

分娩後乳牛の血中カルシウム濃度に及ぼす 分娩前ゼオライト A 給与の影響

金澤朋美¹⁾ 木村 淳¹⁾ 藤原 崇²⁾ 福中守人²⁾
一條俊浩³⁾ 佐藤 繁^{3)†}

- 1) 岩手大学農学部附属動物病院 (〒020-8550 盛岡市上田 3-18-8)
2) 十勝農業共済組合陸別家畜診療所 (〒089-4300 足寄郡陸別町原野分線 3-10)
3) 岩手大学農学部 (〒020-8550 盛岡市上田 3-18-8)

(2020年11月9日受付・2021年1月26日受理)

要 約

ホルスタイン種経産牛の分娩後の血中カルシウム (Ca) 濃度に及ぼすゼオライト A 給与の影響を明らかにする目的で、分娩前3週間ゼオライト A (400g/日) を給与した給与群 (27頭) とカチオン・アニオン差 (DCAD) 調整飼料 (-3.2mEq/100g) を給与した対照群 (22頭) の血液性状を比較した。血清 Ca 濃度の推移に差がなく、活性型ビタミン D 濃度は給与群において分娩当日に有意な高値を示した。両群とも分娩日に血清 Ca 濃度が低値を示した牛は、翌日正常値に回復した。給与群は血清遊離脂肪酸濃度が高く、総コレステロールとアルブミン濃度は低く推移した。分娩前3週間のゼオライト A 給与は、DCAD 調整飼料の給与と同程度に分娩後の血中 Ca 濃度の低下を軽減する効果があり、分娩性低 Ca 血症の予防に応用可能と考えられた。

——キーワード：カチオン・アニオン差 (DCAD), 乾乳期, 低カルシウム血症, 分娩, ゼオライト A.

-----日獣会誌 74, 539~546 (2021)

乳牛の分娩性低カルシウム (Ca) 血症は、分娩後の泌乳開始に伴う急激な血中 Ca 濃度の低下により、種々の臨床症状を呈する病態である。初期には食欲低下や皮温の低下・不整、後肢蹠踏などの症状がみられ、重症例では意識障害や骨格筋の弛緩・麻痺により起立不能症 (乳熱) を呈することもある [1]。また、これらの症状が認められない非臨床型 (潜在性) 低 Ca 血症も、周産期疾病の発生 [2] や繁殖成績の低下 [3] の誘因となるため経済的損失の大きい疾病である。

生体には Ca の恒常性を維持し、血中 Ca 濃度を一定に保つホルモンとして活性型ビタミン D₃ (1,25-dihydroxyvitamin D₃: 1,25(OH)₂D₃)、上皮小体ホルモン (PTH) 及びカルシトニン (CT) がある [1]。血中 Ca 濃度の低下に伴い PTH 分泌が増加し、腎臓での Ca 再吸収や骨からの Ca 動員が促進される。また、PTH は腎臓での 25-hydroxyvitamin D₃ から 1,25(OH)₂D₃ への変換を促進し、腸管からの Ca 吸収を増加させる [1, 4]。しかし、さまざまな要因により Ca の恒常性が破綻

すると分娩性低 Ca 血症に陥る [1, 4]。

本症の予防として、以前から分娩前における大量のビタミン D₃ の筋肉内投与 [5]、分娩後における Ca 剤の経口投与 [4] や分娩前の低 Ca 飼料の給与 [6] などが行われてきた。さらに近年、アメリカ合衆国などでは乾乳期飼料中の Ca などのミネラル含有量や、陽イオン (カチオン) と陰イオン (アニオン) のバランス (Dietary Cation-Anion Difference: DCAD) が重視され、その効果も検討されている [7, 8]。飼料中には、陽イオンとして主に Na⁺, K⁺, Ca²⁺ 及び Mg²⁺、陰イオンとして主に Cl⁻, SO₄²⁻ 及び PO₄³⁻ が含まれており [4]、陽イオンを減らし陰イオンを増やした酸性化飼料を給与すると分娩性低 Ca 血症の予防に効果があると報告されている [4, 7]。そのために分娩前3~4週間に飼料に塩化アンモニウム、硫酸 Mg、硫酸 Ca、第2リン酸 Ca などの陰イオン塩を添加することが提唱されている。しかし、この方法では嗜好性が悪く乾物摂取量が低下するという問題がある [8, 9]。また、陰イオン塩の添加を行

† 連絡責任者：佐藤 繁 (岩手大学農学部)

〒020-8550 盛岡市上田 3-18-8 ☎・FAX 019-621-6203 E-mail: sshigeru@iwate-u.ac.jp

う際には、基礎飼料の DCAD を計算するか尿 pH のモニタリングが必要である [10].

ゼオライトは結晶性アルミノケイ酸塩であり、構造により A, X または Y 型に分類され、イオン交換、分子ふるい作用、固体酸性、触媒作用及び吸着作用などの特性がある [11]. これらの特性を生かしてイオン交換剤、触媒、乾燥剤及び吸着剤として排水処理、肥料・飼料添加物や石油精製など幅広い分野で利用されている [11]. 牛においては、給与飼料中の Ca を吸着する効果があると報告されている [12, 13]. すなわち、ゼオライト A 添加飼料を給与すると第一胃内容液中の Ca 濃度が低下することが明らかにされている [12, 13]. さらに、分娩前 2~4 週間にゼオライト A を給与すると、非給与牛に比較して分娩後の血中 Ca 濃度が高値を示すと報告されている [14-16]. しかし、わが国においては、これまでにゼオライト A 給与が分娩後の血中 Ca 濃度に及ぼす影響は検討されていない. 今回、ゼオライト A を分娩前の乳牛に給与し、分娩前後の臨床所見、血中 Ca, Ca 調節ホルモン及び無機塩類濃度を検討した. さらに、低 Ca 血症対策としての有効性が認められている DCAD 調整飼料給与牛を対照群とし、分娩性低 Ca 血症と疾病発生を比較した.

