

# 牧場実習2011 (生体機構学)

京都大学大学院農学研究科  
久米新一

# 牛の体温

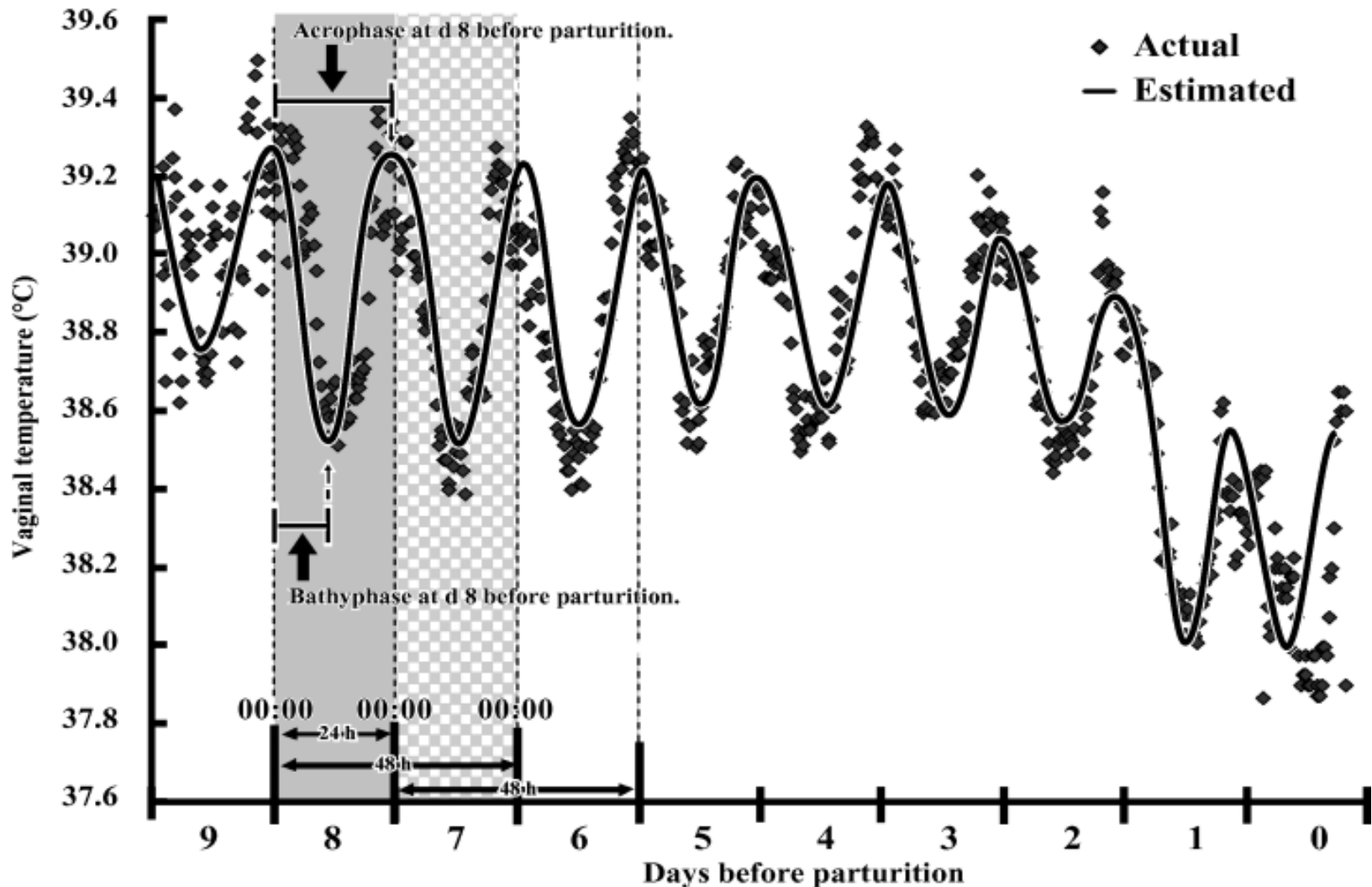
- 牛では温度が変化しにくい深部温（直腸温）を利用（皮膚温は変わりやすい）
- 体温は熱発生量と熱放散量の関係
- 体温は変動要因（個体差、環境温度、飼料、日内変動など）が多いが、健康状態を反映
- 簡易な分娩予知法：分娩前の体温の低下（ $0.5^{\circ}\text{C}$ 程度）を利用（発情時には上昇）



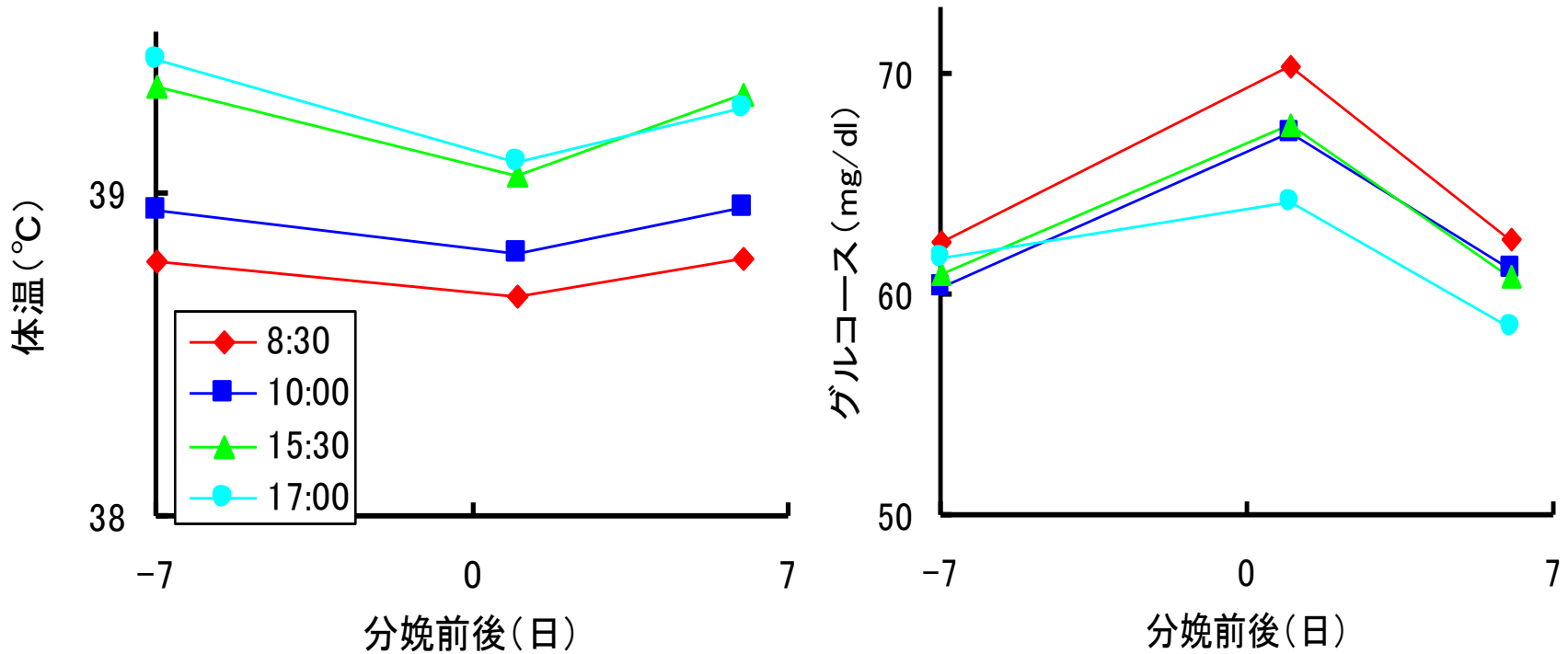
マイクロロボットで腔温が測定できないか

# 分娩前の牛の膣温の変動

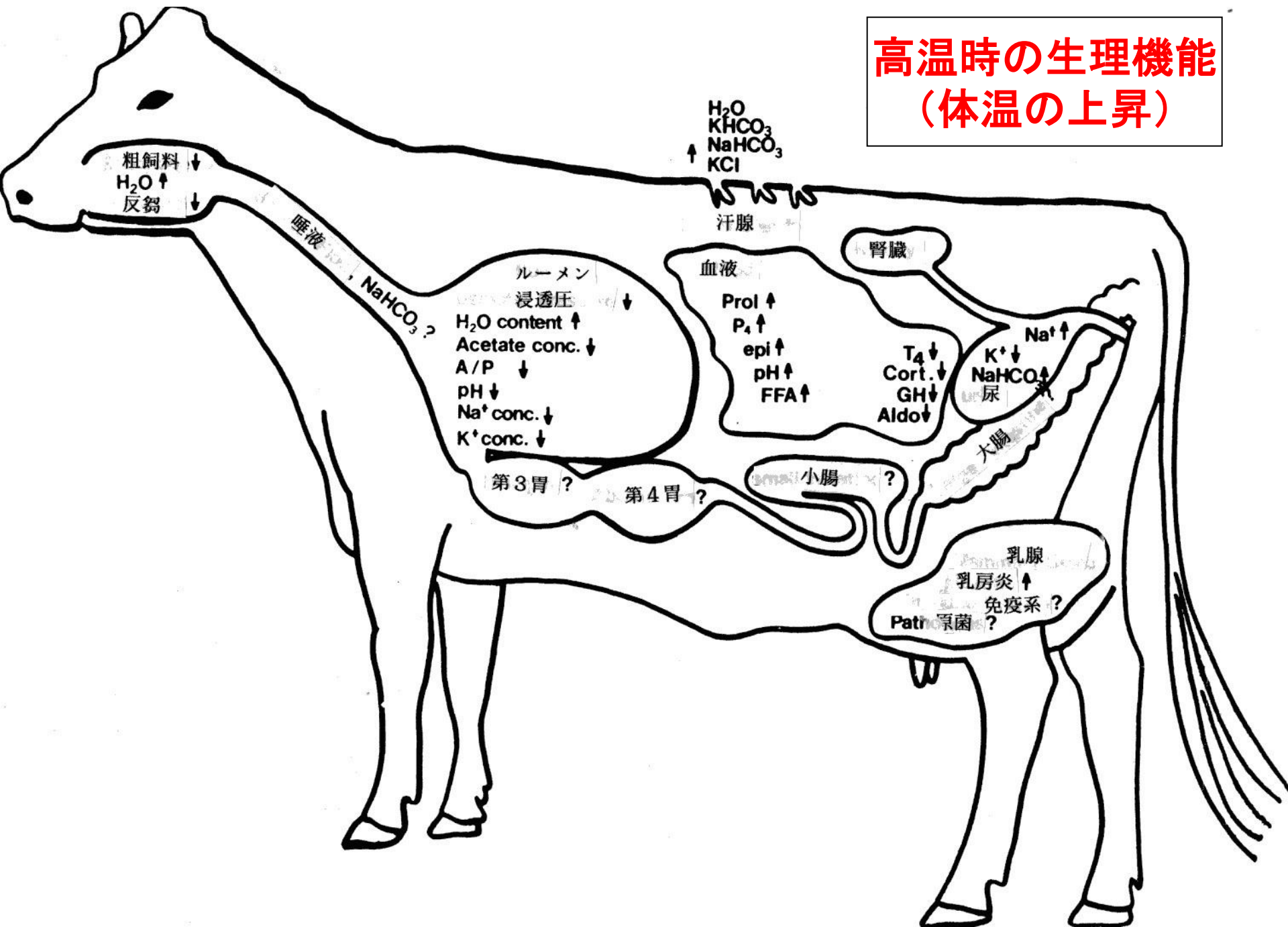
(青木ら、Anim.Sci.J.77:290-299, 2006)



