

事業事前評価表
国際協力機構 経済開発部 農業・農村開発第一グループ第三チーム

1. 案件名（国名）

国 名：インド国

案件名：（科学技術）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
(SATREPS) The Project for Establishment of Nitrogen-efficient Wheat Production Systems in Indo-Gangetic Plains by the deployment of BNI-technology

2. 事業の背景と必要性

（1）インドにおける農業セクターの開発の現状・課題及び本事業の位置付け

インドは中国に次いで世界第 2 位のコムギ生産量を誇り、その約 8 割は、インド北部の一大穀倉地帯であるヒンドウスタン平原で生産されている。同地域では、コムギ栽培において肥料を 200 kg/ha、特にパンジャブ州やハリヤナ州を含む北西ゾーンにいたっては 300 kg/ha も使っており、これは日本のコムギ栽培における平均施肥量（120～180 kg/ha）の倍以上である¹。これは、緑の革命がいち早く進んだ同地域で長年窒素肥料を多く投入した結果、窒素が植物には吸収されない硝酸へと変化しやすい土壌となり、コムギの窒素利用効率（コムギが実際に吸収利用する窒素の割合）が世界平均の約 42%と比較しインドで約 30%と低い水準となったためである。

このため、ヒンドウスタン平原のコムギ生産農家にとって、窒素肥料購入にかかる経費が農家の生計に負担となっていることに加え、2005 年以降インドでは窒素肥料の使用量が国内生産量を上回り、窒素肥料の輸入や補助金にかかる国家予算が政府の財政を圧迫している。さらに、農地に過剰に施肥された窒素は、最終的に二酸化炭素（CO₂）の約 300 倍もの温室効果を持つ一酸化二窒素（N₂O）として大気中に放出される²。インドは温室効果ガス（GHG）排出量が世界第 3 位であり、N₂O 削減のための技術開発も同国にとって喫緊の課題となっている。

インド政府は、2022 年度の農家所得を 2015 年度から倍増させることを目指した農業分野の戦略文書³を策定し、生産性向上による農家の収入向上を重要項目として掲げている。また、インド政府が 2016 年に批准した気候変動に関する国際条約「パリ協定」において、2030 年までに GDP あたりの GHG 排出量を 33%～35%（2005 年比）減らすことを目指している。さらに、2021 年 11 月に開催された国連気候変動枠組み条約第 26 回締約国会議（COP26）において、インドは 2070 年までに GHG の排出を実質ゼロにすると表明している。

¹ Praveen *et al.* Advancing with fertilizers in Indian agriculture: trends, challenges, and research priorities. Agricultural Economics Research Review **33** 49-60 (2020)

² 日本と比較すると、インドは約 15 倍もの農業由来の N₂O を排出している。

³ 「Doubling Farmer's Income (2017)」

本事業では、インドのコムギ品種に生物的硝化抑制 (Biological Nitrification Inhibition: BNI)⁴機能を導入し、少ない窒素施肥量でも同程度の収量を維持できるコムギ品種の育成を行う。また、窒素施肥量の減少により生産にかかる農業投入材の量が減少することで、対象地域のコムギ栽培の生産性向上・農家の生計向上に寄与し、また農地からの N₂O 発生抑制を通じた気候変動緩和の二点に貢献することを目指しており、同国の政策及び国際的なコミットメントにも合致するものである。

(2) 農業セクターに対する我が国及び JICA の協力方針等と本事業の位置づけ、課題別事業戦略における本事業の位置づけ

本事業は、「対インド国別援助方針」(2016 年 3 月)の重点分野「持続的で包摂的な成長への支援」に位置づけられ、開発目標「農村における経済開発と生計向上」、協力プログラム「農業・農村開発プログラム」に該当する。

課題別事業戦略「グローバル・アジェンダ」においては「農業・農村開発」のうち、農家の所得向上及び農村部の経済活性化に貢献し、また「気候変動」における国連気候変動枠組条約を始めとする国際開発目標の達成に寄与するものである。

インド「JICA 国別分析ペーパー」(2018 年 3 月)においては、本事業の課題は、JICA が取り組むべき開発課題のうち「農村部での包摂的な成長」に該当するものであり、農村での生産活動の効率性改善を通じた農民所得向上に貢献する。

