

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「生物的硝化抑制 (BNI) 技術を用いたヒンドウスタン平原に

おける窒素利用効率に優れたコムギ栽培体系の確立」

採択年度：令和3年（2021年）度/研究期間：5年/相手国名：インド

令和4（2022）年度実施報告書

国際共同研究期間^{*1}

2022年8月28日 から 2027年8月27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： 飛田 哲

国際農林水産業研究センター・特定研究主査

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 (12ヶ月)
<p>1. インド優良コムギ品種への BNI 能の導入</p> <p>1-1 インド優良コムギ品種と BNI 強化国際コムギ系統の交配</p> <p>1-2 戻し交配による遺伝的固定と BNI 能の確認</p> <p>1-3 BNI 強化インド優良コムギ系統の圃場試験</p> <p>1-4 普及を進めるべき BNI 強化インド優良コムギ系統の選定</p>		<p>Lr#n 短腕導入系統の育成</p> <p>Lr#n 短腕導入インド優良コムギ系統</p>	<p>BC2F2 世代の BNI 能確認</p> <p>BC4F2 世代の BNI 能確認</p> <p>BC2F2 での予備試験</p> <p>BC4F2 での試験</p>	<p>BC4F2 世代の農業形質情報</p>	<p>普及に向けた BNI 強化インド優良コムギ系統</p>	
<p>2 BNI の分子的機作の解明</p> <p>2-1 BNI 強化コムギ系統に導入された Lr#n 短腕の短縮に向けた分子マーカーの開発</p> <p>2-2 Lr#n 短腕を短縮、導入した同祖染色体組換え系統による BNI 関連遺伝子の探索</p> <p>2-3 Lr#n 短腕を導入した国際コムギ系統の BNI 物質の同定</p>		<p>Lr#n 短腕由来の遺伝子の単離とマーカーの開発</p>	<p>開発した分子マーカーによる Lr#n 短腕の詳細マッピング</p> <p>Lr#n 短腕内の BNI 関連遺伝子に関する情報</p>	<p>選抜マーカーとしての BNI 物質活用プロトコル</p>	<p>BNI 物質の圃場における動態の解析</p>	
<p>3 BNI の土壌窒素動態への影響の評価</p> <p>3-1 BNI 強化国際コムギ系統導入による土壌窒素動態への影響調査</p> <p>3-2 BNI 強化コムギ系統の導入がコムギ栽培体系の土壌窒素収支に及ぼす影響の評価</p> <p>3-3 BNI 能を持つインド優良コ</p>		<p>窒素動態測定に適した圃場の選定</p>	<p>BNI 強化国際コムギ系統を用いた土壌窒素動態の解析</p> <p>BNI 強化コムギ系統における窒素収支モデルの構築</p>	<p>BNI 強化コムギ系統導入前後の窒素収支の解析</p>		

ムギ系統による土壌窒素動態への影響の確認			BC4F2での試験	BNI強化インド優良コムギ系統を用いた土壌窒素動態の解析
<p>4 BNI強化コムギ品種導入による地球環境ならびに農家経済へのインパクトの評価</p> <p>4-1 ヒンドウスタン平原のコムギ栽培農家における営農調査</p> <p>4-2 BNI強化コムギ系統の導入適地の明示</p> <p>4-3 BNI強化コムギ品種の導入効果の実証と環境ならびに農家経済へのインパクト事前評価</p> <p>4-4 BNI強化品種の普及に向けたステークホルダーへの啓蒙活動</p> <p>4-5 広告物の作成</p> <p>4-6 政策提言ペーパーの作成と手交</p>	<p>コムギ栽培農家のベースライン調査</p>	<p>BNI強化国際コムギ系統の広域多地点栽培試験</p> <p>BNI強化国際コムギ系統の地域適応性</p>	<p>BNI強化国際コムギ系統を使用した参加型栽培試験</p> <p>ステークホルダーのBNI技術への理解向上</p>	<p>窒素収支と農家経済を両立するためのBNI強化コムギ系統の事前評価</p> <p>BNI強化コムギ系統の利用に向けた枠組み</p> <p>BNI強化コムギ系統の利用に向けた広告物</p> <p>BNI強化コムギ系統の利用に向けた政策提言</p>

(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)

構想に大きな変更はない。

1. 計画の実施状況と目標の達成状況 (公開)