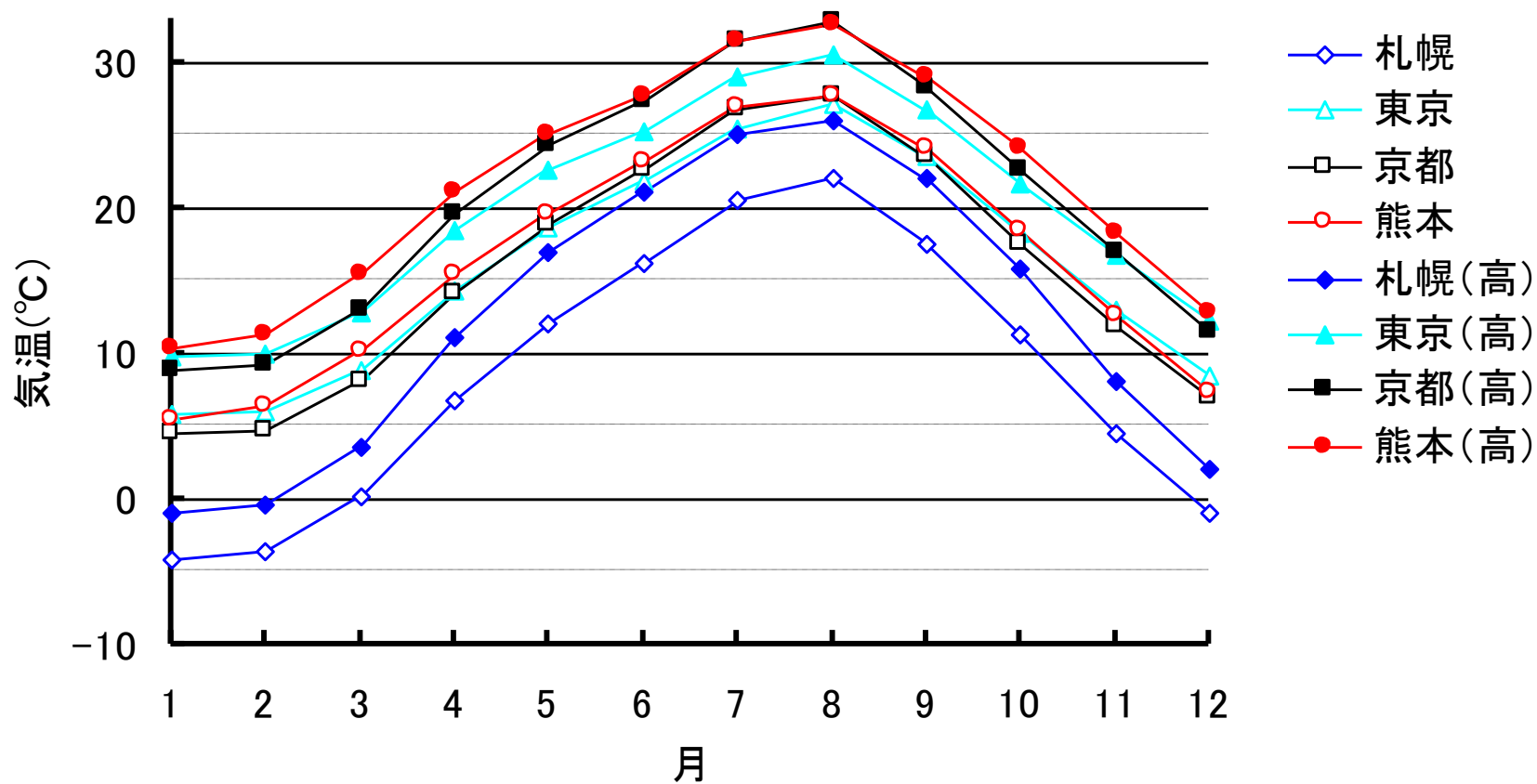
# 図、乳牛の直腸温の 分娩前後における日内変動



# 高温時の生理機能 (体温の上昇)



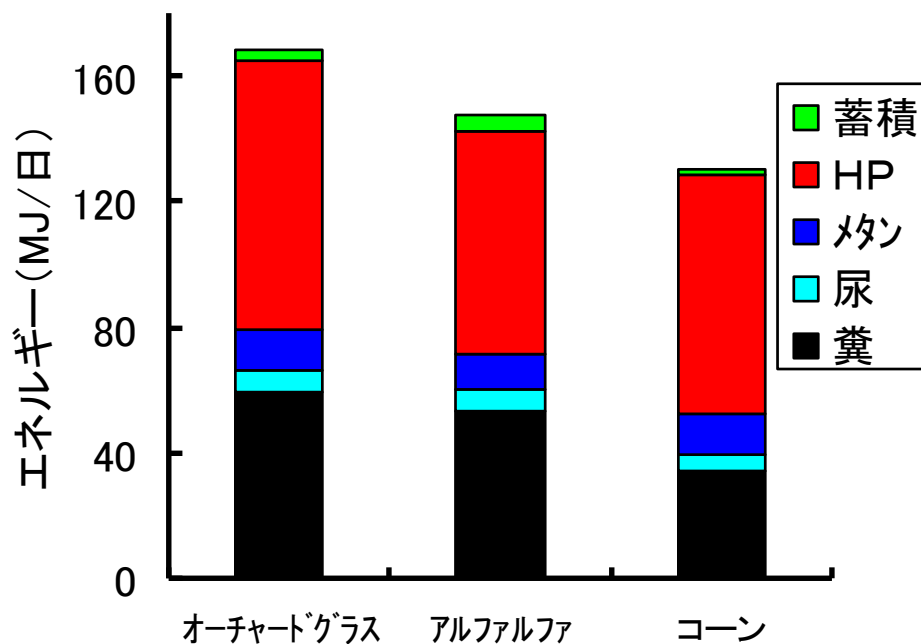
# 日本 (1970-2000年) の 平均気温と最高気温



# 夏季の高温多湿と生理・繁殖機能

- 夏季の繁殖成績低下（暑熱ストレスの影響）
  - ・衛生管理の不備、発情の見落とし
  - ・暑熱による繁殖機能、内分泌機能や免疫機能の減退
  - ・栄養管理の不備による繁殖機能の減退
- 高泌乳牛では飼料摂取量の増加に伴って、体内からの熱発生量が従来よりも増加したが、夏季には温度が高いために熱放散量が増えない：体温の急上昇が繁殖成績に悪影響を及ぼす（受胎率低下、胚死滅など）

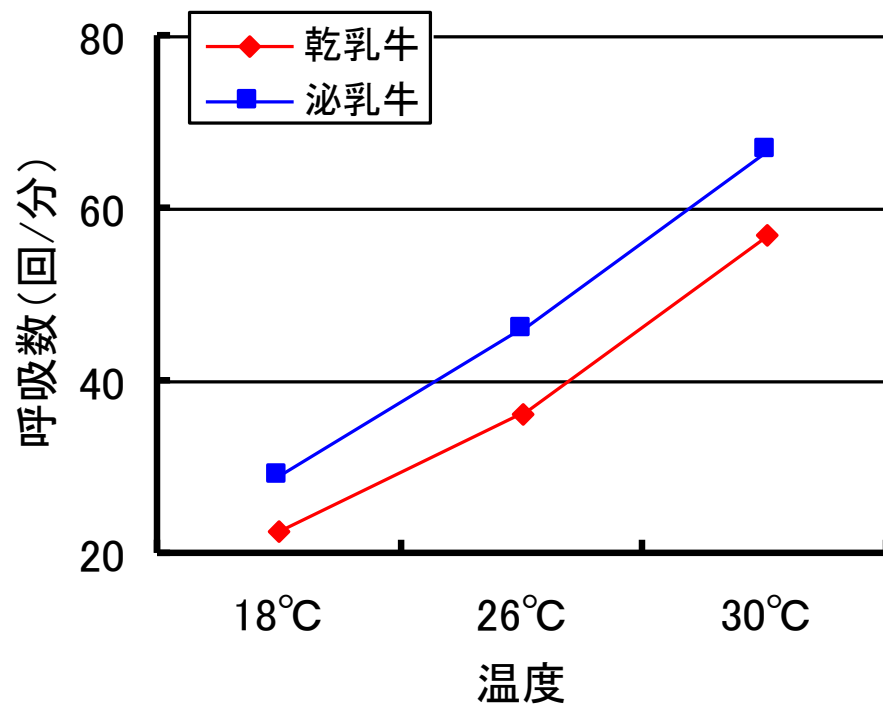
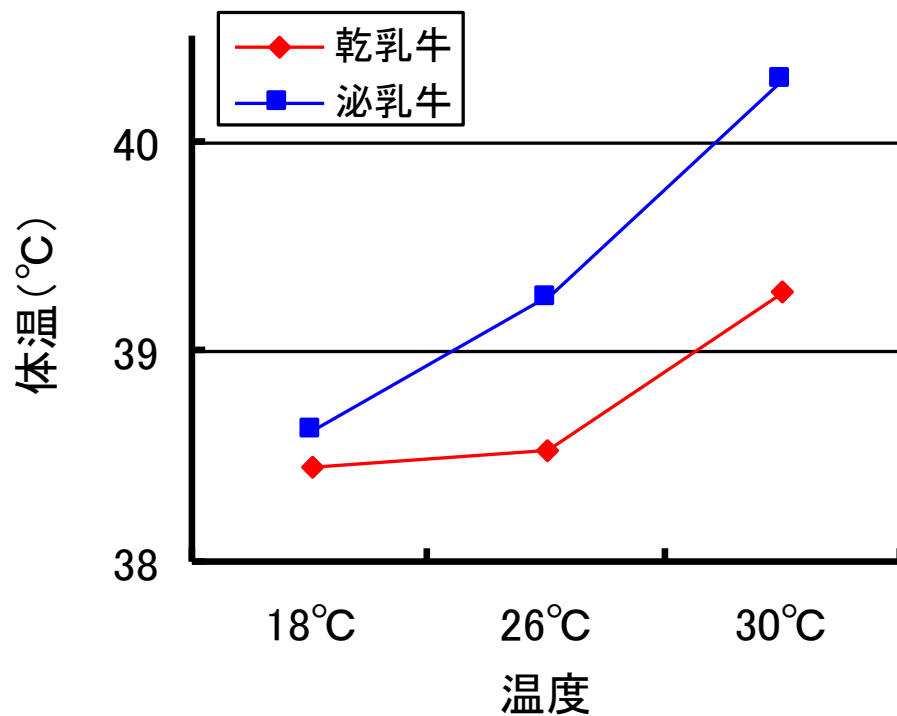
# 維持量のサイレージ給与と牛のエネルギーの分配 (HP: 熱発生量)



TDN (%)	67.8	62.7	74.5
代謝率 (%)	52.8	51.7	59.6
HP (MJ/日)	85.2	71.6	76.0



# 図、乾乳牛と泌乳牛の直腸温・呼吸数 (栗原ら、1995)

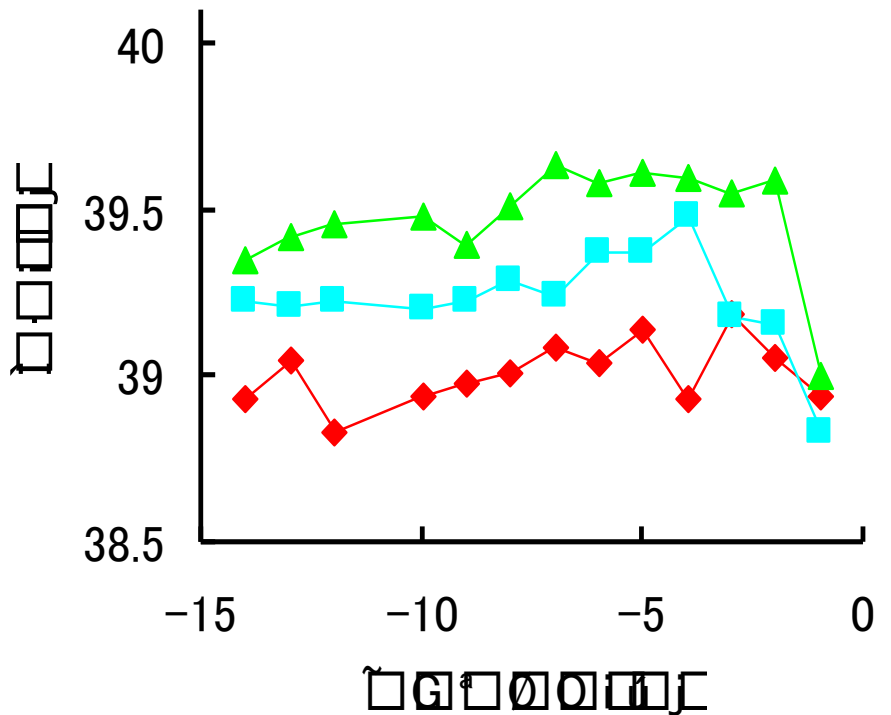
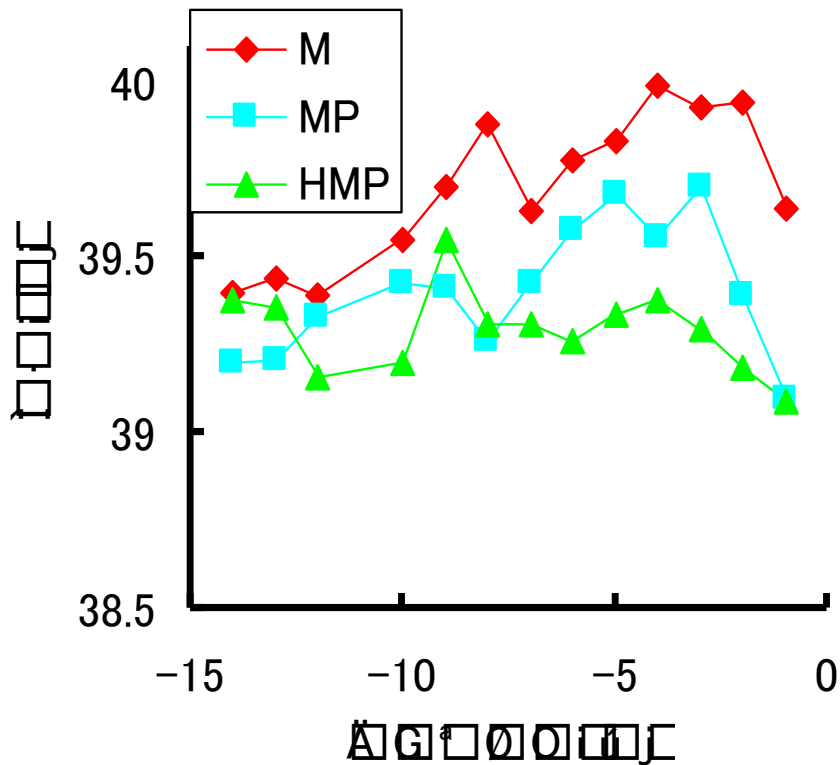


