

家畜飼養面から見た望ましい飼料作物の特性

北海道農業試験場草地部

飼料調製研究室長

名久井

忠

1 はじめに

家畜を飼養する場合、いつ、どのような飼料を与えるかによって、飼料効率に大きな差が生じる。産乳の場合は乾乳期から泌乳前期に、また、産肉の場合には肥育後期に給与する飼料によって効率に差が出ると言われている。とりわけ、反芻動物では粗飼料の質が決め手になると言われる。本稿では、家畜の側から見て飼料作物はどうあってほしいのかという観点から考えてみたい。

2 反芻家畜が求めるエサの条件

(1) エネルギー、粗蛋白質の栄養要求量

表1に牛が1日に維持と生産に要する飼料の養分濃度を示した。乳牛は肉牛に比べ、エネルギー、蛋白質、Ca、Pの要求量が多く、生産においてはADF等の繊維含量を多く必要とすることが特徴である。そして、これらの養分濃度を満たすことにより、理論的には牛を飼うことが可能

といえる。しかし、実際には難しい。なぜか？ それは牛が反芻胃を持っているからである。

(2) 粗飼料、特に繊維成分の消化と物理性

牛は摂取した飼料の大半を第一胃（ルーメン）で消化すると言われる。中でも繊維質の消化には第一胃特有の機能をもっていて、摂取した繊維の60～70%をルーメン発酵により分解し、残りの30%程度を小腸および回腸で消化すると言われる。このように大きな発酵タンクを備えた動物が牛である

表1 維持および生産に要する飼料の養分濃度

家畜	TDN	粗蛋白質	ADF	Ca	P	ビタミンA	乾物量	備考
		%	%	%	%	I.U.	kg/日	
維持 乳牛	60.4	7.8	18.0	0.28	0.25	4000	7.5	
維持 肉牛	51.0	7.6	18.0	0.25	0.26	4000	7.5	
生産 乳牛	71.0	15.0	21.0	0.54	0.38	3200	19.2	30kg/day
生産 肉牛	65.0	7.8	12.0	0.25	0.20	3600	10.3	0.8kg/DG

日本飼養標準(1987), NRC(1978)より

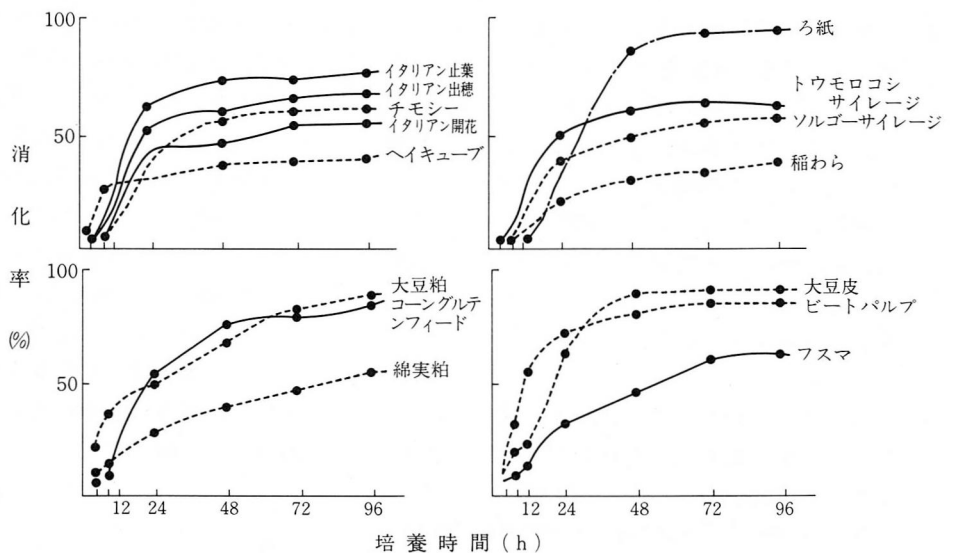


図1 人エルーメン法によるICWの消化パターン(阿部啓之ら, 1987 <未発表>)

