

研究課題名

**自動搾乳牛舎における省力・
精密飼養管理システム及び技術の実証**

**研究機関
再委託先**

**オリオン機械株式会社
北海道大学大学院農学研究院
酪農学園大学**

平成28年12月14日

研究体制及び研究実施場所

1. 研究体制

- (1) 研究機関 オリオン機械株式会社
- (2) 再委託先 北海道大学大学院農学研究院
酪農学園大学

2. 研究期間

3ヵ年（平成26年度～平成28年度）

3. 研究実施農場

- (1) 実証牧場 月井和男牧場（栃木県那須塩原市）
- (2) 研究農場 北海道大学内 農場
酪農学園大学内 農場

4. 発表内容

- (1) 事業化構想
- (2) 研究計画の進捗状況
- (3) 今後の見込みと取り組み

実証牧場 月井和男牧場

飼養頭数 90頭
(経産牛 62頭・育成牛 28頭)



実証研究の背景、ねらい

農林水産省
施策

儲かる
経営（P）

酪農家の
要求

- ◎スマート農業の実現
 - ・自動搾乳・自動給飼
 - ・省力・生産性の拡大
 - ・ICT活用
 - データの力で効率経営
- ・自給率UPとTMR
- 耕畜連携で粗飼料確保
- ◎牛群検定の推進
- 繁殖台帳Webシステム
- ◎アニマルウェルフェア
- ストレスのない高品質乳

D
システム導入

C
調査分析

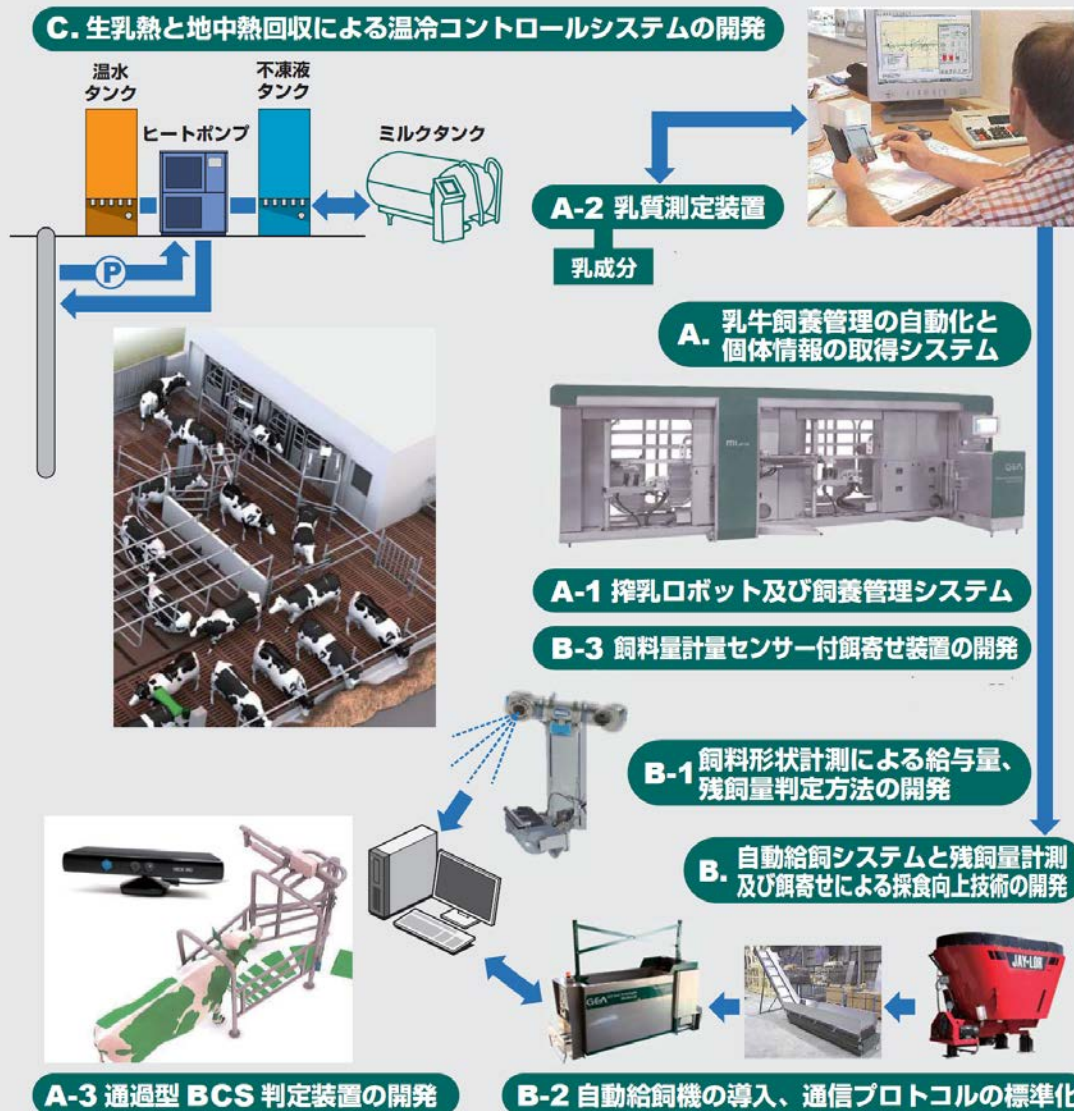
A
改善

夢がもてる酪農業

持続性の不安要因

1. 長時間労働
拘束作業時間
2. 飼料の高騰
円安とTPP
3. 高齢化と後継者
不足

事業化構想（全体イメージ図）



A 乳牛飼養管理の自動化と個体別乳牛情報の取得システムの開発

B 自動給餌システムと残飼量計測及び餌寄せによる採食向上技術の開発

C 生乳熱と地中熱回収による温冷コントロールシステム開発

詳細課題

A 乳牛飼養管理の自動化と個体別乳牛情報の取得システム開発

研究実施項目

A-1) 搾乳ロボット及び飼養管理システム

A-2) 自動搾乳装置における個体別乳質情報の取得システムの開発
(乳質測定装置)

A-3) 通過型BCS判定装置の開発

B 自動給餌システムと残飼量計測及び餌寄せによる採食向上技術

研究実施項目

B-1) 飼料形状計測による給飼量、残飼料判定

B-2) 自動給餌機の導入

B-3) 飼料量計量センサー付餌寄せ装置の試作開発

C 生乳熱と地中熱回収による温冷コントロールシステム開発と評価

研究実施項目

C-1) 生乳熱回収生乳冷却システムの試作開発

(A-2) 近赤外分光法による乳質測定装置の開発

■ 目的

搾乳中の乳質を測定するための技術を開発し乳質に基づいた個体管理を可能とする

■ 方法

近赤外分光法による乳質測定装置を試作し検量線を作成し、その測定精度を検証

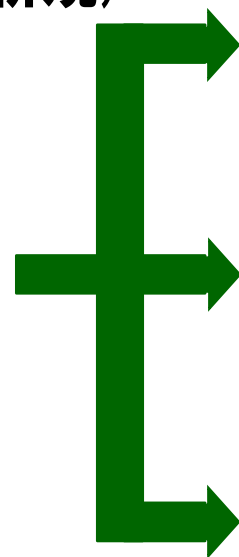
① 搾乳中の乳質のリアルタイム測定

② 搾乳1回分の乳質の測定

■ 乳質測定 5項目+1項目(新規)

