

# 給与飼料のイオンバランスを知って 肉牛の尿石症を予防する

## 1.はじめに

一般に肉牛の尿石症の原因の一つとして、濃厚飼料多給・粗飼料不足の飼料給与によるリン・マグネシウムの過剰摂取、過剰吸収が挙げられます。

その対策の一つとしてカルシウムの添加によるカルシウムとリンの比率の是正（飼料中Ca/P比を1～2：1の比率とする）が知られています。しかし、実際の生産現場では、炭酸カルシウムの添加により逆に尿石症を助長する場合があります。

今回、肉牛への炭酸カルシウムの添加や給与飼料のDCAD（dietary cation-anion difference：飼料中陽イオン・陰イオン差）による尿石症への影響を紹介し、炭酸カルシウムの添加や尿石症の予防について整理したいと思います。

## 2.尿石症の原因

一般に肉牛の育成牛へ米糠、ふすま等のリン酸、マグネシウム含量の高い飼料を多給する場合、血中含量が上がり、尿中の濃度も高まり、尿のpHが上昇するなどすれば結晶化し、尿石症になりやすくなります。これを予防するには塩化アンモニウム等の陰イオン剤を摂取させ、尿を酸性化し、リン酸、マグネシウムの結晶化を防ぐ方策を取ります。

## 3.肉牛への炭酸カルシウム添加による尿pHの上昇

炭酸カルシウムは、通常のルーメン内のpH域（6～7）では溶解性は低いのですが、第4胃の胃酸により溶解し、腸管から吸収され、腸内の酸性度が強いほど吸収が促進されます。吸収されたカルシウムは陽イオンとして働き、尿のpHを上昇させま

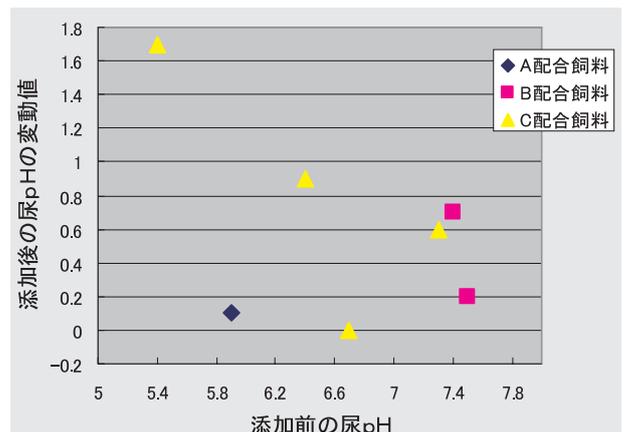


図1 炭カル2%添加による尿pHの変動

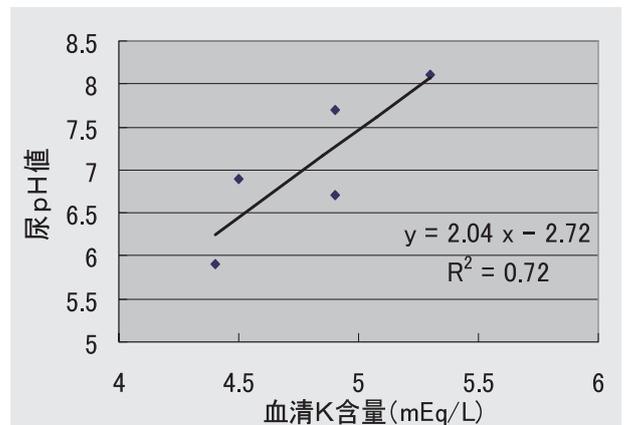


図2 血清K含量と尿pHとの関係

す。図1の事例（当社肉牛配合飼料給与）において、炭酸カルシウム2%給与により尿pHが上昇しております。

炭酸カルシウムは、重曹や酸化マグネシウムと異なり、ルーメンでは緩衝剤としての機能は少ないのですが、下部消化管や体内では、緩衝作用を示すことになります。

## 4. 肉牛におけるカリウム摂取と尿pHとの関係

乳牛の乾乳牛にカリウム含量の高い（乾物1.5%以上）飼料を給与した場合、尿pHはアルカリになりやすく、特にpHが8以上になった場合には、経産牛では分娩後低カルシウム血症になるリスクが高まります。