R4 年度前半は、新型コロナウイルス感染症の拡大により、研究推進に係るインド側カウンターパートとの打ち合わせや連絡は、メールベースあるいはオンラインによって行ってきた。8 月にはプロジェクト開始以来はじめてメンバーのインドへの渡航が叶い、9 月 2 日にデリーのインド農業研究委員会 (ICAR) の Pusa キャンパスにある NASC (National Agricultural Science Complex) 内において、本 SATREPS プロジェクトのキックオフ会議を開催した。この会議には、SATREPS プロジェクト関係機関 (日本側:国際農研、鳥取大学、インド側: ボーローグ南アジア研究所 (BISA)、インド国立小麦大麦研究所 (IIWBR)、インド中央土壌塩類研究所 (CSSRI)、インド国立農業研究所 (IARI)) の研究者の他、ICAR 総裁 Dr. Trilochan Mohapatra (JCC Chair)、国際トウモロコシコムギ改良センター (CIMMYT) 所長 Dr. Bram Govaerts、同センターの著名なコムギ育種研究者 Dr. Ravi Singh も参加し、総勢約 20 名の参加があった。開会に際し、ICAR 総裁 Dr. Mohapatra より、SATREPS プロジェクト及び BNI 強化コムギについて、インド政府からの低窒素コムギ生産への要請 (肥料価格高騰に対応したのもの) から、このプロジェクトが時機を得たものであるとして、期待の高さが示された。また、CIMMYT 所長 Dr. Govaerts より、CIMMYT としても、国際農研と共同開発した BNI 強化コムギの社会実装に

向けた取り組みに BISA との協働ができることは有意義との表明があった。その後、SATREPS インド側関係者各々から、現在までの準備状況（BNI 強化コムギの種子増殖や多地点試験での施肥試験に向けた予備試験）の説明と、今後の研究の展開に対する期待が述べられた。日本側関係者からは、まず日本からオンライン参加した研究代表者がプロジェクトの準備から採択、実施に至るまでの経緯とインド側研究機関への期待を述べた。次に、参加した研究者らが、現在とこれからの BNI コムギ研究への関わりについてそれぞれ紹介を行った。

その後、ハリヤナ州 Karnal の ICAR-IIWBR 及び ICAR-CSSRI（中央塩類土壌研究所）、パンジャブ州 Ludhiana の BISA-Ludhiana を訪問し、具体的な試験研究の実施、とりわけ研究題目 3 の活動である BNI 強化コムギの多地点試験に関して、現場での対面の打ち合わせを行うことができた。すなわち、多地点試験実施圃場（パンジャブ州 Ludhiana、マディヤプラデシュ州 Jabalpur、ビハール州 Samastipur の BISA 各圃場）において、2022 年 11 月にコムギの播種が行われ、BNI 強化コムギ及び親系統（国際品種である Munal、BNI 強化 Munal・Roelf F2007、BNI 強化 Roelf F2007）の栽培試験が開始され、圃場管理にも問題なくコムギが順調に生育していることを確認した。さらに研究題目 1 では、Lr#N-SA 導入に向けた交配及び遺伝解析に向け、ハリヤナ州 Karnal の IIWBR 及びニューデリーの IARI で BNI 強化コムギの播種が完了しており、これらが順調に生育していることも確認した。まだ COVID-19 の影響が残る中、これら現地での主要な活動が無事にスタートできたことの意義は大きい。

2022 年 11 月に、国際農研が主催した第 4 回 BNI 国際コンソーシアム会議(@つくば)に本 SATREPS のインド側研究代表者 (Dr. Uttam Kumar) ら 2 名を招へいた。会議の中では、欧米など世界の BNI 研究者に向けて、Dr. Kumar 自身がインドでの BNI 強化コムギの社会実装に向けた SATREPS の取り組みを紹介した。BNI 強化国際コムギ品種をまずインドに導入し、その効果を現地で実証することが BNI 技術普及の鍵であることが改めて確認された。

(1) 研究題目 1 「インド優良コムギ品種への BNI 能の導入」

国際農研（リーダー：G. V. スバラオ）、[農研機構（リーダー：寺沢洋平）]

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

BNI 強化国際コムギ系統 (BNI-Munal と BNI-Roelf) ならびに親品種 (Munal と Roelf) について、現地のコムギ作期に合わせ BISA の 3 つの圃場（パンジャブ州 Ludhiana、マディヤプラデシュ州 Jabalpur、ならびにビハール州 Samastipur）に加え、BISA と共同してインド側で研究を進める IIWBR、CSSRI（ともにハリヤナ州 Karnal）ならびに IARI（デリー-Pusa）の圃場にて 11 月に播種を行い、窒素施肥への応答を確認するため、施肥量を分割法によって処理区を配置した圃場で栽培中である。また、交配の母本となるインド優良コムギ品種についても、それぞれの地域のエリート品種を対照品種として播種、栽培を行った。また、インド優良品種への交配については、メガ品種（1000 万 ha 程度をカバーする品種）に対する交配がカウンターパート機関（BISA、IIWBR、IARI）で進んでおり、BC2F1 のス



