

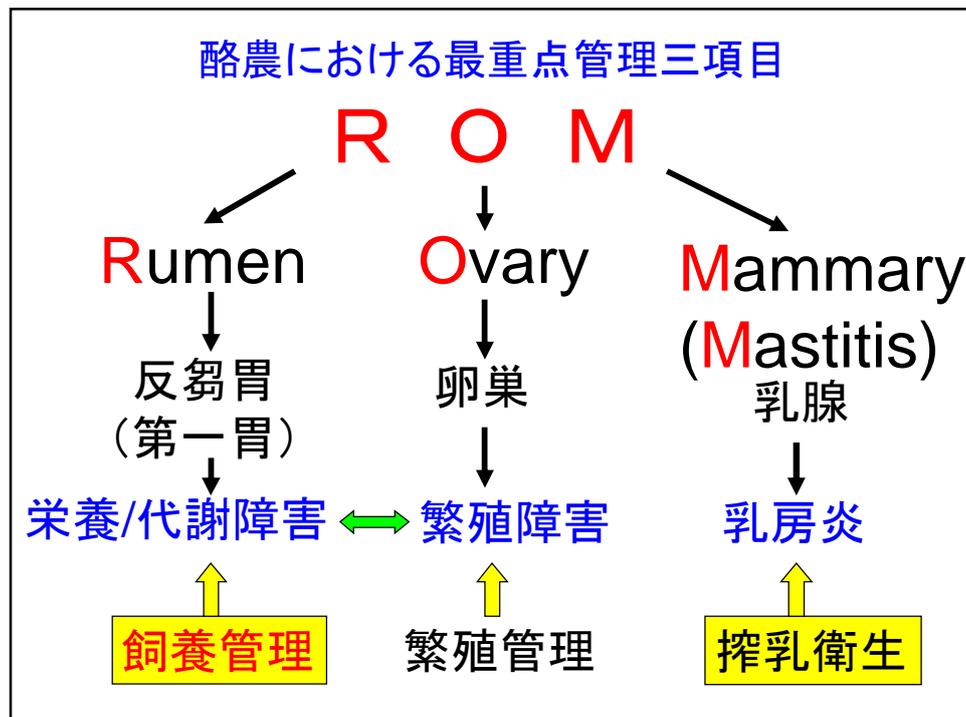
令和7年2月13日

令和6年度淡路地域畜産技術成果・事例発表(報告)会
記念講演

酪農の試験研究を振り返って

兵庫県立農林水産技術総合センター
畜産技術センター・生田健太郎

1



2

略 歴

- 平成 元年：岩手大学大学院農学研究科獣医学専攻修了
- 平成 元年：宮城県農業共済組合連合会入会
- 平成 4年：兵庫県入庁
兵庫県立淡路農業技術センター畜産部配属
- 平成 9年：淡路農業技術センター畜産部 主任研究員
- 平成 17年：岐阜大学大学院修了 博士（獣医学）
- 平成 24年：農林水産技術総合センター 主席研究員
- 平成 30年：主席研究員
兼 淡路農業技術センター畜産部課長
- 平成 31年：主席研究員
兼 淡路農業技術センター畜産部部長兼課長
- 令和 4年：畜産技術センター 所長

3

主な試験研究課題

1. 乳牛の栄養モニタリング手法

- ① 代謝プロファイルテストの栄養学的検証
- ② 乳中尿素窒素と乳蛋白質率による泌乳牛の栄養診断
- ③ 乳中脂肪酸組成を活用した新たな乳牛群評価手法

2. 乳牛の飼養効率向上

- ① ルーメン内窒素代謝の効率化
- ② ルーメン内発酵の安定化
- ③ エコフィードの飼料特性解明

3. 酪農の生産性阻害要因防除

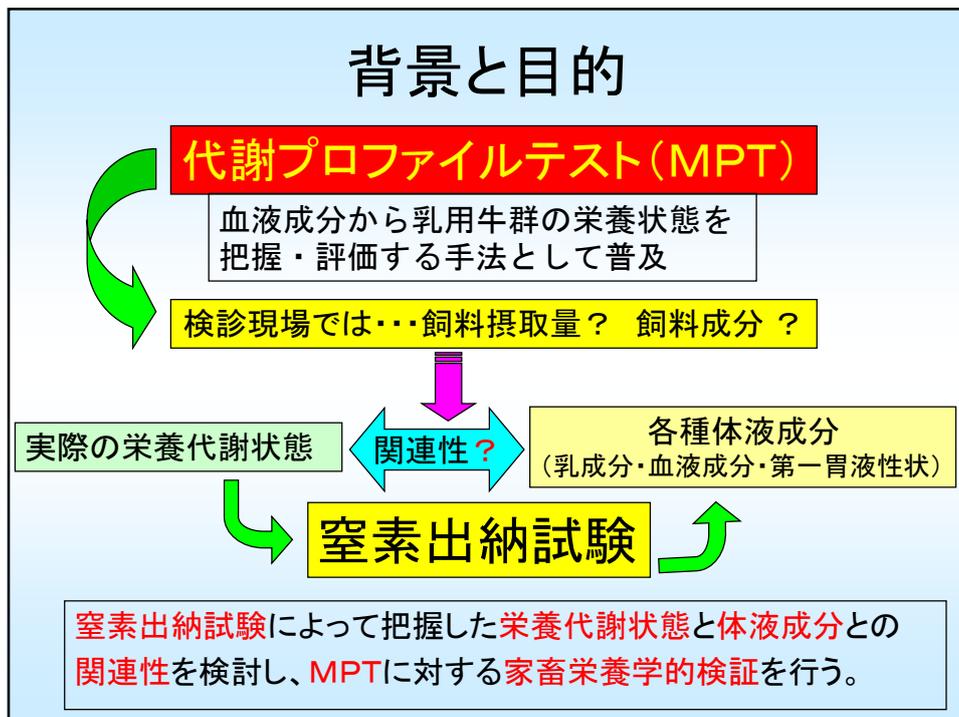
- ① 周産期疾病の要因解析と防除法
- ② 乳房炎の診断・防除法

4

1. 乳牛の栄養モニタリング手法

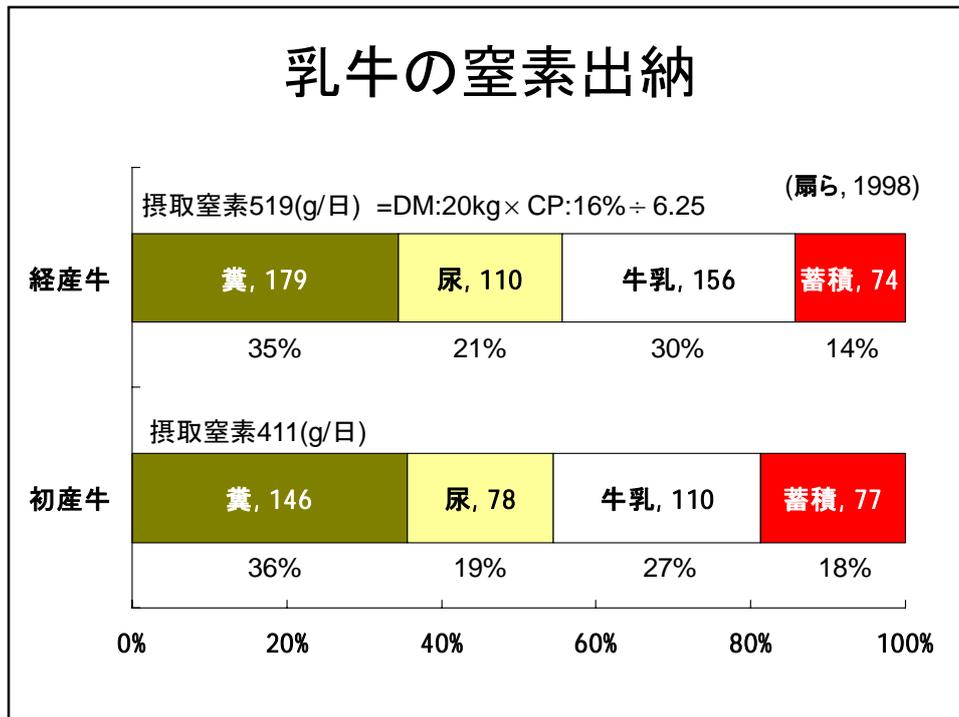
① 代謝プロファイルテストの栄養学的検証

5



6

乳牛の窒素出納



7

消化率の求め方

全糞採取法の場合

$$\text{消化率(\%)} = \frac{(\text{摂取成分量} - \text{糞中成分量})}{\text{摂取成分量}} \times 100$$

指示物質(インデックス)法の場合

↳ 消化・吸収されない物質(リグニン、酸化クロムなど)

$$\text{成分消化率(\%)} = 100 - 100 \times$$

$$\frac{\text{飼料中指示物質含量(\%)}}{\text{糞中指示物質含量(\%)}} \times \frac{\text{糞中の成分含量(\%)}}{\text{飼料中の成分含量(\%)}}$$

8

可消化養分総量 (TDN) の計算式

Total Digestible Nutrients

※ エネルギーそのものではないが、従来からエネルギーの近似的な値として用いられている。

TDN% = 粗蛋白質 (CP) % × CP消化率

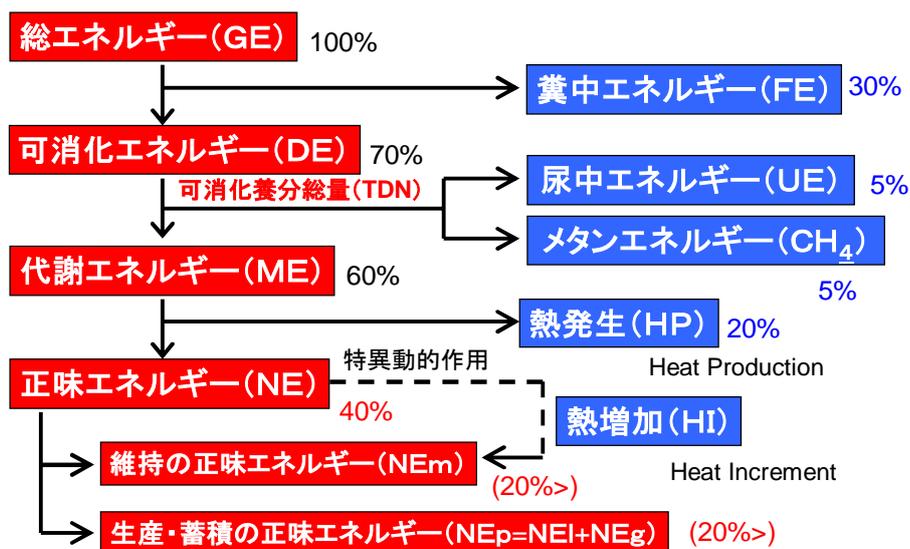
+ 粗脂肪 (EE) % × EE消化率 × 2.25

+ 可溶無窒素物 (NFE) % × NFE消化率

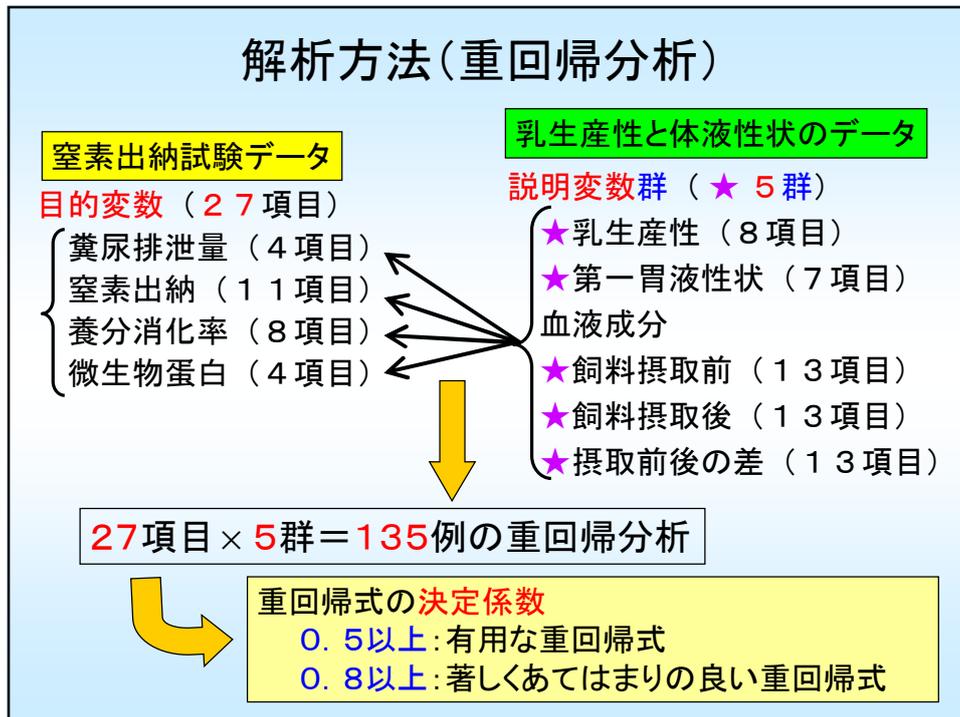
+ 粗繊維 (CF) % × CF消化率

9

摂取エネルギーの流れ



10



11

有用な重回帰式の数

目的変数群 \ 説明変数群	糞尿排泄量 4項目	窒素出納 11項目	養分消化率 8項目	微生物蛋白 4項目	計 27項目
乳生産性		6(1)	3(0)	1	10(1)
第一胃液性状	2	5(2)	5	1	13(2)
血液(飼料摂取前)	3	10(4)	8(1)	1	22(5)
血液(飼料摂取後)	3(1)	10(5)	7(3)	1	21(9)
血液(摂取前後の差)	4(1)	9(2)	6(1)		19(4)
計	12(2)	40(14)	29(5)	4	85(21)

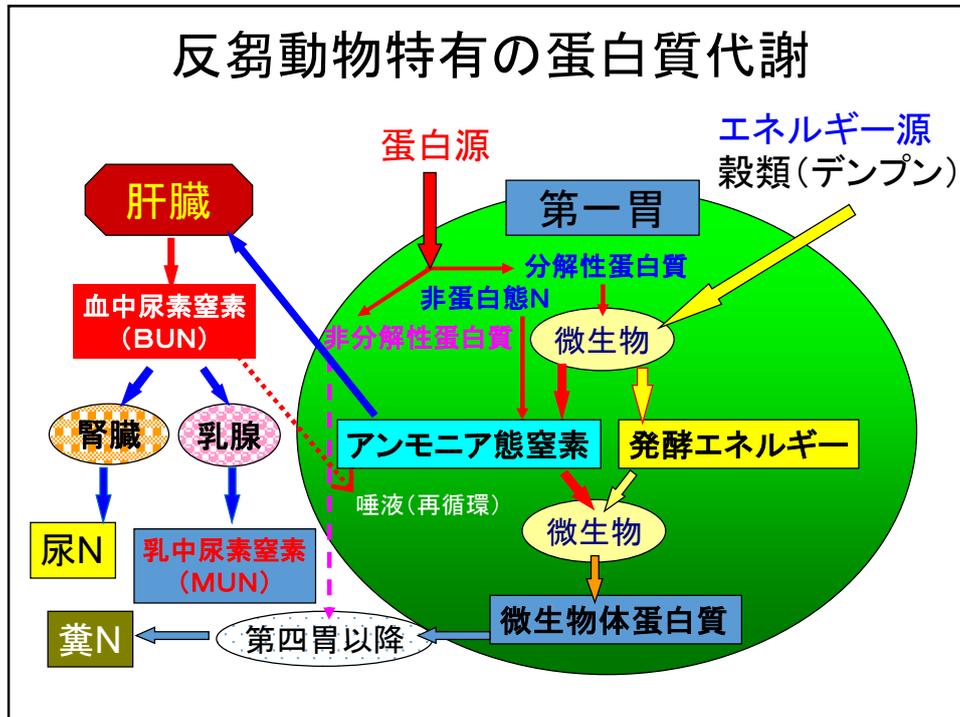
() は決定係数0.8以上の著しく当てはまりのよい重回帰式の数

泌乳牛における糞尿排泄量, 窒素出納および養分消化率と血液成分との関連性.
産業動物臨床医誌 5, 1-8 (2014)

