

# 乳牛の分娩前後栄養管理技術の確立

## (2) 各種イオンバランス調整剤の嗜好性

島袋宏俊 玉城政信 知念雅昭

### I 要 約

乳牛の乳熱を防止するために、乾乳末期にイオンバランス (DCAD) 調整剤として利用される陰イオン塩の塩化アンモニウム ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ )、塩化カルシウム ( $\text{CaCl}_2$ )、塩化マグネシウム ( $\text{MgCl}_2$ )、硫酸カルシウム ( $\text{CaSO}_4$ ) および硫酸マグネシウム ( $\text{MgSO}_4$ ) の嗜好性について検討した。嗜好性試験は、カフェテリア法によりホルスタイン種乾乳牛8頭を用い、6および24時間後の乾物摂取量を比較するものとした。飼料としてスーダングラス乾草主体の混合飼料 (TMR) を用い、これに各種DCAD調整剤をそれぞれ添加し、試験したところ以下の結果を得た。

1. DCAD値は無添加区が410mEq/kgで、他の区では67mEq/kgから134mEq/kgの範囲で大きな差は認められなかった。
2. 乾物摂取量は給与開始後6時間では無添加区>CaSO<sub>4</sub>区>MgSO<sub>4</sub>区>MgCl<sub>2</sub>区>NH<sub>4</sub>Cl区>CaCl<sub>2</sub>区の順に多く、24時間ではCaSO<sub>4</sub>区>無添加区>MgSO<sub>4</sub>区>NH<sub>4</sub>Cl区>MgCl<sub>2</sub>区>CaCl<sub>2</sub>区であった。

これらのことから、硫化物が塩化物に比べ嗜好性はよく、特にCaSO<sub>4</sub>がよいことが明らかになり、DCAD調整剤を利用する際の選択順位が示唆された。

### II 緒 言

乳熱は低カルシウム血症 (低Ca血症) の重症あるいは低リン血症および低マグネシウム血症との併発により発症し、乳熱に罹ったことのある乳牛は乳房炎、第四胃変位、胎盤停滞、子宮内膜炎、子宮脱およびケトージス等のいわゆる周産期病に罹りやすい<sup>1)</sup>。乳牛が周産期病に罹ると、牛乳生産性に大きな損失を招くため、乳熱を防止することは重要である。

乳牛の乾乳末期にDCAD調整剤を利用することは乳熱を防止するのに有効であり<sup>2)</sup>、最近さまざまなDCAD調整剤が使用されている<sup>2~7)</sup>。いっぽう、DCAD調整剤の種類によっては嗜好性が必ずしもよくないことから、飼料に添加した場合採食量が低下してしまうことがある<sup>8)</sup>。

したがって、牛乳生産に乾乳末期にDCAD剤を利用する際には、嗜好性のよいDCAD製剤を選択することが重要である。しかし、各種DCAD調整剤の嗜好性についての報告が少ない。

そこで、DCAD調整剤として、5種類の陰イオン塩、 $\text{NH}_4\text{Cl}$ 、 $\text{CaCl}_2$ 、 $\text{MgCl}_2$ 、 $\text{CaSO}_4$ および $\text{MgSO}_4$ を用いて、その嗜好性について明らかにしたので報告する。

### III 材料および方法

#### 1. 試験期間

試験期間は2001年8月13日から同年8月31日までとし、予備期2日間、本試験3日間とした。試験は2回反復した。

#### 2. 供試牛

供試牛は当場で飼養しているホルスタイン種乾乳牛8頭を用いた。供試牛の平均産次数は $2.9 \pm 1.6$ 産で、平均体重は $781 \pm 55$ kgであった。

#### 3. DCAD調整剤

5種類の陰イオン塩は、 $\text{NH}_4\text{Cl}$ 、 $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{MgCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{CaSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ および $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ を用いた。

#### 4. 試験区分

カフェテリア法<sup>9)</sup>により、飼槽を2回場所を換え反復した。飼槽ごとにTMRにそれぞれのDCAD調整剤を添加し、それぞれをNH<sub>4</sub>Cl区、CaCl<sub>2</sub>区、MgCl<sub>2</sub>区、CaSO<sub>4</sub>区およびMgSO<sub>4</sub>区とし、添加なしを無添加区とし

