

# 高温時の家畜の防暑対策

久米新一

# 家畜からのメタン発生量の低減

1. 乳牛・肉牛の生産性向上
2. 品質の良い(繊維の少ない)粗飼料、濃厚飼料の利用
3. 添加物(脂肪酸カルシウムなど)、機能性飼料(オリゴ糖など)の利用



現状の6%低減を目標

# 表、米国の乳牛のメタン発生量 抑制効果(EPA,2000)

	1960	1990
乳量 (kg/年)	3195	7000
1 頭当メタン発生量 (kg/年)	76.1	114.6
乳量当メタン発生量 (g/kg)	24	17
乳牛頭数 (百万頭)	17.5	10.1
年間総乳量 (百万t)	55.9	65.6
メタン発生量 (Tg)	1.33	1.16

# 表、農業からのメタン発生量 削減の予測(IPCC,1995)

発生源	推定発生量 (Mt/年)	削減ポテンシャル (Mt/年)	(%)
反芻家畜	80 (65-100)	29 (12-45)	36
家畜排泄物	14 (10-18)	3 (2-7)	21
水田	50 (20-60)	20 (8-35)	40
バイオマス燃焼	22 (11-33)	6 (1.5-4.5)	27
合計	166 (106-211)	58 (24-92)	35

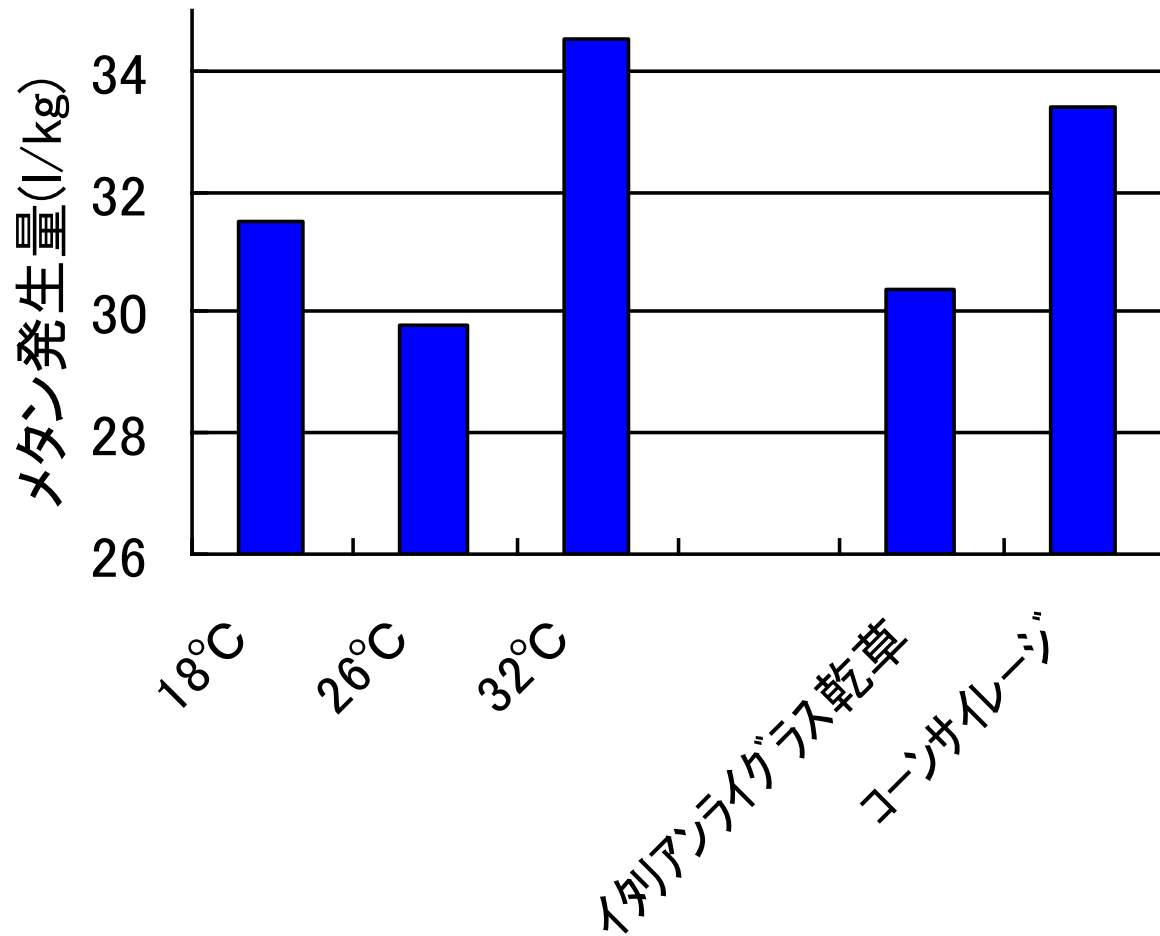
# 表、反芻家畜のメタン発生量 抑制効果の予測(IPCC,1995)

方法	メタン発生抑制量
飼料の品質向上 と栄養バランス	25 (10-35) Mt/年
飼料の消化率向上	2 (1-3)
生産増進剤投与	2 (1-6)
家畜改良	--
繁殖効率向上	--

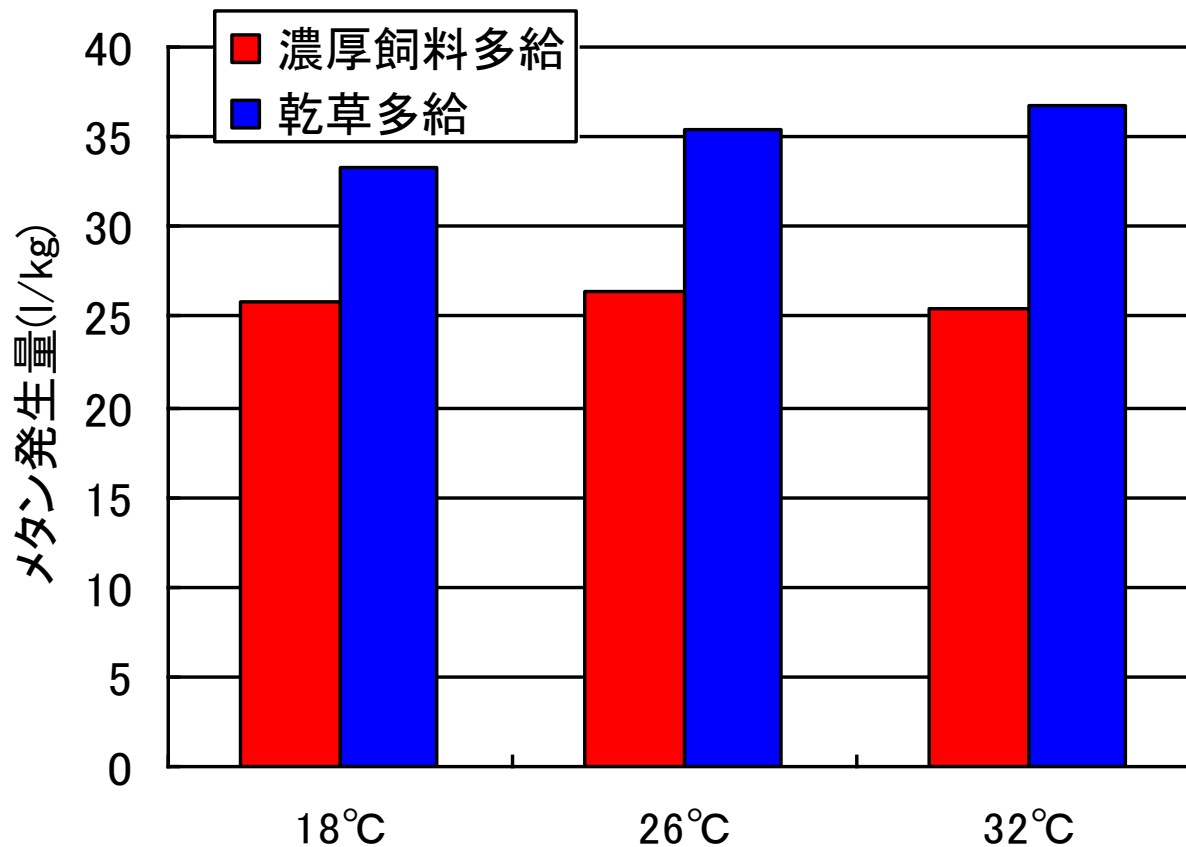
# 高温時におけるメタン発生

- 環境温度が上昇すると、消化率に関係なくメタン発生量が増加する
- 給与飼料、飼料の通過速度・消化率などによって異なり、濃厚飼料給与により減少する
- 熱帯・亜熱帯では低質粗飼料の利用により、メタン発生量が増加