12

1. 乳牛の栄養モニタリング手法
 ② 乳中尿素窒素と乳蛋白質率
 による泌乳牛の栄養診断

13



14

適正なTDN(%)・CP(%)・TDN/CP比の範囲

TDN(%)	CP(%)							
	12	13	14	15	16	17	18	
63	5.3	4.8	4.5	4.2	3.9	泌乳後期 ←		
64	5.3	4.9	4.6	4.3	4.0			
65	5.4	5.0	4.6	4.3	4.1			
66	5.5	5.1	4.7	4.4	4.1			
67	5.6	5.2	4.8	4.5	4.2	3.9	泌乳中期 →	
68	5.7	5.2	4.9	4.5	4.3	4.0		
69	5.8	5.3	4.9	4.6	4.3	4.1		
70				4.7	4.4	4.1		
71				4.7	4.4	4.2	泌乳初期・最盛期 → 高泌乳牛	
72				4.8	4.5	4.2		
73						4.3		4.1
74						4.4		4.1
75						4.4	4.2	

15

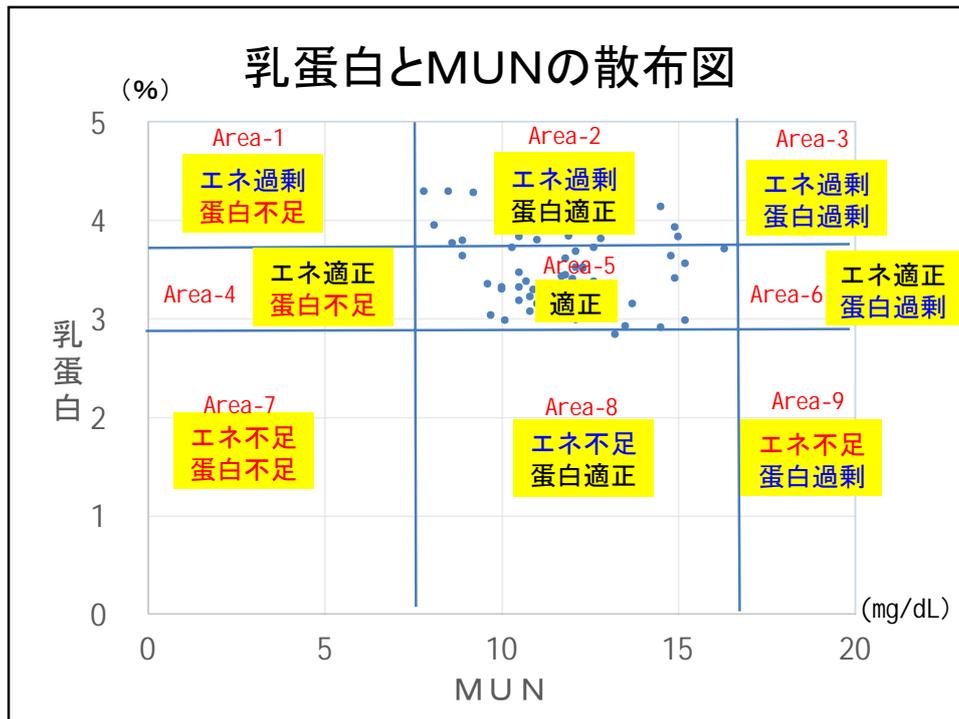
MUNと乳蛋白質率による栄養評価表

MUN (mg/dl)

乳蛋白質率 (%)	泌乳中期	<8.6	8.6~16.7	16.7<
	<3.09	NSC不足 DIP不足	NSC不足	NSC不足
3.09 ~ 3.53	DIP不足	適正		DIP過剰
>3.53	NSC過剰 DIP不足	NSC過剰	NSC過剰	NSC過剰 DIP過剰

注) NSC=非構造化炭水化物, DIP=分解性蛋白質
乳中尿素態窒素と乳蛋白質率による泌乳牛の栄養診断.
日本獣医師会雑誌, 53, 289-292 (2000)

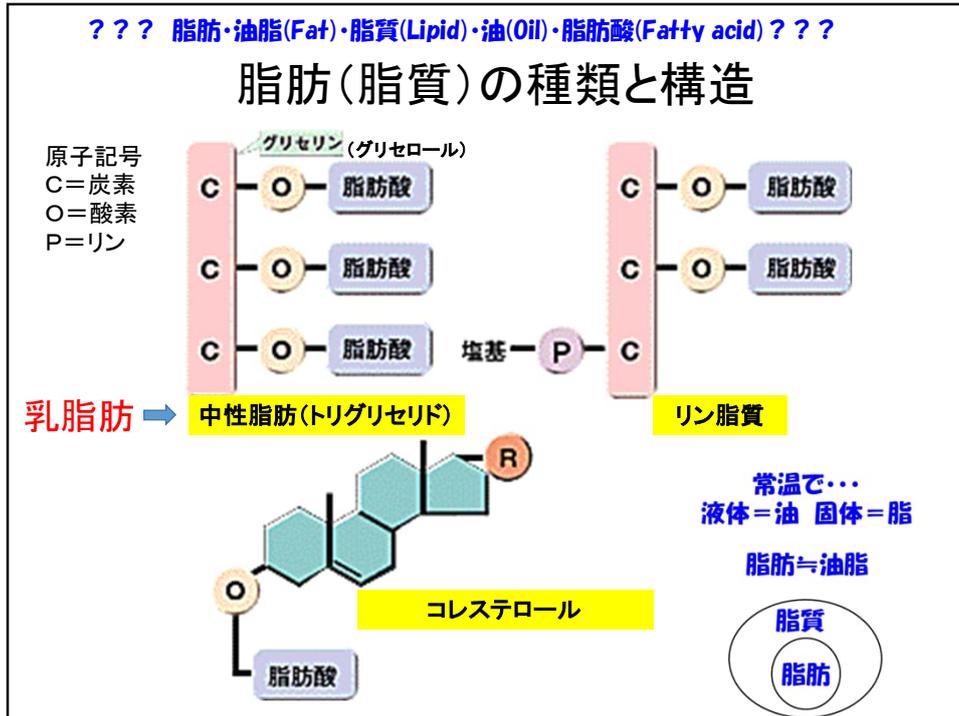
16



17

1. 乳牛の栄養モニタリング手法
 - ③ 乳中脂肪酸組成を活用した
新たな乳牛群評価手法

18



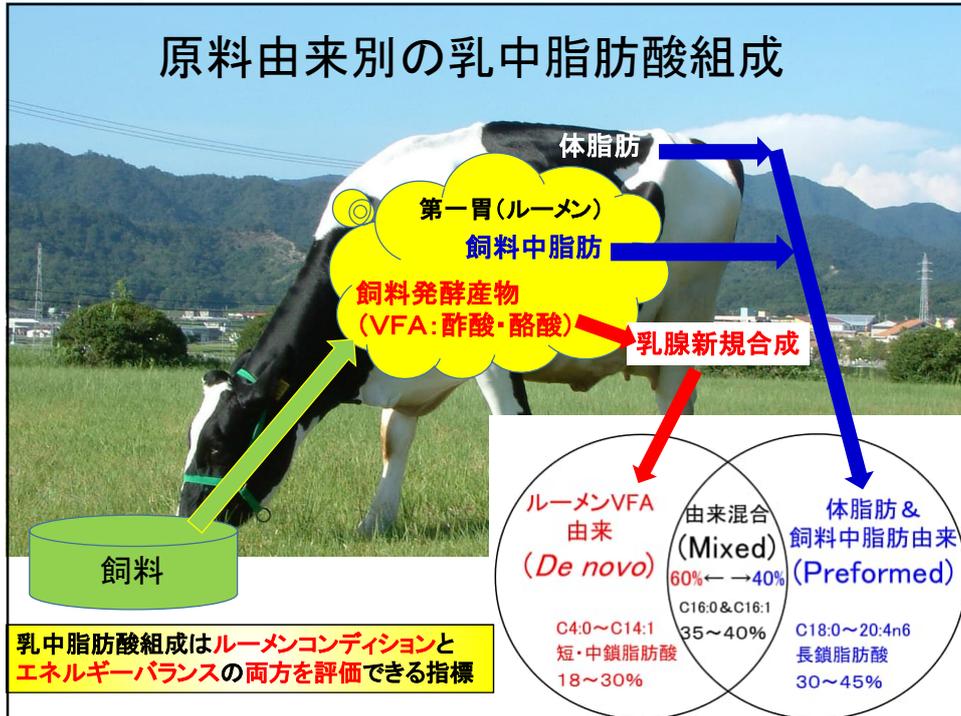
19

乳成分分析装置で推定可能な乳中脂肪酸組成

個別脂肪酸(和名)	略号	平均	生理的区分	Foss-飽和/不飽和	Foss-炭素鎖長
酪酸	C4:0	1.64	De Novo	飽和脂肪酸	短鎖脂肪酸
カプロン酸	C6:0	1.54	De Novo	飽和脂肪酸	短鎖脂肪酸
カプリル酸	C8:0	1.03	De Novo	飽和脂肪酸	短鎖脂肪酸
カプリン酸	C10:0	2.41	De Novo	飽和脂肪酸	短鎖脂肪酸
ラウリン酸	C12:0	2.83	De Novo	飽和脂肪酸	中鎖脂肪酸
ミリスチン酸	C14:0	10.37	De Novo	飽和脂肪酸	中鎖脂肪酸
ミリストレイン酸	C14:1	0.73	De Novo	一価不飽和脂肪酸	中鎖脂肪酸
パルミチン酸	C16:0	35.12	Mixed	飽和脂肪酸	中鎖脂肪酸
パルミトレイン酸	C16:1	1.72	Mixed	一価不飽和脂肪酸	中鎖脂肪酸
ステアリン酸	C18:0	11.95	Prefomed	飽和脂肪酸	長鎖脂肪酸
オレイン酸	C18:1	25.06	Prefomed	一価不飽和脂肪酸	長鎖脂肪酸
トランスバクセン酸	TVA	1.70	Prefomed	トランス脂肪酸	長鎖脂肪酸
リノール酸	C18:2	2.44	Prefomed	多価不飽和脂肪酸	長鎖脂肪酸
γリノレン酸	C18:3n6	0.03	Prefomed	多価不飽和脂肪酸	長鎖脂肪酸
αリノレン酸	C18:3n3	0.31	Prefomed	多価不飽和脂肪酸	長鎖脂肪酸
共役リノール酸	CLA	0.36	Prefomed		長鎖脂肪酸
アラキニン酸	C20:0	0.16	Prefomed	飽和脂肪酸	長鎖脂肪酸
アラキドン酸	C20:4n6	0.18	Prefomed	多価不飽和脂肪酸	長鎖脂肪酸

De Novo :デノボ Mixed:ミクスト Prefomed:プレフォームド

20



21

新報告様式(2022年4月~)

乳中脂肪酸組成に基づく牛群評価帳票

要注意基準値 朝夕

会員名 兵庫早稲農業協同組合
農家名 様
測定日 2022/04/22
区分 タイストール
検体数 50 検体

帳票の活用方法

- ① 罹患リスクや脂肪肝リスクの「要注意」が付いている牛は直ちに獣医師に相談して下さい。
- ② 網掛項目のある個体は「網掛範囲」や別シートの基準値と比較し、大幅に逸脱している場合は原因を追及し、必要に応じて対処して下さい。
- ③ 網掛が多い項目に注目し、飼養管理の問題点・改善点を技術

近畿生乳販売農業協同組合連合会 生乳検査所

牛群評価結果活用説明

乳中脂肪酸組成は、乳脂肪は牛乳中の脂肪酸組成を構成しています。脂肪酸は飼料由来の脂肪酸と体脂肪由来の脂肪酸とに分けられ、脂肪酸組成は、その脂肪酸の種類によって大きく分けて De novo, Mixed, Preformed の3つに分類されます。

農家名	0 様										Milkベース				FAベース			
	種次	分娩後 日数	乳量 (kg)	乳脂肪 (%)	乳蛋白 (%)	乳糖 (%)	MUN (mg/dL)	体細胞 (千/ml)	De novo (%)	Mixed (%)	Preform (%)	De novo (%)	Mixed (%)	Preform (%)	De novo (%)	Mixed (%)	Preform (%)	
0253夕	3	10	35.0	6.90	3.11	4.06	15.4	37	0.37	5.7	33.2	58	33.2	8	19.5	40.6	38	
0253朝				3.93	3.13	4.10	15.6	25	0.51	19.6	35.6	41	35.6	41	19.6	35.6	41	
0279夕	1	27	33.1	6.46	2.93	4.53	14.9	213	0.90	17.2	38.3	44	38.3	44	17.2	38.3	44	
0279朝				3.62	2.96	4.63	14.2	76	0.72	20.9	39.9	38	39.9	38	20.9	39.9	38	
0246夕	4	41	55.1	4.56	2.78	4.47	12.6	203	0.66	15.3	38.2	43	38.2	43	15.3	38.2	43	
0246朝				3.34	2.63	4.47	14.3	59	0.56	17.8	40.4	38	40.4	38	17.8	40.4	38	
0266夕				5.16	3.09	4.61	13.3	8	0.96	19.5	40.6	38	40.6	38	19.5	40.6	38	

牛群評価グラフ

会員名 兵庫早稲農業協同組合
農家名 様
測定日 2022/04/22

要注意 頭数	De novo(De)	Preformed(Pre)	DMI
今月	17	5	10
先月	15	11	10
先々月	9	10	13

評価結果の概要

評価結果は、乳中脂肪酸組成に基づいて評価されています。評価結果は、乳中脂肪酸組成に基づいて評価されています。評価結果は、乳中脂肪酸組成に基づいて評価されています。

今月

先月

先々月

22

AIコメントは4種類

- ① 著しいエネルギー不足状態です。放置すれば廃用や繁殖障害のリスクが高まります。
- ② 個別給与なら乳量に見合った量まで増給し、群飼なら喰い負けや食欲をチェックして下さい。
- ③ 乾乳間近なら、過肥にならないよう注意して下さい。
- ④ この調子で

①～③は要注意コメント→全コメントに占める割合が40%を超えたらご相談を！

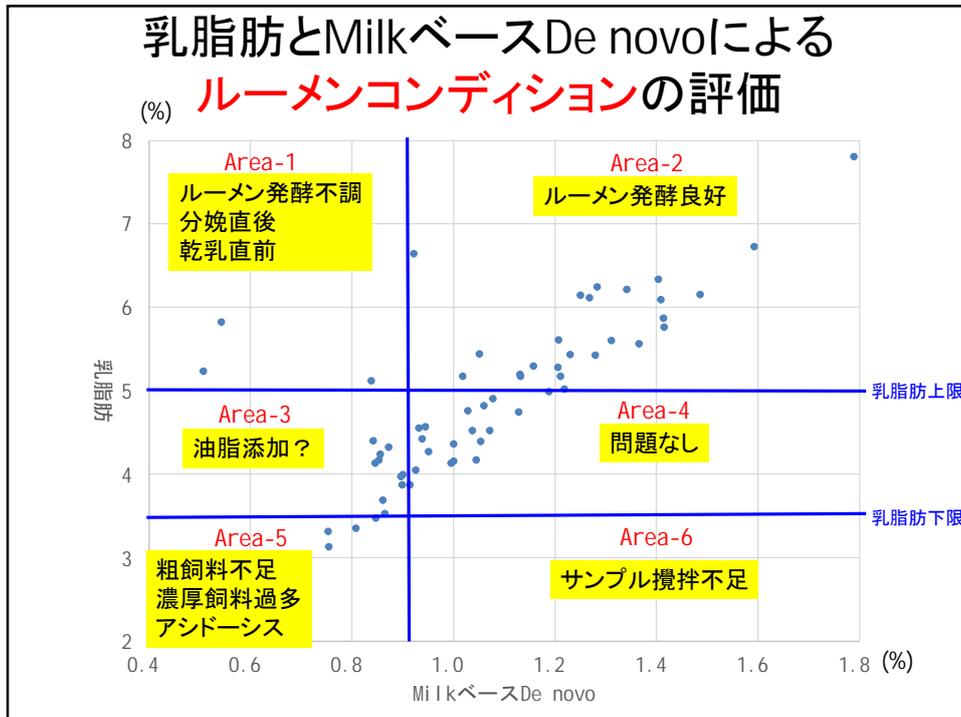
牛群評価帳票に基づく人工知能 (AI) コメント

会員名 兵庫県酪農業協同組合 農家名 牧場 対象月 2021/08/25	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">要注意コメント項目</th> <th style="text-align: right;">割合</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>● 著しいエネルギー不足状態です。放置すれば廃用や繁殖障害のリスクが高まります。</td> <td style="text-align: right;">10.0%</td> </tr> <tr> <td>● 個別給与なら乳量に見合った量まで増給し、群飼なら喰い負けや食欲をチェックして下さい。</td> <td style="text-align: right;">18.0%</td> </tr> <tr> <td>● 乾乳間近なら、過肥にならないよう注意して下さい。</td> <td style="text-align: right;">4.0%</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">要注意コメント割合合計</td> <td style="text-align: right;">32.0%</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center; color: red;">※要注意コメント割合が合計40%以上の場合は一度指導機関にご相談下さい。</p>	要注意コメント項目	割合	● 著しいエネルギー不足状態です。放置すれば廃用や繁殖障害のリスクが高まります。	10.0%	● 個別給与なら乳量に見合った量まで増給し、群飼なら喰い負けや食欲をチェックして下さい。	18.0%	● 乾乳間近なら、過肥にならないよう注意して下さい。	4.0%	要注意コメント割合合計	32.0%
要注意コメント項目	割合										
● 著しいエネルギー不足状態です。放置すれば廃用や繁殖障害のリスクが高まります。	10.0%										
● 個別給与なら乳量に見合った量まで増給し、群飼なら喰い負けや食欲をチェックして下さい。	18.0%										
● 乾乳間近なら、過肥にならないよう注意して下さい。	4.0%										
要注意コメント割合合計	32.0%										