また、コムギ栽培における窒素の減肥と利用効率の改善による生産性の向上により、SDGs の「貧困をなくそう (ゴール 1)」及び「飢餓をゼロに (ゴール 2)」に貢献すると考えられる。さらに、GHG である N₂O の発生抑制に資することから「気候変動に具体的な対策を (ゴール 13)」にも貢献することが期待されている。

以上から、本事業の実施を支援する必要性は高いと言える。

(3) 他の援助機関の対応

インドのコムギ種子・品種開発に関し、国際トウモロコシ・コムギ改良センター (CIMMYT)⁵により、窒素利用効率の改善にかかる各種研究プログラムが実施されている。

本事業は、国際農林水産業研究センター (JIRCAS)⁶と CIMMYT の過去の共同研究で開発された新しい BNI 能の高いコムギをインドの環境で活用しようとするものであり、成果 1 および成果 2 における活動では CIMMYT と JIRCAS が共同保有する遺伝資源を材料として用いる。

3. 事業概要

⁴ BNI とは、植物の根から分泌される物質によって、土壌中の微生物による窒素の硝化作用を抑制する働きを指す。BNI の働きにより、窒素を硝化させずに土壌および作物に留めることが可能となり、かつ温室効果ガスである N₂O 等が削減される。

⁵ International Maize and Wheat Improvement Center

⁶ Japan International Research Center for Agricultural Sciences

（１）事業目的

本事業は、ヒンドウスタン平原の対象州において、インドのコムギ品種への BNI 機能導入により、BNI 技術を用いた窒素利用効率の高い新たなコムギ生産システムの AICRP on Wheat & Barley⁷への提案・実証を図り、もってインドのコムギ生産関係者による同システムの便益についての理解を深めることに寄与するもの。

（２）プロジェクトサイト／対象地域名

ルディヤナ（パンジャブ州）、ジャバルプール（マディヤ・プラデシュ州）、カルナール（ハリヤナ州）、サマスティプール（ビハール州）、ニューデリー（デリー準州）⁸

（３）本事業の受益者（ターゲットグループ）

直接受益者：インド側研究機関の研究者・技術者（約 30 人程度を想定）

最終受益者：小麦大麦全インド共同研究プロジェクト（AICRP on Wheat & Barley）⁹関係者、ヒンドウスタン平原のコムギ生産農家

（４）総事業費（日本側）

約 3.5 億円

（５）事業実施期間

2022 年 7 月～2027 年 7 月を予定（計 60 ヶ月）

（６）相手国実施機関

責任機関：インド農業研究評議会（ICAR）¹⁰

代表研究機関：ボーローグ南アジア研究所（BISA）¹¹

共同研究機関：インド国立小麦大麦研究所（IIWBR）¹²

インド国立農業研究所（IARI）¹³

インド中央土壌塩類研究所（CSSRI）¹⁴

⁷ All India Coordinated Research Project on Wheat and Barley

⁸ 各対象地域の 2011 年時点での人口は、ルディヤナ：1,618,879 人、ジャバルプール：1,055,525 人、カルナール：286,827 人、サマスティプール：4,261,566 人、ニューデリー：1,173,902 人。（出典：<https://www.census2011.co.in/>, <https://dmnewdelhi.delhi.gov.in/demography/>）

⁹ AICRP はインド農業研究評議会（Indian Council of Agricultural Research：ICAR）のスキームによる研究ネットワークプロジェクトであり、対象作物に関する技術の開発・テスト・識別を行う。2021 年時点で 60 の作物を対象に AICRP が組織されている。AICRP on Wheat & Barley は 1965 年に発足し、本プロジェクトのインド側研究機関の一つであるインド国立小麦大麦研究所（IIWBR）が主導する。

