東京の水道水に含まれる Ca^{2+} および Mg^{2+} は、0.301 mmol/L および0.110 mmol/L であったことから、ベトナムの水道水は、東京の水道水の2倍以上の Ca^{2+} および Mg^{2+} を含んでいることが明らかとなった。2022年度は、引き続きベトナムの水を分析するとともに、温度、pH、塩濃度などのタンパク質変性の因子がタンパク質フリー天然ゴムの調製に与える効果を検討する。

② 研究題目1のカウンターパートへの技術移転の状況

タンパク質フリー天然ゴムの大量生産に使用する遠心分離機やイオン交換水製造装置の機種選定を実施し、カウンターパートと合意した。また、日本側およびベトナム側に既存のラボスケールの装置を用いてタンパク質フリー天然ゴムの大量生産の条件の最適化および情報共有を実施した。ラボスケールでタンパク質フリー天然ゴムの調製条件が最適化された後、カウンターパートへ技術移転する予定である。

③ 研究題目1の当初計画では想定されていなかった新たな展開

2021年度の研究は予定通り実施され、当初計画では想定されていなかった新たな展開はなかった。

④ 研究題目1の研究のねらい（参考）

タンパク質フリー天然ゴムは、自動車用・医用製品として天然ゴム製品を供給するのに欠かせない原料である。ラボスケールで成功したタンパク質フリー天然ゴムの製造をスケールアップし、大量生産を目指す。また、関連する知的財産の確保と国際標準化を目指す。

⑤ 研究題目 1 の研究実施方法（参考）

「タンパク質フリー天然ゴムの大量生産」では、水に注目した。これは、タンパク質フリー天然ゴムはイオン交換水を用いて調製できているが、東南アジアにおいてラボスケールおよびテストプラントスケールで水道水を用いて調製できていないことによる。日本とベトナムの水の差異を明確にし、尿素、ドデシル硫酸ナトリウム（SDS）及び極性溶媒の量等を最適化（図 3）することが問題解決に重要であると考えられる。

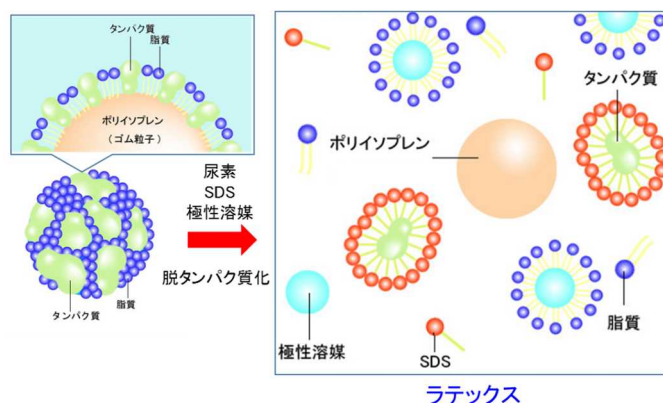


図 3 タンパク質フリー天然ゴムの調製の模式図

必要であれば、連続プロセスを断念し、バッチプロセスによる大量生産の新技术を確立する。これにより、知的財産を確保し、ISO 規格を制定することを目指す。

(3) 研究題目 2 : 「タンパク質フリー天然ゴム製品の製造」

研究グループ 2（リーダー：河原 成元）

① 研究題目 2 の当初の計画（全体計画）に対する当該年度の成果の達成状況とインパクト

タンパク質フリー天然ゴムは、加硫に重要な役割を担うタンパク質を完全に除去しているため（図 4）、天然ゴムの加硫条件を適用することができない。それ故、タンパク質フリー天然ゴムのための加硫配合処方を検討する必要がある。本研究で確立する加硫法は、タンパク質フリー天然ゴムを原料とするアレルギーフリーの天然ゴム手袋や低燃費タイヤの製造の礎となる重要な技術である。

