

# 使いやすさと高機能化の両立

## ISOBUSポテトハーベスターの開発



トラクターキャビン内の操作環境

### ■ 背景

大規模営農を支える農業機械は、機能の高度化に伴い、操作・制御システムが複雑化し、操作性や組込みの作業性の改善が課題となっています。そこで、サンエイ工業(株)では、自社製品のポテトハーベスターを対象に農業機械用に定めた通信の国際規格ISOBUS (ISO-11783)を導入して、制御系の簡素化や車速情報などを利用する制御システムの高機能化を目指す開発を行いました。その取組の中で、当场には、制御システムの構築に関する技術支援が要請されました。



開発したISOBUSポテトハーベスター

### ■ 開発の要点

1. 操作と動作の関連づけの整理
2. 制御システムの設計
3. 操作・制御システムの機能評価

### ■ 成果

1. ポテトハーベスターの全作業行程における操作に対応した機械動作状況を整理し、制御の流れを決定しました。
2. 想定した動作を実現する制御システムの構成を検討し、ISOBUSを導入した簡略化された制御システムを構築することができました。
3. 開発した制御システムを新規に開発したポテトハーベスターに組み込んで動作確認を行い、設計通りに動作し、操作性も良いことを確認しました。

#### 《得られた要素技術》

- ・ ISOBUS通信制御技術
- ・ 制御システムの設計技術

#### 《今後の展開・提案》

- ・ ISOBUS通信制御技術による既存製品の高機能化
- ・ 制御システムの設計技術による新たな農業機械の開発

# 試験による高品質保証

## 農業用コンテナの強度試験・評価



強度試験

### ■ 背景

北海道セイカン工業(株)は、コストと強度性能を両立する農業用コンテナ製品を目指し、設計指針の確立のため、強度試験・評価を継続的に行っています。本件では農作物を満載した状態でコンテナを傾斜させた場合の強度に絞り設計指針の検討を行い、当场には強度試験・評価について技術支援が要請されました。



農業用コンテナ

### ■ 開発の要点

1. 強度試験方法
2. 強度試験結果の分析・評価

### ■ 成果

1. これまで行ってきた強度試験方法を基に、出荷や積み替えなどの作業におけるコンテナの強度を評価する試験方法を決定することができました。
2. コンテナの強度試験を行い、現状の設計基準の余裕度を把握し、設計指針に関する検討を進めることができました。

#### 《得られた要素技術》

- ・ 出荷や積み替え作業における農業コンテナの強度試験方法
- ・ 農業用コンテナの強度設計技術

#### 《今後の展開・提案》

- ・ 新規開発の農業用コンテナへの応用
- ・ 新たな農業資材の開発に応用

# 電動化によりクリーンで快適な農作業

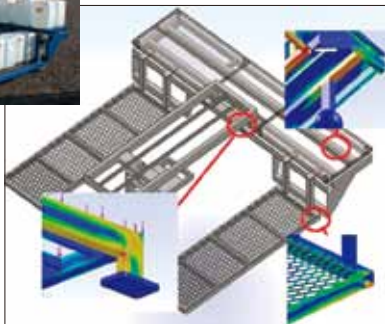
## ソーラー式長芋プランターの開発



ソーラー式長芋プランター

### ■ 背景

フクザワ・オーダー農機は、2009年にソーラー式長芋プランターを開発し、全国的にも先駆けて農作業機械の電動化に取り組んでいます。同プランターは、ソーラーパネルとバッテリー、および電動機一体型のクローラユニットにより電動化されています。従来のエンジン式と比較して、排気ガスが無く作業環境がクリーンであること、振動・騒音を発生しないことから、ユーザーより好評を得ており、順調に販売実績を伸ばしています。更に性能を向上させた新型機の開発を行いたいとの要望があり、十勝産業振興センターとともに、技術支援を行いました。



ひずみ測定試験と構造解析

### ■ 開発の要点

1. フレームの軽量化と電源の48V化による動力性能の向上
2. 機体近傍でラジオに雑音が入ることについての原因調査と対策（快適性の向上）
3. ソーラーシステムの見直しによる低コスト化に関する検討

### ■ 成果

1. ひずみ測定試験と構造解析を行うことでフレーム設計を見直し、従来比約15%の軽量化を図りました。
2. スペクトラムアナライザを用いた測定によりノイズの発生源を特定し、対策部品を適宜使用することでラジオの雑音を解消しました。
3. 複数のソーラーパネルについて発電能力の調査検討を行い、低コスト化が可能であることを確認しました。

### 《得られた要素技術》

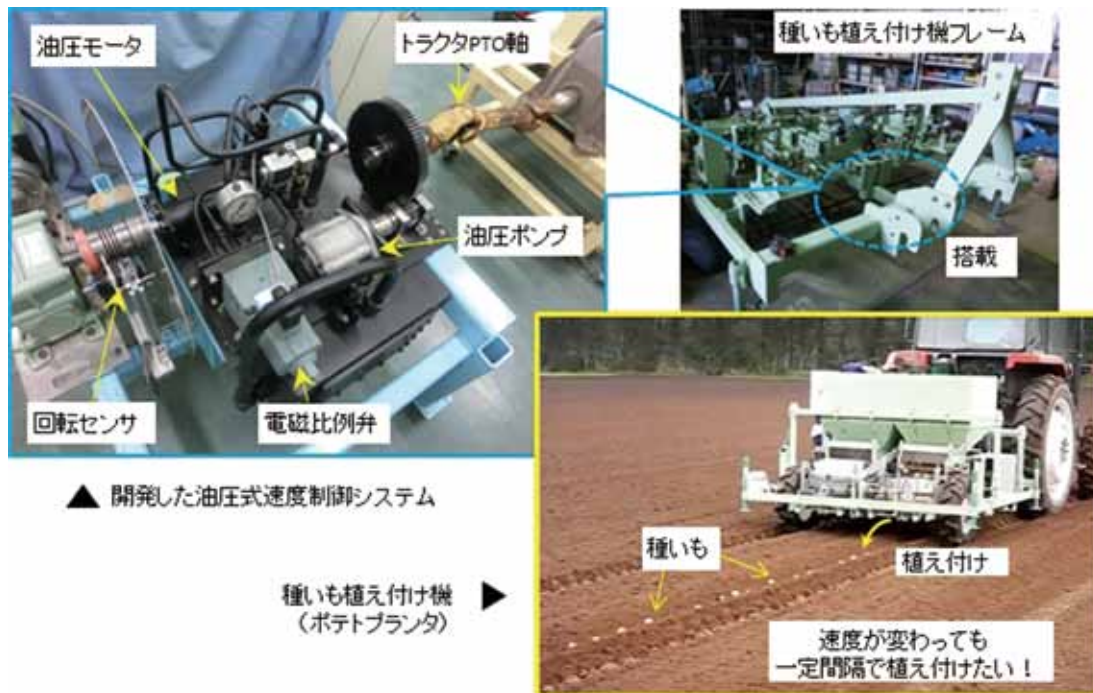
- ・構造解析による機械構造最適化技術
- ・ノイズ対策技術
- ・電力マネジメント技術