# 乾乳牛のメタン発生量に及ぼす環境温度と粗飼料の影響(栗原ら、1995)

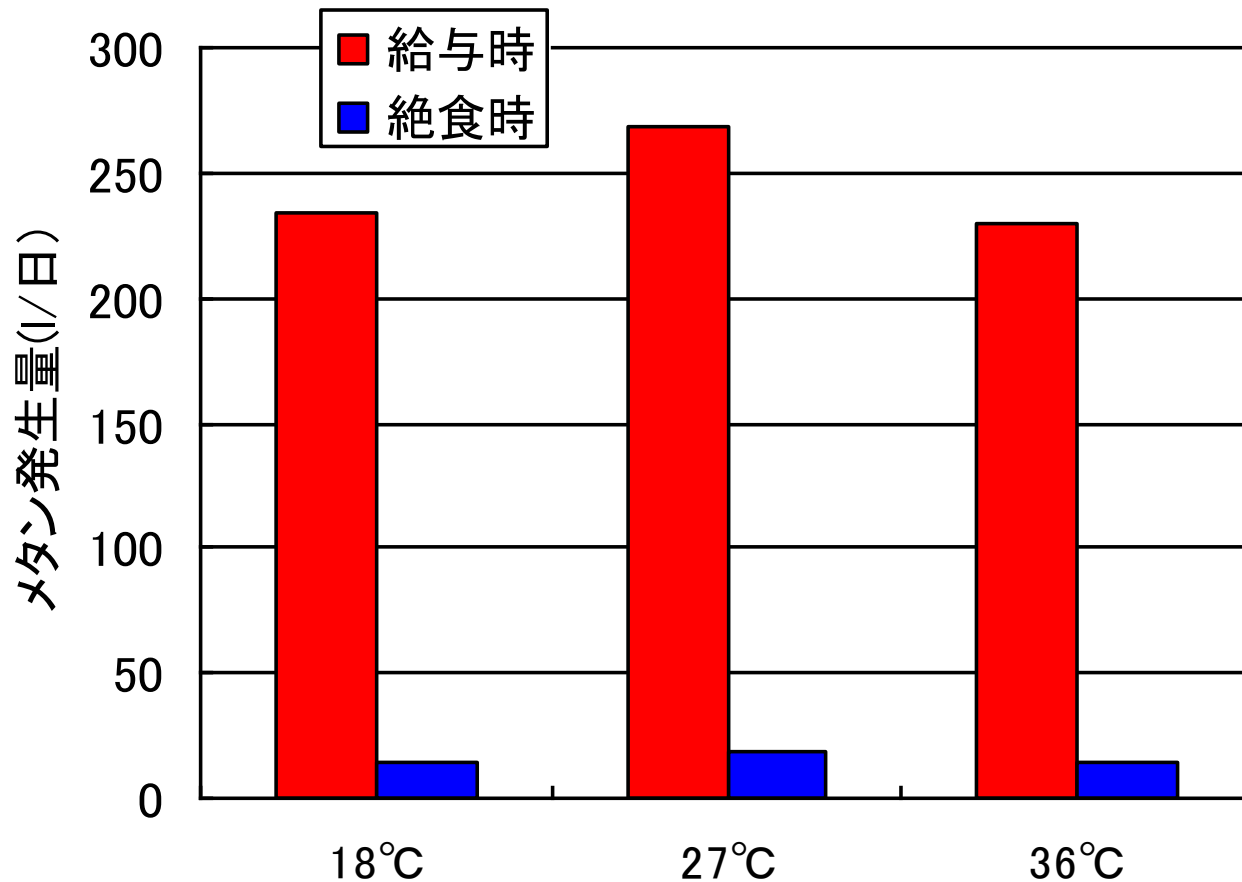


# 泌乳牛のメタン発生量と環境温度、 飼料の関係(栗原ら、1995)





# 乾乳牛のメタン発生量と環境温度、 絶食の関係(柴田ら、1989)

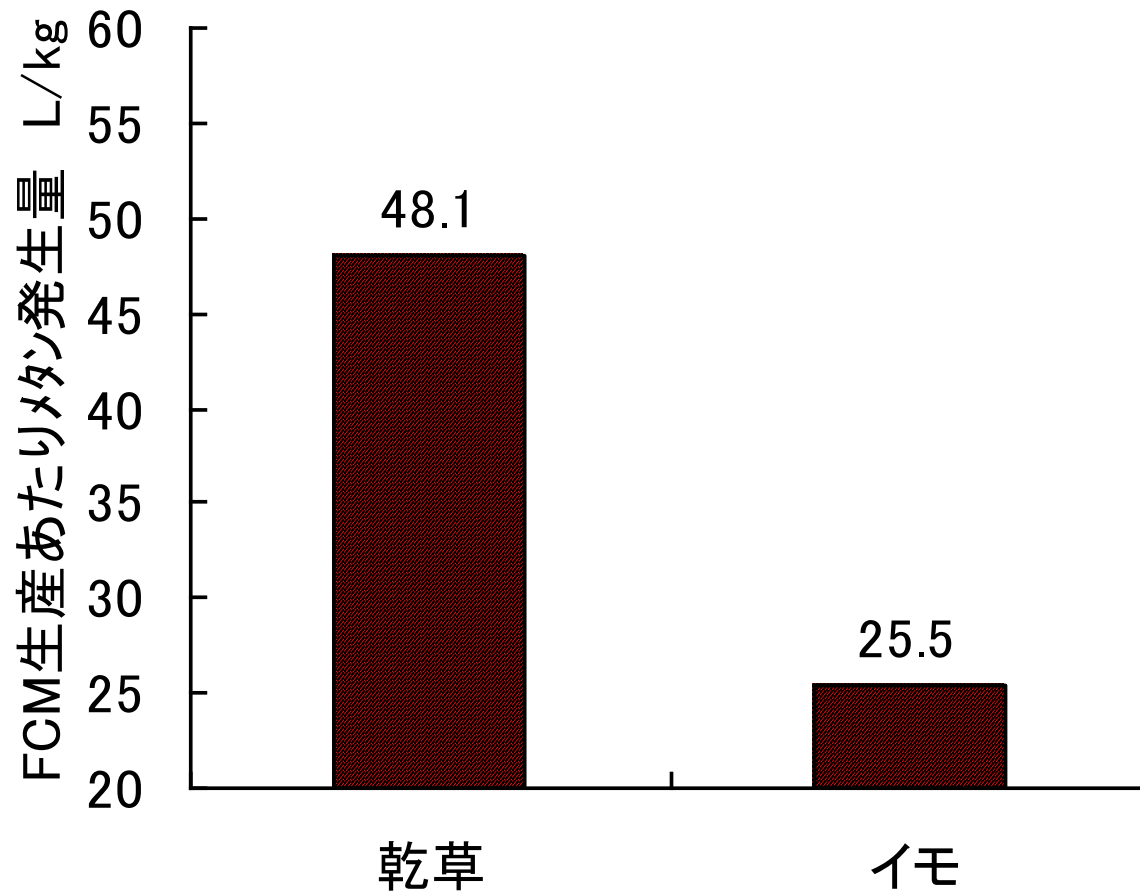


# 表、乳牛の乾物摂取量、メタン発生量 (l/日)と環境温度(栗原ら、1996)

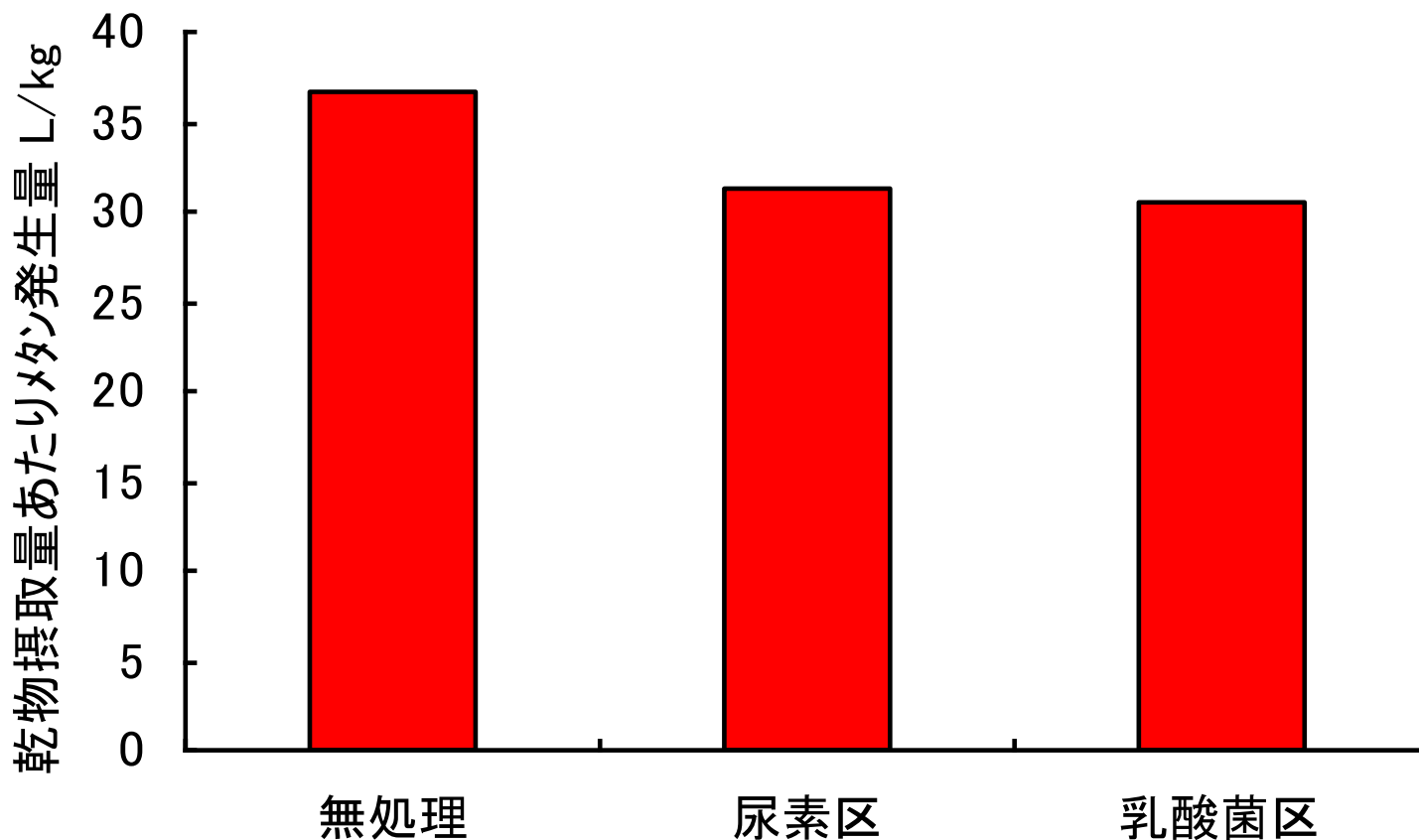
環境温度	DMI (kg/日)				
	5	10	15	20	25
18°C	174	312	450	587	725
30-32°C	197	331	465	599	733
	(113)	(106)	(103)	(102)	(101)

( )内は18°Cに対する百分率

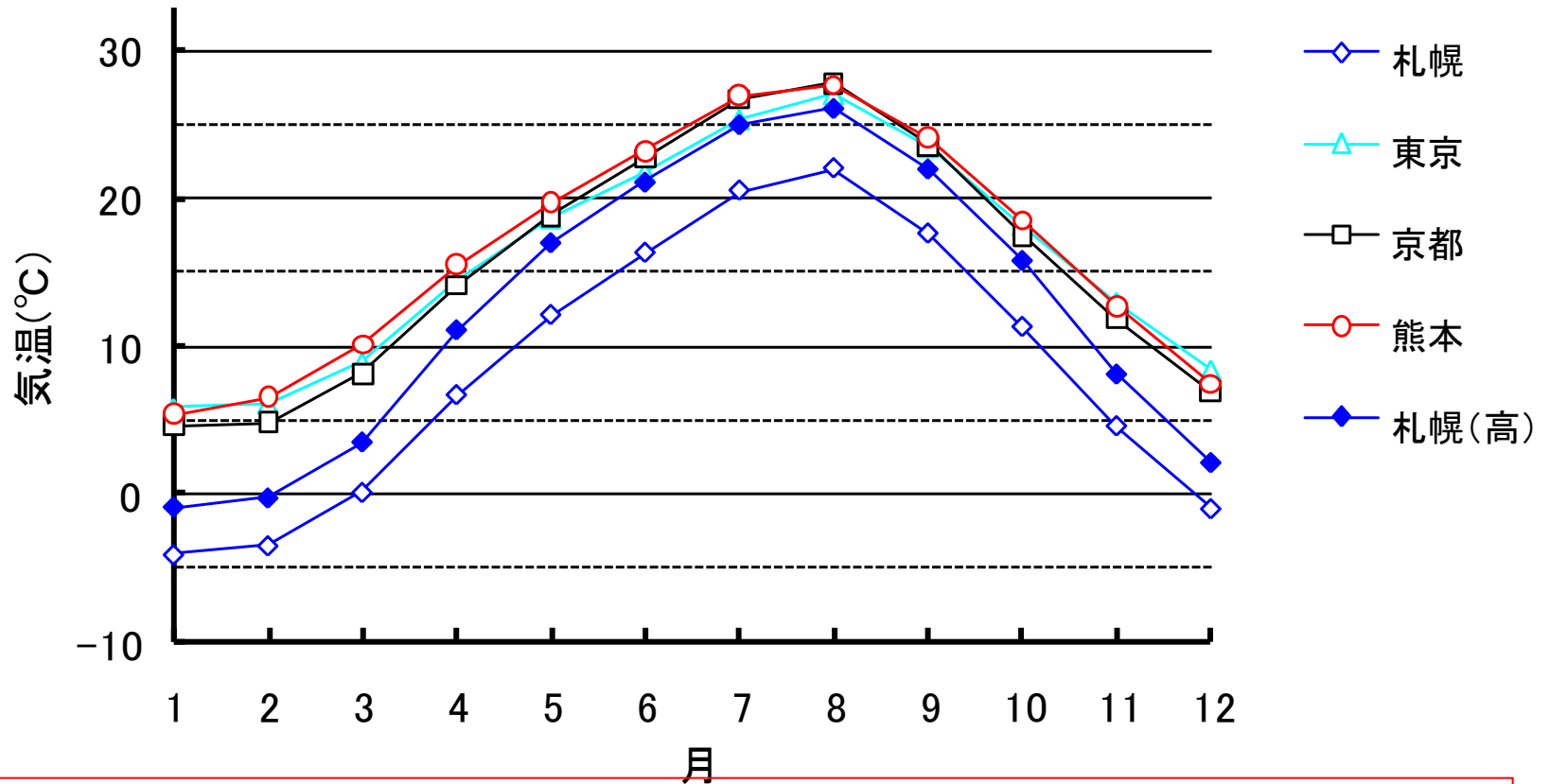
# イモ類給与によるメタン抑制効果 (塩谷ら、2002)