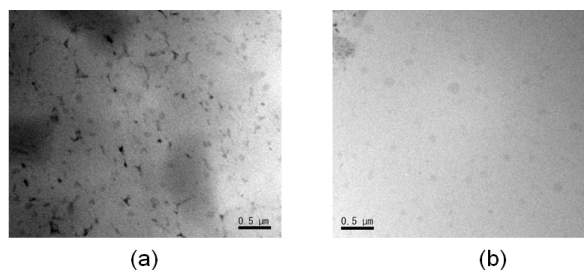


図 4 TEM イメージ (a)未処理天然ゴム、(b)タンパク質フリー天然ゴム

2021 年度は、天然ゴムに含まれるタンパク質は、加硫促進助剤として添加される ZnO の分散に重要な役割を果たすことを明らかにした。この成果に基づき、2022 年度はタンパク質フリー天然ゴムの加硫条件および老化防止剤等の配合の最適化を検討する。さらに、加硫天然ゴムと加硫タンパク質フリー天然ゴムにおける ZnO 等の配合剤の分散を比較することにより構造の違いを検討する。

② 研究題目 2 のカウンターパートへの技術移転の状況

タンパク質フリー天然ゴムの加硫と加硫ゴムの評価に必須のバンバリーミキサーや万能試験機などの装置の機種選定を実施し、カウンターパートと同意した。2022 年度以降、タンパク質フリー天然ゴムの加硫条件を最適化し、カウンターパートへ技術移転する予定である。

③研究題目 2 の当初計画では想定されていなかった新たな展開

2021 年度の研究は予定通り実施され、当初計画では想定されていなかった新たな展開はなかった。

④研究題目 2 の研究のねらい (参考)

タンパク質フリー天然ゴムを原料とし、自動車用・医用製品の製造を目指す。具体的には、低燃費タイヤ、高性能エンジンマウント、医療用ゴム手袋の製造を目指す。タンパク質は加硫に影響を及ぼすことが知られているため、タンパク質フリー天然ゴムの加硫は配合剤の選定と配合量を最適化する必要がある。企業との連携により、タンパク質フリー天然ゴム製品の製造における最適条件を決定する。

⑤研究題目 2 の研究実施方法 (参考)

タンパク質フリー天然ゴムは、加硫に影響を及ぼすことが知られているタンパク質を含んでいない。それ故、従来の加硫方法や改質方法を適用することは困難である。本研究では、硫黄、ZnO、ステアリン酸、加硫促進剤等の量及び改質条件を用途に応じて最適化する。物性試験、TEM 観察及び NMR 測定により、物性、モルフォロジー及び架橋点の構造がタンパク質を含む天然ゴムと同じになる配合を求める。

(4) 研究題目 3 : 「天然ゴムの生分解」

研究グループ 3 (リーダー: 笠井 大輔)

① 研究題目 3 の当初の計画 (全体計画) に対する当該年度の成果の達成状況とインパクト

今年度は、1) 天然ゴム分解菌によるフラスコスケールでの天然ゴム分解の達成、2) ゴム製品中の配合剤除去に関わる複数の白色腐朽菌の発見の成果を得た。天然ゴムの生分解に関する既往の知見は乏しかったことから、これらの成果は天然ゴムの生分解技術を実装するための基盤となると考えられる。今後、本技術を実装するためには、本研究で得た成果を基盤として生分解反応系の拡大と反応条件の最適化が必要であると考えられる。

② 研究題目 3 のカウンターパートへの技術移転の状況

カウンターパートであるハノイ工科大学とは遠隔会議を用いた情報交換を行い、天然ゴム分解菌の培養・天然ゴムの生分解反応における最適条件と、天然ゴムの生分解評価系の検討を進めた。それにより、培養装置や BOD 等の分析装置の効果的な活用法に関するノウハウ、最適培養・反応・評価条件の検討に関する情報を共有でき、今後の生分解反応系拡大に向けた取り組みに必要な基盤を確立できたと考えている。

③ 研究題目 3 の当初計画では想定されていなかった新たな展開

これまで微生物の 1 種類の酵素によって天然ゴムを効果的に低分子化できると考えていたが、本研究によってさらにもう 1 種類の酵素作用を追加することで、天然ゴムの効果的な低分子化

に有効であることが示唆された。本成果は、これまでに実現できていない天然ゴムの酵素分解技術の確立に大きく貢献すると期待される。

④ 研究題目 3 の研究のねらい (参考)

環境負荷の小さい天然ゴム製品の処理技術の確立を目指して、微生物とその酵素系を用いた天然ゴムの生分解系を開発する。さらに、生分解の評価系を構築することで、天然ゴムの真にエコフレンドリーな材料としての地位確立につながる。

⑤ 研究題目 3 の研究実施方法 (参考)

