

カリウム摂取水準の違いが分娩前後の乳牛の主要ミネラルの動態に及ぼす影響(2)

誌名	鹿児島県畜産試験場研究報告
ISSN	0389357X
著者名	児島,浩貴 野中,最子 Purnomoadi,A. 田鎖,直澄 樋口,浩二 渡辺,直人 鎌田,八郎 Islam,M. 永西,修 寺田,文典 森,浩一郎 寺脇,志朗 上宮田,正巳
発行元	鹿児島県畜産試験場
巻/号	34号
掲載ページ	p. 38-49
発行年月	2001年3月

カリウム摂取水準の違いが分娩前後の乳牛の 主要ミネラルの動態に及ぼす影響

第2報 カリウム摂取水準の違いが妊娠末期 における血液の動態に及ぼす影響

児島浩貴・野中最子¹・A. Purnomoadi¹・田鎖直澄¹・樋口浩二¹・
渡辺直人²・鎌田八郎¹・M. Islam¹・永西修¹・寺田文典¹・
森浩一郎・寺脇志朗・上宮田正巳
(¹農林水産省畜産試験場, ²滋賀県畜産技術センター)

要 約

妊娠末期のホルスタイン種乳牛を供試して、カリウム(K)摂取水準、産次およびアニオンカチオンバランス(DCAD)値の違いが、血液および尿の諸性状に及ぼす影響について検討した。試験区は、高K飼料給与区として経産牛6頭を割り当て、うち3頭には塩化マグネシウム六水和物(MgCl₂・6H₂O 以下MgCl₂)を添加給与した。また、低K飼料給与区として経産牛3頭、初産牛3頭を割り当て、それぞれ、経産区、初産区とした。

1. 給与飼料中のK濃度は、高K給与区で3.0%/DM, 低K給与区で2.2%/DMであった。また、DCAD値は、高K給与区にMgCl₂を添加した区で-15.0 mEq/100g DM, 無添加の区で27.3 mEq/100g DM, 低K区は18.2 mEq/100g DM, 初産区は16.9 mEq/100g DMであった。
2. MgCl₂添加によりDCADを調整した区と未調整区の乾物摂取量には、飼養期間をとおして明らかな差は見られなかったことから、DCAD調整剤としてのMgCl₂の給与は、採食性に影響を与えないことが示された。
3. 高K飼料区では、低K飼料区に比べ血漿中カルシウム(Ca)濃度に差は認められないものの、分娩後1日目の副甲状腺ホルモン(PTH)濃度が高い傾向にあり、高K飼料区と低K飼料区の血中Ca代謝の様相に違いのあることが示唆された。
4. 高K飼料区は、低K飼料区に比べ血漿中マグネシウム(Mg)濃度において低い傾向にあった。また、分娩後においては初産区が経産区よりも低い値を示す傾向にあった。
5. 骨形成機能の指標となる骨型アルカリフォスファターゼ(BAP)は、初産区が経産区に比べ有意に高く、骨形成機能が高いことが窺われた。また、DCAD調整した区は、他の区に比べ低い傾向にあり、DCAD値の低い飼料給与においては骨形成機能を抑制する働きがあることが推測された。
6. DCAD調整によって、血液pH, 尿pHが低下し、代謝性アシドーシス状態になることが窺われた。また、可給態のCaが血液中に多くCaプールも大きいことが推察された。

緒 言

乳牛の高泌乳化に伴い、周産期病の増加及び疾病の多様化¹⁾がみられる。周産期における代表的な代謝病には、乳熱、脂肪肝、ケトosis等が挙げられるが、そのなかでも、農家に対する経済的損失が大きい乳熱の研究が最も進展している²⁻⁶⁾。

乳熱の原因として、泌乳開始に伴う乳中へのCaの多量動員やCaをはじめとするミネラル代謝の適応の遅れが指摘されている⁴⁻⁸⁾。また、カリウム(K)の過剰摂取も乳熱発生の一因であり、マグネ

シウム(Mg)の利用性を低下させグラスステニー発生も促す⁹⁾。周産期の乳熱予防対策として、これまでカルシウム(Ca)の給与量を約40~90gに抑制することが薦められてきた。しかし、Goffら¹⁰⁾は、給与飼料のCa濃度が乳熱の主要因ではなく、Kやナトリウム(Na)等の強い陽イオンが乳牛のCaの恒常性維持に対する能力を低下させていると報告している。わが国においては、ふん尿の大量土地還元起因する草中のK過剰が指摘¹¹⁻¹³⁾されている。本県においても、規模拡大に伴うふん尿量の増加やスラリーの土地還元処理、その上にK

の施肥が加わり、自給飼料中へのKの過剰蓄積による乳牛のK過剰摂取が考えられる。

著者らは前報¹⁴⁾において、妊娠末期の乳牛における高K飼料給与時のミネラル出納について報告した。前報に引き続き、今回はK摂取水準の違いが妊娠末期の血液の動態に及ぼす影響について報告する。また、最近、乳熱予防のためにミネラ

ルが有する電位差を利用したDCADの概念が提唱されており、陽イオンとしてK, Na, Ca, Mg, 陰イオンとして塩素(Cl), 硫黄(S), リン(P)を利用したアニオンカチオンバランス(DCAD)の式が種々提案されている。今回は、現在一般的に用いられている下記の算出式を用い、DCAD調整が血液の動態に及ぼす影響についても検討した。

$$\text{DCAD(mEq/100g DM)} = \{(\text{飼料DM中Na\%} / 0.023) + (\text{飼料DM中K\%} / 0.039)\} \\ - \{(\text{飼料DM中Cl\%} / 0.0355) + (\text{飼料DM中S\%} / 0.0161)\}$$

試験材料及び方法

1. 供試牛及び試験区分

供試牛として、ホルスタイン種経産牛9頭および初産牛3頭を用いた。

試験区は、分娩前において高K飼料給与に塩化マグネシウム六水和物(MgCl₂·6H₂O 以下MgCl₂)を添加した(HK+, 500g/日)区とMgCl₂無添加(HK-)区、対照区として経産(C)区と初産(F)区とし各区3頭ずつ配置した。

