

肥育牛飼養における飼料添加物の利用

左 久

帯広畜産大学, 帯広市 080

Feed additives for beef production

Hisashi HIDARI

Obihiro University of Agriculture and Veterinary Medicine,
Obihiro 080キーワード: 肉用牛, 緩衝剤, イオノフォア抗生物質, β -アゴニスト, ビタミンEKey words: Beef Cattle, Buffers, Ionophores, β -Adrenergic Agonists, Vitamin E

1. はじめに

肉用牛の肥育における飼養技術は肉量の増大, 肉質の改善および飼料効率の改善を目標にして技術革新が進められてきた。この内容は, 牛の飼料摂取過程, 飼料の消化過程および吸収栄養素の利用過程に対する人為操作で, 飼料の加工, 緩衝剤の給与, 飼料中への抗生物質の添加および発育促進用ホルモン剤の非経口的投与などである。

わが国の牛肉生産では, 脂肪含量の高い大型の枝肉生産が目標とされ, 乾草など粗飼料が高価なこともあって, 濃厚飼料多給型の飼養が広く普及してきた。この飼養方式は, 自給飼料に依存せず, 多頭飼育の集約的牛肉生産を可能にし, 元々草食家畜である肉用牛に単胃肉用家畜であるブロイラーや豚と同様の工場型飼育で肉生産を行わせることに道を開くものである。

この穀物多給による牛肉生産は, 草食家畜である牛から飼料としての牧草給与を極端に制限するため, 牛の第一胃内生理的常性は破綻しやすく, 第一胃内発酵そのものも変質していった。このことは, 乳酸アシドーシスやルーメンパラケラトシス, 肝膿瘍, 蹄葉炎および尿結石症など様々の疾病の発生を誘発している。

こうして濃厚飼料多給時のこれらへの対処として第一胃内容緩衝剤の添加が行われたり, さらに高エネルギー飼養を行うために濃厚飼料に加えて獣脂や脂肪酸Caの添加および第一胃内微生物相をメタン産生抑制とプロピオン酸発酵促進による飼料効率改善を狙ったイオノフォア抗生物質の添加など肥育牛飼養には多様な飼料添加物の利用が行われている。

また, 吸収した栄養素の利用方向を変えるエネルギー分配剤開発が行われ, わが国ではまだ家畜を用いた試験の実施に至っていないが, 吸収栄養素の利用方向を脂肪蓄積から筋肉蛋白蓄積に変える β -アゴニストに関する成績が外国では多数発表されている。

飼料添加物とは, 飼料安全法により規制された抗生物質 27 種, 合成抗菌剤 7 種, 防霉剤 3 種, ビタミン剤 28 種を指すものと定義付けられている。飼料にこれらを添加する目的は, 1) 飼料の品質低下防止, 2) 飼料の栄養成分の補給および 3) 飼料が含有している栄養成分の有効利用の促進という 3 点である。添加方法も飼料工場で製造工程中に行うことが規定されているものや, 一般農家が自家配合して用いるものなど多様である。

肥育牛飼養における飼料添加物は, この規定における目的 2, 3) に当てはまるものが主であるが, 本稿で取り上げようとする内容は必ずしも規定にあるものばかりではなく, 混合飼料として扱われるものも含んでいる。即ち, 以下に述べるように, 第一胃環境維持, 第一胃発酵調整, 肉質改善を目的として飼料に混ぜて給与されているものの効果や背景などについて述べることにする。

2. 第一胃内環境維持のための飼料添加物

第一胃内 pH は動物が摂取する飼料により pH 8 から pH 5 以下まで変化し, この pH が増殖し得る細菌の種類や増殖速度, 細菌の細胞収量などに影響を及ぼしている。一般的に, 低い pH 環境は菌体の発育阻害をもたらす。

肥育牛では, 濃厚飼料多給に伴う第一胃内乳酸の過剰生成により引き起こされる pH の低下が第一胃内p

ロトゾアの生育抑制やセルロース分解菌の減少を招き、さらにその低下が4.5程度になると lactobacillus 菌の増殖が始まり、いわゆる乳酸アシドーシスを起こす。このような第一胃発酵の異常を抑える目的で石灰石や重曹の給与が古くから行われてきた。

第一胃内緩衝剤として使われている物質には、石灰石や重曹のほかに酸化マグネシウム、リン灰石、セスキ炭酸塩などがある。

第一胃内恒常性維持のための添加物としての緩衝剤の役割や効果については、本誌の前身日本畜産学会北海道支部会報で西埜(1983)によって詳細に総説されているので、ここでは、それ以後報告されている緩衝剤の効果などについて紹介する。

