

牛の胃袋の秘密

— 第一胃の巧妙な機能に魅せられて —

人間や豚などは一個の胃しかもないが、牛・メン羊・山羊などの動物は四個の胃をもっている。前者を単胃動物と呼ぶのに対して、後者を反芻動物と呼び、他にキリン・シカ・カモシカ・ヤクなどの動物が相当する。

反芻動物の胃の構造を図1に示すが、もっとも大きい胃を第一胃と言い（英語でルーメンと呼ぶ）、胃全体の容積の八〇%を占めている。体重が六〇〇kg以上の大型の牛では第一胃の容積は二〇〇リにも及び、言わばドラム缶一本の容積に相当する消化器を付け備えている事になる。この第一胃は食道の一部が動物の成長に伴って発育した

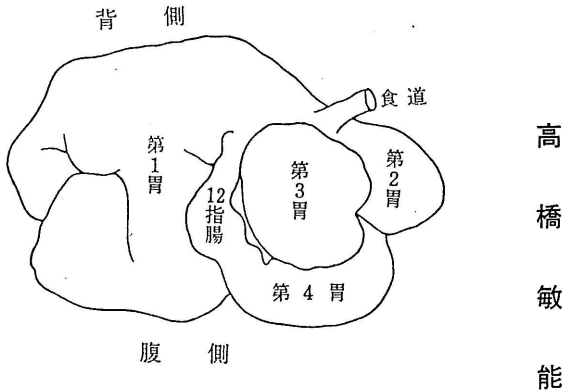


図1. 牛の胃の構造

(藤野安彦, 家畜生化学, 156, 産業図書, 1968)

胃で、その発育は給与された飼料と密接な関係がある。子牛に粗飼料（牧草や稲ワラなどの繊維性物質を多く含む飼料）を多く給与すると胃の発育が促進することが知られている。子牛の育成期に第一胃を発達させることが大きくなってから粗飼料の利用を高めるために実際面で重要なポイントとなる。この第一胃液1mlの中には約一〇〇万個の原生動物（プロトゾア）と約十億個の細菌（バクテリア）が存在していて、宿主である家畜と実に巧妙な共生関係が成り立っている。即ち、人間や豚などの単胃動物では消化され難い粗飼料中に多く含まれる繊維性物質を反芻動物では第一胃内で微生物が栄養素として利用する一方で、揮発性脂肪酸（VFAと呼ぶ）を発酵する（聞きなれない専門用語の使用を出来るだけ避けたいが牛の胃袋について語るときVFAを使わないと話が進まない）のでこの略語の使用を敢えて許していただく）。この第一胃内で発酵するVFAには酢酸（いわゆる“酢”）が最も多く、次いでプロピオン酸、酪酸の順となっており、発酵後直ちに第一胃から吸収される。生きていくのに必要な主要なエネルギー源は単胃動物ではぶどう糖であるのに対して反芻動物ではVFAであることも大きな相違点である。また、未発酵の繊維飼料はより分けられて口に吐き出され、もう一度かみ直されて再びのみ下される反芻行動がおき、反芻動物の第一胃では化学的・物理的にも効率的な消化作用を営んでいることになる。

動物が採食して第一胃内で急速にVFAの生産が増量すると、第一胃液のpHが低下して、動物に異変が生ずることが想像される。しかし、実際には第一胃内溶液のpHは六・七・五と比較的中性に近く一定の範囲にとどまっております、動物に異変を来すことは通常の飼料を食わせている限りでは

ない。この採食後の第一胃液^{pH}の低下を抑えているのが「唾液」であり、その一日の分泌量は人間で約一・五^{リットル}であるのに対して牛は約五〇〜一〇〇^{リットル}分泌する。体重当りで牛は人間の実に約五倍に相当する唾液量を分泌していることになる。この唾液の分泌量の違いに付け加えて無機成分も大きくなっている。即ち、人間では食塩(NaCl)が主成分になっているのに対して牛では重碳酸ソーダ(NaHCO₃)であり、反芻動物の唾液は^{pH}が八以上と人間より高く、アルカリ性をなしていることがVFA発酵により低下した^{pH}を中性に房すのに好都合なのである。このように反芻動物の唾液は飼料を湿潤にして消化し易くする働きの他に、第一胃内の環境が急に変わってもそれを修正することも重要な働きになっている。

