

インド
パンジャブ州園芸局

インド
ジャガイモ収穫機普及に向けた
普及・実証事業
業務完了報告書

平成30年6月
(2018年)

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

東洋農機株式会社

国内
JR
18-067

目次

巻頭写真	i
略語表	ix
地図	x
図表番号	xi
案件概要	xiv
要約	xv
1 事業の背景	1
(1) 事業実施国における開発課題の現状及びニーズの確認	1
① 事業実施国の政治・経済の概況	1
② 対象分野における開発課題	4
③ 事業実施国の関連計画、政策（外交政策含む）および法制度	7
④ 事業実施国の対象分野における ODA 事業の事例分析及び他ドナーの分析	9
2 普及・実証事業の概要	13
(1) 事業の目的	13
(2) 期待される成果	13
(3) 事業の実施方法・作業工程	13
(4) 投入（要員、機材、事業実施国側投入、その他）	28
(5) 事業実施体制	30
(6) 事業実施国政府機関の概要	30
3 普及・実証事業の実績	31
(1) 活動項目毎の結果	31
(2) 事業目的の達成状況	97
(3) 開発課題解決の観点から見た貢献	99
(4) 日本国内の地方経済・地域活性化への貢献	100
(5) 環境社会配慮	100
(6) ジェンダー配慮	101
(7) 貧困削減	101
(8) 事業後の事業実施国政府機関の自立的な活動継続について	101
(9) 今後の課題と対応策	101
4 本事業実施後のビジネス展開計画	104
(1) 今後の対象国におけるビジネス展開の方針・予定	104

（２）想定されるリスクと対応	108
（３）普及・実証において検討した事業化による開発効果	108
（４）本事業から得られた教訓と提言	109
添付資料	113

巻頭写真



小規模農家でのヒアリング
(2015 年 11 月)



中規模農家でのヒアリング
(2015 年 11 月)



トラクターディーラーでのヒアリング
(ジャランダー地区)
(2015 年 11 月)



トラクターディーラーでのヒアリング
(グジャラート州)
(2015 年 11 月)



大手食品加工メーカーでのヒアリング
(2015 年 11 月)



現地作業機メーカーのポテトハーベスタ試
作機
(2015 年 11 月)



植え付け前のジャガイモ（腐ったイモも多い）
（2015 年 11 月）



植え付け風景（プランター試用中）
（2015 年 11 月）



畝間灌水の様子
（2015 年 11 月）



スプレーヤを使った管理作業
（2015 年 11 月）



慣行のジャガイモ掘り起し機（デガー）
（2016 年 2 月）



収穫風景
（2016 年 2 月）



試験中の機材（運転/機上作業は現地スタッフ）
（2016 年 2 月）



機上での選別中
（2016 年 2 月）



試験中（掘り残し等を確認中）
（2016 年 2 月）



試験中（掘り残し等を確認中）
（2016 年 2 月）



デガーと収穫機による最少サイズ（左:収穫機）
（2016 年 2 月）



実際に掘り起こしたイモ
（2016 年 2 月）



ストレージ（セメント工場を改造した5層、担
ぎ出し対応）
（2015年11月）



農機具修理店の様子
（2016年2月）



COE圃場（手入れ状態はよくない）
（2016年2月）



COEの普及員との協議の様子
（2016年2月）



州政府園芸局長及び普及員へのプレゼン
（2016年2月）



地域農協との協議
（2016年2月）



新栽培体系による播種作業風景(1)
(2016 年 10 月)



新栽培体系による播種作業風景(2)
(2016 年 10 月)



新栽培体系による播種作業風景(3)
(2016 年 10 月)



試験圃場でのジャガイモ生育の様子(1)
(2016 年 12 月)



試験圃場でのジャガイモの生育の様子(2)
(2016 年 12 月)



試験圃場でのジャガイモの生育の様子(3)
(2016 年 12 月)



COE による周辺農家への農業指導風景
(2017 年 1 月)



地方政府職員との意見交換会の様子
(2017 年 1 月)



セミナーの様子（農業機械普及）
(2017 年 1 月)



セミナーの様子(COE 場長挨拶)
(2017 年 1 月)



収穫機のデモンストレーション風景(1)
(2017 年 1 月)



収穫機のデモンストレーション風景(2)
(2017 年 1 月)



試験栽培のための圃場準備作業
(2017 年 10 月)



新栽培体系のデモ (2017 年 10 月)



セミナーでの発表 (2017 年 10 月)



セミナーの様子 (2017 年 10 月)



パンジャブ州園芸局長を囲んで
(2017 年 10 月)



HP 州農業局長と PD との面談
(2017 年 10 月)



機材のハンドオーバー証書交付
(2018 年 1 月)



セミナーの様子 (2018 年 1 月)



周辺農家向けのデモ (2018 年 1 月)



周辺農家向けのデモ (2018 年 1 月)



周辺農家向けのデモ
(2018 年 1 月)



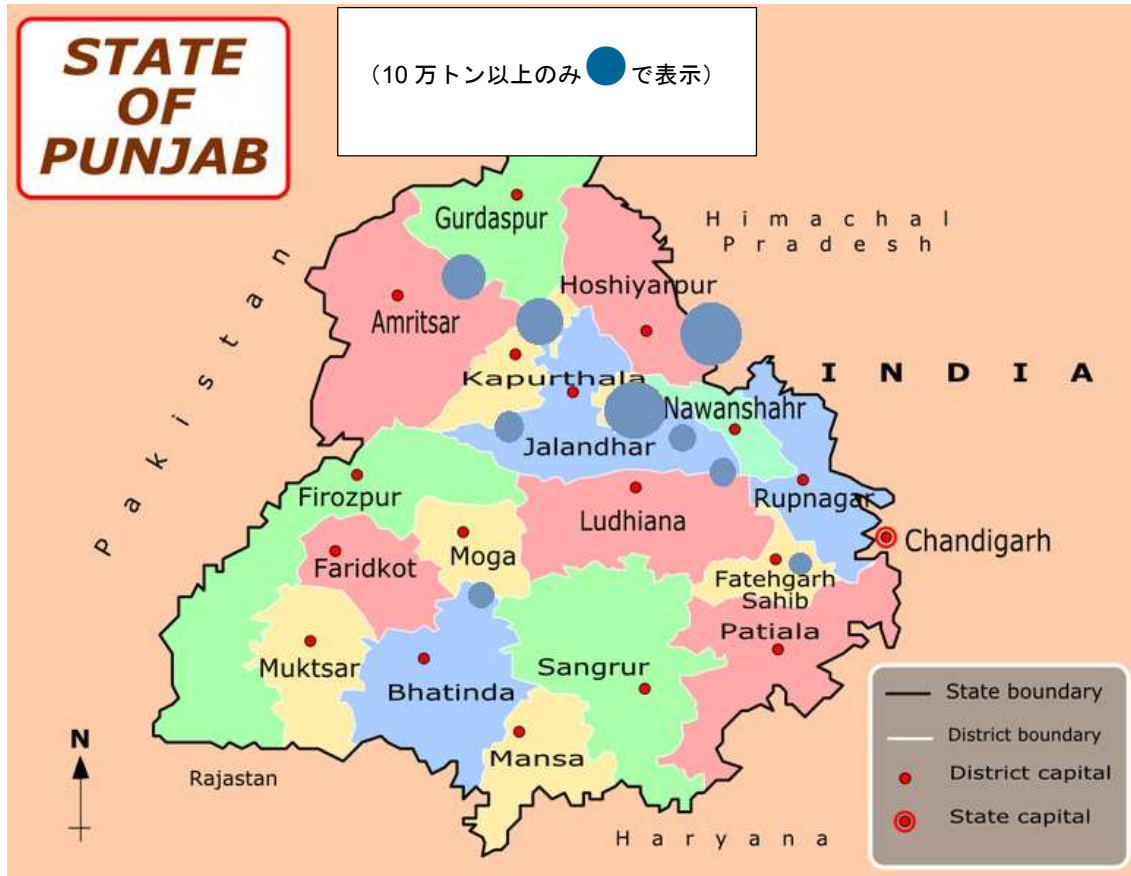
周辺農家向けのデモ
(2018 年 1 月)

略語表

略語	正式名称	日本語名称
ADB	Asian Development Bank	アジア開発銀行
BJP	Bharatiya Janata Party	インド人民党
C/P	Counterpart	先方実施機関
COE	Potato Center of Excellence	パンジャブ州園芸局傘下ジャガイモ研究機関
CPRI	Central Potato Research Institute	中央ジャガイモ研究所
CPRS	Central Potato Research Station	中央ジャガイモ研究ステーション
DOA	Department of Agriculture	ヒマーチャル・プラデシュ州農業局
DoH	Department of Horticulture	パンジャブ州園芸局
ELISA	Enzyme-Linked ImmunoSorbent Assay	酵素結合免疫吸着法
FDI	Foreign Direct Investment	外国直接投資
GDP	Gross Domestic Product	国内総生産
GST	Goods and Services Tax	物品・サービス税
HST	Hydro Static Transmission	静油圧式無段変速機
JICA	Japan International Cooperation Agency	独立行政法人国際協力機構
JNKVV	Jawaharlal Nehru Krishi Vishwavidyalaya	ジャワハルラル・ネルー農業大学
JV	Joint Venture	合弁事業
LR	Lady Rosetta	レディ・ロゼッタ（加工イモ）
MOU	Memorandum of Understanding	覚書
MP	Madhya Pradesh	マディヤ・プラデシュ州
NREGA	National Rural Employment Guarantee Act	国家農村雇用保障法
NSC	National Seeds Corporation	種子協会
ODA	Official Development Assistance	政府開発援助
OJT	On-the-Job Training	オン・ザ・ジョブ・トレーニング
PAU	Punjab Agriculture University	パンジャブ農業大学
PCR	Polymerase Chain Reaction	ポリメラーゼ連鎖反応
POSCON	Confederation of Potato Seed Farmers	種イモ農家組合
PPP	Purchasing Power Parity	購買力平価説
Rs	Indian Rupee	インドルピー
TPH	Toyonoki Potato Harvester	東洋農機ジャガイモ収穫機

地図

パンジャブ州ジャランダー周辺におけるジャガイモ生産量



(出所) パンジャブ州 HP※2013 年

図表番号

図 1-1：近年は鈍化傾向のパンジャブ州におけるジャガイモ生産量.....	1
図 1-2 インドの実質 GDP 成長率.....	2
図 1-3 対インド直接投資の推移（2004 年度～2014 年度）とセクター別内訳（2016 年 度）	3
図 1-4 GDP に占める農業の割合と農業従事者の割合	4
図 1-5 動力源に占める機械、電力の割合と 1ha 当りに使用される電力の推移.....	5
図 1-6 耕うん機、トラクターの所有と農地規模	6
図 1-7 パンジャブ州における農作物の構成と北海道における農作物の構成の比較.....	8
図 2-1 COE 試験圃場概要	18
図 2-2 COE 試験圃場（2ha）内の試験区の設計.....	19
図 2-3 実施体制図	30
図 3-1 種イモ認証プロセス	34
図 3-2 種イモの写真 左：小粒塊茎が多い（収穫後） 右：植え付け前の選別作業中	36
図 3-3 播種作業の写真（左）耕起作業の風景、（右）プランター（欧州の機械メーカ ー製）による播種作業（施肥、培度も同時に行う）	38
図 3-4 畝間灌漑の写真（左）ジャランダー地区農家の畝間灌水、（右）ルディアナ 地区の灌水施設（反収が 20%以上アップ）	40
図 3-5 圃場管理関係の写真（左）スプレーヤー作業中、（右）スプリンクラー.....	42
図 3-6 収穫後の写真（左・右）ヒープ中の風景	43
図 3-7 ヒアリング対象農家の経営規模	45
図 3-8 ジャガイモ 1ha 当たり生産高、収穫コスト、販売価格.....	45
図 3-9 保有トラクター農業機械メーカー	46
図 3-10 保有トラクター価格（括弧内 HP, 単位 INR）	46
図 3-11 従来法からの変更条件	47
図 3-12 収穫機希望販売価格	48
図 3-13 収穫機希望種類.....	48
図 3-14 収穫機希望購入形態	49
図 3-15 希望投資回収期間	50
図 3-16 販売地域網（左）と販売地域分布（右）	52
図 3-17 機材運搬風景（左・右）2016 年 2 月 12 日の機材到着時（COE 農場周辺の空き 地）	55
図 3-18 1:30 インチジグザグ畝.....	57
図 3-19 トラクタータイヤによる影響	65
図 3-20 ロータリーバケット詳細図	66

図 3-21 コンテナ使用日本の事例紹介	89
図 3-22 収穫したジャガイモをダンプトレーラーで受取り倉庫に保管する様子.....	92
図 3-23 収穫したジャガイモを大型コンテナに投入する様子	92
図 3-24 COE レイアウトプランと冷蔵倉庫の建設予定地	93
図 3-25 左：畝間灌漑、右：畝間灌漑により形成された絞め固まった畝の断面.....	102
表 1-1 インド主要経済指標	2
表 1-2 インド主要貿易統計	3
表 1-3 インドの主要作物の生産性と各国との比較 (単位：kg/ha)	4
表 1-4 ジャガイモ生産高と生産性 (2013 年度)	5
表 1-5 パンジャブ州農業従事者の賃金の推移 (単位：Rs/日)	7
表 1-6 第 12 次 5 か年計画 (農業部門)	7
表 1-7 農業計画別財政支出 (単位)1,000 万 Rs.....	8
表 1-8 パンジャブ州農業機械購入に係る補助金制度	9
表 1-9 農業案件 ODA 先行事例	10
表 1-10 TPH179 (2014 年度案件化デモで使用) とインド仕様のスペック比較.....	11
表 1-11 提案製品の比較優位性 (競合他社製との比較)	11
表 2-1 ジャガイモ収穫工程の機械化プロセスのイメージ	14
表 2-2 (参考) 種イモ組合員へのアンケート結果まとめ (案件化調査)	15
表 2-3 (参考)トラクターメーカーのパンジャブ州内販売網 (直営のみ)	15
表 2-4 市場調査項目と内容	16
表 2-5 製造・輸送する収穫機の仕様 (日本仕様との相違)	16
表 2-6 COE 試験圃場概要	18
表 2-7 機械化推進に向けたセミナーの流れ	20
表 2-8 C/P (実務者) 収穫機材使用指導の概要	21
表 2-9 機械化を推進する栽培体系確立に向けたセミナーの流れ	21
表 2-10 機械化に適した新栽培体系 (イメージ)	22
表 2-11 C/P (実務者) 収穫機材使用指導の概要	22
表 2-12 収穫後処理及び輸送体系調査項目	23
表 2-13 収穫後処理、輸送方法の提案	23
表 2-14 認証取得、補助金可能性分析、融資対象機材認証調査項目.....	24
表 2-15 現地生産可能性調査項目	25
表 2-16 ビジネス展開及び普及計画調査項目	25
表 2-17 普及・実証事業 業務フロー	26
表 2-18 作業工程表	27
表 2-19 要員計画	28

表 2-20 資機材リスト	29
表 2-21 C/P の担当業務	29
表 3-1 種芋組合農家の圃場の土質（経営規模の大きな 5 農家の事例）	31
表 3-2 グジャラート州の主要ジャガイモ栽培圃場の土質	32
表 3-3 UP 州の主要ジャガイモ栽培圃場の土質	32
表 3-4 種イモのクラス	33
表 3-5 UP 州における種イモのクラス	35
表 3-6 各農家の栽植密度	36
表 3-7 種芋組合農家（22 名）へのアンケート結果（案件化調査時調査）	37
表 3-8 グジャラート州における畝間、株間、播種深さ	37
表 3-9 UP 州における畝間、株間、播種深さ	38
表 3-10 グジャラート州における灌漑様式	40
表 3-11 小規模／中規模／大規模農家の販売パターン	51
表 3-12 「農家→卸売業者→小売業者→消費者」価格内訳	53
表 3-13 加工イモの加工事業者概要	54
表 3-14 製造・輸送する収穫機の仕様（日本仕様との相違）	55
表 3-15 収穫機仕様の提案	56
表 3-16 作業能率試験結果（COE 圃場）	59
表 3-17 作業精度試験結果（COE 圃場）	60
表 3-18 作業能率試験結果（Pawanjot 氏圃場）	62
表 3-19 作業精度試験（Pawanjot 氏圃場）	63
表 3-20 機械収穫と慣行収穫の人件費及び出荷額の比較	64
表 3-21 収量調査結果	70
表 3-22 サイズ毎の分布	71
表 3-23 作業精度試験結果	74
表 3-24 作業能率試験結果	77
表 3-25 TPH179 任意鑑定成績書	77
表 3-26 収量調査結果	78
表 3-27 萌芽率	79
表 3-28 パンジャブ州における農業機械台数（2013-2014 年）	82
表 3-29 機械化に適した栽培体系	83
表 3-30 大型コンテナとヒープの損傷比較	90
表 3-31 活動項目毎の達成状況	97
表 3-32 園芸局長の指摘事項と考察	103

案件概要

インド国

ジャガイモ収穫機普及に向けた普及・実証事業 東洋農機株式会社(北海道)

インド国の開発ニーズ

- ジャガイモ収穫の機械化促進による作付面積・生産量拡大(労働集約的農法の限界:労働者確保困難、人件費高騰)
- 適切な収穫後処理・輸送体系の確立によるジャガイモの付加価値向上、効率的な生産販売

普及・実証事業の内容

- インド仕様のジャガイモ収穫機の導入検証(モデルファームでの試用・調整、収穫効率等の評価など)
- パンジャブ州園芸局(C/P)普及員及び周辺農家を対象とした収穫機使用および機械化に適した収穫体系確立に向けた指導
- 現地生産可能性調査および普及計画の策定

提案企業の技術・製品

ジャガイモ収穫機

<自走式> - 小規模圃場に対応



<牽引式>



- 畦の形状に合わせて掘取り、塊茎にダメージを与えない。
- コンベヤシステムによる損傷防止および作業効率改善。

ロータリー・カルチベーター



- ハードな土質の改善

事業概要

相手国実施機関: パンジャブ州園芸局
事業期間: 2015年11月～2018年5月
事業サイト: パンジャブ州ジャンダール

インド国側に見込まれる成果

- インドの市場ニーズに適合したインド仕様のジャガイモ収穫機が検証される
- 機械化に適した栽培体系、収穫体系が提案される
- C/Pおよび農家に収穫にかかる技術が移転され、機械化普及のための基盤が整う

日本企業側の成果

現状

- ジャガイモ収穫機の国内シェア70%
- 農業試験場、大学等との協力

今後

- インド仕様収穫機の一部現地生産による販売、他州へのビジネス展開
- 「フードバレーとかち」が推進する十勝を拠点とした海外展開のモデルケース

要約

I. 提案事業の概要	
案件名	(和文) ジャガイモ収穫機普及に向けた普及・実証事業 (英文) Verification Survey with the Private Sector for Disseminating Japanese Technologies for Potato Harvester
事業実施地	インド国パンジャブ州
相手国 政府関係機関	パンジャブ州園芸局
事業実施期間	2015 年 11 月～ 2018 年 6 月 (2 年 8 ヶ月)
契約金額	98,878 千円 (税込)
事業の目的	本事業は、インド全土で栽培される種イモの過半を生産するパンジャブ州において、ジャガイモ収穫機や機械化に適した収穫体系確立に向けた指導を同州園芸局 (C/P) 普及員及び農家向けに実施することにより、C/P のこれら技術にかかる能力強化並びに普及への基盤整備を図り、もって将来的に農家の生産性・付加価値の向上に寄与するものである。 また、ジャガイモ収穫機の実証活動を通じてビジネス展開と普及計画を検討し、本事業後の同州およびグジャラート州等における製品の普及を目指す。
事業の実施方針	①収穫体系にかかる技術移転 収穫機や機械化に適した収穫体系確立に向けては、機械化ニーズの高い作業工程を特定して機械化の範囲を明らかにする必要がある。このため、大規模農家等のニーズ把握や、日本の収穫機による機械化の範囲と比較検討する。これに基づいて、必要となる収穫体系や、機械普及に必要な技術について、合わせて技術移転していく。 ②業務の方向性 資機材などハード予算は最小限に抑え、機械化に適した収穫体系、機械普及に必要な技術指導に充当する。 ③留意点 プロジェクト期間の3年間で確実に期待する結果を出せるようにするため、資機材は日本の資機材を利用する。ただし、将来の実施のビジネス展開時にはその資機材はローカル調達のできる資機材で置き換えることができるものとする。
実績	1. 実証・普及活動 (1) ジャガイモ農家の営農実態をふまえた栽培・収穫技術の現状と問題点を把握。

	(2) 機械化に伴う栽培体系について、概念を整理。 (3) インド仕様収穫機を製造・輸送。 (4) モデルファームでの仕様を現地で実施。損傷率、収穫損失とも、慣行法より優れていることが判明。 (5) 機械化推進のための C/P のニーズを把握、技術移転（指導）のイメージを共有。 (6) 機械化に伴う栽培体系（導入期の体系）のイメージを共有。 (7) 収穫後処理（運搬、乾燥、貯蔵）と輸送体系のイメージを提示し、導入可能性を検討。 2. ビジネス展開計画 (1) 型式認証に必要となるデータの収集、整理し、補助金活用可能性、融資対象機材認証の可能性を確認。 (2) 現地生産が可能で協業可能とする複数の現地企業の訪問・協議を実施（今後の協業先を引き続き選定中）
課題	1. 実証・普及活動・ (1) C/P に案件全体像を理解してもらう努力が必要 (2) C/P の予算の少なさ 2. ビジネス展開計画 (1) 現地ニーズに合わせたジャガイモ収穫機の収穫効率向上 (2) 現地に存在しない製品の新規導入に起因する自社および現地パートナーの事業戦略の策定・合意の難しさ
事業後の展開	普及実証事業で得られた経験・知識を活用し、現地協力機関・企業との関係を継続し、長期的な視点で事業化を検討する。
II. 提案企業の概要	
企業名	東洋農機株式会社
企業所在地	北海道帯広市
設立年月日	1967 年
業種	製造業
主要事業・製品	ジャガイモ収穫機、スプレーヤ
資本金	1 億 8,000 万円（2018 年 6 月時点）
売上高	37 億 4,900 万円（2018 年 1 月期）
従業員数	154 名（2018 年 6 月時点）

1 事業の背景

(1) 事業実施国における開発課題の現状及びニーズの確認

パンジャブ州はインド北部有数の農業州であり、米や小麦等主要穀物だけではなく、ジャガイモやトウモロコシ等作物の多様化が急務である。しかし、ジャガイモについては、気候、天候上の制約から1月中旬から3月末までの間に集中的に収穫をしなければならず、一定規模以上の農場では、これまでは季節労働者等により対応してきたものの、最近では周辺地域および他州からの労働者の確保が困難になってきている。また、これら労働者の人件費は年々高騰しており、現在の労働集約的な慣行農法の下では、大量の労働者を必要とする大規模農家が作付面積を安心して増やせる状況にない。

実際、パンジャブ州では、これまでは肥料改良等により単収が増加し、生産量は拡大してきたものの、2008年以降は単収、生産量とも横ばいで推移している（下図）。インドの種イモの過半を生産する同州のかかる事情が、インド全土におけるジャガイモの生産量拡大、生産性向上の制約になりつつあり、労働集約的な慣行農法から機械を活用した農法への転換が迫られている（労働力不足を代替する機械化ニーズ）。収穫機の導入により、自ずと栽培体系や収穫・管理体系も変革が迫られ、単収向上（生産性の向上）、ひいては地域における農業所得の向上に貢献することが期待される。

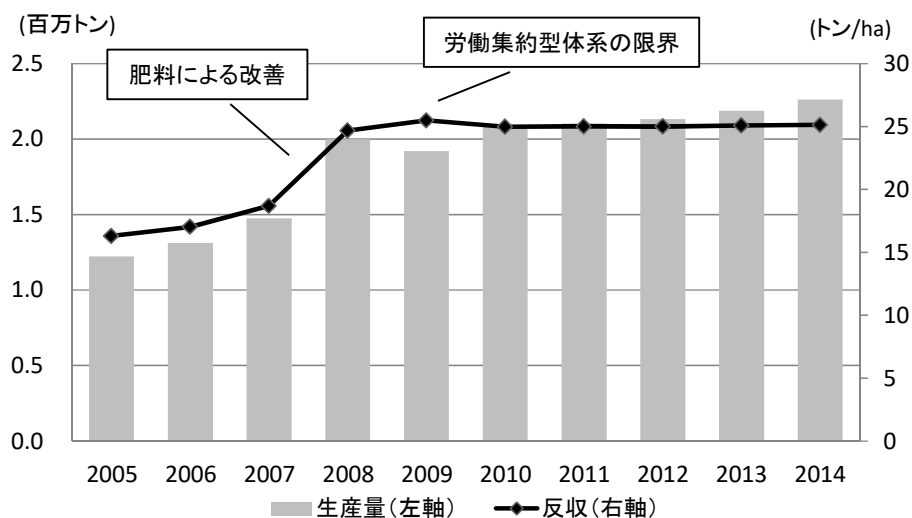


図 1-1：近年は鈍化傾向のパンジャブ州におけるジャガイモ生産量
(出所)パンジャブ州 HP より作成

① 事業実施国の政治・経済の概況

<政治状況>

インドは1947年に英国から独立して以降、議会制民主主義を維持している。2014年に実施された第16回総選挙では、ナレンドラ・モディ首相率いるBJP（インド人民党）が30年ぶりの単独過半数を獲得し、国民会議派連立政権を破り、政権交代を実現した。同政権は、製造業振興によって雇用を創出し、輸出競争力の強化により貿易赤字の解消を目指す「メーカ・イン・インド」などのスローガンを打ち出し、その後の地方選挙でも連勝した。

特に 2 億人の人口を抱え国会運営にも強い影響力を持つウッタル・プラデシュ州で BJP が地場政党に圧勝したことの意義は大きい。

2016 年 11 月にはブラックマネーの撲滅を目的とした 500 ルピー札、1,000 ルピー札の高額紙幣の廃止、2017 年 7 月には税体系の透明性向上と簡素化のため、物品・サービス税 (GST) の導入を実施するなど、大胆な経済改革を実施した。

2018 年度国家予算案は地方経済や低所得層への支援強化の姿勢を強く示した内容となっており、2019 年 4 月の総選挙を見据えた対策が活発化している。

＜社会経済状況＞

インドの人口は、13.2 億人で世界第二位であり、若年労働人口が半分を占めている。GDP は名目ベースでは世界第 7 位である。2017 年の実質 GDP 成長率推計値は 6.5%であり、直近 4 年間では最も低い水準であるが、年度後半にかけて経済成長は緩やかな回復傾向を示しており、政府は 2018 年の景気回復を見込んでいる。

表 1-1 インド主要経済指標

2016 年		2012～2016 年平均	
人口	13.24 億人	人口増加率	1.2%
GDP (名目)	2 兆 2,637 億米ドル	実質 GDP 成長率	6.9%
GDP (PPP)	8 兆 7,006 億米ドル	インフレ率	7.3%
一人当たり GDP (名目)	1,710 米ドル	経常収支 (対 GDP 比)	▲2.01%
一人当たり GDP (PPP)	6,571 米ドル	FDI 流入 (対 GDP 比)	0.71%

(出所) World Economic Indicators

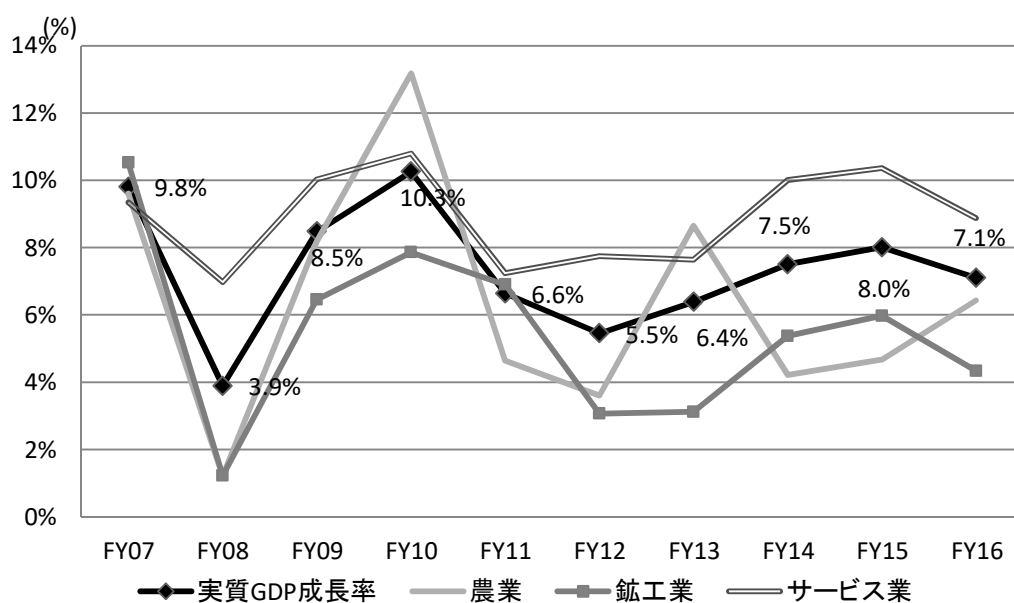


図 1-2 インドの実質 GDP 成長率

(出所) World Economic Indicators

インドの貿易収支（赤字）は2015年の1,260億米ドルから2016年には963億米ドルに縮小した。原油価格の下落が一因として挙げられるが、輸出振興政策により今後赤字の更なる縮小が期待されている。

表 1-2 インド主要貿易統計

主要輸出品目（2016年）		主要輸入品目（2016年）	
石油製品	16.2%	石油製品	21.0%
宝飾製品	10.9%	電気製品	12.0%
輸送機器	7.6%	化学・化学関連品	9.4%
医薬品	6.4%	金・銀	6.9%
主要輸出国（2016年）		主要輸入国（2016年）	
米国	15.8%	中国	16.8%
UAE	11.7%	米国	6.0%
香港	5.0%	UAE	5.3%
中国	3.4%	サウジアラビア	5.1%

（出所）インド商工省商務局

一方、高い経済成長、増加する人口、これまでの比較的低廉な人件費等を背景に、対インド直接投資額は、1991年の経済改革以降、順調に拡大を続けている。過去4年間で平均12.8%成長を記録し、2016年度のFDI流入額は過去最高の60,082百万米ドルとなった。セクター別には、サービス、IT、通信、住宅・不動産等、サービス業が全体の約72%を占める。インド政府は2012年に国内の小売業への外資出資比率規制を緩和し、複数ブランド小売業への51%出資を認めるなど、外資誘致を進める施策を図っている。

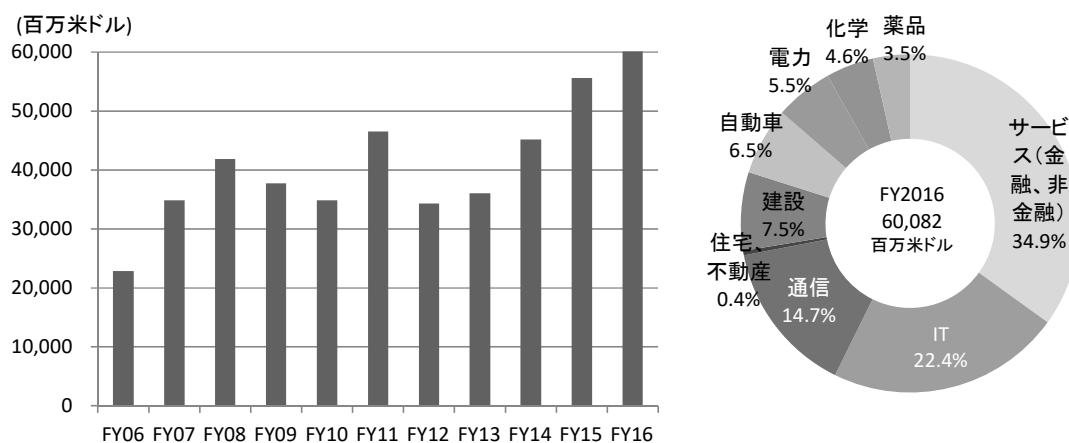


図 1-3 対インド直接投資の推移（2004 年度～2014 年度）とセクター別内訳（2016 年度）

（出所）Department of Industrial Policy & Promotion “FDI Statistics”より作成

② 対象分野における開発課題

(1) 農業の低生産性

① 農業セクターの GDP と全労働人口に占める割合

インドの農業セクターには全労働人口の 45.1%が従事している。しかし、農業の GDP に占める割合は、1980 年代の約 37%から、工業化と IT を中心としたサービス産業の発展により、2016 年には 17.3%まで低下しており、製造業やサービス業に比べ生産性の伸びが低く、GDP の貢献度に比べ、農業セクターに従事する労働人口が多いと言える。

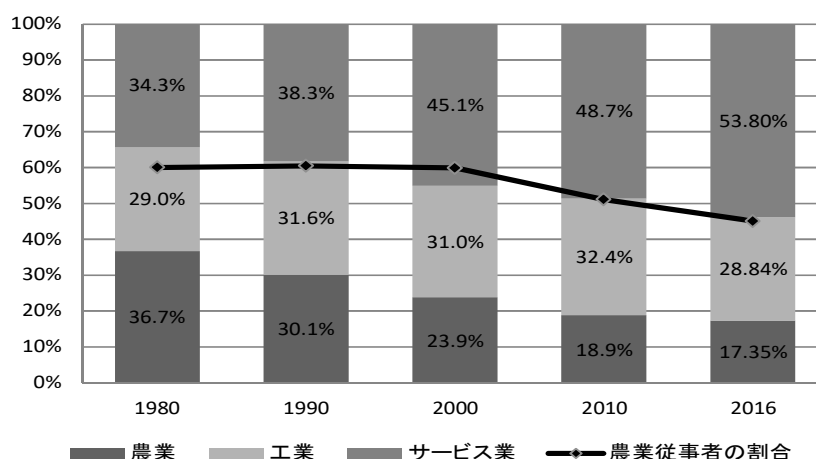


図 1-4 GDP に占める農業の割合と農業従事者の割合

(出所) インド計画省統計

(2) 主要作物の生産性の国際比較

インドの主要作物は米、小麦が中心で、それ以外ではトウモロコシ、豆、サトウキビ、落花生等が主である。これら作物の生産性は世界平均をわずかに上回る、或いは世界平均をも下回っており、最も生産性の高い中国や先進国と比べると大きな差がある。農作物の生産性が低い要因は、近代化（機械化）への執着の薄いこと、農地経営面積の狭小なこと（機械を導入しにくい）、依然として旧式で非効率な農器具に依存していること、灌漑施設の未整備等、労働集約的な農法などが挙げられる。

表 1-3 インドの主要作物の生産性と各国との比較 (単位: kg/ha)

作物	インド (kg/ha, 2014)	世界平均 (kg/ha, 2014)	最も生産性の高い国 (kg/ha, 2014)
米	3,576	4,546	6,832 (中国)
小麦	3,144	3,314	6,515 (中国)
トウモロコシ	2,560	5,622	10,744 (米国)
豆	659	909	2,031 (カナダ)
サトウキビ	70,231	69,373	76,865 (タイ)
落花生	1,400	1,657	3,584 (中国)

(出所) Agricultural Statistics at a Glance 2016

表 1-4 ジャガイモ生産高と生産性 (2013 年度)

州	生産高(千トン)	生産性(kg/ha)
ウッタール・プラデシュ州	13,851.76	22,808
西ベンガル州	8,427.00	19,735
ビハール州	6,345.52	19,884
グジャラート州	3,549.38	31,578
マディヤ・プラデシュ州	3,161.00	22,410
パンジャブ州	2,389.48	25,696
アッサム州	1,037.26	9,895
ハリヤナ州	853.81	24,912
カルナタカ州	651.45	13,550
チャッティースガル州	644.83	15,371
その他	2,858.08	13,972
全インド	43,769.57	20,515

(出所) Agricultural Statistics at a Glance 2016

(3) 大規模農家に留まる農業機械化

インドの農業機械化は全体としてはまだ遅れているものの、動力源に占める機械、電力の割合は増加しており、1ha 当りに使用される電力も 1951 年の 0.25kW/ha から 2001 年には 1.35kW/ha と約 5 倍に増加している。

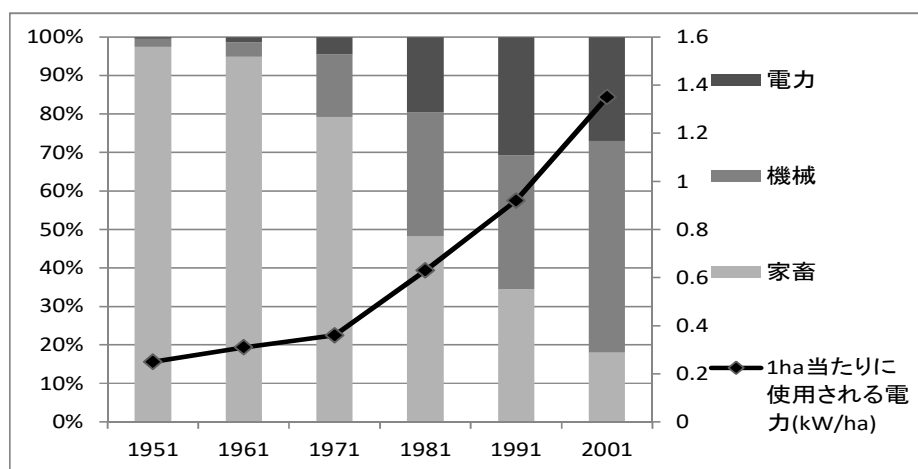


図 1-5 動力源に占める機械、電力の割合と 1ha 当りに使用される電力の推移

(出所) Status of Farm Mechanization in India

(1,000農家当たり台数)

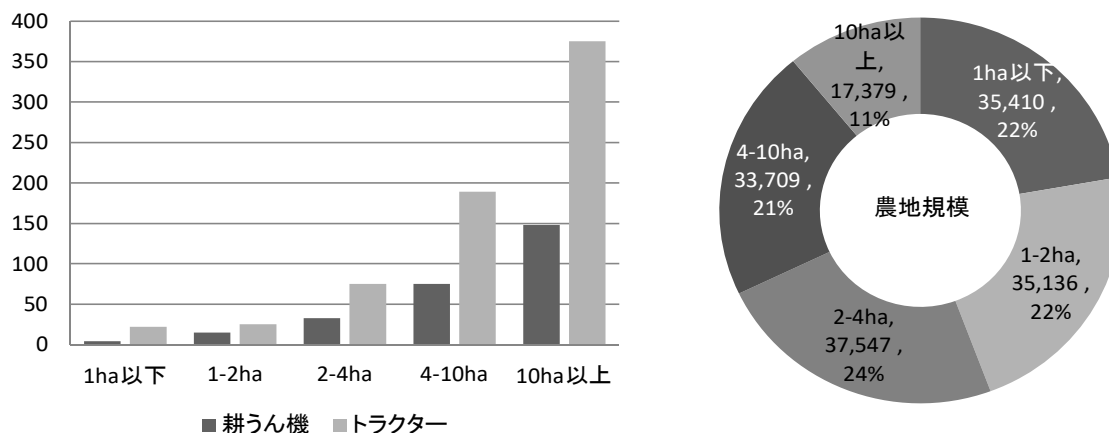


図 1-6 耕うん機、トラクターの所有と農地規模

(出所) Agricultural Statistics at a Glance 2013

農業機械の導入は、1960 年代の緑の革命の舞台となった、インドの農業先進州であるパンジャブ州、ハリヤナ州、ウッタル・プラデシュ州で最も進んでおり、その分、農業生産性は高い。しかし、1,000 農家当たりが保有する農業機械の平均台数では、4-10ha、10ha 以上の農地を有する大規模農家（全体の 33%）が多くを保有する形となっている。農地規模においては、2-4ha を保有する農家が 24%で一番多く、10ha 以上を保有する農家は全体の 11%である。

(4) 労働力不足と賃金上昇

インド日本商工会賃金実態調査によると、インドではワーカーの賃金上昇率が過去二年間で年率約 10%で上昇しており、企業経営の課題となっている。農業におけるワーカー（ジャガイモ掘りのための季節労働者も含む）の賃金も同様に上昇しており、労働力不足と合わせて農業経営上の大きな問題となっている。

本事業対象地域のパンジャブ州では、自州での農業従事者（特にジャガイモ収穫期等における季節労働者）の確保が年々困難になってきており、近隣のビハール州やウッタル・プラデシュ州からの季節労働者を受け入れてきた。しかし、2005 年に成立した国家農村雇用保障法（NREGA: National Rural Employment Guarantee Act ¹⁾）により、ビハール州やウッタル・プラデシュ州でも土木工事、農作業の雇用が拡大し、他州への出稼ぎに歯止めがかかり始め、パンジャブ州ではビハール州やウッタル・プラデシュ州からの季節労働者の受け入れはさらに困難になってきており、賃金は上昇傾向である。

¹⁾女性や指定カーストなどを中心に貧困農村世帯から各 1 人につき年間 100 日を上限に雇用し、土木工事や農作業等への就労と引き換えに賃金を支払う事実上の現金給付事業。地方開発省が実施主体となり、2006 年から 2010 年の間は年間 4,000 億 Rs の予算が確保されたが、2014 年度は予算が大幅に削減され 3,000 億 Rs 以下となった。

労働者不足が起因となっている現地での開発課題としては、農家（特に小農）が栽培に
あたり選択する換金作物のうち、人手を要するジャガイモ栽培をやめてしまおうとする動
きが顕在化傾向にある点である。これは、パンジャブ州において、種イモの生産量の減少
にも繋がることにもなりえ、インド全国への良質で安定的な種イモ供給体制を脅かす要因
ともなりえるものと考えられる。

表 1-5 パンジャブ州農業従事者の賃金の推移 （単位：Rs/日）

職種	2009 年		NREGA 以前（2005 年）	
	男性	女性	男性	女性
農業	150.0	70.0	80.0	50.0
農業以外	150.0	70.0	100.0	60.0
建設	160.0		105.0	
電気技術者	300.0		200.0	
配管工	350.0		250.0	

農作業	2009 年	NREGA 以前（2005 年）
除草	112.5	82.0
田植え	142.0	80.0
小麦収穫	113.0	72.5
コメ収穫	110.0	75.0

（出所）Impact of NREGA on Wage Rates, Food Security and Rural Urban Migration in Punjab

注）ジャガイモ収穫は賃金の規定はないが、現地調査より 200～250Rs 程度と考えられる。

③ 事業実施国の関連計画、政策（外交政策含む）および法制度

(1) インド全土農業計画

現在、第 12 次 5 カ年計画に則った農業政策が進行中であり、全体で 5,480 億 Rs の財政支
出により、灌漑施設の整備、補助金の合理化、作物の多様化、食糧安全保障等への対応が
アクションプランとして計画されている。また、マクロ経済の主要目標として農業生産の
増大が掲げられており、国家食糧安全保障に十分配慮しつつ、野菜や果物など高付加価値
作物へ転換することが挙げられている。

表 1-6 第 12 次 5 か年計画（農業部門）

- ・ 農業の生産性向上（特に園芸、酪農、畜産分野）
- ・ 農業機械のレンタル、耕うん機、播種機、収穫機等の農業機械購入を支援する補助金の拡充
- ・ 貯蔵や加工などのポストハーベストの充実
- ・ 機械の維持や輸送のサービスの充実
- ・ 中小規模の農業関連産業の確立

（出所）インド計画委員会「第 12 次 5 カ年計画」

(2) パンジャブ州農業計画

2013 年の「パンジャブ州農業政策」によれば、中央政府の第 12 次 5 ヶ年計画に則った農業政策に掲げられた目標と同様、コメと小麦の生産に偏ったパンジャブ州の農作物の生産を多様化し（パンジャブ州の全農作物に占める米・麦の割合は 80%）、より付加価値の高い野菜（ジャガイモを含む）や果物の生産を増やすことを目標としている（野菜や果物は州政府園芸局が所管）。

ちなみに、北海道の農作物の構成（産出額ベース）をみると、30 年前（1983 年）においても、米・麦の割合は全作物の 38%であり（2013 年は 30%）、パンジャブ州における農作物の多様化は急務である。

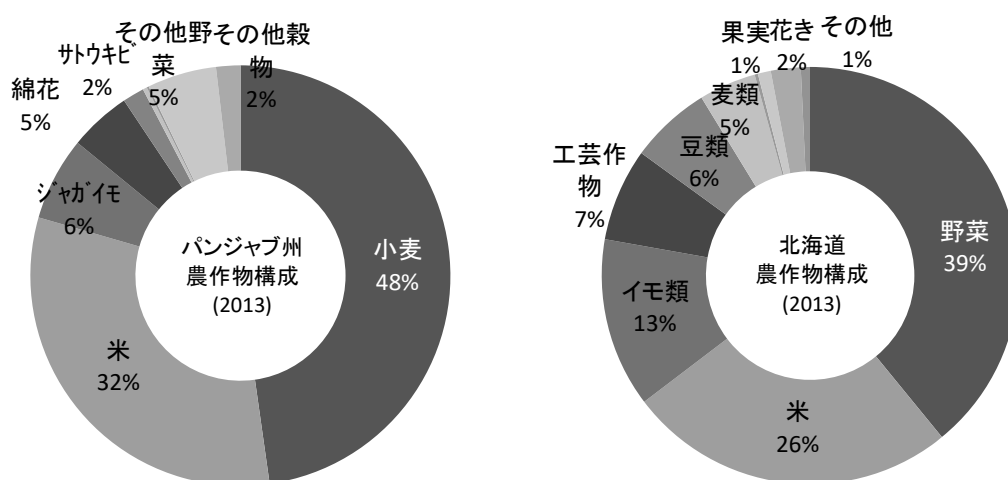


図 1-7 パンジャブ州における農作物の構成と北海道における農作物の構成の比較

（出所）Agriculture Policy for Punjab, March 2013、2013 年生産農業所得統計（農林水産省）

(3) 農業機械化計画

インド農業省農業協同組合庁（Ministry of Agriculture and Farmers Welfare, Department of Agriculture, Cooperation and Farmers Welfare）は農業機械化推進のために、①農業機械購入及び②農業機械推進のための研修、デモンストレーション実施に係る補助金を導入している。過去 2 年間の農業機械化に関連した農業計画別の財政支出は以下のとおり。

表 1-7 農業計画別財政支出

（単位）1,000 万 Rs

計画	2016-2017(支出)	2017-2018(予想)
National Mission on Sustainable Agriculture	880	1,226
National Mission on Horticulture (NMH)	1,493.07	2,320.00
Agriculture Extension	590.46	912.00
Agriculture Mechanisation	366.93	550.00
Rashtriya Krishi Vikas Yojana (RKVY)	3892.01	4,750.00

（出所）インド財務省 Union Budget, Expenditure Budget

また、パンジャブ州園芸局においても農業機械購入に係る補助金が導入されており、2014年の予算 8.25 億 Rs.のうち 4,300 万 Rs.が農業機械購入に対する補助金として割り当てられた。補助金制度は以下表のとおり。農業機械購入に際し、1 台当たりの補助金を上限とし、コストの一部を補助金によって賄うことができる。