穀物飼料の多給は繊維の消化率を低下させるが、その原因は、第一胃内 pH の低下であり、セルロース分解菌の活動低下によるものと考えられている。

蒸煮圧扁したソルガムやコーン主体の飼養をしている肥育牛では0.75%の重炭酸塩添加給与により乾物摂取量と日増体量が増す(Zinn 1991)。一方、Leventiniら(1990)は、乾草に大麦を補給した肉牛に重炭酸塩を添加給与すると、第一胃内 pH が維持され、セルロース分解能が抑制されず第一胃消化は改善され、飼料の乾物摂取量が増加するものの日増体量や飼料効率には改善効果が見られなかったと報告している。また、麦稈にコーンや大麦を補給した肉牛にセスキ炭酸塩を1.2%添加すると大麦では、第一胃内酢酸濃度が増し、採食量が増えるが、コーンではそうならない(Reynoldsら1993)。このように、第一胃内緩衝剤投与の肉牛生産性への効果発現は飼料構成によって違いがあるものの、採食量が増加するという結果は多い(Hallら1990)。

アミノ酸の主要な吸収部位である小腸の pH は濃厚飼料多給で低下し、でんぷんの消化率が低下すると言われている。Christiansen と Webb(1990)は、フィードロットの肉牛でこの pH 低下を防ぐために、石灰石やリン灰石を1.6%或いは酸化マグネシウムを0.5%投与すると、でんぷんや粗蛋白質の消化には影響がなく、アミノ酸の見かけの吸収率が向上したと報告している。リン灰石投与に増体促進効果が認められたというのはこのような小腸での作用が関わっているものと思われる。

次の項で述べるイオノフォア抗生物質はイオンの膜透過性を高める作用がある。Zinn と Borques(1993)は肥育仕上げ牛の油脂添加飼料中に重炭酸塩を添加して Na⁺ を増加させた時にモネンシン(Monensin)を投与しイオノフォア抗生物質の効果がどのように影響されるかを検討し、増体成績や飼料効率改善効果に両者の相乗効果や相加効果はみられないことを示した。

3. 第一胃発酵調整のための飼料添加物

牛肉生産における飼料効率改善を狙った第一胃内発酵の人為操作には抗生物質を使った第一胃内菌叢の変更が着想されて1976年にモネンシンにそのような効果のあることが発表され今日に至っている。モネンシンやサリノマイシン(Salinomycin)はポリエーテル系のイオノフォア抗生物質で、これらを30ないし20 ppm 配合飼料に添加給与すると増体量に変化はなく、飼料摂取量が5から15%減少し、飼料効率がおよそ10%改善するとされている。このような効果はグラム陰性菌に対する制菌作用や lactobacillus 菌、プロトゾアの生育抑制を介するメタン産生と乳酸生成の抑制、プロピオン酸生成促進によるもので、生産性の改善と共に鼓脹症、乳酸アシドーシスに対して抑制効果がある。

Raunら(1976)がモネンシンの飼料効率改善効果における投与量と効果の関係についてフィードロット牛で検討した結果を図1に示した。モネンシンの投与量の増加と共に飼料摂取量が減少するので、増体量の低下が発現する前の用量が飼料効率改善に最適用量となることが読み取れる。モネンシンやサリノマイシン投与による採食量の減少は、第一胃内でプロピオン酸発酵が増強され、肝門脈中のプロピオン酸濃度が上昇したことに因るものと解釈されている。

イオノフォア抗生物質の第一胃発酵調整剤への応用については畜産の研究39, 40巻に長期間連載で小野(1985, 1986 a, 1986 b)が総説しているので詳細はそれらを参照されたい。本稿では、1990年以降に発表されたイオノフォア抗生物質に関する研究成果について概説する。

モネンシンは元来、鶏の原虫病であるコクシジウム症の抑制剤として開発されたもので、鶏に対する使用は許可されていたが、わが国で肥育牛に使用が許可されるに至ったのは1987年である。農水省が認可した

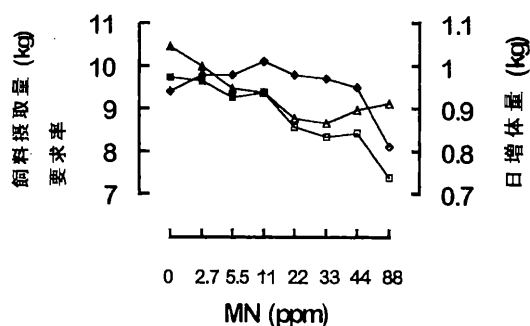


図1 モネンシンの投与水準と効果
 ◆日増体量
 ■飼料摂取量
 ▲要求率
 白ヌキは対照 Oppm との間に
 有意差 P<0.01

モネンシン、サリノマイシンの肥育牛用飼料への添加はそれぞれ 30 ppm または 20 ppm を配合飼料に製造過程で添加するもので、一般農家、肉牛生産者はこれらを高濃度で使用することが出来ない。従って、サイレージなど嵩の大きい粗飼料給与時には飼料による希釈率が大きく効果が現れ難い。