2. 試験期間

分娩予定3週間前から分娩後2日まで、一元配置法により飼養試験を行った。

3. 給与飼料、給与方法および飼養管理

分娩前の給与飼料は、HK+およびHK-区は、配合飼料、ビートパルプ、イタリアンライグラスサイレージを分離給与で、CおよびF区は、配合飼料、大豆粕、ビートパルプ、トウモロコシサイレージ、イタリアンライグラスサイレージを混合飼料(TMR)として、それぞれ8時30分と16時の2回に分けて給与した。また、MgCl₂は配合飼料に添加した。

給与量は日本飼養標準乳牛1994版⁹⁾による可消化養分総量(TDN)で維持+妊娠末期の増給分を満たすように設定した。

分娩後の給与飼料は、配合飼料、トウモロコシサイレージ、イタリアンライグラスサイレージのTMRを8時30分と16時の2回に分けて給与した。養分濃度は、TDN 75.1%, CP 16.5%, NDF 34.5%に設定した。

配合飼料の内容は、トウモロコシ、大麦、大豆粕、アルファルファミール、脂肪酸カルシウム、第二リン酸カルシウムなどである。

牛舎には防暑対策として扇風機およびダクト送風機を設置し、原則として8時30分から17時まで稼働させた。

4. 調査項目および分析方法

(1) 飼料

飼料における調査項目は、乾物摂取量、一般成分、ミネラル(Ca, Mg, K, Na, P, Cl, S)含量とした。

調査方法および分析方法は、乾物摂取量については給与量と残飼量の差から求めた。残飼量は毎朝、飼料給与前に計量した。分離給与の区は、配合飼料、ビートパルプ、イタリアンライグラスサイレージを分けて行い、TMR給与区は、その総量を調査した。乾物率は、100°C、24時間、通風乾燥して求めた。

給与飼料サンプルは、給与飼料から無作為に抽出し、窒素分析は、原物のままケルダール法¹⁵⁾によって行った。その他の項目は、60°C、48時間通風乾燥した後に、ステンレス製ウイレー型粉砕器で粉砕したものをを用いて分析した。

飼料サンプルのK, Ca, Mg, Na分析は、硝酸-過塩素酸で湿式灰化した後に原子吸光度法¹⁶⁾、Pは、硝酸-過塩素酸で湿式灰化した後にバナドモリブデン酸法による比色法¹⁶⁾により定量した。また、Clは、イオンクロマトグラフにより定量し、S(硫酸バリウム重量法)は、(財)日本食品分析センターに依頼した。

(2) 体重および検温

検温は動物用体温計を用い、直腸温を測定した。分娩前の検温は、5日毎に行い、分娩予定1日前から分娩時まで毎日行った。また、分娩後は分娩時、分娩12時間後、24時間後、48時間後に行った。

体重測定は、5日毎および分娩直後に測定した。検温および体重の測定は、朝の飼料給与前に行った。

(3) 尿

尿の分析は、pHについて、5日毎、分娩予定1日前から毎日、分娩直後、分娩12時間後、24時間後、48時間後に行った。

尿は、外陰部周辺をマッサージする尿意促進法¹⁷⁾により採尿し、直ちにガラス電極法によってpH測定を行った。

(4) 血液

採血は、検温、尿のサンプリングと同様の日程で行った。

血液の分析項目は、血液ガス (pH, 重炭酸イオン(HCO_3^-)), K, Ca, Mg, P, 副甲状腺ホルモン (PTH), カルシトニン (CT), 骨型アルカリフォスファターゼ (BAP) について行った。

血液ガスの分析方法は、血液を頸静脈からシリンジに採取し直ちに自動血液ガス測定装置 (カイロン840) によって測定した。

また、血液成分の分析用サンプルとして、ヘパリン採血管とEDTA採血管に取り、一時水中に保存し3,000rpmで15分間遠心分離した。分離サンプルは、分析時まで -30°C のフリーザーで凍結保存した。

血液のK, Ca, Mgの分析は、飼料と同様の方法で行った。P分析は、Fiske-subbarow法¹⁸⁾により定量した。骨型アルカリフォスファターゼ (EIA法) は、オステオリックスBAP (住友製薬) を用いて測定した。PTH (RIA法), CT (RIA法) は、血液分析センターに依頼した。

結果および考察

飼養試験の解析にあたって、HK+区の1頭が試験開始10日目の分娩により除外した。

また、F区の2頭で分娩後12時間後の採尿ができなかったため、分娩後12時間の解析から除外した。

1. 飼養成績

供試した妊娠末期牛の産次は、HK+区が 4.0 ± 0 産、HK-区 3.3 ± 1.4 産、C区 2.0 ± 0 産、F区 1.0 ± 0 産であった。

供試飼料の分析成分値を表1、分娩前における各区の飼料給与割合および養分濃度を表2、飼養成績を表3に示した。

給与飼料中のK濃度は、主にイタリアンライグラスサイレージおよびトウモロコシサイレージで調整した。高K飼料区はK濃度が3.93%/DMのイタリアンライグラスサイレージ1を用い、低K飼料区はK濃度が3.41%/DMのイタリアンライグラスサイレ

ージ2および2.14%/DMのトウモロコシサイレージを用いた (表1)。その結果、給与飼料中のK濃度は、高K飼料区で3.02%/DM、低K飼料区で2.21-2.23%/DMであり、HK+, HK-区は、F, C区の約1.4倍であった (表2)。NRCの要求量¹⁹⁾に比べ、HK+, HK-区は、約4.5倍、F, C区は、約3.5倍であった。

各区のDCAD値は、 MgCl_2 を添加したHK+区で $-15 \text{ mEq}/100 \text{ g DM}$ 、無添加のHK-区 $27.3 \text{ mEq}/100 \text{ g DM}$ 、経産区で低K飼料給与のC区 $18.2 \text{ mEq}/100 \text{ g DM}$ 、初産区で低K飼料給与のF区 $16.9 \text{ mEq}/100 \text{ g DM}$ であり、 MgCl_2 を添加したHK+区がその他の区に比べ有意に低かった。また、高K飼料給与のHK-区は低K飼料給与のC, F区に比べ有意に高かった (表2)。