写真：キックオフ会議の様子

ページにある。今後の世代促進により BC2F4 の段階で BNI 形質ならびに農業形質に対して選抜を行い、多地点圃場試験に移行することとした。インド優良品種の多くは CIMMYT 国際品種を背景にしており、交配元の BNI-Munal とは特性が非常に似ているであろうことから、雑種後代の農業形質の変異は大きくないと思われる。

② 研究題目 1 のカウンターパートへの技術移転の状況 :

施用窒素に対する BNI 強化系統の応答を多地点で調査する多地点試験については、供試品種や処理の水準、圃場における試験区の配置法、調査項目や時期などを基本的に統一し、それぞれの圃場には同じデザインのサインボードが立てられた。一方で、奨励施肥量に対する相対的な量を処理水準としており、地点によってその地域の奨励施肥水準が異なるため、施肥の絶対量が地点間で異なっており、このことが多地点の結果をお互いに比較する際の障壁になる可能性はある。また、農家では実施していない無施肥区での栽培は、生理学や土壌化学においては意味があるが、栽培学的にはあまり意味がないのではという議論もある。いずれにせよ多地点圃場試験については、インド各地の状況に応じて条件や手法を変更する必要があることを認識した。

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

多地点試験における BNI 能の発現をコムギの生育量を指標にして比較すると、日本での試験と同様、施肥量が少なく地力窒素への依存度の高い条件で大きい傾向が確認された。地力窒素は易分解性の土壌有機物中の有機態窒素であり、土壌中では無機化されアンモニア態窒素として硝化されることから BNI 能がより発現されるものと考えられる。一方多地点間での比較から（データが揃わないので限定的ではあるが）、Pusa や Ludhiana に比べ地力窒素が低い Jabalpur で BNI の効果が高く発現しているように見受けられた。有機態窒素は硝化の前に無機化のプロセスを経るので BNI 効果が見えにくかったのかもしれない。これらは BNI 強化コムギを広範に利用する上で重要な知見となると考えられる。日本での制御された試験と化学分析を通じて確認することとしたい。

④ 研究題目 1 の研究のねらい（参考） :

BNI 強化国際コムギ系統をドナー品種、インドのヒンドゥスタン平原各地域の優良品種をレシピエント品種とした交配によりインドの優良コムギ品種に BNI 能を導入する。

⑤ 研究題目 1 の研究実施方法（参考） :

戻し交配と選抜を繰り返すことによって、3 年目までに遺伝的に安定で BNI 能が向上したインド優良コムギ系統（それぞれの交配組み合わせで 10 程度）を得る。

(2) 研究題目 2 : 「BNI の分子的機作の解明」

国際農研（リーダー：吉橋忠）、[鳥取大学（リーダー：石井孝佳）]

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

国際農研と CIMMYT との共同研究によって、コムギの標準品種 Chinese Spring を背景とし *Leymus racemosus* の染色体 Lr#N 全短腕が転座した系統(Tr.#3)、および短腕の一部を欠損した系統(Tr.#7)が作成されている。本プロジェクトでこれらの系統を材料とし、そのそれぞれについて BNI 能の評価を実施したところ、短腕の一部の欠損系統が全短腕転座系統とは異なる BNI 能を示すことが確認された。これらの系統が CIMMYT から鳥取大学に提供され、遺伝子マーカーの開発が開始された。

BNI 物質については昨年度までに、BNI-Munal 及びその親系統である Munal をグロースチャンパー

にて 30 日育成し、0.5 mM 塩化アンモニウムで好氣的に BNI を誘導した根滲出液を常法により取得した。BNI-Munal からは 50,000ATU (アシルチオ尿素当量) 以上の親水性 BNI 活性抽出物とともに、根表面疎水性物質を抽出した 30,000ATU の疎水性 BNI 活性抽出物を得ており、今年度は HPLC (高速液体クロマトグラフィー) による分画を進めた。さらに、同様の処理を行った Munal の親水性、疎水性 BNI 活性抽出物も取得し、親系統の BNI 活性は極めて低いものの、BNI 物質の単離を行う際の比較参照として使用することとした。

鳥取大学において、国際農研から提供された BNI 強化コムギ材料の種子増殖を実施した。また、BNI 染色体を含む系統の選抜のための簡便な PCR マーカーの選抜を行った。既報の *Leymus racemosus* N 染色体特異的 PCR マーカー (309_s81289) の有効性を、BNI 強化コムギ系統を対象材料として検討した結果、309_s81289f(5-AGTCATGCTAAGTAATTGAGGCTTGGG-3) と 309_s81289r(5-AGACGTAGCGACTCGATCAACAATAAG-3) を用いることで BNI 強化系統と非 BNI 系統を識別する事ができた。一方 309_s81289 は非 BNI 系統にバンドを確認できなかったことから、この選抜手法のエラーの確認ができないことも分かった。

