

ISSN 1344-3941  
CODEN : NICKA3

# Animal Science Journal

Vol.70 No.8  
April 1999

Japanese Society of Animal Science

日本畜産学会報

社団法人 日本畜産学会

# Animal Science Journal

Official Journal of Japanese Society of Animal Science

President Kohkichi UEHARA

Vice president Tsutomu KONNO, Hideo YANO

Editor-in-Chief : S. SAKAI

Editorial Board : T. HARIGAYA, H. ITABASHI, N. KAKI-ICHI, T. KAMADA,  
Y. KANAMARU, Y. KARASAWA, S. KOBAYASHI, Y. SASAKI, S. SUGITA

Executive Editors : T. TANAKA, H. TOMOGANE

**Membership** includes subscription to the Journal (No. 1-6 in English, No. 7-10 in Japanese) and the privilege of submitting reports for publication. The annual membership fee is 8,000 yen.

**Foreign subscribers** for the Journal (No. 1-6) have the privilege of submitting reports for publication. The annual subscription rate is 4,000 yen.

**All correspondences** concerning this Journal should be addressed to : Japanese Society of Animal Science, 201, Nagatani Corporas, Ikenohata 2-9-4, Taito-ku, Tokyo, 110-0008 Japan.

**Abbreviation** : Anim. Sci. J.

**Formerly** : The Japanese Journal of Zootechnical Science (Vol. 1-62)  
Animal Science and Technology (Vol. 63-69)

---

## 日 本 畜 産 学 会 報

社 閉 法 人 日 本 畜 産 学 会 発 行

会 長 上 原 孝 吉

副 会 長 紺 野 耕 ・ 矢 野 秀 雄

編集委員長 : 酒 井 仙 吉

編集委員 : 板 橋 久 雄 ・ 柿 市 徳 英 ・ 金 丸 義 敬 ・ 鎌 田 壽 彦 ・ 唐 沢 豊 ・  
小 林 信 一 ・ 佐 々 木 義 之 ・ 杉 田 昭 榮 ・ 針 谷 敏 夫

編集理事 : 田 中 智 夫 ・ 友 金 弘

学会事務所 〒110-0008 東京都台東区池之端二丁目九番四号 永谷コーポラス 201 号

略称 : 日畜会報

### 複写される方へ

本誌に掲載された著作物を複写したい方は、社団法人日本複写権センターと包括複写許諾契約を締結されている企業の従業員以外は、著作権者から複写権等の行使の委託を受けている次の団体から許諾を受けて下さい。著作物の転載・随筆のような複写以外の許諾は、直接本会へご連絡下さい。

〒107-0052 東京都港区赤坂9-6-41 巧木坂ビル

学術著作権協会

TEL : 03-3475-5618 FAX : 03-3475-5619

E-mail : kammori@msh.biglobe.ne.jp

※メーカ合衆国における複写については、次は連絡して下さい。

Copyright Clearance Center, Inc. (CCC)

222 Rosewood Drive, Danvers, MA 01923 USA

Phone : (978) 750-8400 Fax : (978) 750-4744

http : //www.copyright.com

### Notice about photocopying

In order to photocopy any work from this publication, you or your organization must obtain permission from the following organization which has been delegated for copyright for clearance by the copyright owner of this publication.

#### Except in the USA

Japan Academic Association for Copyright Clearance (JAACC)

41-6 Akasaka 9-chome, Minato-ku, Tokyo 107-0052 Japan

TEL : 81 3 3475-5618 FAX : 81 3 3475-5619

E-mail : kammori@msh.biglobe.ne.jp

#### In the USA

Copyright Clearance Center, Inc. (CCC)

222 Rosewood Drive, Danvers, MA 01923, USA

Phone : (978) 750-8400 Fax : (978) 750-4744

http : //www.copyright.com

# 日本畜産学会報

第 70 卷 第 8 号 平成 11 年 4 月

## 目 次

### 一般論文

- 血縁情報が不完全なホルスタイン種牛群における泌乳形質の育種価の推定  
.....佐々木 修・山本直幸・富樫研治... J97
- BMS ナンバーと牛ロース芯内脂肪面積比との関連性におよぼす品種の効果  
.....口田圭吾・小西一之・鈴木三義・三好俊三... J106
- PCR 法による牛肉の性判別  
.....山中昌哉・上藤季之・板垣佳明・佐藤静治・中村豊郎... J111
- 飼料の粗濃比が妊娠末期の乾乳牛の乾物摂取量に及ぼす影響  
.....西田武弘・栗原光規・寺田文典・Agung PURNOMOADI・柴田正貴... J114
- 肥育牛における血清中ビタミン C 濃度  
.....高橋栄二・松井 徹・若松 繁・岬 紀男・塩尻泰一・松山隆次  
村上弘明・田中真哉・鳥居伸一郎・矢野秀雄... J119
- 乳牛の妊娠末期におけるエネルギー水準が血漿代謝産物およびホルモン濃度に及ぼす  
影響 .....西田武弘・栗原光規・寺田文典・Agung PURNOMOADI・柴田正貴... J123
- 日本畜産学会報第 70 巻第 2 号和文抄録 ..... J132
- 学会記事 ..... J135
-