表 1-8 パンジャブ州農業機械購入に係る補助金制度

No.	農業機械	1 台あたりの 補助金上限 (Rs.)	支援のオプション
1	トラクター（20HP 以下）	30 万	コストの 25%、小規模・零細・女性農家についてはコストの 35%
2	耕うん機（8HP 未満）	10 万	コストの 40%、小規模・零細・女性農家についてはコストの 50%
3	耕うん機（8HP 以上）	15 万	コストの 40%、小規模・零細・女性農家についてはコストの 50%
4	20HP 以下のトラクター、 耕うん機（土地改良、耕作、 苗床準備用農業機械）	3 万	コストの 40%、小規模・零細・女性農家についてはコストの 50%
5	播種、植付、刈取り、収穫 用農業機械	3 万	コストの 40%、小規模・零細・女性農家についてはコストの 50%
6	プラスチックマルチレイ ヤー	7 万	コストの 40%、小規模・零細・女性農家についてはコストの 50%
7	自走式園芸用農業機械	25 万	コストの 40%、小規模・零細・女性農家についてはコストの 50%

（出所）パンジャブ州園芸局

④ 事業実施国の対象分野における ODA 事業の事例分析及び他ドナーの分析

(1) 農業案件 ODA 先行事例

農業分野における ODA 事業の先行事例として、2011 年から開始されている“マディヤ・プラデシュ州大豆増産プロジェクト”及び“ヒマーチャル・プラデシュ州作物多様化推進プロジェクト”が挙げられる。いずれも、米と麦以外の作物の生産拡大及び生産効率の向上（新農法の普及）を目的としたものである。

表 1-9 農業案件 ODA 先行事例

項目	内容
案件名	マディヤ・プラデシュ州大豆増産プロジェクト【技術協力プロジェクト】
期間	2011 年 6 月 12 日～2016 年 6 月 11 日
上位目標	MP 州農民福祉農業開発局及びジャワハルラール・ネルー農業大学 (JNKVV)により、小規模貧困農家を対象とした大豆栽培技術が普及する。
プロジェクト目標	小規模貧困農家に適した大豆栽培技術体系が構築される。
事業概要	1. 小規模貧困農家のための大豆栽培技術改善に関する方針策定 2. 肥培管理技術の開発 3. 病虫害管理技術の開発 4. 湿害、旱魃に強い耕種技術の改良 5. 開発・改良された個別技術の体系化、有効性の実証
カウンターパート	マディヤ・プラデシュ州農業局
項目	内容
案件名	ヒマーチャル・プラデシュ州作物多様化推進プロジェクト【有償技術支援－附帯プロ】
期間	2011 年 3 月 7 日～2016 年 3 月 6 日
上位目標	対象地域 5 県 (Kangra,Una,Hamirpur,Bilaspur 及び Mandi) の農地において、気候条件の強みに基づく作物多様化が推進される。
プロジェクト目標	HP 州政府農業局 (DOA) が、プロジェクト対象地域 (5 県) で作物多様化を推進するための仕組 が構築される。
事業概要	1. 作物多様化推進のための DOA の事業計画策定と実施能力の向上支援 2. 作物多様化推進のための農業普及員に向けた研修システム開発 3. 中核普及職員の普及技術向上支援 4. パイロット地区における活動を通じた多様化推進モデル構築
カウンターパート	ヒマーチャル・プラデシュ州農業局 (DOA)

(2) 海外ドナーの動向

アジア開発銀行 (ADB) 及び世界銀行は、技術協力を通じてアグリビジネス、園芸ワールドチェーン、市場アクセス改善に係るプロジェクトを実施している。

パンジャブ州においては、オランダ政府がパンジャブ州政府と協力し、バリューチェーン構築に係るプロジェクトを 2014 年に開始している。具体的には、本事業におけるカウンターパート (C/P) となるパンジャブ州園芸局傘下の Center of Excellence (農大などを含む産学連携組織、以下、COE と略) にオランダ政府より専門家が派遣され、ジャガイモの栽培や収穫の技術指導を行っている。

(2) 普及・実証を図る製品・技術の概要

表 1-10 TPH179（2014 年度案件化デモで使用）とインド仕様のスペック比較

主要諸元	TPH179（日本仕様）	TPH179（インド仕様）	TPH55（インド仕様）
種類	乗用、自走式、掘取式	乗用、自走式、掘取式	乗用、牽引式、掘取式
全長	5,700mm	5,700mm	6,540mm
全幅	2,500mm	2,500mm	2,500mm
全高	2,900mm	2,900mm	3,100mm
重量	5,600kg	5,000kg	2,810kg
エンジン	4 サイクル水冷直噴式ディーゼル 3,059cc	4 サイクル水冷直噴式ディーゼル 3,059cc	なし
出力/回転数	40.5kw(55PS)/2,100rpm	40.5kw(55PS)/2,100rpm	適応トラクター36.8kw(50PS)
変速段数	HST 無段階変速	HST 無段階変速	トラクターの仕様による
走行速度	0～5.5km/h	0～5.5km/h	トラクターの仕様による
作業能率	0.5～0.7ha/日	0.5ha～1.5ha/日	
掘取り条数	1 畝	1 畝（風乾対応のピックアップユニットを使用することで 2 畝も可）	
製品タンク	容量 700kg	容量 700kg	容量 1,320kg
クローラ／タイヤ	クローラ式	クローラ式	タイヤ式
駆動	油圧式	油圧式	機械式
開発期間	—	6 ヶ月	6 ヶ月

表 1-11 提案製品の比較優位性（競合他社製との比較）

item	Toyonoki TPH179	競合他社製品
種類	自走式／クローラ型	牽引式／タイヤ型
全長	5,700mm	7,900 mm
全幅	2,500mm	3,000 mm
全高	2,900mm	3,000 mm
エンジン	4 cycle water-cooler/Diesel 3,059cc	NA
PS/rpm	55PS/2,100rpm	75 PS～
走行速度	0～5.5km/h	NA
1 日当たり収穫面積	0.5～1.5ha	2ha
価格	1,500 万円	3,000 万円（税、トラクター含む）
1ha 収穫に必要投資額	1,000 万円	1,500 万円

注 1) 提案製品の価格は、日本での製造販売価格

注 2) 競合他社製品の 1 日あたり収穫面積及び価格は推定値

<販売実績>

東洋農機のジャガイモ収穫機は 1981 年の発売以来、延べ 4,000 台を製造販売している（全国のジャガイモ農家が顧客。1 台あたり 600～1,500 万円）。このうち、小規模圃場向けに開発した自走式（TPH179 型）は、現在までに 110 セット強を販売しており評価を得ている。また海外では、ジャガイモ生産量が世界第一位の中国山東省の現地トラクターメーカーとの合弁に向け、契約締結の直前までこぎつけた経緯がある（ただし、政治状況により合弁事業は頓挫している）。なお、ロシアにも数台の納入実績がある。

<設置場所>

パンジャブ州園芸局が保有する農場のうち、ジャガイモ生産のもっとも盛んなジャランダール地区にあり、COE の管理する農場に設置する。

COE 内には 60 エーカーの農地があり、このうちの西側半分が Hard Soil、東側半分が Sandy Soil の 1 区画 5 エーカーの圃場を試験圃場として借り受けることで合意した。これは圃場試験・収穫試験には十分な広さである。また COE がジャガイモ産地のちょうど中心に位置するため、周辺に協力農家を求めやすいというメリットもある（案件化調査での性能試験・フィールドデモ（一部）は同圃場で実施した関係から、潜在顧客と考えられる種イモ組合をはじめとした協力農家はすでに多数確保されている）。

<数量>

日本仕様の TPH179 型（自走式）、TPH55 型（牽引式）をインド仕様に改良したもの各 1 台とし、このほかに、機械化に適した圃場整備（培土用）のため、ロータリーカルチ 1 台（他社製品）を導入する。

<価格>

- ・ 1 台（1 式）当たりの販売価格（現地生産した際の想定）

TPH179 型：600 万円

TPH55 型：300 万円

ロータリーカルチ：110 万円（日本から輸出して販売した価格）

- ・ 本事業での機材費総額（輸送費・関税等含む）：1,451 万円

2 普及・実証事業の概要

(1) 事業の目的

ジャガイモ収穫機を活用し、現地における効果測定を行うとともに、新たな収穫体系確立と機械化推進に向けた指導（C/P 向け）、および農家向けの収穫体系と機械化の普及に向けた支援を行う。

本事業は、インド全土の種イモの過半を生産するパンジャブ州において、ジャガイモ収穫機や機械化に適した収穫体系確立に向けた指導を同州園芸局（C/P）普及員及び農家向けに実施することにより、C/P のこれら技術にかかる能力強化並びに普及への基盤整備を図り、もって将来的に農家の生産量・付加価値の向上に寄与するものである。

主な受益者であるジャガイモ栽培農家（ジャガイモ専業農家は存在しない。トウモロコシ、サトウキビ、米等他作物栽培との兼業農家）はその規模に差異はあるが、ジャガイモ収穫機が普及すれば、機材を直接購入できない中小農家もインドでは一般的に利用されているコントラクター（リース事業者）による貸し出しサービスを利用し、労働力不足を補うことが可能となる。これにより、大規模農家以外の農家でも作付面積の拡大と生産量の増大につながり、所得の向上も期待される。なお、機材を購入できる大規模農家については、案件化調査結果を参考に 20～30ha 程度を栽培する農家をターゲットとして想定しており、3 年以内に投資回収可能な価格設定に見合う機材のスペックにするべく、現地農機メーカーとの開発を始めている。

本事業では、ジャガイモ収穫機の実証活動を通じてビジネス展開と普及計画を検討し、本事業後の同州およびグジャラート州等における製品の普及を目指す。

(2) 期待される成果

成果 1：インドの市場ニーズに適合したインド仕様のジャガイモ収穫機の導入検証および機械化に適した収穫体系の指導が行われる。

成果 2：効率的な収穫後処理および収穫されたジャガイモの輸送体系が提案される。

成果 3：（本事業後の）ジャガイモ収穫機のビジネス展開及び普及計画が検討される。

(3) 事業の実施方法・作業工程

(1-1) ジャガイモ農家の営農実態をふまえた栽培・収穫技術の現状と問題点把握

(1-1-1) 栽培実態調査

パンジャブ州、グジャラート州、UP 州の各州におけるジャガイモ農家の営農実態を調査することにより、インドにおける主要なジャガイモ栽培・収穫技術の実態を確認し、この調査結果から問題点、すなわち市場ニーズの把握とジャガイモ収穫機の仕様検討に役立てる情報の収集を行った。

パンジャブ州においては、COE 近郊の農家等へのヒアリング・実地踏査により、栽培実

態の把握に努め、グジャラート州、UP 州では、主に調査を外注する形で実態調査を取りまとめた。なお、調査に当たっては、種イモ、加工イモ、食用イモなど用途ごとの管理方法の相違にも留意し、ジャガイモ栽培実態の調査を実施した。具体的には、播種前の圃場作り（土質調査）、種イモ調査（品質、芽出し状態（浴光育芽等）、サイズ、カット、前消毒）、播種作業調査（畝幅、株間、播種深さ、気候）、培土調査（方法、タイミング、形状）、灌水調査（方法、時期、期間、必要性）、管理作業調査（除草方法、防除方法、肥料、中耕、培土、病株の抜取り、病害検定、収量調査や前作業）等を対象に情報収集を行った。

機械の仕様に係る検討事項として、特に、圃場への機材搬入や横持ち、収穫の効率化に係る現行の播種作業における植え付け間隔等とこれに伴う培土作業に重点をおいて実態調査を行った（機械化に際して検討が必要な栽培・収穫技術に係る前提条件の確認）。

(1-1-2) 栽培・収穫体系及び収穫機仕様の提案

(1-1-1)をもとに、新たな栽培・収穫体系及び収穫機仕様を検討した。栽培体系については機械化に伴う土づくり、播種作業を中心とし、収穫体系については、ジャガイモ収穫機が圃場で一定の操作性を確保されるための体系（枕地の確保等）から、他の機械（耕うん機、碎土機（ロータリーカルチ）、整地機材、スプレーヤ、スプリンクラー等）との連携により実現される高度な体系まで、いくつかの体系が考えられる。

収穫体系については、下表が示すようにインドでは従来収穫後には圃場での手作業で袋詰め、乾燥のプロセスが行われているが、コンテナとトレーラーを活用して圃場での乾燥を割愛し、バルクで取り扱うことができる体系を検討する。

上記に合わせて、(1-2)において現地に輸送される収穫機の仕様に係る改良、調整を行う。

表 2-1 ジャガイモ収穫工程の機械化プロセスのイメージ

工程	現行体系	機械収穫体系	高度な体系
Digging	Digger	TPH179（インド仕様） TPH55（インド仕様）	TPH179（インド仕様） TPH55（インド仕様）
S-Drying	Hand		
Picking-up	Hand		
Bagging	Hand	Hand	効率的な収穫後処理、 輸送体系
L-Drying	Hand		
Grading	Hand		
Bagging	Hand		
Storaging	Hand	Hand	

なお、現地製プランターの新たな栽培体系への対応能力についても、COE や近郊の農家で使っているプランターを調査し、場合によってはプランターメーカーでの調査も行い、現地農業機械メーカーで関連メーカーがないかを確認し、聞き取り調査する。

(1-1-3) 市場調査・競合調査

案件化調査においては、デモンストレーション時に、販売ターゲットと考えられる種イモ組合の農家（22 人）を対象にしたアンケートを実施している（下表）。しかし、ビジネス展開計画に必要な機材のターゲット設定に当たっては、これらをもとに、追加調査を実施し、購入条件、意向等を詳細に把握し、機材の設計仕様や価格設定、販売方法等に反映させ、ビジネス展開及び普及計画に活用していく。

表 2-2（参考）種イモ組合員へのアンケート結果まとめ（案件化調査）

項目	結果	備考
経営面積（ha）	59.3（うち、所有 34.9）	
ジャガイモ栽培面積（ha）	43.1（うち、所有は 29.2）	平均経営面積 4.4
ジャガイモ以外の作物	1 位：トウモロコシ（17 人） 2 位：小麦（9 人） 3 位：砂糖キビ（8 人）	4 位：稲作（5 人）
土質	1 位：中間質（20 人） 2 位：砂質（19 人） 3 位：硬質（10 人）	
トラクター保有台数	2.5（うち、40HP 以上は 2.1）	インドの平均は 35HP
コンバイン保有台数	0.2	

表 2-3（参考）トラクターメーカーのパンジャブ州内販売網（直営のみ）

Districts	Tractor Company					
	Mahindra	TAFE	John Deere	Escorts	Sonalika	Preet
Hoshiarpur	3	1	1	2	3	1
Jalandhar	3	2	1	2	3	2
Kapurthala	3	1	1	4	2	2
Ludhiana	2	1	1	2	2	1
Amritsar	4	2	1	3	3	2
Moga	2	1	1	1	2	0
Bathinda	2	2	1	2	3	1
Patiala	2	2	1	2	2	1
Fatehgarh Sahib	3	1	0	1	0	0
S.B.S Nagar	2	0	0	1	1	0
Taran Taran	2	1	1	1	1	0
Barnala	2	0	0	2	0	1
S.A.S Nagar	3	0	0	2	1	1
Ropar	2	0	1	1	1	0
Gurdaspur	3	1	1	2	0	1
Ferozepur	3	1	1	2	3	0
Sangrur	3	2	1	1	2	1
Faridkot	2	1	1	2	1	0
Mansa	3	1	1	2	1	1
Shri Mukhtar Sahib	2	0	0	1	1	0
Total	51	20	15	36	32	15*

注）斜線は生産量の多い上位 3 地区

また、本製品の競合他社がグジャラート州内に工場を建設する計画を持っているため、市場に投入する機材のターゲット、仕様、価格等について、グジャラート州農業関係者や大規模農家、メーカー、ディーラー等への再委託調査によるヒアリングを実施する。

表 2-4 市場調査項目と内容

項 目	内 容
投資計画概要	土地、工場規模、主要設備、従業員数、稼働時期等
想定される機材の仕様	処理畝数、タンク容量、収穫効率、スピード、エンジン、価格等
ターゲット	対象州、顧客層、訴求点
販売計画	販売ネットワーク、販売方法、販売体制、差別化、ブランド構築、スケジュール
資機材調達計画	主要な資機材調達品目、調達価格、調達体制
生産計画	生産目標、生産体制、生産設備
その他	オランダ等との連携状況

(1-2) インド仕様収穫機の製造・輸送

インド仕様の収穫機の製造に当たっては、日本国内で製造された 2 台の収穫機をモデルに改良、調整が加えられることを想定しており、当該機をインドに輸送し、現地にて動作確認を行ったうえで、下記、(1-3)、(1-4)に記載のように、デモンストレーションや性能試験に資する目的で活用される。2 台の収穫機の仕様は以下の通りである。輸送は、防錆処理を施した上で、搬送した。

表 2-5 製造・輸送する収穫機の仕様（日本仕様との相違）

	TPH179（日本仕様）	TPH179（インド仕様）	TPH55（インド仕様）
全長、質量等	ほぼ同じ		全長 6,540mm、質量 2,810kg-
エンジン	4 サイクル水冷直噴式 D-3,059cc		なし
出力/回転数	40.5kW(55PS)/2,100rpm		-
適応トラクタ	-		36.8kW(50PS)
走行速度	0～5.5km/h	0～5.5km/h	トラクターの仕様による
作業能率	0.5-0.7ha/日	1ha～1.5ha/日	
掘取り条数	1 畝	1 畝(風乾対応のピックアップユニットを使用することで 2 畝も可)	
製品タンク	容量 700kg	容量 700kg	容量 1,320kg
クローラ等	クローラ式	クローラ式	タイヤ式
駆動	油圧式	油圧式	機械式
販売価格	1,500 万円	600 万円 注)	300 万円 注)

注) 販売価格は、日本で製造・販売しているモデルを元に J V により現地生産した際の想定

(1-3) モデルファームでの試用

モデルファームにおいて試用し、提案される体系に即して、収穫機を改良、調整する。

(1-4) 収穫効果等評価（新体系の妥当性実証、収穫機の現地適合性実証）

インド仕様に改良、調整された収穫機の現地適合性（技術面、市場面）を検証するため、機械化のための新たに提案される栽培体系により、実際に植付、管理された圃場と現行体系の慣行法による圃場 2 つにおいて、日本において製造されたインド仕様収穫機モデルの性能試験を行い、機械式の収穫について、その効果を比較し、現地適合性を評価する。

(1-4-1) 慣行収穫（手拾い）と機械収穫の効果測定と評価

作業能率試験

作業能率試験の手法としては、1 年目は、条件が同じ、同一圃場で慣行収穫（手拾い）と機械収穫での作業量を算出し効果を比較する。具体的には、慣行収穫（手拾い）、機械収穫それぞれ 20a 分の作業量を測定し、1 時間当たりの圃場作業量を算出する。併せて、人件費等の作業費を算出し比較する。

作業精度試験

1 年目は、慣行収穫（手拾い）と機械収穫での収穫損失割合、損傷割合を測定し歩留りを算出し、ha 当たりの出荷額を比較し機械収穫による効果を評価する。案件化調査と同じ内容の試験になるが、前回調査時は、慣行法での調査を行わず比較ができなかったことから今次実施するものである。

方法は以下のとおり。

- ・ 慣行収穫（手拾い）による収穫損失割合、損傷割合を測定する（15m、3 回）。
- ・ 機械収穫による収穫損失割合、損傷割合を測定する（15m、3 回）。
- ・ 加工イモとして生産量が多く、表皮が柔らかく損傷しやすい品種（Pukhraj）で試験を行う。
- ・ 採取したサンプルを水洗いし風乾させた後、損傷などを調査する。損傷率の基準の数値は生研センターの数値に準拠。

(1-4-2) 慣行栽培と新栽培体系の圃場での機械収穫の性能試験（効果測定と評価）

作業能率試験

2 年目は、慣行栽培の圃場と、新栽培体系での圃場、それぞれにおいて機械収穫した場合の作業量を算出し効果を比較する。方法として、慣行栽培と新栽培体系の圃場それぞれ 20a 分の作業量を測定し、1 時間当たりの圃場作業量を算出する。なお、新栽培体系の検証においては、Hard soil でのロータリーカルチの効果についても測定する。方法として、ロータリーカルチを使用した圃場、していない圃場それぞれ 20a 分について、機械式収穫作業量を測定し、機上に上がってきた土塊量を測定するとともに、1 時間当たりの圃場作業量を算出す

る。

なお、土壌条件の違いによる作業量の比較は、COE の圃場に、Hard Soil と Sandy Soil の圃場があり、その圃場を借りて試験を行うものとする。

また、2 年目の試験は、COE の敷地内で以下の試験設計のもとで実施する方針である。

表 2-6 COE 試験圃場概要

No.	栽培体系	土質	畦幅 (cm)	播種方式	株間 (cm)	播種方法	R-カル チ	面積(ha)
①	慣行	Hard	63.5	ストレート	21.1	手植え	—	0.2
②	新体系	Hard	75	ジグザグ	16.8	プランター	—	0.2
③	新体系	Hard	75	ストレート	16.8	プランター	—	0.3
④	新体系	Hard	75	ストレート	16.8	プランター	○	0.2
⑤	慣行	Sandy	63.5	ストレート	21.1	手植え	—	0.2
⑥	新体系	Sandy	75	ジグザグ	16.8	プランター	—	0.2
⑦	新体系	Sandy	75	ストレート	16.8	プランター	—	0.3
⑧	新体系(予備)	Sandy	75	ストレート	16.8	プランター	○	0.2

2 年目の試験の試験区は下図の通りに設置する方針である。

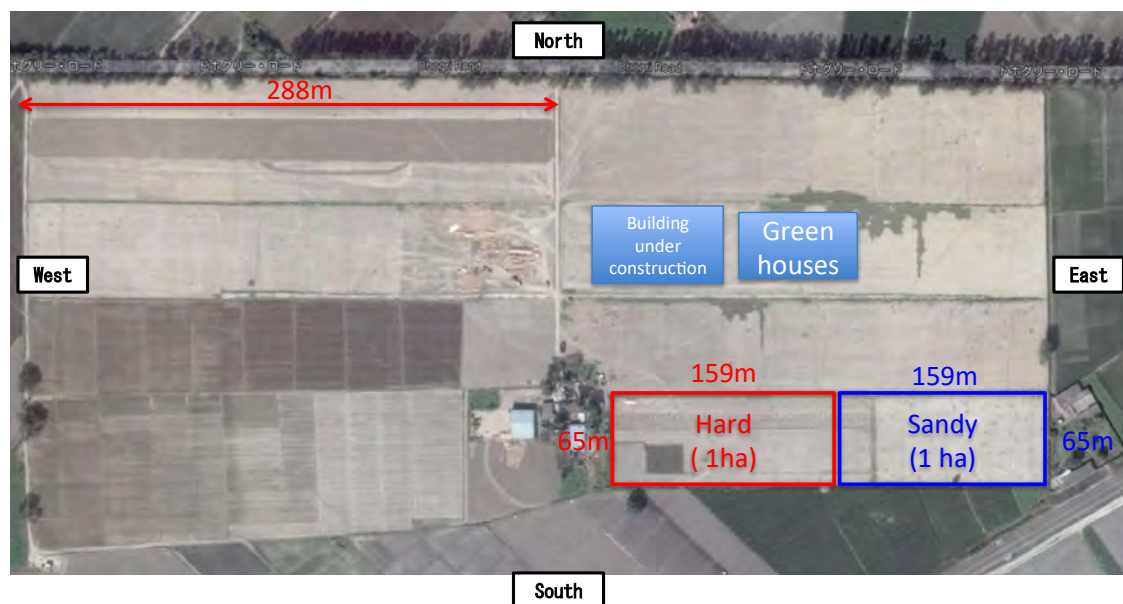


図 2-1 COE 試験圃場概要

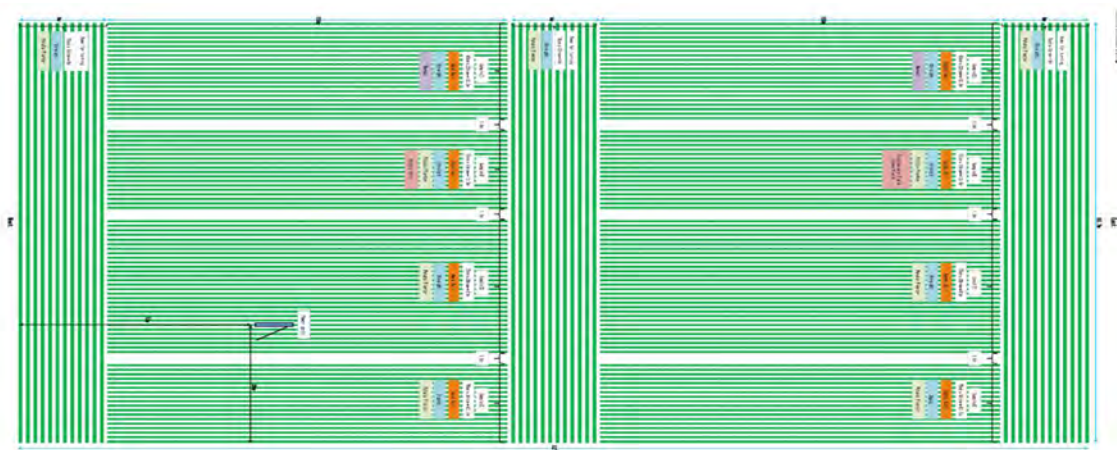


図 2-2 COE 試験圃場（2ha）内の試験区の設計

作業精度試験

2 年目は、慣行栽培と新栽培体系での機械収穫時の収穫損失割合、損傷割合を測定し歩留りを算出し、ha 当たりの出荷額を比較し新栽培の効果を評価する。

方法は以下のとおり。

- ・ 慣行栽培の畝幅 63.5cm で機械収穫した場合の収穫損失割合、損傷割合を測定する（10m、3 回）。
- ・ 新栽培の畝幅 75cm で機械収穫した場合の収穫損失割合、損傷割合を測定する（10m、3 回）。
- ・ 表皮の柔らかい品種で試験を行う。
- ・ 採取したサンプルを水洗いし風乾させた後、損傷などを調査する。損傷率の基準の数値は生研センターの数値に準拠。

(1-4-3) 新栽培体系の圃場でのジグザグ植えとストレート植えの比較（効果測定と評価）

収量調査

この調査の主目的には、近年増加傾向にある、畦幅 75cm（30 インチ）のジグザグ植えが普及してきていることが背景として挙げられ、ジグザグ植えにより、生育域が培土の外側に広がるため機械収穫した時にタイヤによる損傷が増えることが懸念される。以前は、日本でもジグザグ植えの効果が検討されたが、収量などがストレート植えと差異がないことから、現在では機械収穫を考慮してストレート植えがスタンダードとなっている。しかし、インドでは一部海外のジグザグプランターが普及し始めたのに合わせ、ジグザグ植えが普及してきている。

実施方法としては、2 年目に行われる慣行栽培と新栽培体系での収量調査をベースとして、COE の 2ha の圃場を使用し、ジグザグ植えとストレート植えの収量比較調査を継続して実

施する。なお、試験区分については、種イモとして使用するサイズを 40g 以下の small size と 100g 以上の Big size で分けて、それぞれ株間を替えて植付けを行い、ジグザグ植えとストレート植えの収量の比較を行うこととする。よって、4 通りの試験区を準備することとする。

(1-5) モデルファーム内外での OJT を通じた収穫機使用指導

日本（北海道）における収穫機等の機械化のプロセスと生産性・品質向上の歴史を紹介しつつ、インドの現状（とりわけジャガイモ収穫）をふまえた機械化推進の意義、方向性、プロセス、各ステークホルダーの役割などについて、C/P に対しセミナーを実施し、理解を得る。

なお、上記を受けて、COE スタッフが COE 周辺の農家に対して収穫機使用を想定した栽培・収穫作業の指導を実施できるように、モデルファームを設置する。なお、ここで言うモデルファームは、COE 農地内で新栽培体系に基づいて作られた圃場を指す。モデルファーム内外での機械の運転・保守に係る講習と、機械化に適した収穫体系に基づく圃場での栽培・収穫作業の実演等を、COE スタッフに対して OJT を通じて技術指導し、事業終了後も日常の普及活動にこうした技術移転の成果が取り入れられることを目指す活動内容を計画した。なお、普及にあたっては、提案企業がこれまでに参加してきた農業機械開発コースや農業 ICT コース（いずれも JICA 帯広にて開催）の経験や、開発途上国の研修生への人材研修の経験も十分に活用する。

表 2-7 機械化推進に向けたセミナーの流れ

項 目	内 容
（イントロダクション） 日本と北海道十勝の農業の現状	日本及び北海道における農業の現状について俯瞰する。
日本と北海道十勝における農業機械化と農業生産性の歴史	日本（北海道）における収穫機等の機械化のプロセスと生産性・品質向上の歴史を紹介
パンジャブにおける農業機械化の課題	機械化を阻む阻害要因を抽出、課題を提示
ジャガイモ収穫における機械化と生産規模向上に向けて	日本における経験とインドの実態を踏まえ、機械化と生産規模の向上プロセスを段階的に提示し、当面、取り組むべき重要事項を指摘。
発展に向けた各ステークホルダーの役割	C/P を中心に、農家、組合、機械メーカー等の各関係者が取り組むべき役割、課題を提示

表 2-8 C/P（実務者）収穫機材使用指導の概要

項目		
作業機械の構造	講義	実機による説明
作業機械の調整方法	実演指導	圃場で実機による説明
作業機械のメンテナンス	講義・実演	実機による説明

(1-6) 機械化に適した栽培体系の検討、モデルファームでの導入・スタッフ指導

インドの現状（とりわけジャガイモ収穫）をふまえて提案される機械化の方向性とプロセスに対応した新たな栽培体系の提案を、モデルファームにおいて実践的に導入し、COE スタッフが COE 周辺の農家に対して、機械化に適した新栽培体系に関する普及活動を実施できるように指導する。

表 2-9 機械化を推進する栽培体系確立に向けたセミナーの流れ

項 目	内 容
ジャガイモの生産性向上に向けた日本の取り組み	日本における生産性向上の歴史（機械化に限らず）を紹介（JICA が実施したインドネシアでの事例紹介も）
パンジャブ州におけるジャガイモ栽培の課題	インドの栽培実態をふまえた課題を提示
ジャガイモ生産の機械化と栽培の方向性（収量増大に向けて）	解決のプロセスを段階的に提示
機械化第一段階における新たな栽培体系の提案	機械導入時に不可欠な栽培方法を提案

(1-7) 周辺農家向け普及活動（セミナー実施）

COE スタッフが COE 周辺の農家に対して、機械化に適した栽培体系（畝建て、畝間隔等）の実演による普及活動（セミナー等）を実施し、農家の理解が得られるよう支援する。なお、新栽培体系（機械化に適した栽培体系（畝建て、畝間隔等））に即した播種、圃場管理、機械収穫作業は、COE が管理する複数の圃場や中小規模の農家で作るジャガイモ生産組合（Jalandhar Potato Grower's Association: JPGA）、地域の篤農家を対象に、普及活動の準備作業を進める方針である。

表 2-10 機械化に適した新栽培体系（イメージ）

区分	項 目	機械化に適した栽培体系への改善
播種前の圃場作り	土質状態の向上	・ ハード質の土質向上（⇒ロータリーカルチの利用）
種イモ調査	品質、芽出し状態、サイズ、カット、前消毒	・ 収穫までの栽培状況、収量、品質などへの影響を考慮すると改善要。将来プランターの導入を考慮するなら改善は必須だが、機械導入時に不可欠ではないため、提案にとどめる。
播種作業調査	畝幅、株間、気候	・ 畝間、株間の変更 ・ 播種深さの安定化 ・ 枕地の設置
培土調査	方法、タイミング、形状	・ 十分な深さの培土
灌水調査	方法、時期、期間、必要性	・ 収量増、品質向上には改善要だが、機械導入時に不可欠ではないため、提案にとどめる。
管理作業調査	除草方法、防除方法、肥料、中耕、培土、病株の抜取り、病害検定、収量調査や前作業	・ 定期的な防除（スプレーヤ） ・ 発育段階での中耕、培土 ・ 機械導入時に不可欠ではないため、提案にとどめる。

(1-8) 周辺農家向け普及指導（実演）

COE スタッフが COE 周辺の農家に対して、収穫機の実演による普及活動を実施することを支援する。機械の運転・保守に係る講習と、機械化に適した栽培・収穫体系に基づく圃場での収穫実演等を行い、事業終了後も日常の普及活動にこうした技術移転の成果が取り入れられることを目指す。

表 2-11 C/P（実務者）収穫機材使用指導の概要

項目		
作業機械の構造	講義	実機による説明
作業機械の調整方法	実演指導	圃場で実機による説明
作業機械のメンテナンス	講義	実機による説明
農作業の安全対策	講義	日本の事例をもとにした説明

(2-1) 収穫後処理及び輸送体系調査

現行のインドにおけるジャガイモの収穫後処理および輸送体系にかかる問題点について情報収集、調査を行う。日本や欧米のように大型コンテナやダンプトレーラーを使用することにより、収穫時の作業能率向上、収穫後の運搬の効率はよくなることが想定され、これらの方式が、今後の収穫体系としてインドで可能かどうか調査する。

表 2-12 収穫後処理及び輸送体系調査項目

項 目	内 容
収穫後処理	・種イモを収穫後、風乾（ヒープ）させる意義とその工程でコンテナやダンプトレーラーを使用することの問題点。 ・収穫したジャガイモを麻袋で運搬する際の問題点。 ・現状の麻袋以外の運搬方法の有無。特に加工イモ業者（Balaji、ペプシコなど）がもっと合理的な方法を行っていないか、将来的に検討していることがあるか確認。
大型コンテナによる輸送	・インドで大型コンテナを入手することは可能か、もしくは作製することの可否。 ・コンテナを移動させるためのフォークリフトやショベルローダーの農家及び加工業者の保有率。 ・現行使用している選別機の、コンテナ受入れ適応可否。
ダンプトレーラーによる輸送	・収穫機で収穫したジャガイモをダンプトレーラーに直接積み込んで輸送する方法の問題点。 ・ダンプトレーラーの農家及び加工業者の保有率。
ストレージ	・現行のストレージは麻袋で保管する構造になっているが、コンテナやバラ積みで保管が可能なストレージの有無を農家及び加工業者に確認。

(2-2) 効率的な収穫後処理、輸送方法の提案

(2-1)の現地調査を基に、日本や欧米の事例から、効率的な収穫後処理および輸送体系について、COE スタッフ及び近郊の農家に対して提案する。

表 2-13 収穫後処理、輸送方法の提案

項 目	内 容
大型コンテナによる輸送方法提案	・大型コンテナによる輸送方法について、日本や欧米の仕組みを基にインドでの問題点を考慮した方法を提案する。 ・コンテナを移動するための移動用機械を提案する。
ダンプトレーラーによる輸送方法提案	・ダンプトレーラーによる輸送方法について、日本や欧米の仕組みを基にインドでの問題点を考慮した方法を提案する。

(3-1) 認証取得、補助金可能性分析、融資対象機材認証調査

ジャガイモ収穫機のインド市場におけるビジネス展開及び普及計画を見据え、収穫機の認証取得、補助金制度、融資対象機材認証制度について調査する。

日本国内においても、高額な農業機械購入の際には、政府による農業機械購入の補助・支援制度の有無および支援内容が販売を大きく左右する。またインドではトラクター等の農業機械を購入する際に農機メーカーが独自の割賦払い制度などの購入支援制度を設定し

ている。これらの政府、民間による農業機械購入の際の動機づけとなる制度を把握した上で、生産および現地でのマーケティング販売活動の事前情報とする。

表 2-14 認証取得、補助金可能性分析、融資対象機材認証調査項目

3-1	型式認証、補助金/購入支援制度および、農機メーカーによる購入支援制度調査と活用方法検討
3-1-1	型式認証制度調査： ジャガイモ収穫機に関する型式認証制度の調査を主な市場と想定されるパンジャブ州、グジャラート州を中心に政府機関および現地農業機械メーカーに対して調査し、具体的な認証取得のための手順を把握する。
3-1-2	補助金／購入支援制度調査： 主にパンジャブ州、グジャラート州にて州ごとに異なる農業機械購入の際の補助制度および購入支援制度の調査を主政府および現地農業機械メーカーに対して行い、補助制度を活用した販売促進方法を検討する。
3-1-3	農機メーカーによる購入支援制度調査：トラクターメーカーが金融子会社を活用し行っている農業機械購入支援制度の内容を確認し、その活用方法を検討する。

(3-2) 現地生産可能性調査 （現地生産手法の検討）

ビジネス展開に係るインド仕様モデルの製造に関しては、以下の 3 点に留意し、現地での生産手法を検討する。

- ① 現地での早期販売・マーケティングの開始
- ② アッセンブリーおよび部品の輸出による製造コストに占める関税の削減
- ③ 現地調達部品比率を向上させた生産へのスムーズな移行

製造手法に関しては、主に以下 4 つの手法を検討する。

- ① 日本から部品およびアッセンブリーを輸出し現地で組み立てるノックダウン生産
- ② 日本から輸出した部品およびアッセンブリーと現地調達部品を組み合わせた生産
- ③ 現地調達部品のみ使用した現地生産
- ④ インド向けに新規設計し現地調達部品のみ使用した現地生産

*①②③は国内モデルをベースに一部インド向けに改良したモデル、④はインド向けの新規設計予定の機能を限定したローコストモデル

基本的には①→②→③→④の順で製造手法を移行する予定であるが、詳細な関税率算出および潜在顧客（大規模農家）や現地農業機械メーカーの販売店を中心とした市場調査の結果により、ノックダウン生産のための最低販売数量が見込めない、もしくは、より大きなコストダウンを市場から求められる可能性もあり、④のインド向け新規設計製品の生産は①～③の生産手法と並行して検討する予定である。

表 2-15 現地生産可能性調査項目

3-2	現地生産可能性調査（生産手法の検討）
3-2-1	現地化を共同で行うローカルメーカーと秘密保持契約を締結する。
3-2-2	1-1-2 の現地農業機械メーカーと協力による対象地域の農機販売店等へのヒアリングにより把握した市場ニーズ（製品仕様、適正価格、販売可能数量）をベースに、現地での生産方法、流通方法、販売促進方法を検討する。

(3-3) ビジネス展開及び普及計画

インドにおいては、主に完成品に高関税が付加されていること、日本からの輸送コストが高額になることおよび、インドにおける農業者の日本国内との所得格差により、日本で生産した完成品を輸出することは困難であることが案件化調査により把握された。そこで、現地農業機械メーカーと連携し、前述の市場調査を実施した上で、現地での組み立ておよび製造に必要な項目の調査・計画策定を行い、早期の現地生産・販売に繋げる。

表 2-16 ビジネス展開及び普及計画調査項目

3-3	ビジネス展開戦略（インドモデル機現地化の事前調査/確認）
3-3-1	生産機種を選定を行う
3-3-2	現地調達可能部品リスト、パーツリストを作成し、インドモデル機の前価を算出する。
3-3-3	現地調達部品による設計変更内容を確認する。
3-3-4	現地生産に必要な製造機械、製造用治具の調査を行う。
3-3-5	現地調達した部品の品質を確認する。
3-3-6	現地化するインドモデル機の試作機の前価計画を作成する。
3-3-7	使用する原材料の選定後前価計算を行い前価計画の妥当性を確認する。

表 2-17 普及・実証事業 業務フロー

注：緑は主に 2015 年度、灰は 2016 年度、黄は 2017 年度。二重枠は主要な成果物を示す（点線枠は仕様項目以外に追加）。

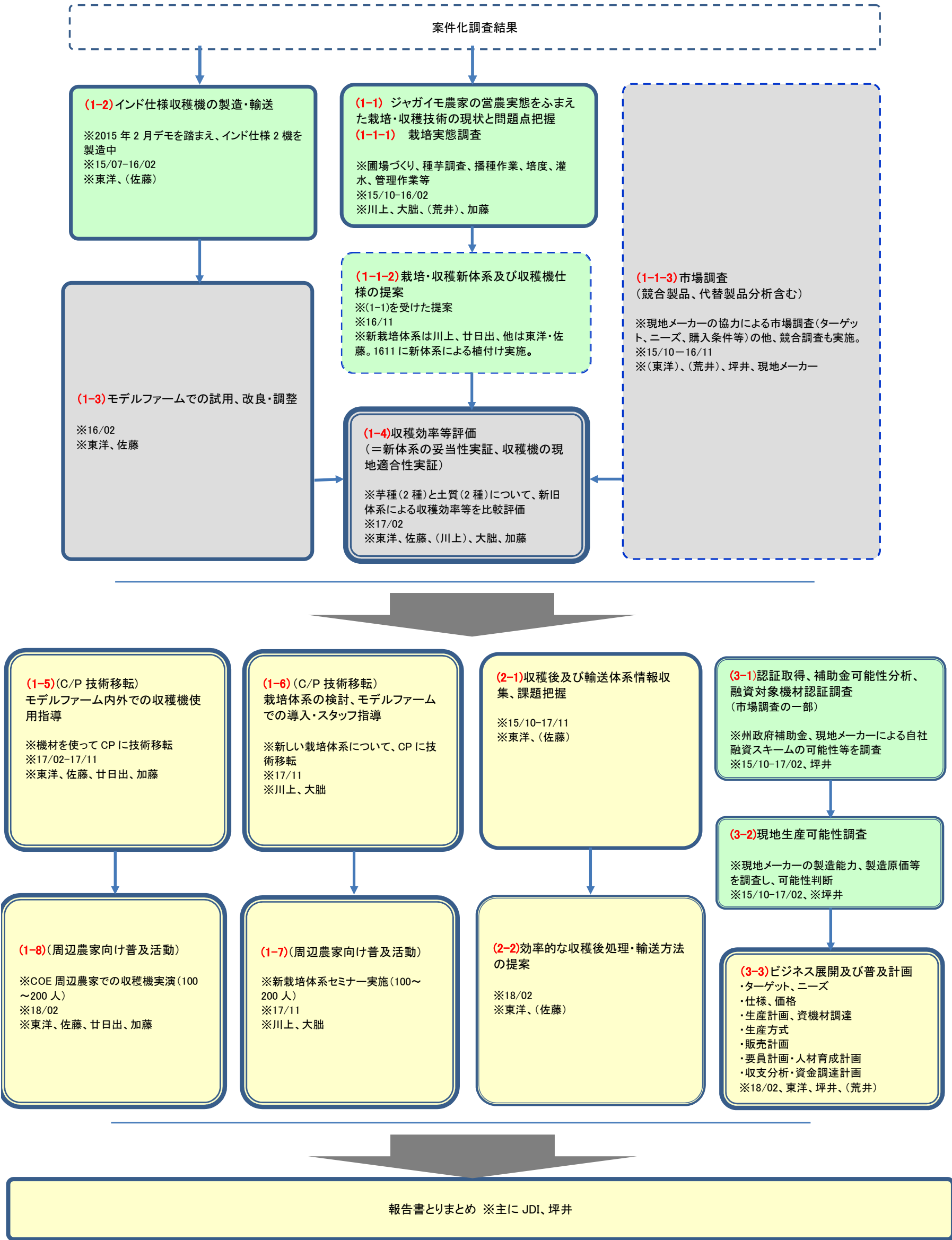


表 2-18 作業工程表

調査項目	2015		2016												2017												2018					
	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	
調査項目 1：収穫機の現地適合性および機械化に適した収穫体系																																
(1-1) ジャガイモ農家の営農実態をふまえた栽培・収穫技術の現状と問題点把握	■		■	■																												
(1-1-1) 栽培実態調査																																
(1-1-2) 栽培・収穫体系及び収穫機仕様の提案										■	■	■																				
(1-1-3) 市場調査・競合調査	■		■								■	■																				
(1-2) インド仕様収穫機の製造・輸送(15/07から開始)	■	■	■																													
(1-3) モデルファームでの試用、改良、調整				■																												
(1-4) 収穫効果等評価（新体系の妥当性実証、収穫機の現地適合性実証）																■	■															
(1-5) モデルファーム内外での収穫機使用指導																	■							■	■							
(1-6) 周辺農家向け普及指導																												■	■			
(1-7) 栽培体系の検討、モデルファームでの導入・スタッフ指導																								■	■							
(1-8) 周辺農家向け普及活動																								■	■							
調査項目 2：効率的な収穫後処理・輸送体系																																
(2-1) 収穫後処理及び輸送体系調査	■			■								■												■								
(2-2) 効率的な収穫後処理、輸送方法の提案																												■				
調査項目 3：（本事業後の）ビジネス展開及び普及計画																																
(3-1) 認証取得、補助金可能性分析、融資対象機材認証調査	■			■								■				■									■	■						
(3-2) 現地生産可能性調査	■			■								■				■									■	■		■				
(3-3) ビジネス展開及び普及計画																												■	■			

■

 現地作業

■

 国内作業

(4) 投入（要員、機材、事業実施国側投入、その他）

表 2-19 要員計画

担当業務	氏名	所属先		2015年			2016年												2017年												2018年					合計		日数	
				11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	現地	国内	現地	国内	
業務主任者	大橋 敏伸	東洋農機㈱	計画	14			16								16			16									18			17						3.23	0.00	97	0
			実績	14			15										16			16									13			14						2.80	0.00
機械化指導・普及	船引 邦弘	東洋農機㈱	計画	14			16							16			16									18			17						3.23	0.00	97	0	
			実績	14			15										16			16									13			14						2.80	0.00
圃場試験/機械化指導1	千葉 郁夫	東洋農機㈱	計画				16										16																		1.07	0.00	32	0	
			実績				15											16																		1.03	0.00	31	0
圃場試験/効果測定1	小森 真司	東洋農機㈱	計画				16										16																		1.07	0.00	32	0	
			実績				15											16																		1.03	0.00	31	0
機材オペレーター/操作指導1	三澤 潔	東洋農機㈱	計画				16										16													17						1.63	0.00	49	0
			実績				15											16													14						1.50	0.00	45
圃場試験/機械化指導2	上野 健二	東洋農機㈱	計画				16										16																		1.07	0.00	32	0	
			実績				15											16																		1.03	0.00	31	0
機材オペレーター/操作指導2	野川 秀也	東洋農機㈱	計画				16										16																		1.07	0.00	32	0	
			実績				15											16																		1.03	0.00	31	0
機械技術指導2	澤山 武文	北海道ニプロ㈱	計画											12																			0.40	0.00	12	0			
			実績																																0.40	0.00	12	0	
機械化普及	佐藤 禎稔	帯広畜産大学	計画				16										16										18			17						2.23	0.00	67	0
			実績				11											16										13			8						1.60	0.00	48
栽培指導	川上 司	(独) 種苗管理センター	計画	7			17							16												18									1.93	0.00	58	0	
			実績	7			17																				10				1					1.43	0.03	43	1
チーフアドバイザー・効果測定/普及方法 (変更前)	荒井 弘正	㈱日本開発政策研究所	計画	22	7		16	8						16	7		16	8								18	7		17	7					3.50	2.20	105	44	
			実績	21	5		17	8																													1.27	0.65	38
チーフアドバイザー・効果測定/普及方法 (変更後)	大脇 純幸	㈱日本開発政策研究所	計画																																0.00	0.00	0	0	
			実績																14	7	8							13	5		17	19					1.83	1.95	55
ビジネス展開支援	坪井 真一	インサイトマネジメント㈱	計画	12	2		2							14	2			2								9	2		7	2					1.40	0.60	42	12	
			実績	14	3																2											2					0.47	0.35	14
栽培体系普及支援 (変更前)	大脇 純幸	㈱日本開発政策研究所	計画		1								16	1		16	1									1		17	1					2.07	0.25	62	5		
			実績				1																														0.00	0.05	0
栽培体系普及支援 (変更後)	廿日出津海雄	㈱日本開発政策研究所	計画																																0.00	0.00	0	0	
			実績																																2.03	0.23	61	4.5	
効果測定/業務調整	加藤 夕佳	㈱オリエンタルコンサルティングローバル	計画	8	2		2							16	2		16	2									13			17	2					1.33	0.65	40	13
			実績	6			10	4										2	16	2												10.2					1.07	0.91	32
人・月計 (計画)																														25.23	3.70								
人・月計 (実績)																														21.32	4.14								
作業工程			▲栽培	▲収穫機製造・輸送										▲栽培	▲収穫										▲栽培	▲収穫													
凡例			現地業務 (計画)																																				
			国内作業 (計画)																																				
			現地業務 (実績)																																				
			国内作業 (実績)																																				