② 研究題目 2 のカウンターパートへの技術移転の状況

Lr#N-SA を判別する PCR マーカーを BISA に供与した。インド側での検証も行われ、問題なく使用できることを確認した。一方で、マーカーによる選抜と GISH 法とのマッチングの確認が必要であり、顕微鏡の供与とプロトコルの移転を予定している。

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

本年度に該当なし

④ 研究題目 2 の研究のねらい (参考)

BNI と無関係な遺伝子群を含まず、BNI に関連する領域のみを検出する BNI 関連遺伝子マーカーを開発する。また、BNI 関連遺伝子に制御される BNI 物質の同定を行う。

⑤ 研究題目 2 の研究実施方法 (参考)

Lr#n 短腕とコムギ 3B 染色体の間での同祖染色体組換え個体を選抜し、Lr#n 短腕における BNI 関連遺伝子の候補領域を狭める。十分狭い候補領域で BNI 活性が確認できれば、BNI 関連遺伝子の探索につながる。水溶性、疎水性 BNI 活性画分について、それぞれ HPLC を用いた分離を行い BNI 物質(水溶性、疎水性 BNI 物質)を単離精製する。得られた物質について、質量分析計、核磁気共鳴法で構造解析を行いその構造を同定する。

(3) 研究題目 3 : 「BNI の土壌窒素動態への影響の評価」

国際農研 (リーダー : 飛田哲)

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

つくば市にある国際農研の八幡台圃場において、コムギ畑土壌からの亜酸化窒素 (N_2O) ガス発生の定量化のための方法の検討を行った。 N_2O が生成される根圏土壌中に小さな穴の空いたチューブを埋設し、吸引することによって土壌空隙の気相中の N_2O の分圧を局所的かつ短いスパンで測定する方法を試みた。この方法を用いることにより、BNI-Munal を栽培した根圏土壌の空隙においては、親系統 (Munal) に比べ、降雨後におこる N_2O 分圧の増加は緩慢となり、増加量の減少が観察された。すなわち、試験圃場のレベルではあるが、BNI 強化コムギによる N_2O 排出削減効果が初めて野外で確認された。

【令和 4 年 / 2022 年度実施報告書】 【230531】

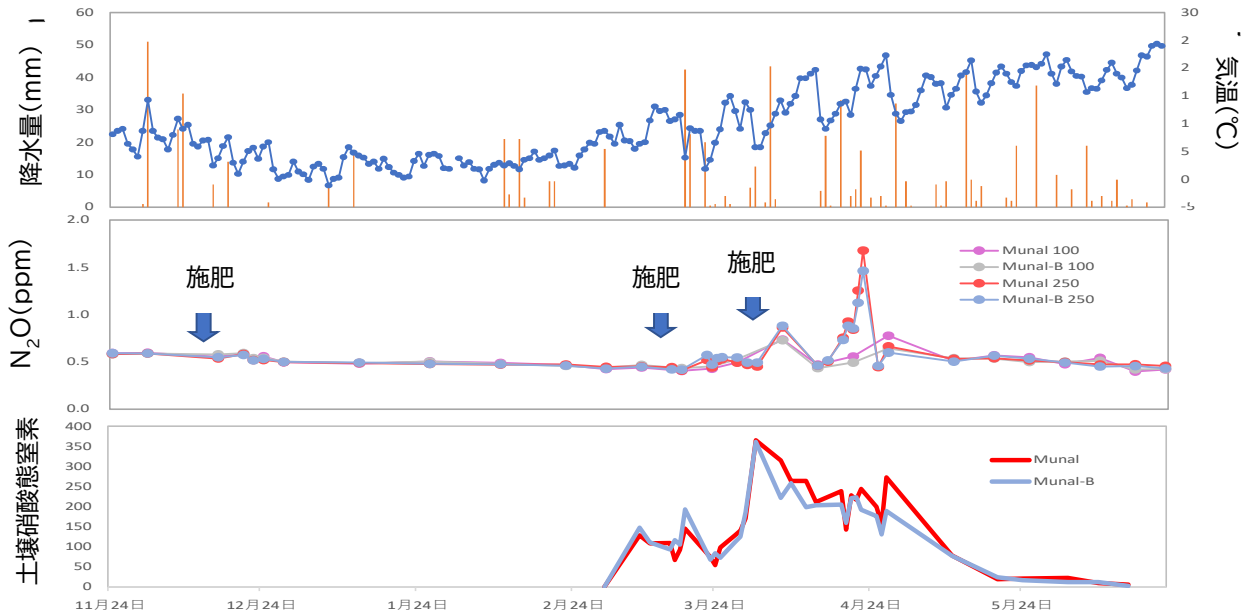


図. コムギ品種 Munal ならびに BNI-Munal を栽培している畑における、根圏土壌の空隙中の N_2O 分圧(中)と土壌中の硝酸態窒素濃度(下)の変化. 施肥量は 100 kg/ha ならびに 250 kg/ha