分娩前における供試牛の体重は、経産牛 614-779kg、初産牛 552-636kgの範囲にあった。

乾物摂取量は、それぞれ9.9, 10.1, 9.8, 9.1kg/日であり、個体別の体重当乾物摂取量は、12.9-16.6g/kgBW・日²⁰⁾の範囲であった。初産区が経産区に比べやや乾物摂取量が低い傾向にあったが、明らかな差は認められなかった。HK-区とC区の間にも有意差が認められなかったことから、今回のK濃度水準の違いでは、乾物摂取量に影響しないことが窺われた (表1)。

妊娠末期における体重当りのミネラル摂取量を表4に示した。

体重当K摂取量はそれぞれ475.1, 434.8, 351.0, 339.0mg/kgBW・日²¹⁾で、HK+, HK-区がCおよびF区に比べ有意に多かった ($P < 0.05$)。

体重当Ca摂取量は、それぞれ126.7, 120.6, 113.3, 109.5mg/kgBW・日²²⁾で、1日当Ca摂取量は、61.7-88.0gであった。

体重当Mg摂取量は、それぞれ137.4, 47.3, 50.9, 49.2mg/kgBW・日²³⁾で、HK+区がその他の区に比べ有意に多かった ($P < 0.05$)。HK+区がMg摂取量が多かったのは、DCAD調整のために MgCl_2 を用いたためである。今回は、 MgCl_2 を500g/日²⁴⁾給与したため、Mgとして約60g給与したことになる。

体重当P摂取量は、それぞれ46.9, 43.7, 44.9, 43.4mg/kgBW・日²⁵⁾であった。Ca/P比は、2.1-2.5であった。

体重当Na摂取量は、HK+, HK-区がC, F区に比べ有意に多かった。これは、HK+, HK-区は粗飼料としてイタリアンライグラスサイレージのみを給与し、C, F区は粗飼料としてイタリアンライグラスサイレージとコーンサイレージを用い、このイタリアンライグラスサイレージとコーンサイレージのNa濃度差が約40倍あったためである (表1)。

体重当Cl摂取量は、HK+区がHK-, F, C区より有意に多かった ($P < 0.05$)。これは、HK+区は、DCAD調整剤として MgCl_2 を用いたためであり、Clとし

て約174.5g給与したことになる。また、HK-区がF、C区より有意に多かった(P<.050)のは、イタリアンライグラスサイレージとコーンサイレージのCl濃度差が約5倍あったためである(表1)。

体重当S摂取量の間には、明らかな差は認められなかった。

DCAD値の調整の為に用いられる陰イオン塩は、採食量の低下が問題になると指摘している^{20, 21)}。今回、DCAD調整のためにMgCl₂を添加したHK+区と、添加しなかった区の間には明らかな差が認められなかったことから、MgCl₂の添加は採食量に与える影響は少ないと思われる。

表1. 供試飼料の成分分析値 (単位: 乾物中%)

	配合飼料	大豆粕	ヒートパルプ ^o	コーンサイレージ	イタリアンサイレージ1	イタリアンサイレージ2
乾物	86.9	86.7	87.4	21.1	71.0	78.5
CP	21.4	53.5	7.5	10.6	13.4	11.7
NDF	27.6	12.0	41.6	55.3	62.5	64.4
EE	1.3	3.1	0.9	2.2	2.1	1.4
CA	9.8	6.3	6.4	5.7	12.2	10.4
TDN	82.6	86.8	74.6	65.2	62.0	62.0
Ca	1.16	0.36	1.75	0.22	0.57	0.49
P	0.35	0.68	0.07	0.29	0.32	0.28
Mg	0.60	0.32	0.23	0.21	0.26	0.24
K	1.55	3.08	0.18	2.14	3.93	3.41
Na	0.47	0.00	0.05	0.01	0.50	0.30
Cl	0.54	0.02	0.02	0.50	2.31	2.45
S	0.37	0.44	0.81	0.14	0.25	0.20

表2. 分娩前の供試飼料の給与割合及び養分濃度

	HK+	HK-	C	F
配合飼料, %DM	19.2	19.3	25.0	25.0
大豆粕, %DM			2.8	2.8
ヒートパルプ ^o , %DM	11.6	11.7	11.3	11.3
コーンサイレージ, %DM			27.9	27.9
イタリアンサイレージ1, %DM	69.1	69.0		
イタリアンサイレージ2, %DM			33.0	33.0
合計, %	100	100	100	100
乾物, %	75.3	75.3	45.6	45.7
CP, %/DM	14.3	14.0	14.5	14.6
NDF, %/DM	53.2	53.2	48.6	48.7
EE, %/DM	1.8	1.9	1.6	1.6
CA, %/DM	11.0	11.1	8.4	8.4
Ca, %/DM	0.81	0.82	0.72	0.72
P, %/DM	0.30	0.30	0.29	0.29
Mg, %/DM	0.32	0.32	0.32	0.32
K, %/DM	3.02	3.02	2.21	2.23
Na, %/DM	0.44	0.44	0.23	0.22
Cl, %/DM	1.72	1.72	1.11	1.06
S, %/DM	0.33	0.35	0.30	0.30
MgCl ₂ , g	500	0	0	0
DCAD, meq/100g DM	-15.0 ± 5.3a	27.3 ± 2.5b	18.2 ± 2.0c	16.9 ± 7.4c

平均値 ± 標準偏差

a, b, c 異符号間で有意差あり (P<.010)

表3. 妊娠末期における飼養成績

	HK+	HK-	C	F
分娩前体重(BW), Kg	636.9±31.5	692.0±75.0	623.9±12.3	600.9±43.4
分娩直後体重, Kg	608.8±21.6	644.0±93.0	601.0±27.3	565.0±55.1
DMI, kg/日	9.9±0.1	10.1±0.8	9.8±0.1	9.7±0.6
体重当DMI, g/日	15.0±0.2	15.3±1.2	14.9±0.1	13.8±0.7