乳質の測定

- 1 乳成分（乳脂肪・乳タンパク・乳糖）
- 2 体細胞数
- 3 乳中尿素態窒素
- 4 プロジェステロン



健康状態を早期診断

潜在性乳房炎の診断
生乳品質の判断

栄養状態を適切に判断

タンパク質飼料の過不足判断
栄養バランスの判断

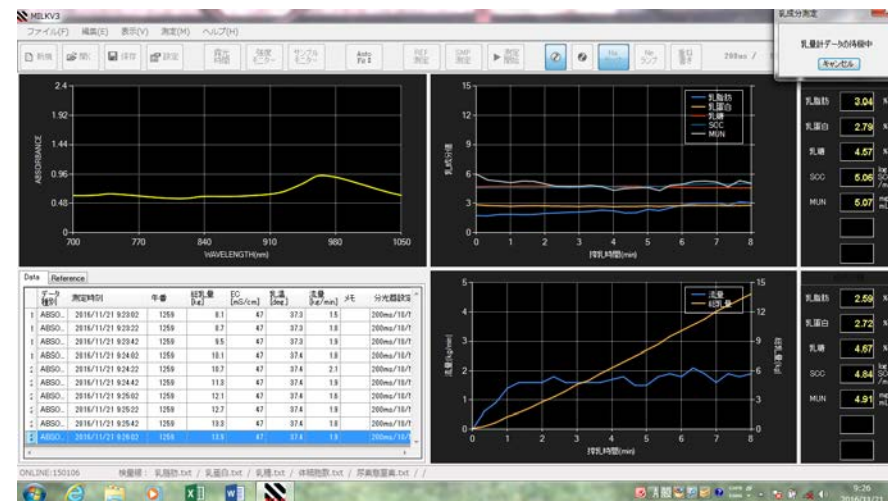
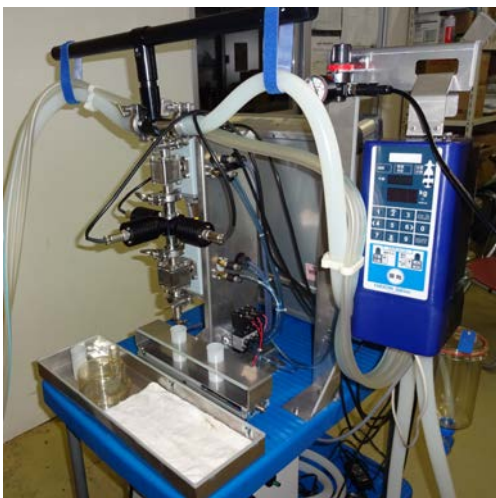
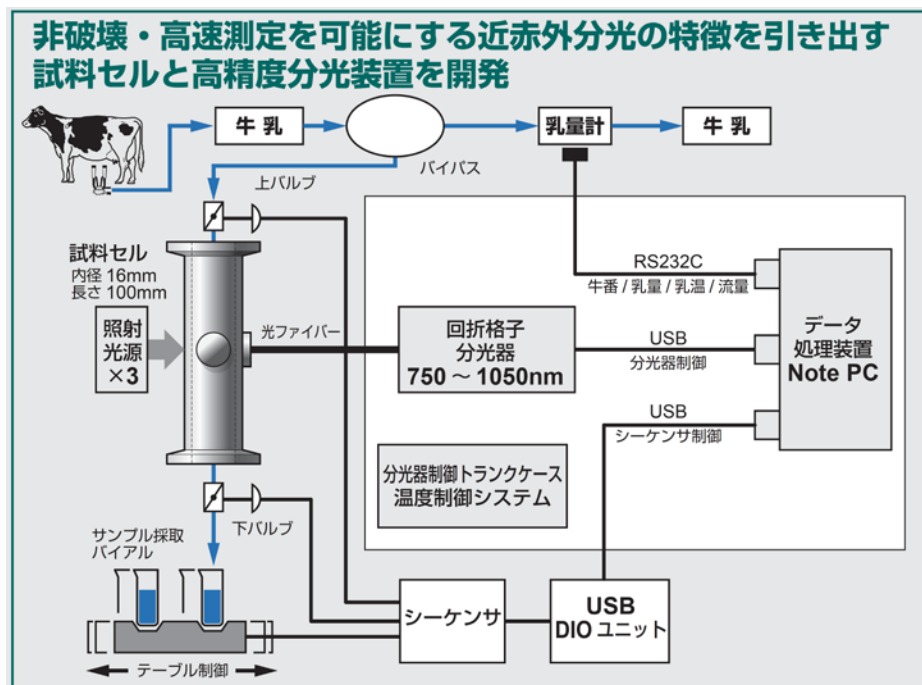
適切な繁殖管理

発情検知の判断



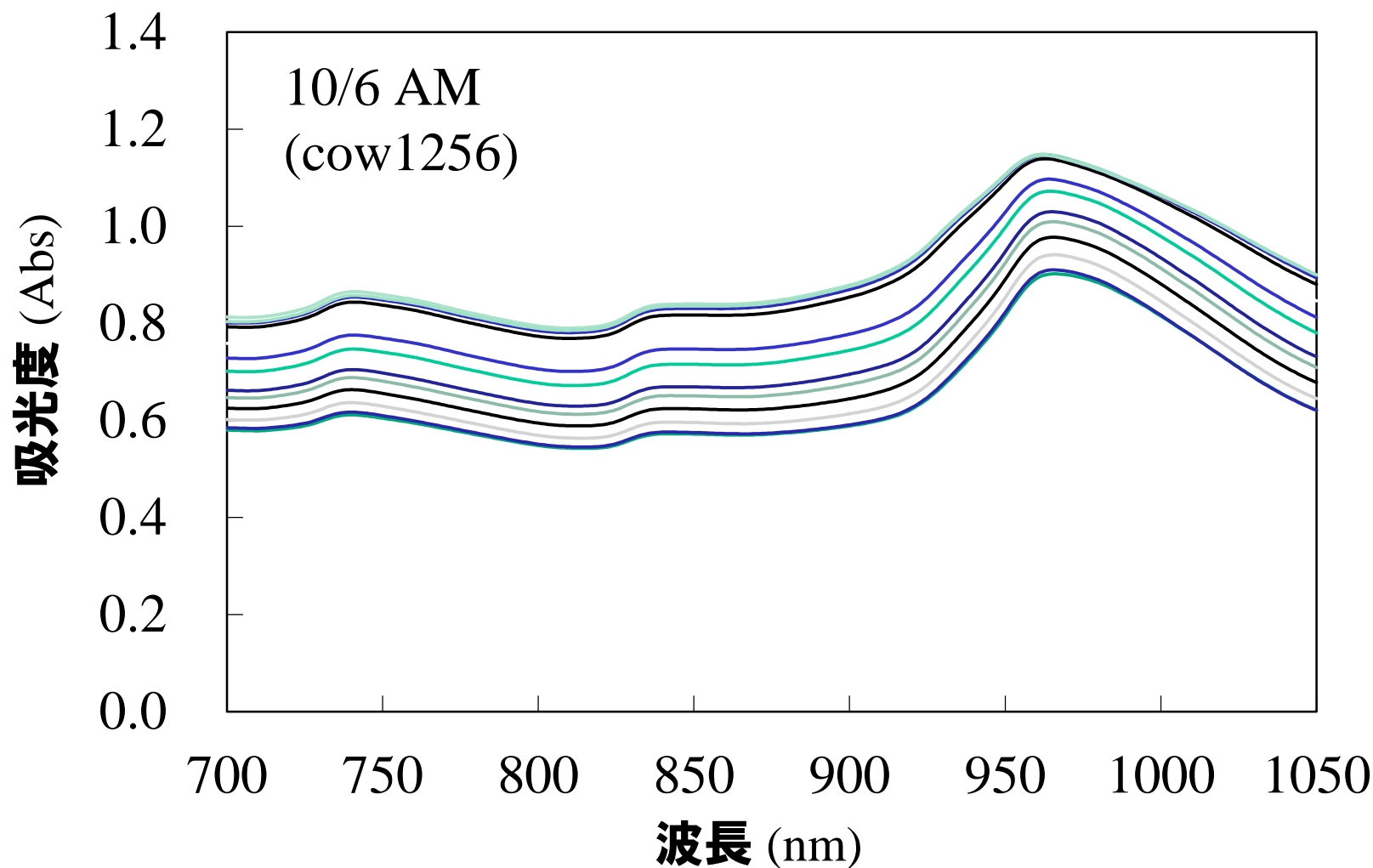
(A-2) 近赤外分光法による乳質測定装置の開発

乳質測定装置 ブロックダイアグラム プロト機



(A-2) 近赤外分光法による乳質測定装置の開発

近赤外吸光度スペクトルの一例



(A-2) 近赤外分光法による乳質測定装置の開発

近赤外分光法を用いた乳質測定装置の測定精度の検証結果(1) — 研究農場(北大・スタンション) —

乳質	検証用試料数	測定範囲	r^2	Bias	SEP	RPD	回帰式
乳脂肪(%)	279	0.72-9.42	0.98	0.00	0.26	8.08	$y = 1.00x + 0.00$
乳タンパク質(%)	279	2.51-3.31	0.86	0.00	0.06	2.70	$y = 0.97x + 0.08$
乳糖(%)	279	3.49-4.91	0.81	0.00	0.11	2.27	$y = 0.98x + 0.11$
体細胞数(log SCC/mL)	279	4.00-6.00	0.79	0.00	0.23	2.20	$y = 0.96x + 0.17$
乳中尿素態窒素(mg/mL)	279	6.0-16.1	0.75	0.00	1.01	2.00	$y = 0.95x + 0.58$