表 2-20 資機材リスト

	機材名	型番	数量	納入年月	設置先
1	自走式ジャガイモ収穫機	TPH179	1 台	2016 年 2 月	COE
2	牽引式ジャガイモ収穫機	TPH55	1 台	2016 年 2 月	COE
3	ロータリーカルチ	RK320SH	1 台	2016 年 2 月	COE

・事業実施国政府機関側の投入

C/P 側：パンジャブ州園芸局長 > 園芸局傘下の農場長（COE）> 技術者

日本側：東洋農機（収穫機チーム及び栽培チーム）の下で、外部人材として日本開発政策研究所及びインサイトマネジメント、（独）種苗管理センター（栽培指導）、国立大学法人帯広畜産大学の農業機械研究部門が参加する実施体制で臨む。

カウンターパートの担当業務は以下の通りである。

表 2-21 C/P の担当業務

協力項目	内 容
モデルファーム（COE 内圃場）の提供	イモ種別土質別に機械化に適した栽培のための植え付け、収穫を行うため、圃場を提供する（規模等は CP と調整する）。
実証活動及び普及活動に関する助言・協力	実証活動における効果測定にあたっての歩留まり率や損傷率について、日本と定義が異なる可能性があるため、助言を得る。また、機材普及及び農法普及に向けて、農家向けセミナーの周知、参加者の調整、会場の提供をする。この他、現状や課題に関する情報提供など、適宜、助言を得るものとする。
普及員の普及機会の確保、農民への普及を通じた技術指導	農民を指導する農業普及員への技術移転のための機会の提供と人選、次のステップとしての農普及員を通じた農民への技術指導
実証データ収集に関する協力	実証データについては、慣行法との比較が重要となるため、周辺農家のデータ提供等の協力をする。
広報活動協力	機材普及及び農法普及に向けて、適宜、広報活動への協力を得る。
COE 周辺農家との調整に関する協力	周辺農家のデータ提供やヒアリング等の協力をする。
その他	日本から輸出するインド仕様機 2 台とロータリーカルチについて、実施期間中における維持、点検、管理を、現地農機メーカーに依頼する三社契約の当事者となる。 このほか、栽培実態調査等にも、必要に応じて協力する。

（５）事業実施体制

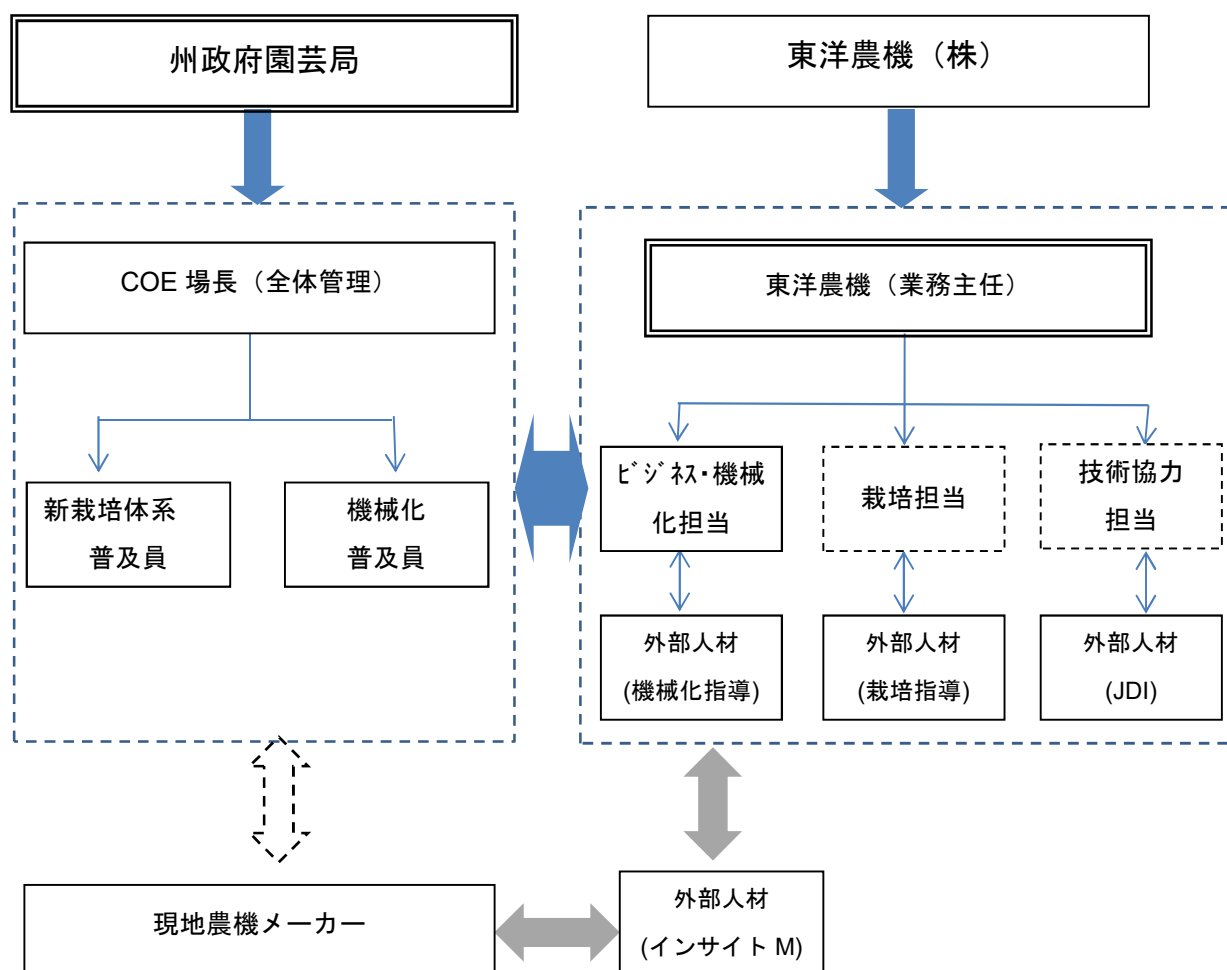


図 2-3 実施体制図

（６）事業実施国政府機関の概要

所轄省庁名：パンジャブ州政府園芸局

園芸局（DoH）は 1979 年に農政局から分離・設立されており、技術系スタッフ（普及員含む）が約 200 人、事務系スタッフが約 600 人、合計 800 人である。22 の郡（District）にそれぞれ地方事務所を持つ（COE 含む）。

3 普及・実証事業の実績

(1) 活動項目毎の結果

<成果1>

インドの市場ニーズに適合したインド仕様のジャガイモ収穫機の導入検証および機械化に適した収穫体系の指導が行われる。

(1-1) ジャガイモ農家の営農実態をふまえた栽培・収穫技術の現状と問題点把握

(1-1-1) 栽培実態調査

パンジャブ州、グジャラート州、UP 州の各州におけるジャガイモ農家の営農実態を、各州における市場ニーズの相違の有無にも留意しつつ調査した。特に収穫機が圃場にスムーズに搬入でき、作業できるか、播種作業における植え付け間隔や、培土の実態に重点をおいて調査を行った。

① 播種前の圃場作り（土質調査）

パンジャブ州における圃場の土質は、ジャガイモ栽培地域一帯が、粘土質で硬い土壌や砂質で柔らかい土質などが複雑なモザイク状の土質分布形態となる地層を形成していること²に加え、大農園主は、圃場を拡大（リースも含む）してきており、圃場が大きいことから圃場毎に土質が異なる実態を把握している。

表 3-1 種芋組合農家の圃場の土質（経営規模の大きな5農家の事例）

経営面積 (ha)	土質			イモ種類		
	SANDY	MEDIUM	HARD	LR	JYOTI	PUKHR AJ
185		○			○	○
175	○	○	○		○	○
105		○		○	○	○
75	○	○	○	○	○	○
65	○	○	○	○	○	○

（出所）アンケート結果

グジャラート州では、粘り気のない、サラサラの状態の土質が利用可能な地区でジャガイモ栽培がおこなわれており、耕作作業は比較的容易に行うことができるとされている。

² 別添参照

表 3-2 グジャラート州の主要ジャガイモ栽培圃場の土質

Sr. no	地区	土質	特徴
1	Gandhinagar	沖積砂壤土	最も生産性の高い土壌とされ、カルシウムを多く含む土質である。
		砂質粘土ローム	
2	Sabarkantha	砂壤土	水捌けがよく、肥沃な土質
3	Banaskantha	砂壤土	肥沃な土質
		砂壤土および塩類土壌	肥沃な土質で、最も一般的にみられる土質

出典: Primary Survey BRIEF Pvt. Ltd.

一方、UP 州では、下図のような土質のものが各地区で見受けられ、グジャラート同様、柔らかい土質の圃場にて、ジャガイモ栽培が行われている。

表 3-3 UP 州の主要ジャガイモ栽培圃場の土質

Sr. No	地区	種イモの種類	土質
1	Aligarh	小粒のイモ	砂壤土
2	Agra (Hathras)	小粒のイモあるいは2分割される	砂壤土
3	Firozabad	小粒のイモ	砂壤土、粘土質

出典: Primary Survey BRIEF Pvt. Ltd.

上記から、パンジャブ州では、収穫機が多様な土質において性能を発揮できるオールラウンドなものでなければならないことを示しており、一方でグジャラート州や UP 州では、比較的柔らかく、耕作しやすい土質での作業が期待できると考えられた。

また、植え付け前の耕起・整地作業にあたっては、40～45cm の深さに対し、よく、柔らかくなるまで耕すことから始まり、石や雑草などを取り除き、柔らかく、通気排水性が確保され、土塊などがないように整備される必要がある。そして、これを限られた時間内で作業を完了させることが期待される。農家によっては適切な農作業機を所有していないこともあり、ジャガイモ栽培に適した上記の土壌条件となっていないところが見受けられるので植付け前に、サブソイラー、モールド・ディスクハロー（MD ハロー）、ロータリーカルチ等機材の使用により、これまでより適正な土壌条件となり培土作業も効率が上がるかを検証する必要がある。

② 種イモ調査（品質、芽出し状態（浴光育芽等）

＜イモの品質（認証制度）＞

種イモの Breeder seed（原原種）（現在、50 ぐらいある品種のうち、15 品種が原原種）は、インド北部ヒマチャル・プラデシュ州シムラにある Central Potato Research Institute（CPRI）において、エアロポニク栽培により育苗され、それらが CPRI 圃場（Kufri 農場、Fagu 農場）で土中栽培された上で、適切な選別後、全国に 6 つあるステーション（CPRS）で増殖、

各州において配布・販売されている。一方で、民間種イモ農家との間に MOU が結ばれ、新たな採種体系での原種・採種の増殖・供給体制も始まりつつある。また、篤農家の中には、自社でエアロポニック栽培施設を設け、政府からの種イモ提供を受けずにジャガイモ栽培事業を行っているものもある。

なお、パンジャブ州ジャランダー地区一帯には、認証種子農家が約 50 ほどあり、検査機関 (Punjab Seed Certificate Authority) によって年 4 回の検査の下、認証種子栽培が行われている。

表 3-4 種イモのクラス

Class of seed (種子のクラス)	Organization (増殖配布機関)
Nucleus seed (元になる種子)	Central Potato Research Institute (CPRI) (ジャガイモ研究センター)
Breeder seed/ basic seed (原原種)	CPRI
Foundation I (原種 I)	州の農業大学、州政府、種子協会 (NSC)等
Foundation II (原種 II)	州政府、種子協会 (NSC)等
Certified seed (採種)	州政府、州の種子組合、農業組合等

出典: 調査団の CPRI へのヒアリング

パンジャブの種イモの品質はインドでは一番すぐれているといわれている³。地元有力種イモ農家によれば、インドの認証種子制度の下、原種・採種を生産している農家は全体種イモ需要の 5% 程度しかなく、優良な種イモはいまだ供給不足となっている状況であるとのことであった。つまり、インドにおいては政府や州政府が供給している認証種イモは非常に少なく、ほとんどの種イモが認証のない種イモということになる。

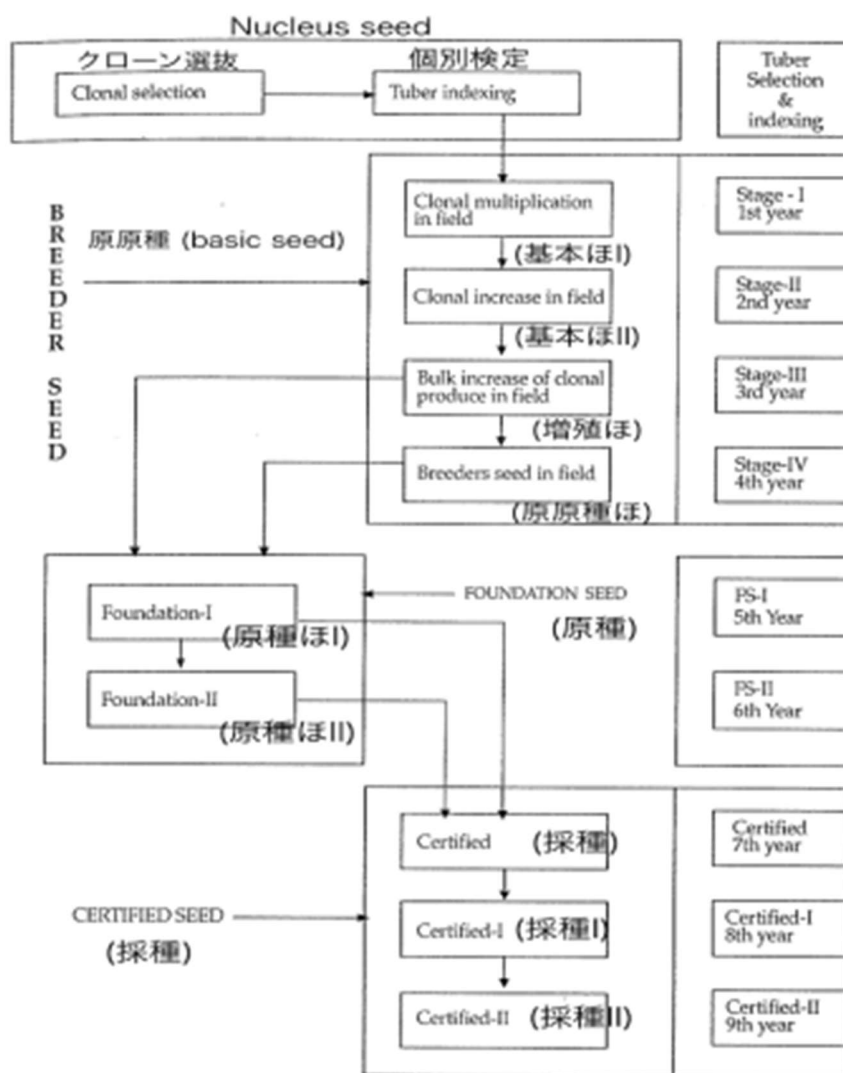
実際、一般種イモ農家（認証種子を扱っていない農家）の状況を聞いたが、やはり通常は自家増殖を何年もしてから種子の更新を行うということであり、95% の種イモ農家がそのような現状である。また、認証種ジャガイモ制度の基準において、ウイルス病の許容量（検査合格率）は、最も厳しい原種でも、葉巻病ならびに強いモザイク病で 0.5% となっており、我が国の 0.3%（どのようなウイルス病でも）と比較してもゆるい基準となっており、採種においては弱いモザイク病では 3% も許容範囲となっており、認証種イモでも品質はそれほどいいものではないと評価される。

なお、グジャラート州における実態調査からは、農業組合の存在が、種イモ供給体制において大きな役割を担っていることが判明し、主にパンジャブ州より買い付けされた種イモは、農業組合によって、ジャガイモ農家に販売される流通形態となっている。また種イモの生産は、グジャラート州や UP 州ではほぼ行われておらず、パンジャブ州から購入する

³ 栽培、収穫期に気温が他のジャガイモ収穫州に比べて低温で、病虫害の悪影響が低く、大農園経営者により、資本力を活かした冷蔵施設ならびに農機械の先駆的な導入による近代農法が進み、合理的な営農が実施されていることがパンジャブ州の種イモの高品質化（病気、奇形、腐れなどの欠点がない）、ブランド力の向上につながっている。

種イモが大半を占めており、パンジャブ州産の種イモに対する品質評価は高いものと伺い知れた。

これらの実態から、地域毎の種イモ生産が進むか、パンジャブ州からの認証ジャガイモ種子の供給量を増やすことが効果的に実現できれば、インド全体でのジャガイモ収量もさらに上がっていくものと思われる。



出典: Seed Potato Production Manual, P29, Central Potato Research Institute

図 3-1 種イモ認証プロセス

<浴光育芽>

日本では重要視される植付け前の浴光育芽であるが、パンジャブ州のジャガイモ品種の特性や、植付け時の10～11月は割と気温も高いことなどもあり、特に十分に日に当てなくても萌芽するようである。栽培中の茎数を観察すると全粒塊茎の植付けにもかかわらず3～5本/株の茎数が見られた。パンジャブ州における芽出し工程は、貯蔵庫から出して1週

間ぐらいは日光に当てて育芽を促す。やや芽が動いた状態で植え付けることになるが、植え付け後に 1 週間経過すれば萌芽する。グジャラート州でも同様に、播種作業に先立って 10～15 日前に冷蔵倉庫から種イモを取り出し、通気が良い日陰で 1～2 週間程度外気にさらし、その後発芽を待って、病気対策のための農薬中に浸す工程を経て、播種に向けた種イモの準備が整う。なお、UP 州では、涼しい日陰の環境に種イモを 2、3 週間置き、育芽を施す処置が取られている。播種される種イモは、小ぶりのものが好まれる傾向があり、35～45mm を超えるサイズの種イモは、2 つにカットされ、播種されることが分かった。

これらの実態から、いずれにしても、日本で行っているような 4 週間ほどかけた十分な浴光育芽まではする必要がないものと判断された⁴。

表 3-5 UP 州における種イモのクラス

UP 州における種イモのサイズ			
Sr. No	サイズ (mm -millimeter)	程度	使用形態
1	0 – 20 mm	規格外	そのまま
2	25 – 35 mm	標準	そのまま
3	35 – 45 mm	中程度	2 分割
4	50 – 60 mm	大きすぎる	2～3 分割
5	Above 60 mm	規格外	不使用（食用）

なお、UP 州でも同様に、バクテリアや真菌による病気対策として、育芽した種イモは、播種前に農薬に浸し、水に 2、3 時間程度浸す工程が取り入れられている。

③ 播種作業調査（畝幅、株間、播種深さ、気候）

パンジャブ州にて、昨年度アンケート調査した栽植密度は、ジャガイモ農家の中で、あまり統一された基準がなく、各農家がこれまでの経験に基づいて決めているようである（表 3-6 参照）。一方で、篤農家には、圃場での茎数コントロール（栽植密度の調整）による収穫塊茎サイズ及び個数の調整が可能であることを理解し、植付け塊茎サイズにより株間をかえるなどの調整を行っているところもある。

種イモとしては、やはり小粒塊茎の生産を求めているようであり、M サイズ (35-55mm) のものが価格も高いようである。ほとんどの種イモ農家では、小粒サイズの塊茎の生産については努めて意識しているようであり、適切に行っているように感じられた。逆に、COE での栽培が大きな塊茎や裂開などの生理障害が多く、種イモとしての歩留まり率が他より

⁴ 日本では（特に北海道）、浴光育芽を行う時期が 3～4 月頃なので、気温も低く芽の伸びもやや遅いが、インドでは気温が 30℃を超えるような時期に貯蔵庫から出して、種いもの消毒、芽だし等を行うので芽の動きも早い。また、インドの品種は休眠期間が短い品種で頂芽優勢も高くないと思われるので余計芽も動きやすいと思われる。さらに、貯蔵庫から出して植付けまでの作業において、インドの場合は日本のように丁寧に扱うこともなく、非常に雑に扱っているため、あまり芽を伸ばしてしまうと目が損傷し易くなると思われる、1 週間程度で十分とされる。

も悪い印象を覚えた。灌水時期や灌水量の調節、的確な収穫時期の判断がきちんとなされていないのではないかと思われる⁵。



図 3-2 種イモの写真 左：小粒塊茎が多い（収穫後） 右：植え付け前の選別作業中

パンジャブ州では植付け時のプランターの導入は、POSCON の農家でも少なく、ほとんどの農家ではほぼ手作業による植付けとなっている。これまでの多くの国産プランターでは植付けの精度が悪く、一定の株間を保てないのと、様々な大きさの種イモに柔軟に対応することができないのかも知れない。

表 3-6 各農家の栽植密度

農家名	場所	株間×畝間 Inch(cm)	栽植密度 (単位当株数)	品種	備考
Mr. Pardeep Kumar (中堅農家)	Dhogri 地区 (ジャランダール)	6×24 (15×60)	11,111 株 /10a	Pukhraj	
Mr. Pawanjot (Giani Farm) (大規模農家)	Dhogri 地区 (ジャランダール)	7×30 (17.5×75)	15,240 株 /10a (7,620×2)	Jyoti	競合他社製プランターでジグザグ植え ⁶ 、塊茎のサイズで株間を変えている、加工用も一部生産している。
Mr. Pardeep S. DHALIWAL (大規模農家)	Malerkotla 近郊（ル ディヤーナー方面）	7×24 (17.5×60)	9,524 株/10a	Lady Rosetta 他 4 品種	スプリンクラー灌水、加工用も一部生産している

⁵ 塊茎に裂開がおきるのは、品種特性として起こりやすいということもあるが、一般的には乾燥条件が続いたときに灌水すると急激に塊茎が太るので裂開するということがある。地域の篤農家や以前に他の種イモ農家などに聞いた限りでは、圃場での灌水においてはジャガイモの生育と土壌水分をみながら適期に適量行うということであるが、畦間灌水の場合はコントロールが難しい。また、収穫前には2～3回ほど収量調査を行って、期待する塊茎サイズ、個数等の調査を行い、適期に茎葉処理を行って塊茎の生育を止めることが重要である。地域の篤農家や他の種イモ農家などでは、これらの見極めがきちんとしてできているが COE ではそこまでできていないので、大きな塊茎や裂開などの塊茎が多かったと思われる。

⁶ ジグザグ植えにより、実質的に 17.5X75cm の栽植密度となり、単位当の株数が多くなる。

農家名	場所	株間×畝間 Inch(cm)	栽植密度 (単位当株数)	品種	備考
Mr. Amar Singh Bal (大規模農家)	Idda 地区 (ジャランダール)	4×24 (10×60)	16,667 株 /10a	Jyoti 他 6 品種	
Mr. Gurinder (Green Field Farm) (大規模農家)	Uggi 地区 (ジャランダール)	4×24 (10×60)	16,667 株 /10a	Atlantic 他 8 品種	
一般ジャガイモ農家	Dhogri 地区 (ジャランダール)	9×26 (23×66)	6,588 株/10a	Kufri Pukraj	基本的に食用のジャガイモ生産

表 3-7 種芋組合農家（22 名）へのアンケート結果（案件化調査時調査）

項目	結果	備考
経営面積 (ha)	59.3 (うち、所有 34.9)	
ジャガイモ栽培面積 (ha)	43.1 (うち、所有は 29.2)	
ジャガイモ以外の作物	1 位：トウモロコシ (17 人) 2 位：小麦 (9 人) 3 位：砂糖キビ (8 人)	4 位：稲作 (5 人)
土質	1 位：中間質 (20 人) 2 位：砂質 (19 人) 3 位：硬質 (10 人)	
畝間・株間	畝間：24.2 インチ 株間：6.8 インチ	
イモの種類	Jyoti17、Pukhraj・LR14、KCM 1	
トラクター保有台数	2.5 (うち、40HP 以上は 2.1)	インドの平均は 35HP

グジャラート州では、畝幅は、トラクターけん引式のプラウなどを用いて 24～28 インチ (61～71cm) 程度で整えられ、もっぱら、プランターを用いた播種作業がなされている。植え付けは、平らな圃場に、4 インチ (10cm) 程度の深さの溝を掘り、その中に、株間 6～9 インチ (15～23cm) 間隔で、種イモを据える形で手当てされる。

表 3-8 グジャラート州における畝間、株間、播種深さ

Sr. No	地区	畝間 (平均)	株間 (平均)	播種深さ (平均)
1	Gandhinagar	22 – 28 inch	6 – 8 inch	4 – 5 inch
2	Sabarkantha	23 – 26 inch	6 – 8 inch	4.5 – 5 inch
3	Banaskantha	22 – 28 inch	6 – 9 inch	Approx. 5 inch

一方で、UP 州では、畝間をトラクターけん引式のプラウを活用し 24～28 インチ (61～71cm) 幅で設け、プランターを用いて種イモの植え付けが行われる。播種は、平地に溝を掘り下

げる形で行われ、芽が 10～11cm 程度になったところに盛り土を行い、畝を整備し、後日再度盛り土が行われる工程となっている。

表 3-9 UP 州における畝間、株間、播種深さ

Sr. No	地区	畝間（平均）	株間（平均）	播種深さ（平均）
1	Aligarh	24 – 28 inch	7 – 10 inch	4 – 5 inch
2	Agra (Hathras)	25 – 28 inch	8 – 10 inch	4.5 – 5 inch
3	Firozabad	24 – 27 inch	6 – 9 inch	Approx. 5 inch

播種作業において用いられる農機としては、欧米の機械メーカーがインドでの投入を計っているプランターは、植付け精度が高いとの評価であり、株間の調整もし易いようで、今後、インドにおいて普及する可能性が高い。そうなれば、インド仕様のジャガイモ収穫機と適合が高い 75cm の畝幅が多く導入されることになり、ジャガイモ収穫機の導入にも弾みがつくとも言える。一方、小粒塊茎をできるだけ多く生産するためには、株間を縮め栽植密度を高める必要があり、75cm 畝幅であっても、競合や同様のプランター（インド製）による単一畝によるジグザグ植付け等が主流になる可能性が高い。ジグザグ植えの後に、培土で十分に土が盛れ、適正な培土となれば単一畝でのジグザグ植えでも畝から塊茎がはみ出さない栽培が可能かと思われるが、やはり現在のトラクターのタイヤでは幅が広すぎるので、畝の端の塊茎を踏むなどの損傷がしやすい。

なお、ジグザグ植えではなく、通常の配置（ストレート）での植付け方法も可能性として残したいが、畝幅を 75cm にした場合の栽植密度をどの程度に調整するか、2018 年時の収量調査にて確認を行った。



図 3-3 播種作業の写真（左）耕起作業の風景、（右）プランター（欧州の機械メーカー製）による播種作業（施肥、培度も同時に行う）

④ 培土調査（方法、タイミング、形状）

（パンジャブ州）

播種後の培土作業は、ヒアリング調査によると、ほぼ一発培土で行っている。管理する圃場も日本と比べはるかに広大で、使用できる作業機も限られており、時期が来たらとにかく一気に培土する傾向にある。培土の効果としては、日本では肥大促進から生理障害防止までということで様々な効果があり、ジャガイモ栽培では重要な作業工程とされている。従来は、ジャガイモの生育にあわせて徐々に土を寄せていき（カルチがけ→半培土→本培土）、最終的に培土に仕上げるような体系であったが、近年は作業機の発達もあり省力化ということから一発培土が主流になってきている。インドでも植え付ける土壌がジャガイモを栽培する準備が十分（土塊等もなく適度に柔らかい土壌）に整っており、萌芽前の適期に除草剤が散布され、ジャガイモの生育も培土できる適正な時期であれば一発培土でも問題がないと思われる。

また、ジャガイモの生育には、生育に合わせて適度な培土を行っていくことが重要であるが、パンジャブ州、グジャラート州、UP 州などの多くの圃場では、用いられるトラクターのタイヤ幅に合わせ、畝間が 60～71cm ほどの狭い畝間なので、十分な培土ができているのかやや疑問ではあるが、培土は、ジャガイモの芽が 10～12cm ほどに達したところでジャガイモに覆いかぶさるように設けられ、グジャラート州、UP 州などで実践されている畝高は、畝間灌漑の後、盛り土をすることから、最終的には 5 インチ（13cm）程度になっている。

ロータリーカルチは、培土前の除草もできて碎土もできるので、特に粘土質の土壌では導入メリットがあり、現状の COE の管理作業体制では植付け前の碎土が不十分と思われるため、ロータリーカルチで培土すれば現状よりも適切な培土が可能となり収穫時に圃場が固くなることも軽減されるものと期待される。

ただし、本来圃場準備の段階でプラウで起こした後にディスク等で碎土し、さらにロータリーがけを行ってジャガイモが植えやすい圃場を作る工程は時間を要し、現状圃場を 1 年で 3 作回すサイクル⁷となっているため、効率的な圃場準備作業をもう少し検討するべきと思われる。

⑤ 灌水調査（方法、時期、期間、必要性）

パンジャブ州、グジャラート州、UP 州、それぞれの地域での灌水は、一部グジャラート州において点滴灌漑が行われているものの、それは大農園に限られ、インド全体で見ると畝間灌水が主流となっており、圃場ごとの作業担当者が、植物の生育状態や天候状態を見ながら灌水する時を決めている。通常は生育期間に 3～5 回（10～15 日間隔）の灌水を行う。圃場は、緩やかな傾斜がついており、取水は、主に 50～75 フィートほどの深井戸から、ポンプを用いて行われ、くみ上げた水を上流から流して 7～8 本の畝ごとに順番に灌水して行く方式となっている。

⁷ 年 3 作の例としては、ジャガイモ 10 月～2 月、トウモロコシ 2 月～6 月、コメ 6 月～10 月。

表 3-10 グジャラート州における灌漑様式

Sr. No.	地区	灌漑方式	灌漑の間隔	使用される機材
1	Gandhinagar	畝間/点滴灌漑	10～15 日間間隔	電動ポンプ
2	Sabarkantha	畝間/点滴灌漑	10～15 日間間隔	電動ポンプ
3	Banaskantha	畝間/点滴灌漑	10～15 日間間隔	電動ポンプ

ただし、実地踏査により、栽培技術が優れていると思われる篤農家の圃場でも、一部では灌水量が多すぎて不萌芽となっている圃場も見られたことから、畝間灌水で適量を安定的に供給する技術は極めて難しいと思われる。よって植物の生育状況を観察しながら生育適期に適量を灌水するための技術⁸の熟度により、ジャガイモの収量もかなり影響されるものと考えられる。

よって、今後、グジャラート州で実践されているドリップイリゲーションやマイクロイリゲーションなどの技術を用いた、灌水技術の高度化や、パンジャブ州ルディアナ地区での灌水施設を用いたスプリンクラー灌水やドリップ灌水なども導入が進むと推測される。



図 3-4 畝間灌漑の写真（左）ジャランダー地区農家の畝間灌水、（右）ルディアナ地区の灌水施設（反収が 20%以上アップ）

⑥ 管理作業調査

（除草方法、防除方法、肥料、中耕、培土、病株の抜取り、病害検定、収量調査や前作業）

肥料は、NPK（窒素、リン酸、カリウム）の成分を各農家が配合して使い、土壌分析もおこなっている。回数や量などは農家によって異なるが、パンジャブ州では、N を中心に 1 回の追肥も行っている。篤農家の中には、意図してジャガイモの前に緑肥を入れるなどしており、中規模農家でも経費はかかるが、ジャガイモの後のトウモロコシ栽培にたい肥を施用するなどの工夫もされている。グジャラート州では、圃場整備の際、DAP を 1 エーカーあたり 250kg、たい肥を 8～12kg 程度投下されており、またジャガイモ栽培期間中には、尿素などが散布されている。また UP 州でも、ジャガイモ栽培期間中に、肥料ならびにたい

⁸ Central Potato Research Institute (CPRI)、Punjab Agricultural University (PAU) などが技術の研究を行っているものと思われる。

肥が散布されており、それぞれ、グジャラート州と同様、1 エーカーあたり 250kg と 8～12kg 程度が投下されている。尿素も 50kg ほどが 1 エーカーに対して投下され、一方でカリウムの投下などは見られない。

なお、害虫防除については、パンジャブ州では、ジャガイモの栽培時期にはアブラムシの発生も少なく、ウイルス病の発生も多くはない⁹。夏期の高温により土壌温度も上がるのでシストセンチュウも含めて土壌病害なども自然に抑制されるような状態である¹⁰。栽培期間では疫病の発生がたまに見られるので、殺虫剤と併せて殺菌剤の散布も計画的に行われている。防除作業はスプレーヤを用いている。ただし、圃場で病気の発生が見られたら防除を行うという認識がほとんどで、栽培期間中の防除はそれほど多くはないのではないかとされる。篤農家の一部では予防のために薬剤散布を行うということも見られたが、病気の発生条件が重なった場合、あっという間に大規模な病害発生に至る危険があると考えられる。パンジャブでの冬期間でのジャガイモ栽培条件が、気温も低くやや乾燥気味であるため病気の発生が少ないという背景が、多くの農家のこのような認識に影響しているのかも知れない。しかし、年々気候変動のせいか暖くなる時期が早まっているとの声もあったため、今後病害の発生予察には十分に注意する必要があると思われる。

一方で、グジャラート州や UP 州では、Mensurin や Pulsor と呼ばれる農薬（殺菌剤）が、種イモの植え付け前に 1 エーカーあたり、250g 程度散布されるのと、栽培期間中にも、15～20 日間隔で、3～5 回程度散布されている。

パンジャブ州では通常、12 月中旬ごろに茎葉処理¹¹を手作業で行う。また、茎葉処理後の再生葉の処理も行っており、これは認証種子栽培の検定基準にも含まれるため、茎葉処理を行う基準をどのように確定しているのか今後調査する必要がある。この作業は日本で使用されているストローチョッパーなどを導入すれば効率的に行えるため、導入要望が今後見込まれるかもしれないと思われた。

⁹ “Seed Plot Technique”と呼ばれる技術により、アブラムシの多発する時期を避けそれぞれの地域で適切な時期の栽培を行い、病害防除に対応している。

¹⁰ これまでの聞き取り調査では、連作障害などは聞いたことがない。インドの種いも栽培マニュアル本（Seed Potato Production Technology, Central Potato Research Center）などでも土壌病害が記載されているので、病害がないわけではないと思われるが、パンジャブ州でのジャガイモ→トウモロコシ→緑肥またはイネ、その他作物などの 1 年で 3 輪作での伝統的な栽培法でこれまで行っていることからみるとそれほど問題とはなっていないかと思われる。ただ、蛾の幼虫と思われる虫の食害は場所によっては結構多くみられる。

¹¹ ジャガイモは、本来植物体が熟してくれば地上部が黄変したのち茎葉の枯凋が始まり、地下部（塊茎）も表皮が硬くなり収穫に向けて熟成が高まるが、種いも栽培の場合、生育後期のアブラムシによるウイルス病の感染が大きな問題となるため、ある程度塊茎が生長すれば地上部の茎葉をカットして生育を止める。インドでは、特に Seed Plot Technique と呼ぶ対処法により、12 月後期からアブラムシの飛来密度が高まってくるので、その前に茎葉を処理してウイルス病の感染を防ぐことを州としても推奨している。



図 3-5 圃場管理関係の写真（左）スプレーヤ作業中、（右）スプリンクラー

収穫後、傷などを自助作用により塞ぎ直すキュアリングの重要性は農家にとっては大きな共通認識であり、ヒープに持って行く前には十分に塊茎を乾燥させ土が落ちるぐらいでないとヒープ内で腐敗等が起こるという認識のようである。また、収穫時は気温が上がってくる時期でもあり、余計に腐敗等が進みやすいと感じているようである。

確かにそれらの考えも理解できるが、本来は、収穫時に塊茎を集める時などに腐敗の原因となる腐敗塊茎や未熟塊茎は除かれているはずなので、ヒープに積んだとしてもそう簡単に腐敗するとは思われない。しかし、雇用者の作業にそこまでの信頼がないようであり、不良塊茎がヒープに入ってしまうという前提で考えているようである。

ジャガイモ収穫機導入にあたっては、現在のインドでのジャガイモ収穫体系を考慮すると、収穫機の収納バケットに塊茎が収納された後にその塊茎を直接ヒープまで持って行けるのが最も合理的な作業となるが、既存の収穫・管理体系にあつては、収納バケットからスチールコンテナなどの別の輸送容器に移し替えるかトレーラー等に移し替えた後に、さらにヒープする場所に運んで、ヒープに移されるということになるかと考えられる。この場合、これまでのように塊茎を日にあて乾かすことができないので、直接ヒープするにしても、塊茎が十分に乾燥してキュアリングができるような工夫も必要かと考えられる。よって、ヒープの下に木製のスノコ（パレット）を敷いて下部からの通気を促しキュアリングも促すようなヒープ方法の改良について検証をしていく必要があるだろう。

ただ、ヒープそのものが必要なのか、といった疑問に対しては、後述のように今次の収穫作業デモンストレーションにおいて実証し、篤農家の間では、従来までは固執していたヒープについて、コンテナを導入すれば不要であるとの認識を持ち始めているところも認められ、木製ないしスチール製コンテナの導入を計画検討し始めているものもある。

なお、選別機の形態は場所によって様々であるが、基本的にはほとんどがサイズ毎の粒径のメッシュで抜いてサイズを分けるという仕組みである。しかしその工程での傷防止等の考慮はほとんどされていないようである。

全体的に、塊茎の傷や表皮のすりむけなど厳密にはそれほど気にかけていないように感

じられる。デガーで掘っている様子を見てもトラクターのスピードが速かったり、作業機の動きも速すぎたりで、デガーの掘取り部分で傷防止の手当もしていない中でイモが弾むように掘られていては傷が付かないことはあり得ない。実際に、篤農家のヒープされているイモの状態を見ても、傷のある塊茎や切断された塊茎は多く見られる。そのことから、収穫機での収穫ではどれだけ傷防止の手当がなされて、どれだけ受傷割合が少ないかも見てもらい、効率性より塊茎の品質保持（歩留まり率）に重点を置いていることは十分にア



ピールすべきかと思われる。

図 3-6 収穫後の写真（左・右）ヒープ中の風景

(1-1-2) 新栽培・収穫体系及び収穫機仕様の提案

新栽培体系として、機械化に伴い必要となる技術提案としては、後述する(1-4)に示したような事項につき実証調査を行い、その結果、以下のような提案を現地での新栽培・収穫体系として C/P に対して行った。

栽培体系については、現地の受容性やニーズについて十分な意見交換を踏まえ、2016 年 10 月の一年目の植付けでは、日本の機械収穫体系では標準とされ、COE でも試験的に栽培を行っている畦幅 75cm の新栽培体系を提案し、機械収穫では土塊の処理が重要であるため、土づくり（Soil Preparation）についても日本で行っている方法を提案した。また、機械の作業効率をあげるため、収穫機が回行する十分なスペースを確保するための枕畝（畑の端の畝で本畝に対して垂直に植付けする畝）を作ることについても検討を施した。更に、植付け方もジグザグ植えとストレート植えの比較試験を行ったところ、その結果から現実的な体系として、ジグザグ植え、ストレート植えのいずれが良いのかとの断定は、今次の実証結果のみでは断定はできないが、畝幅を 75cm にすることで慣行法よりも単位収量が落ちる結果とはならなかった。さらに北海道で標準的に利用されているロータリーカルチのインドでの導入可能性も継続的に追及していくことを施した。

なお、グジャラート州で行った調査では、畦幅 75cm でジグザグ植えに対応したプランターを使って植付け作業を行っており、現地農業機械メーカー（GANESH AGRO EQUIPMENTS）でも同様のプランターの製造販売をしていることが分かった。このプラン

ターは、75cm ジグザグ植え、ストレート植え両方に対応できる機能を備えており、新栽培体系にも十分に対応できる。

収穫後のジャガイモの輸送、貯蔵にかかる作業体系に、日本式の鉄製コンテナとトレーを活用して、機械収穫作業との相乗効果を生むことを目指す技術提案については、圃場での手作業による取り扱いからバルクでの取り扱い手法へ変更する行程管理として、今後さらにジャガイモの風乾プロセスを省く利点などを啓蒙しつつ、一方で鉄製コンテナではなく、木製コンテナを、価格面での利点から現地ではまず導入し、コンテナ式の貯蔵庫の整備も進めていきたいとの機運が、地域の篤農家ならび COE においても高まってきており、収穫の機械化に伴うバルク（大量に一括）での取り扱いが、ジャガイモの輸送・貯蔵といった工程で取り入れられることになる環境整備が、道半ばではあるものの予見される状況になってきている。

収穫機の仕様については、インドで収穫機を利用する上で、圃場間の移動が頻繁に行われることが想定されるが、クローラタイプでは走行速度が遅いため長距離の移動に時間がかかり作業効率が良くない。よって小麦のコンバインの様なホイールタイプを提案したい。

また、種イモ栽培では機上選別は行わないため小玉を貯留するための小玉タンクは必要ないが、加工イモや食用イモの収穫では、機上である程度のサイズ選別を行う場合も想定され、小玉タンクが必要になることが考えられる。その場合は、日本での仕様と同じように小玉タンクの装備を提案したい。

(1-1-3) 市場調査・競合調査

① ジャガイモ収穫機に関するニーズ市場分析

ジャガイモ収穫機の潜在顧客となりうる経営規模の大きなジャガイモ栽培農家（概ね経営規模 20ha 以上）12 名についてヒアリングを実施し、収穫機の購買力、購入条件、購入意向等の確認を行った。

(1) 経営規模

パンジャブ州の中でも特にジャガイモ生産量の多い Jalandhar 地区、Kapurthala 地区、Hoshiapur 地区を対象に、Jalandhar 地区 7 名、Kapurthala 地区 3 名、Hoshiapur 地区 2 名を選定し、ヒアリングを実施した。平均経営規模は 33.6Ha、最少経営規模は 12.1ha、最大経営規模は 80.8ha となっている。地域別平均経営規模は Jalandhar 地区 42.4ha、Kapurthala 地区 24.6ha、Hoshiapur 地区 16.2ha であり、大規模農家は Jalandhar 地区に集中していることがわかった。栽培しているジャガイモの種類は種イモが 71%と圧倒的に多く、その次に食用イモ 25%、加工イモ 4%となり、パンジャブ州は種イモ生産に特化している。

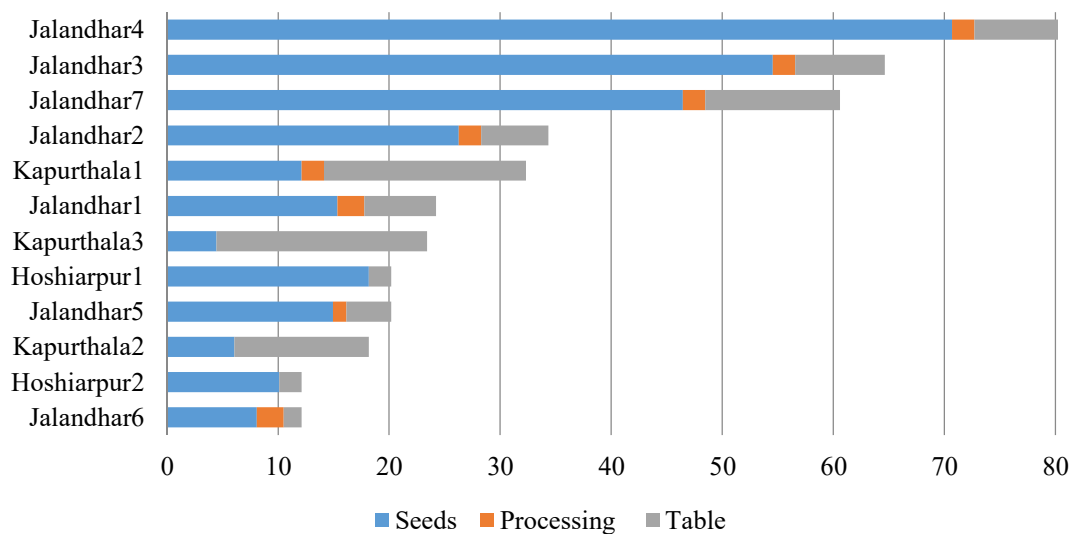


図 3-7 ヒアリング対象農家の経営規模

(出典) JICA 調査団

(2) 1ha 当たり生産高、収穫コスト、販売価格

次に農家の収益構造となる 1ha 当たり生産高、収穫コスト、販売価格についてヒアリングを行った。1ha 当たり生産高の平均は 22,793kg/ha であり、地区別には Jalandhar 地区が 23,515kg/ha と高い生産性を維持していることがわかる。収穫コストの平均は INR15,202/ha であり、Kapurthala 地区において平均 INR16,914/kg と最も収穫コストが高くなっている。また販売価格においては、2016 年 9 月の平均価格について質問したところ、12 農家の平均は INR6.3/kg であった。一方、Jalandhar 地区は平均 INR6.5/kg、Kapurthala 地区、Hoshiapur 地区は平均 INR6.0/kg となっており、Jalandhar 地区のジャガイモの販売価格が最も高い。これは Jalandhar 地区ではブランド力（品質に定評）のある種イモを生産しており、高値で販売できることが背景にあるものと考えられる。

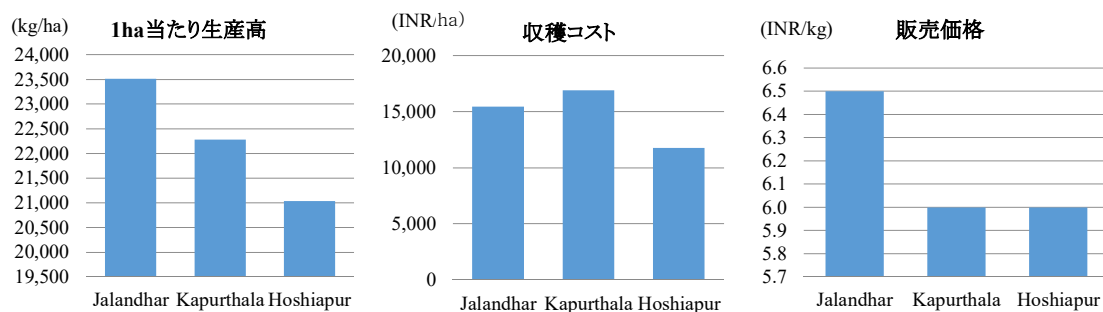


図 3-8 ジャガイモ 1ha 当たり生産高、収穫コスト、販売価格

(出典) JICA 調査団

(3) トラクター保有状況

収穫機の購買力を想定する際に参考となるトラクター保有状況を確認したところ、すべての農家においてトラクターを2台所有していた。エンジンキャパシティの平均は53.3HPであり、Jalandhar 地区は54.6HP、Kapurthala 地区は51.2HP、Hoshiapur 地区は52.3HPとなっており、Jalandhar 地区にはエンジンキャパシティの大きい農家が集中していることがわかった。またトラクターの種類は台数の多い順に Mahindra（10 台）、Escorts（8 台）、John Deere（3 台）、New Holland（3 台）であった。