これまでに確立しているフラスコスケールでの天然ゴム分解菌の培養と天然ゴム生分解系を用いて、天然ゴムの効率的な低分子化反応の条件検討を行う。さらに、天然ゴム製品中の配合剤除去に関わる白色腐朽菌の脱硫成分を抽出し、天然ゴム生分解技術を実装するために必要な基礎的知見を得る。また、これらの天然ゴム生分解能を評価するために必要な評価系を確立するとともに、生分解反応によって得られる低分子イソプレンの獲得を目指す。

(5) 研究題目 4 : 「廃水処理技術」

研究グループ 4 (リーダー: 幡本 将史)

① 研究題目 4 の当初の計画 (全体計画) に対する当該年度の成果の達成状況とインパクト

ゴム製造・加工工程からは高濃度の有機物及び窒素分を含む廃水が大量に発生する。本研究では、有機物除去とメタン回収及び窒素除去を高いレベルで実現し、かつ、温室効果ガスの排出をコントロールできる高度資源回収型廃水処理技術として密閉型の Down-flow Hanging Sponge (DHS) (リアクターを核とした廃水処理技術を開発する。タンパク質フリー天然ゴムの製造工程では尿素、ドデシル硫酸ナトリウム (SDS) および極性溶媒等を使用するため、これら化学物質が廃水に含まれる。これは通常の天然ゴム製造工程から排出される廃水とは異なる組成であり、特に SDS と極性溶媒は生物に有害である。2021 年度は東京高専において条件検討中のタンパク質フリー天然ゴムの製造工程から排出された廃水 (Deproteinized Natural Rubber (DPNR) 廃水) について、廃水処理の基本となる性状を調査した。DPNR 廃水には 5% 程度のゴムが残存している事を明らかにし、残存ゴム分は塩化カルシウムを添加し遠心分離する事で回収出来る事を確認した。極性溶媒の嫌気性条件での生分解性について文献調査を行い、低濃度であれば生分解可能な事を確認した。

② 研究題目 4 のカウンターパートへの技術移転の状況

遠隔会議を用いた情報交換を行い、タンパク質フリー天然ゴムの製造工程から排出される廃水は通常の天然ゴム製造工程から排出される廃水とは異なる組成であるという共通認識を確認した。廃水処理プロセスに関して、カウンターパートであるハノイ工科大学保有の実験設備について確認した。

③ 研究題目 4 の当初計画では想定されていなかった新たな展開特になし。

④ 研究題目 4 の研究のねらい（参考）

タンパク質フリー天然ゴムの製造工程では尿素、ドデシル硫酸ナトリウム（SDS）および極性溶媒等を使用するため、これら化学物質が廃水に含まれる。これは通常の天然ゴム製造工程から排出される廃水とは異なる組成であり、特に SDS と極性溶媒は生物に有害である。本研究ではこの廃水からの資源回収・再利用を目指した処理技術の開発を行い、温室効果ガスの排出削減、環境負荷の低減に寄与する持続可能な高度資源回収型廃水処理技術を開発確立する。

⑤ 研究題目 4 の研究実施方法（参考）

タンパク質フリー天然ゴムの製造工程から排出される、SDS と極性溶媒を含む廃水について、まずは、嫌気性の分解試験を実施し嫌気性処理が可能な溶媒の種類と濃度を明らかにし、嫌気性処理プロセスの基本設計を行う。嫌気性処理に組み合わせる後段処理として、有機物除去とメタン回収及び窒素除去を高いレベルで実現し、かつ、温室効果ガスの排出をコントロールできる高度資源回収型廃水処理技術として密閉型の DHS リアクターを核とした廃水処理技術を開発する。

II. 今後のプロジェクトの進め方、および成果達成の見通し（公開）

各研究グループでの研究については、オンライン会議を効果的に利用することにより研究打合せ等を実施することができた。渡航制限が解除された後も、オンライン会議を効果的に利用しつつ対面での協議、実験、視察などを強化し共同研究を実施することで、プロジェクト目標を達成する。共同研究を円滑に実施するため、先行プロジェクトにおいてプロジェクトリーダーであった福田雅夫（長岡技術科学大学教授（当時）、中部大学教授・長岡技科大名誉教授（2022年3月時点））に研究メンバーとして参画いただくこととした。

