

# 飼料摂取量の推定と制御についての一考察

岩手大学農学部

教授 中嶋 芳也



## はじめに

牛乳の高品質化と生産コストの低減化は一体なものであり、これらを乳牛飼養の技術戦略の基本に据えることに異論の余地はない。また、生産コストの低減は経営の健全化に加えて、当面の国際競争に耐え得るものでなければならない。そのため、土地の利用、飼養管理、飼料流通など多くの分野にわたる総合的な低コスト化、合理化が要求されている。

牛乳生産の低コスト化を図るための当面の有効な手段は高泌乳牛による高位生産であると考えられているが、それは、わが国の酪農環境からしてごく自然で常識的な考え方である。

一方、高泌乳牛の飼養には、飼料穀物の多給が不可欠であり、全飼料給与量も増加させなければならないので、飼料穀物はもちろんのこと粗飼料さえも輸入に依存する傾向が強くなりつつある現状からして、高泌乳による低コストの方策は国土の有効利用の視点からみて問題であるとの指摘がある。いずれにせよ、高泌乳傾向は、乳用群の泌乳能力の改良や飼養技術の発展に伴って、今後も確実に進行することが予想される中で、それに対応できる高泌乳牛の飼養技術の一層の高度化が望まれている。

森地氏は、「酪農に関する新技術の現状と今後の展開方向」と題して、育種、繁殖、生理、栄養・飼料、管理技術、利用の各分野における牛乳生産に関する新技術と今後の課題、展開方向について広範囲に示唆に富む内容を明解に述べておられる。

その中で、氏は栄養・飼料分野における新技術とその展開方向の一つとして高泌乳対応飼料給与技術を取り上げ、この分野で特に期待され、解決されなければならない最も重要な新技術とは何かについて次のように述べておられる。

「育種改良と繁殖技術によって高められた乳量、乳質の資質に優れた高能力牛は、適正な管理と飼料給与によって、はじめて高泌乳生産が実現し、低コスト・高品質牛乳生産が可能になる。このうち飼料給与については、まず、高泌乳生産のために給与すべき飼料特性の解明、乳牛の生理的状況に対応した養分要求量の解明、適正な飼料組合せ給与技術、さらに、飼料、栄養素の有効利用による高泌乳、高品質牛乳生産制御機構の解明などが重要である。これらのうち、従来から蓄積された知見、技術によって対応できるものもあるが、今後の研究発展が期待され、当面最も必要と考えられる研究課題の一つとして、乳牛の飼料摂取量を増加させて高泌乳化を図り、かつ乳成分を制御する技術である。この技術の基礎をなすのは、採食調節機構の解明と飼料の物理的・化学的特性および栄養機能特性の解明である。採食量（摂取量）を支配する飼料側の因子としては、エネルギー、蛋白質に加え、繊維成分の化学的特性と消化特性があげられ、それらの把握、測定などについて新しい評価法を確立、総合化して高泌乳牛の飼料給与技術に結び付ける必要がある。」

このように、乳生産の一つの制約要因となっている飼料摂取量のみを取り上げてみても、それを支配する機構は複雑であり、それらのすべてにつ

いて述べることは極めて難しい。また、それらを解明し飼料給与技術として確立するためには、まだかなりの時間を要するであろう。高乳量、高成分乳の生産を維持するポイントは、エネルギー、たんぱく質含量の高い飼料を多量に摂取させながらも、健全な第一胃発酵を維持するというところに尽きるが、その具体的な手段は粗飼料の量と質のコントロールである。

乳牛における粗飼料の摂取量は乳生産の大きな制限因子であり、ときに最優先されるべき飼料の評価項目の一つでありながら、従来、これらに関する知識、情報には不足している。粗飼料をいかに多く上手に給与できるかが、高泌乳牛の健康維持ひいては乳生産コスト低減の鍵であり、古くて新しい永遠の課題に思えてならない。

そこで本稿においては、飼料摂取量に対する種々の影響要因を整理し、次に、これら要因の中から飼料の第一胃内分解特性を取り上げ、これらと摂取量のかかわりについて若干の解説を試み、今後の高泌乳牛に対応する飼料給与技術の参考に供したい。

