

乳牛のカリウム代謝と乳熱

1. はじめに

乳熱は発生のメカニズムや予防方法が解明されてきていますが、いまだに発生が減らない疾病です。そのため、乳熱をどのように予防するかが乾乳期の栄養管理の重要な課題になっています。

近年、カリウム (K) の過剰摂取が乳熱 (低 Ca 血症) 発生要因として注目されています。カリウムは牧草や乳中に最も多量に含まれているミネラルです。乳牛は、牧草中のナトリウム含量が非常に少ないことから、牧草中のカリウムを有効利用して浸透圧、酸塩基平衡などの体内の恒常性維持に役立てるように進化してきました。このため、カリウム要求量は代表的なミネラルであるカルシウムやリンよりも多くなっています。しかし、乳牛の栄養管理では、今までカリウムについてはそれほど注目されていませんでした。

2. 乳熱予防とカリウムの関係

乳熱予防のポイントは、分娩前後のカルシウム代謝を正常に維持することです。しかしこのことは簡単にみえますが実行は大変難しいのです。

乳牛は、泌乳開始に伴って初乳中にカルシウムを大量に分泌します。これに伴って起こる血漿中のカルシウム濃度の急激な低下を防ぐために、副甲状腺ホルモン産生量が高まります。このホルモンの主な働きは、骨の破骨細胞を活性化して骨から血液へのカルシウムの移行 (骨吸収) を高めることと、肝臓、腎臓でビタミン D を活性化して活性型ビタミン D 産生量を高めることです。腎臓で活性型ビタミン D 産生量が高まると、小腸からのカルシウム吸収量が増加します。骨吸収と小腸からのカルシウム吸収量の増加によって血漿カルシウム濃度を正常範囲内に維持して、乳熱の発生を防止する働きをします。

このような乳牛のカルシウム代謝の阻害要因として、従来はカルシウム過剰摂取が問題になっていましたが、最近はカルシウムよりもカリウム過剰摂取による影響が大きいという報告が出されました。わが国では土壌中への糞尿の大量還元などにより、牧草中のカリウム含量が 3%以上になることも多く、泌乳牛のカリウム要求量 (0.80%) をはるかに超えているのが現状です。ミネラルのなかでもカリウムは消化管で溶解・吸収されやすく、また乳牛体内に過剰に吸収されたカリウムは血液をアルカリ化し (代謝性アルカローシス)、消化管あるいは乳牛体内でカルシウムやマグネシウムの吸収や利用を阻害します。したがって、乳熱予防のための栄養管理ではカリウム摂取量の低減を図ることが非常に重要とされているのです。

3. 牧草中のカリウム含量

牧草中のカリウム含量は施肥量の増加に伴って増加しますが、通常の施肥量でも牧草中のカリウム含量は乳牛の要求量よりも高くなります。イタリアンライグラスなどのイネ科牧草ではカリウム含量が 3%を超えることが珍しくありません (表 1)。また牧草の刈り取り時期が早く、栄養価の高い場合にカリウム含量も高くなります。例えば、アルファルファでは刈り取り適期を CP 含量として 20%に設定すると、1 番草のカリウム含量は 3.5%に達します。

給与飼料中のカリウム含量から判断すると、わが国では乳牛のカリウム不足はほとんど生じないことから、酪農経営で実際に求められることは飼料畑への糞尿の過剰還元を抑制し牧草中のカリウム含量の低減を図ることです。

4. 乳牛のカリウム代謝の特徴

乳牛のカリウム代謝の特徴は、乳牛に必須なミネラルのなかで吸収率が非常に高いことと、体内に吸収されたカリウムは腎機能の働きで直ちに尿中に排泄され、体内にほとんど蓄積されない

ことです。乳牛は尿中カリウム排泄量が 150g/日まではカリウムを濃縮した尿を生成してカリウム排泄量を促進するものの、150g/日を超えると腎臓で濃縮尿を生成できなくなり、腎臓は尿量を増加させ、過剰なカリウムを排泄していると言われていました。