材料及び方法

供試牛群及び供試牛: 供試牛群は約 400 頭を搾乳している乳牛群で、搾乳牛はフリーストール飼養、乾乳牛はフリーバーン飼養であり、個体管理、飼養管理及び衛生管理状態が良好な牛群である. 1 年間の分娩頭数は約 350 頭で、分娩後に食欲不振などの臨床徴候が認められた際にはただちに診療依頼が成され、診療件数は多いものの重症例や予後不良例が少ない牛群であった. 家畜共済資料による過去 1 年間の病傷事故件数は、乳房炎が 200 件 (共済加入頭数比は 41.4%), 乳熱・ダウン・ケトーシスが 179 件 (37.1%), 第四胃変位が 13 件 (2.7%), 子宮脱・産褥熱が 30 件 (6.2%) で、全体では 670 件 (138.7%) であった. 供試牛は試験開始時に臨床的異常が認められなかった乾乳後期のホルスタイン種経産牛 49 頭 (年齢: 5.3 ± 0.2 歳, 産歴: 3.7 ± 0.2 産, 平均値 \pm 標準誤差) であり、重度の過肥または低栄養が認められた個体は試験から除外した. 分娩後に食欲不振などの臨床徴候が認められた牛は分娩翌日以降に治療が行われた. なお、供試牛群ではコンサイレージとグラスサイレージを主体とした完全混合飼料 (Total mixed ration: TMR) が給与され、試験期間中には粗飼料品質が変化しても DCAD が一定になるよう複数回にわたって飼料設計の微修正が行われた (表 1).

供試製剤及び給与方法: 試験は 2019 年 11 月~2020 年 4 月までの間に行った. 供試牛を無作為に給与群 27

表 1 給与群と対照群の乾乳後期と泌乳初期における給与飼料の成分含量 (試験開始時)

項目	乾乳後期		泌乳初期
	対照群	給与群	
乾物摂取量 (kg/日)	12.7	12.7	22.5
成分含量 ^{a)} (DM% ^{b)})			
CP	14.2	14.2	15.3
NDF	45.0	44.9	37.2
NFC	30.7	30.6	37.1
デンプン	17.0	17.0	23.3
Ca	1.3	0.5	1.1
P	0.4	0.4	0.5
Mg	0.5	0.5	0.3
K	1.3	1.3	1.3
Na	0.1	0.1	0.4
Cl	0.4	0.4	0.8
S	0.5	0.1	0.2
ゼオライト A (g/日)	-	400 ^{c)}	-
DCAD ^{d)} (mEq/100g)	-3.2	17.0	19.0
ビタミン A (10^4 IU/日)	27.8	27.7	17.1
ビタミン D (10^4 IU/日)	8.3	8.3	5.3
ビタミン E (10^3 IU/日)	1.7	1.7	0.9

a) CP: 粗タンパク, NDF: 中性デタージェント繊維, NFC: 非繊維性炭水化物

b) DM: 乾物

c) ゼオライト A 製剤として 500g

d) カチオン・アニオン差 =

$$(\text{Na } 0.023\% + \text{K } 0.039\%) - (\text{Cl } 0.0355\% + \text{S } 0.016\%)$$

[NRC2001]

頭 (年齢: 5.6 ± 0.3 歳, 産歴: 3.8 ± 0.2 産, 前産次 305 日補正乳量: $11,526.0 \pm 575.4$ kg) と対照群 22 頭 (年齢: 4.9 ± 0.4 歳, 産歴: 3.3 ± 0.3 産, 前産次 305 日補正乳量: $10,138.5 \pm 440.4$ kg, $P > 0.1$) に区分した. 給与群にはアルミノケイ酸ナトリウムを成分とするゼオライト A 製剤 (X-Zelit, GEA オリオンファームテクノロジーズ(株), 長野) を分娩前 3 週間、推奨量に従い 1 日 500g (ゼオライト A として 400g) を TMR に均一に混合して給与した (表 1). ゼオライト A 製剤は牛を連動スタンションに固定し、TMR に添加して均一に混合後給与した. 本 TMR の DCAD は 17.0mEq/100g である. また、対照群は分娩前 3 週から分娩までの間、炭酸 Ca と硫酸 Ca を用いて DCAD を -3.2 mEq/100g に調整した TMR 飼料を給与した. 試験期間中、給与群と対照群は 2 群に完全に区分して飼育し、各 TMR の給与時には、採食行動や採食量に異常がないことを視認した.

採血及び血液検査: 採血は分娩予定前 7 日、分娩当日 (分娩後 6 時間以内)、分娩後 1, 2 及び 7 日の計 5 回実施した. なお、分娩後に発症した疾病牛の治療は分娩後 1 日の採血後に行った. 血清分離用及び血糖測定用の真空採血管 (ベノジェクト II 真空採血管, テルモ(株), 東京) を用いて頸静脈から採血後、4℃ に保存、その後可