平均値±標準偏差

表4. 妊娠末期における体重当ミネラル摂取量

	HK+	HK-	C	F
K 摂取量, mg/kgBW・日	475.1±24.5a	434.8±19.6a	351.0±2.9b	339.0±36.5b
Ca 摂取量, mg/kgBW・日	126.7±13.9	120.6±6.8	113.3±0.9	109.5±11.7
Mg 摂取量, mg/kgBW・日	137.4±16.6a	47.3±1.3b	50.9±0.4b	49.2±5.3b
P 摂取量, mg/kgBW・日	46.9±0.4	43.7±1.0	44.9±0.7	43.4±4.9
Na 摂取量, mg/kgBW・日	72.4±0.7a	64.6±1.6a	34.7±1.2b	33.4±4.0b
Cl 摂取量, mg/kgBW・日	512.9±52.1a	242.8±9.6b	165.9±9.8c	159.8±20.5c
S 摂取量, mg/kgBW・日	33.2±0.3	33.2±4.0	29.2±0.1	27.9±0.2

平均値±標準偏差

a, b, c 異符号間で有意差あり (P<.050)

2. 体温, 尿および血液成分の動態について

(1) 体温

体温の推移を図1に示した。調査期間における各個体の体温は、38.0-41.1℃の範囲であった。区間において明らかな差は認められなかったが、

HK+, C, F区は、分娩前日から分娩後12時間にかけて体温が上昇し、分娩後1日目には低下する傾向を示したが、HK-区は、分娩後2日目まで体温は低下しなかった。

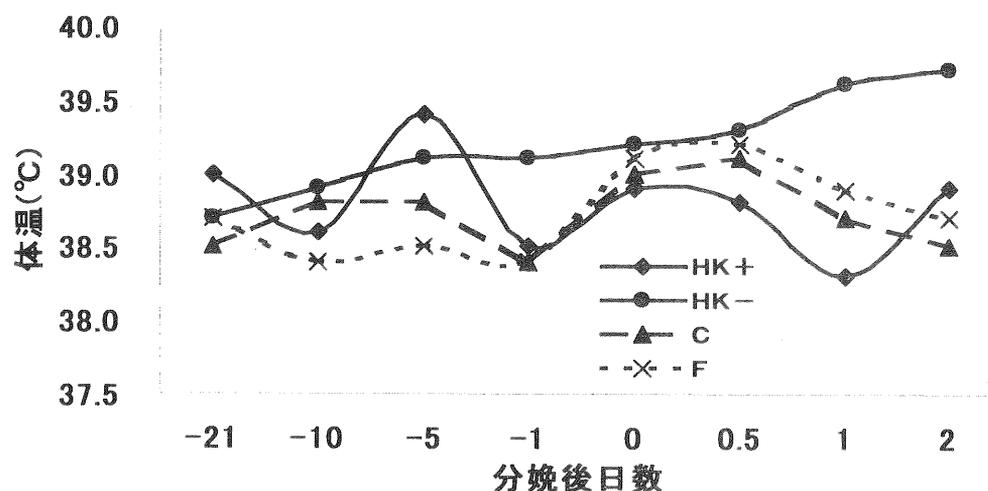


図1 体温の推移

(2) 血液pHおよび尿pH

血液pHの推移を図2, 尿pHの推移を図3に示した。各個体の血液pHは、7.30-7.45の範囲にあった。

ホルスタイン成牛(2歳以下)及びホルスタイン成牛(3-6歳)の動脈血中のpH正常値¹⁸⁾は、それぞれ7.45±0.04, 7.50±0.02であるが、すべての区

において、正常値より低い値を示した。これは、今回測定した血液pHは静脈血を用いたため、動脈血より酸素分圧 (pO_2) が低く、炭酸ガス分圧 (pCO_2) が高かったために血液pHが低い値を示したと思われる。

飼料中のK濃度の違いによる血液pHへの影響は、HK-区とC区の間に明らかな差が認められなかった。

DCAD調整を行ったHK+区は、分娩前において有意に血液pHが低下した ($P < 0.050$)。Stewart^{2,3)}は、血中の蛋白質濃度が比較的安定な場合、血中の体謝性酸-塩基バランスは、最終的には飼料から導かれた血中と細胞中の無機性酸-塩基濃度によって決まるとしている。このことから、陰イオン添加剤として用いた $MgCl_2$ の影響によって、血液pHが低下したものと考えられ、分娩直後から分娩後飼料に変えた場合、低下していたHK+区の血液pHは、分娩後1日で他の区と同様の値となった。

重碳酸イオン (HCO_3^-) の推移を図4に示した。HK+区は、その他の区より有意に低かった ($P < 0.050$)。 HCO_3^- も血液pHと同様に、分娩後飼料に変更後1日

目で他の区と同様の値を示した。

前報¹⁾において、HK+区は、分娩前の陰イオン価の高い $MgCl_2$ の添加によって、尿量および糞中水分が増加したことを報告した。

各個体の尿pHは、4.9-8.9の範囲にあったが、高K飼料給与区と低K飼料給与区の間には明らかな差はなく8.0前後で推移した。経産牛区と初産牛区も同様であった。しかし、HK+区とその他の区の間には、分娩前に有意差が認められた ($P < 0.050$)。HK+区の尿pHは、血液pHと同様に試験開始直後から低下しはじめ、分娩後飼料に変わるまで低下した。血液pHは、分娩後1日でその他の区と同様の値を示したのに対し、尿pHは分娩後飼料に変更後2日目に他の区と同様の値を示した。このことから、分娩前の $MgCl_2$ の摂取によって、酸性に傾く体液の酸塩基平衡を保つために酸性の尿を排せつしたと考えられ、陰イオン塩添加効果の判断に、尿pHが一つの指標になることが示唆された。