乾乳牛は32°Cに設定

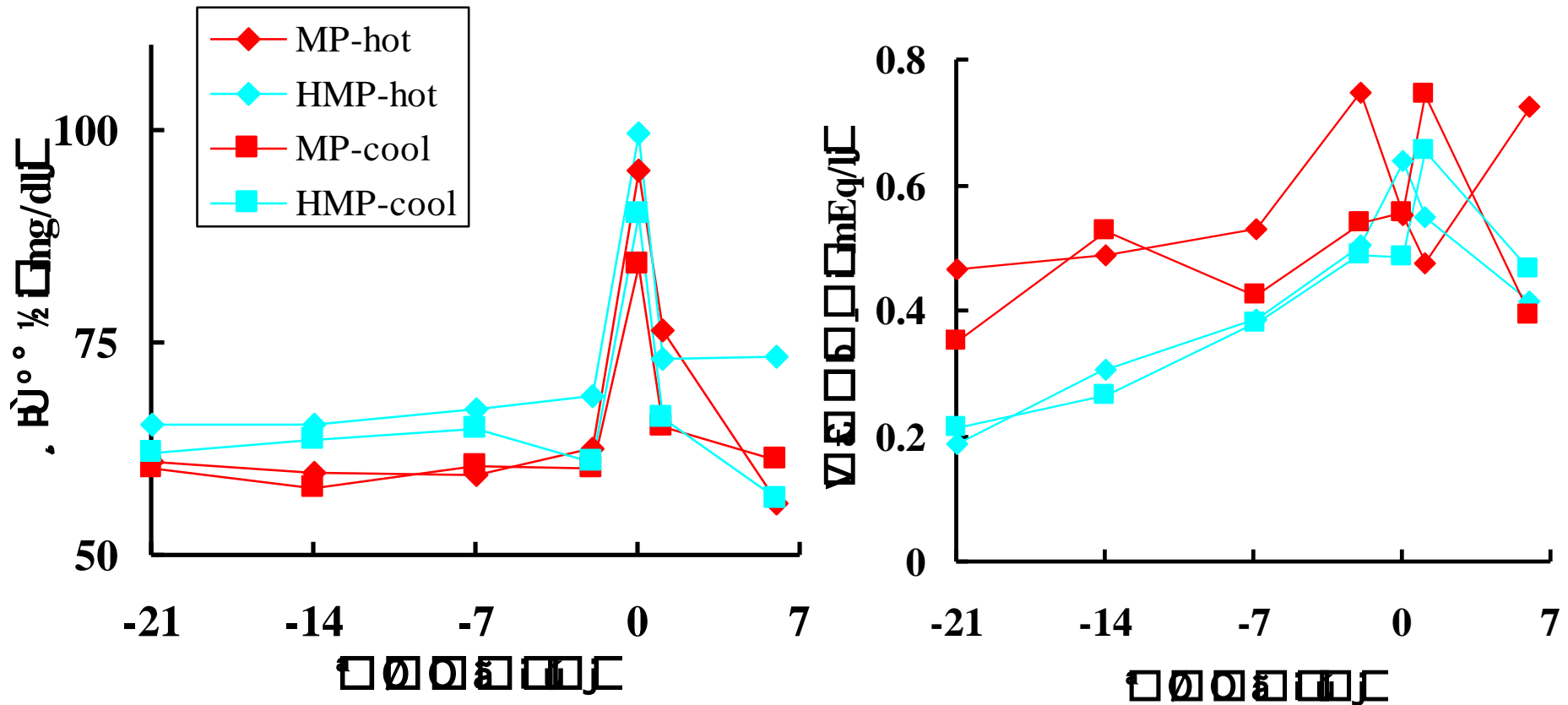
表、妊娠牛の分娩前の直腸温  
 (分娩4週間前から分娩時まで給与)

	夏季			秋季		
	M	MP	HMP	M	MP	HMP
例数	4	8	4	4	8	4
妊娠期間、日	284	281	281	285	282	283
体重、kg	663	664	679	560	651	665
増体率、kg/日	0.21	0.17	1.35	0.17	0.79	0.80
DMI、kg/日	6.09	8.50	10.4	6.04	8.63	10.3
体温(8:30), °C	38.99	38.77	38.74	38.45	38.70	38.81
体温(15:30), °C	39.62	39.33	39.23	39.00	39.20	39.43

# 図、夏季及び冬季分娩牛の直腸温(15:30)の変動



# 図、乳牛の血漿中成分の変動



# 夏季分娩牛の直腸温の変動

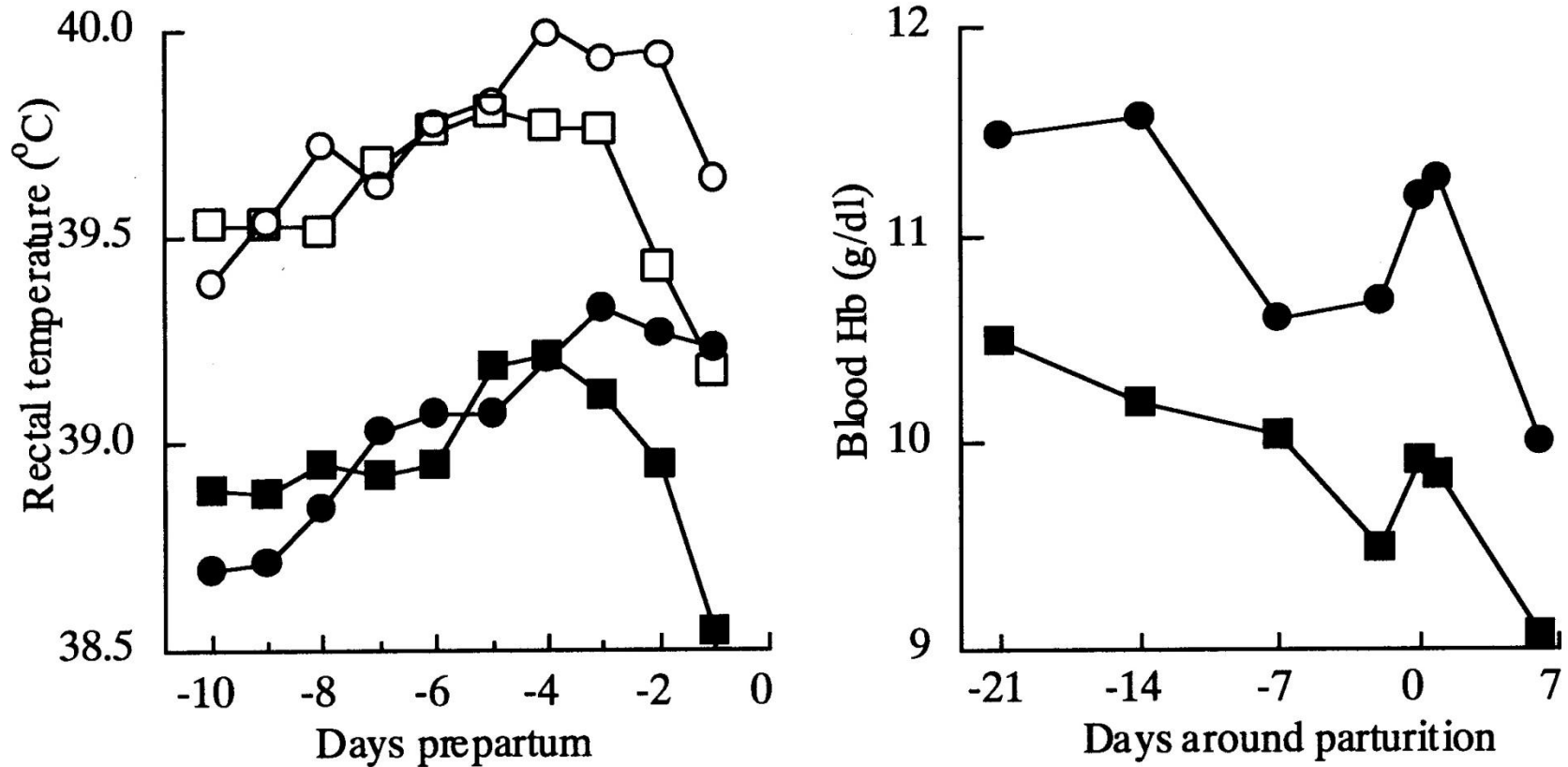


Figure 3. Rectal temperature and blood Hb of cows fed at maintenance (●) and maintenance plus pregnancy (■) level of TDN at 0830 h, and rectal temperature at maintenance (○) and maintenance plus pregnancy (□) at 1530 h during hot weather.

# 冬季分娩牛の直腸温の変動

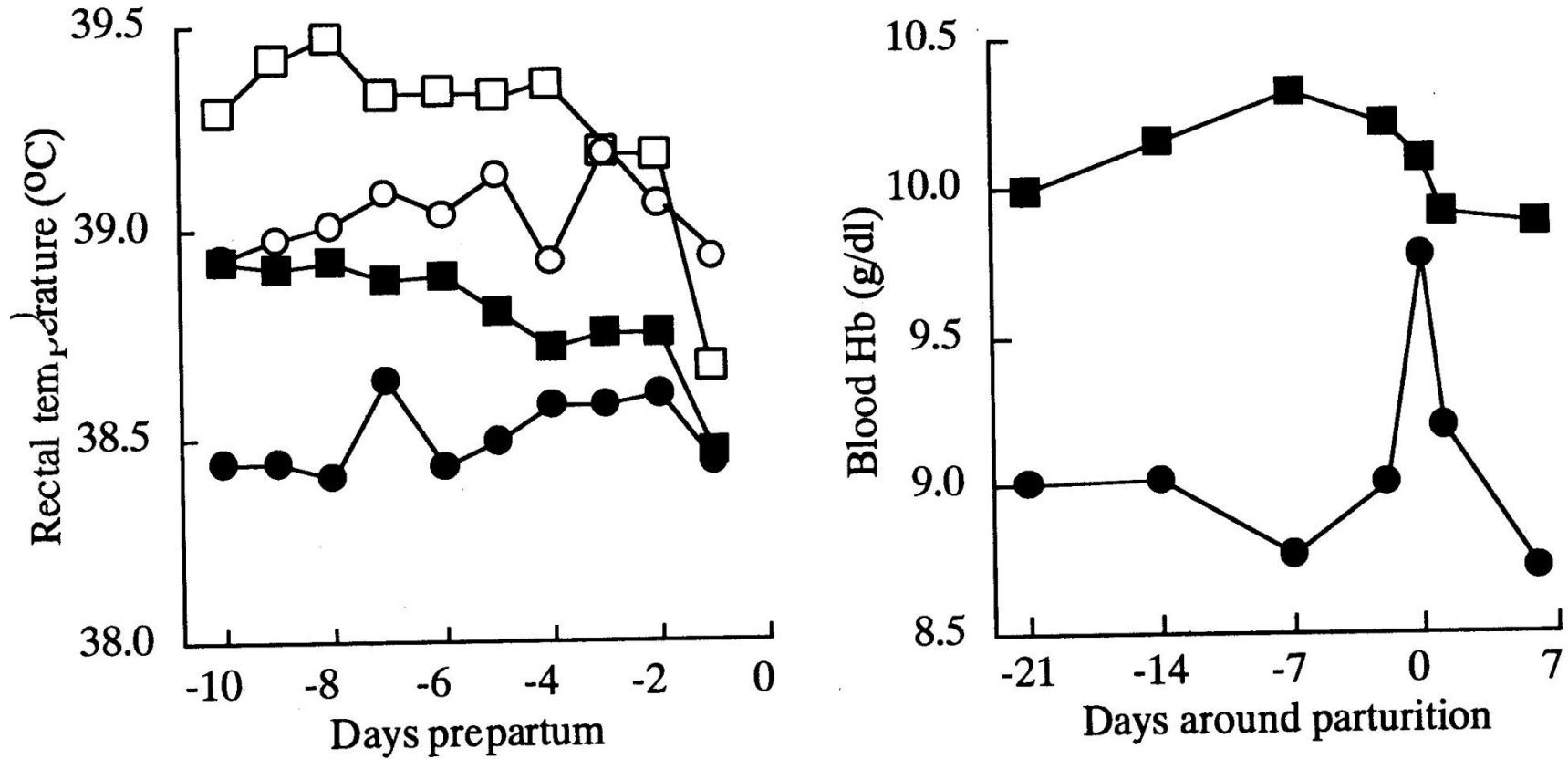


Figure 4. Rectal temperature and blood Hb of cows fed at maintenance (●) and maintenance plus pregnancy (■) level of TDN at 0830 h, and rectal temperature at maintenance (○) and maintenance plus pregnancy (□) at 1530 h during cool weather.

