

インド国
マハラシュトラ州砂糖局

インド国
サトウキビ生産性向上及び
高付加価値化を目的とした収穫機
導入普及・実証事業

完了報告書

2022年7月

独立行政法人
国際協力機構（JICA）

魚谷鉄工株式会社

民連
JR
22-044

インド国
マハラシュトラ州砂糖局

インド国
サトウキビ生産性向上及び
高付加価値化を目的とした収穫機
導入普及・実証事業

完了報告書

2022年7月

独立行政法人
国際協力機構（JICA）

魚谷鉄工株式会社

<本報告書の利用についての注意・免責事項>

- ・本報告書の内容は、JICA が受託企業に作成を委託し、作成時点で入手した情報に基づくものであり、その後の社会情勢の変化、法律改正等によって本報告書の内容が変わる場合があります。また、掲載した情報・コメントは受託企業の判断によるものが含まれ、一般的な情報・解釈がこのとおりであることを保証するものではありません。本報告書を通じて提供される情報に基づいて何らかの行為をされる場合には、必ずご自身の責任で行ってください。
- ・利用者が本報告書を利用したことから生じる損害に関し、JICA 及び受託企業は、いかなる責任も負いかねます。

<Notes and Disclaimers>

- ・ This report is produced by the trust corporation based on the contract with JICA. The contents of this report are based on the information at the time of preparing the report which may differ from current information due to the changes in the situation, changes in laws, etc. In addition, the information and comments posted include subjective judgment of the trust corporation. Please be noted that any actions taken by the users based on the contents of this report shall be done at user's own risk.
- ・ Neither JICA nor the trust corporation shall be responsible for any loss or damages incurred by use of such information provided in this report.

目 次

巻頭写真	ii
略語表	iv
調査対象域位置図	v
図表目次	vi
案件概要	ix
要約	x
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
(2) 普及・実証を図る製品・技術の概要	11
2. 普及・実証事業の概要	16
(1) 事業の目的	16
(2) 期待される成果	16
(3) 事業の実施方法・作業工程	17
(4) 投入（要員、機材、事業実施国側投入、その他）	23
(5) 事業実施体制	24
(6) 事業実施国政府機関の概要	25
3. 普及・実証事業の実績	26
(1) 活動項目毎の結果	26
(2) 事業目的の達成状況	58
(3) 開発課題解決の観点から見た貢献	61
(4) 日本国内の地方経済・地域活性化への貢献	62
(5) ジェンダー配慮	63
(6) 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	63
(7) 今後の課題と対応策	63
4. 本事業実施後のビジネス展開計画	65
(1) 今後の対象国におけるビジネス展開の方針・予定	65
(2) 想定されるリスクと対応	71
(3) 普及・実証において検討した事業化による開発効果	72
(4) 本事業から得られた教訓と提言	73
5. 参考文献	76
英文要約	
添付資料	

巻頭写真



提案製品の説明
(2019年11月)



C/P 及びモデル製糖工場との協議
(2019年12月)



提案製品の単独での刈取
(2019年12月)



クレーン利用による積替
(2019年12月)



競合機と伴走車による刈取
(2020年1月)



伴走車から搬送車への積替
(2020年1月)



手刈収穫の風景
(2020年1月)



手刈収穫の牛車輸送
(2020年1月)



サブソイラによる心土破碎
(2020年1月)



機械収穫後の株出圃場
(2020年1月)



土壌硬度の測定
(2020年1月)



गणपत देशाच्या औतानी कंपनीकडून भारताच्या अत्याधुनिक ऊसतोडणी यंत्राच्या (हार्वीलर) प्रान्ताधिकार कंपनी उपरिक्त जपानचे प्रतिनिधी, लखनौतील शेखर, अशोक मोहय्य व साक्षर आद्युक्त कार्यालयाचे प्रादेशिक सहका्यालयक डीईएमध्ये.

機材移譲の様子 (現地新聞に掲載)
(2019年12月)

略語表

略語	英文表記	日本語表記
ADB	Asian Development Bank	アジア開発銀行
ARAI	Automotive Research Association of India	インド自動車研究所
BIS	Bureau of Indian Standards	インド標準局
BJP	Bharatiya Janata Party	インド人民党
BSES	Bharat stage emission standards	バーラト・ステージ排ガス規制
C/P	Counterpart	カウンターパート
CEV	Clean Energy Vehicle	クリーンエネルギー自動車
CMVR	Central Motor Vehicles Rules	中央自動車規則
CNH	Case New Holland	ケースニューホランド
DOA	Department of Agriculture	農業局
FMT&TI	Farm Machinery Training & Testing Institute	農機研修試験機関
FY	Fiscal Year	会計年度
GDP	Gross Domestic Product	国内総生産
HP	Himachal Pradesh	ヒマーチャル・プラデシュ州
IISR	Indian Institute of Sugarcane Research	インドサトウキビ研究機関
JICA	Japan International Cooperation Agency	独立行政法人国際協力機構（日本）
JNKVV	Jawaharlal Nehru Krishi Vishwa Vidyalaya	ジャワハルラール・ネルー農業大学
JV	Joint Venture	企業共同体
KSF	Key Success Factor	重要成功要因
KVK	Krishi Vigyan Kendra	農業普及センター
MIDC	Maharashtra Industrial Development Corporation	マハラシュトラ産業開発公社
MP	Madhya Pradesh	マディヤ・プラデシュ州
NFSM	National Food Security Mission	国家食料安全保障ミッション
NOx	Nitrogen Oxides	窒素酸化物
NRFMT&TI	Northern Region Farm Machinery Training & Testing Institute	インド北部農機研修試験機関
O&M	Operation and Maintenance	オペレーション・メンテナンス
ODA	Official Development Assistance	政府開発援助
PM	Particulate Matter	粒子状物質
RKVY	Rashtriya Krishi Vikas Yojana (National Agriculture Development Programme)	国家農業開発プログラム
RVSKVV	Rajmata Vijayraje Scindia Krishi Vishwa Vidyalaya	州立ラージマタ・ヴィジャイラジェ・シンディア農業大学
SCR	Selective Catalytic Reduction	選択触媒還元
SMAM	Sub Mission on Agricultural Mechanization	農業機械化サブミッション
SSK	Shri Vighnagar Sahakari Sakhar Karkhana	ヴィグナハール製糖工場
VSI	Vasandada Sugar Institute	ヴァサンダダ砂糖研究所
WB	World Bank	世界銀行



出典：Google Map

調査対象域位置図

図目次

図 1-1 :	インドのビジネス環境ランキングの推移 (モディ政権発足後)	2
図 1-2 :	インドの実質 GDP 成長率の推移	2
図 1-3 :	農地 1km ² 当たりの農機数の推移	4
図 1-4 :	インドの農地面積の規模の割合 (2015-16)	4
図 1-5 :	農地面積別の耕運機、トラクターの台数	4
図 1-6 :	マハラシュトラ州農地面積の規模の割合 (2015-16)	6
図 1-7 :	マ州のサトウキビ収穫体系	7
図 1-8 :	提案製品の主な特徴の説明写真	12
図 1-9 :	サトウキビ収穫機 UT-120K の構造	13
図 1-10 :	提案製品と競合製品の比較 (機能・能率面)	15
図 2-1 :	作業工程計画	22
図 2-2 :	要員投入実績	23
図 2-3 :	C/P 機関 (マハラシュトラ州砂糖局) の組織図	25
図 3-1 :	1 年目の圃場内の作業工程図 (左: 提案製品 UT-120K、右: 他社製品 CNH A-4000)	33
図 3-2 :	2 年目の圃場内の作業工程図 (提案製品 UT-120K、他社製品 CNH A- 4000)	34
図 3-3 :	3 年目の圃場内の作業工程図 (提案製品 UT-120K、他社製品 Shaktiman3737)	35
図 3-4 :	1 年目の作業時間の内訳 (赤枠: 圃場作業効率)	38
図 3-5 :	2 年目の作業時間の内訳	39
図 3-6 :	3 年目の作業時間の内訳	40
図 3-7 :	土壌硬度測定結果	44
図 3-8 :	収穫作業前後の畦プロフィール変化	45
図 4-1 :	提案製品のポジショニングマップ	66

表目次

表 1-1 :	インドの主要経済指標.....	1
表 1-2 :	インドの主要農作物の年間生産量.....	3
表 1-3 :	インドの州別サトウキビ生産面積・生産量 (2017-2018)	5
表 1-4 :	インドにおける製糖工場数 (砂糖生産量上位 5 州)	5
表 1-5 :	サトウキビ産業発展のための Vision 2030 と Vision 2050 の概要.....	8
表 1-6 :	農業分野における関連 ODA 事業.....	10
表 1-7 :	サトウキビ収穫機 UT-120K の仕様.....	13
表 1-8 :	提案製品と競合製品の比較.....	14
表 2-1 :	期待される成果と指標.....	16
表 2-2 :	モデル製糖工場の選定条件.....	17
表 2-3 :	本事業で対象とする圃場の想定.....	17
表 2-4 :	現地適合性の確認事項.....	18
表 2-5 :	本事業における提案製品のデータ収集の内容.....	18
表 2-6 :	本事業における競合製品・手刈りデータ収集の内容.....	19
表 2-7 :	投入した資機材リスト.....	24
表 2-8 :	C/P 機関の主な担当業務.....	24
表 2-9 :	事業実施体制と主な役割分担.....	25
表 3-1 :	モデル製糖工場の概要と選定条件との合致状況.....	26
表 3-2 :	提案企業、C/P、モデル製糖工場との役割分担表.....	27
表 3-3 :	対象地域のサトウキビ圃場条件.....	28
表 3-4 :	対象地域におけるサトウキビの作型と収量.....	29
表 3-5 :	他社製品との性能比較試験調査の項目.....	31
表 3-6 :	調査圃場の概要.....	32
表 3-7 :	1 年目、2 年目、3 年目の作業能率の比較.....	37
表 3-8 :	1 年目、2 年目、3 年目の圃場作業効率の試験結果.....	40
表 3-9 :	1 年目と 2 年目の収穫機以外の圃場作業効率 (%)	42
表 3-10 :	作業精度の試験結果.....	43
表 3-11 :	刈取能率及び現状の課題.....	45
表 3-12 :	糖分減少率分析の結果.....	46
表 3-13 :	サトウキビの植付深度.....	49
表 3-14 :	複数株出による収量の減少.....	50
表 3-15 :	Bharat (CEV/Trem) Stage IV、V の排出基準値.....	56
表 3-16 :	提案製品の現地適合性の確認結果.....	59
表 3-17 :	提案製品の比較優位性の確認結果.....	60
表 3-18 :	収穫期を通じた提案製品の性能を確認結果.....	60

表 3-19 : 植付・株出技術の現地適用性.....	61
表 3-20 : 今後の課題と対応.....	64
表 4-1 : マ州におけるにおける主要対象顧客層の収穫機導入動機.....	68
表 4-2 : サトウキビ収穫機市場での競合との比較.....	69
表 4-3 : サトウキビ収穫機事業の SWOT 分析.....	70
表 4-4 : 事業化による開発効果.....	73

案件概要

インド

サトウキビ生産性向上及び高付加価値化を目的とした 収穫機導入に関する普及・実証事業 魚谷鉄工株式会社(奈良県)

インド国の開発ニーズ

- サトウキビ生産における小規模圃場が多い
- 農業機械の導入や農業技術の普及が進みにくい
- 生産性・品質の向上および効率化に課題を抱えている
- サトウキビの生産量の増加、品質(糖分率)を高める農業技術の導入に積極的

普及・実証事業の内容

- 小型収穫機の導入による、収穫量、作業効率、糖分率向上の測定および経済性の検証
- 機械化に適した植付間隔・株出管理の技術指導および体系的な植付・収穫の仕組み検討
- 機材の運営・維持管理技術指導
- 関係者向け見学会の開催、収穫機の普及・展開のための事業計画の立案

提案企業の技術・製品



サトウキビ収穫機と
機械化関連技術

製品名: サトウキビ収穫機
(UT-120K)

特徴

- 作業効率の改善
- 生産性低下の軽減
- 鮮度保持
- 品質の向上
- 維持管理費の低減

提案技術:

機械化に適した植付技術と効率的な収穫による生産量増加と収穫ロス削減

事業概要

相手国実施機関: 砂糖局
事業期間: 2019年7月~2022年8月
事業サイト: マハラシュトラ州

インド国側に見込まれる成果

- 収穫機および機械化技術導入によるサトウキビ産業の生産性と品質向上
- 機械化に適した植付~収穫の手法・技術の紹介による農民・製糖工場・砂糖局の能力向上
- 現地化モデル検討によるインド国内他地域への普及計画の策定

日本企業側の成果

現状

- サトウキビ関連機材の開発・改良に取り組み、生産性向上、農作業の合理化により、地元経済振興に寄与する
- 国内では沖縄県で6割のシェアを持つ

今後

- 現地調達調査および現地パートナーとの連携によるコスト削減に取り組む
- 小規模圃場での効率的な収穫方法を確立し、マ州での普及展開を図る(将来はインド国内へ)

2022年5月現在

要 約

I. 提案事業の概要	
案件名	インド国サトウキビ生産性向上及び高付加価値化を目的とした収穫機導入普及・実証事業 Verification Survey with the Private Sector for Disseminating Japanese Technologies for the Improvement of Productivity and Quality of Sugarcane through Sugarcane Harvester in India
事業実施地	インド国・マハラシュトラ州（以下、「マ州」）
相手国政府関係機関	相手国政府機関：マ州砂糖局
事業実施期間	2019年8月～2022年8月（3年1ヶ月） ※新型コロナウイルスの影響により当初計画から10カ月延長
契約金額	101,719千円（税込）
事業の目的	実証活動を通して、小規模圃場におけるサトウキビ収穫機の現地適合性を確認し、機械収穫に適した植付及び収穫の仕組みの提案を行い、マ州をショーケースとした普及方法を踏まえたビジネス展開計画案を検討する。
事業の実施方針	<p>マ州の砂糖局、製糖工場及び周辺農家の協力の下、提案製品を利用した機械収穫を行い、現行手法との比較優位性を確認するとともに、農家に対して機械化に適した植付・管理方法を指導する。また、現地製造を見据えたビジネス展開計画の可能性を検討し、マ州における機械収穫の普及促進を目指す。</p> <p>本事業により期待される成果は以下の通り。</p> <ul style="list-style-type: none"> ① 提案製品の現地適合性が実証され、性能、経済面での比較優位性が検証される ② 収穫機の操作・維持管理について、技術研修が行われる ③ 技術研修を通して、機械化に適した植付・株出管理の方法が検討される ④ 提案製品の現地製造可能性を含むビジネス展開計画案が策定される
実績	<p>1. 実証・普及活動</p> <p>(1) 事業実施国政府機関との協議状況（成果①） C/Pとモデル製糖工場（SSK）を選定し、機材一式が製糖工場に搬入され、機材検収を経てC/Pへの機材譲渡が完了した。本事業後は、C/Pの監督の下、第三者による継続稼働が行われることを確認した。</p> <p>(2) 現地適合性・比較優位性の検証（成果①） 競合機との性能比較にて、作業精度及び土壌への影響における優位性を確認した。また、年間を通じた収穫実績では、1年目から3年目にかけて徐々に収穫効率と燃料消費で改善が見られた。</p> <p>(3) 収穫機の操作・維持管理の技術研修（成果②） オペレーターが、収穫機の稼働及びメンテナンスなど問題なく実施できるレベルに達していることを確認した。</p> <p>(4) 植付・管理方法の検討（成果③） サトウキビ圃場の畦間が機械化に適した4ft以上であることを確認した。管理作業のうち株揃えと心土破碎のマニュアルを作成した。</p>

	<p>(5) 普及活動の実施（成果④） 本事業の紹介ビデオを作製し普及活動に活用した。</p> <p>(6) ビジネスモデル案の策定（成果④） 現地調達が可能部品等の見積もりを現地企業から取得して現状の製造原価から約7割コストダウンが可能であることを確認した。</p> <p>2. ビジネス展開計画</p> <p>(1) マーケット分析の実施 本事業のサトウキビ収穫機の市場分析、対象顧客層の収穫機に対するニーズ確認、競合製品分析を行った。その結果、サトウキビ収穫機購入の際の補助金制度がない状況においても、収穫期が購入されているためそのニーズがあることを確認した。また、オペレーションの性能面・費用面においても競合性と比較して、メンテナンス頻度の少なさや燃料代の削減といった利点が挙げられた。</p> <p>(2) ビジネスモデルの検討 上記マーケット分析の結果を基に、本事業における段階的に変容するビジネス展開の仕組み（ビジネスモデル）を検討した。主なビジネスモデルとしては、初期投資費用の負担軽減に向けたローンによる製品の利用形態の導入及び技術的サポート（持続可能な機材の利用）に向けた現地協力企業との連携によるメンテナンス体制の構築である。</p> <p>(3) 今後のビジネス展開の計画 油圧部品を取り扱う現地企業との連携を今後強化していく。当該現地企業はこれまでに部品等を輸入し、インド国内の自社工場で組み立てを行っており、本邦メーカー製品の取り扱い実績もある。さらには、製品の販売及びメンテナンス体制も自社で整えている。このように目ぼしい現地パートナー企業との協力体制を構築できたことはビジネス展開の可能性が高まったと言える。</p>
課題	<p>1. 実証・普及活動 提案製品の特長である自走式の収穫機は、クレーンによる収穫袋の積込作業が必要となる。効率的・効果的なクレーン活用については、現地圃場に適したトラクタークレーンによるオペレーションを確立する必要がある。</p> <p>2. ビジネス展開計画 ビジネス展開の可能性をさらに高める上で、現地化した製品価格の設定も重要となるため、今後現地パートナー企業とも連携して、現地で競争力のある価格設定を目指す。ただし、新型コロナウイルスの感染状況を鑑み本格的なビジネス展開は、その状況を見極めながら進めることとなる。</p>
事業後の展開	<p>小規模圃場でサトウキビ収穫の機械化を求め収穫需要がある顧客（刈取コントラクター）を提案製品のターゲット市場とする。 上記市場に対して提案製品の初期投資費用の高さ等財務的課題を踏まえた上で、販売・メンテナンス・製造等現地協力企業との連携を促進し、今後提案製品の顧客の費用負担を軽減するビジネスモデルを検討していく。なお、将来的な事業の実施について、第1段階では日本から輸入を行い、部分的に製造・組立を現地化し、第2段階で現地生産体制を構築するような、段階的な計画を想定している。</p>

II. 提案企業の概要	
企業名	魚谷鉄工株式会社
企業所在地	奈良県五條市犬飼町 35 番地
設立年月日	1959 年 7 月
業種	製造業
主要事業・製品	<ul style="list-style-type: none"> ・ ログ・ローダ、サトウキビ収穫機、農業・林業機械器具、移動式クレーンの製造販売 ・ 自動車分解整備事業 ・ 一般労働者派遣事業等
資本金	2,800 万円（2022 年 5 月時点）
売上高	523,375,074 円（2021 年 6 月まで一年間）
従業員数	30 名

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

1) 事業実施国の政治・経済の概況

2018年時点で、インドの人口は約13億5千万人と世界2位であり、若年労働人口が総人口の半分以上を占めている¹。GDPは2.719兆ドルと、世界第7位、アジアでは第3位の経済規模を誇っている¹。

表 1-1: インドの主要経済指標

主要指標	統計データ
国土面積 ^{※1}	328万7,469km ²
人口 ^{※2} (2018)	13.53億人
GDP ^{※2} (2018)	2.719兆ドル
一人当たりGDP ^{※2} (2018)	2,010ドル
産業別GDP比率 ^{※3} (2016)	第一次産業（農林水産）：15.4%、 第二次産業（鉱業、製造、建設、電力）：23%、 第三次産業（公共サービス、情報通信、運輸、金融、その他）：61.5%
輸出入金額 ^{※4} (2018)	輸出額：3億2482万ドル、輸入額：5億1430万ドル
主要輸出品 ^{※4} (2018)	石油製品（14.6%）、宝石・宝飾品（12.4%）、機械・器具（7.6%）、輸送機械（7.1%）、医薬品・精製化学品（5.7%）
主要輸入品 ^{※4} (2018)	原油・石油製品（27.5%）、電子機器（11.7%）、化学・化学関連品（9.2%）、金・銀（6.9%）、真珠・貴石（5.5%）

出典：※1：外務省 インド基礎データ、※2：World Bank、※3：CIA The World Factbook、※4：JETRO 世界貿易投資報告

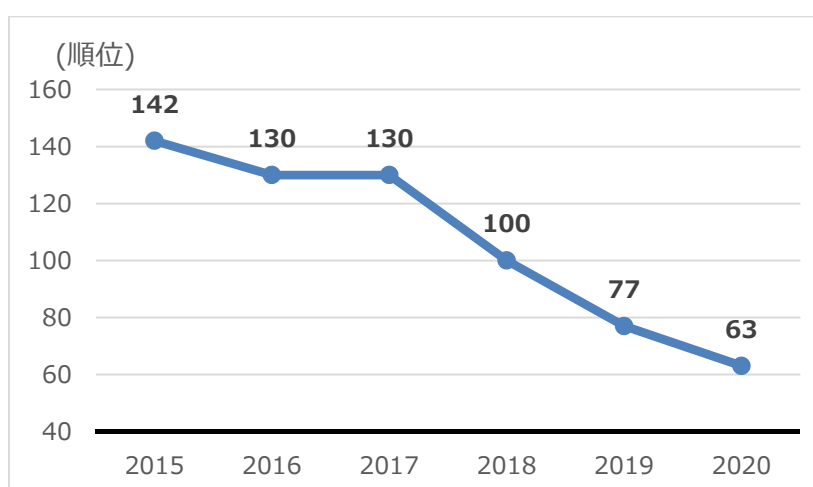
イギリスから1947年に独立して以来、インドはほぼ一貫して議会制民主主義体制を維持している。2014年5月に実施された第16回下院議員総選挙では、ナレンドラ・モディ首相率いるインド人民党（Bharatiya Janata Party: BJP）が国民会議派連立政権を破って30年ぶりに単独過半数を獲得し、政権交代を実現した。その後、2019年5月に実施された第17回下院議員総選挙でも、BJPが単独過半数を獲得する圧倒的な勝利を収め、モディ首相による第2次政権が始動した。

モディ首相は第1期目に一連の経済政策である「モディノミクス」を掲げ、インフラ整備や外資規制緩和、行政改革などによる投資促進を進めてきた。その結果、モディ政権が政策の評価指数として利用している世界銀行の“Ease of Doing Business Rankings（ビジネス環境ランキング）”では2014年の142位から2020年には63位まで躍進し（図1-1）、世界銀行から「経済改革により大幅な改善が見られた上位10カ国」に挙げられ

¹ World Bank, 2018

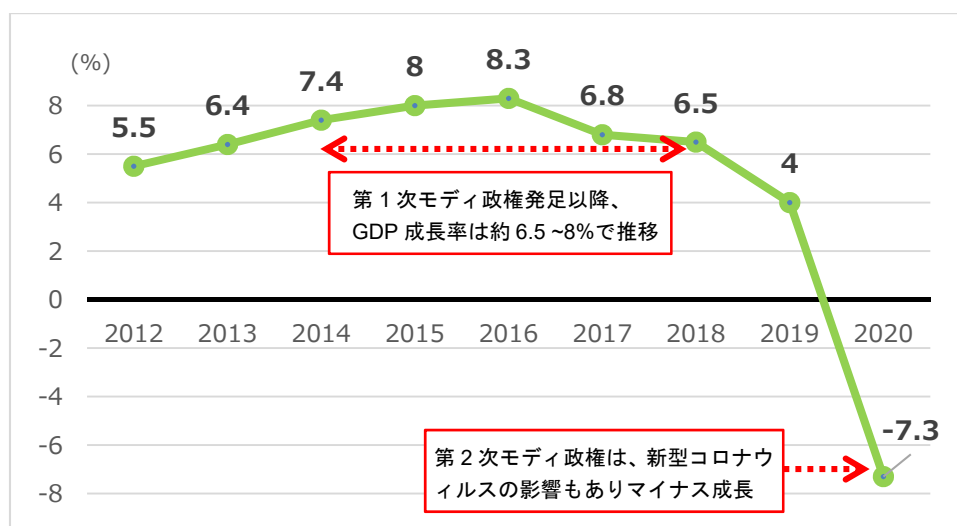
た。さらに、2期目に入り経済が低迷していた前政権時に比べ経済成長率が向上し、インドは年間約6.5~8%の経済成長率を誇る高成長国となった（図 1-2）。ただし、2019年からインド経済は減速し、2020年には新型コロナウイルスの影響でマイナス成長となった。

第二次政権下では、経済成長に向けたビジネス環境の更なる整備が進められる方針が出されている。また、現政権の抱える課題の一つが雇用創出の遅れや、農家の生活苦や格差拡大であることから、第二次政権では農業の底上げが公約の柱に据えられている。コロナ禍への対応として「インド自立化」政策を打ち出し、主要産業分野での構造改革の推進に取り組む方針である。農業関連分野では農業インフラ整備や市場の自由化が重視されている。



出典：World Bank データを基に調査団作成

図 1-1： インドのビジネス環境ランキングの推移（モディ政権発足後）



出典：World Bank データを基に調査団作成

図 1-2： インドの実質 GDP 成長率の推移

2) 対象分野における開発課題

① インド農業及びサトウキビ産業の抱える課題

インド農業部門の GDP に占める割合は長期減少傾向で、1960 年代の約 40% から 2018 年には約 14% まで低下している²。しかし、依然として人口の約 66% が農村部に居住し、就業人口の約 43% が農業に従事しているため²、農業はインドの社会経済発展に不可欠である。

インドにおける主要農作物の生産量をまとめると下表のとおりである。生産量（重量ベース）で最も多いのがサトウキビ、2017～18 年生産量は 3 億 7690 万 t に上り、米、小麦等の主要穀物に比べても圧倒的に多くなっている。なお、世界的にみてもインドのサトウキビ生産量は非常に多く、ブラジルに続いて世界第 2 位の生産量を誇る。

表 1-2: インドの主要農作物の年間生産量

主要農作物	年間生産量 (100 万 t)		
	2015～16	2016～17	2017～18※
穀物・豆			
米	104.41	109.7	112.91
小麦	92.29	98.51	99.7
ミレット	38.52	43.17	46.99
豆	16.32	23.13	25.23
合計	251.54	275.11	284.83
油糧種子	25.25	31.28	31.31
その他換金作物			
サトウキビ	348.45	306.07	376.9
綿花	30.01	32.58	34.89
ジュート等	10.52	10.96	10.14

出典：Agricultural Statistics at a glance 2018 を基に調査団作成

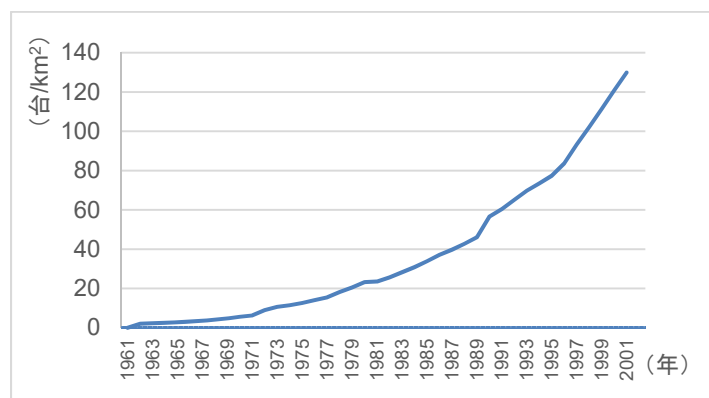
※2017-18 年の生産量は予測値

インドでは 1960 年代の緑の革命後に農業機械の導入が進められ、これまで 1km² 当たりの農地における農機の数も右肩上がりに伸びている（図 1-3）。しかし、2015 年から 19 年の農機市場の年平均成長率は 7.9% と他アジア諸国に比べて低く³、農業の機械化の遅れが課題となっている。

また、インドでは 4ha 以下の農地しか持たない中・小規模農家が大多数を占めており、全体の約 7 割の農地が 1ha 以下である（図 1-4）。一方、農地面積と農業機械保有数の関係を見ると（図 1-5）、4ha 以上の農地を有する農家に比べ 4ha 以下の農家においては、機械化の普及はまだ限定的となっている。