た。

### 5. 供試飼料

供試飼料はTMRとして、その飼料構成および飼料一般成分を表1および表2に示した。TMR調整時およびDCAD調整剤添加時に水は使用せず、TMRの乾物率は84.9%であった。各種DCAD調整剤の添加はスーダングラス乾草主体のTMR15kgに対して、表3に示すとおり各区にそれぞれ添加した。

飼料名	配合割合 (%DM)
スーダングラス乾草	80
配合飼料	20

成分	含量 (%DM)
TDN	60.8
C P	8.9
NDF	59.3
ADF	33.8

区分	添加量 (g)
NH <sub>4</sub> Cl区	220
CaCl <sub>2</sub> 区	360
MgCl <sub>2</sub> 区	420
CaSO <sub>4</sub> 区	520
MgSO <sub>4</sub> 区	610

### 6. 供試牛の飼養方法

供試牛8頭を面積315m<sup>2</sup> (42.0m×7.5m) のパドックにフリーに飼養した。各区の飼槽面積は1.05m<sup>2</sup> (0.7m×1.5m) で、DCAD調整剤を添加したTMRは午前10時に全量を飼槽に投与した。飲水は自由とした。

### 7. 調査項目

#### 1) DCAD値

DCAD値は以下に示す式<sup>10)</sup>を用い、各種DCAD調整剤および各区のDCAD値を求めた。

$$\text{DCAD (mEq/kgDM)} = \{(\text{Na}\% \text{DM} \times 435) + (\text{K}\% \text{DM} \times 256)\} - \{(\text{Cl}\% \text{DM} \times 282) + (\text{S}\% \text{DM} \times 624)\}$$

#### 2) 乾物摂取量

飼料給与開始6時間後に飼槽から残飼を取り出し測定した後、再度残飼を飼槽に戻し、24時間後に残飼を測定し、6時間後および24時間後の残飼の乾物率を求め、乾物摂取量を測定し、無添加区と各区の比較を行った。

#### 3) 各種DCAD調整剤のコスト

DCAD値が100mEq/kgとなるようにDCAD調整剤添加量を設定し、これに単価を乗じた値をコストとした。

## IV 結 果

### 1. DCAD値

各種DCAD調整剤のDCAD値を表4に示した。DCAD値は-18690~-8118mEq/kgまでの範囲にあり、DCAD値の低い順はNH<sub>4</sub>Cl < CaCl<sub>2</sub> < MgCl<sub>2</sub> < CaSO<sub>4</sub> < MgSO<sub>4</sub>であった。

表4 各種DCAD調整剤のDCAD値

DCAD調整剤	DCAD値 (mEq/kg)
NH <sub>4</sub> Cl	-18690
CaCl <sub>2</sub>	-13601
MgCl <sub>2</sub>	-11622
CaSO <sub>4</sub>	-9835
MgSO <sub>4</sub>	-8118

各区飼料TMRのDCAD値を表5に示した。無添加区のDCAD値は420mEq/kgで他の区とは有意な差が認められた。しかし、DCAD調整剤を添加した区では67mEq/kgから134mEq/kgまでの範囲にあり、有意な差は認められなかった。

表5 各区のDCAD値

区分	添加量 (g)	DCAD値 (mEq/kg)
NH <sub>4</sub> Cl区	220	134±42**
CaCl <sub>2</sub> 区	360	82±38**
MgCl <sub>2</sub> 区	420	83±12**
CaSO <sub>4</sub> 区	520	67±51**
MgSO <sub>4</sub> 区	610	77±62**
無添加区	0	420±22