### 《今後の展開・提案》

- ・他の作物へ向けたバリエーション展開
- ・農作業機械の電動化に応用

# 種子や苗を一定間隔で植え付け

## 農業機械の油圧式速度制御システムの開発



▲ 開発した油圧式速度制御システム

種いも植え付け機  
(ポテトプランタ)

油圧式コンベア速度制御システム

### ■ 背景

農業経営においては、作物の生育を均一化することで収穫作物の規格内率が上がり、収益力の向上が期待できます。種子や苗を一定間隔で植え付けることで作物は均一に生育しますが、そのためには種子等を搬送するコンベアをトラクタの車速に応じて精度良く制御する必要があります。そこで、種いも植え付け機（ポテトプランタ）を対象とし、車速センサから得られる車速情報を基に搬送コンベアの送り速度を制御する油圧式コンベア速度制御システムを開発しました。

### ■ 開発の要点

1. 油圧式電磁比例制御弁による油圧モータの回転数制御
2. 車速センサからの車速情報に連動して油圧モータの回転数を微調整する制御方法
3. 油圧モータの回転数を一定保持する制御方法

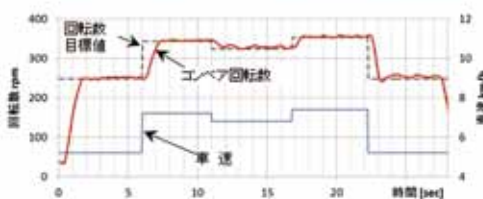
### ■ 成果

1. トラクタPTO軸を動力源とし、油圧モータの回転数を制御する汎用的な油圧式コンベア速度制御システムを開発しました。様々な屋外走行型作業機械への搭載が期待できます。
2. 坂道走行時など、トラクタのエンジン回転数（PTO軸回転数）が大きく変動しても油圧モータの回転数を一定に保持するフィードバック制御技術を開発しました。



(a) パラメータ入力部

(b) 制御基板 (ARM Cortex-M3)



制御部およびコンベア回転数制御試験結果

### 《得られた要素技術》

- ・PWM制御（パルス幅制御）による油圧式電磁比例弁の流量制御技術
- ・フィードバック制御による油圧モータの回転数制御技術

### 《今後の展開・提案》

- ・ポテトプランタに搭載し、圃場での種いも植え付け試験を行う
- ・様々な農業機械へ搭載予定

# 複雑な機器操作を分かりやすく

## ポテトハーベスターのインターフェースデザイン開発



ポテトハーベスター用ユーザインターフェースデバイス

### ■ 背景

当該企業では、農業機械のIT組み込みによる新しい通信・制御システムの研究開発と導入検討を進めています。この取り組みの一環として、ユーザインターフェースの使いやすさ向上にも取り組みました。具体的にはジャガイモの収穫作業を行うポテトハーベスターを対象機器とし、ユーザリサーチを行いながら操作性を向上させるインターフェースデバイスの検討および液晶画面などのデザイン開発支援を行いました。



試作機を用いた利用状況観察とユーザタスクの整理

### ■ 開発の要点

1. ユーザの利用シーン観察やインタビューによるユーザタスクの整理
2. 分かりやすく、操作しやすいインターフェースの在り方検討
3. インターフェースのグラフィックデザインのまとめ方

### ■ 成果

1. インターフェース試作機を用いたユーザの利用状況観察やインタビューによって、複雑なユーザタスクの整理やインターフェース機器選定、具体的なデザイン案検討が効果的に行えました。
2. ジョイスティック、液晶タッチパネル、キーパッドを組み合わせた、分かりやすく操作しやすいインターフェースデザインの提案が行えました。

### 《得られた要素技術》

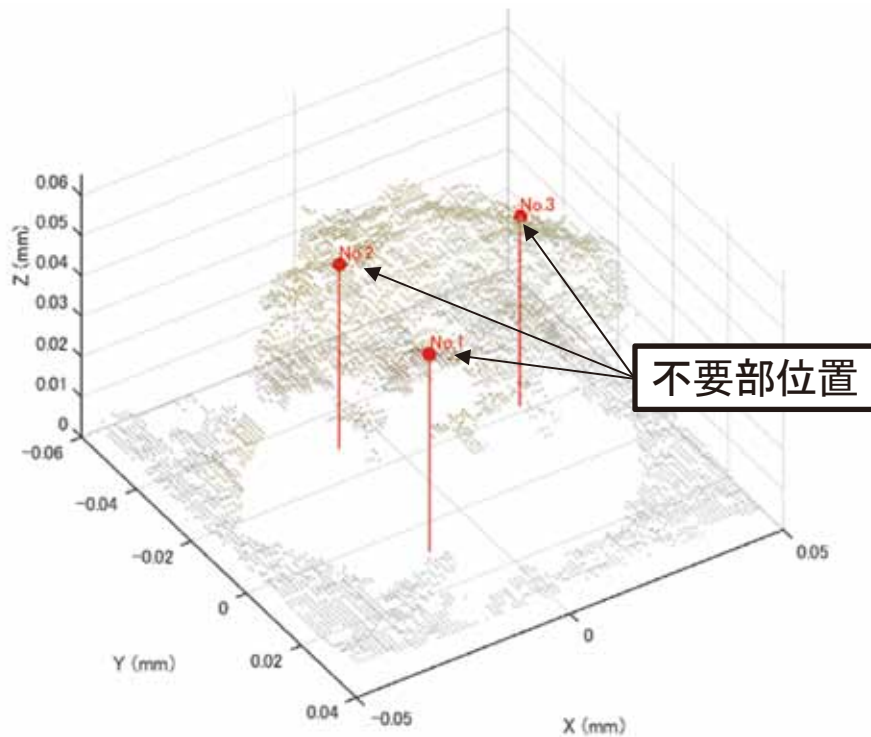
- ・ユーザインターフェースデザイン設計技術
- ・ハーベスター用の汎用的なインターフェースグラフィックス

### 《今後の展開・提案》

- ・他のハーベスター製品のユーザインターフェース開発に応用

# 人の代わりに担うロボットビジョン

## ジャガイモ不要部の検出技術の開発



検出した不要部位置

### ■ 背景

北海道におけるジャガイモの収穫量は日本一多く、その内約2割がポテトチップやフライドポテト等の加工用となっています。ジャガイモは皮を剥いた後、芽や傷みなどの不要部を除去する工程を経て任意の形状に加工されますが、不要部の除去工程は未だ人手作業に頼っているため、高速かつ高精度に不要部除去を行うことができる自動化装置の開発が強く求められています。本研究では、ジャガイモの不要部除去工程の自動化を目指し、不要部の検出技術に関する研究に取り組みました。



被測定物



深度センサ (Microsoft Kinect)

### ■ 開発の要点

1. 画像処理によるジャガイモ不要部の位置検出
2. 深度センサによるジャガイモの形状情報の取得
3. ジャガイモ不要部の3次元位置情報の取得

### ■ 成果

1. 画像情報を元にジャガイモ不要部の位置や面積を検出する画像処理アルゴリズムを開発しました。
2. 深度センサによりジャガイモの表面形状データを取得することができました。
3. 画像情報と表面形状データを統合することで、不要部の3次元位置を検出することが可能となりました。