イオノフォアには蛋白節約効果があり、モネンシン投与により、第一胃内アンモニア濃度が低下することは古くから知られている。モネンシンは蛋白分解には作用せず、アンモニア生成を抑制し、それは、グラム陽性菌に対する抑制作用に因るものと考えられている (Chen と Russell 1991)。Yang と Russell (1993) は乾草と大豆粕を給与した乾乳牛にモネンシンを 50 ppm 相当添加投与して、第一胃内のアミノ酸利用菌が 1/10 に減少し、アンモニアが 30% 減少することを観察し、モネンシンが第一胃内の脱アミノ反応抑制に働きアンモニア生成の抑制に作用していると推察している。

わが国では放牧飼養牛にモネンシンを投与する現実はまだないが、米国では放牧牛にモネンシンを投与して増体成績を向上させる試みが行われており、Eli Lilly 社が図 2 に示すようなモネンシン第一胃内徐放カプセルを開発した (Parrott ら 1990)。乳酸とグリコール酸の重合体化合物にモネンシンを分配させてこの装置に入れて、第一胃内に投入しモネンシンを 150 日間放出し続けさせることが出来た。このような装置を使うことにより放牧牛にも省力的にモネンシンを投与することが出来、日増体量がおよそ 7% 増加するという成績を得た。

イオノフォア抗生物質にはそれを投与すると第一胃内プロピオン酸のモル比が増すという共通点が見出されている。このような第一胃発酵の変化が肝門脈系の栄養素の流れにどう影響し、そのことが飼料効率改善とどう結びついているかを Harmon ら (1993) は、アルファルファ乾草給与去勢牛にモネンシンを投与して観察した。その結果、グルコースや乳酸、BHBA および VFA の肝臓および内臓への正味の流入量はモネン

シン投与によって変わらず、モネンシンの飼料効率改善効果は消化管からのプロピオン酸の正味の吸収量とは関係がないことが示唆された。また、須田ら (1993) はホルスタイン種去勢牛に 10-30 ppm のサリノマイシンを添加した飼料を給与し、TDN 要求率の改善を認めたものの血清グルコースや中性脂肪、コレステロールなどの脂質成分濃度には変化がないことを観察している。このように、イオノフォア抗生物質の飼料効率改善の機作は、血液代謝像などには現れない反応に因るものと推察される。

肥育牛に対する第一胃内発酵調整剤としてのイオノフォア抗生物質で、わが国で使用が認められているのはモネンシンとサリノマイシンのみである。これら抗生物質は長い肥育期間を通して投与されるので、その効果の長期持続のために耐性菌の発現回避などを考慮した交互反復投与などの工夫が試みられたことがある。抗生物質として耐性菌の出現は避けられず、これらに替わる新たな抗生物質の開発は現在も引き続き行われている。

第一胃発酵調整に使われた最初のイオノフォアはモネンシンであるが、このほかにポリエーテル系抗生物質としてラサロシド (Lasalocid)、サリノマイシン、ライソセリン (Lysoserin)、ロノマイシン (Lonomycin)、ナラシン (Narasin) などが、また、グリコペプチド系イオノフォアであるアボパルシン (Avoparcin) なども第一胃発酵調整効果が確認されている。

Laidlomycin propionate というポリエーテルイオノフォアは濃厚飼料多給の肥育牛に 6-12 ppm という低濃度で投与するとモネンシンやラサロシドと同様の増体促進や飼料効率改善効果がある (Galyean ら 1992)。この Laidlomycin propionate は低濃度で投与されるため、第一胃内 pH や VFA 濃度には影響が少なく、また採食量の減少はモネンシンなどよりも小さいなどの特徴があるが、まだ FDA の認可は下りていない。

モネンシンは上記のように乳酸産生を抑制するので、濃厚飼料多給時の乳酸アシドーシス抑制に効果があると期待できるが、フィードロットでみられる第一胃内 pH の低下、唾液分泌、でんぷん発酵、飼料通過速度、飼料摂取などの諸現象に影響を及ぼす亜急性の不顕性アシドーシスを防止するほどの効果は観察されず、その影響を多少緩和する程度とみられている (Stock ら 1990)。

冬期間小麦畑に放牧している牛の泡沫性鼓張症の発生防止にモネンシンは有効であり、それは第一胃内 pH が高められて泡沫形成が持続しにくくなるためと解釈されている (Branine と Galyean 1990)。

天然の 6 価アルコールであるソルビトールを子牛や肥育仕上げ牛に給与すると飼料効率が改善することが知られており、Fontenot と Huchette (1993) は、肥育