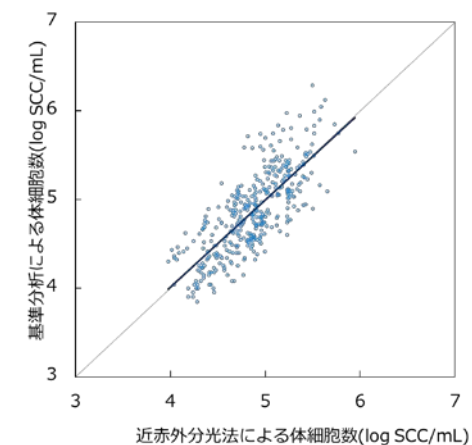
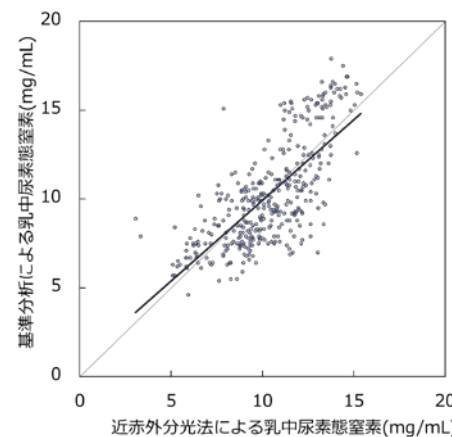
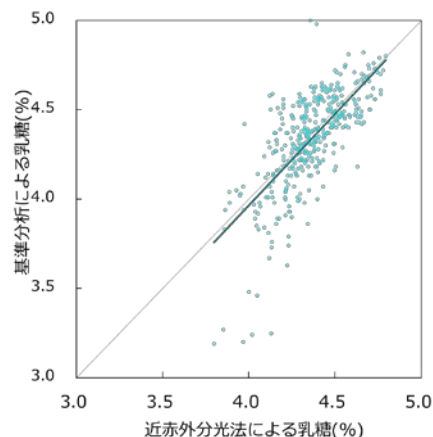
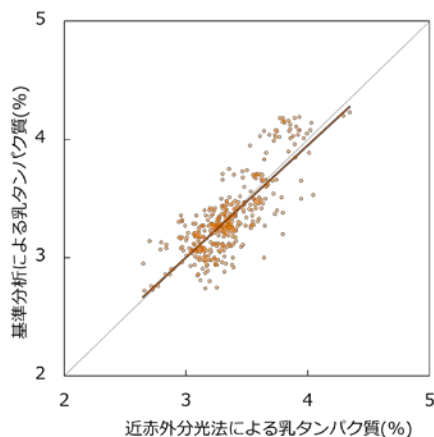
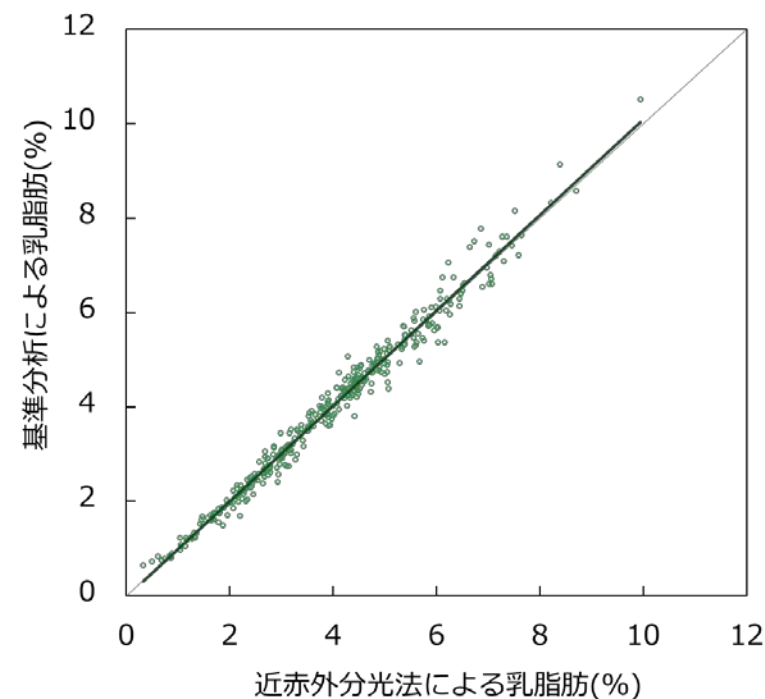
r^2 (決定係数): 近赤外分析計の値と基準分析値の相関係数の2乗

Bias: 近赤外分析計の値の平均-基準分析値の平均

SEP(Standard Error of Prediction): (測定値-基準分析値)の標準偏差

RPD(Ratio of SEP to Standard Deviation): 基準分析値の標準偏差/SEP

回帰式: 近赤外分析計の測定値から基準分析値への回帰式

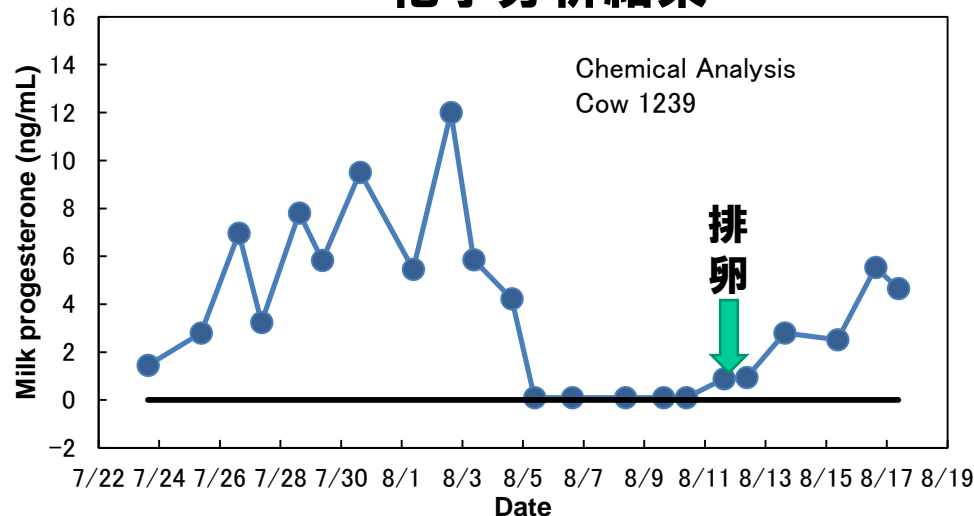
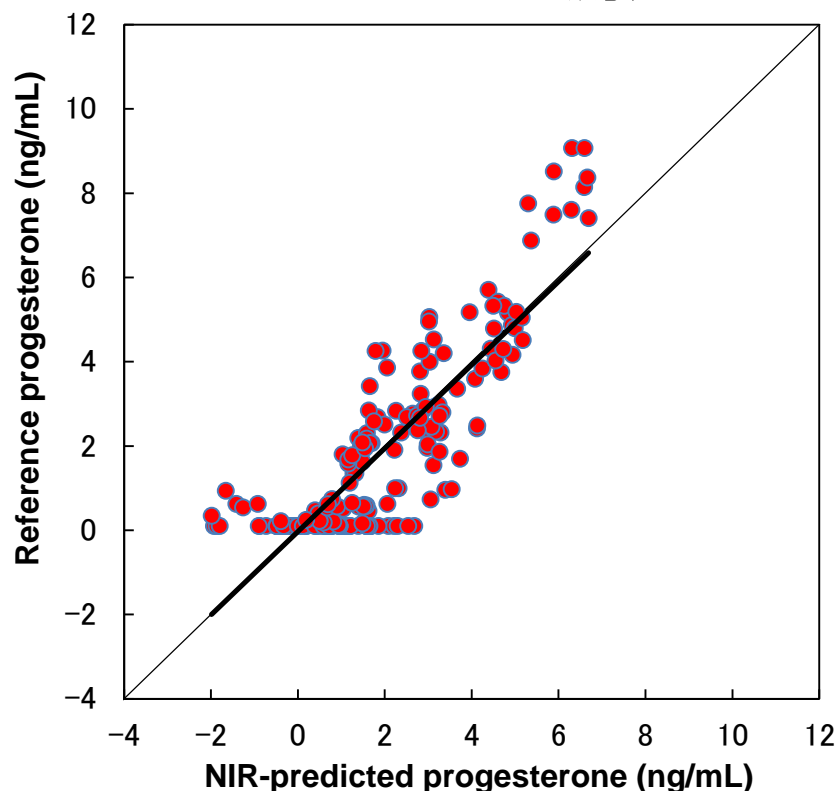


(A-2) 近赤外分光法による乳質測定装置の開発

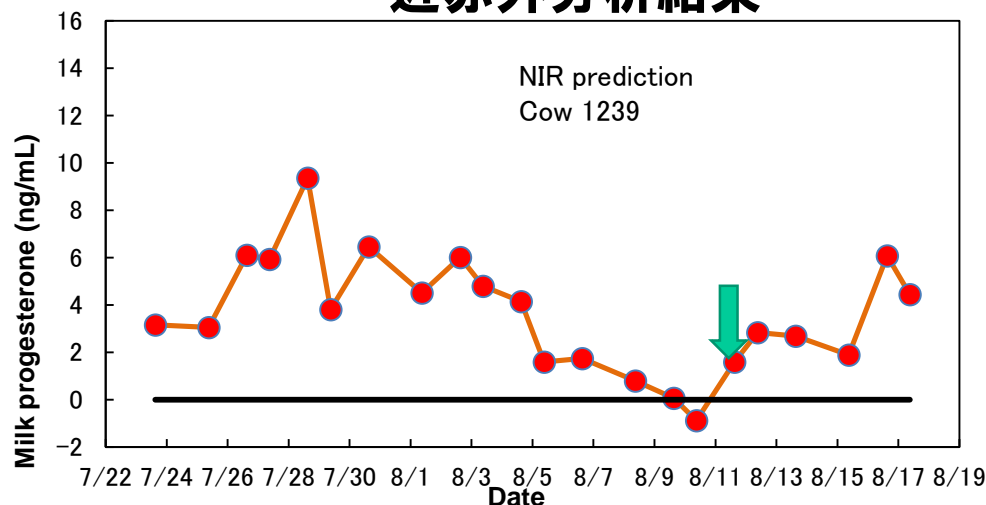
近赤外分光法を用いた乳質測定装置の測定精度の検証結果(2) —プロジェステロンの測定—