尿量が増加すれば、飲水量も増加します。泌乳牛では十分な飲水量を確保できないと乳生産が減少するだけでなく、浸透圧や酸塩基平衡など、体内の恒常性維持に悪影響を及ぼすため、水を適正摂取できる環境がきわめて重要です。飼料中のカリウムは飲水量を増加させる主要な要因であり、飼料中のカリウム含量が増加すると乳牛の水摂取量（飼料水＋飲料水）は増加し、飼料中カリウム含量が 2.5%になると泌乳牛の水摂取量は 118kg/日に達したという報告があります。カリウム多量摂取時の尿中カリウム排泄量の増加と水摂取量・尿量の増加は体内の浸透圧を維持するための仕組みであり、これらは腎機能に多大な負荷を及ぼすだけでなく、飼料作物への尿散布は環境汚染やカリウム過剰の自給飼料生産につながります。

さらに腎臓は活性型ビタミン D の産生やカルシウムの再吸収で乳熱予防のために重要な働きをしていますので、長期にわたるカリウム過剰摂取は代謝性アルカローシスの発症だけでなく、乳牛の腎機能にも過剰の負荷を及ぼし乳牛のカルシウム代謝を阻害していることが危惧されます。

5. カリウム給与量のモニタリングー飼料中のカチオン・アニオンバランス (DCAD)

ミネラルは細胞内外でさまざまな濃度差（電位差）があり、この差を利用して、情報伝達、物質輸送、酸塩基平衡、浸透圧などさまざまな体内代謝を調節しています。近年、乳熱予防では飼料中のミネラルが有する電位差（カチオン・アニオンバランス：DCAD）を有効利用する方法が注目されています。

表 1 飼料中のカチオン・アニオンバランス (DCAD)

飼 料	Na	K	Cl	S	DCAD
	乾物当たり%				(ミリ当量/kg)
配合飼料	0.10	0.81	0.20	0.22	59
ビートパルプ	0.45	0.62	0.10	0.26	164
大豆粕	0.02	2.33	0.02	0.40	350
イタリアンライグラスサイレージ	0.08	3.13	1.79	0.24	184
オーチャードグラスサイレージ	0.27	2.11	1.17	0.21	201
アルファルファサイレージ	0.05	3.23	1.02	0.29	379
トウモロコシサイレージ	0.03	1.00	0.27	0.09	139

注) $DCAD = ((Na/23.0 + K/39.1) - (Cl/35.5 + S/16.0)) \times 10,000$

DCAD は表 1 の式で計算されますが、基本的には飼料中のカリウム、ナトリウム、カルシウム、マグネシウムなどのカチオン（陽イオン）と、イオウ、塩素、リンなどのアニオン（陰イオン）との電位差をみたものです。

表 1 の DCAD の値をマイナスにする、すなわち、カチオンよりもアニオンの多い飼料を給与すると、乳牛は軽いアシドーシスになり、副甲状腺や副甲状腺ホルモン受容体などの機能を活性化し、消化管からのカルシウム吸収量が増加し、骨吸収が促進されることにより、分娩直後の血漿カルシウム濃度の急激な低下を防ぐことができ、乳熱予防に効果があるとされています。このため、飼料中にアニオンであるイオウや塩素を添加した飼料が開発されていますが、過剰なアニオンの給与は飼料摂取量を減少させるなどの悪影響があるため、現在は DCAD を 0 ミリ当量/kg 程度にすることが推奨されています。

わが国の自給粗飼料中の DCAD はほとんどが正の高い値となっています（表 1）。牧草中のナトリウム含量が低いため、わが国では牧草中の高いカリウム含量が DCAD を上昇させる最大の要因となっています。自給粗飼料のなかではトウモロコシサイレージのカリウム含量が非常に低く、同時に DCAD も低い値ですので、自給粗飼料主体の飼料ではトウモロコシサイレージを上手に利用することが、DCAD を低くすることに加えて、高泌乳牛の生産性向上の面からも効果的です。