社会実装に関しては、応募当初からの参画企業であったゴム製品製造企業1社に加え、タイヤ製造企業やゴム製品、ゴム原料製造企業など日本企業計4社が本プロジェクトに参画し、社会実装を目指す事となった。

新型コロナウイルスは収束に向かっているため、2022年度以降は通常通りに共同研究が遂行できるものと考えている。上位目標に向けての貢献や成果の社会的なインパクトの見通しについての基礎となる成果はこれからであるが、成果達成に向けた見通しは明るい。

III. 国際共同研究実施上の課題とそれを克服するための工夫、教訓など（公開）

(1) プロジェクト全体

新型コロナウイルスの影響により渡越できなかったため、詳細計画策定調査からR/D・CRA署名までに時間を要した。ハノイ工科大学において各種の承認に時間がかかる傾向があり迅速な手続きが望まれる。研究面についてはオンライン会議を利用するなどして、各研究グループで実施したが、直接対面での協議ができない事などがあり、可能な限り早い時期に対面での協議・研究打合せを実施する事が望ましい。

グループ間の連携を高めてプロジェクト終了後にもアクティビティーが維持できるように、研究実施の場を確保するためにベトナム側が努力することが望まれる。

(2) 研究題目1：「タンパク質フリー天然ゴムの大量生産」

研究グループ1（リーダー：山本 祥正）

新型コロナウイルスの影響により渡越できなかったが、天然ゴム試料や水道水などのサンプルはカウンターパートの協力により問題なく入手できた。また、オンライン会議を効果的に利用することにより、調達予定機材の機種選定や研究打合せを実施することができた。渡航制限が解除された後も、オンライン会議を効果的に利用したい。

(3) 研究題目2：「タンパク質フリー天然ゴム製品の製造」

研究グループ2（リーダー：河原 成元）

2021年度はコロナ禍により渡越できなかったが、オンライン会議を利用することにより予定通り共同研究は遂行できた。新型コロナウイルスは収束に向かっているため、2022年度以降は通常通りに共同研究が遂行できるものと考えている。

(4) 研究題目 3 : 「天然ゴムの生分解」

研究グループ 3 (リーダー: 笠井 大輔)

本プロジェクトにおいて相手国側研究機関とは、主に遠隔による情報共有を行うことで、共同研究を実施した。それによって基本的な装置の操作方法や分析技術、条件検討に関する情報提供を行うことができた。しかし、実際のお互いの実験試料の確認やリアルタイムでの条件検討を行うことは困難であった。今後、対面での協働が可能となれば問題ないが、オンラインでの場合は、装置の遠隔操作等の技術を導入することが望まれるかもしれない。また今後、関連のプロジェクト等での相手国との連携を継続する場合は、より密度の高い議論や情報交換の場をあらかじめ設ける必要があると思われる。

(5) 研究題目 4 : 「廃水処理技術」

研究グループ 4 (リーダー: 幡本 将史)

タンパク質フリー天然ゴムの製造工程が確定していないため、そこから発生する廃水の組成や量が不確定である。そのため、日本側およびベトナム側において実験室でタンパク質フリー天然ゴムの製造を行い模擬廃水による実験を継続する。

IV. 社会実装（研究成果の社会還元）（公開）

(1) 成果展開事例

特になし。

(2) 社会実装に向けた取り組み

- 長岡技術科学大学令和3年度産学連携フォーラム技術連携説明会や日本化学会フェスタなどに参加し、持続可能な天然ゴムエコシステム～新しいソフトマテリアル開発～等の講演・説明を行った。

V. 日本のプレゼンスの向上（公開）

- 本プロジェクトはベトナムの主要産業であるゴムにおいて、高性能ゴムであるタンパク質フリー天然ゴムを生産し、さらに天然ゴムによる炭素循環システムの確立を目指し、2050年までのGHG排出実質ゼロを目指すベトナム政府の方針に合致するものとして注目されており、プロジェクトのスタートとなるR/D署名式の様子はベトナム国営TVをはじめ多数の現地紙で報道された。

以上

VI. 成果発表等

①原著論文(相手国側研究チームとの共著)