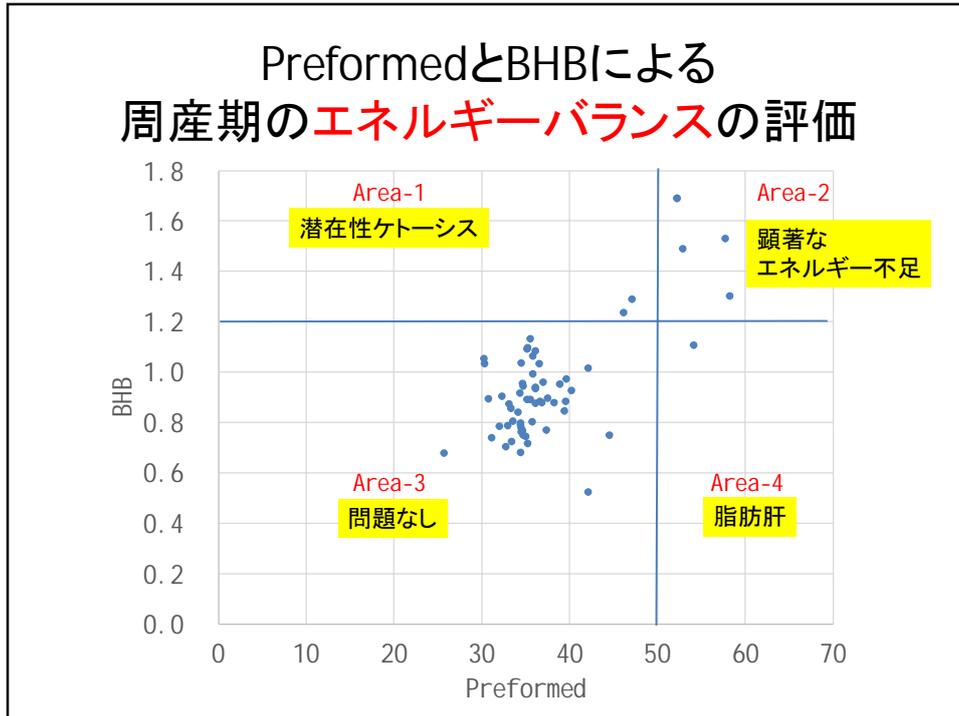
COWNo.	分娩後日数	乳量	乳脂肪	乳蛋白	MUN	Denovo	Preformed	DMI	コメント
0273夕	23	26	6.57	3.17	12.6	9.1	59.0	14	著しいエネルギー不足状態です。放置すれば廃用や繁殖障害のリスクが高まります。
0273朝			4.44	3.33	10.6	15.2	49.0		著しいエネルギー不足状態です。放置すれば廃用や繁殖障害のリスクが高まります。
0273夕			4.01	2.02	15.0	16.7	49.9	21	著しいエネルギー不足状態です。放置すれば廃用や繁殖障害のリスクが高まります。
0273朝			4.44	3.33	10.6	15.2	49.0	21	個別給与なら乳量に見合った量まで増給し、群飼なら喰い負けや食欲をチェックして下さい。
0273夕			4.01	2.02	15.0	16.7	49.9	21	個別給与なら乳量に見合った量まで増給し、群飼なら喰い負けや食欲をチェックして下さい。
0249朝	41	46	3.36	2.90	12.6	22.6	36.8	20	著しいエネルギー不足状態です。放置すれば廃用や繁殖障害のリスクが高まります。
0270夕	81	26	3.71	3.12	14.7	24.2	34.6	18	この調子で
0270朝			3.75	3.09	15.4	23.9	34.3		この調子で
0235夕	319	28	4.76	3.91	13.9	24.4	35.4	19	この調子で
0235朝			3.81	3.71	13.7	26.5	29.8		この調子で
0247夕	529	25	5.64	4.24	9.2	22.4	36.7	18	乾乳間近なら、過肥にならないよう注意して下さい。
0247朝			4.64	4.04	8.9	24.5	31.5		乾乳間近なら、過肥にならないよう注意して下さい。