# Animal Science Journal

Vol. 70 No. 8 April 1999

## Contents

### Regular Papers (in Japanese with English Abstract)

Estimation of Breeding Value for Milk Production Traits in a Holstein Herd with Incomplete Relationships Sasaki O, Yamamoto N, Togashi K .....	J97
Effect of Breeds on the Relationship between Beef Marbling Standard and Fat Percentage in Ribeye of Beef Kuchida K, Konishi K, Suzuki M, Miyoshi S .....	J106
Sex Identification of Beef by Polymerase Chain Reaction Yamanaka M, Kudo T, Itagaki Y, Sato S, Nakamura T .....	J111
Effects of Proportion of Forage in The Diet on The Dry Matter Intake of Holstein Dry Cows During Last 9 weeks of Pregnancy Nishida T, Kurihara M, Terada F, Purnomoadi A, Shibata M .....	J114
Serum Vitamin C Concentration in Fattening and Fattened Beef Cattle. Takahashi E, Matsui T, Wakamatsu S, Yuri N, Shiojiri Y, Matsuyama R, Murakami H, Tanaka S, Torii S, Yano H .....	J119
Effects of Energy Level on Plasma Hormones and Metabolites During the Last Two Months of Pregnancy in Holstein Dairy Cows Nishida T, Kurihara M, Terada F, Purnomoadi A, Shibata M .....	J123
<b>Abstracts (in Japanese)</b> Animal Science Journal Vol. 70 No. 2 .....	J132
<b>News and Announcements (in Japanese)</b> .....	J135

---

# 乳牛の妊娠末期におけるエネルギー水準が血漿代謝産物 およびホルモン濃度に及ぼす影響

西田武弘<sup>1,a</sup>・栗原光規<sup>1</sup>・寺田文典<sup>1</sup>  
Agung PURNOMOADI<sup>1,b</sup>・柴田正貴<sup>1,b</sup>

<sup>1</sup> 農林水産省畜産試験場、茨城県筑波農林研究団地 305-0901

<sup>2</sup> Faculty of Animal Husbandry, Diponegoro University, Semarang, Indonesia

(1998, 10, 19 受付, 1999, 2, 22 受理)

**要約** ホルスタイン種経産妊娠牛 26 頭を用いて、乳牛の妊娠末期におけるエネルギー摂取量が血中代謝産物およびホルモン濃度に及ぼす影響について検討した。イタリアンライグラス 2 番乾草またはサイレージ、および配合飼料を可消化養分総量 (TDN) でホルスタイン種母体の維持要求量 (M 区)、または維持要求量に胎子 1 頭分を増給 (MP 区) するものとした飼養試験を、妊娠 28 週目から行った。妊娠 30 週から 40 週まで 2 週に 1 度頸静脈および尾動脈から、それぞれ採食前に採血し、代謝産物濃度およびホルモン濃度の変化について検討した。M 区の血漿インスリン濃度は、妊娠 32 週以降は MP 区より有意に低く、妊娠 36 週以降は妊娠の進行に従って低下する傾向を示した。血漿グルコース濃度は、有意な差は観察されなかった。M 区の遊離脂肪酸 (FFA) 濃度は、試験期間中は常に MP 区より高い傾向にあり、妊娠 40 週目に上昇した。MP 区では、妊娠 38 週まではほとんど変化はみられなかったが、分娩直前の 40 週に急激に上昇した。妊娠 34 週目以降における M 区の各妊娠ステージでは、TDN 摂取量が低くなるに従って、インスリン濃度は低く、グルカゴン濃度は高く、インスリンとグルカゴンのモル比率は低くなり、グルカゴン作用が優勢となっていた。以上の結果から、妊娠に必要なエネルギーを増給せず、維持量のみで妊娠末期を飼養した乳牛ではインスリンおよびグルカゴン濃度が低く、FFA 濃度が高いことから体脂肪の動員が確認された。

日本畜産学会報, 70 (8) : J123-J131, 1999

近年、乳牛の泌乳初期における代謝障害および繁殖障害を最低限に抑えるために、乾乳期における飼養方法と泌乳初期乳量および繁殖成績との関連が指摘されている。乳牛では、妊娠末期には胎子の発育と泌乳の準備のため、養分要求量は乾乳期間中で最大となる<sup>1)</sup>が、乾物摂取量 (DMI) の減少も観察されており<sup>2)</sup>、分娩前 3 週間に養分要求量を満たすだけの飼料摂取が困難であるともいわれている。しかし、乾乳牛の管理にはあまり注意が払われておらず、一般に粗飼料多給の状態まで飼養されている例がしばしばみられている。

妊娠末期の母体は、体組織を動員して胎子の発育に必要な量の養分を供給する機構があり、それらは母体の内分泌動態によって変動すると考えられている<sup>3)</sup>が、作用

機序は未解明である。そこで本研究では、単胎妊娠牛を用いて、可消化養分総量 (TDN) 摂取量が、妊娠の進行にともなう血中代謝産物およびホルモン濃度の変動に及ぼす影響について検討した。

## 材料および方法

### 供試家畜

試験には、母子ともにホルスタイン種の経産妊娠牛 26 頭を用いて、乾乳の後、妊娠 28 週目から分娩時までを試験期間とする飼養試験を行った。

### 給与飼料

飼料給与量は、日本飼養標準 (乳牛, 1994 年版<sup>4)</sup>) に従って、妊娠 28 週目の体重を基準として算出した。な

連絡者: 西田武弘 (fax: 0287-37-7022, e-mail: nishtake@affrc.go.jp)

現所属: <sup>a</sup> 農林水産省草地試験場、栃木県西那須野町 329-2793、<sup>b</sup> 農林水産省九州農業試験場、熊本県西合志町 861-1192

お、試験期間中の給与量は一定とし、体重の増加に伴う増給は行わなかった。試験飼料の給与は妊娠約 29 週目から行い、TDN でホルスタイン種母体のみの維持要求量 (M 区) または維持要求量に胎子 1 頭分を増給 (MP 区) するものとした。給与飼料は、イタリアンライグラス 2 番乾草またはサイレーズおよび配合飼料を 9 : 1、7 : 3 または 5 : 5 の比率で混合したものとし、午前 8 時 30 分と午後 4 時 30 分の 1 日 2 回に分けて給与した。供試牛は、M 区に 9 頭および MP 区に 17 頭を割りあてた。水および固形塩は全試験期間を通じて自由に摂取できるようにした。