年度	著者名,論文名,掲載誌名,出版年,巻数,号数,はじめ-おわりのページ	DOIコード	国内誌/ 国際誌の別	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項(分野トップレベル雑誌への掲載 など、特筆すべき論文の場合、ここに明記く ださい。)
2021	D. M. Pham, Q. H. Nguyen, Q. T. Nguyen, Q. A. Cao, N. K. Nga, S. Kawahara, A. T. Nguyen, "Graphene matrix formation in a natural rubber dispersoid", Polymer Journal (Tokyo, Japan), 2022, Ahead of Print.	https://doi.org/10.1038/s41428-022-00620-4	国際誌	発表済	
2021	N. Thi, N. Thuong, N. Thang, N. T. Yusof, S. Kawahara, "Effect of naturally occurring proteins on graft copolymerization of vinyltriethoxysilane on natural rubber", Polymer Journal (Tokyo, Japan), 2022, Ahead of Print.	https://doi.org/10.1038/s41428-022-00616-0	国際誌	発表済	
2021	N. T. Ha, V. H. Hieu, N. H. Nam, P. T. Nghia, T. Ougizawa, S. Kawahara, "Electrically conductive membrane based on epoxidized natural rubber-graft-polyaniline nanomatrix", Vietnam Journal of Chemistry, 2021, 59(5), 580-584.	https://doi.org/10.1002/vjch.202000182	国際誌	発表済	
2021	N. T. Ha, C. H. Ha, N. Hayakawa, R. Chujo, S. Kawahara, "Relationship between structure and some physico-chemical properties of funori from red seaweed Gloiopeltis", Journal of Cultural Heritage, 2021, Vol. 51, pp. 14-20	https://doi.org/10.1016/j.culher.2021.06.010	国際誌	発表済	
2021	T. H. Nguyen, V.-A. Nguyen, T. Ougizawa, S. Kawahara, H. H. Cao, "Electromagnetic shielding material based on hydrogenated natural rubber/expanded graphite blend: Preparation and characterization", Polym. Adv. Technol., 2021, Vol. 32, pp. 3008-3017	https://doi.org/10.1002/pat.5313	国際誌	発表済	
2021	T. N. Thi, H. C. Hong, Y. N. Hayati, S. Kawahara, "Graft copolymerization of methyl methacrylate and vinyltriethoxysilane binary monomers onto natural rubber", J. Polym. Res., 2021, Vol. 28, pp. 246	https://doi.org/10.1007/s10965-021-02606-x	国際誌	発表済	
2021	T. N. Thi, H. D. Van, H. C. Hong, H. N. T. Ha, Y. N. Hayati, S. Kawahara, "Preparation and properties of colloidal silica-filled natural rubber grafted with poly(methyl methacrylate)", Polym. Bull., 2021	https://doi.org/10.1007/s00289-021-03786-8	国際誌	発表済	
2021	N. T. Ha, T. N. Anh, T. T. Thuy, S. Kawahara, T. Ougizawa, "Preparation and application of epoxidized natural rubber from Artocarpus heterophyllus gum", Polymer Bulletin, 2021, Vol. 78, pp. 5137-5152	https://doi.org/10.1007/s00289-020-03361-7	国際誌	発表済	

論文数 8 件
 うち国内誌 0 件
 うち国際誌 8 件
 公開すべきでない論文 0 件

②原著論文(上記①以外)

年度	著者名,論文名,掲載誌名,出版年,巻数,号数,はじめ-おわりのページ	DOIコード	国内誌/ 国際誌の別	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項(分野トップレベル雑誌への掲載 など、特筆すべき論文の場合、ここに明記く ださい。)
2021	S. Kawahara, H. Nishioka, M Yamano, Y. Yamamoto, "Synthetic Rubber with the Tensile Strength of Natural Rubber", ACS Appl. Polym. Mater., 2022, 4, 4. 2323-2328.	https://doi.org/10.1021/acsapm.1c01508	国際誌	発表済	
2021	M. Yamano, Y. Yamamoto, T. Saito, S. Kawahara, "Preparation and characterization of vulcanized natural rubber with high stereoregularity", Polymer, 2021, 235, 124271.	https://doi.org/10.1016/j.polymer.2021.124271	国際誌	発表済	
2021	A. Gannoruwa, Y. Zhou, K. Kosugi, Y. Yamamoto, S. Kawahara, "Origin of energetic elasticity and entropic elasticity of natural rubber with nanodiamond nanomatrix structure", Rubber Chem. Technol., 2021, 94 (4): 704-719.	https://doi.org/10.5254/rct.21.79923	国際誌	発表済	
2021	Q. Tévenot, S. Kawahara, "ATRP-ARGET of a Styrene Monomer onto Modified Natural Rubber Latex as an Initiator", Langmuir, 2021, 37, 6151-6157	https://doi.org/10.1021/acs.langmuir.1c00191	国際誌	発表済	
2021	Y. Akahori, M. Hiza, S. Yamaguchi, S. Kawahara, "Protein influence on the mechanical properties of NR", Rubber Chem. Technol., 2021, 94 (4): 657-668.	https://doi.org/10.5254/rct.21.79916	国際誌	発表済	
2021	T. Saito, M. Yamano, K. Nakayama, S. Kawahara, "Quantitative analysis of crosslinking junctions of vulcanized natural rubber through rubber-state NMR spectroscopy", Polymer Testing, 2021, Vol. 96, 107130.	https://doi.org/10.1016/j.polymer-testing.2021.107130	国際誌	発表済	