¹⁰ Indian Council of Agricultural Research。プロジェクト実施及びインド側負担事項の履行に関して責任を負う。

¹¹ Borlaug Institute for South Asia。プロジェクト活動の全体統括・調整及び多地点圃場試験を行う。

¹² Indian Institute of Wheat and Barley Research。プロジェクトでは高 BNI コムギ選抜を行う。

¹³ Indian Agricultural Research Institute。プロジェクトでは BNI コムギ系統からの BNI 制御遺伝子探索を行う。

¹⁴ Central Soil Salinity Research Institute。プロジェクトでは圃場から発生する温室効果ガス分析を行う。

（７）日本側研究機関

代表研究機関：国際農林水産業研究センター（JIRCAS）

共同研究機関：鳥取大学乾燥地研究センター

農業・食品産業技術総合研究機構（農研機構：NARO）¹⁵北海道農業研究センター

（８）投入（インプット）

１）日本側

① 在外研究員派遣：研究総括（チーフアドバイザー／植物栄養学）、副研究総括（サブチーフアドバイザー／化学）、生理学、細胞遺伝学、微生物学、土壌微生物学、経済学、分子生物学、育種

② 長期専門家：プロジェクト業務調整

③ 招へい外国研究員受け入れ：※プロジェクト開始後に決定

④ 機材供与：ディープフリーザー、気象観測装置、土壌センサー等のプロジェクト活動に必要な機材

２）インド側

① カウンターパートの配置

プロジェクトダイレクター（Project Director）

副プロジェクトダイレクター（Vice-project Director）

プロジェクトマネージャー（Project Manager）

研究スタッフ

② 土地・施設提供

プロジェクトオフィス（デリー）、各研究機関の実験施設、試験圃場

③ 現地経費の提供

光熱費・通信費、国内交通費、その他プロジェクト活動の実施に必要な経費

（９）他事業、他開発協力機関等との連携・役割分担

１）我が国の援助活動

特になし

２）他の開発協力機関等の援助活動

２．（３）に記載のとおり

（１０）環境社会配慮・横断的事項・ジェンダー分類

１）環境社会配慮

¹⁵ National Agriculture and Food Research Organization

① カテゴリー分類：C

② カテゴリー分類の根拠

本事業は「国際協力機構環境社会配慮ガイドライン」（2010年4月公布）上、環境への望ましくない影響は最小限であると判断されるため。

2) 横断的事項

本事業では、ヒンドウスタン平原において BNI 強化コムギ品種が普及することにより、農家のコムギ栽培における窒素施肥量が減少し、肥料購入額の減少により農業収入における可処分所得が増え、農家の生計向上に貢献することが期待される。

また、BNI 強化コムギ品種の導入により農地からの N₂O 排出抑制に貢献することから、本事業は気候変動緩和策に資する。

3) ジェンダー分類：

「GI (S) ジェンダー活動統合案件」

＜活動内容／分類理由＞

本事業は、女性研究者が参加し能力強化を図るとともに、全ての研究活動をジェンダーの視点に立って行う予定のため。

(11) その他特記事項

特になし

4. 事業の枠組み

(1) 上位目標（プロジェクト完了5年後）： インドの研究者・農家・民間種苗会社等のコムギ生産関係者が、プロジェクトが提案する BNI 技術¹⁶を用いた窒素利用効率の高い新たなコムギ生産システム¹⁷の便益についての認知度が高まる。

指標1：プロジェクトで開発された BNI 強化コムギ品種の AICRP-Wheat & Barley への登録が完了する。

指標2：登録された BNI 強化コムギ品種がプロジェクト対象地域のコムギ農家に導入される。

指標3：窒素利用効率の高い新たなコムギ生産システムに関する情報が、研究者・農家・民間種苗会社等のコムギ生産関係者に認知される。

指標4：BNI 形質がインドにおけるコムギ育種目標の一つとなる。

指標5：BNI 研究が、インドにおけるカーボンニュートラル実現のための国家レベルでの農

¹⁶ BNI 技術とは、窒素肥料の量を減らしても作物の収量や品質を維持し、窒素の過剰施肥による環境負荷を低減する技術のこと。

¹⁷ BNI 技術を用いた窒素利用効率の高い新たなコムギ生産システムとは、BNI 強化コムギ品種を使用し、窒素施肥量を抑えた栽培を行うこと。

業研究戦略として ICAR に採用される。

(2) プロジェクト目標：プロジェクト対象地域において、BNI 技術を用いた窒素利用効率の高い新たなコムギ生産システムが AICRP on Wheat & Barley に提案され、実証される。