注) \*\*: p<0.01

## 2. 乾物摂取量

供試飼料給与開始6および24時間後の乾物摂取量を表6に示した。6時間後ではCaSO<sub>4</sub>区が7.6kgと最も多く摂取し、CaCl<sub>2</sub>区が3.1kgと最も少なく、無添加区と比較するとMgSO<sub>4</sub>区、MgCl<sub>2</sub>区、NH<sub>4</sub>Cl区およびCaCl<sub>2</sub>区は有意に少なかった。多く摂取した順は無添加区>CaSO<sub>4</sub>区>MgSO<sub>4</sub>区>MgCl<sub>2</sub>区>NH<sub>4</sub>Cl区>CaCl<sub>2</sub>区であった。また、24時間後でも6時間後と同様な傾向が認められ、CaSO<sub>4</sub>区が12.4kgと最も多く摂取し、CaCl<sub>2</sub>区が6.3kgと最も少なく、無添加区と比較するとNH<sub>4</sub>Cl区およびCaCl<sub>2</sub>区は有意に少なかった。多く摂取した順はCaSO<sub>4</sub>区>無添加区>MgSO<sub>4</sub>区>NH<sub>4</sub>Cl区>MgCl<sub>2</sub>区>CaCl<sub>2</sub>区の順であった。

表6 乾物摂取量

区分	6時間後	24時間後
NH <sub>4</sub> Cl区	4.6±1.3**	9.9±2.3*
CaCl <sub>2</sub> 区	3.1±0.9**	6.3±1.9**
MgCl <sub>2</sub> 区	4.7±1.4**	9.8±2.5
CaSO <sub>4</sub> 区	7.6±3.3	12.4±2.2
MgSO <sub>4</sub> 区	5.1±1.8**	10.3±2.0
無添加区	8.2±2.6	12.2±1.8

注1) 6時間および24時間は飼料給与開始からの経過時間

2) \*: p<0.05, \*\*: p<0.01

## 3. 各種DCAD調整剤のコスト

各区のDCAD値を100mEq/kgに設定した場合の添加量および1日あたりにかかるDCAD調整剤のコストを表7に示した。

DCAD調整剤の添加量はDCAD調整剤のDCAD値とは逆にCaCl<sub>2</sub>区>MgSO<sub>4</sub>区>MgCl<sub>2</sub>区>CaSO<sub>4</sub>区>NH<sub>4</sub>Cl区の順に多くなった。添加量が565.6gと最も多いMgSO<sub>4</sub>区では、給与飼料の重量比の3.6%になった。

DCAD調整剤の単価はNH<sub>4</sub>Clが1gあたり0.920円と最も高く、MgSO<sub>4</sub>が1gあたり0.450円と最も安く、MgSO<sub>4</sub>区<MgCl<sub>2</sub>区<CaSO<sub>4</sub>区<CaCl<sub>2</sub>区<NH<sub>4</sub>Cl区の順に安かった。

1日あたりのDCAD調整剤のコストはNH<sub>4</sub>Clが227.9円と最も安く、CaSO<sub>4</sub>が389.9円と最も高く、NH<sub>4</sub>Cl区<MgSO<sub>4</sub>区<CaCl<sub>2</sub>区<MgCl<sub>2</sub>区<CaSO<sub>4</sub>区の順に安かった。

表7 各区のコスト

区分	DCAD値 (mEq/kg)	添加量 (g)	単価 (円/g)	コスト (円)
NH <sub>4</sub> Cl区	100	247.7	0.920	227.9
CaCl <sub>2</sub> 区	100	339.5	0.857	291.0
MgCl <sub>2</sub> 区	100	397.1	0.803	318.9
CaSO <sub>4</sub> 区	100	467.5	0.834	389.9
MgSO <sub>4</sub> 区	100	565.6	0.450	254.5

## V 考 察

乳牛のカルシウム代謝の恒常性維持機能は、細胞外体液中からカルシウムが失われると、外部から細胞外体液中にカルシウムを流入させ、カルシウム濃度を一定に保っている。カルシウムの流入量以上のカルシウムが消失すると、低Ca血症が生じ、神経や筋肉の機能が減退し消失する。この状態になると多くの場合動物は横臥し、刺激に対して反応を示さなくなり、いわゆる臨床的に乳熱と呼ばれる状態になる<sup>1)</sup>。

乳熱に対する処置は、正常な血中カルシウム濃度に戻るまで血中にカルシウム剤の投与を行うが、快復しないものは廃用に至る。さらに、乳熱に罹った乳牛は本病が起因して乳房炎、第四胃変位、胎盤停滞、子宮内膜炎、子宮脱およびケトージス等のいわゆる周産期病に罹りやすくなる<sup>1)</sup>。乳牛が周産期病に罹ると、それに伴う牛乳生産の低下もしくは乳牛の廃用で経済的損失は大きい。