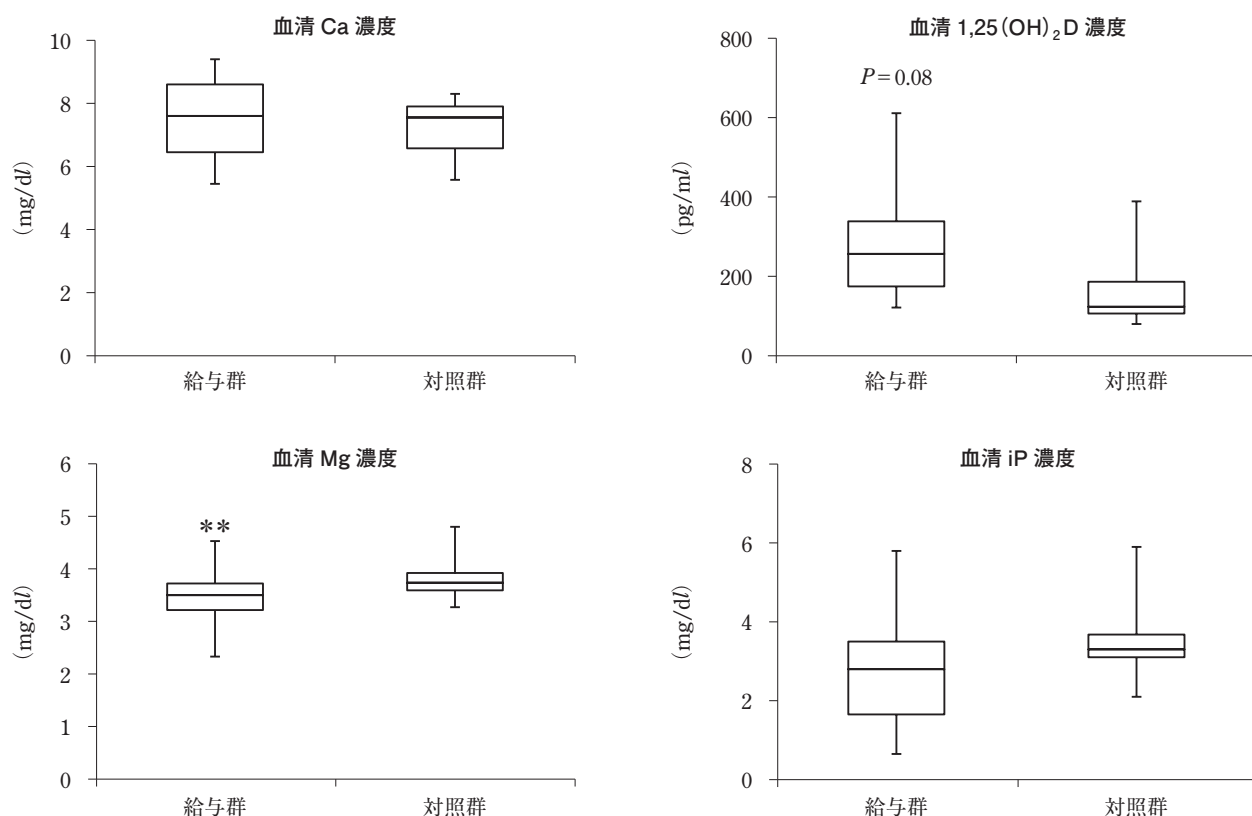


図1 給与群と対照群の分娩当日における血清 Ca, 1,25(OH)₂D, Mg 及び iP 濃度
 **: $P < 0.01$ (対照群との有意差)

能なかぎり早期に遠心分離して血清と血漿を分離した。得られた血清と血漿は -20°C で保存後、自動生化学分析装置 (Accute, 東芝メディカルシステムズ(株), 東京) を用いて Ca, マグネシウム (Mg), 無機リン (iP), 血糖 (Glu), 遊離脂肪酸 (FFA), β ヒドロキシ酪酸 (BHB), 尿素窒素 (BUN), 総タンパク (TP), アルブミン (ALB), 総コレステロール (T-CHO), アスパラギン酸アミノトランスフェラーゼ (AST) 及び γ グルタミルトランスペプチターゼ (GGT) を測定した。さらに、(株) 帯広臨床検査センター (帯広市) に依頼して放射免疫測定法により活性型ビタミン D (1,25(OH)₂D) 濃度を測定した。

統計解析: 分娩当日における血清 Ca, Mg, iP, 1,25(OH)₂D 濃度を給与群と対照群で比較した。さらに、分娩後 1 日に起立不能を呈し、治療を行った 3 頭を除いた給与群 25 頭と対照群 21 頭について、分娩前後における各種血清成分濃度の変化を比較した。また、分娩当日の血清 Ca 濃度によって低 Ca 濃度群 (7.4mg/dl 未満) と正常 Ca 濃度群 (7.4mg/dl 以上) に区分し、それぞれ給与群 (12 頭と 15 頭) と対照群 (10 頭と 12 頭) ごとに翌日までの血清 Ca 濃度の変化を検討した。また、家畜共済資料を用いて分娩後 1 カ月までの疾病発生状況、分娩翌月の牛群検定データを用いて泌乳量、乳脂肪率、乳タンパク率、無脂固形分率、体細胞数及び乳中尿

素窒素濃度を調査した。統計処理は、2 群間の平均値の差の検定には Student's t-test を行い、推移の比較には二元配置分散分析、Bonferroni の方法により多重比較検定を行った。また、群間の各疾病発生率の検定には Fisher の直接確率法を用いた。危険率 5% 未満を有意差あり、10% 未満を傾向ありとした。

成 績

分娩当日の血清 Ca, Mg, iP 及び 1,25(OH)₂D 濃度: 分娩当日の血清 Ca 濃度は、給与群 ($7.3 \pm 0.3\text{mg/dl}$, 平均 \pm 標準誤差) と対照群 ($7.1 \pm 0.2\text{mg/dl}$) との間に有意差はみられなかったが、血清 1,25(OH)₂D 濃度は、給与群 ($222 \pm 34\text{pg/ml}$) で対照群 ($143 \pm 20\text{pg/ml}$) に比べて有意傾向 ($P = 0.08$) の高値を示した (図 1)。血清 Mg 濃度は、給与群 ($3.5 \pm 0.1\text{mg/dl}$) で対照群 ($3.8 \pm 0.1\text{mg/dl}$) 比べて有意 ($P < 0.01$) な低値を示したが、血清 iP 濃度は、給与群 ($2.7 \pm 0.3\text{mg/dl}$) と対照群 ($3.2 \pm 0.2\text{mg/dl}$) との間に有意な差異がみられなかった (図 1)。

分娩当日の血清 Ca 濃度により区分した正常 Ca 濃度群 (7.4mg/dl 以上, $8.5 \pm 0.2\text{mg/dl}$) では、給与群と対照群のいずれも、分娩当日と分娩後 1 日の血清 Ca 濃度に差異がみられなかったが、低 Ca 濃度群 (7.4mg/dl 未満, $5.9 \pm 0.4\text{mg/dl}$) では給与群と対照群のいずれ

