

牧草・飼料作物の栄養科学(10)

誌名	畜産の研究 = Animal-husbandry
ISSN	00093874
著者	阿部, 亮
巻/号	65巻5号
掲載ページ	p. 513-518
発行年月	2011年5月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



牧草・飼料作物の栄養科学(10)

—牧草・飼料作物の力—

阿部 亮*

はじめに

「牧草・飼料作物の栄養科学」の最後には、牧草・飼料作物の力、エネルギー、特に牛乳生産力について考えてみたい。対象とする飼料は北方系イネ科牧草（採草利用）、放牧草、稲発酵飼料、そしてトウモロコシサイレージである。

北方系イネ科牧草（採草利用）

北海道ではチモシー、オーチャードグラスが、都府県ではイタリアンライグラスが採草利用草種として主に栽培・利用されている。

自給飼料利用の理想的な姿として、牧草のみの給与で、現在の日本の年間平均乳量（305日）である8,000kgを生産するとしたら、その要件を満たす牧草

表1 体重600kgの乳牛が日本の平均乳量（年間305日、8000kg、日乳量26kg）を生産するに望まれる飼料（牧草・飼料作物）の摂取量と組成

①体重600kg, 乳量26kg, 乳脂率3.5%の条件を満たすための乾物摂取量:18.2kg/日		
②飼料乾物が持つべきTDN含量:65.9%		
③飼料乾物が持つべき粗蛋白質含量:12.9%		
④飼料乾物が持つべきマクロミネラルの含量: Ca 0.55%, P 0.34%, K 0.8%, S 0.2%, Na 0.18%, Mg 0.2%		
⑤飼料乾物が持つべきミクロミネラルの含量: Fe 50ppm, Cu 10ppm, CO 0.10ppm, Zn 40ppm, Mn 40ppm, Se 0.10ppm, K/(Ca+Mg)当量比 0.48		
⑥飼料乾物1kgが持つべきビタミン含量: β -カロテン 8.1mg, α -トコフェロール 59.6mg		
①～③までの条件を満たす牧草の成分含量(乾物中%)		
粗蛋白質 12.9%, 粗脂肪 4.5%, NCWFE・NFC 18.0%, OCW・NDF 53.6%, 高消化性繊維 36.0%, 低消化性繊維 17.6%		
牧草中のリグニン含量・低消化性繊維の乾物中含量と期待される乾物摂取量kg/日		
リグニン含量	低消化性繊維含量	期待乾物摂取量
2.0	17.6	18.3
2.2	20.0	17.8
2.8	25.0	16.6
3.4	30.0	15.5
3.9	35.0	14.4
4.5	40.0	13.3
5.0	45.0	12.1
5.6	50.0	11.0
6.2	55.0	9.9
6.7	60.0	8.8
7.3	65.0	7.7
7.8	70.0	6.5

*畜産・飼料調査所 (Akira Abe)

はどのような性質のものとなるであろうか。表1には日本飼養標準¹⁾を基礎に、体重が600kgの乳牛で、そのことを考えてみた。仮に平準的な日乳量で考えると、それは26kgとなり、その量の牛乳生産のための養分要求量は表1の上段部に示すような組成が求められ、そこから、理想的な牧草の姿が表1の中段部分に示した組成を持つものとして示される。

つまり、乾物中、粗蛋白質が13%、粗脂肪が4%、糖・デンプン・有機酸類(NCWFEまたはNFC)が18%、総繊維(OCWまたはNDF)が54%、高消化性繊維が36%程度含まれる牧草は66%のTDN含量を持ち、1日最大で18kgの乾物摂取が期待でき、その結果、26kgの日乳量を実現できるという計算になる。

よい自給飼料とは何か。日本では、1980年代の初頭から高泌乳牛飼養の道を選び、アメリカからのトウモロコシを配合飼料の形で多給する飼料構造を採ってきたために、牧草・飼料作物に求める具体的な価値・指標を持ってないままに時代を過ごしてきたと筆者は考えている。