る。

飼料の消化の程度は滞留時間、粉碎の程度、溶解度、微生物の活性などの諸要因によって変動する。そこで人工ルーメン法による各種飼料の細胞膜物質の消化パターンを農水省畜試の阿部ら（未発表）が検討しているの、図1に示した。飼料の種類によって消化速度、消化率が特異的に変化することが示されている。例えば、稲わらの場合は96時間経過しても50%に達しないが、トウモロコシサイレージでは24時間で50%に達する。また、イタリアンライグラスの止め葉期では16時間程度で50%に達することが認められている。配合飼料についても、それぞれ特徴が見られ、大豆粕、コーングルテンフィードに比べて、綿実粕、フスマが相対的に消化が遅く、かつ、低いことが示されている。高泌乳牛への給与において、繊維質の消化が良い良質粗飼料が必要とされるが、ルーメンでの消化から見ると、消化率が高く、かつ、消化速度が早い飼料と言うことが出来る。粗飼料が持つもう一つの役割は物理性である。長い繊維が持っているゴワゴワした性質は粗飼料の物理性と呼ばれ、ルーメンの運動を正常に保ち、唾液の分泌を促進するために重要である。

粗飼料の物理性を表わす尺度として、飼料の乾物1kgあたり咀嚼時間(採食時間+反芻時間)を基準にしたRVI(粗飼料指数)がSUDWEEKSによって提唱されているので、表2に示した。

$RVI(\text{分}/\text{kg. DM}) = 10.86 + 21.59 \times (\text{平均粒子の直径}/\text{mm}) - 1.91 \times (\text{乾物採食量, kg}) - 0.541 \times (\text{NDF}\%)$ として、直接咀嚼時間を測定せずとも計算できる。このことから、NDF含量が高く、切断長が長く、そして採食量が少ないほどRVIが高まることが示されている。例えば、消化率が低いエンバクわらは1kg当たり160分を要するが、これはRVI効果が高いことを示している。

乳牛に飼料を給与する場合、乳脂肪率を3.5%に保つにはRVIが31分以上必要とされ、最大の乳脂肪率を上げるには49.3分が適当といわれる。

(3) 採食量と飼料成分組成

乾物摂取量は粗飼料と濃厚飼料との比、飼料の品質、給与回数などにより影響されると言われるが、基本的には飼料の中身が重要である。飼料成

表2 主な飼料の粗飼料指数

飼料	咀嚼時間(分) /kg. DM
アルファルファ乾草	
長いまま	61.5
細切	44.3
ペレット	36.9
エン麦わら	
長いもの	160.0
粉碎、ペレット	18.0
オーチャードグラス	
早刈(一番刈)	74.0
遅刈(〃)	90.0
副産物	
ミカン粕	30.9±15.4
粉碎モミ殻	16.0
バカスペレット	18.0
サイレージ	
アルファルファサイレージ	26.0
トウモロコシサイレージ	
長切断	66.1
中〃	59.6
細〃	40.0
グラスサイレージ	99-120
ソルガムサイレージ	67.3
小麦サイレージ	68.9
濃厚飼料	
大麦粉碎	15.0
トウモロコシ粉碎	5.1
マイロ粉碎	11.0
ミネラル	0

Sudweeksら (1981)

分組成との関連では、細胞膜(CW)含量と密接に関係するとされ、飼料全体の中に36%程度が望ましいとされている。

こうしたなかでNDF(総繊維)含量から乾物摂取量を推定する式がMerten(1973)によって提案されている。

乾物摂取量(代謝体重当たりg/日) = $128.8 - 1.09 \times \text{NDF}\%$ の式により求められる。

この式を用いて体重600kgの牛について試算すると、例えばNDF57.4%の出穂期刈りのオーチャードグラスとNDF67.5%の開花期刈りを比べると、前者の乾物摂取量は7.8kgであるが、後者は6.4kgになる。一方、石粟も不消化のCW含量が重要な因子であるとし、飼料成分と採食量の関係を検討している。その結果、理論的には一日当たりの不消化CW摂取量が34g/kg^{0.75}(体重600kgの牛ではCW含量が60%のエサを6.87kg/日)まで飼料の採食が可能としている。

北海道農試草地部飼料調製研究室の篠田らも、粗飼料の種類と牛に給与した場合のNDFの消化性、採食性との関係を追及し、草種によって適正な含量が異なるという興味ある成果を得ている。以上見たように、飼料をいかにして合理的に牛に摂取させるかがポイントである。粗飼料について言えば、良質な繊維を牛の要求に応じて、上手に食べさせることが求められている。従って、飼料生産及び利用に係わる分野においては今後、家畜の採食量と結び付いた研究が強化されなければならないだろう。

(4) 有害物質の混入とその影響

家畜の健康を維持するためには、飼料中に有害物質があってはならない。ここでは最近問題にされている幾つかを取り上げてみたい。

a) 硝酸態窒素 ($\text{NO}_3\text{-N}$)