論文数 6 件
 うち国内誌 0 件
 うち国際誌 6 件
 公開すべきでない論文 0 件

③その他の著作物(相手国側研究チームとの共著)(総説、書籍など)

年度	著者名,タイトル,掲載誌名,巻数,号数,頁,年	出版物の種類	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項

著作物数 0 件
公開すべきでない著作物 0 件

④その他の著作物(上記③以外)(総説、書籍など)

年度	著者名,論文名,掲載誌名,出版年,巻数,号数,はじめ-おわりのページ	出版物の種類	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項
2021	河原 成元, "ゴムに関する衛生問題", 日本ゴム協会誌, 2021, 94(6), 170-176.	総説	発表済	
2021	ファン・チュン・ニア, ホアン・テ・パン, "ベトナム高分子産業と日越連携による天然ゴム化学の創成に関する基礎研究", 高分子, 71, 110-111 (2022)	トピックス	発表済	

著作物数 2 件
公開すべきでない著作物 0 件

⑤研修コースや開発されたマニュアル等

年度	研修コース概要(コース目的、対象、参加資格等)、研修実施数と修了者数	開発したテキスト・マニュアル類	特記事項

VI. 成果発表等

(2) 学会発表【研究開始～現在の全期間】(公開)

①学会発表(相手国側研究チームと連名)(国際会議発表及び主要な国内学会発表)

年度	国内/ 国際の別	発表者(所属)、タイトル、学会名、場所、月日等	招待講演 /口頭発表 /ポスター発表の別
			招待講演 0 件
			口頭発表 0 件
			ポスター発表 0 件

②学会発表(上記①以外)(国際会議発表及び主要な国内学会発表)