土壌窒素動態評価に係るインドでの試験については、この課題の主たる実施機関である中央土壌塩類研究所 (CSSRI) の研究者との間で、試験プロトコルに関する協議をメールベースで行った。題目リーダーが 3 月に現地に出張した際には、対面で協議を行い次期試験の設計、調査項目ならびに調査法をより具体化した。すなわち、CSSRI のライシメーターを活用し、土壌中の各深度に埋設したポーラスカップによって土壌溶液を経時的に採取し、溶液中の形態別の窒素（アンモニア態と硝酸態）を定量する。また CSSRI ですでに使われているイオン吸着樹脂の応用も検討することにした。

本研究題目の一部活動を担当する若手研究員（ポスドク）候補者を令和 5 年 2 月末に面接し、5 月 1 日より国際農研にて採用することとした。また、この研究題目の大部分を担当する CSSRI では、プロジェクト開始時点で参画研究者が 1 名のみであったが、実施する活動が多いことから増員を求めているところ、2 名の追加が正式に許可された。

② 研究題目 3 のカウンターパートへの技術移転の状況

上述した、畑土壌からの N_2O ガスの直接採取方法のプロトコルを、インドの CSSRI と共有した。土壌に埋設するチューブはインドで作成し、日本で観察された降雨後の N_2O のフラッシュが検出されるかを確認した。これから増加するガスサンプル数に対応させるために、ガス分析のための ECD 付きガスクロマトグラフィーを CSSRI のラボに整備する計画である。また、土壌溶液の自動採取装置は日本製の優れた機種があるので、国内での調達手続きを開始した。

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

本年度に該当なし

④ 研究題目 3 の研究のねらい (参考)

BNI 強化コムギシステムによって土壌-植物-大気における窒素循環が改善されたことを実証し、シミュレーションモデルによってそれらを定量的に示す

⑤ 研究題目 3 の研究実施方法 (参考)

【令和 4 年 / 2022 度実施報告書】【230531】

試験圃場での窒素施肥に応答や窒素利用効率、土壌硝化細菌叢への影響、圃場からの N₂O ガス排出などの詳細な窒素動態への影響を調査する

(4) 研究題目 4：「BNI 強化コムギ品種導入による地球環境ならびに農家経済へのインパクトの評価」 国際農研（リーダー：飛田哲）

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

BNI 技術のインパクト評価のための手法は、これまで前例がないため国際農研の研究グループが中心となり BNI 国際コンソーシアムのメンバーとの共同研究の中で進めてきた。BNI 強化コムギの開発と普及による環境へのインパクト評価が LCA によって行われ、BNI 能により硝化抑制率の高い（40%）コムギ品種が、BNI 効果の期待できる全地域に普及すれば、世界のコムギ生産由来のライフサイクル温室効果ガスの 9.5%が削減されるとの試算がなされている（Leon et al. 2021）。一方、ヒンドゥスタン平原のコムギ栽培地帯における BNI 技術導入のインパクト評価は、より詳細な実測データに基づいて行われるべきだと考えており、とりわけ研究題目 1 の収量データや研究題目 3 の窒素収支（とりわけ N₂O の排出量）のデータを活用して実施する。また農家の収入に対する効果については、BNI 技術導入前のベースラインデータを獲得するべく、インド側のカウンターパートに入手をお願いしている。

BNI 強化コムギに関しては、TED2022 での講演や、米国科学アカデミーからの Cozzarelli Prize の受賞、さらに COP27 サイドイベントでの講演など、国内外の注目を集めている。世界第三位の GHG 排出国であるインドでは、大量に窒素を必要とするコムギ生産に対して施用量を減らす技術が求められているが、2022 年のロシアによるウクライナ侵攻以降、エネルギー価格の高騰により窒素肥料価格が高騰したことから、窒素肥料の減肥についてインド国内の関心がさらに高まっており、BNI 強化コムギへの期待は大きい。



写真. ビハール州のコムギ農家に対し BNI に関する講義を実施

② 研究題目 4 のカウンターパートへの技術移転の状況

本年度に該当なし

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

各試験地において、BNI 効果を示すデモンストレーションのための圃場を設置することになっており、圃場の場所や大きさについて検討を開始した。

研究代表者が 3 月に現地を訪問した際、BISA の Jabalpur にて研修中の農家（全員ビハール州でコムギの栽培をしている）に対し、肥料と BNI について講義をする機会を得た。関心の高さがうかがわれた。