良い牧草・飼料作物の第一の要件は「よく食べる」ということである。粗蛋白質が高い、TDN含量が高い、と言っても、それは卑近な言い方にはなるが、「喰っていくらのもの」で、二義的な要件である。それは、後にも触れるが表3に明確に示されている。

牧草の乾物摂取量は低消化性繊維の含量と負の高い相関があり、低消化性繊維の含量から乾物摂取量を推定する式が「粗飼料の品質評価ガイドブック」²⁾に示されている。

その方法によって求めた体重600kgの乳牛が摂取可能な乾物量と乾物中の低消化性繊維含量の関係を表1に示す。また、イネ科牧草の場合、低消化性繊維中のリグニン含量は平均で11.2%で、その変動も比較的小さい(変動係数14%)ところから³⁾、低消化性繊維含量から推定した乾物中のリグニン含量をも表1には示す。

イネ科牧草の採草利用において、リグニン含量が2%、低消化性繊維含量が18%で乾物摂取量が18kgというサイレージの調製は現実的に可能なのだろうか。

不可能では決していないが、草地の生産量を考えると、「no」というのが現在の状況である。

表2には、北方系イネ科牧草の生育の進展にともなう、成分含量、栄養価、期待乾物摂取量、期待乳量等を示す。刈り取り月日と収量は筆者が以前に十勝地方で実測したチモシーの値であるが、刈り取り月日と収量を除いての、「生育にともなう変化のありよう」は、イタリアンライスラス等、他の北方系イネ科牧草も同様と考えていただければよいと考える。

表2 北方系イネ科牧草の生育時期と化学組成、栄養価、期待乾物摂取量及び牧草地の涵養力

	伸長期 6月初旬	穂孕み期 6月10日	出穂始め 6月19日	出穂期 6月25日	出穂後期 6月30日	開花期 7月10日
化学組成 乾物中%						
粗蛋白質	17.0	13.5	11.5	10.6	7.5	6.3
総繊維	50	56	60	65	68	70
高消化性繊維	26	24	22	20	18	15
低消化性繊維	24	32	38	45	50	55
リグニン	2.7	3.6	4.0	4.6	5.5	6.2
TDN	72	70	65	60	58	55
期待乾物摂取量kg/日	16.9	15.1	13.7	12.1	11.0	9.9
TDN摂取量	12.2	10.6	8.9	7.3	6.4	5.4
牧草から期待される乳量 kg/日	27	22	17	11	8	5
草地の涵養量 10アール当たり						
乾物収量 kg	450	550	710	750	830	910
TDN収量	324	385	461	450	481	500
飼養可能頭数(乾物収量/期待乾物摂取量)	27	36	52	62	75	92
飼養可能頭数から期待される乳量 kg	729	792	884	682	600	460

(阿部ら) 総繊維:NDF・OCW

* 刈り取り月日と収量はチモシー(北海道十勝地方)の例

牧草は生育の進展にもなって、乾物摂取量が減少し、TDN 含量も低下するところから、飼養可能頭数から計算される単位面積当たりの生産乳量は出穂始めの頃が最大となり、それ以降は、残食量(廃棄量)や排糞量が増える方向に向かい、乳牛の生産性は次第に低下する。

しかし、実際に乾物中の粗蛋白質含量が12%、TDN 含量が65%という牧草サイレージを見かけることは少ない。一般的な姿としては、出穂後期から開花期のものが多い。

何故か、牧草だけの飼養ではなく、エネルギー的にはトウモロコシの力が借りられるからである。それ故に、まずは量(かさ)の確保が優先する。精神的に、在庫の豊富さが酪農家に安心感を与える。あくまでも、牧草・飼料作物は感覚的にみて、未だ、粗飼料なのである。「粗」ではなく、草地からの牛乳生産量を高めるという視点で、これからは、イネ科牧草のあるべき姿が表2の中に求められることを期待している。