指標 1：BNI 技術を用いた窒素利用効率の高い新たなコムギ生産システムが、プロジェクト対象地域の現在の農家の慣行に比べて 10～20%の窒素施肥量の削減を達成し、パイロット農家¹⁸の XX%が受け入れ可能なシステムとして認識する。

指標 2：BNI 技術が適用された試験圃場の土壌において、硝酸態窒素の流出が 10～20%減少し、N₂O の排出が 20%減少することが実証される。

指標 3：コムギの品種登録とリリースに向けて、BNI 強化コムギの育種系統または関連遺伝資源が IIWBR-AICRP on Wheat & Barley にノミネートされる。

指標 4：本プロジェクトの関連分野において、XX 件の共同論文出版または国際会議での発表が行われる。

(3) 成果

成果 1：ヒンドウスタン平原を対象とする BNI 強化コムギの育種系統または関連遺伝資源が作出され、プロジェクトチームに評価される。

成果 2：コムギにおける BNI の遺伝的・化学的メカニズムが解明される。

成果 3：BNI 機能の影響を受けた土壌窒素動態が説明される。

成果 4：BNI 強化コムギの導入による便益がコムギ生産関係者に提示される。

(4) 活動：

<成果 1 に関連する活動>

活動 1.0.：3 対象地域（パンジャブ州、マディヤ・プラデシュ州、ビハール州）において、レシピエント親とするインド優良コムギ品種を選び出す。

活動 1.1.：ドナー親である BNI 強化国際コムギ系統（BNI-Munal、BNI-Roelf）との交配を通じて、BNI 形質の局在部位である *Leymus racemosus* 染色体短腕（Lr#n-SA）をインド優良コムギ系統へ導入する。

活動 1.2.：戻し交配と Lr#n-SA に基づく選抜の繰り返しにより、Lr#n-SA の同形接合体である BC4（戻し交配 4 世代目）を得る。

活動 1.3.：BNI 強化インド優良コムギ系統の圃場における特性を調査し、窒素吸収と窒素利用効率の向上を明らかにする。

活動 1.4.：インドの生産システムへの品種リリースに向けて、BNI 強化 BC4 自殖後代系統を IIWBR-AICRP on Wheat & Barley にノミネートする。

¹⁸ パイロット農家とは、プロジェクトサイト内の試験圃場の周辺で BNI 強化コムギの試験栽培に参加する農家を指す（試験圃場あたり 5～10 農家）。

＜成果 2 に関連する活動＞

活動 2.1. : Lr#n-SA の有無、導入染色体位置を判別する DNA マーカーを開発する（成果は活動 1.2. に活用される）。

活動 2.2. : Lr#n-SA を短縮し導入した同祖染色体組み換え系統により、BNI 形質を含む染色体領域を縮小し、BNI 関連遺伝子を探索する。

活動 2.3. : Lr#n-SA を導入した BNI 優良国際コムギ系統の根滲出液から BNI 形質の物質指標となる BNI 物質を単離同定する。

＜成果 3 に関連する活動＞

活動 3.1. : BNI 強化国際コムギ系統による圃場試験から、土壌の硝化抑制率を定量化する。

活動 3.2. : BNI 強化コムギ系統による圃場試験から、土壌からの N₂O 排出量を測定・モニタリングする。

活動 3.3. : 栽培環境の異なるコムギ生産システムにおいて、BNI 強化インド優良コムギ系統導入による窒素収支をシミュレーションする。

＜成果 4 に関連する活動＞

活動 4.1. : プロジェクトサイトのコムギ生産における窒素肥料の使用状況（施肥回数・量、購入費用、施肥頻度、投入費用に対する窒素肥料費の割合など）や、窒素肥料に対する政府の補助金について、農家へのインタビューや既存の統計データを用いて調査を行う。