#### 飼料分析

残飼は、朝の飼料給与前に前日 1 日分をまとめて採取し、100°C で 18 時間乾燥して乾物含量を求めた。給与飼料の一般成分は、常法<sup>13)</sup>により測定した。飼料のエネルギー含量は、燃研式熱量計 (島津 CA-3 型) を用いて測定した。TDN 値は、日本標準飼料成分表 (1995 年版)<sup>15)</sup> を参照した。給与飼料の組成は、表 1 に示した通りである。

#### 試料採取および分析方法

妊娠 30 週から 40 週まで 2 週に 1 度頸静脈および尾動脈から、それぞれ朝の給餌前に採血した。血液は、氷冷したヘパリンナトリウムおよび EDTA ナトリウム入り試験管に採取し、4°C、3,000 rpm で 15 分間遠心分離後、血漿として -20°C で測定まで凍結保存した。

血漿インスリンおよびグルカゴンは、市販の放射性医薬品キット (それぞれインスリン栄研 RIA キット、栄研化学、東京およびグルカゴンキット第一、第一ラジオアイソトープ研究所、東京) を用いて分析した。血漿中代謝産物濃度の測定は、自動生化学分析装置 (CL-7000 型、島津製作所、京都) を用いて行った。分析に用いた試薬は、すべて和光純薬工業 (大阪) 製のものであり、

グルコースはグルコース II-HA テスト、尿素窒素 (UN) は尿素窒素 II-HA テスト、総コレステロール (TCHO) はコレステロール E-HA テスト、および遊離脂肪酸 (FFA) は NEFA HA-テストであった。

#### 統計解析

給与水準の影響を検討するために、妊娠ステージごとに飼料の粗濃比をブロックとし、給与水準を処理因子とした乱塊法による解析を行った。また、妊娠ステージの影響を検討するために、各給与水準ごとに飼料の粗濃比をブロックとし、妊娠ステージを処理因子とした乱塊法による解析を行った。その後、有意差の認められた測定項目については、Tukey の方法により処理間の有意差を検定した。統計解析は、全て SAS の GLM プロシジャール<sup>16)</sup> を用いて行った。

## 結 果

表 2 には、供試牛の妊娠期間、体重、採食量を示した。妊娠牛の試験期間中の日増体量は、MP 区の方が M 区よりも有意に高かった ( $P < 0.05$ )。母体のみの増体量は両区ともいずれも負の値となったが、M 区の方が MP 区よりも減少の程度が大きい傾向がみられた ( $P < 0.1$ )。妊娠期間や子牛の出生時体重には給与量による違いは観察されなかった。

図 1 には、試験期間中の DMI の変化を各週の最小二乗平均値で示した。DMI は、MP 区 (全期間平均値; 9.89 kg/day) の方が M 区 (全期間平均値; 8.15 kg/day) よりも全試験期間中有意に高かった ( $P < 0.01$ )。また、MP 区の DMI は妊娠 39 週目に低下する傾向がみられた。

図 2 には、試験期間中の血漿ホルモン濃度を示した。M 区のインスリン濃度は、妊娠 32 週目以降は MP 区より有意に低く、妊娠 36 週目以降は妊娠の進行に従って

Table 1. Chemical composition of hay, silage and concentrate

	DM	CP	EE	NDF	CA	TDN*	GE
	(%)	(%) of DM			(Mcal/kg DM)		
Italian ryegrass hay	88.9	11.5	3.2	55.3	9.9	62.2	4.88
Italian ryegrass silage	51.0	11.6	2.9	62.8	11.4	61.5	4.46
Concentrate**	89.0	16.5	2.5	18.8	6.2	79.2	4.77

DM : Dry matter, CP : Crude protein, EE : Ether extracts, NDF : Neutral detergent fiber, CA : Crude ash, TDN : Total digestible nutrient, GE : Gross energy.

\* ; Data from table value<sup>15)</sup>.

\*\* ; Ingredients (DM %) : corn 30%, barley 25%, wheat bran 9%, defatted rice bran 7%, soybean meal 12%, molasses 3.7%, alfalfa meal 7%, beat pulp 5%, CaCO<sub>3</sub> 1.3%.

妊娠末期牛のエネルギー水準と血液成分

Table 2. Parity, length of gestation, live weight, live weight gain, birth weight of calves, dry matter (DM) intake, total digestible nutrient (TDN) intake, crude protein (CP) intake and neutral detergent fiber (NDF) intake of pregnant cows

Treatment	M	MP	SE	P
	LSM	LSM		
n	9	17		
Parity	3.7	3.5	1.4	NS <sup>1</sup>
Length of gestation (days)	283.6	282.2	6.4	NS
Live weight (kg)				
at the start of experiment	659.9	649.9	20.0	NS
before parturition	688.6	711.8	20.2	NS
after parturition	619.1	642.8	17.3	NS
Live weight gain (kg/day)				
dam - fetus	0.42	0.95	0.51	<0.05
dam	-0.55	-0.12	0.58	<0.1
Birth weight of calves (kg/head)	43.4	45.2	5.3	NS
Dry matter intake <sup>2</sup> (kg/day)	9.15	9.89	1.27	<0.01
(% of requirement)	80.4	99.7	8.3	<0.01
TDN intake (kg/day)	5.97	6.32	0.20	<0.05
CP intake (kg/day)	1.07	1.28	0.04	<0.05
NDF intake (kg/day)	4.41	4.16	0.21	NS

LSM : Least Square Means, SE : Standard Error.

<sup>1</sup> : P > 0.1.

<sup>2</sup> : Last 10 weeks of gestation.

