

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「生物資源の持続可能な生産と利用に資する研究」

研究課題名「ゴムノキ葉枯れ病防除のための複合的技術開発」

採択年度：令和 2 年（2020 年）度/研究期間：5 年/

相手国名：インドネシア共和国

令和 3（2021）年度実施報告書

国際共同研究期間^{*1}

2021 年 12 月 15 日から 2026 年 12 月 14 日まで

JST 側研究期間^{*2}

2020 年 8 月 1 日から 2026 年 3 月 31 日まで

(正式契約移行日 2021 年 9 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：松井 南

理化学研究所環境資源科学研究センター・グループディレクター

I. 国際共同研究の内容（公開）

地球温暖化に通じる石油資源消費からの脱却は今世紀の重要課題である。天然ゴムは、ゴムノキ(*Hevea brasiliensis*;以下ゴムノキと記載)が環境の炭酸ガスを固定することで生産され、伸展性や、衝撃吸収性において石油原料の合成ゴムよりも優れた性質を有する実質上唯一無二の生物資源である。特に航空機のタイヤは、衝撃吸収性と断裂しにくさから、安全性確保のために 100% の天然ゴムが採用されている。天然ゴムの需要は、特に車両の増加と航空機の発達で過去 40 年間に倍増しており、今後さらなる増大が予想される (International Rubber Study Group(IRSG) report)。

世界の天然ゴムプランテーション面積は、およそ 1,100 万 ha であり、世界の年間約 1,200 万トンの乾燥天然ゴムが生産量のうち、東南アジアのタイ、インドネシア、ベトナム、マレーシアだけで 90%以上を占めている (FAO 資料)。インドネシアでは、戦前よりゴムノキの育種が始まり、現在も系統間での掛け合わせによる育種が進められている。またこれらの育種は記録されており、年度毎の生産量についても計測が行われている。これらの国で育種された品種は、タイ、インド、ベトナム等でも栽培され、これらの国の産業的基盤になっている。しかし、本来、移植により東南アジアに広まった植物であり、遺伝子的な多様性が少ないことにより、生産量の伸び悩みと病害に対する脆弱性が社会問題である。

このような中で 2018 年にインドネシアのスマトラで葉枯れ病が発生し、インドネシアゴム研究所 (IRRI)の解析から *Pestalotiopsis* 菌を中心とする葉枯れ病菌が原因であることがわかった。2018 年には、マレーシアでも同じ菌による葉枯れ病が発生した。その後 2019 年に同じ病気がスリランカ、タイにおいても見出されたことが報告され感染が広がっていることがわかった。2020 年には、インド、中国においても報告された。インドネシアでは、15%~25%の天然ゴムの生産減になると予想され (<https://ircorubber.com/>) 早急の対策が必要である。特にインドネシアでは、その生産の 90%以上が小自作農によるゴム農園による生産であり、この病害の蔓延によって彼らの生活に大きな影響を及ぼし始めている。日本の科学技術力により、長い年月の育種を進めてきた IRRI 及び衛星画像で病害の発見を進めてきたインドネシア大学と協力してこの問題を解決するとともに最新の科学に根ざした天然ゴム生産の基礎をつくることで、小自作農のゴム生産の安定化を目指す。

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

変更のあったところを灰色矢印、変更後を赤で示した。

研究題目・活動	2020年度 (13ヶ月)	2021年度 (2021.9.1- 22.3.31)	2022年度 (2022.4.1- 23.3.31)	2023年度 (2023.4.1- 24.3.31)	2024年度 (2024.4.1- 25.3.31)	2025年度 (12ヶ月) (2025.4.1- 26.3.31)
0. ベースラインの調査 0-1 ゴム生産地域におけるベースライン調査の実施する：ゴム生産量；ゴムノキ葉枯れ病の流行状況；営農類型ごとのゴム圃場の管理状況や現状実施されている感染予防対策、経営状況調査		↔	↔			
1. ゴムノキ葉枯れ病に対する新規殺菌剤の候補化合物の開発 1-1 現有農薬の殺菌効果調査 1-2 温室の芽接ぎ苗を用いた試験 1-3 IRRITEST圃場での有効性評価 1-4 殺菌剤の病害防除に係わる作用メカニズム調査 1-5 プロジェクト協力圃場における有効性評価 1-6 病原菌の薬剤耐性（AMR）の状況評価 1-7 殺菌剤としての登録		↔ ↔ ↔ ↔ ↔ ↔ ↔	↔ ↔ ↔ ↔ ↔ ↔ ↔	↔ ↔ ↔ ↔ ↔ ↔ ↔	↔ ↔ ↔ ↔ ↔ ↔ ↔	↔ ↔ ↔ ↔ ↔ ↔ ↔
2. ゴムノキ葉枯れ病に対する新規微生物殺菌剤候補の微生物製剤の開発 2-1 葉枯病増殖抑制共生微生物の選抜 2-2 温室の芽接ぎ苗を用いた試験 2-3 候補微生物株の葉枯れ病発病抑制機構、感染条件等の解析 2-4 殺菌剤メーカー協働による微生物殺菌剤の製剤化検討 2-5 プロジェクト協力圃場における有効性評価 2-6 候補微生物株の天然ゴム乳液特性に及ぼす影響評価 2-7 微生物殺菌剤としての登録		↔ ↔ ↔ ↔ ↔ ↔ ↔	↔ ↔ ↔ ↔ ↔ ↔ ↔	↔ ↔ ↔ ↔ ↔ ↔ ↔	↔ ↔ ↔ ↔ ↔ ↔ ↔	↔ ↔ ↔ ↔ ↔ ↔ ↔
3. ゴムノキ葉枯れ病抵抗性クローンの作出 3-1 IRRITEST ゴムノキ系統の遺伝子多型およびトランスクリプトーム解析に基づく葉枯れ病抵抗性株作成の作成手順の決定 3-2 葉枯れ病耐性株の掛け合わせクローンの解析による抵抗性ゲノム領域、育種マーカーの特定 3-3 育種マーカー指標による交雑育種 3-4 子孫個体の葉を用いた葉枯れ病抵抗性評価 3-5 耐性が確認された新種株の天然ゴムの特性評価 3-6 葉枯れ病抵抗性株の農業省登録のための情報やデータ取りまとめ		↔ ↔ ↔ ↔ ↔ ↔ ↔	↔ ↔ ↔ ↔ ↔ ↔ ↔	↔ ↔ ↔ ↔ ↔ ↔ ↔	↔ ↔ ↔ ↔ ↔ ↔ ↔	↔ ↔ ↔ ↔ ↔ ↔ ↔