乳熱を防止するために、分娩直後にカルシウムを経口投与する方法および低カルシウム飼料を給与する方法<sup>13)</sup>があるが、吸気性の肺炎を起こさせる恐れ<sup>11, 12)</sup>や低カルシウム飼料を与え、胎盤停滞および第四胃変位の増加が認められる<sup>14)</sup>場合があり、最近乾乳末期に陰イオン塩であるDCAD調整剤を用いて乳熱を回避しようとする研究が盛んになっている<sup>15-17)</sup>。体液を酸性化することによって、骨からのカルシウムの動員を増加させ、分娩前からカルシウム代謝の恒常性維持機能を活性化させる方法である。DCAD調整剤はNH<sub>4</sub>Cl, CaCl<sub>2</sub>, MgSO<sub>4</sub>, MgCl<sub>2</sub>, CaSO<sub>4</sub>等のアニオン塩があり、筆者ら<sup>8)</sup>は分娩前3週間に乾物当たり7.4%のグルタミン酸副産物をDCAD調整剤として飼料中に添加したところ、乾物摂取量は無添加区に比べ27.1%減少した。DCAD調整剤の種類によっては嗜好性が必ずしも良くないことから採食量が低下してしまうことがあり、乾乳末期にDCAD調整剤を利用する際には、嗜好性のよいものを選択することである。しかし、さまざまなDCAD調整剤があり、酪農現場では採食量に影響するDCAD調整剤の選択について困惑している。そこで今回、NH<sub>4</sub>Cl, CaCl<sub>2</sub>, MgCl<sub>2</sub>, CaSO<sub>4</sub>およびMgSO<sub>4</sub>の5種類の陰イオン塩を用いて、その嗜好性について検討した。

供試したDCAD調整剤の添加量は試験設計時にDCAD値を100mEq/kgにして設定したが、実際TMRのミネラルが変動し、各区のDCAD値は表4に示すとおりCaSO<sub>4</sub>区とNH<sub>4</sub>Cl区の差が67mEq/kgとなり、DCAD値を一致させることはできなかった。しかし、その差は100mEq/kg以下で、有意な差は認められず同レベルのDCAD値と考えられた。

DCAD調整飼料の乾物摂取量を無添加区と比較するために、無添加区の乾物摂取量を100%とした場合、各区の乾物摂取率を図2に示した。給与開始6時間後の乾物摂取率はCaCl<sub>2</sub>区、MgCl<sub>2</sub>区、NH<sub>4</sub>Cl区およびMgSO<sub>4</sub>区が無添加区より有意に低く、CaCl<sub>2</sub>区では無添加区より62%低かった。いっぽう、CaSO<sub>4</sub>区では無添加区とほぼ同率の採食であった。

24時間後の乾物摂取率ではCaCl<sub>2</sub>区は無添加区より48%、NH<sub>4</sub>Cl区は19%低く、その値は有意に低かった。MgCl<sub>2</sub>区およびMgSO<sub>4</sub>区の乾物摂取率は無添加区より20%および16%低かったが、有意な差ではなかった。いっぽう、CaSO<sub>4</sub>区では6時間後と同様に無添加区との間に有意な差は認められなかった。

このことより、CaCl<sub>2</sub>, MgCl<sub>2</sub>, NH<sub>4</sub>ClおよびMgSO<sub>4</sub>は乳牛に対して嗜好性が悪いことが明らかになった。