北方系イネ科牧草の刈り取り時期と牛乳生産量

表1, 2は仮想的な内容を含む。そこで、続きの話として、生育の時期と牛乳生産量の関係を実際の飼養試験成績から実感してみよう。

表3はチモシー乾草を異なった生育ステージで刈り取り、乾草に調製し、それを乳牛に自由採食させた時の試験成績である⁴⁾。試験は配合飼料を乾物で1日4.9kgの制限給与とし、乾草は飽食させた。配合飼料からの摂取TDN量は1日4.4kgとなる。体重600kgの乳牛の維持のTDN要求量が3.9kgであるところから、ほぼ維持量が配合飼料によって賄われ、牛乳は乾草のTDNに大部分を依存すると考えると、乾草間の力の比較を分かりやすく説明できる。

乾草のTDN含量の比較では、乾草Bは乾草Aの94%、乾草Cは乾草Aの85%と評価されるが、乾物摂取量は生育にもなって、次第に低下するために、TDN摂取量の比較では、乾草Bは乾草Cの85%、乾草Cは乾草Aの69%とTDN含量の比較に較べて、

表3 刈り取り時期を変えて調製したチモシー乾草の牛乳生産力

	乾草A 出穂盛期	乾草B 出穂後期	乾草C 開花期
化学組成・栄養価 乾物中 %			
粗蛋白質	9.8	7.9	8.0
粗脂肪	2.1	2.1	1.8
NCWFE	12.8	9.6	14.6
OCW	70.6	72.6	71.1
高消化性繊維	14.6	10.3	4.5
低消化性繊維	56.1	62.3	66.6
リグニン	5.1	6.1	6.9
推定TDN	59.5	55.8	50.6
乾草Aに対するTDN含量比率 %	100	94	85
乾物摂取量 kg/日			
乾草	10.3a	9.5ab	8.5b
配合飼料	4.9	4.9	4.9
乾草からのTDN摂取量 kg	6.2a	5.3b	4.3c
乾草Aに対する採食比率 %	100	92	83
乾草Aに対する採食TDN比率 %	100	85	69
乳量 kg/日	17.8a	16.4b	14.6c
乳糖量 kg/日	0.75a	0.66ab	0.63c
乳蛋白質量 kg/日	0.54a	0.47ab	0.47ab
乳脂肪量 kg/日	0.58	0.52	0.52
脂肪酸量 g/日			
C8~C14	108a	94ab	86b
C16	171	147	150
C18	238	216	228
乾草からの摂取可消化炭水化物量 kg/日	4.9a	4.0b	3.7b
乾草からの揮発性脂肪酸(VFA)の予測生産量 g/日			
酢酸	2,050A	1,701B	1,529B
プロピオン酸	849A	704B	633B
酪酸	247A	205B	184B

(西野・阿部ら)

A, B異符号間に1%水準で, a, b, c 異符号間に5%水準で有意差あり

その力の差は大きく表現される。その結果、乳量には3つの乾草間で有意な差がもたらされる。開花期の乾草では出穂期の乾草に較べて、1日当たり乳量が3.2kg減少している。

刈り取り時期の早い乾草ほど、リグニンと低消化性繊維の含量が少なく、高消化性繊維の含量が高いために、可消化炭水化物の摂取量が多くなり、その結果、ルーメン内での揮発性脂肪酸の生成量が増加し、乳腺での乳脂肪合成素材の生産量が増加しているのである。

表4 北海道のチモシー基幹の集約放牧草地の牛乳生産力

試験期間(1996年6月~10月)における放牧草の化学組成(乾物中%)			
	粗蛋白質	NDF	TDN
平均値	24.5	47.8	72.4
変動幅	17.9~29.6	43.4~53.0	67.6~77.5
飼養試験成績(乳牛46頭, 1996年の成績)			
	放牧草	濃厚飼料	Total
乾物摂取量 kg	14.1	8.5	22.6
TDN含量 乾物中 %	72.4	85.8	77.0
TDN摂取量 kg/日	10.2	7.3	17.4
実乳量 kg			36.4
放牧草の組成・栄養価の平均値からの放牧草の性質(NFCは計算値)			
水分含量 %	91.9		
乾物中組成 %			
粗蛋白質	24.5		
粗脂肪	4.5		
NDF	47.8		
NFC	12.2		
TDN	72.4		
NDF消化率 %	72~79		