3-7 農業省担当部局と葉枯れ病抵抗性株の農園適用に係わる協議							↔
4. 人工衛星およびドローンデータを用いたゴムノキ病害罹患地域検出システムの開発 4-1 ゴム園場の人工衛星、ドローン画像の取得 4-2 画像と地域感染状況による教師データの作成 4-3 人工衛星の葉のスペクトルに基づく感染、落葉データ計測 4-4 AI イメージング解析システムの構築 4-5 ゴムノキ病害罹患地域の検出試験によるシステムパフォーマンス評価 4-6 インドネシア各地のゴム小自作農家からの葉枯れ病罹患木写真と位置情報による感染度合いの定量評価 4-7 各地のゴム感染度合い情報を提供するWEB「ゴムノキ病害罹患地域検出システム」の確立と運用マニュアルの取りまとめ							↔
5. インドネシアの次世代ゴムノキ病害抑制に係わる研究開発および社会実装基盤の構築 5-1 次世代の研究リーダーとなるインドネシア人研究者の理研、岐阜大学での最先端技術の短期研修の実施及び留学（博士後期課程）による長期研修 5-2 JICA 専門家のインドネシア渡航に併せた専門分野に関するセミナーの開催 5-3 ゴムノキ葉枯れ病対策のインドネシア国内の関係機関（研究機関、行政機関、民間企業、農民等）を対象とした定期セミナーと会合 5-4 国際会議でのプロジェクト研究成果の発表 5-5 開発した技術の想定ユーザーの規模や費用対効果を踏まえた「複合的防除技術によるゴムノキ葉枯れ病制御のための戦略計画」の作成 5-6 プロジェクト終了時のインドネシア国内のゴムノキ病害対策の関係機関を対象とした成果普及のためのセミナー開催							↔

(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)

研究題目 0. ベースラインの調査

2021年度はインドネシア渡航制限のためベースライン調査ができなかった。2022年度において現地のゴムノキ葉枯れ病の状況確認を行う予定である。

研究題目1. ゴムノキ葉枯れ病に対する新規殺菌剤の候補化合物の開発

1-3 IIRI テスト圃場での有効性評価

1-2 の芽接ぎ苗の実験を IIRI の温室で進めたが 2022 年度の温室の新規設置を待ってさらに温室実験を行うとともに圃場試験を進める。

研究題目 2. ゴムノキ葉枯れ病に対する新規微生物殺菌剤候補の微生物製剤の開発

2-2 温室の芽接ぎ苗を用いた試験

日本で選抜した *Pestalotiopsis* 菌の増殖抑制効果のあった微生物については、2022 年度の温室の新設を待って IIRI で微生物剤の効果を確認する予定である。

研究項目 3. ゴムノキ葉枯れ病抵抗性クローンの作出

3-1 IIRI ゴムノキ系統の遺伝子多型およびトランスクリプトーム解析に基づく葉枯れ病抵抗性株作成の作成手順の決定

予定通り進んでいる。

3-2 葉枯れ病耐性株の掛け合わせクローンの解析による抵抗性ゲノム領域、育種マーカーの特定

予定通り進んでいる。

3-3 育種マーカー指標による交雑育種

予定通り進んでいる

研究題目 4. 人工衛星およびドローンデータを用いたゴムノキ病害罹患地域検出システムの開発

4-2 画像と地域感染状況による教師データの作成

2021 年度は得られたデータを有効に活用するために画像から樹木の識別のための教師データ作成を先行して行った。

研究題目 5. インドネシアの次世代ゴムノキ病害抑制に係わる研究開発および社会実装基盤の構築

5-2 JICA 専門家のインドネシア渡航に併せた専門分野に関するセミナーの開催

この項目については、現地渡航が制限されていたため、2021 年度は行うことができなかった。そこで 2022 年以降にインドネシアへの入国が可能になることを待って渡航し、セミナー等を行う予定である。

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

・成果目標の達成状況とインパクト等

農薬や微生物剤の影響を調べるための温室新設や罹病木を選別するハイパースペクトルカメラの導入がされていないものの、IIRI の温室や UI のマルチスペクトルカメラを利用することでほぼ予定通り研究が進んだ。ただベースラインの調査として、インドネシアへの渡航制限により、ゴム

ノキの圃場での研究開始時点の観察が行えなかった。オンラインによるトレーニングコース（2022年7月予定）については、準備を順調に進めている。

- ・プロジェクト全体のねらい（これまでと異なる点について）

なし

- ・地球規模課題解決に資する重要性、科学技術・学術上の独創性・新規性（これまでと異なる点について）

現在地球には、約 600 億本のゴムノキがあり、SDGs における地球温暖化防止にも貢献しているとの報告が、2022 年 5 月 2-6 日 WEB で開催された XV World Forest Congress での発表があった。熱帯雨林の開墾により形成されたゴムノキ圃場であるものの、長年に渡る樹木の育成によりゴムノキを中心としたエコシステムが構成されることで樹液による産業と人工的な森林が共存している。また別にこのゴムノキの森林についてのアグロフォレストリーとして間作のマメ科植物栽培も報告されていた (*Sci Rep* 8, 17324 2018).

