

原 著

## 分娩前からのアルファルファサイレージの給与が乳熱発生、採食量 および乳生産に及ぼす影響

中村 正斗・佐藤 義和・矢用 健一・山田 豊・坂口 実・久米 新一  
北海道農業研究センター, 札幌市豊平区羊ヶ丘1 062-8555

### Effects of alfalfa silage diet on occurrence of milk fever, dry matter intake and milk production in early lactating cows

Masato NAKAMURA, Yoshikazu SATO, Ken-ichi YAYOU, Yutaka YAMADA  
Minoru SAKAGUCHI and Shinichi KUME

National Agricultural Research Center for Hokkaido Region  
Hitsujigaoka 1, Toyohira-ku, Sapporo 062-8555

キーワード : アルファルファサイレージ, 乳牛, 乳熱, 採食量, 乳生産

Key words : alfalfa silage, dairy cows, milk fever, dry matter intake, milk production

#### Abstract

The objective of this study was to evaluate the effects of alfalfa silage on occurrence of milk fever, dry matter intake (DMI) and milk production in dairy cows. Two experiments were conducted that changed the proportion of alfalfa silage in the diet of prepartum. In both experiment, eight multiparous Holstein cows were used during three weeks prepartum until ten weeks postpartum. They were randomly assigned to two groups and fed alfalfa diet (n=4) or grass diet (n=4) in both experiments. Proportion of forage in the diet of prepartum and postpartum were 70 % and 50 %, respectively. All cows were fed treatment diets as total mixed rations for thirteen weeks. The diets were fed to meet 120 % total digestible nutrients requirement of pregnant cows during prepartum, the diets were fed *ad libitum* after parturition. Proportion of alfalfa silage in the alfalfa diet during prepartum of experiment 1 and 2 were 35 % and 20 %, respectively. Alfalfa silage or grass silage were used for forage from one to ten weeks after parturition in both experiments. Milk fever occurred in two cows just after parturition in alfalfa diet in experiment 1. Plasma calcium and inorganic phosphorus were decreased in the both cows after parturition. One cow recovered by the treatment of calcium injection, however another cow did not recover and was excluded from the experiment. The ratio between DMI and body weight on ten weeks after parturition was significantly higher in alfalfa diet than grass diet in experiment 1. Four percent fat-corrected milk (FCM) yields from one to ten weeks after parturition were tended to be higher in alfalfa diet compared to grass diet in experiment 1, although the difference was not statistically significant. Milk fever did not occur after parturition in both treatment diets in experiment 2. The ratio between DMI and body weight from one to ten weeks after parturition and FCM yields from two to seven weeks after parturition were significantly higher in alfalfa diet than grass diet in experiment 2. Concentration of potassium in alfalfa silage in experiment 1 and 2 were 3.3 % and 3.9 %, respectively. Milk ingredients were not statistically different in the treatment diets in both experiments.

#### 要 約

の給与比率を変え、分娩後に AL サイレージあるいはグラスサイレージを粗飼料源とした混合飼料 (TMR) を給与した 2 回の試験を行い、分娩後の乳熱発生および泌乳初期から最盛期における採食量と乳生産に及ぼす影響を検討した。試験 1, 2 ともに経産牛 8 頭を用い、各 4 頭を AL サイレージ主体給与区 (以下 AL 区) とオーチャードグラスサイレージ主体給与区 (以下グラス区) に割り当て、分娩予定日の 3 週間前から分娩後 10 週まで飼養した。分娩前と分娩後の粗濃比はそれぞれ 7 : 3 と 1 : 1 とし、TMR により分娩前は TDN 要求量の 120% に相当する量を給与し、分娩後は自由採食させた。分娩前の AL 区の AL サイレージとグラスサイレージの給与比率は試験 1 では 1 : 1、試験 2 では 2 : 5 とした。分娩 1 週間からは、試験 1, 2 の各区とも粗飼料は AL サイレージあるいはグラスサイレージの単一給与とした。分娩後 10 週の体重、自由採食量、乳量、乳成分、血液成分について測定した。試験 1 の AL 区の 2 頭に分娩直後に乳熱が発生し、血漿中カルシウム、無機リン濃度が低下した。1 頭はカルシウム剤の輸液により回復したが、他の 1 頭は回復せず試験から除外した。試験 1 の分娩 10 週後の体重当たりの乾物摂取量割合は、AL 区がグラス区より有意に多く、分娩後 1 ~ 5 週、7 ~ 10 週の FCM 乳量は AL 区がグラス区より多い傾向であったが有意差は認められなかった。試験 2 では両区で乳熱の発生は認められず、分娩後 1 ~ 10 週の体重当たりの乾物摂取量割合および分娩後 2 ~ 7 週の FCM 乳量は AL 区がグラス区より有意に多かった。試験 1, 2 の AL サイレージのカリウム (K) 含量は、3.3% と 3.9% であった。乳成分は、試験 1, 2 ともに区間で有意差は認められなかった。以上の結果から、AL サイレージはイネ科牧草サイレージに比べ、乾物摂取量が多く、乳量増加に効果があるが、分娩前に K 含量の高い AL の給与は避けた方が無難であることが示唆された。

## 緒 言

近年、北海道地域向けのアルファルファ (AL) の新品种が育成され (山口ら, 1995 A, B)、酪農家への普及が図られている。今後自給飼料の品質向上という観