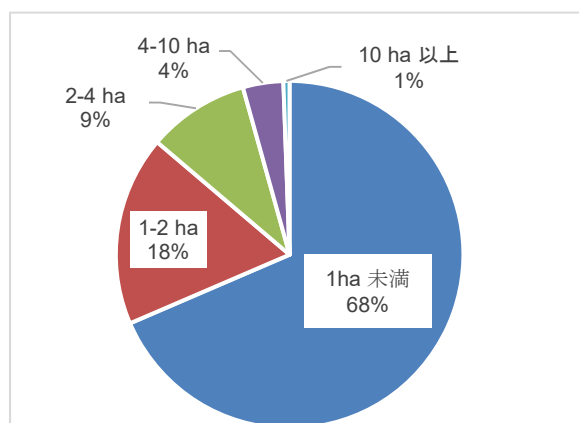
² The World Bank Data

³ ResearchMoz



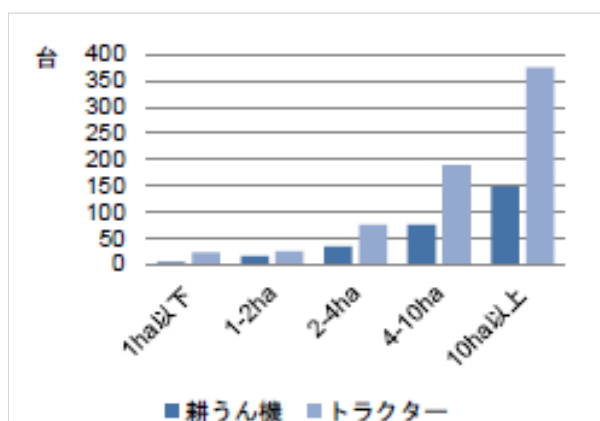
出典：The World Bank Data を基に調査団作成

図 1-3： 農地 1km² 当たりの農機数の推移



出典：Agricultural Statistics at a glance 2018 を基に調査団作成

図 1-4： インドの農地面積の規模の割合 (2015-16)



出典：Agricultural Statistics at a glance 2013, 2015 を基に調査団作成

図 1-5： 農地面積別の耕運機、トラクターの台数

② 事業対象地のサトウキビ産業が抱える課題

マ州におけるサトウキビ収穫の機械化の遅れ

本事業の対象地域であるマハラシュトラ州（以下、「マ州」）は、サトウキビ生産量がインド国内第 2 位、砂糖生産量は第 1 位のサトウキビ主要生産州で、インド全体の 22.1%のサトウキビを生産している（表 1-3）。さらに、製糖工場の数はインドで最も多くなっている（表 1-4）。

表 1-3: インドの州別サトウキビ生産面積・生産量(2017-2018)

州	サトウキビ生産面積 (100 万㎡)	インド全体に占める割合 (%)	生産量 (100 万 t)	インド全体に占める割合 (%)
ウッタルプラデシュ	2.23	47.0%	177.06	47.0%
マハラシュトラ	0.90	19.0%	83.13	22.1%
カルナタカ	0.35	7.4%	28.26	7.5%
タミルナドゥ	0.18	3.8%	16.54	4.4%
ビハール	0.24	5.1%	13.98	3.7%
グジャラート	0.18	3.8%	12.05	3.2%
ハリヤナ	0.11	2.3%	9.63	2.6%
パンジャブ	0.10	2.1%	8.02	2.1%
アンドラ・プラデシュ	0.10	2.1%	7.95	2.1%
ウッタラーカンド	0.09	1.9%	6.3	1.7%
マディヤ・プラデシュ	0.10	2.1%	5.43	1.4%
テランガナ	0.04	0.8%	2.56	0.7%
その他	0.12	2.5%	5.98	1.6%
インド全体	4.74	100.0%	376.89	100.0%

出典：Agricultural Statistics at a glance 2018、数値は事前予測値

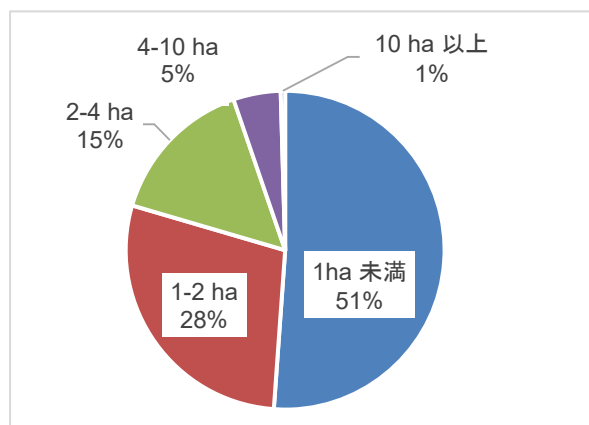
表 1-4: インドにおける製糖工場数(砂糖生産量上位 5 州)

州名	民間	組合	公営	合計
マハラシュトラ	59	168	-	227
ウッタルプラデシュ	97	28	33	158
カルナタカ	46	24	3	73
タミルナドゥ	27	16	3	46
インド合計	314	324	62	700

出典：Department of Food and Public Distribution, 2013-2014

マ州政府は、増大する国内の砂糖需要に対応するため、中期政策ビジョン「2025年砂糖産業ビジョン」4にて同州におけるサトウキビ生産量を2025年までに2000万t増産することを目指している。ただし、州内における栽培面積の拡大は難しいため、州政府では品種改良や栽培手法の改善等を通じた生産性向上を推進している。また、収穫後の糖分ロス低減による品質向上や、収穫の機械化による生産コストの抑制も施策として掲げている。

しかしながら、同州におけるサトウキビ生産者を含む農業人口の約半数が1ha以下の小規模農家であるため（図1-6）、サトウキビ関連の農業技術や近代化が遅れ、生産性や品質面に課題がある。サトウキビの収穫においては、マ州に導入されている大型の外国製品は、1ha以下の小規模圃場には適さないことから、機械化が進まず、機械化率はわずか数%に留まっている。

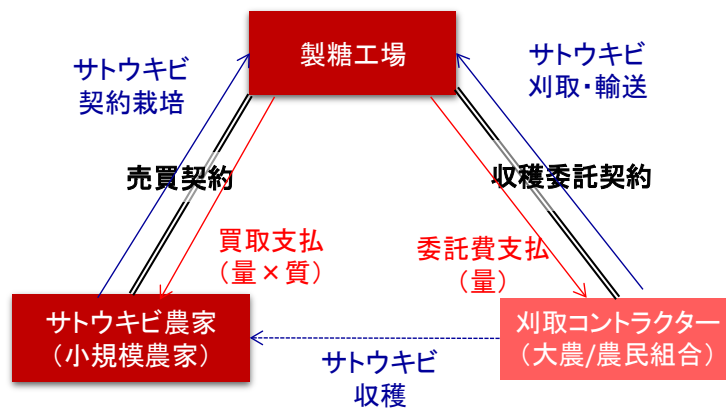


出典：Economic Survey of Maharashtra 2018-19

図 1-6： マハラシュトラ州農地面積の規模の割合（2015-16）

マ州のサトウキビ収穫体系は、製糖工場、サトウキビ農家、刈取コントラクターの3者から成る（図1-7）。まず、製糖工場が周辺地域のサトウキビ農家とサトウキビの売買契約を結び、刈取コントラクターと収穫委託契約を結ぶ。この契約に基づき、刈取コントラクターがサトウキビ農家の圃場にて刈取を行っている。サトウキビ買取り価格は、州政府が定める法定最低価格に基づき、収穫量と糖分率によって決定されている。買取り価格は、収穫原料もしくは圃場毎に設定される訳ではなく、多くの場合、年間を通じた製糖工場の糖分率の実績により、翌年の買取り価格に反映されるという仕組みとなっている。

⁴ Sugar cane Value Chain Vision 2025, Government of Maharashtra



出典：JICA 調査団

図 1-7： マ州のサトウキビ収穫体系

現在のサトウキビ収穫は、主に手刈りで行われている、手刈り労働者は、過酷な作業を劣悪な環境下で行うため、年々労働者の確保が困難になっている。近年は、労働者不足により、手刈り労働者が集められないため、サトウキビの糖分率が最も高くなる刈取適期を逸することによる糖分率の低下を招いている。また、計画的な収穫スケジュールが組めず、場当たりの収穫・輸送となり、品質劣化が早く 24 時間以内の圧搾が必要なサトウキビ原料の品質低下が課題となっている。

さらに、手刈り労働者のかがむ高さで刈取が行われるため、地面に近いサトウキビの茎部分の刈残しも発生している（約 5%の収量ロス）。このような状況下、適期刈取による品質向上を可能とする機械化の必要性が高まっている。



手刈り作業



製糖工場前で待機中のサトウキビ



手刈りによる刈残し
(地上 10cm)

上記のような現状における、サトウキビ収穫の関係者が抱える開発課題は以下のとおりに整理できる。

- ・サトウキビ農家：サトウキビ生産量、収穫量の向上（量）
- ・製糖工場：効率的な収穫による安定集荷、糖分ロスの低減による品質向上（質）
- ・刈取コントラクター：コスト減と刈取圃場の拡大（量）

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

インド政府は第12次5ヶ年計画（2012～17年）にて、農業部門の年間成長率の目標を4%に設定した。その達成に向けた具体的な施策として、主要穀物増産を目的とした国家食料安全保障ミッション（National Food Security Mission: NFSM）と、農業関連部門への資金配賦の政府スキーム（Rashtriya Krishi Vikas Yojana: RKVY）を統合し、サトウキビを含む主要作物の生産量増加を目指している。

その後、モディ首相によって設立された政策立案機関（National Institution for Transforming India）が、第13次5ヶ年計画に代わる国家政策の道しるべとして、2017年に3年行動計画「Three Year Action Agenda 2017/18 to 2019/20」を発表した。同計画でも農家所得の倍増を目標に掲げており、その方策として、新技術の導入や、農業生産資材の効率的な投入促進により、サトウキビを含む付加価値の高い一次製品の生産を推し進める体制を整えることを目指している。その後、3年行動計画はアップデートされていないが、農業分野の方策としては、引き続き農家の新技術や資金へのアクセス向上等が重要課題として掲げられている。

また、前述のとおりインドはブラジルに次ぐサトウキビ生産大国であり、サトウキビは農業分野の中でも重要な作物として位置付けられている。そのため、同国サトウキビ研究機関（Indian Institute of Sugarcane Research: IISR）はサトウキビ産業発展のためのVision 2030及び2050を発行し、サトウキビの生産性や品質向上、さらに農業の機械化や農業技術の指導に取り組んでいる。

表 1-5: サトウキビ産業発展のための Vision 2030 と Vision 2050 の概要

	Vision 2030	Vision 2050
生産量（百万 t）	520	630
栽培面積（百万 ha）	5.0	6.0
収量（t/ha）	100-110	105
取組み課題	<ul style="list-style-type: none"> ・ 品種改良 ・ 栽培手法 ・ 遺伝子資源の評価 ・ 種子の品質向上 ・ 病虫害対策 ・ 機械化技術の開発 ・ 土壌の管理 ・ 収穫後の糖分率ロスの最小化 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 水資源の有効活用（灌漑を含む） ・ 生産性向上 ・ 小規模農家の機械化 ・ 品種改良 ・ 栽培方法 ・ 作物の管理手法 ・ 気候変動対応 ・ 多様化、付加価値化 ・ 技術検証、技術移転、指導

出典：Indian Institute of Sugarcane Research, Vision 2030 & Vision 2050

インドのサトウキビ生産量は約3.8億tであるが、将来的な需要を満たすため、2030年には5.2億t、2050年には6.3億tまで生産量を拡大させる必要があると予測されている。そして、そのためにはインド全土のサトウキビ栽培面積を現在の約500万haから600万haまで拡大し、収量は1ha当たり現在の約70tから100t程度まで向上させる必要があるとされている。

今後の取組み方針としては、品種改良や栽培手法の改善による生産性向上とともに、機械化による栽培・収穫の効率化を含む生産効率の向上が挙げられている。人件費が生産収穫コストの約 5 割を占める労働集約的なサトウキビ生産において、将来的な労働力不足を見据え、効率性かつ採算性が確保できる機械の開発の必要性が示されている。

また、農業機械の普及に向けては「農業機械化サブミッション (Sub Mission on Agricultural Mechanization: SMAM)」が第 12 次 5 ヶ年計画時に作成され、2019 年 2 月に改訂版が発表された。本サブミッションに示された指針の下、農業機械購入への金融支援や農業機械のレンタルサービスセンター設置等の施策により、農民福祉省の主導にて農業機械普及が進められている。

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 ODA 事業の事例分析

2018 年に発表された、インドに対する我が国開発協力方針は以下の通りである。

- **開発基本方針 (大目標)**
 - 日印共通の価値観を基礎とした「より早く、より包括的で、持続的な成長」の実現に向けた協力
- **重点分野 3 (中目標)**
 - 持続的で包摂的な成長への支援
- **開発課題 3-1 (小目標)**
 - 農村における経済開発と生計向上

本事業に関連があるのは、開発課題 3-1 (小目標)「農村における経済開発と生計向上」である。同方針では、インドの農村環境や農村インフラ整備を通じた農業生産量の安定化、および、農業生産性向上や収入多角化を通じた農村の所得向上の推進を目的としている。

農業分野における ODA 事業の関連事例としては、「マディヤ・プラデシュ州大豆増産プロジェクト」、「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」、及び「ジャガイモ収穫機普及に向けた普及・実証事業」が挙げられる。これら 3 事例とも、農作物の生産増大及び生産効率の向上 (新農法の普及) を目的としている。また、「ジャガイモ収穫機普及に向けた普及・実証事業」については、本事業と同様、農業機械の導入による、農家の生産性・付加価値の向上に寄与することを目的としている。

本事業も、サトウキビ収穫機の導入及び適切な技術支援によりインドの主要換金作物であるサトウキビの持続的な生産量及び品質の向上が期待でき、農村における経済開発に寄与するという開発協力方針に合致している。現時点では連携可能性のある ODA 案件はないものの、インドにおける農業機械化 (近代化) と生産性・付加価値向上は喫緊の課題であり、いずれ連携可能性のある案件が生じることも考えられる。

表 1-6: 農業分野における関連 ODA 事業

事例番号	項目	内容
1	案件名	マディヤ・ブ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）
	実施期間	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 Jawaharlal Nehru 農業大学（JNKVV）による、小規模貧困農家を対象としたダイズ栽培技術の普及
	プロジェクト目標	小規模貧困農家に適したダイズ栽培技術体系の構築
	案件概要	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の策定 2. 同農家の大豆栽培を対象とした肥培管理技術の開発 3. 同農家の大豆栽培を対象とした病虫害管理技術の開発 4. 同農家の大豆栽培を対象とした湿害、早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と有効性の実証
	カウンターパート	MP州農民福祉農業開発局、JNKVV、Rajmata Vijayraje Scindia 農業大学（RVSKVV）
2	案件名	ヒマーチャル・ブラデシュ州作物多様化推進プロジェクト（有償資金協力（円借款）プロジェクト）
	実施期間	2011年1月15日～2016年1月14日
	上位目標	対象地域5県（Kangra、Una、Hamirpur、Bilaspur 及び Mandi）の農地における、気候条件の強みに基づく作物多様化の推進。
	プロジェクト目標	HP州政府農業局（Department of Agriculture、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。
	案件概要	1. 作物多様化推進のための DOA の事業計画策定および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の構築
	カウンターパート	ヒマーチャル・ブラデシュ州農業局
	備考	後続案件である「ヒマーチャル・ブラデシュ州作物多様化推進プロジェクト（フェーズ2）」の案件概要書が2020年2月25日に策定済み
3	案件名	ジャガイモ収穫機普及に向けた普及・実証事業
	実施期間	2015年10月～2018年5月
	上位目標	パンジャブ州園芸局普及員に対する機械化に適した収穫体系の指導を実施することで、農家の生産性・付加価値の向上に寄与する
	プロジェクト目標	収穫機の現地適合性および機械化に適した収穫体系が実証される。また、効率的な収穫後処理・輸送体系が提案される
	案件概要	1. 収穫機の現地適合性および機械化に適した収穫体系 2. 効率的な収穫後処理・輸送体系 3. ビジネス展開および普及計画策定
カウンターパート	パンジャブ州園芸局長、園芸局傘下の農場長、技術者	

出典：各プロジェクト概要に基づき JICA 調査団作成

② 他ドナーの分析

アジア開発銀行（Asian Development Bank: ADB）が策定している、インドへの支援戦略「Country Partnership Strategy (2018-2020)」では、支援方針1つとして、「農業生産性の向上と、地方農村部の格差改善に向けたインフラへの投資への支援」を掲げている。2018年5月にはマディヤ・ブラデシュ州にて灌漑設備を整備するため、3億7500万ドルのローンを提供すると発表した。

また世界銀行（World Bank: WB）はインドへの支援戦略「Country Partnership Framework for FY18-22」にて、「農村地域における効率的、包括的かつ多様性に富んだ経済成長」を掲げており、インド政府による先進的な農業の推進や商業的農業の推進への取組みを支援する方針である。

(2) 普及・実証を図る製品・技術の概要

1) マハラシュトラ州の現状と製品導入の背景

インドにおけるサトウキビの主産地はマ州（生産量ではインド2位、砂糖生産量では1位）はじめ中南部であるが、これら地域における農業経営面積は小規模（マ州では0.6ha）であり、1枚当たりの圃場規模はさらに小さい。最近では労働力不足が顕著なため、同州では収穫機に補助金をつけており、既に一部の外国製収穫機が現地販売され始めているものの、小規模な圃場（畦の長さ100m以下）では、収穫したサトウキビをトラック等の伴走車に運ぶ（外国製）“伴走方式”の作業効率が悪く、販売台数は伸び悩んでいる。

一方、日本のサトウキビの過半を生産する沖縄県（主に離島部）では、圃場規模が小さいため、伴走車を伴わない“収穫袋方式”が主流であり、この方式の方がインドの小規模圃場には適していると考えられる。また、魚谷鉄工株式会社（以下、提案企業）が現地調査した際、圃場が軟弱であったことから、タイヤ駆動では収穫機が圃場に沈むため、提案企業のゴムクローラによる駆動の方が効果的である。

このほか、チョッピング刃（実用新案）が外国製収穫機で用いられている両刃式よりもサトウキビへの断面積が小さい（＝鮮度が命であるサトウキビには重要）ことや、狭い畦幅でも作業可能等、本製品には我が国の技術がちりばめられており、インドのサトウキビ生産州においても機能を発揮すると考えられる。

2) 製品の特長

提案製品の主な特徴をまとめると、以下の通りである。

① 「収穫袋方式」のため外国製品のような伴走車（トラック）が不要：

競合外国製品は大型で収穫物を入れる伴走車の並走が必要となり、小規模圃場では時間ロスが多い。一方、本提案製品は、収穫袋を搭載しているため伴走車が不要で、単独作業が可能のため、機械化が遅れている小規模圃場に適した仕様である。

② 「ゴムクローラ式」走行部による圃場ダメージの軽減

外国製品は走行部がタイヤのため、土壌の転圧により翌年以降の生産性が低下する。提案製品はゴムクローラ（キャタピラー）のため、圃場ダメージが少なく（接地圧はタイヤの1/10）、生産量低下を軽減できる。

③ 独自の裁断方式による原料ロスの軽減：

提案製品はサトウキビの裁断方法の特徴として三枚刃を採用しており、切断面が真っ直ぐで、空気に接する面積が小さいため、鮮度を長く保持できる。これにより、製糖工場への搬入までの過程での原料ロスが少なくなり、かつ原料の品質向上にもつながる。

④ 大型ファンの搭載による混入物の低減：

提案製品には大型の風選ファンを搭載しており、収穫後の収穫原料に含まれる枯葉や青葉などの混入率（トラッシュ率）が低減できる。これにより原料品質が向上し、製糖歩留りの改善が期待できる。

⑤ 高い耐久性による部品交換・修繕コストの抑制：

特殊な裁断構造により、チョッピング刃物は損傷を受けにくく、圃場に石等が混在している場合でも歯欠けを最小限に留める。また、日本でのこれまでの実績では、競合他社の耐用年数が10年のところ、提案製品は15年以上使用されている。



単独刈取が可能な収穫袋式



競合製品は、伴走車が必要



独自の三枚刃により鮮度保持



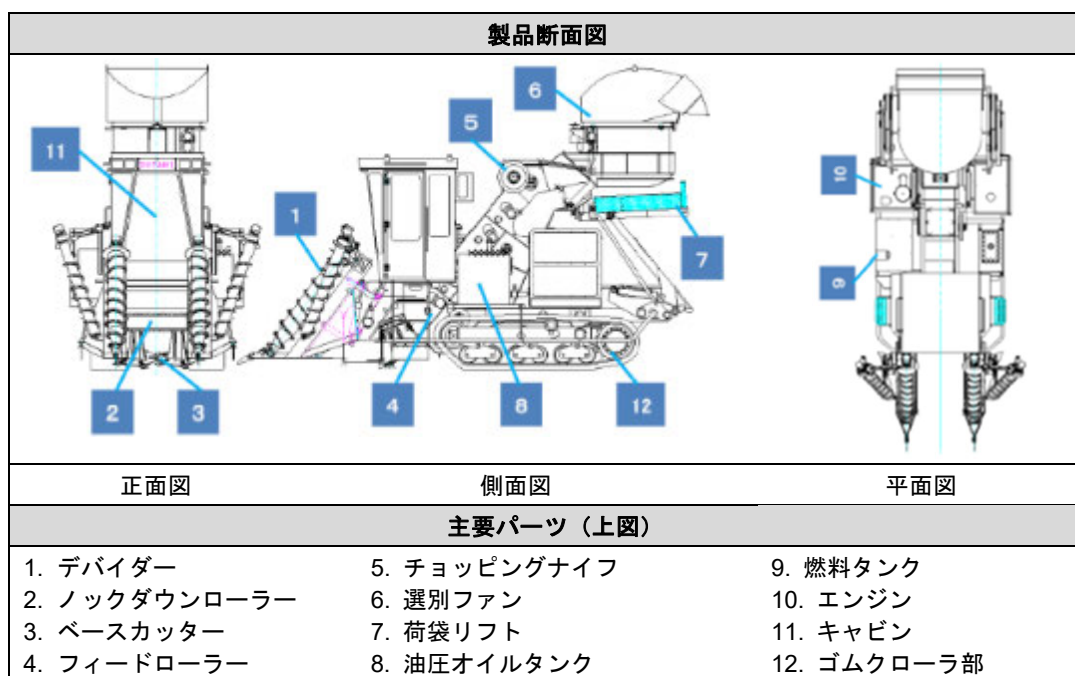
ゴムクローラのため接地圧が小さい

出典：JICA 調査団

図 1-8： 提案製品の主な特徴の説明写真

3) 製品の構造及び仕様

提案製品の構造及び仕様を図 1-9、表 1-7 に示す。



出典：JICA 調査団

図 1-9： サトウキビ収穫機 UT-120K の構造

表 1-7： サトウキビ収穫機 UT-120K の仕様

項目	仕様
全長／全幅／全高	6.3m／1.8m／4.1m
重量	7.9t
収穫能力	6t/h
エンジン出力	107ps／2,200rpm
刈高さ調整	-50～400mm
走行速度（低速／高速）	6.5km/h／9.0km/h

出典：JICA 調査団

4) 競合他社製品との比較優位性

日本国内のサトウキビ収穫機メーカーは提案企業を含め 3 社あるが、提案企業の国内シェアは特に沖縄県で多く、6 割を超える。これは、利用者のニーズに応えるために機材の設計変更を重ね、顧客の評価を得てきた結果である。また、他 2 社は大手農機メーカー傘下であるが、海外展開はまだ高評価を得るまで至っていないと考えられる。

一方、インドでは、これまでに Case New Holland 社製品（ブラジル製モデル）と Shaktiman 社製品（現地製モデル、CNH コピー品）が全土で 400 台程度販売されている。競合製品との比較優位性をまとめると以下のとおり。

表 1-8: 提案製品と競合製品の比較

項目	提案企業 UT-120K-BS3	ブラジル製 (CNH) 4000 series	インド国産 (Shaktiman) 3737
モデル			
収穫能力	6t/h (一方通行刈り ⁵⁾ ※実際現地計測時 10t/h	18~20t/h (往復刈り) ※実際現地計測時 10~15t/h	20t/h (往復刈り) 同左
走行速度	6.5km/h~9.0km/h	16km/h	15km/h
作業条件	畦間 90cm (3ft) 以上で利用可	畦間 120cm (4ft) が必要	同左
走行方式	ゴムクローラ式 (土壌への転圧の影響が少ない (接地圧はタイヤ式の 1/10))	タイヤ式 (土壌への転圧の影響が大きい、 凸凹圃場での走行難)	同左
搬出形態	収穫袋式 (1t) のため、単独走行が可能 (小規模圃場でも効率刈取)	トラック伴走が必要。畦の長さ 200m 以下は効率低下	同左
裁断方式	三枚刃式 (切り口の断面積が小さく 鮮度が長く保持)	二枚刃式 (切り口の断面積が大きく、 鮮度低下に影響)	同左
対象市場	小規模圃場で性能を発揮	大規模圃場で性能を発揮	同左
価格	日本の販売価格 2,800 万円 (約 2,000 万ルピー)	1,460 万円前後 (1,000 万ルピー)	1,290 万円前後 (880 万ルピー)

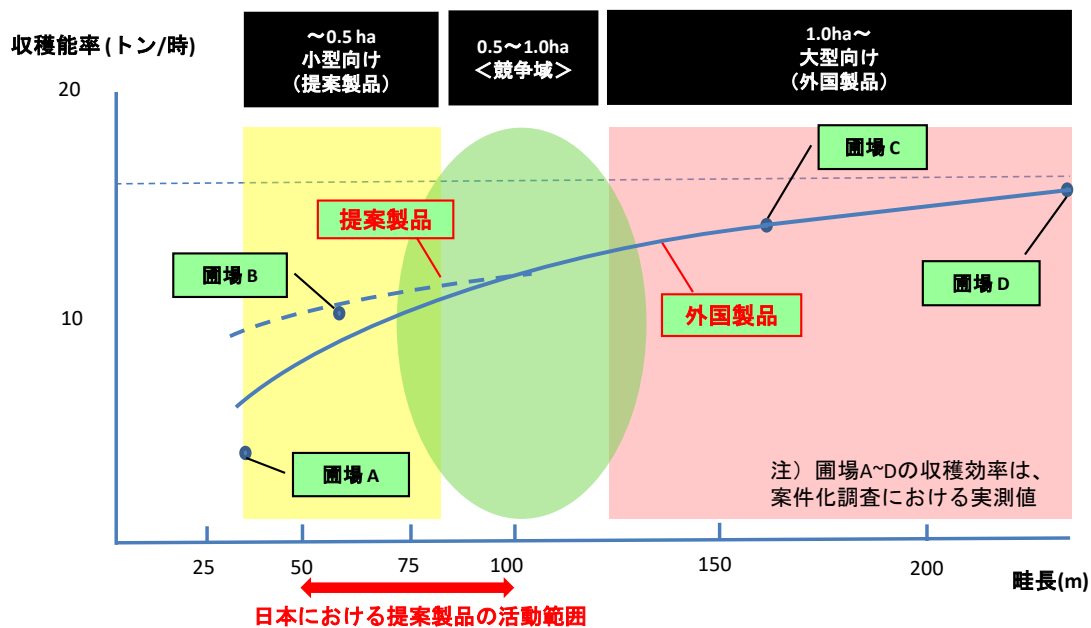
出典：JICA 調査団

インド市場に投入されている外国大型製品は、小規模圃場での収穫の効率性の面から、必ずしも現地の圃場規模（マ州の平均農地面積は 0.6ha）に適合していない。案件化調査において、機械収穫の作業効率を評価するため、畦長が長い圃場と短い圃場の両方の刈取作業を視察し、伴走刈り・食溜め⁶停止時間を測定した。純粋な機械の収穫効率を確認するため、故障や待ち時間等の停止時間を除く、伴走刈り時間及び食溜め時間のみを考慮した場合、収穫効率は 4~17t/h とばらつきが大きく、また、メーカーのパンフレットの記載値（20t/h）をかなり下回った。

特に、下図のとおり圃場 A のような畦の長さが 50m 程度の場合は、刈取時間と非刈取時間（食溜め時間等）の比率が 1 : 1.7 と、非刈取時間の方が長くなり、収穫能率は 4t/h 程度に留まる結果となっている。一方で、提案製品の日本の圃場での実績と比較すると、小規模圃場（黄色と緑ゾーン：圃場 0.4~0.8ha、畦長 100m 程度＝日本での稼働圃場と同等）において、競合製品よりも機能面・能率面で優位性があることが確認された。

⁵ 一方通行刈りとは、一列の畦を刈り取った後に機械をバックさせて、同じ方向で次の畦を刈り取る方法。日本では倒伏および曲がったサトウキビが多いため、この方法を適用している。往復刈りとは、一列の畦を刈り取った後に、機械を転回させて反対方向から次の畦を刈り取る方法。インドでは往復刈りが主流である。