図2にカリウム含量の異なる3種類の飼料を肉牛に給与した時の血清カリウム含量と尿pHの関係を示しました。血清カリウム含量が高い（カリウムの摂取が高いと推定される）場合、尿pHは高い傾向にあります。

一般に乾牧草のカリウム含量は乾物中2%以上のものが多く、それを肉牛に給与した場合には、給与量を増やすことでカリウム摂取量が増加し、尿pHは高くなります。肥育素牛にこのような粗飼料を多く給与した場合、濃厚飼料は制限給与となるため、リンの摂取量も制限され、また反芻も高まるため、リンの過剰吸収は避けられ、カリウム過剰摂取により尿pHが上昇（アルカリ化）したとしても、尿石症のリスク要因にはなりません。しかし、濃厚飼料（肉用牛配合飼料）を不断給餌し、乾牧草の摂取量が1～2kgの給与方式では、粗飼料多給方式に比較し、尿中のリン・マグネシウム含量は高まる傾向にあり、尿pHの変動によっては、尿中に尿石の原因となるリン酸マグネシウムアンモニウムができる可能性があります。

一般に肉牛の肥育期より育成期（肥育素牛）に尿石症が多い傾向にあります。これは、飼料メニューに起因していると判断されます。育成期は、粗飼料を乾牧草とすることが多く、また濃厚飼料（肉用牛配合飼料）も蛋白が高く、カリウム含量も高い傾向にあります。

一般に濃厚飼料多給では、尿pHは酸性と判断しがちですが、実際に測定してみたら、尿pHが7～8になっている場合があります。

カリウムとともに尿pHをアルカリ化する栄養素としてアンモニアがあります。和牛肥育において、給与飼料は蛋白過剰がほとんどであり、BUN（血中尿素態窒素）が20mg/dl以上になっている牛群が少なくありません。ルーメンでのアンモニア生成量が

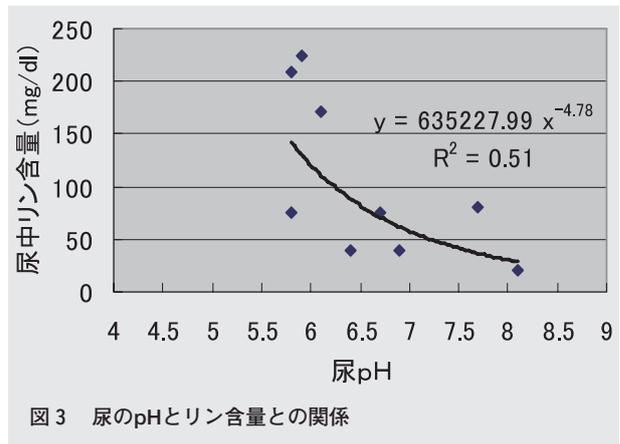


図3 尿のpHとリン含量との関係

多く、血中への移行量が増加すれば、尿pHは上がっていくことになり、尿石症の原因になる可能性があります。また血中のアンモニア濃度が高まれば、肝機能に負担がかかるばかりでなく、尿素として排泄するためのエネルギーロス（「尿素コスト」）を生じます。

給与飼料の蛋白レベルやBUNをチェックし、過剰にならない対策が必要です。

## 5. 肉牛へのルーメンアシドーシス予防のための重曹の添加と尿石症との関係

濃厚飼料多給の肥育方式において、泌乳牛と同様ルーメンアシドーシスを防ぐため、重曹の添加をしたら、どうなるでしょうか？

重曹等の陽イオン（緩衝剤）を給与すれば、前述の炭酸カルシウムの事例やカリウム過剰摂取の事例と同様、尿pHは上昇しリン含量は低下しますが、それ以上にpH上昇による溶解度が低下すれば、尿石が発生するリスクは高まる可能性があります。

図3の事例（当社3種類の飼料給与方式）に見られるように、一般に肉牛においては、尿pHの高低により、尿中のリン含量も変動することが知られております。

## 6. ルーメンアシドーシスと尿pHの関係

一般にルーメンアシドーシスとは、急激に濃厚飼料を増給するなどして、ルーメン内の乳酸が増加し、ルーメンpHが低下し、グラム陰性菌の死滅も大きくなり、血液へのエンドトキシン（細胞内毒