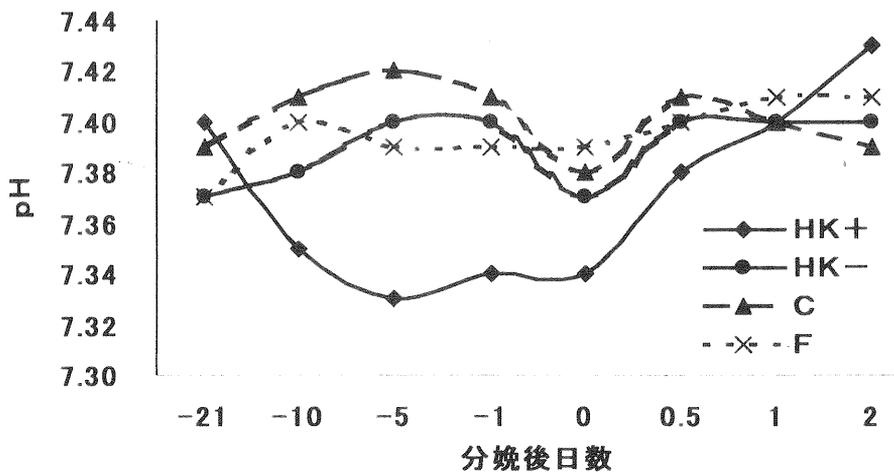


図2 血中pHの推移

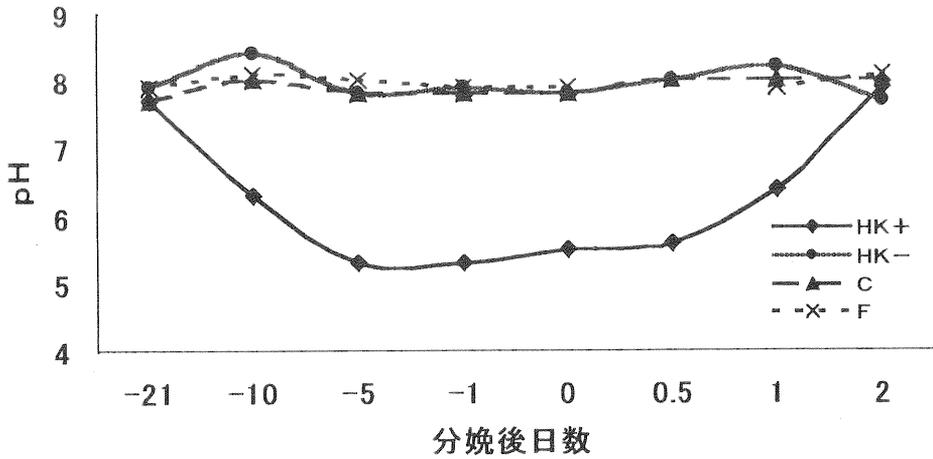


図3 尿pHの推移

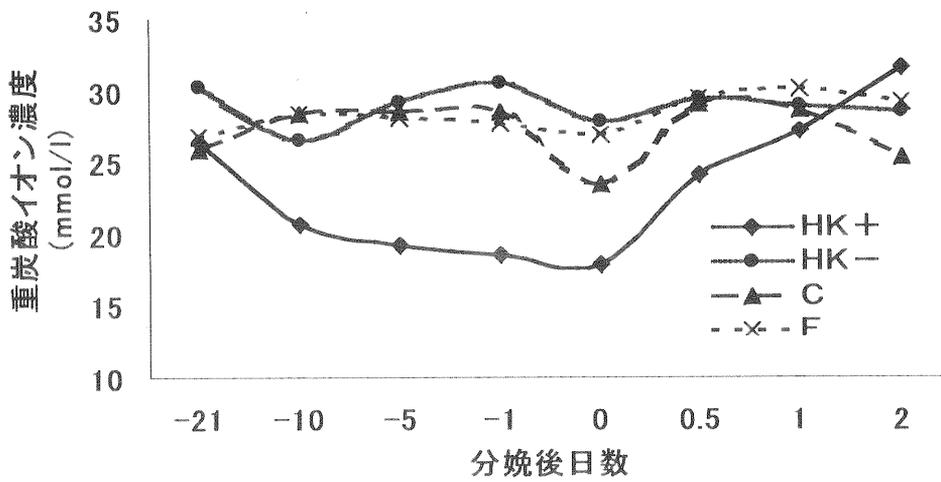


図4 重炭酸イオン濃度の推移

(3) 血漿中ミネラルおよびホルモン濃度

血中K濃度の推移を図5に示した。各個体の血中K濃度は、12.1-21.6mg/dlの範囲にあった。高K飼料区は低K飼料区より約1.3倍多くKを摂取しているにもかかわらず、血中K濃度には明らかな影響は認められなかった。これは、前報¹⁴⁾でも述べたが、夏期分娩牛では、糞中へのK排せつ量はK摂取量にかかわらずほぼ一定量が排せつされるが、みかけのK吸収量と尿中へのK排せつ量が増加した

ためと推察される。また、初産区は、経産区と同様の傾向を示し、DCAD調整したHK+区とその他の区においても明らかな差は認められなかった。

血中Ca濃度の推移を図6に示した。血中Ca濃度は、分娩1日前から低下しはじめ、分娩後0.5-1日が最も低い値となったが、ほぼ正常値¹⁵⁾内であり、K摂取量および経産区と初産区の間にも、明らかな差は認められなかった。