# 初産牛と経産牛の直腸温

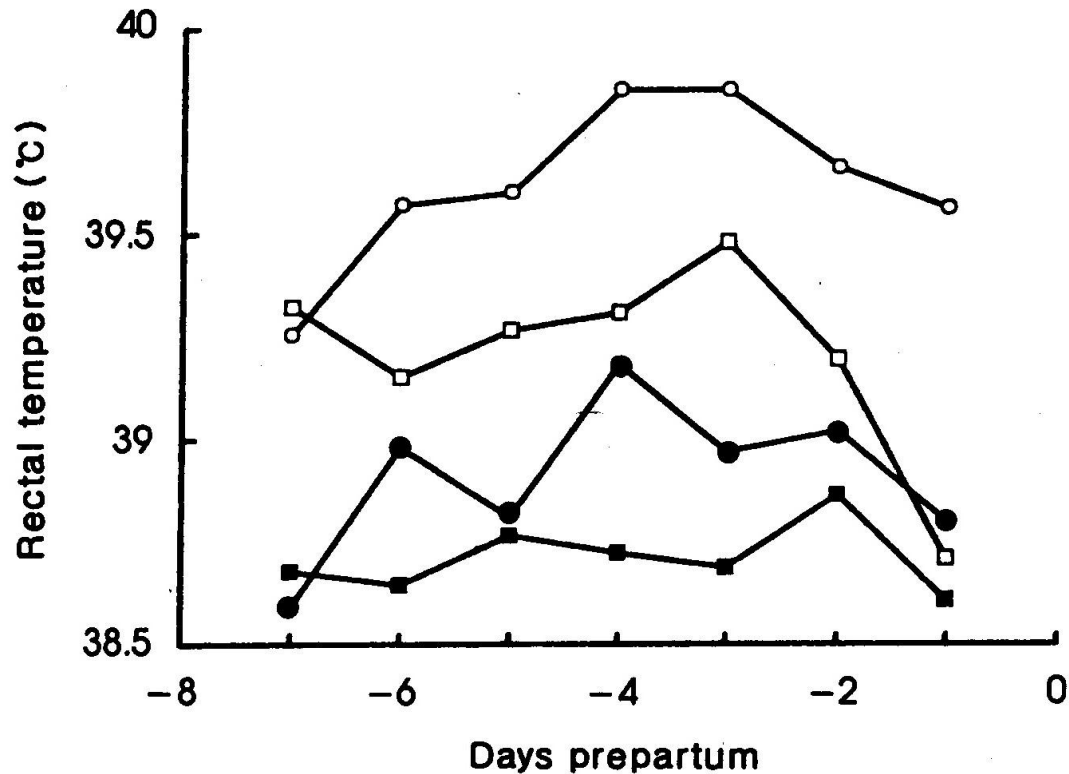


Figure 1. Rectal temperature of heifers at 08:30 h (●) and 15:30 h (○) during hot weather, and rectal temperature of heifers at 08:30 h (■) and 15:30 h (□) during cool weather.

# 黒毛和種繁殖雌牛の体温

- 気温

- 須知東部観測局の農業気象観測システムで測定
- サンプル採集日の午前6時の気温・相対湿度を示す。

		air temperature (°C)	humidity (%)
6:00 a. m.	8.1	24.7	80
	9.12	20.7	80
	10.31	6.6	94
	11.28	12.0	90



# 材料と方法

- 動物

- 京大付属牧場で飼育した黒毛和種繁殖用雌牛
- 一頭につき毎日サイレージ7kg、ふすま3kgを給与
- 水は自由摂取
- 8/1に6頭、9/12に5頭、10/31に6頭、11/28に7頭選んでサンプル採集を行った。

# 体温·呼吸数·尿量·体重

	8月1日		9月12日		10月31		11月28日	
	平均值	SEM	平均值	SEM	平均值	SEM	平均值	SEM
体温(°C)	38.28	a 0.09	37.96	bc 0.10	37.88	c 0.09	38.16	ab 0.08
呼吸数(回/分)	26.83	a 1.58	18.20	b 1.73	16.17	b 1.58	17.00	b 1.46
尿量(L/day)	11.35	a 1.79	10.68	a 1.97	7.34	a 1.79	8.90	a 1.66
体重(kg)	409.67	a 21.60	449.60	a 23.66	460.67	a 21.60	454.00	a 19.99

<sup>a, b, c</sup> Means within the same row followed by different superscript letters differ ( $P < 0.05$ ).

# 帯広の酪農家



1頭当たりの乳量:1万kg

# 冬の帯広 (-18°C)



# 帯広の酪農家



飼養頭数：900頭  
出荷乳量：6,000t  
(ロータリーパーラー  
：3回搾乳)

水槽：  
1日2回洗淨  
(フリーバーン)