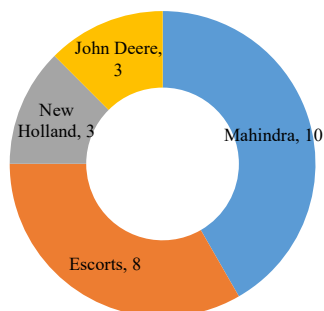


図 3-9 保有トラクター農業機械メーカー

(出典) JICA 調査団

また保有トラクターの価格帯は、最も高い New Holland（57HP）の INR95 万から最も安い Escorts（45HP）の INR55 万まで幅があり、平均価格は INR78.5 万となった。

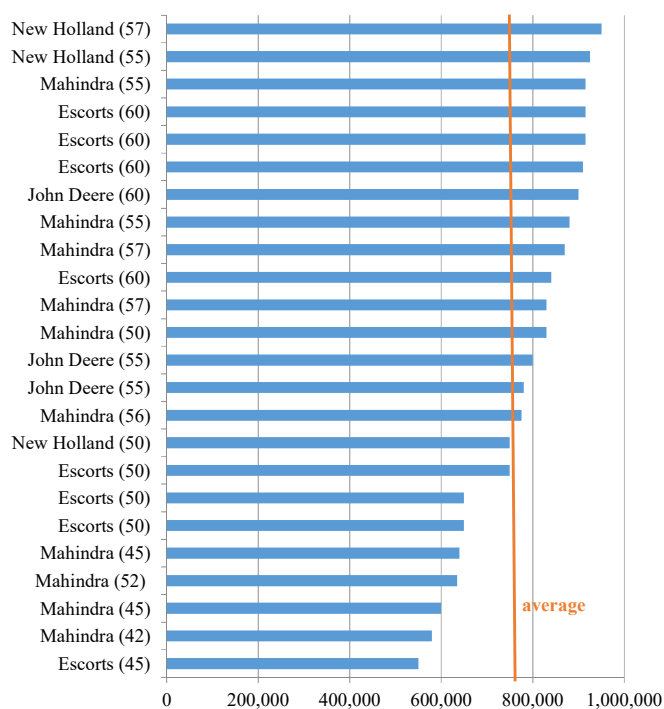


図 3-10 保有トラクター価格（括弧内 HP，単位 INR）

(出典) JICA 調査団

(4) ジャガイモ収穫機の購入条件、購入意欲

ジャガイモ収穫機の購入条件、購入意欲についてヒアリングを行ったところ、結果は以下のようになった。

i) 従来法からの変更条件

現在、ジャガイモ農家ではディガーでジャガイモを掘り上げ、労働者がジャガイモを回収しバッグに詰める方法が採られているが、ジャガイモ収穫機を導入することで、ジャガイモを掘り上げバッグに詰めるところまで機械で行うことができる。従来法から機械導入に変更する条件についてヒアリングしたところ、労働力削減 100%、時間削減 75%、コスト削減 67%、生産性向上 17%となった。労働力の確保ができないために経営規模を拡大できないとの意見もあり、労働力不足は深刻な問題であるため、収穫機導入において労働力削減が最も大きなインセンティブになることがわかった。予想外にもコスト削減が大きな要因となっていないため、労働力削減を主要なメリットとしてマーケティングに活用することで、農家の購買意欲を高めることができる可能性がある。

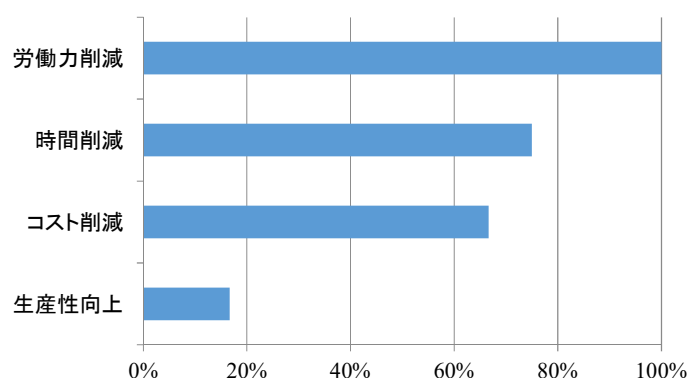


図 3-11 従来法からの変更条件

(出典) JICA 調査団

ii) 収穫機の能率と移動速度

収穫機の能率について質問したところ、1日平均 1.9ha の回答となった。最低は 1日 1.6ha、最高は 1日 2.5ha であり、1日当たり 1ha 以上の収穫能率が求められていると言える。収穫機の移動速度については平均 25.2km/h となった。Jalandhar 地区は 25.9km/h、Kapurthala 地区は 23.7km/h、Hoshiapur 地区は 25.0km/h となり、Jalandhar 地区において特に収穫機のスピードが求められていることがわかった。

iii) 収穫機希望販売価格

ジャガイモ収穫機の性能を説明し、希望販売価格について質問したところ、INR100 万～INR320 万と、幅のある回答となり、平均は INR190 万であった。現在保有しているトラク

ターの平均価格が INR78.5 万であることと比べると、ジャガイモ収穫機の機能を理解し、より高い価格をジャガイモ収穫機に投資したい意図が見られる。

地区別には Jalandhar 地区の平均は INR220 万、Kapurthala 地区は INR150 万、Hoshiapur 地区は INR160 万となり、Jalandhar 地区の希望販売価格（支払可能額）が最も高い結果となった。経営規模と希望販売価格はほぼ比例している。労働力不足解決のために収穫機の需要が確認されており、どれだけ農家にとって魅力的な販売価格を提示できるかが重要となる。

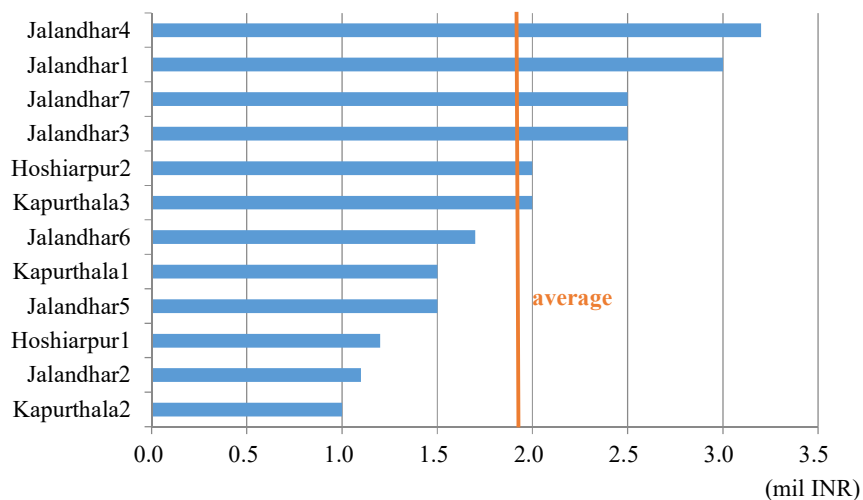


図 3-12 収穫機希望販売価格

（出典）JICA 調査団

iv) 収穫機希望種類

次に収穫機種類として①自走式／牽引式、②クローラ／タイヤ、③単一／複数作物の収穫の希望について質問を行った。結果は以下の図のとおりとなった。

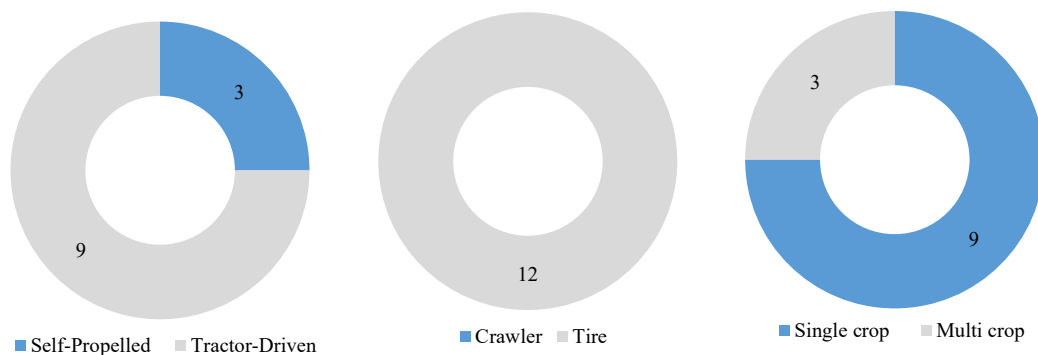


図 3-13 収穫機希望種類

（出典）JICA 調査団

- ① 自走式／牽引式については3名が自走式を希望したものの、9名が牽引式を希望した。牽引式を希望する理由は以下のとおり。
- ・ 自走式よりも牽引式のほうが安価であるため。
 - ・ 牽引式であれば現在所有しているトラクターを活用できるため。
 - ・ 現在所有しているトラクターの馬力が小さい場合、新しいトラクターを購入することも検討したい。牽引式であればトラクターをその他別用途に活用できるが、自走式の場合は応用ができない。
- ② クローラ／タイヤについては全員がタイヤを希望した。タイヤを希望する理由は以下のとおり。
- ・ タイヤのほうが効率が良い。
 - ・ タイヤのほうが場所を移動する際スピードが速い。
 - ・ クローラは土質が柔らかく粘土質の場合に適しているが、パンジャブ州の土質は安定しているためクローラである必要がない。
- ③ 単一／複数作物の収穫については、9名が単一作物、3名が複数作物の収穫希望を示した。複数作物としてビートの根、玉ねぎ、サツマイモが挙げられたが、これら野菜の収穫量は多くないため、ジャガイモ専用の収穫機を希望する農家が多数を占める結果となった。

v) 収穫機希望購入形態

収穫機希望購入形態について質問したところ、9名が自身で購入、3名が組合を通じて購入を希望し、リースやレンタルを希望する農家は皆無であった。リースやレンタルを希望しない理由として、ジャガイモ収穫時期が限定されており、リースやレンタルで他の農家が利用している場合、収穫時期を逃してしまうことが挙げられる。パンジャブ州では自己資金で収穫機購入を検討している農家が多いことがわかった。

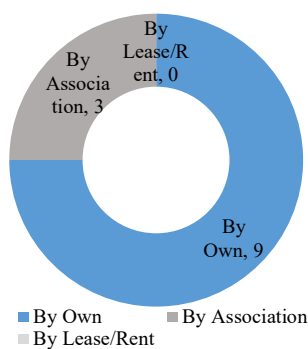


図 3-14 収穫機希望購入形態

(出典) JICA 調査団

vi) 補助金適用、投資回収期間

補助金適用の希望について質問したところ、全員が補助金適用を希望すると回答した。しかし補助金申請のための手続きなどに時間がかかることから、補助金適用は現実的ではないとの回答があった。

投資回収期間については、3 名が 3 年以内、9 名が 3～5 年と回答した。

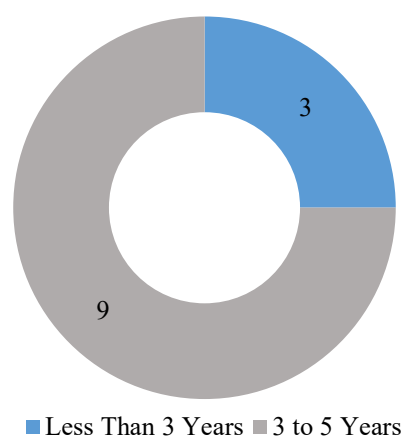


図 3-15 希望投資回収期間

(出典) JICA 調査団

② 競合製品分析

欧米の機械メーカーがグジャラート州内に工場の建設を計画しており、市場に投入する機材のターゲット、仕様、価格等について、グジャラート州農業関係者などへのヒアリングにより確認した。

(1) 概要

欧米の機械メーカーは、主にジャガイモプランター、収穫機のインドへの導入を行っており、デモンストレーションをグジャラート州、パンジャブ州、西部ウッタル・プラデシュ州で行っている。また一部の大規模農家に対して無償でプランター、収穫機を供与している。今後は西ベンガル州やその他ジャガイモ栽培を行っている地域もターゲットに加えていく意向である。

(2) 導入機材

具体的な販売時期や製造規模についての情報入手は困難であったが、導入を検討している収穫機、掘取機、プランターの価格、スピード、必要馬力について関係者にヒアリングを行い以下の情報を入手した。

- 1) ジャガイモ牽引式収穫機
販売価格：INR500 万
移動速度：25km/時間
必要馬力：80 馬力
- 2) マウント式ジャガイモ掘取機
販売価格：INR170 万
移動速度：25km/時間
必要馬力：68 馬力
- 3) トレーラー式ジャガイモ掘取機
販売価格：INR250 万
移動速度：25km/時間
必要馬力：47 馬力
- 4) ジャガイモプランター
販売価格：150 万
収穫効率：5.6-6.5ha/日

③ ジャガイモの流通実態調査

パンジャブ州の種イモのインド全土への流通経路、価格決定システム、評価等について、農業関係者や農家へのヒアリングにより、実態の確認を行った。

(1) 流通経路

i) 販売パターン

パンジャブ州の種イモの流通には伝統的に“Arathder”と呼ばれる仲介業者が介在し、生産者と消費者を結びつけているが、消費者価格の大部分が Arathder の利益となるため、特に小規模の生産者の利益率は低い状態となっている。小規模／中規模／大規模農家の販売パターンは以下のように区分される。

表 3-11 小規模／中規模／大規模農家の販売パターン

	小規模	中規模	大規模
1. 農家→Arathder	46%	10%	15%
2. 農家→卸売市場（パンジャブ州）	43%	75%	25%
3. 農家→野菜市場（Apni Mandi）	7%	5%	-
4. 農家→州外市場	-	7%	35%
5. 農家→民間企業	-	3%	20%
6. 農家→組合小売業者（パンジャブ州）	4%	-	5%
合計	100%	100%	100%

注) 小規模：経営面積 5Ha 以下、中規模：経営面積 5-25Ha、大規模：経営面積 25Ha 以上
(出典) PAU レポート、JICA 調査団ヒアリング

上表によると、パンジャブ州内卸売市場へ販売する農家が最も多く、その次に Arathder への販売となっている。特に小規模農家は Arathder への販売（46%）、州内卸売市場への販売（43%）、野菜市場への販売（7%）が大多数を占め、輸送費や州外ネットワークが不要な販売形態となっているが、販売価格は低く抑えられている。一方、中規模農家及び大規模農家は州外ネットワークを活用し、州外市場や民間企業へ高値で販売することに成功しているようである。近年では小規模農家と民間企業や州外市場へ直接結びつけるための政府や NGO の活動も報告されている。

ii) 販売地域

パンジャブ州の中規模及び大規模種イモ農家は、州外に種イモを販売している。特にジャランダー地区の種イモは国内一の品質と評判であり、調査団のグジャラート州、ウッタル・プラデシュ州でのヒアリングの際にも、ジャランダー地区のサンガより種イモを購入している農家に多く遭遇した。販売地域分布はジャガイモを多く生産する北東・東インド（ウッタル・プラデシュ州、ビハール州、アッサム州、西ベンガル州）が半数以上を占めるが、それ以外にも中央インド、西インド、南インドへ種イモを出荷している。ジャランダー地区のサンガ、カプール、バッティといったブランド力のある大規模農家は、パンジャブ州内の小規模農家の種イモを買い取るなど卸売業者の役割も果たしており、バルクで販売しているため、価格交渉力を持つ。

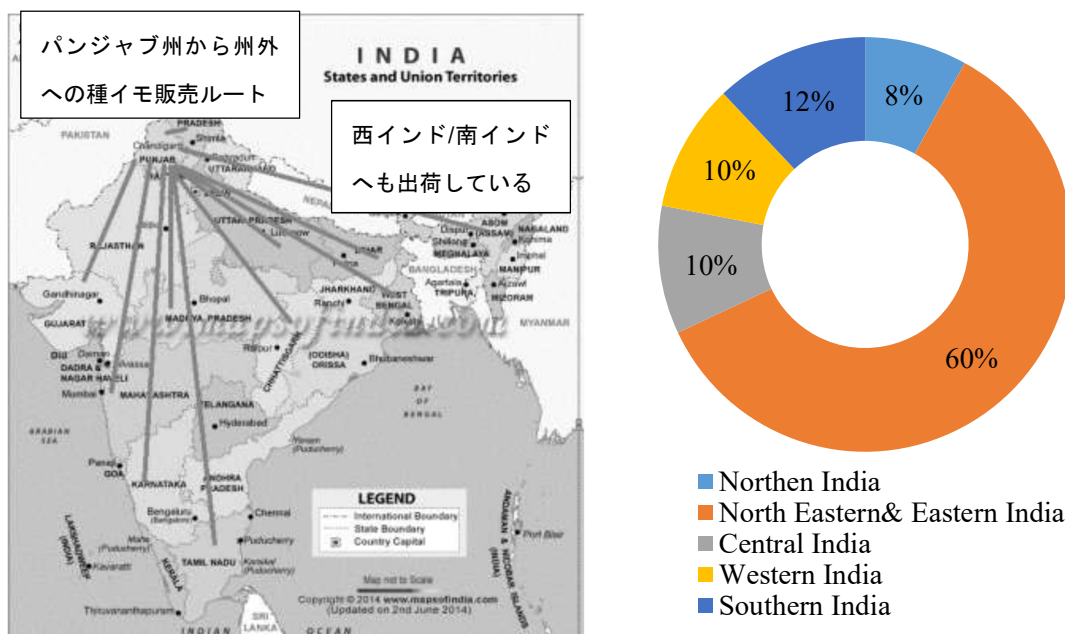


図 3-16 販売地域網（左）と販売地域分布（右）

（出典）PAU レポート、JICA 調査団

(2) 価格決定システム

パンジャブ州の種イモのサプライチェーンのうち、規模の最も大きい「農家→卸売業者→小売業者→消費者」に注目し、価格決定システムの確認を行った。

表 3-12 「農家→卸売業者→小売業者→消費者」価格内訳

No.	Particulars	INR/kg	% change
1	Producer's sale price/ wholesaler's purchase price	4.30	83%
2	Expenses borne by the producer	0.73	
i.	Grading, filling, stitching etc.	0.21	
ii.	Cost of gunny bag	0.37	
iii.	Loading and transportation cost	0.13	
iv.	Unloading charges	0.02	
3	Net price received by the farmer	3.57	100%
4	Expenses borne by the wholesaler	1.20	
i.	Market fee @ 2%	0.09	
ii.	Rural development fund @ 2%	0.09	
iii.	Commission to the commission agent @ 5%	0.22	
iv.	Grading expenses	0.04	
v.	Miscellaneous expenses	0.08	
vi.	Margin of the wholesaler	0.70	
5	Wholesaler's sale price/ retailer's purchase price	5.50	154%
6	Expenses borne by the retailer	0.54	
i.	Transportation cost	0.12	
ii.	Labour	0.04	
iii.	Rent of the shop/rehri	0.03	
iv.	Packing cost	0.14	
v.	Loss, wastage and spoilage @ 2.50%	0.14	
vi.	Miscellaneous cost	0.08	
7	Margin of the retailer	1.46	
8	Retailer's sale price/ consumer's purchase price	7.50	210%

(出典) PAU レポート、JICA 調査団

上表より、農家の売値に加え、卸売業者の費用、小売業者の費用が上乗せされ、消費者への販売価格が決定される。農家の実質販売価格である INR3.57/kg から比べると、消費者販売価格は INR7.50/kg と 2.1 倍になっていることがわかる。特に卸売業者及び小売業者のコミッション費用は INR2.54/kg と全体の 34%を占める。

パンジャブ州の種イモの売値はパンジャブ州農業マーケティング委員会が決定する。2016 年 10 月の価格は INR3.8-8.8/kg であり、天候不良により生産量が減り価格が高騰していた 2015 年に比べ低価格であった。

④ 加工イモ加工業者の生産動向等調査

Balaji (国内最大手) やペプシコ等、ジャガイモ生産に大きな影響を与える加工イモの加工事業者の生産状況、栽培農家への育成指導、加工イモ買い取り条件等の実態と課題、今

後の生産計画について、ヒアリング等により調査を実施した。

(1) 加工イモの加工事業者概要

フレンチフライやポテトチップスを中心とした加工イモ製品の市場は拡大しており、2008年のINR240億から2013年にはINR800億となっている。フレンチフライではMacCain、ポテトチップスではBalaji Wafers、PepsiCo等が主な加工事業者である。市場拡大に伴い、生産規模の拡大も検討しているものと思料される。

表 3-13 加工イモの加工事業者概要

加工事業者	製品	工場立地場所	原材料加工規模（トン/年）
PepsiCo India Holdings	チップス	チャンノ（パンジャブ州）、プネ、ノイダ、コルカタ	241,000
Haldiram's Food International Limited	チップス	デリー、コルカタ、ナーグプル（マハラシュトラ州）、ビーカーネール（ラジャスタン州）	129,200
Balaji Wafers Pvt. Ltd.	チップス	ラージコート（グジャラート州）	72,400
McCain Foods India	フレンチフライ	バリヤサン（グジャラート州）	40,000
Santnam Agri. Prod Ltd.	フレンチフライ	ジャランダール（パンジャブ州）	25,000

（出典）各社 HP

(2) 加工イモ買い取り条件等の実態、栽培農家への育成指導

加工事業者と農家は契約を締結し、契約農家は加工事業者のガイドラインに沿った加工イモを栽培、収穫し、加工事業者は加工イモを契約農家より買い取る形態を取っている。PepsiCo、McCainの買い取り条件、栽培農家への技術指導などは以下のとおりである。

① PepsiCo

- ・ PepsiCo は栽培時に収穫後の買い取り価格を提示する。買い取り価格は通常市場価格を上回るレートであり、契約農家は市場価格より高く販売することができ、また価格変動にも左右されない。市場価格は INR2.8-5.5/kg であるのに対し、PepsiCo は INR3.6-6.4/kg で買い取りを行う。
- ・ PepsiCo は種イモ、農薬、防虫剤を提供し、契約農家に対して技術指導を行う。
- ・ インドステイト銀行を通じて低金利融資を提供する。
- ・ 保険会社を通じて天候リスクの保険の加入を促進する。

② McCain

- ・ McCain は種イモを市場価格の半額以下で提供する。
- ・ 契約農家は種イモの 10 倍以上のジャガイモを栽培することが求められ、10 倍以上

となった場合は買い取り価格が上乘せされる。

- ・ MacCain は栽培、収穫に係る技術指導を契約農家に対して行う。

以上のとおり、加工事業者は契約農家を増やすことで安定的な収穫量が確保でき、また小規模・中規模農家にとっては仲介業者が多く介在する市場にジャガイモを販売するより高値で販売することができ、収入の安定化につながる。

(1-2) インド仕様収穫機の製造・輸送

開発した2台の収穫機の稼働状況を本邦で確認後(2015年11月)、インドに輸送した(2016年2月12日到着)。2台の収穫機の仕様は以下の通りである。輸送は、防錆処理を施した上で、搬送した。

表 3-14 製造・輸送する収穫機の仕様（日本仕様との相違）

	TPH179(日本仕様)	TPH179(インド仕様)	TPH55(インド仕様)
全長、質量等	ほぼ同じ		全長 6,540mm、質量 2,810kg-
エンジン	4 サイクル水冷直噴式 D-3,059cc		なし
出力/回転数	40.5kW(55PS)/2,100rpm		-
適応トラクタ	-		36.8kW(50PS)
走行速度	0～5.5km/h	0～5.5km/h	トラクターの仕様による
作業能率	0.5-0.7ha/日	1ha～1.5ha/日	
掘取り条数	1畝	1畝(風乾対応のピックアップユニットを使用することで2畝も可)	
製品タンク	容量 700kg	容量 700kg	容量 1,320kg
クローラ等	クローラ式	クローラ式	タイヤ式
駆動	油圧式	油圧式	機械式
販売価格	1,500 万円	600 万円 注)	300 万円 注)

注) 販売価格は、日本で製造・販売しているモデルを元にJ Vにより現地生産した際の想定



図 3-17 機材運搬風景（左・右）2016年2月12日の機材到着時（COE 農場周辺の空き地）

(1-3) モデルファームでの試用と収穫機仕様の改良と調整

想定したインド仕様にて日本において製造された収穫機は、モデルファームに持ち込まれ、上記で提案された体系に即して、実証試験に試用された。また、以下のような改良、調整を施しつつ、デモンストレーションおよび C/P の技術向上に資する目的で活用された。

収穫機の仕様については、作業精度に関係するコンベヤの構造について、実証試験により問題ないことが確認できたため、現行の仕様のままとした。また、作業能率についても、Hard Soil であっても日本式の土づくり（Soil Preparation）を実施することで、十分に作業できることが実証できたため、機械収穫の場合は日本式の Soil Preparation を合わせて導入、普及させていけるような措置が必要となる。

種イモについては小さいサイズが好まれるため、20g 以下の小イモがしやすい状況でもあり、そのような場合、20g 以下の小イモがコンベヤの隙間から圃場に落ちて収穫ロスが多くなってしまうため、種イモ収穫の場合は、コンベヤのロッドに樹脂でできたパッカーを被せ、コンベヤの隙間を狭くすることとした。

走行方法については聞き取り調査などから、圃場間移動が重要であり、クローラ式よりもタイヤ（ホイール）式を望む声が多かった。よって今後、インド仕様としてホイール式への改造を検討する。

小玉タンクについては聞き取り調査から、加工イモ、食用イモの収穫では、圃場である程度の小玉イモの選別を行うことから、収穫機には日本仕様と同じように小玉を選別するコンベヤと小玉タンクが装備されていた方がよいと考えられ、用途によって、仕様を選択できるようにしたい。

製品タンクの容量については、圃場の長さが 150m 以下であれば TPH179 の容量 (700kg) でもよいが、パンジャブ州のように比較的大規模な圃場については、TPH55 位の容量 (1320kg) があつた方が回行や荷降ろしの回数が少なく作業能率が上がる。また回行するスペースを十分に作ることで、けん引タイプの TPH55 についても自走式の TPH179 と作業能率は変わらないことが実証できたので、大きい圃場については TPH55 を提案していきたい。

表 3-15 収穫機仕様の提案

項目	提案内容
コンベヤ構造	日本仕様と同一。ただコンベヤのロッドに樹脂製パッカーを装着する。
走行方法	クローラ式→タイヤ（ホイール）式へ変更
小玉タンク	小玉選別コンベヤと専用タンクを装備
タンク容量	パンジャブ州ではタンク容量(1320kg)が大きい牽引式を推奨。

(1-4) 収穫効果等評価（新体系の妥当性実証、収穫機の現地適合性実証）

インド仕様に改良、調整された収穫機の現地適合性（技術面、市場面）を検証するため、日本において製造されたインド仕様モデルの性能試験を行い、慣行収穫（手拾い）と機械式収穫について、その効果を比較する(1-4-1)とともに、一方では、機械化のために新たに提案される栽培体系により、実際に植付、管理された圃場と現行体系の慣行法による圃場 2 つにおいて、インド仕様モデルの現地適合性を評価するため、作業能率試験と作業精度試験(1-4-2)をそれぞれ行った。以下はその結果をまとめたものである。

(1-4-1) 慣行収穫（手拾い）と機械収穫の効果測定と評価

機械収穫による効果を評価するため、慣行収穫（手拾い）と機械収穫の作業精度及び作業能率の比較試験を以下のように行った。試験は、①、②の異なる 2 つの圃場（COE の圃場とその近郊の種イモ組合の Pawanjot 氏の圃場）で行った。

① COE 圃場

ア. 条件

土質：HARD（粘土質）

品種：Jyoti

用途：種イモ

畝幅：30 インチ（76.2cm）ジグザグ畝

- COE の圃場は非常に HARD な土質で、畝の上に人が立っても崩れないほど硬い状態であった（写真 5）。
- 1 年目の試験は慣行栽培での比較と言うことで、インドで標準的な畝幅 26 インチ（66cm）で行う予定であったが、すでに畝幅 26 インチの圃場は収穫が終わっていたため代わりに、COE が試験的に行っている 30 インチジグザグ畝（図 3-18）で行った。

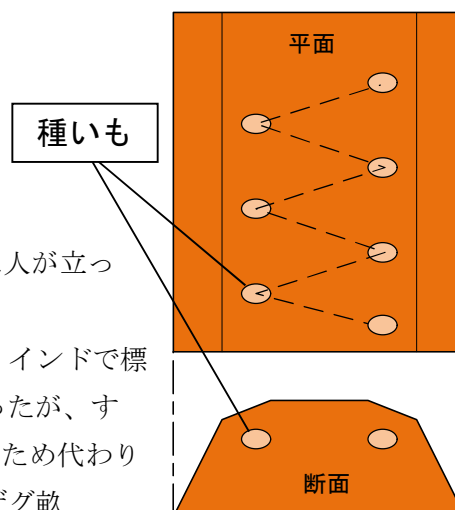


図 3-18 1:30 インチジグザグ畝

イ. 作業能率試験

手刈りで茎葉を処理した収量約 1.8t/10a、品種 Jyoti、土質 HARD の圃場で試験を行った。慣行収穫は、デガーで掘り起し（写真 1）、乾燥させるためのイモ寄せ作業（写真 2）、袋詰め（写真 3）、トレーラーに袋を積む作業（写真 4）までの時間を測定した。

試験結果を表 3-16 に示す。要約すると以下のとおりである。

- 1) 試験を行った圃場は非常に HARD な土質のため、機上には大量の土塊が上がってきて選別作業が非常に困難であった。そのような状況のため作業速度は TPH179 で平均 0.29m/s、TPH55 で 0.47m/s と遅かった。
- 2) 作業人員は、収穫機が運転者 1 名、機上選別者 4 名、慣行収穫はデガー運転者 1 名、

イモを収集するワーカーが 35 名であった。

- 3) 1 時間当たりの圃場作業量は、TPH179 で $6.1a/h^{12}$ 、TPH55 で $6.3a/h$ 、慣行収穫で $6.1a/h$ であった。
- 4) 作業量は機械収穫と慣行収穫でほぼ同じであるが、作業人員は機械収穫が 5 名（運転者含）、慣行収穫 36 名と、機械収穫の方が $1/7$ の人員で同じ作業量を行うことができた。
- 5) TPH55 の回行時間の割合が高いのは、畝の端で回行するスペースが狭かったため、畝列の外側に一旦移動し大きく旋回する必要があったため、回行に時間を要した。



デガー掘り（写真 1）



イモ寄せ（写真 2）



袋詰め（写真 3）



トレーラーに袋を積む作業（写真 4）

¹² アール/時（1 アール＝0.01 ヘクタール）

表 3-16 作業能率試験結果 (COE 圃場)

収 穫 方 法		TPH179	TPH55	慣行掘り
作 業 人 員		運転者1名 機上選別者4名	運転者1名 機上選別者4名	運転者1名 ワーカー35名
掘 取 面 積 (m ²)		610	610	4459
	畦長さ (m)	100	100	266
	畦幅 (m)	0.762	0.762	0.762
	畦数 (本)	8	8	22
作 業 速 度 (m/s)		0.29 (平均)	0.47 (平均)	—
全作業時間 (min)		60.2	57.9	436
	掘取時間割合 (%)	78.6	55.0	—
	回行時間割合 (%)	17.1	35.2	—
	荷降ろし時間割合 (%)	4.3	8.7	—
	調整停止時間割合 (%) (内容、回数)	0	1.1 (土塊処理、1回)	—
圃場作業量 (a/h)		6.1	6.3	6.1

ウ. 作業精度試験

手刈りで茎葉を処理した収量約 1.8t/10a、品種 Jyoti、土質 HARD の圃場で試験を行った。なお、収穫機のサンプルは第 2 選別コンベヤから製品タンクに入るところで採取した。また、サンプル採取の際は石・土塊や茎葉などの夾雑物のみ選別を行い、機上に流れてきたすべてのイモを採取した。

慣行収穫の試験は、同一圃場にて現地で行っている方法で収穫してもらい、機械収穫と同様に 15m 間のイモをサンプルとして採取した。

試験方法及び判定基準は生物系特定産業技術研究支援センターで行う型式検査の基準を参考とした。

試験結果を表 3-17 に示す。要約すると以下のとおりである。

- 1) 試験を行った圃場は非常に HARD な土質のため、機上には大量の土塊が上がってきて選別作業が非常に困難であった (写真 6)。そのような状況のため作業速度は TPH179 で 0.18m/s、TPH55 で 0.24m/s と非常に遅かった。
- 2) イモの品質は非常に悪く、畝間灌水の影響と考えられる水割れしたようなイモ (写真 7) が多数確認され、規格品率も 50%前後と非常に低かった¹³。
- 3) 損傷割合は TPH179 で 5.8%、TPH55 で 6.9%の結果に対し、慣行収穫は 26.3%と非常に損傷が多かった。

¹³ 奇形いもや青いもなど生理的な傷害の塊茎は、ジャガイモの生育期間中になったものなので、この収穫作業で成り得たものではない。たまたま、選んだ畦のところがそのような状態の塊茎が多かったということであると思われる。

- 4) 皮むけの割合は、TPH179 で 1.7%、TPH55 で 1.9%、慣行収穫で 2.4%と、どの収穫方法でも少なかった。
- 5) 収穫ロスは、TPH179 で 5.7%,TPH55 で 5.5%に対して、慣行収穫は 9.8%（写真 8）と多かった。これは、デガーによるイモの堀上げでは、表層面の視覚可能なイモのみ手拾い労働者により拾い上げられるため、土中にまだ埋まっているイモが拾い上げられず、多いことが検証されたものである。機械収穫でロスしたイモのほとんどがコンベヤの隙間から落ちた 20mm 以下の小イモであった。

収 穫 方 法		TPH179	TPH55	慣行収穫
作業速度 (m/s)		0.18	0.24	—
採取総質量 (kg)		36.0	31.4	21.0
内 訳	土・石・夾雑物割合 (%)	45.3	31.9	0.0
	いもの割合 (%)	54.7	68.1	100.0
いもの総質量 (kg)		19.6	21.1	21.0
内 訳	規格品いも(40g以上)の割合 (%)	33.6	46.3	24.6
	小さいも(40g未満)の割合 (%)	10.0	8.4	3.3
	奇形いもの割合 (%)	7.7	5.2	13.2
	青いもの割合 (%)	16.5	13.4	18.1
	病気いもの割合 (%)	22.7	15.6	17.6
	くされいもの割合 (%)	0.0	0.0	1.0
損傷割合 (%)		5.8	6.9	26.3
内 訳	損傷(10mm以上のもの)	2.9	5.1	22.2
	損傷(10mm未満のもの)	2.9	1.8	4.1
皮むけの割合 (%)		1.7	1.9	2.4
内 訳	皮むけ(1cm ² 以上のもの)	0.0	0.0	2.4
	皮むけ(1cm ² 未満のもの)	1.7	1.9	0.0
収穫損失割合 (%)		5.7	5.5	9.8
反収 (kg/10a)		1739.3	1879.8	1865.3

表 3-17 作業精度試験結果 (COE 圃場)



圃場の状態 (写真 5)



機上の土塊 (写真 6)



裂開したイモ (写真 7)



慣行収穫のロスイモ (写真 8)

② Pawanjot 氏圃場 (種イモ組合 POSCON メンバー)

ア. 条件

土質：砂壤土

品種：Pukhraj

用途：種イモ

畝幅：30 インチ (76.2cm) ジグザグ畝

- 昨年度の案件化調査で協力いただいた Pawanjot 氏の圃場で、今年も試験を行った。
- Pawanjot 氏は、欧米の機械メーカーのプランターを使用し、全ての圃場で 30 インチのジグザグに植付けしている。土質は砂壤土のため、機械収穫の際も機上に土塊はほとんど上がってこない。

イ. 作業能率試験

手刈りで茎葉を処理した収量約 3.0t/10a、品種 Pukhraj、土質は砂壤土の圃場で試験を行った。

慣行収穫は、デガーで掘り起し、乾燥させるためのイモ寄せ作業、袋詰め、トレーラーに袋を積む作業までの時間を測定した。

試験結果を表 3-18 に示す。要約すると以下のとおりである。

- 1) 試験を行った圃場は、雨後のため土は湿っていたが、砂壤土のため土拔けは良く、土塊も少ないことから、作業速度は TPH179 で平均 0.51m/s、TPH55 で 0.65m/s と COE の圃場よりも約 1.5 倍速かった。
- 2) 作業人員は、収穫機が運転者 1 名、機上選別者 3 名、慣行収穫はデガー運転者 1 名、イモを収集するワーカーが 24 名であった。
- 3) 1 時間当たりの圃場作業量は、機械収穫が TPH179 で 8.7a/h、TPH55 で 8.2a/h、慣行収穫が 5.4a/h で、機械収穫の方が約 1.5 倍の作業量であった。
- 4) 作業人員も機械収穫が 4 名（運転者含）、慣行収穫 25 名と、機械収穫の方が 1/6 の人員で、1.5 倍の作業を行うことができた。

表 3-18 作業能率試験結果（Pawanjot 氏圃場）

収 穫 方 法	TPH179	TPH55	慣行掘り
作 業 人 員	運転者1名 機上選別者3名	運転者1名 機上選別者3名	運転者1名 ワーカー24名
掘 取 面 積 (m ²)	475	475	3,978
畦長さ (m)	104	104	346、80
畦幅 (m)	0.762	0.762	0.762
畦数 (本)	6	6	10、22
作 業 速 度 (m/s)	0.51 (平均)	0.65 (平均)	—
全作業時間 (min)	32.6	34.8	446
掘取時間割合 (%)	63.6	61.5	—
回行時間割合 (%)	28.0	30.4	—
荷降ろし時間割合 (%)	8.4	8.1	—
調整停止時間割合 (%)	0.0	0.0	—
(内容、回数)			
圃場作業量 (a/h)	8.7	8.2	5.4

ウ．作業精度試験

手刈りで茎葉を処理した収量約 3.0t/10a、品種 Pukhraj、土質は砂壤土の圃場で試験を行った。なお、収穫機のサンプルは第 2 選別コンベヤから製品タンクに入るところで採取した。また、サンプル採取の際は石・土塊や茎葉などの夾雑物のみ選別を行い、機上に流れてきたすべてのイモを採取した。

慣行収穫の試験は、同一圃場にて現地で行っている方法で収穫してもらい、機械収穫と同様に株間 15m のイモをサンプルとして採取した。

試験方法及び判定基準は生物系特定産業技術研究支援センターで行う型式検査を参考とした。

試験結果を表 3-19 に示す。要約すると以下のとおりである。

- 1) 試験を行った圃場は砂壤土のため土塊、石などは機上に上がってくることがなく、採取したサンプルに石・土塊、夾雑物の混入はなかった。
- 2) 損傷割合は、TPH179 で 4.6%、TPH55 で 6.6%の結果に対して、慣行収穫は 14.1%と機械収穫に比べ損傷が多かった。
- 3) 皮むけの割合は、TPH179 で 6.3%、TPH55 で 5.2%、慣行収穫で 7.3%と、慣行収穫での皮むけが一番多かったが、機械収穫との差はそれほど大きくはなかった。
- 4) 収穫ロス、TPH179 で 1.4%、TPH55 で 0.6%に対して、慣行収穫は 8.2%と多かった。COE の圃場同様に、収穫機でロスしたイモのほとんどはコンベヤの隙間から落ちた 20mm 以下の小イモであった。

表 3-19 作業精度試験 (Pawanjot 氏圃場) ¹⁴

収 穫 方 法		TPH179	TPH55	慣行収穫
作業速度 (m/s)		0.37	0.58	—
採取総質量 (kg)		35.2	23.4	32.4
内 訳	土・石・夾雑物割合 (%)	0.0	0.0	0.0
	いもの割合 (%)	100.0	100.0	100.0
いもの総質量 (kg)		35.2	23.4	32.4
内 訳	規格品いも(40g以上)の割合 (%)	49.3	63.7	37.2
	小さいも(40g未満)の割合 (%)	11.9	12.0	10.4
	奇形いもの割合 (%)	3.8	3.9	3.4
	青いもの割合 (%)	8.4	1.8	2.9
	病気いもの割合 (%)	17.8	7.7	24.2
	くされいもの割合 (%)	0.0	0.0	0.0
損傷割合 (%)		4.6	6.6	14.1
内 訳	損傷(10mm以上のもの)	1.6	5.0	6.8
	損傷(10mm未満のもの)	3.0	1.6	7.2
皮むけの割合 (%)		6.3	5.2	7.3
内 訳	皮むけ(1cm ² 以上のもの)	2.9	0.6	4.3
	皮むけ(1cm ² 未満のもの)	3.4	4.6	3.0
収穫損失割合 (%)		1.4	0.6	8.2
反収 (kg/10a)		3078.3	3064.6	2875.6

機械収穫の効果について

- Pawanjot 氏の圃場の試験結果を基に、機械収穫と慣行収穫の人件費及び出荷額の比較を行った結果を表 3-20 に示す。なお、収量はパンジャブ州の平均収量 25,000kg/ha とし、収穫機を購入できると想定している 20ha 規模の農家をモデルとして算出した。
- 歩留り率は精度試験での損傷割合と収穫損失割合を足した数値から算出した¹⁵。

¹⁴ 作業精度と作業能率の試験は同一圃場で行っていても同時に測定を行っていないため、同じ圃場内でも、機上に上がってくる土塊や夾雑物の量が異なり、機上での選別作業によって作業速度を調整して作業を行うため、作業速度に違いが生じている。なお、収穫損失割合 (%) は、収穫損失したイモの質量を、損失したイモの質量を含めたイモの総重量で割って算出しています。

¹⁵ 歩留り率は、全部のイモの数量の中に占める良い製品の割合。歩留り率 = 100% - (損傷割合 + 収穫損失

- 人件費については、慣行収穫に対して TPH179 でマイナス Rs.166,600、TPH55 でマイナス Rs.165,000 であり、機械収穫することで大幅な削減効果がある。
- 総出荷額については、慣行収穫と比較して TPH179 で Rs.978,000、TPH55 で Rs.906,000 の増収になる。

表 3-20 機械収穫と慣行収穫の人件費及び出荷額の比較¹⁶

項 目		TPH179	TPH55	慣行収穫
人件費 ①x②x③ (Rs.)		18,400	20,000	185,000
	①人件費単価(Rs./日)	200	200	200
	②作業人員(人)	4	4	25
	③作業日数(日)	23	25	37
慣行収穫との差(Rs.)		-166,600	-165,000	0
総出荷額 ④x⑤x⑥x⑦ (Rs.)		5,640,000	5,568,000	4,662,000
	④収量(kg/ha)	25,000	25,000	25,000
	⑤歩留り率(%)	94	93	78
	⑥栽培面積(ha)	20	20	20
	⑦いもの単価(Rs./kg)	12	12	12
慣行収穫との差(Rs.)		978,000	906,000	0

考察

- 表 3-17、3-19 でイモの損傷は、機械収穫に比べ慣行収穫の方が 2～4 倍多いことがわかる。慣行収穫で損傷が多い要因としては、デガーで掘り起こした際の損傷である。土抜きをよくするためにデガーのコンベヤ回転が非常に速く、イモがコンベヤ上で跳ねあがってしまうことで損傷している(写真 9)。また、今回の試験では 30 インチジグザグ畝で試験を行ったが、インドで通常栽培している畝幅(26 インチ)よりも広く、ジグザグ植えでイモの成る位置が畝の端であるため、使用しているデガーの掘り取り部の幅が畝幅にあわず、コールターでイモを切つての損傷(写真 10)も見られた。
- 機械収穫の損傷は慣行収穫と比較すると少ないが、日本の型式検査の基準で望ましいとされている 5%以下よりは多かった。これは、今回試験を行った畝が 30 インチのジグザグ植えであったことが原因と考えられる。

上記の通り、ジグザグ植えの場合、イモの成る位置が畝の端になり、クローラやトラクターのタイヤで踏まれやすいため損傷したと思われる(図 3-19)(写真 11)。特に、TPH55 の損傷割合が TPH179 よりも高く、かつ 10mm 以上の損傷が多いのは、TPH55 で使用したトラクター(ジョンディア製 5075E)のタイヤ幅が 18.4 インチ(467mm)と太かったためである(写真 12)。インドでトラクターは主に運搬目的で使われるため、

割合) = 100% - (4.6% + 1.4%) = 94%

¹⁶ 費用に燃料項目を入れた分析は、2017 年 2 月の実証試験の後、実施予定。

けん引力を増すために幅の太いタイヤを使用している。日本では損傷軽減のために、トラクターが畝の間を走る時は、畝を崩さないためにロークロップタイヤと呼ばれる幅の細いタイヤ（284mm）（写真 13）を使用して作業を行う。インドにも幅の細いタイヤはあるとのことなので、収穫作業での損傷軽減のために幅の細いタイヤを使用することを提案していく。

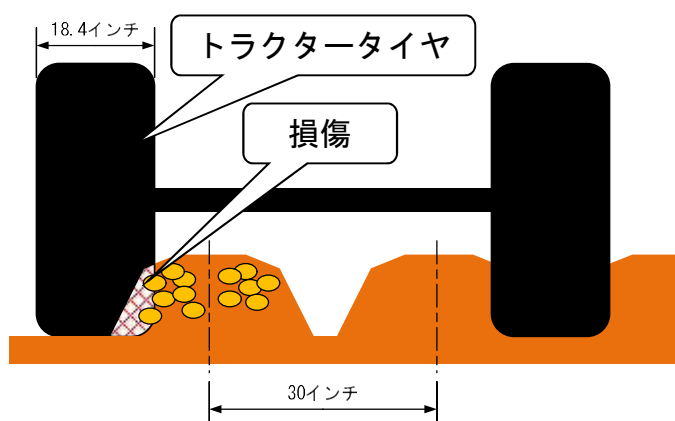


図 3-19 トラクタータイヤによる影響

- ジグザグ植えは、グジャラート州などの加工イモ栽培ではスタンダードな方法で、近年は種イモに適したサイズのイモが取れることと、収量が増えるということで、パンジャブ州内でも比較的先進的な農家が試験的に導入して普及してきているようであるが、実際の効果については検証途中のようである。ジグザグに植えた方が生育域が広がるため収量が増えるとのことだが、畝の端に植えているため片方は広いがもう一方は狭くなり、ストレート植えと比較して決して生育域が広いとは言えず、ストレートで植付けしても株間の調整により生育域は確保できるのではないかと考えられる。むしろ青イモが増える、タイヤによる損傷が増えるなどデメリットを考えた場合、その効果は疑問である。COE でも試験的に行ったそうであるが、オランダのアドバイザーからはストレートに植付けした方がよいとのアドバイスをされたとのこと¹⁷。
- 収穫損失も機械収穫の方が少ない。掘り取り直後の畝を見ると地表の表面に落ちているイモが機械収穫の方が多いので、機械収穫の方がロスが多いように見えるが、収穫した後の畑を掘り返すと、慣行収穫の方が土の中に残っているイモが多かった。慣行収穫でロスが多い原因として、デガーで掘り起こした際に、土の中に埋まってしまう