乳牛の血中カルシウム濃度に及ぼすゼオライト A 給与の影響

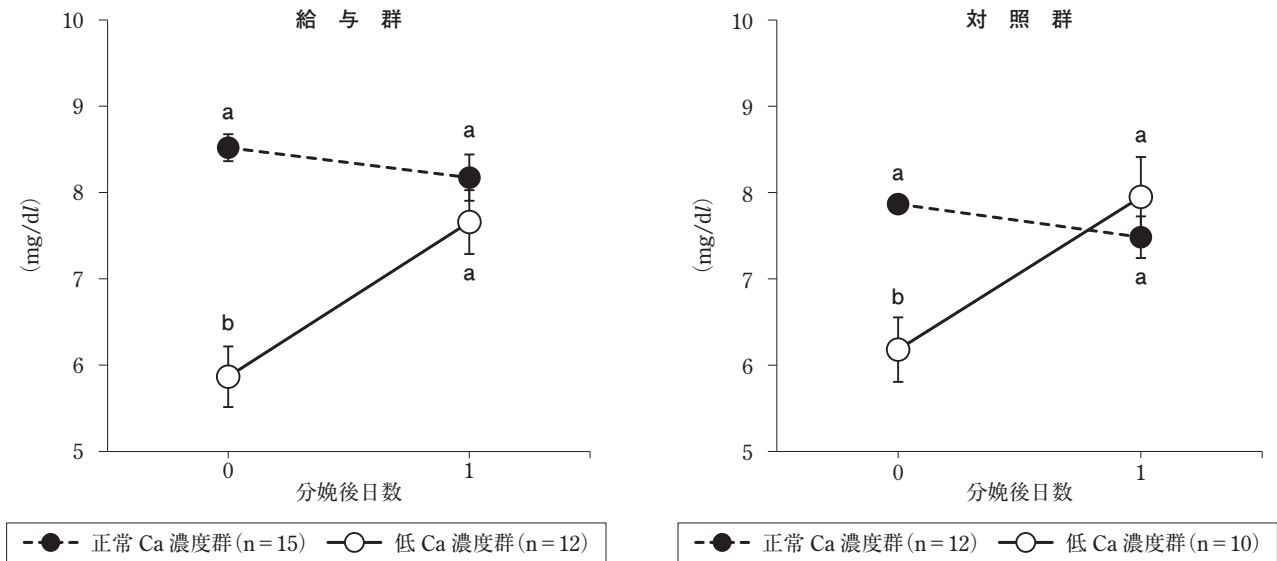


図2 給与群と対照群の分娩当日と分娩後1日における血清Ca濃度の変化
 正常Ca濃度群：7.4mg/dl以上，低Ca濃度群：7.4mg/dl未満 平均値±標準誤差，a-b：P<0.01

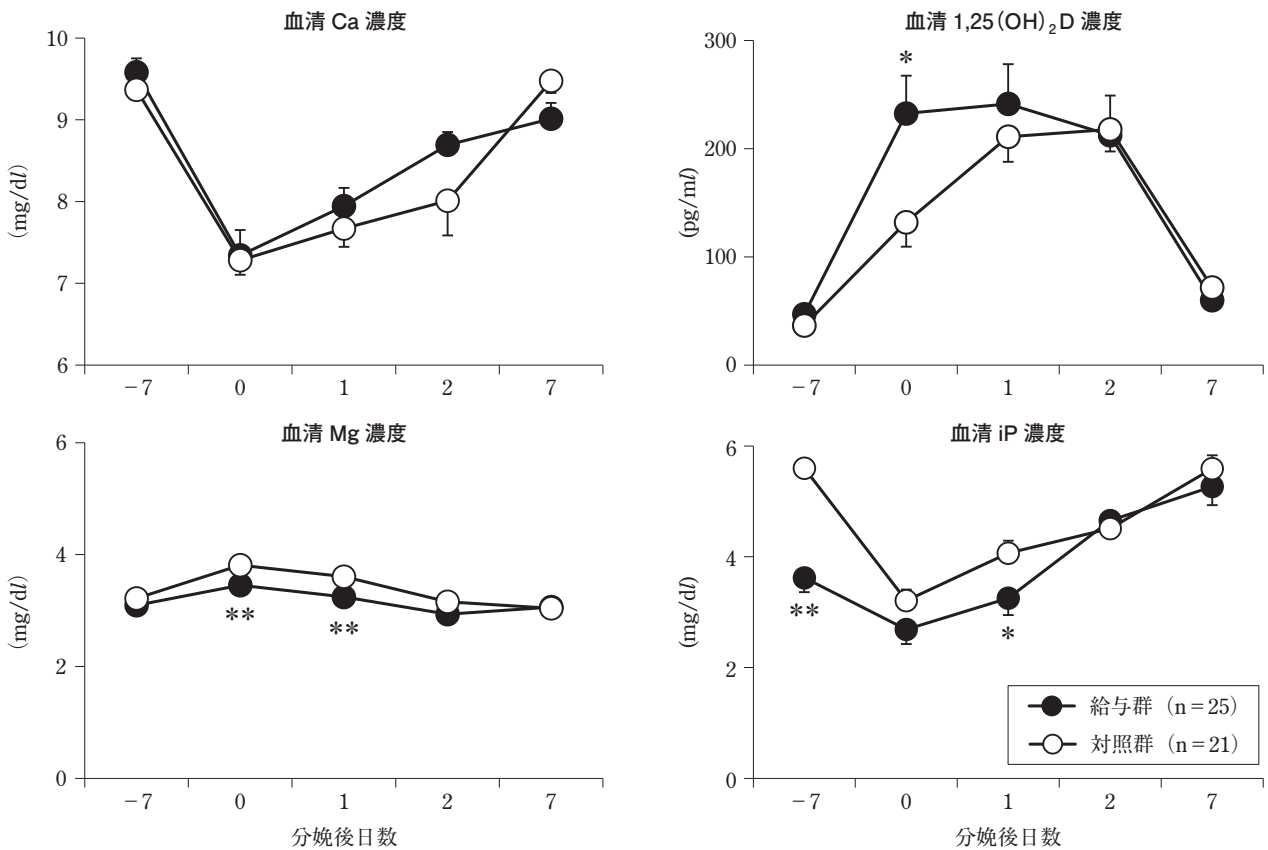


図3 給与群と対照群の分娩前後における血清Ca, 1,25(OH)₂D, Mg及びiP濃度の変化
 平均値±標準誤差，*：P<0.05，**：P<0.01（同日における対照群との有意差）
 起立不能症の3頭（給与群：2頭と対照群：1頭）は除外