# 稲ワラ給与に尿素処理、乳酸菌添加によるメタン抑制効果 (塩谷ら、2002)

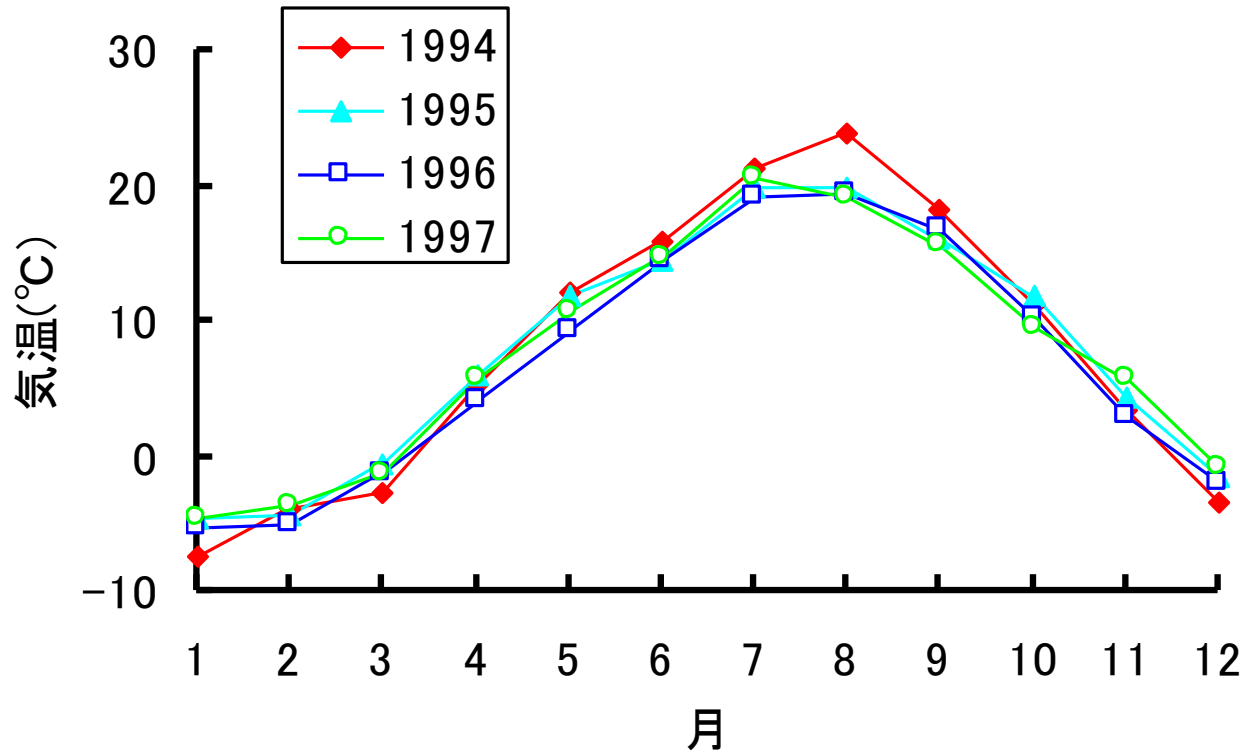


# 暑熱ストレスの影響：日本 (1970-2000年) の平均気温と最高気温



わが国では高泌乳牛では暑熱ストレスの影響は20°C程度から生じる：**夏季の高温多湿の影響**

# 札幌・北農研(1994-1997年)の気温



8月の気温

1994:23.9°C

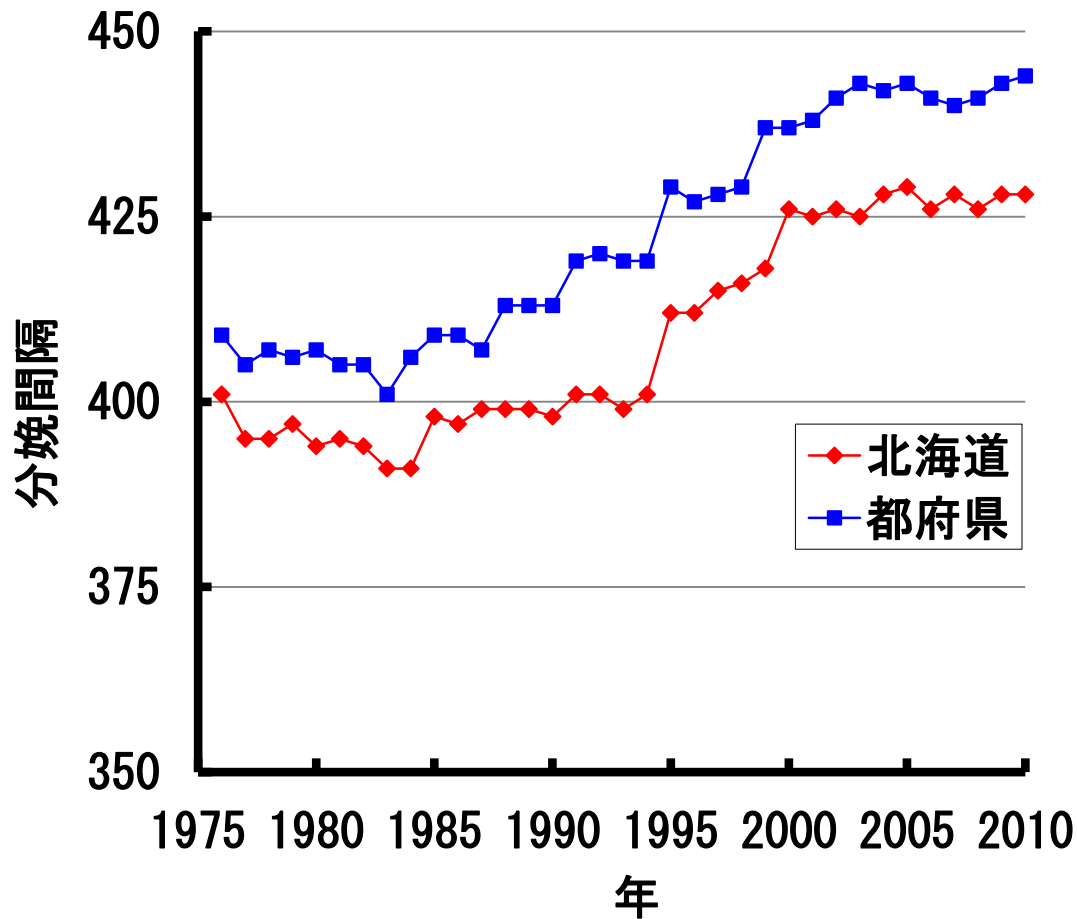
1995:20.0°C

1996:19.5°C

1997:19.1°C

(1994年:全国  
で4600頭の乳  
牛が死廃)

# 都府県と北海道の乳牛の分娩間隔



・分娩間隔:平22年

428日(北海道)

444日(都府県)

・分娩間隔は猛暑の年に上昇する

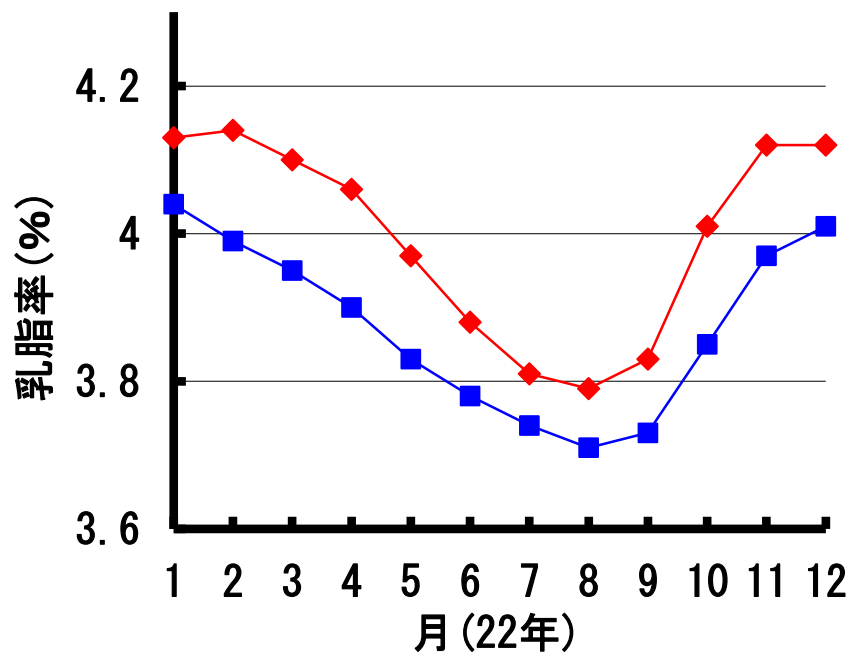
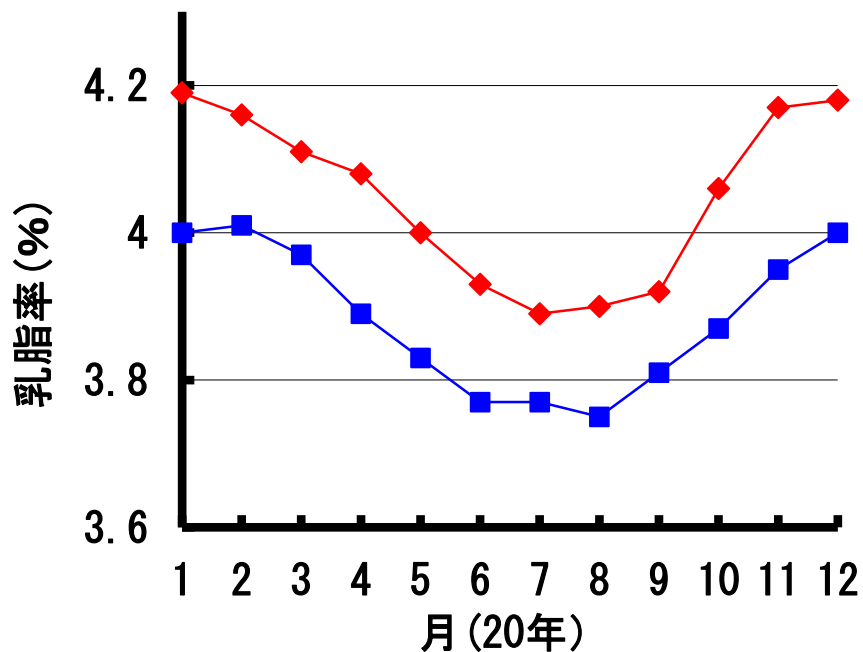
・分娩間隔はその後回復しない