点からも、蛋白質含量の高い AL サイレージは北海道地域における重要な粗飼料となると考えられる。AL サイレージはグラスサイレージに比べ消化管通過速度が速い (HOFFMAN *et al.*, 1998) ため、乾物摂取量が低下する移行期の乳牛に給与することで、乾物摂取量を増やす効果が期待できる。一方、AL はカリウム (K) 含量が高いことがあり、分娩前の給与方法を誤ると、過剰に蓄積した K は消化管あるいは牛体内でカルシウム (Ca) やマグネシウムなどの吸収や利用を阻害し、分娩後に乳熱が発生する危険がある (久米, 2000)。しかし、分娩前の適正な AL 給与量についてはほとんど検討されていない。

AL は蛋白質やミネラル含量が高く、粗飼料の中でも乳牛の自由摂取量が高いことから、分娩後にエネルギー不足となり易い高泌乳牛の給与飼料として適している。しかし、AL サイレージはグラスサイレージやトウモロコシサイレージよりもエネルギー含量が低い上に、AL の蛋白質は反芻胃内で分解される分解性蛋白質の割合が多く、反芻胃から吸収される窒素量が多い (PELTEKOVA and BRODERICK, 1996)。したがって、AL サイレージと併給する配合飼料や補助飼料と混合飼料 (TMR) を給与することで、栄養摂取量の向上による乳量、乳成分の改善効果が期待できる。

そこで、本研究では、分娩前における AL サイレージの給与比率を変え、分娩後に AL サイレージあるいはグラスサイレージを粗飼料源とした TMR を給与した 2 回の試験を行い、乳熱発生および泌乳初期から最盛期における採食量と乳生産に及ぼす影響について検討した。

## 材料と方法

### 試験 1

#### 供試家畜

ホルスタイン種経産牛 8 頭を用い、各 4 頭を AL サイレージ主体給与区 (AL 区) とオーチャードグラスサイレージ主体給与区 (グラス区) に割り当てた。

#### 試験飼料

試験に用いた各飼料の成分値を表 1, AL 区およびグ

Table 1. Nutrient composition of silage, concentrate, fish meal and soybean meal in experiment 1

	DM	OM	CP	ADF	NDF	K
Nutrient composition (% of DM)						
Alfalfa silage	54.5	90.5	14.8	46.7	54.7	3.3
Grass silage	24.4	91.9	11.4	41.5	68.5	1.9
Concentrate	87.1	95.4	18.9	9.3	16.7	0.8
Fish meal	91.2	86.5	71.6	2.0	5.7	0.9
Soybean meal	86.8	93.2	50.3	9.3	11.2	2.3

All values expressed on a DM basis except for DM. DM: Dry matter, OM: Organic matter, CP: Crude protein, ADF: Acid detergent fiber, NDF: Neutral detergent fiber, K: Potassium

Table 2. Ingredients and nutrient composition of treatment diets in experiment 1

Ingredient (% of DM)	Prepartum (3 weeks)		Postpartum (1-10 weeks)	
	Alfalfa diet	Grass diet	Alfalfa diet	Grass diet
Alfalfa silage	35	--	50	--
Grass silage	35	70	--	50
Concentrate	26	22	46	41
Fish meal	4	4	4	4
Soybean meal	--	4	--	5
Nutrient				
DM	53.9	43.4	71.0	55.9
OM	92.1	92.5	92.6	93.2
CP	16.9	17.0	19.0	18.8
ADF	33.4	31.5	27.7	25.1
NDF	47.7	52.3	35.3	41.9
K	2.1	1.6	2.1	1.4
TDN*	67.3	69.9	72.4	72.5

All values expressed on a DM basis except for DM. DM: Dry matter, OM: Organic matter, CP: Crude protein, ADF: Acid detergent fiber, NDF: Neutral detergent fiber, K: Potassium, TDN: Total digestible nutrient. \*TDN is estimated by the standard tables of feed composition in Japan (Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council Secretariat, 1995).

ラス区の試験飼料の乾物構成比と成分値を表2に示した。試験飼料の一般成分は定法により、またK含量は原子吸光光度法で測定した (KUME *et al.*, 2001B)。TDN値は、日本標準飼料成分表(1995年版)を参照した。ALサイレーズは北海道農業研究センターで生産された2番草のALを材料とし、タワーサイロで調整したものを使用した。グラスサイレーズは1番草のオーチャードグラス主体の混播草をタワーサイロで調整したものを使用した。配合飼料は北海道農業研究センター指定配合飼料を用いた。グラス区ではCP含量をAL区とそろえるため大豆粕を加え、魚粉は非分解性蛋白質を供給する目的で加えた。

#### 飼養管理

分娩3週前から試験飼料の給与を開始した。飼料はTMRで、分娩前は日本飼養標準のTDN要求量の120%に相当する量を給与した。分娩から分娩6日後までは試験飼料を徐々に増給した。分娩7日以降は、10%の残飼が見込める量を給与し自由採食させた。飼料は1日2回に分け、0800と1800に給与した。水およびミネラルブロックは自由摂取させた。