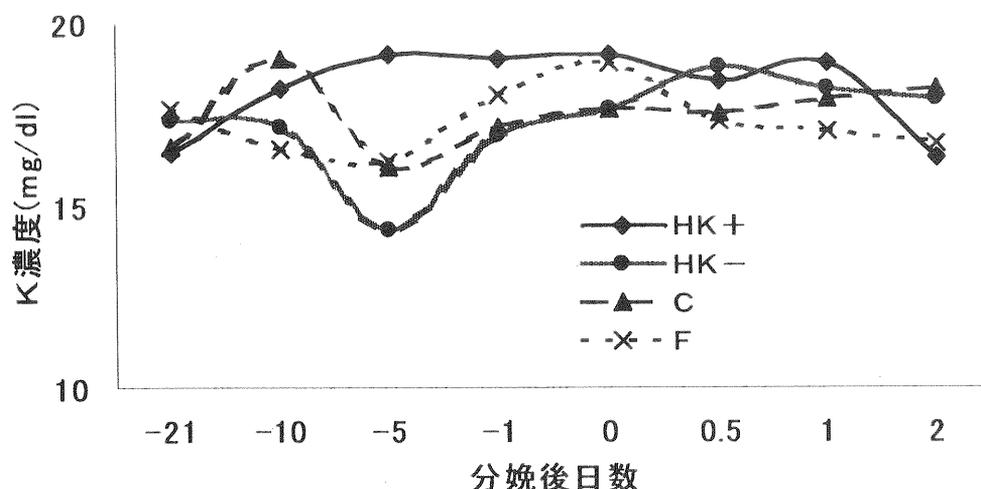


図5 血中K濃度の推移

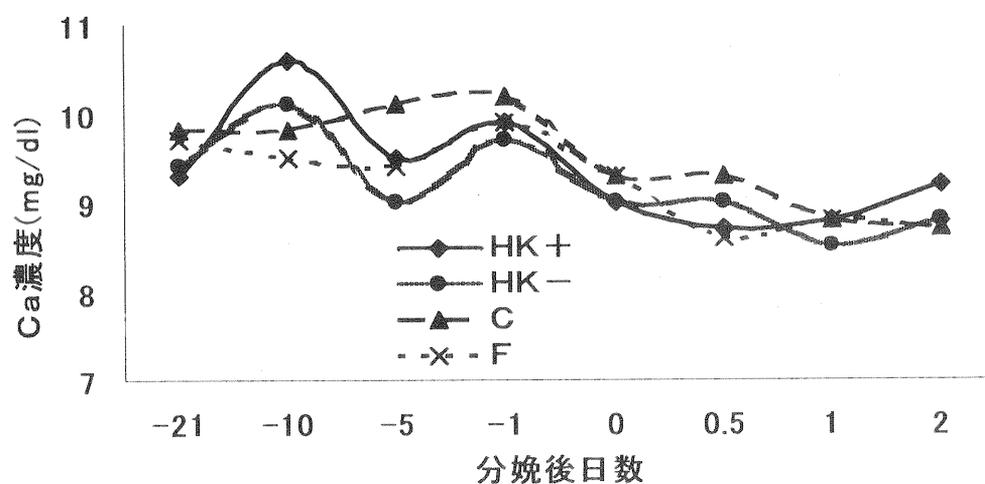


図6 血中Ca濃度の推移

血中Mg濃度の推移を図7に示した。K摂取量及び経産区と初産区の違いによる血中Mg濃度に有意差は認められなかった。しかし、試験開始直前の血中Mg濃度は、すべての区においてほぼ同様な値であったが、試験飼料給与開始後は低K飼料区が高K飼料給与区に比べ、血中Mg濃度が高い傾向にあった。また、分娩後における初産区と経産区において、血中Mg濃度の推移を比較すると初産区は経産区よりも低い値を示す傾向にあり、血中Mg濃度の動態が産次により異なることが示唆された。

血中P濃度の推移を図8に示した。K摂取量の違いによる、血中Pへ明らかな影響は認められなかった。すべての区において試験開始直後から分娩にかけて低下傾向にあり、分娩後から上昇し分娩後0.5-2日には、正常値¹⁵⁾にほぼ近い値となった。

PTH濃度の推移を図9に示した。K摂取量および経産区と初産区の違いによるPTH濃度への影響は明らかではなかった。しかし、分娩後1日目に高K飼料給与でDCAD未調整のHK-区がDCAD調整のHK+区に比べ有意に高かった($P < .050$)。

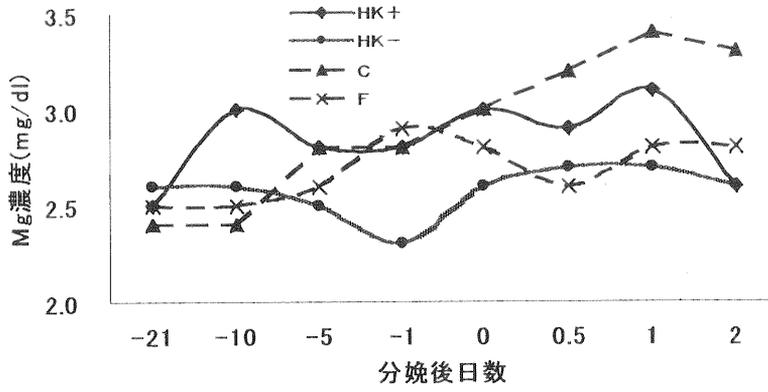


図7 血中Mg濃度の推移

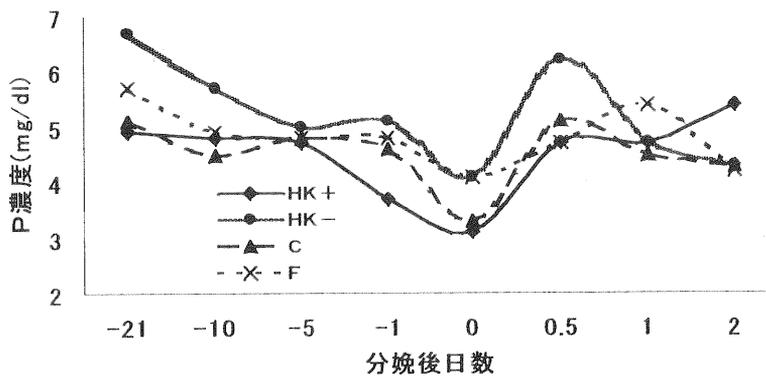


図8 血中Pの推移

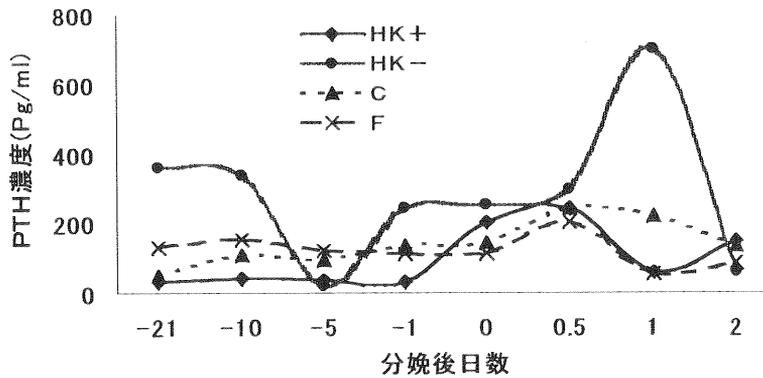


図9 血中PTH濃度の推移

CT濃度の推移を図10に示した。区間に明らかな差は認められなかったが、初産区が経産区より低い値を示した。

Rasmuseen^{2,4)}は、CTは、Caの利尿を促すと報告している。このことから、DCAD調整によって尿中へのCa排せつ量が増加した^{1,4)}原因の一つに、