⁶ 食溜めとは、伴走式の収穫機において伴走車が随行できない作業状況において、伴走車に移送するためのエレベータ（コンベア）を止めて、収穫機本体に収穫物を一時的に貯留することである。



出典：JICA 調査団

図 1-10：提案製品と競合製品の比較（機能・能率面）

5) 国内外の販売実績

提案企業のサトウキビ収穫機は、これまで日本国内で約 200 台を製造販売しており、沖縄県で約 6 割のシェアを占める。このうち、小規模圃場向けに開発したモデルは、70 台以上（売上：約 19.6 億円）を販売し、生産農家から作物条件の適応性が高く、機械耐久性が高い点で評価を得ている。サトウキビ収穫機の購入者の約 95%が補助金を利用して購入しており、その補助率は 7 割である。

海外では、2006 年と 2007 年にタイに中古機及び中古機ベースの現地向け改造機を、ブラジルには 2010 年に新車を 1 台テスト輸出した。どちらのケースも性能面では高評価を得たが、普及するには価格面で折り合いがつかなかった。中国へは 2017 年新車 1 台をテスト輸出した。現在はエンジンの排ガス規制対応のため中国製エンジンの選定段階にある。

6) 販売価格

企業機密情報につき非公開

2. 普及・実証事業の概要

(1) 事業の目的

本事業では、実証活動を通して、小規模圃場におけるサトウキビ収穫機の現地適合性を確認し、機械収穫に適した植付及び収穫の仕組みの提案を行い、マ州をショーケースとした普及方法を踏まえたビジネス展開計画案を検討する。

(2) 期待される成果

本事業にて記載される成果は次の4つである。

- 成果1 提案製品の現地適合性が実証され、性能、経済面での比較優位性が検証される
- 成果2 収穫機の操作・維持管理について、技術研修が行われる
- 成果3 技術研修を通して、機械化に適した植付・管理手法が検討される
- 成果4 提案製品の現地製造可能性を含むビジネス展開計画案が策定される

また、事業実施により期待される成果と成果を測る指標・確認方法は、下表のとおり。

表 2-1: 期待される成果と指標

成果	具体的成果	成果を測る指標・確認方法
【成果①】 提案製品の現地適合性、比較優位性が検証される	<ul style="list-style-type: none"> • 提案製品の競合機に対する比較優位性が確認される • 提案製品の手刈りに対する比較優位性が確認される 	<ul style="list-style-type: none"> • 異なる圃場条件で機械収穫による作業効率を測定し、時間・コストを比較する • 手刈りと機械収穫の作業時間・収穫ロス(刈残し)を測定し比較する
【成果②】 収穫機の操作・維持管理について、技術研修が行われる	<ul style="list-style-type: none"> • 操作・維持管理マニュアルが作成される • 研修を受けたCP職員・モデル製糖工場技術者(2~4名)が自ら維持管理が出来るようになる 	<ul style="list-style-type: none"> • 操作・維持管理マニュアル • 研修の実施記録(回数、対象者、内容)、稼働記録、維持管理記録
【成果③】 技術研修を通して、機械化に適した植付・管理手法が理解される	<ul style="list-style-type: none"> • 機械化に適した植付・管理手法のマニュアルが作成される • 植付・株出管理の技術と効果が理解される 	<ul style="list-style-type: none"> • 植付・管理手法マニュアル • マニュアル説明の記録(対象者、内容)
【成果④】 提案製品の現地製造可能性を含むビジネスモデル案が策定される	<ul style="list-style-type: none"> • 収穫作業のビデオ撮影を行い、プロモーションビデオが作成され・関係者に共有され、提案製品への理解が深まる • 提案製品の普及・展開のためのビジネス展開計画が立案される 	<ul style="list-style-type: none"> • プロモーションビデオ(関係者、内容) • 現地製造体制を含む、ビジネス展開計画

出典：JICA 調査団

(3) 事業の実施方法・作業工程

1) 活動1：提案製品の現地適合性・比較優位性の検証

① 活動 1-1：相手国実施機関（C/P）を通じてモデル製糖工場を選定する

C/P を通じて、以下の条件に基づくモデル製糖工場候補の紹介を受ける。調査団が候補先と協議を行い、C/P の合意を経てモデル製糖工場を最終選定する。

表 2-2: モデル製糖工場の選定条件

製糖工場	場所
<ul style="list-style-type: none"> ・ 組合製糖工場 ・ 年間稼働日数 120 日程度 ・ 契約農家に小規模圃場（1ha 以下）が多い ・ 機械収穫の経験がある ・ 周辺農民への技術紹介・指導の経験がある ・ 本事業への協力意欲がある 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 製糖工場との圃場が近い ・ サトウキビ生産が盛んで普及に適した地域である

出典：JICA 調査団

② 活動 1-2：C/P 及びモデル製糖工場、周辺農家を含む実施体制の確認を行う

モデル製糖工場と協議を行い、以下の圃場条件および協力条件を満たす圃場を選定し、協力農家には本事業の説明と協力依頼を行う。

表 2-3: 本事業で対象とする圃場の想定

実証内容	圃場の条件	協力の条件
提案製品の機械収穫による比較優位性の確認	<ul style="list-style-type: none"> ・ 畦間 4ft 以上の 1ha 以下の圃場（もしくは、圃長が 200m 以上） 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 機械収穫の受け入れ ・ 圃場の測定（形状、土壌硬度等） ・ 効率性の測定（収穫量、トラッシュ率等）
株出管理のデモ実施	<ul style="list-style-type: none"> ・ 圃場の一部 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 株出管理のデモ協力

出典：JICA 調査団

③ 活動 1-3：日本国内でサトウキビ収穫機を製造する

調査団が日本国内において、納入スケジュールを念頭に製造管理を行い、サトウキビ収穫機を製造する。提案製品は継続生産機種であるため、主要部品は既に在庫を確保済みである。組立製造を行うと同時に、消耗部品・付属部品の調達・製造を行う。

④ 活動 1-4：サトウキビ収穫機を輸送し、モデル製糖工場に搬入する

収穫機の通関、国内輸送は、インドへの農業機械輸送の実績のある輸送会社を活用する。搬入後、調査団が C/P 及びモデル製糖工場に対して初期操作・維持管理指導を行った後で、C/P への譲渡手続きを行う。

⑤ 活動 1-5： サトウキビ収穫機等を稼働し、現地適合性を実証する

調査団がモデル圃場にて収穫機を稼働させ、特に競合製品と大きく特徴が異なる、袋式による単独走行及びクローラ式の適合性を確認する。

特に、袋式収穫については、クレーン及び搬送車を活用した荷積み・搬出方法を検討する。収穫袋の容量は約 1t であるため、1t 分収穫すると別の収穫袋を取り換える必要がある。そのため、収穫袋の圃場内の置場によってクレーンから搬送車への荷積み場所及び方法を検討する。また、圃場の形状や広さによって収穫袋の置く位置が変わるため、圃場形状に合わせた効率的な荷積みパターンを複数検討する。

確認項目は以表に示すとおりであり、これらを踏まえて現地適合性を実証する。

表 2-4： 現地適合性の確認事項

確認項目	確認方法
圃場への進入	・圃場の周囲形状と機械進入可否
圃場内での稼働	・往復刈りの可否（倒伏方向、転回場所等） ・転圧の影響
圃場間の移動	・クローラでの移動可否 ・クローラでの移動スピード
クレーン利用	・圃場内の収穫袋の置き位置 ・圃場内のクレーンの移動の可否、吊り荷走行の可否

出典：JICA 調査団

⑥ 活動 1-6： 性能面、経済面について現地の既存方法との比較優位性を検証する

提案製品については、以下の指標及びデータ収集方法に基づき測定する。原則、データ収集は調査団の現地滞在時に行うこととするが、収穫シーズンを通じて必要となる項目については、モデル製糖工場に作業日報（日付、時間、燃料、収穫量等）をつけてもらうことを想定している。提案製品のデータ収集項目と収集方法は、以下のとおり。

表 2-5： 本事業における提案製品のデータ収集の内容

評価指標	データ収集の方法
収穫エリア	収穫した圃場の位置と面積を記録する。
稼働日数	提案製品の稼働日数を記録する。
収穫効率	収穫効率 (t/h) を測定する。
収穫量	収穫量 (t) を測定する。
トラッシュ率	収穫原料に含まれる枯葉や青葉などの混入率 (%) を測定する。
土壌	提案製品と他社製品で収穫した圃場の堅さを測定する。
O&M 費	提案製品の O&M 費（燃料、人件費含む）を算出する。
輸送費	クレーン・搬送車の輸送費（燃料、人件費含む）を算出する。
買取価格	モデル製糖工場における買取価格を確認する。

出典：JICA 調査団

また、既存のサトウキビ収穫方法（手刈り・他社製品）の実態についても、調査団滞在中は調査団がデータ収集を行い、不在時には、再委託先にデータ収集方法を指導した上で、再委託先が実施することとする。提案製品の結果と比較するための収集データ項目は、以下のとおり。

表 2-6: 本事業における競合製品・手刈りデータ収集の内容

評価指標	競合機	手刈り
収穫エリア	圃場形状、圃場面積	圃場面積
稼働日数	稼働日数	収穫日数
収穫効率	収穫効率	労働者の人数
収穫量	収穫量	収穫量、収穫ロス
トラッシュ率	トラッシュ率	トラッシュ率
土壌	N/A	N/A
O&M 費	O&M 費	労働者人件費
輸送費	輸送費	輸送方法・輸送費
買取価格	買取価格	買取価格

出典：JICA 調査団

加えて、糖分率については、劣化の影響を比較するため、収穫後の経過時間が異なるサトウキビを分析機関に委託する。

糖分率および表 2-6 の分析・評価については、砂糖局と共同で行い、砂糖局のオフィシャルデータとしても公表できるようにする。

2) 活動 2：提案製品の操作・維持管理の技術指導

① 活動 2-1：C/P 及びモデル製糖工場における現状の収穫機の技術レベルを確認する

C/P の技術系職員及びモデル製糖工場の技術担当者に対して、調査団がサトウキビ収穫機の操作経験の有無及び維持管理、保管、故障時対応の方法等をヒアリングし、知識及び技術レベルを確認する。

② 活動 2-2：収穫機の操作・維持管理マニュアル案（荷積み・搬出を含む）を作成する

モデル製糖工場が適切な操作・維持管理が継続的に行えるよう、収穫機の操作方法、日常点検、消耗部品の交換作業、分解整備やトラブルシューティングを含むマニュアルを作成する。また、マニュアルには袋式の特長を踏まえた荷積み・搬出を含める。

③ 活動 2-3：活動 2-2 で作成したマニュアルを基に、C/P の技術系職員、モデル製糖工場の技術担当者に対して技術指導を行う

活動 2-2 で作成したマニュアルに基づき、第 1 次、第 2 次の収穫期前に、C/P の技術系職員、モデル製糖工場の技術担当者（2～4 名）に対して研修を実施する。研修内容は、

マニュアル記載項目のうち、操作方法、日常点検、消耗部品の交換作業を中心に、収穫機を使った実技研修とする。

④ **活動 2-4： 上記 2-3 の結果及び収穫機の稼働状況を踏まえ、操作・維持管理マニュアルを最終化する。**

1 年次の収穫期における現地圃場での稼働状況、維持管理の実態、故障要因などに留意し、CP と内容を確認した上で、適宜修正・追加等を行い最終化する。

3) 活動 3： 機械化に適した植付・管理作業の検討

① **活動 3-1： 既存の植付・株出管理における問題点及び改善策を C/P と協議する**

既存の植付手法（ビレット・苗の利用、手植え・機械利用等）について、現状、取組み、問題点を C/P にヒアリングし、機械化に適した植付手法の導入アイデアについて協議を行う。また、株出管理についても同様に現状の実施状況（追肥、根切り、培土等）を確認し、改善策を協議する。

② **活動 3-2： 植付・株出管理に関する農家ヒアリングを行う**

モデル製糖工場周辺の農家へのヒアリングを通じて、現行の植付手法の実態（浅植え）を確認し、現地に適した植付方法（深植え、培土など）について検討する。この検討内容をマニュアルに反映する。また、株出圃場における第 1 年次と第 2 年次の収穫量の減少具合を確認し、株出管理の必要性を説明する材料とする。

③ **活動 3-3： 植付・株出管理に関するマニュアルを作成する**

上記調査結果を踏まえた、植付・株出管理に関するマニュアル素案を作成し、C/P 及び VSI や KVK 等の農業関係者と内容を協議した上で、マニュアルを最終化する。

④ **活動 3-4： 植付・株出管理の手法を紹介する**

モデル圃場において、日本におけるサトウキビ刈取後の株出管理の手法（株揃え、心土破碎）のデモンストレーションを行い、株出管理の効果（次期作の生産量減少を抑制）について紹介する。

4) 活動 4： デモによる普及活動・ビジネスモデルの策定

① **活動 4-1： サトウキビ収穫・荷積み・搬出のデモンストレーション、普及活動を実施する**

当初計画ではモデル圃場において、C/P、サトウキビ研究所、農業試験所、製糖工場、周辺農家、コントラクターを含む関係者を対象に、サトウキビ収穫・搬出のデモンスト

レーションを計画していたが新型コロナウイルスの影響により実施困難となったため、普及活動で活用する本事業の紹介ビデオを作製し普及活動に活用する。

② 活動 4-2： サトウキビ収穫機の現地製造体制の構築に向けたコストダウン計画を策定する

コストダウン計画として、まずは現地での部品調達の可能性について調査する。特に、調査する部品はエンジン、油圧部品および刃物類を含む消耗品を想定しており、加工メーカーの調査、調達ルートの調査等を行う。また、製造・組立を現地化するための現地パートナー会社候補、特に農機・建機メーカーを調査し、組立・メンテナンスの技術レベル及び販売ルートの有無等を確認する。

上記の調査結果を踏まえて、段階的なコストダウン計画を策定する。

③ 活動 4-3： 補助金制度を含む収穫機市場の動向及び現地法制度等を調査する

収穫機の市場規模は、補助金制度に大きく影響を受けている。そのため、これまでの補助金適用導入数、今後の補助金制度の予算規模や適用条件等の動向について、C/P へのヒアリングを通じて確認する。また、競合他社を含めた SWOT 分析を行い、事業戦略の検討材料とする。

また、排出ガス規制を含む環境規制の変化が激しいため、最新の規制及び今後の動向を把握する。さらに、商業販売する際には、特定の試験場にて、機械の性能及び安全性を確認する試験を経て機械認証を受ける必要があるため、申請方法、試験内容、その他の手続きについても調査する。

④ 活動 4-4： ビジネス展開計画案を策定する。

活動 4-2 及び活動 4-3 に基づき、市場規模、ビジネスモデル及び実施体制を検討する。第 1 段階では部分的に製造・組立を現地化し、第 2 段階で現地生産体制を構築するような、段階的な計画を想定している。ビジネス展開計画には、生産・流通・販売計画を含む。

5) 作業工程計画

以下、図 2-1 のとおり、作業工程計画を示す。

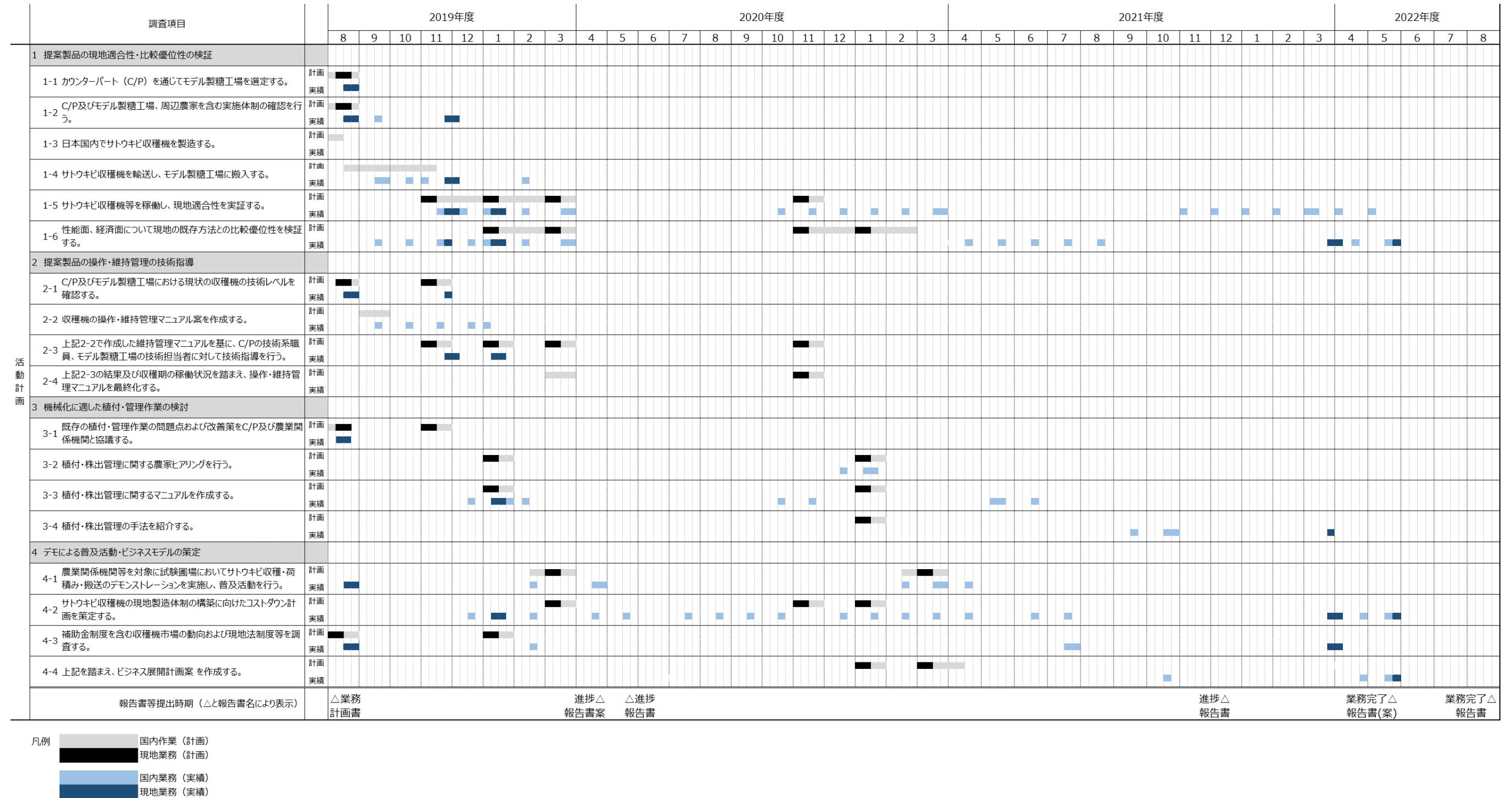


図 2-1 : 作業工程計画

(4) 投入（要員、機材、事業実施国側投入、その他）

1) 要員計画

2022年7月末時点における要員投入実績は下図のとおり。

従事者	氏名	担当業務	格付	所属	分類	項目	渡航回数	令和元年																																																令和2年																																																令和3年																																																令和4年																																																日数合計	人月合計																																																						
								2019年												2020年												2021年												2022年																																																																																																																																																																																																																			
								8	9	10	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	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8																																																																																																																																																																																																							
1.提案法人【現地業務】																																																																																																																																																																																																								渡航回数小計		8		提案法人人月小計（現地）																																																93		3.10	
2.提案法人【国内業務】																																																																																																																																																																																																								渡航回数小計		8		提案法人人月小計（国内）																																																161		8.03	
3.外部人材【現地業務】																																																																																																																																																																																																								渡航回数小計		15		外部人材人月小計（現地）																																																152		5.08	
4.外部人材【国内業務】																																																																																																																																																																																																								渡航回数小計		23		外部人材人月小計（国内）																																																269		13.45	

合計渡航回数 23

外部人材人月（現地+国内）合計 421 18.53

図 2-2： 要員投入実績

2) 機材

本案件にて投入した資機材は下表のとおり。

表 2-7: 投入した資機材リスト

	機材名	型番	数量	納入年月	設置先
1	サトウキビ収穫機（本体）	UT-120K	一台	2019年12月	ヴィグナハール製糖工場
2	サトウキビ収穫機（付属品）	-	一式	2019年12月	ヴィグナハール製糖工場

出典：JICA 調査団

3) 事業実施国政府機関側の投入

C/P であるマ州砂糖局の担当業務は下表のとおりである。

表 2-8: C/P 機関の主な担当業務

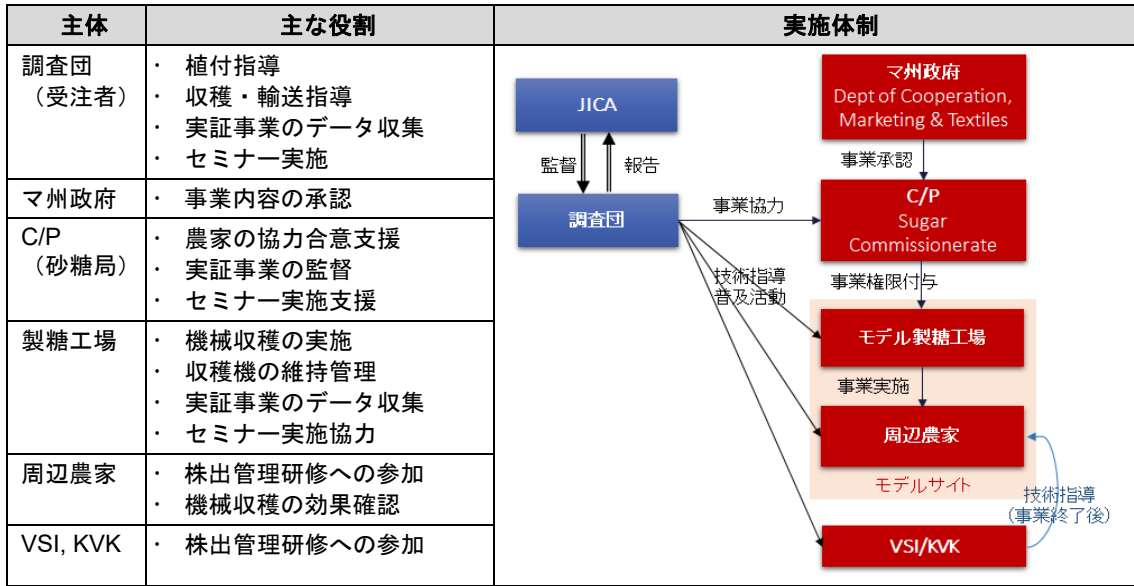
協力項目	協力内容
機材輸送	サトウキビ収穫機の輸入／通関手続きの実施
機材設置・保管	サトウキビ収穫機材の移譲手続き、及びサトウキビ収穫機材をモデル製糖工場に貸与するための手続きの実施
実証運営	サトウキビ収穫機実証試験用の圃場の確保
維持管理	モデル製糖工場によるサトウキビ収穫機の維持管理業務の監督
技術指導	技術研修へ参加者の提供
実証事業終了後	サトウキビ機材貸与

出典：JICA 調査団

(5) 事業実施体制

本事業は、C/P であるマ州砂糖局の上部組織であるマ州協力局（Department of Cooperation, Marketing and Textiles）の承認を得て、モデル製糖工場をモデルサイトとする。提案製品の稼働及び維持管理を含む普及・実証活動は、C/P の監督の下、モデル製糖工場が行う体制とする。

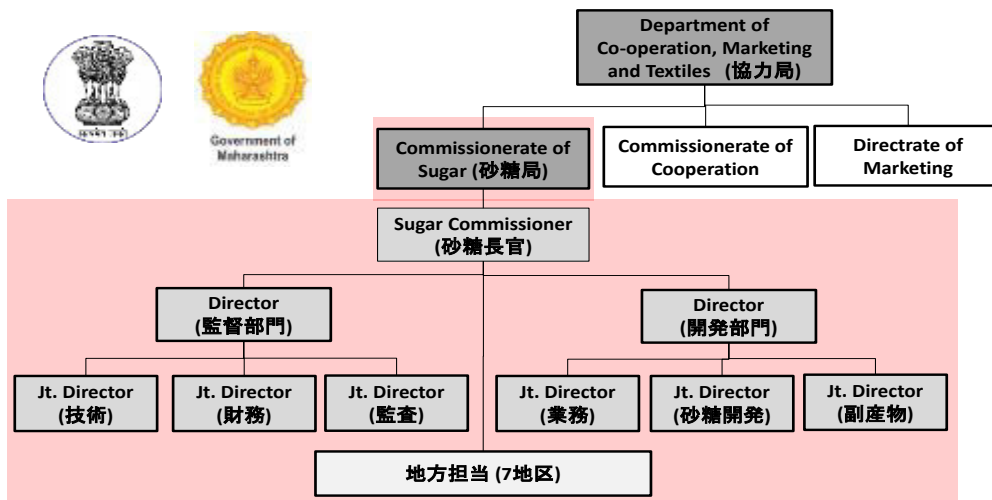
表 2-9: 事業実施体制と主な役割分担



出典：JICA 調査団

(6) 事業実施国政府機関の概要

マ州砂糖局 (Commissionerate of Sugar) は、マ州協力局 (Department of Cooperation, Marketing and Textiles) の下部組織であり、砂糖長官をトップに①開発部門と②監督部門で構成されている。また、マ州を7つの地区に分け、地区毎に担当者が配置されている。砂糖局が管轄する業務内容は多岐に渡り、「サトウキビの生産性向上の支援」、「製糖工場の設立支援」、「製糖工場の設備導入等の開発促進業務」、「製糖工場の設備投資の承認」、「サトウキビ買取り価格の承認」、「ローンの政府保証の要請支援」、などの監督業務を担っている。また、マ州砂糖局は、収穫機の補助金制度の実施機関でもある。



出典：JICA 調査団

図 2-3： C/P 機関（マハラシュトラ州砂糖局）の組織図

3. 普及・実証事業の実績

(1) 活動項目毎の結果

1) 活動1の結果

① 活動 1-1： 相手国実施機関（C/P）を通じてモデル製糖工場を選定する

本事業では、C/P であるマ州砂糖局の監督の下で、モデル製糖工場が提案製品の稼働及び維持管理を行う体制となる。そのため、事前に C/P に対してモデル製糖工場の選定条件を提示し、条件に見合う製糖工場の推薦を依頼した。選定条件は、表 3-1 に記載のとおり、提案製品の優位性が発揮できる圃場を有し、持続的に機械収穫が出来る体制が整っている製糖工場を選定することを念頭に設定した。この条件をもとに C/P から推薦されたヴィグナハール製糖工場（以下、「SSK」）は、近年効率的な操業実績を表彰された優良な製糖工場である。

実際に SSK を訪問し協議を行った結果、選定条件と合致しており、機械収穫の実績があることも確認できたため、本事業のモデル製糖工場として選定することを 3 者で合意した。SSK の概要と選定条件との合致状況は下表のとおり。

表 3-1: モデル製糖工場の概要と選定条件との合致状況

項目	概要	選定条件との合致
種別	組合	○組合製糖工場
施設規模	5,000t/日	N/A
サトウキビ処理量	100 万 t/年	N/A
稼働日数	180~200 日	○120 日以上
収穫面積	10,000ha	○製糖工場との圃場が近い
1ha 以下の圃場	80%	○小規模圃場（1ha 以下）が多い
畦間	4ft 以上	○農民への指導経験
従業員数	1,100 人	N/A
収穫機の利用	収穫機 4 台をレンタル利用	○機械収穫の経験がある

出典：JICA 調査団

② 活動 1-2： C/P 及びモデル製糖工場、周辺農家を含む実施体制の確認を行う

本事業を開始する前に、C/P 及び SSK との役割分担を明確にしておくことが重要である。そのため、本事業の負担事項及び事業実施中のメンテナンス契約について協議を行い、下表の内容で三者合意書を締結した。本事業で利用する実証圃場のアレンジについては、実証のタイミングや必要条件に応じて、SSK が責任をもって圃場を確保することを確認した。

表 3-2: 提案企業、C/P、モデル製糖工場との役割分担表

活動	提案企業	砂糖局	製糖工場
製造	・ 製造	・ -	・ -
輸出入	・ 輸出・輸送	・ 輸入・関税手続	・ -
据付・保管	・ -	・ -	・ 保管場所
機材譲渡	・ マニュアル・初期指導の提供 ・ 機材移譲の手続き	・ 機材移譲の手続き ・ 機材貸与の手続き	・ オペレーターのアサイン ・ 動産保険の加入
データ取得	・ データ取得	・ 実証圃場の確保 ・ データの分析・評価	・ 実証圃場の確保 ・ 当社不在期間のデータ取得
維持管理	・ スペア部品 ・ クレーンレンタル費 ・ 収穫機の輸送費（デモ用）	・ 活動の監督	・ 収穫機の稼働に必要な経費 ・ 搬送用トラックの経費
指導	・ マニュアル及び指導の提供	・ 研修者のアサイン	・ 研修者のアサイン
事業後	・ 有料メンテナンスサービス提供	・ 収穫機の継続的な貸与	・ 収穫機の継続的な活用

