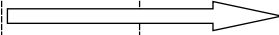
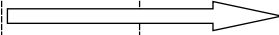
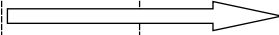


委託プロジェクト研究課題評価個票（終了時評価）

| | | | | | | | | | |
|---|--|-----------------|------------------------------|----|---|--|--|--|--|
| 研究課題名 | 現場ニーズ対応型プロジェクトのうち繋ぎ牛舎でも利用できる高度な搾乳システムの開発 | 担当開発官等名 | 農林水産技術会議事務局研究企画課 畜産局畜産振興課 | | | | | | |
| | | 連携する行政部局 | 畜産局畜産振興課課（乳牛班） | | | | | | |
| 研究期間 | R元年～R5年（5年間） | 総事業費（億円） | 1.2億円（見込） | | | | | | |
| | <table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%; text-align: center;">基礎</td> <td style="width: 33%; text-align: center;">応用</td> <td style="width: 33%; text-align: center;">開発</td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;">  </td> </tr> </table> | 基礎 | 応用 | 開発 |  | | | | |
| 基礎 | 応用 | 開発 | | | | | | | |
|  | | | | | | | | | |

研究課題の概要

高齢化や労働負担の増大に伴って中小規模農家が減少する中、我が国の酪農経営の約8割が利用している繋ぎ牛舎（※1）での生産性向上により、生乳の安定供給を図る必要がある。そのため、繋ぎ牛舎に導入できる国産搾乳ユニットについて、乳房の分房別の搾乳停止機能を実現することで過搾乳を防止する技術など、搾乳に係る生産性向上を図るとともに、総労働時間の約5割を占める搾乳に係る労働コストを削減する技術を開発する。

<課題①：搾乳ユニット自動搬送装置（※2）の機能強化と搾乳システムの高度化（R元～R5年度）>
搾乳時に分房別の乳流量検知により個別に搾乳終了を判断し、分房別に拍動を停止させる機能とともに、搾乳中及び拍動停止して負圧がかからなくなった状態でもティートカップ（※3）が落下しないよう保持し、全分房の搾乳終了時に一斉にティートカップが離脱する機構を付与した搾乳ユニット自動搬送装置を開発する。

<課題②：機能強化された搾乳ユニット自動搬送装置の現地実証とその効果の検証（R元～R5年度）>
課題①で開発された技術の導入前後における乳生産量、乳質および作業時間を比較し、開発された技術の長期運用が乳生産に及ぼす影響や省力化について明らかにする。

1. 委託プロジェクト研究課題の主な目標

牛の乳房の分房別に過搾乳を防止する機能を付与するなど搾乳に係る生産性向上を図るとともに、総労働時間の約5割を占める搾乳に係る労働コストを削減する技術を開発する。

2. 事後に測定可能な委託プロジェクト研究課題としてのアウトカム目標（R12年）

- ①開発した搾乳システムを令和8年度までに製品化する。本技術の導入により、搾乳牛50頭の小規模経営体当たり年間約185万円の収益増となり、全国の飼養頭数40～60頭規模の繋ぎ牛舎の10%に普及することで年間約3.1億円の国内酪農経営の収益向上となる。
- ②普及を促す方策として現行の搾乳ユニット自動搬送装置ユーザーだけでなく、廉価版搬送機ユニットキャリアのユーザーも導入可能なモデルも追加する。

【項目別評価】

1. 研究成果の意義

ランク：A

①研究成果の科学的・技術的な意義、社会・経済等に及ぼす効果の面での重要性

近年、1頭あたりの生乳生産量は増加しているが、農家戸数の減少により、総生産量は減少傾向にある。生乳の安定供給のためには、我が国の酪農経営の約8割が利用している繋ぎ牛舎での生産性向上を図る必要がある。また、繋ぎ飼い形態の酪農家からは、より省力的な搾乳システムの開発が強く求められている。

繋ぎ牛舎での労働時間の縮減が進んでおらず、農家戸数の減少が続いていることから、需要に応じた生乳生産を維持していくためには、繋ぎ牛舎における搾乳作業の省力化を早急実現する必要がある。「食料・農業・農村基本計画」（令和2年3月策定）には、「労働力負担軽減・省力化に資するロボット、AI、IoT等の先端技術の普及・定着を図る。」と明記されており、酪農経営での実現に向け、

本研究課題を国が主導して様々な関係者の参画を得て取り組んでいるところ。

以上のことから、より省力的な搾乳システムが生産現場から求められている状況は研究開始当時と変わっておらず、繋ぎ牛舎に導入できる国産搾乳ユニットの高度化についての技術開発の意義は非常に大きい。