# 乳牛の搾乳： ロータリーパー ラー



# 根室



# 酪農家の牛舎(フリーストール)





# 分娩前の乳牛



# 泌乳牛（飼料給与）





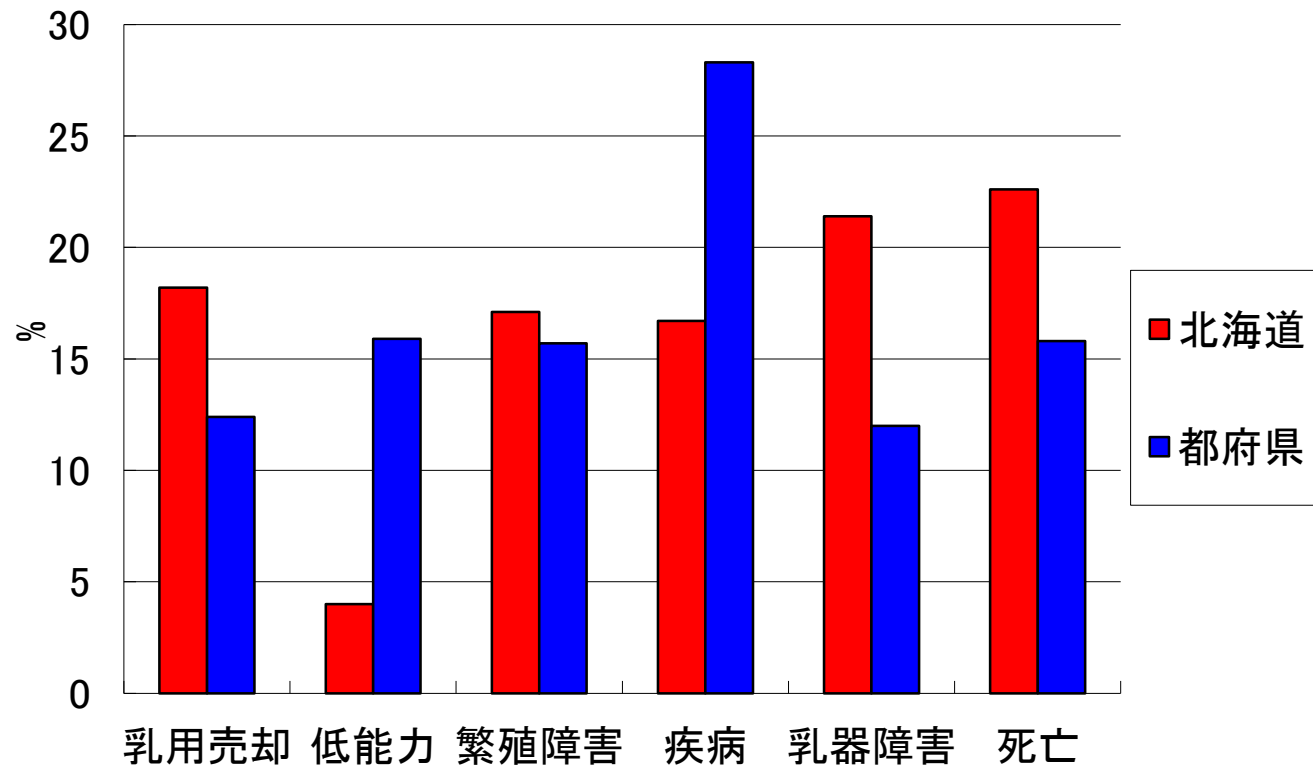
# 水と塩



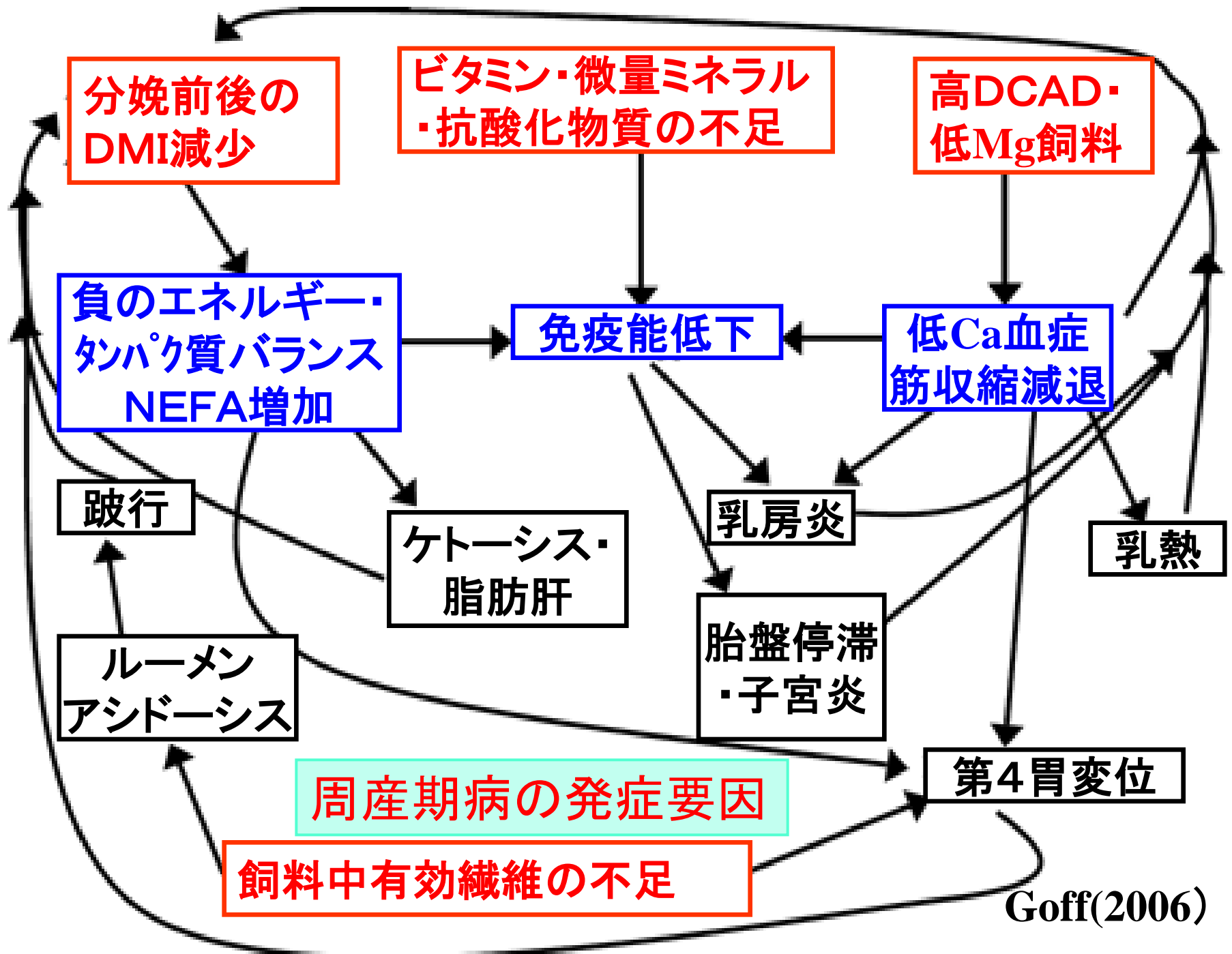
# 周産期病の発生要因は？

- 周産期(移行期)の特徴
- 高泌乳牛と周産期病
- 周産期の体内代謝の変化

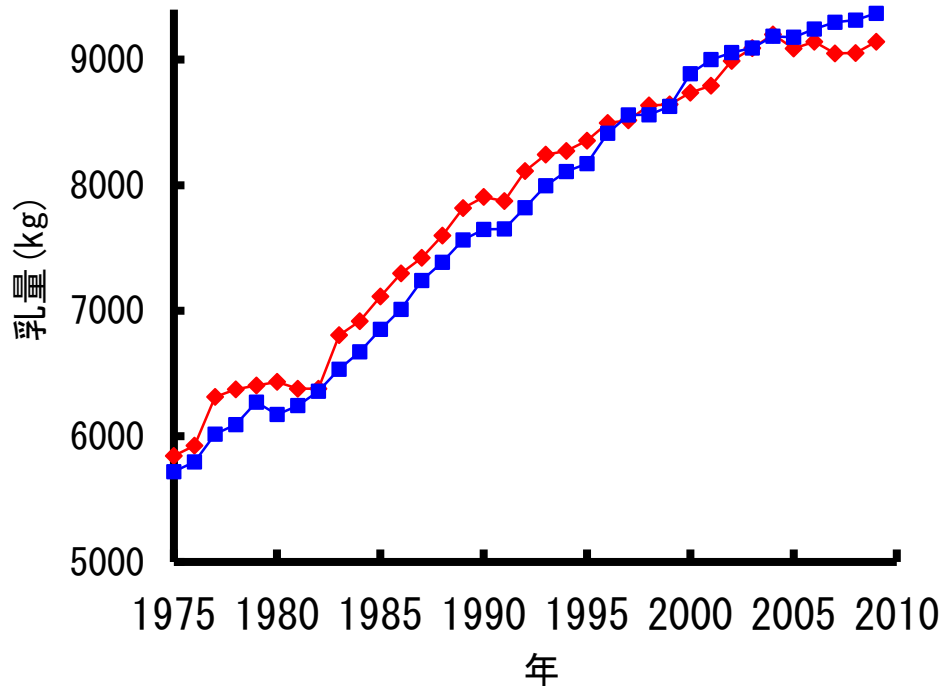
# 乳牛の除籍理由（牛群検定成績：平成21年）



	北海道	都府県
肢蹄故障	10.3	1
消化器病	2.3	0.6
<u>起立不能</u>	<u>4.1</u>	0.8
乳房炎	15.8	1.7



# 図、乳量増加と乳牛の生体機能 (牛群検定: 北海道(◆)と都府県(■))



乳牛: 摂取した栄養素を  
乳生産に優先的に利用する

- 乳牛の乳量が増加したが、  
遺伝子・細胞・組織・器官の  
何が変わったか？(体内代  
謝が活発になり、酸素消費  
量・血流量が増加)
- 動物の細胞(約60兆)は1  
年で90%以上入れ替わる  
が、生体機能に変化は生じ  
るか？



- 後継牛の遺伝的能力は今  
の牛より高い(栄養管理の  
改善が常に必要)

# 乳牛の栄養管理の基本的考え方

## --生理・生産機能の変化に対応する

現在の乳牛の特徴(繁殖に関して:Lucy,2001)

- ・プロゲステロン濃度が低い
  - 飼料摂取量が多く、体内代謝が活発
- ・初回排卵が10日遅れる
  - 負のエネルギーバランスが大きいため
- ・発情微弱、発情持続時間が短い



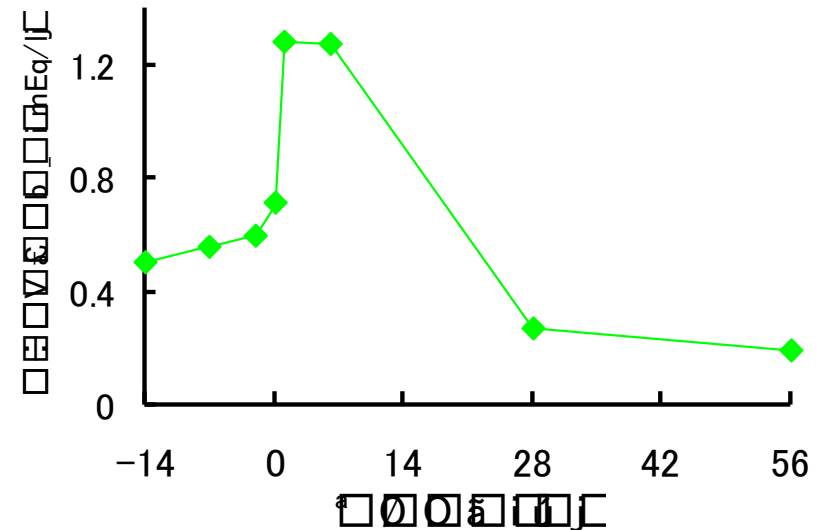
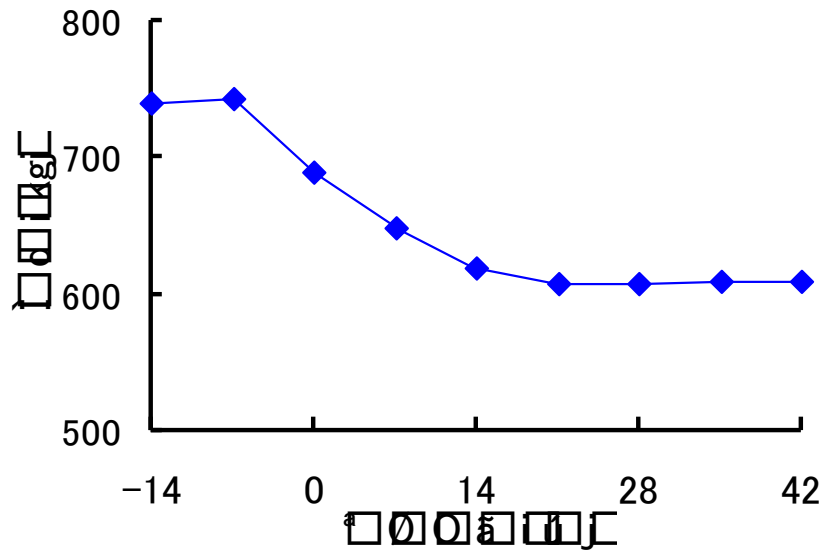
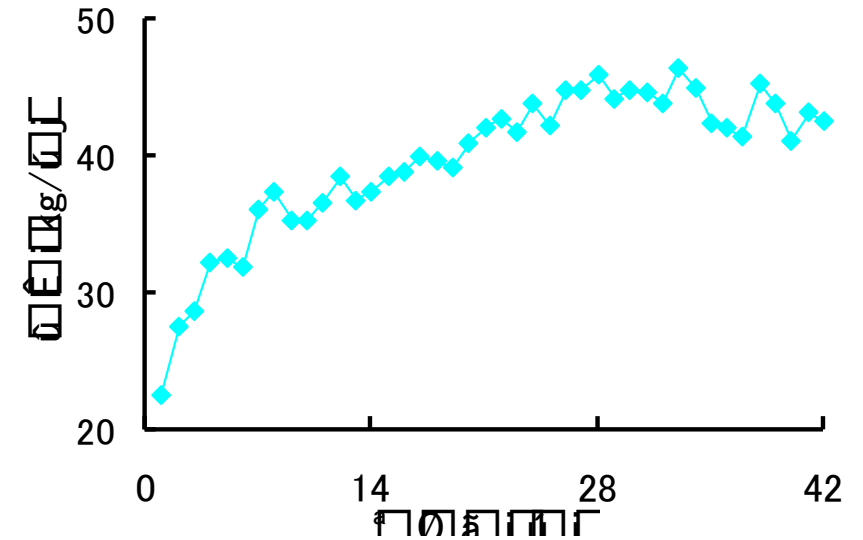
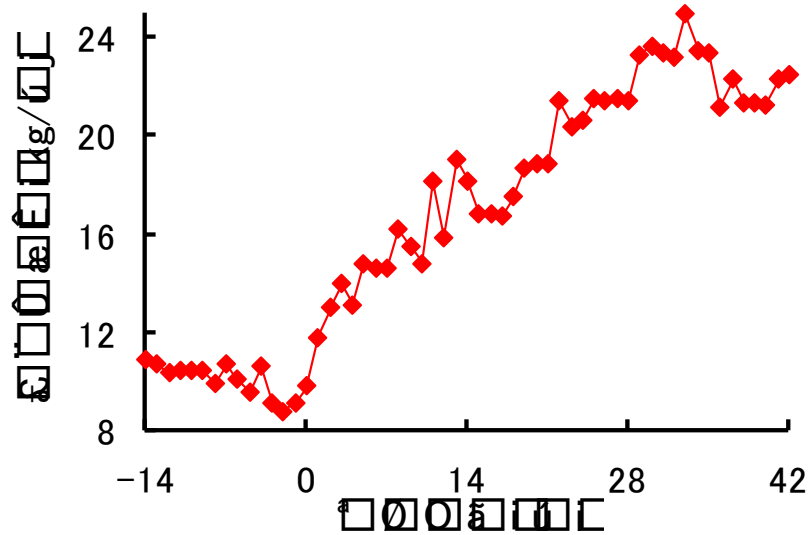
発情発見時間(従来:朝夕30分)をのぼし、発情発見6-8時間後に人工授精



乳牛の遺伝的能力に適した栄養管理の重要性



# 図、分娩直後の乳牛の特徴：乳量の急増と不十分な乾物摂取量による栄養不足



# 移行期(周産期)の栄養管理の重要性 --乳牛の栄養管理のFinal Frontier

移行期(Transition Period)とは

分娩前3週間と分娩後3週間の期間:  
栄養管理の最も難しい時期(1995年の  
J.Animal Scienceの3編の論文を契機)



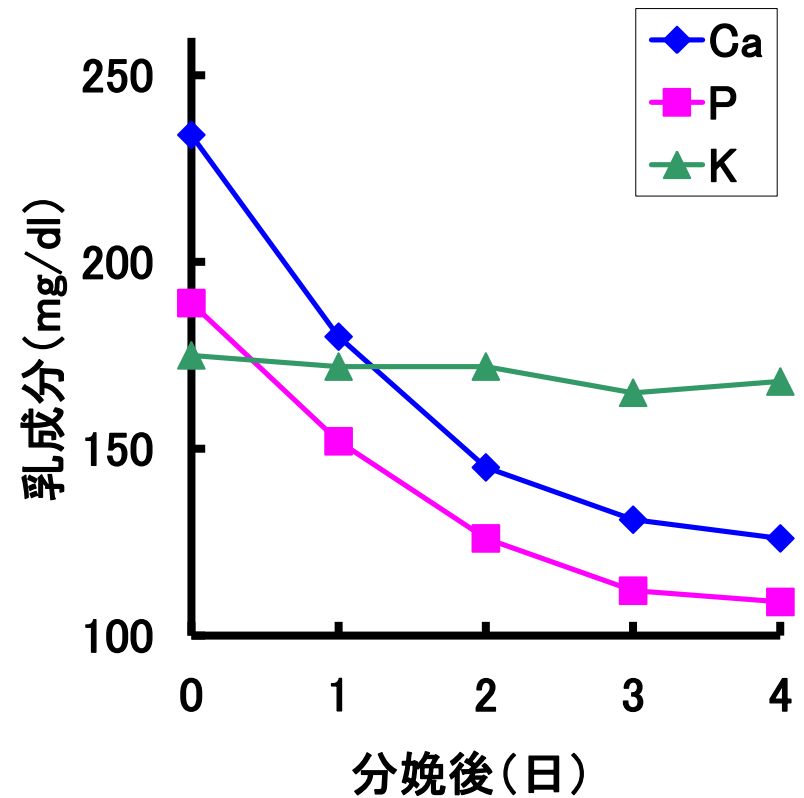
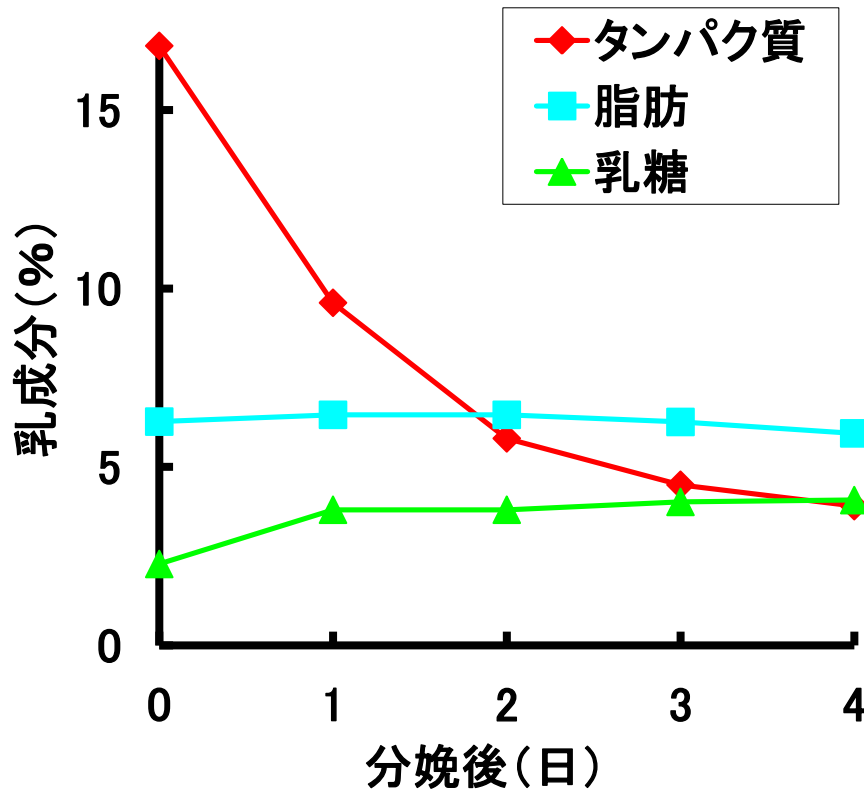
移行期の栄養管理が不十分だと  
--代謝障害の増加、乳生産・繁殖成  
績の低下