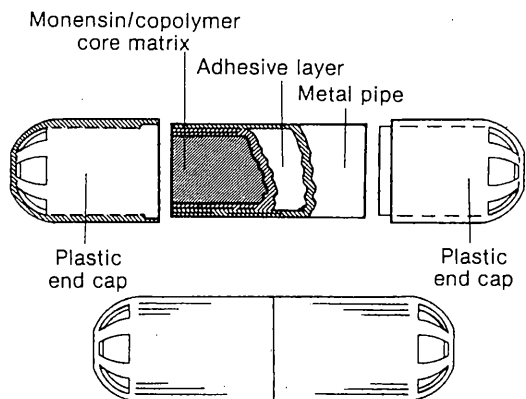


図 2 モネンシン第一胃内徐放カプセル (RDD: Parrott ら, 1990)

仕上げ牛にソルビトールとモネンシンを平行給与した時の生産性に対する効果を検討し、両者の飼料効率改善効果は同程度で、相加性があることが認められた。

このようにして、第一胃発酵調整剤としてのイオノフォア抗生物質はその効果が注目されてから20年が経ち、当初のフィードロット肥育牛向けという発想から広がって子牛や放牧牛への適用にまで普及しつつある。これは、これらの抗生物質投与が安定した効果を持つことと高い安全性が認められてきたためである。

4. 栄養素利用過程の人為操作のための飼料添加物

1) β -アゴニスト

イオノフォア抗生物質が飼料の消化過程への人為操作の一つとすれば、ここに述べる肉用家畜への β -アゴニストの応用は、吸収した栄養素の利用過程への人為操作と行うことができる。家畜は筋肉を1kg生成するよりも脂肪を1kg生成する方がより多くのエネルギーを要することはよく知られている。家畜の吸収した栄養素を体脂肪蓄積から筋肉生成に向けることが家畜生産の効率改善上重要な課題であった。動物の交感神経の一つであるアドレナリン作動性神経末端の伝達物質であるアドレナリンは体脂肪を分解し血中に遊離脂肪酸を放出する働きがある。アドレナリンと同様に β -アドレナリン作動性受容体を刺激する β -アゴニストには、クレンブテロール、シマテロール、Ro 16-8714 および L 644, 969 などがある。

Ricksら(1984)は、クレンブテロールについて、筋肉量増加と体脂肪減少効果を肉牛で初めて検討した。肥育仕上げ期の去勢牛に100日間投与すると、飼料効率は変わらず、枝肉のロース芯断面積は16%増加し、背部皮下脂肪厚は42%減少することが確認された。そして、その作用機作を図3に示すように解釈している。即ち、 β -アゴニスト類は、アドレナリン作動性受容体

を刺激し、体脂肪分解を促進する。このことは、体内のエネルギー状態の改善になり、筋肉蛋白分解によるエネルギー供給の必要がなく、従って、筋肉蛋白の分解は抑制され、この結果、体脂肪量の減少、飼料効率の改善、赤肉量の増加が達成される。

β -アゴニストの筋肉増加作用は蛋白分解抑制に因るものであるから、筋肉中の蛋白分解酵素の一つである calpain が減少し、屠殺後の筋肉の蛋白分解と肉の柔らかさが低下する (Geesink ら 1993)。Wheeler と Koochmarai (1992) はこのことを牛で検討し、3 ppm の L 644, 969 を6週間去勢牛に投与すると、Calpastatin 活性が有意に増加し、肉の柔らかさが低下することが認められた。このことから、L 644, 969 による筋肉増大は Calpastatin 活性の上昇による蛋白分解力の低下によることが牛においても確かめられた。

β -アゴニストの作用については、蛋白代謝 (Claeys ら 1987) や脂肪代謝 (Liu ら 1989)、エネルギー代謝 (Rikhardsson ら 1991) および内分泌的影響 (Beermann ら 1987) などについて研究がなされており、特にヨーロッパでは関心が高く、米国でも肉用家畜生産現場での技術としての応用に近い候補者と見なされているが、わが国ではまだ産業動物を使った実験自体が行われていない。

技術として実用化する前には当然動物体内への残留性が検討されるが、外因的に投与した β -アゴニストはこれ自体を体液や組織内で量的に測定するのが困難なため報告が極めて少ない。Byremら(1992)がホルスタイン種去勢牛にシマテロールを静脈より投与し、血液や尿中の濃度を測定した結果、血液中で半減期は2.5分、排除には54分を要すること、尿中への排泄は投与8時間後で投与量の18%が排泄されることが明らかにされている。

β -アゴニストは前述のように肥育仕上げ期の投与や子牛期の投与 (Bruckmaier と Blum 1992) などの成績が報告されておりこれらの試験における投与期間

