

肉牛におけるアシドーシスの研究(1)

誌名	畜産の研究 = Animal-husbandry
ISSN	00093874
著者	大成, 清
巻/号	65巻8号
掲載ページ	p. 829-832
発行年月	2011年8月

肉牛におけるアシドーシスの研究(1)

大成 清*

1. ルーメン内の微生物相の変化

反芻家畜(肉牛)は低品質の粗飼料を、高品質の生産物に変えるところが、その特長である。

これは単胃動物(豚)などに、真似のできない特技である。何故、肉牛がこのような離れ技を演ずることが出来るかという、大いなる微生物の働きがあるからである。

単胃動物にも消化酵素がないわけではないが、残念ながらセルロース、ヘミセルロースといった、構造性炭水化物を加水分解するほどの力はない。

反芻家畜はルーメン微生物によって、採食した粗飼料を発酵させる。

この結果飼料成分は(1)微生物菌体、(2)VFA(揮発性脂肪酸)、(3)メタン、(4)アンモニア、(5)乳酸、(6)発熱を生じる。

そして(1)からアミノ酸が、(2)はエネルギーとなるが、(3)、(4)、(6)は利用できないで損失となる。

ルーメンにおける繊維の分解はバクテリアにより行なわれるが、主な分解菌はバクテロイデスサクシノゲネス(*Bacteroides succinogenes*)、ルミノコッカスアルブス(*Ruminococcus albus*)、ルミノコッカスフラボファシエンス(*R. flavefaciens*)がある。

古い時代の肉牛飼育においては放牧が主で、草を中心に飼われていた。現在はかなり穀類やサイレージが給与されるが、この場合はストレプトコッカスボビス(*Streptococcus bovis*)が活躍する。

この菌は菌体の生産量は少ないが、乳酸を多量に生産する特長がある。乳酸は酸性が強く、*S. bovis*の活躍はルーメン内のpHを酸性へと導く。この結果、ルーメン機能が失われることがある。

pHの低下により最初に起こる現象は、ルーメンでのセルロース分解能の低下である。以上の研究は1952年から1982年にかけてのもので、Van Soestら(1982)の研究が有名である。

ルーメン内には乳酸を消費して、エネルギー源とするバクテリアが存在する。代表的なのはユーバクテリウムリモス(*Eubacterium limosum*)、メガスフェラエルスデニー(*Megasphaera elsdenie*)、プロピオニバクテリウムアクネス(*Propionidacterium acnes*)、サリノモナスルミナンテウム(*Salenomonas ruminatum*)、バイヨネラアルカレスセンス(*Viellonella alcalescens*)、このなかでも*M. elsdenie*が、主要な乳酸利用菌である。

このように乳酸利用菌は種類だけは数多くあるが、上記の*S. bovis*の乳酸生成量にはついていけない。

アメリカのフィードロットのように、粗飼料ばかりで飼われていた素牛を、急に濃厚飼料中心の飼育飼料に切り換えると、ルーメンの生態系に種々な変化が起こる。

肥育用飼料には可溶性炭水化物を多く含まれているため、*S. bovis*が急増し粗飼料—酢酸の生態系から一転、乳酸の生産量が増加し、ルーメンの緩衝能を越えてpHが低下する。

こうなると*M. elsdenie*の数も増加し、乳酸の利用も増加するが、一部の利用にとどまる。

また*M. elsdenie*は*S. bovis*よりも低いpHで敏感な働きをするので、pH5.5以下になると、*M. elsdenie*や他のセルロース分解菌の増殖が抑制され、乳酸はますます蓄積し、pHはさらに低下する。

当然著しいルーメンの機能障害が起り、pHは低下し続け、急性の場合は死亡する。いわゆるフィードロット牛のポックリ病である。

*M. elsdenie*はアクリル酸経路を経て、DおよびL-乳酸をプロピオン酸に変える。

コハク酸経路を経て乳酸を発酵するバクテリアも存在するが、いまだ未知の点も多い。

この辺の研究は1965年から1987年にかけて盛んに行なわれ、それなりの成果を挙げている。

以上はジョージア栄養会議での同大学のS. A. Martin, G. F. Dean 両准教授の講演の一部である。

*家畜栄養コンサルタント(Kiyoshi Onari)