出典：JICA 調査団

③ 活動 1-3：日本国内でサトウキビ収穫機を製造する

本事業で導入するサトウキビ収穫機は、日本で最も生産・販売台数の多い UT-120K であり、日本国内と全く同一仕様である。主要部品の調達、当社工場での製造・組立及び品質・動作確認を行った。また、収穫機本体とともに輸送する消耗部品・付属部品を調達・製造し、導入機材一式を準備した。

④ 活動 1-4：サトウキビ収穫機を輸送し、モデル製糖工場に搬入する

機材一式は、2019 年 10 月初旬に日本（大阪港）から出港し、10 月末にインド（ムンバイ港）に着港した。到着直後に税関の手続きが進められ、陸上輸送を経て 11 月初旬に製糖工場に到着した。調査団到着後の 11 月末に開梱作業を行い、刃物類を取付けて組立てが完了した。

輸送段階においては、以下のように当初想定と異なる費用が発生したため、今後は輸送会社との事前打ち合わせが重要であることを認識した。

- ・ コンテナの船積み方法の変更に伴う梱包経費の追加
- ・ コンテナ搬入・船積みスケジュールの段取り変更による留め置き料の追加
- ・ 現地での道路輸送における沿道の電線処理・木伐採などの経費追加
- ・ 製糖工場での機材積下ろし用クレーンの使用日数の追加

2019 年 12 月 4 日付で C/P と JICA インド事務所の立合いの下、機材検収を行った。海上・陸上輸送による損傷や欠損などは認められず、また圃場における収穫作業においても各部の動作に問題はなかった。機材検収後に C/P に対して機材譲渡を行い、SSK が機材貸与を受ける形で収穫機を活用し本事業を実施する体制を再度確認した。

なお、機材譲渡前に SSK に対して初期操作指導を行い、オペレーターの理解度及び操作技術に問題ないことを確認している（指導内容は 3-1-2. 活動 2 の結果に記載）。



製糖工場における機材の開梱作業



機材検収後に機材譲渡

⑤ 活動 1-5： サトウキビ収穫機などを稼働し、現地適合性を実証する

提案製品（UT-120K）の現地サトウキビ圃場への適合性を確認するため、まずは SSK の組合農家の複数のサトウキビ圃場において、提案製品による機械収穫を行った。提案製品の現地適合性については、ア）圃場の状況、イ）サトウキビ生育状況、ウ）圃場への進入、エ）圃場でのクレーン利用の観点から検討し、結果を以下のとおりまとめた。

（ア）圃場の状況

機械収穫に適した畦間は、4ft（120cm）以上であることが望ましい。対象地域を含むマ州では、ここ数年で開墾のためのトラクター利用が進み、作業幅を確保するための畦間拡大が行われてきた。また、畦間拡大により、サトウキビへの日光の当たり具合が改善することによる収量向上効果が認知されてきたこともあり、現在では畦間 4-5ft の栽培体系が一般的となっている。圃場規模は 0.5～2.5acre（0.2～1.0ha）と小規模な圃場が多く、比較的保有面積が大きな農家でも一筆の面積は概ね 1ha 以下である。また、今回調査した圃場の形状は畦長が 100m 以下の圃場が多く、提案製品の優位性が発揮しやすい圃場である（伴走式の競合製品は、畦長が短いと収穫機及び伴走車の旋回等の刈取り以外の時間が長くなり作業効率が下がる）。このように、圃場条件については、提案製品が作業可能な条件となっていることを確認した。

表 3-3: 対象地域のサトウキビ圃場条件

項目	圃場 A	圃場 B	圃場 C	圃場 D	圃場 E
畦間 (ft)	4	4	4.5	4.5	4.5
圃場面積 (acre)	1.0	1.5	1.5	2.5	1.0
圃場形状 (畦長 x 幅 m)	60 x 55	75 x 80	50 x 52	90 x 113	67 x 55

出典：JICA 調査団

一方で、対象地域の圃場には、土壌内に大きな石が入り込んでいることが多く、機械化に支障をきたす要因となりえる。提案製品の収穫作業中にも、チェーンの切断、ベースカッター刃の曲がり、チョッピングナイフの刃先損傷などが発生した。いずれも現地での微調整や修理、スペアパーツの交換などで対応できる範囲であるが、今後機械化を進めることを考えると、圃場整備および日常の営農活動で除石作業の重要性を指導することが必要になってくる。



圃場の土壌中から出てきた大きな石



チョッピング刃の割れ

(イ) サトウキビの生育状況と機械収穫

対象地域では、早期（11～12月）に収穫する品種（作型）は非常に収量が高く、倒伏しやすい傾向にある。このように収量 200t/ha 程度（日本の3倍程度）で、かつ乱倒伏している圃場では、収穫機の飲み込み口にサトウキビが詰まるため、詰まった場合には収穫機を一旦後退させて詰まった茎等を吐き出して、二度刈りする作業が必要となる。この作業により、収穫キビの取りこぼしおよび損傷が発生し、収穫ロスや品質劣化に繋がる。他社製品は強引に前進させて収穫している場合もあるが、収穫されたサトウキビが破碎され圃場に散っており、大きな収穫ロスに繋がっている。他方、1月以降に収穫する株出圃場は、収量が 120t/ha 程度であり倒伏も少ない。このような圃場では、詰まりの発生も少なく効率的な収穫が出来ることを確認した。

表 3-4: 対象地域におけるサトウキビの作型⁷と収量

項目	Adsali	Preseason	Seasonal	Ratoon (株出)
植付時期	6～9月 (18か月)	9～11月 (15か月)	12～2月 (12か月)	-
収穫時期	11～1月	3～5月	1～3月	1～5月
収量 (品種による)	多	多	中	中
割合	40～50%	要確認	要確認	要確認

出典：JICA 調査団

⁷ サトウキビ収穫後の株からそのまま萌芽させて栽培する方法を株出という。対して、新たに植付から行う方法を新植という。植付時期によって、Adsali、Preseason、Seasonal と分類され、日本では多少時期がずれるが、順に、夏植、遅い夏植（秋植）、春植と呼ばれている。

(ウ) 圃場への進入および狭小圃場への適用

車輪式収穫機や伴走車では溝や段差等で圃場への進入が困難もしくは不可能な圃場でも進入・収穫できる。収穫機自体で収納袋を圃場外に搬出できるため狭小で不整形な圃場でも作業可。伴走方式のように伴走車の走行部分を開ける（刈取る）必要がない。

(エ) 圃場でのクレーン利用

日本では積載形トラッククレーンで収穫袋を吊り上げ積載するが、インドではユニックよりも車体屈曲式モービルクレーン（以下、クレーン車と略す）の方が、調達が容易であることから、クレーンで収穫袋を運搬トラックに積込む方式とした。圃場が道路沿いにある場合は、道路端に収穫袋を並べ、道路からクレーンで吊り上げて運搬トラックに荷積みすることが可能である。しかし、圃場が道路に面していない場合は、クレーンと運搬トラックを圃場内に入れて積込む必要がある。次季が新植の圃場であれば問題ないが、株出を行う圃場の場合は踏みつけによる残存株への悪影響が懸念される。また、使用したタイヤ式のクレーン車はサトウキビの畦を乗り越えられないために、畦の凹凸を崩さないと走行できない欠点がある。これは、全般に植付け深さの浅いこの地域では、クレーン車の走行跡は親株が無くなり、大きな減収要因となることを意味している。

現地関係者からは、マ州で調達可能な積載形トラッククレーンの活用およびトラクターの利用可能性についての意見が寄せられた。製糖工場との協議の上、土壤への負担が低いクレーンを取り付けたトラクター（通称：トラクタークレーン）の活用し、圃場内での収穫機の利用を最適化する試みを、次の収穫期に模索することとなった。



道路沿いのクレーン利用の積込み作業



圃場内のクレーン・トラック利用の積込み作業

⑥ 活動 1-6： 性能面、経済面について現地の既存方法との比較優位性を検証

他社製品との性能比較調査

1年目は、2020年1月中旬にSSK管内のサトウキビ圃場にて、提案製品（UT-120K）と他社製品を同一圃場内で稼働させ、両機種のパフォーマンス試験調査を行った。このパフォーマンス試験では、以下のウ）作業能率、エ）作業精度、オ）圃場への影響の観点から比較優位性の検討を行った。2、3年目は、新型コロナウイルス感染症の影響により調査団の現地渡航が出来なかったため、ドライブレコーダによるデータ収集をSSKに依頼し、取得したデータを転送してもらい日本で分析した。そのため調査項目は、ウ）作業能率のみとなった。なお、本パフォーマンス比較試験調査の結果は、限られた調査で得たデータである。他社製品は、1年目2年目はCNH A-4000、3年目はShaktiman（CNHのコピー製品）と比較した。

表 3-5: 他社製品との性能比較試験調査の項目

1年目（2020年1月中旬）	2年目（2021年3月下旬）	3年目（2022年3月上旬）
ウ）作業能率・作業効率 エ）作業精度 オ）圃場への影響	ウ）作業能率・作業効率	ウ）作業能率・作業効率

出典：JICA調査団

(ア) 調査圃場の概要

1年目

1年目の圃場は、調査団がUT-120Kの能力が発揮できる条件に合う圃場を選定した。調査圃場は、圃場幅と畦長がそれぞれ約100mと約45mであり、面積が0.45ha、畦幅は4ft以上という条件である。また、単位収量は、対象圃場の10m区間から10本の茎をサンプリングして原料茎長、茎重、茎径を測定した結果、約100t/ha（日本の2倍程度）と想定された。UT-120Kは圃場の南側半分、CNH A-4000は北側半分でパフォーマンス試験を行った。



収穫圃場のサトウキビ



収量調査

2年目

2年目の調査圃場は、SSKが選定した圃場で性能試験を行った。調査圃場は、圃場幅と畦長がそれぞれ約107mと約40m、畦幅は4ftという条件であった。単位収量は、現地での測定が出来なかったため収穫量から推定したところ、約105t/haとなり、1年目の圃場よりもやや高収量で倒伏も多い圃場であった。性能試験は、同じ圃場でUT-120KとCNH A-4000それぞれ7畦ずつを収穫した。

3年目

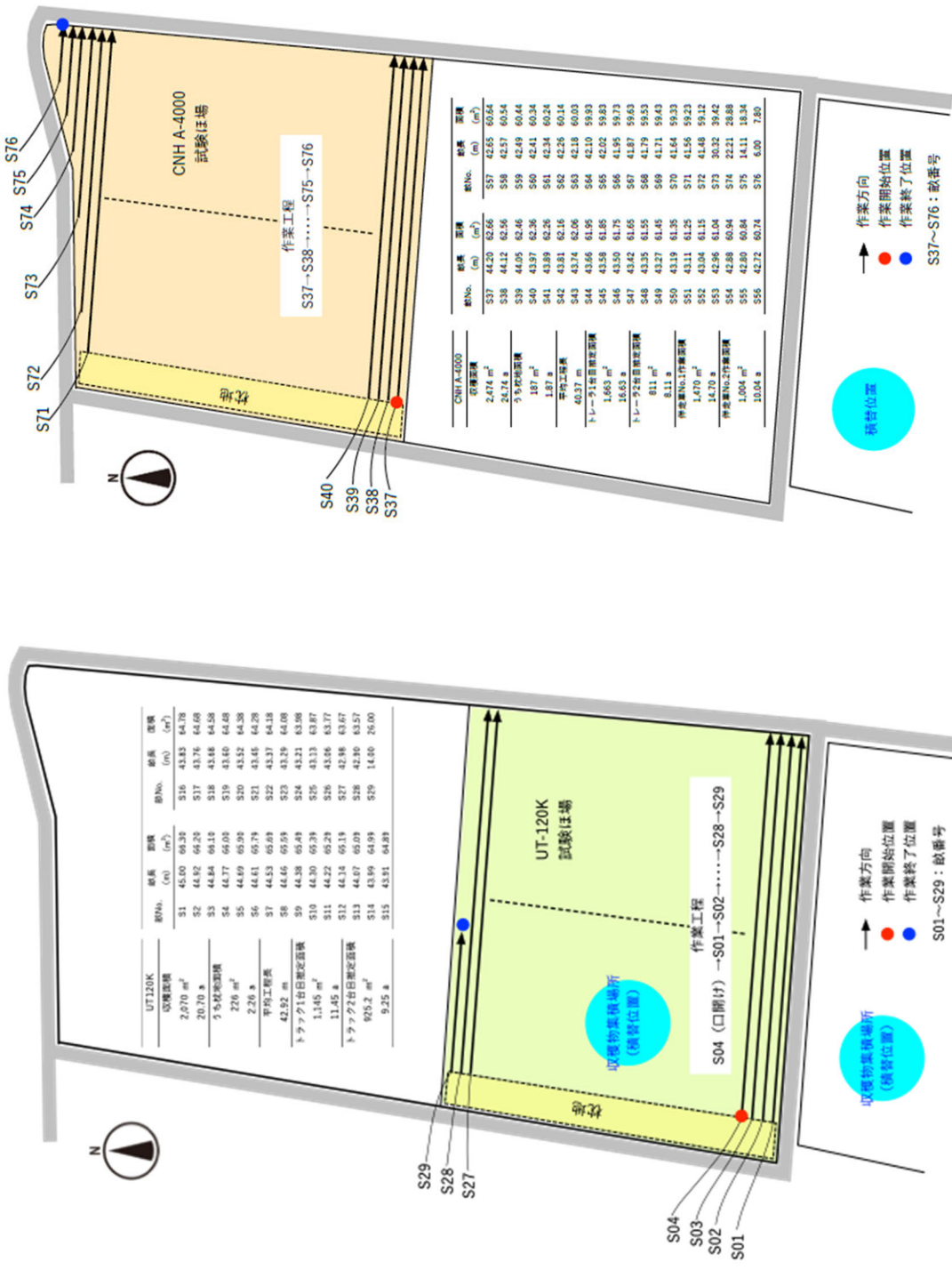
3年目も2年目と同様にSSKが圃場を選定した。調査圃場の条件は、畦幅約43m、畦長約101m、畦幅4ftであった。単位収量は、農家へのヒアリング結果約81t/haであり、1年目2年目と比較して低収量の圃場であった。圃場の形状と収量ともに当社製品に適した圃場であると言える。性能試験は、UT-120KとShaktimanが同じ圃場でそれぞれ1時間ずつ収穫する形で実施した。

1年目、2年目と3年目の調査圃場の概要は下表に示すとおり。

表 3-6: 調査圃場の概要

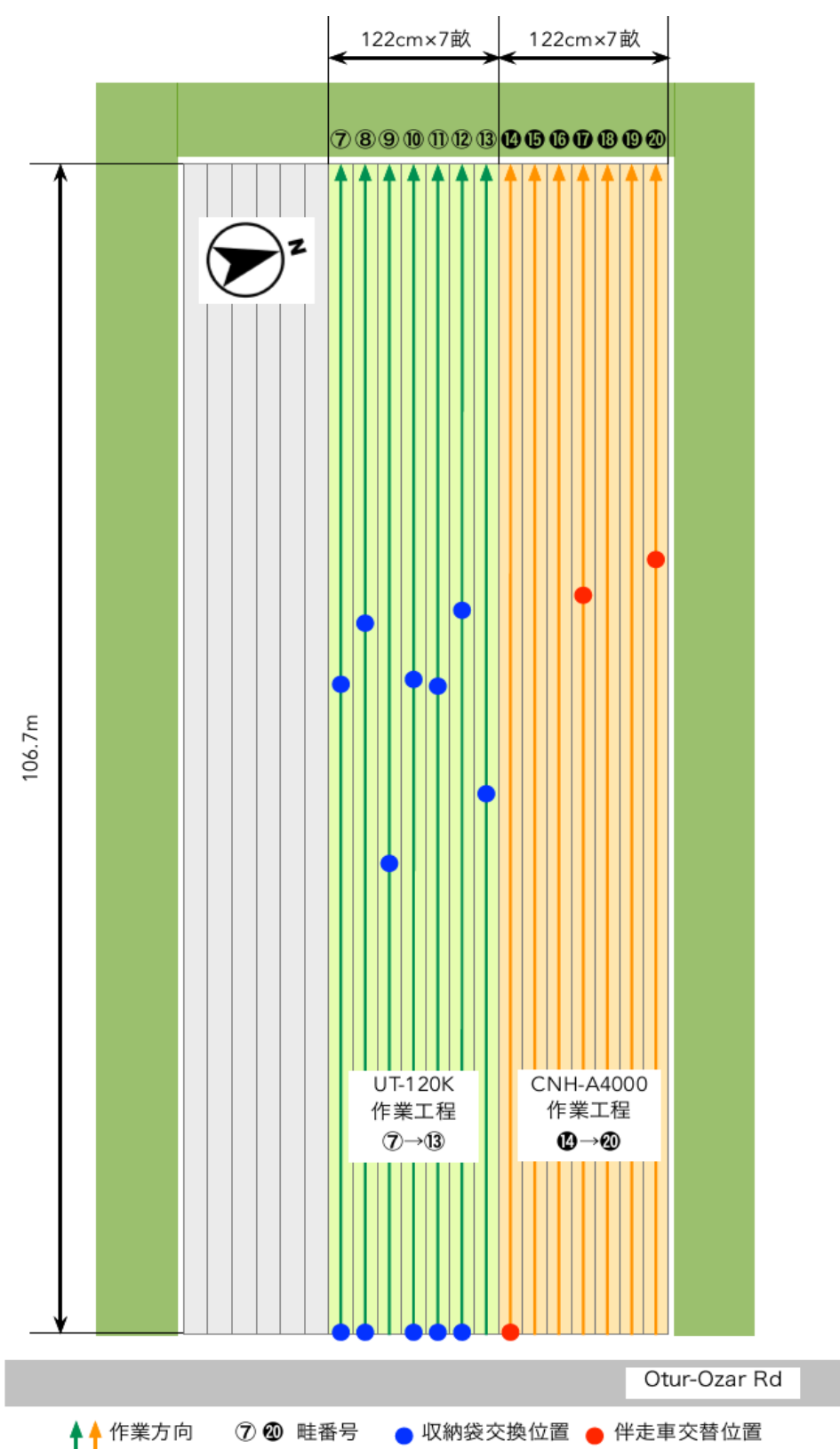
項目	1年目の圃場	2年目の圃場	3年目の圃場
試験場所	ヴィグナハールSSK管 区内	ヴィグナハールSSK管 区内	ヴィグナハールSSK管 区内
圃場形状(幅)x(畦長)	約100m x 約45m	約17m x 約107m	約43m x 約101m
供試面積	4,544 m ² (0.45ha)	1,822m ² (0.18ha)	4,343 m ² (0.43ha)
畦幅	130cm (4.25ft)	122cm (4.00ft)	122cm (4.00ft)
単位収量	約100t/ha	約105t/ha	約81t/ha
土壌	黒色土	黒色土	黒色土
品種	CoM265	CoM265	CoM265
作型	11月植、株出2回目	株出(回数不明)	株出1回目(16カ月)

出典：JICA 調査団



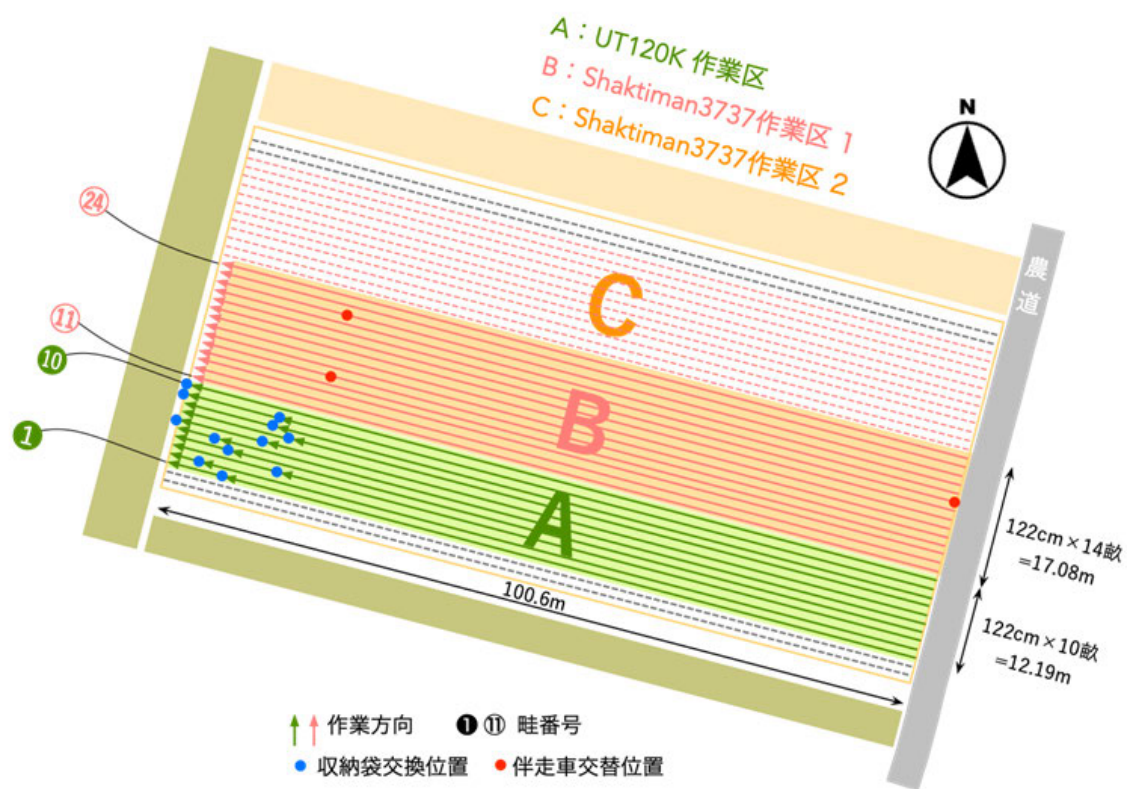
出典：JICA 調査団

図 3-1： 1 年目の圃場内の作業工程図（左：提案製品 UT-120K、右：他社製品 CNH A-4000）



出典：JICA 調査団

図 3-2： 2年目の圃場内の作業工程図（提案製品 UT-120K、他社製品 CNH A-4000）



出典：JICA 調査団

図 3-3： 3年目の圃場内の作業工程図（提案製品 UT-120K、他社製品 Shaktiman3737）

(イ) 作業体系の概要

自走式の UT-120K と伴走式の CNH A-4000 では収穫作業体系が異なる。

UT-120K は、収穫袋による自走搬出収穫機であるため、収穫は収穫機単独で収穫作業を行う。収穫袋が一杯になったところで荷降ろしを行い、収穫袋を付け替えて収穫作業を継続する。収穫袋はクレーン車で運搬トラックもしくはトレーラーに積替を行い、工場まで運搬するのが一連の収穫・搬出作業となる。そのため使用機材は、収穫機 1 台とクレーン車 1 台である。



自走式による収穫



積替（クレーン車から運搬トレーラー）

CNH A-4000 の場合、収穫は、収穫機に伴走車を並走させて収穫キビを受けながら収穫作業を行う。1 台の伴走車が一杯になると、もう 1 台が入れ替わり収穫機と並走して、収穫作業を続ける。一杯になった伴走車から運送トレーラーに積替えて搬出する。よって、収穫機 1 台に伴走車 2 台を組み合わせた作業体系となる。



伴走車の並走による収穫



積替（伴走車から運搬トレーラー）

(ウ) 作業能率と作業効率

1 年目の作業能率

収穫機の作業能率を調査するため、GPS 機能を備えたドライブレコーダを両機種に搭載し、走行軌跡や刈取前進・後進・待機時間などの作業状況を記録し、各行動の所要時間を測定した。サトウキビの立毛状況から往復刈りも可能と考えられたが、一帯の圃場はテラス状に分布しており、畦の西端に枕地を設置した関係で収穫作業は西から東に向かう一方向刈となった。

UT-120K の作業能率は、収穫量で 6.28t/h となり日本国内での実績よりも単位時間当たり収穫量（作業能率）は高くなった。日本の単収が平均 74t/ha 程度であるのに対し、供試圃場の単収が 100t/ha と高かったことが要因と考えられる。

対して、CNH A-4000 は、収穫量で 10.24t/h となり、一方向刈りとしては高めの数値となった。本機種が導入され数年が経過していることから、オペレーターの習熟度はもとより収穫機の運用や使用方法についても十分なノウハウが蓄積されているものと考えられる。ただし、CNH A-4000 のメーカー仕様書の作業能率記載値(18~20t/h)よりは落ちることが確認された。

2 年目の作業能率

ドライブレコーダのデータ分析の結果、UT-120K の作業能率は、収穫量で 5.85t/h となり、前年度の結果と比較して能率が低下した。畦幅が 1 年目の 130cm に対し 2 年目は 122cm と狭かったことと、昨年以上に乱倒伏の状態だったこと、またエンジントラブルがあり、収穫の合間に一時停止をはさむ必要があったことなどが能率低下の要因となったと考えられる。

CNH A-4000 は、収穫量で 15.4t/h と前年度より高くなった。ただし、高単収圃場や乱倒伏状態の圃場では、収穫作業中に微小な前進後退を繰り返す「掻き込み調整」の動作がよく見られるが、前回の 2.8 回/10a の発生に対し今回は 17.8 回/10a と多発している。今回は未調査であるが、収穫ロス率やトラッシュ率などの増加が想定される。そのため作業能率は高いが作業精度は低下している可能性が高いと考えられる。

3 年目の作業能率

3 年目の試験結果は、UT-120K の作業能率が 10.15t/h と、1 年目 2 年目に比べ大きく向上した。圃場の畦幅は 122cm と近年のインドのサトウキビ作では狭い方になるが、単収が 81t/ha と過去の試験での単収 100t/ha 以上よりも低かったため作業速度を高速化できたことが大きな要因である。また、導入後 3 シーズン目を迎えオペレーターの習熟度が高まり作業速度の向上に繋がっていると考えられる。

他社製品 Shaktiman の作業能率は、14.17t/h であり、2 年目の CNH と同程度の能率となった。作業速度は 2 年目と比較して低速であったが、圃場の単収が低めであったことから高単収圃場や乱倒伏状態の圃場でみられる「掻き込み調整」が大幅に少なくなり圃場作業率が高かったことも、比較的高速で作業できた要因と考えられる。

1 年目～3 年目の作業能率の試験結果は以下のとおり。UT-120K が優位性を発揮できる圃場条件としては、畦長が 100m 程度であることに加え、単収が 80t/ha 程度であることが挙げられる。これらの条件が揃った上での性能能率として、オペレーターの習熟度が高まった 3 年目の試験結果である約 10t/h がインドにおける能率であると評価できる。この作業能率は、日本での使用時の能率を上回っている。

表 3-7: 1 年目、2 年目、3 年目の作業能率の比較

項目	UT-120K			CNH A-4000		Shaktiman
	1 年目	2 年目	3 年目	1 年目	2 年目	3 年目
作業速度 (m/s)	0.33	0.26	0.57	0.49	0.74	0.65
作業能率 (t/h)	6.28	5.85	10.15	10.24	15.43	14.17