硝酸塩 ($\text{NO}_3\text{-}$) の致死量は動物の体重 1 kg 当たり 500 mg とされ、飼料中の濃度が乾物当たり 0.5% では障害がなく、1~2% で中毒 ($\text{NO}_3\text{-N}$ で 0.2%), 3% で危険と言われている (日本飼養標準・肉牛)。1987 年、北海道で育成牛が 16 頭中毒死したことが安宅によって報告されている。そのとき摂取した飼料 (イタリアンライグラス) の硝酸態窒素含量は 0.87% であり、青ヒユ等の雑草がかなり混入していた。飼料作物に堆きゅう肥を大量に施用して栽培すると $\text{NO}_3\text{-N}$ 含量が顕著に増加することが知られている。今後、高硝酸含量の飼料をどのようにして家畜に給与するかという問題の起ることが予想される。

b) 青酸

配糖体として植物の体内に含まれ、家畜の体内で加水分解を受けて猛毒の青酸を生じ中毒を起す。飼料作物ではソルガム、クローバ類、スーダングラス等で中毒の例がある。ちなみに人間の致死量は 0.06 g とされている。

c) アルカロイド

塩基性窒素化合物の総称であり、動物に対して特色ある生理作用がある。トリカブト、ツゲ、イチイ等の中毒が報告されている。ギンネムのミモシンによる脱毛作用は有名である。写真 1 は著者が東北農試で体験した羊の脱毛症である。ギンネムペレットを体重の 2% 前後摂取して、1 週間ほど

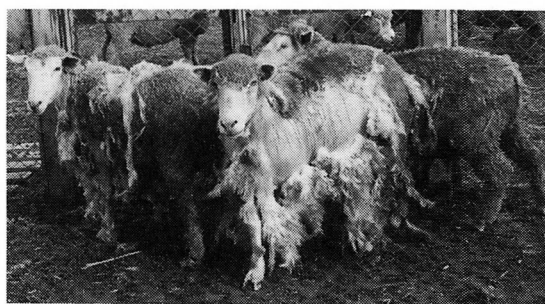


写真 ギンネムペレットを採食して脱毛が発生した羊

過ぎると症状が顕在化する。また、原らによると最近、ソルガムの立毛貯蔵において麦角アルカロイドが問題化していると言われる。

d) カビ毒

飼料を密封不完全に貯蔵するとカビが発生する。穀類には $10^2\text{--}10^4/\text{g}$ 、わら、乾草類には $10^4\text{--}10^5/\text{g}$ 程度発生することが多いと言われる。カビは家畜のみならず人間の健康にまで害を及ぼすことが知られている。カビが作る毒素をマイコトキシンと呼ぶ。主なカビ毒の害を表 3 に示した。

e) その他 (アンモニア中毒)

アンモニア処理が普及するにつれ、家畜の中毒が問題化してきた。crazy cow syndrome と呼ばれるように神経症状を呈する。中毒が発生する粗飼料は高品質で、乾物当たり 4% 以上のアンモニア処理したものに多いと言われる。稲わら、麦わら

表 3 変敗したサイレージに発生する有毒な代謝産物, 細菌類

有毒物質および微生物名	発生しやすい飼料	家畜への影響
マイコトキシン アフラトキシン Aaspergillus flavus 等の代謝産物。B ₁ , B ₂ , G ₁ , G ₂ 等の種類がある。	主として穀物に発生 トウモロコシサイレージ 高水分穀実	少量で死に至る。 B ₁ は酸の触媒で B _{2a} (1/200の毒性) に変化する。
バツリン A.clavatus, Penicillium Patulum 等によって生産される抗生物質。	トウモロコシサイレージ グラスサイレージ ソルガムサイレージ	牛に致命的
リステリア症 Listeria monocytogenes 菌によって起こる細菌感染	品質の悪いグラスサイレージに 168 日残存。	脳炎、流産等。
ボツリヌス中毒 Clostridium botulinum によって起こる	腐敗したサイレージ	進行性のマヒ、多量の流えん、死亡

などの低質で2~3%処理のものには中毒例が報告されていない。その原因物質はまだ明らかでないが、アルカロイドの一種とする報告もある。以上見たように、飼料生産における安全性の問題は、今後、更に重要性を増していくものと思われる。

3 飼料作物の栄養価とその評価

我が国における牧草、飼料作物の栄養評価は過去20年間にかなり蓄積され、その成果は日本飼料成分表(1987)に掲載されている。最近の円高により、濃厚飼料価格が低下した結果、飼料作物に求められるものは粗飼料としての繊維質に重点が移ってきた。そこで繊維に着目して考えてみたい。