2. 研究目標（アウトプット目標）の達成度及び今後の達成可能性

ランク：A

① 最終の到達目標に対する達成度

「繋ぎ牛舎でも利用できる高度な搾乳システムの開発」では、酪農家において最も作業時間の長い搾乳作業による労働負担を低減させることを目的としている。本課題での最終到達目標として、繋ぎ牛舎でも利用できる高度な搾乳システムの開発による、1頭当たりの乳量の5%向上と、労働コストを10%削減としており、これまでに以下の具体的成果が得られている。

< I 搾乳ユニット自動搬送装置の機能強化と搾乳システムの高度化 >

搾乳ユニット自動搬送装置の高度化では、分房別に搾乳を停止する機能と搾乳終了後にティートカップが落下せず一斉に離脱する装置の開発、バイタルセンサの設置を行うため、①から④の研究を実施した。

- ①分房別に搾乳を停止する機能の付与のために、分房ごとの乳流を検知するための電気伝導度センサの仕様、乳流量を識別するアルゴリズムを決定し、加えて、乳流量検出センサの取り付け位置と形状を確定した。
- ②ティートカップの装着前後において先端部を落下させずに維持する機構を決定した。
- ③搾乳終了後にユニット保持アームを水平に保持できる新規フレーム、分流器の形状と位置を決定した。
- ④心拍数や呼吸数などのバイタルデータが得られるセンサの設置で搾乳システムをより高度化するために、実証農場でバイタルセンサ等の運用上の問題点の抽出と動作確認等を完了した。

①から③の仕様を確定したことから、搾乳が終了した分房から、順次、ティートカップを離脱させる機能の開発が完了した。さらに、この機能を搭載した試作機を開発し、現地実証試験においてその性能を検証している。また、開発したティートカップを量産化するための金型を決定し、今後、離脱後のティートカップを定位置で保持する機構を付与する予定である。現在、牛舎内で効率的に搾乳作業できるように、新規フレームの左右の横幅を抑える収納方法等の改善を行い、新規フレームの量産化を見据えた仕様を検討するとともに、④で得られるバイタルデータと連動した自動給餌や暑熱対応等のために、統合的な飼養管理システムを構築することを検討している。

< II 機能強化された搾乳ユニット自動搬送装置の現地実証とその効果の検証 >

- 一般的に、乳牛の4つの分房のうち、前2つの分房の容積は後2つの分房よりも容積が小さいため、乳量も前部分房の方が後部よりも少ない。繋ぎ搾乳牛舎での自動離脱は通常4分房一斉停止であるため、前部分房で過搾乳となりやすい。過搾乳は乳房炎の原因の一つとなっている。牛を使った試作機の実験では、分房別搾乳停止機能が働き、分房別に搾乳が停止することを確認し、この機能により過搾乳防止ができ、乳房炎の防止につながる事が期待される。
- 開発する搾乳ユニット自動搬送装置の長期運用が乳生産量および乳質に与える影響を明らかにするため、実証牧場において現行の装置による年間を通じた乳生産成績等に関するデータを継続している。今後、実証牧場において開発された装置が導入された際に、導入前後での乳生産成績等を比較することで、導入装置の性能を明らかにする予定である。
- 開発装置の長期運用が作業時間および労働負担に及ぼす影響を明らかにするため、実証牧場において現行の装置での各搾乳作業工程における所要時間および心拍数等の作業負担についてのデータを取得した。さらに、開発装置の導入時の作業時間低減効果を明らかにするため、収集したデータから各搾乳作業工程をシミュレートしたところ、新規ティートカップ保持機能が実装されることで、蹴り落とし抑制のための措置を行う農家において搾乳作業時間が1割程度短縮できる可能性を見出した。今後、開発装置が実証牧場に導入された際には、作業時間および労働負担を比較し、当該システムの性能について詳細に検証する予定である。

当該装置の仕様に関しては、1件のシンポジウムでの講演と4件の特許出願が行われており、着実な成果が得られている。

② 最終の到達目標に対する今後の達成可能性とその具体的な根拠

繋ぎ牛舎でも利用できる高度な搾乳ユニット自動搬送装置の開発目標を達成するために、搾乳ユニット自動搬送装置の分房別搾乳停止機能の付与などの技術開発等に取り組んでおり、必要な技術要素である乳流量の検出、分房別搾乳停止機能、搾乳停止後のティートカップを保持できるフレーム開発について、いずれの課題も概ね予定通りに進捗している。それらの機能を搭載した試作機を、農研機構に導入し、当該機能が問題なく動作することを確認した。さらに、実証牧場において導入試験を行い、市販化に向けた操作性の改良を行っている。今後、長期実証試験を実施することで、製品化に向けた問題点を明らかにし、量産化に向けた機器の改良を行っていく予定である。