## 1 摂取量を支配している要因は

ご存じのように、飼料の乾物摂取量(VDI)は大きく分けて家畜側と給与飼料側の両者の要因が相互に複雑に影響し合いながら制御されている。

家畜側の要因は主に生理的状态に関係する制御要因であり、体重およびその変化、乳期および乳量、胎児発育、養分要求量などが挙げられ、これまでの研究でかなりの成果が得られている分野でもある。このほかには、内分泌と代謝系との相互作用や第一胃の機能などの要因が知られている。VDIは最終的には脳の視床下部にある食欲中枢と満腹中枢によって支配されるとされているが、その機構は複雑で不明な点が多く残されている。最近、神経伝達物質や神経ペプチドが食欲調節物質として重要であることが明らかにされており、例えば、 $\beta$ -アミノ酪酸やエンドルフィン、ダイノルフィンといったオピオイドペプチドがVDIを増加させ、コレシストキニンは強力な抑制作用を示すことが証明されている。今後の問題としては、採食調節物質のレセプターを人為的に操作する研究

が求められる。また、第一胃の機能、すなわち第一胃内消化の制御に関しては、ルーメンバイパス技術および発酵調節物質の開発、微生物機能の改良などがあり、これらが可能になることによって飼料の利用性、ひいてはVDIの増大が期待される。

一方、給与飼料側の主要要因としては、養分摂取可能量、飼料の物理および化学的特性、飼料の分解性すなわち消化管内における分解速度、通過速度、微細化速度、そして充満度などが挙げられる。これらの要因の相互関係の解明は今後の優先的な研究課題の一つと考えられる。このほかにも、飼料の給与方法、飼養環境、遺伝的能力などの要因がVDIの変動に影響を与えている。

以上述べたように、VDIにおよぼす影響要因の中には、VDIに与える機作についてかなり解明がなされているものもあるが、反面、今後の研究発展がなされなければならないものも多い。その意味で著者らは、現在、粗飼料のVDIと第一胃内の分解性(第一胃内における粗飼料の潜在的分解量、分解速度、分解遅延時間)、消化管内(特に第一胃)通過速度、充満度および繊維性成分含量との関係について、メン羊を用いて基礎的研究を進めている。これまでに得られた成果の一部について以下に述べる。

## 2 飼料の第一胃内分解性、通過速度および充満度とは

飼料の第一胃内における分解パターン(ポリエチレン・バッグ法)を図1に示した。

図のような経時的な分解率の推移による分解性の示し方は、従来行われてきたある単一の培養時間(例えば48時間)における分解率と異なり、飼料の分解性をより詳細に判定する上で有効な方法である。分解の様相は、漸近線  $y = a + b(1 - e^{-ct})$  によく適合し、この漸近線によって、以下の項目を一度に知ることができる。

即ち、 $a$  (%) : 飼料の可溶性画分、ただし、漸近線から求められる可溶性画分 ( $y$  軸の切片)、 $a'$  (%) : 実測の可溶性部分、 $b$  および  $b'$  (%) : 実際に胃内で分解される画分、 $c$  (%/h) : 分解速度、 $Lt$  (h) : 分解遅延時間、漸近線の  $y$  に  $a'$  を代入し求めた  $t$  である。理論的には、VDI は、 $a$ 、 $a'$ 、 $b$ 、

