

飼料の物理性を知って乳牛の生産性と健康をアップしよう

1 はじめに

流通飼料が高騰し、酪農家の方の経営を圧迫しています。これを少しでも緩和する方策の一つとして、給与飼料の栄養バランスを適正にして、効率よく牛乳生産することが挙げられます。牛乳栄養学の進歩により、鶏・豚等の家畜と同様、栄養素の要求量の精度は高まっています。しかし、他の家畜と異なり、ルーメンを有し、粗飼料、繊維を少なからぬエネルギー源として、またルーメン運動・発酵を維持するための物理性源として摂取しているため、飼料の物理性の必要量を求めることは、牛の飼養において必須の条件です。

しかし、この物理性に関する精度の高い定量的な測定や消化・吸収に与える定量的把握は、今後の研究が待たれる状況になっています。

このような中、実際に乳牛の飼料給与に当たり、飼料の物理性をどう捉え、効率よく牛乳を生産し、乳牛を健康にするか、これまでの知見に基づき考えてみたいと思います。

2 牛における飼料の物理性の必要性

仮に皆さんの牛に現在給与している飼料をすべて、ジューサーミキサーのような機械にかけ、流動食のようにして給与したらどうなるでしょうか？

牛は、反芻しなくなり、乳脂肪は下がり、種々の消化障害が生じるでしょう。

牛はたとえ単位エネルギー (TDN) 当たりの価格では割高であっても、牧草のような繊維含量が高い物理性のある飼料を給与しなければ、健康を保つ

ことができず、乳生産も上がらないという、ルーメン生理の宿命を持っています。

3 泌乳牛における給与飼料の物理性の必要量

日本飼養標準、あるいはNRC飼養標準でも物理性を把握する基準は示されていますが、定量的には不十分なところがあります。その中で、CNCPS、CPM Dairy等を出している、「有効NDF」(各飼料のNDF含量をその飼料粒度係数 (1.18mmの篩で残った割合) で掛けた値) を指標にすることを薦めます。この方式は、この飼料粒度係数を知っていれば、給与飼料の物理性を機械的に求めることができます (表1 参照)。

表1 主な飼料の有効NDF率

飼料名	有効NDF率 (pef)
ルーサンベレット	0.40
ルーサン乾草 (切断)	0.85
コーンサイレージ	0.80~0.90
メイズ圧片	0.60
大麦圧片	0.70
大豆粕	0.40
大豆皮	0.40
コーングルテンフィード	0.40
コーングルテンミール	0.48
フスマ	0.45
綿実	0.85

(CPM Dairy Ver 3 より)

この他に、サドウィークにより調査された各飼料の乾物当たりの咀嚼時間、RVI (Roughage value index) を使い、求めることができますが、残念ながら飼料全般の値が網羅されておりません。これまで、県等の協定試験で、これら指標の有効性を実際に給与試験を行い、採食・反芻時間、ルーメンpH・VFA、乳成分等を調べ、確認しておりますが、大

きな誤差はなく、物理性の指標として利用できると判断されています。

泌乳牛が実際に必要な「有効NDF」量は、国内外の報告で多少異なりますが、乾物給与量の22～27%です。

4 穀類の物理性の捉え方

圧片メイズと粉碎メイズでは、飼料成分に違いはありません。しかし、その形状の違いからルーメンに与える物理性は異なるでしょう。

実際、当方でも肉牛試験において長物粗飼料を与えない設定で、メイズ等の粉碎物を多くした場合、粉碎物がルーメンの半絨毛に付着して、障害を起こしていることを確認しています。しかし、乳牛では、粗飼料を摂取しているため、そのようなことは起きませんが、形状の違いによりルーメンでの蛋白、澱粉等の分解速度は異なり発酵パターンが違ってくるでしょう。ルーメンに与える物理性については、前述の「有効NDF」を使えば、形状の差による物理性の違いを数量化できることとなります。

5 食品副産物(エコフィード)の物理性の捉え方

飼料の中で飼料の繊維含量と物理性に大きな乖離があるのは、ビール粕、豆腐粕等の食品副産物(エコフィード)です。日本飼養標準等で示されている給与飼料の必要な繊維量の基準の一つにADF21%、NDF35%があります。しかし、ビール粕、豆腐粕の組み入れが多い場合には、この基準は適用で

きません。実際、表2の試験データ¹⁾に示されるように、長物乾草、濃厚飼料から成る一般的な飼料メニューでは、この基準どおりですが、粕多給方式については、給与飼料のNDFが45%あるにも関わらず、乾物摂取量、産乳量は高く、乳成分、飼料効率にも問題はありません。