も、分娩当日から分娩後1日にかけて血清Ca濃度が有意 ($P < 0.01$) に上昇した (図2)。また、分娩後1日では、低Ca濃度群と正常Ca濃度群間で血清Ca濃度に差は認められなかった (図2)。

分娩前後における血清成分濃度の変化：血清Ca及びiP濃度は給与群と対照群のいずれも、分娩前7日から分娩当日にかけて低下、その後は分娩後7日にかけて上昇した (図3)。血清Ca濃度は試験期間を通じて、給与群

表2 給与群と対照群の分娩前後における血液生化学検査所見

項目 (単位)	給与群 (n=25)					対照群 (n=21)					P 値	
	-7	0	1	2	7	-7	0	1	2	7		
GLU (mg/dl)	M	64.9	96.5	66.4	60.0	55.3	64.0	114.6	67.5	60.9	54.1	0.19
	SE	1.3	9.0	2.9	1.5	1.3	1.1	11.2	1.3	1.8	1.5	
FFA (μEq/l)	M	183.6	676.1	728.0	755.8	672.2	137.2	574.1	600.9	545.5	586.6	0.01
	SE	35.1	78.3	68.4	86.6	64.2	26.9	59.9	82.8	53.5	67.7	
BHB (μmol/l)	M	630.8	593.6	699.0	779.2	732.6	696.3	555.8	660.8	765.3	779.7	0.89
	SE	27.4	29.0	39.6	49.4	33.4	32.7	34.4	24.1	39.4	41.1	
T-CHO (mg/dl)	M	87.2	67.1	63.9	67.0	77.9	93.5	68.3	70.3	72.2	93.0	0.004
	SE	3.7	2.9	2.7	2.6	3.1	4.5	3.7	4.2	3.9	4.4	
TP (g/dl)	M	7.0	6.8	6.7	6.7	6.6	6.9	6.7	6.7	6.6	6.7	0.53
	SE	0.1	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	
ALB (g/dl)	M	3.7	3.8	3.7	3.7	3.5	3.8	3.8	3.8	3.7	3.7	0.03
	SE	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	
BUN (mg/dl)	M	7.0	8.7	8.5	6.9	5.6	8.1	8.3	7.0	7.0	6.5	0.36
	SE	0.4	0.5	0.7	0.3	0.2	0.5	0.6	0.4	0.6	0.3	
AST (IU/l)	M	56.9	72.3	91.7	115.0	107.3	65.7	65.6	97.2	95.2	107.5	0.55
	SE	2.3	4.2	5.1	8.3	6.8	4.8	1.8	8.2	3.9	10.2	
GGT (IU/l)	M	20.3	21.6	21.2	21.9	22.8	21.1	22.3	20.8	21.6	21.3	0.85
	SE	0.8	0.7	0.8	1.1	1.3	1.2	1.5	1.5	1.1	1.0	

M: 平均値, SE: 標準誤差

起立不能症の3頭 (給与群: 2頭と対照群: 1頭) は除外

と対照群の間に差は認められなかった。血清 iP 濃度は分娩前7日 ($P < 0.01$) 及び分娩後1日 ($P < 0.05$) に給与群で対照群に比べて有意な低値を、血清 1,25(OH)₂D 濃度は給与群と対照群のいずれも分娩前7日~分娩後1日にかけて上昇し、分娩当日には給与群で対照群に比較して有意な高値を示した ($P < 0.05$)。血清 Mg 濃度は分娩当日~分娩後2日にかけてわずかに低下し、分娩当日と分娩後1日に給与群で対照群に比べて有意 ($P < 0.01$) な低値を示した。

その他の血液生化学検査所見においては、試験期間を通じて給与群では対照群に比較して血清 FFA 値が有意 ($P < 0.05$) な高値、血清 T-CHO 及び ALB 濃度は有意 ($P < 0.05$) な低値で推移した (表2)。

疾病発生状況及び泌乳量と乳成分: 両群とも分娩後に食欲低下と皮温不整などの所見から乳熱、食欲不振と尿中あるいは乳汁中ケトン体陽性などの所見からケトーシス、または両者の合併症と診断加療された例が多かった。しかし、疾病発生率は両群間に有意差がみられなかった (表3)。給与群の2頭と対照群の1頭は分娩当日に血清 Ca 濃度が低値を示して、その後起立不能を呈し、治療により給与群の2頭は治癒したが、対照群の1頭は予後不良となった。また、給与群では対照群に比べて、第四胃変位が3頭と多く、逆に、乳房水腫が2頭と少なかったが、統計学的な有意差はみられなかった (表3)。

一方、給与群と対照群における泌乳量は、1日あたり

表3 給与群と対照群の分娩後における疾病発生状況、泌乳量及び乳成分

	給与群 (n=27)		対照群 (n=22)	
	全体	乳検データあり (n=18)	全体	乳検データあり (n=12)
疾病発生状況 ¹⁾				
乳熱 ²⁾	3 (11.1)	2 (11.1)	3 (13.6)	0 (0)
起立不能症	2 (7.4)	1 (5.6)	1 (4.5)	0 (0)
ケトーシス	7 (25.9)	5 (27.8)	6 (27.3)	4 (33.3)
胎盤停滞	5 (18.5)	3 (16.7)	3 (13.6)	2 (16.7)
乳房水腫	2 (7.4)	1 (5.6)	5 (22.7)	3 (16.7)
第四胃変位	3 (11.1)	2 (11.2)	0 (0)	0 (0)
その他 ³⁾	5 (18.5)	5 (27.8)	2 (9.0)	1 (8.3)
泌乳量 ⁴⁾ (kg/日)		41.2 (1.5)		41.5 (2.7)
乳成分 ⁵⁾				
乳脂肪分率 (%)		4.71 (0.16)		4.79 (0.26)
乳タンパク率 (%)		3.34 (0.07)		3.55 (0.16)
無脂固形分率 (%)		8.78 (0.08)		8.89 (0.16)
体細胞数 (10 ³ /ml)		32.7 (6.3)		26.6 (3.9)
乳中尿素窒素 (mg/dl)		7.9 (0.4)		8.6 (0.6)