④ 研究題目 4 の研究のねらい（参考）

BNI 導入に最適な農業生産環境を明らかにする。一方、地球環境ならびに農家経済へのメリットを評価し、BNI 技術の社会実装に必要なエビデンスとする。

⑤ 研究題目 4 の研究実施方法（参考）

BNI 強化コムギ系統を多地点で栽培し、各地での BNI 形質発現と適応性評価を行う。また現地の

農家やステークホルダーの肥料や環境についての意識調査を行う。

II. 今後のプロジェクトの進め方、およびプロジェクト／上位目標達成の見通し（公開）

農業からの GHG 削減という世界的な課題に加え、窒素肥料の輸入と補助金を付けての農家への販売が国家財政を圧迫する要因となっているインドの農業の現状からみれば、農業生産体系における窒素の利用効率を改善し、収量を減らさずに施肥量を減らすことは重要である。BNI はそれを実現する耕種的技術として期待は高く、行政も研究もその意義をよく理解してプロジェクトに積極的に参加、活動している。BNI 強化システムを材料とした圃場試験やインドのエリート品種に BNI 能を付与するための交配も順調に行われており、このまま進んで着実に成果をあげれば、BNI 技術を取り入れたコムギ栽培システムの提案と実証というプロジェクト目標は達成可能と思われる。プロジェクト終了後には、BNI 能を強化したインド各地域向けのコムギ品種が AICRP-Wheat & Barley を経由して登録・実用化され、その効果が環境面、経済面で認められ上位目標が達成されることが期待できる。

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）

R5 年 3 月時点で、特に日本側もインド側も、プロジェクトの進捗を阻むような事柄は見受けられない。インドのカウンターパートには、このプロジェクトの意義をしっかりと理解していただいております。積極的かつ精力的な活動が開始されている。複数の研究機関が活動するので、代表機関である BISA を中心に良好な横のつながりを構築し維持していくことが、プロジェクト目標達成のための一つの鍵になると考える。

日本側とインド側との間でのコミュニケーションは、COVID-19 対策の緩和によって対面で行えるようになったことから、量はともかく質的に大幅に改善したものと感じる。日本側にとっては、現地を訪問し実際の圃場や試験の実施状況などを見聞できたことは大きい。カウンターパート機関の研究者との間でプロジェクト研究に関する直接の情報交換や議論はもちろんのこと、相手機関の長とも挨拶しお互いのビジョンを語り合える機会が作れたことは大変有意義であった。

JICA の現地予算に関しては、令和 4 年度は現地の業務調整員が不在であったため、いったん資金を国際農研が預かり、現地での活動を行った。一方、令和 5 年度は JICA が業務調整員を派遣駐在させるため（駐在場所はデリーの BISA リエゾンオフィス）、現地予算は業務調整員が管理する。本邦で調達する機材について、インドへの免税輸入手続きに関する詳細な情報収集が必要である。

IV. 社会実装に向けた取り組み（研究成果の社会還元）（公開）

本 SATREPS プロジェクトを紹介する複数の署名記事を執筆、公表した。日本国内においても、アグリビジネス創出フェア（R4 年 10 月）において、農林水産大臣、副大臣 2 名、政務官 2 名に説明する機会を得たほか、立憲民主党国会議員団 8 名の訪問があり、インドでの活動について説明する機会を得た。プロジェクトの研究成果が出る前ではあるが、農業生産と資源管理、GHG 排出抑制等の課題を抱え世

界的に注目されているインドとの間で、それらの解決策に結びつく技術開発を目指す共同研究プロジェクトが開始されたことを、国民や政策担当者等日本のステークホルダーに説明することは、今後のプロジェクト成果の社会還元につながるものと考えている。

2023年、インドはG20議長国であり、G20-主席農業研究者会合(G20-MACS)において、BNI強化コムギを含むBNI技術が日印の取組として紹介され、BNI強化国際品種において「目に見える」BNI効果が圃場レベルでみられることから、現地カウンターパートのBNI強化コムギの実用化に対する機運が盛り上がりを見せている。インドはウクライナ情勢による直接的な燃料価格、肥料価格の高騰の影響を受けにくい立場を取っている一方、ウクライナ、ロシアからのコムギ輸出の低下を補うように開発途上地域へのコムギ輸出を強化している。しかし、インド自身がコムギの大消費国であることから、輸出には極めて慎重である。また植物検疫上も、コムギなまぐさ黒穂病(Karnal Bunt)の発生しているヒンドゥスタン平原でのコムギ生産は国内消費向け、汚染のないマディヤプラデシュ州生産のコムギを輸出向けと区分している。ICARは、近年灌漑の整備によりコムギ大生産地となったマディヤプラデシュ州で栽培する、おもに輸出向け品種の開発と普及に力を入れている。インド国内で生産され、必要なエネルギーを輸入に頼るか、石油生産国からの輸入に頼る窒素肥料（現状ではロシア産が多いとのこと）への国庫からの補助を低減させるための政策を実施している。たとえば、1袋50kgで販売していた窒素肥料を1袋45kgとすることや、窒素肥料形状の変更、天然由来混合物（ニーム油）の使用などを進めている。一方で、農家からは窒素肥料の低減のなか、収量の維持が可能かについて疑問が上がっている。BNI強化コムギは、特に窒素肥料を多く必要とする畑地作物であるコムギ生産について、技術開発側が実用化可能な施肥削減技術として提供できる一つの選択肢であると考えている。