表, 分娩1週間前(3日間)と分娩2-4  
日後(3日間)の乾物摂取量(n=4)

	分娩前		分娩後	
	グラス	アルファルファ	グラス	アルファルファ
体重, kg	754	733	711	643
増体, kg/日	0.15	0.65	-4.79	-6.50
DMI, kg/日	10.0	11.0	13.3	13.3
乳量, kg/日			29.5	31.9
乾物消化率, %	74.1	70.8	71.6	73.1
CP消化率, %	71.8	70.8	70.5	72.5
N蓄積量, g/日	49	64	-93	-72

分娩直後: 消化率は高いが、DMIが極度に少ない

# 図、初乳中への免疫・栄養成分の分泌 --子牛を健康に育てることを優先する



・分娩は乳牛にとって多大な生理的ストレスであるが、初乳量の急増が周産期病の一因になる

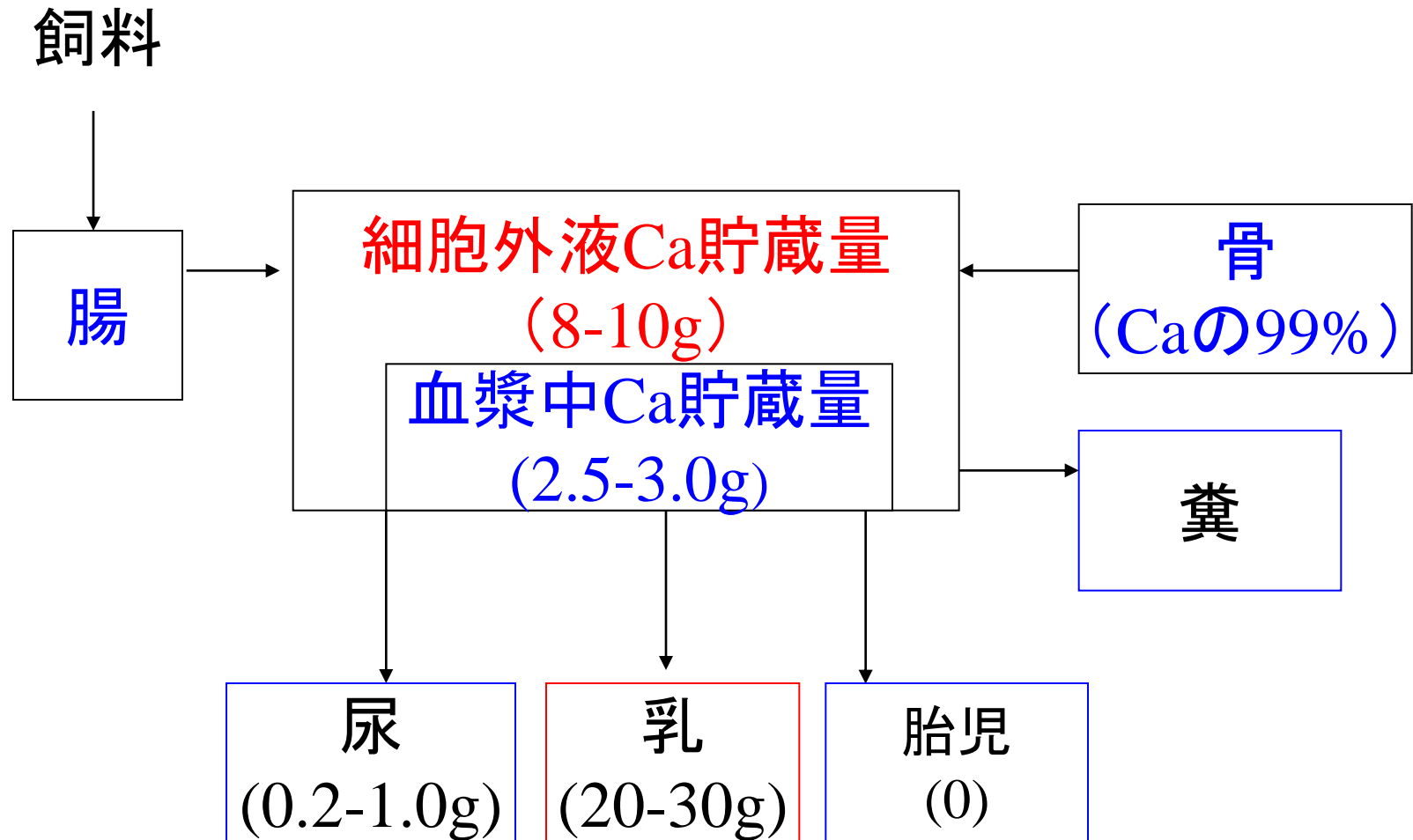
# 表、分娩直後の乳中へのミネラル分泌量

## 分娩直後 分娩3日後 泌乳牛

乳量、kg/日	--	30.7	29.5
Ca、g/日	21.4	42.1	37.3
P、g/日	18.0	36.8	28.1
Mg、g/日	3.5	3.5	3.1

・牛乳1kg生産に血液は約400Lが必要：分娩前後の乳房への血流量の急増によってCaを分泌する

# 乳牛の分娩直後のCa出納(g/日)



・初乳中への急激なCa分泌量への対応が遅れる

表, 分娩1週間前(3日間)と分娩2-4日  
後(3日間)のミネラル出納(n=4)

	分娩前		分娩後	
	グラス	アルファルファ	グラス	アルファルファ
DCAD, meq/kg	178	186	134	152
尿量, kg/日	11.3	12.6	15.5	22.9
尿中pH	8.20	8.31	8.19	7.75
Ca摂取量, g/日	46.6	81.3	69.5	111.0
蓄積量	11.7	18.9	-20.3	-1.4
K摂取量, g/日	194.8	203.7	218.9	192.5
蓄積量	0.1	2.9	-50.2	-18.9

・ミネラルの蓄積もマイナスになる

- 乳牛の妊娠期間の血漿・乳中エストロゲンの上昇(生理的なもの)  
(Pape-Zembitoら、2008)
- 分娩前のDMIの減少と免疫機能の低下: 妊娠末期の血漿中エストロン(E1)とエストラジオール(E2)の上昇が影響する



# 骨粗鬆症とエストロゲン（閉経後）

エストロゲン受容体：骨芽細胞と破骨細胞



卵巣機能低下によるエストロゲン不足  
(エストロゲンは骨のCaの保持に重要)



骨吸収が骨形成より優位となり、負のCa  
代謝（骨吸収サイトカインの産生過剰）

# 周産期の乳牛の特徴

1. 分娩前後の体内代謝・内分泌機能の急激な変動(乳生産の増加が影響)

--代謝障害・繁殖障害の増加

2. 分娩前後の免疫機能の低下

--病原菌の体内侵入による乳房炎などの疾病増加(乳房炎:分娩直後の初乳産生時や乾乳期に多発)



高泌乳牛は分娩に伴うリスクが高く、精密な栄養管理による周産期病の予防が必要

# 移行期の課題と飼料給与

- ・栄養管理の改善が乳量増加に追いつかない
- ・粗飼料(イネ科)の品質が改善されない



- 1) 分娩直後の乾物摂取量の早期増加を図る
- 2) 飼料から栄養素を過不足なく摂取する
- 3) ルーメン環境を適正に維持する(絨毛の発達)



良質粗飼料を活用して、TMRで給与する

- ・分娩前の濃厚飼料の給与比率を3割程度
- ・移行期はほぼ同じ粗飼料構成にする

# 周産期病の発生とその予防

- 生理機能に基づいた栄養管理の改善
- 乾物摂取量の増加による栄養改善
- 飲水量の増加による生理機能の改善

# 動物の恒常性と適応

## 1) 動物の恒常性維持機能:

動物は常に変動する体外からの情報を受け取り、それに適切に対応しながら、体内の生理機能を常に一定の範囲内に維持して、健康を保っている。

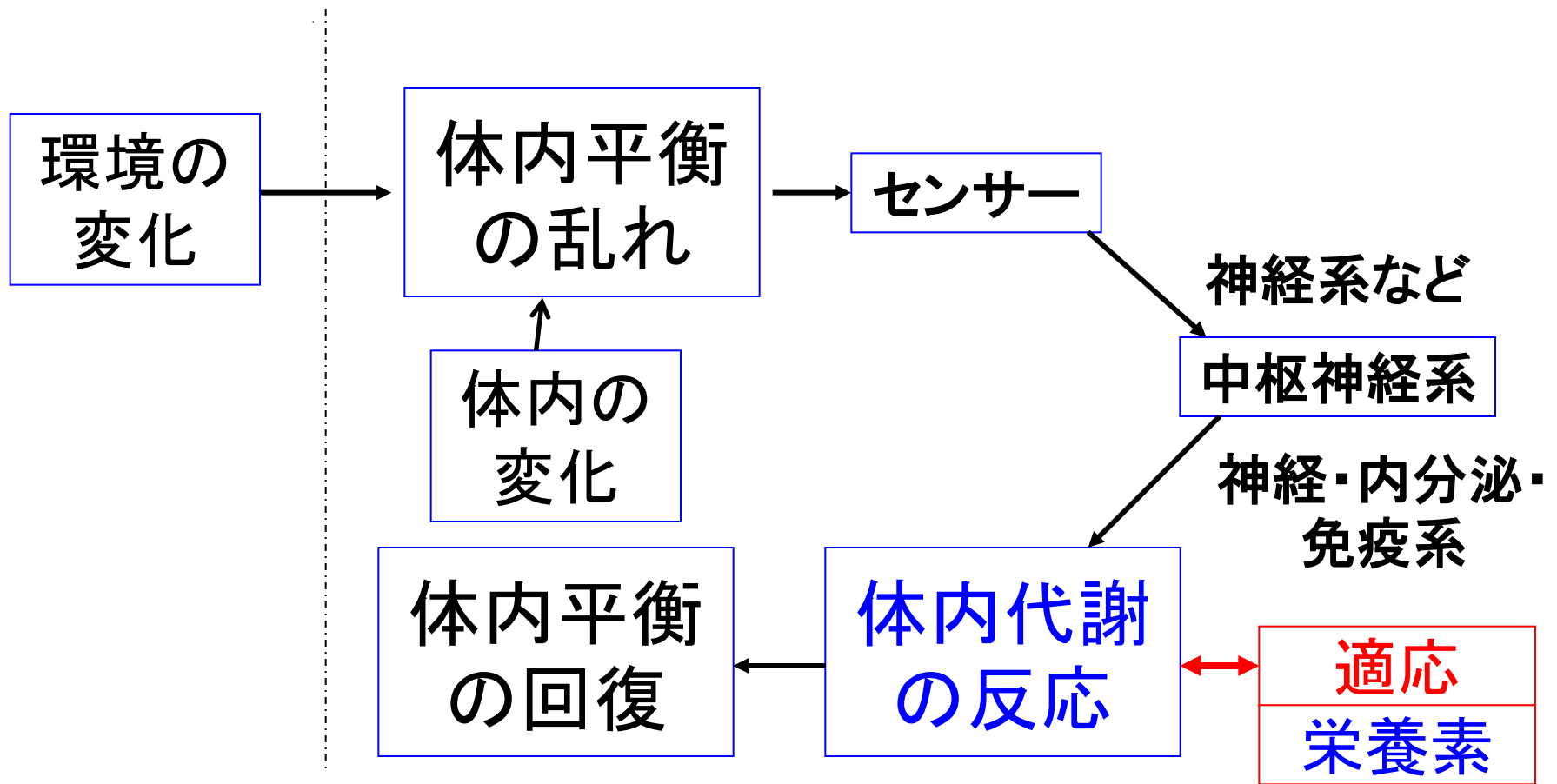
## 2) 適応の重要性:

外部環境あるいは体内の変化に対して、神経系・内分泌系・免疫系などの機能を高めて、体内の変化を最小限にする

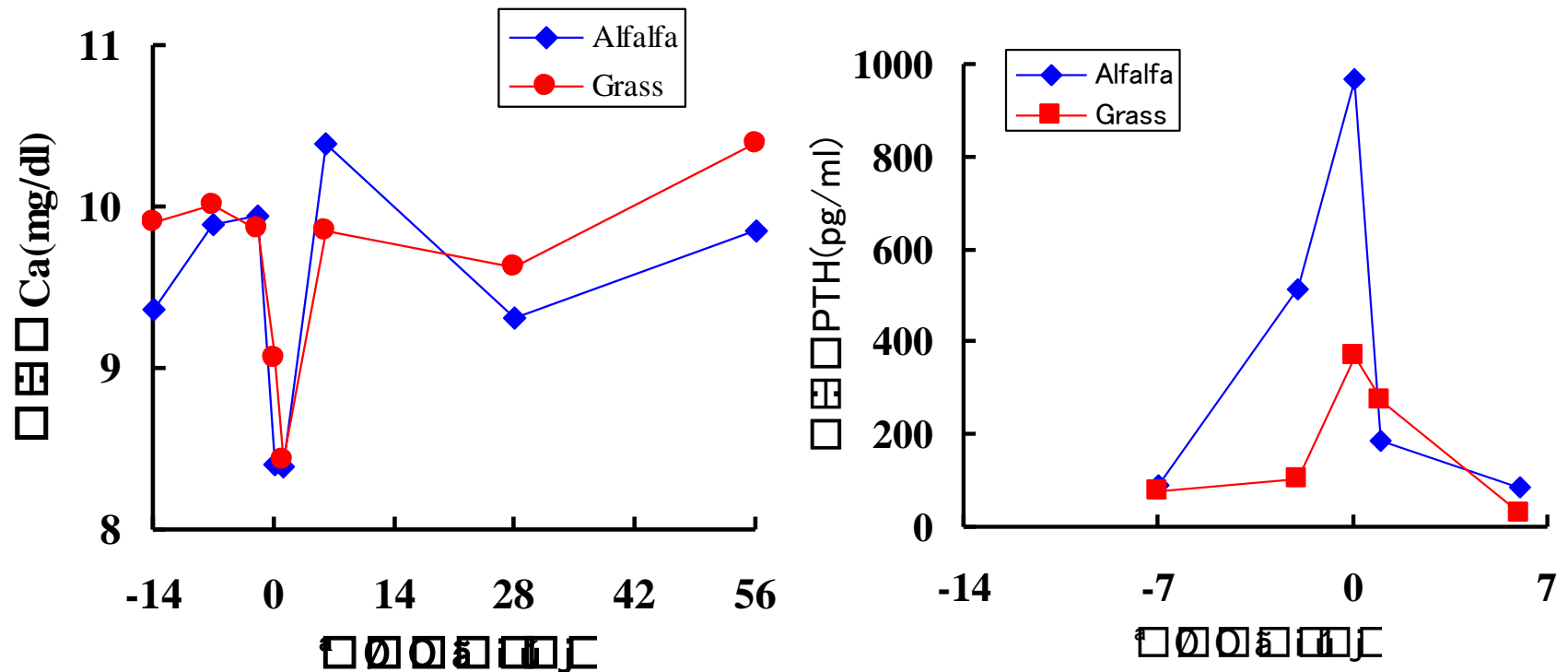
# 図、環境の変化に対する動物の適応

--分娩時の生理的適応は？

環境—動物



# 図、アルファルファ区(◆)とグラス区(■)の血漿中Ca濃度と副甲状腺ホルモン(PTH)



乳牛は分娩前後の生理的危機を常に正常化するように機能する(栄養管理はそれを助けることが必要)

# ケトーシス・脂肪肝の発生

**ケトーシス**：糖質不足により脂肪酸代謝障害（血中遊離脂肪酸の急増）が生じ、体内にケトン体（アセト酢酸など）が急増し、痙攣、麻痺が起こる（脳・神経障害）

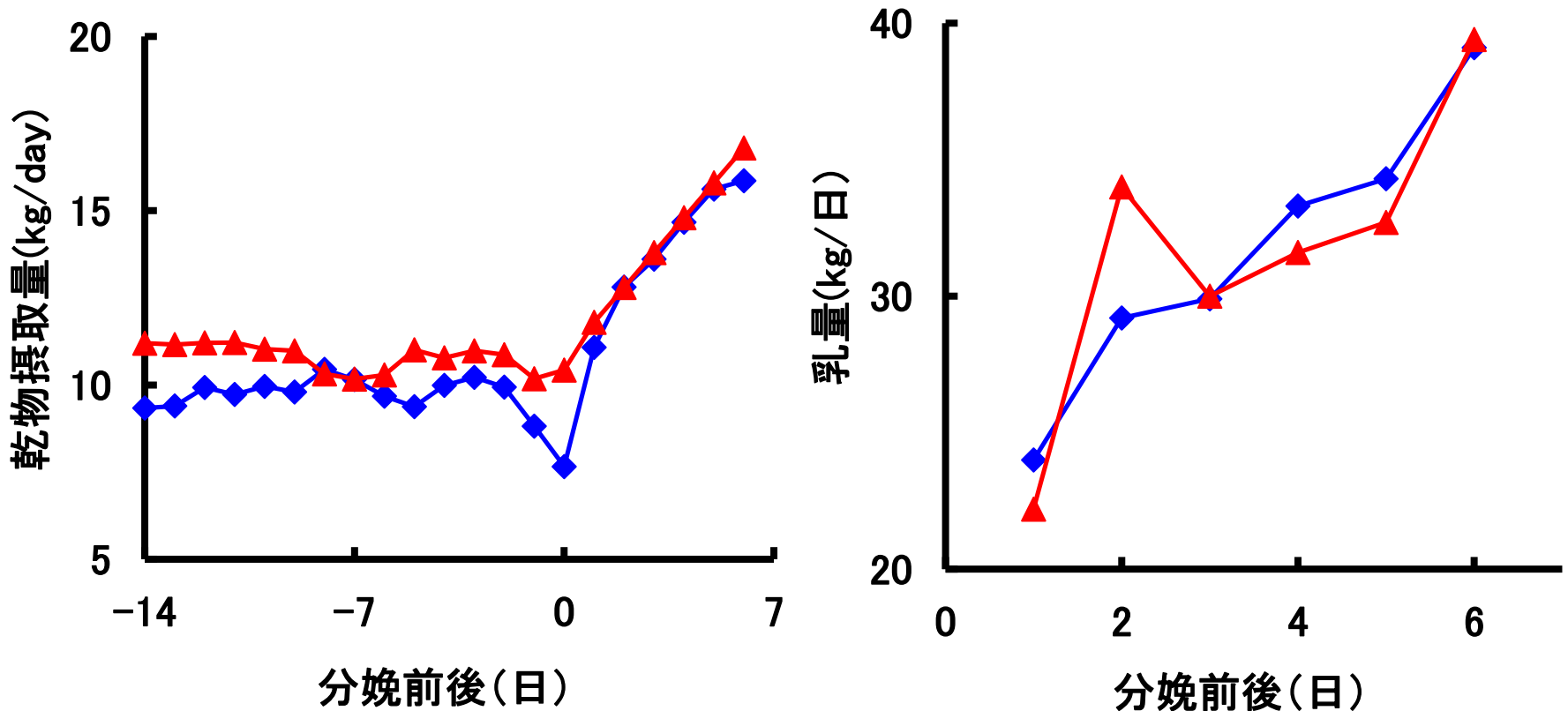
**脂肪肝**：肝機能の減退を起こし、体脂肪を処理することができず、大量のケトン体が生成されて、重度の中毒症状を示す



分娩直後～10日頃までのエネルギー代謝異常（不足）によるケトーシス・脂肪肝が問題（1980年代：分娩2～4週後に多発）

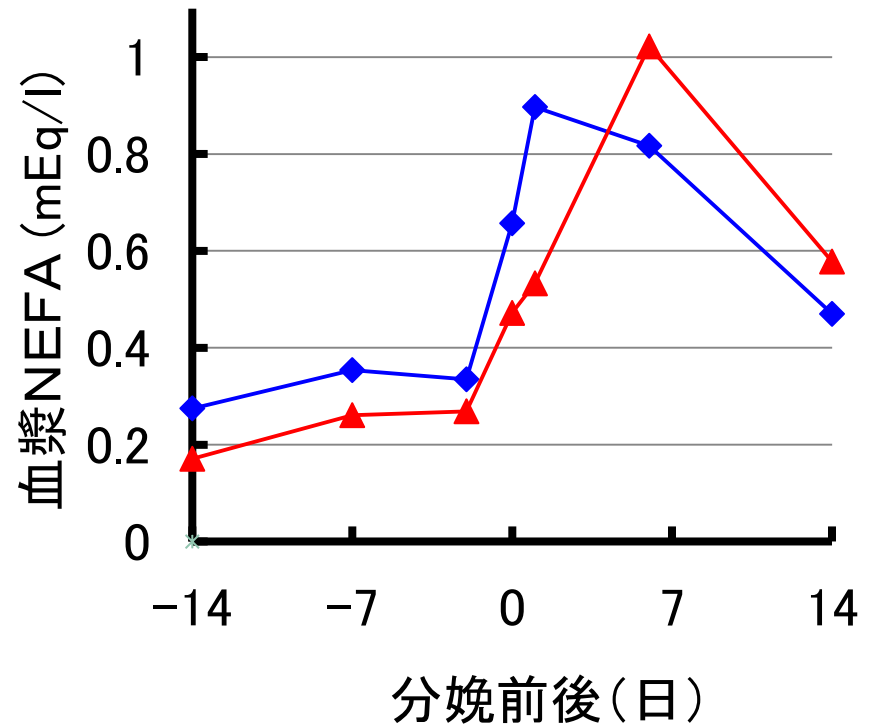
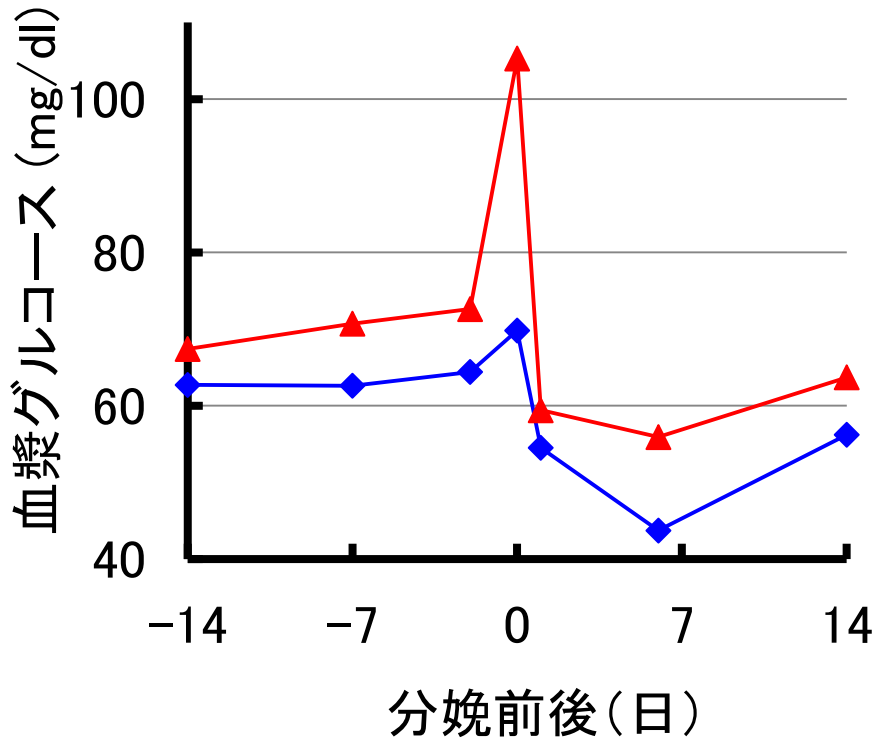