¹⁷ 元々幅広の畦幅に 2～4 列などで種いもを植え付けるためにジグザクで植え付けるということであろうと思われ、単列の畦での試験結果などがほとんどみられない。北海道の試験場で単畦でのジグザグ植付けの効果を検証した研究者から聞いた限りでも明確に収量が上がるとは今のところとは言えないとのことであった。品種間差、施肥量及び施肥方法、土壌の条件などにより色々と変わってくるかとも思いますが、この報告にも記載のあるように、緑化イモが増える、トラクターのタイヤで踏まれるものが増えるなど物理的障害が増える可能性が否めないと思われる。なお、本事業における比較のために、2016 年 10 月に行った植付けで、ジグザグ植えとストレート植えの試験区を設けている。

イモがあり、ワーカーは埋もれているイモをわざわざ掘り起こしてまで拾わないためである（写真 14）。

- 案件化調査時に機械収穫の方がロスが多いと指摘を受けたが、今回の比較試験で機械収穫の方がロスが少ないことを実証できた。
- Pawanjot 氏の圃場に比べ COE 圃場での収穫損失が多いのは、ロータリーバケットと案内板の隙間が広がったため、そこから小イモがこぼれていたことが原因である。Pawanjot 氏の圃場でそれが判明したため、試験前に隙間を調整し小イモのこぼれがないことを確認してから試験を行った。

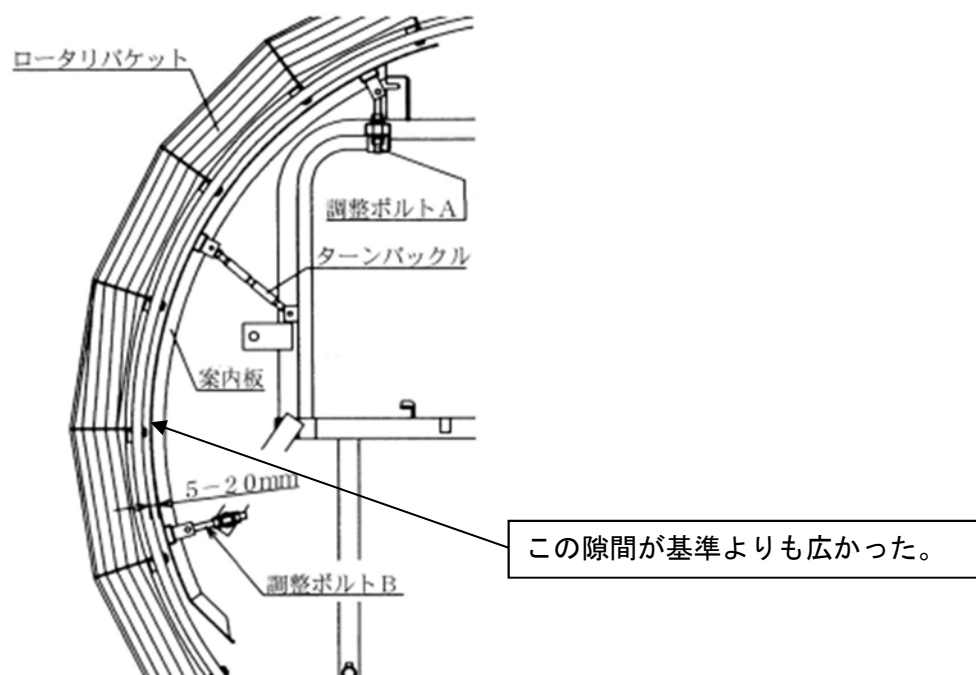


図 3-20 ロータリーバケット詳細図

- 作業時の人員については表 3-18、3-20 の通り、機械収穫の方が少ない人数で、収穫作業を行えることが分かった。
- 作業量については、COE の圃場では条件が悪く作業速度が遅かったこと、TPH55 については回行するスペースが狭く回行に時間がかかってしまい能率が上がらなかったため、作業量が少なかったが、Pawanjot 氏の圃場のよう条件がよく、回行するスペースも十分に確保できれば、能率も上がり慣行収穫と比較し更に作業量に差が生じてくると考えられる。
- よって、作業量を増やすには、畑作りが重要である。COE の Pawanjot 氏の話では収穫時期が遅くなったため土が固まってしまったとのことだが、表面だけでなく畝の中の硬盤層の位置も浅いことから、播種前の圃場作りができていない可能性が高い。播種以前の工程でプラウやロータリーハローを使っていないため、十分な深さまで碎土さ

れないことが土塊の多い原因と考えられる。

- 以上より、機械収穫の方が慣行収穫に比べ、損傷、収穫損失が少なく、作業量についても少ない人員で多くの面積を収穫できることが実証できた。さらに表 3-20 の結果から、機械収穫にすることで約 Rs.1,000,000 の増収効果があり、仮に TPH179 の現地モデルを Rs.4,000,000 で製造販売できれば農家は 4 年で投資回収できる計算である。農家のヒアリングでは 3 年で投資回収したいとの意見も伺えたが、機械化を行う効果は現段階でも十分あると判断できる。
- 機械収穫のための新栽培体系の実証試験では、上記の理由から畝幅 30 インチでストレート植えを提案したいが、植付けの機材や現地の事情から 30 インチジグザグ植えしかできない場合は、収穫で使用するトラクターに使用するタイヤを幅の細いタイヤにする。また、機械が圃場において線状方向で作業するためには、転回が必要であり、回行するスペースを確保するために、枕畝（畑の端の畝で本畝に対して垂直に植付けする畝）を 12 本にする。株間など収量に関係する部分については専門家の川上氏と今後決めていきたい。更に、収穫時の土塊を減らすために培土ではロータリーカルチを使用し、できれば播種前にプラウやロータリーハローを使い、播種床作りを行いたいと考える。
- トラクターのタイヤについては次年度の実証試験に向けて、細いタイヤが入手可能か、COE で用意できるか確認する。
- また、インドの種イモ収穫ではデガーで掘り起こした後に風乾させる慣習がある。大型コンテナを使用することで風乾の必要はないと考えるが、コンテナの普及には時間がかかる。風乾が本当に必要か、試験確認が必要であるが、風乾が必要になった場合の機械収穫の対応としては、デガーで掘り起こした後、収穫機にピックアップユニットを装着させ収穫する 2 ステージの方法が考えられる。TPH179 はピックアップユニットを装着できるため、新栽培体系の実証試験ではピックアップユニットでの収穫についても検証を行いたい。そのためには、現地で使用しているデガーに、掘り起こした際にイモを中央に寄せるためのガイド板を取り付けるなどの改造が必要であるため、デガーの手配も含め今後 COE と相談して進めていきたい。



コンベヤ上でイモが跳ねている (写真 9)



コールドターで切れたイモ (写真 10)



トラクタータイヤで損傷したイモ (写真 11)



TPH55 で使用したトラクターのタイヤ (写真 12)



ロックロップタイヤ (写真 13)



慣行収穫で掘り残したイモ (写真 14)

(1-4-2) 慣行栽培と新栽培体系の圃場での機械収穫の性能試験（効果測定と評価）

インド仕様に改良、調整された収穫機の現地適合性（技術面、市場面）を検証するため、日本の方式を参考にし、機械収穫に適した新たな栽培体系により実際に植付、管理された圃場において、機械収穫の性能試験を行った。現行体系の慣行法によるモデルファーム準備のためには、2016 年 8～9 月にかけて現地出張を行い、2016 年 2 月に実施した 1 年目の試験に引き続いて、2 年目の試験の計画について、園芸局と COE とで協議を行った。なお、2017 年 1 月に実施した性能試験では、1 年目に実施できなかったインドの慣行の畦幅（約 66cm 前後）での試験も実施した。

上記の 2016 年 8～9 月の出張期間中には、新たな栽培体系について園芸局長および COE 場長、普及員に説明し、機械化に適した新栽培体系により植付けされた圃場と、現行体系の慣行法による圃場とで、収穫機を使用し作業能率試験と作業精度試験を行い、効果を比較し評価すること、ならびに新栽培体系（畦幅 75cm）でも慣行栽培（畦幅 63.5cm）と同等もしくはそれ以上の収量が確保されることを確認し、現地適合性を検証する作業を行うことを説明し、COE と協力して準備に当たることで合意がなされた。

圃場の概要

上記評価を行うために、COE から 2.2ha の圃場を借り、表 2-6、図 2-1、図 2-2 に示したように 9 つのパターンの試験区を用意した。ただし、試験区⑨に関しては、試験区①と⑤を慣行の Soil Preparation で行う予定であったが、植付け作業時に COE の作業員が慣行法では使用しないロータリーテレーラーを間違えて使用してしまい本来の慣行法とは異なってしまったことから、別に慣行法の試験区として用意した。

慣行法と新栽培法で面積当たりの種イモの数が変わらないように、株間で調整を行った。

収量調査の結果

条件毎に任意に 5 列の畦を選び、その中から 6 株並んだ内の端の株を除いた 4 株分のイモを採取し測定を行った。結果を表 3-21 に示す。

- Hard Soil では、Plot③（75cm ストレート区）の収量が一番多かった。
- Sandy Soil では、Plot⑥（75cm ジグザグ区）の収量が一番多かった。
- ロータリーカルチを使用した試験区の収量が、Hard、Sandy 共に少なかった。原因として、2 回目に行うロータリーカルチ作業のタイミングが遅かったため茎、根が予定よりも伸びてしまい、ロータリーカルチの爪で茎や根を傷付けてしまいイモ数が減ってしまったことが考えられる。表 3-22 にサイズ毎の分布の結果を示しているが、ロータリーカルチを使用した Plot④と⑧のイモの数（黄色のマス）が他の条件と比較して少ないことが分かる。さらに、写真 15、16 を比較してもその差が分かる。

考察

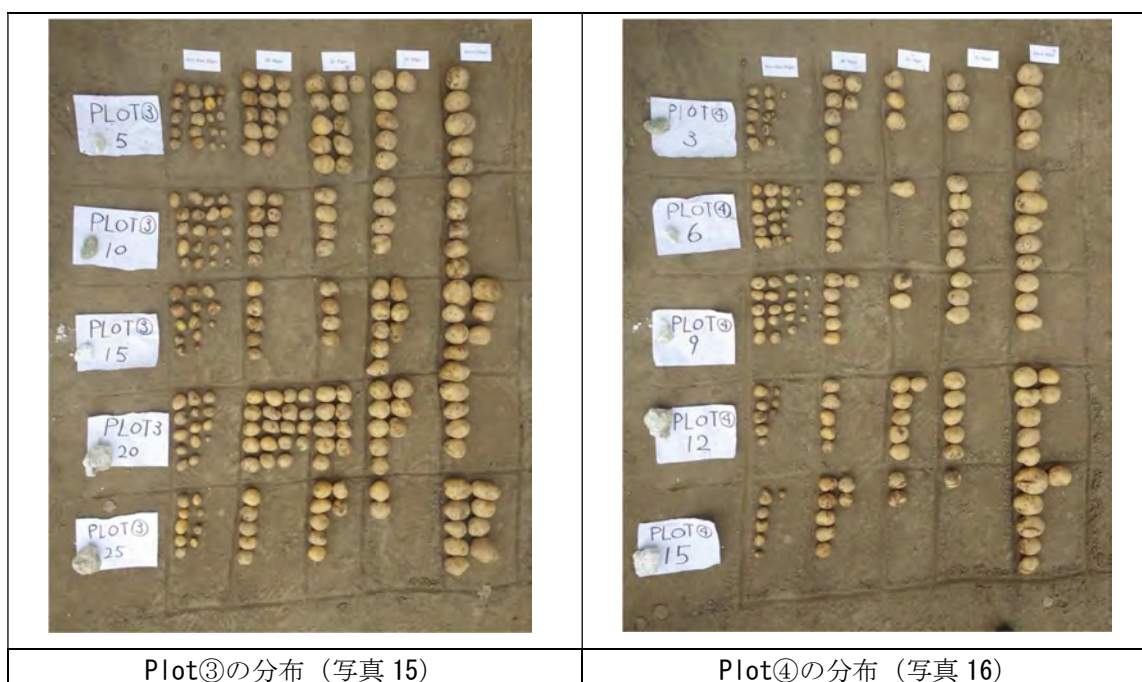
- 収量については、ロータリーカルチ区を除き、新栽培体系の畦幅 75cm でも慣行栽培と同等、条件によってはそれ以上の収量であることが確認できた。ただし、収量については単年度で結論を出すことは難しく最低 3 ヶ年試験を行い実証する必要がある。
- ロータリーカルチを使用するタイミングについては、日本から指示することになっていたが、予定よりもイモの成長が早くタイミングを逸してしまった。次回使用するときには現地スタッフに事前にタイミングを指示しておき、スタッフがモニタリングしながら適期を逃さないようにする。

表 3-21 収量調査結果

Plot No.	栽培体系	土質	畦幅 (cm)	播種方式	株間 (cm)	播種手段	R-カルチ	収量 (kg/ha)
①	慣行	Hard	63.5	ストレート	21.1	手植え	—	33,891
②	新体系	Hard	75	ジグザグ	16.8	プランター	—	34,360
③	新体系	Hard	75	ストレート	16.8	プランター	—	40,380
④	新体系	Hard	75	ストレート	16.8	プランター	○	28,552
⑤	慣行	Sandy	63.5	ストレート	21.1	手植え	—	35,194
⑥	新体系	Sandy	75	ジグザグ	16.8	プランター	—	40,725
⑦	新体系	Sandy	75	ストレート	16.8	プランター	—	35,004
⑧	新体系	Sandy	75	ストレート	16.8	プランター	○	31,019
⑨	慣行	Hard	63.5	ストレート	20	手植え	—	35,633

表 3-22 サイズ毎の分布

Plot		Ave.	Tuber size				
			-25gm	26-50gm	51-75gm	76-100gm	100gmー
1	Num.	42.2	84	52	24	15	36
	Weight (g)	2,145.2	1172	1878	1408	1252	5016
2	Num.	40.4	78	57	21	17	29
	Weight (g)	1,888.4	818	2,160	1,328	1,414	3,722
3	Num.	44.0	76	50	35	28	31
	Weight (g)	2,379.2	976	1872	2134	2408	4506
4	Num.	29.6	61	31	14	17	25
	Weight (g)	1,569.2	706	1186	874	1392	3688
5	Num.	47.6	99	69	32	8	30
	Weight (g)	2,116.8	1234	2522	2022	684	4122
6	Num.	43.8	83	47	27	30	32
	Weight (g)	2,336.0	1030	1724	1680	2598	4648
7	Num.	37.4	67	46	35	16	23
	Weight (g)	1,810.4	702	1726	2244	1412	2968
8	Num.	33.6	70	34	17	13	34
	Weight (g)	1,790.4	864	1222	1064	1098	4704
9	Num.	42.6	82	39	31	21	40
	Weight (g)	2,566.8	772	1448	1860	1838	6916



Plot③の分布 (写真 15)

Plot④の分布 (写真 16)

作業精度試験

試験結果を表 3-23 に示す。試験方法及び評価の基準は、生物系特定産業技術研究支援センターで行う型式検査の基準を参考とした。要約すると以下の通りである。

(1) 損傷について

- 損傷割合については、慣行法の Plot①が 8.3%で一番多かった。慣行法は畦幅が狭いため、クローラによつての踏み傷が多かったと考える。他は型式検査の基準で望ましいとされている 5%台以下なので問題ないと判断する。
- TPH55 の方が、けん引するトラクターのタイヤが太いため損傷が多いと予測していたが、試験結果から差異は認められなかった。
- 以上より、損傷を少なくするためには畦幅を 75cm に広げることが必要であると判断する。

(2) 収穫損失について

- 収穫損失については、どの条件でも 5%以下であったため問題ないと判断する。

(3) 土・石・夾雑物について

- 機上に上がってくる土・石・夾雑物については、ほとんどが土砂であった。
- 慣行法で土砂の量が多く、Plot①で 22.7kg、Plot⑤で 16.9kg、Plot⑨に関しては 193.7kg であった。Plot⑨に関しては土砂が上がりすぎて、機械収穫ができないような状態であった。
- 土砂が上がってこなければ選別作業が楽になり、作業速度を速くすることができる。作業能率試験でも効果が確認されており、作業速度が倍以上違うことが確認できた。
- また、新栽培区で土砂が少ないのは、プランターで植付けと同時に培土することにより、その後培土をするのにトラクターが圃場に入り土を踏み固めることがないためである。
- 以上より、新栽培で行った Soil Preparation が非常に重要であることが確認できた。
- しかし、Hard Soil 区で収穫を行っていると、まだ土塊が上がってくる時があった。これは、インドでは畦間灌水（写真 17）を行うが灌水すると写真 18 で示すように、浸水した部分の土が固まってしまう、その土が収穫時に機上に上がってきてしまう。この土塊を無くすには、今後灌水方法も変えていかなければならず、他の州で行っているようなスプリンクラーや点滴灌水の導入を検討していく必要があると考える。

(4) 青いものについて

- 青いものの割合は、Hard Soil、Sandy Soil 共に慣行栽培に比べ新栽培の方が低かった。Plot⑨の慣行栽培については、63.5%が青いものであった（写真 19）。培土方法が煩雑であることと、培土の面積が狭いためイモが地表に出てしまったためである（写真 20）。

- 以上より、青いものの割合を少なくするためにも新栽培の方がよいと判断する。

(5) 奇形いもについて

- 奇形いも、特に裂開したいも（写真 21）が **Sandy Soil** で多く見られた。そのため、**Sandy Soil** の方が **Hard Soil** に比べ奇形いもの割合が高い。原因については、現段階では特定できないが、畦間灌水の影響が考えられ、今後専門家からの意見を聞くなど原因を究明していきたい。

(6) ストレート植えとジグザグ植えについて

- 損傷については、ジグザグ植え（写真 22）の方がタイヤの影響を受けやすいため、ストレート植えと比較して多いのではないかと予測していたが、**Plot⑥**と**⑦**で比較してもその差はなく（むしろわずかではあるがジグザグ植えの方が少ない）、今回の試験ではその差異は確認できなかった。
- 青いもについては、**Plot⑥**と**⑦**で比較して、ジグザグ植えの方が若干多い結果であった。ジグザグ植えは畦の端にイモが成るので、地表に露出しやすいためと考える。

(7) 規格品いもの割合について

- 規格品いもの割合（歩留り）については、**Hard Soil**、**Sandy Soil** それぞれで慣行法と新栽培法を比較して、どちらも新栽培法の方が高いことが分かった。
しかし、**Hard Soil** と **Sandy Soil** を比較すると、**Sandy Soil** の方が、奇形いも、青いものの割合が高い分、規格品の割合が低かった。今後、対応方法について専門家の意見を聞くなどして検討する。

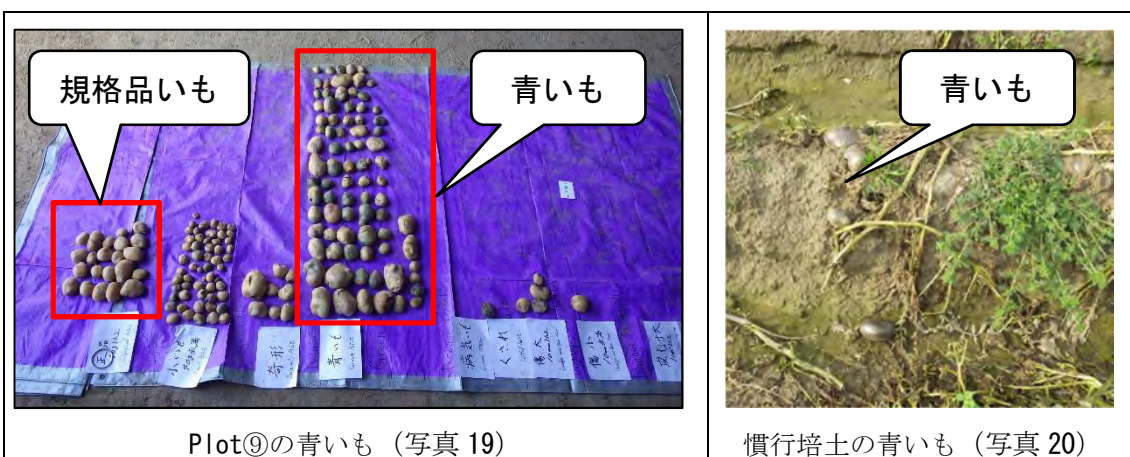
表 3-23 作業精度試験結果

機種	TPH179							TPH55	
Plot No.	①	③	④	⑤	⑥	⑦	⑨	③	⑥
栽培体系	慣行	新体系	新体系	慣行	新体系	新体系	慣行	新体系	新体系
土質	Hard	Hard	Hard	Sandy	Sandy	Sandy	Hard	Hard	Sandy
畦幅(cm)	63.5	75	75	63.5	75	75	63.5	75	75
播種方式	ストレート	ストレート	ストレート	ストレート	ジグザグ	ストレート	ストレート	ストレート	ジグザグ
ロータリーカルチ	-	-	○	-	-	-	-	-	-
作業速度 (m/s)	0.21	0.39	0.42	0.31	0.42	0.44	0.11	0.28	0.32
土・石・夾雑物質量 (kg)	22.7	4.3	5.5	16.9	3.6	18.4	193.7	2.6	0.7
いもの総質量 (kg)	18.5	22.0	21.6	15.7	15.4	18.9	13.4	23.6	19.7
40g以上(規格品)のいもの割合(%)	65.6	72.4	65.6	36.1	52.2	51.6	13.7	67.6	48.5
40g未満(小さい)のいもの割合(%)	12.6	11.2	12.5	16.3	18.8	13.0	8.7	11.6	18.4
奇形いもの割合(%)	4.5	4.5	13.6	20.7	12.5	21.4	7.0	7.1	15.7
青いもの割合(%)	6.8	1.4	2.1	18.4	8.7	5.4	63.5	2.3	6.6
病気いもの割合(%)	0.4	0.6	2.3	0.8	2.4	1.9	0.0	1.8	3.4
くされいもの割合(%)	0.1	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0
損傷割合 (%)	8.3	5.6	1.9	3.7	2.5	3.6	2.6	4.9	1.5
損傷(10mm以上のもの)	4.5	4.5	1.4	1.7	1.0	2.4	1.7	3.8	1.0
損傷(10mm未満のもの)	3.8	1.1	0.5	2.0	1.4	1.2	0.9	1.2	0.5
皮むけの割合 (%)	0.6	0.0	0.2	0.5	0.8	1.2	0.0	0.5	2.1
皮むけ(1cm ² 以上のもの)	0.5	0.0	0.2	0.3	0.4	0.2	0.0	0.1	1.0
皮むけ(1cm ² 未満のもの)	0.1	0.0	0.0	0.2	0.4	1.0	0.0	0.3	1.0
収穫損失割合 (%)	1.0	4.3	1.9	3.2	2.2	1.9	4.1	4.1	3.9



畦間灌水の様子（写真 17）

灌水によってできた土壌圧縮（写真 18）



Plot⑨の青いも（写真 19）

慣行培土の青いも（写真 20）



裂開したいも（写真 21）

ジグザグ植え（写真 22）

作業能率試験

試験結果を表 3-24 に示す。

試験は、慣行法と新栽培法、ロータリーカルチの有無、作業機の違いについての比較試験を行うため、土質を Hard Soil と Sandy Soil に分けずに同列通しで行った。

また、収穫したいもの輸送については、ダンプトレーラーを用意して、収穫機のタンク

から直接ダンプトレーラーに排出し、COE の倉庫まで運搬するようにした。

- 作業速度について TPH179 で比較すると、慣行法では 0.32m/s に対して新栽培法では Plot③で 0.69m/s、Plot④で 0.71m/s と倍以上の速度で作業することができた。前述したが、新栽培法の方が上がってくる土砂が少ないため選別が楽にでき、作業速度を速くすることができた（写真 23）。
- 1 時間当たりの作業量については、慣行法で 0.065ha/h、新栽培法では Plot③で 0.145ha/h、Plot④で 0.146ha/h と作業速度と同じように、倍以上の差であった。新栽培の方が慣行法より作業量は倍以上になったが、目標とする 1 日 2ha にはならなかった。要因としては前述したように、Hard Soil では畦間灌水による影響で土塊が上がってくることと、小さいものロスを抑えるためにコンベヤの隙間を狭くしたことによる土拔けがよくなかったことが考えられる。表 3-25 は TPH179 の日本で行った任意鑑定の時のデータであるが、条件を整えば、作業速度を 0.85m/s で作業することもでき、これであれば 1 日 2ha も可能である。
- ロータリーカルチの効果については、Plot③と④を比較してロータリーカルチを使用した Plot④の方が作業速度は若干速いが、大きな差はでなかった。
- TPH179 と TPH55 の作業速度の比較については、同じ Plot③で比較して TPH55 の方が若干速かったが大きな差はでなかった。仕事量についてもほぼ同じであった。昨年の試験では、TPH55 の回行時間の割合が高く、作業量が低い要因になっていたが、今年は植付けの段階で収穫機が回行するための枕畦を作ってスペースを確保したため、回行時間の割合を低く抑えることができた。
- 以上の試験結果より、作業能率についても新栽培の方が慣行法に比べ優位であり、ジャガイモ収穫の機械化のためには、Soil Preparation が非常に重要であることが実証できた。



慣行法の圃場



新栽培法の圃場

表 3-24 作業能率試験結果

機種	TPH179	TPH179	TPH179	TPH55
Plot No.	①(⑤)	③(⑦)	④(⑧)	③(⑦)
栽培体系	慣行	新体系	新体系	新体系
土質	Hard、Sandy	Hard、Sandy	Hard、Sandy	Hard、Sandy
畦幅(cm)	63.5	75	75	75
播種方式	ストレート	ストレート	ストレート	ストレート
ロータリーカルチ	-	-	○	-
作業人員	運転者1名 機上選別者4名	運転者1名 機上選別者4名	運転者1名 機上選別者4名	運転者1名 機上選別者4名
掘取面積 (m ²)	762	900	900	900
畦長さ (m)	300	300	300	300
畦幅 (m)	0.635	0.75	0.75	0.75
畦数 (本)	4	4	4	4
作業速度 (m/s)	0.32 (平均)	0.69 (平均)	0.71 (平均)	0.74 (平均)
全作業時間 (min)	69.7	37.4	36.9	35.8
掘取時間割合 (%)	88.4	78.5	76.7	75.6
回行時間割合 (%)	6.9	11.6	12.9	13.7
荷降ろし時間割合 (%)	4.7	9.9	10.4	10.7
調整停止時間割合 (%)	0	0	0	0
作業量 (ha/h)	0.065	0.145	0.146	0.151
1日8時間の作業量(ha/日)	0.5	1.2	1.2	1.2

表 3-25 TPH179 任意鑑定成績書

試験区	1	2	3	平均	4	5	6
試験期日(天候)	10月6日(晴れ)						
測定区の長さ (m)	15						
手選別の有無	有(補助者3名)				無		
機関回転数(rpm)	1400				1400	1600	1600
走行バーの位置(趾)	3.5				3.5	3.5	4.5
作業速度(m/s)	0.40	0.37	0.37	0.38	0.43	0.59	0.85
収穫損失割合 (%)	0.7	0	0	0.2	0	0	0.2
掘残し及びうもれ	0	0	0	0	0	0	0.2
こぼれ	0.7	0	0	0.2	0	0	0
損傷割合 (%) 注)	1.1	1.6	0.7	1.1	0.7	1.3	5.2
損傷(大)	0.4	0	0	0.1	0.7	0.8	5.2
損傷(小)	0.7	1.6	0.7	1.0	0	0.5	0
土砂・きょう雑物 混入割合 (%)	0.2	0.1	0.2	0.2	0.6	0.6	0.6
土砂	0.2	0.1	0.2	0.2	0.6	0.6	0.5
茎葉	0.2	0	0	0.0	0	0.0	0.0

(1-4-3) 新栽培体系の圃場でのジグザグ植えとストレート植えの比較（効果測定と評価）

収量調査

ジグザグ植えとストレート植えの収量比較については、2年目の実証試験内でも比較試験を行ったが差異は認められなかった。よって3年次にも継続して比較試験を試みた。

試験区は、種イモのサイズによる区分と併せ、4通りとし、収量調査の結果としては、下表の通りとなった。なお、参考としてCOEの慣行栽培の収量についても追記した。

表 3-26 収量調査結果

No.	栽培体系	畦幅 (cm)	播種方式	種イモ サイズ	株間 設定値 (cm)	株間 実測値 (cm)	収量 (kg/ha)	平均 収量 (kg/ha)
①	新体系	75	ジグザグ	Big	20.5	21.6	43,787	47,997
②	新体系	75	ジグザグ	Small	15	16.8	52,206	
③	新体系	75	ストレート	Big	20.5	21.4	34,688	37,873
④	新体系	75	ストレート	Small	15	16	41,058	
⑤	慣行	63.5	ストレート	Mix	20	27.4	39,422	39,422

結果

- ジグザグ植えとストレート植えの収量について、種イモのサイズ毎に比較するとどちらもジグザグ植えの方が多かった。
- 種イモサイズ Big と Small を平均した値でもジグザグの方が多かった。慣行との比較でも新体系のストレート植えが少なかった。
- 種イモのサイズで比較すると、Small サイズの方がジグザグ、ストレート共に収量が多かった。

考察

- 今回の試験結果では、ジグザグ植えとストレート植えの収量に差が確認された。塊茎数ではストレート植えの方が多いが、1個重がジグザグ植えの方が重いため、全体の収量としてジグザグ植えの方が多い結果となった。
- ストレートの収量が少ない原因については、質量が小さいことから、茎葉処理のタイミングが早かったのではないかと考えられる。ただし、植付けのタイミングとしてはジグザグもストレートも同じことから、なぜ生育に差が出たのか専門家の意見を聞くなどして原因を究明していく必要がある。現段階では確かな原因は分からないが、植付け時にジグザグ植えとストレート植えで、ポテトプランターの播種オープナーを替えるので、その際の調整が悪く、ストレート植えの方が深く植付けられて萌芽が遅れた可能性も考えられるが、播種深さの記録がないため原因の特定には至っていない。なお、収量調査の段階では種イモは腐敗している

ため播種深さを確認できなかった。ジグザグ植えとストレート植えの比較試験については、次年度以降も継続して実施していくことが望ましい。その際には播種深さを揃えることと、記録を残すことを徹底させる必要がある。

- 種イモサイズで比較して、**Big** サイズの方が収量が少ない原因としては、想定していたよりも種イモの茎数が少なかったと考えられる。通常は、**Big** サイズの種イモの方が茎数が多いと考えるため、株間を広くして面積当たりの茎数をそろえるが、今回はその茎数が想定よりも少なかったため収量に影響したと考えられる。株間については、今回使用した品種の特性が分からず、茎数もどの程度立つのか分からないため、予測により決めていた。次回以降については今回のデータを考慮して株間を決めることで収量は確保できるものと考えられる。

プランターの播種精度

COE が行った茎数調査の結果から、萌芽率が非常に低いことが分かった。特にストレート植えの萌芽率が低い。不発芽も考えられるため欠株の部分の畦を 5～6 箇所掘ってみたが種イモは見つからなかった。よって、植付けの際に種イモが播種されていなかったと考える。今回の試験では、インド製のプランターを借りて植付けを行ったが、インドより早くから機械による播種を行っている日本や欧州のプランターであれば改善・改良が行われており、欠株も少なく株間の精度も確保できたと考える。

表 3-27 萌芽率

No.	栽培 体系	畦幅 (cm)	播種方式	種イモ サイズ	株間 設定値 (cm)	株間 実測値 (cm)	萌芽率 (%)
①	新体系	75	ジグザグ	Big	20.5	20.8	87.8
②	新体系	75	ジグザグ	Small	15	17.2	88.5
③	新体系	75	ストレート	Big	20.5	23.5	80.2
④	新体系	75	ストレート	Small	15	21.9	73.8

実証試験まとめ

- (1) 作業精度試験、作業能率試験の結果より、新栽培の方が慣行法よりも優位であることが実証できた。
- (2) 収量に関しては、新栽培で畦幅を 75cm に広げても、株間を調整し面積当たりの種イモ数を変えないことで、慣行法 (63.5cm) と同等もしくはそれ以上の量を確保できることが実証できた。
- (3) 以上より、機械化に適した新栽培体系としては、75cm のストレート植えもしくはジグザグ植えが適当であると考えられた。ただし、植付けに際しては日本で行ってい

るような Soil Preparation を実施することが重要である。

- (4) ストレート植え、ジグザグ植えの優位性については、2年間の収量調査からでは、プランターの播種精度が低かったこともあり結論は出せないが、本実証事業においては、ストレート植えの場合青いもが少ないといった優位性は見られるものの、ジグザグ植えの方が比較的収量が多くなったものと言える。しかし、ストレート植えとジグザグ植えでは、機械収穫の上でジャガイモへの傷の発生率が今後の焦点ともなってくると思われるため、以降も引き続き両方の植付けを行い比較試験を行う必要があるものと考えられる。

(1-5) モデルファーム内外での OJT を通じた収穫機使用指導

COE スタッフに対して OJT を通じて技術指導（収穫機のパペレーション、給油・給脂方法や動力部分の調整などの保守管理や取扱い上の注意事項等）を COE 内に設置されたモデルファームにおいて実施し、今後スタッフだけでも収穫作業が行えるように技術移転を行った。

なお、収穫機をより効率的・効果的に活用していくために必要な栽培様式かかる技術移転についても、自社で培ってきた知見をベースに、栽培に関する技術指導を行った。



ロータリーカルチの技術指導



収穫機の技術指導



収穫機の保守メンテナンス指導風景（1）



収穫機の保守メンテナンス指導風景（2）

各年毎に実施してきた栽培様式にかかる技術指導については、地元篤農家およびビジネス連携が想定されるパートナー候補会社からの協力もあり、土づくりに必要な、トラクター、サブソイラー、モールド・ディスクハロー（MD ハロー）、ロータベーター、ブロードキャスター、およびプランターといった一連の機械作業に必要な機材が用意された。その結果、COE として各々の機械類を用いる意義につき理解を深め、土塊の極めて少ない圃場づくりが機械収穫、規格に合致した種イモの生産、ひいては収量アップにとって重要であることが、認知されていることが確認できた。ただし、機械類の操作、メンテナンスには、今後も、ジャガイモの栽培指導も含め、連携した形で技術指導が必要になるものと認識しており、ここまでの基礎知識を土台に、さらなるキャバビルが必要である。

なお、今次事業の中で認識しえた技術指導上の要諦としては、ジャガイモ栽培に関しての知識を提供するのみならず、なぜ使用する機械において、そのような設定・調整（アプリケーション）が必要なのか、どのようなアプリケーションが最も圃場にとって適切なのかといったノウハウを提供していかないと、COE に求められる地域のジャガイモ農家へのソリューションを提供できるサービスマンとしての資質は備われないということである。そういった意味で、今後も技術協力事業の継続が必要なものと思料された。

(1-6) 機械化に適した栽培体系の検討、モデルファームでの導入・スタッフ指導

機械化に適した栽培体系の検討にあたっては、まず、ジャガイモ栽培・収穫にかかる機械化の現状、課題を以下のように把握した。

<播種作業>

- ・ 耕うんは表層を浅く碎土する爪物のハローのみであり、プラウ耕による深起こしやロータベーターによる碎土が行われていない。よって土塊の碎土作業が不十分であり、そのため、選別部まで大きな土塊が上がってくる状態となっている。
- ・ 播種機は一部欧州の最新鋭のジャガイモプランターが利用されているものの、回転目皿式の現地の播種機が利用されている。

<管理作業>

- ・ 培土作業は現地の簡単な培土機が利用されている。
- ・ 畦間灌漑が行われており、圃場に水を引く水路があり、圃場が平坦ではない。また、畦間灌漑のため畦間の土が固くなり、収穫時にそれらの処理に労力を要する。
- ・ 防除は、ホースにより人力で散布されるため、農薬の不均一および散布濃度、散布むらが懸念される。農産物の安全を担保するためにも高精度なブームスプレーヤの導入と普及が必要である。

<収穫作業>

- ・ 収穫はポテトデガーで掘り取り、大人数の人手で実施されている。

<搬送・貯蔵作業>

- ・ 搬送は袋詰めされたジャガイモを人力でトレーラーに積載し、人手による荷受けを行っており、フレームコンテナなどの導入が必要である。貯蔵施設は冷蔵装置付きの倉庫が利用されている。

なお、本事業ではインドでのジャガイモの機械収穫の普及を目指したものであるが、収穫のみを機械化しても他の作業は十分に機械化が行われておらず、それ単体では収穫機が本来持ち合わせているポテンシャルや生産性の向上に十分寄与できる結果とはならないものと思われる。現状では以下表のとおり、農業機械の種類によって普及の度合いにばらつきがある。よって、作物を横断した総合的な機械化栽培の実証研究が今後も継続的に必要である。

表 3-28 パンジャブ州における農業機械台数（2013-2014 年）

Machine	台数
Tractor	488,504
Disc Harrows	175,971
Seed-cum-fertilizer Drills	159,430
Knapsac Spray Pumps	593,361
Tractor Operated Combines	4,455
Self Propelled Combines	7,613
Straw Reapers	36,689
Maize Shellers/Threshers	1,644
Potato Planters	5,901
Tubwells (Electrical/Diesel run)	1,404,232
Zero till drill	13,142
Laser Land Leveller	5,034
Rotavator	22,004

資料：パンジャブ農業大学（PAU）

これらの現状を踏まえて、本事業では、栽培・管理・収穫・輸送・貯蔵作業を横断した総合的な機械化と生産性向上に向けた技術提案を、日本（北海道）における収穫機等の機械化のプロセスと生産性・品質向上の歴史を紹介しつつ、またインドの現状（とりわけジャガイモ収穫）をふまえた機械化推進の意義、方向性、プロセスなどと併せ紹介し、現地での機械化に適した栽培体系をモデルファームで実践導入しつつ、COE スタッフへの技術指導に当たった。

なお、検討された機械化に適した栽培体系（下表参照）を実践導入したモデルファームでのジャガイモの機械収穫の結果は、COE 並びにパンジャブ州園芸局ともシェアされ、C/P

として非常に強い興味をもって結果が受け止められ、提案事項に関する継続的な導入努力が、COE 内の圃場で認められるとともに、機械化に適した栽培体系の実践に真剣に取り組みつつある姿勢が認められた。

表 3-29 機械化に適した栽培体系

区分	項 目	機械化に適した栽培体系への改善
播種前の圃場作り	土壌の質向上	・大きな土塊が見られず、深くまで柔らかくする
種イモ	品質、芽出し状態、サイズ、カット、前消毒	・サイズ管理、収穫までの栽培状況、収量管理。
播種作業	畝幅、株間、タイミング	・畝間、株間の変更（75 センチ） ・播種深さの安定化 ・枕地の設置
培土	方法、タイミング、形状	・十分な深さの培土
灌水	方法、時期、期間、必要性	・畝間灌水による畝側面の硬化現象の改善 ・点滴灌漑、スプリンクラーの検討
管理作業	除草方法、防除方法、肥料、中耕、培土、病株の抜取り、病害検定、収量調査や前作業	・スプレーヤが通れる畝幅への変更 ・発育段階での中耕、培土

(1-7) 周辺農家向け普及活動（セミナー実施）

2017 年 1～2 月の現地活動において、COE 主催のデモンストレーションを COE 内に設置されたモデルファームにて行った。COE 近隣の農家、州政府関係者、農業機械メーカー、メディアなど雨の影響で 1 日延期になったにも関わらず 100 人以上の来場があった。セミナーでは、北海道十勝農業の発展と概要、ジャガイモ生産に関わる各種農業機械の紹介を行い、インドの現状（とりわけジャガイモ収穫）をふまえた機械化推進の意義、作物を横断した総合的な機械化栽培の実証研究の重要性などについてセミナー形式で講演し、現地における機械化への機運の醸成に努めた。

また、今回は州政府の Gurkanwal 園芸局長にもお越しいただき、実際に収穫機に乗ってジャガイモ収穫を体験していただいた。レセプションの時にも挨拶をいただいたが、デモンストレーション後の打合せでも、今後のインドではジャガイモ収穫の機械化は急務であること、土壌づくり（Soil Preparation）の必要性、収穫後の運搬方法など理解していただいた。今後、パンジャブ州ではジャガイモの一連の工程を機械化したいと考えており、そのための一連のモデルを COE で作るとの話も伺うことができた。



Dr. Paramjit 挨拶



大橋常務挨拶



レセプション会場の様子



佐藤先生の講演



試験結果の説明



園芸局長のスピーチ

さらに 2017 年 10 月には、POSCON、JPGA、その他周辺農家向けに、ジャガイモの機械収穫に適した新栽培体系、日本におけるジャガイモの機械収穫、COE の考える種イモの生産作業の機械化といったそれぞれのテーマについて、川上氏、佐藤氏、Paramjit 氏（COE）各位に講演頂く形でセミナーを実施した。当日のセミナーには、パンジャブ州園芸局局长、ジャランダー市農政局副局長などの参加もあり、60 名程度の参加者を得て、成功裡に行うことができた。

講演の後、圃場での、機械化に適した土づくりの状況視察、ジャガイモの植付け作業の実演も企画し、参加者からは講演を聞いて、これまで自分たちが行ってきた圃場づくりと違う新しい手法を学ぶことができた、土づくりの重要性が理解できた、作業の機械化に関

心が生まれたなどのアンケート結果を得ることができた。また COE、州政府園芸局からの機械収穫の積極的な導入、それに合わせた圃場づくりの奨励などが発信され、主体的な姿勢が確認できたことは、今後のジャガイモ収穫機の普及に、より高い期待が見込め、これまでの活動が功を奏しているものと思われた。



新栽培体系にかかるセミナー風景



新栽培体系にかかるセミナー風景



(旧) パンジャブ州園芸局長との協議



(新) パンジャブ州園芸局長を囲んで

また 3 年次のセミナーにおいては、パンジャブ州農政局長はじめ州政府関係者・周辺農家の他、ヒマーチャル・プラデシュ州（HP 州）の作物多様化プロジェクト関係者（州政府担当者、ジャガイモ農家含む）20 人やハリヤナ州の CPRI の関係者など、他州からの参加者も得て開催し、本普及実証事業に対する関心の高さが伺えた。

ハリヤナ州の CPRI の関係者からは、ぜひ同じようなプログラムをやってほしいとの要望もあった。HP 州の農家の意見としては、機械が大きすぎる、もう少しコンパクトな機械がほしいとの要望があった。HP 州は山間部に位置し圃場が小さいため、このような意見が出たものと考えられるが、実際には、当該州においてどの程度の作付面積の広さであるか、現地農家の購買力はどの程度なのかなどの確認をしてから営業展開に向けた判断をした方がよいと考える。つまり、まずは今回現地に持ち込んだ、最も開発・市場投入までに時間を要しない（新規の設計開発を必要としない）モデルの需要が高い州（パンジャブ州など）

で販促活動を開始し、順次、現地パートナーとの協議の中で他州のように購買力に劣る農家をターゲットとした低コストモデルの開発などを模索していくことが現実的であると考ええる。

なお、その他、COE のセミナーハウスの外では、今回の事業で使用した機材を展示したが、このセミナーを利用してインドの機械メーカーはプランターの宣伝、農薬メーカーや農業機械の部品メーカーは商品の販売を積極的に行っていた。



実証事業結果報告にかかるセミナー風景



セミナーハウス外の機材展示の様子



COE 場長と JICA 帯広所長との協議風景



(新) パンジャブ州園芸局長の講演

(1-8) 周辺農家向け普及活動（実演）

なお、毎度の座学形式によるセミナーの後には、モデルファーム内外（JPGA 圃場含む）において、COE による機械収穫作業の実演のほか、機械化に適した土づくりの状況視察、ジャガイモの植付け作業の実演も企画した。収穫機・トラクターの操縦や機上での選別作業に COE スタッフがあたるなど、COE として周辺農家向けの収穫収穫に関する農事相談事業・普及活動に主体的に関与していける下地となったものと考えられる。

またこれらへの参加者からは、“機械収穫の講演・実演を触れこれまで自分たちが行ってきた圃場づくりと違う新しい手法を学ぶことができた”、“土づくりの重要性が理解できた”、“作業の機械化に関心が生まれた”などのアンケート結果を得ることができた。さらに COE、州政府園芸局からは、機械収穫の積極的な導入、それに合わせた圃場づくりの奨励などが発信され、関係スタッフから主体的な姿勢が確認できたことは、今後のジャガイモ収穫機の普及に、より高い期待が見込め、これまでの活動が功を奏しているものと思われた。



圃場での機械説明



実演時の様子



コンテナの説明



プランターの実演



試験栽培のための圃場準備作業



新栽培体系のデモ



JPGA 圃場での実演会風景（１）



JPGA 圃場での実演会風景（２）



トレーラーへの荷下ろし風景



COE スタッフによる実演

＜成果２＞

（2-1）収穫後処理及び輸送体系調査

輸送手段として日本で使われている大型コンテナも、今回、日本から持ち込み、デモで
使用して見ることができた（写真参照）。利用方法としてはよいアイデアであるとの声を
聞くことができたが、普及するにはコンテナのコスト、冷蔵倉庫（ストレージ）がコンテ
ナ用にできていない、運搬に使うフォークリフトがないなどの問題があるとの意見がでた。

大型コンテナを使用するメリットとしては、圃場でのジャガイモ収穫後、大量に移送でき、そのまま風乾させて貯蔵ができるといったポストハーベスの取り回しができることがあげられる。これは、現況では手作業により圃場で麻袋に収納されたジャガイモが輸送され、それが再度倉庫にて開封、選別された後、再度麻袋に収納され保管されるといったプロセスをたどるため、ハンドリングの回数が増し、ジャガイモへの傷打撲が多くなっている要因ともなっている点が改善されるものとも考えられる。また別の視点では、掘り起こした後に風乾させる手間を省略できる点にも着目でき、日本では収穫した後のイモは大型コンテナに入れて貯蔵し、または乾燥が必要であれば、倉庫で大型の扇風機や送風機を使って乾燥させる仕様となっている。インドでも同じように風乾させなくても直接機械で掘り取りし、倉庫に貯蔵してもよいと考えられ、それにより収穫時の作業効率も向上し、種イモで行っている収穫後に山積み（ヒープ）（写真参照）して乾燥させる作業も必要なくなると考えられる。なお、現地では実際に収穫したジャガイモを大型コンテナに入れ一晚畑に置いておき次の日に乾燥具合を調べたが、中まで乾燥していることを確認できた。



参考：収穫後に保管するコンテナ（日本製）



参考：コンテナを運ぶホイールローダー（日本）



参考：風乾場所（選別前の仮貯蔵場所）



参考：ハーベスタからコンテナへの移し替え

図 3-21 コンテナ使用日本の事例紹介

また、大型コンテナを使用したイモと、山積み（ヒープ）して乾燥させているイモの損傷についても比較試験を行ったが、コンテナ、ヒープから無作為にイモを採取し、損傷を調べた結果を表 3-29 に示す。これにより、コンテナのイモの方が損傷及び皮むけが少ないことが確認できた。慣行法は、デガーで掘り起こした際の損傷も多いが、その後の移動などのハンドリングの回数が多いため損傷及び皮むけが増えたものと考えられる。また、作業者に損傷を少なくしようとする意識がなく、扱いも乱暴であることも原因である。