V. 日本のプレゼンスの向上（公開）

日印外国関係樹立70周年にあたり、令和4年11月24日に農林水産省が主催し、在インド日本大使館インド農業・農民福祉省、インド食品加工省及びJETRO、JICAや、インド民間団体が共催するシンポジウム「持続可能な食料供給と農業投資に関する日印合同のシンポジウム」が開催され、日本側研究副代表者がセッションB1「持続可能な食料と農業のグローバルシステムにおける日印の役割」において”Biological nitrification inhibition (BNI)-enabled wheats which maintain the yield with reduced nitrogen fertilizer application – A case study in South Asian wheat systems”と題した講演を行い、SATREPSプロジェクトの活動を紹介した。同シンポジウムは、150名程度（別にオンライン参加者80名程度）の参加があると共に、鈴木駐インド大使、農林水産省小川農林水産審議官らの出席があった。

https://www.maff.go.jp/j/press/y_kokusai/kokkyo/221129.html

なお、上記シンポジウムはR4年3月に岸田総理が訪印し、モディ首相と合意した日印間の貿易・投資活動強化に向けた共同イニシアティブに基づき開催されたものであり、斬新かつ有効な農業技術の開発と普及に取り組む日本のプレゼンスがインドで向上したと考える。

以上

【令和4年／2022度実施報告書】【230531】

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。)
2022	Nardi, P.*, Müller, C., Pietramellara, G., Subbarao, G.V., Nannipieri, P. (2022.5) Recommendations about soil Biological Nitrification Inhibition (BNI) studies. Biology and Fertility of Soils, 58: 613-615.	https://doi.org/10.1007/s00374-022-01645-w	国際誌	発表済	IF = 7.116
2022	Ghatak, A.*, Chatirvedi, P., Waldherr, S., Subbarao, G.V., Weckwerth, W. (2023.1) PANOMICS at the interface of root-soil microbiome and BNI. Trends in Plant Science, 28(1): 106-122.	https://doi.org/10.1016/j.tplants.2022.08.016	国際誌	発表済	IF = 22.012

論文数 2 件
うち国内誌 0 件
うち国際誌 2 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
2022	吉橋忠*. (2022.6) 地球にやさしく生産性が高い生物的硝化抑制(BNI)強化コムギ. アグリバイオ, 6(7): 18-22.	国内誌	発表済	
2022	吉橋忠*. (2022.5) 窒素汚染の解決と作物生産性向上に向けた生物的硝化抑制(Biological Nitrification Inhibition: BNI)による「アンモニウムの活用」("more ammonium")という畑作農業の選択肢. 畑地農業, 762: 1-7.	国内誌	発表済	
2022	吉橋忠*. (2022.5) 窒素汚染の解決と作物生産性向上の両立に向けた生物的硝化抑制(BNI)強化コムギ—生産力向上と持続性の両立に向けたBNIの活用という選択肢—. 農業, 1690: 36-42.	国内誌	発表済	大日本農会発行
2022	吉橋忠 (2022.9) 収量を落とさずに窒素肥料を減らす地球に優しいBNI強化コムギの開発. JATAFFジャーナル, 10(9): 43-47.	国内誌	発表済	
2022	吉橋忠, Guntur V. Subbarao, 大高潤之介 (2022.9) 作物による土壌の硝化抑制で地球環境にやさしい農業を. バイオサイエンスとインダストリー, 80(5): 389-393.	国内誌	発表済	パイオインダストリー協会発行

著作物数 5 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
2022	JICA課題別研修「気候変動の解決策として有望な農業技術」コース, 1回, 8名(オンライン)	動画形式のプレゼンテーション及びオンライン経由での質疑応答セッションの開催	JICA課題別研修の一部を実施

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													
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

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
2022	10月	全国農業新聞	地球にやさしいコムギ新品種を開発		3.一部当課題研究の成果が含まれる	
2022	5月10日	日経バイオテク	国際農研がPNAS最優秀賞、窒素利用効率を高めたコムギ作出		3.一部当課題研究の成果が含まれる	
2022	5月22日	マイナビ農業	世界を救うかもしれない小麦 肥料を節約できて高い生産性		3.一部当課題研究の成果が含まれる	
2022	1月10日	ニュースイッチ	世界が注目、「緑の革命」の負の遺産を解決する「BNI小麦」の世界		3.一部当課題研究の成果が含まれる	
2022	2月13日	Bloomberg	Japan Where Food Security Meets Innovation		3.一部当課題研究の成果が含まれる	日本政府スポンサー記事 G7向け