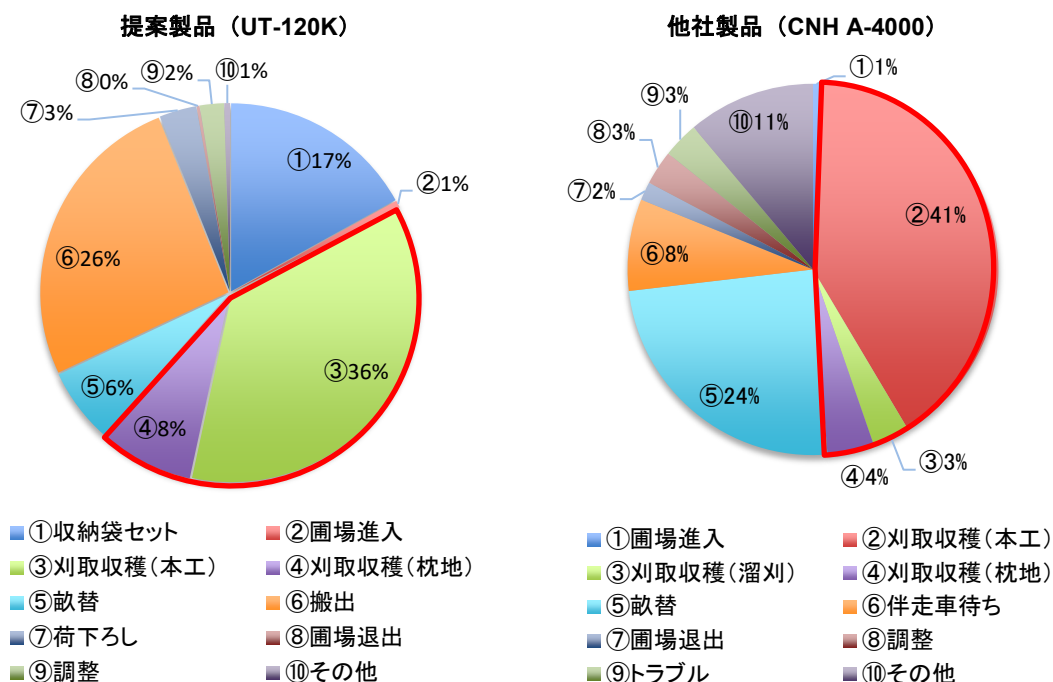
出典：JICA 調査団

1 年目の圃場作業効率

圃場作業効率は、圃場内で行った全作業時間のうち、本来の作業（刈取）に要した時間の百分率（%）を指すものである。

UT-120K の圃場作業効率は 44.2% となり、自走搬出収穫機では平均的な結果である。作業時間の内訳をみると、収納袋のセッティング（17%）や荷下ろし（26%）など本来の刈取作業とは異なる作業に時間を要した。これらの作業は、作業実績を重ねることにより効率化することが期待でき、圃場作業効率は向上していくものと考えられる。

CNH A-4000 の圃場作業効率は、48.1%と伴走式収穫機としては低い結果となった⁸。本圃場は、平均畦長が約 40m と伴走式収穫機にとっては短く、一方向刈であったため畦替え（24%）に多くの時間を要したことなどが要因である。



注：刈取収穫（本工）は、実際に収穫機が収穫を行っている時間を示す。
 刈取収穫（溜刈）は、伴走車が収穫機に随行できず、伴走車に移送するコンベアを止めて、収穫機本体に収穫物を一時的に貯留している時間を示す。

出典：JICA 調査団

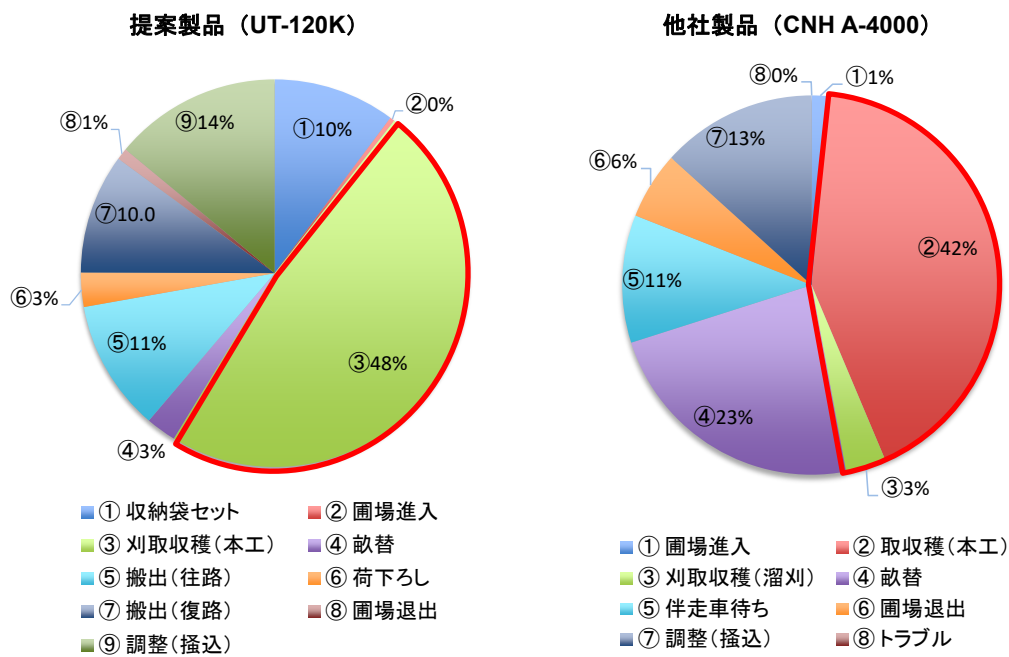
図 3-4： 1年目の作業時間の内訳（赤枠：圃場作業効率）

2年目の圃場作業効率

2年目の UT-120K の圃場作業効率は、48.1%と1年目よりも高い結果となった。1年目と比較して、収穫以外の作業、特に収納袋のセッティング（17%→10%）、搬出（26%→21%）、畦替（6%→2.5%）の時間が短縮されたのが要因である。これらは収穫機オペレーターの技術が上がったためと考えられる。

対して、CNH A-4000 の圃場作業効率は、45.6%と伴走車方式の収穫機としては低く、1年目よりも若干低い結果となった。上述のように掻き込み調整（3%→13%）が多発したことが主な要因と考えられる。

⁸ これまでの調査事例では、大規模圃場における CNH A-4000 の圃場作業効率は、最大 73%であった。



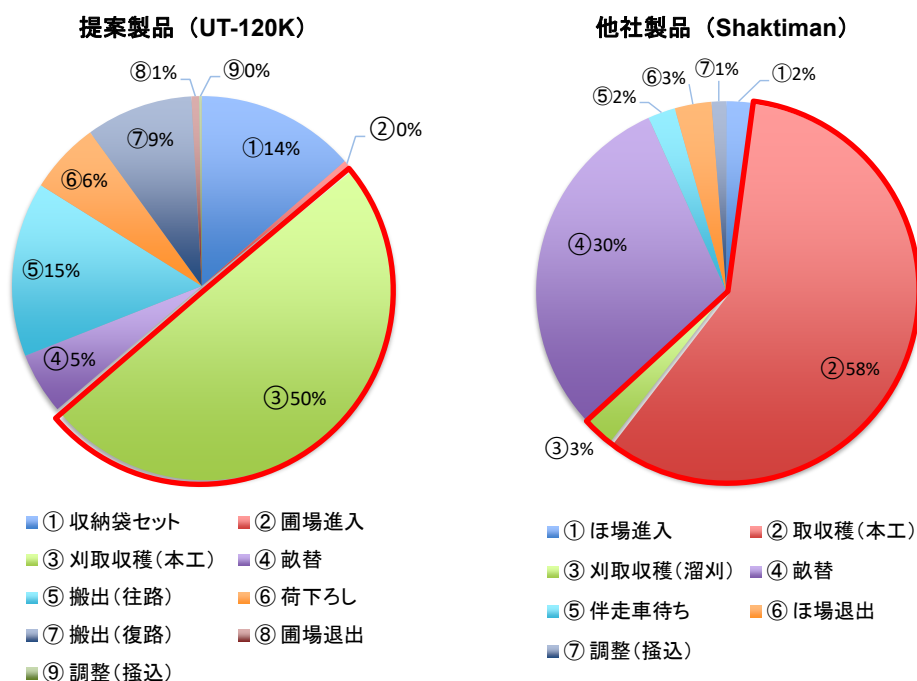
出典：JICA 調査団

図 3-5： 2年目の作業時間の内訳

3年目の圃場作業効率

3年目の UT-120K の圃場作業効率は 49.6%となり、1年目 (44.2%) 2年目 (48.1%) と比べて向上が見られた。特に2年目からの改善要因としては、高単収圃場で見られる収穫作業中に微小な前進・後退を繰り返す「搔き込み調整」動作が少なかった点 (14%→0.2%) が挙げられる。この圃場作業効率は、日本での実績との比較でみると、一方向刈りの自走搬送方式の収穫機では標準的な効率と言える。

Shaktiman の圃場作業効率は 60.9%と高い結果となり、こちらも1年目、2年目と比較して効率が高くなった。要因は UT-120K と同様に「搔き込み調整」動作が減少し (13%→1.2%)、伴走車待ち (11%→2%) した点が挙げられる。



出典：JICA 調査団

図 3-6： 3年目の作業時間の内訳

1年目～3年目の比較は、以下のとおり。2年目は UT-120K の方が CNH A-4000 よりも圃場作業効率が高いという結果となった。UT-120K の圃場作業効率は、1年目～3年目にかけて徐々に向上したことが確認できた。圃場作業効率は約 50%が日本での標準値であるため、インドにおいても同様の水準が確認できたと評価できる。圃場作業効率をより向上するためには、荷袋搬出時に無駄な移動の無いように荷袋の下ろし位置を計画し作業員に周知する必要がある。

表 3-8: 1年目、2年目、3年目の圃場作業効率の試験結果

項目	UT-120K			CNH A-4000		Shaktiman
	1年目	2年目	3年目	1年目	2年目	3年目
圃場作業効率 (%)	44.2	48.1	49.6	48.1	45.6	60.9

出典：JICA 調査団

1年目の収穫機以外の機材の作業能率と作業効率

UT-120K の作業体系で使用する積込クレーンの作業能率は 18.1t/h であり、圃場作業効率は 33.4%となった。今回は試験的な作業ということもあり、クレーンと運搬トラックを圃場に待機させた状態で作業を行なった。収納袋方式の収穫機は伴走車方式と異なり、他の作業機の影響を受けることなく互いに独立して作業を行うのが本来の姿である。この点は、UT-120K の大きなメリットであるため、クレーンや運搬トラックのアイドル時間の最小化に配慮しながら導入を検討することが重要である。

CNH A-4000 の場合、通常伴走車 2 台を使用するが、圃場作業効率は平均 23.9%と低い結果となった。収穫機 1 台に 2 台の伴走車を組み合わせた作業体系では、2 台の伴走・搬出機のうち片方は、運搬車への積み替えを終えると、常にもう片方の作業が終わるまで待機することになり、必然的にアイドリング時間が増えることになる。本作業体系では、2 台の伴走車間でお互いの作業を待ち合うという相互アイドリング時間が発生することは避けられない。この作業体系の大きなデメリットと言わざるを得ない。

2 年目の収穫機以外の機材の作業能率と作業効率

UT-120K の積込クレーンの作業能率は 19.0t/h と前回よりも高くなった。積み込みに要する時間は、収穫機が荷下ろしをした位置、運搬トラックの停車位置、クレーンの待機位置等が影響するため、クレーンが移動せずに積み込みを行える状況を作れたため、積み込み時間の短縮に繋がった。一方で、圃場作業効率は、1 年目と比較して 28.1%と低いのは、収穫作業の待ち時間（アイドリング時間）が長くなったことが要因である。

CNH A-4000 の伴走車 2 台の平均圃場作業効率は 21.3%と 1 年目よりもさらに低くなった。2 台の伴走・搬出機間でお互いの作業を待ち合うアイドリング時間が発生していることが要因である。

3 年目の収穫機以外の機材の作業能率と作業効率

UT-120K の積込クレーンの作業能率は 33.8t/h と前回よりも大幅に高くなった。収穫袋の積載量が多かったことと 1 回あたりの積込時間が短縮されたためである。それにも関わらず圃場作業効率は 20.9%と低くなったのは、1 年目 2 年目と比較してアイドリング時間が 77.6%と長くなったことが要因である。日本では、収穫機 1 台に対して積込クレーン 1 台を稼働させるのではなく、複数の収穫機に対して 1 台が複数圃場を廻り収穫済みの袋を積込む方法を取るため、アイドリング時間は少ない。インドでも同様のオペレーションが出来れば、積込クレーンの作業能率も高まると考えられる。

Shaktiman の伴走車 2 台の平均圃場作業効率は 34.7%と 2 年目よりも高くなった（21.3%→34.7%）。搬出に要する時間と収穫機と同様に掻き込み調整の時間が、前回より減少したことが大きな要因である。2 台の伴走・搬出機の間でお互いの作業を待ち合うアイドリング時間は 1 号機で 36.6%と前年と同等であった。

1 年目～3 年目の比較は、以下のとおり。収穫機以外の作業機の圃場作業効率は、自走式の UT-120K と伴走式の他社製品ともに、収穫機と作業機の間の変換により大きく左右されることが確認された。自走搬出方式の収穫機による収穫作業システムは、伴走車方式の収穫システムとは異なり、他の作業機の影響を受けることなく、各作業

機が互いに独立して作業できることが大きなメリットの一つである。十分な数の収納袋を用意すれば、収穫機はクレーン車や運搬トラックから独立して作業を行うことができる。また、クレーン車や運搬トラックも収穫機に拘束されることのないスケジューリングが可能である。各作業機のアイドリング時間を最小化する方向で、クレーンや搬出トラック及び補助作業員の連携させることが重要と考えられる。

表 3-9: 1年目と2年目の収穫機以外の圃場作業効率(%)

項目	UT-120K			CNH A-4000		Shaktiman
	1年目	2年目	3年目	1年目	2年目	3年目
積込クレーンの圃場作業効率 (%)	33.4	28.1	20.9	—	—	—
伴走車の圃場作業効率 (%)	—	—	—	23.9	21.3	34.7

出典：JICA 調査団

(エ) 作業精度

トラッシュ率

トラッシュは、収穫原料のうち茎以外の梢頭部、枯死茎、青葉・枯葉、土砂など砂糖の原料とならないものを指す。製糖原料以外のトラッシュ率が低い程、製糖歩留まりが高くなり砂糖の品質向上に繋がる。また、トラッシュは製糖工程の機械的負荷を増大させ、機械類の損耗を招く。本調査では、UT-120K は収穫袋から、CNH A-4000 は伴走車から、収穫原料を採取し、製糖原料となる茎とトラッシュを選別して重さを計測した。

UT-120K のトラッシュ率は 4.22%、CNH A-4000 は 8.94% となり、UT-120K の方が「優位性あり」という結果となった。この点については、製糖工場から高く評価されており、マーケティングの際にも強調していくべき項目と言える。

機械収穫では、圃場内での刈り残しやこぼれなどによる収穫ロスが発生する。本調査では、UT-120K 及び CNH A-4000 の 1 畦 10m 区間に残った刈り残し茎・落下茎・破碎茎・粉碎茎を拾い集めて計量した。

収穫ロス

UT-120K の収穫ロスは対単収比で 3.96%、CNH A-4000 は 3.51% となり、「ほぼ差異なし」という結果となった。ただし、CNH A-4000 の場合、ファンで粉碎された原料が多くすべては回収不能だったため、測定値よりも収穫ロスが多い可能性が高い。UK-120K の場合、ファンで粉碎されることも皆無ではないが極めて少ない。

表 3-10: 作業精度の試験結果

項目	UT-120K	CNH A-4000	備考
トラッシュ率(%)	4.22	8.94	収穫物からサンプリングして測定 (3 反復の平均値)
収穫ロス率(%)	3.96	3.51	圃場に残った茎を計量 (3 反復の平均値、対単収比)

注) 作業精度の調査は現地渡航が可能だった第 1 回目の調査のみ。2 回目以降の調査は出来ていないため、Shaktiman のデータはない。

出典: JICA 調査団



UT-120Kの収穫原料



CNH A-4000 の収穫原料



トラッシュ重量の計測



収穫ロス (原料茎) の調査

(オ) 圃場への影響

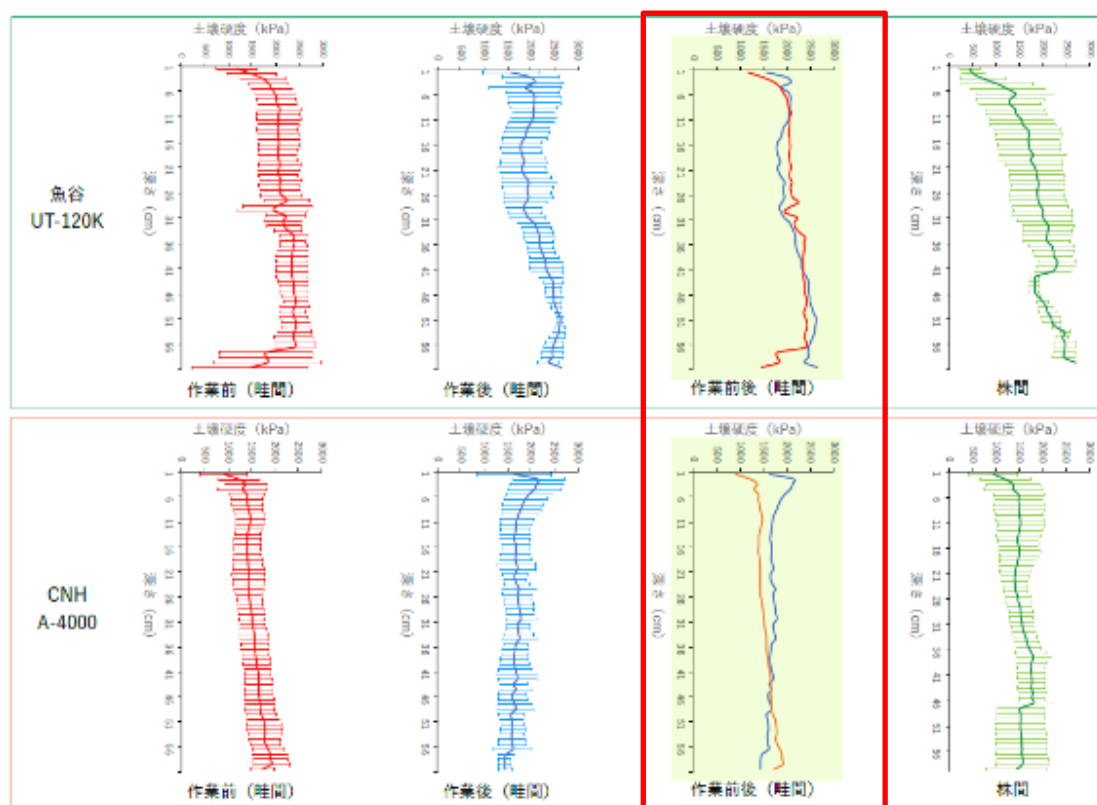
収穫機による土壌踏圧の影響を確認するため、機械収穫作業前後の土壌硬度の変化を調査した。調査手法としては、土壌硬度測定器 (デジタル貫入式土壌硬度計) を収穫機の走行部が通過する畦間で、作業前後でそれぞれ硬度を測定した。

収穫作業前の畦間の土壌硬度は、比較的乾燥していた南側 (UT-120K 稼働部分) が硬く、含水比が高いと思われた北側 (CNH A-4000 稼働部分) の土壌硬度は南側より低かった。収穫作業後の土壌硬度を見ると、UT-120K では深さ 6cm 程度までの表層部で僅かながら硬化が見られた。硬化が最小限に止まった要因は、走行部がゴムクローラで接地圧が低いためと考えられる。

一方で CNH A-4000 は、表層から深さ 30cm 付近の中層までの広い範囲で硬化して

いる。深い位置が硬化した要因は、収穫機の走行部がタイヤ式であることに加え、伴走車が収穫機に追従して畦を走行したためと考えられる。

土壌の硬化はサトウキビの茎根の成長に影響を与えるため、ゴムクローラ式の方が土壌への影響を低減できることから、UT-120Kの方が「優位性あり」という結果となった。

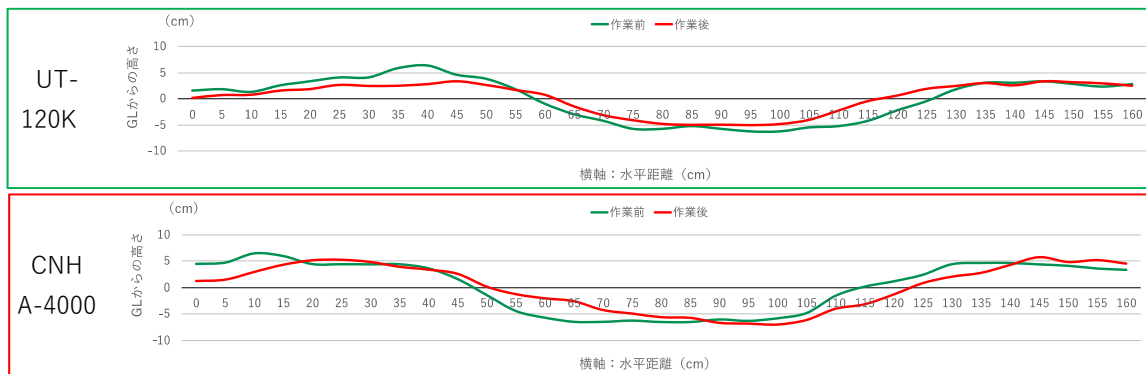


出典：JICA 調査団

図 3-7： 土壌硬度測定結果

加えて、収穫機通過による土壌沈下量を調査するため、収穫機通過前及び通過後を同じ測定ポイントで畦の凹凸を計測した。

作業前後の畦プロフィールについては、「ほぼ差異なし」という結果となった。インドではサトウキビの収穫期は乾季であり、土壌が乾燥、硬化した状態で作業が行われる。そのため、湿潤状態で作業を行う日本の場合と異なり、作業機の通過による地表面の沈下などの現象は起こりにくいと考えられる。



出典：JICA 調査団

図 3-8： 収穫作業前後の畦プロフィール変化

手刈収穫との性能比較調査

現地の既存方法である手刈収穫の実態についてもデータ収集を行い、以下のア) 刈取効率、イ) 収穫ロス、ウ) 糖分減少率（品質劣化）の項目で比較検討を行った。

(ア) 刈取能率

対象地域の刈取コントラクターへのヒアリングによると、手刈作業の場合、刈取量は一人当たり 1 日約 1t である。一つの圃場を 8～10 名のグループで刈取るケースが多いため、1ha の圃場（100t/ha）を収穫するのに約 10～12 日かかる。また手刈収穫の課題として、労働者不足、労働コストの高騰、刈取スピードが一定でない等の意見が挙げられた。特に対象地域は季節労働者ではなく周辺住民を手刈労働者として雇用している。手刈労働者を確保しておくためにオフシーズンの所得補償を行っており、コスト負担増が年々課題となっている。

表 3-11： 刈取能率及び現状の課題

項目	コントラクター A	コントラクター B	コントラクター C	コントラクター D	コントラクター E
人日/acre	70	70	84	126	110.5
t/acre	90	72.5	70	80	77.5
t/人日	1.3	1.0	0.8	0.6	0.7
手刈収穫の課題	労働者不足/ 労働者コスト	労働者不足/ 労働者コスト (オフシーズンの補填)	夏季の労働者不足	収穫スピードが一定でない	労働者不足/ 労働者コスト

出典：JICA 調査団

(イ) 収穫ロス

手刈の場合は、手刈り労働者のかがむ高さで刈取が行われるため、地面に近いサトウキビの茎部分の刈残しが発生している。農家ヒアリングでは、刈残しは 1.5～2inch

(約 4~5cm) 程度という回答が多かった。実際に手刈り圃場を確認すると、地上 10cm 以上の刈残しも確認された。サトウキビ原料の長茎が 200cm の場合の収穫ロス率は、約 2~5%と考えられる。



手刈りによる刈取風景



手刈りによる刈残し（地上10cm以上）

(ウ) 糖度減少率（品質劣化）

一般的に機械収穫原料の方が手刈原料に比べて原料の劣化が早く、糖度の減少に繋がる傾向にある。そこで、分析機関（ヴァサンダダ砂糖研究所：VSI）において、手刈と機械収穫の原料サンプルを、収穫当日、3日後、7日後に圧搾し原料の糖分率の経時変化を比較した。

還元糖（Reducing Sugar）の割合をみると、手刈原料と機械収穫原料で差がみられなかった。一方で、糖分回収想定率（Expected Recovery）を比較すると、機械収穫原料の方が1%程低いという結果となった。機械収穫後、短時間内（1日以内）で製糖を行えば手刈と遜色のないことが示されている。

表 3-12: 糖分減少率分析の結果

項目	手刈原料			機械収穫原料		
	当日	3日後	7日後	当日	3日後	7日後
還元糖の割合 ⁹ (%)	4.4	6.1	8.5	4.6	6.1	9.0
糖分回収想定率 ¹⁰ (%)	13.3	12.6	12.0	12.31	11.5	10.9

注：還元糖の割合は還元糖比、糖分回収想定率は可製糖率と呼ばれる。

出典：VSI の分析結果

⁹ サトウキビが収穫されると、砂糖として回収されるショ糖が分解酵素の働きで還元糖となる。長期間放置すると還元糖が増え製糖工場の歩留が低下するため、還元糖の割合を劣化度の指標として利用する。

¹⁰ 製糖工場では原料茎に含まれるショ糖をすべて取り出すことは出来ず、製糖工程の途中で失われるショ糖が存在する。原料茎中のショ糖の内、理論的に取り出し得る割合を指す。

2) 活動2の結果

① 活動2-1：C/P及びモデル製糖工場における現状の収穫機の技術レベルを確認する

C/Pである砂糖局は、サトウキビ栽培及び製糖事業の管理・監督を主業務としており、農業機械に精通している技術者はいない。そのため、C/Pの担当者には、UT-120Kの特徴を理解してもらい、本事業の実施に必要な調整・支援を行う立場で参加してもらうこととなった。

モデル製糖工場側では、オペレーターとメンテナンス担当者の2名を配置してもらうことになった。オペレーターは既に他社製サトウキビ収穫機の運転・メンテナンス業務経験を有しており、メンテナンス担当者も農機操作経験がある。特に、オペレーターの理解力及び技術レベルは高く、メンテナンスについてもエンジン故障以外は対応可能であることを確認した。

② 活動2-2：収穫機の操作・維持管理マニュアル案を作成

日本で使用しているUT-120Kの操作及びメンテナンスマニュアルには、収穫機の操作方法、日常点検、消耗部品の交換作業、分解整備やトラブルシューティングなどが含まれている。これらのマニュアル案を現地言語（マラティ語）に翻訳し【活動2-3】に活用した。

③ 活動2-3：C/Pの技術系職員、モデル製糖工場の技術担当者に対する技術指導

【活動2-2】で作成したマニュアル案を基に、UT-120Kの機能説明、操作実技、日常点検や消耗品交換などのメンテナンスに関する技術指導を行った。また、基本的なスペアパーツ交換やトラブル対応に関する技術指導も実施した。先方からは、主に他社製品と異なる部位についての質問があった。例えばゴムクローラの移動可能距離やチョッピング（裁断部）の効果について追加的に説明を行った。技術指導は、初期操作の指導1日、メンテナンス指導2日、圃場での操作指導1日を含む計4日間で実施した。上述のとおり、オペレーターが機械収穫の実務経験があるため、習熟度も高く機械操作にも問題が無いことを確認した。

調査団の不在中も収穫作業が継続されているが、機械の不具合や質問等がある場合には、オペレーターと直接タイムリーに連絡・助言ができる体制をとることが重要である。本調査では、モバイルアプリ WhatsApp を活用してオペレーターと調査団のグループチャットを作成し、写真と翻訳機能を用いて問題と対処方法の共有を行える体制をとっている。WhatsApp では解決できない機械の不具合についてはウェブ会議を用いながら指導し大部分は対処できた。一部、予備部品またでは対応できない問題に対して、現地調達出来ない専用部品については、交換部品を郵送し交換するような対応も行った。



操作マニュアル



メンテナンスマニュアル



マニュアルによる日常点検の指導



機材の構造についての説明・指導



圃場での操作指導

④ 活動 2-4： 上記 2-3 の結果及び収穫機の稼働状況を踏まえ、操作・維持管理マニュアルを最終化する

マニュアル案の内容を製糖工場およびオペレーターと確認し、ユーザーの視点から、特にマラティ語の用語や言い回しについて分かりやすい説明に微調整し、操作・維持管理マニュアルを最終化した。

3) 活動 3 の結果

① 活動 3-1： 既存の植付・管理作業の問題点及び改善策を C/P 及び農業関係者と協議

サトウキビ圃場の畦間整備について C/P、VSI 及び KVK にヒアリングした結果、マ州内の圃場では、畦間は既に機械化に適した 4ft 以上に整備されていることを確認した。そのため、本事業において畦間拡張を実証する必要ない。

管理作業については、主に耕耘と培土、収穫後トラッシュ管理のみが行われている。これらは、手刈り圃場向けの作業であり、日本で一般的に機械収穫後の株出栽培を想定した管理作業としての株揃え作業¹¹、機械収穫後の土壌踏圧の影響を低減する心土破碎