(猛暑の1994年:10日以上の上昇)

(牛群検定成績)

# 都府県(■)と北海道(◆)の乳脂率

## 夏季・猛暑における乳脂率の低下



(牛群検定成績:平成20年と猛暑の22年)

都府県と北海道の分娩間隔の変動と近似している



# 暑熱時の生理特性

- 暑熱時の生理特性を把握するために、家畜の直腸温、呼吸数、心拍数などを測定



直腸温：恒温動物では体温がすべての部位で一定でなく、体の深部より外表で低くなる。体の深部の温度（核心温度）はほぼ一定で、直腸温は測定が容易なためよく使われる。

# 家畜の生理特性

	直腸温 (°C)	心拍数 (回／分)	呼吸数 (回／分)
鶏	41.7	200-300	20-40
豚	38.9	55-86	10-25
乳牛	38.5-39.5	60-70	15-40
羊・山羊	39.1		
馬	37.7		

# 家畜の適温域と生産限界温度(°C)

家畜	適温域	生産限界温度	
		低温側	高温側
搾乳牛	0～20	-13	27
哺乳子牛	13～25	-5	30-32
育成牛	4～20	-10	32
育成牛 (黒毛和種)	10～20	-10	30
ヒツジ	-3～23	-13	27

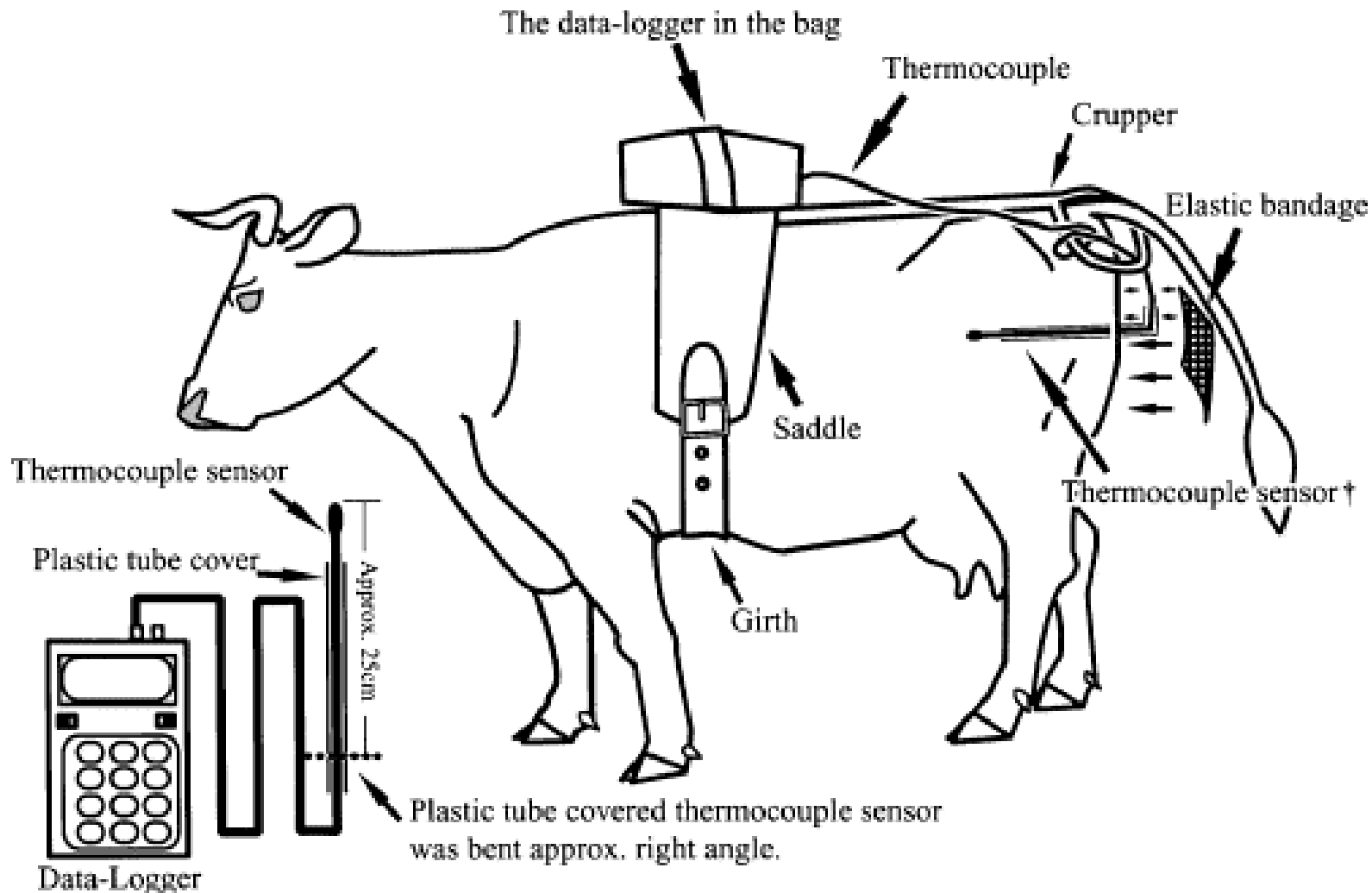
# 自然環境下における環境変動の 影響調査

- 自然条件下では1日あるいは1月の環境条件が大きく変わるため、自然条件下での調査・試験が必要（人工気候室では設定条件下で精度良く調べることが可能）
- 長期にわたる暑熱ストレスの影響を調べる場合には、自然環境下の試験が適している（防暑対策の開発などにも）

# 家畜の体温

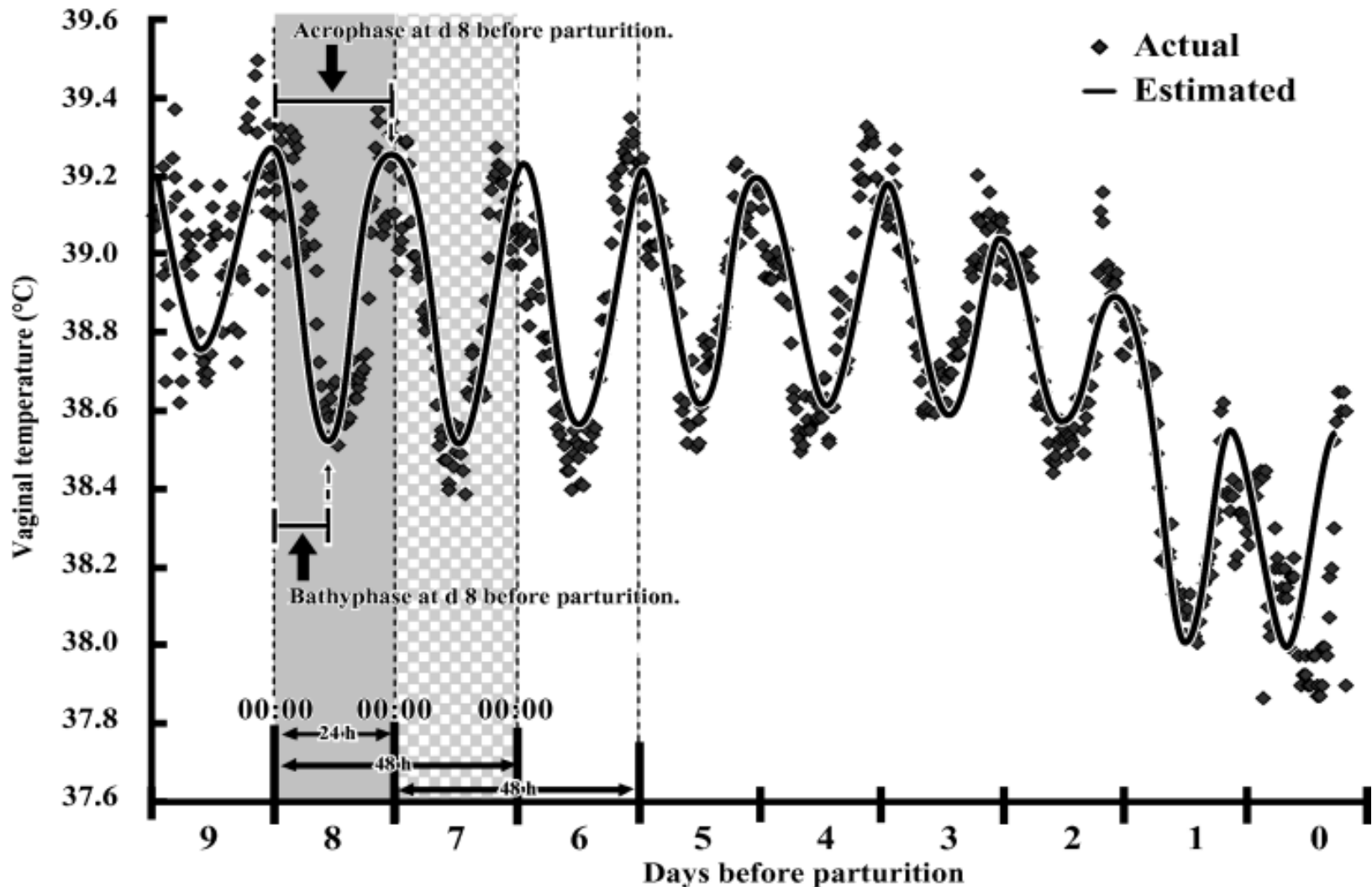
- 家畜では温度が変化しにくい深部温(直腸温)を利用(皮膚温は変わりやすい)
- 体温は熱発生量と熱放散量(放射、伝導、対流、蒸発)の関係
- 体温は変動要因(個体差、環境温度、飼料、日内変動など)が多い
- 簡易な分娩予知法:分娩前の体温の低下( $0.5^{\circ}\text{C}$ 程度)を利用(日内変動が $1^{\circ}\text{C}$ 程度あるので、決まった時刻に測定する)