朝夕でコメントが異なる場合はより厳しいコメントを参考に！

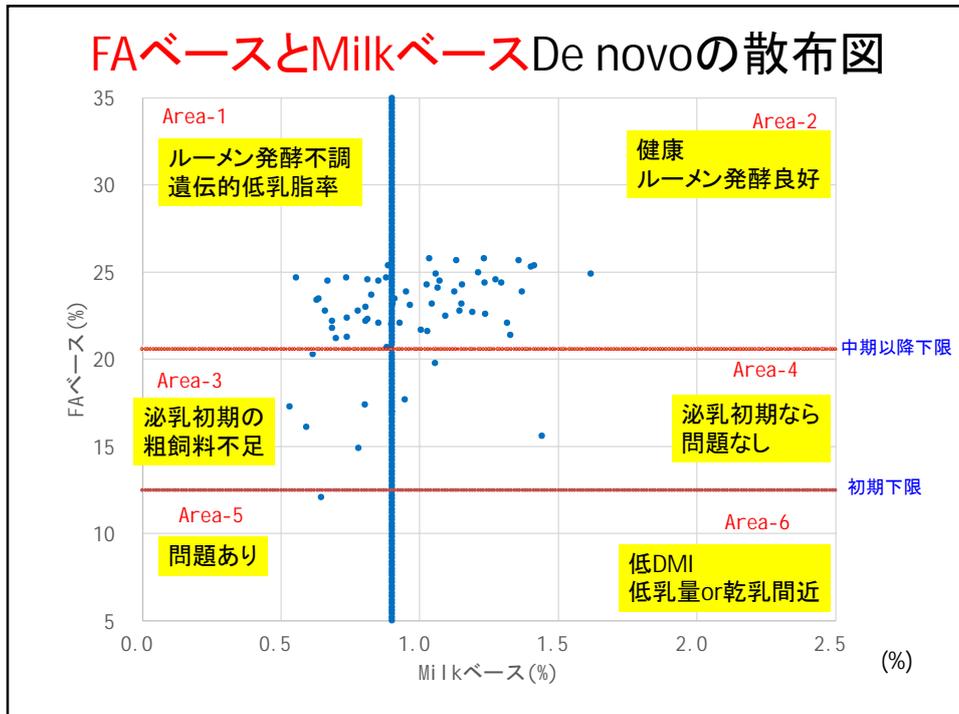
23



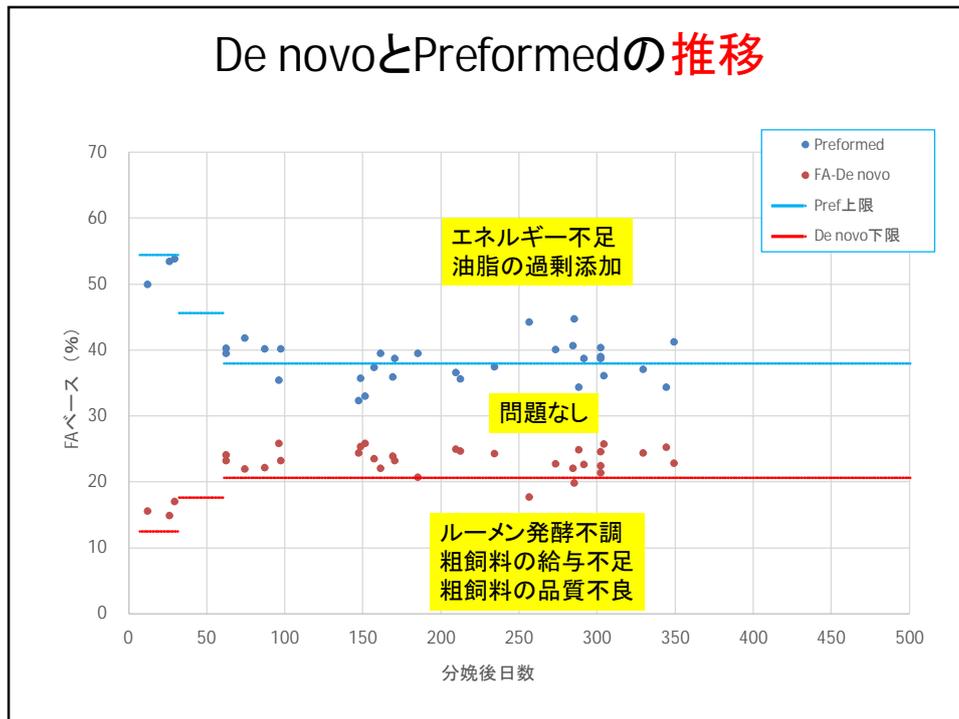
24



25



26

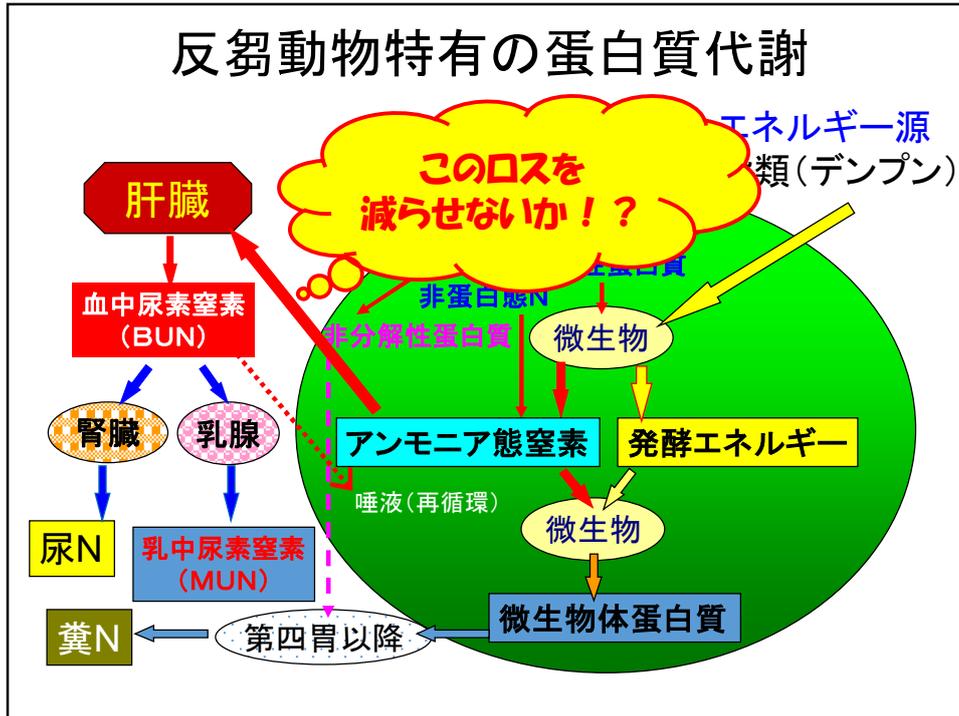


27

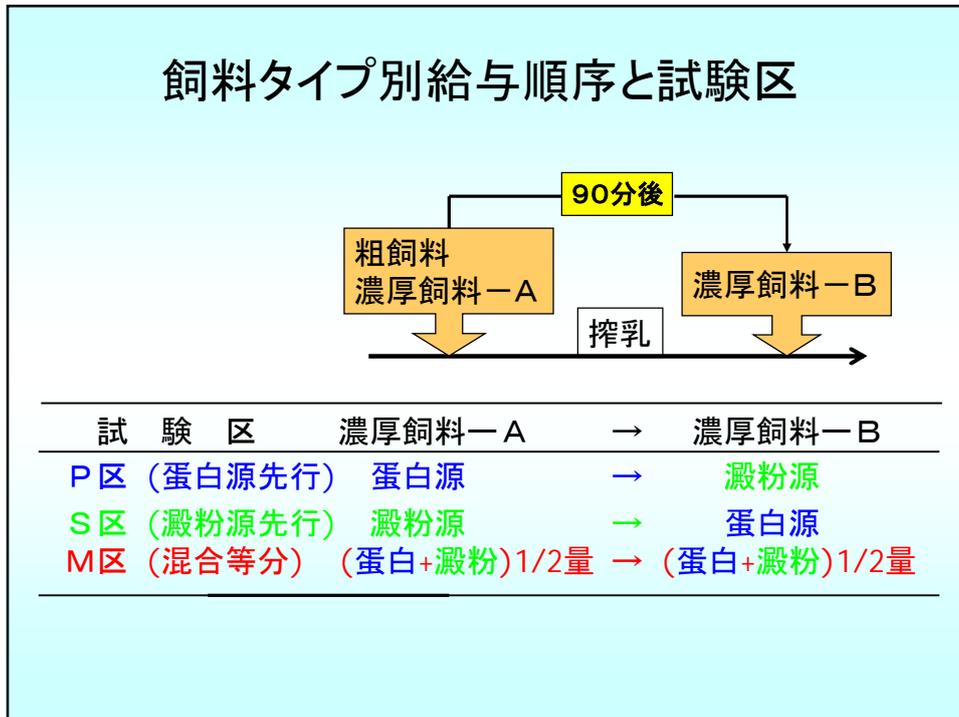
2. 乳牛の飼養効率向上

① ルーメン内窒素代謝の効率化

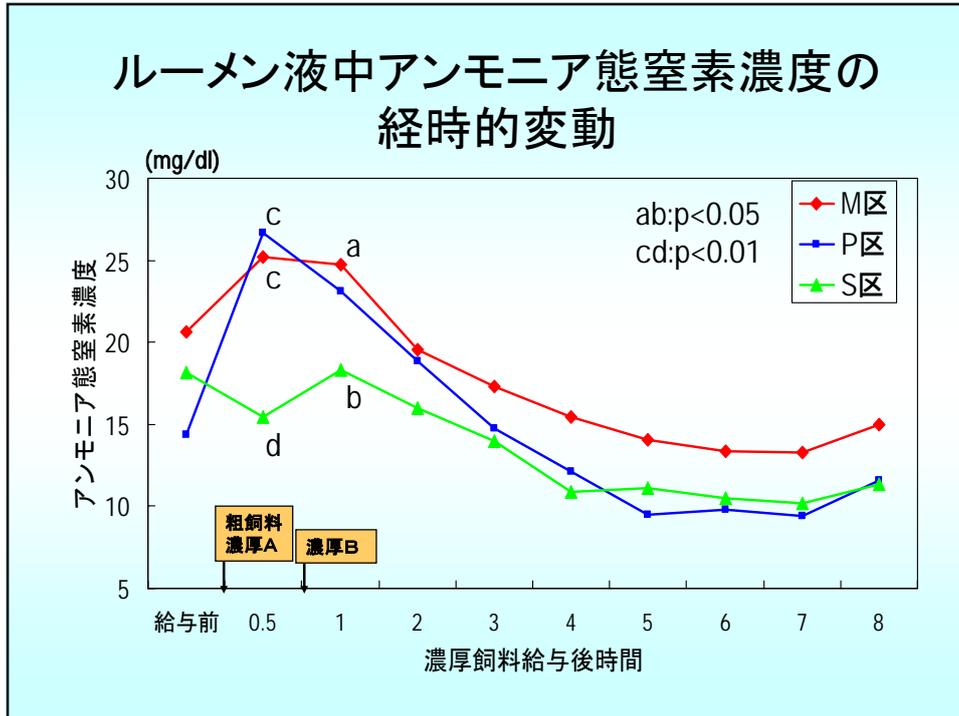
28



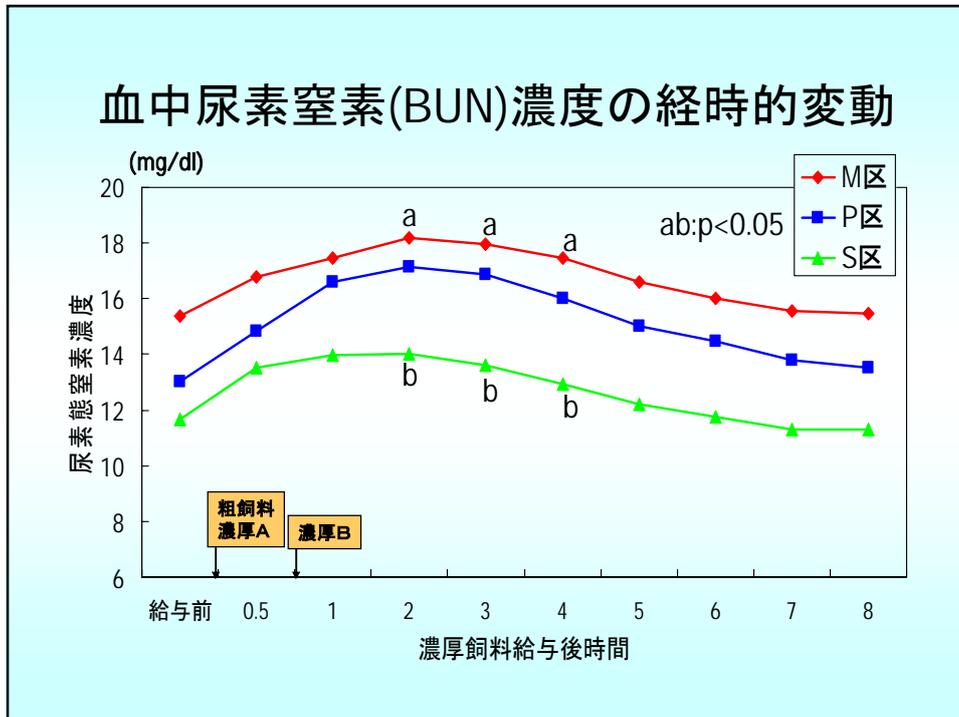
29



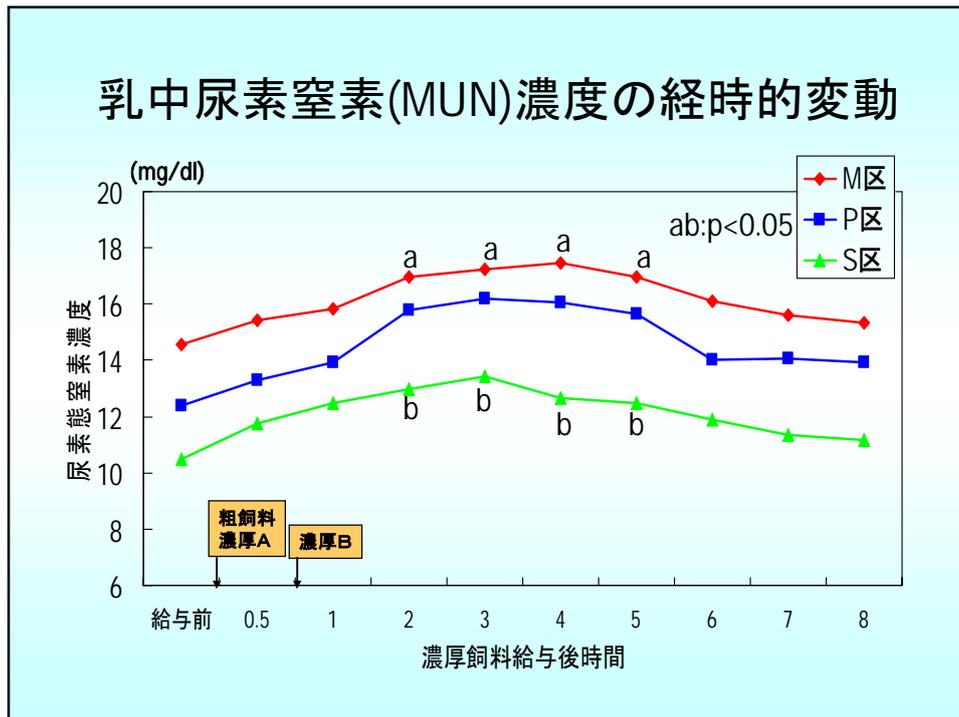
30



31



32

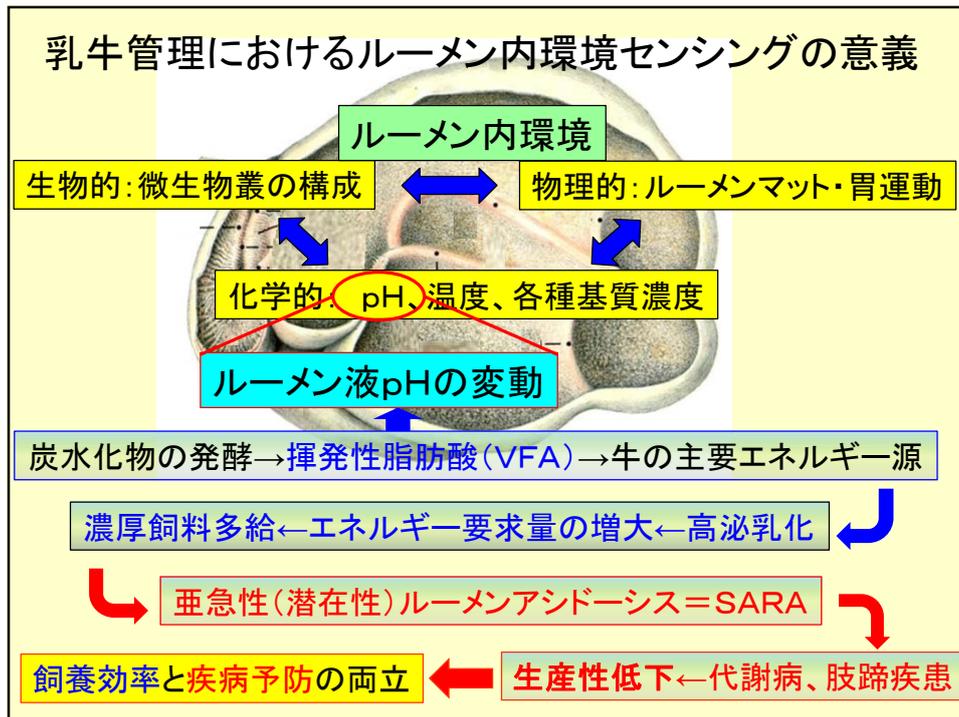


33

2. 乳牛の飼養効率向上

② ルーメン内発酵の安定化

34



35

ルーメンアシドーシス

急性ルーメンアシドーシス

易発酵性炭水化物飼料の**盗食**などで発症 **事故**

乳酸産生菌の増殖 → 乳酸増加 → ルーメン液pH5.0以下
 → ルーメン内**グラム陰性菌**の分解 → **エンドトキシン**産生
 → ショック症状や各種障害

亜急性(潜在性)ルーメンアシドーシス(SARA)

臨床症状は示さないが、生産性は低下する。 **生産病**

ルーメン液pH5.6以下の状況が**少なくとも3時間**
 以上**継続**する。(Gozho G.N., 2005)

※ **SARAの診断には**
ルーメン液pHの連続測定が不可欠!

36

ルーメンpHセンサ (山形東亜DKK社製)

● 外観 (砲弾型)