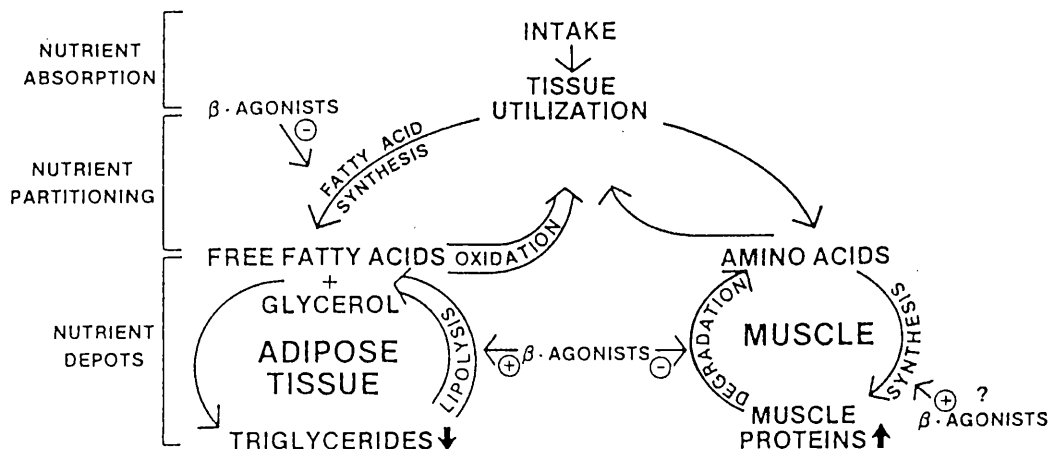


図3 β -アゴニストの脂肪・筋肉へのエネルギー分配転換の作用様式模式図
+ : 刺激, - : 抑制, ? : 推測 (Ricks ら, 1984)

は12-13週間程度までであった。子牛期から体重475 kg程度の仕上げ期までの57週間連続投与した場合の効果について検討した成績がChikhouら(1993 a, b)によって報告されている。4 ppmのシマテロール長期投与が増体や飼料効率に対する効果は肥育仕上げ期の短期間投与した成績と変わらず、枝肉形質や肉質にも12-13週間の短期投与の結果と変わらず、肥育開始時からのシマテロール長期投与にはメリットがないことが示されている。

2) クロム化合物

クロムには、インスリンの作用を増強する働きがあり、正常なグルコース耐性を維持する上で必須な重金属と考えられている。また、クロムには、蛋白合成、核酸や脂肪の代謝に係わりがある。豚の飼料に100-200 ppbのクロムを含むようにピコリン酸クロムの形で投与するとロース芯断面積と筋肉割合が増し、背部皮下脂肪が減少するという前に述べた β -アゴニストのようなエネルギー分配剤としての効果が認められている(Pageら1993)。ピコリン酸はクロムの吸収を助ける有機分子としての役割を果たしているが、牛へのクロム投与の試みにはアミノ酸とのキレート化合物や高含有クロム酵母(high-Cr yeast)などが使われている。育成牛に対するクロム化合物給与の効果は豚における生産性に対する効果とは違って、ストレス誘因性疾患の防止効果が検討されている(Moonsie-ShageerとD. N. Mowat 1993, Mowatら1993)。即ち、ChangとMowat(1992)は、フィードロットへの導入時における肥育素牛のストレスによる消耗防止にクロム化合物添加がオキシテトラサイクリンなどの抗生物質投与に代わって有効であるかどうかを検討した。その結果、ストレスを受けた肥育素牛はクロム欠乏状態になっており、これにクロムを0.4 ppm補給すると血清コルチゾール濃度が低下し、免疫反応が改善し、オキシテトラサイクリンの併用なしに増体や飼料効率の改善がみられた。同様のクロムの効果は妊娠末期や分娩、泌乳最盛期のストレス状態下にある乳牛でも確認されている(Burtonら1993)。

以上、飼料添加物栄養素利用過程の人為操作のための飼料添加物として二つの例を挙げたが、家畜の体内に取り込まれた飼料添加物は消化過程を通して吸収栄養素と共に体内で代謝されるので、その消長は他の栄養素と変わりがないが、その作用発現には内分泌機能の変化や生理化学的反応が関与している。

肉牛の栄養素利用過程の人為操作では性ホルモンの外因的投与による蛋白同化促進を狙った技術があり、普及している。この技術に使われている性ホルモンの多くはアンドロゲンとエストロゲン類で、これらは経口投与ではなく、皮下埋め込みによっている。飼料に混ぜて投与されているものはメレンゲステロールアセテートのみである。これらホルモン類には変異元性な

どの問題点があり、その取り扱い上の理由から経口投与ではなく耳根部埋め込みが主流となったものと考えられる。従って、この項で詳細の解説は省いた。

5. 肉質改善のための飼料添加物

肉牛における肉質改善とは肉色や肉のきめとしまり、脂肪の質と色および脂肪交雑などの向上を指しており、これらは飼料添加物の利用のみで改善が期待できるものではなく、加齢や飼料の質あるいは遺伝的要因により大きく影響を受けている。現在肉質改善のための飼料添加物として考えられるのは、筋肉内脂肪蓄積を目的としたエネルギー補給のための脂肪酸Ca添加、獣脂添加、肉色改善を狙ったビタミンE(α -トコフェロール)添加などが挙げられる。