Fig. 1. Data-logging apparatus and animal was instrumented with it for measuring vaginal temperature (VT). (青木ら)



# 分娩前の牛の膣温の変動

(青木ら、Anim.Sci.J.77:290-299, 2006)



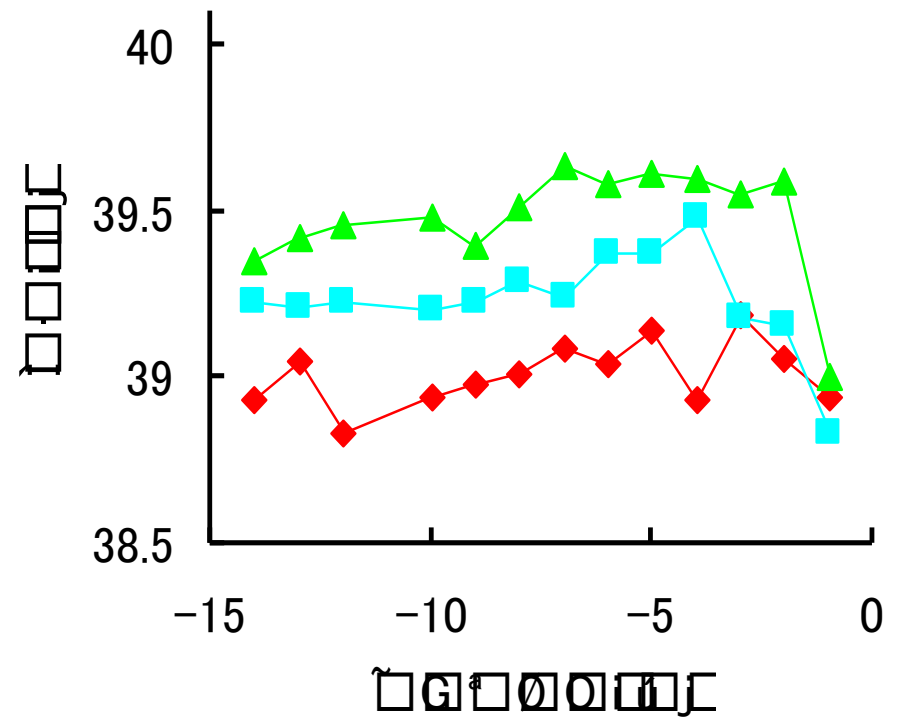
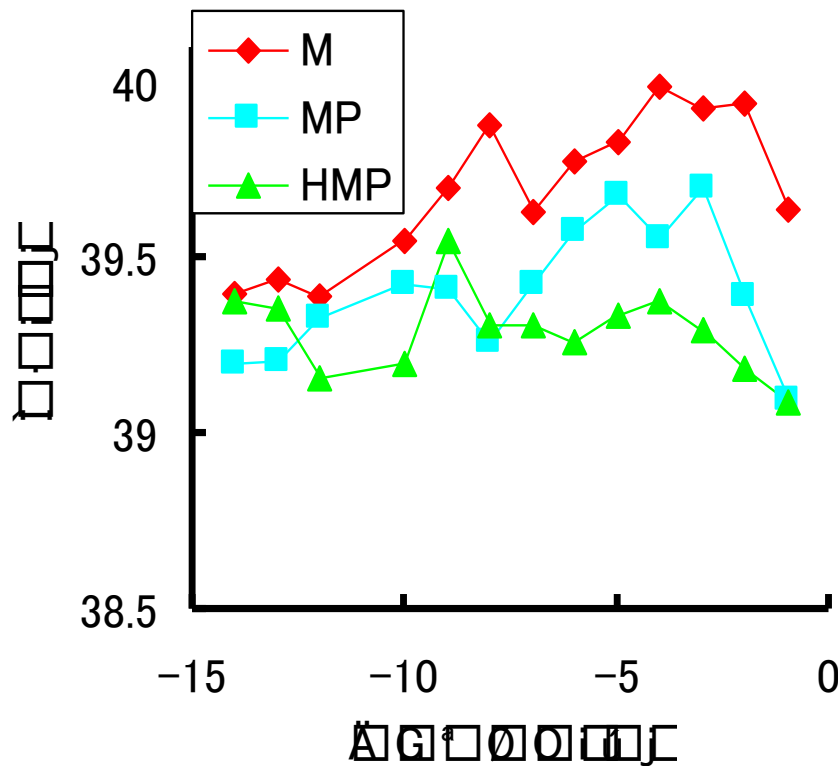
表、妊娠牛の分娩前の乾物摂取量  
(分娩4週間前から分娩時まで給与)

	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

夏季分娩牛の増体率の低下が問題

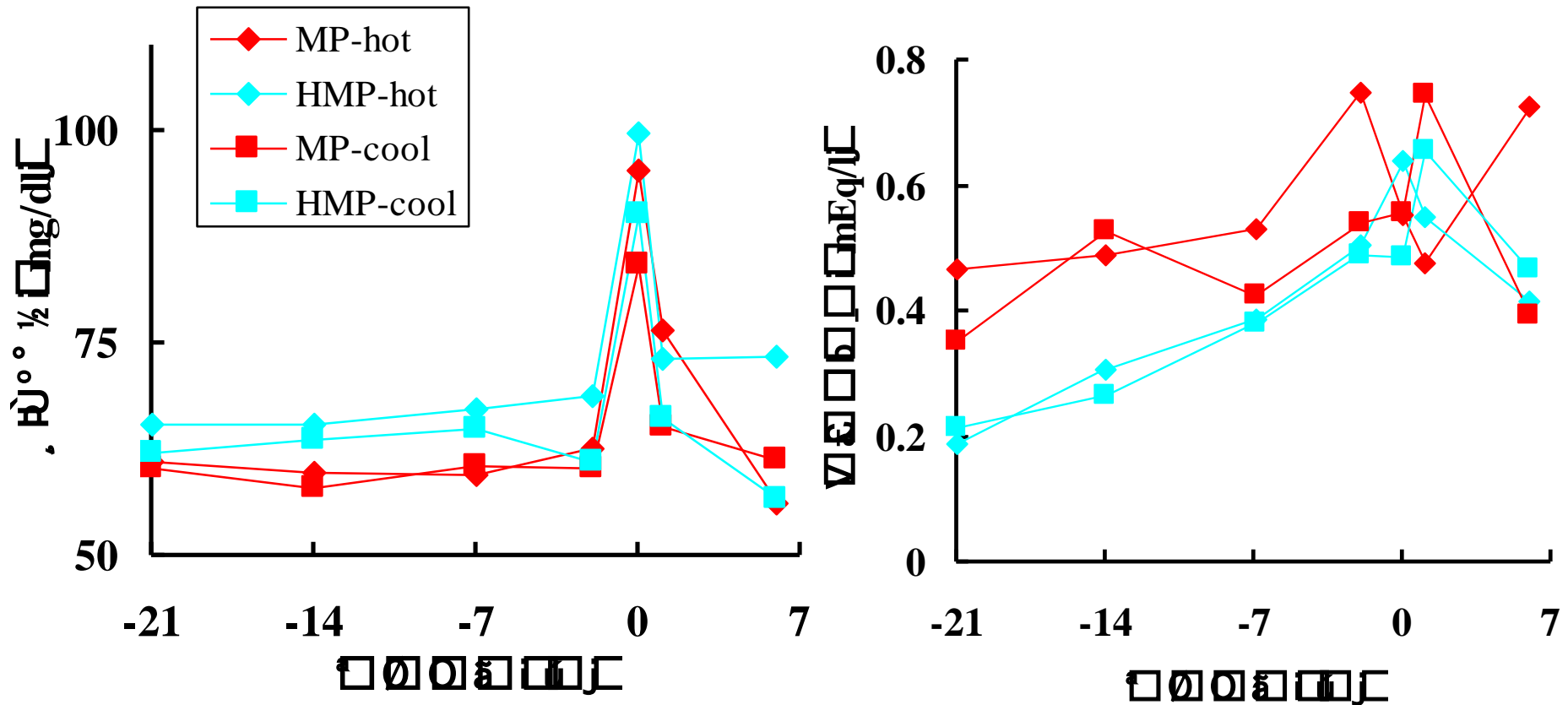


# 図、夏季及び冬季分娩牛の直腸温(15:30)の変動: 夏季の栄養不足による体温上昇(40°C以上)で分娩後2頭が体調不良



夏季分娩牛の不完全な熱放散による体温上昇

# 図、乳牛の血漿中成分の変動



# 表、供試牛の血漿・初乳中ミネラル濃度

	夏季			秋季			効果	
	M	MP	HMP	M	MP	HMP	飼料	季節
血漿、mg/dl								
Ca	9.81	9.72	9.69	9.70	9.83	9.99	NS	NS
Pi	5.45	4.89	4.78	5.07	4.85	4.26	NS	NS
Mg	2.03	2.13	2.19	2.22	2.18	2.04	NS	NS
初乳、mg/dl								
Ca	201	164	192	210	247	233	NS	**
P	183	152	169	203	214	295	NS	**
Mg	36	27	35	43	48	42	NS	**

\*P<0.05, \*\*P<0.01, \*\*\*P<0.001

# 人工気候室による環境制御

- 温度、湿度、風速、光などを調節して、環境の変動による動物の生理機能の変動を調べる（一定条件下で代謝試験と組み合わせて、動物のエネルギー、栄養素の代謝を調べることも多い）
- 地球温暖化の影響では、温度と湿度を変えた実験が多い（温度：10-40°C、湿度：40-100%など）