5 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
2022	11月17-19日	第4回BNI国際コンソーシアム会議	つくば (日本)	60名 (2名)	公開	セミオープン 隔年で開催しているBNI研究の国際会議 BNI研究を実施している世界の研究者が参加
2022	11月12日	GOP27サイドイベント農林水産省主催セミナー	シャルムエル シェイク (エジプト)	200人以上 (インドからの参加者あり)	公開	オンライン講演 Biological nitrification inhibition (BNI)-enabled wheat which maintain the yield with reduced nitrogen fertilizer application - A case study in South Asian wheat system
2022	11月24日	日印食料・農業シンポジウム	ニューデリー (インド)	400人以上 (ICARからの参加あり)	公開	Biological nitrification inhibition (BNI)-enabled wheat which maintain the yield with reduced nitrogen fertilizer application - A case study in South Asian wheat systems
2022	9月20日	FAO科学イノベーションフォーラム2022 サイドイベント	オンライン	100人以上	公開	Biological nitrification inhibition (BNI)-enabled wheat and maize which maintain the yield with reduced nitrogen fertilizer application
2022	10月26-28日	アグリビジネス創出フェア	東京 (日本)	多数	公開	BNI強化コムギ展示
2022	8月4日	つくば市立手代木小学校職場体験	つくば (日本)	20	非公開	植物の力で食べ物を作ることと、地球環境を守ることは両立できる？
2022	12月5日	茨城県農林水産部	つくば (日本)	10	非公開	作物による土壌の硝化抑制で地球環境にやさしい効率のよい食料生産を
2022	11月9日	CADAL講演会	東京 (日本)	50	公開	作物による土壌の硝化抑制で地球環境にやさしい効率のよい食料生産を
2022	10月4日	光技術研究会	浜松 (日本)	200	公開	作物による土壌の硝化抑制で地球環境にやさしい効率のよい食料生産を
2022	1月17日	CRDS/バイオエコノミー基盤ワークショップ	東京 (日本)	40	公開	生物的硝化抑制(BNI)技術の活用による低負荷型農業生産システムの開発

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	生物的硝化抑制(BNI)技術を用いたヒンドウスタン平原における窒素利用効率に優れた小麦栽培体系の確立
研究代表者名 (所属機関)	飛田 哲 (国立研究開発法人国際農林水産業研究センター)
研究期間	R3採択(令和3年6月1日~令和9年3月31日)
相手国名/主要相手国研究機関	インド共和国/ポーローグ南アジア研究所、小麦大麦研究所、中央土壌塩類研究所、インド農業研究所
関連するSDGs	目標 2. 飢餓をゼロに 目標 13. 気候変動に具体的な政策を 目標 15. 陸の豊かさも守ろう

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"> 日印二国間の科学技術協力を通じた関係強化 BNI導入による日本コムギ品種の窒素利用効率向上 低窒素社会構築への日本の貢献に対する国際評価
科学技術の発展	<ul style="list-style-type: none"> 気候変動下での環境負荷低減農業を実現する基盤の創出 地球の限界を超えた窒素循環を正常に戻すための画期的な農業技術
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"> 窒素利用効率が向上したコムギ品種とその普及 コムギにおける有効な硝化抑制物質の同定とその発展的利用 作物全般における、育種の重要な目標としての高窒素利用効率の標準化
世界で活躍できる日本人人材の育成	<ul style="list-style-type: none"> 国際的に活躍可能な日本の若手研究者の育成(国際会議での発言力、査読付雑誌への論文掲載、国際交渉力などを指標)
技術及び人的ネットワークの構築	<ul style="list-style-type: none"> 生物的硝化抑制(BNI)研究の国際的ネットワーク強化 地球の窒素管理に係る国際的イニシアティブへの貢献
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"> インド向けBNI強化コムギ品種、育種素材 コムギ栽培生態系における窒素動態の解明とBNI効果のモデル化 BNI導入の事前インパクト分析と長期シナリオ 原著論文

上位目標

窒素利用効率に優れたコムギ品種が普及し、施用窒素量の減少に伴い農家・農村の収益増と生活改善が実現する。また、環境への窒素負荷が軽減し地域の水質汚染ならびに地球の温暖化進行が緩和される。

窒素利用効率に優れたコムギ品種が、インド政府の実施するコムギ育成プログラムによって品種登録される。

プロジェクト目標

生物的硝化抑制(BNI)を強化したコムギ系統を育成し、窒素施肥量を3割減らしても収量が維持されることを示すとともに、ヒンドウスタン平原において窒素負荷の少ないコムギ栽培システムを提案する。