ビタミンEには抗酸化作用があり、肉のメトミオグロビン形成や脂肪の酸化を抑制する効果があることが知られている(Arnoldら1993, Mitsumotoら1992)。ホルスタイン種去勢牛や肉専用種肥育牛におよそ8カ月間ビタミンEを1日当たり500-2,000 IUを α -トコフェロールの形で投与すると、その小売り肉は、脂肪酸化が抑制され、肉色の腿化が遅くなることがArnoldら(1993)によって示されている。通常の肥育牛用飼料でもおよそ80-110 IUは含まれていると思われるが、屠殺前1, 2カ月間の短期間に1,100-1,200 IUを投与すると肉色や脂肪の酸化について長期間投与と同様な結果が得られている(Arnoldら1992)。このようなビタミンEの効果は、筋肉中のビタミンE含量が α -トコフェロール量で3.5 mg/kg以上あることが必要で、これは屠殺後の筋肉に添加してもその効果は得られず、生体に投与することに意味があるらしい。また、ビタミンE投与により肉の固さを表すSV値は変化せず、ドリップロスは減少することが知られている(Mitsumotoら1995)。

ホワイトヴィール(子牛肉)はわが国では余り馴染みがないが、肉色が淡紅色であることが大事で、子牛は生後150日程度で屠殺するまでの間ミルクのみ或いは鉄分を含まない特殊飼料を給与され鉄製のペンには入れないという飼養で育てられる。Pommierら(1992)は、通常の子牛育成用飼料に飼料中の鉄とCaキレート化合物を作らせるためにCa-EDTAを添加して、肉色を淡くみせる試みをホルスタイン雄子牛に行った。その結果、飼料中の鉄分1 mg当たり30-60 mgのCa-EDTAを投与して、増体成績や飼料効率などを低下させることなく肉色を淡化させることができたことを示した。

わが国の牛肉の格付けは脂肪交雑重視で、生産者はそのために皮下脂肪が厚くなることを止むを得ないとする傾向があり、脂肪の載りやすい飼料構成になっている。乳牛にバイパス油脂などを添加してエネルギー補給を行うと乳量や乳脂率の向上が期待されるという

報告が多くみられるが、肥育牛に脂肪酸 Ca などのバイパス油脂を添加した試験成績の結果は必ずしも一致していない。黒毛和種肥育牛の仕上げ期に 1 日 200 g ずつ給与して BMS や肉色などの肉質が向上したという成績がある一方で (近藤ら 1993), 蛋白質含量の高い Kline 大麦又はコーン主体の飼料に脂肪酸 Ca を乾物中に 4% 添加する試験を 50 日行って, 増体や採食量, 飼料効率に改善はみられないという報告がある (Hill と West 1991)。

6. ま と め

最初に述べたように家畜の飼料添加物は多目的・多種類あり, これまでに述べてきた肥育牛に投与される飼料添加物はその一部に過ぎない。多くの飼料添加物は, 飼料エネルギーの利用性の調節に関する作用をして家畜の生産性向上に貢献している。しかしながら, 肉質改善を目的とする添加物においても, わが国の肉質基準で重要な位置を占める脂肪交雑を向上させる添加物はまだ出現していない。最近, 特に和牛の脂肪交雑向上のためにビタミン A の不給が話題に上っており, いわば負の添加と言うことになるが本稿ではこれに触れなかった。その理由は, 脂肪細胞の増殖・分化過程における脂肪前駆細胞から脂肪細胞への分化抑制因子の一つがビタミン A であることがその理由の一つであるらしいことが *in vitro* で示されている。また, 近年いわゆる EM 菌の活用が盛んに取り上げられているが, その種類も効果も多様であり, その利用実態, 作用機作については, その効果と話題性に比較して, まだ情報量は多くない。従って, 総説は稿を改めるべく残されている。