低下する傾向を示した。M 区のグルカゴン濃度も、妊娠 32 週目以降は MP 区より低く、妊娠の進行に従って減少する傾向がみられ、分娩前 4 週間は有意に低かった。インスリンとグルカゴンのモル比率に明確な差は認められなかった。

図 3 には、試験期間中の血漿代謝産物濃度を示した。本試験では、尾動脈と子宮動脈中の成分濃度はほぼ同一であるものとして、子宮への栄養供給の変動を観察するために動脈血を採取した。グルコース濃度は、試験期間中はいずれも M 区よりも MP 区の方が高かったが、有意な差ではなかった。M 区の UN 濃度は、妊娠 34 週以降は MP 区より高かった。M 区の TCHO 濃度は、全期間 MP 区より高くなる傾向が観察された。M 区の FFA 濃度は、試験期間中は常に MP 区より高い傾向にあり、妊娠 40 週目に上昇した。MP 区は、妊娠 38 週目まではほとんど変化はみられなかったが、分娩直前の妊娠 40 週目に急激に上昇し、妊娠 30 週目 (P < 0.01) および 34 週目 (P < 0.05) よりも有意に高かった。

図 4 には、妊娠 34~36 週および 38~40 週における TDN 摂取量と血漿ホルモン濃度との関係を示した。インスリン濃度は TDN 摂取量が増加するに従って上昇する関係がみられたが、グルカゴン濃度は TDN 摂取量が増加するに従って逆に低下する関係にあった。インスリンとグルカゴンのモル比率は、TDN 摂取量が増加するに従って上昇する関係にあった。M 区および MP 区ともに同様の傾向であった。

図 5 には、妊娠 34~36 週および 38~40 週における TDN 摂取量と血漿代謝産物濃度との関係を示した。M 区のグルコース濃度は TDN 摂取量が増加するに従って上昇する関係がみられたが、MP 区では TDN 摂取量が増加するに従って逆に低下する関係にあった。UN 濃度は、TDN 摂取量が増加するに従って低下する関係が観察された。TCHO 濃度は、TDN 摂取量が増加するに従って低下する傾向が見られた。FFA 濃度には、はっきりした傾向は観察されなかった。

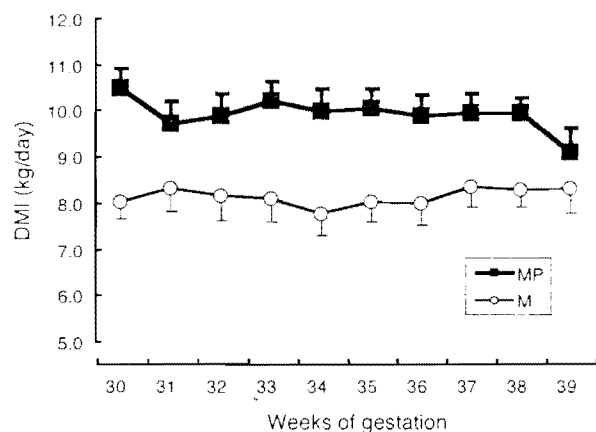


Fig. 1. Dry matter intake during last 10 weeks of gestation. Open circle and closed squares indicate least square means  $\pm$  SEM of maintenance (M) and maintenance plus pregnancy (MP) level of feeding, respectively. Statistically significant differences ( $P < 0.01$ ) were observed between M and MP during the whole experimental period.

### 考 察

Forbes<sup>7,8</sup> は、分娩直前には増大する妊娠子宮によりルーメンが圧迫され、DMI が著しく減少すると報告している。乳牛では分娩前1~2週間に、DMI が10~30%減少することが観察されており<sup>4,19)</sup>、また、妊娠末期におけるDMIの減少は、脂肪肝を引き起こすことが知られている。本研究では、MP区のDMIは妊娠39週目に低下する傾向がみられた。また、MP区の方がM区よりも全試験期間中有意に高かった ( $P < 0.01$ )。日本飼養標準<sup>14)</sup>では、分娩前2ヵ月間の妊娠に要する養分要求量を、1日に代謝エネルギーで5.90 Mcalに相当する飼料を増給することによって満たすものとしている。妊娠ステージの進行に従った妊娠時代謝エネルギー要求量は、 $68.97e^{0.0174t}$  ( $t$ は妊娠日数) Mcal/day<sup>12)</sup> となっているため、日本飼養標準乳牛1994年版の5.90 Mcal/dayを越えるのは妊娠256日目であると計算される。このことから、妊娠255日目以前は、実際に胎子の成長に要する要求量より多く、妊娠256日目以降は要求量より少ないものといえる。そのため、妊娠255日目つまり、妊娠36週目以前は、M区においても深刻なエネルギー不足には陥っておらず、妊娠38週目以降にエネルギー出納が負となっている可能性が大きい。M区におけるFFA、イン