年度	国内/ 国際の別	発表者(所属)、タイトル、学会名、場所、月日等	招待講演 /口頭発表 /ポスター発表の別
2021	国内学会	河原成元(NUT), 西岡央成(NUT), 山本祥正(NIT, Tokyo), "ナノマトリックス構造を有する合成ゴムの調製と物性", 第70回高分子学会年次大会, オンライン, 2021年5月26日～28日	口頭発表
2021	国内学会	山本祥正(NIT, Tokyo), 河原成元(NUT), "水反応系での天然ゴムの電気化学的エポキシ化における塩基の効果", 第70回高分子学会年次大会, オンライン, 2021年5月26日～28日	ポスター発表
2021	国内学会	山野将輝(NUT), 河原成元(NUT), "ゴムNMR法を用いた加硫天然ゴムの構造解析", 日本ゴム協会2021年年次大会, オンライン, 2021年5月20日～21日	口頭発表
2021	国内学会	Yayoi Akahori (NUT), Misao Hiza (Yokohama Rubber Co.), Seiichi Kawahara (NUT), "Effect of water on the ionic reaction of natural rubber", 日本ゴム協会2021年年次大会, オンライン, 2021年5月20日～21日	口頭発表
2021	国内学会	河原成元(NUT), 佐藤皓大(NUT), 山本祥正(NIT, Tokyo), "天然ゴムの加硫におけるタンパク質の効果", 第70回高分子討論会, オンライン, 2021年9月6日～8日	口頭発表
2021	国内学会	山本祥正(NIT, Tokyo), 遠藤航太(NUT), 河原成元(NUT), "ナノマトリックス構造を有する天然ゴムのエントロピー弾性とエネルギー弾性の同時発現", 第70回高分子討論会, オンライン, 2021年9月6日～8日	口頭発表
2021	国内学会	山野将輝(NUT), 山本祥正(NIT, Tokyo), 河原成元(NUT), "ゴムNMR法による加硫天然ゴムの構造解析", 第70回高分子討論会, オンライン, 2021年9月6日～8日	口頭発表
2021	国内学会	山野将輝(NUT), 西岡央成(NUT), 河原成元(NUT), 山本祥正(NIT, Tokyo), "ナノマトリックス構造を有する合成シスポリイソプレンの調製と物性", 第32回エラストマー討論会, 九州大学, 2021年11月24日～25日	口頭発表
2021	国内学会	山野将輝(NUT), 西岡央成(NUT), 河原成元(NUT), 山本祥正(NIT, Tokyo), "ナノマトリックス構造を有する合成シスポリイソプレンの調製と物性", 第32回エラストマー討論会, 九州大学, 2021年11月24日～25日	ポスター発表
2021	国内学会	瀬下涼太(NUT), 河原成元(NUT), "非ゴム成分が天然ゴムの加硫に及ぼす影響", 第32回エラストマー討論会, 九州大学, 2021年11月24日～25日	口頭発表
2021	国内学会	Luu Thanh Huyen(NUT), 河原成元(NUT), "天然ゴムの加硫に及ぼす MgO ナノ粒子の効果", 第32回エラストマー討論会, 九州大学, 2021年11月24日～25日	口頭発表
2021	国内学会	鈴木大輔(NUT), 河原成元(NUT), "ポリアダマンチルメタクリレートナノマトリックス構造を有する天然ゴムの調製と物性", 第32回エラストマー討論会, 九州大学, 2021年11月24日～25日	口頭発表
2021	国内学会	河原成元(NUT), 佐藤皓大(NUT), 山本祥正(NIT, Tokyo), "天然ゴムにおける Zn の分散へのタンパク質の効果", 第32回エラストマー討論会, 九州大学, 2021年11月24日～25日	口頭発表
			招待講演 0 件
			口頭発表 11 件
			ポスター発表 2 件

VI. 成果発表等

(3) 特許出願【研究開始～現在の全期間】(公開)

①国内出願

	出願番号	出願日	発明の名称	出願人	知的財産権の種類、出願国等	相手国側研究メンバーの共同発明者への参加の有無	登録番号 (未登録は空欄)	登録日 (未登録は空欄)	出願特許の状況	関連する論文のDOI	発明者	発明者所属機関	関連する外国出願※
No.1													
No.2													
No.3													

国内特許出願数 0 件

公開すべきでない特許出願数 0 件

②外国出願

	出願番号	出願日	発明の名称	出願人	知的財産権の種類、出願国等	相手国側研究メンバーの共同発明者への参加の有無	登録番号 (未登録は空欄)	登録日 (未登録は空欄)	出願特許の状況	関連する論文のDOI	発明者	発明者所属機関	関連する国内出願※
No.1													
No.2													
No.3													

外国特許出願数 0 件

公開すべきでない特許出願数 0 件

VI. 成果発表等

(4) 受賞等【研究開始～現在の全期間】(公開)

①受賞

年度	受賞日	賞の名称	業績名等 (「〇〇の開発」など)	受賞者	主催団体	プロジェクトとの関係 (選択)	特記事項
2021	2022/5/26	高分子学会賞(科学)	天然ゴムのナノ海島構造の発見とその応用	河原成元	高分子学会	3.一部当課題研究の成果が含まれる	

1 件

②マスコミ(新聞・TV等)報道

年度	掲載日	掲載媒体名	タイトル/見出し等	掲載面	プロジェクトとの関係 (選択)	特記事項
2021	2021/4/27	Rubber & Plastics News	Rubber Division keynote: Increased use of natural rubber can help with global warming		2.主要部分が当課題研究の成果である	
2021	2022/3/8	日本テレビ	超無敵クラス		その他	
2021	2021/6/3	長岡新聞	JICA長岡技大の研究に支援 CO2の削減と低炭素社会を目指す		その他	

3 件

VI. 成果発表等

(5) ワークショップ・セミナー・シンポジウム・アウトリーチ等の活動【研究開始～現在の全期間】(公開)