# 環境制御室における泌乳牛の体温(試験1)

## 環境温度

18°C

26°C

30°C

体重、kg

589a

581a

548

DMI、kg/日

18.2a

16.9a

12.2b

粗飼料、kg/日

8.5a

7.2a

3.5b

乳量、kg/日

26.0a

25.2a

19.7b

体温、°C

38.6b

39.1b

40.3b

呼吸数、回/分

29.2c

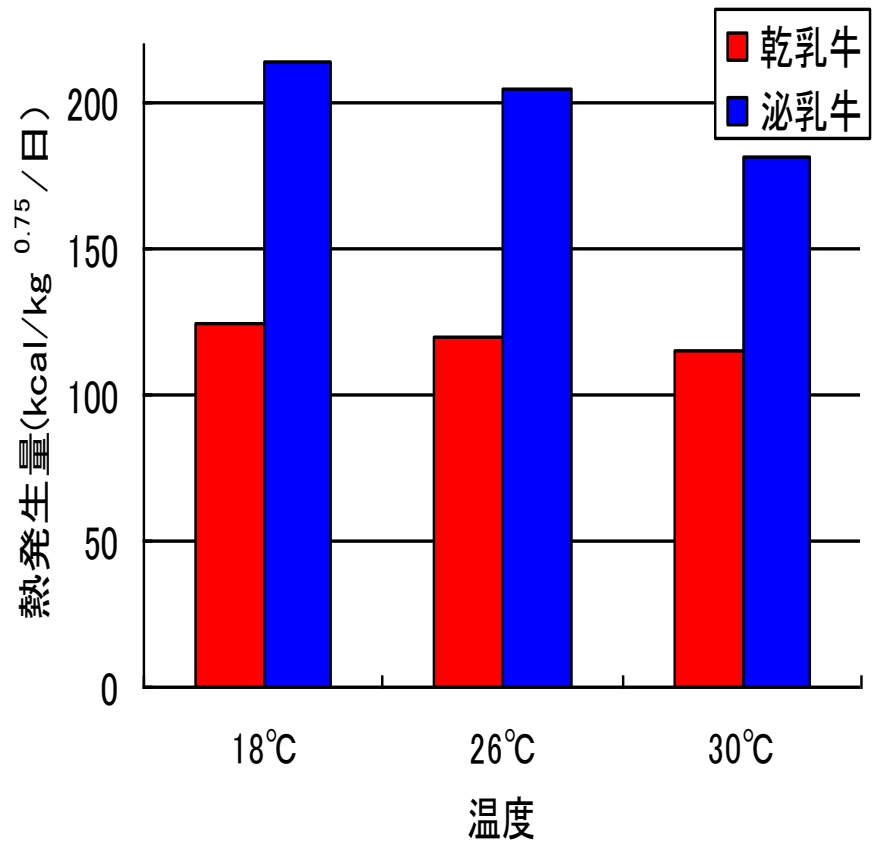
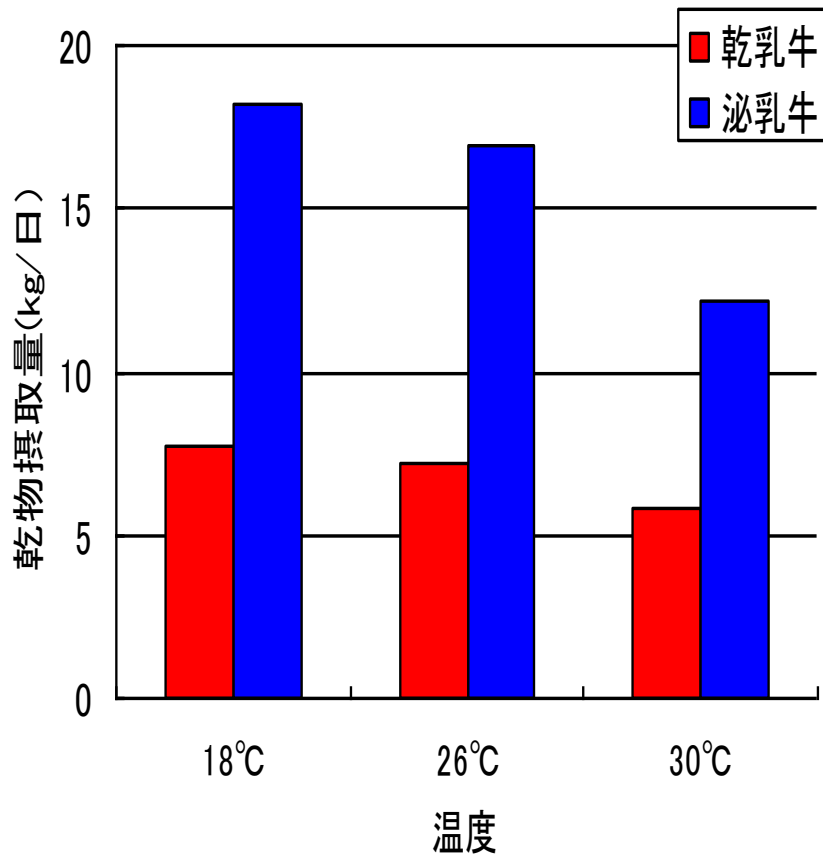
46.2b

66.8a

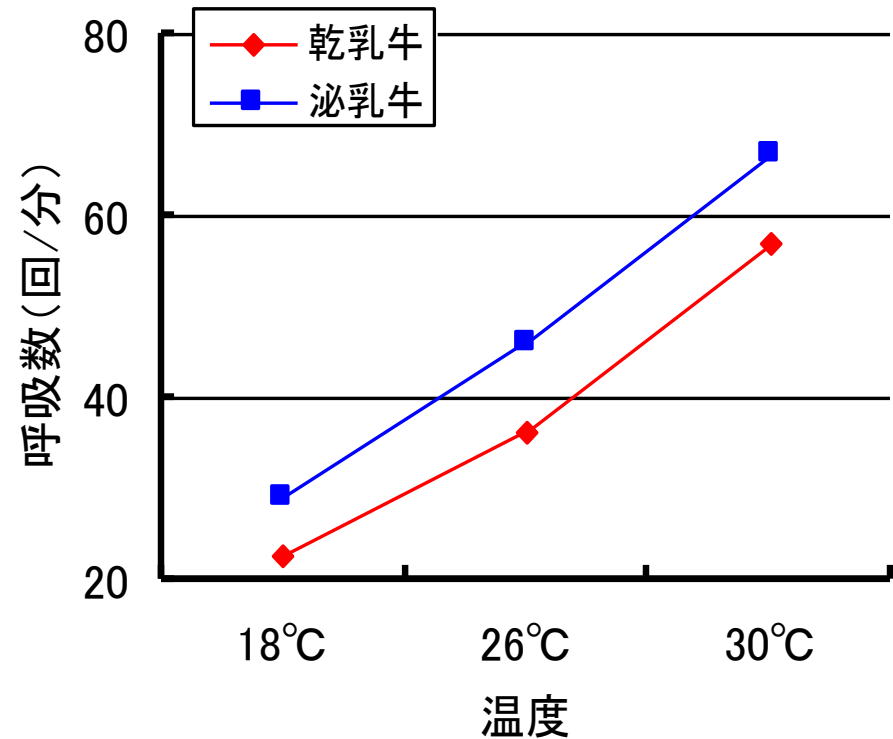
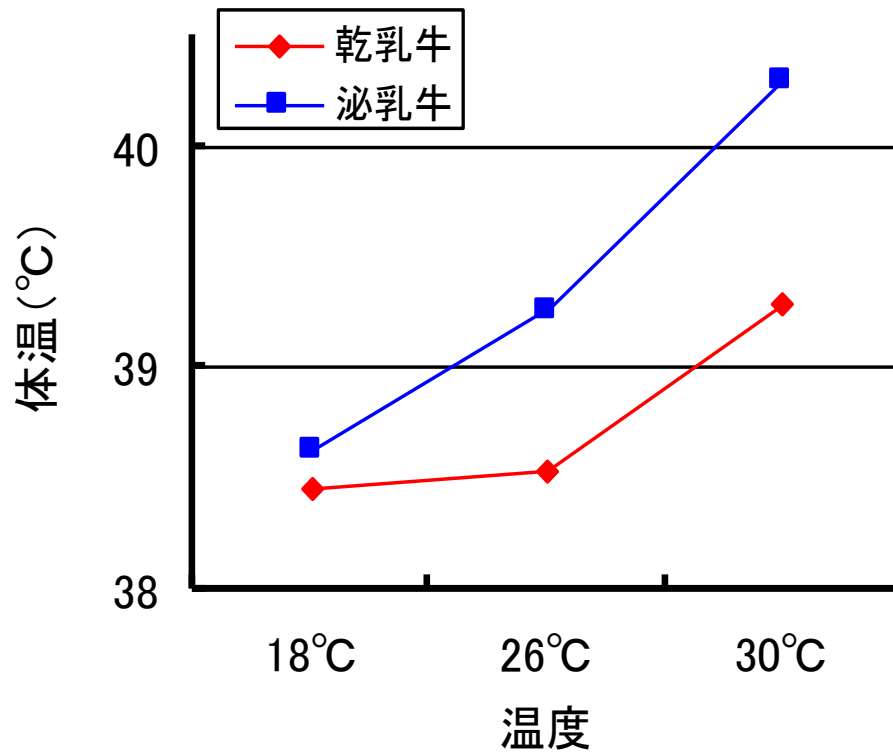
## 環境制御室における泌乳牛の体温（試験2）

	環境温度		
	18℃	26℃	30℃
体重、kg	561a	543b	528c
DMI、kg/日	18.1a	14.8ab	12.1b
粗飼料、kg/日	6.1a	4.5ab	3.7b
乳量、kg/日	23.5a	20.1ab	16.9b
体温、℃	38.4c	39.3b	40.3a
呼吸数、回/分	33.7c	58.3b	73.1a

# 図、乾乳牛と泌乳牛の 乾物摂取量と熱発生量



# 図、乾乳牛と泌乳牛の体温・呼吸数

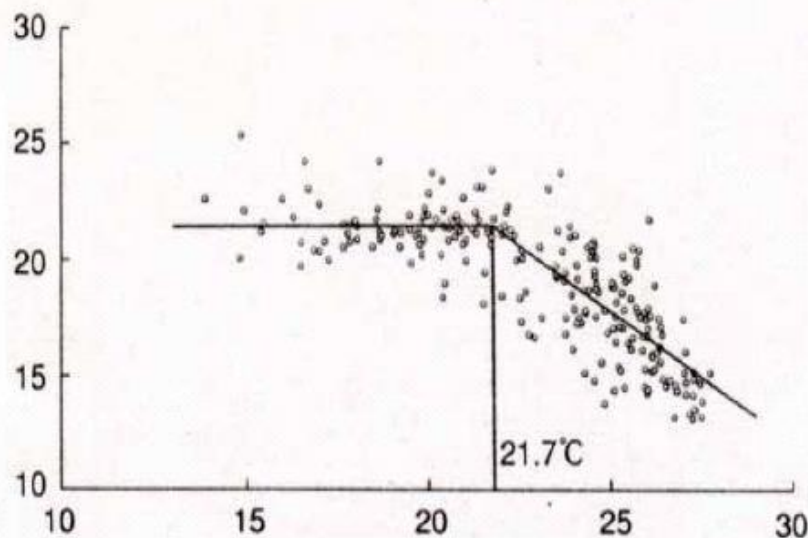




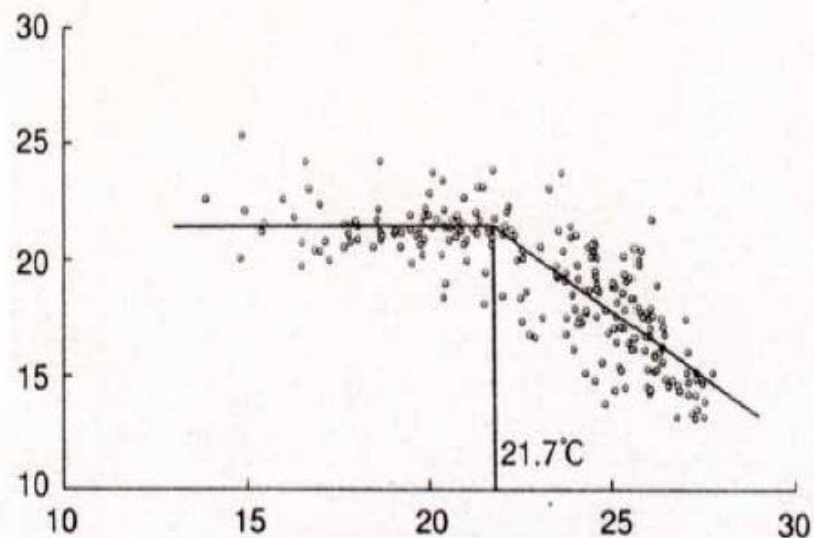
表、牛の発汗量( $\text{g}/\text{m}^2/\text{hr}$ )と  
イオン成分( $\text{mg}/\text{m}^2/\text{hr}$ )