145.2mm

ガラス電極



φ30mm

底面方向より

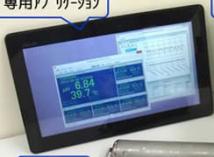
pHセンサーの改良

- ・パソコン1台で制御可能なセンサー数を拡大 (従来は8台が上限 → 16台まで可能に)
- ・工程・材料の見直しにより品質コストを改善

アプリケーション機能拡張

- ・診断や統計処理に必要な機能を検討、アプリケーション仕様を策定し開発に着手

専用アプリケーション



受信機



中継機



pHセンサー



専用アプリケーションをインストールしたPCにUSB接続した受信機





受信状況に応じて牛舎内に中継機を設置

37

ルーメンpHセンサー

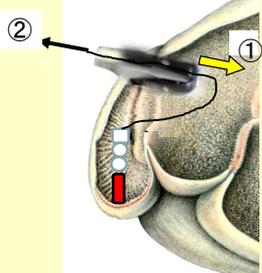


回収用の鎖 (磁性体) を取り付けした状態



回収器

経口投与


38

分離給与でルーメン発酵を安定させる

給餌スケジュール

分離給与では粗飼料から給与することは多くの酪農家が認識し、実践している。



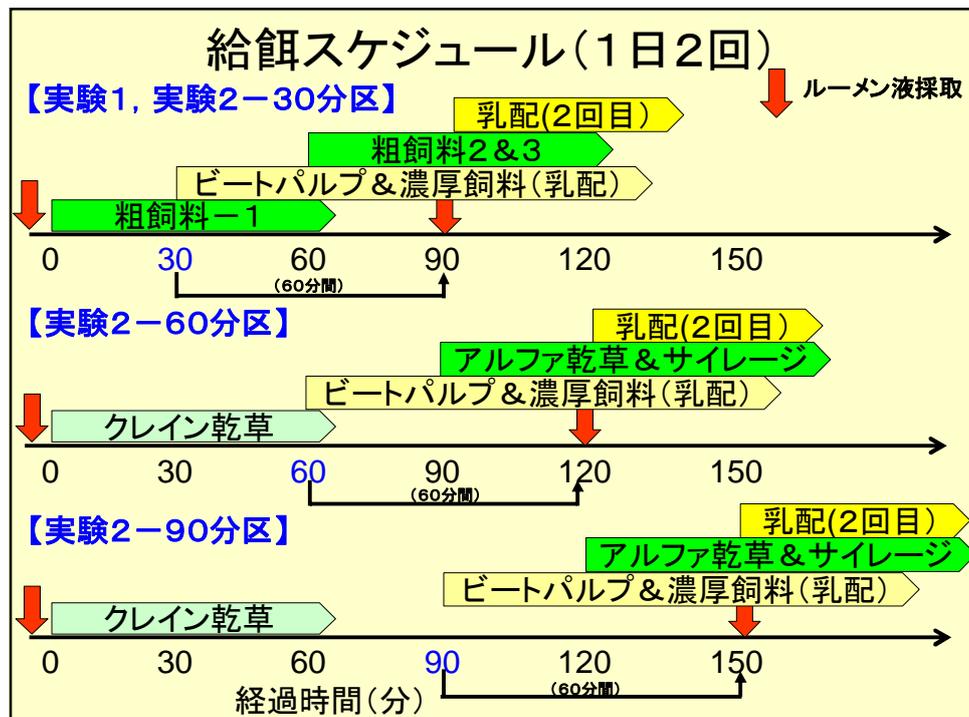
最初に給与する粗飼料は？

粗飼料を給与してから濃厚飼料を給与するまでの間隔は？

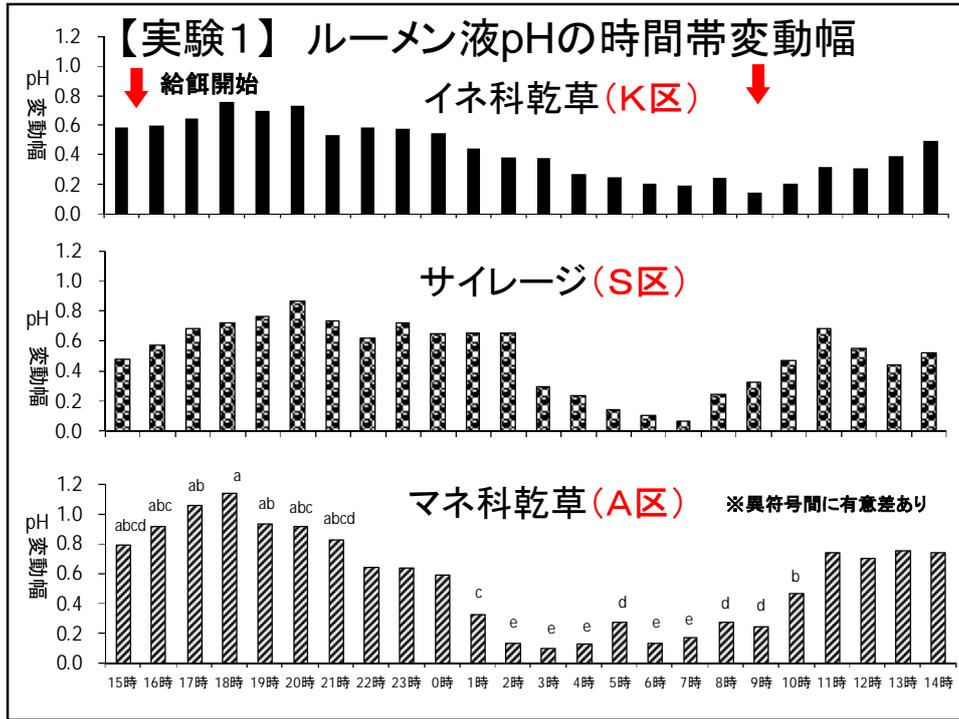


- ①最初に給与する粗飼料の種類
- ②粗飼料給与から濃厚飼料給与までの時間間隔がルーメン発酵(pH変動)に及ぼす影響を検討する。

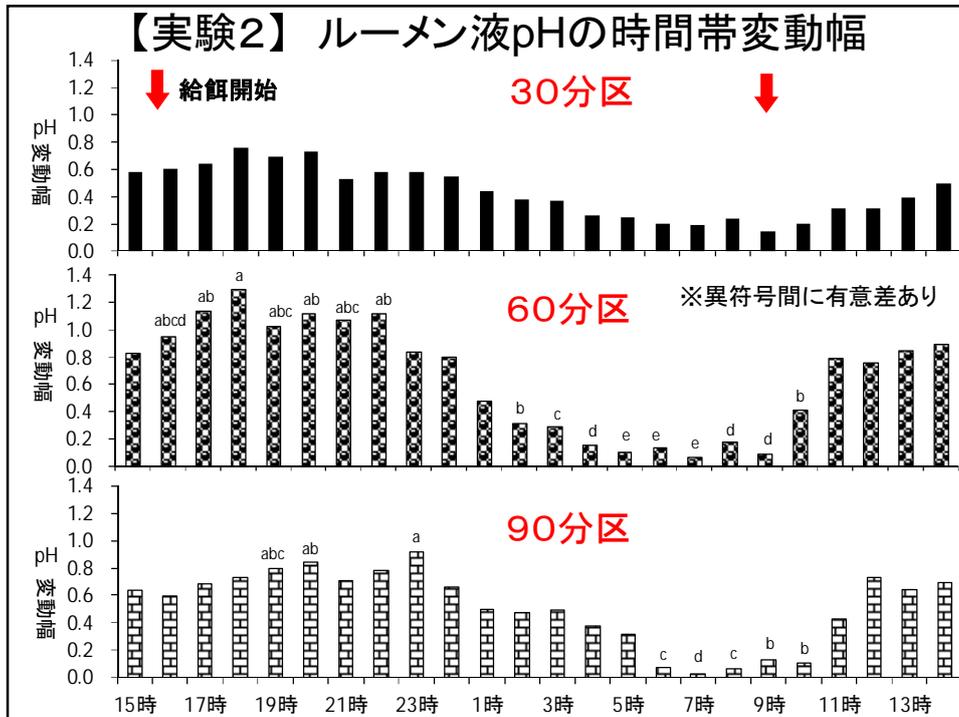
39



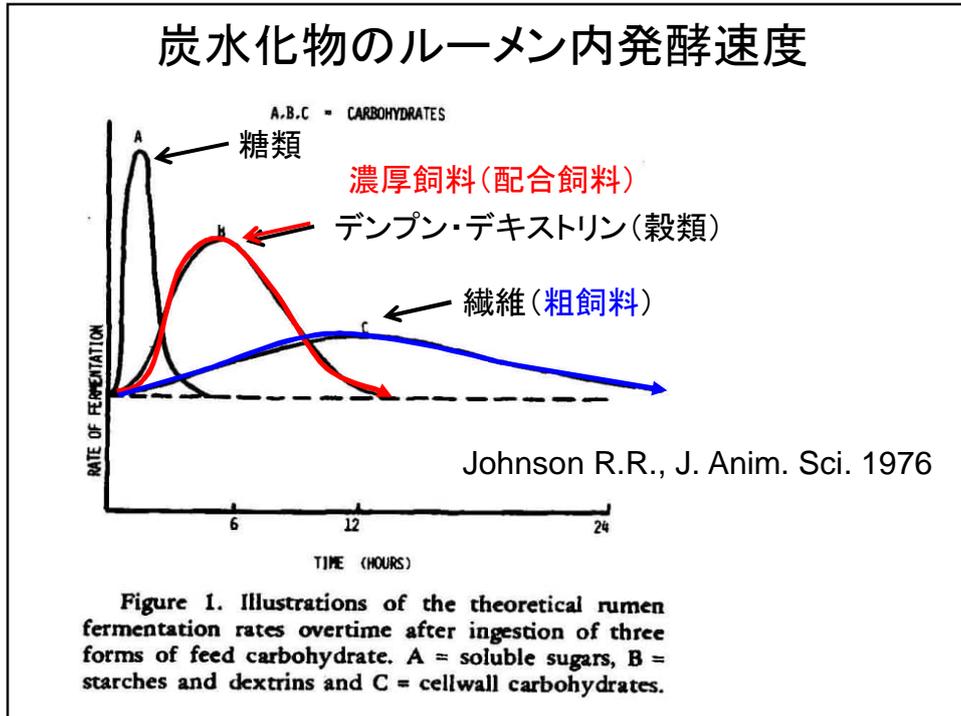
40



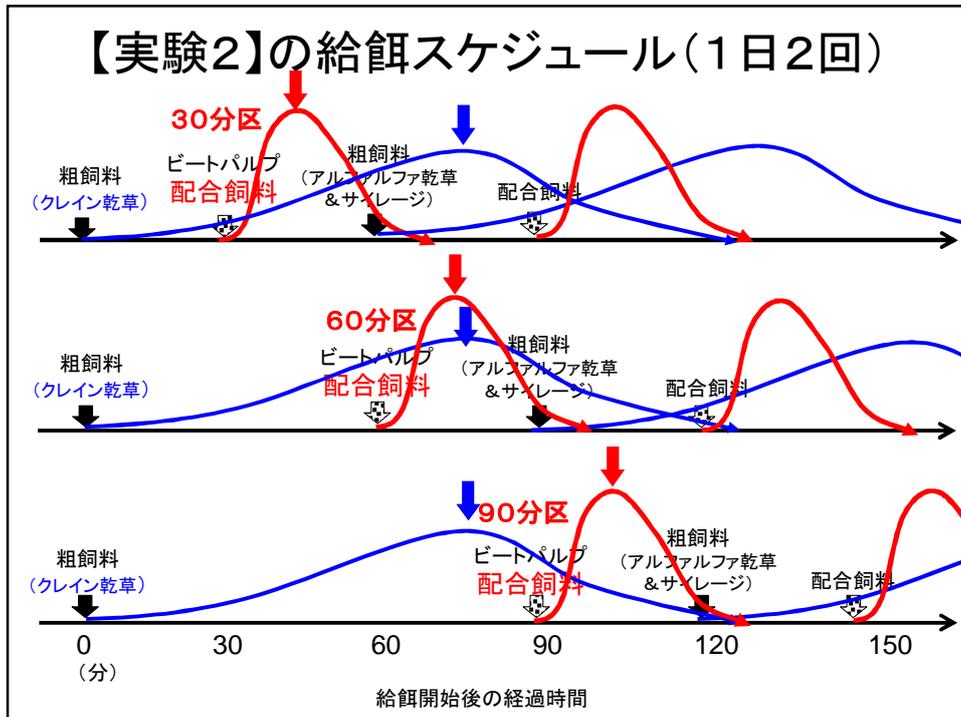
41



42



43



44

完全混合飼料(TMR)で ルーメン発酵を安定させる調整条件

TMRの**切断長**は第一胃(ルーメン)内環境を安定させる上で重要な要素とされている。



その他の要因との関連性は？



- ①乾草の種類(硬さ) × **切断長**
 - ②非繊維性炭水化物(NFC)含量 × **切断長**
- がルーメン発酵(pH変動)に及ぼす影響を検討する。

45

パーティクルセパレーター による切断長の測定

各篩上の重量を入力

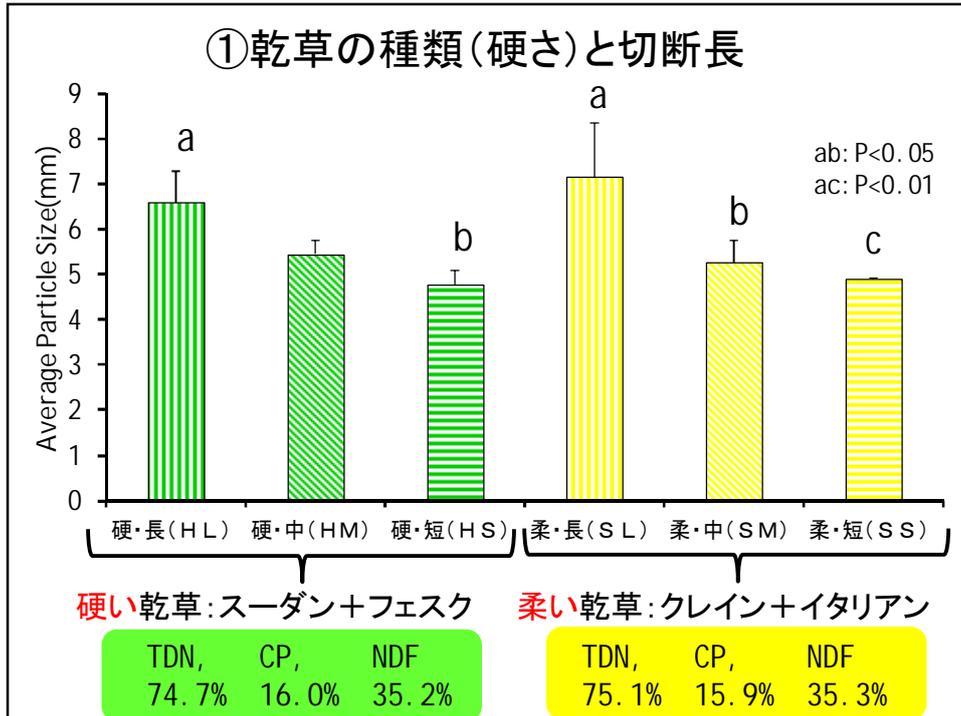
INPUT		3000 入力はこの値		3000 入力はこの値	
Sieve	Weight (grams)	Sample TYPE	Weight (grams)	Sample TYPE	Weight (grams)
Upper	0.015	1.725	0.025	1.735	
Middle	0.050	1.405	0.130	1.430	
Lower		1.425	0.065	1.490	
Bottom Pan		1.715	0.065	1.780	
Total	2.20		0.250		

OUTPUT		3000 入力はこの値		3000 入力はこの値	
Sieve	Particles Remaining (% of total)	Cumulative Particles (% under each size)	Particles Remaining (% of total)	Cumulative Particles (% under each size)	Particles Remaining (% of total)
Upper	23	33	30	30	30
Middle	55	70	51	67	51
Lower	16	76	16	83	16
Bottom Pan					

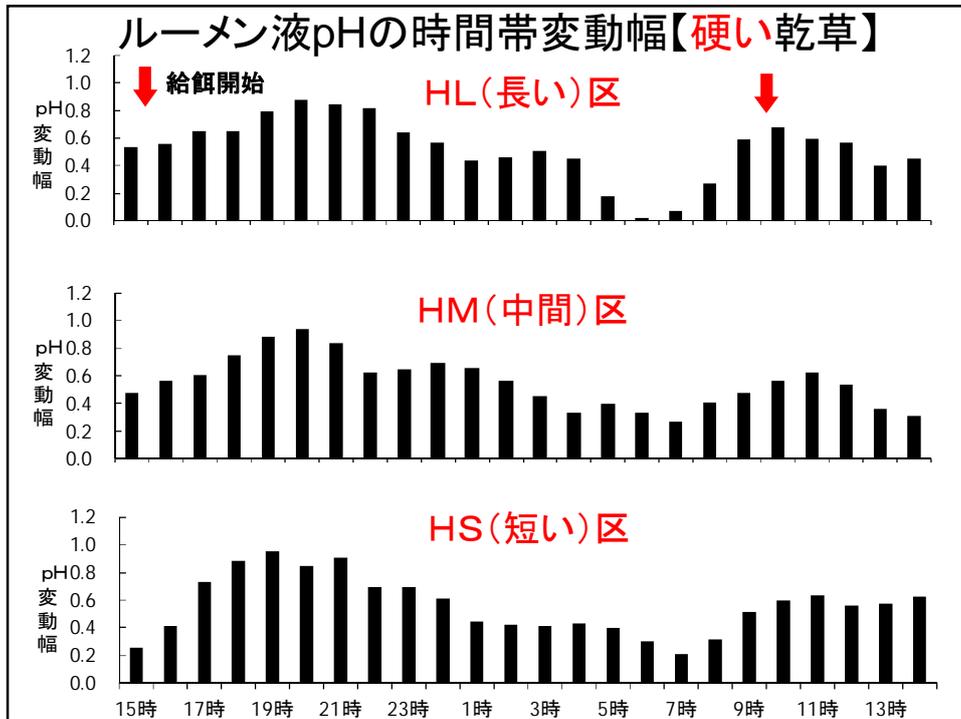
Section 2. Sample Parameters		Sample 1	Sample 2
Average Particle Size (mm)		4.40	4.74
Standard Deviation (mm)		2.66	2.80

Section 3. Recommended Distribution of Particles		Sample Type: TMR
Sieve	Particles Remaining (% of total)	
Upper	20 to 5	
Middle	30 to 50	
Lower	30 to 50	
Bottom Pan	20 or less	