- ・研究運営体制、日本人人材の育成(若手、グローバル化対応)等

インドネシアゴム研究所、タイゴム研究所と日本人研究員の参加のもとにミーティングを行うことで同様の葉枯れ病の問題と対策について情報交換を行った。国際天然ゴム研究国際会議(IRRDDB)で、この SATREPS プロジェクトの紹介と日本人研究員栗原恵美子による化合物を用いた葉枯れ病駆除の進捗の報告を行った。

- ・人的交流の構築(留学生、研修等)

岐阜大学清水研究室に UI を卒業し、日本で研究をしていた Dr. Angelia Stephany がポストドクとして参加した。

(2) 研究題目 1 : 「ゴムノキ葉枯れ病に対する新規殺菌剤の候補化合物の開発」

日本側（リーダー：栗原恵美子）

インドネシア側（リーダー：IRRI, Tri Rapani Febbiyanti）

- 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

国内において葉枯病を引き起こす糸状菌(*Pestalotiopsis*, *Colletotrichum* として入手できたもの)に対して、作用点の異なる複数の農薬を処理し、有効な農薬を選抜した。ゴムノキ葉枯れ病を引き起こす糸状菌に対する農薬スクリーニングはこれまでに例がなく、また、ゴムノキ葉枯れ病に確実に効果のある農薬が定まっていないため、ゴム生産諸国へのインパクトも大きいと考えられた。

1-1 現有農薬の殺菌効果調査

37 種類の日本で販売されている農薬について、国内リソースセンターから入手した 3 種類 *Pestalotiopsis* と 3 種類の *Colletotrichum* を用いて寒天培地上でのこれら糸状菌の増殖阻害効果を検証した。

5 種類の農薬は、全ての *Pestalotiopsis* に対して増殖抑制効果を示し、3 種類の農薬は全ての *Colletotrichum* に対して 10 – 100 ppm の濃度で阻害効果を示した。Topsin と Quinondo については、IRRI において実際のゴムノキ葉枯れ病に感染した PB260 株、GT1 株から採取した *Pestalotiopsis* 菌と *Colletotrichum* 菌を用いて寒天培地で増殖阻害の試験を行った。Topsin と Quinondo とともに 10 ppm の濃度で *Pestalotiopsis* 菌と *Colletotrichum* 菌の増殖を抑制すること

【令和 3 年度実施報告書】【220531】

を確認した。特に **Quinondo** は、*Pestalotiopsis* 菌に強い増殖阻害効果を示した。一方、インドネシアで現在用いられている農薬の **Mancozeb** は、6 種全ての糸状菌に対してほとんど増殖抑制効果をほとんど示さなかった。本 SATREPS プロジェクトの紹介および 1-1 で検証した農薬の殺菌効果検証結果を 2021 年 8 月 4 日に栗原恵美子が IRRDB 学会で口頭発表した（論文作成中）（図 1）。

- Effective against *Pestalotiopsis*
- ③ **Quinondo** (80% 8-Hydroxyquinoline copper)
 - ⑬ **Getter** (12.5% Dietofencarb, 52.5% thiophanate methyl)
 - ⑳ **Berkut** (40% Iminoctadine albesylate)
 - ㉑ **Sclaire** (40% Mandestrobin)
 - ㉒ **Benrate** (50% Benomyl)
- Effective against *Colletotrichum*
- ④ **Topsin** (Thiophanate-methyl 80%)
 - ⑬ **Getter** (12.5% Dietofencarb, 52.5% thiophanate methyl)
 - ㉒ **Benrate** (50% Benomyl)