トレンドモニタリング 化学分析結果

リアルタイム測定



近赤外分析結果



(A-2) 近赤外分光法による乳質測定装置の開発

搾乳中の乳質を測定するための装置を試作し
検量線を作成，その測定精度を検証

- ① 各乳質をリアルタイムで測定
- ② 搾乳1回分の乳質を測定（算出）

- ・ 乳脂肪（水分，無脂固形分）は精度良く測定可能
- ・ 乳タンパク質，乳糖，乳中尿素態窒素、体細胞数，プロジェステロンは測定精度が低い（個体差）
→トレンドモニタリングはできそう

自動搾乳牛舎における省力・精密飼養管理システムー乳質に基づいた乳牛の個体管理が可能であることが示唆された

継続的データ採取

↓
基準分析と分析

利活用技術の確立

↓
関係機関との
情報交換と企画

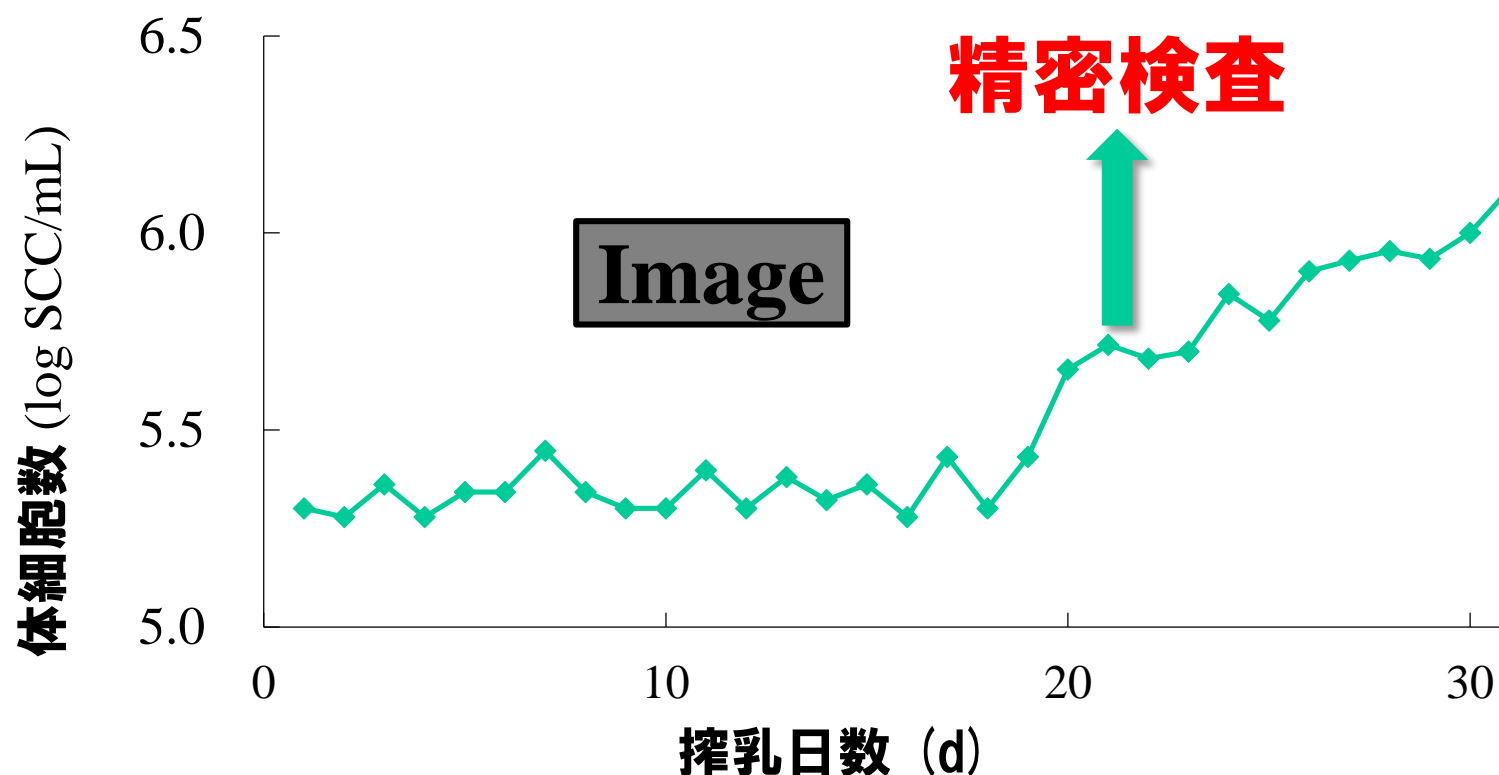
(A-2) 近赤外分光法による乳質測定装置の開発

利活用の事例

搾乳1回分
体細胞数の測定値

搾乳毎に記録
トレンド モニタリ
ング

潜在性乳房炎
の診断



(A-3) 通過型BCS判定装置の開発

■ 目的

3D画像センサーを用いて、牛体形や残飼量を計測可能なアルゴリズムの開発を行い、精密飼養管理の個体情報として管理、分析を可能とする

■ BCSの自動判定

- ・ 通過型測定による解析を目標として、アルゴリズムの開発を行う
- ・ 飼養管理システムの分娩、繁殖、泌乳情報などと組み合わせた分析により、栄養状態を判定し、給与量などへ反映する

■ 3D画像センサー 「Kinect」を 活用する

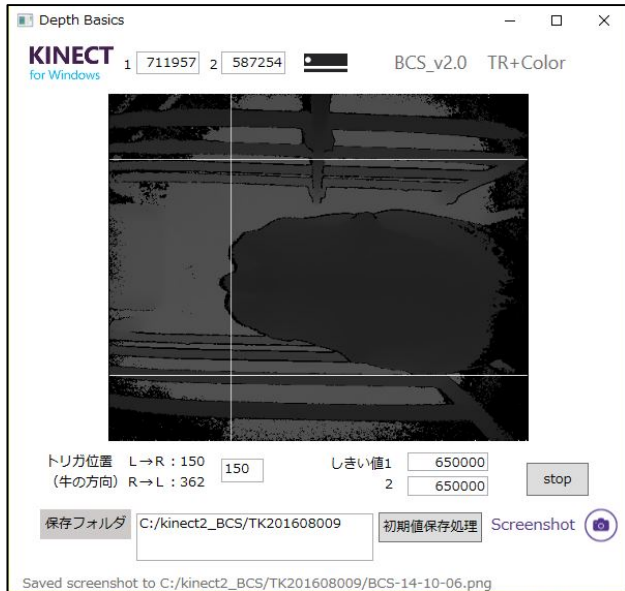


(A-3) 通過型BCS判定装置の開発

深度データによる画像データを自動取得・自動保存へ



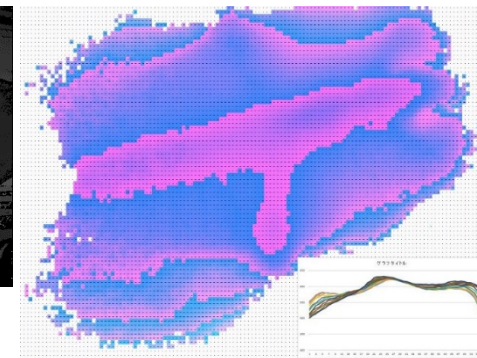
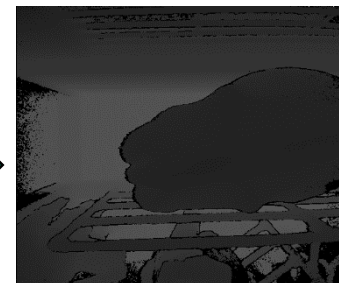
↓ データ取得条件
設定を追加



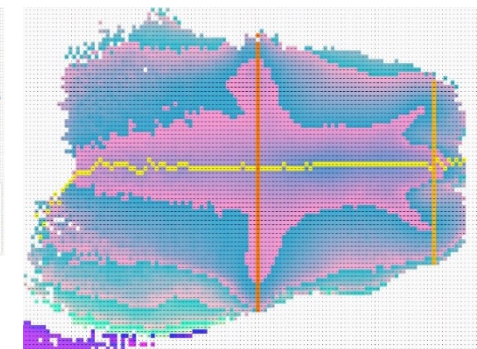
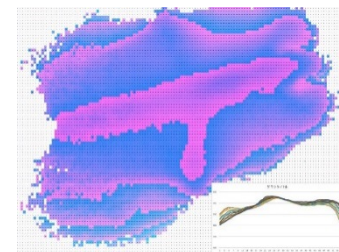
自動取り込み
・解析