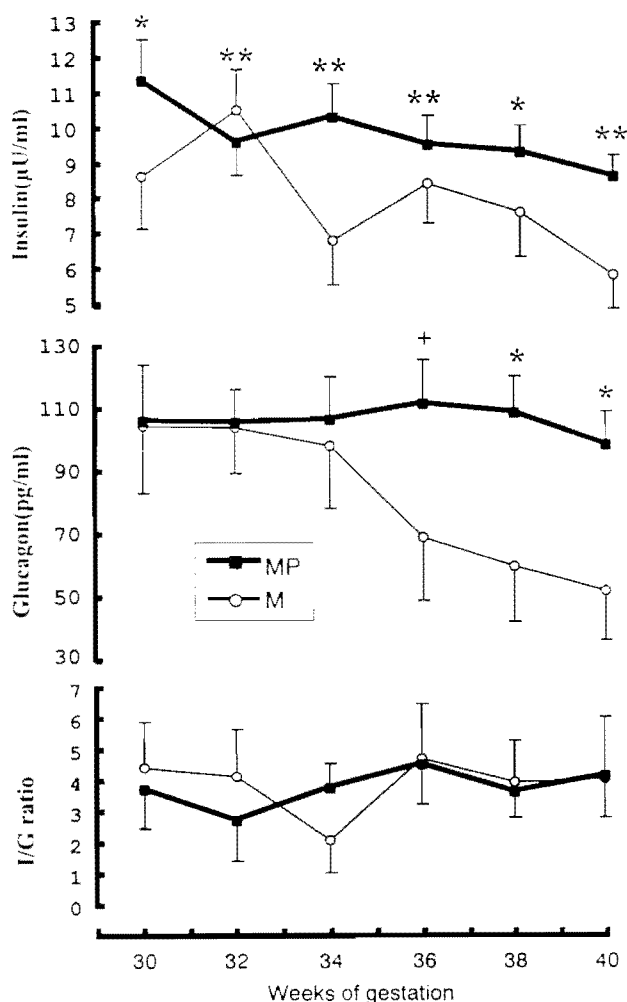


Fig. 2. The effect of energy level during last 10 weeks of gestation on plasma insulin (I), glucagon (G) and I/G ratio in dairy cows. Open circle and closed squares indicate least square means  $\pm$  SEM of maintenance (M) and maintenance plus pregnancy (MP) level of feeding, respectively. +, \* and \*\* indicate statistically significant differences (+:  $P < 0.1$ , \*:  $P < 0.05$  and \*\*:  $P < 0.01$ , respectively) between the M and MP.

スリンおよびグルカゴン濃度の変化は妊娠38週目以降が著しく、このエネルギー出納状態の変化を反映しているものと考えられた。

グルコースは胎子にとって重要なエネルギー源であり、濃度勾配によって母体から胎子へと供給される<sup>2)</sup>。そのため、胎子の正常な発達のためには、母体血中のグルコース濃度を胎子よりも常に高い状態で維持する必要



妊娠末期牛のエネルギー水準と血液成分

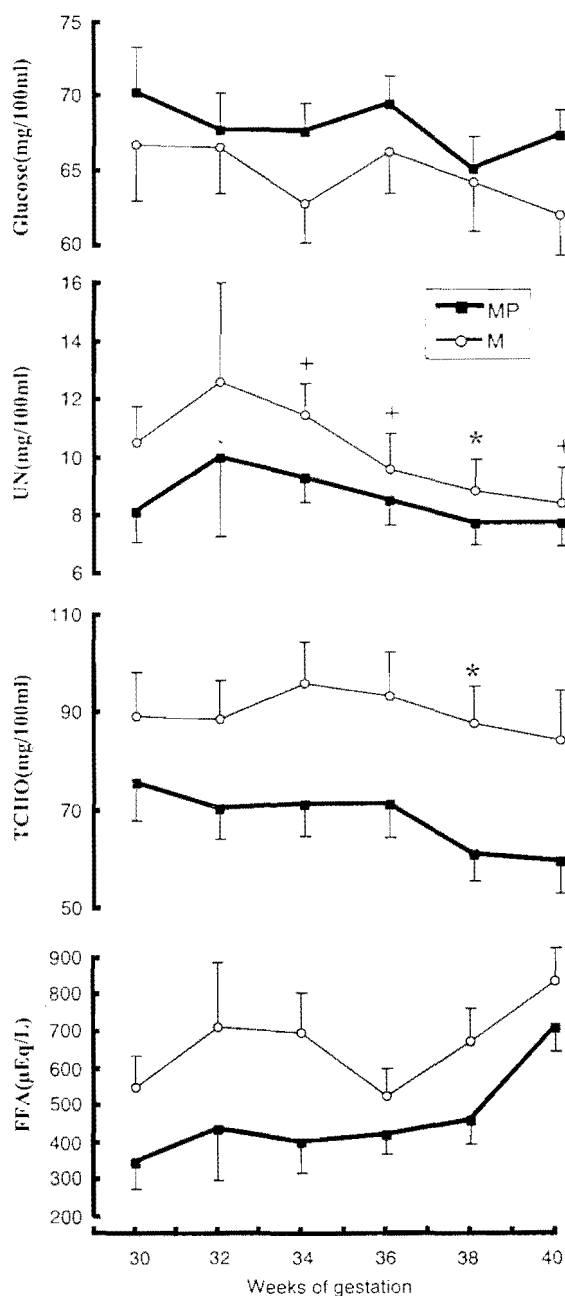


Fig. 3. The effect of energy level during last 10 weeks of gestation on plasma glucose, urea nitrogen (UN), total cholesterol (TCHO) and free fatty acid (FFA) concentrations in dairy cows. Open circle and closed squares indicate least square means  $\pm$  SEM of maintenance (M) and maintenance plus pregnancy (MP) level of feeding, respectively. + and \* indicate statistically significant differences (+:  $P < 0.1$ , \*:  $P < 0.05$  respectively) between the M and MP.

がある。本研究では、MP区のグルコース濃度は、試験期間中常にM区よりも高い傾向にあったが、その差は大きいものではなかった。エネルギー摂取量が低い場合には、母体での血中グルコースの利用を低下させ、体脂肪などの他の栄養素を利用することによって、血中グルコース濃度を一定に維持する機構が働いているものと考えられた。

本研究では、M区のFFA濃度は、試験期間中常にMP区より高く、分娩直前に急激に上昇し、M区で838.8 $\mu$ Eq/l、MP区で712.1 $\mu$ Eq/lとなった。血漿FFA濃度は、分娩前17日から2日前までの間に2倍に上昇し、分娩時に最高濃度に達することが報告されている<sup>9)</sup>。図5から、それぞれの妊娠ステージにおけるTDN摂取量と血漿FFA濃度との間には明確な関係がみられなかった。血漿FFA濃度が分娩が近づくに従って増加するのは、この時期にDMIが徐々に減少するとともに、胎子が短期間に著しく増大するため、エネルギー不足になり、体脂肪組織から動員が行われているためであると考えられた。