素)、乳酸の増加とつながり、全身へ影響を及ぼします。このようなレベルではなくとも、固め食いなどが起これば、一時的にルーメンpHが下がり、ルーメン発酵が乱れ、採食量が不安定になり、下痢が起こるなどすれば肥育効率の低下に繋がります。このような場合にも尿pHは酸性化していくのですが、ルーメンのpHが大きく低下しなくても、尿pHは酸性化することはできます。

給与メニューの各飼料のDCADを調べ、合計で陽イオンが高くない組み合わせをすることで可能となります。

## 7. 肉牛飼料のDCAD

DCADの計算式として、①  $(Na+K) - (Cl+S)$ 、②  $(Na+K + 0.38Ca + 0.3Mg) - (Cl + 0.6S + 0.5P)$  等があります。

一般にカリウム含量の高い飼料を多く取ると尿はアルカリを呈します。乳牛、肉牛の乾乳牛では、粗飼料主体になるため、カリウム摂取が高くなり、尿はアルカリになります。

人においても、野菜主体の食生活をするとうカリウム摂取が多くなり尿はアルカリになり、肉類が多くなると逆にリン酸摂取が多く、カリウム摂取が少なくなるため、尿は酸性になってきます。

飼料中のミネラルの中で、カリウムの体内への吸

収率は高いため（ほぼ90%以上）、その摂取量により尿pHは大きく変動します。乳牛の乾乳期用飼料と同様、給与飼料のカリウム含量を減少できれば、尿pHを酸性化することは可能です。

## 8. 肉牛メニューのDCAD（表1）による尿石症予防法

尿石症を予防する一般的な方法として、とうもろこし、麦類等の穀類と乾牧草中心のメニューを採用すれば、リンの過剰摂取も低減され、尿石症のリスクも少なくなります。しかし、実際には飼料費を抑えるため、ふすま、コーングルテンフィード、(脱脂)米糠等のリン、カリウム含量が高いものを組み入れることとなります。さらに増体や肥育効率を高めるため、乾牧草、わら類の給与は最低限になってしまいます。このような給与方式では、これまで尿石症の予防として、尿を酸性化するため、塩化アンモニウム等の陰イオン剤の給与が主体でした。これらの陰イオン剤は、嗜好性が悪く、長期間の給与では採食量低下等の副作用も伴います。これに対して、肉牛メニューのカリウム含量の低減による方式ではこのような問題を生じることなく、尿石症の予防ができることとなります。

表1 主な飼料のマクロミネラルおよびイオンバランス（DCAD値）

(乾物%, mEq/100g)	Ca	P	Mg	Na	K	Cl	S	DCAD
とうもろこし圧片	0.04	0.30	0.12	0.02	0.42	0.08	0.10	3.1
大麦圧片	0.06	0.39	0.14	0.02	0.56	0.13	0.12	4.0
加熱大豆	0.26	0.64	0.25	0.01	1.99	0.06	0.32	29.7
綿実	0.17	0.60	0.37	0.02	1.13	0.06	0.23	13.8
ビートパルプ	0.91	0.09	0.23	0.31	0.96	0.18	0.30	14.2
ビール粕(生)	0.35	0.59	0.21	0.01	0.47	0.12	0.33	-11.6
米ぬか	0.07	1.78	0.81	0.03	1.57	0.09	0.19	27.1
ふすま	0.13	1.18	0.53	0.04	1.32	0.16	0.21	17.9
グルテンフィード	0.07	1.00	0.42	0.13	1.46	0.20	0.44	9.9
大豆粕	0.36	0.66	0.30	0.04	2.12	0.10	0.34	32.0
なたね粕	0.75	1.10	0.53	0.07	1.41	0.04	0.73	-7.6
糖蜜(ビート)	0.15	0.03	0.29	1.48	6.06	0.75	0.60	160.9
コーンサイレージ	0.28	0.26	0.17	0.01	1.20	0.29	0.14	14.2
ルーサン乾草 <sup>1)</sup>	1.38	0.33	0.44	0.15	2.98	0.85	0.26	42.2
スーダン乾草 <sup>1)</sup>	0.39	0.22	0.15	0.03	2.90	1.55	0.08	26.7
チモシー乾草 <sup>1)</sup>	0.25	0.15	0.15	0.02	1.63	0.54	0.05	24.5
稲わら <sup>2)</sup>	0.30	0.13	0.10	0.07	1.95	0.50	0.16	28.9
小麦わら <sup>2)</sup>	0.21	0.08	0.11	0.05	1.0	0.35	0.10	11.7