傾きの補正 (修正)



高さの補正 (統一)

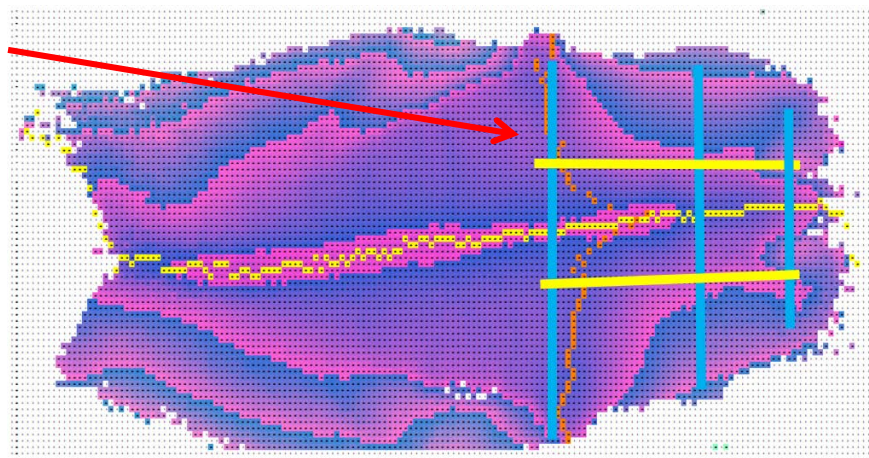


(A-3) 通過型BCS判定装置の開発

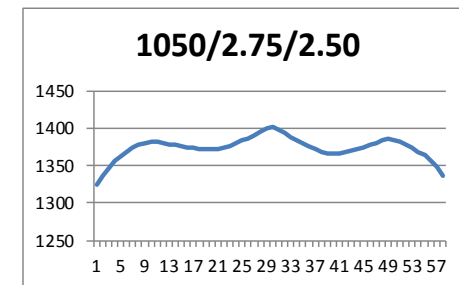
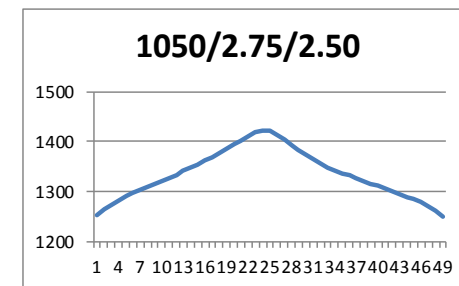
U-V法に準じた画像の解析

BCS (2.00~4.00)	2.25	2.50	2.75	3.00	3.25	3.50	3.75
腰角-座骨中央部の形状	凹大	凹中	凹小	直線	凸小	凸中	凸大
腰角~座骨ラインの形状	V V	V V	V	V	U	U	--
腰角ラインの形状	深い	深い		普通		浅い	浅い
仙骨のとがり具合		鋭		普通		丸	
腰角のとがり具合		鋭		普通		丸	
座骨断面の深さ		深い		普通		浅い	
座骨のとがり具合		鋭		普通		丸	

抽出牛体ライン位置



抽出例

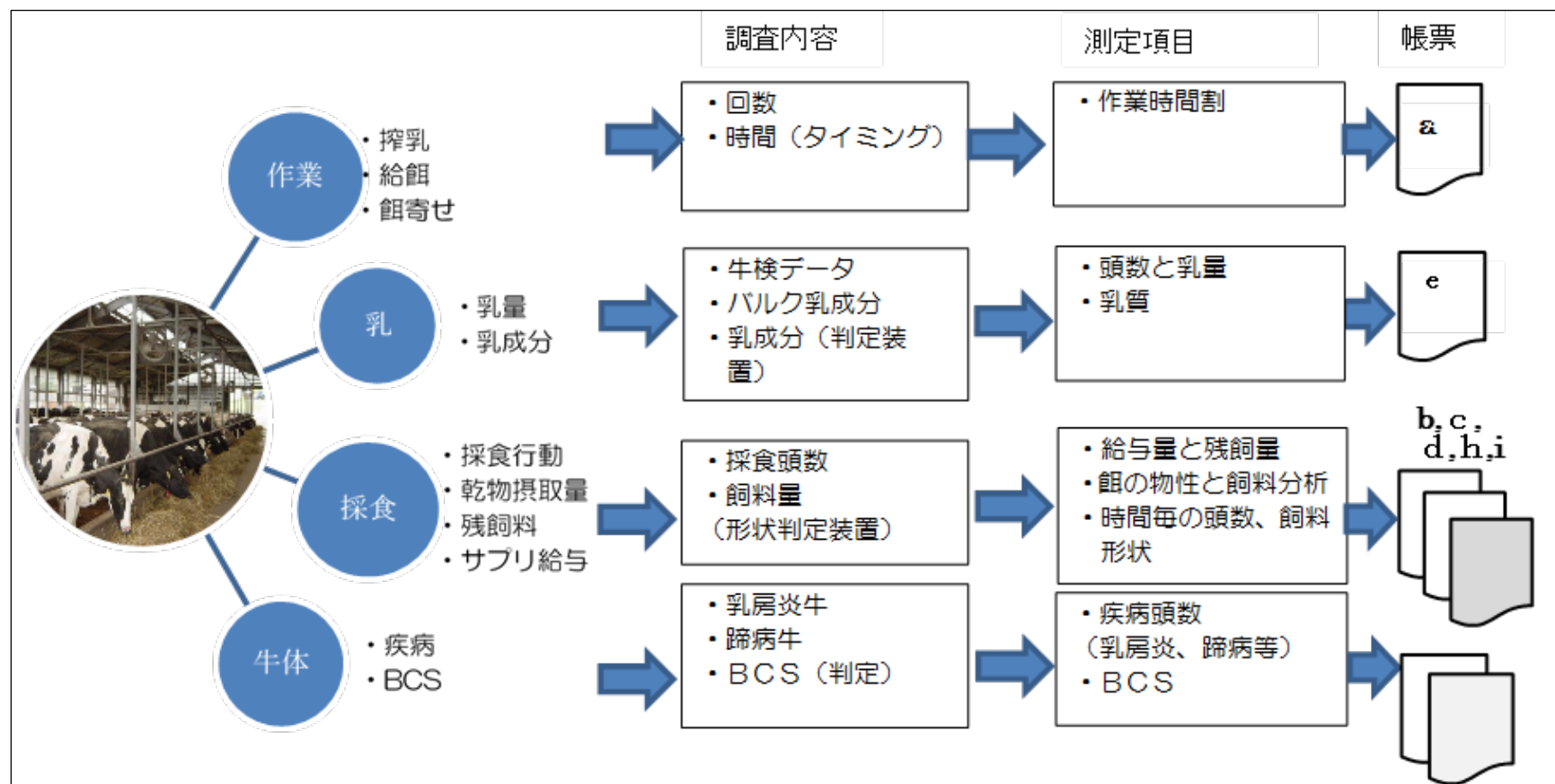


・解析データの蓄積とアルゴリズムの確立

(B) 自動給餌システム導入と採食向上

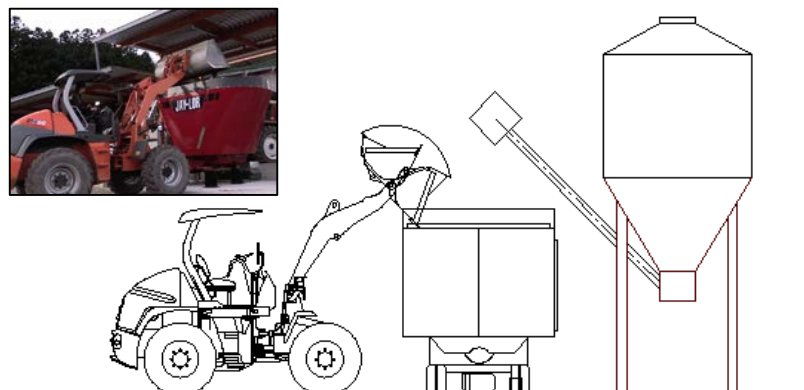
■ 目的：実証牧場で自動給餌と餌寄せの実態把握と自動機導入による乳牛の採食行動、カウトラフィックなどを調査