今回の研究より硫化物が塩化物に比べ嗜好性はよく、特にCaSO<sub>4</sub>がよいことが明らかになり、DCAD調整剤の選択順位が示唆された。

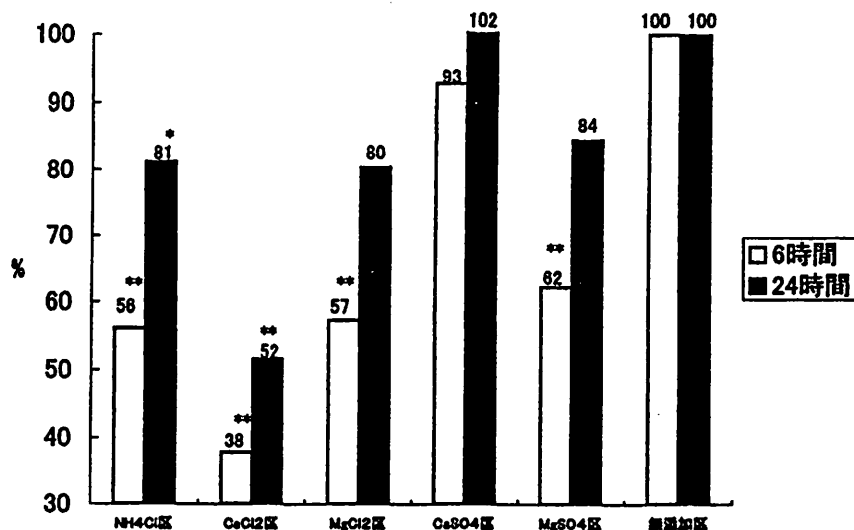


図1 無添加区の乾物摂取量を100%としたときの各区の乾物摂取率  
注) \*\*: P<0.01, \*: P<0.05

## VI 引用文献

- 1) Clark J.H., 2001, Unique aspects of dairy cattle nutrition, Norman G., National Research Council, Nutrient requirements of dairy cattle, 184-213
- 2) Block E., 1984, Manipulating dietary anions and cations for prepartum dairy cows to reduce incidence of milk fever, J. Dairy Science, 67, 2939-2948
- 3) Gaynor P.J., Mueller F.J., Miller J.K., Ramsey N., Goff J.P. and Horst R.L., 1989, Parturient hypocalcemia in Jersey cow fed alfalfa haylage-based diets with different cation to anion ratios, J. Dairy Science, 72, 2525-2531
- 4) 児島浩貴・野中最子・A. Purnomo adai・田鎖直澄・樋口浩二・渡辺直人・鎌田八郎・M. Islam・永西修・寺田文典, 2000, 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, 鹿児島畜試研報, 33, 38-43
- 5) 田中哲也・柄本康・村田定信, 2000, ホルスタイン分娩牛の乳熱防止のための陰イオン添加物の利用(第1報), 宮崎畜試研報, 13, 45-50
- 6) 大崎浩尚・山下大司・大坪裕子, 2000, 乳牛生涯生産性向上のための飼料給与技術の検討(1) ビタミン・ミネラル給与技術, 佐賀畜試研究成績書, 36, 27-30
- 7) 佐藤清孝・嵯峨久光, 2000, イオンバランス調整剤添加給与試験(第2報) - 乾乳期における給与飼料のイオンバランスが分娩後の産乳性に与える影響 -, 秋田畜試研報, 15, 14-17
- 8) 島袋宏俊・玉城政信・知念雅昭, 2000, 乳牛の分娩前後栄養管理技術の確立(1) 乾乳末期におけるグルタミン酸発酵副産物のイオンバランス調整剤給与が乳牛に及ぼす影響, 沖縄畜試研報, 38, 10-17
- 9) 森本宏, 1971, 動物実験法, 184-187, 養賢堂
- 10) Oetzel G.R., 1991, Meta-analysis of nutritional risk factors for milk fever in dairy cattle, J. Dairy Science, 74, 3900-3912
- 11) Oetzel G.R., 1993, Effects of prophylactic treatment with a calcium chloride gel on serum calcium concentration at calving, milk fever, and displaced abomasum in Holstein cows, J. Dairy Science, 76, 304
- 12) Goff J.P., Horst R.L., Jardon P.W., Borelli C. and Wedam J., 1996, Field trials of an oral calcium propionate paste as an aid to prevent milk fever in periparturient dairy cows, J. Dairy Science, 79, 378-383
- 13) Goings R.L., Jacobson N.L., Beitz D.C. and Wiggers K.D., 1974, Prevention of parturient

---

paresis by a prepartum, calcium-deficient diet, J. Dairy Science, 57, 1184-1188

14) 大成清, 2001, 周産期の栄養と乳熱(2), 畜産の研究, 55(8), 885-890

---

研究補助：渡久山盛之