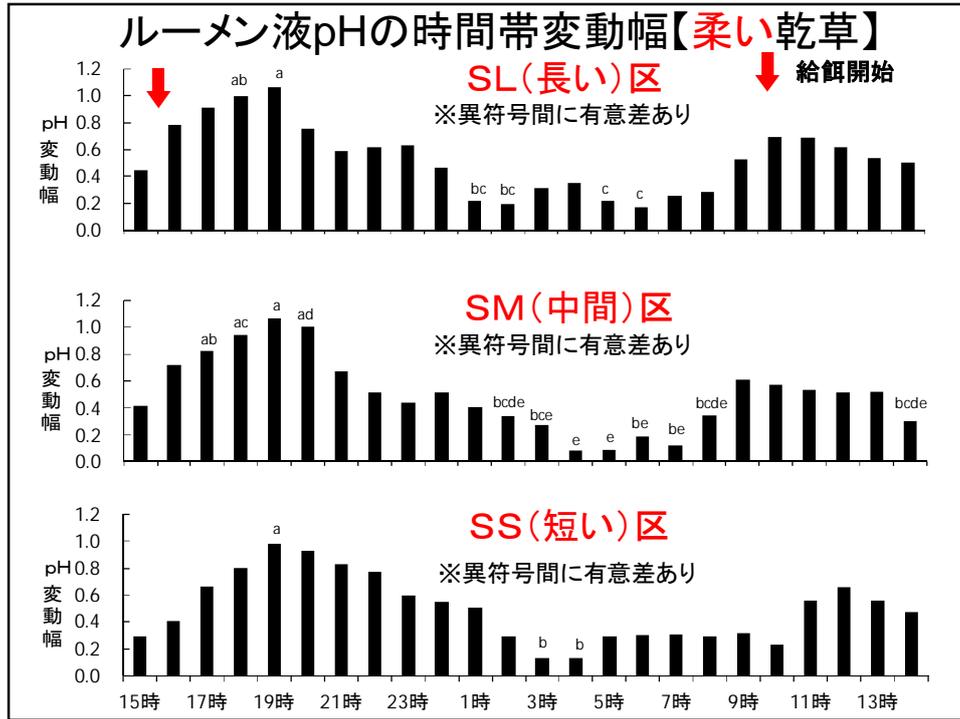
46



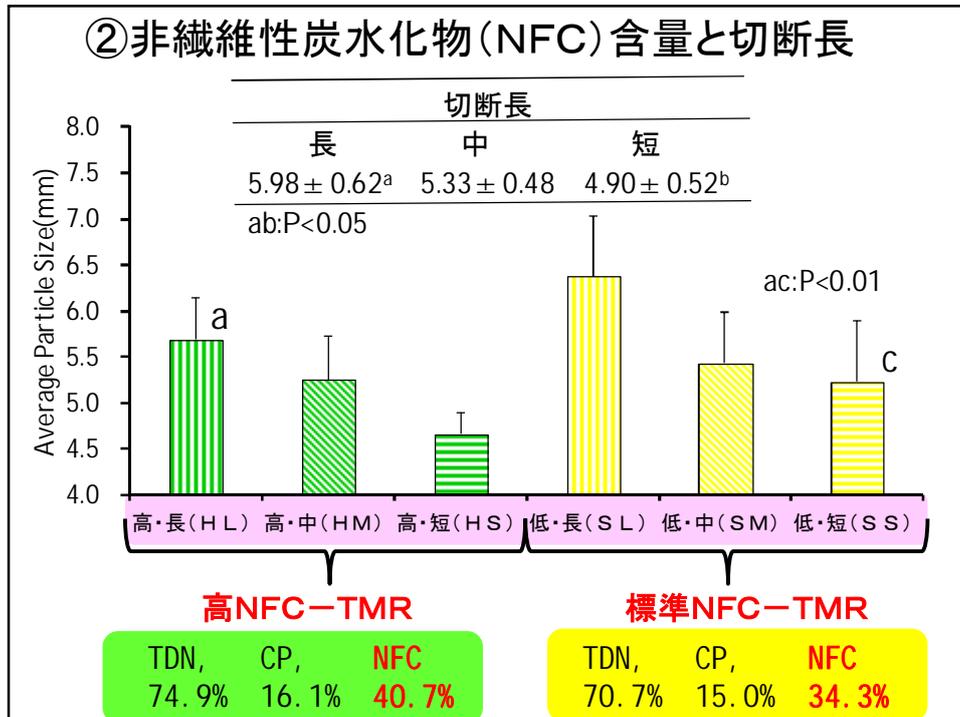
47



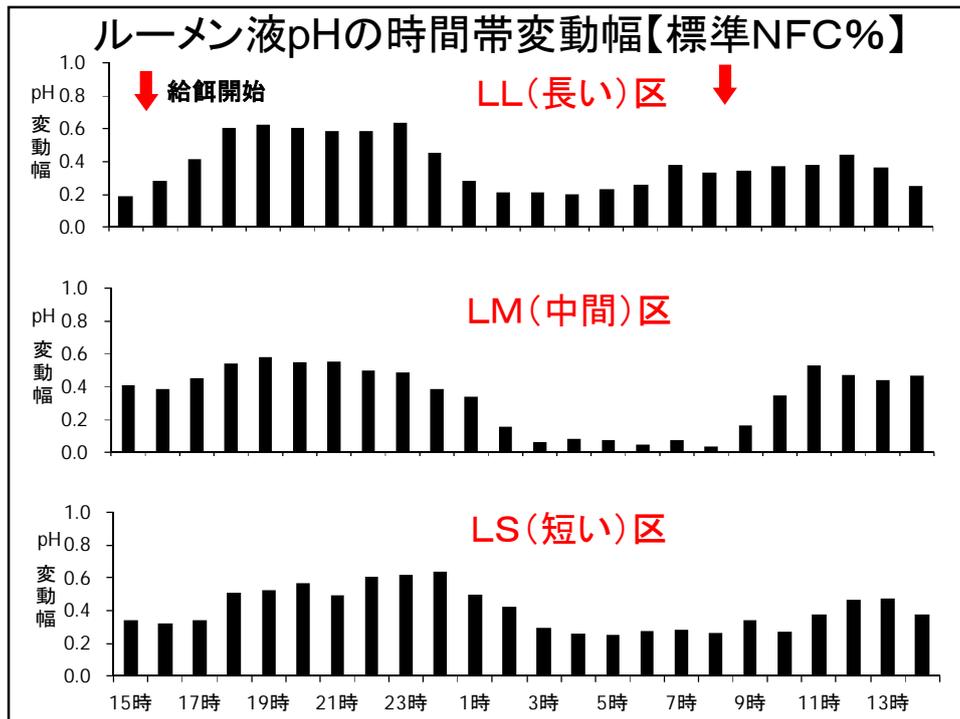
48



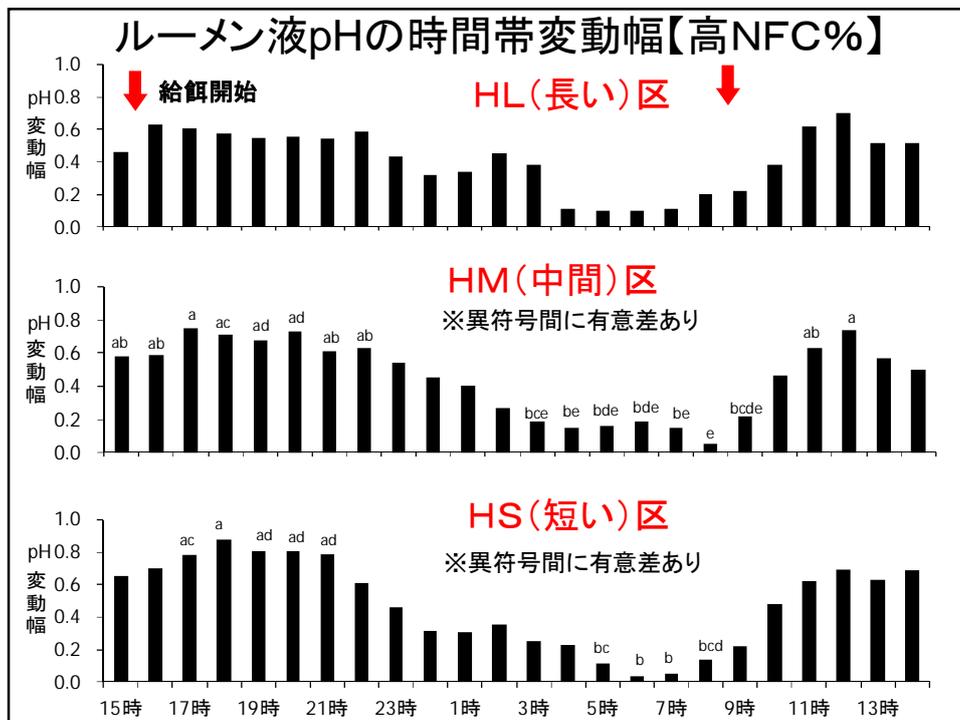
49



50



51



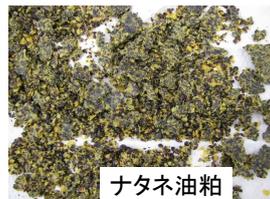
52

2. 乳牛の飼養効率向上

③ エコフィードの飼料特性解明

53

給与試験を行ったエコフィード

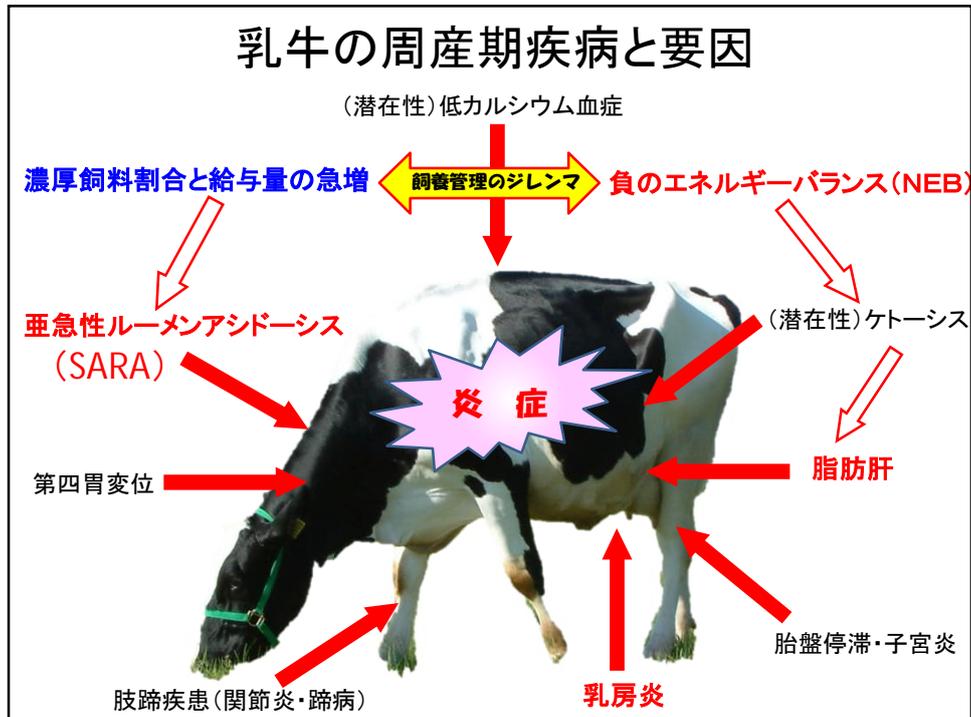


54

3. 酪農の生産性阻害要因防除

① 周産期疾病の要因解析と防除法

55



56

背景



実態は？

分娩前後の濃厚飼料給与状況(兵庫県内酪農家11戸)

乾乳期の増量	あり: 6戸	なし: 5戸
乾乳前期給与量(kg)	0	~ 4.7
乾乳後期給与量(kg)	2.5	~ 5.0
分娩後増量に要する日数	7	~ 30
増量率(g/日)	300	~ 1429

亜急性(潜在性)ルーメンアシドーシス
Subacute Ruminal Acidosis (SARA)

<原因> 高泌乳牛の養分充足のため、**分娩後早期から濃厚飼料多給**

↓

<症状> 飼料摂取量の変動、慢性的な下痢・軟便→養分消化率の低下

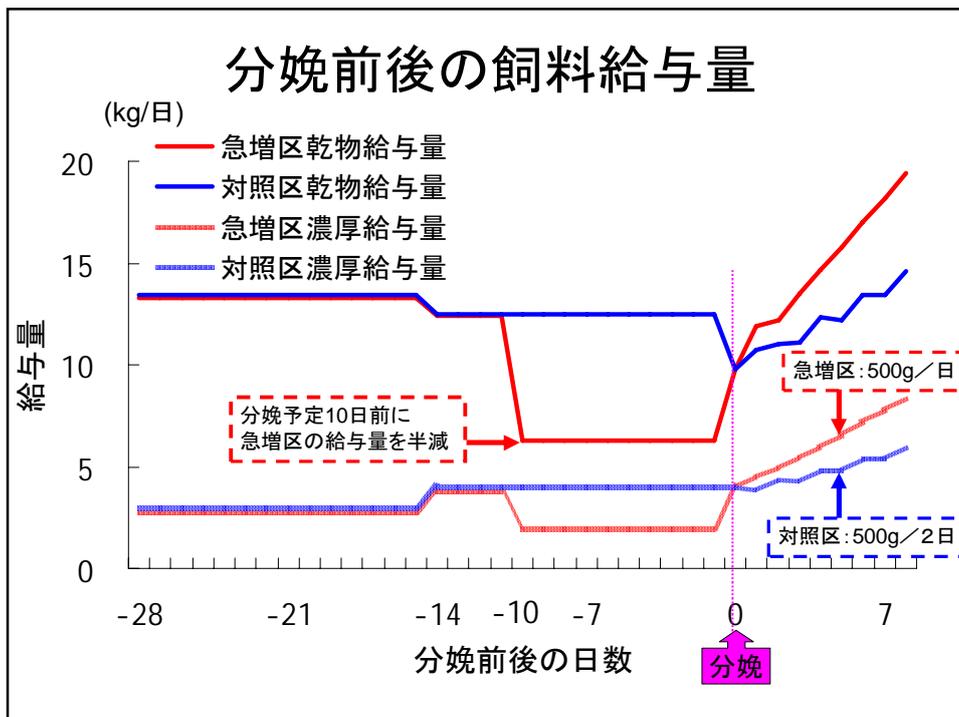
↓

<影響> 乳生産の低下→肢蹄疾患→繁殖障害 ←生産性阻害

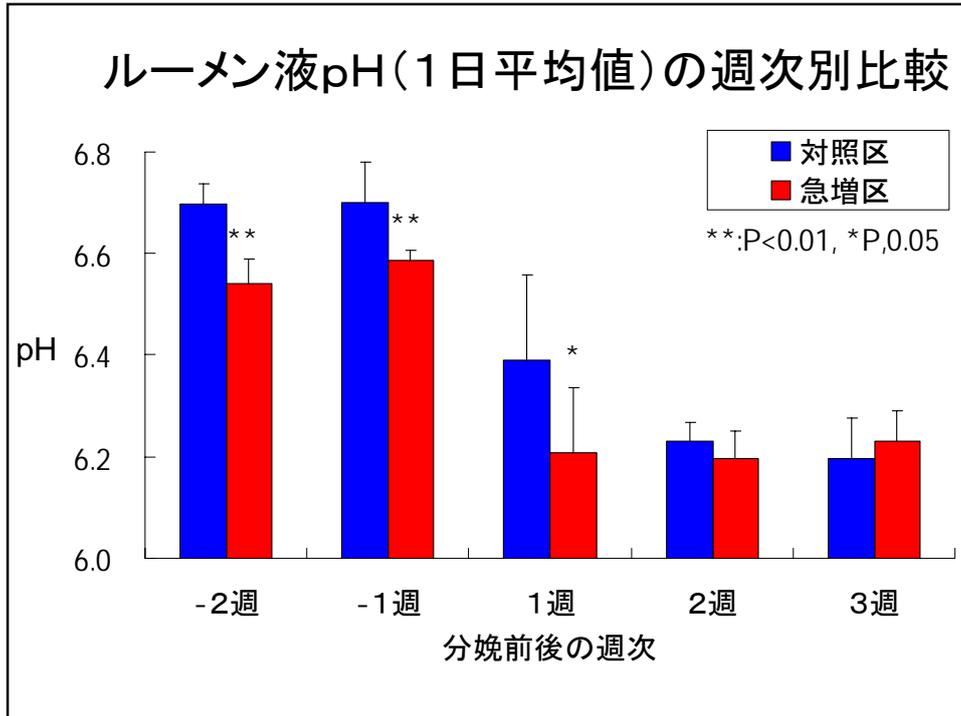
↓

<診断> 第一胃底部のpHが5.6未満

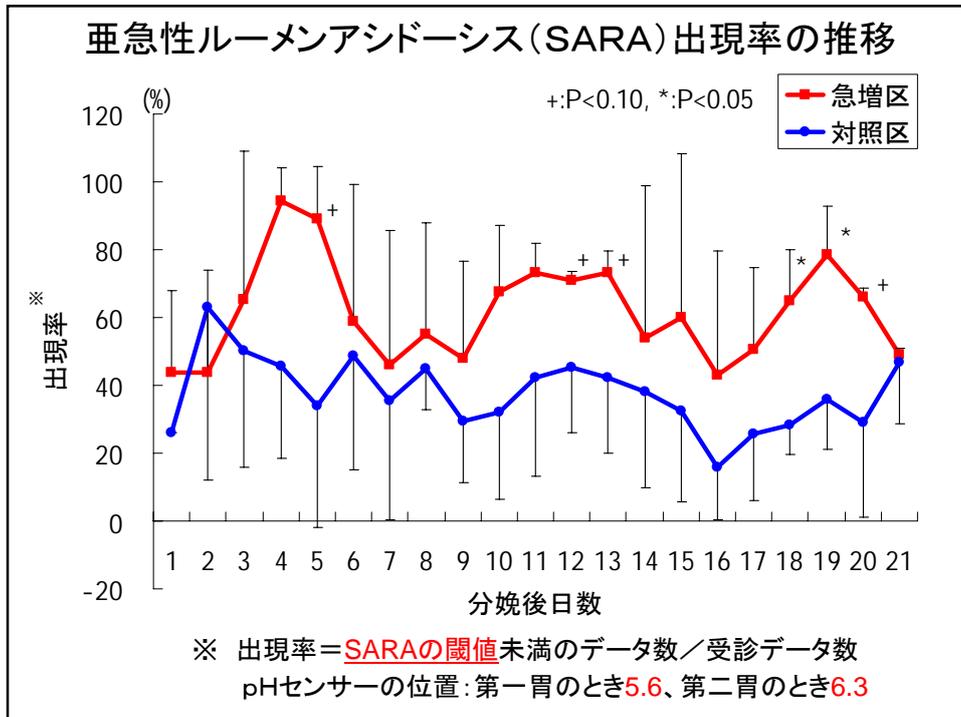
57



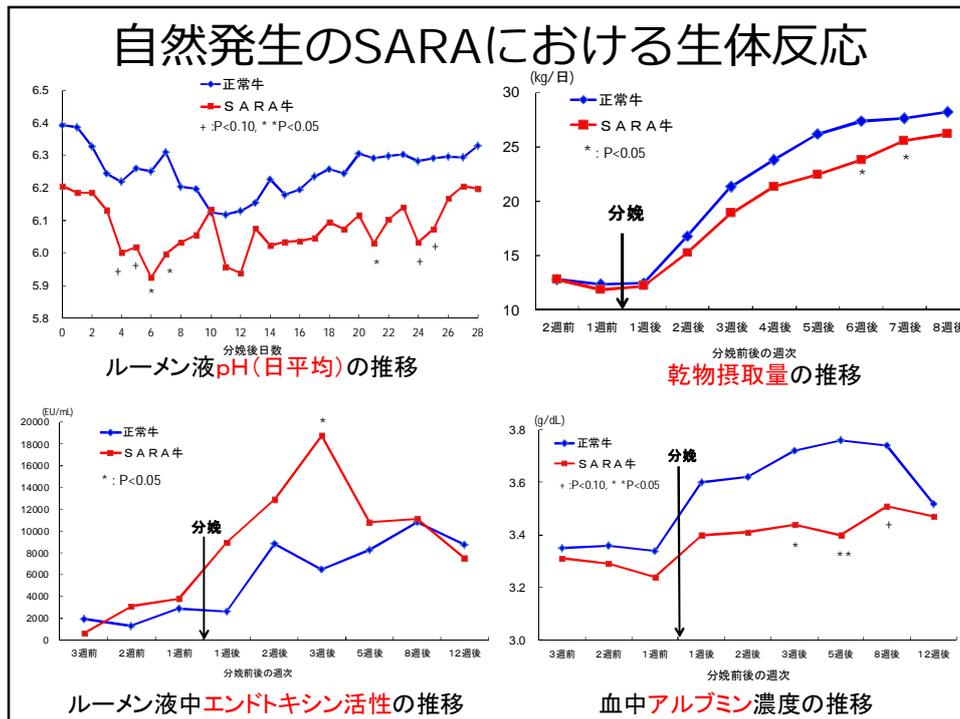
58



59



60

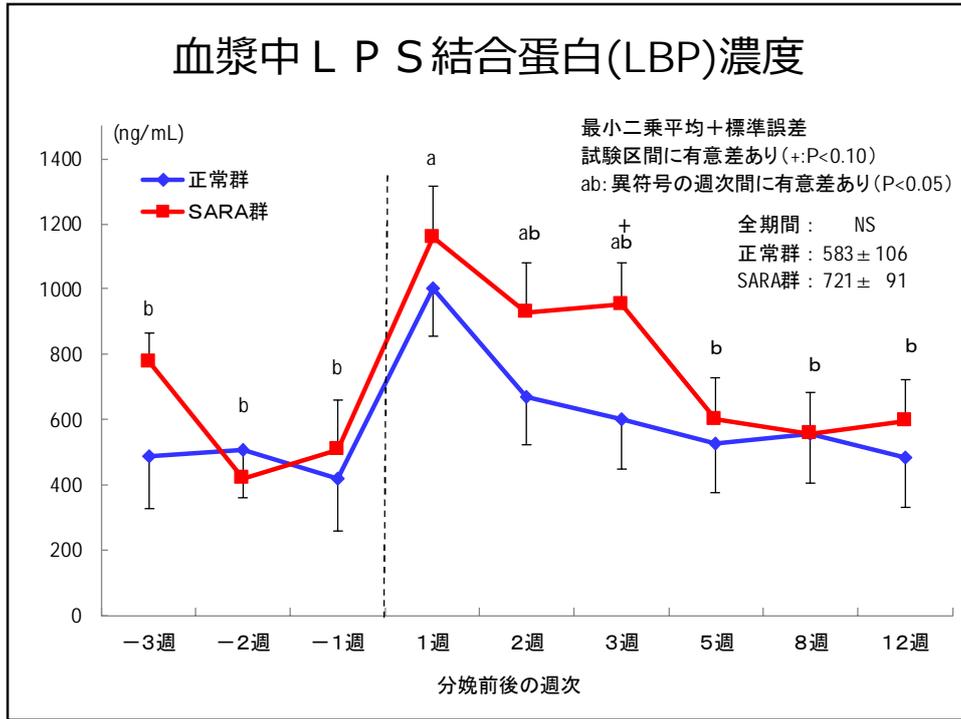


61

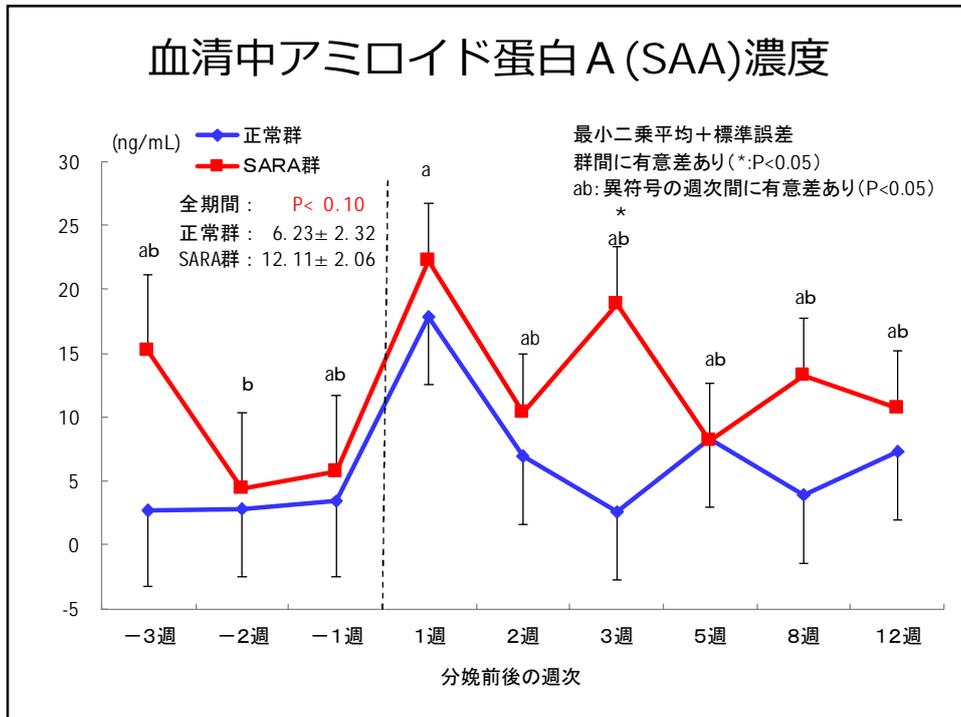
血中炎症反応指標

- **急性期蛋白**
LPS結合蛋白(LBP)、ハプトグロビン(Hp)
血清アミロイドA蛋白(SAA)
- **炎症性サイトカイン**
インターフェロン γ (IFN- γ)、腫瘍壊死因子(TNF- α)
インターロイキン(IL-4)と(IL-6)
- **代謝ホルモン**
インスリン様成長因子 I (IGF-1)、インスリン(Ins)
成長ホルモン(GH)