#### 測定項目

体重は毎週1回測定した。飼料摂取量は給与量と残飼量を毎日秤量し、その一部を乾燥して乾物摂取量を算出した。乳量は0830と1900の1日2回の搾乳時に計測し、毎週1日分について乳成分の測定をミルコスキヤン (Foss Electric社, デンマーク) で行った。これらの測定結果は、分娩後7日目を第1日とした10週

間について集計した。また、分娩予定日の7日前、分娩日および分娩後1日は0800、分娩1週間後からは週1回0900に頸静脈からヘパリンナトリウム入りの真空採血管を用いて採血を行った。血液は採血後直ちに4℃、3000rpmで15分間遠心して血漿を分離した。血漿は分析まで-20℃で凍結保存し、解凍後自動生化学分析装置(7250型, 日立製作所, 東京)を用い、Ca、無機リン(Pi)について分析した。

#### 試験2

##### 供試家畜

試験1と同様にホルスタイン種経産牛8頭を用い、各4頭をAL区とグラス区に割り当てた。

##### 試験飼料

試験に用いた各飼料の成分値を表3、AL区およびグラス区の試験飼料の乾物構成比と成分値を表4に示した。ALサイレーズは家畜改良センター十勝牧場で生産された1番草のラップサイレーズを切断長2cmで細切したものを使用した。グラスサイレーズは、試験1とロットは異なるが、北海道農業研究センターで生産された1番草のオーチャードグラス主体の混播草をタワーサイロで調整したものを使用した。配合飼料は試験1と同様のものを使用した。また、ALサイレーズのCP含量が低かったため、グラス区に大豆粕は加えなかった。

##### 飼養管理と測定項目

試験1と同様に行った。

Table 3. Nutrient composition of silage and concentrate in experiment 2

	DM	OM	CP	ADF	NDF	K
Nutrient composition (% of DM)						
Alfalfa silage	55.3	88.1	13.0	39.8	47.4	3.9
Grass silage	27.0	90.4	11.8	41.3	67.3	2.5
Concentrate	87.1	95.4	18.9	9.3	16.7	0.8

All values expressed on a DM basis except for DM. DM: Dry matter, OM: Organic matter, CP: Crude protein, ADF: Acid detergent fiber, NDF: Neutral detergent fiber, K: Potassium

Table 4. Ingredients and nutrient composition of treatment diets in experiment 2

Ingredient (% of DM)	Prepartum (3 weeks)		Postpartum (1-10 weeks)	
	Alfalfa diet	Grass diet	Alfalfa diet	Grass diet
Alfalfa silage	20	--	50	--
Grass silage	50	70	--	50
Concentrate	30	30	50	50
Nutrient				
DM	50.7	45.0	71.2	57.1
OM	91.4	91.9	91.8	92.9
CP	14.2	13.9	16.0	15.4
ADF	31.6	31.9	24.8	25.6
NDF	48.2	52.3	32.4	42.4
K	2.3	2.0	2.4	1.7
TDN*	64.4	67.8	72.4	72.4

All values expressed on a DM basis except for DM. DM: Dry matter, OM: Organic matter, CP: Crude protein, ADF: Acid detergent fiber, NDF: Neutral detergent fiber, K: Potassium, TDN: Total digestible nutrient. \*TDN is estimated by the standard tables of feed composition in Japan (Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council Secretariat, 1995).

### 統計処理

給与飼料の影響を検討するために、泌乳期の週次ごとに飼料を処理因子とした一元配置法による分散分析を行った。

## 結 果

### 試験 1

分娩前は両区とも全頭でほとんど残飼は認められなかった。分娩直後のAL区の2頭に起立不能が発生した。2頭とも血漿中CaおよびPi濃度が、分娩7日前に比べ分娩日および分娩後1日において著しく低下していた(図1)。1頭(cow A)はカルシウム剤の輸液により起立・回復したが、他の1頭(cow C)はカルシウム剤あるいはリン剤の輸液により回復せず、以降の試験から除外した。起立不能から回復しなかった牛は飛節の伸展が困難で、球節がナックル状湾曲を示していた。

分娩後1~10週の体重当たりの乾物摂取量割合はAL区が多く推移し、分娩後10週における体重当たりの乾物摂取量割合はAL区が有意に多くなった(図2)。分娩後1~5週、7~10週のFCM乳量はAL区

が多い傾向であったが、区間に有意差は認められなかった(図2)。

乳成分では、分娩後1~5週および7~10週の乳脂肪率、1~4週および6~10週の乳蛋白質率、5~10週の乳糖率はAL区が高い傾向であったが、区間に有意差は認められなかった。また、分娩後1~5週および7~10週のTMS率もAL区が高い傾向であったが、区間に有意差は認められなかった(図3)。

TDN, CP充足率は、AL区が高く推移し、分娩後10週では、ともにAL区が有意に高くなった(図4)。また、分娩後の体重変化は、グラス区の体重減少が小さい傾向であったが、区間に有意差は認められなかった(図4)。

### 試験 2

分娩前は両区とも全頭でほとんど残飼は認められなかった。また、両区とも全頭で分娩後に起立不能の発生はなかった。分娩後の血漿中Ca濃度は5.8mg/dl以上、血漿中Pi濃度についても2.7mg/dl以上であり、全頭で分娩後の血漿中Ca, Pi濃度の著しい低下は認められなかった。