① ワークショップ・セミナー・シンポジウム・アウトリーチ等

年度	開催日	名称	場所 (開催国)	参加人数 (相手国からの招聘者数)	公開/ 非公開の別	概要
2021	2021/4/27	ACS Rubber Division	アメリカ	100人	公開	Development of Sustainable Natural Rubber Ecosystem toward Creation of New Industry
2021	2021/6/7	向陵高校講演会	日本	60人	非公開	天然ゴム化学の創成～新しい化学の創成を目指して～
2021	2021/6/29	The Deutsche Kautschuk-Gesellschaft (DKG) 2021	ドイツ	200人	公開	Discovery of Nanomatrix Structure Playing Important Role in Degradation and Vulcanization of Natural Rubber
2021	2021/7/31	4th GLowing Polymer Symposium in KANTO	日本	60人	公開	Discovery of Nanomatrix Structure of Natural Rubber and Structural Design of Its Mimetic Composites
2021	2021/9/18	チュラロンコン大学講演会	タイ	50人	非公開	Development of Sustainable Natural Rubber Ecosystem toward Creation of New Industry
2021	2021/10/18	日本化学会フェスタ	日本	70人	公開	持続可能な天然ゴムエコシステム～新しいソフトマテリアル開発～
2021	2021/11/18	RubberCon2021	韓国	100人	公開	Discovery of Nanomatrix Structure of Natural Rubber and Preparation of Its Mimetic Composites
2021	2021/12/13	長岡技術科学大学令和3年度産学連携フォーラム 技術連携説明会	日本	30人	公開	持続可能な天然ゴムエコシステム～新しいソフトマテリアル開発～
2021	2021/12/22	宇部高専出前講義	日本	5人	非公開	天然ゴム化学の創成
2021	2022/1/21	東京高専	日本	20人	非公開	天然ゴム化学の創成

10 件

② 合同調整委員会(JCC)開催記録(開催日、議題、出席人数、協議概要等)

年度	開催日	議題	出席人数	概要

0 件

成果目標シート

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
研究代表者名 (所属機関)	山口隆司(長岡技術科学大学 大学院工学研究科教授)
研究期間	2021採択(2021年6月1日~2027年3月31日)
相手国名/主要相手国研究機関	ベトナム/ハノイ工科大学
関連するSDGs	目標13:気候変動及びその影響を軽減するための緊急対策を講じる

成果の波及効果

日本政府、社会、産業への貢献	<ul style="list-style-type: none"> SDGsへの貢献 日本・ベトナム科学協力事業への貢献 日本企業(住友理工、公募企業等)による成果の事業化
科学技術の発展	<ul style="list-style-type: none"> 合成ゴムを天然ゴムに置き換えるための基盤の構築 精製天然ゴムの加工に関する基礎の構築 生分解による液状天然ゴムの調製の構築 排水処理技術の確立
知財の獲得、国際標準化の推進、遺伝資源へのアクセス等	<ul style="list-style-type: none"> 精製天然ゴムおよびその製造方法のISO規格制定 非ゴム成分含有率による天然ゴムのISO規格制定 分子構造解析による天然ゴムのISO規格制定 天然ゴムを原料とするタイヤ用素材の特許出願 生分解により調製される液状天然ゴムの特許出願 生分解により調製される液状天然ゴムのISO規格制定
世界で活躍できる日本人人材の育成	国際的に活躍可能な日本側の若手研究者の育成(国際会議への指導力、ISO会議への指導力、レビュー付き雑誌への論文掲載など)
技術及び人的ネットワークの構築	天然ゴム分野における日本を中心とするベトナム、マレーシア、タイ、インドネシア、中国、韓国等の東アジア諸国との関係強化
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"> 天然ゴムのシンプル精製技術の開発 天然ゴムを原料とする低燃費タイヤの開発 天然ゴムの分子構造解析 天然ゴムの生分解技術の開発 天然ゴム廃水処理技術の開発

上位目標

恒久的炭素循環のための天然ゴム科学技術イノベーションによる合成ゴムから天然ゴムへの転換、天然ゴム生分解技術と排水処理技術の確立によるCO₂排出量削減(約1.7千万トン/年)

タンパク質フリー天然ゴムに関する一連の技術の産業利用が開始される。
ベトナム発のISO規格の制定

プロジェクト目標

タンパク質フリー天然ゴムの大量生産技術と製品のプロトタイプ作製技術、生分解技術、廃液処理技術が開発される