いずれの項目についても、両群間の数値に有意差はない。

1) 頭数 (%), 2) 臨床症状を認めたもの, 3) 難産, 産褥熱, 脂肪肝及び乳房炎, 4, 5) 平均値 (標準誤差)

平均 41.2kg と 41.5kg で有意な差異が認められなかった。また、乳成分では給与群で対照群に比べて、乳タンパク率は有意傾向 ($P=0.099$) の低値を示したが、乳中尿素窒素濃度を含めて他の項目で両群間に有意差はみられなかった (表 3)。

考 察

分娩性低 Ca 血症は臨床現場において頻繁に遭遇する疾病であり、皮温低下、食欲不振や起立不能などを呈し、重症例では死に至るものや廃用・淘汰の対象となる場合もある [1]。また、臨床症状を示さない潜在性低 Ca 血症においても、周産期疾病や感染症に罹患するリスクが高まり [2, 17]、その後の繁殖成績の低下の誘因となる [3]。以前より、その予防方法として分娩前の酸性飼料の給与 [4, 7]、分娩前後の Ca 製剤の経口投与 [4] などが行われているが、未だ確実な予防法は確立されていない。本試験では、近年、乳牛の分娩性低 Ca 血症の予防法として着目されているゼオライト A を分娩前 3 週間給与し、分娩前後の臨床所見、血中 Ca、Ca 調節ホルモン及び無機塩類濃度の変化から、分娩性低 Ca 血症とその後の疾病発生に及ぼす影響を検討した。

血清 Ca 濃度は、給与群と対照群で分娩当日に有意差が認められず、試験期間中の推移にも差異がみられなかった。分娩前 2~3 週間ゼオライト A を給与した牛群では、非給与群に比較して分娩前 5 日~分娩後 3 日まで [18]、または分娩当日~分娩後 1 日に [19] 血清 Ca 濃度が有意な高値を示すと報告されている。DCAD 値の低い飼料を給与して代謝性アシドーシスの状態にすると、PTH への感受性が向上するため [7]、泌乳開始に伴う血中 Ca 濃度の低下にスムーズに反応できるようになる。一般的に、乾乳牛の給与飼料の DCAD は $-5 \sim -15 \text{ mEq}/100\text{g}$ が推奨されている [20, 21]。本試験では、対照群に DCAD 調整飼料 ($-3.2 \text{ mEq}/100\text{g}$) を給与していたため、血清 Ca 濃度は給与群との間に差異が認められなかったものと推察した。また、分娩当日の血清 Ca 濃度により区分した低 Ca 濃度群と正常 Ca 濃度群を比較した結果、給与群と対照群ともに低 Ca 濃度群では分娩当日~分娩後 1 日にかけて血清 Ca 濃度が有意に上昇し、さらに、分娩後 1 日には、正常 Ca 濃度群と差異が認められなかった。したがって、分娩前のゼオライト A 給与は DCAD 調整飼料の給与と同様に、血清 Ca 濃度の低下を軽減し、潜在性低 Ca 血症を予防する効果があると考えられた。

血清 $1,25(\text{OH})_2\text{D}$ 濃度は妊娠末期に $20 \sim 50 \text{ pg}/\text{ml}$ 、分娩直後には $100 \sim 300 \text{ pg}/\text{ml}$ 以上を示すと報告されている [22]。本試験においては、両群ともに正常範囲内であったが、分娩当日には給与群で対照群に比較して有意な高値を示した。このことは、両群間で血清 Ca 濃度に

差異がないことから、ゼオライト A の飼料中 Ca 吸着作用のために、分娩前の低 Ca 飼料給与と同様に PTH 分泌が促進され、対照群に比較して早期に血清 $1,25(\text{OH})_2\text{D}$ 濃度が上昇したものと考えられた。

給与群では対照群に比較して、血清 Mg 濃度が分娩当日と分娩後 1 日に有意な低値を示し、血清 iP 濃度は、分娩当日に差異がみられなかったが、分娩前 7 日と分娩後 1 日に有意な低値を示した。分娩前 2 週間のゼオライト A 給与により、非給与群に比較して血中 Mg 濃度が分娩当日に有意な低値、血中 iP 濃度も分娩 1~2 週間前と分娩当日~翌日に有意な低値を示すと報告されている [19, 23]。さらに、Kerwin ら [18] もゼオライト A 給与牛では血中 iP 濃度が分娩前 17 日~分娩後 2 日まで、Mg 濃度は分娩前 5 日~分娩後 0.75 日まで低値を示すと報告している。ゼオライト A は Ca だけではなく Mg や第一胃内容液の pH が低い場合はリンにも結合する [12, 16, 23] ため、本試験においてもゼオライト A 給与により血清 Mg 及び iP 濃度が低値を示したと推察された。さらに、血中 iP 濃度低下の原因としては、ゼオライト A 給与により血中 PTH 濃度が増加し、唾液や腎臓でのリン酸の排泄が増加すること、腸管内でのリン酸アルミニウムの形成に伴い iP の生物学的利用能が低下することが考えられている [23]。