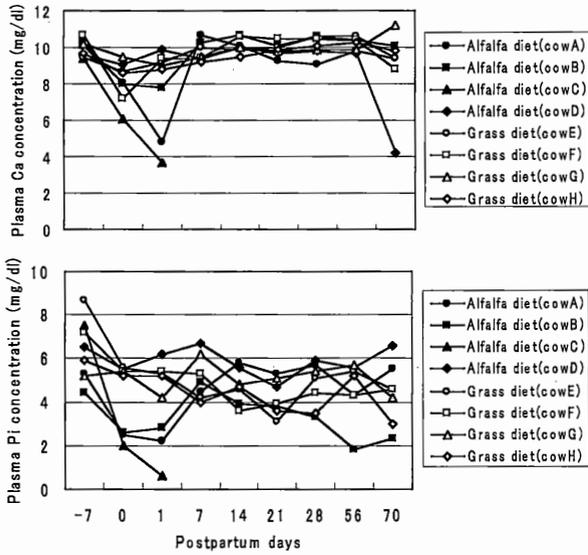


Fig. 1 Changes in the concentration of plasma calcium (Ca) and inorganic phosphorus (Pi) in experiment 1. Each point represents the each cow. Two cows (cow A and C) in alfalfa diet could not stand up just after parturition. Cow A recovered by the treatment of calcium injection, however cow C did not recover and was excluded from the experiment.

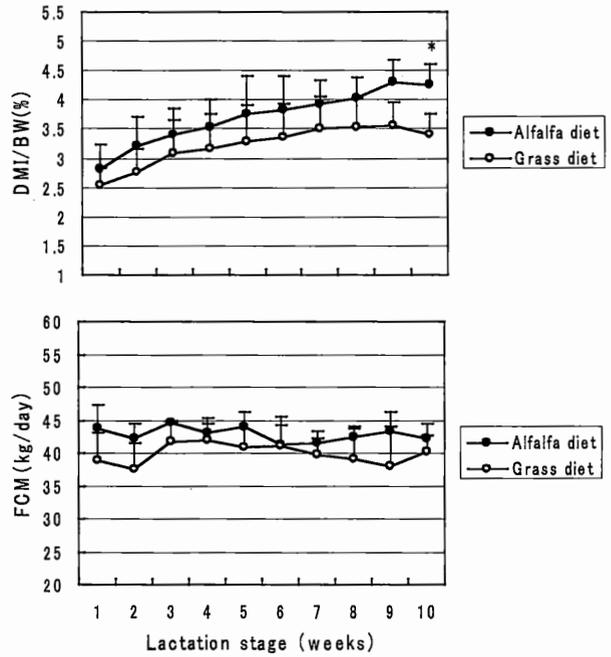


Fig. 2 Changes in the ratio between dry matter intake (DMI) and body weight and four percent fat-corrected milk (FCM) yield in experiment 1. Each solid and blank point represents the average value of three and four cows, respectively. Vertical bars, S. D. of each average value. \*The value is significantly different from that of the grass diet ( $P < 0.05$ ).

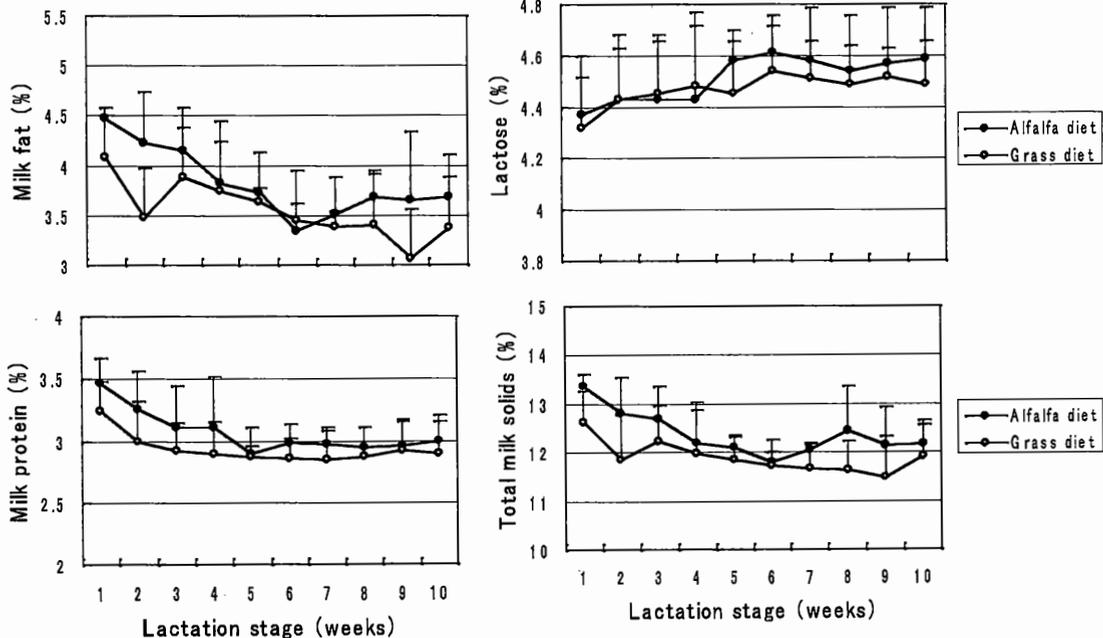


Fig. 3 Changes in the milk ingredients in experiment 1. Each solid and blank point represents the average value of three and four cows, respectively. Vertical bars, S. D. of each average value.