¹¹ 収穫後の株元を刈揃えることで、より下節部から萌芽させ、分げつを増やす（収量向上に繋がる）効果が期待できる。

作業¹²などはまだ広く実施されていないことを確認した。

② 活動 3-2： 植付・株出管理に関する農家ヒアリングを行う。

株出管理作業である株揃え作業および心土破碎作業が、現地の圃場に適合するかどうかを確認するため、収穫後の圃場の状況を調査した。その結果、サトウキビ植付の段階で浅植えをしているため、収穫後の株と根が地表近くまで上がってきている圃場が多い。このような圃場で株揃え作業を行うと、株ごと引き抜いて欠株を発生させる恐れがある。



植付深が浅いと株ごと引き抜いてしまう



株揃えが効果的な株出圃場

現状を確認するため、製糖工場周辺の農家にヒアリングした結果、植付時の深さは15～20cmが一般的であった(下表)。日本では植溝の深さは20～30cmを目安としており、それに比べると少し浅めに植付がされている印象である。植溝が浅くなると地中の節数が少なくなり発根量が減少するとともに、蔗茎が倒伏しやすくなり枯死茎が増加する。さらに、原料茎重及び蔗汁糖度を低下させる一因ともなる。また、現在は、まだ手刈りが主流であるため大きな問題ではないが、機械収穫時の引き抜きの増加と土壌踏圧の影響を受けやすくなると考えられる。

表 3-13: サトウキビの植付深度

項目	農家 A	農家 B	農家 C	農家 D	農家 E
植付時の深度(cm)	15～20	15～20	15～20	15～20	10

出典：調査団

また、インドにおける株出栽培は2～3回であり、新植と比べて株出の場合は収量が少なくなる。株出の収量の減少具合について農家ヒアリングを行った結果、株出1年目の収量は新植時の収量の80%、株出2年目の収量は70%となる。機械収穫を行うと、欠株や刈高さの不揃いによる稚茎の生育と萌芽株の抑制により収量減少にも繋がる可能性があるため、株出管理作業を普及させることは重要である。

¹² サブソイラナイフを土中に貫入し進行させ、下層部に形成される固盤層に亀裂を入れることで、透・排水性が向上し、根腐れの防止や根の養分吸収を高める効果が期待できる。

表 3-14: 複数株出による収量の減少

項目	農家 A	農家 B	農家 C	農家 D	農家 E	農家 F	農家 G	農家 H	農家 I	農家 J
新植時の収量(t)	67.5	75	80	65	110	100	125	80	80	80
株出 1 回目の収量(t)	50	60	55	50	80	80	117.5	67.5	68	72.5
株出 2 回目の収量(t)	40	55	-	-	-	60	97.5	57.5	58	-

出典：調査団

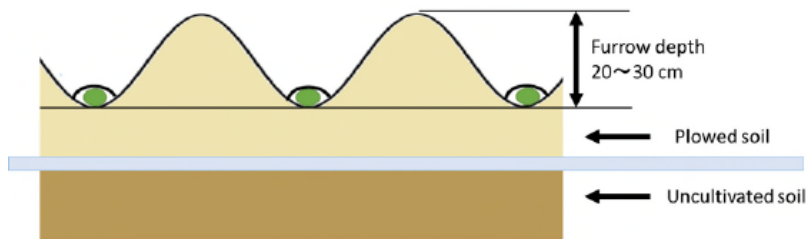
③ 活動 3-3：植付・株出管理に関するマニュアルを作成する

現在の上述のような現状把握と課題認識を踏まえ、サトウキビの植付・株出管理に関する既存のマニュアルの有無を確認した。サトウキビの植付に関しては、製糖工場が組合農家向けのマニュアルを作成しており、品種や植付時期、施肥、灌水の方法などが網羅的に含まれていること確認した。また、【活動 3-1】および【活動 3-2】の結果を踏まえ、畦間の拡張に関するマニュアルは必要ないことが判明した。

そのため、機械化に向けて必要となると考えられるサトウキビ植付技術及び株出管理の留意事項について、日本のサトウキビ研究に基づきマニュアルとしてまとめた。マニュアルの内容は、以下の項目を含み、英語版とマラティ語版を作成した。

- 植付技術（圃場整備、深植えの手法とその効果）
- 株出管理技術（株揃え、心土破碎、根切中耕、培土の手法、作業機械とその効果）

<p>Title (Provisional)</p> <p>Sugarcane Planting and Ratoon Management Technologies for Mechanization -Experiences from Japanese Sugarcane Researches-</p> <p>Uotani Co., Ltd.</p> <p>英語版マニュアル</p>	<p>शीर्षक (तात्पुरते)</p> <p>यांत्रिकीकरणासाठी ऊस लागवड व रँटून व्यवस्थापन तंत्रज्ञान -जपानी ऊस संशोधनातील अनुभव-</p> <p>उओतानी कंपनी, लि.</p> <p>मराठी भाषातले मॅनुअल</p>
--	--



(Source: Guidelines for Promotion of Sugarcane Machinery Utilization, November 2007, Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries, Okinawa Prefecture)

Table 4 Relationship between planting furrow depth and yield etc.

Item	Stalk length (m)	Stalk diameter (cm)	Density of stalks (pcs/10 a)	Yield (kg/10 a)
Furrow depth				
30 cm plot	2.56	2.68	9,375	10,695
20 cm plot	2.36	2.61	11,175	10,474
10 cm plot	2.20	2.56	8,850	8,501

Annual report of sugarcane test results summary in 1981

(Source: Guidelines for Promotion of Sugarcane Machinery Utilization, November 2007, Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries, Okinawa Prefecture)

例：植付の手法とその効果（英語）

2) SUBSOILING

Since the fields harvested by the harvester are under soil compaction, so the furrows become harden due to the weight of the machine. Breaking the subsoil at the depth of 50 to 60 cm using a plough-soiler or a sub-soiler (photo) increases soil permeability and deepens the cultivated soil, allowing root system to penetrate deeper soil layer and allowing stalks to grow more effectively.



Sub-soiler (with fertilizer applicator)



Plough-soiler (soil crusher)

A sub-soiler is a work device which has blades (knives) that are vertically connected to the frame to rear and to cut from the upper layer to the lower layer of the ground. By softening the compacted soil by the large-sized subsoiler, it improves drainage and promotes crop root growth. When ratooning is done in the sugarcane fields after mechanical harvesting, subsoiling is an effective task for improving the degraded soil physical properties. In recent years, the sub-soilers become to be replaced the plough-soilers that has a lower traction resistance than a sub-soiler and have a function of discharging a part of the subsoil to the ground surface. That also becomes to be replaced the soil-lifters, and half-soilers which have an intermediate function between sub-soilers and plough-soilers.

Table 6 Regarding relationship between subsoiling and yield

Processing section	Number of raw stems (pcs/10a)	Raw stem weight (kg/10a)
Control	7,330	6,620
Pan breaking	8,330	7,720

1992 sugar cane test results summary

例：心土破碎の効果（英語）

④ 活動 3-4：植付・株出管理の手法を紹介する

【活動 3-3】で作成したマニュアルをベースに、オンライン会議で VSI と KVK の担当者に対して、植付・株出管理技術の紹介とその効果について説明した。また、会議ではマニュアルの説明に加え、日本での作業状況をビデオにて共有し追加説明を行った。

VSI からは、株出管理技術のうち株揃えの必要性は認識されており、現在株揃え作業機を試作している段階であるが、農家が株揃えの効果を理解するまでには至っていないとのコメントがあった。KVK からは、心土破碎機（サブソイラ）は耕うん用作業機としては利用されているが、株出管理作業には導入されていないとの発言があり、特に施肥が同時にできる作業機に関心が示された。ただし、圃場内の灌漑用パイプや水道管などを傷つける可能性もあるとの指摘もあった。VSI と KVK ともに、日本の株出管理機を持ち込んで、彼らの試験場にてその効果を共同研究することやインド製の作業機を共同開発することに対して関心が示された。そのため、まずは収穫機ビジネスを優先するが、その後、株出管理機の共同研究や開発についても実施を検討する。

機械踏圧による土壌硬化については、【活動 1-6】の土壌硬度の調査結果で示されたように、今後の課題となりえる。そのため、サブソイラを用いて心土破碎を行い、地表から 30~40cm の土壌を膨軟にする作業が効果的であると考えられる。現地で調達したサブソイラとトラクターにより心土破碎のトライアルを行ったところ、地表から 20cm 程度の深さまで破碎できた。20cm 程度でも透・排水効果は期待できるが、もう少し深い位置に貫入させる方が効果的である。より深い位置を破碎するためには、サブソイラの強度を高める必要がある。サブソイラ等の牽引系作業機については、耐久性も含めて日本製品に優位性があると言える。



サブソイラによる心土破碎



心土破碎後の圃場

4) 活動4の結果

① 活動4-1： サトウキビ収穫・荷積み・搬出のデモンストレーション、普及活動の実施

SSK への機材導入以降、自走搬出式収穫機に関心を持つコントラクター、製糖工場関係者、周辺農家が、収穫現場に視察に訪れている。また、現地メディアでも何度か報道されており、注目を集めていることが伺える。



現地メディアでの報道（2019年12月）



現地メディアでの報道（2020年2月）

当初計画では現地政府、製糖工場、農業研究所、現地パートナー候補を集めサトウキビ収穫・荷積み・搬出のデモンストレーションを計画していたが、新型コロナウイルスの影響により実施困難となったため、代替案として、普及活動で活用する本事業の紹介ビデオを作製し普及活動に活用した。

ビデオの内容は、収穫機の特徴の紹介と実際の収穫状況をビデオやドローンを用いて撮影し、5分程度の動画に編集した。ビデオはYouTube動画として砂糖局、SSK関係者に共有し、関係者からはよくできた動画であるとコメントをもらい、SSKから関連するコントラクターに情報を共有した。また、動画を見せることで収穫機の理解促進に貢献できたと評価できる。

② 活動4-2： 現地製造体制の構築に向けたコストダウン計画の策定

2020年1月に開催された農水省主催のアグリテックセミナーに参加し、農機メーカー、銀行、財閥、コンサルなど、複数社と面談し情報交換を行った。その結果、UP州においても小型収穫機のニーズがあるとの情報を得た。また、現地製造体制の構築に向けて、マ州に拠点を置く企業との連携を図っている。以下にその詳細を記す。

(ア) 部品の調達可能性

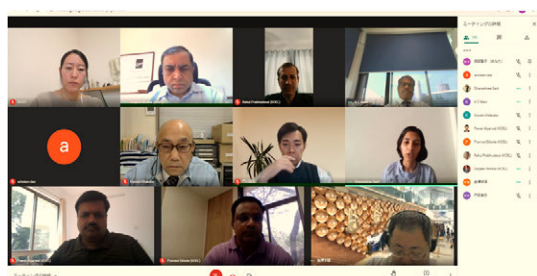
部品の調達可能性に関して、切板・鋼材工作、歯車、機械加工及び刃物類に関して、現地企業との協議の結果、現地で原材料を調達し製造できることが確認できた。一方

で、油圧部品、電装部品、エンジン関連等主要部品に関して、現地調達を検討したが、品質を確保するためにも日本から調達することを想定する。これまでに、複数社から部品の現地加工に関わる見積もりを取得しており、コストダウン計画に関しては下記（ウ）で述べる。なお、基本的には対象地域としているマ州に拠点を置き機材の組立てを行える企業との連携を検討している。

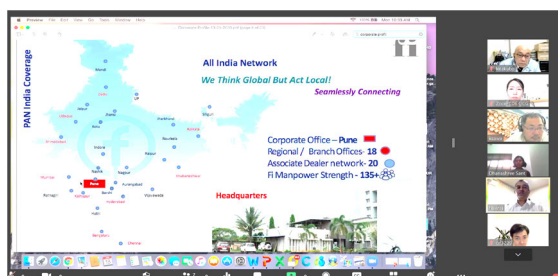
（イ）現地での製造・組立・メンテナンス・販売の可能性

現地企業との連携の可能性を検討する上で、重要となるポイントとしては、組立、製造、販売及びメンテナンスに対応できること、また実際に連携して事業を進める上では誠実に対応してくれそうか（信頼できるか）、さらには事業展開の規模感（主体性を現地企業に任すのではなく、提案企業でもある程度ハンドリングできる規模での事業展開）が挙げられる。

これまでに魚谷製サトウキビ収穫機に関心を持つ現地企業のうち 5 社とオンラインで面談を行った。いずれもマ州に拠点を置く企業であり、油圧部品を取り扱う企業、農機メーカー、トラクターのアタッチメントを製造する企業、ミルクローリーを製造する企業及びコンクリート製造企業であり、多くは中小企業であるが一部コングロマリット企業とも協議を行った。



オンライン会議の様子 1（2021 年 2 月）



オンライン会議の様子 2（2021 年 2 月）

その結果、油圧アタッチメントの組立てが可能である企業との連携を進めている。この企業はこれまでに部品等を輸入しインド国内で組み立てを行っており、本邦メーカー製品の取り扱い実績もある。さらには、製品の販売及びメンテナンス体制も自社で整えている。その他企業に関しては、油圧関連の製造経験を有していない、または、農業分野での販売網やメンテナンス体制が構築できていないといった企業であった。

そのため、サトウキビ収穫機の製造・組み立てに重要となる油圧部品を取り扱う現地企業との連携を今後強化していく予定である。さらに同現地企業は日本製品も取り扱っており、日本製品はプネに支店を持つ本邦商社を通して輸入している。そのため同本邦商社とも連携を図りつつ、必要交換部品の供給を行うことも検討する。

(ウ) 現実的なコストダウン計画

現地調達が可能で鋼材工作、歯車、機械加工及び刃物類に関して、現地企業から見積りを取引して、日本で加工・製造する場合と比較した結果、約7割コストダウンが可能であることを確認した。今後はさらに実際に連携する企業との詳細な協議を行い更なるコストダウンが可能か検討を行う。今後の計画では、調達・製造を現地化しコストダウンにより現地での競争力のある販売価格とすることを旨とする。現地で良く使用されている他社製サトウキビ収穫機の価格と、現地におけるサトウキビ収穫事業の投資回収年数である約5年をベンチマークとして製品価格を検討する。

③ 活動 4-3： 補助金制度を含む収穫機市場の動向及び現地法制度などの調査

(ア) サトウキビ収穫機の補助金制度

インド政府は、農業関連部門への資金配賦の政府スキームである国家農業開発プログラム（Rashtriya Krishi Vikas Yojana: RKVY）により、個人を対象に補助金を提供している。マハラシュトラ州政府は、2011-2018年にRKVYを適用し、サトウキビ収穫機及び関連機材に対して機材の40%～60%もしくは最大400万ルピーを補助金として提供した。この期間に297の受益者が補助金を受けた。

しかし、この補助金の受益者はほとんどが製糖工場であり、小規模農家が恩恵を受けられなかったため、2018年以降にインド政府は補助金の方針を転換し、個人ではなく小規模農家へのサービス機能を持つ農産物協同組合にのみ補助金を提供することにした。サービス機能とは、サトウキビの植付けまたは収穫のためにオペレーター付きで機械のレンタルサービスを提供することを意味する。この方針転換を受け、マハラシュトラ州は大型収穫機の購入に対する補助金制度を廃止し、より小型で小規模農家が活用できる機材を補助金の対象とするが決定された。

刈り取りコントラクターからのヒアリングによると、サトウキビ収穫機への補助金制度がない状況においても、2021年にマハラシュトラ州でCNHが約80台（インド全体で約210台）、Shaktimanが約90台（インド全体で約140台）の販売実績がある。そのため、補助金がなくなっても銀行からのローンを受けて収穫機が購入されており、現地にサトウキビ収穫機に対するニーズが十分にあることが確認された。サトウキビ収穫機の利用者に対するヒアリングによると、補助金ありの場合の投資回収年数は3-4年程度、補助金なしの場合は4-5年程度の試算をしているとのことである。よって、補助金を利用しないビジネスモデルを想定する場合には、これらの投資回収年数をベンチマークとして製品価格を検討する必要がある。

(イ) 排出ガス規制

インドにおける大気汚染の主要因の一つである、自動車からの排出ガスを規制するため、インド政府は 2000 年に Bharat Stage 排ガス基準 (BSES) を制定した。これは、欧州における排出ガス規制であるユーロ規格 (Euro1) に準ずる基準で、自動車を含む内燃機関から排出されるガス (窒素酸化物 (NOx)、粒子状物質 (PM) 等) を制御するものである。インド政府は Bharat Stage を段階的に引き上げて規制を強化しており、2020 年 4 月からはインド全国を対象として、車両カテゴリー M と N の車両 (乗用車と小型トラック) を対象に Bharat Stage VI (Euro6 に準ずる) が施行された。

Bharat Stage では車両カテゴリーごとに排出ガス基準値が定められており、乗用車・小型トラックと農業機械とは異なる基準値が設定されている。排出ガス規制に関する試験及び認証の管轄機関である ARAI (インド自動車研究所) へのヒアリングの結果、サトウキビ収穫機 UT-120K はコンバインハーベスターの一種と判断される、との証言を得た。

コンバインハーベスターはオフロード移動機械に分類され、2020 年 10 月に施行された Non-Road Bharat Stage IV (CEV/Trem) の対象となる。また、2024 年からは Bharat Stage V (CEV/Trem) が適用される。それぞれの排出ガス基準値は次表の通り。なお、Bharat Stage V からは、粒子状物質 (PM) 及び粒子数 (PN) に関する規制が強化される。同時に、尿素 SCR システムを導入しているエンジンについてはアンモニアの排出量も制限され、56kW 以下の場合には 25ppm、56kW を超える場合は 10ppm の濃度に抑えることが求められる。

表 3-15: Bharat (CEV/Trem) Stage IV、V の排出基準値

Engine Power kW	Date	CO	HC	NOx	PM	PN	Test Cycle
		g/kWh				1/kWh	
Bharat (CEV/Trem) Stage IV							
37 ≤ P < 56	2020.10	5.0	4.7*		0.025	-	NRSC and NRTC
56 ≤ P < 130		5.0	0.19	0.4	0.025	-	
130 ≤ P < 560		3.5	0.19	0.4	0.025	-	
Bharat (CEV/Trem) Stage V							
P < 8	2024.04	8.0	7.5*		0.4	-	NRSC
8 ≤ P < 19		6.6	7.5*		0.4	-	NRSC and NRTC
19 ≤ P < 37		5.0	4.7*		0.015	1x10 ¹²	
37 ≤ P < 56		5.0	4.7*		0.015	1x10 ¹²	
56 ≤ P < 130		5.0	0.19	0.4	0.015	1x10 ¹²	
130 ≤ P < 560		3.5	0.19	0.4	0.015	1x10 ¹²	
P ≥ 560		3.5	0.19	3.5	0.045		NRSC

出典：Ministry of Road Transport and Highways Notification, March 2018

本事業では、Bharat (CEV/Trem) Stage V を満たすエンジンを搭載した収穫機を、現地モデルとして製造する準備を進めている。

(ウ) 機械の性能認証

(a) 車両に係る性能認証

コンバインハーベスターを含む農業用トラクターは、インドの自動車法規である中央自動車規則 (Central Motor Vehicles Rules, CMVR) に則り、型式認証を取得する必要がある。インドでは常設の自動車産業規格委員会 (Automobile Industry Standards Committee, AISC) が設置されており、安全に関する技術基準案を作成している。AISC が作成した技術基準案は中央自動車規則技術常設委員会 (CMVR-Technical Standing Committee) によって承認され、承認後、ARAI が AIS の事務局として型式認証を発行している。ARAI によると、農業用トラクターの型式認証は次の手順で行われる。

(i) 基本書類の提出

記入済みの企業情報フォーム、及び納税者番号 (Permanent Account Number, PAN)、源泉徴収者番号 (Tax Deduction and Collection Account Number : TAN)、物品・サービス税の納税者識別番号 (Goods and Services Tax, GST) のコピーを ARI に提出し、ポータルサイトのアカウントを取得する。

(ii) 車両の仕様書・図面の提出

ポータルサイトへログイン後、企業のレターヘッド付きの申請書、車両の仕様書および図面をアップロードする。なお、仕様書は ARAI の所定のフォーマットに記載する必要がある。その後、ARAI が提出書類を精査し、整理番号を発行する。

(iii) 必須コンポーネント試験

ARAI が必須コンポーネント試験を実施する。

(iv) 試験料の支払い

ARAI が発行した見積りを受領し、支払いを行う。なお、100%前金での支払いが求められる。ARAI が着金を確認後、関連部署に書類を回し、承認手続きを進める。

(v) 車両試験

コンポーネント審査をクリアした後、相互の立会いの下で車両試験を実施する。

(vi) 認証発行

全ての部署による審査を経て、証明書が発行される。

なお、型式認証のために満たす必要のある規格は、「Combine Harvester CNVR Type Approval Certificate（別添）」を参照のこと。また、外国人は申請ができないため、インドのパートナー企業の協力が必要となる。

(b) コンバインハーベスターに係る性能認証

インドでは製品やサービス等の品質や性能を担保する基準として、インド標準局（BIS）がインド標準を定めている。農業機械の試験及び性能認証は、BIS が定める検査方法に則り、マディヤ・プラデシュ州、ハリヤナ州、アンドラ・プラデシュ州、アッサム州の 4 ヶ所にある Farm Machinery Training & Testing Institute（FMT&TI）にて実施されている。

このうち、コンバインハーベスターの検査機関及び CMVR 認証の発行機関となっているのがハリヤナ州にある農業機械トレーニング及び試験機関（Northern Region Farm Machinery Training & Testing Institute：NRFMT&TI）である。そのため、サトウキビ収穫機については NRFMT&TI、Hisar にて、カッター等のハーベスターとしての機能に関する性能認証を取得する必要がある。

④ 活動 4-4：ビジネス展開計画案の策定

活動 4-2 の現地製造体制の構築に向けたコストダウン計画及び活動 4-3 の補助金制度を含む収穫機市場の動向及び現地法制度などの調査に基づき、市場規模、ビジネスモデル及び実施体制を検討する。

(2) 事業目的の達成状況

1) 小規模圃場におけるサトウキビ収穫機の現地適合性を確認する

UT-120K の特長である自走式及びクローラ式の収穫機が、現地圃場に適合していることを確認した。ただし、収穫袋の積込作業については、インドで入手可能な大型クレーンでは圃場に入りにくく、株の踏みつけによる欠株が課題となることを確認した。そのため、製糖工場と収穫機オペレーターとも協議を行い、次の収穫期からは圃場に負担が少ないトラクタークレーンを現地企業と製作し、現地に適合したオペレーションを継続して模索していく意向を確認した。

表 3-16: 提案製品の現地適合性の確認結果

項目	現地適合性
圃場の形状	●圃場の規模（1ha 以下）や形状（畦長 100m 以下）は提案製品に適合している
圃場の状況	▲圃場内の石の影響で、消耗品の交換比率が高くなる可能性あり
サトウキビの生育状況	▲高収量（200t/ha）で乱倒伏している圃場では、収穫ロスに繋がる可能性あり。 ●機械収穫が行われる株出圃場（100t/ha）では、問題なく稼働出来ることを確認。
圃場への進入	●圃場の入口に段差のある圃場が多く、クローラ式が適合している
圃場間の移動	●クローラでの移動は問題なく可能 ただし、長距離移動となる場合は、トレーラーによる移動が望ましい
クレーン利用	●道路に面した圃場であれば、クレーン利用による荷積は問題なく可能 ▲道路に面していない場合は、大型クレーン・トラックの進入が困難 ●トラクタークレーンの活用により、踏みつけによる残存株への影響が軽減可能。

●適合性確認済み、▲要検討

出典：JICA 調査団

他社製品との性能比較の結果から、作業精度及び土壌への影響においては、UT-120K の優位性が確認できた。作業能率については、大型の他社製品の方が能率が高いものの、日本での能率を上回る 10 t/時で稼働できることを確認した。また、経済面では、UT-120K の収穫機自体の価格は他社製品よりも高いため、現地化を進めコストダウンする必要がある。一方で、UT-120K の方が燃料消費が少なく、メンテナンス頻度も少ない点は優位性が確認できた。

手刈収穫の刈取能率は、機械収穫の 1/10 程度である。収穫ロスは機械収穫の方が多少劣る結果となったが、糖分率の経時変化は、手刈収穫と機械収穫で差は見られなかった。

現時点での現地ニーズを踏まえた訴求ポイントは、大型の競合製品の稼働が困難な小規模及び特殊形状の圃場でも機械収穫が可能であることが挙げられる。また、作業精度に優位性があることから、トラッシュ率の低い原料が集まることで製糖歩留まりが向上するという点で製糖工場から評価が得られる。加えて、土壌への影響が少ないため次期の収量低減を懸念する農家からも受け入れられやすいという点が挙げられる。

価格面においては、提案製品の方が初期投資は割高となるが、他社製品の場合は伴走車 2 台の燃料代やメンテナンス費用が加わるため、燃料費の高騰を考慮すると総合的なオペレーション・メンテナンスコストは、提案製品の方が安価となり、訴求ポイントになると考えられる。また、稼働日数が採算性を大きく左右するため、部品交換やメンテナンスが少ない点もメリットである。

表 3-17: 提案製品の比較優位性の確認結果

比較	項目	比較優位性
他社製品	作業能率	▲作業速度は、他社製品の方が優位性がある －圃場作業効率は、提案製品と他社製品の差はない
	作業精度	●トラッシュ率は、提案製品の方が優位性がある －収穫ロスは、提案製品と他社製品の差はない
	圃場への進入	●圃場の条件や形状を問わずに作業が可能である点で、提案製品の優位性がある
	経済性	▲収穫機のコストは他社製品より高い（将来的なコスト削減割合による） ●総合的なオペレーションとメンテナンス費用は他社製品より少ない
手刈り	刈取能率	●手刈りの刈取能率は、機械収穫の1/10程度
	収穫ロス	▲手刈りの刈残し程度によるが、機械収穫の方が収穫ロスが多い
	糖分率	－糖分率の経時変化に差は見られなかった

●比較優位性あり、－差異なし、▲要検討

出典：JICA 調査団

年間の収穫期を通じた提案製品の性能を確認すると、1年目の収穫能率4.3t/hであったのに対し、2年目は7.6t/hと改善が見られた。この2年目の収穫能率は日本の平均と比較しても高い。3年目の収穫能率は5.2t/hに留まった。燃料消費量も1年目の2.6ℓ/tに対し、2年目は2.1ℓ/t、3年目は1.7ℓ/tに改善したことが確認できた。これはオペレーターが収穫機の操作に慣れ技能が向上したことが要因に挙げられる。

表 3-18: 収穫期を通じた提案製品の性能を確認結果

項目	2019～20年 (12月～2月)	2020～21年 (11月～3月)	2021～22年 (11月～5月)
年間稼働日数(日)	20	117	95
収穫量(t)	1,682.9	3,571.0	2,142.5
収穫時間(hr)	382	678	410
収穫能率(t/hr)	4.3	7.6	5.2
燃料消費量(ℓ/t)	2.6	2.1	1.7

出典：JICA 調査団

2) 機械収穫に適した植付・管理作業手法に関する理解を得る

既述のとおり、畦間拡張の実証は必要ないことを確認した。

株出管理手法である株揃え作業の必要性は研究機関では認識されており、作業機も試作されている。VSI及びKVKからは日本の作業機、手法及び効果についての理解を得た。今後、農家に普及していくためには、株揃え効果の理解促進が必要となる。心土破碎については、既に一部の圃場で活用されているが、心土破碎の効果を高めるためには、現地機材の強度を高める必要がある。

表 3-19: 植付・株出技術の現地適用性

項目	現地適用性
植付（畦間）	●畦間拡張は必要ない
株出管理	●株揃え作業の重要性は認識されている。農家への普及には効果が理解される必要がある。 ●心土破碎は一部で開始されている。心土破碎の効果を高めるためには、現地機材（サブソイラ）の強度が必要である。

●現地適用性あり、▲要検討

出典：JICA 調査団

3) 普及方法を踏まえたビジネス展開計画を検討する

提案製品の普及にはコスト削減が最大の課題となるが、現地企業から見積りを取得し、日本で加工・製造する場合と比較した結果、約7割コストダウンが可能であることを確認した。現地化した製品価格の設定は重要となるため、今後現地パートナー企業とも連携して、現地で競争力のある価格設定を目指す。ただし、新型コロナウイルスの感染状況を鑑み本格的なビジネス展開は、その状況を見極めながら進めることとなる。現地パートナー企業としては、油圧部品を取り扱う企業との連携を今後強化していく。この企業はこれまでに部品等を輸入しインド国内の自社工場で組み立てを行っており、本邦メーカー製品の取り扱い実績もある。さらには、製品の販売及びメンテナンス体制も自社で整えている。このように目ぼしい現地パートナー企業との協力体制を構築できたことはビジネス展開の可能性が高まったと言える。