表 3-30 大型コンテナとヒープの損傷比較

項 目		コンテナのいも	ヒープのいも
損傷割合（％）		5.9	17.9
内 訳	損傷(10mm以上のもの)	2.1	14.3
	損傷(10mm未満のもの)	3.9	3.6
皮むけの割合（％）		0.8	22.0
内 訳	皮むけ(1cm ² 以上のもの)	0.0	18.8
	皮むけ(1cm ² 未満のもの)	0.8	3.1



大型コンテナのデモンストレーション

山積み（ヒープ）されたイモ

調査団の COE での取り組み等を通じて風乾処理（ヒープ）の工程を効率化していく機運が出てきたことにより、インドに適するコンテナの普及が新たな課題として出てきた。このため園芸局やジャランダールの篤農家は、当事業で導入した日本のスチール製のコンテナを参考にし、またオランダやドイツなど欧州への視察を通じて、インドに適したコンテナについて検討を進めている。将来的にはコンテナをインドで製造することを念頭に、木製あるいはスチール製の選択が主要な論点となっている。概して欧州では木製コンテナが、日本ではスチール製コンテナが普及している。

2017年10月の現地調査では、パンジャブ州で最大手の種芋農家が欧州企業の設計のもと、1万2千トンの近代的な冷蔵倉庫（コンテナ対応型）の第1号を現在建設中であることが分かった。同倉庫では、前川製作所の冷凍機を導入する予定で、木製のコンテナを導入する

計画であった。コンテナは輸入して調達する。木製の場合、倉庫と圃場の間でコンテナを輸送するとコンテナが傷み耐用年数が短くなると予想されるため、圃場から倉庫までは従来通り麻袋を利用し、コンテナは倉庫内のみで運用予定であった。ただし同農家も将来的なスチール製コンテナやハーベスタの導入の是非についてはまだ検討の余地があるという立場であった。



建設中の近代的冷蔵庫（外観）



建設中の近代的冷蔵庫（内部）

またジャランダールの別の篤農家（種芋組合 POSCON の幹部）は、修理を行えば 30-40 年以上も使用可能なスチール製コンテナに優位性を感じており、現地メーカーと協力して試作品を作成することを検討している。スチール製の場合、圃場まで持っていくことが可能で、ハーベスタからコンテナへの直接の荷降ろしが可能になり、物流改善に大きく貢献する。また、スチール製は折りたたんで輸送することが可能である。インドの環境で最適なコンテナを特定するために、両者を比較する試験が行われることが望ましい。



木製コンテナの例
（出典：Inter Agra 社 HP）



スチール製コンテナの例
（出典：北海道セイカン社 HP）

(2-2) 効率的な収穫後処理、輸送方法の提案

2017 年 2 月の現地活動において、収穫機を使用することのみならず、乾燥プロセスを除

去し、麻袋を使用せず、トレーラーを使用してバルクで輸送・保管する体系が試験的に実践された。

2017年10月から始まるシーズンでは、実際に調査団が提案する方法で収穫・乾燥・保存した馬鈴薯が種子として利用されて、播種が行われた。翌2018年1月の収穫時にCOEが確認したところ、種子としての品質に問題はないことが確認され、かつ労力が節約され、収穫後の処理・物流が効率化されたことが実証された。

更に同年の収穫デモの際には、日本式の大型コンテナに実際にジャガイモを投入するところをデモ参加者に示すことが出来た。実際に、COE近隣の篤農家の中には、従来までは固執していたヒープについて、コンテナを導入すれば不要であると認識を大きく改め、コンテナを導入する計画を検討し始めている。

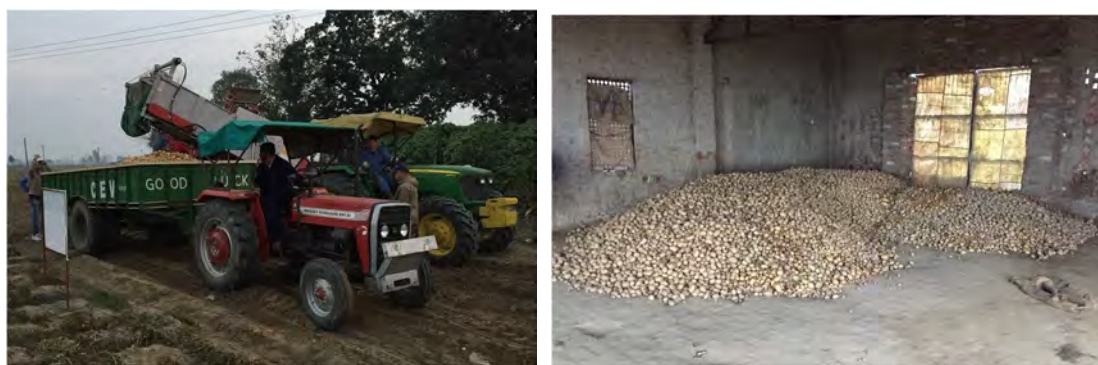


図 3-22 収穫したジャガイモをダンプトレーラーで受取り倉庫に保管する様子



図 3-23 収穫したジャガイモを大型コンテナに投入する様子

以上の活動を受け、園芸局・COEは自ら輸送・保管体系を改革すべく、冷蔵倉庫の導入には前向きで、今後コンテナ方式の小型モデル冷蔵倉庫を導入する方針を打ち出しており、地元農家にとってのよい手本になればとの強い意向がうかがえる。

園芸局の方針では総額約2000万ルピーで容量500トンの近代的冷蔵倉庫（コンテナ対応型）を建設する計画である。ただし、同計画は2018年2月時点では総事業費の約半額の予

算が承認されている状況であり、未だ実施には至っていない。建設予定地は下図の COE レイアウトプランにおける左下の赤枠の場所である。

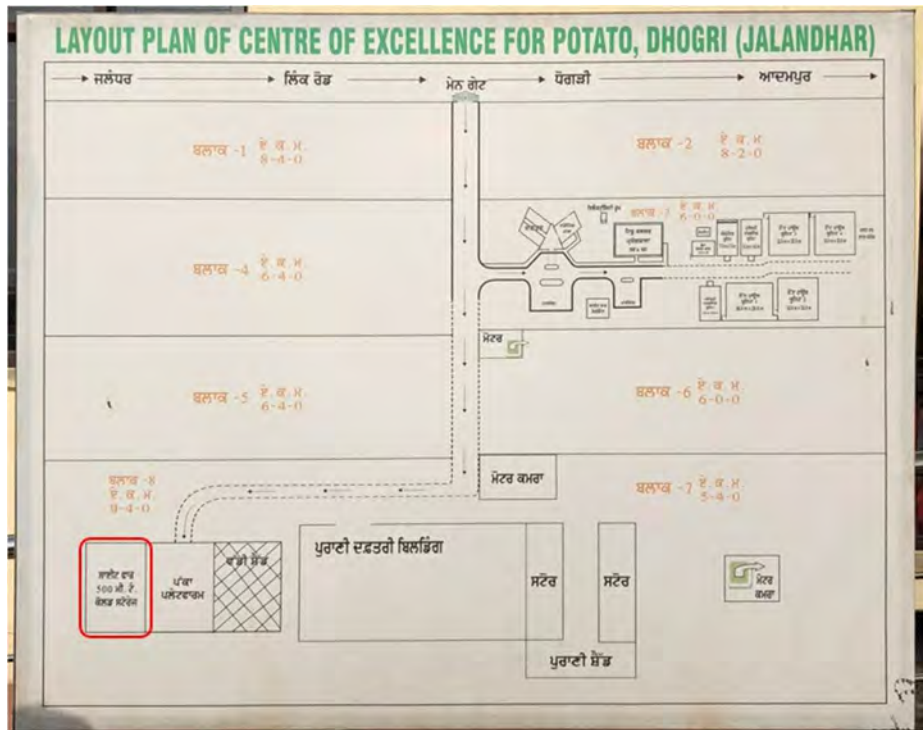


図 3-24 COE レイアウトプランと冷蔵倉庫の建設予定地

同計画における冷蔵倉庫のスペックを下表に示す。

	構成要素	説明
1	冷蔵室:	冷蔵倉庫ユニットは、各部屋の容量が 125MT の冷蔵室 4 室から構成される。
2	既製の断熱壁および屋根	断熱 PUF パネル (内側と外側に 0.5 mm 厚の塗装 G.I.シートを採用、間に 80 mm 厚の PUF 断熱材)
3	入口	冷蔵倉庫への入り口は、廊下に接続しており、廊下はエントリールームとして機能する。4 つの冷蔵室はすべてこの廊下に接続する。
4	ドア	ハンドル、パッキング、ロック付きの 42 inch x 78 inch のサイズの断熱ドア。廊下の入り口部分と 2 つの冷蔵室にはスライドドアが設置される。残りの 2 部屋にはヒンジドアが設置される。
5	温度	全ての冷蔵室で 2 °C ~ 4 °C に維持。
6	基本フロア	コンクリートベースの上に、60 mm 厚の PUF 断熱材があり、0.5 mm 厚の塗装 G.I.シート

7	中二階フロア	これらは袋貯蔵システムのため2つの冷蔵室の中に設置される。ユーカリ材が使用される。はしごも同じ材料を使用する。
8	外気温	35℃
9	冷凍ユニット	認可された正式に認証済みの冷凍ユニット、壁設置型蒸発器付きコンプレッサー（レシプロ/ロータリータイプ）、スプリットコンデensingユニット（R404a）、空冷復水器、デジタル表記自動解凍コントロールローラー 湿度条件：全冷蔵室で 95% ± 3%。適切な加湿器を設置する。定評のある企業の冷凍ユニットが設置される。
10	照明設備	安定した4つの防水 LED ライトと非常用アラームが各フロアに設置される。
11	消火装置	難燃剤が各冷蔵室とコントロールルームの床に整備される。これらは、火の発生を防ぐため、塗装済シートでカバーされる。
12	地上からの高さ	各冷蔵室とコントロールルームは地面から 36 インチの高さのプラットフォームの上に設置される。プラットフォームの寸法は冷蔵倉庫ユニットより各辺が 4 ft.長くなる。請負業者、サプライヤー、入札者、応札者により完全なる土木工事が引き受けられる。

同計画では、コンテナと麻袋の両方の使用を想定している。現状としては、予算の制約から安価な木製コンテナを導入することを検討しているが、園芸局はスチール製と木製のどちらがインドに適するか、比較検討をしたい意向である。

また、冷蔵倉庫の導入には、補助金制度の活用も検討でき、従来型の冷蔵倉庫の導入には 35%の政府補助が適用される。一方で、コンテナ仕様の冷蔵工場（新型）の補助金適用には、政府からの仕様・パフォーマンスにかかる認知が必要であるため、検証作業のため、COE に同型の冷蔵倉庫が導入・検証されることによって、機械収穫後のコンテナによる輸送、保管といった近代的なポストハーベスト体系の普及が検討され、機械化そのものがより促進されるとの意味合いで、その意義は大きいものと思われる。

このように官民ともに新たな技術に対して受容する態度が見られ始めたのは大きな変化である。

<成果 3>

(3-1) 認証取得、補助金可能性分析、融資対象機材認証調査

本事業後のジャガイモ収穫機のビジネス展開及び普及計画につき、下記事項につき調査を行った。

(3-1-1)型式認証制度調査

① 検査機関

インド規格局 (the Bureau of Indian Standards)

インド規格局がインド国内で販売される機械の基準規格の設定、検査権限を持つ。

② 農業機械の検査機関 Farm Machinery Training & Testing Institute (FMT&TI)

インド国内において地域ごとに以下の 4 つの FMT&TI が設置され、農業機械の検査を実施している。

- (1) Central Farm Machinery Training & Testing Institute, Budni, District – Sehore (Madhya Pradesh)
- (2) Northern Region Farm Machinery Training & Testing Institute, Hisar (Haryana)
- (3) Southern Region Farm Machinery Training & Testing Institute, Garladinne, District - Anantapur (Andhra Pradesh)
- (4) North Eastern Region Farm Machinery Training & Testing Institute, Biswanath
- (5) Chariali, District –Sonitpur (Assam).

③ その他の農業機械に関する検査施設

上記の 4 つの検査機関以外にも、一部の州立大学等に対しても特定の農業機械の検査を認めている。(こちらでコンタクトした Punjab Agricultural University(PAU)もその一つ)

④ ポテトハーベスタの認証手続き

現在、インドにおいてポテトハーベスタが認証されていない。現在のプロジェクトサイトがあるパンジャブ州を管轄する検査機関は Northern Region Farm Machinery Training & Testing Institute, Hisar (NRFMT&TI) である。

(3-1-2)補助金・購入支援制度調査

パンジャブ州、グジャラート州で政府、農業機械メーカーにヒアリング調査をした結果、各州の補助金予算は限られており、比較的低額な点滴灌漑機器等に割り振られている。ジャガイモ収穫機は高価格な製品となるため、今後も補助金の対象となる可能性は低く、補助金によるジャガイモ収穫機の購入支援はあまり期待できないことが判明した。しかし今

後のマーケティング戦略を検討する上で、大型の農業機械の購入支援制度に関しては把握する必要があるため小麦、米のコンバイン等、類似する製品の購入補助と補助率の調査を行った。

① パンジャブ州における補助制度

インド国農業省はパンジャブ州において、農業、協同組合、農民福祉局（DAC&FW）を通じて様々な補助スキームで農業機械、器具の購入補助を行っている。

- ① Sub-Mission on Agricultural Mechanization (SMAM)
- ② National Food Security Mission (NFSM)
- ③ National Mission on Oilseeds and Oil Palm (NMOOP)
- ④ Mission for Integrated Development of Horticulture (MIDH)
- ⑤ Rashtriya Krishi Vikas Yojna (RKVY)

当局はソフトローン（低金利融資）の提供は行っていない。

政府の公告の文章からは、これらのスキームは主に小規模農業者の農業労働による負担軽減を目的としている。2014-15 年、2015-16 年の各支援スキームの予算は以下の通りである。

(単位 10 万ルピー)

Scheme	2014-15	2015-16 (Allocation)
SMAM	209.45	186.56
NFSM	270.00	255.00
NMOOP	NIL	5.74
MIDH	431.20	385.55
RKVY	4372.00	NIL

ジャガイモ収穫機にも適用可能なスキームは 1) SMAM、4) MIDH だと想定される。

SMAM では最大 40%の補助率が設定されている。農業局担当者との話の中ではジャガイモ収穫機は 40-50%の補助率が想定されるが、ジャガイモ収穫機自体の認証がされていない現状では想定でしかない。今後 C/P 機関とも協力し、スキームの詳細を確認するとともに、「農業労働者不足解消」という問題意識を共有し、製品導入時にはすみやかに認証試験を行う必要がある。

② グジャラート州における補助制度の現状

ジャガイモの生産地の一つである、グジャラート州は他の地域に比べると乾燥地帯であり必ずしも条件がよいとはいえない州であるが、州政府が戦略的に灌漑施設（点滴灌漑）の整備、冷蔵保存施設の整備の補助を積極的に実施している結果、近年生産量・品

質も向上しており、農業者の収入も向上している。当州において更なる生産の効率化と品質向上を目的としてジャガイモ収穫機の導入補助を働きかける機会があると考え。

③農機メーカーによる購入支援制度調査

トラクターメーカーに確認したところ、トラクター販売のほとんどは、ローンによる購入であることがわかった、このローンは各トラクターメーカー自身がグループの金融会社等を活用し提供している。よってトラクターメーカーと連携することにより収穫機の購入にも同様のローン制度の活用が期待できる。

(3-2) 現地生産可能性調査（現地生産手法の検討）

生産機種を選定：

現地での繰り返し実施した顧客ニーズ調査および現地パートナー候補企業との協議の結果、TPH-179（自走式）を現地の収穫ニーズに合わせ一部の機構を改良したものを基本的には現地調達部品のみで生産をすることが確認された。

今後、一部改良を加えた機種の技術情報、パーツリストを作成し、この情報をもとに現地パートナー企業にて現地調達部品での原価を算出する予定である（技術供与契約締結後）。よって、当初予定していた国内部品を輸出してのノックダウン生産は行わないこととしたので、輸出対象部品の関税率調査は行わないこととした。

(3-3) ビジネス展開及び普及計画

現地での生産方法、流通方法、販売促進方法を検討する予定である。また、引き続き現地化を共同で行う現地企業の選定を継続する予定である。

(2) 事業目的の達成状況

現段階での事業目的達成の判断について、それぞれの成果毎に以下のようにまとめた。

表 3-31 活動項目毎の達成状況

活動項目	達成状況
【成果1】インド仕様のジャガイモ収穫機の導入検証および機械化に適した収穫体系の指導	
(1-1)ジャガイモ農家の営農実態をふまえた栽培・収穫技術の現状と問題点把握	・パンジャブ、グジャラート、UP 州における実態調査を踏まえ、現状理解と問題点を把握した。 ・機械化に伴う新栽培体系について、モデルファームにて実証活動を行った（畝間 75cm、茎数管理）。
(1-2)インド仕様収穫機の製造・輸送	・製造・輸送済み

(1-3)モデルファームでの試用	・COEにおけるモデルファームの設置、新栽培体系に基づく植え、圃場管理を実施した圃場における機械収穫の実証試験を行った。
(1-4)収穫効果等評価（新体系の妥当性実証、収穫機の現地適合性実証）	・手拾い収穫と機械収穫では、損傷率、収穫損失とも、慣行法より優れていることがわかった。 ・新栽培体系による試験栽培をC/Pとともに実施し、機械収穫の精度・性能試験を実施した。 ・機械収穫に適した新栽培体系（畦幅75cm）でも、慣行栽培（畦幅63.5cm）と同等もしくはそれ以上の収量が確保されることを確認した。 ・ジグザグ植えとストレート植えの収量比較の試験を行ったが、プランターの播種精度が低かったこともあり、優位性の結論を出すことはできなかった。優位性の結論を出すのであれば、3年次に行った内容（1-4-3）と同様の比較試験をCOEが引き続き行う必要がある。
(1-5)モデルファーム内外でのOJTを通じた収穫機使用指導 ※C/P向け	・機械化推進のためのC/Pのニーズを把握、技術移転（指導）を実施した。
(1-6)機械化に適した栽培体系の検討、モデルファームでの導入・スタッフ指導	・新栽培体系の導入概念を、日本での知見から整理し、モデルファームにおいて必要な農作業手順をCOEスタッフに対し指導した。
(1-7)周辺農家向け普及活動（セミナー実施）※農民向け	・周辺農家、農機メーカー、ディーラー、大学関係者、州政府関係者向けのセミナーを実施した。
(1-8)周辺農家向け普及指導（実演）	・実施指導、デモンストレーションを周辺農家向けに実施した。
【成果2】効率的な収穫後処理および収穫されたジャガイモの輸送体系が提案される。	
(2-1)収穫後処理及び輸送体系調査	・収穫後処理（運搬、乾燥、貯蔵）と輸送体系の実態調査を実施した。 ・本事業期間中に、コンテナの利用と風乾・ヒープ工程の効率化について、COEおよび周辺農家の理解が進んだ。 ・本事業終盤では、先進的な農家はコンテナの現地生産の検討やコンテナ対応型の近代的冷蔵倉庫の建設を進めていることが分かった。
(2-2)効率的な収穫後処理、輸送方法の提案	・日本における収穫後処理及び輸送体系の導入可能性を探った ・ハーベスタと連携して、大型コンテナとダンプトレーラーの

	活用を COE 圃場で実演して、COE スタッフと周辺農家の理解を得た。 ・ハーベスタとダンプトレーラーで収穫して風乾した馬鈴薯が、翌年に種子として品質上問題なく利用できることを確認した。 ・園芸局/COE としてもコンテナ対応型の近代的な物流・倉庫システムの建設を計画するようになった。
【成果 3】（本事業後の）ジャガイモ収穫機のビジネス展開及び普及計画が検討される。	
(3-1)認証取得、補助金可能性分析、融資対象機材認証調査	・型式認証制度を確認した。 ・補助金活用可能性、融資対象機材認証の可能性を確認した。 ・小麦のコンバインの補助金制度について確認した。
(3-2)現地生産可能性調査（現地生産手法の検討）	・技術移転（ライセンス契約）による現地資材を使用した現地生産が妥当であると判断した。
(3-3)ビジネス展開及び普及計画	・現地パートナー企業（現地トラクターメーカー）を検討中。

（３）開発課題解決の観点から見た貢献

パンジャブ州におけるジャガイモ生産農家のうち、経営規模の大きな農家（POSCON 等に所属する農家）は、収穫時における労働力不足が深刻化しており、収穫機の潜在顧客として考えられる。経営規模の大きな農家の中には、機械化（省人化）の難しさから、ジャガイモ栽培をやめてしまう農家もあったが、一部の農家には、デモや個別訪問を通じて、本製品・技術の概要や、機械化バリューチェーン（特に収穫後の工程）、機械化に伴う新たな栽培のあり方（イメージ）等を伝えてきており、引き続きジャガイモを換金作物として選択し栽培を意欲的に続けていこうとする傾向が、POSCON や JPGA などのメンバーに認知されつつある。この結果から、良質な種イモ生産地としての地位を築くパンジャブ州からインド全国へ、安定的な種イモが供給される事で、本事業により食料安全保障の観点からも良好な貢献がされたものと考えている。

また、これらの経営規模の大きな農家は、資本力がないことから機械化ニーズはあるものの経営合理化のために選択できる具体策に乏しい中小農家に対し、日ごろからコミュニティを通じて先進技術や情報をフィードバックする他、機材の供与（無料が多い）、貯蔵庫の低料金によるリース等を行っている。その関係から、中小農家を含む地域の相当数のジャガイモ農家は、地域への影響力が強い経営規模の大きな農家や、州政府（園芸局）やその普及員（Extension Officer）による情報と相まって、機械化への取り組みに向かっていくことを認識している。

このように、地域において機械化を推進しようとする機運が醸成されるなかで、東洋農機が価格・スペックの両面でインドの市場ニーズに適合したインド仕様機を製造すること

で、今後の機械化加速の促進と、将来的なジャガイモの生産量拡大が期待される。また、機械化に適した栽培体系の導入・普及をカウンターパートを通じて実施することにより、技術移転が図られ、地域のジャガイモの生産性向上も期待される。

（４）日本国内の地方経済・地域活性化への貢献

＜十勝地方を中心とする地域経済発展への貢献＞

東洋農機株式会社は、日本最大の食料供給基地である十勝地方中心に多様なネットワークが構築されており、農業機械の開発、製造販売を通じて、農業技術の向上、作物の生産性や品質向上、農業の効率化に貢献してきている。

本事業においては、機械化推進の観点から帯広畜産大学佐藤禎稔教授と、機械化推進に伴う新たな栽培体系の導入の観点から独立行政法人種苗管理センター川上司国際協力コーディネーターの２名が外部専門家として参加しているが、現地では、十勝地方で育まれた技術（収穫機）にとどまらない広範な技術（栽培から収穫・収穫後まで）、システム、経験、ノウハウに大きな関心が寄せられている。

このことは、東洋農機株式会社の他にも、本件（普及・実証事業）と関連する製品・技術・システムを有する十勝地域の中小企業や、ジャガイモ以外の農作物の生産性向上を目指す中小企業の海外進出機会を促すことになるため、長期的には地域経済の発展につながることになる。

＜農業機械産業クラスターの海外展開促進＞

東洋農機はジャガイモ収穫機の製造に当たり、鋳造等の工程で、北海道を拠点とする多くの企業に委託している為、海外展開の実現によりジャガイモ収穫機の生産需要が発生し、地域経済効果が期待される。具体的には、インド進出初期においてはノックダウン生産に使用する部品を国内生産し輸出することにより、北海道を拠点とする多くの企業への生産需要をもたらすことが考えられる。また、中長期には、現地パートナーによるライセンス生産、JV の本格立ち上げが考えられる。JV を立ち上げる場合は、重要な中核技術を中心に技術漏洩を防ぎ、北海道の企業に委託しているゴム製品や鋳物部品、電装などの部品を日本からの輸出とすることで、日本国内における地域経済効果が期待される。

こうしたビジネス展開により、日本国内だけではなくインド国内においても、地域経済効果をもたらすことが可能である。本収穫機を構成する部品数は１万点に及び、内インド国内で生産する部品は、コンベヤロッドやゴム巻プーリー、被覆ワイヤーなどの特殊部品を除くと 95%と想定され、JV パートナーの基幹工場（パンジャブ州）を中心にした部品産業の集積が進むとともに、高度化がもたらされることで地域経済効果が発生する。

（５）環境社会配慮

なし

(6) ジェンダー配慮

なし

(7) 貧困削減

なし

(8) 事業後の事業実施国政府機関の自立的な活動継続について

カウンターパートである州政府園芸局 (COE 農場) には、州内に 160 名の普及員 (Extension Officer) がおり、各地区に配置されている。本事業には農場周辺の普及員約 10 名が参加しており、日頃からジャガイモを含む主要作物の生産性向上、歩留まり向上に関する技術や情報の入手、課題と解決策等を共有している。

財源の不足により、普及員の活動は限られている中、ジャガイモ収穫機 2 台を活用した機械化の推進、機械化に適した栽培体系への普及について、本件 (普及・実証事業) を通じて、農業指導技術を身に着けた普及員が、周辺農家向けの記述啓蒙活動を主導することは、州政府にとってのメリットも多く、歓迎されている。

本事業終了後 (2018 年 7 月以降)、州政府園芸局は引き続き、技術移転の成果を受けて、機材を活用しながら自主的に機械化の推進と、機械化に適した栽培体系の普及に向け取り組んでいくと考えられる (COE 農場内には、農民向けのセミナーハウス (最大 200 名収容) が建設完了し、今後の活用策が待たれている)。

(9) 今後の課題と対応策

カウンターパートである州政府園芸局は、COE 農場にセミナーハウス (最大 200 室収容) を建設し、本事業を契機にして事業終了後もジャガイモ収穫機の普及、農業機械化の推進、機械化に適した栽培体系の導入に取り組んでいく姿勢を示している。また、今後、現地パートナーと共同で開発される収穫機の販促等にも、積極的な関与が期待される。

東洋農機は高い技術・製品だけではなく、日本の農業機械化に係る技術、機械化に必要な栽培技術に関する知識やノウハウの移転をパッケージにして農民や地域と向き合う姿勢が評価されてきている。

その意味ではカウンターパートとの関係において大きな課題はないが、事業実施上、以下のような課題がある。

<州政府に全体像を理解してもらう努力>

州政府からは昨年度、表 3-32 に記載の通り 8 点の要望事項が寄せられている。なかでも、課題 1 に掲げている 1 日あたりの効率アップ (スピードアップ、2 畝への対応等) は、収穫機の開発方向にも影響を及ぼすものであるが、収穫後の運搬方法 (麻袋) をコンテナやトラックに変えない限り、1 日あたりの効率は向上しないことが判明しており、その点から考えるとどちらかといえば収穫機以外の収穫における行程の改変が必要な課題となる。

現状では、パンジャブ州では、掘り出したイモを 3 時間程度乾燥させる工程を実施している。これはデガーによるジャガイモの手荒らな掘り出し工程において、ジャガイモの表皮に傷がつくことが多分にあり、主にこれを修復する目的で風乾（ヒーピング）が行われていた傾向にある。しかし、収穫機を用いることで、この掘り出し作業を傷がつかない形で実施できれば、理論上風乾作業は必要とはならないと考えている。また、日本で実践されているシステムと同様に、収穫後はトラックへ直接排出し運搬する方法や、コンテナに排出してフォークリフト等によって運搬するといった輸送方法の変更により、乾燥は必ずしも必要ではないと考えている。この点に着目した篤農家あるいは COE などは、掘り出したジャガイモを即コンテナに積み込み、これを輸送し冷蔵倉庫で貯蔵するシステムを導入していきたい考えが示され始めている。また、本事業を通じて、州政府の園芸局長などが、実証試験とそれに続くデモンストレーションに参加した機会に、収穫後の運搬・貯蔵システムまでを含めた全体像にかかる技術指南を行った結果、州政府として日本で実践されているシステムを積極的に導入していきたいとの意向が伺われた。

ただし、この変革に向けた取り組みは、いまだ一部の者にしか関心と呼んでおらず、今後も COE の普及員を通じたデモンストレーション、啓蒙活動を通じて、広めていく点に課題が認められる。

また、パンジャブ州で広く実践されている畝間灌漑による圃場管理手法は、灌水して溜まった水が蒸発する際、畝の表面の土が固まり、収穫時に堅くなった土が土塊として収穫機の選別デッキ上に上がってくることが要因となり、機械収穫の能率に大きく影響する。グジャラート州などでは、スプリンクラーや点滴灌漑などを用いて、圃場管理を行う手法が取り入れられており、パンジャブ州でも、このような手法が補助金制度なども検討されつつ導入されていくことで、機械収穫にとってよりよい環境が整うものと見込まれる。



図 3-25 左：畝間灌漑、右：畝間灌漑により形成された絞め固まった畝の断面

表 3-32 園芸局長の指摘事項と考察

課 題	重要度	考 察
① 1日あたりの効率アップ (スピードアップ、2畝への対応等)	◎	・2015年2月の圃場試験では、荷卸しの時間が全体の20%あり、収穫後の運搬方法(麻袋)をコンテナやトラックに変えない限り、1日あたりの効率はアップしないことが判明する(収穫機以外の問題)。 ・トラクターも大きいクラス(150馬力クラス)が必要になるため、2畝の収穫機は現段階では現実的ではないと考える。
② ハード質での性能の低下	×	・試験をしたハード質の圃場条件が悪かっただけであり、他の環境では問題はないと考える。 ・植付け時に土塊のできづらい圃場作りを行い、爪物のハローではなくロータリーを使用することで改善される。 ・培土時にロータリーカルチを使用することでも改善されると考える。
③ 芋の傷への対応	×	・収穫機を使用することで、実証試験でもジャガイモ表皮への傷は軽微であった。
④ 2ステージの対応(掘り出し直後の乾燥工程)	◎	・掘り出したイモは3時間程度乾燥させるのが既存の管理行程となっているが、収穫機を用いることで風燥は必ずしも必要ではないことが判明する。収穫後はトラックへ直接排出し運搬する方法や、コンテナに排出してフォークリフト等によって運搬するといった輸送方法の変更が良いと考えている。
⑤ 小イモへの対応(掘残しへの対応)	×	・コンベアのピッチを狭くすると土の抜けが悪く速く走れない場合もあるが、持ち込んだ収穫機2台は、日本で使用する標準仕様よりもロッドを狭く改良しているため、対応可能である。 ・ロッドはニーズに応じて樹脂製のパッカーなどを活用することで調整可能である。
⑥ グレーディング機能は不要	×	・現場のニーズから小芋の選別レーンと専用タンクを取り付けることを想定しているが、ニーズに応じて取り外しも可能である。
⑦ タンク容量、バンカー容量 ¹⁸	×	・圃場が比較的大きい需要家には、大容量の牽引式モデルを推奨する。
⑧ ニンジン等マルチ対応	○	・ニンジンの収穫(12月頃)はいずれ実験を検討するが、インドのニンジンの形状が日本と違う点を考慮する必要がある。

¹⁸ ジャガイモ収穫機のタンクから機外へジャガイモを移す際に一時的にジャガイモを置くアーム機構の容量。

4 本事業実施後のビジネス展開計画

(1) 今後の対象国におけるビジネス展開の方針・予定

① マーケットの分析（競合製品及び代替製品の分析を含む）

ジャガイモ収穫機の潜在顧客となりうる経営規模の大きなジャガイモ栽培農家（概ね経営規模 20ha 以上）12 名に以下の項目についてヒアリングを行った結果と考察を記載する。

・機械化したい理由：

労働力不足が深刻な問題であり、収穫機を導入して労働力を削減したいとの意見が一番多かった。作業人員については表 3-18 の試験結果より、機械収穫が 4 名に対し慣行収穫は 25 名と、機械収穫の方が 1/6 の人員で 1.5 倍の作業を行うことが可能である。したがって、現状進行している人出不足の解消に貢献できるものである。

・作業能率：

作業能率は 1 日平均 1.9ha、移動速度も平均 25.2km/h であった。

実証試験の結果（表 3-24）では 1 日 1.2ha であったが、日本での試験結果のデータ（表 3-25）のように、条件が整えば 1 日 2ha も可能であり、要求する作業能率を満たすことになる。

・収穫機の希望販売価格：

Rs.100 万～320 万と幅のある回答となり平均は Rs.190 万であった。パートナー候補企業と検討したところ、TPH55 は日本での販売価格 555 万円（Rs.308 万）の 2/3 の価格 Rs.200 万前後での製造・販売が想定され、これは農家が要望する範囲内である。

・収穫機のタイプ：現在所有しているトラクターを活用でき、且つ安価である牽引式の希望が多かった。

また、人出不足によりジャガイモの作付けを断念する小規模農家へのヒアリングでは、手ごろな価格の収穫機が導入できればジャガイモの栽培を再開したいとの意見を伺えた。食品加工メーカーの McCain、PepsiCo では原料確保のため、小規模農家にも冬の換金作物として栽培を奨励しており、収穫の労働力不足を解消させるために、インド国内の作業機メーカーに小型収穫機の開発を委託している動きがある。

以上の内容から、今回インドに投入した収穫機では、牽引式の TPH55 がニーズに合致すると判断した。

競合製品に関しては、欧米の機械メーカーがポテトプランターや収穫機をインドへ導入しており、グジャラート州農業関係者などへのヒアリングにより評判を確認した。ポテトプランターについては評判がよく試験的に使っている農家も多い。しかし収穫機に関しては、欧米の機械メーカーの収穫機よりも TPH55 の方が圃場規模にあった機能スペック（より小型で小回りが利く）・想定する投入価格帯の面で優位であると考ええる。また、さらに小規模圃場や灌漑水路がある圃場では TPH179 は回行長さが小さいため、小回りが利くためにより有利である。なお、TPH179 の収穫を行う部分の構造は TPH55 と同等である。

以上より、本普及実証事業で投入した機材はインドのニーズに合致していると判断した。

② ビジネス展開の仕組み

現地でのマーケティングおよびパートナー候補企業と、部品リストを元に部品や材料の入手可能性を確認したところ、入手については可能と判断した。また、インドで入手した場合の部品コストから収穫機の内価を算出し、その内価から現地販売価格を算出して、収益性について協議を重ねた結果、原則日本からの製品および部品の輸出は行わず、国内で開発・設計し現地生産する技術供与（現地でのライセンス生産）を行うことが妥当と判断した。

③ 想定されるビジネス展開の計画・スケジュール

弊社では、技術の蓄積があるので、それをもとに技術供与することをビジネス展開と考える。インドに投入した収穫機は図 3-26 に示す通り、パンジャブ州の中規模農家をターゲットにした機械であり、生産台数が多く見込める層をターゲットとすることで機械コストも下がることが考えられる。このため、現地におけるパートナー候補として、ミドルクラスの収穫機を商品化することある程度理解したパンジャブ州チャンディガール市近郊にある C 社を選定した。現在、同社とは NDA（秘密保持契約）を作成中であり、その後、提携内容について交渉することとする。また、技術供与を想定している牽引式のポテトハーベスタのほかに、図 3-27 のような小規模農家向けのローコストモデルを共同開発することを確認している。C 社は小麦のコンバインではインド市場シェアトップの会社である。同社は生産及び販売・アフターサービス網を確立しており、当該商品の普及販売には適任と考えている。交渉の過程において、生産工場を視察したところによると、弊社が提供するポテトハーベスタを生産する技術については、小麦のコンバインは板金を主体とする全体の構造や、クローラなどの走行部がポテトハーベスタの構造と類似する部分が多くあるため、ポテトハーベスタを生産することは問題ないと判断した。また、同社は小麦のコンバインの商品化で経験したノウハウがあり、その技術力を生かせると考えている為、インドのマーケティングにおいて製品の仕様及び価格を自社の技術でコストダウンすることができると判断している。以上より、ポテトハーベスタの生産についても C 社は適任であると判断した。

人材育成に関しては、日本に人材を招聘して弊社で教育することも要求されており、弊社としても対応可能であることを報告済みである。

C 社とのポテトハーベスタの仕様についてのミーティングでは、中間クラス（50PS クラス）のトラクターを所有する生産者をターゲットとし、市場展開を速やかに行うため TPH55 を選択することとした。TPH55 は、既存の商品であり弊社においても長年販売し標準的な機能を有していて、インドに最適と判断した。また、TPH55 の知的財産はすでに開発投資の回収はされており、手ごろな価格で貸与することはリスクの少ないビジネス展開であると考えられる。

当該ビジネスにおいては、ポテトハーベスタのエンジニアリングを行う国内の会社とし

て初めてのモデルとして実施したい。なお、ローコストモデルについては、C社と今後協議の上、商品化するためのエンジニアリングを行いたいと考えている。

また、ジャガイモ生産のための畑作りから収穫・貯蔵までの一連の機械化システムは、当該ハーベスタ以外にも多岐にわたっており、特に防除機の商品化については今後交渉を進めたいと考えている。その他のシステムについても、国内の同業他社を含めて技術支援をしていきたい。

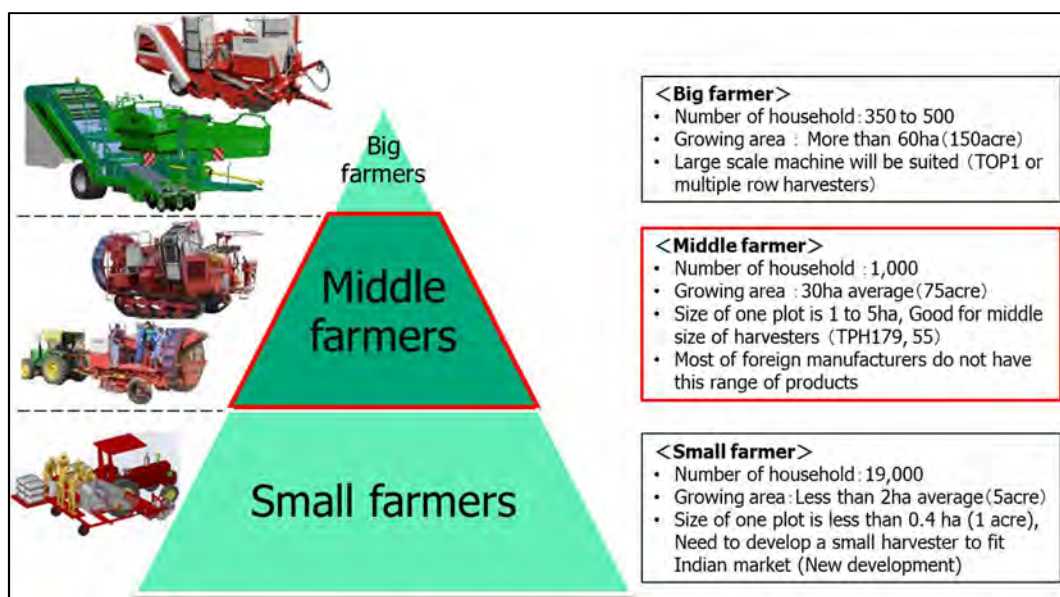


図 3-26 パンジャブ州の市場セグメントとターゲットセグメント

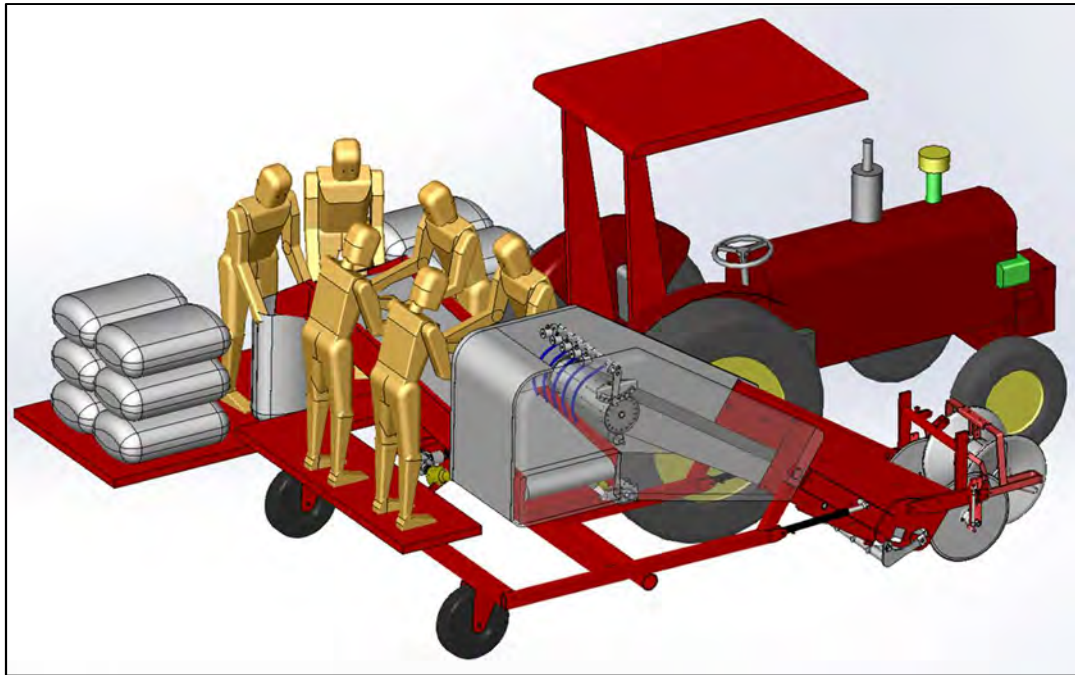


図 3-27 ローコストジャガイモ収穫機モデル案

④ ビジネス展開可能性の評価

これまでのプロジェクトでの活動、調査を通じて、ジャガイモ収穫機の需要は主にパンジャブ州、グジャラート州では既にあり、これから他の州にも拡大して行くことが期待できる。

ジャガイモの生産量をもっとも多い UP 州などから普及していくことが考えられるが、2 番目に生産量が多いウエストベンガル州については、圃場の環境が機械化に適さないため普及は難しいと考えた。ウエストベンガル州は、作付け面積が小さく、圃場も整備されていないため機械を移動、搬入搬出することが困難であり、牽引式については普及が難しいと判断した。しかしながら、産地としては重要な州であるため、当該地向けのローコストモデルか自走式で安価なクローラタイプモデルが普及することで機械化が可能と考える。なお、C 社の保有する小麦のコンバインのモデルの中にゴムクローラの仕様があり、当該地域で普及している話を聞いており、当該地では同様のニーズがあると考え、当該地向けの収穫機については今後 C 社との共同開発を待たなければならないと考える。

また、栽培技術の普及という点においては、インド全般における栽培技術の中でも土作り（Soil Preparation）の確立が遅れており、機械の能率を上げるためには、栽培技術の普及を行うことが重要であると考え。

（２）想定されるリスクと対応

- ・リスク：政策依存度が高い

ジャガイモ収穫機は現地では高価格帯の農業機械となる。日本国内と同様に、国の農業政策・補助政策により、普及・販売が大きく影響を受ける。

・その対応：C/P 機関との協力関係を継続し、実証された結果を地域の普及するための補助制度の設定等を働きかけるが、補助制度が適用されない場合の購入可能な廉価版の機械の開発も行う。なお、CPRI から研究所の収穫の合理化と、生産者への技術の普及を目的とし収穫機の入札があったがインドの入札の基準に沿った複数入札が実現せず、結果として応札できなかったが、指導機関においては機械化が必要であるとの判断をされており、今後、指導機関が収穫機の必要性を農家に発信することで普及が期待できることが判明した。また、インド国の研究機関によって合格した機械が補助金の対象になる為、国の研究機関を訪問し、日本の型式検査基準を提示したうえで、認証試験の協力を仰いでおり、快諾いただいている。

- ・リスク：現地パートナーの事業戦略の影響

現在のように現地の農業機械メーカーとの提携による事業展開を想定する場合、パートナー企業の事業戦略により、当プロジェクトに対する優先度、姿勢の変化が想定される。

・その対応：パートナー企業との提携時に当該企業におけるポテトハーベスタ事業の戦略（全体の事業の中での位置づけ、投資意欲、スケジュール）を確認した上で、協業の具体的な検討を行う。

（３）普及・実証において検討した事業化による開発効果

本普及実証事業において検証がなされた以下の事項について、各々からの開発効果について本項で確認する。

検証事項（事業化）	開発効果
人手収穫から機械収穫への移行	農村における労働者不足といった根本的な開発課題に対し、機械収穫による省人化効果が見込まれる。
現行栽培体系から新栽培体系への移行	機械収穫に適した新栽培体系の導入が図られることで、土づくりを伴った圃場整備が進み、ジャガイモの品質、収量の向上に繋がる。
収穫機の現地製造	現地でのジャガイモ収穫機の製造が現地パートナー企業との間で検討されるうえで、ジャガイモ栽培自体のノウハウに裏打ちされた設計思想を理解した構造設計や、設計思想を理解したうえで製造された収穫機の販売、フィールドサービス、保守メンテナンスを通じた旧態依然としたジャガイモ栽培農法に代わる機械収穫のメリットが農家の間

	に理解され、普及していく。インドにおけるジャガイモ農業の近代化に貢献していくものとして期待される。
モデルファーム内外での収穫機の導入・スタッフ指導	パンジャブ州に8か所ある種イモの栽培拠点を有する農政局の圃場のうち、先進的な存在と位置付けられる COE がジャガイモ収穫機をうまく運用し、周辺農家にデモンストレーションを行うことで、機械収穫に対する認知度、関心が醸成される効果が見込まれ、営農形態の機械化が進む。
収穫後処理及び輸送体系の提案	収穫機によるジャガイモ収穫の過程で、現行法（デガー）により発生する傷・打撲の発生率が抑えられる効果が広く認知されれば、これまで行われてきた傷・打撲を補修するヒーピング工程が削減でき、コンテナによる輸送と保管といった収穫後処理の近代化が図れ、収穫後ロス的大幅な改善が期待されることで、ジャガイモの供給量が追加で確保される。

（４）本事業から得られた教訓と提言

① 今後海外展開を検討する企業へ向けた教訓

1) 対象国・地域特性を理解すること

まず実際に現地に複数回足を運び、海外展開を検討する対象国・地域特性を客観的に理解することが海外展開の第一段階である。この段階でしっかりと現地の環境（政治、経済、社会、技術）を理解し、その理解に基づき、実現可能性を評価する必要がある。

本事業においては、事業を行う前に自社で市場調査を行い、ジャガイモの収穫体系について各州で違いがあること、機械化がある程度進んでいる地域を理解していたことで、カウンターパートになる州を早期に選定することができた。

しかし、栽培技術が想定よりも遅れていたことで、収穫体系の実証が難しくなり、Soil Preparation から実証しなければならなくなり、Soil Preparation 用の機材の調達などに苦労した。

2) 現地ニーズに合った製品開発

今回の事業では対象国・地域の現状及び現地のニーズに合わせ、複数の機械の導入、機械改良を重ねた。更に機械のみならず、収穫後の輸送（スチールコンテナの導入）方法の提案等を行うことにより、日本式のシステムがインドでも適応することが明確となり、3年間の普及実証で理解が進んだ。特にパンジャブ州政府からは、日本のシステムの情報提供を求め、一連のシステム導入（図 3-28）を検討し始めた。また、COE 近郊の先進的な農家からは、スチールコンテナやヒープの省略など非常に参考になっ