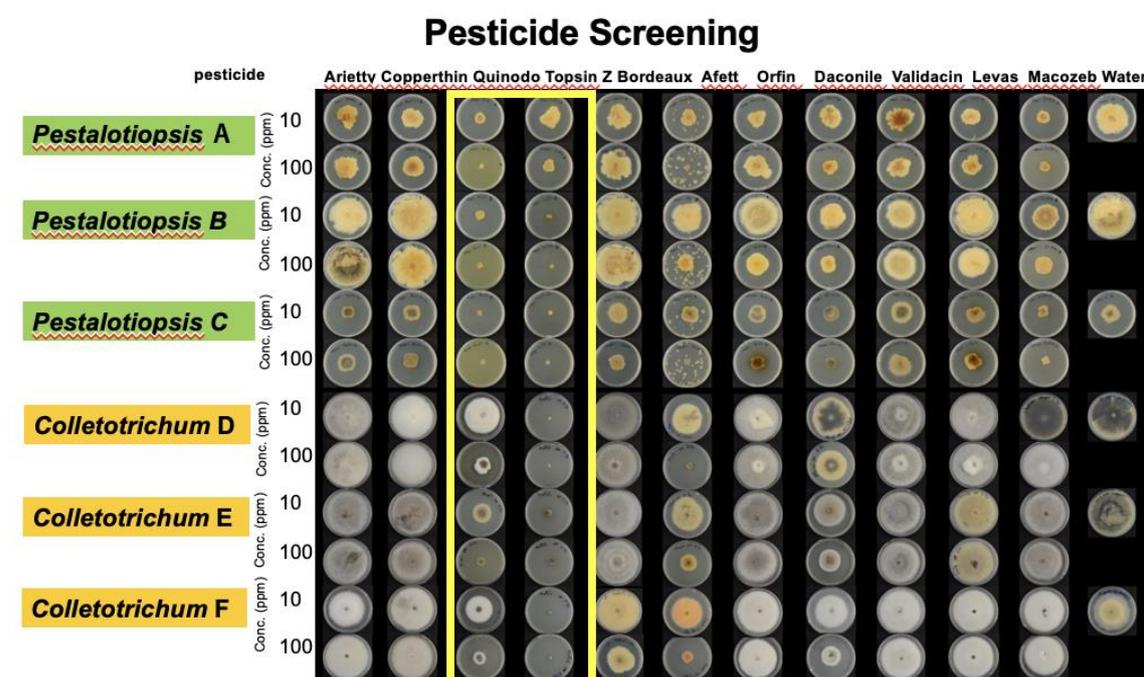


図 1 日本国内で販売されている農薬を用いたスクリーニング結果のまとめおよびスクリーニング画像（一部） 2021.08.04 Emiko Okubo-Kurihara IRRDB 学会

1-2 温室の芽接ぎ苗を用いた試験

Topsin と Quinondo を用いた芽接ぎ苗を用いた実験については、隔離温室でおこなうため、IRRI の温室を用いて試験をおこなった。

1-3 IRRI テスト圃場での有効性評価

WEB 会議において IRRI テスト圃場での有効性評価のための手順の話し合いを行った。

1-4 殺菌剤の病害防除に係わる作用メカニズム調査

日本国内市販の殺菌剤の防除におけるメカニズムを文献情報により調べた。

1-6 病原菌の薬剤耐性（AMR）の状況評価

薬剤耐性試験の方法について進め方を議論した。

② 研究題目 1 のカウンターパートへの技術移転の状況

IRRI へ国内農薬を送付し、現地のゴムノキから単離した葉枯れ病を引き起こす糸状菌に処理し、国内での結果同様、一定の菌増殖阻害効果があることを確認した。

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

当初は *Pestalotiopsis* 菌のみを対象にしていたが、研究の進行に伴い、*Colletotrichum* 菌も葉枯れ病の一因である可能性があるため、研究対象として *Pestalotiopsis* 菌に有効であると選抜していた農薬について *Colletotrichum* 菌においても抑制効果確認を進めた。

④ 研究題目 1 の研究のねらい (参考)

ゴムノキ葉枯れ病に対する新規殺菌剤の候補たり得る化合物が開発される。

⑤ 研究題目 1 の研究実施方法 (参考)

日本の農薬からゴムノキの *Pestalotiopsis* 菌感染を防除する候補を選抜し、それをインドネシアの実際に葉枯れ病に罹患している木で効果を検証する。実験室レベルから温室、圃場での試験に進める。

(3) 研究題目 2 : 「ゴムノキ葉枯れ病に対する新規微生物殺菌剤候補の微生物製剤の開発」

日本側 (リーダー: 清水将文)

インドネシア側 (リーダー: IRRI, Radite Tistama)

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

2-1 葉枯病増殖抑制共生微生物の選抜

ゴムノキの芽接ぎ苗 (Bud Stump) が IRRI から岐阜大学に送付された。

岐阜大学において、芽接ぎ苗より展開した葉から主に *Bacillus spp* を中心とする耐熱性共生細菌を 65 種類採取した。

国内リソースセンターより入手した日本産 *Pestalotiopsis microspora* 菌 5 株のゴムノキに対する病原性を調査し、2 株に顕著な病原性があることを明らかにした (論文作成中)。

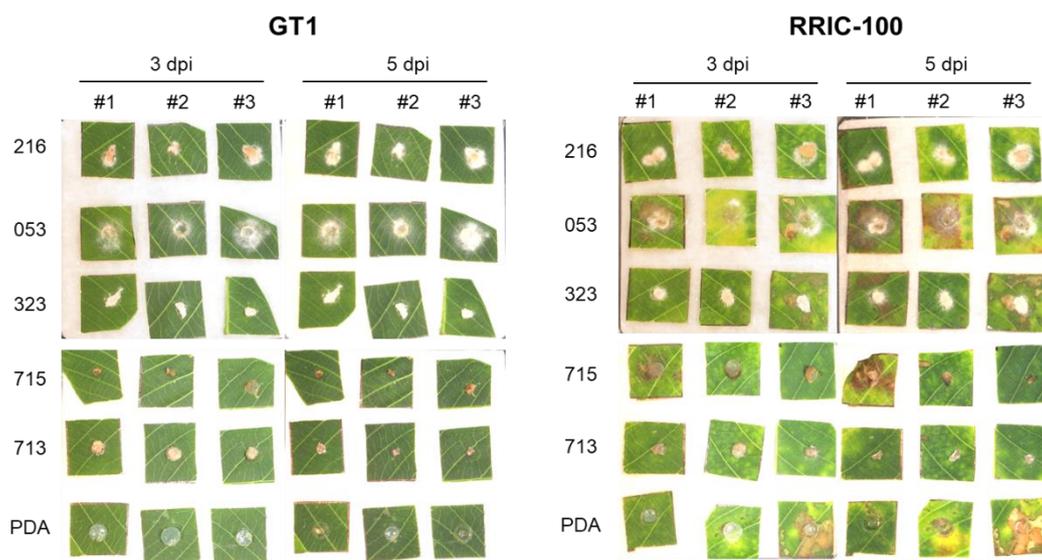


Fig 2. Inoculation trials using leaf segments (mycelial plugs). The segments were incubated for 2 days prior to inoculation to eliminate the defense response due to the cutting process. All inoculated spots were wounded right before inoculation. For each rubber tree clone, leaves from three individual trees were used. The segments inoculated with PDA disc served as negative controls. The images were taken 3 and 5 days post inoculation (dpi).