1970年代に入ると、飼料の炭水化物の評価を、従来のNFE、粗繊維で行うことが妥当でないとする報告が内外から出てきた。その主な理由は、本来糖分などの成分として分画されるべきNFEの中に全く消化されないリグニン等が含まれており、分析法として欠陥を持つことが明らかになったからである。

こうした中で農水省畜試の阿部らは新しい飼料評価法を提唱した。その特徴は飼料の繊維質をセルラーゼという酵素で高消化性(Oa)と低消化性(Ob)に分画したことである。その評価法による各種飼料の分析値を表4に示した。飼料作物の持っている特性が明瞭に示されている。

いわゆる高泌乳牛飼養において求められている良質粗飼料を成分的に見ると、OCW含量が60%、そのうちOaとOb

の比が1:1.2程度で、OCW消化率が62%以上が望ましいと考えられている。

一方、良質な原料も調製条件によっては劣質な製品になることもある。そこで飼料の調製条件と栄養価の関係を表5に示した。サイレージは乾草に比べて糖含量が少なく、水溶性の窒素が多い。蛋白態窒素は乾草の2/3程度である。可消化養分では有機酸等が定量されるため、粗脂肪が多い。

表4 牧草類の各種成分含量

試料	有機物		NCW	粗蛋白	OCW		ADF	Ob中のリグニン%
	OCC	OCW			Oa	Ob		
イタリアンライグラス 1番草								
生育期(4月10日)	49.9	40.7	35.2	13.0	65.6	34.4	20.7	11
"(4月20日)	42.9	47.3	31.9	9.4	54.8	45.2	25.6	10
出穂前~出穂始(5月1日)	30.7	58.5	20.1	9.6	46.2	53.8	35.4	13
出穂期(5月13日)	26.7	61.8	18.3	7.6	38.5	61.5	37.7	13
出穂後期~開花(5月23日)	28.7	62.4	22.9	5.4	30.6	69.4	38.4	14
開花後(6月1日)	27.3	64.0	22.5	4.7	25.9	74.1	39.0	14
オーチャードグラス 1番草								
穂ばらみ前	34.1	56.2	17.9	12.9	53.0	47.0	30.3	12
穂ばらみ	31.2	58.4	13.5	15.5	48.6	51.4	32.0	11
出穂期	25.3	66.6	12.4	10.9	31.7	68.3	38.3	10
出穂後期	25.5	67.0	12.4	11.0	29.4	70.6	38.9	11
開花期	24.4	68.1	13.1	9.3	25.6	74.4	40.8	12
開花後	18.6	75.5	10.8	6.7	16.4	83.6	46.6	12
アルファルファ								
着蕾初期	46.7	42.9	20.4	25.7	38.7	61.3	30.6	24
着蕾期	40.5	50.7	18.3	21.3	34.7	65.3	37.1	25
開花初期	36.6	54.6	16.7	18.9	31.3	68.7	38.9	24
開花期	34.4	57.5	15.5	18.5	26.1	73.9	42.7	23
開花後	30.3	61.1	14.6	15.9	27.3	72.7	46.0	25
トウモロコシサイレージ(交4号)								
未乳熟	36.0	57.6	22.9	11.7	29.2	70.8	32.5	10
乳熟	41.9	52.5	30.1	10.4	28.4	71.6	28.6	10
糊熟	48.1	46.9	36.5	9.6	25.2	74.8	24.6	9
黄熟	51.0	43.7	39.4	9.1	22.0	78.0	22.4	9
スイートソルガムサイレージ								
乳熟	24.4	68.1	17.1	7.9	17.6	82.4	44.3	17
糊熟	33.3	59.6	28.7	6.8	17.3	82.7	38.1	18
黄熟	34.1	59.5	29.5	6.4	13.4	86.6	38.9	17
過熟	33.9	58.9	29.3	6.9	16.8	83.2	37.9	19

(阿部 1986)

表5 調製法の違いと飼料価値

	水分	飼料成分組成				可消化養分含量				
		粗蛋白質	CW	WSC	PN/TN	WSN/TN	粗蛋白質	CW	粗脂肪	TDN
キューブ	11	11	62	10	88	16	6.7 ^a	38.6 ^b	1.7 ^b	59.1 ^a
乾草	10	10	71	6	77	36	5.7 ^b	44.2 ^a	1.5 ^b	56.1 ^b
サイレージ	60	11	67	3	54	58	6.8 ^a	43.2 ^a	4.6 ^a	63.7 ^c

PN; 蛋白態窒素, WSC; 水溶性炭水化物, WSN; 水溶性窒素(北農試畑作部 1973)