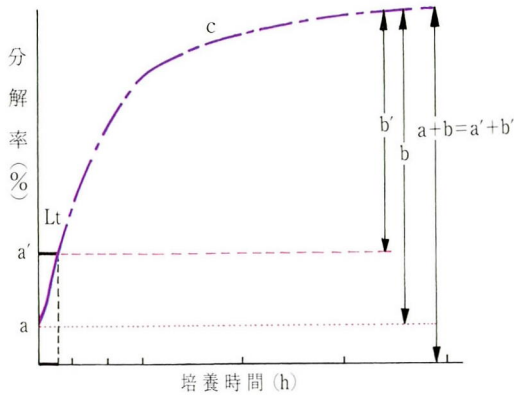


図1 飼料の第一胃内における分解パターン

b', c の値が高いほど, Lt 値が短いほど多くなる。また, 上述の第一胃内分解性に加えて, 摂取された飼料がどの程度の速さで消化管を移動(通過)するかについても VDI を考える場合の重要な決め手になる。胃内および下部消化管の通過速度(%/h)をそれぞれ  $k_1$  および  $k_2$  で示す。胃内で分解された部分のみが胃内を流出するのであれば解釈が比較的容易であるが, 流出せずにそのまま胃内にとどまればまた分解が可能な部分でも微細化が完了さえすれば, 未分解のままでも下部消化管へと移動する。したがって, 第一胃内における分解性と通過速度  $k_1$  との相互関係で胃内での飼料の実質的な分解率(胃内有効分解率)が決まり, それが VDI に影響を与えることにもなる。次に, 摂取された飼料は胃内で分解や通過によって経時的に消失していくが, 一部は消失せずに胃内にとどまる。この胃内滞留量の摂取量に対する割合を第一胃内充満度(Rf: %)という。Rf は第一胃内分解性(a, b, c)と通過速度  $k_1$  から理論的に計算で求めることができる。胃内の分解性に優れ, 通過速度が早い飼料では, Rf が低下するため VDI が高まることになる。

成分的品質の異なる9種類の乾草を用いて行なった著者らのメン羊における乾草の乾物摂取量, 消化率, 第一胃内分解性, 消化管内通過速度および第一胃内充満度の測定結果(3頭平均値)を一括して表1に示した。供試乾草はいずれの測定項目においても著しく異なるものであった。

表1 乾草の乾物摂取量, 消化率, 第一胃内分解性, 通過速度および充満度の測定結果

	成分含量(DM%)		VDI	AD	DDI
	CP	NDF	(g/kgW <sup>0.75</sup> )	(%)	(g/kgW <sup>0.75</sup> )
最高値	21.63	73.91	84.8	66.4	50.3
最低値	7.62	46.16	40.4	48.6	21.4

	第一胃内分解性					通過速度		充満度 (%)	
	a (%)	a' (%)	b (%)	b' (%)	c (%/h)	Lt (h)	$k_1$ (%/h)		$k_2$ (%/h)
最高値	33.0	-17.0	91.6	62.8	10.87	5.52	4.21	15.85	18.61
最低値	10.3	11.1	58.9	40.4	-4.31	1.53	2.77	6.87	11.41

CP: 粗たんぱく質(15%以下の乾草には尿素添加して給与), NDF: 中性デタージェント繊維, VDI: 乾物摂取量, AD: 消化率, DDI: 可消化乾物摂取量

### 3 摂取量の推定は可能か

表に示した VDI と NDF 含量, 第一胃内分解性, 通過速度および充満度との関係を検討し, 図2に示した。

VDI と消化率および NDF 含量との関係については, 比較的多くの報告がみられる。図2の本試験結果は, これら従来の結果と矛盾するものではなかったが, VDI を消化率や NDF 含量との関係のみで説明することにはかなり無理があることを示している。同様に, VDI は第一胃内分解性(a', c)と充満度との間に有意な関係を示しているものの, 全体的には個々のパラメーターのみで VDI を説明することはできないように思われる。そこで, VDI, 消化率(AD)および可消化乾物摂取量(DDI)と NDF 含量, 第一胃内分解性, 通過速度および充満度の各パラメーター間の関係

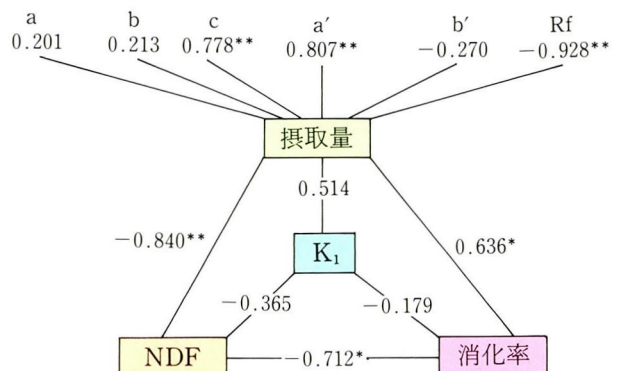


図2 乾物摂取量と各パラメーター間の相関

を重回帰式で検討してみた。その結果、最も高い寄与率 ( $R^2$ ) を示した重回帰式は以下の通りであり、 $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $k_1$  から極めて高い精度で VDI, AD および DDI を推定することができた。

$$\text{VDI} = 2.053 \underline{a} + 1.708 \underline{b} + 0.547 \underline{c} + 20.833 \underline{k_1} - 140.458 (R^2 = 0.979) \text{①}$$

$$\text{AD} = 0.385 \underline{a} + 0.474 \underline{b} + 1.323 \underline{c} - 1.946 \underline{k_1} + 21.074 (R^2 = 0.911) \text{②}$$

$$\text{DDI} = 1.434 \underline{a} + 1.253 \underline{b} + 1.137 \underline{c} + 10.824 \underline{k_1} - 101.563 (R^2 = 0.972) \text{③}$$