ゴムノキ病原性の *Pestalotiopsis microspora* 菌 2 株のうち、より病原性の強い菌株は孢子形成能が著しく低下していたため、接種葉からの再分離により孢子形成能が回復した菌株を獲得した。

上記の病原性菌株を用いて、共生細菌の葉枯れ病抑制効果を評価するためのバイオアッセイ法（切葉試験および葉ディスク試験）の条件検討を進めている。

2-2 温室の芽接ぎ苗を用いた試験

IRRI では、ゴムノキの葉より採取した細菌 20 菌株の寒天培地上での *Pestalotiopsis* 菌に対する抗菌活性および切葉上での葉枯れ病斑抑制効果を予備試験し、抗菌性を示す 4 菌株と病斑抑制効果を有する 1 菌株を選抜した。芽接ぎ苗実験は、IRRI の新設温室を用いて実験予定である。

2-3 候補微生物株の葉枯れ病発病抑制機構、感染条件等の解析

ゴムノキの葉を用いた候補微生物の感染条件について発病抑制機構のための実験条件について話し合いを行った。

2-6 候補微生物株の天然ゴム乳液特性に及ぼす影響評価

天然ゴム乳液で計測すべき項目について継続して話し合いを進めた。

② 研究題目 2 のカウンターパートへの技術移転の状況

リーフディスクやゴムノキの葉への接種による病害抵抗性試験の方法について、IRRI への技術移転及び共有を行なった。

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

Pestalotiopsis 菌以外に *Neopestalotiopsis* 菌も葉枯れ病の原因菌である可能が考えられた。

④ 研究題目 2 の研究のねらい（参考）

ゴムノキ葉枯れ病に対する新規微生物殺菌剤の候補たり得る微生物製剤が開発される。

⑤ 研究題目 2 の研究実施方法（参考）

Pestalotiopsis 菌の増殖を抑制する微生物を単離し、それをインドネシアにおいて実際にゴムノキ葉枯れ病に対しての効果を検証する。

(4) 研究題目 3 : 「ゴムノキ葉枯れ病抵抗性クローンの作出」

日本側（リーダー：蒔田由布子）

インドネシア側（リーダー：IRRI, Fetrina Oktavia）

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

ゴムノキ葉枯れ病抵抗性クローンの作出においては、ゲノム選抜法による育種の高速化を目指している。そのための準備としてインドネシアでは親株を掛け合わせた F1 世代 100 個体分のサンプルを用意した。日本側ではサンプルを受け取り、DNA 抽出と次世代シーケンサーによるシーケンスを完了した。

3-1 IRRI ゴムノキ系統の遺伝子多型およびトランスクリプトーム解析に基づく葉枯れ病抵抗性株作成の作成手順の決定

Genome wide accession study (GWAS) 解析に用いるためにラテックス高生産性系統 PB 260 と多病害抵抗性が高い系統 RRIC 100 の F1 個体の解析を進めることにした。

3-2 葉枯れ病耐性株の掛け合わせクローンの解析による抵抗性ゲノム領域、育種マーカーの特定

PB 260 x RRIC 100 の F1 個体、100 系統の個々の葉を用いてゲノム DNA の調製をおこなった。

3-3 育種マーカー指標による交雑育種

育種マーカーの同定のために 100 系統のゲノムシーケンス解析を行った。

② 研究題目 3 のカウンターパートへの技術移転の状況

ゲノム選抜法に必要な遺伝型データ取得のため、DNA 抽出をインドネシアでテストしたところ、色素が十分に切り切れておらず、輸送中に DNA が分解してしまう問題が生じた。プロジェクトでは、日本側で DNA を抽出して進めたが、Hevea における DNA の抽出の注意点を共有した。

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

現在のところ計画通り進んでいる。

④ 研究題目 3 の研究のねらい（参考）

ゴムノキ葉枯れ病に抵抗性のある新規のパラゴムノキ(*Hevea brasiliensis*)クローンが作出される。

⑤ 研究題目 3 の研究実施方法（参考）

計画的な育種のために GWAS, GS 等のゲノム育種手法を用いることができるように数百系統のゴムノキクローンのゲノム解読を行う。

(5) 研究題目 4 : 「人工衛星およびドローンデータを用いたゴムノキ病害罹患地域検出システムの開発」 日本側（リーダー：加瀬究）

インドネシア側（リーダー：UI, Supriatna, M.T.）

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

4-1 ゴム圃場の人工衛星、ドローン画像の取得

深層学習用のトレーニングデータとして衛星画像については主にオープンアクセスのものから、取得した。ドローンデータは、2022 年 3 月に UI のマルチスペクトルカメラを用いてゴムノキ圃場の計測を行った。