さらに、本装置は、ユニット保持アームにより搾乳時のライナースリップ（※4）が減少し、分房への逆流を防止することができるとともに、分房別に搾乳を停止することにより、過搾乳による乳房炎（※5）罹患リスクの低減が期待できる。開発する搾乳ユニット自動搬送装置の導入と個体情報を活用した飼養管理システムの構築により、繋ぎ牛舎を利用している酪農家の労働コストを年間10%削減と1頭あたり搾乳量5%増という目標達成のための技術開発は十分に達成可能である。

3. 研究が社会・経済等に及ぼす効果（アウトカム）の目標の今後の達成可能性と その実現に向けた研究成果の普及・実用化の道筋（ロードマップ）の妥当性

ランク：A

①アウトカム目標の今後の達成の可能性とその具体的な根拠

本プロジェクトでの技術開発は、事前の生産者との意見交換の中で出された現場ニーズに基づいて実施されている。本プロジェクトで開発された技術項目については、参画機関で知的財産権化の可能性と必要性について検討し、必要に応じて特許化を行う。搾乳システム開発メーカーはプロジェクト期間中に製品化の目途をつけ、プロジェクト終了後の速やかな製品化を目指す。現行の搾乳ユニット自動搬送装置のユーザーに対して、本プロジェクトで得られた導入効果のデータを紹介するとともに、搾乳システム開発メーカーの全国の販売網を活用して国内繋ぎ飼養農家への普及を図る。さらに普及を促す方策として、現行の自動搬送装置ユーザーだけでなく、現行の廉価版搬送機であるユニットキャリーへの導入が可能なサポートアームのみを独立させたラインナップのモデル追加の展開を図る。農研機構は研究成果の論文化、商用誌等への技術紹介を科学的データに基づき、積極的に行う。参画する牧場は見学希望者を受け入れ、ユーザーの立場から技術紹介を行う。本プロジェクトで得られた成果の普及により、開発された技術を導入した農家の乳生産成績向上および軽労化が可能となる。

以上の研究開発状況から、アウトカム目標は十分に達成できると見込まれる。ただし、近年の酪農情勢から飼料や資材費高騰の長期化により、酪農家の施設更新への投資意欲が低下することが懸念され注視が必要である。

②アウトカム目標達成に向け研究成果の活用のために実施した具体的な取組内容の妥当性

研究コンソーシアムには、普及・実用化をよりスムーズに行うため、搾乳システム開発メーカー、研究機関と生産者が参画している。また、酪農技術者を招き、毎月、研究成果を現場に普及しやすいものとするための勉強会を行い、普及・実用化への問題点を抽出し、研究を推進している。搾乳システム開発メーカーでは、新規搾乳システムの軽量化や小型化などを検討し、導入コストをより削減できるよう検討を行う。さらに、全国規模でのシンポジウムで新規搾乳ユニットについての講演を行うとともに、全国の販売網を活用して普及促進のための広報活動を行う予定である。また、販売店と酪農家との意見交換等を行い、ユニット単位での販売により段階的に導入を進める部分更新など、各酪農家の財政状況に合わせた提案を準備する。これらのことより、普及・実用化に向けた取り組みは妥当である。

③ 他の研究や他分野の技術の確立への具体的貢献度

現時点では、他の研究や他分野の技術確立への波及については、該当しないと考えているところ。

4. 研究推進方法の妥当性

ランク：A

①研究計画（的確な見直しが行われているか等）の妥当性

本課題の研究目標は、繋ぎ牛舎に導入できる国産搾乳ユニット自動搬送装置の高度化により、搾乳にかかる生産性向上を図るとともに、労働コストを削減する技術の開発を行うことであり、その達成に向けて着実に研究を推進しているところ。運営委員会や研究推進会議による進捗状況の確認を行うとともに及び、ユニット保持アームの最適な仕様に資する議論や比較対照となる調査農場の追加などの計画変更により、的確な見直しを行っており、研究計画の妥当性は高い。

②研究推進体制の妥当性

国産搾乳ユニット自動搬送装置の高度化の開発に当たり、搾乳システム開発メーカーが参画しており、実用化に向けた取組が行われている。搾乳システムの実証を行うことができる牧場も参画しており、試作機の効果の検証を進める計画となっている。従って、研究課題構成は妥当である。