#### 《得られた要素技術》

- ・画像処理技術
- ・深度計測に関する技術
- ・形状情報の処理技術

#### 《今後の展開・提案》

- ・ジャガイモの不要部除去システムの開発に応用
- ・農水産物の色や形の認識に応用

# ロボット技術で高品質なぶどう栽培

## ぶどう園向け除草作業支援ロボットの開発



ぶどう園向け除草作業支援ロボット

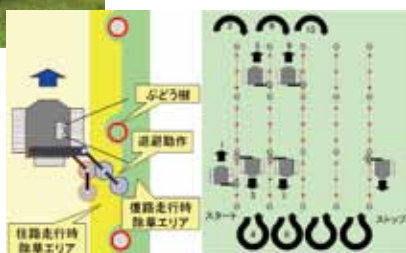
### ■ 背景

醸造用ぶどうの栽培には、手間のかかる多くの作業があります。このうち、除草作業は、病害を 방지果樹の生育を維持するために重要で負担の大きい作業の一つです。特にぶどう樹を傷つけない細やかな作業は、機械化が進んでおらず、人手作業が不可欠となっていて、作業負担の改善が求められていました。

本研究では、ぶどう園における除草作業の支援を目的とした自走式ロボットを試作開発し、その有効性を検証するとともに、実用化に向けた関連技術の確立を図りました。



ロボットの構成



除草方式

### ■ 開発の要点

1. 高速ステレオビジョンセンサを応用した果樹検出手法の開発
2. 退避機能を備えた除草機構の開発
3. 除草ロボットの試作および評価

### ■ 成果

1. ぶどう樹および垣根の支柱の位置を10cm刻みで検出するぶどう樹検出センサを開発しました。
2. 除草機構とセンサの連動により、走行速度を落とさずにぶどう樹を避けて除草します。
3. 除草作業は、1時間あたり約900m<sup>2</sup>のほ場に対応できることを確認しました。

### 《得られた要素技術》

- ・屋外使用が可能なビジョンセンサ
- ・シミュレーションを活用した機構設計技術

### 《今後の展開・提案》

- ・除草作業支援ロボットの実用化
- ・農業・林業等の作業ロボットや工場内での移動ロボットなどに、広く応用展開

# 5 Sで儲かる会社に

## 農業機械部品製造業における5 Sの進め方



5 S勉強会の様子

### ■ 背景

北海道には、農業機械や関連部品を製造している企業が多くあります。今回の依頼企業は、タレパンやレーザー加工機等による農業機械部品や豆乾燥機などの製造を行っています。数年前から、生産性向上を目的に5 S活動を始めました。5 Sは、「整理」「整頓」「清掃」「清潔」「躰」の頭文字をとったもので、不良や在庫、ムダを減らし利益を増やす生産管理の基本です。今回、5 S活動を進めるにあたっての具体的な活動内容の決め方やその進め方などについて相談があり、技術支援を行いました。



工具台の整理整頓

### ■ 開発の要点

1. 5 Sに関する勉強会の実施
2. 現状の問題点把握と活動計画の策定
3. 「整理」「整頓」の実践

### ■ 成果

1. 5 Sに関する勉強会を行うことにより、意義や効果について学び、意識向上が図られました。
2. 探すムダがなくなり、段取り時間、運搬時間、作業時間の短縮が図られました。
3. 工場内が綺麗になり、取引先や見学者の企業イメージ向上につながりました。

#### 《得られた要素技術》

- ・ 5 Sによる職場改善

#### 《今後の展開・提案》

- ・ 職場内への定着
- ・ 5 S社内発表会の実施



# 製造現場でのミスを減らす

## ビートハーベスター製造工程の品質改善



溶接作業の様子

### ■ 背景

当該企業では、ビートハーベスターなどの農業機械を製造しています。農業機械の多くは、溶接構造体で構成されており、溶接箇所が約2千点に及んでいるものもあります。そのため、溶接忘れや溶接不良が発生し、検査や補修作業が余分にかかるなどの問題が発生していました。そこで、これら問題の解消を図りたいとの相談があり、技術支援を行いました。

### ■ 開発の要点

1. 作業観察などによる溶接忘れや溶接不良の発生原因の検討
2. 溶接箇所チェックリスト及び工程内検査表の作成
3. 溶接作業環境（照度、作業姿勢など）の改善

### ■ 成果

1. 作業観察などの現状調査により、溶接忘れや溶接不良の発生原因が明らかにできました。
2. 溶接箇所チェックリスト及び工程内検査表の作成により、溶接箇所が明確化になるとともに、見落としを減らすことができました。
3. 溶接忘れ82%、溶接不良61%を低減することができました。



溶接箇所チェックリスト

### 《得られた要素技術》

- ・溶接作業の現状分析
- ・品質管理システムの構築

### 《今後の展開・提案》

- ・溶接以外の不良への水平展開
- ・品質改善の継続実施

# リードタイムを大幅短縮

## 農業機械製造業における工程改善



組立作業（一個流し生産）の様子

### ■ 背景

当該企業では、ビートハーベスターなどの農業機械を製造しています。農業機械は季節商品であるため、組立は6～8月に掛けてロット生産で行っていました。そのため、運搬や歩行など多くのムダが見られました。そこで、トヨタ生産方式の考え方にある「工程の流れ化（一個流し生産）」を導入し、生産性向上を図りたいとの相談があり、技術支援を行いました。



一個流し生産用工数ガントチャート

### ■ 開発の要点

1. 作業観察や要素作業時間分析などによる現状把握
2. 工程平準化のための一個流し用工数ガントチャートの作成
3. 部品置き場等のレイアウトと作業配置の検討及び一個流し生産の実施

### ■ 成果

1. 作業観察や要素作業時間分析などの工程分析結果から現状の問題点が明らかになりました。
2. ロット生産ではわからなかった運搬のムダ、動作のムダ、造り過ぎのムダ、在庫のムダ等が明らかになりました。
3. 一個流し生産の導入により、運搬や歩行時間が低減され、作業者の負担が軽減できました。

#### 《得られた要素技術》

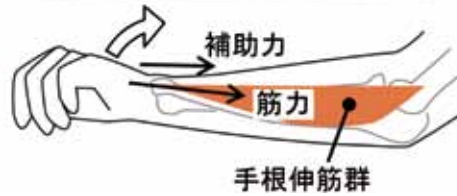
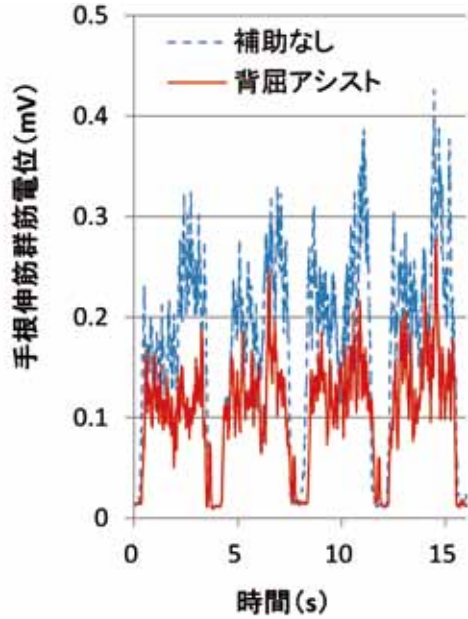
- ・現状把握のための工程分析
- ・レイアウト設計
- ・一個流し生産方式