4-2 画像と地域感染状況による教師データの作成

ゴムノキおよびそれ以外の植生データについて深層学習用の学習 (training) が前倒しで進んだ。

4-6 インドネシア各地のゴム小自作農家からの葉枯れ病罹患木写真と位置情報による感染度合いの定量評価

協力していただけるインドネシア各地のゴム小自作農家の地域の選定の検討を始めた。

② 研究題目 4 のカウンターパートへの技術移転の状況

衛星画像の深層学習においては進捗確認済みであり、実務的な困難が予想されるドローン画像データ取得も計測が UI のドローンを用いて行われた。

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

現在のところ計画通り進んでいる。深層学習用の学習 (training) が前倒しで進んだ。

④ 研究題目 4 の研究のねらい（参考）

人工衛星およびドローンから取得したデータを用いたゴム圃場の AI イメージング解析によるゴムノキ病害罹患地域検出システムが開発される。

⑤ 研究題目 4 の研究実施方法（参考）

ゴム圃場について衛星画像の解析とマルチスペクトルカメラ搭載のドローンにより、ゴム圃場の

ゴムノキの育成状況と罹病状況を AI により解析を行うことで、罹病の早期発見を行う。

(6) 研究題目 5: 「インドネシアの次世代ゴムノキ病害抑制に係わる研究開発および社会実装基盤の構築」
日本側 (リーダー: 松井南)

インドネシア側 (リーダー: IRRI; Thomas Wijaya, UI; Retno Lestari)

① 研究題目 5 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

5-2 JICA 専門家のインドネシア渡航に併せた専門分野に関するセミナーの開催

インドネシアの渡航制限により 2021 年度は、セミナーを開催しなかった。

5-3 ゴムノキ葉枯れ病対策のインドネシア国内の関係機関 (研究機関、行政機関、民間企業、農民等) を対象とした定期セミナーと会合

2021 年 12 月 15 日のキックオフミーティングでは、インドネシア大学数理科学部(FMIPA)前学部長 (Rokhmatulah 教授) とインドネシアゴム研究所所長(Aang Munawar 博士)からそれぞれの機関の説明と SATREPS プロジェクトの概要説明、インドネシア農業省 (Saleh Mokhtar, MP) からインドネシアの葉枯れ病についてこのプロジェクトへの期待、天然ゴム国際機関 (Abdul Aziz S.A. Kadir 博士) からインドネシアを含めた東南アジアのゴムノキの葉枯れ病についての現状の講演とこのプロジェクトへの期待をいただいた。

5-4 国際会議でのプロジェクト研究成果の発表

2021 年 8 月 4 日の IRRDB Annual meeting on *Pestalotiopsis* において松井が本 SATREPS 研究の目的と進捗の口頭発表を行った。(参加者: 天然ゴム生産国 18 ヶ国、ゴム研究所研究者等約 50 名)

② 研究題目 5 のカウンターパートへの技術移転の状況

2023 年度より文部科学省博士後期課程留学生 SATREPS 枠に長期博士課程留学生 1 名が採用され、その受け入れを進めた。

2022 年度の JICA 専門家によるオンラインでの短期研修を進める予定である(2022 年 7 月)。

③ 研究題目 5 の当初計画では想定されていなかった新たな展開

なし

④ 研究題目 5 の研究のねらい (参考)

インドネシアにおける次世代のゴムノキ病害抑制に係わる研究開発および社会実装に向けた基盤が構築される。

⑤ 研究題目 5 の研究実施方法 (参考)

将来のインドネシアの天然ゴム研究を牽引する人材育成のために長期博士課程留学生としての受け入れと、JICA 専門家による現地または、オンラインでの短期研修を行う。

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）

WEB 会議を適宜行うことおよびサンプルの適切な輸入により、各プロジェクトは、ほぼ予定通り進んでいる。ただ現地の事前調査が入国制限のために完了していない。そこで 2022 年度は、Covid-19 の終息の状況およびインドネシア側の入国状況を随時調べて SEMBAWA への渡航を行うことで事前調査を行い、IRRI の研究員と直接議論することでインドネシアでの研究のさらなる推進を行う。

1. 研究項目 0 スマトラの IRRI 本所のゴム圃場、近郊の Banyuasin 県の小作農村と農民のゴムノキ圃場の葉枯れ病の状況や農家の対策について視察を行う。
 2. 研究項目 1 葉枯れ病菌に対する日本の農薬を用いた菌の成長阻害実験から 2 つの有効な農薬候補を選抜した。1 種については日本国内のみで販売されている農薬であり、もう 1 種はインドネシア国内でも入手可能な農薬であった。この農薬は、インドネシアで単離した葉枯れ病菌に対しても有効な生育阻害効果を確認しており、次のステップとして IRRI において温室でゴムノキの苗木を用いた実験を行う。また新たな温室の設置を進め、迅速に農薬の葉枯れ病に対する効果を調べる。効果が有効であるものに関しては、インドネシアにおいて入手できるものはそのまま使用を継続し、日本国内のみで入手可能なものについては、日本国内の販売会社およびインドネシア農業省との話し合いにより、継続使用が可能かを判断する。
 3. 研究項目 2 ゴムノキの葉表面および内部に共生する細菌の単離を岐阜大と IRRI において進めており、葉枯れ病菌の成長や病斑進展に対して阻害効果を示す複数の候補株を得た。今後も引き続き候補細菌株の選抜を進めるとともに、日本で選抜した候補細菌株を IRRI に送付し、ゴムノキ葉枯れ病に対する防除効果の確認を行う予定である。
 4. 研究項目 3 ゲノムを基盤とした育種のために病害抵抗性に関わるゲノム領域を同定する目的でゴムノキのクローンのゲノム解析を進めた。2022 年度は 100 個体のゲノム配列決定を行う予定である。ゴムノキクローンのゲノム解析手順は、輸送方法も含めて 2021 年度に確立を行い、先行する 100 クローンのゲノム配列決定が完了した。
- 研究項目 4 オープンアクセスの衛星画像を深層学習用のトレーニングデータとして取得した。ドローンデータは、2022 年 3 月に UI のマルチスペクトルカメラを用いてゴムノキ圃場の計測を行った。2022 年度は、このデータ収集をさらに進め、葉枯れ病の予測のための学習を進める。
5. 研究項目 5 2022 年度はじめの 6 月に JCC を予定しており、その後 2 週間の Short-term training course をインドネシアのゴム研究を牽引するリーダーを対象に WEB でおこなう。Covid-19 の終息を随時調べ、9 月くらいに理研、岐阜大の研究者がインドネシアに赴き研究の進捗の確認と現地視察を行う。2023 年度募集の文部科学省留学生の応募を 2022 年度に引き続き行う。
 6. その他、同じ葉枯れ病がゴムノキ圃場で問題になっているマレーシア、タイ、インドのゴム研究所と会議を開き、情報交換を進めることでこの葉枯れ病の駆除に対する迅速な対策を講じる。