分娩後 1~10 週の体重当たりの乾物摂取量割合は AL 区が有意に多くなり、分娩 5 週以後は、体重の 4% 以上採食するようになった (図 5)。分娩後 2~7 週の FCM 乳量は AL 区が有意に多くなった (図 5)。

乳成分では、各成分で AL 区が低い傾向であったが、区間で有意差は認められなかった (図 6)。

TDN, CP 充足率は、分娩後 5 週, 8 週で AL 区が高い傾向であったが、区間に有意差は認められなかつ

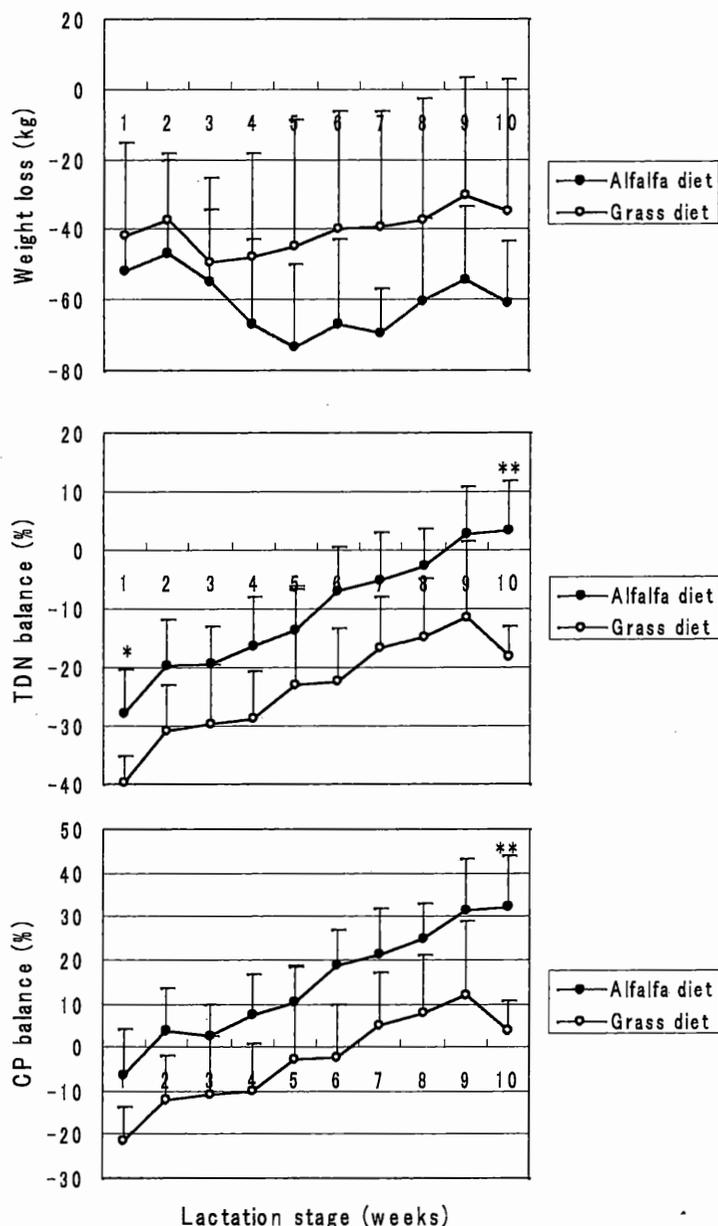


Fig. 4 Changes in the weight loss, total digestible nutrient (TDN) and crude protein (CP) balance in experiment 1. Each solid and blank point represents the average value of three and four cows, respectively. Vertical bars, S. D. of each average value. \*The value is significantly different from that of the grass diet ( $P < 0.05$ ). \*\*The value is significantly different from that of the grass diet ( $P < 0.01$ ). TDN and CP balance are estimated by Japanese feeding standard for dairy cattle (Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council Secretariat, 1999).

た(図7)。また、体重変化は、分娩後2~6週でアルファルファ区の体重減少が小さい傾向であったが、区間に有意差は認められなかった(図7)。

### 考 察

試験1で分娩直後のAL区の2頭に起立不能が発生し、2頭とも血漿中CaおよびPi濃度が低下していた(図1)ことから乳熱と診断した。1頭はカルシウム剤の輸液で起立・回復したが、1頭はカルシウム剤あるいはリン剤の輸液により回復しなかった。回復しなかった牛は飛節の伸展が困難で、球節がナックル状湾

曲を示し、ダウンナー型の起立不能症(吉田, 1980)と考えられた。試験2では分娩前のALサイレージの給与比率を試験1より減らしたにもかかわらず、AL区のK含量は2.3%で試験1の2.1%よりもやや高かった(表2, 表4)。しかし、試験2では両区とも全頭で分娩後に起立不能の発生はなく、分娩後の起立不能発生と分娩前の給与飼料中K含量との直接的な関係はうかがわれなかった。一方、乾物中K含量が1.9%の低K含量のALサイレージ給与により周産期の乳牛の骨吸収と消化管からのカルシウム吸収量が増加し、低K含量のALサイレージは周産期の乳牛のミネラ