#### 《今後の展開・提案》

- ・他製品への水平展開
- ・工程改善の継続実施

# 荷物の保持を楽にする

## 荷物取扱作業における上肢負荷軽減技術

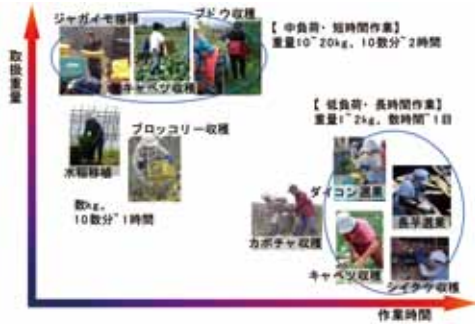


試作サポータの装着による筋負担の軽減

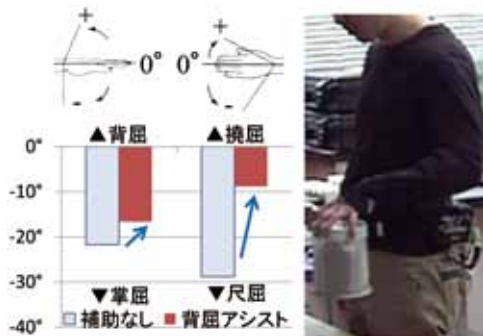
### ■ 背景

一次産業に多く見られる荷物取扱作業は上肢障害発生事由の約1割を占めるなど、作業への負担が大きく、改善が望まれています。

本研究では、荷物取扱作業を対象とした作業観察と身体負荷計測により、負荷要因を把握するとともに、上肢の負荷軽減手法について検討しました。



取扱重量と作業継続時間による作業の分類



試作サポータの装着による手関節角度の変化

### ■ 開発の要点

1. 荷物運搬作業時の身体負荷計測
2. 荷物運搬作業における身体負荷要因の分析
3. 上肢負荷軽減ツールの機能試作と評価

### ■ 成果

1. 農業、林業分野における荷物取扱作業を対象とした作業観察の結果から代表事例を抽出し、模擬環境下で上肢の関節角度や筋電位等の生体情報と荷物挙動の計測・分析を行い、手首の剛性を高めるサポートが負荷軽減に有効であることを確認しました。
2. 手首の背屈を補助する簡易サポータを試作し、試作品を装着することで手関節角度が中立位に近づき、より自然な肢位での作業が可能になることを確認しました。
3. 負荷軽減効果の向上を図るため、装着方法を変更した簡易サポータを試作し、手根伸筋の負荷軽減効果を確認しました。

#### 《得られた要素技術》

- ・ 荷物取扱作業における上肢の軽労化技術

#### 《今後の展開・提案》

- ・ 装着方法や補助力・補助機構の最適化等、実用化に向けた検討

# 農作業の労働課題を明らかに

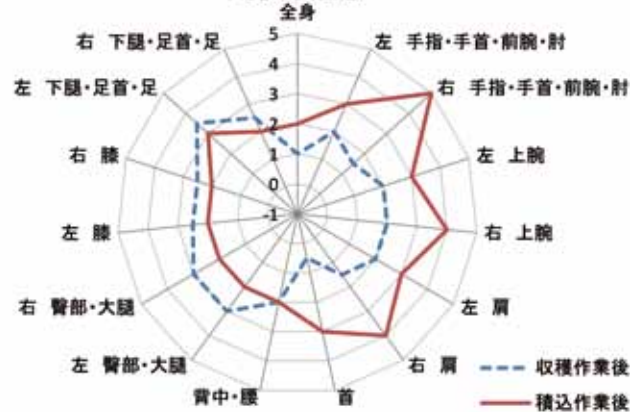
## 動作に注目した農作業の負担特性評価



姿勢／動作出現頻度と取扱重量

作業	歩行 (%)	左上肢 挙上 (%)	右上肢 挙上 (%)	前屈動作 (回/分)	取扱重量 (kg/分)
収穫	36.8	0.7	0.0	5.0	8.7
積込	14.2	2.9	6.6	1.3	22.8

自覚的負担感

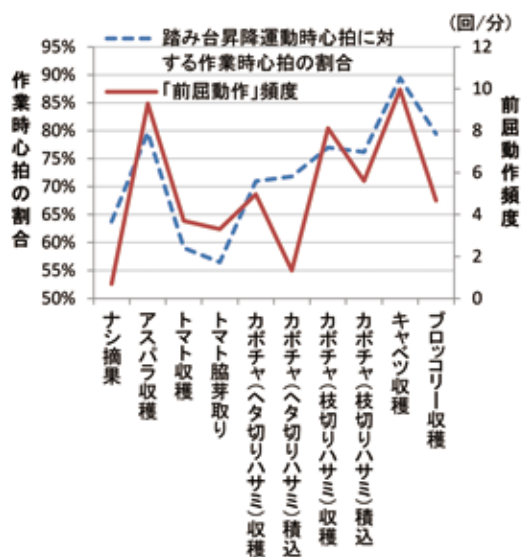


作業負担特性分析の例（カボチャ作業）

### ■ 背景

担い手の高齢化や後継者不足により農業従事者の減少が懸念される中、農作業の軽労化に向けて、個別の作業ごとに負担軽減策の検討が各方面で行われています。一方で、農作業には共通する動作が多く、これらを把握することで、効果的・効率的な負担軽減策の検討が可能となります。

本研究では、農作業に共通する姿勢・動作の出現頻度と身体部位負担度との関係についてフィールド調査を通して分析し、各種作業の負担特性を整理しました。



作業時心拍と前屈動作頻度

### ■ 開発の要点

1. 複数の農作業を対象とした作業動作のビデオ記録、生体情報計測、主観的負担度調査
2. 姿勢／動作の出現頻度と身体負担度との関係分析
3. 上記分析結果に基づく農作業の負担特性評価

### ■ 成果

1. カボチャやトマトなど6種の園芸作物を対象にフィールド調査（ビデオ記録、生体情報計測、主観的負担度調査）を実施し、姿勢／動作と負担に関するデータを収集しました。
2. 姿勢／動作と身体負担度との関係を分析し、例えばカボチャの収穫作業と積込作業では歩行や上肢挙上の頻度、取扱重量等が異なり、それらを反映して下肢や上肢の負担度に違いが見られることなど、作業による負担特性の違いを明らかにしました。
3. 心拍データと姿勢／動作分析結果をもとに作業間の負担度を比較し、前屈動作の頻度が高い作業は心拍も高く、作業負担の大きい作業であることを確認しました。