表3に示されるように、當場での種々の粕類多給

表2 粕多給給与試験結果(平成10年度8都県畜産試験場協定試験)

	粕多給区	一般飼料区
【給与メニュー(乾物%)】		
粉碎とうもろこし(5mm)	15.1	30.4
大豆粕	0.0	9.8
グルテンフィード	12.1	1.1
フスマ	0.0	5.6
豆皮	2.2	1.1
綿実	0.0	5.9
ビートパルプ	16.1	7.6
チモシー	13.8	16.6
ルーサン乾草	7.6	17.4
トウフ粕	12.9	1.2
ビール粕	16.7	0.0
糖蜜、ビタミン、ミネラル	3.5	3.3
【栄養成分(乾物%)】		
TDN	76.9	76.7
粗蛋白	16.9	16.6
UIP/CP	39.9	36.1
ADF	21.4	20.4
NDF	45.0	35.7
粗脂肪	5.4	4.2
NFC	26.6	37.3
有効NDF	25.6	27.6
【給与結果】		
乾物摂取量(kg)	23.6	24.6
乳量(kg)	40.8	37.5
乳脂率(%)	3.84	3.82
乳蛋白率(%)	3.00	3.09
SNF率(%)	8.58	8.69
咀嚼時間(分/DMkg) ³⁾	29.0	29.6

- 1) 供試牛：各区16頭
- 2) 試験期間：分娩後15週間、上記データは15週平均
- 3) 分娩後15週ごろに48時間測定
- 4) ビール粕、豆腐粕は、乾燥したものを使用

表3 粕多給TMRの泌乳性、飼料効率

飼料成分(乾物%)	発酵TMR	発酵セミTMR+乾草等	TMR(ウエット飼料+乳配+乾草等)	TMR(ウエット飼料+乳配+乾草等)	参考：一般TMR(牧乾草+濃厚飼料、表2参照)
粕類(原物%)	47.4	46.2	29.1	25.1	-
TDN	70.4	70.3	71.9	71.7	76.7
CP	16.6	15.8	16.3	15.8	16.6
ADF	25.5	24.2	22.1	22.1	20.4
NDF	45.6	39.9	37.9	38.0	35.7
NFC	28.3	35.7	37.3	37.9	37.3
乳量(kg)	44.5	42.7	44.6	41.0	37.5
DMI(kg)	24.6	25.1	23.2	23.3	24.6
飼料効率 ³⁾	1.64	1.71	1.91	1.67	1.47

- 1) 供試牛：當場繁養泌乳牛、2産以上、分娩後5～110日までの飼養成績
- 2) 調査期間：平成14年6月～16年12月
- 3) 飼料効率：SCM乳量(12.3×乳脂量+6.56×SNF量-0.0752×乳量)÷DMI

でもNDFが高いにも関わらず、同様に乾物摂取量、乳量、飼料効率は劣っておりません。また、乳成分も標準的な値でした。

少なくとも、ビール粕、豆腐粕のような、粒度が小さく、繊維の消化性の高いものを多給した場合には、NDF45%までは、飼料効率に問題ない傾向です。尚、表には示していませんが、当場の粕類多給試験においてもNDF45%以上では、どうしても給与飼料のエネルギー含量が低くなるため、やや産乳性や飼料効率が落ちる傾向にありました。

6 粗飼料の物理性の捉え方

牧草等の粗飼料の物理性も「有効NDF」の数値化で示すことができますが、給与飼料の有効NDFが同じでも、種々の乳牛の反芻時間調査報告で明らかのように、粗飼料の切断長により反芻時間が異なり、反芻刺激量に差が見られていることから、現在の「有効NDF」だけでは、粗飼料の物理性の把握は、十分でないことも理解しておく必要があります。

7 泌乳牛の物理性の確保について

前述のNDF45%でも高泌乳が飼養できる事実や乳牛に必要な物理性は、概ね有効NDF量で把握できるということから、高泌乳牛でも、稲ワラなど低消化性の飼料が使えることは容易に推測できます。高泌乳牛では、稲ワラ、麦ワラは、牧草に比較して嗜好性や消化性は低く、飼料価値は低いように判断されていますが、本当にそうでしょうか？

高泌乳を支える技術として、一般に普及が進んで

いるのは混合給与（TMR）だと思います。TMR給与は、分離給与より、設計どおりに牛が採食してくれる確率は高くなるでしょう。TMR給与で選び食いを少なくするには、粗飼料の切断長や水分含量が重要なわけですが、これを適切にすれば、十分稲ワラ等のストロー類は高泌乳牛の粗飼料源として使えると思います。その前提は、ビール粕、豆腐粕、リンゴ粕、ビートパルプ、大豆皮等の繊維の消化性の高いものとの抱き合わせが必要です。表4は、この考え方にに基づきモデル的に示したものです。ルーサン、オーツ乾草乾物10kgの繊維の物理性、消化性は、稲ワラ、豆腐粕、ビール粕の組み合わせでほぼ同程度にできることを示しています。実際、このコンセプトに基づき、当社は、ストロー類と食品副産物（エコフィード）主体のウェット飼料を販売しております。