たと感想を述べられ、自身で改善する動きがみられた。

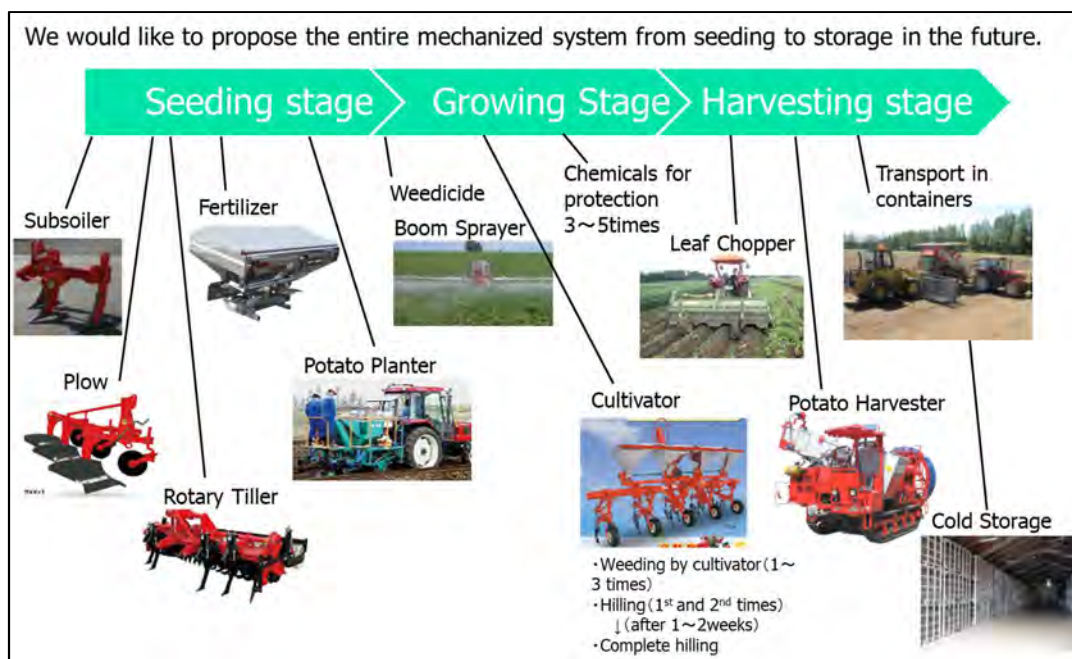


図 3-28 植付けから貯蔵までの機械化システム一覧

3) 現地関係機関・企業との協力の重要性

今回の事業では、現地 C/P 機関・現地企業と良好な関係を継続できたことで、普及実証事業はスムーズに実施することができた。よっていかに現地関係機関・企業と良好な関係を継続的にするかが重要である。本事業では、収穫部分の機械化に留まらず、植付け前の Soil preparation から運搬・貯蔵までの一連の実証を行い、塊茎の歩留まりの向上と増収、省人化などを実証できたことで、良好な関係を構築することができた。

4) 現地パートナー企業との協業

ビジネス展開については、案件化調査の時にトラクターメーカー、作業機メーカーを調査し、4 社程度候補を選定した結果、最終的に A 社に絞り普及実証が始まると同時に NDA（秘密保持契約）を交わし交渉を始めた。A 社の本社はパンジャブ州外にあるが、パンジャブ州にトラクター以外の作業機（小麦のコンバインや田植え機）を開発・製造している工場があり、工場関係者が主体となって話を進めた。A 社工場では、ジャガイモのトータルソリューションを考えており、その一つとして弊社の収穫機を検討しており、市場調査や試験、デモンストレーションには常に担当者（開発部門のトップ）が同行してくれていた。また、デモンストレーション時には弊社社長と A 社 COO とが面談を行い契約に向けて話を進めていた。

しかし、担当する C00 が交代したことにより、A 社の方針が変わってしまった。農業を知らない C00 が農業を知らない部下に調査をさせ、その調査から収穫機の仕様は 2 畦でなければならないと考え、当初と要求する内容が変わってしまった。

インドでは収穫後の処理や輸送が機械収穫用に整っておらず、機械も高額である。加えて、パンジャブ州は他州よりも畑が広いとは言え整備がされていないところもあり、2 畦は時期早々だと説明しても理解してもらえなかった。

また、デガーとハーベスタの違いを理解させられなかったことも重なり、新市場としてのイメージを持ってもらうことができなかった。

以上の結果、A 社 C00 が交代以降は交渉が長期化してしまい、要求する仕様や契約内容について意見が合わないことから、これ以上交渉を続けても進まないと判断し契約を断念した。

その後は、他のメーカーを検討し、州政府とのつながりを活かすメーカーとの契約が良いと考え、パンジャブ州に本社工場があるトラクターメーカーの B 社と交渉を行った。

B 社は既に日本のトラクターメーカーが技術提携をしており、日本のトラクターメーカーのインド担当の方にも協力いただいて話を進めた。

B 社はジャランダールの大農家ともつながっており、COE 近郊の種イモ組合である POSCON や JPGA とも取引関係がある。実際、それらの農家からも B 社の紹介を受けた。

しかし、B 社においても収穫機の仕様は 2 畦を要求する話が出てきた。A 社と同様の説明をしたが B 社にも理解されなかったため、交渉が長期化して無駄に終わる可能性もあると判断し、交渉を断念した。

現在、3 社目としてコンバインメーカーの C 社と交渉を始める予定である。C 社もパンジャブ州に本社と工場があり、デモ見学や、複数の会社訪問と面談を行っている。訪日の際、弊社の施設見学や、日本の圃場視察もしており、機械化について十分理解されていると考える。

また、C 社は収穫機の仕様について 1 畦でも販売可能と判断しており、今後、具体的な話を進めていく予定である。C 社は、自社製品（コンバイン）の販売を通し、大型機械を製作しても販売実績が悪く、小型機械を製作したら販売実績が伸びたという経験をもとに、1 畦でも販売可能との判断をしている。

機械の現地事業化においては、現地顧客の購買可能な価格帯に製品を投入する必要性と、販売網やアフターサービスが必要である点を考慮すると、経営資源の限定される中小企業においては現地パートナーとの協業が第一に検討されると思われる。今回のプロジェクトではこの部分で大変苦労した経験から、パートナー企業との協業においては以下の点を客観的に確認すべきである。

- パートナー企業候補の選定
- 候補企業の評価（技術力・販売力・サービス力、協業体制）

- 候補企業の協業への意向・戦略
- 提携の条件

事業を開始してから、収益化するには通常かなり時間がかかる。特に現地にない新製品を導入する際には長期的な視点で上記の点を検討し協業する必要がある。

5) 海外事業戦略の策定の重要性

上記のように海外事業は長期的な視点で取り組む必要があり、経営資源（ひと、もの、お金）の先行投資が必要となる。よって、まずは企業として自社を取り巻く外部環境や、自社の内部分析をした上で海外事業に長期的な視点でどのように取り組んで行くかの戦略を策定することが重要である。その上で、海外事業のための人材の採用・育成、海外向けの商品開発、海外事業に必要な予算の確保を行うことが重要である。

② JICA や政府関係機関に向けた提言

パンジャブ政府園芸局局長並びに C/P であった COE からは、今回の大きな成果を受けて、引き続き JICA、東洋農機からの支援を受け続けていきたい旨の表明がなされた。

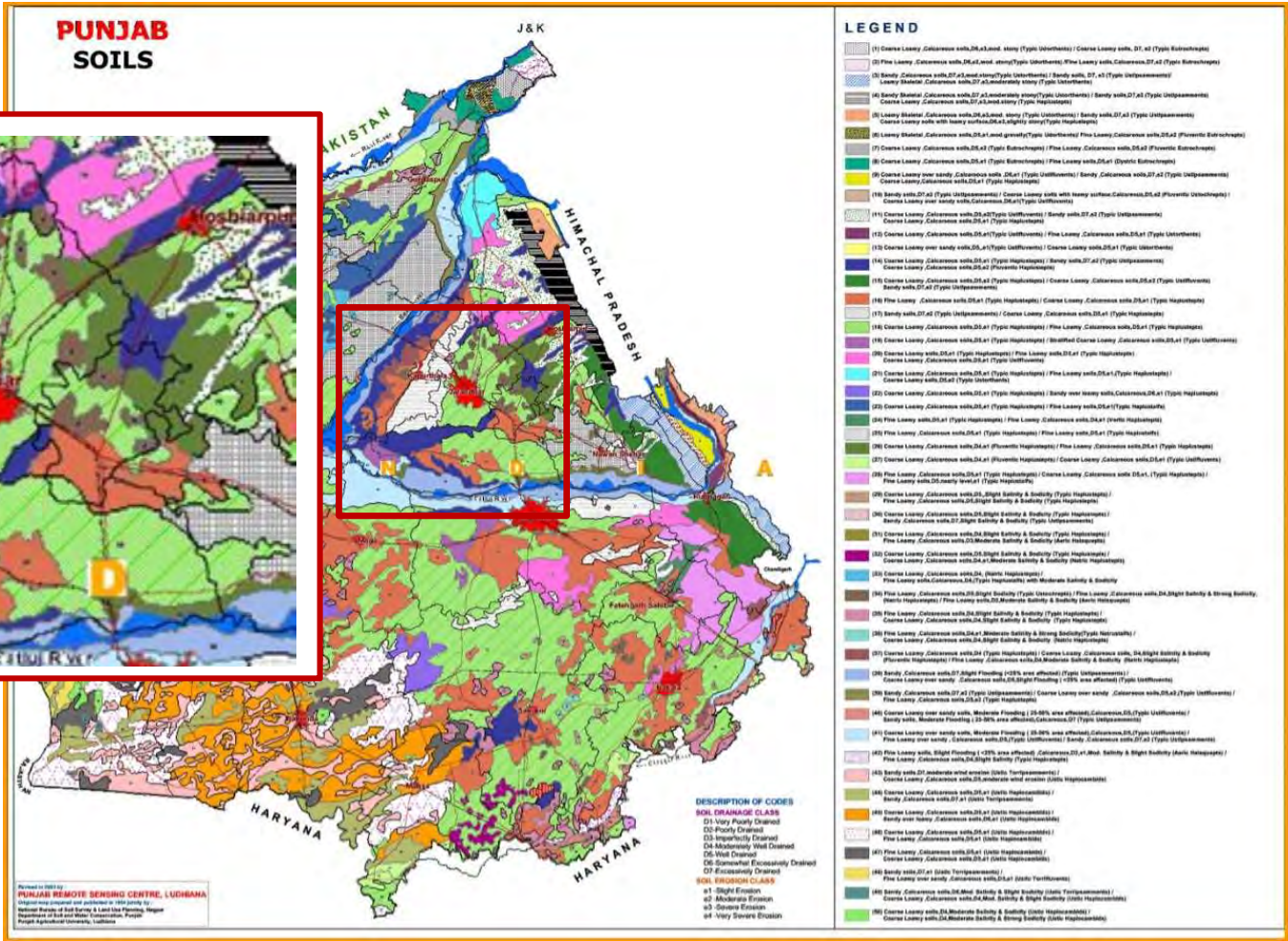
具体的には、パンジャブ州には COE をはじめ、園芸局傘下に 8 つの種イモ生産拠点があるが、それぞれにおいて、圃場整備、栽培、収穫農機の配置、農業普及員の技術教育（育苗管理、農機運用、メンテナンス等）並びに種イモ用冷蔵保存倉庫（コンテナ仕様）の設置を検討したく、これを円借款事業として実施していきたいとする意向を COE より確認している。現下、把握している現況としては、C/P において円借款事業要請にかかる要請書が策定され、州政府園芸局との協議がもたれている段階と認識している。なお、COE としては、導入される収穫農機等は、周辺農家向けに貸し出すことも念頭に、価格面から単独では収穫機を購入できない小規模農家層向けの農事相談事業として活用していきたい意向である。その流れから、C/P としては、機材調達と共に技術協力（栽培土壌整備、栽培計画、農機械操作・メンテナンス）をも含むパッケージ提案を期待している。予算規模としては、100 億円規模を想定しているとのことであった。

円借款による農機導入、それに付随した技術指導の枠組みに参加していけることで、東洋農機としてのインドにおける事業参入、販路拡大のためのデモンストレーション効果が期待でき、インド進出のための足掛かりが確実に開かれるものと考えられる。

添付資料

- パンジャブ州/ジャランダー地区の土質地図
- （講演資料） Introduction of Tokachi Agriculture and Potato Production System in Hokkaido, Japan
- （講演資料） High - yield Cultivation Techniques of Quality Potato in Japan

パンジャブ州/ジャランダール地区の土質地図



出典：パンジャブリモートセンシングセンター

(講演資料)

Introduction of Tokachi Agriculture and Potato Production System in Hokkaido, Japan



Introduction of Tokachi Agriculture and Potato Production System in Hokkaido, Japan

Prof. Dr. Tadatoshi SATOW

Laboratory of Field Machinery.

*Obihiro University of Agriculture and
Veterinary Medicine*



URL <http://www.obihiro.ac.jp/~fmsatow>

E-mail fmsatow@obihiro.ac.jp

Agricultural overview of Tokachi and rest of Japan

Geography

Japan	377,947km ²	(128.05million)
Hokkaido	83,457km ² (22.1%)	(5.50million)
Punjab	50,362km ²	(24.30million)
Tokachi region:	10,831km ² (2.9%)	(0.35million)
Obihiro city :	619km ² (0.2%)	(0.17million)

Climate of Obihiro

Temperature 6.5°C (Tokyo 16°C)

Summer: over 35°C

Winter: less than -25°C

Rainfall 900 mm/y (Tokyo 1450mm/y)

Snow fall 51cm (mean of max)

Tokachi agriculture is huge agriculture that produces wheat, potatoes, sugar beets, and beans. The agricultures of Japan other than Tokachi are the small-scale farming of the paddy production.

Tokachi and other regions are immensely different.



Japan



Hokkaido



Tokachi

Present of Tokachi Agriculture

Large-scale farming using agricultural machinery

Tokachi Agriculture

Food self-sufficiency rate is 1250%

Cultivated acreage : 255,000ha (22% of Hokkaido) 1ha=2.5 acer

Upland crops : 67.9% Fodder crops:31.4% Paddy:0.7%

Average cultivated area: 45ha(113acer)/farmer (some farmer are over 200ha (500acer))

Agri. production 250 billion yen 150 b. INR (323.3 b. yen 194 b. INR 2015YJ)

Main crops Family type farmer (2 ~ 4 people) without employment

Wheat, potato, sugar beet, beans (soybean, red bean, and Kidney bean), and vegetables

Hokkaido Agriculture

Food self-sufficiency rate is 200%

Cultivated acreage : 1.15 million ha (25% of Japan)

Upland crops : 30.0%, Fodder crops : 50.0%,Paddy : 19.5%,Fruit : 1.1%

Average cultivated area : 23.4 ha(58.5acer)/farmer

Agri. production 1.07 trillion yen 0.6 t. INR (12% of Japan)

Japan Agriculture

Food self-sufficiency rate is 40%

Cultivated acreage : 4.52 million ha Upland crops : 54.4%, Paddy : 44.6%

Average cultivated area : 4acer/farmer Agri. production 8.57trillion yen 5.1 t. INR

Efficient Tractor Agriculture in Tokachi and Hokkaido



Tillage



Potato management



Weeding



Wheat Harvesting



Spraying



Cultivating



Potato Harvesting

The Tokachi agriculture becomes huge with mechanization, various agricultural machineries of domestic and the imported are used.

Moreover, the development of the information tcommunication echnology in agriculture is expected.

Tokachi farmers do not produce crops that have not been mechanized.

Implement and machinery of according to crops

Crops	Tillage	Seedling	Cultivation	Pest control	Harvest
Beans	Moldboard plow Disc harrow Rotary harrow	Planter	Cultivator Mechanical weeder	Boom sprayer	Been harvester
Potato	Moldboard plow Disc harrow Rotary harrow	Potato planter	Cultivator Molding furrower	Boom sprayer	Potato harvester
Wheat	Moldboard plow Power harrow	Grain drill	No use	Boom sprayer	Combine harvester
Sugar Beet	Moldboard plow Disc harrow Rotary harrow	Sugar beet trance planter	Cultivator Mechanical weeder	Boom sprayer	Beet harvester
Corn	Moldboard plow Disc harrow Rotary harrow	Planter	Cultivator Mechanical weeder	Boom sprayer	Corn harvester
Forage crops	Moldboard plow Disc harrow Rotary harrow	Broadcaster	No use	Boom sprayer	Forage harvester

Mechanization cropping system of potato

1. Preparation of seed tuber

Cold storage



2. Tillage work

Plow, Disc harrow, Rotary harrow



3. Planting

Potato planter



4. Crop management

Cultivator, Inter row weeder, Molder



5. Spraying

Boom sprayer



6. Harvesting

Potato harvester, Potato digger



7. Transportation

Forklift, Farm track



Preparation of potato seed (Nov. ~Apr.)



Dormant storing in cold storage (2~3°C)



Hastening of germination of seed tuber (March)



A big potato is divided into 2 or 4



Mei-queen of typical variety



Before sowing

Tillage and land preparation (End of April)

The cultivation layer is turned by plow, broken clods by disc harrow, and leveled by rotary harrow (Making a good seed bed)



Plow



Spike harrow



Spring harrow



Disc harrow



Wide rotary harrow



Wide rotary harrow

Disc harrow

The disc harrow is a clod crusher. A lot of plate disks with the curved surface are installed in the gang axis of a single row and the double row at regular intervals.



Tandem offset disc harrow



TOYONOKI

T. SATOW OBIHIRO Univ.

Rotary harrow

The rotation power (PTO) of the engine of the tractor is transmitted directly to the tillage blades and a final seed bed is formed.



Combination harrow



Sowing work (End of April - beginning of May)

The seed tubers are seeded by a potato planter (rotation disc plate type and type of the elevator) only for potato.



The potato cut by the hand sows in a disc plate type.



Rotation disc plate type



Automatic seed tuber cutting planter



Seed tuber cutting mechanism



The ridge is a straight line in accuracy.

Semiautomatic potato planter



Cut seed tubers are supplied with large-scale backing.

The fertilizer is supplied with a mixer.

Fully-automatic Potato cutting planter



4 row fully-automatic type



Whole seed tuber



The seed tubers are supplied with containers



Large-scale potato planting work of European technologies in the Tokachi agriculture



Midema 6 row potato planter



GRIMME potato planter



AVR 4 row type potatoplanter



Planting work in Tokachi (Original video you tube)

Growing process of potato



Germinates at the late-May.



Early molding in the beginning of June



Molding in the Middle of June



Flowering in the beginning of June



The middle of August



Withering in the middle of September

Growth management practice of crops (late May~July)

The moldings of potatoes are important for the rhizosphere region expansion.



Initial cultivation work



Rotary cultivator



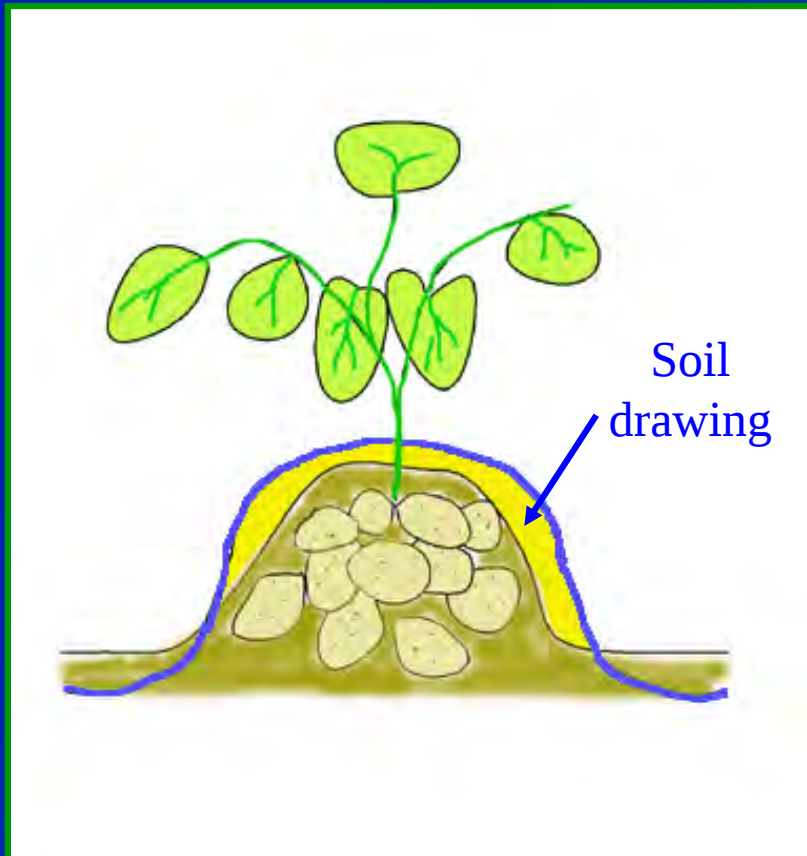
Rotary cultivator



Early stage molding by rotary Hiller

Potato furrower (ridging)

Roots of the potatoes are expanded, and it increases in products and the greening potato is prevented.



Conventional furrower



Early stage molding furrower

Spraying (May - August)

After seeding, the herbicide is scattered in the control work. The fungicide and the insecticide, etc. are sprayed about eight times from May through August. The withering medicine was sprayed for the harvest before.



Application of liquid agricultural chemicals by large-scale boom sprayer



Type of boom sprayer



Tractor mount type (both side boom) (1500L 18m)



Trailer type (6000L 33m)



Self propelled type (5000L 31m)



Harvesting (Late-August- Late September)

There is a potato for the fresh market and the processing (potato chips fries and starch raw materials).



The stalk has withered.



Potato harvester



Selection on machine of potato by people



Harvested potatoes are put in the large size container and transportation.



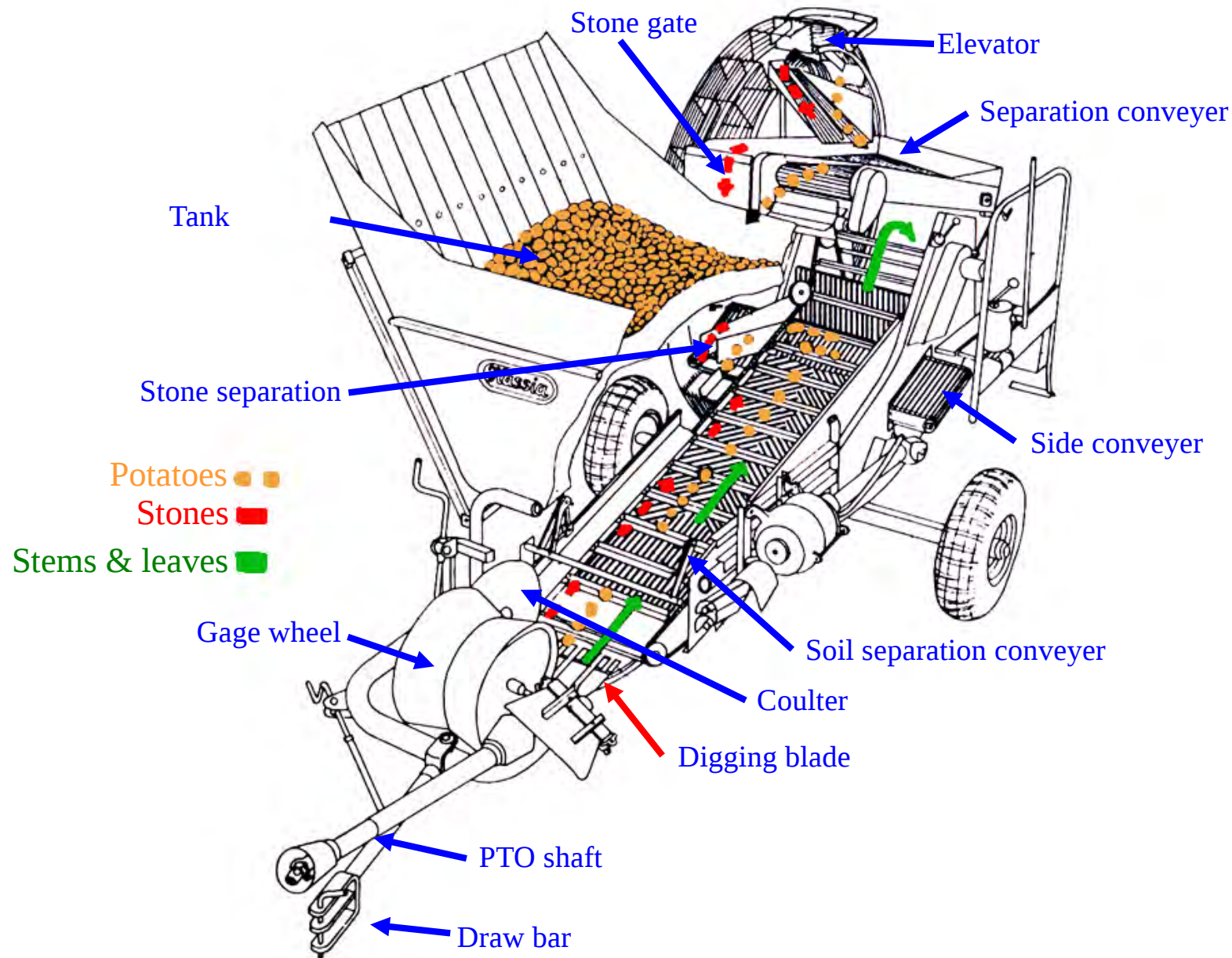
Large-scale mechanical harvesting of potato chips company

Potato harvester

Potato harvest work are including leaf treatment, pick up potatoes, separation the soil and stone, selection, collection of cargos, carrying out with the machine.



Schematic diagram of potato harvester



Offset type Potato harvester



TOYONOKI

Conclusion

- Agricultural machines are **indispensable items** in the large-scale farming of the Tokachi agriculture.
- Agricultural machines provide with the **income increase** and the improvement of the **quality and enable the proper time work**.
- Agricultural machines **reduce the labor**, and enable the **cost decrease** and the **stability production**.
- There are a lot of kinds of machines because many kinds of crops are grown, and the machine cost is high in Tokachi.
- The mechanized farming starts and only 60 years. The development of agricultural machines will be **expected more and more** in the future.

The farmers' scale expansions are necessary for the mechanization of agriculture.

The mechanization of agricultures are necessary for the farmers' scale expansions.



The Tokachi agriculture became the farm area of a top class by mechanization in Asia.

(講演資料)

High - yield Cultivation Techniques of Quality Potato in Japan

High - yield Cultivation Techniques of Quality Potato in Japan

Tsukasa KAWAKAMI

Head, Plant Variety Protection Section
Center for Seeds and Seedlings, NARO

High- yield Cultivation Techniques of Quality Potato in Japan

1. Cultivation design for high yield and quality potato
 - (1) Potato Cultivation Techniques for High Quality and High Yield
 - (2) Management of number of stems and increasing number of tubers
 - (3) Enlargement of tubers, increasing average weight of tubers
 - (4) Design of Potato Cultivation for High Quality and High Yield
 - (5) Other factors
 - (6) Example case by demonstrated cultivation
2. Importance of earthing up
 - (1) Effectiveness of earthing up
 - (2) How to earthing up
 - (3) Recent activities on earthing up

Conclusion

1. Cultivation design for high yield and quality potato

Yield



Number of tubers



Enlargement of tubers

Number of tubers per unit area
**(Number of plants(hills) X
Number of tubers per unit plants)**

Increasing average weight
of tubers

Factors of Potato Cultivation Techniques

- Varieties, suitable varieties
- Process before planting seed potatoes
Chitting (sprouting), chemical treatment and grouping tuber size
- Suitable fertilizer management
- Adequate planting time
- Suitable cultivation management
Techniques to cope with environmental factors during growth
(soil, weather condition, and pest and diseases)

1-(1) Potato Cultivation Techniques for High Quality and High Yield



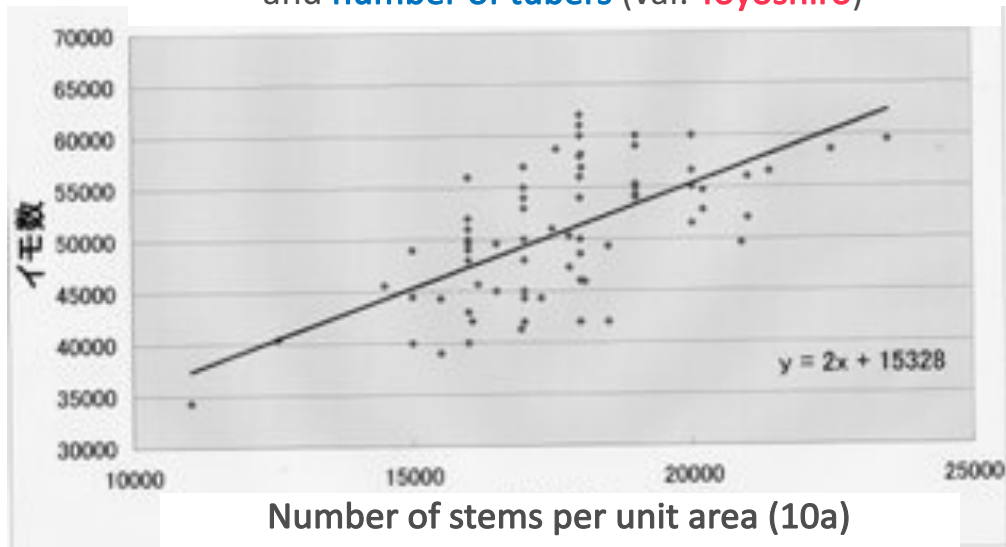
1-(1) Potato Cultivation Techniques for High Quality and High Yield



1-(2) Management of number of stems and increasing number of tubers

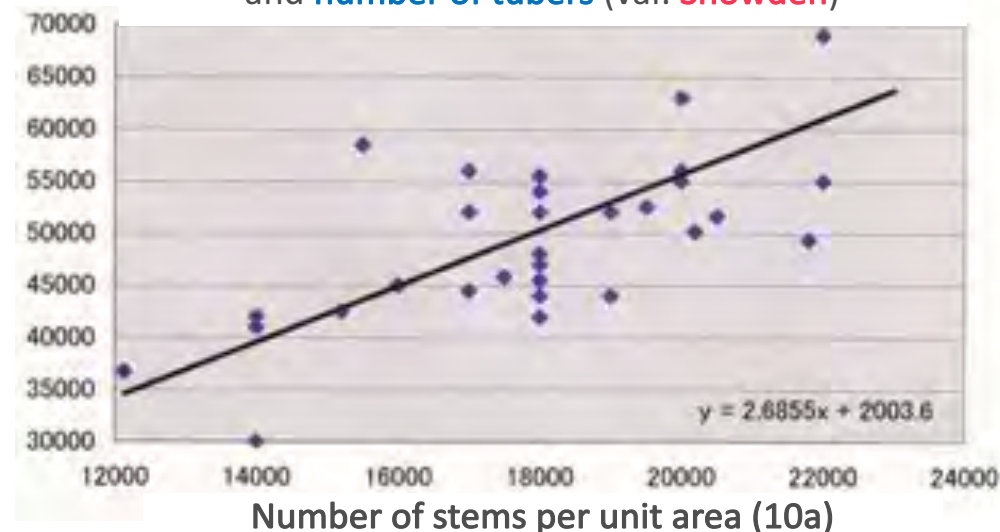
Number of tubers

Relationship with **number of stems per unit area** and **number of tubers** (var. **Toyoshiro**)



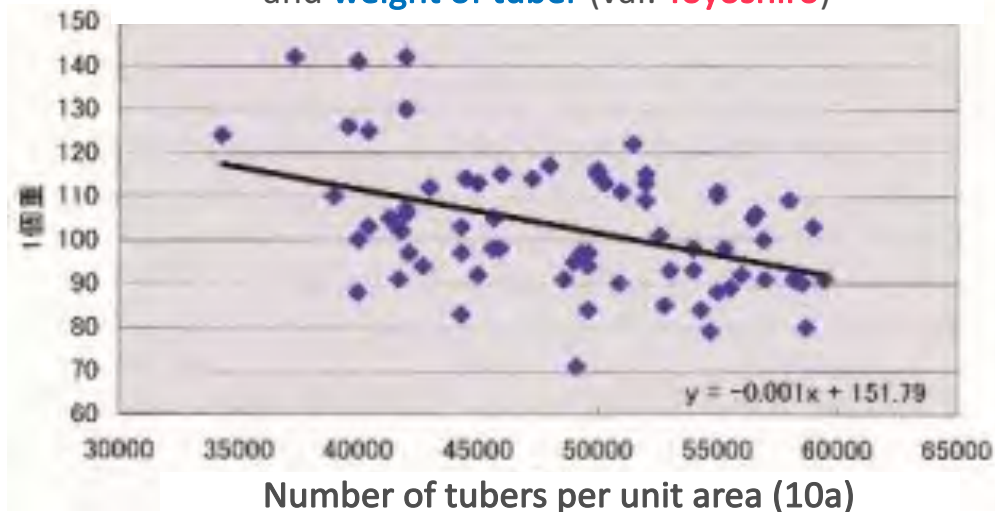
Number of tubers

Relationship with **number of stems per unit area** and **number of tubers** (var. **Snowden**)



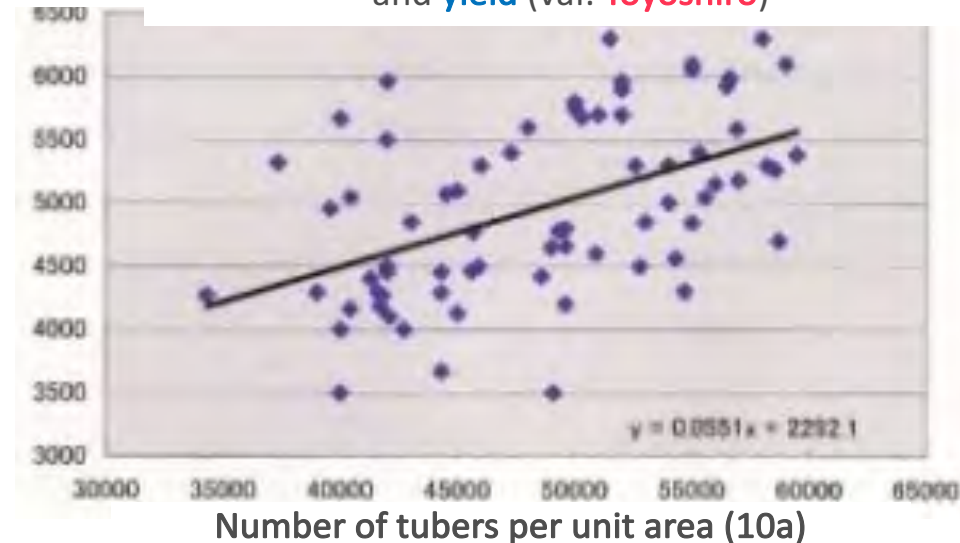
Weight of tuber (g)

Relationship with **number of tubers per unit area** and **weight of tuber** (var. **Toyoshiro**)



Yield/10a (kg)

Relationship with **number of tubers per unit area** and **yield** (var. **Toyoshiro**)



Management of number of stems in the field

- Treatment of seed tuber

Heat-shock



Chitting (sprouting)

tuber size:
60-200g
Total yield:
4t/10a

- Recommended number of stems:

Ex. 3.6 stems/plant

planting density:

75 X 26 cm = 5,128 plants/10a

5,128 X 3.6 = **18,460 stems /10a**

18,500 stems / 10a

More than 3.5 stems / plant

- Maintaining low variation in the number of stems per plant:

- Plant seed tuber by type:

size, whole tuber or cutting tuber (1/2, 1/4)

- Careful planting operation

- Keep uniform plant distance

Management of number of stems in the field

Effect of different number of stem to yield of potato tubers (var. **Toyoshiro**)



2 stems per plant

Ave. **9 tubers / plant**
4.5 tubers / stem



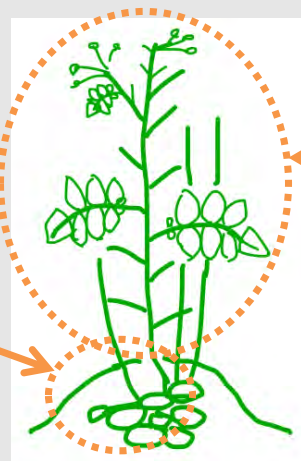
3-4 stems per plant

3 stems: Ave. **13 tubers / plant**
(Left) 4.3 tubers / stem
4 stems: Ave. **15 tubers / plant**
(Right) 3.8 tubers / stem

1-(3) Enlargement of tubers, increasing average weight of tubers

Enlargement of tuber

- Soil moisture
- Soil nutrient

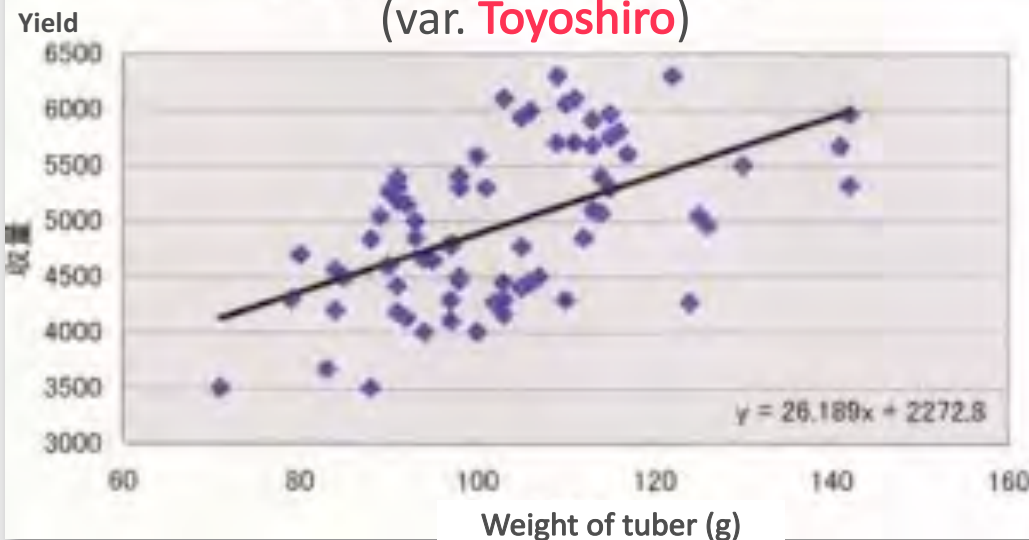


- Foliage size
- Growth time of foliage

Important factor:

Nutrient for tuber enlarged in the late growth period

Relationship with weight of a tuber and total yield (var. **Toyoshiro**)



Too much weight of tuber:

- Low specific gravity
- Internal physiological disorders
- Secondary growth

1-(4) Design of Potato Cultivation for High Quality and High Yield

First growth period of potato

Management of number of stems
in the field



Sufficient number of tubers

Late growth period of potato

Suitable fertilizer management
and field management



- Enlargement of tubers
- Increasing tuber weight

Target for processing material:

Tuber size: 60 - 200g, uniform size

Yield: 40t/ha (product), 50t/ha (total)

- Management techniques for high-yield and quality potato cultivation
 - ✓ Sprouting techniques: heat shock and chitting (sprouting)
 - ✓ Management in the field:
 - Irrigation, suitable fertility management and enhancing soil fertility
 - Field management (weeding and earthing up)
 - Control of pests and diseases
 - ✓ Harvesting
 - Reduction of incised wound and bruise of tubers

1-(6) Example case by demonstrated cultivation

Actual example of managing number of stems and increasing number of tubers (var. **Toyoshiro**)



High variation of stem num. and plant distance



Low variation of stem num. and plant distance

Num. of stems (June): left 16,000, right 18,000/10a

The num. of stems per plant and distance between plants (hills): left: high variation, right: low variation



Num. of stems (August): left 16, right 18/m²

Total yield: left: 5,900, right: 6,300kg/10a



Num. of tubers: left: 52, right: 58/m²

Weight of tuber: left: 113, right: 109g

1-(6) Example case by demonstrated cultivation

Case of **suitable** the num. of stems per plant and distance between plants (hills) (var. **Toyoshiro**)



Num. of stems:

19/m²(August)

Num. of tubers:

54/m²

Yield (product):

3,806kg/10a

Weight of tuber:

93g

Case of **insufficient** the num. of stems per plant and distance between plants (hills)



Num. of stems:

16.5/m²(August)

Num. of tubers:

48/m²

Yield (product):

3,657kg/10a

Weight of tuber:

117g

1-(6) Example case by demonstrated cultivation

Case of **suitable** the num. of stems per plant and distance between plants (hills)
(var. **Toyoshiro**)



1 mあたりの収量 5,300g イモ数 65個 1個重 81g 茎数 18本



Num. of stems:
18/m²(August)
Num. of tubers:
65/m²
Yield (product):
3,881kg/10a
Weight of tuber:
81g



Num. of stems:
19/m²(August)
Num. of tubers:
65/m²
Yield (product):
4,301kg/10a
Weight of tuber:
81g

1-(6) Example case by demonstrated cultivation

Case of **suitable** the num. of stems per plant and distance between plants (hills)
 (var. **Snowden**)



1 m²当たりの収量 5,900g イモ数 78個 1個重 76g 茎数 21本



Num. of stems:
21/m²(August)
 Num. of tubers:
78/m²
 Yield (product):
4,000kg/10a
 Weight of tuber:
76g



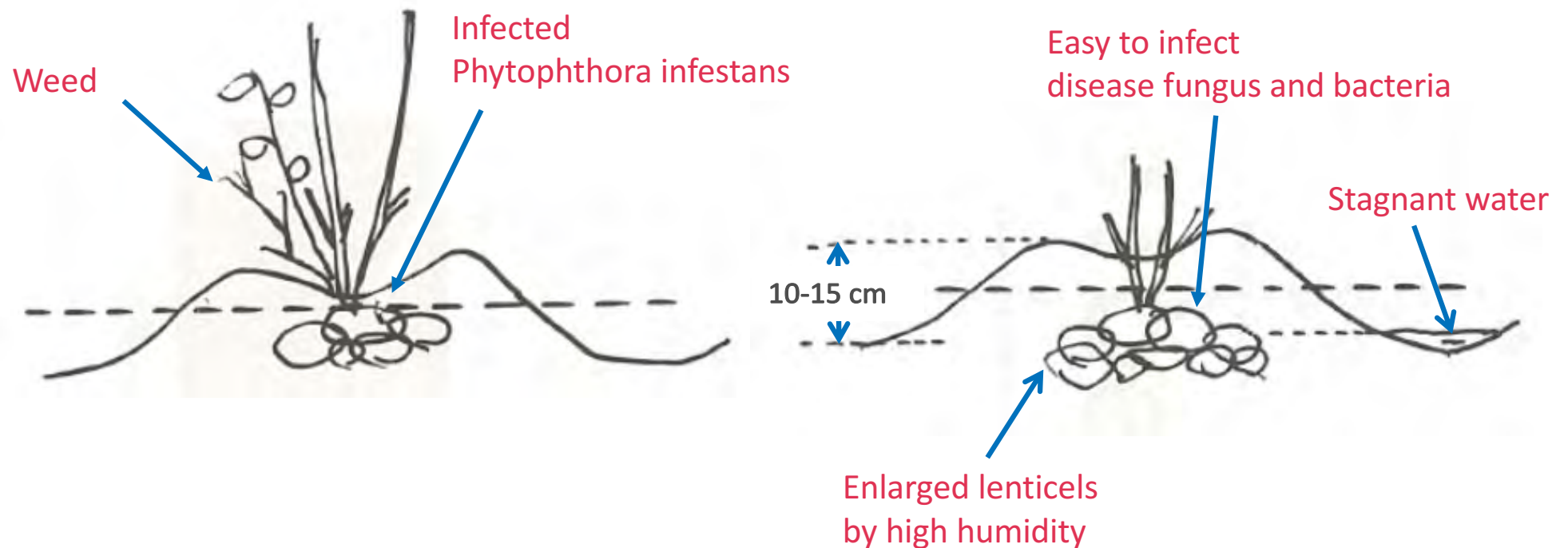
Num. of stems:
22.5/m²(August)
 Num. of tubers:
61/m²
 Yield (product):
4,081kg/10a
 Weight of tuber:
100g

2. Importance of earthing up

Advantage of earthing up

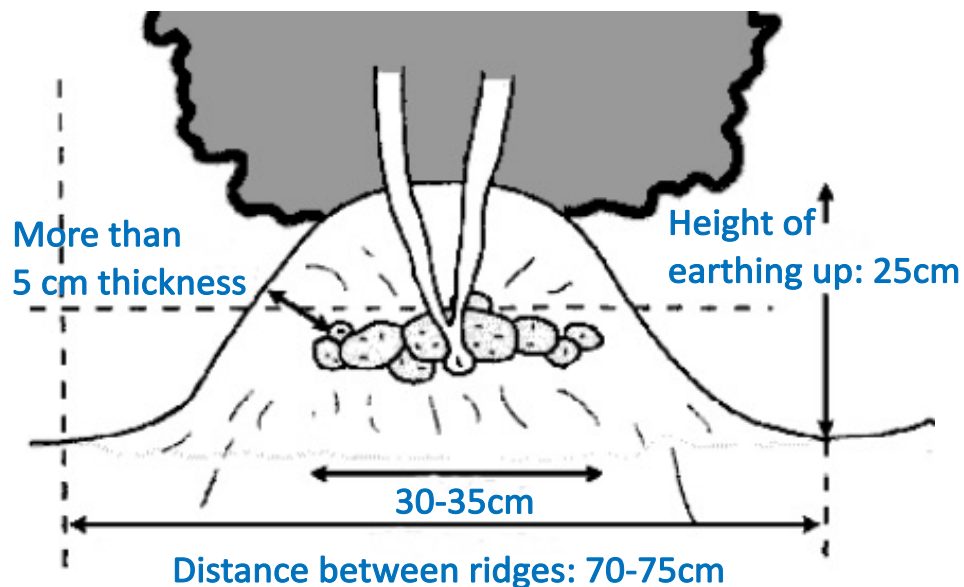
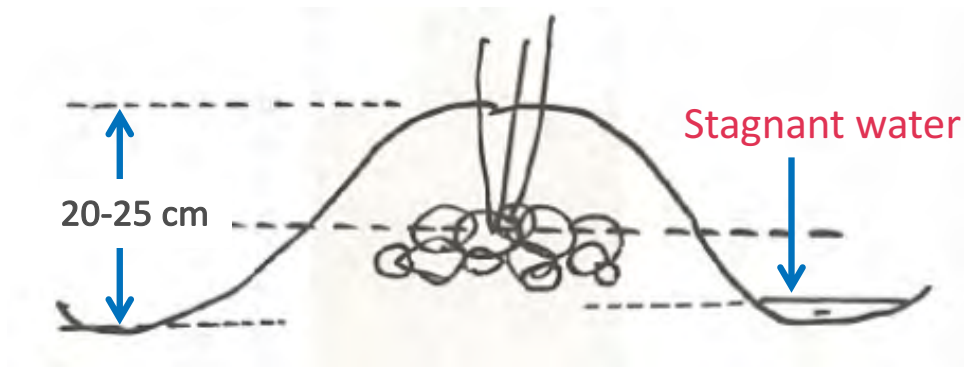
1. Maintaining **suitable soil temperature, 15 to 20 C**, for swelling the tuber and accumulating starch in the tuber.
2. **Well drainage**, it would be hard to rot tubers because the tubers are located in above the bottom of between ridges.
3. **Preventing tuber greening**
4. **Preventing enlarged lenticels**, it would be control scab.
5. **Well retaining water in the soil**, it would prevent physiological disorders, such as internal brown spot, hollow heart, black heart, secondary growth, because tubers would be hard to be subject to climatic influence.
6. **Preventing falling down foliage**
7. **Taking effect for weeding**
8. **Increasing rooting zone in the ridge**, it would be help the growth of potato.
9. **Preventing physiological disorders** derived from Rhizoctonia canker.
10. **Preventing incised wound, bruise and peeling**, it would be easy for harvesting operation.