■ 調査フロー：



(B) 自動給飼システム導入と採食向上

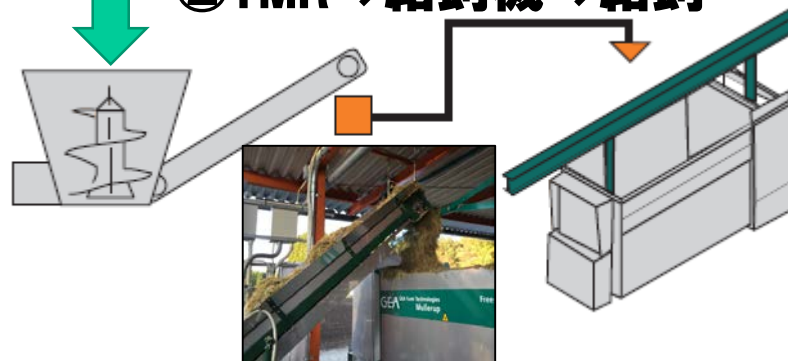
自動給飼システム ①TMR材料⇒TMR製作



③エサ寄せ



②TMR⇒給飼機⇒給飼

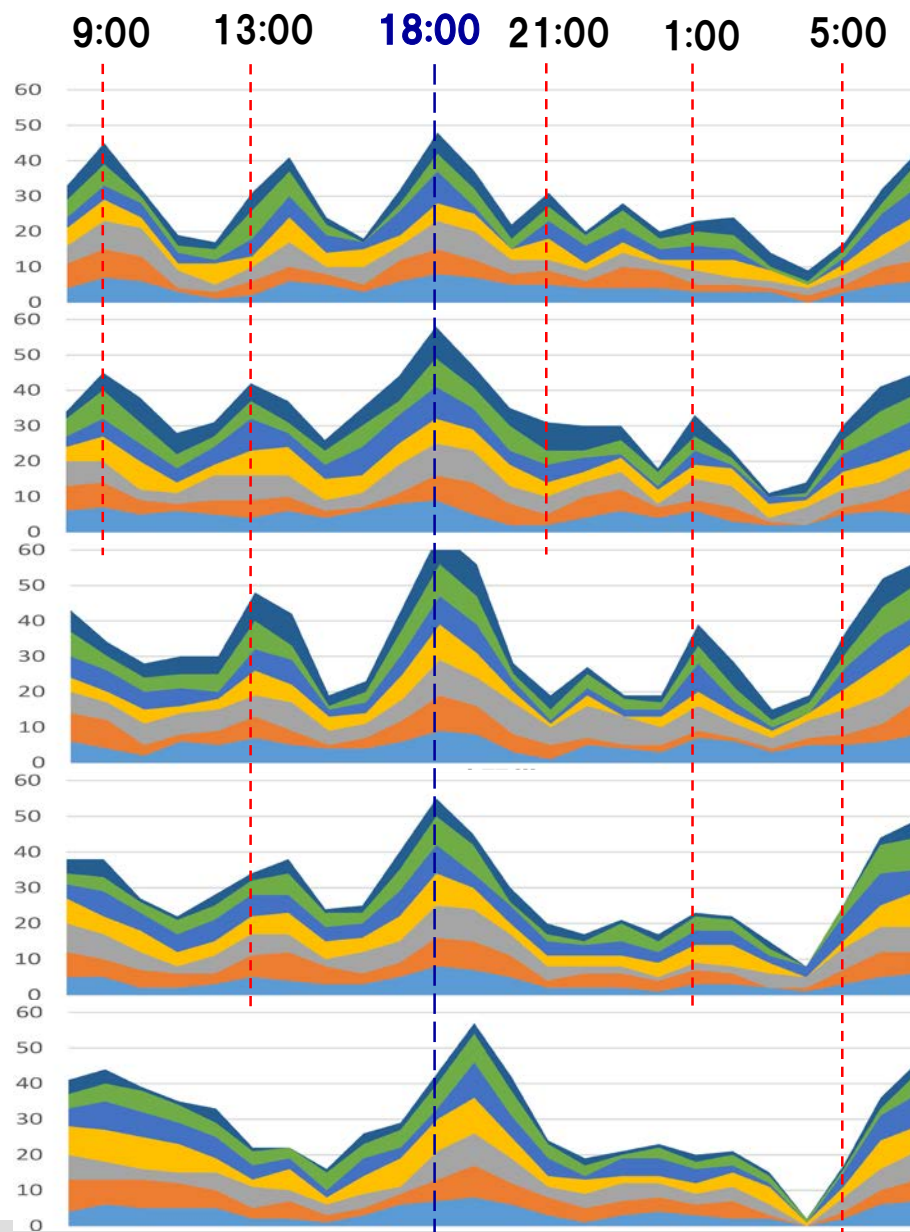


カウトラフィック・採食調査のための稼働ステージ

	第1ステージ	第2ステージ	第3ステージ	第4ステージ	第5ステージ
期間	～2/11	2/11～2/25	2/25～4/14	4/14～6/10	6/10～
給餌	1日2回	1日4回	1日4回	1日4回	1日6回
餌寄せ	手動(従来通り)	手動(従来通り)	自動・定時13回	自動・定時23回	自動・定時23回