表5は、泌乳後半の牛にスーダン乾草ないし小麦ワラを長物粗飼料としたウェット飼料（粕類主体のサイレージ）のみを給与した時の給与結果を示しています。小麦ワラを組み込んだⅡタイプは、給与飼料のNDF含量が高いにも関わらず、乾物摂取量、乳量、乳成分にも違いはなく、また、飼料の物理性を示すRVIにも差はありません。本来ならば、NDFが高いⅡタイプの乾物摂取量が少なくなるはずですが、そうはなりません。これは、スーダン乾草に比較し小麦ワラの切断長が短くなっており、これが一因と考えられます。

8 有効NDFを活用した食品副産物、ストロー類給与による飼料費の低減策

前述の高泌乳牛に給与する飼料のNDFが45%、あるいはストロー類給与でも十分栄養充足ができる

表4 粗飼料源を乾牧草ないし「ストロー+粕類」にした場合の繊維の消化性及び有効NDFの比較

粗飼料源	給与量（乾物kg）	Oa給与量	Ob給与量	有効NDF量
ルーサン乾草	5	0.58	1.98	1.94
オーツ乾草	5	0.46	2.46	3.10
合計	10	1.04	4.44	5.04
稲ワラ	6	0.44	3.95	4.28
豆腐粕	2	0.33	0.64	0.15
ビール粕	2	0.33	0.78	0.46
合計	10	1.10	5.37	4.89

表5 長物粗飼料を小麦ワラとした場合の産乳成績

	ウェット飼料Ⅰタイプ		ウェット飼料Ⅱタイプ	
【配合内容（原物％）】	スーダン乾草	18%	小麦ワラ	15%
	ビートパルプ・ハイキューブ	15%	ビートパルプ・ハイキューブ	15%
	ビール粕・豆腐粕	67%	ビール粕・豆腐粕	70%
【飼料成分（乾物％）】				
乾物％	45.2		43.8	
粗蛋白質	15.4		14.8	
ADF	31.0		33.3	
NDF	53.5		58.4	
NFC	18.3		16.9	
【生産性】				
乾物摂取量（kg）	16.9		16.7	
乳量（kg）	17.7		19.1	
乳脂率（％）	4.07		3.96	
乳蛋白率（％）	3.32		3.22	
SNF率（％）	8.61		8.53	
【咀嚼】				
採食時間（24時間中％）	15.0		11.8	
反芻時間（24時間中％）	35.8		38.4	
RVI（分/kgDM）	43.9		43.8	

供試牛：当場分娩後7～10ヶ月のホルスタイン搾乳牛2頭
 試験期間：平成13年3月～5月
 試験方法：各供試飼料を1頭ずつ、2週間毎に反転して飽食給与

という事実は、都市近郊酪農の飼料費の低減に役立つと思います。

この飼料方式が成立する前提条件は、当チームの研究結果等から以下のとおりです。

- 1) 高泌乳牛の反芻刺激として必要なストロー類は、乾草類より嗜好性が悪いいため切断長を2～5cm程度にした上で、混合給与（TMR）として選び食いを防ぐ。

選び食いを少なくする方策は、TMRの水分を30～45％程度にする。その具体的方法としては、加水やビール粕、豆腐粕等の高水分の飼料と混合する。あるいは、当社ウェット飼料製品のような、ストロー類と粕類を混合し乳酸・アルコール発酵した飼料を組み入れる。

- 2) 一般に配合原料や単味飼料として流通していない粕類等の食品副産物（エコフィード）を多給し、高泌乳を維持するには、ストロー類の繊維からのエネルギー充足は低いことから、エコフィードはできるだけ繊維の消化率が高い物を優先して組み入れる。

エコフィードの繊維の消化性を見るには、酵素法によるOa、Ob分画を調べておくことで判断できる。

- 3) ビール粕、豆腐粕、醤油粕等の粕類は、油脂含

量が多いため、給与限界を知る上で大切な指標は、前述の繊維の消化性の他に、給与飼料の油脂含量の把握です。国・県等の試験報告や当方の粕多給試験等から判断し、無難なレベルは5.0％以下、給与飼料の蛋白分画等を考慮した場合には、5.5％程度までは可能です。