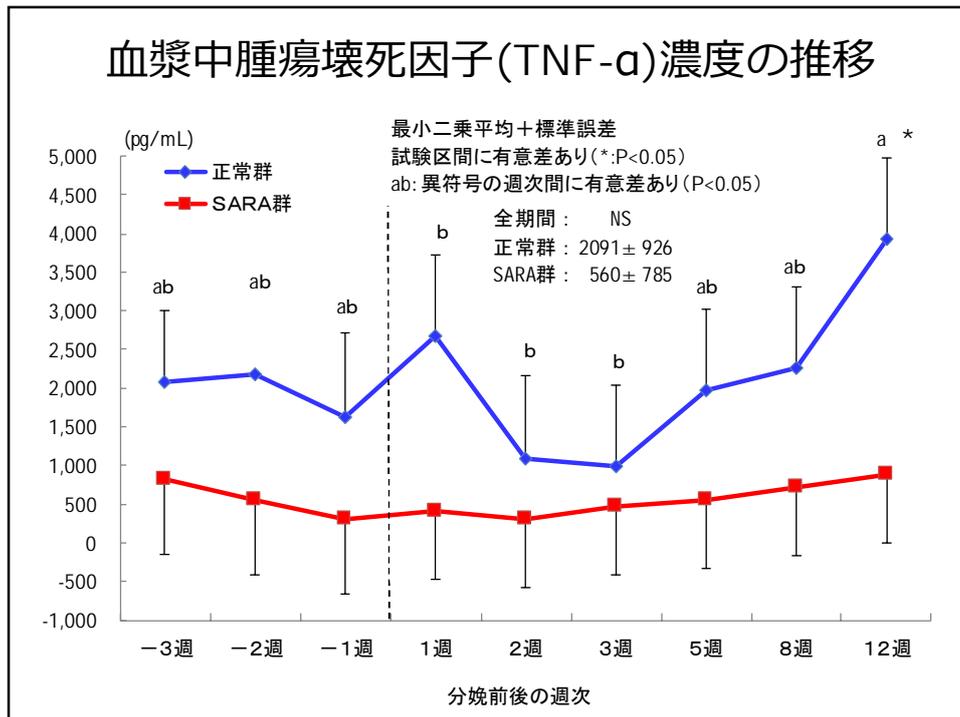
62



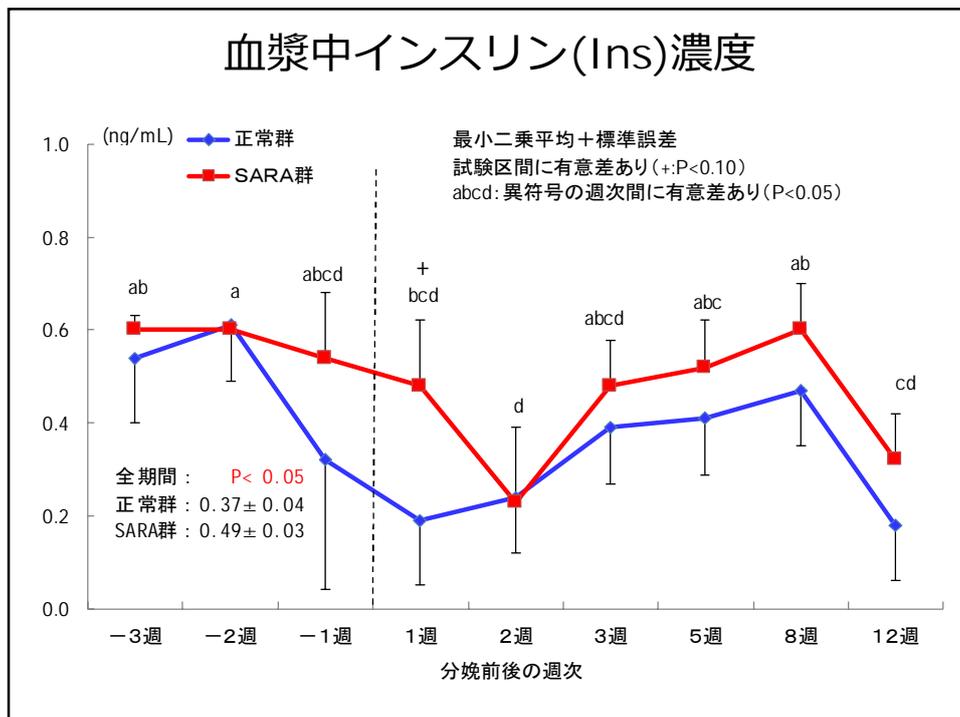
63



64



65



66

まとめと考察

分娩後にSARAになった牛では・・・

①ルーメン液pHが低く推移→ルーメン微生物の死滅が増加

②ルーメン液中エンドキシン(LPS)活性値の上昇

↓ LPSの血中移行

③血中LBP濃度の上昇

④炎症性サイトカイン→上昇が認められない？

⑤血中急性期蛋白(SAAの上昇、Aibの低下)

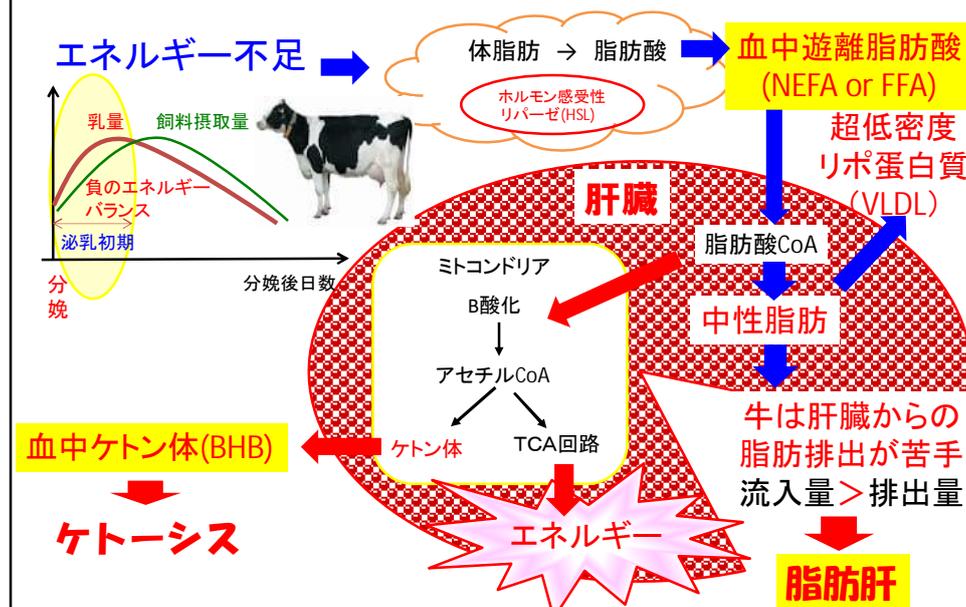
体内で炎症反応が増大→抗炎症作用でエネルギー消費量が増大

⑥乾物摂取量の低下

⑦インスリン濃度の上昇→インスリン抵抗性の増大

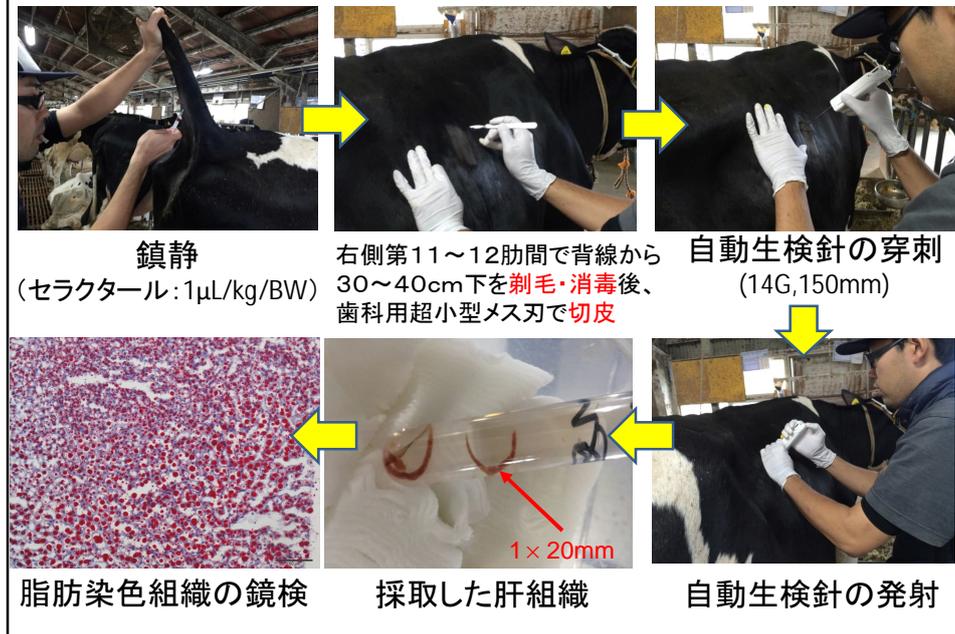
67

周産期の乳牛における負のエネルギーバランスと脂質代謝



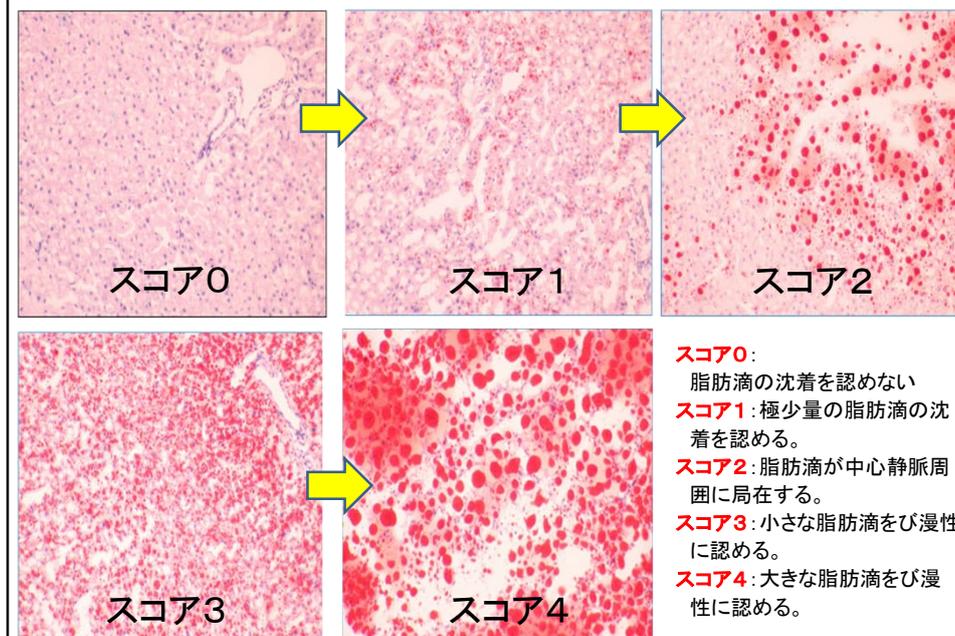
68

肝生検 (Biopsy) による脂肪肝診断

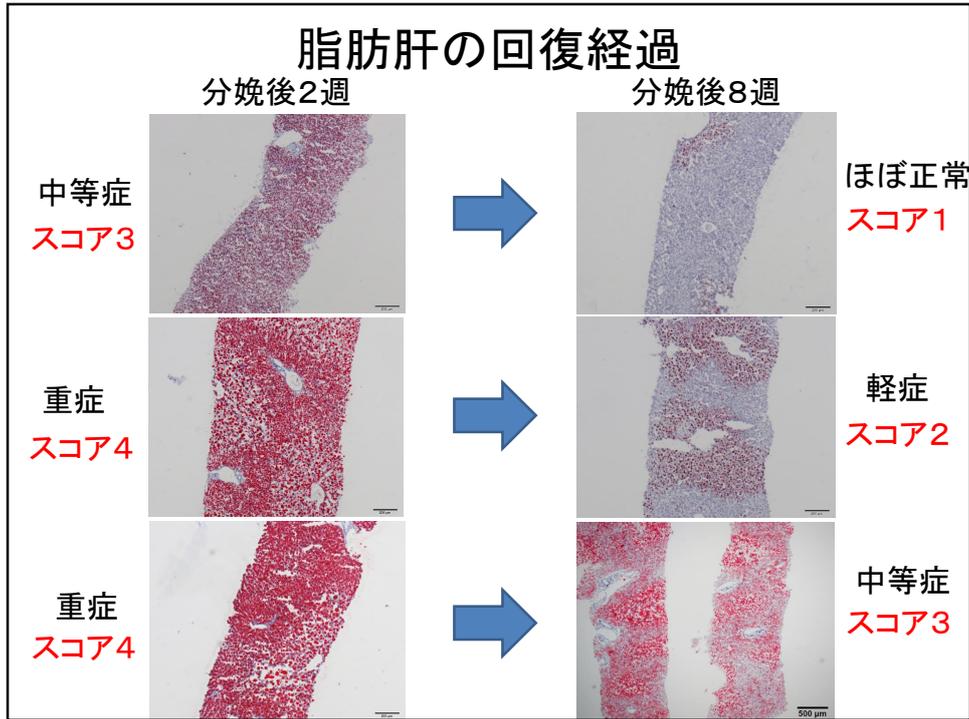


69

肝生検組織診断での脂肪滴沈着スコア



70



71

メチルドナー・ビタミン複合添加物 (メコビット®-J)による脂肪肝予防機序

メコビット-Jとは

有効成分	効能
DL-メチオニン	制限アミノ酸の1種 メチル基供給源で肝脂肪をくみ出すフォスファチジルコリン(PC)の合成に関与
塩化コリン	メチル基供給源の一つ フォスファチジルコリン(PC)の前駆体 メチオニンを再生するベタインの前駆体
ビタミンC	肝臓の酸化障害からの保護
BHT	油に対する抗酸化作用
ビタミンB ₆	TCA回路の代謝に必要な補酵素
ビタミンB ₁₂	メチオニン回路、TCA回路の代謝に必要な補酵素

72

メコビット®-J添加試験

1. 供試牛

経産牛11頭(添加区5頭、対照区6頭)

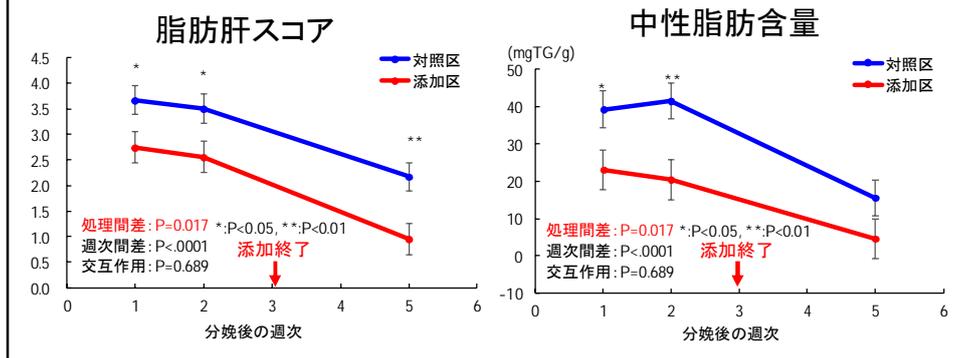
産業動物臨床医学雑誌
14(2) : 53-63. (2023)