ル代謝を改善することが推察されている (KUME *et al.*, 2001B). さらに、給与飼料中の K 含量の他に、AL サイレージとグラスサイレージでは K の吸収率に差

がある可能性が考えられ、この点については今後検討する必要がある。

本研究では、試験 1 では分娩後 1~10 週の体重当たりの乾物摂取量割合は AL 区が多く推移し、分娩 10 週間後における体重当たりの乾物摂取量割合は AL 区が有意に多くなった (図 2)。また、試験 2 では分娩後 1~10 週の体重当たりの乾物摂取量割合は AL 区が有意に多くなった (図 5)。飼料中の NDF 含量は乾物摂取量と関連があり、NDF 含量が多いほど乾物摂取量は減少する (MERTENS, 1987)。乾物摂取量が減少すると摂取エネルギーが不足するため、高泌乳時の NDF 含量は 35% 前後が望ましいという報告がある (藤代ら, 1991)。藤代らの報告は本研究よりも濃厚飼料割合が高い場合であるが、NDF 含量と乾物摂取量の減少は粗濃比の違いで異なり、粗飼料割合が高い場合は NDF 含量が 30% より高くなると乾物摂取量の減少が認められている (原ら, 1995)。本研究における分娩後の給与飼料の NDF 含量は、試験 1, 2 ともにグラス区が 40% 以上であった (表 2, 表 4)。したがって、AL 区の NDF 含量がグラス区に比べ低かったことが、AL 区の乾物摂取量が多くなった要因の 1 つと考えられた。さらに、AL サイレージがイネ科牧草のペレニアルライグラスサイレージに比べ消化管通過速度が速い (HOFFMAN *et al.*, 1998) ことが報告されており、AL 区の乾物摂取量が多くなった要因として、サイレージの消化管通過速度の違いも考えられた。

本研究では、試験 1 で分娩後 1~5 週, 7~10 週の FCM 乳量は AL 区が多い傾向であった (図 2)。また、試験 2 では分娩後 2~7 週の FCM 乳量は AL 区が有意に多くなった (図 4)。泌乳量が 45~50 kg/日の乳牛

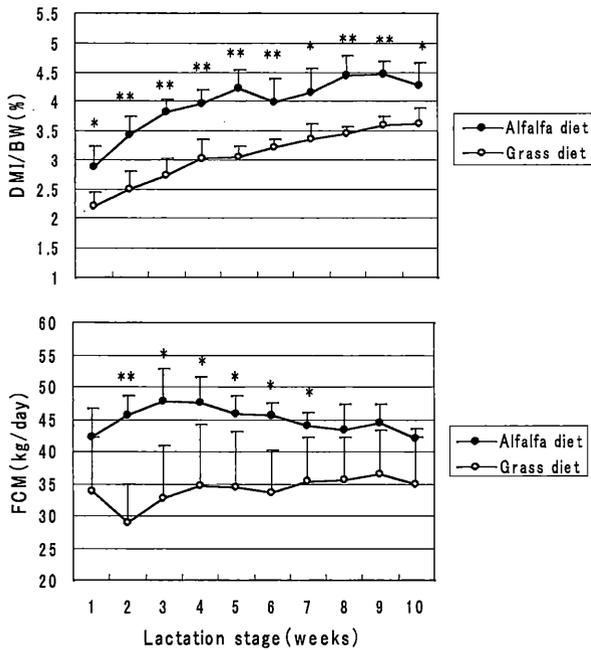


Fig. 5 Changes in the ratio between dry matter intake (DMI) and body weight and four percent fat-corrected milk (FCM) yield in experiment 2. Each point represents the average value of four cows. Vertical bars, S. D. of each average value. \*The value is significantly different from that of the grass diet ( $P < 0.05$ ). \*\*The value is significantly different from that of the grass diet ( $P < 0.01$ ).