(3) 開発課題解決の観点から見た貢献

1) サトウキビ収穫の機械化・効率化

提案製品を導入することにより、これまで機械収穫が困難もしくは極めて非効率であるため機械収穫の対象ではなかった小規模圃場でも機械化が可能となる。機械利用面積が拡大すると、刈取コントラクターのインセンティブにも繋がるため、機械化率が高まることが期待できる。また、手刈りから機械化に移行することで、サトウキビ収穫の大幅な効率化が図れる。

2) サトウキビ原料の品質向上

収穫が遅れ、糖度が最も高くなる登熟期に収穫が間に合わず、花が咲いている（糖分が減少する）圃場が多くみられた。よって、機械化率が高まることにより、労働者不足に影響を受けることなく刈取適期に収穫できれば、糖分率の向上が見込める。また、機械収穫であれば一定の能率で収穫できるため、刈取後から圧搾までの時間管理が可能となり、刈取後の時間経過によるサトウキビ原料の劣化、すなわち、糖分ロスの低減に繋

ることが期待できる。また、提案製品による収穫キビは、トラッシュ率が低いため、製品歩留まりが向上する。現在、製糖工場では重量取引が行われており、糖度による品質取引は実施されていない。そのため、品質の高い原料を買い取る仕組みは導入されていないが、トラッシュ率の低さについては、製糖工場からは高く評価されている。

3) サトウキビ植付・管理の技術向上

現在は、機械収穫に合わせた植付（深植）や管理作業（心土破碎）は行われていないため、今後機械化による生産性の低下が問題となる可能性がある。そのため、現段階から日本で適用されている農業技術を農業関係者に紹介することで、農家への技術普及が行われ、機械収穫した株出圃場の生産性低下を軽減する効果が期待できる。また、機械収穫に適した植付や管理作業機に対する関心が喚起され、新たな関連機材の開発に繋がる可能性もある。

4) サトウキビ産業の関係者への裨益

上記で記載した効果は、サトウキビ産業を構成する製糖工場、刈取コントラクター、サトウキビ農家のそれぞれに裨益をもたらすことになる。なお、製糖工場は周辺農家が組合員となっているため、製糖工場の利益増大が配当として還元されるとともに、製糖工場の経営安定が農家への支払遅延や買取価格の低下を防ぐことにも繋がる。

- ・サトウキビ農家：生産量低下の軽減（量）
- ・製糖工場：収穫効率と品質向上（質）
- ・刈取コントラクター：刈取圃場の拡大（量）

(4) 日本国内の地方経済・地域活性化への貢献

1) 事業実施による国内（関西）関連企業の売上増

本製品を構成する部品の多くは現地での調達が可能と考えられるが、事業初期段階では複数の供給部品は日本から輸出することが想定される。国内（関西地域）での調達部品、材料、組立人件費は約 10%と予想され、直接的な国内経済効果が見込まれる。

2) 事業実施による国内の雇用創出、新規開拓

本事業の売上に基づき、海外需要に対応できる国内の原材料調達・生産製造・流通・新規製品開発体制を構築するために、新たな雇用創出に繋がる。また、周辺産業の振興、裾野産業の発展などの副次的な波及効果も期待できる。

3) 奈良県内における付加価値の高い中小企業の海外進出の加速

提案企業が本社を置く奈良県の製造業は、中小企業により支えられている。付加価値（＝海外進出可能性）の高い機械器具製造業について、提案企業の他に、農業用機械製

造（4社）、建設機械・鉱山機械製造（5社）、食品機械製造（5社）など、中小企業が集積している。提案企業の海外進出が成功すれば、モデルとなり、これら中小企業の海外進出に弾みがつくことが期待される。

4) 事業実施による国内地元経済への裨益

マ州と和歌山県は、2013年に相互交流に関する覚書を締結し、産業などでの相互交流を行っており、その交流は深化・発展している。提案企業はすでに同県主催のビジネスミッションにも参加している。本事業のC/Pはマ州であるため、今後の事業の拡大によって、提案企業の本社がある奈良県及び隣接する和歌山県のその他企業との連携が構築され、マ州への事業進出が促進される。

(5) ジェンダー配慮

本事業は、手刈収穫が主流である小規模圃場において、機械収穫を試みるものである。現地の手刈労働者は、通常夫婦で従事している場合が多いため、労働者数は、通常男女同じ比率である。そのため、機械収穫が行われる場合は、他の圃場での手刈収穫に従事してもらうような調整を行う必要がある。ただし、現在の機械化率は数%程度であり、労働者不足が問題になっている状況であるため、既存の手刈労働者の就業機会が失われてしまうケースは考えにくい。

一方で、機械のオペレーションは男性が行うことが多い。そのため、今後機械化が進む段階では、植付（ビレットや苗の育成）や機械化に伴う管理作業（補植）などの工程に女性が従事できるような配慮が必要である。

本調査を実施するにあたり、収穫機オペレーターヒアリングは男性中心となったが、農家ヒアリングにおいては女性に対してもインタビューを行う等の配慮を行った。

(6) 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

事業実施期間中における事業実施国政府機関の維持管理体制については、既に3章普及・実証事業の実績（1）活動項目毎の結果（2）活動2の結果にて特に問題がないことを確認している。事業実施後の機材の維持管理・事業の継続性については、本事業の活動期間中に事業実施政府機関と協議を行った結果、引き続き砂糖局がサトウキビ収穫機を所有し、製糖工場の管理のもと収穫機が活用されることとなった。

(7) 今後の課題と対応策

本事業実施中に判明した今後解決すべき課題と対応策を下表に記す。農家に対しては、機械収穫のメリットについて説明し理解を得ていく活動が必要となる。また、収穫機の利用者に対しては、当社製品の特長を踏まえた圃場条件の説明、現地圃場に適したクレーン活用、現地での交換部品調達に対応していくことが重要である。さらに、将来的な機械化に伴うサ

トウキビの生産性の低下を含む課題に備えるため、収穫の前後となる植付と株出管理の段階でも適切な技術検討および導入を行っていくことが有益である。

表 3-20: 今後の課題と対応

今後の課題	課題と対応策
機械収穫に対する農家の理解	機械収穫に対してネガティブなイメージを持っている農家も多い。彼らの懸念である土壌への影響を低減する当社製品の特長を含む機械化のメリットについて、製糖工場とも協力しながら農家に説明していく。
優位性が発揮できる圃場条件の理解	収量が多く倒伏の多い圃場（80t/acre 程度＝日本の3倍程度）では、小型収穫機のため、サトウキビが詰まり収穫原料の取りこぼしが若干発生した。 よって、当社製品の優位性は、小規模圃場かつ株出圃場（収量の低い圃場） ¹³ で優位性が発揮できると言える。当社製品の特長と圃場条件を利用者が理解した上でオペレーションできるように、機械のプロモーションをしていく。
効率的・効果的なクレーンの活用	圃場が道路に面していない場合は、クレーンが圃場内に進入する必要があるが、既存の大型クレーンの場合、土壌や残存株への影響が懸念される。土壌への負担が低いトラクタークレーンの活用について、現地クレーン製造会社と収穫機オペレーターと協議しながら、トラクタークレーンの制作とトライアルを行い、現地の圃場条件に対応したオペレーションを確立していく予定である。
交換部品調達のルート・体制の構築	日本からの交換部品調達にある程度の時間を要するため、その間収穫機が稼働できないことに対する懸念が示された。 現地パートナー企業と連携し、交換部品の現地調達比率を高めるとともに、日本からの調達が必要なものは、現地に在庫を確保しスムーズに供給できる体制を整える予定である。
植付・株出管理技術の導入	機械化に向けた植付（深植）・株出管理（株揃え、心土破碎）はまだ浸透していない。機械化が進むにつれ、サトウキビの生産性に影響を与える可能性がある。 日本の経験及び研究に基づく手法、機材、効果を紹介するマニュアルを現地関係者に提供し、作業機の動画等によるイメージ共有を行うことで、今後の実践に貢献する。

出典：JICA 調査団

¹³ 対象地域では通常、新植後（1年目）、2回株出を行うため（2年目と3年目）、株出圃場を収穫対象としても、収穫可能な圃場の範囲を大きく狭めることには繋がらない。また、現状では他社製品も主に株出圃場を対象に収穫を行っている。

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) マーケット分析（競合製品及び代替製品の分析を含む）

① 市場分析（市場細分化）

インドにおけるサトウキビ収穫の市場を考慮して、提案企業がターゲットとするサトウキビ収穫機の市場を選定する。そのためには、サトウキビ収穫市場を細分化し、特定のセグメンテーションを明らかにする必要がある。標的とするセグメントを決めるターゲティングを行い、その後どのように競合との差別化をするかを定めるポジショニングを行う。

(ア) セグメンテーション

セグメンテーションでは、マーケティング環境分析の結果を踏まえて、不特定多数の顧客を同質のニーズや特性を持つ固まり（セグメント）に分け、提案企業にとって最も魅力的な提案製品市場のセグメントがどこにあるかという観点から、サトウキビ収穫市場を細分化する基準を設定する。その細分化の基準として以下2つの基準を設定する。

- 提案製品の導入先の圃場が小規模圃場か
- 提案製品の導入先が機械収穫導入に積極的であるとともに収穫機需要があるか

上記2つの基準を基に提案製品の導入市場を分類した場合、以下の4つのセグメントに分類される。

- セグメントA：小規模圃場で、機械収穫導入と収穫機需要を見込める市場
- セグメントB：小規模圃場でなく、機械収穫導入と収穫機需要を見込める市場
- セグメントC：小規模圃場で、機械収穫導入と収穫機需要を見込めない市場
- セグメントD：小規模圃場でなく、機械収穫導入と収穫機需要を見込めない市場

(イ) ターゲティング

ターゲティングでは、特定のセグメントにターゲットを絞り込み集中的にアプローチすること（集中型マーケティング）を目的とし、どのセグメントを戦略的に標的市場とするかを確定し、限られた経営資源を有効に活用する。したがって、前述の分類されたセグメントAからDのうち、どのセグメントが提案製品市場の対象となるか

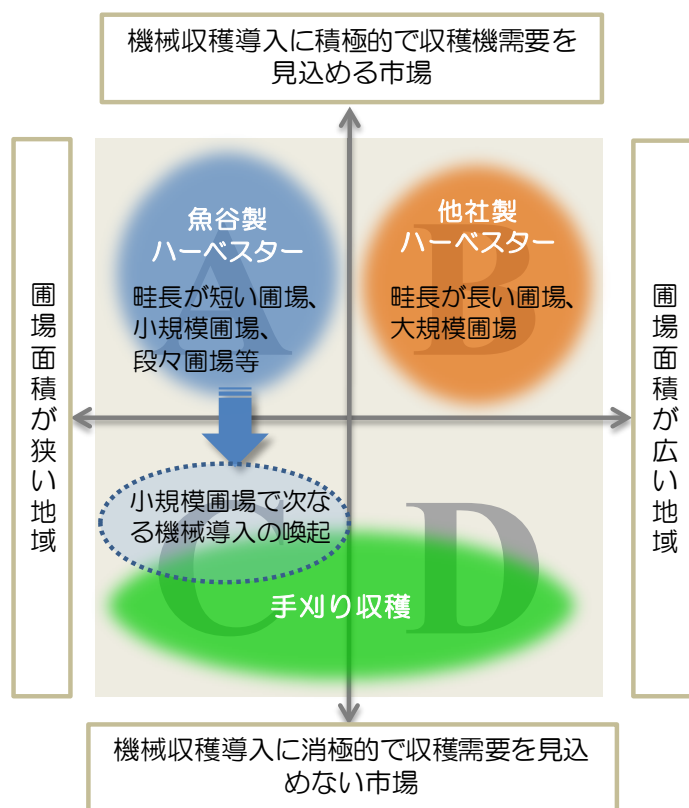
を検討する。細分化したそれぞれのすべてのセグメントのニーズに対応し、フルライン戦略を目指すのではなく、提案製品の強み（小規模圃場での作業効率性）を発揮できるセグメンテーションを対象とする。

そのため、対象となるセグメンテーションに位置する顧客の属性は、小規模圃場でサトウキビ収穫の機械化を求め収穫需要がある顧客となるため、セグメント A がターゲット市場となる。

(ウ) ポジショニング

ポジショニング戦略では提案製品と競合する他社製品と比較して、相対的にサトウキビ収穫市場の中でどのように異なる位置づけをするかを明確にする。そのためには、自社の強みを生かし、競合に対して競争優位を築ける明確な差別化が必要となる。本事業で競合となるのは一般的にインドで普及しているサトウキビ収穫機を想定している。

前述のセグメンテーションで設定した、提案製品の導入先が①小規模圃場であるか、②機械収穫導入に積極的であるとともにも収穫機需要があるかという 2 軸を基準としてサトウキビ収穫機市場での競合とのポジショニングの違いを整理すると下図のとおりとなる。



出典：JICA 調査団

図 4-1： 提案製品のポジショニングマップ

上図が示すように、他社製品はセグメント B を標的市場としたポジショニングとなっていることが確認でき、特に大・中規模圃場に導入されると考えられる。

提案製品は小規模圃場に適する収穫機であるため、他社製収穫機と本製品・技術は競合しないと考える（上図参照）。提案製品の強みが活かせる上図のセグメント A（畦長が短い圃場、小規模圃場等）を第 1 ターゲットとして、ポジショニングを取る。その際、インド国のサトウキビ収穫機に対する補助金政策など外部環境の機会を積極的に取り込む。

また将来的には、現地での製造体制の整備が進み製品価格を低減できた時点で、技術面および価格面での比較優位性を有することを想定している。小規模圃場地域のうちそれほど機械化に積極的でない地域に対しても既存の実績をショーケース化しアピールする。これにより、手刈り収穫からの移行や新規顧客獲得を目指し製糖工場、刈り取りコントラクター等機械収穫にある程度理解を示す市場でもシェアの拡大を図る（セグメント A に加えセグメント C に市場の拡大）。

従って、他社製品とのポジショニングにおいて、提案製品は異なるセグメントを標的市場としているため差別化されており、標的市場は小規模圃場で、機械収穫導入と収穫機需要を見込める市場であることが特徴である。

② インド国内サトウキビ市場

本事業の対象地域であるマ州をインドにおけるビジネス展開の拠点とする。その理由としては、第 1 章で述べた通りインド国内でマ州は砂糖の生産量及び製糖工場数が最も多い州であり、今後の収穫機導入が期待されるためである。

インド国内は、サトウキビを主要作物とし、生産量の増加や品質向上に取り組むマ州では、現在の機械化率は数%程度であり、マ州内だけをとってみても、潜在市場は極めて大きい。年間のマ州での主要サトウキビ収穫機の販売台数は約 170 台である。その販売市場のうち、特に小規模圃場への機械化対応として、まずは市場の 5~10%程度を魚谷製収穫機のターゲット市場と想定する。魚谷製サトウキビ収穫機の第 1 ターゲット市場である小規模圃場で、機械収穫導入と収穫機需要を見込める市場としては、マ州以外にもサトウキビの生産量が多いインドの他地域（ウッタルプラデシュ州、タミルナドゥ州等）が考えられる。

また、長期的には、現地パートナーと現地仕様モデルの開発が進み製品価格を低減できた時点で、競合製品に対し性能面・価格面の比較優位性を有するため、インド国内その他の州（市場）でもシェアの拡大を図るとともにインドから中国やパキスタン（世界 5 位）等のサトウキビ生産国への輸出による市場確保も目指す。

③ サトウキビ収穫機の購入手段

収穫機の購入者は、ほぼ補助金利用で購入していたが、近年の補助金制度の見直しを受け、サトウキビ収穫機購入に対する補助金は廃止されたことを確認した。補助金制度は、対象者や予算規模、適用条件など今後も変更される可能性もあるため、動向については引き続きマ州砂糖局と連絡を密にとり把握する。一方で、補助金なしで銀行からのローンでサトウキビ収穫機を購入している例も多数あることから、資金調達方法としてはローンを組んで購入するケースを検討する。

④ 対象顧客層

対象顧客層としては、これまでにマ州内で販売（輸入）された 200 台の外国製品の購入者の約 8 割は委託収穫を請け負う農民（刈取コントラクターを含む）である。そのため、主な対象顧客層としては、既にサトウキビ収穫機を所有している刈取コントラクターの追加購入及び現在手刈りでの刈り取りコントラクターの新規収穫機導入が考えられる。各対象顧客層導入動機は以下の通りである。

表 4-1: マ州におけるにおける主要対象顧客層の収穫機導入動機

顧客層	現状と課題	機械収穫への期待・懸念	導入動機
収穫機の刈取コントラクター	高い購入費用（購入費の 25%が補助金、その他銀行借入含む）、高い維持管理費（燃料費を含）、小規模圃場での収穫機操作が困難	期待：購入代金及び維持管理費の削減、小回りの利く収穫機の導入	財務的サポート（ローン、リース・レンタル等
手刈りの刈取コントラクター	手刈の労働力不足、人件費、刈取り効率の悪さ	期待：収穫機の導入に関心あり 懸念：お手頃価格かどうか	財務的サポート（リース・レンタル、補助金）、操作のしやすさ、収入の増加
サトウキビ栽培農家	手刈の労働力不足、刈取り効率の悪さ、カッティングロス	期待：作業効率化 懸念：収穫機のサイズが大きい、土壌へのダメージ	購入対象者ではないが、圃場に収穫機の導入に関心あり

出典：JICA 調査団

上述の通り、提案製品の導入に際し、刈取りコントラクターは製品そのものの品質に加え、ローンもしくはレンタルを含む財務的負担の軽減を希望している。

一方で、サトウキビ栽培農家は収穫効率が改善されるため収穫機械化に対して関心はあるが、収穫機のサイズが大きすぎるため小規模圃場に適していないという懸念に加えて、重量のある収穫機の導入により土壌が荒らされ、次年度のサトウキビ収穫量が減少することを懸念している。これら懸念点に関して、他社製と比較し提案製品は小規模圃場に適していることと走行部がゴムクローラであるため土壌転圧の影響も少なく比較優位性があることを今後も PR できると考える。

⑤ 競合製品分析

前述のポジショニング分析で提案製品が競合である他社製品の標的市場と差別化されていることが確認されたが、ここでは、他社製品の使用および関連する技術性能、価格面等での比較優位性があるのかを検証する。

そのため、対象市場において考えられうる成功要因（Key Success Factor：KSF）を以下に抽出し、競合とのベンチマークを行う。対象市場で重要と考えられるKSFは、以下の6項目である。

- ① 本体価格： 収穫機本体の費用（購入費）
- ② 維持管理費用： 収穫機本体導入以降に発生するメンテナンス費用
- ③ 走行方式： ゴムクローラ式もしくはタイヤ式
- ④ 搬出形態： 収穫袋式もしくは伴走車式
- ⑤ 裁断方式： 三枚刃式もしくは二枚刃式
- ⑥ 対象市場： 小規模圃場で、機械収穫導入と収穫機需要を見込める市場への導入

上記のKSFをもとに、競合である他社製品とのベンチマークを行った結果を下表に整理する。

表 4-2: サトウキビ収穫機市場での競合との比較

KSF		魚谷製サトウキビ収穫機（提案製品）	他社製サトウキビ収穫機
費用	①本体価格	約 2000 万ルピー（約 2800 万円）／機	約 1000 万ルピー（約 1400 万円）／機
	②維持管理費用	今後比較	今後比較
主な技術仕様	③走行方式	ゴムクローラ式（土壌への転圧の影響が少ない）	タイヤ式（土壌への転圧の影響が大きい、凸凹圃場での走行難）
	④搬出形態	収穫袋式（1t）のため、単独走行が可能（小規模圃場でも能率的な刈取）	伴走車が必要。畦の長さ 200m 以下は能率低下
	⑤裁断方式	三枚刃式（切り口の断面積が小さく鮮度が長く保持）	二枚刃式（切り口の断面積が大きく、鮮度低下に影響）
市場	⑥導入対象市場	小規模圃場で性能を発揮	大・中規模圃場で性能を発揮

出典：JICA 調査団

競合との比較の結果、費用面（①、②）において、提案製品は競合である他社製品に比べ割高であり価格優位性は低いと言える。

技術仕様である環境技術（③、④、⑤）については、提案製品は非常に優れた技術を有しており、他社製品と比較して技術的に優位性があると言える。また対象市場（⑥）に関して、この優れた技術の強みを発揮する対象市場と他社製品の対象市場に違いがある。

上述の競合分析の結果、提案製品は付加価値の高い技術性能を有しているが、費用面で競合に比べの弱みがあることがわかる。この弱みを克服することができれば、より魅力的な製品・技術となる。

提案製品のこの価格面の弱み（Weakness）を克服するためには、製品自体だけを販売するのではなく、財務的サポートを含めたビジネスモデルの再構築が必要である。

これまでに述べてきた本事業を取り巻く外部環境（市場環境面）と提案企業の内部環境（経営資源面）について、SWOT分析を行うことで同社にとっての対象領域の最適化を図り、事業戦略の検討材料とする。

表 4-3: サトウキビ収穫機事業の SWOT 分析

		内部環境	外部環境
プラス面	強み (Strength)	<ul style="list-style-type: none"> ・ サトウキビ収穫機の独自技術のノウハウを有する（小規模圃場での製品優位性） ・ 日本の沖縄では収穫機シェア率6割を超える納入実績を持つ ・ 利用者のニーズに応えるために機材の設計変更を重ね、顧客の評価を得てきた ・ 原材料・資機材等現地調達が可能で現地への経済効果も高い ・ 提案企業は既にインドで調査を行っており、インド関係者との人脈を有する 	<ul style="list-style-type: none"> ・ インドのサトウキビ収穫機市場規模は大きい ・ インドではサトウキビ産業発展 Vision 2030 及び 2050 を発行し、サトウキビの生産性や品質向上、さらに農業の機械化や農業技術の指導に取り組んでいる ・ マ州ではサトウキビ収穫機に対する補助金制度がある ・ 小規模圃場向きの収穫機ということで、インド複数の企業や組合、個人から収穫機に高い関心が寄せられている ・ インドに原材料・資材販売企業が存在する ・ 現地で協力が得られる企業が存在する ・ JICA 事業の実績を踏み台に普及活動を行うことができる
	マイナス面	<ul style="list-style-type: none"> ・ 提案製品の初期投資費用は割高である ・ インドで提案製品の認知度が低く、販売実績がない ・ 現地販売代理店は未確定である ・ 現地メンテナンス体制が未確定である ・ 現地製造体制が未確定である 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 提案製品に比べ他社製品の価格が安い ・ 維持管理費も他社製品が安い可能性がある ・ 現地企業による提案製品を真似た偽物システムが横行する ・ インドの税制は直接税から間接税に渡る多岐で複雑な税制度である ・ 新型コロナウイルスの感染拡大に伴い、現地でのビジネス展開にマイナスの影響が出る恐れがある

出典：JICA 調査団

上表に示すとおり、提案製品の独自技術・ノウハウといった内部環境の強み（Strength）最大限に生かすために、インドのサトウキビ産業の推進政策という外部環境の機会（Opportunity）を取り込むことにより、自社の優位性を高めることとする。

一方、弱み（Weakness）については、提案製品の初期投資費用の高さ等財務的課題を踏まえた上で、販売・メンテナンス・製造等現地協力企業との連携を促進するという外

部環境の機会（Opportunity）を活用し、今後提案製品の導入者の費用負担を軽減するビジネスモデルを検討していく。

2) ビジネス展開の仕組み

① ビジネスモデル

企業機密情報につき非公開

② 事業実施体制

企業機密情報につき非公開

3) 想定されるビジネス展開の計画・スケジュール

① 原材料・資機材の調達計画(含、許認可の必要性の有無)

企業機密情報につき非公開

② 生産・流通・販売計画(含、許認可の必要性、現地生産計画の有無)

企業機密情報につき非公開

③ 要員計画

企業機密情報につき非公開

④ 人材育成計画

企業機密情報につき非公開

⑤ 収支分析・資金調達計画

企業機密情報につき非公開

4) ビジネス展開可能性の評価

企業機密情報につき非公開

(2) 想定されるリスクと対応

1) 初期投資費用のコストダウン及び現地企業との連携

サトウキビ収穫機普及の課題の一つは初期投資費用の高さにあり、インド仕様の低価格商品をいかに開発できるかがインド市場攻略の鍵といえる。そのため、可能な限りインド国内で現地調達を行い、低価格化を目指す。性能試験や調達調査を通して、想定する性能や価格に達しないリスクがある。この場合の対応として、近隣諸国での調達可

能性を検討し初期投資費用のコストダウンを実現する。

また、インド企業をパートナーとした現地製造を通じた低価格化を検討しているが、本案件が想定しているのは同業との JV であり、日本企業側の主導権のとりにくさや将来的に競合化するリスクがある。そのため、JV を設立する際には、交渉や判断基準における戦術を事前に組み立て対応する。

2) 法制度・許認可等のリスク

インドは世界中から魅力的な投資先として認識されているが、行政上の手続きに関する指標においては、ほぼ最下位の水準にとどまり、特に税制に関しては直接税から間接税に渡る多岐で複雑な税制度を持つ上、年度毎の税制変更も多い。そのため、法制度や税制の変更には関連法制度を理解し対応する。現地でビジネスを開始するにあたり、事業認可等に向けた手続きを進めることも検討する。

加えて、インド市場に販売展開する際には、同国の新排気ガス規制の基準を満たすエンジンを搭載した現地モデルで、同国の機材認証を受ける必要がある。既にインドで認定済みのエンジンを特定しているが、現地モデルの試作品製作段階では、エンジン変更による機材の稼働及び性能を確認する。また、認証手続きについては、認証機関から情報収集を行い、プロセスを確認して進める。

(3) 普及・実証において検討した事業化による開発効果

本事業での実証及び普及活動の結果に基づき、今後の事業展開による受益者毎の開発効果を下表にまとめた。機械収穫を導入するメリットとしては、農家は収穫キビ重量の増加（収入増）が期待でき、製糖工場やコントラクターは計画的な収穫と収穫の効率化が図れる。収穫機の製造段階では、現地パートナー企業への技術移転による技術レベルの向上に貢献できる。また、近年労働者の確保難や人件費の上昇が大きな課題となっており、今後機械化の急速な進展が見込まれる中、インドにおけるサトウキビ栽培から収穫後までの体系的な機械化はこれからである。そのため、日本の機械化促進のための取組み前例や課題を紹介することで、政府関係者の施策検討や研究機関の技術人材育成にも繋がると考える。

表 4-4: 事業化による開発効果

受益者	開発課題	開発効果
農家	<ul style="list-style-type: none"> サトウキビ収量が収入に直結 小規模圃場での機械収穫は困難 	<ul style="list-style-type: none"> 機械収穫の方が手刈りに比べて刈取りが地面に近い位置で行われるため、サトウキビの茎部分の刈残し少なくなる。また、手刈りでは取り除かれる梢頭部（先端部分）も含まれることが多いため、機械収穫の収穫ロスを考慮しても、収穫キビ重量の増加が期待される。 当社製品の場合は、走行部がクローラーであるため、土壌への影響が少なく、次期のサトウキビ生産量の低減が軽減される。 これまで機械化が困難であった小規模圃場でも機械収穫が可能となる。
コントラクター	<ul style="list-style-type: none"> 手刈り労働者不足が深刻化 機械の故障やメンテナンスの時間が収入減に繋がる 	<ul style="list-style-type: none"> 機械収穫に移行することで計画的・効率的な刈取りが可能となり、ビジネスがしやすくなる。 大型機械であると進入が困難な圃場での収穫も可能である。また、メンテナンスの頻度が少ないため、稼働時間・日数ロスの心配が軽減される。
製糖工場	<ul style="list-style-type: none"> 手刈り労働者不足が深刻化 不安定な収穫は、工場の稼働効率・最終製品の品質低下に繋がる 	<ul style="list-style-type: none"> 手刈り労働者の有無に影響を受けず、最も糖分が多い刈取適期に収穫することで、糖分回収率（品質）が向上する。 機械収穫により計画的・効率的な刈取りが可能となり、製糖工場の効率的な操業に繋がる。
現地パートナー企業	<ul style="list-style-type: none"> サトウキビ収穫機に関する知識・技術が不足 	<ul style="list-style-type: none"> 日本の収穫機の部品製造や組立技術が移転され、技術者レベルの向上が期待される。
政府関係者・研究機関	<ul style="list-style-type: none"> サトウキビ産業の体系的な機械化はこれから 	<ul style="list-style-type: none"> 日本のサトウキビ産業の機械化に伴い発展してきた農業技術を政府研究機関に紹介することで、今後のサトウキビ産業高度化の取り組み等の参考になる。
インド国内他地域	<ul style="list-style-type: none"> サトウキビ産業の体系的な機械化はこれから 	<ul style="list-style-type: none"> マ州での機械収穫をショーケースとして、サトウキビの生産量が多い他地域（ウッターールプラデシュ州、タミルナドゥ州等）での機械化が促進されると、サトウキビ産業の生産性、効率化、品質の向上が加速する可能性がある。