家畜が健全に成長して経済動物として利用することが出来るためには適切なる飼料成分を含んでいることが必要である。その成分の一つに必須アミノ酸がある。必須アミノ酸は動物体内で合成できないので、豚や鶏などではアルギニン・ヒスチジン・リジンなどの必須アミノ酸をどうしても飼料として摂取する必要がある。ところが、牛や羊などの反芻動物では飼料中の蛋白質や非蛋白質窒素化合物(蛋白質中には窒素を約十六%含むが、飼料中に蛋白質を構成しない窒素を含む)は第一胃内でアミノ酸やアンモニアに分解され、さらに微生物はアミノ酸やアンモニアを微生物蛋白質に変えて第四胃以降へ移行し消化される。微生物蛋白質は必須アミノ酸を含んでいるので反芻動物では単胃動物のように飼料中に必須アミノ酸を必要としない。実際に非蛋白質窒素化合物である尿素が市販の配合飼料に利用されているのはこの理由からである。

三大栄養素のもう一つに脂肪があるが、脂肪を構成している脂肪酸には大きく分類すると不飽和脂肪酸と飽和脂肪酸がある。不飽和脂肪酸は二重結合を含み、二重結合の数に比例して融点が低く軟らかい脂肪となる。通常の飼料中には二重結合を二個含むリノール酸、三個含むリノレン酸などの軟らかい不飽和脂肪酸に富んでいる。肥育された豚の場合、飼料中の脂肪酸の性質がそのまま豚の体脂肪に反映するために、いわゆる「軟脂豚」が問題となっている。「軟脂豚」は保存性が悪い、スライスなどのカット時の際ロスが出易いなどの理由から枝肉評価で格落ちする原因になり、生産者に大きな損害を与えることになる。一方、反芻動物では第一胃でこれまた奇妙な現象が起きている。前に述べた繊維性物質からVFAが発酵する際に水素が発生する。この水素が不飽和脂肪酸に出会うと二重結合がなくなつて飽和脂肪酸に変わつてしまう現象である。専門的に言うと「不飽和脂肪酸への水素添加」という現象が起きて飼料の軟らかい脂肪が硬い脂肪に変わつてしまうことになる。言い方を換えると牛では飼料の脂肪の性質に関係なく硬い体脂肪を生産するということになる。欧米人は牛肉を主食とするため日本人より動硬化症になり易いのは硬い脂肪が付いている牛肉を食べていることが一つの原因だと言う。このように牛肉と豚肉の脂肪は自然の節理に相反する脂肪に市場性があるという皮肉な結果となっている。

我が国における牛の生産は昭和三〇年代後半に入つて、従来までの農耕用の役牛として利用する形態から牛乳と牛肉生産の目的で利用する形態に変わり、現在ではその生産量が飛躍的に延びた。その目的のために経済動物として牛を飼っている限り、いつの時代でも種々の飼料を食わせて効率

的かつ良質の乳や肉を生産する必要があったことは言うまでもないことである。然るに、乳牛と肉牛では同じ牛牛であっても栄養生理面からみると牛乳と牛肉生産では基本的に全く対照的な生産様式なのである。即ち、飼料の栄養分を搾乳により牛乳という生産物を体外に放出する様式である一方、肉牛では飼料の栄養物を体内に蓄積する様式なのである。それ故に、乳牛では丸々太っている“肥満牛”は理に合わない牛であり、逆に当然のことながら肉牛で痩せているのは困った牛ということになる。