DMIの減少によって脂肪肝にいったん陥ると、糖新生の能力が減少し、血漿のグルコース濃度が低下する。そのため、インスリン濃度も低下し、脂肪の動員が促進されるため、血漿FFA濃度が上昇するといわれている<sup>10)</sup>。分娩前は、泌乳中とは異なり、FFAは乳腺で消費されることがないため、肝臓に蓄積され、脂肪肝がますます重篤となっていくという悪循環に陥るおそれがある。TCHO濃度は、肝機能と関係があり、脂肪肝状態では低下する傾向があるといわれている<sup>11)</sup>が、本研究のM区において、FFAとともにTCHO濃度がMP区よりも高い傾向にあった。

エネルギー摂取量が不足すると、ルーメン内での微生物のエネルギー源が不足し、微生物態蛋白合成能力が低下することによって、ルーメン微生物による窒素利用性の低下および血漿UN濃度の上昇がみられることが知られている。本研究においても、M区のUN濃度は、試験期間中常にMP区より高くなる傾向が観察されており、また、同一妊娠ステージにおいてはTDN摂取量が低くなるに従ってUN濃度は高くなる関係にあったため、エネルギー摂取量の不足によってルーメン内で利用されない窒素が増加していると考えられた。

インスリン濃度の低下は、肝臓からのグルコース放出を促進し、母体のインスリン依存性組織におけるグルコースの消費を抑制することが知られている。子宮でのグルコースの利用は、母体のインスリン濃度の影響を受けないため、胎子にとって有利な状況といえる<sup>11,16)</sup>。ま

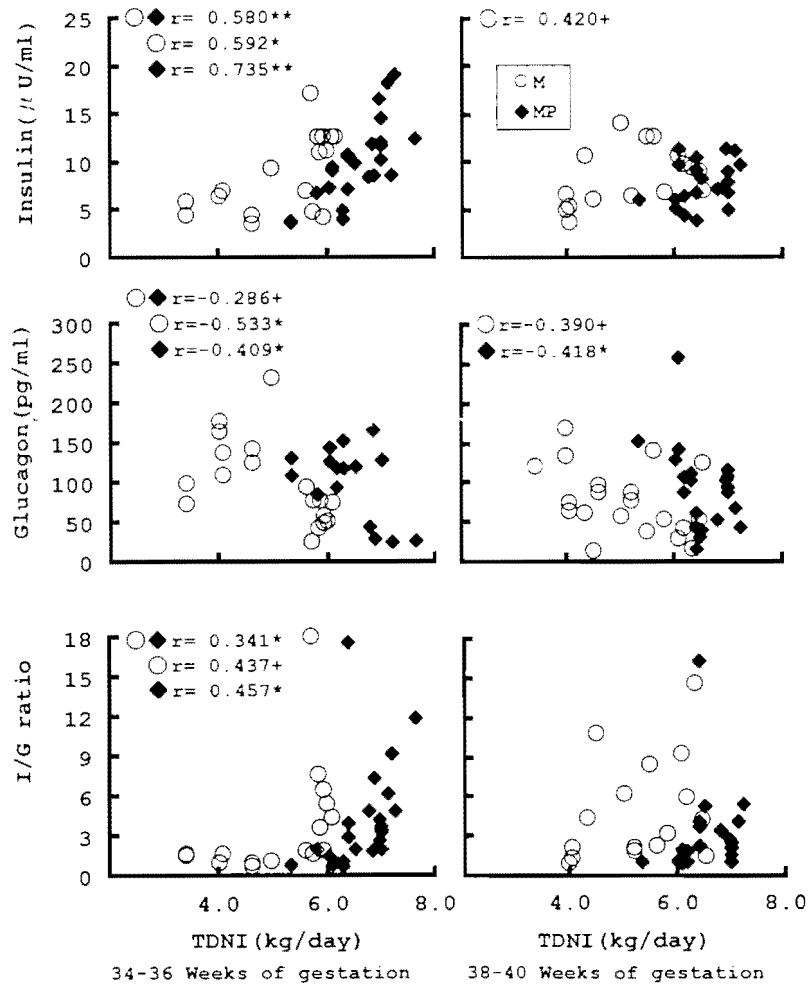


Fig. 4. The relationships between TDN intake (TDNI) and plasma insulin (I), glucagon (G) and I/G ratio during 34-36 and 38-40 weeks of gestation in dairy cows. Open circle and closed squares indicate data of maintenance (M) and maintenance plus pregnancy (MP) level of feeding, respectively. +, \* and \*\* indicate statistically significant correlation coefficient (- :  $P < 0.1$ , \* :  $P < 0.05$  and \*\* :  $P < 0.01$ , respectively).

た、絶食下およびインスリン注入時においても、子宮へのグルコース取り込み量に変化がみられなかった<sup>2)</sup>という報告とあわせて考えると、限られたグルコースが胎子によって優先的に利用されているものと推察された。また、インスリン濃度の低下は体脂肪の動員も促進することとなり、胎子はFFAをエネルギー源として利用できないため<sup>6)</sup>、母体組織がグルコースのかわりにFFAをエネルギー源として利用しているものと考えられている<sup>2)</sup>。

本研究では、M区で妊娠ステージの進行によるインスリンおよびグルカゴン濃度の低下が観察された。また、妊娠34週目以降におけるM区各妊娠ステージでは、

TDN摂取量が低くなるに従って、インスリン濃度は低く、グルカゴン濃度は高く、インスリンとグルカゴンのモル比率は低くなり、グルカゴン作用が優性となっていた。その結果、M区では、TDN摂取量が低い方が肝臓での糖新生やグリコーゲン分解の活性化、および母体組織でのグルコース利用低下という反応が起こっているものと考えられる。これは、母体組織へのグルコースの取り込み量が低下し、体脂肪からのFFAの動員が増加しやすい環境になっているものと推察される。このことから、MP区と比較して特に摂取エネルギーが不足していると推測されるM区では、限られたエネルギーを胎子へ供給する母体側の反応が起こっているものと考えられ