(B) 自動給飼システム導入と採食向上

時間帯毎の採食頭数



9/22
給飼：6回・自動餌寄せ：23回

6/14
給飼：6回・自動餌寄せ：23回

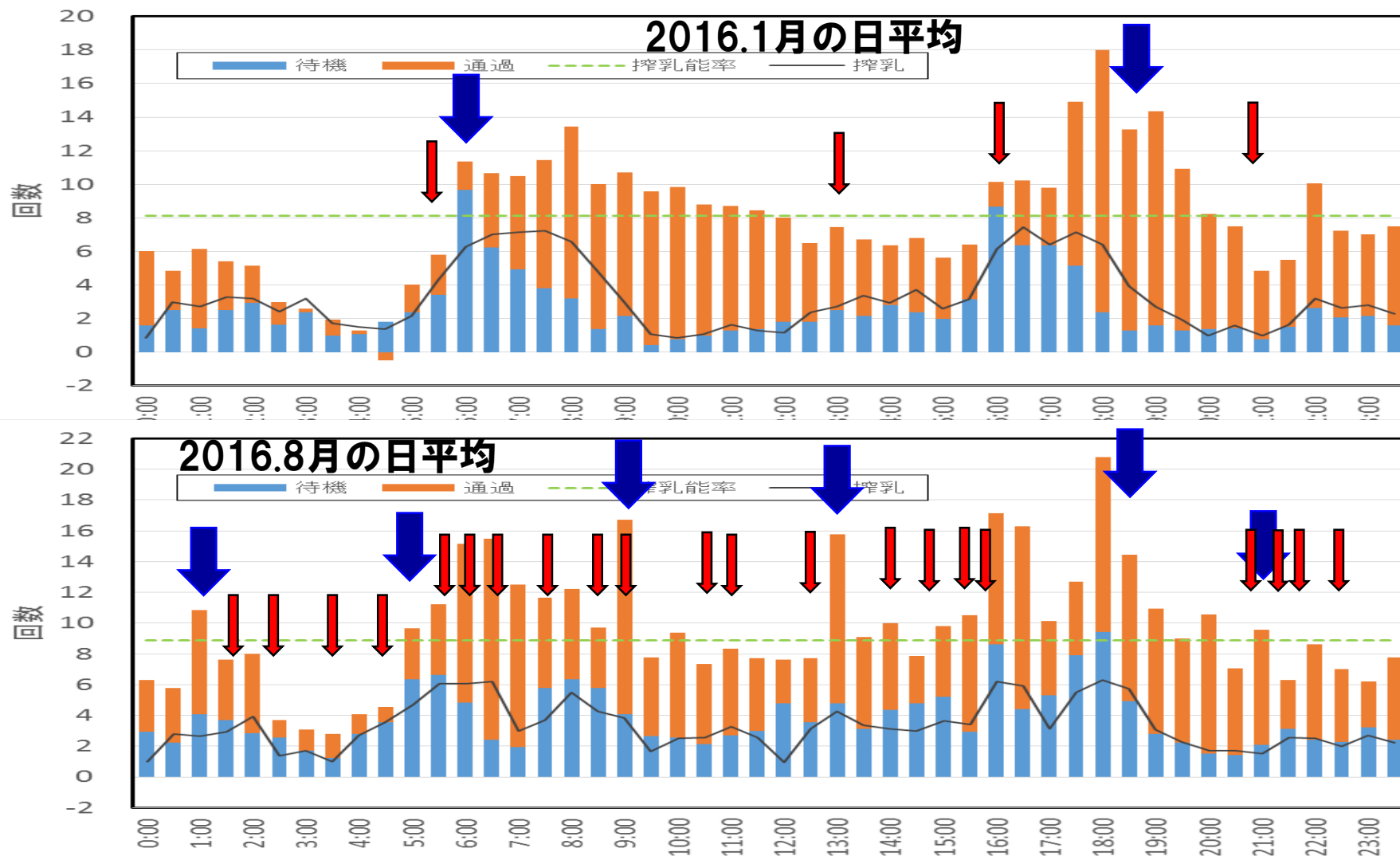
6/4
給飼：4回・自動餌寄せ：23回

3/30
給飼：4回・自動餌寄せ：13回

2/7
給飼：2回・手動餌寄せ

(B) 自動給飼システム導入と採食向上

ゲート選別と搾乳頭数の日変化



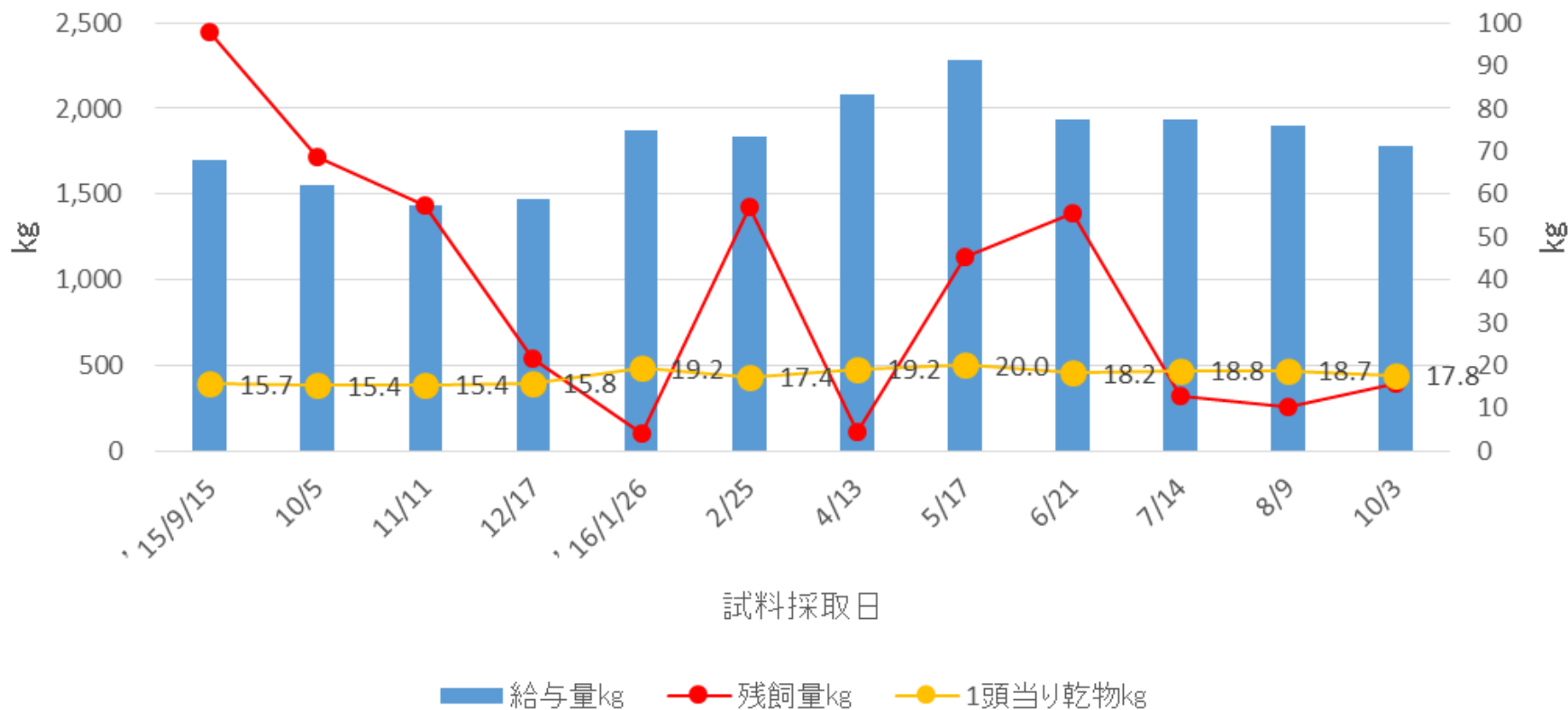
(B) 自動給飼システム導入と採食向上

1頭当り採食量増加

- 13%増加（2015.9月比較）
- 乾物摂取量 2 kg増

1頭当り乾物摂取量増加に見合う「乳量の増加」が得られていない。乳牛の行動、牛舎環境、施設等の影響の検討が必要

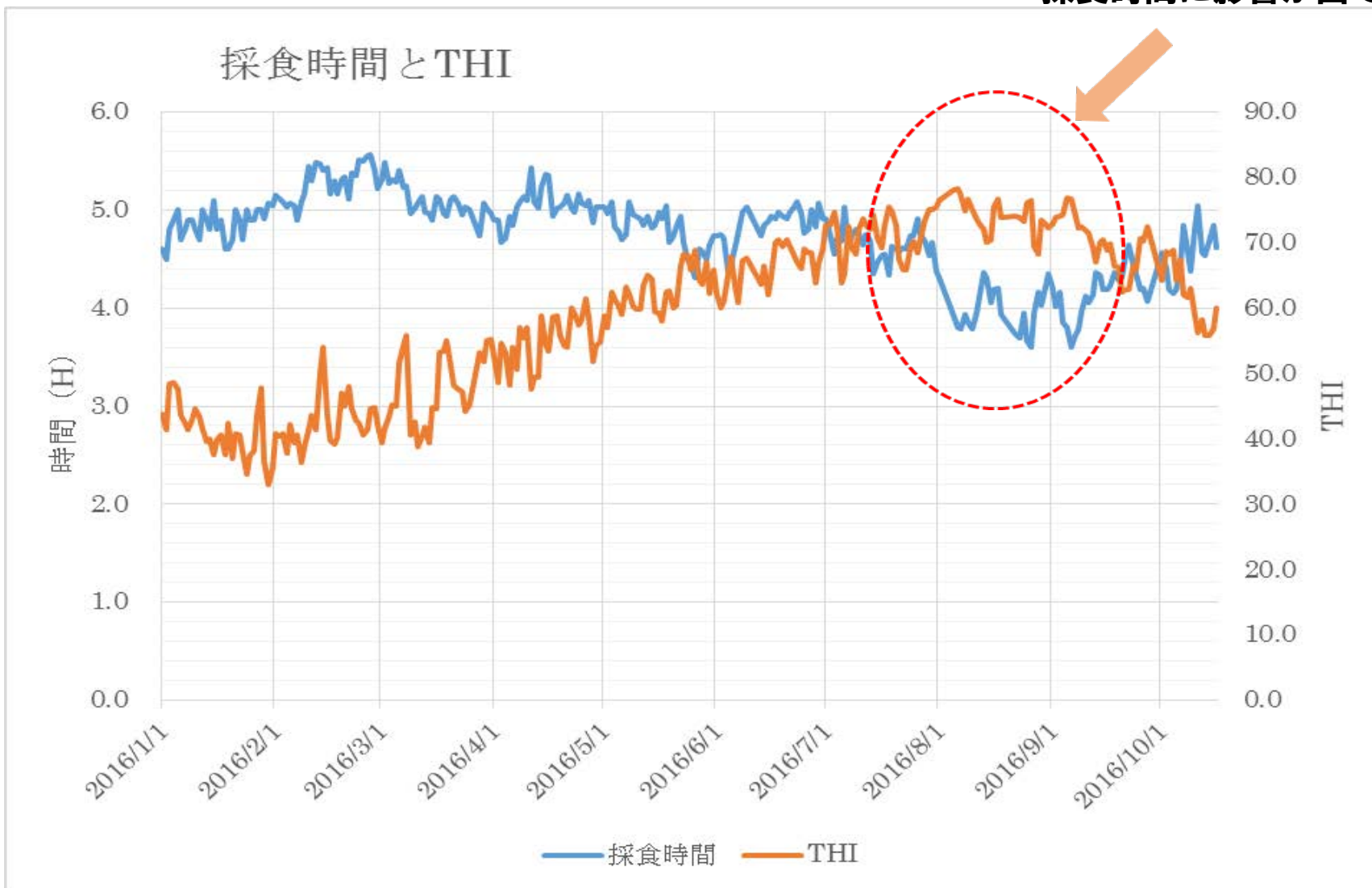
PMR採食状況



(B) 自動給飼システム導入と採食向上

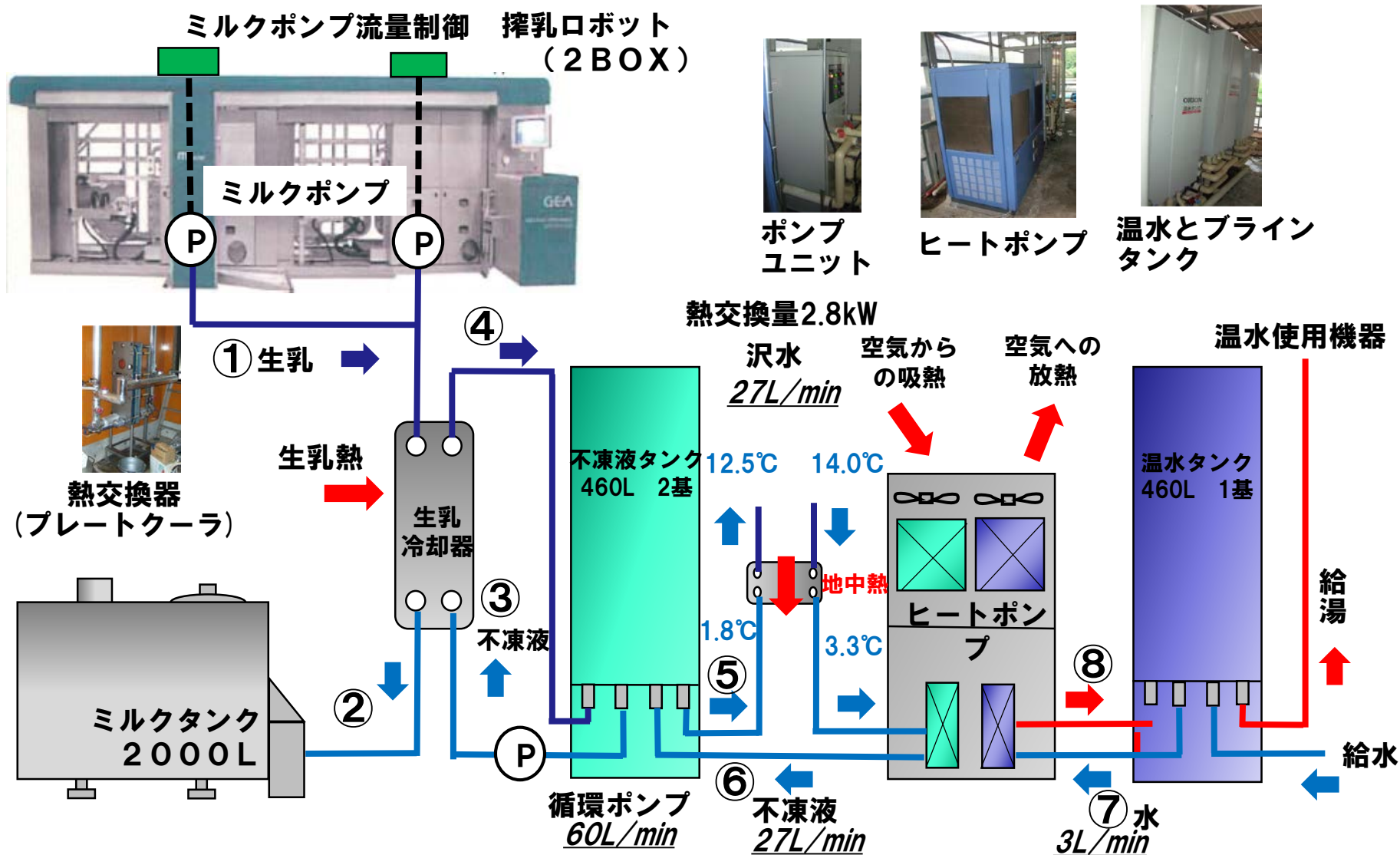
飼養管理における環境の影響

◆THIの値が70前後で採食時間に影響が出ている。



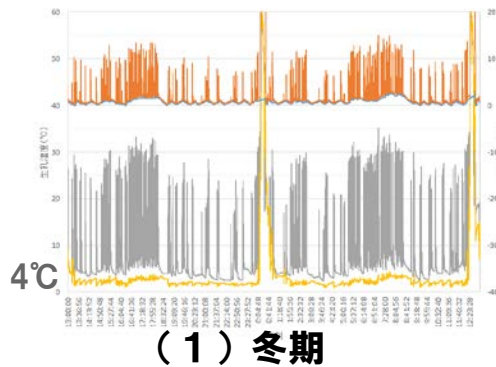
(C-1) 生乳熱回収生乳冷却システムの試作開発

地中熱熱交換システム追加による稼動実証（最終仕様）

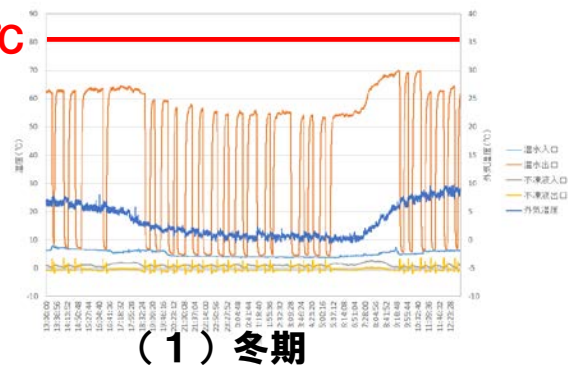


(C-1) 生乳熱回収生乳冷却システムの試作開発

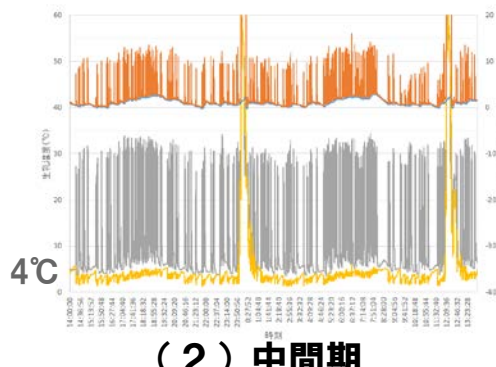
生乳熱回収システムの温度状態（生乳冷却器での温度推移）



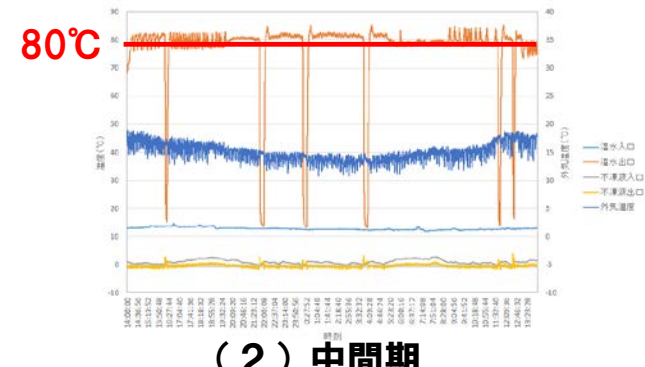
- ①：生乳入口温度（グレー線） 80°C
- ②：生乳出口温度（黄線）
- ③：不凍液入口温度（青線）
- ④：不凍液出口温度（オレンジ線）



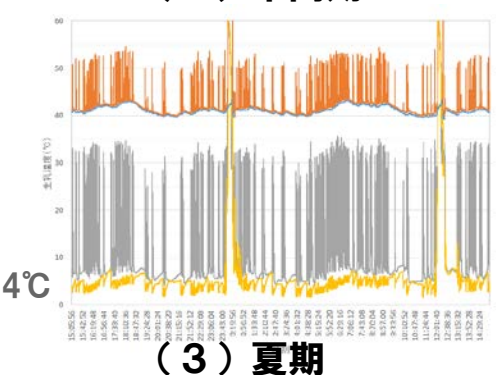