温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )	Na	K	Cl	Ca	P	発汗量
15	3.13	2.25	3.94	2.68	0.24	5.75
25	4.49	8.56	5.94	1.45	0.14	25.50
35	9.46	15.18	9.74	3.86	0.09	66.00

# 泌乳牛の乾物摂取量と乳量に及ぼす 体感温度(ET)の影響



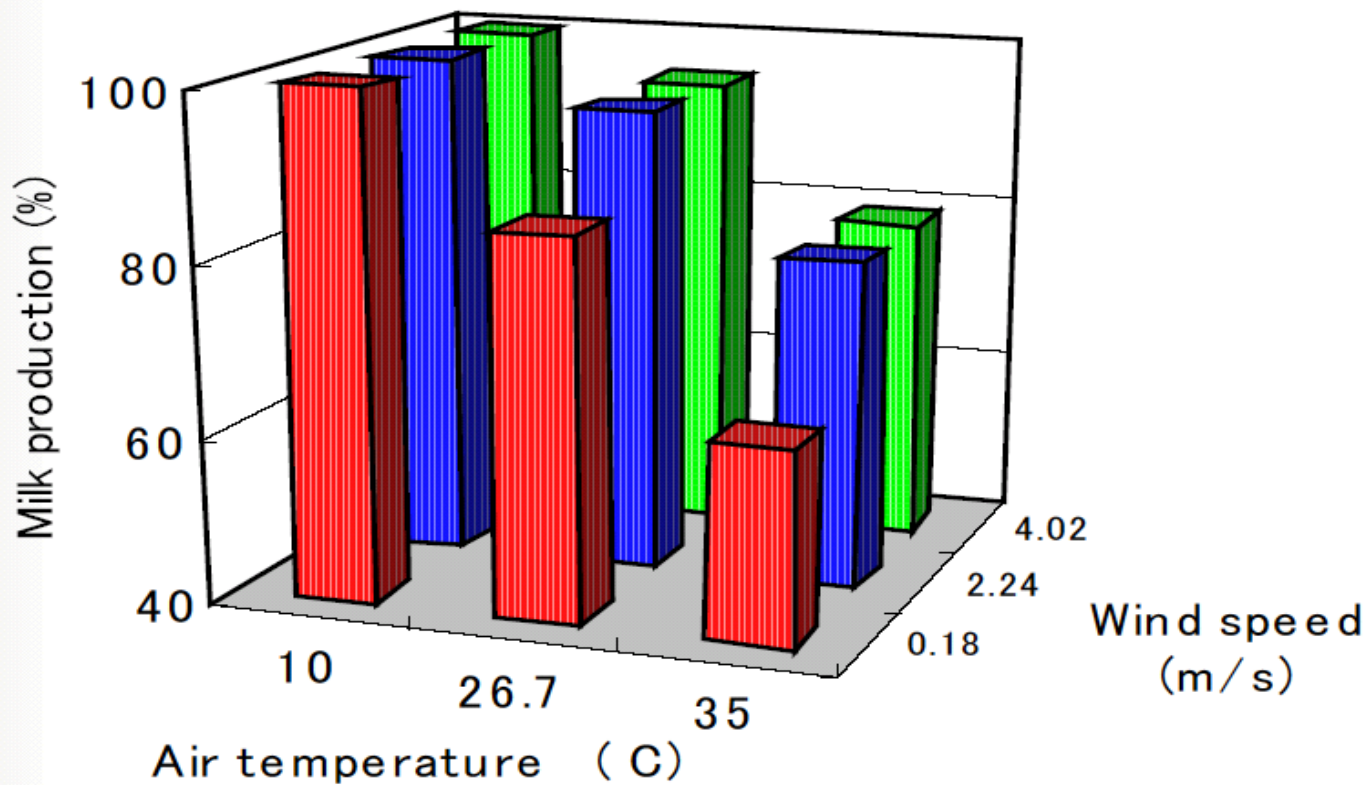
乾物摂取量



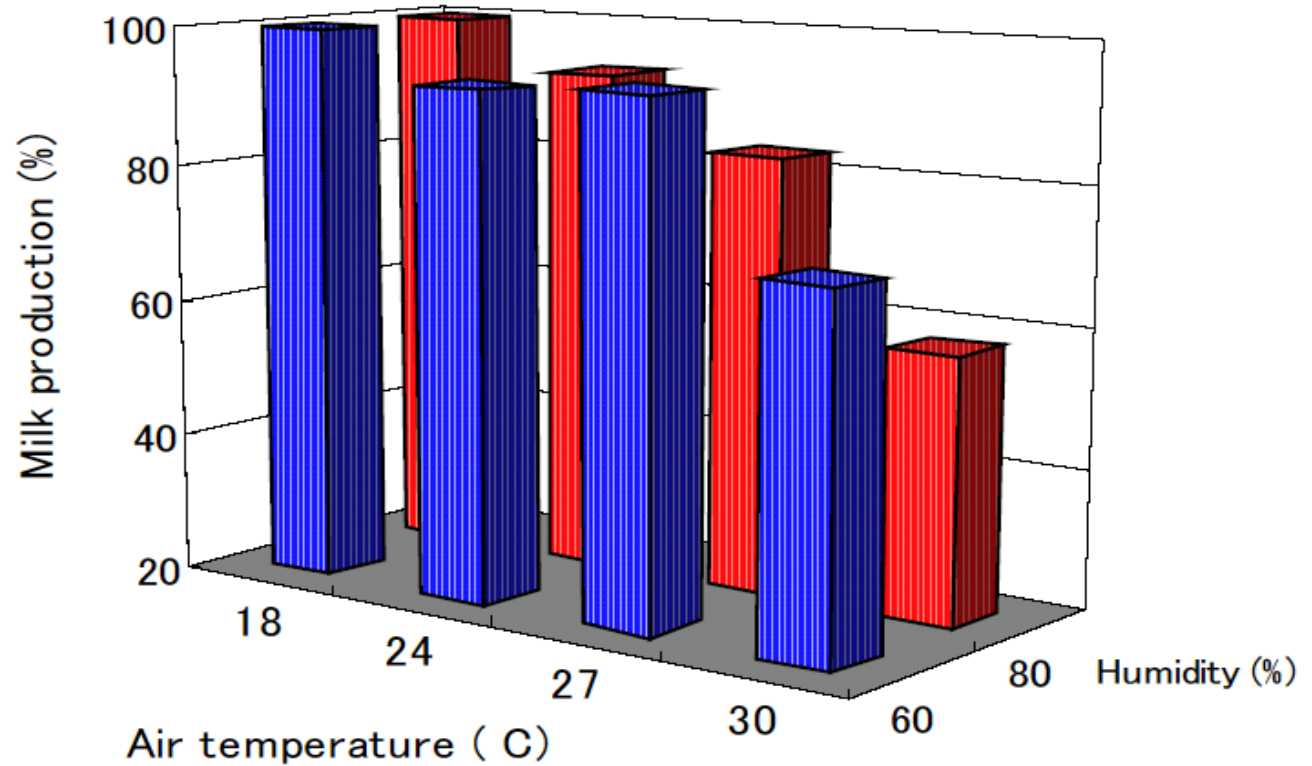
乳量

(中井 2000)

## 乳量に及ぼす風速の影響



# 乳量に及ぼす気温と湿度の影響



(Johnson and Vanjonack 1976)

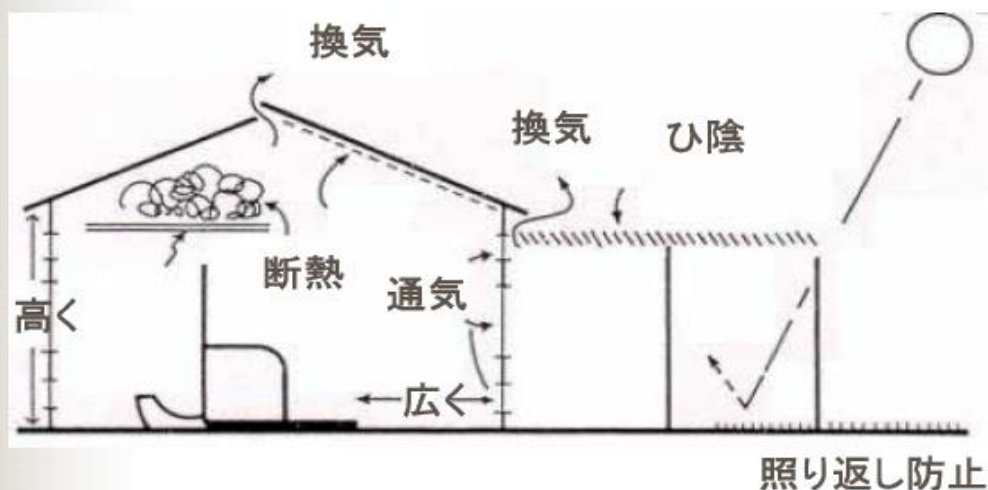
# 泌乳牛のCa出納 (mg/kg体重/日)

		環境温度			
		18°C	26°C	30°C	効果
試験 1	摂取量	203	200	174	*
	吸収量	34	38	22	*
	蓄積量	-15	-9	-15	NS
試験 2	摂取量	412	353	293	*
	吸収量	132	119	121	NS
	蓄積量	66	61	72	NS

\*P<0.05, NS 有意差なし

# どうやって暑熱ストレスを軽減するか

- 物理的暑熱対策技術・・・基本は**体温上昇抑制**
  - ・牛舎環境改善・・・ひ陰、日除け、断熱、通風、屋根上散水、霧状散水等
  - ・牛からの熱放散の促進・・・送風、スポットエアコン、牛体散水、気化冷却等
- 飼料給与技術改善・・・緩衝剤利用、油脂利用、繊維・蛋白質給与量制御等