(根釧農業試験場)

表5 稲発酵飼料の化学組成と栄養価および乾物摂取量

	石田氏データ	集計データ
化学組成 乾物中 %		
粗蛋白質	6.2	4.9~9.6
粗脂肪	1.2	
NCWFE	37.3	
OCW	44.0	
NDF	-	43.4~56.8
高消化性繊維	-	2.7~5.2
リグニン	5.9	
ケイ酸	8.9	
TDN乾物中 %	-	53.2~55.1(平均値54.4)
乾物摂取量 kg	7.5	5.0~7.5(平均値6.2)
TDN含量と乾物摂取量の平均値から計算されるTDN摂取量:3.4kg		
(石田ら, 新出, 畜産草地研究所)		

集約放牧草の力

集約放牧の定義は、「短期輪換放牧により短草状態の牧草を安定的に放牧牛に供給し、草地と家畜の生産性を高める放牧方法」⁵⁾である。

根釧農業試験場では、1996~1997年の3年間、チモシー基幹草地(チモシーと白クローバの混播草

地)における集約放牧の試験を実施している。その成績書⁶⁾の中から、1996年に行われた放牧草と濃厚飼料を組み合わせた飼養試験の結果を表4に示す。集約放牧における放牧草の特徴は粗蛋白質の含量とTDN含量が非常に高く、総繊維(NDF)の含量が一般的な採草利用のサイレージに比べて低いことと同時に、その消化率が非常に高いということである。

総繊維の消化率が高いためにルーメン膨満度の解消が速いところから、乾物摂取量も高い。この試験では、濃厚飼料(圧ペントウモロコシとビートパルプ)を給与しているが、濃厚飼料無しで、放牧草のみの給与では、どのくらいの乾物摂取量が期待できるであろうか。

総繊維含量が47.8%のイネ科草を想定すると、低消化性繊維含量は乾物中約21%と推定でき、その値から、乾物摂取量は17.4kg、TDN摂取量(TDN含量72.4%として)は12.6kgと計算できる。体重600kgの乳牛では、約28kgの乳量が期待できる草ということが出来る。

稲発酵飼料

稲発酵飼料は出穂後25~35日くらいの糊熟期~黄熟期にかけて刈り取り、サイレージに調製したホールクロップサイレージである。したがって、稲の茎、葉鞘、葉のみではなく、子実も含まれる。表5には、稲発酵飼料についての種々の研究成果と栽培・調製・給与マニュアルから収集した、化学組成とTDN含量、そして乾物摂取量の値を示す^{7,8,9)}。

稲発酵飼料が稲藁と異なる点は、子実が含まれるために糖・デンプン・有機酸類(NCWFE・NFC)の含量が高いことと、嗜好性が良く乾物摂取量が高いことである。

表5に示されるように、平均的なTDN摂取量は3.4kgとなる。体重が600kgの乳牛のTDNの維持要求量は3.9kgであるところから、稲発酵飼料の自由採食によって、乳牛の維持量に近いエネルギーが供給されると考えてよいであろう。

表6 乳牛にトウモロコシサイレージを飽食させた時の乾物摂取量と飼養成績

トウモロコシサイレージの化学組成とTDN含量	
化学組成	乾物中%:粗蛋白質 8.8, 粗脂肪 4.2, NCWFE 49.7, OCW 34.8, デンプン 37.0
TDN乾物中%:74.0	
飼養試験成績	
乾物摂取量 kg/日:	トウモロコシサイレージ 16.1, 大豆粕 1.3, 配合飼料 2.4 (全摂取量 19.8)
TDN摂取量 kg/日:	トウモロコシサイレージ 11.9, 全摂取量 15.0
乳量 kg/日:	20.4
(坂東)	