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

- ・プロジェクト全体の現状と課題、相手国側研究機関の状況と問題点、プロジェクト関連分野の現状と課題。

インドネシアは、2022年5月現在、レベル2の入国制限国であり、入国が可能になりつつある。

今までオンラインを中心に進めてきたプロジェクトの進捗について実際にインドネシアの連携機関に訪問して議論することが今年度の課題である。また2022年度になり業務調整員の募集、選考が始まり、いままで打ち合わせを行ってきた温室の設置やドローン、農薬噴霧器などプロジェクトに必須の機器購入が可能になることでプロジェクトが進むことが期待される。

オンライン会議を通じた情報交換や研究試料の解析は、想定通り進んでいる。一方、必須機器に頼るプロジェクト、例えば葉枯れ病の進行状況の把握などは、情報収集に制限がある。

温室は、葉枯れ病の評価に重要な施設である。温室の設置を迅速に進めて、葉枯れ病に有効な化合物、微生物剤の評価と圃場への展開を進めたいと考える。

- ・各種課題を踏まえ、研究プロジェクトの妥当性・有効性・効率性・インパクト・持続性を高めるために実際に行った工夫。

プロジェクトを天然ゴム生産国に紹介する目的で国際天然ゴム生産国会議(IRRDB)の年会でプロジェクト紹介を行った。またこのIRRDBの葉枯れ病対策の国際ネットワークに加わることで、情報の発信とインドネシアを含む他のゴム生産国の現状を得ることができるようになった。

国内においては、日本ゴム協会の開催するゴム技術フォーラムでの発表や、日本ゴムトレーディング協会での発表、蒔田研究員が理研DAYでの一般の方への紹介を行った。

さらに日本で選抜したゴムノキ葉枯れ病に有効な農薬について、同じ葉枯れ病がゴムノキ圃場で問題になっているマレーシア企業、タイゴム研究所に送り、それぞれの国で評価をしていただいた。

- ・プロジェクトの自立発展性向上のために、今後相手国（研究機関・研究者）が取り組む必要のある事項。

プロジェクトの自立的発展のためには、UIおよびIRRIがこのSATREPSを機会に自立して予算を獲得することが重要である。実際、UIでは、このゴムノキのリモートセンシングの課題でいまままでにNational Research and Innovation Agency/Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN)および学内の研究経費を複数取得し、自立的な研究活動を進める基盤を作っている。またIRRIでは、国内研究費、国際連携研究費の申請を進めている。

- ・諸手続の遅延や実施に関する交渉の難航など、進捗の遅れた事例があれば、その内容、解決プロセス、結果。

主には、Covid-19によるインドネシア入国の規制と業務調整員の募集が遅れたことによるインドネシアでの研究機材の供給が遅れている。2022年度から業務調整員の募集が始まり、主に物品の整備に関する遅延は回復できると考えている。

- ・相手国側研究機関との共同研究実施状況と問題点、問題点を克服するための工夫、今後への活用。

研究題目 1 : 「ゴムノキ葉枯れ病に対する新規殺菌剤の候補化合物の開発」

日本側（リーダー：）栗原恵美子

インドネシア側（リーダー：）Tri Rapani Febbiyanti

インドネシアのゴムノキの葉枯れ病が日本に輸入できないため、日本の菌類ストックセンターから数種類の *Pestalotiopsis* 菌、*Colletotrichum* 菌を入手し、化合物（農薬）のこれら病害菌の増殖阻害効果実験を行なった。また農薬のインドネシアでの登録状況を調べることで実際にインドネシアでも入手可能な農薬を優先して選ぶことで相手国での速やかな実装を考えた。

研究題目 2 : 「ゴムノキ葉枯れ病に対する新規微生物殺菌剤候補の微生物製剤の開発」

日本側（リーダー：）清水将文

インドネシア側（リーダー：）IRRI, Radite Tistama

インドネシアのゴムノキの葉枯れ病菌が日本に輸入できないため、日本の菌類ストックセンターから数種類の *Pestalotiopsis* 菌を入手し、これら病害菌に対するゴムノキ共生細菌の防除効果実験を行なった。また開発した微生物剤のインドネシアでの登録過程を調べることで相手国での速やかな実装を考えた。

研究題目 3 : 「ゴムノキ葉枯れ病抵抗性クローンの作出」

日本側（リーダー：）蒔田由布子

インドネシア側（リーダー：）IRRI, Fetrina Oktavia

インドネシア側からゲノム解析に必要な DNA 資材を提供してもらい、ゲノム配列解析を進めた。事前にオンラインで送付時期について綿密な相談をすることで問題なく進めることができた。

研究題目 4 : 「人工衛星およびドローンデータを用いたゴムノキ病害罹患地域検出システムの開発」

日本側（リーダー：）加瀬究

インドネシア側（リーダー：）UI, Supriatna, M.T.