2. 亜急性アシドーシスとルーメン pH の変化

カンザス州立大学の D. W. Good ら (1998) は、人為的に亜急性アシドーシスを誘起し、ルーメン微生物相と発酵状態の変化を観察している。

供試牛は体重 258kg、ルーメンにカニユーレを装着した去勢牛 6 頭で、これを 2 区に分けて飼育した。

給与飼料は 1 区は濃厚飼料 20% と粗飼料 (アルファルファ乾草) 80%、2 区は濃厚飼料 80% と粗飼料 20% の飼料をともに 1 日 2 回給与した。

濃厚飼料の配合割合は、挽割トウモロコシ 88.0 ~ 88.1%、大豆粕 9.5 ~ 10.6%、食塩 0.3 ~ 1.1%、その他 1.1 ~ 1.3% というものである。

試験はそれぞれの飼料に馴致させた後、濃厚飼料は維持量の 3.5 倍量を 3 日間与えて、人為的に亜急性アシドーシスを発生させた。

アシドーシスの指標としてルーメン pH が最も判り易いので、これを用いた。

1 区の粗飼料主体区は試験開始時 6.7 あった pH が、12 時間後は 6.4 となり、24 時間後は 5.7、36 時間後は 5.6、48 時間後は 5.4、60 時間後は 5.5 となった。

穀類主体の 2 区の pH は開始時 6.4、12 時間後 6.2、24 時間後 5.7、36 時間後 5.4、48 時間後 5.1、60 時間後 5.2、72 時間後は 5.3 といった具合である。

この数値はグラフを読み取ったもので、正確とはいえないが、最も差のあったのは 48 時間後である (図 1 参照)。

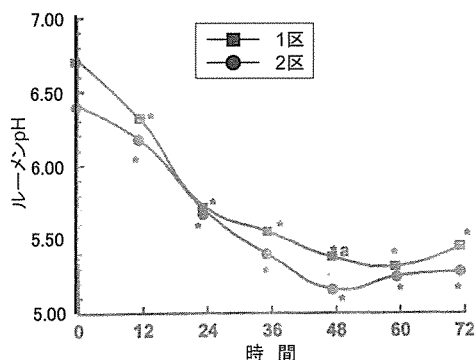


図 1 ルーメン pH の比較

* = 試験開始時の pH に対し有意差あり ($P < 0.05$)

a = 2 区に対し有意 ($P < 0.05$)

D. W. Goad ら (1998)

この時点の pH は 1 区 5.4、2 区が 5.1 で、この点だけが両区間に有意な差が認められた ($P < 0.05$)。

この報告からすると、試験開始後 48 時間目というのは大事な時期で、1 区はその後にも正常な pH を保ちえたが、2 区は亜急性アシドーシスに陥るのである。

これと同じような変化のあったのは、ルーメン内のプロトゾアで、つぎの 10 種の消長を測定している。

① イソトリカ (*Isotricha*)、② ダシトリカ (*Dasytricha*)、③ チャロニナ (*Charonina*)、④ エントデニウム (*Entodinium*)、⑤ デプロデニウム (*Diplodinium*)、⑥ オストラコデニウム (*Ostracodinium*)、⑦ メタデニウム (*Metadinium*)、⑧ ポリプラスロン (*Polyplastron*)、⑨ オフリオスコレックス (*Ophryoscolex*)、⑩ エピデニウム (*Epidinium*)

以上のプロトゾア中、数量的 ($\times 10^{-3}/g$) に最も多いのは④の *Entodinium* であるが、この種の消長をみると次のとおりである。

試験開始時は 1 区 206.3、2 区 402.4、12 時間後は 167.1 : 366.3、24 時間後は 191.7 : 363.7、36 時間後は 194.3 : 250.2 となり、1 区よりも 2 区が 2 倍近く多い。

ところが 48 時間後になると、190.3 : 133.1、60 時間後は 142.0 : 61.0、72 時間後は 53.8 : 12.0 といった具合に、1 区の方が逆に 2 倍以上も多くなっている。