2. 処理区

添加区: 分娩予定3週前～分娩後3週に製剤50g/日を添加

対照区: 無添加

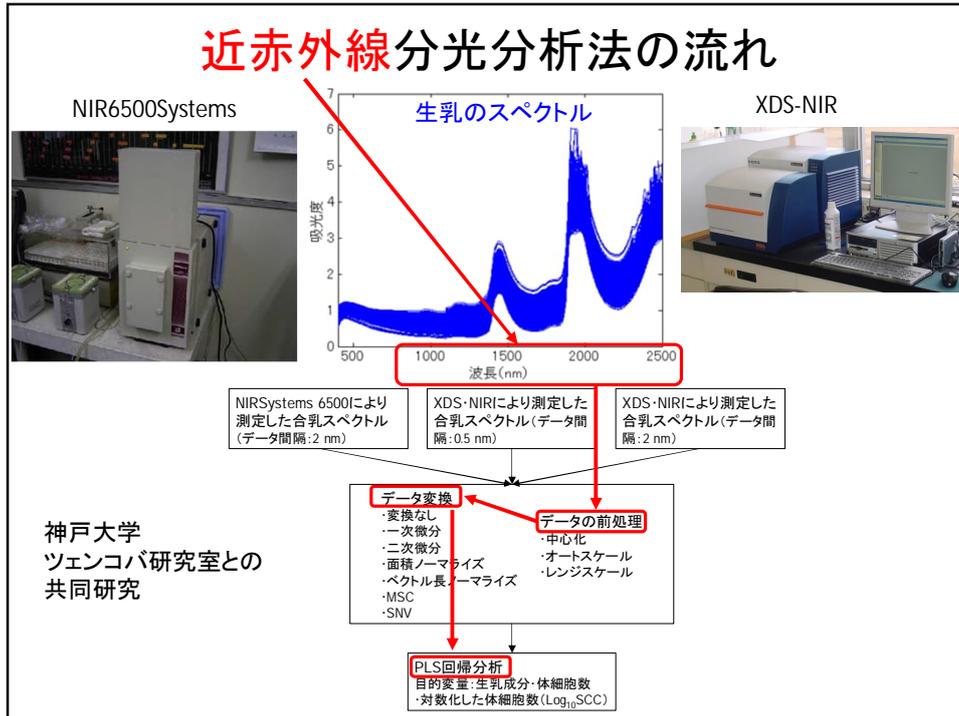
3. 結果(脂肪肝予防効果)



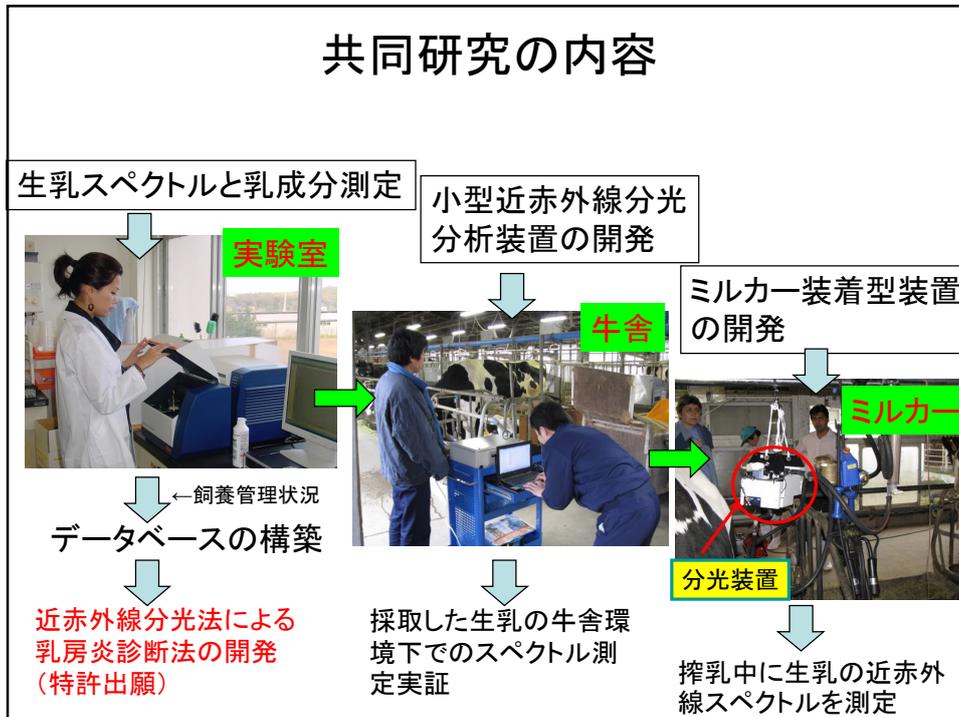
73

3. 酪農の生産性阻害要因防除 ② 乳房炎の診断・防除法

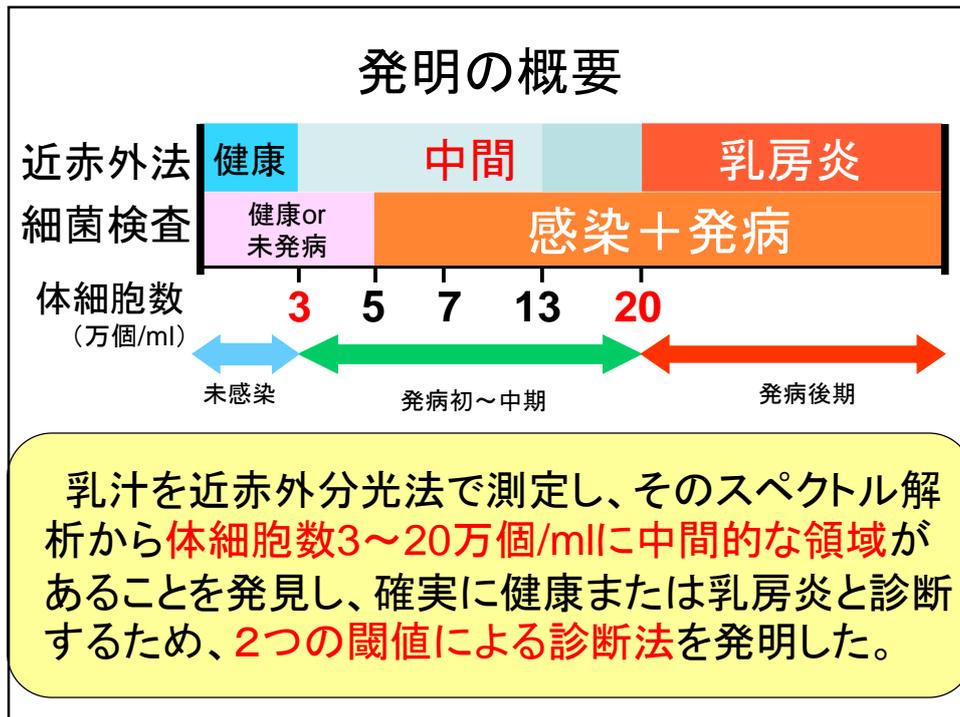
74



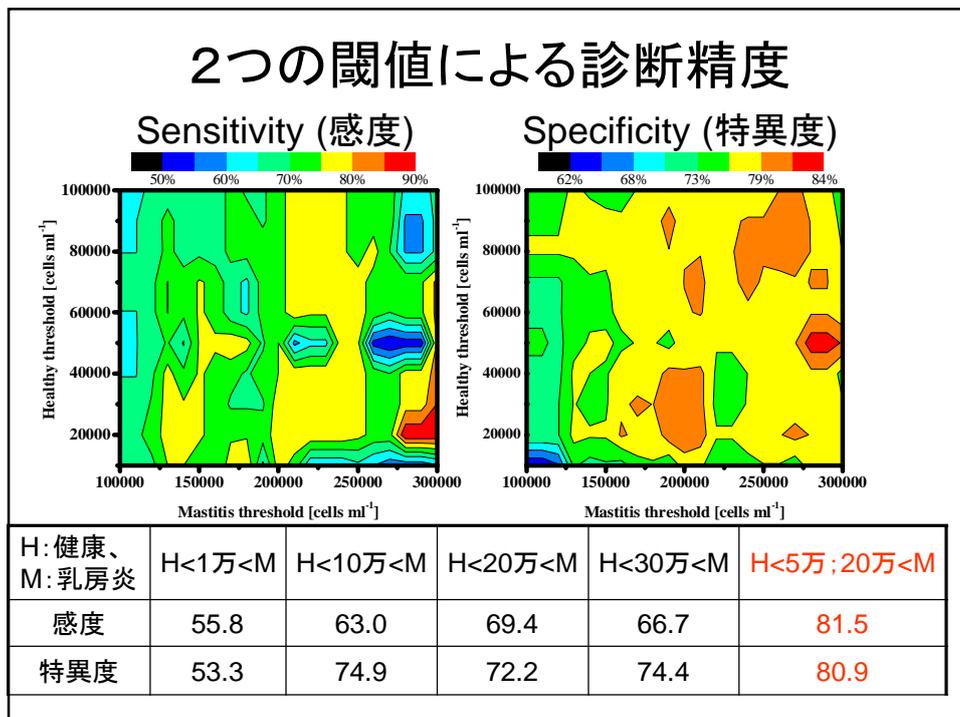
75



76



77



78

体細胞数と乳房内感染

乳中体細胞数(SCC)

健康牛 = 脱落上皮細胞(80%) + 白血球(20%)



乳房炎牛で増加し、白血球が99% → 乳房炎の指標



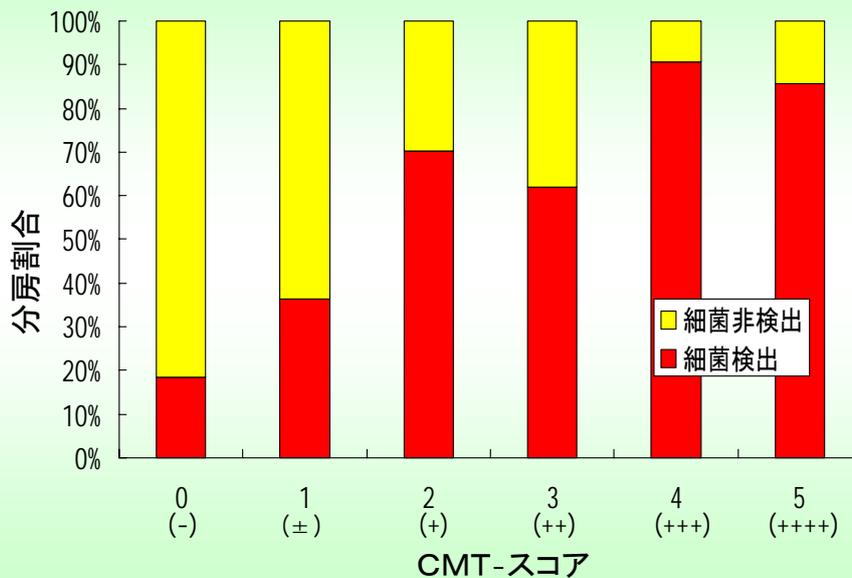
バルク乳SCC ← 個体乳SCC ← 分房乳SCC



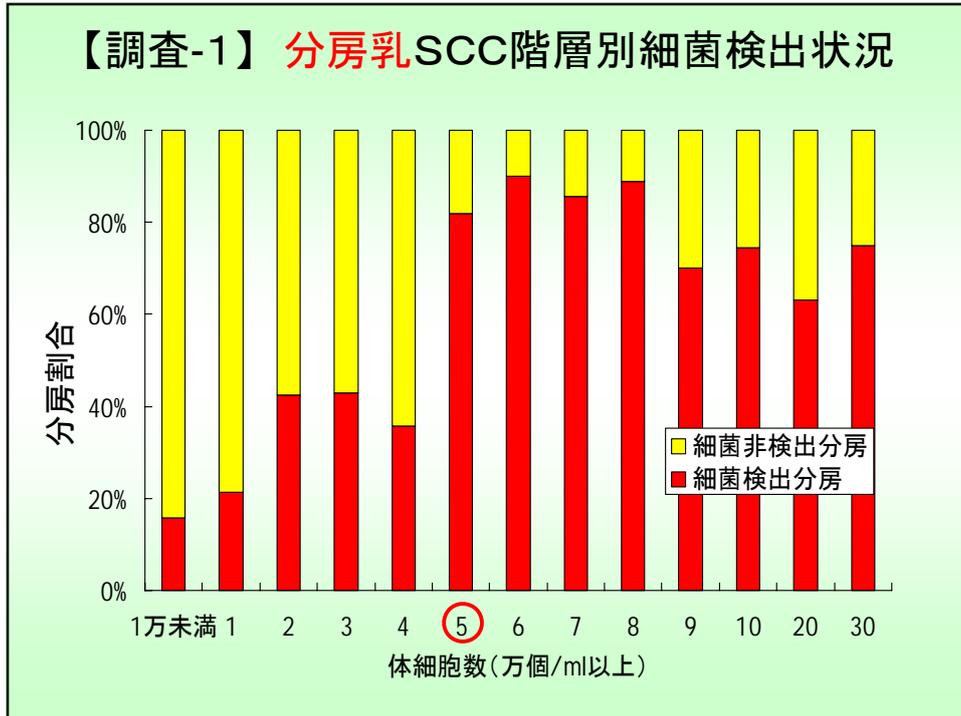
- 調査-1: 分房乳SCCから乳房内細菌感染を診断するための基準値を明らかにする。
- 調査-2: 個体乳SCCから細菌感染分房の存在を察知するための基準値を明らかにする。

79

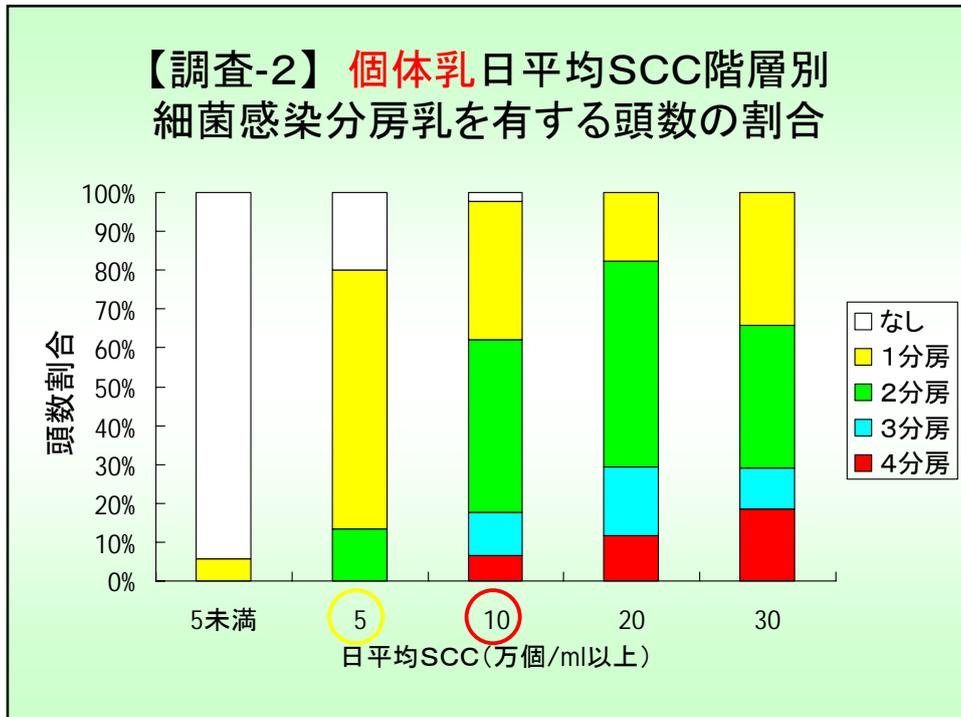
【調査-1】 CMT-スコア別細菌検出状況



80



81



82

DSCCって何？

- **体細胞の種別**を乳汁中免疫細胞のリンパ球、マクロファージ及び多核好中球 (PMN) の割合で判定する。
- DSCCは**好中球とリンパ球**の割合
- 乳房炎**初期感染**また乳房炎**感染の収束期**を把握する指標