分娩前におけるCT分泌量の増加の可能性もあると考えられた。

BAP濃度の推移を図11に示した。K摂取量の違いによる影響は明らかではなかったが、試験期間を通して初産区が経産区に比べ有意に高かった(P<.050)。また、HK+区がC区に比べ有意に低かった(P<.050)。

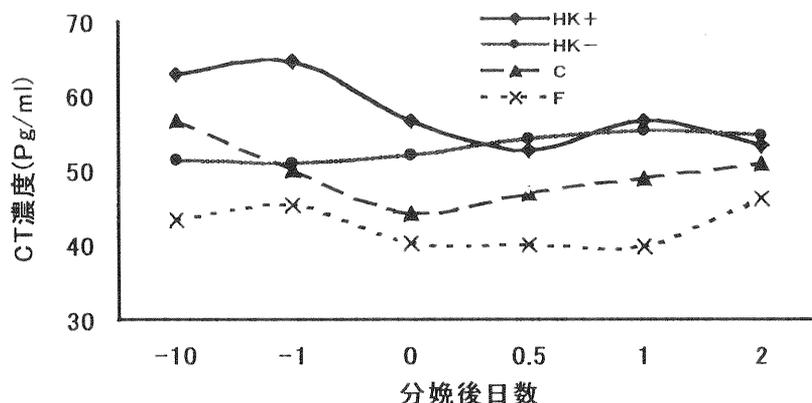


図10 血中CT濃度の推移

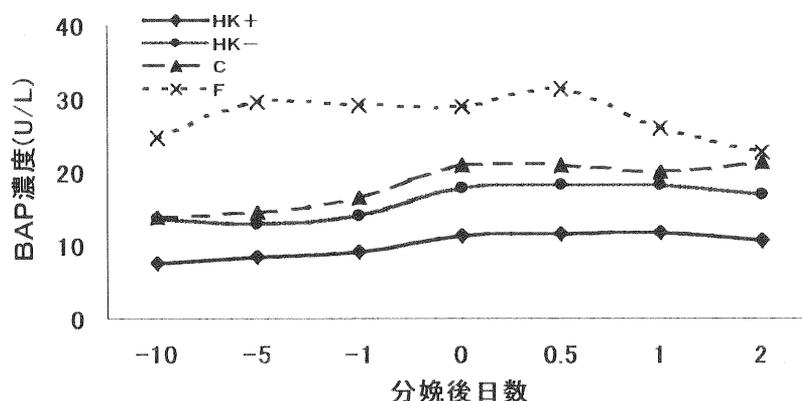


図11 血中BAP濃度の推移

血中のCa濃度の維持には、PTH、CT、ビタミンD₃が深く関与している²⁴⁻²⁶⁾。今回の試験において、血中のCa濃度は、K摂取量の違いによる影響はみられないが、PTH濃度と関連して比較すると、低K飼料給与のC区のPTH濃度は、分娩時までほぼ一定値で推移し、Ca濃度は9-10mg/dlの範囲で推移しているのに対し、高K飼料給与のHK-区は、PTH濃度が比較的高く、その結果Ca濃度が維持されていると考えられる。特に、泌乳開始の急激なCa流失にともない、血中Ca濃度維持のために、分娩後1日目のPTH濃度が高い値を示したと考えられたが、HK+、C、F区は、分娩直後にややPTH濃度が高くなるものの、HK-区に比べてそれほど高くない。Goffら²⁶⁾は、妊娠末期のジャージー牛を用いて、978mEq/Kgの高カチオン飼料と-228mEq/Kg高アニオン飼料を給与した時の、血液中のPTHおよびカルシトリオール(1, 25「OH」₂-D₃)を調べている。その結果、飼料にアニオン塩を添加することによって、乳熱が減少したことを報告し、低Ca血症を発症した牛は、両区においてPTH濃度が増加している。しかし、カルシトリオールは、高カチオン飼料給与の牛において有意に低下したと報告し

ている。これは、PTHは、正常に反応したにもかかわらず、腎臓における再吸収がスムーズに行われなかったことを示している。今回の試験では、カルシトリオールの調査は行わなかったが、K濃度が3.0%を越えるような飼料給与時には、可給態のCa量が少ないために、血中Ca濃度の低下に対し、PTH分泌によってCaのホメオスタシスが維持されていると考えられたが、高カチオン飼料の継続的な使用やさらに高いカチオン飼料給与時には、Goffらと同様な結果になることも予想された。

高K飼料給与でDCAD調整を行ったHK+区は、低K飼料給与のC区と同様なPTH濃度の推移であったが、前報¹⁴⁾で報告したDCAD調整によって分娩前のみかけのCa吸収量が増加し、尿中へのCa排せつ量が増加したことや、血中Caの蛋白結合は血液pHに依存し、アシドーシス状態ではCaはイオンのかたちで存在する²⁷⁾ことから、HK+区は可給態のCaが血液中に多く、Caプールも大きいことが推察された。このことは、血中Ca濃度上昇に拮抗的に働くCTが、分娩前から他の区より高い濃度で推移し、常にCaの供給が可能な状態であったことから推測され

る。しかし、骨芽細胞機能ひいては骨形成状態を知る指標となるBAP濃度は、HK+区が他の区に比べ低い傾向にあり、初産区については、経産区より有意に高い。つまり、初産牛は経産牛より骨形成が盛んであると仮定すれば、DCAD値の低い飼料を給与した場合は、骨形成機能を抑制する働きがあるのではないかと考えられ、骨形成への弊害も懸念されることから、DCAD調整飼料を給与する場合における給与期間の検討が必要と思われた。