出典：JICA 調査団

(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 実証事業段階における教訓

本事業の実証活動を通して、現地協力者の協力体制や事業実施体制は重要であることを認識した。C/Pであるマ州砂糖局から選定されたSSKとサトウキビ収穫機の実証活動を実施するあたり、SSKは魚谷製サトウキビ収穫機のオペレーターとしてこれまでに他社製のサトウキビ収穫機を10年以上も操作してきた経験豊富で優秀なオペレーターを準備及び配置した。これにより、サトウキビ収穫機の初期操作及び維持管理についても非常に円滑に技術指導することができたことに加え、機械トラブルがあった際にも、オペレーターと十分に意思疎通が行え、機械トラブルを解消することができた。

そこで、本事業における収穫機の稼働状況のモニタリング方法をここに紹介する。日本人の団員は現地に常駐できないため、日本にしながら収穫機の稼働状況のモニタリング及びトラブル発生時の対応が求められる。メール等の媒体でモニタリングする方法もあるが、本事業では現地で既に普及しているコミュニケーションツールの活用（現地側の使い勝手の良さ）、リアルタイムなモニタリングの実施（即時的連絡可能性）、日本語とマラティ語間での言語自動変換機能を活用したコミュニケーション（語学の障壁の低減）を優先してアプリケーションである WhatsApp を活用することとした。特に、機械トラブルが発生した際にオペレーターからトラブル発生 の報告とその故障している状況を示す写真等を受領した後、日本側での症状を確認して、適切な対処方法を現地に伝え対応してきた。このようなモバイル診断による対応によって迅速かつ適切なトラブルシューティングが行えたと考える。

このように事業実施に当たっては、事業の実施体制及び協力体制が十分に構築できる相手と事業を進めることは重要であると考え。また、現地協力者との事業状況のモニタリング・相談・報告等について、コミュニケーションツールの使い勝手、迅速な反応、語学力の障壁の低減を考慮した方法を構築できることは今後海外で事業展開を検討する企業にとっても有用な教訓であると考え。

② 交渉にあたっての留意点や事業実施国の商習慣・文化習慣等の違い

現地パートナー候補との協議を通じて感じるのはスピード感である。日本企業はしっかり内容を整理・調査したのち、その調べた内容を吟味して判断を下す傾向にある。しかしながら、インド企業はある程度内容を把握したら、トップの指示で事業を進めると決断したら、考えながら事業を進める推進力がある。ビジネスのスピード感の違いに乗り遅れないように日本側も決断する時は決断しないとインド企業からすると関心がないと受け止められかねないので、その点留意が必要である。そのため、日本企業とこれまで取引実績のある企業であれば、日本のビジネスの仕方もある程度理解しているためコミュニケーションも取りやすく、連携を図りやすいと考える。

③ 環境や法制度の留意点

海外のビジネス展開を行う上で、ビジネスの拠点となる地域のビジネス環境は重要であると考え。本事業ではマ州のプネを重要な拠点と認識している。その理由として、プネは大学等の教育機関や IT 企業が集まる都市であり、世界からは「東のオックスフォード」もしくは「東のシリコンバレー」としても知られている。プネはインドの避暑地として、またインドでも治安が良い場所であり、本邦企業が進出しやすい基本的な条件を兼ね備えている。さらに、プネは日本語教育が盛んな都市であり、日本の都市とも友好交流協定を締結する等良好な関係を構築しており、日本人にとってもビジネス環境が充実している。そのため、本事業でも英語とマラティ語の通訳ではなく、日本語とマラ

ティ語の直接通訳が可能であり、海外での事業展開の足掛かりとするは適切であると考ええる。また、本事業の現地協力企業には、プネに拠点を置き日本との協力を重視する法律事務所と付き合いもある。インドにおける法制度に関しては、適宜この法律事務所から情報の入手や相談できることは、海外事業展開を行うにあたり法的リスクの軽減に役に立つと考える。さらに、プネ周辺にはマハラシュトラ産業開発公社（Maharashtra Industrial Development Corporation : MIDC）等が管理する日系企業が既に進出している、または、今後進出が期待される工業団地も複数存在する。

このように今後中小企業が海外展開を行う際には、その企業の人材にも限りあるため、現地進出拠点としてビジネス環境がある程度整っている場所を選定することにより、海外進出の難易度を軽減することも可能になると考える。

2) JICA や政府関係機関に向けた提言

新型コロナウイルスの影響があり、渡航を見合わせた時期もあり、調査が当初計画通りに進まないことがあった。例えば、現地関係者を集めサトウキビ収穫・荷積み・搬出のデモンストレーションを計画していたが、新型コロナウイルスの影響により実施困難となったため、代替案として、普及活動で活用する本事業の紹介ビデオを作製し普及活動に活用した。このように現地活動の一部を柔軟に修正して対応できたとは JICA からのご支援やご理解があつてこそ実現したものとする。そのため、この場を借りて感謝申し上げたい。引き続き、JICA 事業において業務計画等からの臨機応変で柔軟なご変更やご対応を期待する。

5. 参考文献

- ・ インド基礎データ（外務省）
- ・ インド世界貿易投資報告、2019年版（JETRO）
- ・ The World Factbook（CIA）
- ・ Agricultural Statistics at a Glance 2018（Ministry of Agriculture and Farers Welfare）
- ・ GDP Ranking, 2018（World Bank）

英文要約

Sugar Commissionerate

Summary Report

Republic of India

Verification Survey with the Private Sector
for Disseminating Japanese Technologies
for the Improvement of Productivity and
Quality of Sugarcane through Sugarcane
Harvester in India

July 2022

Japan International Cooperation Agency

Uotani Co., Ltd.

Content

1. BACKGROUND.....	1
2. OUTLINE OF THE PILOT SURVEY FOR DISSEMINATING SME'S TECHNOLOGIES	1
(1) Purpose.....	1
(2) Activities	1
(3) Information of Product/ Technology Provided	3
(4) Counterpart Organization.....	4
(5) Target Area and Beneficiaries.....	4
(6) Duration	4
(7) Overall Schedule.....	5
(8) Manning Schedule	6
(9) Implementation Organization	7
3. ACHIEVEMENT OF THE SURVEY.....	7
(1) Outputs and Outcomes of the Survey	7
(2) Self-reliant and Continual Activities to be Conducted by Counterpart Organization..	11
4. FUTURE PROSPECTS	12
(1) Impact and Effect on the Concerned Development Issues through Business Development of the Product/ Technology in the Surveyed Country.....	12
(2) Lessons Learned and Recommendations through the Survey.....	13

1. BACKGROUND

India is the second-largest sugarcane-producing country in the world, and Maharashtra state ranks first in sugar production and second in sugarcane production. However, since the majority of sugarcane farms are small (less than 1ha), the extent of mechanization remains limited, it restricts efficiency and productivity improvement.

Furthermore, labour shortage during the sugarcane harvesting season is becoming a serious issue in recent years. The sugarcane industry is in a vicious circle such as delay in harvesting timing affects loss of sugar contents which leads to lowering the purchasing price and decreasing farmers' income so that farmers limit the planting area for the next year.

The government of India has set the target of 4% growth in the agricultural sector in the 12th Five-Year Plan and is promoting mechanization for improving the production, quality, and efficiency of main crops including sugarcane. As of now, there are 400 sugarcane harvesters in India, half of which are in Maharashtra state. However, since they are designed for large-scale farms, they are not efficiently utilized in small-scale farms.

The Survey aims to improve harvest efficiency and quality of sugarcane in small-scale farms by introducing a compact size sugarcane harvester (hereafter called the Uotani Harvester). During the past survey, strong interest was shown in the Uotani Harvester by the local stakeholders including local government agencies, farmers, and sugar mills.

2. OUTLINE OF THE PILOT SURVEY FOR DISSEMINATING SME'S TECHNOLOGIES

(1) Purpose

The objective of the Survey is to verify the on-site compatibility of the Uotani Harvester in small-scale farms and to confirm the efficient and effective harvesting method. The Survey also aims to demonstrate the improvement of productivity and quality of sugarcane by proposing the planting and ratoon management method suitable for mechanization. Based on the above, the Survey formulates a business model to disseminate the Uotani Harvester in Maharashtra State as well as in other areas of India.

(2) Activities

Activity 1: To verify the on-site compatibility and economic efficiency of the Harvester

1-1 To select a Model Sugar Mill together with C/P

- 1-2 To confirm implementation structure including C/P, the Model Sugar Mill, and surrounding farmers
- 1-3 To manufacture the Harvester in Japan
- 1-4 To transport and install the Harvester to the Model Sugar Mill
- 1-5 To operate the Harvester, etc. to demonstrate the on-site compatibility
- 1-6 To verify the technical performance and economic efficiency of the Harvester in comparison with the existing harvesting method

Activity 2: To provide technical training on the operation and maintenance of the Harvester

- 2-1 To confirm the current knowledge and skills of C/P and Model Sugar Mill on the Harvester
- 2-2 To prepare the draft operation and maintenance manual of the Harvester
- 2-3 To provide training to the technical staff of C/P and the Model Sugar Mill based on 2-2.
- 2-4 To finalize the operation and maintenance manual based on 2-3 and the actual operation during the harvest season.

Activity 3: To consider the planting and harvesting method suitable for mechanization

- 3-1 To consult issues and improvement measures for planting and cane stock management methods with C/P and agricultural-related agencies
- 3-2 To interview farmers regarding the planting and ratoon management
- 3-3 To prepare a manual for planting and ratoon management
- 3-4 To introduce planting and ratoon management method

Activity 4: To formulate a draft business development plan for the Harvester including the possibility of local manufacturing

- 4-1 To conduct harvest and loading demonstration activities at the model farm and invite agricultural-related agencies
- 4-2 To develop cost reduction measures by considering the establishment of the local manufacturing system
- 4-3 To survey market trends of the Harvester including subsidy scheme and related laws and regulations
- 4-4 To prepare a draft business development plan

(3) Information of Product/ Technology Provided

Name of Product: Sugarcane Harvester (UT-120K)

Specifications: The basic specifications of the Uotani Harvester are as follows.

Table 2-1: Basic specification of the Uotani Harvester

Item	Specification
Size of equipment	6.3m (Length) x 1.8m (Width) x 4.1m (Height)
Weight	7,900 kg
Operation capacity	10t/h
Engine output	107ps/ 2,200rpm
Operation speed	0.7~3.0km/h
Running speed	6.5km/h (low speed), 9.0km/h (high speed)
Cutting height	-50~400mm
Structure of the Product	
1. Crop Lifter	7. Load Bag Lift
2. Knockdown Roller	8. Operation Oil Tank
3. Base Cutter	9. Fuel Tank
4. Feed Roller	10. Engine Box
5. Chipping Flywheel	11. Cabin
6. Fan	12. Crawler

The image contains three technical drawings of the Uotani Harvester. The 'Front view' shows the harvester from the front, highlighting the crop lifter (1), knockdown roller (2), and base cutter (3). The 'Side view' shows the harvester from the side, highlighting the feed roller (4), chipping flywheel (5), fan (6), load bag lift (7), operation oil tank (8), engine box (10), and crawler (12). The 'Plan View' shows the harvester from above, highlighting the fuel tank (9) and engine box (10). The drawings are labeled 'Front view', 'Side view', and 'Plan View' respectively.

Characteristics of products and technologies are as follows.

- Harvest Bag can operate without fielder trucks unlike other harvesters, so it can operate solely. Therefore, time efficiency in harvesting is high on small farms.
- Rubber Crawler has less damage to the farm, and the yield decrease of ratoon crop the following year is prevented.
- A Three-way blade can cut the sugarcane straight and the area exposed to air becomes small. Hence, the freshness of the sugarcane is kept longer and its harvest loss is decreased.

- The large fan can reduce the trash rate so the quality of harvested sugarcane is improved and the sugar content rate is expected to increase.
- Durability is more than 15 years, while that of the other harvesters is 10 years.

(4) Counterpart Organization

Counterpart: Sugar Commissionerate of Maharashtra State

Department of Cooperation, Marketing, and Textiles, Maharashtra State.

Operation of the Harvester: Vighnagar Sugar Mill (hereafter called VSSK)

(5) Target Area and Beneficiaries

Target Area: Maharashtra State, India

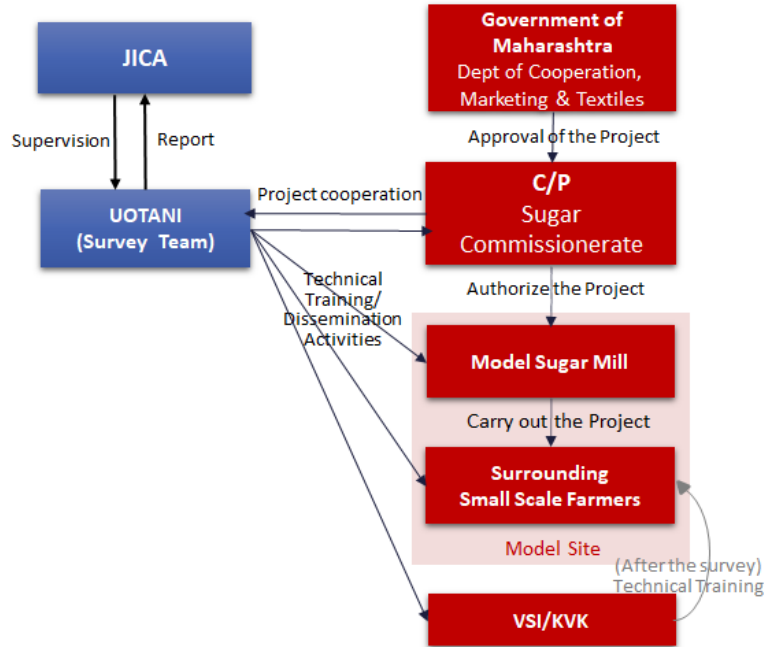
Beneficiaries: Sugar Commissionerate, farmers and sugar mills in the target area, and Sugar-related industries in India

(6) Duration

3 years and 1 month (from August 2019 to August 2022)

(9) Implementation Organization

The implementation structure of the Survey is as shown below.



Source: JICA Survey Team

Figure 2-1: Implementation structure

3. ACHIEVEMENT OF THE SURVEY

(1) Outputs and Outcomes of the Survey

Activity 1: To verify the on-site compatibility and economic efficiency of the Harvester

The field test was conducted for three harvest seasons from 2019/2020 to 2021/2022. During this period, a series of performance test was carried out, and on-site compatibility and the comparative advantage was examined from the aspect of 1) suitable field condition, 2) harvesting efficiency and accuracy, and 3) loading and unloading.



Harvesting



Loading (Mobile Crane to Truck)

1) Suitable field condition

Based on the field test, it is confirmed that the Uotani Harvester is suitable and useful on small farms (length less than 100m) where it is difficult to operate other larger harvesters. Due to its small size, it also operates best in ratoon crop field which has relatively less yield (80ton/ha) compared to high yield field (200ton/ha) and rough lodging field which may lead to harvest loss. In terms of the operation in the field, the rubber crawler system makes it easy to enter the field with height differences and ensures stability in the field.

2) Harvesting efficiency and accuracy

The harvesting efficiency of the Uotani Harvester from the performance test was 10.15ton/h, which is slower than other harvesters because of the harvester size. On the other hand, fuel efficiency is 1.1 liter/ton which is better than the other harvesters, which contributes to the reduction of the operation and maintenance costs. In addition, Uotani Harvester does not require frequent parts replacement and maintenance which is a great advantage considering that the number of days of operation largely determines profitability. The low trash rate (4.22%) was appreciated by sugar mills because it improves the sugar recovery rate. The fact that Uotani Harvester has less impact on the soil is well accepted by farmers who are concerned about soil compaction that reduces the yield of the ratoon crop.

Table 3-1: Operational Performance in the Field

Items	Uotani (UT-120K)	CNH A-4000	Date of trial
Harvesting efficiency (ton/hour)	10.15	14.17	March 2022
Fuel efficiency (harvester) (ℓ/ton)	1.01	1.25	March 2022
(harvester & crane/infielder) (ℓ/ton)	1.10	1.50	
Trash rate (%)	4.22	8.94	January 2010
Harvest loss (%)	3.96	3.51	January 2010
Soil compaction	until 6cm depth	until 30cm depth	January 2010

Source: JICA Study Team

3) Loading and unloading

Unlike the other harvesters, Uotani Harvester can continue the harvesting without infielder trucks, instead, the harvest bags need to be loaded by a crane. When the farm is next to the road, the crane can stay on the road for the loading. However, in case the farm is not close to the road, the crane needs to come into the farm. Since the farmers are not comfortable letting cranes and trucks on their farm, the harvester needs to come to the crane to unload the bags which affects harvesting efficiency. In this aspect, it was discussed that it would be better to use a tractor-mounted crane which has less impact on the field and is easy to move around on the farm. In this aspect, it will be necessary to have further experimented in collaboration with the local crane manufacturer.

Activity 2: To provide technical training on the operation and maintenance of the Harvester

Technical training for the Uotani Harvester was provided to the staff of VSSK and the operator. A series of manuals are prepared, including harvester operation, daily inspections, replacement of spare parts, maintenance, and troubleshooting. The feedback from the operator was positive where the Uotani Harvester was easy to operate and less maintenance is required compared to the other harvesters.



Operation Manual



Maintenance Manual



Training on daily maintenance

Activity 3: To consider the planting and harvesting method suitable for mechanization through technical training

Understanding that current sugarcane harvesting is in transition from manual to mechanical, the Survey also checked whether farming methods are appropriate for mechanical harvesting. It was confirmed that the row width was over 4ft which is suitable. However, sugarcane is planted shallow so roots rise to the surface after the mechanical harvesting which affects ratoon growth in the following year. In addition, ratoon management such as subsoiling and stubble shaving has not been practiced which again affects the yield of ratoon growth.

Based on the above findings, a manual for sugarcane planting and ratoon management method was prepared based on the Japanese sugarcane research and experiences and explained to Vasandada Sugar Institute (VSI) and Krishi Vigyan Kendra (KVK). The manual contents include the following.

- Planting method (field maintenance, deep planting method, and its effect)
- Ratoon management method (stubble shaving, subsoiling, soil cultivation method, mechanization, and its effect)

<p>Title (Provisional)</p> <p>Sugarcane Planting and Ratoon Management Technologies for Mechanization -Experiences from Japanese Sugarcane Researches-</p> <p style="text-align: right;">Uotani Co., Ltd.</p> <p style="text-align: center;">English version</p>	<p>शीर्षक (तात्पुरते)</p> <p>यांत्रिकीकरणासाठी ऊस लागवड व रँटून व्यवस्थापन तंत्रज्ञान</p> <p>-जपानी ऊस संशोधनातील अनुभव -</p> <p style="text-align: right;">उओतानी कंपनी, लि.</p> <p style="text-align: center;">Marathi version</p>
--	--

Activity 4: To formulate a draft business development plan for the Harvester including the possibility of local manufacturing

1) Promotion activities

Since the introduction of the Uotani Harvester to VSSK, contractors, other sugar mills, and neighboring farmers have visited the harvesting site, showing their interest in the harvester. It was also reported several times in the local media for the promotion of this new harvester.

Due to the Covid-19 situation, a physical demonstration was not implemented, so as an alternative plan, a 5-minute introductory video of Uotani Harvester was prepared for the dissemination activities. It was shared as a YouTube video with the Sugar Commissioner, VSSK officials, and related contractors. The video contributed to the understanding of the machine itself and the harvest method of the Uotani Harvester.



Local media coverage (Feb 2020)



Promotional video

2) Market analysis

The subsidy scheme for the harvester was terminated. However, even in the absence of a subsidy system, annual sales of harvesters were 350 units in India and half of which were sold in Maharashtra. The users are purchasing the harvester with a bank loan to cover the initial investment cost of the harvester. At the same time, operation and maintenance costs and frequency of the blockage and maintenance also impact the reputation of the harvester.

3) Business model

Based on the above findings, the main business models will be to reduce the initial investment costs by targeting similar prices to other harvesters and to establish a maintenance system in collaboration with local partner companies for technical support. The first stage of the business model will focus on local assembly with a local partner company and they will be the sales agent, and spare parts will also be sold through the company. The second stage is to establish a joint venture with a local partner company or establish a local subsidiary to start full-scale manufacturing, sales, and maintenance service locally.

4) Business development plan

During the Survey, a potential local partner was identified. Cooperation with this local company dealing with hydraulic components will be strengthened in the future. This company has so far imported parts and other components and assembled them at its plant in India, and has a track record of handling products from Japanese manufacturers. It also has its product sales and maintenance system. The establishment of a cooperative system with such a promising local partner company has increased the potential for business development.

(2) Self-reliant and Continual Activities to be Conducted by Counterpart Organization

For continuity of the operation and maintenance of the Uotani Harvester after the Survey, it was discussed that the ownership of the harvester will remain with the Sugar Commissionerate, and the operation and management of the harvester can be entrusted to a third party (contractor).

The reason behind this is that if the sugar mill operates the harvester, the harvesting volume will not increase due to the limited operating hours of the harvester. From the aspects of parts procurement and maintenance, it is considered more sustainable and realistic for a contractor to operate the harvester on a business basis. As it is common for contractors to be the users of the harvester, adopting the local business operation can improve harvester performance, and it also builds a user track record which is effective in the promotion of the harvester locally.

4. FUTURE PROSPECTS

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

Expected benefits for each beneficiary from business development are summarized in Table 4-1. One of the advantages of introducing the harvester for farmers is the increase in the weight of harvested cane which leads to an income increase. For sugar mills and contractors, planned and efficient harvesting can improve their business operation. As the business enters into local production, appropriate technology and know-how will be transferred to the local partner companies in India.

In addition, precedents and experiences of Japan's efforts to transition from manual to mechanical harvesting can be introduced to government officials and research institutes. It can contribute to the progress of systematic mechanization from sugarcane cultivation to post-harvest.

Table 4-1: Expected Impact of Business Development

Beneficiaries	Issues	Advantages
Farmers	Sugar cane yield is directly linked to income It is difficult to mechanically harvest in small fields	Compared to manual harvesting, mechanical harvesting can cut the cane closer to the ground, so there is less harvest loss. In addition, the head part of sugarcane that is removed in manual harvesting is often included in mechanical harvesting, and an increase in the weight of harvested cane is expected even with harvesting loss in mechanical harvesting. The Harvester has a rubber crawler so the impact on the soil is small. Therefore, the decrease in yield in the next term is reduced. The Harvester enables mechanical harvesting in small fields.
Contractors	The shortage of manual labours is becoming serious Loss of time from machine breakdown and maintenance leads to reduced income	By shifting to mechanical harvesting, the business can expect well scheduled and efficient harvesting operation. The harvester can expand the farm coverage where large machines are difficult to enter. Additionally, there is less concern about reduced operating hours and days as the Harvester requires low maintenance.
Sugar mill	The shortage of manual labours is becoming serious Unstable cane supply leads to inefficient	The sugar recovery rate (quality) is improved by harvesting at a proper time when sugarcane contains the highest sugar content, regardless of the absence of manual labours. Mechanical harvesting enables well-planned and

	operation and low product quality	efficient harvesting, which leads to the efficient operation of sugar mills.
Partner companies in India	Lack of knowledge and skills for the Harvester	Transferring technology of manufacturing parts for the Harvester made in Japan and assembly technology will improve engineers' skills.
Government officials / Research institutes	Systematic mechanization in the sugar cane industry is not yet in place	Government research institutes can use the agricultural technology that has developed along with the sugarcane industry mechanization in Japan as a reference to advance the sugarcane industry.
Other regions in India	Systematic mechanization in the sugar cane industry is not yet in place	Using mechanical harvesting in Maharashtra as a reference, mechanization can be promoted in other sugarcane-producing regions (Uttar Pradesh, Tamil Nadu, etc.) which can contribute to improvement in productivity, efficiency, and quality of the sugarcane industry.

Source: JICA Study Team

(2) Lessons Learned and Recommendations through the Survey

1) Understanding of the harvester

The Uotani Harvester has different characteristics from other harvesters in India. It would be beneficial for the operators and sugar mills to differentiate the farm segment (small farms) for efficient use of the Uotani Harvester. In addition, it was difficult to share the idea of the new harvesting style, especially the effective use of a crane for loading and unloading harvesting bags to trucks. A demonstration session in Japan would have been helpful to deepen the understanding and technical discussions with the experts from both countries.

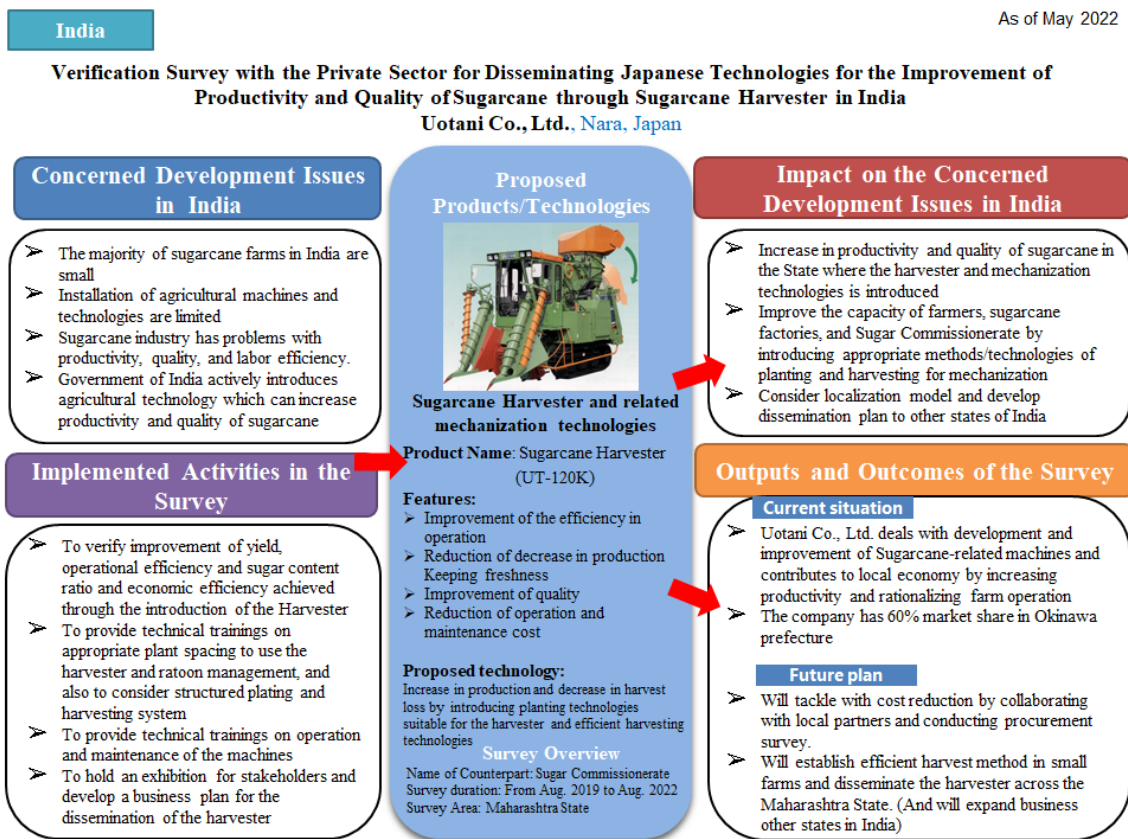
2) Understanding from the farmer

Since it is still a transition stage from manual to mechanical harvesting, many farmers have a negative image of mechanical harvesting. Their concerns being the damage to their farms, there needs to be an explanation and also showing the evidence that rubber crawler type harvester has less impact on the soil in cooperation with contractors and sugar mills. As it was the same in Japan, it may take some time for farmers to understand the pros and cons of mechanical harvesting but the discussion and improvement efforts should continue from both sides as the issue of labor shortage becomes serious and mechanization becomes inevitable in the future.

3) Localization of the harvester

The price of the harvester is one of the most important factors for business development in India. By collaborating with local partners, local manufacturing and local procurement need to be aggressively explored to modify the harvester into an Indian model. At the same time, since maintenance is a major issue for continuous harvesting, durability is valued and swift response time for maintenance and service is also appreciated which can also be a competitive advantage in doing business in this field. Finding a balance between price, quality, and service is an important and a great challenge for successful implementation.

ATTACHMENT: OUTLINE OF THE SURVEY



添付資料

企業機密情報につき非公開