妊娠末期生のエネルギー水準と血液成分

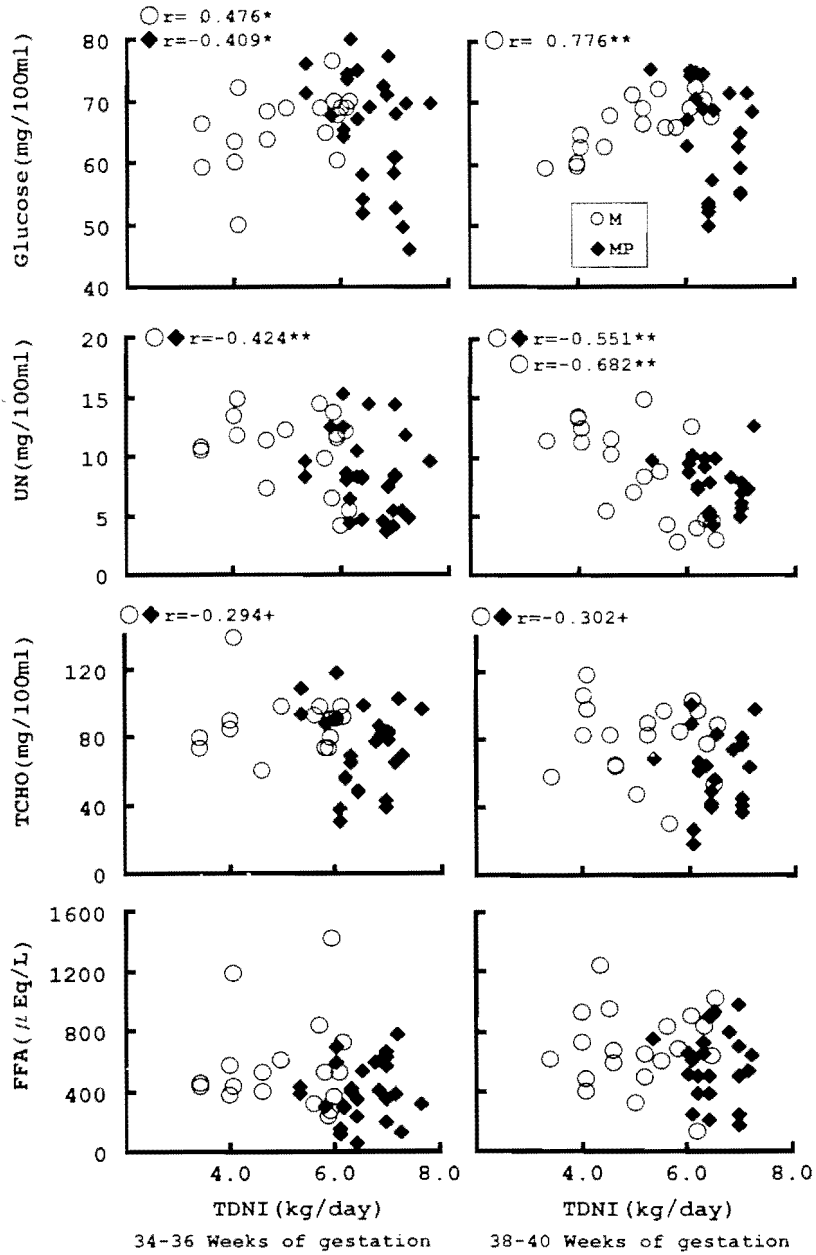


Fig. 5. The relationships between TDNI and plasma glucose, urea nitrogen (UN), total cholesterol (TCHO) and free fatty acid (FFA) concentrations during 34-36 and 38-40 weeks of gestation in dairy cows. Open circle and closed squares indicate data of maintenance (M) and maintenance plus pregnancy (MP) level of feeding, respectively. -, \* and \*\* indicate statistically significant correlation coefficient (+ : P < 0.1, \* : P < 0.05 and \*\* : P < 0.01, respectively).

る。しかし、M 区の血漿グルコース濃度は、ホルモン濃度が糖新生増大方向へ反応しているにもかかわらず、TDN 摂取量減少に従って低下している。MP 区の血漿

グルコース濃度と傾向が異なることから、エネルギー摂取が負の状態下では、TDN 摂取量低下が糖新生に与える影響を、内分泌応答で補いきれないものと想像され

る。

MP区では、妊娠ステージの進行によるインスリンおよびグルカゴン濃度の変化は観察されなかったが、各妊娠ステージでのTDN摂取量と血漿ホルモン濃度との関係はM区と同様であったため、TDN摂取量の低い方が母体組織へのグルコースの取り込み量が低下し、体脂肪からのFFAの動員が増加しやすい環境になっているものと推察される。

以上の結果から、分娩前にエネルギー摂取量が要求量以下に減少した場合においても、胎子や乳腺の正常な発達のためにエネルギーが配分される機構が働いている可能性が示唆された。ただ、エネルギーの不足分は体脂肪を動員して補うため、このような状態が長期間継続すると、肝臓には、その処理能力を超えた脂肪が流入・蓄積され、体蓄積も低下した状態となる。そのため、分娩前の乾物摂取量を最大にしてエネルギー出納を改善することが、体脂肪の動員を最低限にし、脂肪肝やケトosisを防ぐこととなり、健康で体蓄積が十分な状態で分娩を迎えることによって、泌乳初期の乳量および繁殖成績を改善するものといえる。

## 謝 辞

本試験を実施するに当たり、実験動物の管理を担当していただいた畜産試験場業務一科職員の皆様、および試料の分析に際して多大なるご協力をいただいた臼井房子元技官ならびに染谷深雪さんに深く感謝の意を表します。

## 文 献

- 1) Bauman DE, Currie WB. Partitioning of nutrients during pregnancy and lactation: A review of mechanisms involving homeostasis and homeorhesis. *Journal of Dairy Science*, 63: 1514-1529. 1980.
- 2) Bell AW. Pregnancy and fetal metabolism. In: Quantitative Aspects of Ruminant Digestion and Metabolism. (Forbes JM, France J eds.) 405-432. CAB INTERNATIONAL. Wallingford, UK. 1993.
- 3) Bell AW. Regulation of organic nutrient metabolism during transition from late pregnancy to early lactation. *Journal of Animal Science*, 73: 2804-2819. 1995.
- 4) Bertics SJ, Grummer RR, Cadorniga-valino C, Stoddard EE. Effect of prepartum dry matter intake on liver tri-

glyceride concentration and early lactation. *Journal of Dairy Science*, 75: 1914-1922. 1992.