血清 FFA 値は、給与群で対照群に比較して有意な高値で推移したが、両群ともに基準値 [24] よりも高値を示した。FFA は、体脂肪動員の指標でありエネルギー不足により増加するが、分娩ストレスや疼痛によっても増加する [25]。さらに、高泌乳牛では泌乳初期に生理的に上昇する [26] ことから、これらの要因が分娩直後の FFA 上昇の要因になったものと考えられた。血清 T-CHO は、両群ともに基準値 [24] 内であったが、給与群は対照群に比較して有意な低値で推移した。T-CHO は栄養摂取状況と肝機能を反映し、栄養不足や肝機能低下により低下する [24]。また、血清 ALB 濃度は、給与群で対照群に比較して有意な低値で推移したが、基準値 [24] 内であった。ALB は、タンパク代謝指標の一つで、タンパク摂取不足や長期に及ぶ肝機能障害により低下し、飲水不足や濃厚飼料過剰摂取による消化障害により増加する [24]。分娩前 2~3 週間にゼオライト A を給与した牛では、非給与牛に比較して分娩前の乾物摂取量が低下する傾向があると報告されている [15, 16, 18]。本試験では、個体ごとの採食量は測定していないが、血清 FFA、T-CHO 及び ALB 濃度の推移から、給与群は対照群に比較して分娩前後の採食量が低下した可能性がある。したがって、ゼオライト A を給与する際には採食量の低下に伴うエネルギーとタンパクの不足に注意する必要がある。

本試験では、給与群と対照群との間の泌乳量に差異が

認められなかった。分娩前2~3週間ゼオライトAを給与した牛と非給与牛では分娩後の泌乳量に差異がないと報告されており [15, 16, 18, 23], 本試験の結果と一致した。また, Kerwinら [18] は, 給与群では非給与群に比較して乳タンパク率が高い傾向があると報告している。しかし, 本試験では, 給与群で対照群に比較して低い傾向があった。乳タンパク率は, エネルギーとタンパク摂取状況を反映しており [27], 泌乳前期では2.80~3.31%であり [28], 3.00%以上を正常, 2.80%以下では栄養的に問題があると判断されている [29]。したがって, 両群ともに乳タンパク率は正常範囲内であるが, 給与群の乳中尿素窒素濃度が下限値 (8.5mg/dl [29]) 以下であったことから, 給与群は対照群に比較して採食量が低下していた可能性がある。

本試験では, 給与群と対照群において分娩後の疾病発生率に差が認められなかった。Kerwinら [18] は, 給与群において潜在性低Ca血症と乳房炎の発生が少なく, 第四胃変位の発生が多い傾向があると報告しているが, 試験頭数が少ないため分娩前のゼオライトA給与がその後の疾病発生に与える影響は明らかでなく, さらなる検討が必要と指摘している [18]。しかし, ゼオライトA給与によりさまざまな疾病の誘因となる分娩性低Ca血症を予防することができれば, 周産期疾病, 感染症及び繁殖成績の改善に繋がることが期待される。

以上のように, 分娩前3週間から分娩までの間, 1日あたり500gのゼオライトA製剤を給与した乳牛では, 分娩当日における血清Ca濃度がDCAD調整飼料を給与した乳牛と同様の値を示し, 疾病発生状況, 泌乳量や乳成分にも差異がみられなかったことから, 分娩前3週間のゼオライトA製剤給与は, DCAD調整飼料と同等の分娩性低Ca血症の予防効果があるものと推察された。

本試験の実施にあたりゼオライトA製剤をご提供いただいたGEAオリオンファームテクノロジーズ(株)に深謝する。

引用文献

- [1] 山岸則夫: なぜ, 乳牛は分娩後に低カルシウム血症に陥りやすいのか?, 産業動物臨床医誌, 2, 64-69 (2011)
- [2] Goff JP, Horst RL: Physiological changes at parturition and their relationship to metabolic disorders, J Dairy Sci, 80, 1260-1268 (1997)
- [3] Caixeta LS, Ospina PA, Capel MB, Nydam DV: Association between subclinical hypocalcemia in the first 3 days of lactation and reproductive performance of dairy cows, Theriogenology, 94, 1-7 (2017)
- [4] Goff JP: The monitoring, prevention, and treatment of milk fever and subclinical hypocalcemia in dairy cows, Vet J, 176, 50-57 (2008)
- [5] Julien WE, Conrad HR, Hibbs JW, Crist WL: Milk fever in dairy cows. VIII. Effect of injected vitamin D₃ and calcium and phosphorus intake on incidence, J Dairy Sci, 60, 431-436 (1977)
- [6] Goff JP: Macromineral physiology and application to the feeding of the dairy cow for prevention of milk fever and other periparturient mineral disorders, Anim Feed Sci Tech, 126, 237-257 (2006)
- [7] Block E: Manipulating dietary anions and cations for prepartum dairy cows to reduce incidence of milk fever, J Dairy Sci, 67, 2939-2948 (1984)
- [8] Lopera C, Zimpel R, Vieira-Neto A, Lopes FR, Ortiz W, Poindexter M, Faria BN, Gambarini ML, Block E, Nelson CD, Santos JEP: Effects of level of dietary cation-anion difference and duration of prepartum feeding on performance and metabolism of dairy cows, J Dairy Sci, 101, 7907-7929 (2018)
- [9] Charbonneau E, Pellerin D, Oetzel GR: Impact of lowering dietary cation-anion difference in nonlactating dairy cows: A meta-analysis, J Dairy Sci, 89, 537-548 (2006)
- [10] 内野善久: ミネラル代謝障害, 生産獣医療における牛の生産病の実際, 内藤善久, 浜名克己, 元井霞子編, 35-54, 文永堂出版, 東京 (2000)
- [11] 富永博夫, 辰巳 敬: ゼオライトの科学と技術 一天然資源の開発利用への応用一, 資源と素材, 107, 2-7 (1991)
- [12] Thilsing T, Jørgensen RJ, Poulsen HD: *In vitro* binding capacity of zeolite A to calcium, phosphorus and magnesium in rumen fluid as influenced by changes in pH, J Vet Med A, 53, 57-64 (2006)
- [13] Grabherr H, Spolders M, Lebzien P, Hüther L, Flachowsky G, Füll M, Grün M: Effect of zeolite A on rumen fermentation and phosphorus metabolism in dairy cows, Arch Anim Nutr, 63, 321-336 (2009)
- [14] Thilsing-Hansen T, Jørgensen RJ: Hot topic: Prevention of parturient paresis and subclinical hypocalcemia in dairy cows by zeolite A administration in the dry period, J Dairy Sci, 84, 691-693 (2001)
- [15] Thilsing T, Larsen T, Jørgensen RJ, Houe H: The effect of dietary calcium and phosphorus supplementation in zeolite A treated dry cows on periparturient calcium and phosphorus homeostasis, J Vet Med A, 54, 82-91 (2007)
- [16] Grabherr H, Spolders M, Füll M, Flachowsky G: Effect of several doses of zeolite A on feed intake, energy metabolism and on mineral metabolism in dairy cows around calving, J Anim Physiol An N, 93, 221-236 (2009)
- [17] Kimura K, Reinhardt TA, Goff JP: Parturition and hypocalcemia blunts calcium signals in immune cells of dairy cattle, J Dairy Sci, 89, 2588-2595 (2006)
- [18] Kerwin AL, Ryan CM, Leno BM, Jakobsen M, Theilgaard P, Barbano DM, Overton TR: Effects of feeding synthetic zeolite A during the prepartum period on serum mineral concentration, oxidant status, and performance of multiparous Holstein cows, J Dairy Sci, 102, 5191-5207 (2019)
- [19] Crookenden MA, Phyn CVC, Turner SA, Loor JJ, Smith AI, Lopreiato V, Burke CR, Heiser A, Roche JR: Feeding synthetic zeolite to transition dairy cows alters neutrophil gene expression, J Dairy Sci, 103,