# 図、アルファルファ給与区 (◆;n=4) とコーン+アルファルファ給与区(▲;n=4)の乾物摂取量と乳量



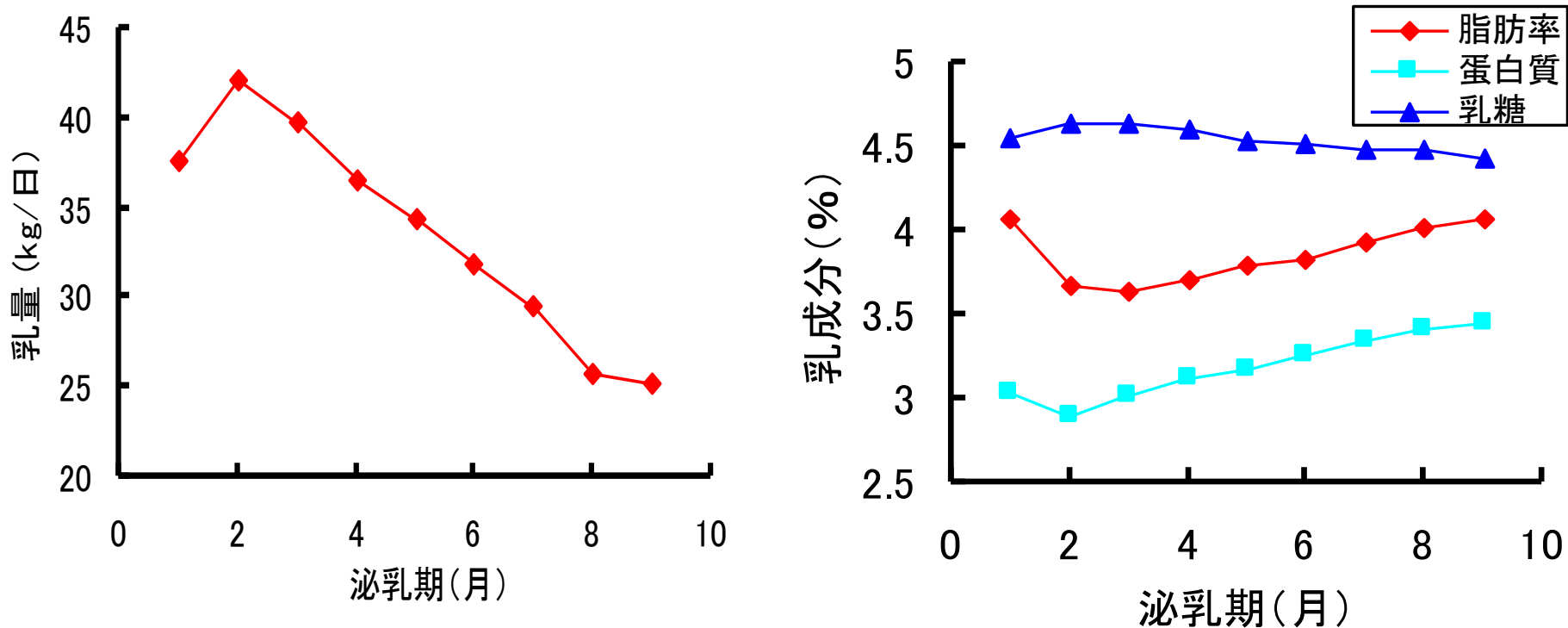
高泌乳牛:分産直後の乳量の急増が特徴

図、アルファアルファ給与区 (◆:n=4) とコーン＋アルファアルファ給与区(▲:n=4)の血液成分



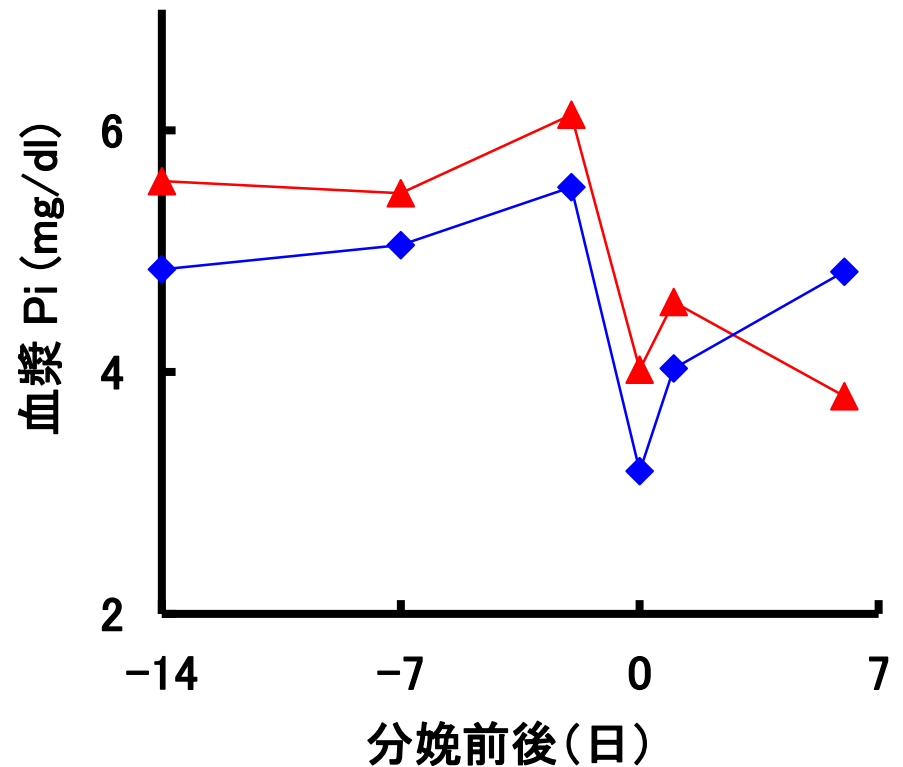
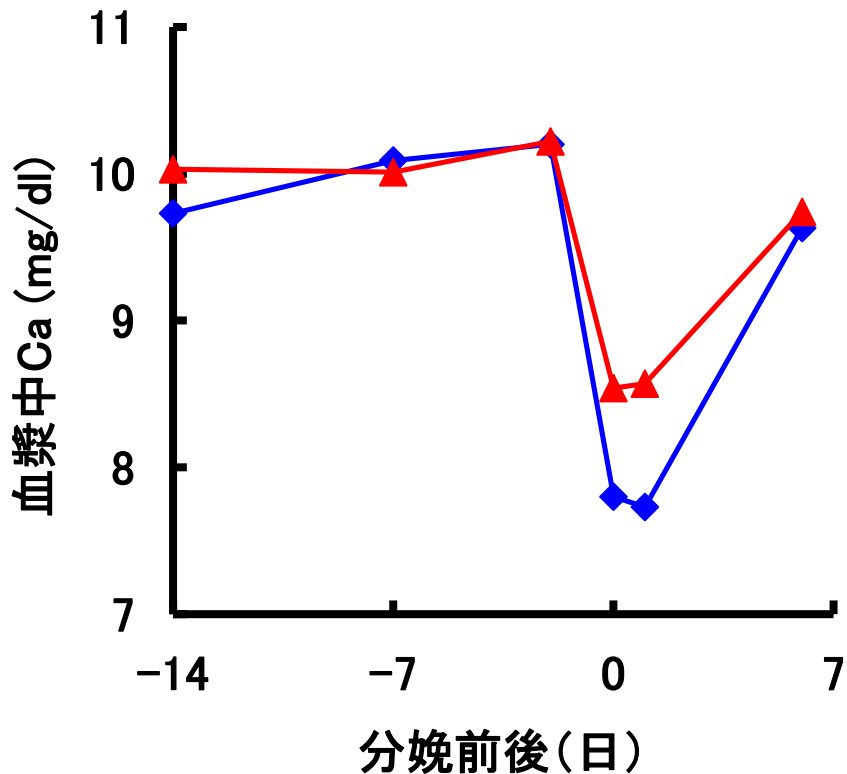
分産後の血漿中遊離脂肪酸の急増とその後の回復

# 図、乳牛の乳量と乳糖の関係 (グルコースの必要性)



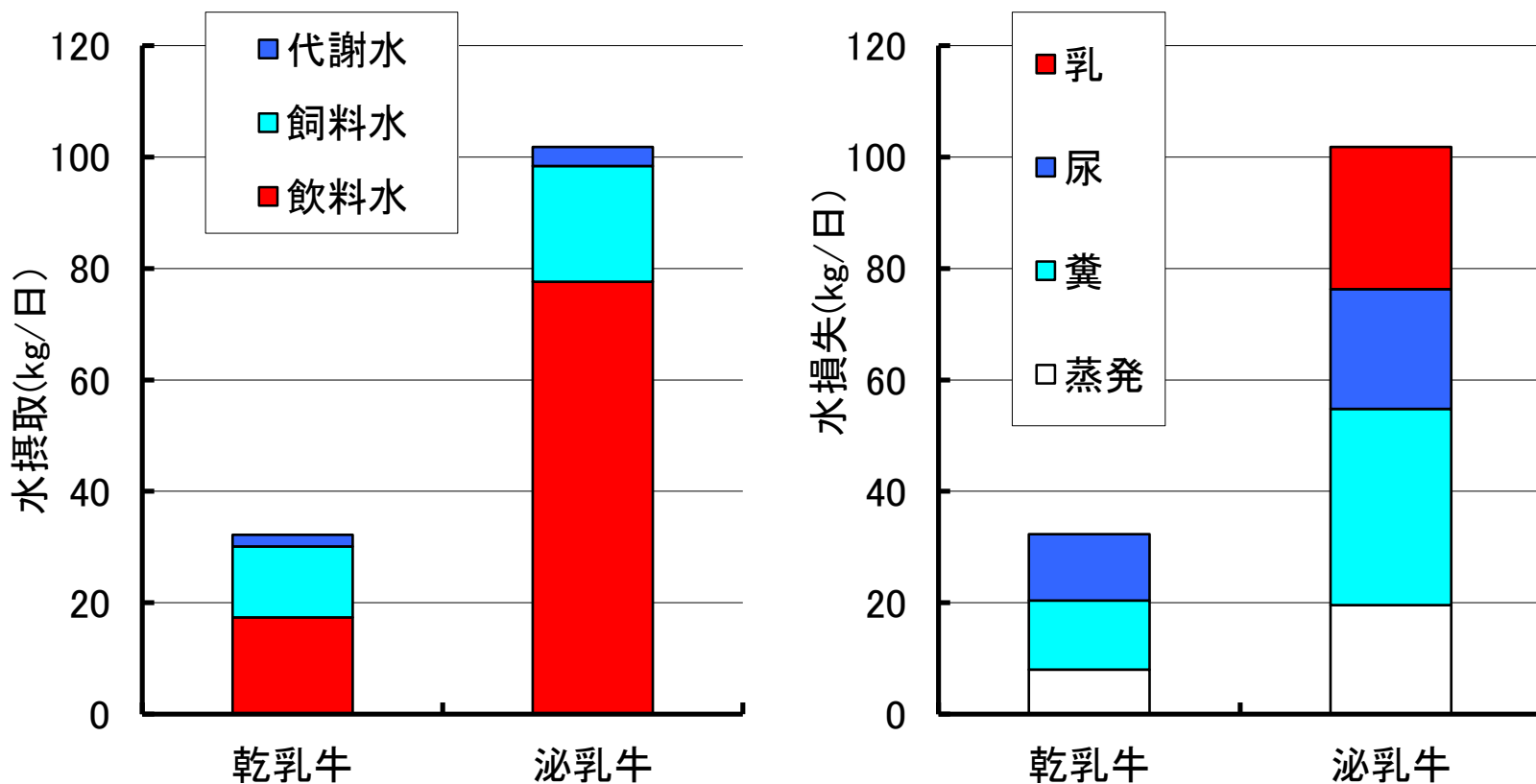
乳量増加は乳糖(グルコース)の増加が重要: 浸透圧の関係(乳糖が多いと乳腺に水の移行が増加する)

図、アルファルファ給与区 (◆) とコーン+アルファルファ給与区 (▲) の血漿CaとPi濃度



血漿CaとPi濃度を正常に維持して、乳熱を予防する

# 図、乾乳牛と泌乳牛（乳量：29.5kg） の水摂取量と水損失量



乳牛は分娩直後に大量の飲料水を必要とする

## 表、乾物摂取量(DMI)、水摂取量(TWI)と 飲水量(DWI)の比較(kg/日)

	乾乳牛	泌乳牛	泌乳牛/乾乳牛
DMI	7.7	20.7	2.69
TWI	30.3	98.4	3.25
DWI	16.0	77.6	4.85

分娩前と比較して、泌乳牛では乾物摂取量の増加率よりも飲水量の増加率が高い:水が飲めないとは代謝異常になる

# 移行期の栄養管理のポイント

1. 分娩後の乾物摂取量を早期に高めて、エネルギーや栄養素の充足を早めるための**精密な栄養管理**(飼料設計)
2. 乳牛の健康を維持し、分娩前後の代謝障害・繁殖障害を減らすための**適切な栄養管理**(イオンバランスなど)



**高品質粗飼料を活用した乳量増加、疾病予防、繁殖成績改善**