#### 《得られた要素技術》

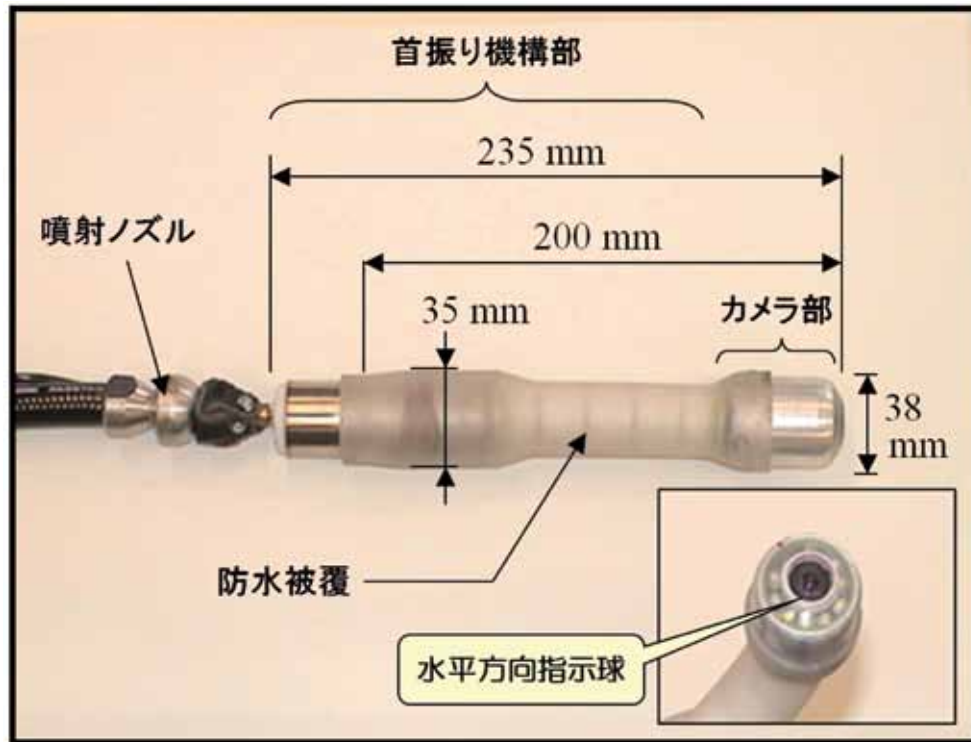
- ・ 作業負担の簡易計測評価技術

#### 《今後の展開・提案》

- ・ 調査事例を増やし、負担特性データの蓄積を図る
- ・ 負担特性データに基づいた軽労化用具の開発

# 暗きょ排水管の詰まりをすっきり洗浄

## 小径管用洗浄ロボットの開発



暗きょ排水管の検査洗浄ロボット

### ■ 背景

一般の農地においては、土中の過剰な水分を排出するため土管や樹脂管などの暗きょ排水管が埋設されています。これらの排水管は、管壁の目詰まりや管内の土詰まりなどにより排水機能が低下するため、4～5年ごとに新たな管と交換されています。川崎建設(株)は、資源の有効利用と農業経営の低コスト化を目的に洗浄による暗きょ排水管の機能回復に取り組んでいます。当時は、暗きょ排水管の洗浄に用いるロボットの開発や管内閉塞を迅速に解消する工法開発に対して技術支援を行いました。



検査洗浄作業



打ち込みノズル

### ■ 開発の要点

1. 暗きょ排水管の検査洗浄ロボットの開発
2. 管内閉塞を迅速に解消する工法の開発

### ■ 成果

1. 長距離で分岐がある小径な農業用暗きょ排水管の自走しながら検査洗浄を行うロボットを開発することができました。
2. 地上から地中管内に貫入し、ノズル穴から噴出する水により閉塞塊を溶解させて、閉塞を解消する機能を有する打ち込みノズルを設計・試作し、試験により十分機能することを確認しました。
3. 逆噴射ノズルの開発においては、3DCADや3Dプリンターを活用し圧力損失を低減する構造の検討および設計を行い、金属粉末造形技術を活用して造形を行いました。

### 《得られた要素技術》

- ・小型ロボット設計技術
- ・デジタルエンジニアリング技術
- ・金属粉末造形技術

### 《今後の展開・提案》

- ・小径管用検査ロボットの性能向上開発
- ・浅海域調査ロボットの開発に応用

# トマトを栽培してジャガイモ害虫退治

## ジャガイモシストセンチュウ防除資材の開発



トマトの根から出る防除成分（ふ化促進物質）を開発した資材で吸着

### ■ 背景

北海道の主要農産物であるジャガイモの生産現場において、著しく収量を減少させる土壌害虫・ジャガイモシストセンチュウの発生は重大な問題であり、その解決が喫緊の課題となっています。（国研）農研機構北海道農業研究センターを代表とする研究グループは、先行する研究によりトマトの水耕及び礫耕栽培において生じる廃液にふ化促進物質が大量に含まれることを明らかにし、それを輪作期間中に汚染圃場に散布することで線虫を強制的にふ化、餓死させるという低コスト、低環境負荷となる新しい防除技術を見出しました。しかしトマト栽培廃液のみの利用の場合、実験室規模では十分な効果を発揮しましたが、圃場での実証試験では効果が低減しました。降雨によるふ化促進物質の流亡などが原因と考えられ、これに対してふ化促進物質を保持する資材の活用、開発への要望が寄せられました。



ジャガイモの根に寄生するジャガイモシストセンチュウ

### ■ 開発の要点

1. トマト栽培に適した資材の材料設計
2. その際、ふ化促進物質を大量に吸着し、線虫汚染圃場では徐々に放出（徐放）する資材の材料設計
3. 低コストでの資材の量産方法の検討と実証試験

### ■ 成果

1. 北海道で産出される天然無機資源「十勝ゼオライト」と「稚内層珪質頁岩」から成り、トマト栽培に適するとともに、圃場での実証試験でも十分な防除機能を発揮する実用レベルの資材を開発しました（特願2011-15981）。
2. 農業分野での成果と合わせて「資材の量産→トマト栽培→ふ化促進物質を吸着した資材の回収→汚染圃場への散布」というジャガイモシストセンチュウ防除システムの一連の流れを構築しました。

#### 《得られた要素技術》

- ・道産天然無機資源をはじめとする多孔体の材料設計と評価技術
- ・連続炉（ロータリーキルン）での焼成に係る知見

#### 《今後の展開・提案》

- ・更なるふ化促進物質吸着量の増加や徐放機能の向上、量産方法の確立による低コスト化などを経た製品化
- ・種々の物質の吸着、徐放材料の開発

### ■ 謝辞

本研究は、農林水産省農林水産技術会議の「新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業」及び農林水産省委託事業「レギュラトリーサイエンス新技術開発事業」により実施したものです。