NRC飼養標準(2001年)飼料成分値より算出、DCAD(mEq)式： $(Na+K) - (Cl+S)$

1) 乾草(流通)は新潟農総研(日10年)報告より

2) 日本標準飼料成分表(2001年版)飼料成分値より算出

表2 主なエコフィードおよび稲WCSのミネラル含量

(乾物%)	Ca	P	Mg	K
りんご粕(生) <sup>1)</sup>	0.08	0.30	0.08	0.50
きのご糞菌床 <sup>2)</sup>	0.49	0.67	0.62	0.76
緑茶粕 <sup>2)</sup>	0.50	0.33	0.18	0.56
稲WCS <sup>3)</sup>	0.17	0.17	0.13	1.35

1) 日本標準飼料成分表(2001年版)より  
 2) 当社分析例  
 3) 畜産草地研究所(2006年)より

## 9. エコフィード(食品副産物)、稲WCSの利用による尿石症の予防

肉牛への給与飼料として、カリウム含量の低い飼料の組み合わせが、尿石症予防に効果があることを述べてきましたが、未利用のエコフィードの中には、リン含量やカリウム含量が低いものがあります。

ビール粕は、特にカリウム含量が低く、尿pHを酸性にする働きがあり、肥育牛へのビール粕給与は、尿石症予防の面から有効な飼料です。表2にカリウム含量の低いエコフィード例を示しました。きのご糞菌床(コーンコブ主体としたもの)、リンゴ粕等のジュース粕類、茶系飲料残渣等は、ふすまや米糠に比較し、尿石症になりにくい飼料特性があり、肉牛の飼料(特に育成用)に組み入れたい飼料です。ただし、これらの飼料の中には、嗜好性がよくないものもあり、他の飼料との混合給与を薦めます。

また近年、稲WCS(ホールクロップサイレージ)が肉牛用飼料として普及し始めています。稲WCSは、稲わらと同様他の牧草に比較し、カリウム含量が低い傾向があり(表2参照)、粗飼料効果も高いため、肉牛飼料としての利用性は高いものといえます。

## 10. 濃厚飼料多給でも尿石症になりにくい飼料メニュー

これまで述べてきたことを整理し、濃厚飼料多給でも尿石症になりにくいメニューを表1、2の飼料原料のミネラル成分を参照しながら考えていきます。

- 1) リン含量の高い飼料を集中しない。
- 2) カリウム含量の高い飼料を集中しない
- 3) カルシウムが不足する場合の炭酸カルシウムの

添加は、尿pHを上昇することを考慮し、要求量を満たす程度にする。

- 4) 給与飼料の溶解性・分解性蛋白の過剰給与を避ける。

## 11. おわりに

ここでは、尿石症の予防法としてこれまであまり注目されなかった肉牛飼料のDCADに着目し、また肉牛飼料において、その選択によって摂取量が変わるカリウムが尿pHの変動に大きく影響することを紹介しました。また、炭酸カルシウムの添加は尿中のリン酸を減らす一方、陽イオンとして働き、尿pHのアルカリ化を促す性質を示しました。

実際の生産現場における8~10ヶ月齢以上の和牛肥育での肥育用飼料メニューに関しては、カルシウムとリン含量の比率(Ca/P)が1以下のものが少なくありません。

生産現場で尿石症が発生している場合、これまで知られている一般的な予防法(リンの低減、飲水量の増加、ビタミンA充足等)を実施するとともに、給与飼料のDCADを調査し、高ければカリウム含量を低くできないかを検討し、また当該牛(群)の尿pHを測定し給与飼料DCADの確認が必要です。

この時、当該牛(群)の尿pHが8以上を示していれば、炭酸カルシウムの添加はどうしたらいいのでしょうか?

本紹介を契機に給与飼料のDCADや肉牛の酸・塩基平衡(体内のイオンバランス)を含めた新たな尿石症予防に関する研究が進むことを望む次第です。