③研究の進捗状況を踏まえた重点配分等、予算配分の妥当性（選択と集中の取組など）

各課題ともに計画通りに研究が進捗している。搾乳ユニットについての試作機が開発され、今後は、現場において試作機の効果検証および改良、市販化に向けた検討を行う課題に予算を重点配分することとしており、予算配分は妥当である。

【総括評価】

ランク：A

1. 委託プロジェクト研究課題全体の実績に関する所見

・高齢化や労働負担の増大が進む中、コロナ禍による需要減少、円安や国際穀物価格、光熱費の上昇などによる飼育コスト急騰は酪農家の経営を危機的状況に追い込んでおり、その成果の意義は研究開始よりも高まっている。

2. 今後検討を要する事項に関する所見

・最終年度に向けて実証ができる段階に到達しており目標達成が見込めると評価するが、社会実装に向けたアウトカムの道筋には若干の距離がある。
・技術が確立したといえコストの評価を含め酪農家に適切に技術として導入されるのかの道筋について若干不透明であり、今後、最終年度のその先をしっかりと検討する必要がある。

[研究課題名] 農林水産研究推進事業のうち繋ぎ牛舎でも利用できる高度な搾乳システムの開発

| 用語 | 用語の意味 | ※ 番号 |
|------------------|---|---------|
| 繋ぎ（飼い）牛舎 | 牛舎内に牛を繋ぎ留めて飼養する方法。日本の牛舎の多くは繋ぎ（飼い）牛舎。 | 1 |
| 搾乳ユニット 自動搬送装置 | 繋ぎ飼い牛舎で搾乳機を、天井に設置したレールを使用して、搾乳する乳牛の位置まで自動搬送する装置のこと。約9kgの搾乳機を運ぶ必要が無くなるため、搾乳作業の労働負担軽減につながる。 | 2 |
| ティートカップ | 乳汁を吸い出すために乳房に装着する器具。 | 3 |
| ライナースリップ | ティートカップが乳房からずり下がってしまい、乳房とティートカップの間から空気が入ってしまう現象。 | 4 |
| 乳房炎 | 細菌などの病原微生物が乳房内や乳腺組織内に侵入し、増殖することによって起こる乳房の炎症の総称。乳房の腫脹、疼痛、熱感、発赤などを伴い、乳質の変性や乳量の低下をもたらす。 | 5 |

【ロードマップ（終了時評価段階）】

繋ぎ牛舎でも利用できる高度な搾乳システムの開発

| R 3年度 | R 4年度 | R 5年度 | R 6年度 | R 7年度 | R 8年度 |
|---|---------------------------------------|--|--|-------|----------------------------------|
| 委託プロジェクト研究 | | | 実証 | | 産業利用 |
| 1. 搾乳ユニット自動搬送装置の機能強化と搾乳システムの高 | | <ul style="list-style-type: none"> 機能強化した搾乳ユニット自動搬送装置と飼養管理ソフトを連携させた新繋ぎ飼い搾乳システムを開発・実証 本システムにより労働コスト10%削減ならびに乳生産量5%増を実証 〔特許出願1件以上 論文発表2件以上〕 | 新繋ぎ飼い搾乳システムによる飼養管理の全工程を実証 <ul style="list-style-type: none"> ・トータルコスト・品質・生産能力の評価 ・評価結果に基づく装置等の改良、技術情報の発信 | | 【R8～】プロジェクト参加企業による製造・販売 |
| 試作機による所内試験により実証試験に向けた改良点の抽出と装置の改良 (特許出願1件以上) | 実証試験を基にさらなる改良点の抽出と装置の改良 (特許出願1件以上) | | ↓ ・新繋ぎ飼い搾乳システムの導入費用680万円(標準装備数:8ユニット)で実用化 ・酪農家の労働環境改善ならびに収益力向上に貢献 | | 【R8～】全国の飼養頭数40～60頭規模の繋ぎ牛舎の10%に普及 |
| センシング装置と飼養管理ソフトとの連携技術の決定 | 連携技術の市販プロトタイプが完成 | | | | |
| 2. 機能強化された搾乳ユニット自動搬送装置の現地実証とその効果の検証 | | | | | |
| 導入効果検証のためのベースラインデータを取得 | 実証試験による導入効果の検証 | | | | |

アウトカム
【R12年度】

本技術の導入により、搾乳牛50頭の小規模経営体当たり年間250万円の収益増となり、全国の飼養頭数40～60頭規模の繋ぎ牛舎の10%に普及することで年間約4.1億円の国内酪農経営の収益向上