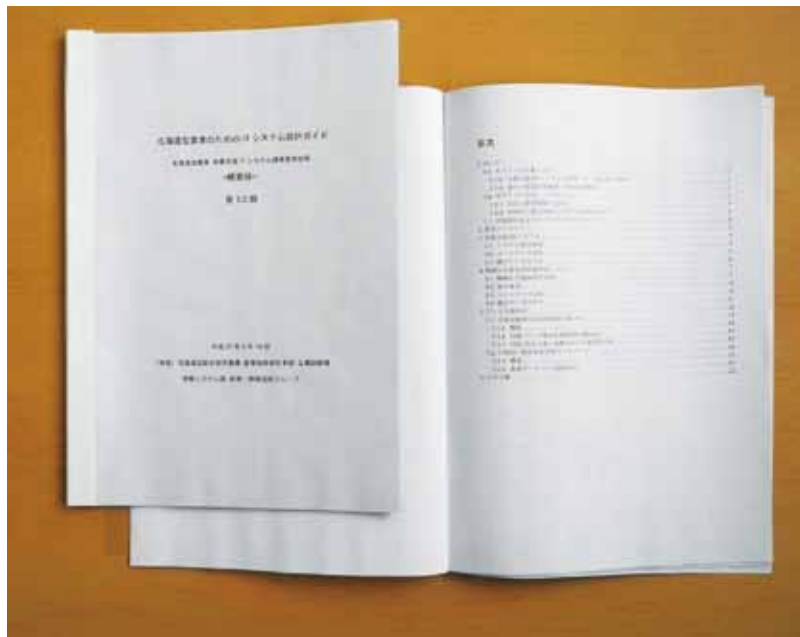
● 公募型研究  
H21～H26

材料技術部 高分子・セラミックス材料グループ  
共同開発機関

（国研）農研機構北海道農業研究センター 札幌市豊平区羊ヶ丘1 Tel.011-857-9247 / 雪印種苗(株) 江別市西野幌36-1 Tel.011-384-2855  
北海道農材工業(株) 美唄市峰延町東3026-20 Tel.0126-67-2055 / (株)共成レンテム 中川郡幕別町明野658番地1 Tel.0155-54-5522  
北海道大学大学院理学研究院 札幌市北区北10条西8丁目 Tel.011-706-2705 / 北見農業試験場 常呂郡訓子府町弥生52 Tel.0157-47-2146  
長崎県農林技術開発センター 雲仙市愛野町乙2777 Tel.0957-36-0043

# データを活用した農業

## 営農支援システムの共通的な基盤の構築に関する研究



「北海道型農業のためのITシステム設計ガイド」

### ■ 背景

ICTを活用した営農ノウハウのデータベース化や作業管理システム、経営支援システムなどの開発による農業生産技術の高度化が期待されています。これらは営農規模が大きい北海道型農業では特に有効であるため、道内の情報処理産業にとって非常に大きなビジネスチャンスとなり得ます。そこで、これらの市場への道内企業の速やかな参入を支援するために、農業分野でのICTの活用に関する知見・技術の確立を進めており、その一環として、標準的に参照可能な要求仕様や農地区画データを簡便に生成する手法など、営農支援システムを開発する際の共通的な基盤の構築を目指して研究を行いました。



衛星及び航空写真から農地区画図形の抽出例

### ■ 開発の要点

1. 営農支援システムの開発時に標準として参照できる要件定義の作成
2. 農業試験場のこれまでの研究成果などの営農ノウハウのシステム化に関する検討
3. 衛星画像・航空写真等から農地地図データを生成する手法の検討

### ■ 成果

1. 北海道型農業が営農単位毎に作成する「機械化作業体系」に則って営農されることを踏まえて、営農支援システムの基本機能の要求分析を行い、「北海道型農業のためのITシステム設計ガイド」を作成しました。
2. 農業試験場のこれまでの研究成果のシステム化を進めるためのデータ構造を、「北海道農業生産技術体系」を基にしてモデル化しました。
3. 衛星画像及び航空写真から色相・彩度・輝度情報を基に画像を正規化し、強いエッジで囲まれた領域の近似性から農地区画図形を抽出する手法を開発しました。抽出した農地区画図形を座標変換して区画形状データとし、基盤地図へ合成して提示する空間情報システムを構築しました。

#### 《得られた要素技術》

- ・ 農業分野を対象としたソフトウェア開発における要求分析技術
- ・ 画像処理技術の空中写真からの地図作成への応用

#### 《今後の展開・提案》

- ・ 営農支援ソフトウェアなどの農業分野におけるICTシステムの開発における応用

# 光センサーで生乳検査を簡単に

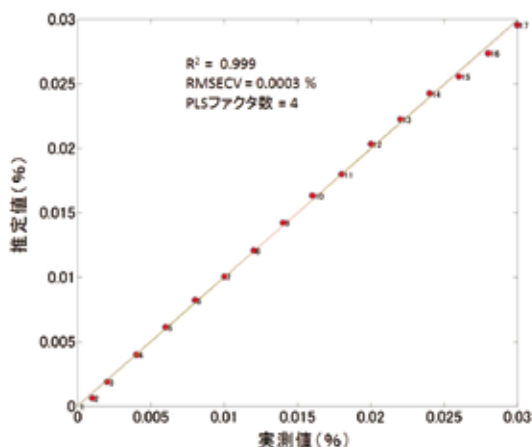
## 生乳検査装置の開発



試作した生乳検査装置の外観

### ■ 背景

酪農家において搾乳した生乳はバルククーラーと呼ばれる保冷タンクで低温貯蔵され、定期的に専用タンクローリーで集荷されます。集乳の際には、専任の集乳者による検査に合格した生乳のみが集荷されます。通常は一台の専用タンクローリーで数戸の酪農家の生乳を集荷していますので、もしある一戸の酪農家の生乳に異常があると、タンクローリー一台分の大きな被害となってしまいます。集乳時に行われる検査のうち、生乳の色調、風味、異臭、異物の有無などの検査は専任集乳者による官能検査であり、特に目視検査については照明環境の変動の影響があるため、熟練の技術が必要となります。そこで、この検査の自動化・省力化を目的として、当社が保有する分光分析技術を応用し、血液などの異物が混入した異常乳の検査装置の開発に関して技術支援を行いました。



作成した検量線によるモデル血乳の濃度の推定値と実測値の関係

### ■ 開発の要点

1. 小型分光器を用いた検査装置の仕様検討
2. 大量のサンプルの検査データを効率的に収集する自動化技術の検討
3. 分光分析により異常乳を定量評価するための検量線の作成技術

### ■ 成果

1. 小型分光器、光源を内蔵し、サンプルホルダの出し入れの制御や光源の点灯制御を行う、マイコン組込の測定部と、測定データの収集・解析を行い、管理を行うPCの構成で試作装置の開発を行いました。
2. 異常乳として生乳に牛脱繊維血の濃度を調整して混合したモデルを作成し、PLS回帰分析により検量線を作成したところ、決定係数で0.999、検量線作成時の予測標準誤差で0.0003%の良好な性能が得られました。
3. (公財) とかち財団十勝産業振興センターにおいて、本試作装置を「第33回国際農業機械展 in 帯広」に参考出品しました。