文 献

- Arnold, R. N., K. K. Scheller, S. C. Arp, S. N. Williams, D. R. Buege and D. M. Schaefer (1992) Effect of long- or short-term feeding of alpha-tocopheryl acetate to Holstein and crossbred geef steers on performance, carcass characteristics and beef color stability. *J. Anim. Sci.*, **70**: 3055-3065.
- Arnold, R. N., K. K. Scheller, S. C. Arp, S. N. Williams and D. M. Schaefer (1993) Dietary alpha-tocopheryl acetate enhances beef quality in Holstein and beef breed steers. *J. Food Sci.*, **58**: 28-33.
- Beermann, D. H., W. R. Butler, D. E. Houge, V. K. Fishell, R. H. Dalrymple, C. A. Ricks and C. G. Scanes (1987) Cimaterol-induced muscle hypertrophy and altered endocrine status in lambs. *J. Anim. Sci.*, **65**: 1514-1524.
- Branine, M. E. and M. L. Galyean, (1990) Influence of grain and monensin supplementation on ruminal fermentation, intake, digesta kinetics and incidence and severity of frothy bloat in steers grazing winter wheat pasture. *J. Anim. Sci.*, **68**: 1139-1150.
- Bruckmaier, R. M. and J. W. Blum (1992) Responses of calves to treadmill exercise during beta-adrenergic agonist administration. *J. Anim. Sci.*, **70**: 2809-2821.
- Burton, J. L., B. A. Mallard and D. N. Mowat (1993) Effects of supplemental chromium on immune responses of periparturient and early lactation dairy cows. *J. Anim. Sci.*, **71**: 1532-1539.
- Byrem, T. M., T. F. Robinson, Y. R. Boisclair, A. W. Bell, W. S. Schwark and D. H. Beermann (1992) Analysis and pharmacokinetics of cimaterol in growing Holstein steers. *J. Anim. Sci.*, **70**: 3812-3819.
- Chang, X. and D. N. Mowat (1992) Supplemental chromium for stressed and growing feeder calves. *J. Anim. Sci.*, **70**: 559-565.
- Chen, C. and J. B. Russell (1990) Effect of monensin and a protophore on protein degradation, peptide accumulation, and deamination by mixed ruminal microorganisms *in vitro*. *J. Anim. Sci.*, **69**: 2196-2203.
- Chikhou, F. H., A. P. Moloney, P. Allen, J. F. Quirke F. H. Austin and J. F. Roche (1993)^a Long-term effects of cimaterol in Friesian steers: 1. Growth, feed efficiency and selected carcass traits. *J. Anim. Sci.*, **71**: 906-913.
- Chikhou, F. H., A. P. Moloney, P. Allen, R. L. Joseph, P. V. Tarrant, J. F. Quirke, F. H. Austin and J. F. Roche (1993)^b Long-term effects of cimaterol in Friesian steers: 2. Carcass composition and meat quality. *J. Anim. Sci.*, **71**: 914-922.
- Christiansen, M. L. and K. E. Web, Jr. (1990) Intestinal acid flow, dry matter, starch and protein digestibility and amino acid absorption in beef cattle fed a high-concentrate diet with defluorinated rock phosphate, limestone or magnesium oxide. *J. Anim. Sci.*, **68**: 2105-2118.
- Claeys, M. C., D. R. Mulvaney, F. D. McCarthy, M. T. Gore, D. N. Marple and J. L. Sartin (1989) Skeletal muscle protein synthesis and growth hormone secretion in young lambs treated with clenbuterol. *J. Anim. Sci.*, **67**: 2245-2254.
- Fontenot, J. P. and H. M. Huchette (1993) Feeding sorbitol alone or in combination with monensin to finishing cattle. *J. Anim. Sci.*, **71**: 545-551.