- 723-736 (2020)
- [20] Oetzel GR : Management of dry cows for the prevention of milk fever and other mineral disorders, *Vet Clin N Am-Food A*, 16, 369-386 (2000)
- [21] DeGaris PJ, Lean IJ : Milk fever in dairy cows: A review of pathophysiology and control principles, *Vet J*, 176, 58-69 (2009)
- [22] Horst RL, Goff JP, Reinhard TA : Calcium and vitamin D metabolism in dairy cow, *J Dairy Sci*, 77, 1936-1951 (1994)
- [23] Thilsing-Hansen T, Jørgensen RJ, Enemark JMD, Larsen T : The effect of zeolite A supplementation in the dry period on periparturient calcium, phosphorus and magnesium homeostasis, *J Dairy Sci*, 85, 1855-1862 (2002)
- [24] 木田克弥 : 代謝プロファイルテストの実際, 生産獣医療における牛の生産病の実際, 内藤善久, 浜名克己, 元井 茂子編, 13-33, 文永堂出版, 東京 (2000)
- [25] Grummer RR : Impact of changes in organic nutrient metabolism on feeding the transition dairy cow, *J Anim Sci*, 73, 2820-2833 (1995)
- [26] Kida K : Relationships of metabolic profiles to milk production and feeding in dairy cows, *J Vet Med Sci*, 65, 671-677 (2003)
- [27] 佐藤 博, 花坂昭吾, 松本光人 : 牛乳中の真の蛋白質割合と乳牛の栄養摂取状態との関係, *日畜会報*, 65, 850-855 (1994)
- [28] 生田健太郎, 小嶋 睦, 篠倉和己, 函城悦司 : 乳中尿素態窒素と乳蛋白質率による泌乳牛の栄養診断, *日獣会誌*, 53, 289-292 (2000)
- [29] 菊地 実 : 飼料設計のためのモニター, 生産獣医療システム, 乳牛編 2, 130-133, 農山漁村文化協会, 東京 (2003)

Effects of Prepartum Zeolite A Administration on Blood Calcium Levels in Postpartum Dairy Cows

Tomomi KANAZAWA¹⁾, Atushi KIMURA¹⁾, Takashi FUJIWARA²⁾,
Morito FUKUNAKA²⁾, Toshihiro ICHIJO³⁾ and Shigeru SATO^{3)†}

1) *Veterinary Teaching Hospital, Faculty of Agriculture, Iwate University, 3-18-8 Ueda, Morioka, 020-8550, Japan*

2) *Rikubetsu Veterinary Clinical Center, Tokachi Agricultural Mutual Aid Association, 3-10 Genyabunsen, Rikubetu-cho, Ashoro-gun, 089-4300, Japan*

3) *Faculty of Agriculture, Iwate University, 3-18-8 Ueda, Morioka, 020-8550, Japan*

SUMMARY

To investigate the effects of prepartum zeolite A administration on the postpartum calcium (Ca) concentration, blood parameters were measured in Holstein cows given zeolite A (400 g/day; n = 27) and fed dietary cation-anion difference adjusted (DCAD) diets (-3.2 mEq/100g; controls, n = 22) from 3 weeks before parturition until calving. There was no difference in the serum Ca concentration on the day of parturition in the treated group (7.3 ± 0.3 mg/dl, mean ± SE) compared to the controls (7.1 ± 0.2 mg/dl). The serum 1,25(OH)₂D concentration on the day of parturition was significantly ($P < 0.05$) higher in the treated group than in the controls (232.5 ± 35.6 vs. 134.6 ± 23.0 pg/ml). The serum free fatty acids, total cholesterol, and albumin concentrations were significantly ($P < 0.05$) lower in the treated group than in the controls during the experimental period. Further, the cows with low serum Ca concentrations (<7.4 mg/dl) on the day of parturition recovered to normal levels by the next day in both groups. These results suggest that zeolite A administration for 3 weeks before parturition is as effective at reducing the decrease in blood Ca concentration just after parturition as feeding DCAD-adjusted diets and might be used to prevent periparturient hypocalcemia.

— Key words : Dietary Cation-Anion Difference (DCAD), Dry period, Hypocalcemia, Parturition, Zeolite A.

† Correspondence to : Shigeru SATO (Faculty of Agriculture, Iwate University)

3-18-8 Ueda, Morioka, 020-8550, Japan

TEL · FAX 019-621-6203 E-mail : sshigeru@iwate-u.ac.jp

J. Jpn. Vet. Med. Assoc., 74, 539 ~ 546 (2021)