#### 《得られた要素技術》

- ・ 血乳を対象とした可搬型小型分光分析装置の開発技術
- ・ 血乳を対象とした検量線作成技術

#### 《今後の展開・提案》

- ・ 集乳車への搭載を目指した装置の小型化、低コスト化
- ・ 異常乳全般のスクリーニングへの対応



# 正確な食肉評価を実現

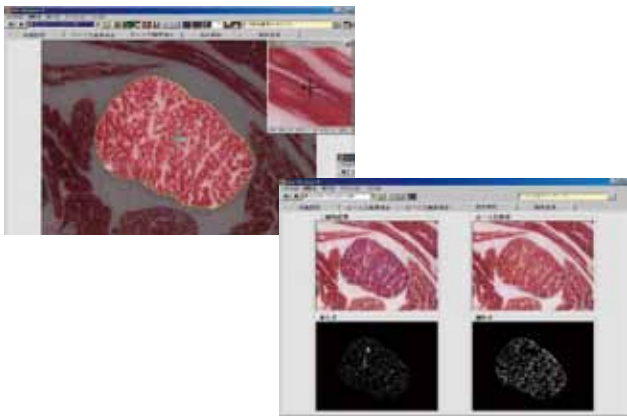
## 画像処理を用いた牛枝肉の品質評価システム



牛枝肉横断面撮影装置

### ■ 背景

肉牛の価格は、脂肪交雑（霜降り）や肉・脂肪色等によって大きく上下するため、より良い形質の肉牛を得るための育種改良が進められています。効率的な育種改良のためには、得られた枝肉の品質を正確に評価しフィードバックすることが重要になります。しかし、現在の肉質評価は主に格付員の目視判断に基づいて行われているため、育種改良の現場ではより客観的かつ詳細な枝肉品質評価技術が求められています。そこで、枝肉横断面の高精細画像データを取得し、画像解析技術によって様々な肉質項目の客観的評価を行うシステムの開発を行いました。



肉質画像解析ソフトウェア BeefAnalyzer II

### ■ 開発の要点

1. 切開幅の狭い枝肉の横断面画像を、安定した撮影条件で取得するための撮影装置の開発
2. 脂肪交雑、肉・脂肪色などの格付項目を、画像解析により精度良く求める手法
3. 畜産現場に技術導入するためのシステム化、実用化

### ■ 成果

1. 比較的狭い切開幅（20cm程度）で、枝肉横断面全体を一度に撮影できる装置を開発しました。
2. 得られた画像から脂肪交雑スコアなどを、格付員とほぼ同等の精度で評価することができました。
3. 本研究で開発された撮影装置と解析ソフトウェアは「枝肉品質評価システム」として製品化され、国外を含む多数の畜産関連機関に導入されています。

#### 《得られた要素技術》

- ・安定した撮影条件による食肉の画像計測
- ・食肉の品質評価に関する画像処理および統計分析技術

#### 《今後の展開・提案》

- ・肉質評価技術としての標準化と、格付業務への適用

# 牛をカルシウム不足から守る

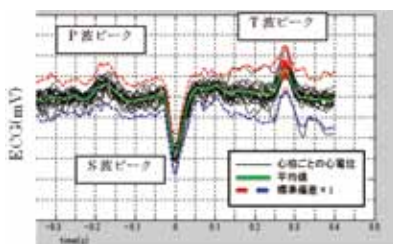
## 携帯型乳牛血中カルシウム濃度計測システムの開発



開発した乳牛用小型ワイヤレス心電計

### ■ 背景

乳牛は全国で140万頭飼育されており、毎年79万頭が分娩しています。しかし、毎年約7万頭が低カルシウム（Ca）血症等により分娩前後に起立不能を発症し、約8千頭が廃用となっています。そこで、本研究では乳牛の血液成分や心電図等のデータをもとに低Ca血症を短時間で診断できる血中カルシウム濃度簡易計測システムを開発しました。



加算平均によるノイズ除去



実際の乳牛を用いての測定試験

### ■ 開発の要点

1. スマートフォン／タブレットと連動可能な小型心電計の開発
2. 測定精度向上のためのサンプル計測と統計解析
3. 解析結果から導出した高精度な血中Ca濃度推定式を実装したシステムの開発

### ■ 成果

1. Bluetoothを搭載した乳牛用小型ワイヤレス心電計を開発しました。サイズ 68×34×14mm、重量38g と大幅に小型化し、スマートフォンやタブレットを用いて測定可能です。
2. 延べ800以上の血液と心電位のサンプルを測定し、心電位と産次（出産回数）、年齢等から血中Ca濃度を算出する新たな推定式を開発し、特許を出願しました（特願2015-018051）。
3. これらのハードや推定式を搭載した解析システムを開発しました。軽量のタブレット上で動作し、30秒程度の計測で速やかに分娩牛の血中Ca濃度を算出できます。

#### 《得られた要素技術》

- ・小型ワイヤレスセンサのハード・ソフト設計
- ・乳牛の血液成分と心電位データの計測解析技術

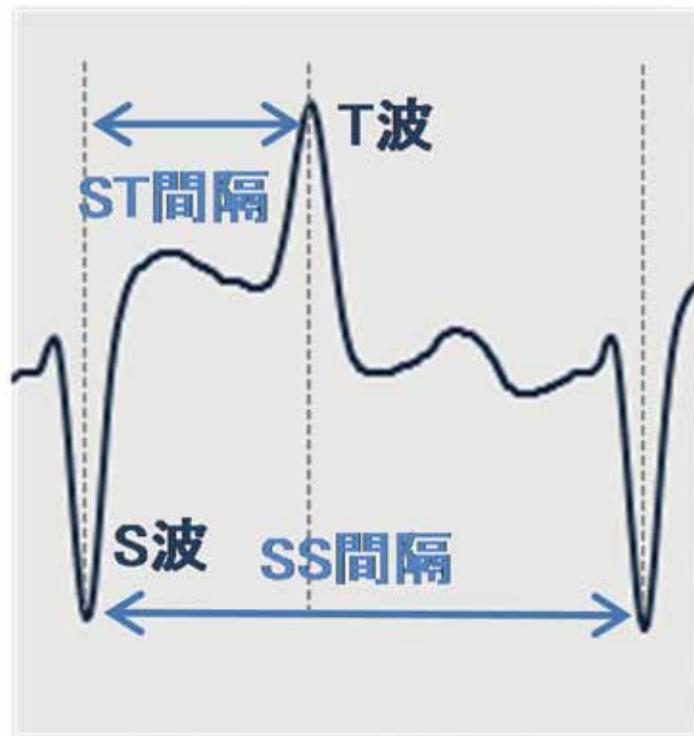
#### 《今後の展開・提案》

- ・本システムの製品化
- ・得られた血液成分・心電位データの活用
- ・別動物への応用

■ 謝辞 本研究は、総務省 戦略的情報通信研究開発推進事業（SCOPE）の研究助成により実施しました。

# 血中カルシウム濃度をカンタンに測る

## 心電図による乳牛の低Ca血症簡易計測技術の開発



牛の心電図波形

### ■背景

北海道では出産する乳牛が年間50万頭いますが、そのうち約4万頭が分娩前後に起立不能となり、そのうち約4,000頭が死亡しています。これら起立不能の約6割が低カルシウム（Ca）血症が原因で、血中Ca濃度の測定により早期に診断し、カルシウム剤の投与など適切な対処をする必要があります。しかし、血液検査は時間がかかることから、実際には獣医師が臨床症状のみから診断をしており、そのために不必要な投薬や対処の遅れが生じています。そこで本研究では、牛の血中Ca濃度の低下によって心電図のST波形が延長することを利用し、畜産試験場と共同で心電計による血中Ca濃度簡易計測技術の開発に取り組みました。