なお、参考までに①式による VDI の推定値と実測値の関係を図 3 に示した。

上述の重回帰式で用いられるパラメーターの一つである  $k_1$  を実際に測定するためには、かなりの時間と労力を必要とすることから、 $k_1$  の推定について検討した。その結果、

$$k_1 = -0.067 \underline{a'} - 0.082 \underline{b'} - 0.228 \underline{c} + 0.240 \underline{L_t} - 0.089 \underline{\text{NDF}} + 15.557 (R^2 = 0.982)$$

が成立した。例数を増やすことによって、これらの推定式の精度を一層吟味しなければならないが、一つの考え方として興味ある結果が得られたと考えている。

以上、要約して VDI におよぼすパラメーターと、それらパラメーターからの VDI の推定について述べたが、これらは、あくまでもメン羊による乾草単独給与時の成績であって、前述した家畜側の生理的状態など他の影響要因を一切考慮に入れたものではない。言い換えれば、ある特定の第一胃内性状の下での飼料の分解特性の面からのみ考察し

たものである。胃内分解性 ( $a$ ,  $b$ ,  $c$  値) や通過速度は同一飼料であっても第一胃内機能などの変化に対応して変動していることを考慮に入れなければならないことは当然である。

いずれにせよ、本稿で示した分解性や通過速度には、それぞれの乾草が持つ化学的特性や物理的特性が反映されていることは明白であり、今後、このような観点からの飼料の評価法や摂取量の変動要因が明らかにされる必要があるし、その意義は大きいと考えられる。

#### 4 摂取量の制御は可能か

VDI の制御は非常に難しい問題であるが、今後、克服しなければならない重要な課題の一つであろう。

冒頭でも述べたように、いろいろな角度からの制御が考えられているが、ここでは、飼料の第一胃内分解性との関連で考えてみたい。仮に、前述の①式のような関係が成立するとすれば、VDI は第一胃内分解性を意味する  $a$ ,  $b$ ,  $c$  あるいは通過速度  $k_1$  を人為的に操作することによって制御できるはずである。すなわち、胃内分解性を最大限に高め、通過速度を早めることによって VDI は増加する。通過速度を極端に早めることは、消化率、特に繊維性物質の消化率の低下をもたらすことにつながるのを見極めも必要である。胃内分解性は胃内機能、飼料が本来備えている化学的あるいは物理的特性、給与方法、飼料の加工法などの要因によって影響を受けるので、これらの要因が  $a$ ,  $b$ ,  $c$  そして  $k_1$  の値にどの程度の影響を与えるのか、今後、整理、検討してみる必要があると考える。

著者らは、このような観点から VDI についての研究を現在継続している。

VDI を誘因あるいは抑制する要因は極めて多岐にわたり、かつ複雑であるので、それらについて端的に説明することは難しいことである。

本稿は飼料摂取量の推定と制御にかかわる一つの考え方、捕らえ方について述べたに過ぎないことを付記して終えることとする。

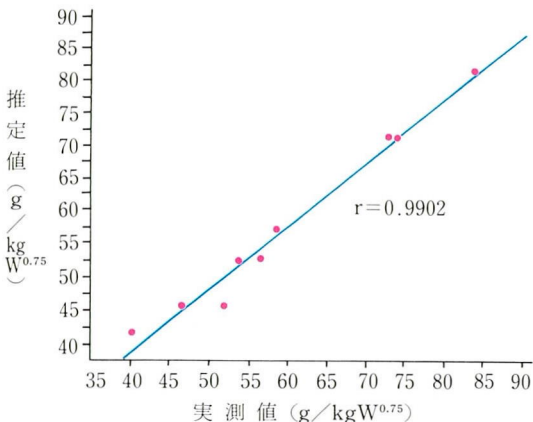


図3 乾物摂取量の推定値と実測値の比較