9 飼料の物理性と牛の産乳性、健康について

一般に粗飼料の不足で肉牛においても、乳牛においても、種々のルーメン機能障害を発生し、疾病に繋がるでしょう。しかし、肥育肉牛と泌乳牛では、満たさなければならない給与飼料の有効NDF量は大きく異なっています。日本では乳質基準の乳脂率3.5％をクリアしなければならないため、泌乳牛の給与飼料の有効NDFは高い設定になります。しかし、他国での事情は少し異なり、例えばイスラエルでは牛乳の脂肪率は、平均3.5％以下の低いものです。しかし、低脂肪だから、乳牛が皆、アシドーシスということではありません。

一般に泌乳牛のアシドーシスの原因は、採食から始まるルーメンの急激な発酵によるpHの低下が大きいわけであり、それを抑えるには、粗飼料給与や反芻刺激となる飼料の物理性が必要になります。しかし、NDFが45％以上の高繊維飼料を給与した場

合、澱粉等のNFC含量が少ないため、NFCが35～40%ある一般の飼料に比較してルーメンpHの変動が少ない可能性は十分あります。

当チームの粕類多給の試験においては、有効NDFが低く、RVIが30分/kgDM以下の反芻刺激が少ない場合でも、高NDF、低NFCのためか、糞性状も問題ない状態で、アシドーシスの兆候は認められず、乾物摂取量は、一般の飼料メニューより多い傾向にありました。乳脂率の取引基準が3.2%程度であれば、一般泌乳牛においても長期給与できる内容です。さらに最近の知見では、豆腐粕等の不飽和脂肪酸の多い飼料を給与した場合、牛乳中の共役リノール酸が増加するという報告²⁾もあり、粕類給与の付加価値はさらに高まる可能性があります。

乳脂率の取引基準が緩和されれば、アシドーシスや繁殖障害等の疾病を回避した中で、表2、3の粕多給方式の飼料メニューよりさらに長物粗飼料を減らすことは可能と判断しています。飼料設計としては、前述の基準に従い、油脂含量や澱粉含量を増やさず、可消化繊維量を増す設計にします。これにより、給与飼料の反芻刺激は少なくなりますが、繊維含量が増えるため、採食直後のルーメンpHの低下は緩和される可能性があるからです。

今後のエコフィード多給の研究の方向性としては、消費者ニーズが高まりつつある共役リノール酸や機能性成分の多い牛乳の作出に力をいれる時期に来ているのではないのでしょうか？

10 おわりに

乳牛の栄養に関して、一般に知られる5大栄養素(蛋白質、炭水化物、脂肪、ミネラル、ビタミン)の他に飼料の物理性を把握することが重要であり、またこの物理性の必要量は、乳成分基準値や給与飼料の栄養成分のバランスによって変わるものであることを述べてきました。

肥育肉牛、乳用育成牛、乾乳牛、泌乳牛のルーメン微生物叢や発酵状態は異なるでしょう。また草地酪農と当場のような「粕多給酪農」の牛でも異なる

でしょう。しかし、何れも場合でも、障害を起こすことなく健康に飼うことができます。

流通飼料が高騰する中、都市近郊酪農においても北海道と同様、高泌乳牛に購入した乾牧草を十分与えている、あるいは自家産の稲わらが十分あるのに夏場は消化が悪いので、給与しないなどの給与例が数多く見られます。これらは高泌乳の栄養生理上、理にかなってはいません。しかし、牛に最適な飼料メニューや栄養バランスは、前述したとおり、稲ワラなどのストロー類やウェットのエコフィード給与でも十分可能です。

牛は栄養摂取において、ルーメン微生物に多くを委ねています。ルーメンの世界では、その多様性により、飼料の物理性や栄養成分に適した微生物が主体となります。給与飼料の急変などなければ、牛の健康や生産性が維持できる物理性や栄養成分の幅は大きく、ルーメン発酵の恒常性も保たれるのです。そのため、高泌乳牛群でも、日本のような乳脂率4.0%近くの牛群もいれば、イスラエルのような乳脂率が平均3.2%の牛群もいるのではないのでしょうか？

ぜひ、今回紹介した「有効NDF」や繊維のOa、Ob分画を把握し、皆さんの牛群の飼料設計に応用し、飼料費の低減を実現していただければと存じます。

(参考文献)

- 1) 古賀照章：「高泌乳牛へのNDF45%飼料の給与法」(酪農ジャーナル2000年10月号)
- 2) 平成18年度九州沖縄研究センター研究情報
(「乾燥豆腐粕を活用した共役リノール酸高含量生乳生産」：福岡農業総合試験場)