人工衛星画像からのデータの抽出について、オンライン会議で綿密な相談を行なった。UI の所有するマルチスペクトルカメラが掲載されたドローンを用いてゴムノキ圃場の撮影データを取得した。またデータ解析についても予定よりも先行して解析を開始した。

研究題目 5 : 「インドネシアの次世代ゴムノキ病害抑制に係わる研究開発および社会実装基盤の構築」

日本側（リーダー：）松井南

インドネシア側（リーダー：）IRRI; Thomas Wijaya, UI; Retno Lestari

相手側リーダーと綿密なオンライン会議を行うことで、問題なく進められた。入国ビザの担当が新設の BRIN の管轄になるなど新たなインドネシア側に変更があったが、インドネシア側の協力で順調に進められた。

IV. 社会実装（研究成果の社会還元）（公開）

(1) 成果展開事例

2021年8月4日に行われた「International Rubber Research Development Board (IRRDB) Annual meeting on *Pestalotiopsis*」で松井が SATREPS プロジェクトの概要説明を行った。インドネシア IRRI から Dr. Febbiyanti が関連する内容を説明した。また同学会で栗原恵美子研究員がゴムノキ葉枯れ病に抵抗性を与える日本の農薬について説明を行った。

(2) 社会実装に向けた取り組み

IRRDB Annual meeting on *Pestalotiopsis* で紹介したゴムノキ葉枯れ病に抵抗性を与える日本の農薬について、マレーシアのゴムノキ栽培企業、インドネシアにプランテーションを有する日本企業からの問い合わせがあり、農薬情報と化合物試料提供を行なった。また同様の葉枯れ病が問題となっているタイ天然ゴム研究所へ農薬情報と化合物試料を提供した。

V. 日本のプレゼンスの向上（公開）

2021年12月15日オンラインで行ったこのプロジェクトのキックオフミーティングで、このプロジェクト関係者のみならず、インドネシア農業省農園総局 (Direkur Perbenihan Perkebunan, Direktorat Jendral Perkebunan, Kementerian Pertanian)、農業省作物総局 (Directorate General of Estate Crops, Ministry of Agriculture)、からの現在インドネシアが直面しているゴム農園における葉枯れ病の被害とこのプロジェクトへの期待について、国際ゴム研究開発委員会事務総長 (Secretary General International Rubber Research & Development Board) からインドネシア、タイ、マレーシア、スリランカの葉枯れ病被害についての説明とこのプロジェクトへの期待について意見があった。

以上

VI. 成果発表等

(1) 論文発表等【研究開始～現在の全期間】(公開)

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。)

論文数 0 件
 うち国内誌 0 件
 うち国際誌 0 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。)

論文数 0 件
 うち国内誌 0 件
 うち国際誌 0 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

著作物数 0 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
			招待講演 0 件
			口頭発表 0 件
			ポスター発表 0 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													

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													

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

0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

0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	Aug. 4	International Rubber Research Development Board (IRRDB) Annual Conference Annual meeting on Pestalotiopsis	Webinar	50	非公開	松井南がSATREPSプロジェクトの概要説明を行った。インドネシアIRRIからもDr. Febbi が関連する内容を説明した。
2021	Aug. 4	IRRDB Annual Conference Annual meeting on Pestalotiopsis	Webinar	50	非公開	栗原恵美子がゴムノキ葉枯れ病に抵抗性を示す日本の防カビ剤について説明を行い、マレーシアのゴム企業、タイ天然ゴム研究所へ有効な化合物を試供した。

2 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

Overall Goal

プロジェクトが開発したゴムノキ葉枯れ病に対する複合的防除技術がインドネシア全国で利用できるになっている

プロジェクトで開発の化合物、微生物製剤がインドネシアで販売されている
 開発した葉枯れ病耐性クローンが販売提供されている
 開発した「ゴムノキ病害罹患地域検出システム」サービスが提供されている

Project Purpose

ゴムノキの葉枯れ病を効果的に予防対策できる複合的技術が開発される



成果の波及効果

研究課題名	ゴムノキ葉枯れ病防除のための複合的技術開発
研究代表者名 (所属機関)	松井 南 (理化学研究所)
研究期間	R2採択 (令和2年8月1日～令和8年3月31日)
相手国名/主要相手国研究機関	インドネシア/ インドネシアゴム研究所、 インドネシア大学
関連するSDGs	主関連SDGs目標(目標12)、関連SDGs(目標13,15)

日本政府、社会、産業への貢献	<ul style="list-style-type: none"> ・天然ゴム産業に対する貢献 ・日本企業を始め世界のゴム需要の安定的供給 ・日本の国際的リーダーシップとアジア連携
科学技術の発展	<ul style="list-style-type: none"> ・葉枯れ病菌の同定 ・葉枯れ菌増殖阻害化合物、微生物の開発、単離 ・葉枯れ菌耐性株の開発
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"> ・病害耐性に関わる遺伝子領域特許 ・天然ゴム研究のゲノム基盤の構築 ・病害耐性化合物、微生物剤の特許 ・ゴム農業生産の安定化
世界で活躍できる日本人人材の育成	<ul style="list-style-type: none"> ・東南アジアと連携し協働できる若手研究者の育成 ・天然ゴム育成研究を通じた東南アジアでの研究主導者
技術及び人的ネットワークの構築	<ul style="list-style-type: none"> ・情報科学技術教育を通じた国際連携 ・ゲノム育種技術教育を通じた国際連携 ・インドネシア、日本に跨がる研究ネットワークの形成
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"> ・天然ゴムの品種間ゲノム比較に関する論文 ・病害抵抗性に関するゲノム領域データ ・病害抵抗性に関わる品種データ ・衛星、ドローン画像解析による病害感染領域探索のためのプログラム