(1) 冬期



(2) 中間期

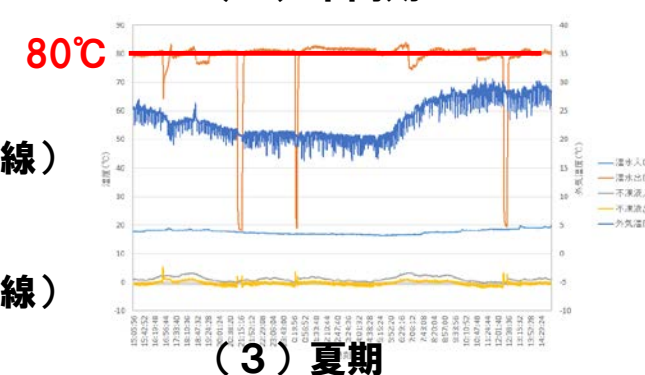


(2) 中間期



(3) 夏期

- ⑤：不凍液入口温度（グレー線）
- ⑥：不凍液出口温度（黄線）
- ⑦：温水入口温度（水色線）
- ⑧：温水出口温度（オレンジ線）
- ⑨：外気温度（青線）



(3) 夏期

(C-1) 生乳熱回収生乳冷却システムの試作開発

熱収支・ヒートポンプCOP（成績係数）

	No.	項目	単位	冬期 (1月)	中間期 (5月)	夏期 (8月)	中間期※ (11月)
生乳熱	①	不凍液からの吸熱量	kWh/day	71.8	87.0	81.9	
	①-1	生乳熱量	kWh/day	36.1	57.9	48.4	
	①-2	配管からの吸熱量	kWh/day	35.7	29.1	33.5	
	③	給水への放熱量	kWh/day	185.2	301.3	311.7	
	⑤	入力電力量	kWh/day	120.5	178.5	186.0	
	-	加熱COP ③÷⑤	-	1.5	1.7	1.7	
	-	冷却COP ①÷⑤	-	0.6	0.5	0.4	
	-	総COP	-	2.1	2.2	2.1	
参 ・ ヒ ー ト ポ ン プ	②	空気からの吸熱量	kWh/day	246.6	261.3	266.2	
	④	空気への放熱量	kWh/day	203.8	134.3	127.0	
	-	加熱COP (③+④) ÷ ⑤	-	3.2		2.4	
	-	冷却COP (①+②) ÷ ⑤	-	2.6	2.0	1.9	
	-	総COP	-	5.8	4.4	4.3	

- ・ 温冷コントロールシステムの稼動実証による中間期データ解析
- ・ 牧場規模に合わせた温冷コントロールシステムの最適シュミレーション実施

ORION

私たちは感動を呼ぶ製品作りをめざします
orion strives to offer products that delight its customers.

Everything For Customers
We Take The Extra Step.