- Galyean M. L., K. L. Malcolm and G. C. Duff (1992) Performance of feedlot steers fed diets containing laidlomycin propionate or monensin plus tylosin and effects of laidlomycin propionate concentration on intake patterns and ruminal fermentation in beef steers during adaptation to a high-concentrate diet. *J. Anim. Sci.*, **70**: 2950-2958.
- Geesink, G. H., F. J. M. Smulders, H. L. J. M. van Laack, J. M. van der Kolk, Th. Wensing and H. J. Breukink (1993) Effects on meat quality of the use of clenbuterol in veal calves. *J. Anim. Sci.*, **71**: 1161-1170.
- Hall, K. L., A. L. Goetsch and L. A. Forster, Jr. (1990) Effects of buffer or DL-methionine with different amounts of supplemental corn on feed intake and nutrient digestion by Holstein steers consuming bermudagrass hay. *J. Anim. Sci.*, **68**: 1674-1682.
- Harmon D. L., K. K. Kreikemeier, and K. L. Gross (1993) Influence of addition of monensin to an alfalfa hay diet on net portal and hepatic nutrient flux in steers. *J. Anim. Sci.*, **71**: 218-225.
- Hill, G. M. and J. W. West (1991) Rumen protected fat in kline barley or corn diets for beef cattle: Digestibility, physiological and feedlot responses. *J. Anim. Sci.*, **69**: 3376-3388.
- 近藤郁夫, 三浦佳昭, 八木郁哉, 山田友行 (1993) 肥育牛に対するバイパス油脂 (脂肪酸カルシウム) の効果 肉用牛研究会報 **56**: 13-14.
- Leventini, M. W., C. W. Hunt, R. E. Roffler and D. G. Casebolt (1990) Effect of dietary level of barley-based supplements and ruminal buffer on digestion and growth by beef cattle. *J. Anim. Sci.*, **68**: 4334-4344.
- Liu, C. Y., J. L. Boyer and S. E. Mills (1989) Acute effects of betaadrenergic agonists of porcine adipocyte metabolism in vitro. *J. Anim. Sci.*, **67**: 2930-2936.
- Mitsumoto, M., R. G. Cassens, D. M. Schaefer, R. N. Arnold and K. K. Scheller (1991) Improvement of color and lipid stability in beef longissimus with dietary vitamin E and vitamin C dip treatment. *J. Food Sci.*, **56**: 1489-1492.
- Mitsumoto, M., R. N. Arnold, D. M. Schaefer and R. G. Cassens (1995) Dietary vitamin E supplementation shifted weight loss from drip to cooking loss in fresh beef longissimus during display. *J. Anim. Sci.*, **73**: 2289-2294.
- Mowat, D. N., X. Chang and W. Z. Yang (1993) Chelated chromium for stressed feeder calves. *Can. J. Anim. Sci.*, **73**: 49-55.
- Moonsie-Shageer S. and D. N. Mowat (1993) Effect of level of supplemental chromium on performance, serum constituents and immune status of stressed feeder calves. *J. Anim. Sci.*, **71**: 232-238.
- 西埜 進 (1983) 反芻家畜用飼料への緩衝剤の添加 日畜北海道支部会報 **25**: (2)16-26.
- 小野浩臣 (1985) 肉用牛の発育促進・肥育用剤の応用と問題点(14) 畜産の研究 **39**: (12)84-88.
- 小野浩臣 (1986) 肉用牛の発育促進・肥育用剤の応用と問題点(15) 畜産の研究 **40**: (1)76-80.
- 小野浩臣 (1986) 肉用牛の発育促進・肥育用剤の応用と問題点 (17-20) 畜産の研究 **40**: (4)99-103, (5)95-100, (6)92-96, (8)83-88.
- Page, T. G., L. L. Southern, T. L. Ward and D. L. Thompson, Jr. (1993) Effects of chromium picorinate on growth and serum and carcass traits of growing-finishing pigs. *J. Anim. Sci.*, **71**: 656-662.
- Parrot, J. C. J. M. Conrad, R. P. Basson and L. C. Pendlum, (1990) The effect of a monensin ruminal delivery device on performance of cattle grazing pasture. *J. Anim. Sci.*, **68**: 2614-2621.
- Pommier, S. A., C. Vinet and B. Lachance (1992) Effect of Ca-EDTA on performance, blood parameters and muscle color of grain-fed Holstein veal calves. *Can. J. Anim. Sci.*, **72**: 41-50.
- Raun, A. P., C. O. Cooley, E. L. Porter, R. P. Rathmacher and L. F. Richardson (1976) Effect of monensin on feed efficiency of feedlot cattle. *J. Anim. Sci.*, **43**: 670-677.
- Reynolds, W. K., C. W. Hunt, T. Moen and J. A. Loesche (1993) Comparison of corn and barley with and without ruminal buffer in supplements fed in wheat straw-based diets to beef steers. *J. Anim. Sci.*, **71**: 1326-1334.
- Ricks, C. A., R. H. Dalrymple, P. K. Baker and D. L. Ingle (1984) Use of a beta-agonist to alter fat and muscle deposition in steers. *J. anim. Sci.*, **59**: 1247-1255.
- Rikhardsson, G., K. A. Jhonson and D. E. Jhonson (1991) Effects of cimaterol on energetics and carcass characteristics of suffolk ewe lambs. *J. Anim. Sc.*, **69**: 396-404.
- Stock, R. A. M. H. Sindt, J. C. Parrot and F. K. Goedeken, (1990) Effects of grain type, roughage level and monensin level on finishing cattle performance. *J. Anim. Sci.*, **68**: 3441-3455.
- 須田久也・日高 智・工藤英彦・左 久・岡田光男 (1993) ホルスタイン種去勢育成牛の飼料利用性, 第一胃内溶液および血液性状に及ぼすサリノマイシン

- 投与の影響. 日畜会報, **64**: (4)395-402.
- Wheeler T. L. and M. Koohmaraie (1992) Effects of the β -adrenergic agonist L644, 969 on muscle protein turnover, endogenous proteinase activities, and meat tenderness in steers J. Anim. Sci., **70**: 3035-3043.
- Yang, C. J. and J. B. Russell (1993) The effect of monensin supplementation on ruminal ammonia accumulation in vivo and the numbers of amino acid-fermenting bacteria. J. Anim. Sci., **71**: 3470-3476.
- Zinn, R. A. (1991) Comparative feeding value of steam-flaked corn and sorghum in finishing diets supplemented with or without sodium bicarbonate. J. Anim. Sci., **69**: 905-916.
- Zinn, R. A. and J. L. Borques, (1993) Influence of sodium bicarbonate and monensin on utilization of a fat-supplemented, highenergy growing-finishing diet by feedlot steers. J. Anim. Sci., **71**: 18-25.