### ■開発の要点

1. 統計解析手法を用いた心電図波形とCa濃度の相関性の数値化
2. 心電計を組み込んだ血中Ca濃度測定システムの開発

### ■成果

1. 200頭以上の分娩牛の心電図から、心電図ST間隔と血中Ca濃度の間に高い相関性を持つ回帰式が得られました。
2. 上記で得た回帰式を組み込んだ、血中Ca濃度計測システムを開発しました。システムは高精度心電計と解析ソフトウェアからなり、容易に小型化が可能です。
3. この測定技術に対して、日本産業動物獣医学会北海道支部賞を受賞しました。



血中Ca濃度測定システムの試作機



測定風景

### 《得られた要素技術》

- ・心電位解析技術
- ・多変量統計解析技術

### 《今後の展開・提案》

- ・心電位－血液成分回帰式の高精度化
- ・システムの小型化、ワイヤレス化
- ・製品化のための研究展開

# 牛乳の熱でお湯をつくる

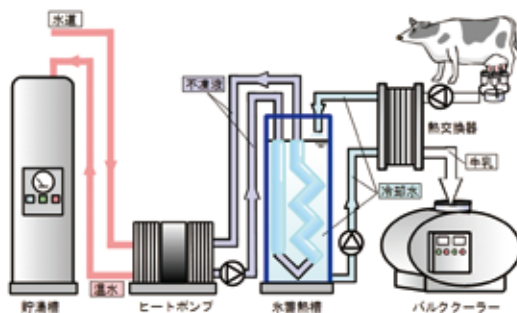
## 牛乳冷却機能を備えた氷蓄熱ヒートポンプ給湯システムの開発



氷蓄熱ヒートポンプ給湯システムの外観

### ■背景

酪農牛舎では灯油ボイラーなどで加温した温水が搾乳ラインの洗浄などに毎日大量に使われており、その燃料費が経営を圧迫しています。そこで、経済性や省エネルギー性に優れた酪農牛舎用給湯システムの開発にあたり、酪農牛舎における牛乳冷却機能を備えた氷蓄熱ヒートポンプ給湯システムの実用性に関するデータを得ました。



氷蓄熱ヒートポンプ給湯システムのフロー

### ■開発の要点

1. システムの設計・デザイン
2. 酪農牛舎における実証試験
3. 酪農牛舎における実用性の評価

### ■成果

1. 別海町内の酪農牛舎において、開発したシステムの試験施工を行い、稼働状況に関するデータを取得しました。
2. このデータから、システムの運転状態を示すシステムCOPに大きな変動はなく、システムが安定して運転しており、実用上問題がないことが確認できました。
3. 経済産業省北海道経済産業局の「北国の省エネ・新エネ大賞（北海道経済産業局長表彰）」、(公財)日本発明振興協会の「発明功労賞」、エコプロダクツ大賞推進協議会の「審査委員長特別賞（奨励賞）」を受賞しました。

### 《得られた要素技術》

- ・氷蓄熱ヒートポンプ給湯システムの設計技術
- ・酪農牛舎におけるエネルギー効率調査

### 《今後の展開・提案》

- ・ヒートポンプを利用した給湯システムの開発に応用

# 北国でもつかえるエコキュート

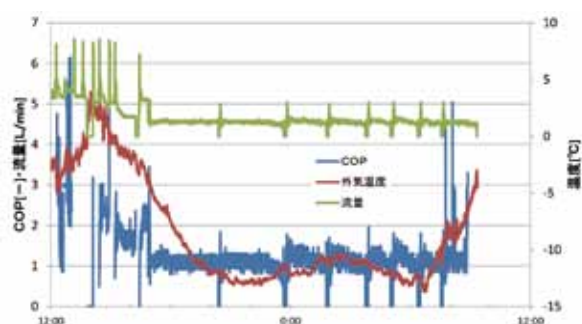
## 酪農牛舎用空気熱源式ヒートポンプ給湯システムに関する研究



業務用エコキュート

### ■ 背景

酪農牛舎では灯油ボイラーなどで加温した温水が搾乳ラインの洗浄などに毎日大量に使われており、その燃料費が経営を圧迫しています。そこで、経済性や省エネルギー性に優れた酪農牛舎用給湯システムの開発にあたり、比較対象として現在市販されている空気熱源式CO2冷媒ヒートポンプ給湯システム（業務用エコキュート）の酪農牛舎におけるデータを得ました。



試験結果

### ■ 開発の要点

1. 酪農牛舎におけるエコキュートの試験施工
2. 酪農牛舎におけるエコキュートのデータ計測
3. 酪農牛舎におけるエコキュートの評価

### ■ 成果

1. 中標津町内にある酪農牛舎において、業務用エコキュートの試験施工を行い、冬季の稼働状況に関するデータを取得しました。
2. 得られたデータから、低温下における業務用エコキュートのエネルギー効率などに関する知見が得られました。

### 《得られた要素技術》

- ・業務用エコキュートの省エネ性評価技術
- ・冬季の酪農牛舎におけるエネルギー効率調査

### 《今後の展開・提案》

- ・ヒートポンプを利用した給湯システムの開発に応用

## 貯水タンクで省エネ

### 貯水タンクを利用したヒートポンプ給湯システムの開発



ヒートポンプシステム

#### ■ 背景

中標津町のような酪農地域では、使用済みとなった3～4t程度のステンレス製タンクが多数あることから、このようなタンクを所有、あるいは安価で購入する酪農牛舎を対象に、屋外に設置したタンクに貯めた水を熱源に利用するシステムを開発します。これにより、搾乳時の最大電力量を抑えることができるため、低廉な電力基本料金による運用が可能となります。



貯水タンク

#### ■ 開発の要点

1. ヒートポンプシステムの導入条件の検討
2. ヒートポンプシステムの設計
3. 酪農牛舎におけるフィールド試験

#### ■ 成果

1. 搾乳時間は牛乳を冷却することで熱を得た水を約3tの貯水タンクに蓄えて、搾乳時間以外の時間帯にそれを熱源として利用して温水を作るヒートポンプ給湯システムを開発しました。
2. 北海道で平均的な100頭規模の既存酪農牛舎におけるフィールド試験により、開発したシステムは消費電力の約3倍以上の熱に相当する温水を作り、良好な運転状況であることが確認できました。

#### 《得られた要素技術》

- ・酪農牛舎における搾乳冷却と給湯の状況計測技術
- ・貯水タンクを効率的に利用するヒートポンプシステムの設計技術
- ・ヒートポンプシステムの評価技術

#### 《今後の展開・提案》

- ・ヒートポンプを利用した給湯システムの開発に応用