- 5) Brockman RP. Glucose and short-chain fatty acid metabolism. In: Quantitative Aspects of Ruminant Digestion and Metabolism. (Forbes JM, France J eds.) 249-265. CAB INTERNATIONAL. Wallingford, UK. 1993.
- 6) Elphick MC, Hull D, Pipkin FB. The transfer of fatty acids across the sheep placenta. *Journal of Developmental Physiology*, 1: 31-45. 1979.
- 7) Forbes JM. The physical relationship of the abdominal organs in the pregnant ewe. *Journal of Agricultural Science*, 70: 171-177. 1968.
- 8) Forbes JM. The effect of pregnancy and fatness on the volume of rumen contents in the ewe. *Journal of Agricultural Science*, 72: 119-121. 1969.
- 9) Forbes JM. The voluntary food intake and diet selection in farm animals. 188-193. CAB INTERNATIONAL. Wallingford, UK. 1995.
- 10) Grummer RR. Etiology of lipid-related metabolic disorders in periparturient dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 76: 3882-3896. 1993.
- 11) Hay WW Jr, Sparks JW, Gilbert M, Battaglia FC, Meschia G. Effect of insulin on glucose uptake by the maternal hindlimb and uterus, and by the fetus in conscious pregnant sheep. *Journal of Endocrinology*, 100: 119-124. 1984.
- 12) Moe PW, Tyrrell HF. Metabolizable energy requirements of pregnant dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 55: 480-483. 1972.
- 13) 森本 宏. 動物栄養試験法. 280-396. 養賢堂. 東京. 1971.
- 14) 農林水産省技術会議事務局. 日本飼養標準乳牛(1994年版). 中央畜産会. 東京. 1994.
- 15) 農林水産省技術会議事務局. 日本標準飼料成分表(1995年版). 中央畜産会. 東京. 1995.
- 16) Rankin JHG, Jodarski G, Shanahan MR. Maternal insulin and placental 3-O-methyl glucose transport. *Journal of Developmental Physiology*, 8: 247-253. 1986.
- 17) Reid IM, Rowlands GJ, Dew SM, Collins RA, Roberts CJ, Manston R. The relationship between post-parturient fatty liver and blood composition in dairy cows. *Journal of Agricultural Science*, 101: 473-480. 1983.
- 18) SAS Institute Inc., SAS User's Guide, Release 6.03 ed. Cary, NC. 1988.
- 19) Zamet CN, Colenbrander VF, Callahan CJ, Chew BP, Erb RE, Moeller NJ. Variables associated with peripartum traits in dairy cows. 1. Effects of dietary forages and disorders on voluntary intake of feed, body weight and milk yield. *Theriogenology*, 11: 229-244. 1979.

## Effects of Energy Level on Plasma Hormones and Metabolites During the Last Two Months of Pregnancy in Holstein Dairy Cows

Takehiro NISHIDA<sup>1,a</sup>, Mitsunori KURIHARA<sup>1</sup>, Fuminori TERADA<sup>1</sup>,  
Agung PURNOMOADI<sup>1,2</sup> and Masaki SHIBATA<sup>1,b</sup>

<sup>1</sup> National Institute of Animal Industry, Tsukuba Norin Kenkyu Danchi, Ibaraki-ken 305-0901, Japan

<sup>2</sup> Faculty of Animal Husbandry, Diponegoro University, Semarang, Indonesia

Corresponding : Takehiro NISHIDA (fax : +81 (0) 287-37-7022, e-mail : nishtake@affrc.go.jp)

A study was undertaken to determine the effect of feed amount on the blood metabolites and hormones in Holstein dairy cows during the last 10 weeks of gestation. Italian ryegrass and concentrate were fed to meet requirement of dam for maintenance only (M, n=9) or dam for maintenance plus fetus (MP, n=17). Proportion of forage in the diet were 90%, 70% and 50%. Blood samples were taken via the coccygeal artery and jugular vein at 30, 32, 34, 36, 38 and 40 weeks of gestation before morning feeding. Least square means of dry matter intake (DMI) during the experiment in M and MP were 8.15 and 9.89 kg/day, respectively. The plasma insulin concentration in M was statistically lower than that in MP from 32 weeks of gestation and decreased from 36 to 40 weeks of gestation due to growth of fetus. The plasma glucose concentration was unchanged by different feeding levels and stages of gestation. The plasma free fatty acid (FFA) concentration in M was higher than that in MP during the last 10 weeks of gestation and increased from 36 to 40 weeks of gestation. The increase in plasma FFA was observed in MP at 40 weeks of gestation. The decrease in plasma insulin and the increase in plasma glucagon concentration and the molar insulin : glucagon ratio were found as TDN intake increased after 34 weeks of gestation. The lower plasma insulin and glucagon concentration and increase of fat mobilization were observed when no additional energy for fetal development was fed to pregnant dairy cows during the last 10 weeks of gestation.

*Animal Science Journal*, 70 (8) : J123-J131

**Key words** : Nutrition, Dairy cows, Late pregnancy, Energy level

Present address : <sup>a</sup> National Grassland Research Institute, Senbonmatsu, Nishinasuno-chou, Tochigi-ken 329-2793.

<sup>b</sup> Kyusyu National Agricultural Experiment Station, Nishigoushi-machi, Kumamoto-ken 861-1192