今回の試験において、K摂取量の違いによって、分娩直後の血中Ca濃度の維持にPTHが大きく関与していることを得た。また、高K飼料給与時におけるDCAD調整の効果に対する一つの知見を得たが、まだ解決しなければならない問題も多い。

しかし、高Kの自給飼料が多く見られる中で、農家においては、この高K飼料の継続的な給与が予想され、高K飼料の継続的給与による妊娠末期牛への弊害が懸念される。さらに、今回、供試したイタリアンライグラスは陽イオン価の高いNa含量が高く、農家においても同様の傾向にあると予測され、これまで以上の自給飼料作物に対する注意が必要であろう。

謝辞

供試牛の飼養管理、試料採取、試料分析にご協力いただいた農林水産省畜産試験場企画調整部業務第1科の職員の方々に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 農林水産省経済局, 家畜共済統計表
- 2) Romo A, Kellems O, Powell K, Wallentine V. Some Blood Minerals in Cows Fed Variable Mineral Levels and Ionic Balance. *J. Dairy Sci.*, 74(9):3068-3077. 1991.
- 3) Hodnett W, Jorgensen A. 1α -Hydroxyvitamin_D₃ Plus 25-Hydroxyvitamin_D₃ Reduces Parturient Paresis in Dairy Cows Fed High Dietary Calcium. *J. Dairy Sci.*, 75(2):485-491. 1992.
- 4) Horst L, Goff P, Reinhardt A. Symposium: Calcium Metabolism And Utilization Calcium and Vitamin D Metabolism in the Dairy Cow. *J. Dairy Sci.*, 77(7):1936-1951. 1994.
- 5) Block E. Manipulation of Dietary Cation-Anion Difference on Nutritionally Related-Production Diseases, Productivity, and Metabolic Responses of Dairy Cows. *J. Dairy Sci.*, 77(5):1437-1450. 1996.
- 6) Horst L, Goff P, Reinhardt, Buxton R. Strategies for Preventing Milk Fever in Dairy Cattle. *J. Dairy Sci.*, 80(7):1269-1280. 1997.
- 7) Kume S, Kobayashi N. Effect of Restricted-Feed Intake of Dams and Heat Stress on Mineral Status of Newborn Calves. *J. Dairy Sci.*, 81(6):1581-1590. 1998.
- 8) Kume S, Tanabe S. Effects of Parity on Colostral Mineral Concentrations of Holstein Cows and Value of Colostrum as a Mineral Source for Newborn Calves. *J. Dairy Sci.*, 76(6):1654-1660. 1993.
- 9) 農林水産技術会議事務局編. 日本飼養標準. 乳牛. 1994年版, 農林水産技術会議事務局. 1994.
- 10) Goff P, Horst L. Effect of the Addition of Potassium or Sodium, but Not Calcium, to Parturition Rations on Milk Fever in Dairy Cows. *J. Dairy Sci.*, 80, (1), 176-186. 1997.
- 11) 家畜糞尿利用技術に関する試験および調査. 北海道立新得畜産試験場年報, 53-54. 1998.
- 12) 久米新一・向居彰夫・柴田正貴. ホルスタイン種牛の主要ミネラル栄養に及ぼす給与飼料のそれらの含量の影響. 九州農業試験場報告, 24:239-253. 1987.
- 13) 久米新一・向居彰夫・柴田正貴・相井孝允・栗原光規・高橋繁男. 西南暖地の土壌-飼料-乳牛系におけるミネラルの循環. 九州農業試験場報告, 25:95-112. 1988.
- 14) 児島浩貴・野中最子・A. Purnomoadi・田鎖直澄・樋口浩二・渡辺直人・鎌田八郎・M. Islam・永西修・寺田典文. カリウム摂取水準の違いが分娩前後の乳牛の主要ミネラルの動態に及ぼす影響. 鹿兒島県畜産試験場研究報告, 33:38-43. 2000.
- 15) 田野良衛・寺田典文・武政政明・阿部 亮. 緬・山羊による消化試験と試料分析法. 畜産試験場年報, 26:118-133. 1986.
- 16) 作物分析法委員会: 栽培植物分析測定法. 養賢堂. 東京. 1975.
- 17) 農林水産省経済局編. 家畜共済における臨床-病理検査要領. 平成9年改定, 全国農業共済協会. 1997.
- 18) 金井 泉・金井正光. 臨床検査法提要. 金原出版. 東京. 1983.

- 19)佐藤 正三 監訳.乳牛の飼養標準:NRC飼養-
標準第6版(1988・1989年改訂版)全訳.91.Dair-
y Japan.東京.1990.
- 20)D.K.Beede:Feedstuffs, 64.53(Dec.28).12.-
1992.
- 21)Oetzel, G.R・Barmore.j.A:Intake of a Conc-
entrate Mixture Containing Various Anion-
ic Salts Fed to Pregnant, Nonlactating.J-
.Dairy Science., 76, (6), 1617-1634.1993.
- 22)Stewart, P.A.Modern quantitative acid-ba-
se chemistry.Can.J.Physiol.Pharmacol, 61-
,1444.1983.
- 23)Rasmussen, H.In Textbook of Endocrinolog-
y(R.H.Williams, ed.), pp.660-773, Saunde-
rs, Philadelphia, Pennsylvania).1974.
- 24)上代淑人 監訳.ハーパー生化学;カルシウ-
ム代謝を調節するホルモン.575-583.丸善株-
式会社.東京.1997.
- 25)久保周一郎.友田勇 監訳.獣医臨床生化学:-
カルシウム調節ホルモンおよび無機質(カル-
シウム, リン、マグネシウム)代謝異常疾患.-
682-746.近代出版.東京.1991.
- 26)Goff.P, Horst L.Addition of Chloride to -
a Prepartal Diet High in Cations Increas-
es 1, 25-Dihydroxyvitamin D Response to -
Hypocalcemia Preventing MILK FEVER.J.Dai-
ry Sci., 74, (11), 3863-3871.1991.
- 27)内藤喜久.乳牛におけるビタミンD.東北家畜-
臨床研報, 11.1-10.1988.