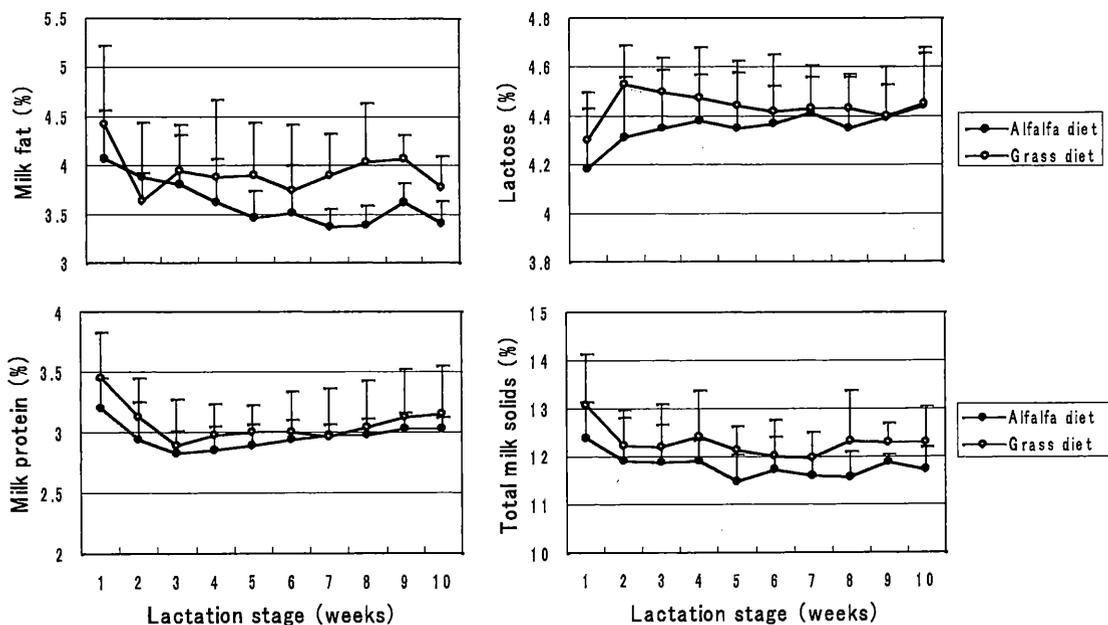


Fig. 6 Changes in the milk ingredients in experiment 2. Each point represents the average value of four cows. Vertical bars, S. D. of each average value.

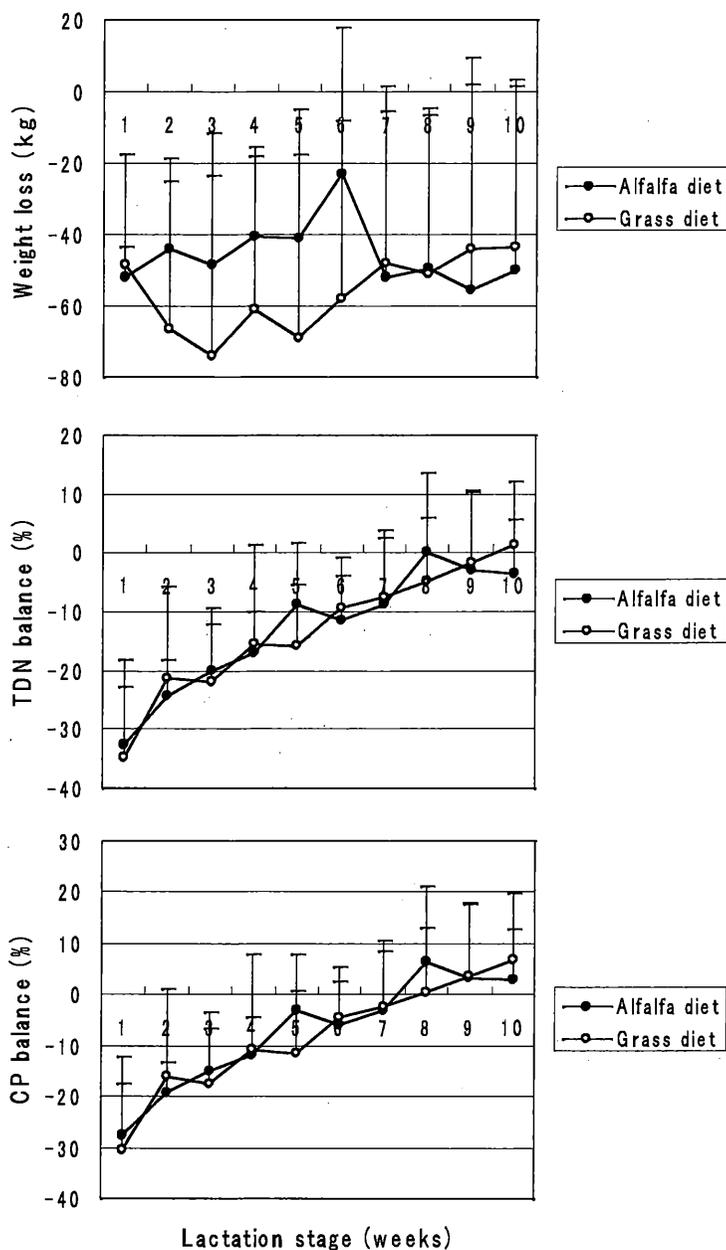


Fig. 7 Changes in the weight loss, total digestible nutrient (TDN) and crude protein (CP) balance in experiment 2. TDN and CP balance are estimated by Japanese feeding standard for dairy cattle (Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council Secretariat, 1999).

の養分要求量を充足させるために摂取させるべき飼料乾物量は、乾物中73%前後のTDN含量の飼料では体重650kgの場合、体重比で4.3~4.5%の乾物摂取量が必要とされている(日本飼養標準・乳牛, 1999)。本研究における分娩後の給与飼料のTDN含量は試験1, 2ともに72.4~72.5%(表2, 表4)であり, AL区の最高FCM乳量は試験1では44.6kg/日(図2), 試験2では47.8kg/日(図5)であった。AL区のDMIは, 試験1では分娩8週以後に体重比で4.0~4.3%(図2), 試験2では分娩5週以降に体重比で4.0~4.5%となった(図5)。一方, グラス区の最高FCM乳量は試験1では42.1kg/日(図2), 試験2では36.4kg/日(図5)であり, グラス区のDMIは,

試験1, 2ともに体重比で最大3.6%(図2, 図5)であった。また, TDN, CP充足率は, 試験1ではAL区が高く推移し, 分娩後10週では, ともにAL区がグラス区より有意に高くなった(図4)が, 試験2ではともに区間に有意差は認められなかった(図7)。したがって, AL区のTDN, CP充足率の向上とFCM乳量増加との直接的な関係は示唆されず, AL区のDMIの増加に伴う栄養摂取量の向上が高泌乳をもたらしたと推察された。