結節点といおうか、逆転したのは 48 時間目である。

上述したルーメン pH で、1 区と 2 区の間に有意差の生じたのは 48 時間目で、奇しくも軌を一にしている。

こういったところから、繊毛プロトゾアの減少を、亜急性アシドーシスの指標とする人もいるわけである。

ルーメンのアンモニア濃度 (mM) をみると、試験開始時は 1 区の 7.9 に対し 2 区は 5.4 であったが、48 時間後は 1 区 0.7、2 区 0.9 で差はなくなっている。

乳酸濃度 (mM) の 48 時間後は、1 区 2.7、2 区 2.2 で差はない。乳酸の構成だが L(+) 型 : D(-) 型は 1 区 72 : 28、2 区 70 : 30 で、これも差がない。

ルーメンの VFA (遊離脂肪酸) 濃度 (mol/mol) をみると、48 時間後の酢酸は 46.6 : 41.1、プロピオン酸は 29.1 : 37.7、イソ酪酸は 0.6 : 0.2、酪酸は 19.3 : 15.2、イソ吉草酸は 1.4 : 1.0、吉草酸は 3.1 : 4.8 で、有意差のあったのはプロピオン酸だけである。酢酸 : プロピオン酸比は 1.6 : 1.1 で差はなかった。

ルーメンバクテリアの 48 時間後をみると、嫌気性菌の総量($\times 10^9$ /乾物 g)は、1 区 9.7, 2 区 14.5 で差はなかったが、デンプン分解菌は 9.7:13.3 で、1 区は有意に少なかった ($P < 0.05$)。

ルーメン内の嫌気性乳酸菌数($\times 10^8$ /乾物 g)の 48 時間後をみると、1 区は 6.8, 2 区は 13.8, 乳酸利用率(%)は 1 区 47.1, 2 区 31.3 でかなり差があるようだが、統計的には差が認められなかった。

血液の pH をみると、1 区は 7.42, 2 区は 7.40, 総乳酸量(mM)は 1.1:0.9, 重炭酸イオン(mEq/l)は 27.6:28.0, ヘマトクリット(%)は 31.0:31.7 で、何れも有意差はなかった。

結局のところ、亜急性アシドーシスの指標は、ルーメン pH, プロトゾア数と、ルーメンの酢酸:プロピオン酸比の 3 つの項目だけということになった。

なお、ルーメンの総 VFA 濃度の経時変化をみたのが図 2 である。1 区も 2 区も試験開始時よりも 36, 48, 60 時間後には有意に高くなっているが、1 区:2 区の間には有意といえるほどの差はなかった。

図 3 は総繊毛虫数の総時変化を見たものである。1 区は試験開始後 48 時間後まではほぼ横這い状態を続けたが、以後 60 時, 72 時と急速に低下している。

2 区は試験開始時, 12 時, 24 時と有意にその数が多かったが、これ以後低下が著しく、48 時間以降は 1 区よりも少ない値になっている。

3. 亜急性アシドーシスとルーメン性状

カナダ農務省農業・食品研究センターの D. W. Bevans と、サスカチワン大学の J. J. Mckinnon ら (2005) は、高穀類飼料への移行方法が、フィードロット牛の亜急性アシドーシスと採食量に及ぼす影響について報告している。

供試牛は交雑種若雌牛計 12 頭で、試験は体重 302kg から 418kg までのうち 20 日間実施した。

試験開始の 4~8 週前にフィステルを装着した。試験区分として 1 区は急速馴化区, 2 区は漸増馴化区とした。

1 区は濃厚飼料の給与率を試験開始まで 40%, 開始 1~3 日は 65%, 4~19 日は 90%とした。残余は粗飼料である。

2 区は試験開始までは 40%, 開始後 1~3 日(1 期)は 48.3%, 4~6 日(2 期)は 56.7%, 7~9 日(3 期)

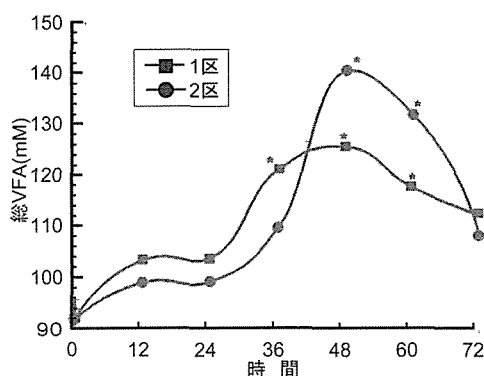


図 2 ルーメンの総 VFA 濃度の比較
* = 試験開始時の総 VFA に対し有意差あり ($P < 0.05$)
D. W. Goad ら (1998)