反芻動物の第一胃の生理についての多くの研究（ルミノロジーと呼ぶ）が第一胃で発酵するVFA組成の違いが牛の泌乳と肥育の生産性に大きく関与していることを明らかにしてきた。単胃動物と違って飼料中の炭水化物をVFAとして利用する牛では炭水化物中の繊維性物質が多いと酢酸の発酵比が高くなる。一方、穀類などの澱粉を多く含む濃厚飼料を多く食わせるとプロピオン酸の発酵比が相対的に高くなる。

表1. に粗飼料である乾草を食わせる割合を二八、三六、四九、五三%に変えた場合の第一胃のVFAのモル比と乳量・乳成分の關係がどうなっているかについての興味深い結果を示した。前述のように乾草の食わず割合を高くすると酢酸のモル比が高くなり、プロピオン酸の割合が低くなっている。また、乳量は四つの供試した飼料間に殆ど差がないが、乳脂率は乾草の食わせる割合を高くすると比例して高くなっている。現在牛乳の価格を決めるとき、乳脂率の高低が左右する査定方式がとられているが、乳脂率が〇・五%上がるとkg当りの単価が四円高くなる。また、乳脂率三・三%以下の

表1. 乾草の給与割合と乳量・乳質の関係

(WOODFORDら, J. Dairy Sci., 69:1035-1047. 1986)

項目	飼料	供試飼料, (乾物%)			
		28	36	45	53
乳量	(kg)	34.0	33.7	33.4	32.1
乳脂率	(%)	3.5 ^a	3.6 ^a	3.9 ^b	4.0 ^b
乳蛋白質率	(%)	3.5 ^a	3.1 ^b	3.4 ^a	3.4 ^a
体重	(kg)	650	653	656	660
VFAモル比	(%)				
酢酸		60.5 ^a	63.3 ^{ab}	66.2 ^{bc}	67.7 ^c
プロピオン酸		24.0 ^a	21.8 ^{ab}	19.0 ^b	18.0 ^b
酪酸		10.3	10.0	10.2	9.5
酢酸/プロピオン酸比		2.6 ^a	3.0 ^{ab}	3.5 ^{bc}	4.0 ^c

注 a, b, c 異符号間に有意差あり (P < 0.05)

場合は低脂肪乳として扱われ、引き取られず、生産者にとって大打撃を受けることになる。このように、酪農経営にとって乳量を上げることもあることながら、乳脂率を下げないことが生産上重要なことになる。そのためには、繊維性物質を多く含んだ草類を多く食わすことが必要だということが理解できよう。

一方、牛肉生産の場合はどうであろうか？ 高級肉として知られている和牛の枝肉単価は、評価が並で一、八〇〇円、極上で三、〇〇〇円と一、二〇〇円もの差がある。枝肉とは生体から内臓・皮・頭・血液などを除いた実際の食用になる肉が含まれている部分で生体重の約六〇%を占める。仮に、六〇〇kgで肉牛を出荷した場合、生産価格が並で六四八、〇〇〇円、極上で一、〇八〇、〇〇〇円と四三二、〇〇〇円の莫大な差が生ずる。この枝肉を評価するとき決定的に左右するのが口

ースの芯に付く、いわゆる“霜降り”と言われる肉眼で見える脂肪の点在度合である。このように、牛乳・肉生産とも重要なポイントの一つになっているのが脂肪であることは間違いないようである。著者の行った実験でプロピオン酸をメン羊に人工的に食わすと筋肉中の脂肪含量を増加させ、しかも体脂肪を軟らかくした。表2・に示したように、プロピオン酸を食わすと筋肉中の脂肪含量が八・五%、酢酸を食わすと六・八%と基礎飼料だけ食わすことより二倍以上の脂肪含量になっていた。また、筋肉中脂肪の脂肪酸組成でもプロピオン酸を食わせた場合、軟らかい不飽和脂肪酸であるオレイン酸が五〇・三%、融点が四〇・三℃と軟らかい脂肪を作っている。

以上の泌乳と肥育現象を少し解析してみよう。少々窮屈な話になると思うが、我慢していただきたい。(牛の栄養生理を論ずるとき単なる現象論

表2. メン羊にVFAを食わせたときの筋肉の化学成分
(高橋ら, 日畜会報, 56:711-719, 1985)