本研究では, 試験1の乳成分でAL区が高い傾向であった(図3)。これは, 試験1のAL区のTDN充足率, CP充足率が高かったため(図4)と考えられた。しかし, 試験2の乳成分ではAL区が低い傾向であり

(図6), 試験1とは逆の結果になった。乳量と乳脂肪率, 乳蛋白質率との間には負の相関があることが報告されており (KUME *et al.*, 2001A), 試験2でAL区の乳成分が低かったのは, AL区の乳量が多かったことが1つの要因と考えられた。ALは粗飼料の中でも蛋白質含量が多いが, 反芻胃内で微生物によって分解される分解性蛋白質の割合が多いため, 反芻胃から吸収される窒素量が多いと報告されている (PELTEKOVA and BRODERICK, 1996)。このため, 試験1では両区の飼料に非分解性蛋白質含量の割合の高い魚粉を添加して, 乳蛋白質率の改善効果を期待した。試験1と試験2の飼料成分が異なるため, 厳密な比較は困難であるが, 試験1と試験2のAL区における乳蛋白質率に顕著な違いは認められなかった。

結論として, ALサイレージはイネ科牧草サイレージに比べ, 泌乳初期から最盛期の乾物摂取量が多く, 乳量増加に効果があると考えられる。しかし, 分娩前にK含量が高いALサイレージの給与は, 分娩後に乳熱発生の危険があるので避けた方が無難であることが示唆された。また, ALは分解性蛋白質の割合が高いので, 魚粉などの非分解性蛋白質との併給による乳成分の向上効果についてはさらに詳細に検討する必要がある。

## 謝 辞

本研究を実施するに当たり, 供試牛の管理を担当していただいた北海道農業研究センター企画調整部業務3科の皆様に深く感謝の意を表します。

## 文 献

原 悟志・大坂郁夫・糟谷広高・遠谷良樹・小倉紀美・森 精一・田村千秋・所 和暢 (1995) 泌乳牛における混合飼料中のNDFとデンプンの給与比率。平成6年度研究成果情報北海道農業。106-107。  
 HOFFMAN, P. C., D. K. COMBS and M. D. CASLER (1998) Performance of lactating dairy cows fed alfalfa silage or perennial ryegrass silage. *J. Dairy. Sci.*, **81**: 162-168。  
 藤代清司・新城恒二・玉江俊嗣・石崎重信・杉本 裕・三井安麿・細谷 肇・斎藤季彦・関口 博・山本藤生・川手日出子・坂寄康夫・後藤幸雄・本沢延介・田崎 稔・杉本宏之・桜井和巳・仲沢太一・輿水佳哉・小柴哲也・苫米地達生・須藤平次郎・斎藤友喜・

石田 豊・吉田宮雄・井出忠彦・三井一平・中田基家・杉浦 了・高橋昭彦・川村悌志・加藤泰之・板橋久雄・小林 剛・松本光人・竹中昭雄・柴田正貴・寺田文典・阿部 亮・梶川 博・針生程吉・上家哲 (1991) 「乳牛における繊維澱粉質飼料の効率的給与技術の確立」に関する研究。千葉県畜産センター特別研究報告, **2**: 1-106。

久米新一 (2000) 高泌乳牛の栄養管理とカルシウム代謝の制御。北農, **67**: 80-84。

KUME, S., T. OKAMOTO, O. SASAKI, K. UETAKE, K. YAYOU and J. H. TERNOUTH (2001A) Effect of calving season and parity on milk yield and milk composition of high producing cows in Hokkaido. 北海道農試研報, **173**: 37-45。

KUME, S., T. TOHARMAT, K. NONAKA, T. OSHITA, T. NAKUI and J. H. TERNOUTH (2001B) Relationships between crude protein and mineral concentrations in alfalfa and value of alfalfa silage as a mineral source for periparturient cows. *Anim. Feed Sci. Tech.*, **93**: 157-168。

MERTENS, D. R. (1987) Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. *J. Anim. Sci.*, **64**: 1548-1558。

農林水産技術会議事務局編 (1995) 日本標準飼料成分表 (1995年版)。中央畜産会。東京。

農林水産技術会議事務局編 (1999) 日本飼養標準・乳牛 (1999年版)。中央畜産会。東京。

PELTEKOVA, V. D. and G. A. BRODERICK (1996) In vitro ruminal degradation and synthesis of protein on fractions extracted from alfalfa hay and silage. *J. Dairy Sci.*, **79**: 612-619。

山口秀和・内山和宏・澤井 晃・我有 満・植田精一・真木芳助・松浦正宏・杉信賢一・佐藤倫造 (1995 A) アルファルファの新品種「マキワカバ」の育成とその特性。北海道農試研報, **161**: 1-15。

山口秀和・内山和宏・澤井 晃・我有 満・植田精一・真木芳助・松浦正宏・杉信賢一・佐藤倫造・竹田芳彦・中島和彦・千葉一美・越智弘明・澤田嘉昭・球掛秀人 (1995 B) アルファルファの新品種「ヒサワカバ」の育成とその特性。北海道農試研報, **161**: 17-31。

吉田康幸 (1980) 牛の臨床。第3版。デーリィマン社。札幌。390-392。