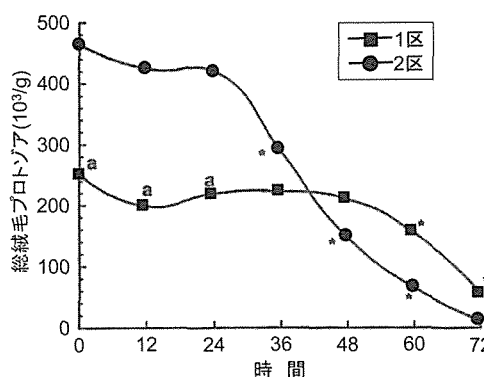


図 3 ルーメンの繊毛プロトゾア濃度の比較
* = 試験開始時の総プロトゾアに対し有意差あり ($P < 0.05$)
a = 2 区に対し有意 ($P < 0.1$)
D. W. Goad ら (1998)

は 65.0%, 10~12 日(4 期)は 73.3%, 13~15 日(5 期)は 81.7%, 16~19 日(6 期)は 90%とした。残余は粗飼料である。

給与飼料の具体的な配合割合をみると、大麦サイレージは 45.0~10.0%, グラス乾草は 15.0 から 0%, 大麦 35.0~85.0%, サプリメント 5%である。

含有成分は乾物 56.7~83.2%, 有機物は 93.6~95.2%, CP は 14.1~15.3%, NDF は 38.2~31.3%, ADF は 17.7~7.7%となっている。

まず濃厚飼料 65%給与期についてみると、1 日目のルーメン pH の平均は 1 区 5.86, 2 区 5.97, 最低は 5.29:5.36 時間, 最高は 6.53:6.54 で差はなかった。

アシドーシスの発生が考えられる pH 5.2 以下の時間は、1 日のうち 1 区は 2.47 時間, 2 区は 0.18 時間で、2 区の漸進区が著しく少なかった。

2日目のルーメン pH の平均は1区6.12, 2区6.13, 最低は5.62 : 5.53, 最高は6.55 : 6.59 で、この限りでは差がなかった。

pH 5.2 以下の記録がないので5.6以下でみると、1区は3.35時間、2区は0.67時で、やはり2区が著しく少ない。

3日目をみると、ルーメンの平均pHは6.01:6.16, 最低は5.48 : 5.66, 最高は6.53 : 6.57 で、区間差はなかった。

しかし、pH 5.6 以下の時間は1区の5.05時間に対し、2区は0.72時間と著しく少ない。

つぎに濃厚飼料90%給与期の1日目をみると、ルーメン pH の平均は1区5.62, 2区5.70, 最低は5.01 : 5.10, 最高は6.47 : 6.40 で差はなかった。

pH 5.2 以下の時間は1区4.58時間、2区2.18時間で2区は少ない。

2日目はルーメン pH の平均は5.80 : 5.81, 最低

は5.16 : 5.26, 最高は6.40 : 6.51 で差はなかった。

pH 5.2 以下の時間は3.19 : 2.22時間で、やはり2区は少ない。

3日目のルーメン pH の平均は5.60 : 5.76, 最低は4.95 : 5.16, 最高は6.11 : 6.36 である。

pH 5.2 以下の時間は、5.49 : 1.89時間で2区が少ない。

4日目のルーメン pH の平均は5.67 : 5.69, 最低は5.20 : 5.17, 最高は6.28 : 6.56 と差はない。

pH 5.2 以下の時間は3.90 : 1.21時間で、やはり2区は少ない。

ルーメン pH とアシドーシスの関係は、平均値の比較ではなく、その pH を幾時間保持したかといった比較の方が判り易い。

実用的な立場からすれば、粗飼料から濃厚飼料への馴化は、1区の急速法ではなく、2区の漸進法の方が望ましい。