項目	飼料	プロピオン酸添加	酢酸添加	無添加
一般成分	(%)			
水分		71.0a	71.9a	74.0b
粗蛋白		18.6a	19.2ab	20.4b
粗脂肪		8.5a	6.8a	3.5b
粗灰分		0.9a	1.0a	1.2b
脂肪酸組成	(%)			
パルチミン酸 (C16:0)		23.1a	25.0a	21.3b
ステアリン酸 (C18:0)		14.1a	20.4b	21.8b
オレイン酸 (C18:1)		50.3a	45.8b	48.3a
融点	(℃)	40.3a	42.3b	42.0b

注 a, b 異符号間に有意差あり (P < 0.05)

では不十分であり、何故こうなるかという裏付けが必要であると思うからである。

人や豚の単胃動物の体脂肪を作る主な物質はブドウ糖であるのに対して、牛やメ羊の反芻動物は酢酸であることはよく知られている事実である。それ故に、泌乳の際の乳脂肪にしろ、肥育の際の“霜降り”にしろそれらの脂肪を生産するために第一胃で発酵する酢酸が必要であることは言うまでもないことである。然るに、栄養物を泌乳の際の体外に放出する様式と肥育の際の体内に蓄積する様式の違いが生じてくるのか？この現象の違いを説明するのに都合のよい“インシュリン”なるホルモンをあげる必要がある。

乳牛の場合は妊娠・分娩・泌乳という繁殖生理の一環として牛乳生産の変化を捕らえることも大事であるが、牛乳の先産量が最大に達する時期（分娩後約四〇日頃）のインシュリンの分泌が減少する。一方、肥育牛の場合インシュリンの分泌が促進すると体脂肪量を増加させる。また、インシュリンは体脂肪中の不飽和活性化酵素を刺激して体脂肪を軟らかくする働きがある。このように、二つの生産様式を巧みに操り演じているインシュリンであるが、このホルモンの分泌を刺激するのがプロピオン酸なのである。飼料中の炭水化物をVFAとして利用する反芻動物では、第一胃から吸収されたプロピオン酸から肝臓でブドウ糖に変えられて血液中に現れる。このブドウ糖がインシュリンの分泌を刺激するのである。

最後に本講座のメインテーマである「庄内の農業・食糧を考える」に標準を合わせてみよう。我が国の農業は米の過剰対策が農政の重要問題になって十数年経過した。昭和六二年度から「水田農

業確立対策」がスタートし、庄内のみならず他作物生産のために水田利用が期待されている。その中で飼料作物生産がその主要な作物として注目されるが、我々は一つの仮説を考えて実験を実施中である。水田に粗飼料（具体的にはデントコーン）を栽培し、その飼料としての有効利用を画るためにプロピオン酸を飼料に添加して食わせるという実験である。その狙いは、牛は繊維性物質に富む粗飼料を牛肉生産に利用できるという従来までの興味と併せて、プロピオン酸を食わすことによりその産肉面での有効利用を実証したいというのが骨子である。

私の仕事の経過から、ある意味では偏見を持って反芻動物の第一胃とそれに関連する機能について書いたような気がする。それ故にかなり強引な推論も含まれており、必ずしも的を得ていない所があるかも知れない。これらについて、御意見などをいただければ幸いである。また、第一胃の機能に加えて第二胃・第三胃と人間の胃に相当する第四胃の機能についても忘れてはならないだろう。

参考文献

1. 梅津元昌編、「乳牛の科学」農文協（一九六六）
2. 藤野安彦、「家畜生化学」産業図書（一九六八）
3. 山本 清、「ホルモンと脂質の代謝」共立全書（一九八二）
4. 津田恒之、「家畜生理学」養賢堂（一九八二）

5. 津田恒之他編、「畜産ハンドブック」講談社（一九八四）
6. 津田恒之・柴田章夫編、「新乳牛の科学」養賢堂（一九八七）