活動 4.2. : 実際の便益の観点から、BNI 強化コムギの導入に適した地域を特定する。

活動 4.3. : パイロット農家の圃場で BNI 強化コムギの試験栽培を行い、BNI コムギ技術の実用的なメリットを分析する。

活動 4.4. : 中央・州政府、研究機関、農家組合、種苗会社、製粉会社、環境保護団体などのコムギ生産関係者を対象とした圃場見学、セミナー、ワークショップを開催し、窒素利用効率の高い新たなコムギ生産システムについての理解を深める。

活動 4.5. : 窒素利用効率の高いコムギ生産システムを紹介・宣伝するための広報資料を作成する。

活動 4.6. : プロジェクト活動を通じて得られた科学的根拠に基づき、BNI 技術の有効性を政策提言するための資料を作成する。

5. 前提条件・外部条件

（１）前提条件

特になし

（２）外部条件

【上位目標達成に向けての外部条件】

・インド側関係機関（ICAR、BISA、IIWBR、IARI、CSSRI）が、プロジェクトが提案する窒素利用効率の高い新たなコムギ生産システムの普及を促進し続ける。

【プロジェクト目標達成に向けての外部条件】

・生物資源の利用やアクセス、物質の移転、バイオセーフティ等プロジェクトに関連する国際的、国内的、組織的な条約、規制、基準が変更されない。

【成果達成に向けての外部条件】

・新型コロナウイルス感染症の拡大が、インドや日本をはじめとする世界各地で 2020 年や 2021 年の時ほど深刻な状態にはならない。

・圃場試験やパイロット農家圃場内における活動が、自然災害や治安状況等により制限されない。

・気候変動が農業生産に劇的な影響を及ぼさない。

・深刻な病虫被害が流行しない。

・生物資源の利用やアクセス、物質の移転、バイオセーフティ等プロジェクトに関連する国際的、国内的、組織的な条約、規制、基準が変更されない。

6. 過去の類似案件の教訓と本事業への適用

(1) 類似案件の評価結果

インド国「マディヤ・プラデシュ州大豆増産プロジェクト」(評価年度 2015 年)における終了時評価では、農家への普及の際には農業科学センター(Krishi Vigyan Kendra : KVK)の巻き込みが重要であること、また相手国側研究者のキャパシティビルディングとして、先進的な知見や技術の指導のみならず論文作成や研究予算獲得等の指導も重要であることが教訓として挙げられた。

また、コロンビア国 SATREPS 案件「遺伝的改良と先端フィールド管理技術の活用によるラテンアメリカ型省資源稲作の開発と定着プロジェクト」(評価年度 2018 年)における終了時評価では、SATREPS 案件の成果の社会実装を確実にするためには、相手国における主要な農業普及サービス提供組織を特定して技術開発段階から深く参画を促すこと、また先進農家を研究メンバーとしてプロジェクトへ参画させることの重要性が教訓として挙げられた。

上記 2 案件の教訓から、本事業では、KVK 及び州政府・大学・民間企業・NGO 等関係ステークホルダーの理解深化を促すために、プロジェクト期間中からそれら機関を対象としたワークショップを実施する等の連携・巻き込みを常に意識する。加えて、本事業ではインド側研究機関スタッフの OJT を含むトレーニングを実施し、育種、土壌微生物、環境の各分野の若手研究員を複数名日本に招聘することを計画しているが、これら若手研究者に対し、研究技術の指導だけでなく、研究予算獲得、論文作成などの指導も行うこととする。

7. 評価結果

本事業は、インドの開発課題・開発政策並びに我が国及び JICA の協力方針・分析に合致する。また、コムギ栽培における窒素の減肥と利用効率の改善による生産性の向上によ

り、SDGs の「あらゆる形態の貧困の撲滅（ゴール 1）」及び「飢餓撲滅、食料安全保障、栄養の改善、持続可能な農業の促進（ゴール 2）」に貢献すると考えられる。さらに、GHG である N_2O の発生抑制に資することから「気候変動とその影響への緊急の対処（ゴール 13）」にも貢献が期待され、事業の実施を支援する必要性は高い。

8. 今後の評価計画

（1）今後の評価に用いる主な指標

4.（1）のとおり。

（2）今後の評価スケジュール

- ・事業開始 18 か月以内：パイロット農家を対象とするベースライン調査
- ・事業完了 5 年後：事後評価

以 上