Insufficient earthing up



2-(2) How to earthing up

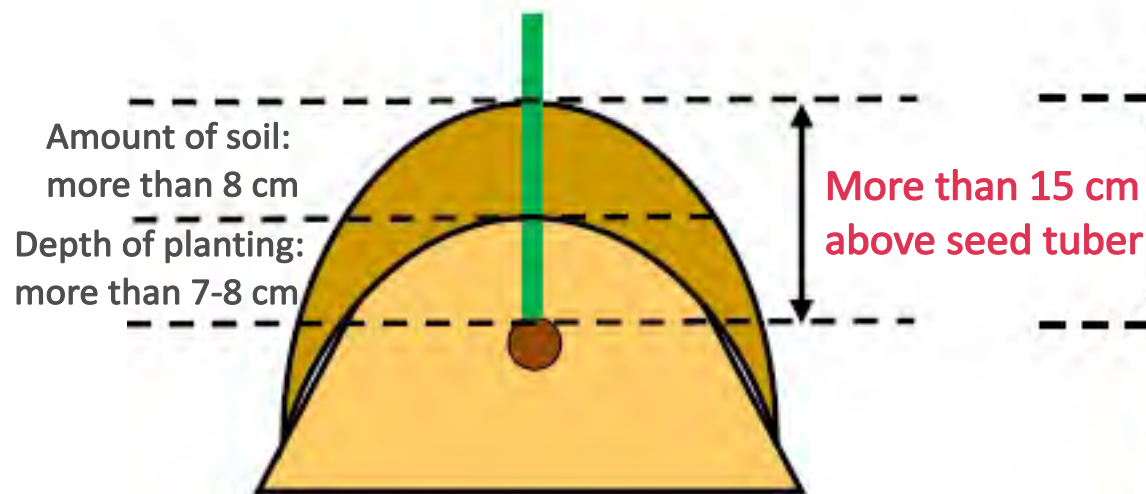
Suitable earthing up



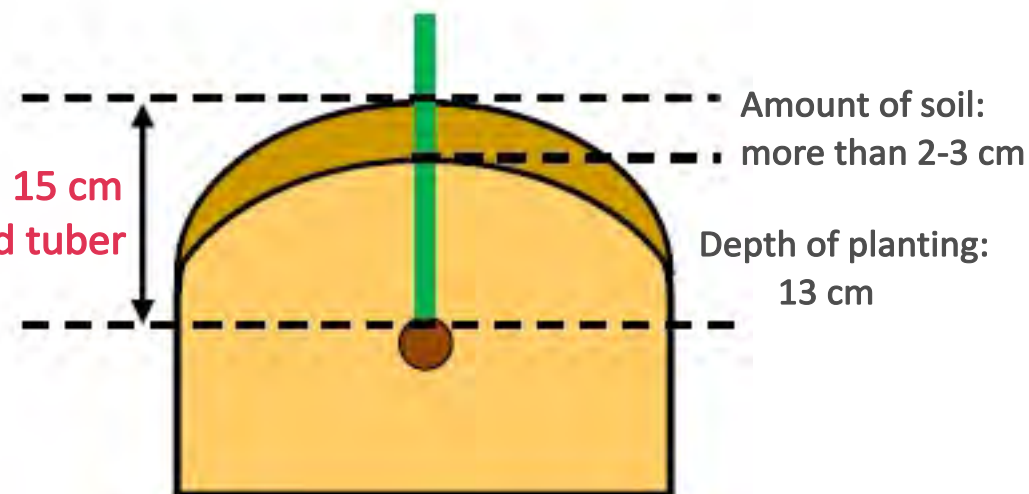
- Finish earthing up **until sprouting time** to prevent damage of root and stolon.
- Heap up soil with the amount of **15 cm** and **25cm height** so that potato can secure a space for tuberization and enlargement of tubers.

Recent type of earthing up

Barrel-vaulted shape



High barrel-vaulted shape



Kamaboko shape

“Kamaboko” is boiled fish paste, which is a traditional Japanese food.

Effectiveness of earthing up before sprouting (early earthing up)

Before
sprouting
(early earthing up)



June 20



June 23



Middle of July

After
sprouting



2-(3) Recent activities on earthing up

Relationship among covering soil, method of earthing up and growth

Before sprouting (early earthing up)



After sprouting



Method	Ordinary earthing up (after sprouting)	Early earthing up (before sprouting)
Thickness of covering soil	about 6cm above seed tuber	about 15cm above seed tuber
Length of underground stem	about 5cm	about 14cm
Num. of node on underground stem	5 to 6 nodes	
Length of between nodes	short	long
Length of stolon	generally short	long
Num. of stolon	same number	
Days between planting and sprouting	20 - 25 days	23 - 28 days
Amount of earthing up	about 9cm above covering soil	0cm
Depth of seed tuber	about 14cm	
Depth of tubers at harvesting	about 9cm	less than left

- **Management techniques for high quality potato**
 - ◆ Sprouting techniques: heat shock and chitting (sprouting)
 - ◆ Management of number of stems and increasing number of tubers:
 - Suitable planting density
 - low variation of num. of stems per plant and distance between plants (hills)
 - ◆ Management in the field:
 - Irrigation, suitable fertility management and enhancing soil fertility
 - Field management (weeding and earthing up)
 - Control of pests and diseases
 - ◆ Harvesting
 - Reduction of incised wound and bruise of tubers

Thank you for your attendance.

Department of Horticulture, Punjab State

Summary Report

the Republic of India

Verification Survey with the Private Sector
for Disseminating Japanese Technologies
for Potato Harvester

June, 2018

Japan International Cooperation Agency

Toyo Agricultural Machinery Manufacturing Co., Ltd.

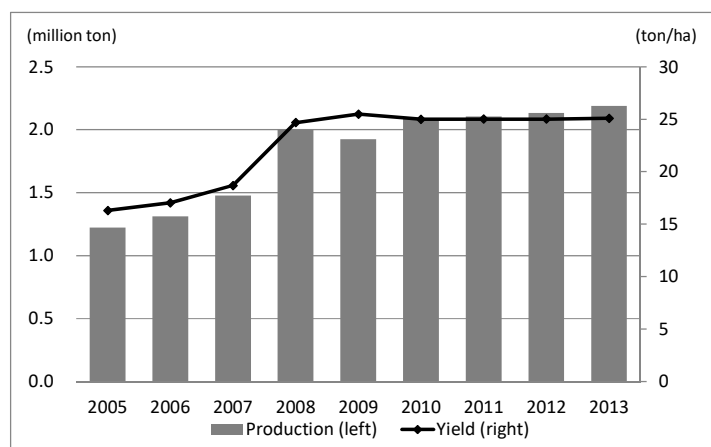
SUMMARY

Current situation of potato farming in Punjab and its challenge

The State of Punjab is the leading agricultural state in northern India, where diversification of crops such as potatoes and maize is an urgent issue in addition to its major grains of rice and wheat. Although potatoes have been intensively harvested between mid-January and the end of March due to climate and weather constraints, the availability of labor force, which needs to be deployed in big number in the limited time schedule under conventional labor-intensive farming style, posts a critical factor for continuity of potato farming in the region, and to secure such workers from surrounding areas and other states has become more difficult in recent years. One of the reasons can be illustrated in that the labor costs of these workers are rising year by year. Also under current labor-intensive farming practice, large-scale farmers who need a large number of workers are not in a status where the planting area can be increased with comfort.

In fact, in the State of Punjab, until now, although the yield has increased due to fertilizer improvement etc., the production volume has not expanded much, and both the unit yield and the production volume have remained unchanged since 2008 (below figure). Such circumstances of the State that produces the majority of Indian seed potatoes are becoming constraints for the expansion of productivity of potatoes throughout India. Thus improvement of productivity and conversion from labor intensive conventional farming to mechanical agriculture using machine (Mechanization needs substituting for labor shortage) is pursued.

Consequently, introduction of harvesting machines is expected and it is naturally urged with changes in cultivation system and harvesting / management system, then contribution to improvement of unit yield (improvement of productivity) and eventually to agricultural income in the area can be envisaged.



Trends of potato production in Punjab

(Source) Punjab State Government HP

This survey is designed to demonstrate and verify the impacts of introducing Japanese products/technologies in the proposed project site. Since mechanization of potato harvest is of great need in the State of Punjab, potato harvesters are brought from Japan and introduced at the Center of Excellence for potato (COE), Jalandhar.

1. Outline of products and technologies to promote and demonstrate

The proposed potato harvesters (TPH179 and TPH55) were developed for fitting to the local context of India, based on the Japanese model. TPH179 is a self-propelled compact model designed for small fields and THP55 is tractor-mounted model with relatively economical pricing. In addition to TPH 179 and TPH 55, for field preparation (for cultivation) suitable for mechanization, one rotary cultivator (Products of other companies) is also introduced.

Comparison of specifications between TPH 179 (used in the demonstration in 2014) and India models

Particulars	TPH179 (Japanese model)	TPH179 (India model)	TPH55 (India model)
Type	Self-propelled	Self-propelled	Tractor-mounted
Length	5,700mm	5,700mm	6,540mm
Width	2,500mm	2,500mm	2,500mm
Height	2,900mm	2,900mm	3,100mm
Weight	5,600kg	5,000kg	2,810kg
Engine	4 cycle water cooled direct injection diesel 3,059 cc	4 cycle water cooled direct injection diesel 3,059 cc	N/A
PS / RPM	40.5kw(55PS)/2,100rpm	40.5kw(55PS)/2,100rpm	Adaptive tractor 36.8 kw (50 PS)
Number of gears	HST infinite speed change	HST infinite speed change	According to tractor specifications
Running speed	0~5.5km/h	0~5.5km/h	According to tractor specifications
Work efficiency	0.5~0.7ha/day	0.5ha~1.5ha/day	
Excavation number	1 Ridge	1 Ridge (Two ridges are also possible by using air-drying compatible pickup unit)	
Product tank	Capacity 700kg	Capacity 700kg	Capacity 1,320kg
Crawler / Tire	Crawler type	Crawler type	Tire type
Drive	Hydraulic type	Hydraulic type	Mechanical type
Development period	—	6 months	6 months

Comparative advantage of the proposed product (comparison with competitor A company)

Particulars	ToyoNoki TPH179	Competitor products
Type	Self-propelled / crawler type	Traction type / tire type
Length	5,700 mm	7,900 mm
Width	2,500 mm	3,000 mm
Height	2,900mm	3,000 mm
Engine	4 cycle water-cooler/Diesel 3,059cc	NA
PS / RPM	55PS/2,100rpm	75 PS～
Running speed	0～5.5km/h	NA
Harvest area per day	0.5～1.5ha	2ha
Price	JPY 15,000,000	JPY 30,000,000 (incl. tax and tractor)
Required investment for harvest (1 ha)	JPY 10,000,000* ¹	JPY 15,000,000* ²

*¹ The price of the products is based on the manufacturing price in Japan

*² Harvesting area per day and price of Competitor A product are estimated values

2. Outline of dissemination and demonstration project

(1) Purpose of the project

Dissemination of mechanized farming practices will be pursued with utilizing potato harvesters by measuring the impacts in the local area, providing guidance to the C/P for establishing a new cultivation system then demonstrating mechanized harvesting systems for farmers.

In this project, guidance for establishing a farming system suitable for potato harvesting machines and mechanization in Punjab, where the majority of seed potatoes is produced in India, was provided for extension workers and farmers in the regions. By doing so, we intend to strengthen the capacity of C / P related to these technologies and improve the institutional capacity for dissemination, thereby contributing to the improvement of the production volume and added value of farmers in the future.

The main beneficiary of potato cultivated farmers (there are no specialized potato farmers, but concurrent farmers with other crop cultivation such as corn, sugarcane, rice etc) differ in size, but if the potato harvesters become popular, small and medium-scale farmers who cannot afford to purchase directly can also compensate for labor shortage by using renting services by contractors (leasing companies) commonly used in India. As a result, even farmers other than large-scale farmers will increase the planting area and increase the production volume and can expect income to improve. For large-scale farmers who can purchase equipment, we are

targeting farmers having about 20 to 30 ha of farming lands with reference to the results of the project investigation, and it is assumed that the specifications of equipment compatible with the price of investment recoverable within 3 years shall be considered. Based on these principles, we have started to develop the models with local agricultural machinery manufacturers.

In this project, we will also examine business development and dissemination plan through demonstration activities of potato harvesters, and aim to disseminate products in the State as well as in Gujarat after this project.

(2) Expected achievement

Output 1: Instruction for introducing a farming system suitable for mechanization of potato harvesting in the context of India shall be performed.

Output 2: Efficient post-harvest processing and transport systems are proposed.

Output 3: Business development and dissemination plans of potato harvesting machines will be considered.

3. Implementation methodologies and work plan

(1-1) Grasp the present condition and problems of cultivation and harvesting techniques based on the farming practices of potato farmers

(1-1-1) Survey on actual cultivation state

By investigating the farming practices of potato farmers in each state of Panjab, Gujarat, Uttar Pradesh, the actual state of potato cultivation and harvesting technologies in India shall be observed, and from this survey results, we grasp the issues, that is, actually the market needs and required technical specifications needing for potato harvesters.

(1-1-2) Proposal of cultivation, harvesting system and harvester specification

Based on (1-1-1), a new cultivation, harvesting system and harvesting machine specification shall be examined. Regarding the cultivation system, the soil preparation and mechanization of planting work is mainly focused on, and with respect to the harvesting system, from the system (securing pillow land etc) for ensuring certain operability of the potato harvester in the field, combination of other machines like tilling machine, leveling equipment, sprayer, sprinkler etc. are proposed.

(1-1-3) Market survey and competition survey

For considering required technical specifications necessary for the product development plan, additional investigation shall be carried out, and detailed conditions for the design specification

of the machine, price setting, and selling method are considered. Then it will be reflected and utilized for business development and dissemination plan.

(1-2) Manufacture and transportation of Indian specification harvesters

For manufacturing harvesters of Indian model, two harvesting machine models shall be manufactured in Japan, and these machines will be transported to India. And as described in (1-3), (1-4) below, it is used for the purpose of contributing to demonstration and performance testing. Transportation shall be carried out with rust prevention treatment applied.

(1-3) Trial in a model farm

Modification and adjustment for the harvesters shall be performed in accordance with the demonstration proposed and tried in the model farm.

(1-4) Evaluation of harvesting effect etc. (demonstration and validity of new system and demonstration of local suitability of harvester)

In order to verify the on-site compatibility (technical aspect, market side) of the harvesting machine being improved and adjusted as the Indian model, the newly proposed cultivation system for mechanization and conventional cultivation fields shall be prepared and the effects of mechanical harvesting will be evaluated by conducting performance tests in comparison.

(1-4-1) Measurement and evaluation machine harvest in comparison with manual harvesting (hand picking)

Work efficiency test

As a method of the work efficiency test, in the first year, the work conditions in the same harvest (hand picking) field shall be prepared, then machine and manual harvesting will be tested in the same conditioned field and the effect is going to be compared. Specifically, workloads of 20 a for manual harvesting (hand picking) and machine harvesting shall be calculated and the amount of field work per hour will be obtained. In addition, work costs such as personnel expenses are going to be calculated then compared.

Working accuracy test

In the first year, the harvest loss ratio and damage rate in manual harvesting (hand picking) and machine harvesting shall be measured, then the yield will be calculated. Also the shipment value per ha shall be compared, and the effect by introducing machine harvest will be evaluated.

(1-4-2) Performance test of machine harvesting in field of new cultivation system in comparison with conventional cultivation (effect measurement and evaluation)

Work efficiency test

In the second year, we shall calculate the workload when we used machines in the field of conventional cultivation as well as in the field with the new cultivation system, then the effects shall be compared.

Working Accuracy Test

In the second year, the harvest loss ratio, the damage rate at the time of mechanical harvesting in conventional cultivation and new cultivation system shall be measured then the yield will be calculated. Also the shipment value per ha is going to be compared and the effect of the new cultivation shall be evaluated.

(1-5) Guidance on using harvesters through OJT in and outside the model farm

While the history of introducing the process of mechanization like harvesting machines etc. in Japan (Hokkaido) together with improvement of productivity and quality shall be referred, a seminar for C/P is going to be organized and gain understanding on the significance, direction, process, roles of each stakeholder of mechanization promotion based on Indian current situation (potato harvesting).

(1-6) Examination of cultivation system suitable for mechanization, introduction in model farm and guidance for staff member

Introduction of a new cultivation system corresponding to the direction and process of mechanization shall be practically pursued in the model farm based on the present situation of India (especially potato harvesting). Also training program for COE staff member as well as for the farmers around the COE is planned, then several sessions of guidance for new cultivation systems suitable for mechanization are going to be organized.

(1-7) Promotion activities for farmers (seminar implementation)

The project team shall assist the COE staff member to organize and conduct dissemination activities (seminars etc.) for farmers around the COE. Demonstration of cultivation systems suitable for mechanization (ridges, furrow spacings etc.) is going to be performed with required support for farmers' understanding on field preparation, planting, field management, and mechanical harvesting work in accordance with the new cultivation system. Such demonstration

shall be conducted at fields controlled by COE as well as the small and medium scale farmers association (like Jalandhar Potato Grower's Association: JPGA), and local farmers.

(1-8) Dissemination program for surrounding farmers (demonstration)

Through this project, the COE staff is supposed to provide technical support for the farmers around the COE to conduct dissemination activities by demonstration of harvester. By incorporating the results of field demonstration and conducting lectures related to new cultivation practices and the operation and maintenance of the machine, technical transfer of such dissemination activities is desired to be continued as their daily activities even after completion of the project.

(2-1) Post-harvest handling and transport system survey

Information shall be gathered for investigation of the issues on post-harvest handling and transport system of potatoes in current India. As it is practiced in Japan, by using large containers and dump trailers, it is assumed that the efficiency of harvesting work and transportation shall be improved, and possibilities of adapting these methods in India shall be investigated as a future post-harvesting system.

(2-2) Proposition of efficient post-harvest processing and transportation methods

Based on the field survey of (2-1), we intend to propose to the COE staff and nearby farmers an efficient post-harvest processing and transport system from the practices being performed in Japan.

(3-1) Acquisition of certificate, analysis on prospects of subsidy and survey on criteria for equipment to be certified as a financing object

We intend to investigate the ways of acquiring certificate for harvester for government subsidy as well as for loans, then look for business development and dissemination plan of potato harvester in the Indian market.

(3-2) Investigation of possibility for local production (study of local production method)

Prospects of local production of the Indian model harvester are going to be explored together with business development model, then the production methods at the site shall be evaluated.

(3-3) Business development and dissemination plan

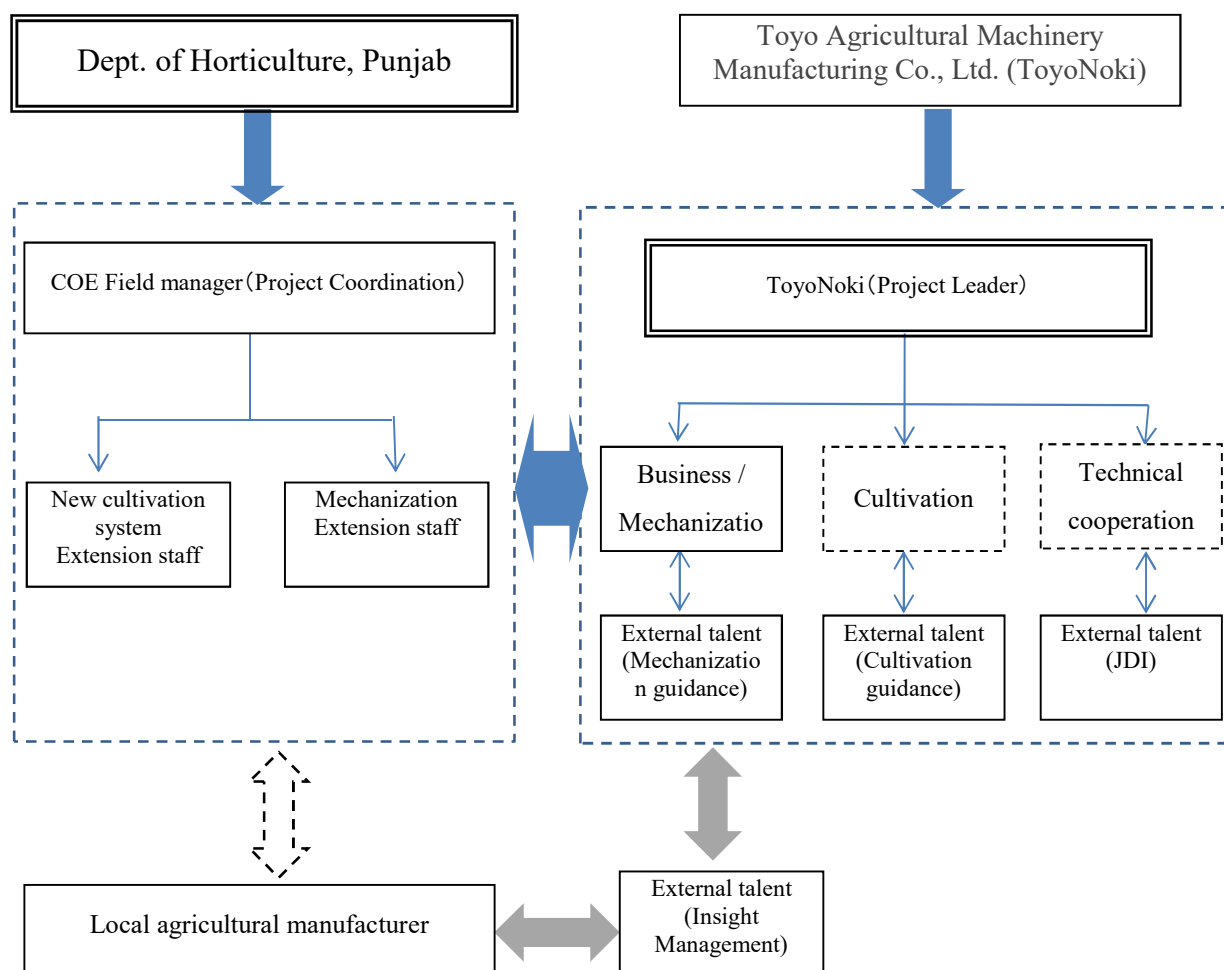
In India, mainly due to the addition of high tariffs on finished goods, the high cost of transportation from Japan, and the income disparity between farmers in Japan and India, the finished products produced in Japan would face difficulty to export and sell it in the Indian market. Therefore, in collaboration with local agricultural machinery manufacturers, the market survey shall be conducted to investigate items necessary for the assembly and manufacture the harvesters in India, then formulate a plan to lead to local production and sales at an early stage.

Work plan

Survey items	2015		2016												2017												2018					
	1 1	1 2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1 0	1 1	1 2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1 0	1 1	1 2	1	2	3	4	5	
Field applicability of harvesters and suitable cultivation system for harvesting machines																																
(1-1)	■			■	■																											
(1-1-1)																																
(1-1-2)										■	■	■	■																			
(1-1-3)	■			■							■	■																				
(1-2)	■	■	■	■																												
(1-3)					■																											
(1-4)																■	■															
(1-5)																	■							■	■							
(1-6)																											■	■				
(1-7)																								■	■							
(1-8)																								■	■							
Efficient post-harvest processing and transportation system																																
(2-1)	■				■								■													■						
(2-2)																												■				
Business development and dissemination plan																																
(3-1)	■				■								■				■									■	■					
(3-2)	■				■								■				■									■		■				
(3-3)																												■	■			
■ Field work ■ Domestic work																																

■ Field work ■ Domestic work

Project Implementation Structure



4. Verification survey and demonstration project

(1) Results for each activity item

<Outcome 1>

Introduction and verification survey for potato harvesting machine suitable to Indian market were conducted, and instruction for newly introduced cultivation system needing for mechanization was also performed.

(1-1) Grasp the present condition and problems of cultivation and harvesting techniques based on the farming practices of potato farmers

(1-1-1) Survey on actual cultivation state

Farming practices of potato cultivation in each state of Punjab, Gujarat and UP were investigated. For the investigation, the differences in market needs in each state were taken into consideration. In particular, a survey was carried out with emphasis on finding the planting

intervals and the actual conditions of soil, which are of importance to the introduction of potato harvesting machine.

(1-1-2) Proposal of cultivation, harvesting system and harvester specifications

A new cultivation system, which is required along with mechanization, was proposed and a verification survey was performed in the model farm set at COE.

Regarding the cultivation system, based on a sufficient exchange of opinions on the local acceptability and needs, a new cultivation system with a ridge width of 75 cm, and importance of soil preparation were proposed for mechanization of harvesting work. In addition, we conducted a comparative test of zigzag planting and straight planting as a planting method, and as a realistic system based on the result, it was concluded that the result of straight planting is better than the zigzag planting due to less number of green potato after harvest. Also the demonstration result showed that even the application of 75 cm width did not bring about a decrease in unit yield compared with the conventional method.

Regarding technical proposals aiming at creating a synergistic effect with machine harvesting work, the usage of steel containers and trailers in the post-harvest work system relating to the transportation and storage of potatoes was proposed, and handlings in the field work were demonstrated. Consequently, the benefits of omitting the air drying process (heaping) of potatoes were well demonstrated and acknowledged in that bulk handling in post-harvest can be practiced in near future. Also as the momentum of advancing the post-harvest and transportation system with container type storehouse, the proposal is also gaining supports from the regional farmers and COE.

Additionally, with regard to the harvester specifications, it is assumed that frequent transfer between farms will be practiced for harvesting machines in India, and for crawler type its traveling speed is slow then traveling long distances takes time. Hence the efficiency is not good. Therefore, a wheel type like a combine of wheat is going to be eventually proposed.

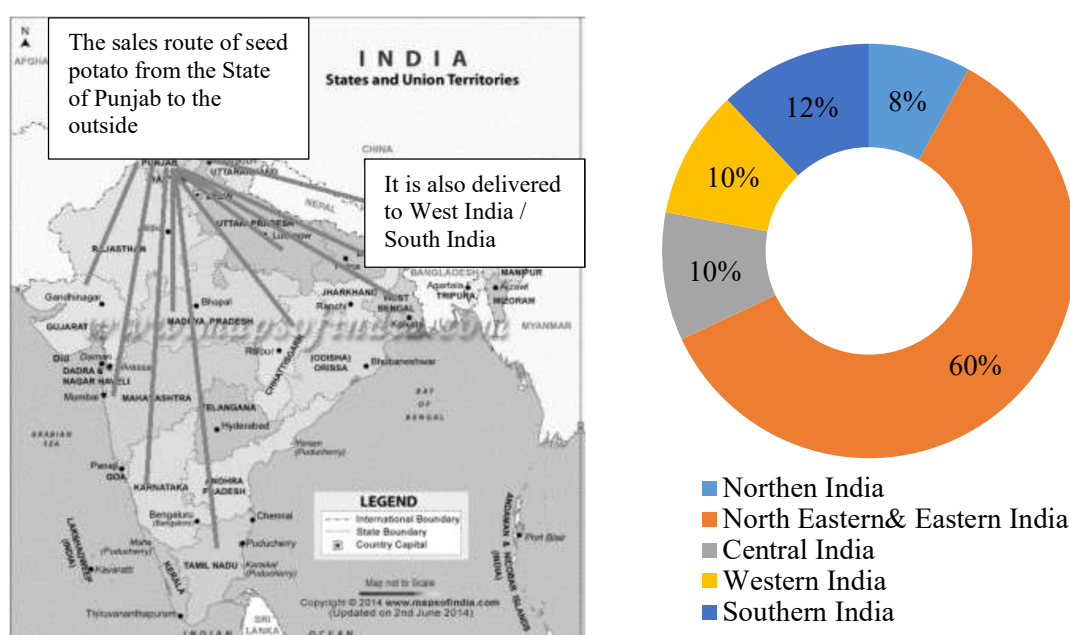
(1-1-3) Market survey and competition survey

Interview survey was carried out with 12 large-scale potato cultivated farmers (about 20 ha or larger in scale) that could be potential customers of potato harvesters, and confirmed the purchasing power, conditions of purchasing, intentions for purchase of harvesters and etc.

Currently potato farmers harvest a potato with a digger and a method is used in which workers collect potatoes and pack them into bags. When we interviewed the reasons to change from the conventional method to the introduction of harvesting machine, the effects on reduction of labor force was referred as the first reason from all farmers and it is illustrating that labor shortage is a serious problem in the regions. Moreover, it was found that labor reduction

was the biggest incentive to introduce harvesters. Unexpectedly, because cost reduction is not a major reason, there is a possibility that farmers' willingness of purchase can be raised by utilizing labor reduction as a major merit for marketing.

Additionally, a competitor's survey was conducted, and their marketing target, specifications, prices of the equipment were surveyed by making interviews to the people related to. Also the actual conditions of the distribution route, price determination system, and evaluation of seed potatoes in India were studied.



Sales area network (left) and distribution area (right) of seed potato from Punjab

(1-2) Manufacture and transportation of Indian specification harvesters

After confirming the operation status of the two harvesters developed in Japan (November 2015), these harvesters were transported to India (Arrived February 12, 2016). Transportation was carried out with rust prevention treatment applied.



(1-3) Trial in a model farm

Harvesting machines manufactured in Japan as the Indian model specification were brought into the model farm at COE and used in the verification test according to the test items proposed above. It was also utilized for the purpose of contributing to the demonstration and improvement of the capacity of C/P while applying the following improvements and adjustments.

Regarding the specifications of the harvesters, it was confirmed that there was no issue by conducting the verification test on the structure of the conveyor related to the working accuracy, so it was remained same as the current Japanese model specification. but certain modifications were applied for the India model harvesters as under. Also, as for work efficiency even for hard soil, it was able to demonstrate that having a good soil preparation, mechanical harvesting can be effectively performed so that importance of soil preparation with required machinery should be explored together with mechanical harvesting.

Items	Modifications
Conveyor structure	Same as Japan model specifications. But just install a resin packer on the rod of the conveyor.
Movement method	Change to crawler type to tire (wheel) type
Tank	Equipped with small-potato conveyer and dedicated tank
Tank capacity	In Punjab province, a large tank capacity (1320 kg) was recommended.

(1-4) Evaluation of harvesting effect etc. (demonstration and validity of new system and demonstration of local suitability of harvester)

In order to verify the local adaptability (technical and marketing aspect) of the improved and adjusted harvesting machine model, performance tests were carried out in comparison to the manual harvesting (hand picking) and the mechanical harvesting (1-4-1). Also, in order to evaluate work efficiency and work accuracy (1-4-2), verification survey was conducted in two different farming fields for mechanical harvest; the one with conventional cultivation system and the other with newly proposed cultivation system compatible with mechanized harvesting. The following is a summary of the results.

(1-4-1) Measurement and evaluation of machine harvest in comparison with manual harvesting (hand picking)

The results of performance test on the ways of harvesting, i.e. manual or machine, is summarized as follows.

- 1) Although the soil was wet due to the rainfall before the test, the soil condition was good condition whereby the sandy loam soil and soil clods were small. Consequently the work speed was 0.51 m / s on average for TPH 179, and 0.65 m / s for TPH 55. Thus it was evaluated about 1.5 times faster than the manual harvest performed at the COE.
- 2) The number of workers required was one harvester driver and three sorters on board deck, whereas manual harvesting required one driver of digger and 24 workers for collecting potatoes.
- 3) The amount of field work per hour was 8.7 a / h for machine harvesting of TPH 179 and 8.2 a / h for at TPH 55. Whereas it was 5.4 a / h for manual harvesting.
- 4) Consequently, the machine harvest was able to reduce the number of labor force into 1/6, then work volume per hour was about 1.5 times higher than the work of manual harvesting.

Also, as for the effectiveness of adapting mechanical harvesting, the following results were obtained.

- 1) The damage ratio was 4.6% for TPH 179 and 6.6% for TPH 55, whereas manual harvest was 14.1%, which was more damaged than the mechanical harvest.
- 2) The percentage of peeling was 6.3% for TPH 179 and 5.2% for TPH 55, whereas it was 7.3% for manual harvest. But the difference from machine harvest was not so large.
- 3) The harvest loss was 1.4% for TPH 179 and 0.6% for TPH 55, whereas 8.2% for manual harvest. Most of the potatoes lost after application of harvesters were small pieces potatoes of less than 20 mm which fell from the conveyor gaps. However, looking at the ridge after manual harvest, the potatoes remaining in the soil appeared to be more than machine harvesting, and it was revealed that there were many potatoes still buried in the earth when digging with diggers, then a cause of losses in manual harvesting was analyzed to be accrued from the fact that the workers are not behaving to pick up the buried potatoes ever after they put effort to dig them up from the soil surface.

(1-4-2) Performance test of machine harvesting in field of new cultivation system in comparison with conventional cultivation (effect measurement and evaluation)

The results of the test performed for machine harvesting on the field prepared in conventional manner as well as in new cultivation system are summarized as follows.

- 1) From the both results of the working accuracy test and the work efficiency test, it was demonstrated that the new cultivation is superior to the conventional method.
- 2) Regarding the yield, even if the ridge width is expanded to 75 cm in the new cultivation, it was ensured that an amount of yield was equal to or higher than the conventional method (63.5 cm), after adjusting the inter-strain space and not changing the seed number per area.
- 3) From the above, as a new cultivation system suitable for mechanization, 75 cm straight planting or zigzag planting was proposed to be recommendable. However, it is noted to be important to implement soil preparation as practiced in Japan before planting.
- 4) With regard to the superiority between straight planting and zigzag planting, we cannot draw a conclusion from the test in a single year. But as far as judging from this year's test, considering the rate of green potatoes, the straight planting is less than the zigzag planting. In the following years, it is advised to conduct comparative tests.

(1-5) Guidance on using harvesters through OJT in and outside the model farm

Regarding technical guidance to the C/P concerning the cultivation system as well as operation and maintenance of harvesters, it was carried out through on-the-job-training basis. In the training program, with cooperation from a local farmers and partner companies where business cooperation was assumed possible, agricultural machinery like tractor, sub-soiler, mold disk harrow (necessary for soil making) MD harrow), a rotavator, a broadcaster, and a planter were delivered for use. Then technical training was given to the COE staff through OJT at a model farm prepared in the COE and technology transfer was carried out so that harvesting work could be carried out only by the staff themselves. As a result, it was recognized, among the



COE (C/P), that deepening and softening the farming soil would bring about good effects on the performance of potato cultivation because less number of soil clods were generated at the time of machine harvesting. Also the ways of producing standard size seed potatoes was well confirmed, and consequently yield was increased. However, for the operation and maintenance of harvesters, it is also recognized that technical assistance is necessary to be continued in the fields together with cultivation of potatoes by upgrading the basic knowledge and further with capacity development of the human and institutional resources.

(1-6) Examination of cultivation system suitable for mechanization, introduction in model farm and guidance for staff member

Although this project aims to demonstrate and disseminate machine harvesting of potatoes in India, even if only harvesting was mechanized and other works were not sufficiently mechanized, then harvesting machines would not be fully utilized against its full capacity and potentials.

In light of these circumstance, comprehensive mechanization across the cultivation, field management, harvesting, transportation and storage work was proposed to be introduced, then technical suggestions for improvement of productivity with mechanization of harvesting machines were examined in the model farm at COE. With a concept of mechanization promotion based on Indian current situation (especially potato harvest), the practice was well shared between COE and the Horticultural Department of the Punjab State with their strong interest in continuing promotion and demonstration of such mechanized farming model, then the proposals are well recognized in the field within the COE as actual farming practices to be continued to the following years.

(1-7) Promotion activities for farmers (seminar implementation)

As the field activities from 2017 and 2018, COE-sponsored demonstrations were organized in the COE. For each seminar event, there were more than 100 participants of farmers, state government officials, agricultural machine manufacturers, university researchers and media etc. In the seminar, the development model and outline of “Tokachi” agriculture in Hokkaido as well as various agricultural machinery related to potato production, the significance of mechanization based on Indian context are introduced. Also the field demonstration together with new cultivation method compatible with mechanization was performed and tried to foster the momentum for mechanization at the project site region.



A view of the seminar hall

Explanation of test results

Scenery on Seminar for new cultivation system (1)

Scenery on Seminar for new cultivation system (2)

After the lecture and field demonstration, we collected questionnaire. Its result revealed that mechanization of harvesting together with an importance of premises was well acknowledged among the participants. In particular usefulness of introducing machine harvest was recognized through the demonstration activities, thus the program went so far in successful manner.

(1-8) Dissemination program for surrounding farmers (demonstration)

In addition to the demonstration of the machine harvesting work at the COE, dissemination program was planned and implemented at the surrounding farms in the region of COE. The followings are some of the comments obtained through questionnaire survey from the visitors. "I was able to learn a new method different from my conventional field preparation we had done so far", "I understood the importance of making good conditions of soil", "Interested in mechanization of work".

Furthermore, COE and Horticulture Department of Punjab State show their willingness and intention of proactive introduction of machine harvest and encouragement of field preparation, which should be compatible with mechanical harvesting, as well as post-harvest practices of

introducing cold storage fitting with containerized transportation. Thus higher expectation on Japanese mechanized farming was generated through dissemination activities.

(2-1) Post-harvest handling and transport system survey

In this project, steel containers used in Japan were actually brought into the field for the trial as a means of transportation from the harvest ground. Although it was able to hear that it is a promising idea, concerns such as container cost as well as its compatibility with existing cold storage are raised at the early stage of investigation.

The advantages of using a large container can be addressed in that post-harvest of potatoes can be handled in a such manner that potatoes can be transported in large volume after harvest in the field. then the potatoes can be stored as it can still be exposed to the air. With this method of post-harvest handing of potatoes, the damage being made on potatoes can be drastically reduced as many handlings of physical operations are practiced in conventional post-harvesting system where damages on potatoes are frequently caused by manual operations of storage in the bags in the field, then transported and re-opened at storage, then sorted again, and finally stored in the warehouse.

From another point of view, we can also pay attention to the point that it is possible to omit the burden of air drying (heaping) process after digging up the potatoes from the ground. In Japan, after picking harvested potatoes, they are stored in large containers then dried in the container at the warehouse with a large fan and blower. It is thought that in India it can be also harvested directly by a machine and stored in a warehouse even without having air dried in the same manner practiced in Japan, thereby improves work efficiency at harvest. In addition, at the time of demonstration, potatoes were actually stored in a large container after harvest and placed in a field overnight, and the dry condition of potatoes was examined in the next day, then it was confirmed that the same effect like heaping was obtained.

We also conducted a comparative test on damages of potatoes using large containers and conventional heaping method. The result which we obtained from random potatoes examination was that the potatoes of the containers were less damaged and peeled.

(2-2) Proposition of efficient post-harvest processing and transportation methods

In the field activities, demonstration of post-harvest processing was conducted and the system of omitting the heaping process by putting potatoes large containers after harvest was eventually proposed to the C/P as well as potato farmers. As responses from some of the participants, they reached a recognition that heaping is no longer unnecessary if a container is introduced.

Following these activities, moreover, the Horticultural Dept. of Punjab State and COE become positive to introduce a cold storage warehouse to reform the transportation and storage system. And they are even proposing to introduce a policy to install a model project of cold storage warehouse fitting to containers in the future.

(3-1) Acquisition of certificate, analysis on prospects of subsidy and survey on criteria for equipment to be certified as a financing object

Currently, potato harvesters are not categorized as an subject of being certified for subsidies in India. The inspection organization that has jurisdiction over the current project site in the State of Punjab is Northern Region Farm Machinery Training & Testing Institute, Hisar (NRFMT & TI). As a tangible action plan for proceedings to getting subsidies applied to potato harvesters, discussion with NRFMT & TI as well as submission of test data to Panjab Agricultural University (PAU) can be considered.

(3-2) Investigation of possibility for local production (study of local production method)

Schemes applicable to potato harvesters are assumed to be 1) Sub-Mission on Agricultural Mechanization (SMAM) and/or 2) Mission for Integrated Development of Horticulture (MIDH).

A maximum subsidy rate set forth by SMAM is 40%. In the discussion with the staff in charge at the Agricultural Dept., the potato harvesting machine is supposed to be able to get a subsidy rate of 40 - 50%, but it is only theoretical under the present condition that the potato harvesting machine itself is not officially certified as a subject of government subsidies.

On the other hand, as a result of interview survey with the tractor manufacturers, most of the tractor sales were found to be purchases by loans, and each tractor manufacturer himself utilizes group companies of finance to provide the loan. Therefore, in cooperation with tractor, the similar system of loan provision can be considered for sales promotion of potato harvesters.

(3-3) Business development and dissemination plan

The local production method, distribution method and sales promotion method are proposed to be studied.

5. Status of achievement of project

The status of the achievement of the project is summarized as follows for each outcome.

Achievement status for each activity item

Activity item	Achievement status
【Outcome 1】 Guidance on harvesting system suitable for introduction and mechanization of Indian potato harvesters	
(1-1) Grasp the present condition and problems of cultivation and harvesting techniques based on the farming practices of potato farmers	- Based on the actual field survey in the State of Punjab, Gujarat, and UP, current situation and issues on potato cultivation system were understood. - A demonstration activity of introducing the new cultivation system accompanying mechanization was conducted at the model farm (ridge width of 75 cm, control of the number of stems).
(1-2) Manufacture and transportation of Indian specification harvesters	Indian model harvesters were manufactured and transported to the COE field
(1-3) Trial in a model farm	Demonstration and verification survey of machine harvest in a field where new cultivation system were adapted was carried out, together with field management at model farm in COE.
(1-4) Evaluation of harvesting effect etc. (demonstration and validity of new system and demonstration of local suitability of harvester)	- In comparison to hand picking harvest, machine harvest was found to be superior to conventional method, in both damage rate and harvest loss. - Cultivation test on the fields where a new cultivation system was adapted and not adapted was carried out together with C/P, then accuracy and performance tests of machine harvesting were carried out. - It was confirmed that yield equal to or even higher than that of conventional cultivation (ridge width 63.5 cm) can be secured even in a new cultivation system (ridge width 75 cm), which is deemed to be suitable for machine harvesting.
(1-5) Guidance on using harvesters through OJT in and outside the model farm	Needs of C/P for promoting mechanization were grasped and technology transfer (guidance) was implemented.
(1-6) Examination of cultivation system suitable	Instruction for introducing new cultivation system from the findings in Japan was delivered to the COE staff, then the

Activity item	Achievement status
for mechanization, introduction in model farm and guidance for staff member	necessary farm working procedures in the model farm was trained to C/P.
(1-7) Promotion activities for farmers (seminar implementation)	Seminars for C/P, farmers, agricultural machine manufacturers, dealers, university officials, and state government officials were organized.
(1-8) Dissemination program for surrounding farmers (demonstration)	Guidance and demonstration activities for farmers were delivered.
【Outcome 2】 Efficient post-harvest processing and harvested potato transport system is proposed.	
(2-1) Post-harvest handling and transport system survey	Post-harvest procedure (transportation, drying, storage) and actual transportation system were surveyed.
(2-2) Efficient post-harvest processing and proposal for transportation methods	The applicability of post-harvest treatment and transport system being practiced Japan was studied and explored in the context of India.
【Outcome 3】 Business development and dissemination plans of potato harvesting machines (after this project) will be examined	
(3-1) Acquisition of certificate, analysis on prospects of subsidy and survey on criteria for equipment to be certified as a financing object	- Checked the applicable certification system - Confirmed possibility of utilization of subsidies and certification for eligible equipment for loans - Studied the subsidy system of combine of wheat
(3-2) Investigation of possibility for local production (study of local production method)	Prepared parts list.
(3-3) Business development and dissemination plan	Business discussion with local partner companies is on-going.

6. Future Prospects

(1) Impact and Effect on the Concerned Development Issues through Business Development of the Product/ Technology in the Surveyed Country

Verification items	Impacts and effect on development issues
Transition from manual harvest to machine harvest	The fundamental development issues such as labor shortage in rural areas was expected to be effectively tackled by mechanization of harvesting operations.
Transition from the current cultivation system to the new cultivation system	By introducing a new cultivation system suitable for machine harvesting, improvement of the field preparation accompanied with soil conditionings, improvement in quality and yield of the potato can be anticipated.
Local manufacturing of harvesters	In the process of planning/implementing local production of potato harvester with local partner companies, understanding of the structural design based on its design philosophy and know-how on sales promotion through field as well as maintenance services will be fostered. Furthermore, the benefits of machine harvesting shifting from traditional manual potato harvesting methods will be encouraged among farmers, which would ultimately contribute to the modernization of potato agriculture in India.
Introduction of harvester in and around the model farm and staff training	Having 8 potato research institutes in Punjab with COE as the best able to operate and demonstrate the potato harvester to the surrounding farmers, awareness and interest are expected to be nurtured, and mechanization of farming practices will be promoted.
Proposal on post-harvest treatment and transport system	If the effect of introducing machine harvest, which would suppress the incidence of wounds and bruises on potatoes caused by the current harvesting practice (by digger), is widely recognized, it is possible to cut the heaping process to repair the wounds and bruises. Also, post-harvest processing such as transportation and storage by containers can be promoted, then great improvement of loss after harvest is expected, which would lead to additional supply of potato to the market

(2) Lessons Learned and Recommendation through the Survey

In this project, we were able to smoothly implement the verification survey and demonstration project though having continued good relations with local C/P agencies and local companies. Following the great accomplishment of this project, a statement was actually obtained from the Director of the Horticultural Department as well as the COE that continuous support from JICA and ToyoNoki were requested.

Specifically, in Punjab State, there are eight stations of seed potato production center like COE under the umbrella of the Horticulture Department, and each station has similar needs which COE had originally addressed for the betterment. Since we observed and analyzed the conventional practices of local potato farming, then planned our activities in close communication with C/P and local farmer's communities, performance of verification and demonstration practices to modernize the mode of farming went in good manner then the outcomes were well recognized in the community.

By participating in the full-fledged framework where introduction of agricultural machinery through field conditioning measures, cultivation, arrangement of harvest agricultural machines, technical training of agricultural extension workers (agricultural machinery operation and maintenance) and suggestions of post-harvesting system (cold storage warehouse as well as container usage), we are very much confident that continuous technical assistance can be considered though involvement of our expertise. In this line, utilization of ODA yen loan scheme is encouraged, and we can expect more exposed demonstration of potato harvester in Punjab as well as in India. And the foothold of our company for entering into Indian market can be more concretized.

ATTACHMENT: OUTLINE OF THE SURVEY