# ひ陰と緩衝剤の効果(Schneider, 1984)

	DMI(kg/日)	乳量(kg/日)
日除けあり	20.7a	19.4a
なし	16.8b	17.0b
NaHCO <sub>3</sub> 0	18.1b	17.9b
0.85%	19.4a	18.5a
K 1.0%	19.1	18.0b
1.5%	18.5	18.5a

a, b P<0.05

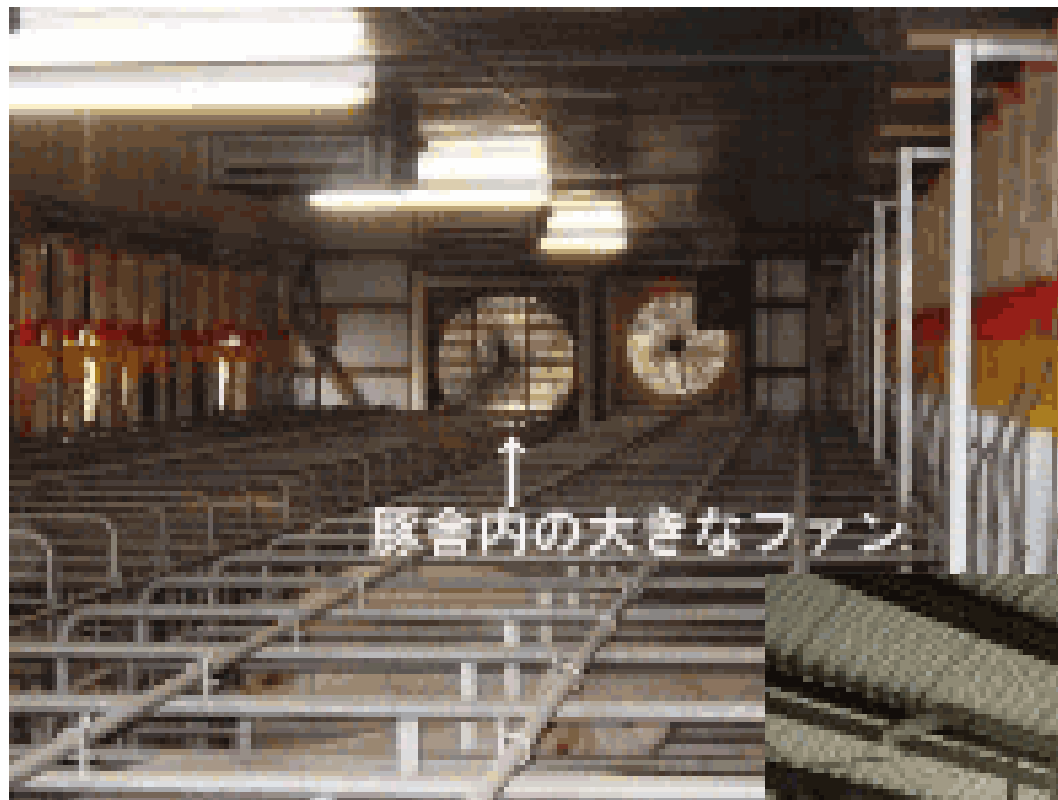
# 緩衝剤の効果(Schneider, 1984)

		DMI (kg/日)	乳量 (kg/日)	乳脂率 (%)	蛋白質率 (%)
NaHCO <sub>3</sub>	0	17.9	18.9b	3.42	3.57
	1.0%	18.5	20.1a	3.56	3.54
NaCl	0	18.4	19.2	3.49	3.58
	0.73%	18.0	19.8	3.50	3.52
K	1.3%	17.8b	19.1b	3.50	3.60a
	1.8%	18.6a	19.8a	3.48	3.50b

a, b P<0.05



- 暑熱対策

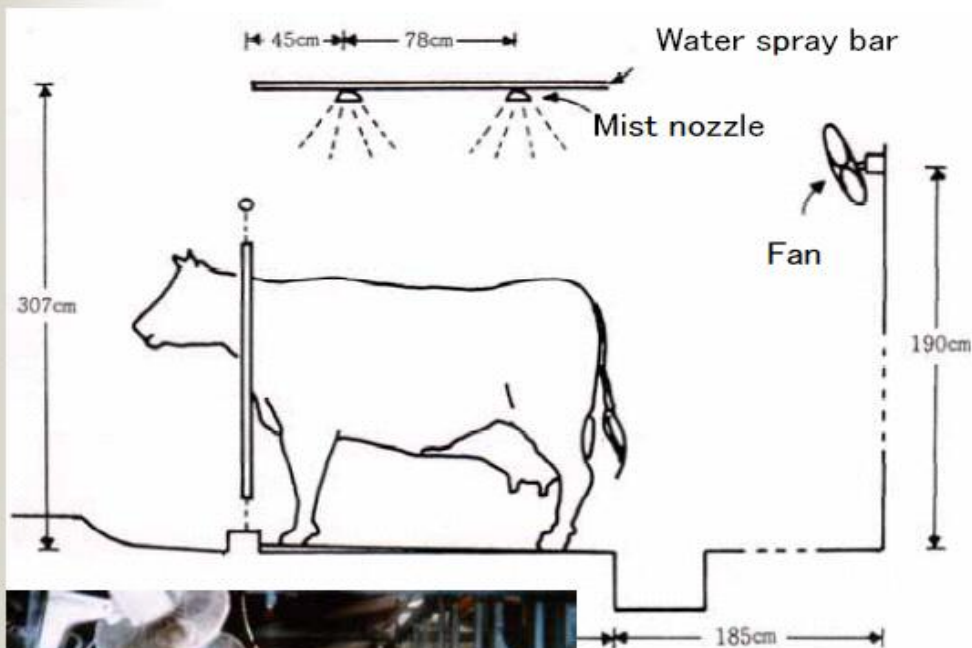


豚舎内の大きなファン



送風機と細霧による暑熱対策

# 物理的暑熱対策技術・・・牛からの熱放散の促進



改良型気化冷却装置の効果

	Mist & Fan	Fan	Cont
BT, 14:00	39.3	39.6*	40.1**
BT, 20:00	39.1	39.6*	40.1**
RR, 14:00	53	59*	69**
RR, 20:00	52	66	77**
Liveweight	597	594	594
Forage intake	9.39	9.25	8.65
<b>Milk yield</b>	<b>20.3*</b>	<b>19.4</b>	<b>18.4**</b>

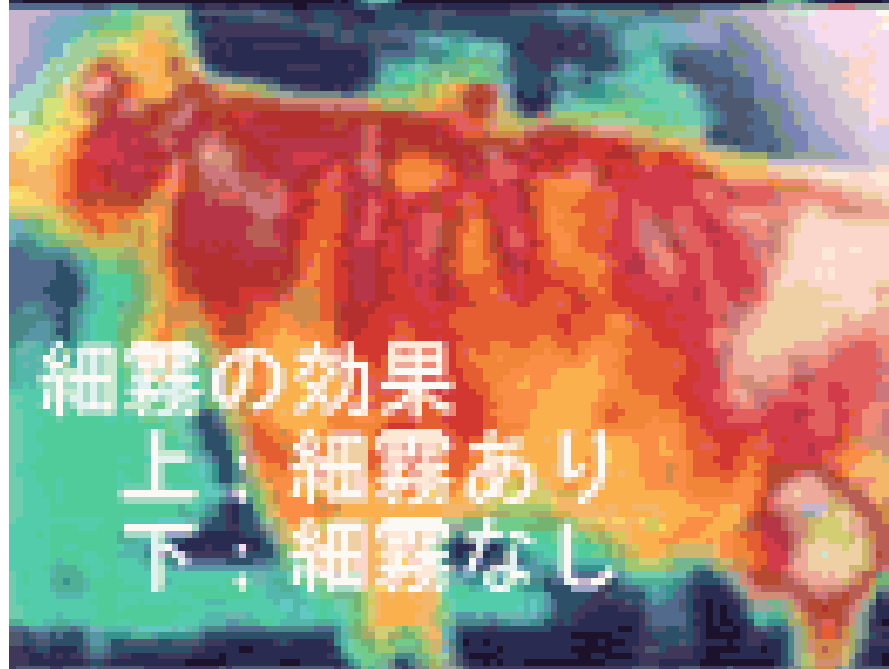
BT, Body temperature; RR, Respiration rate

(Aii et al. 1988)



妊娠末期の暑熱対策の重要性：  
気化冷却の活用

- 霧状散水の効果



細霧の効果  
上：細霧あり  
下：細霧なし

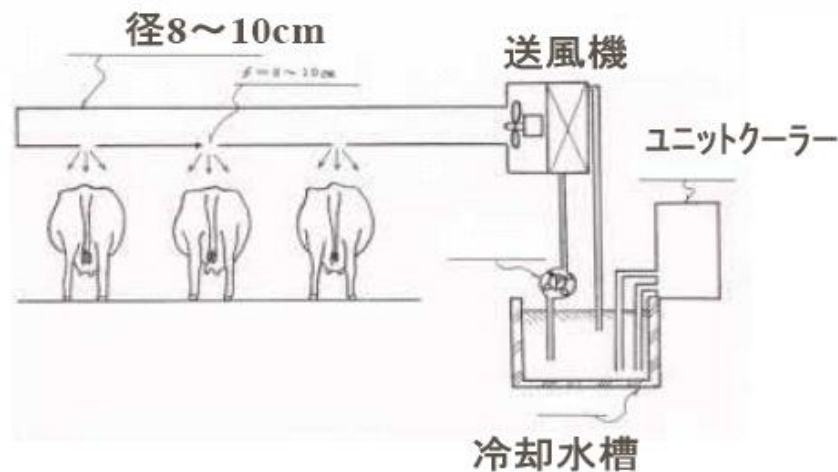
# 物理的暑熱対策技術・・・牛からの熱放散の促進

表24. ダ外送風による防暑効果（斎藤ら、1991）

	昼間送風区	夜間送風区
乾物摂取量	±0 kg	+0.3
体重	+1.7 kg	+8.0
乳量	+1.03 kg	+1.12
乳脂率	+0.07 %	+0.02
SNF率	+0.02 %	+0.01
体温	-0.12 °C	-0.29
呼吸数	-3.9 回/分	-4.2

表25. 冷気送風による防暑効果（斎藤ら、1989）

	無処理区	冷気送風区
採食時間	217.7 分	300.3
乳量	30.35 kg	32.28
乳脂率	3.47 %	3.46
SNF率	8.31 %	8.41
体温	39.75 °C	39.39
呼吸数	64.1 回/分	53.5



# 放牧牛の防暑行動

- 夏季の放牧時(特に、猛暑時)に、熱射病による致死率が高い:ひ陰樹などの防暑施設・管理が必要
- 飲水施設が必要:飲水量の増加
- 放牧牛の行動:樹木が多くあっても、ある特定の樹木に集まる特性などがある



放牧家畜の行動を踏まえた管理

# 放牧牛の行動と防暑管理