トウモロコシサイレージ

表6にはトウモロコシサイレージを搾乳牛(最高泌乳期を経過した安定期)に給与した試験成績を示す。これは北海道新得畜産試験場(坂東氏)において行われた試験¹⁰⁾で、飼養試験ではトウモロコシサイレージを飽食させ、乾草など、他の牧草・飼料作物飼料は給与せず、配合飼料と大豆粕をサプリメントとして少量給与している。

この試験で用いられたトウモロコシサイレージはデンプン含量が通常の黄熟期刈りのもの(乾物中25~30%)よりも高いのが特徴である。

そのためにTDN含量も74%と高い値であり、穀類色の強い飼料作物サイレージの試験と位置づけるとよいであろう。

サイレージの飽食で16kgの乾物を摂取し、TDN摂取量では12kgと計算され、乾物摂取量ではイネ科牧草サイレージの伸長期に匹敵する値を持つことが分かる。この飼養試験ではデンプン含量が高く、乳脂率の低下が危惧される飼料組成であるが、乳脂率は4.02%と高く、体重も他の試験区(乾草併用区)よりも高い値を示している。

牧草・飼料作物の組み合わせ給与

今回、またこのシリーズで見えてきたように、牧草・飼料作物の種類によって化学組成やTDN含量、そして乾物摂取量が大きく異なる。したがって、基幹的に用いる牧草・飼料作物の個性・特徴を考慮した飼料配合設計が必要となる。

日本の場合、多くは、配合飼料やサプリメントを用いて、基幹的な牧草・飼料作物飼料に欠けている栄養素を要求量に併せて混合するということが行

われているが、自給の牧草・飼料作物同志を組み合わせ給与するという手法もあり、北海道ではトウモロコシサイレージと牧草サイレージの併給が多くのもので行われている。

そのような形、つまり異種の自給飼料の併給で最も代表的な例が、トウモロコシサイレージとアルファルファの組み合わせであり、アメリカ酪農の飼料構造の基幹を構成していることは広く知られている。

両者は粗蛋白質含量、TDN含量、ミネラル含量などにおいて相互的に補完し合い、理想的な相性と言われる。表7には、アメリカの乳牛飼養標準¹¹⁾で、養分要求量の一覧表の中で、配・混合の例(モデル)として示されているものである。

乳量水準が高くなると、中間的な生育期のアルファルファサイレージ(NDF含量が40~46%)から、より刈り取り時期の早いアルファルファの乾草(NDF含量が40%以下)に切り換えられると同時に、TDN含量が60%に満たないイネ科乾草が減量されている。単に乳量増加に併せて穀類(トウモロコシ)や蛋白質サプリメント(大豆粕)が増量されるだけではなく、牧草・飼料作物の使い分けを行っている所が注目されてよいであろう。

使い分けができるということは、農場の中で生産される牧草・飼料作物飼料の種類が豊富(多い)ということが考えられる。

イネ科牧草ならば、すべての栽培草地を、一斉に一時期に刈り取り調製するというのではなく、表2の中の2つ、あるいは3つの種類のサイレージを別々に調製し、乳牛の生産ステージ(泌乳最盛期、泌乳後期、乾乳前・中期、周産期)に併せて給与するという、「差別化生産方式」の採用を考えるとどうであろうか。「狭い土地で、忙しい中、それは無理」

表7 アメリカ乳牛飼養標準に見られるトウモロコシサイレージとアルファルファの組み合わせ給与

飼料の化学組成 乾物中% (NFCは計算値)				
	トウモロコシ サイレージ	アルファルファ サイレージ	アルファルファ 乾草	イネ科 乾草
粗蛋白質	8.8	21.9	22.8	13.3
粗脂肪	3.2	2.2	2.1	2.5
NDF	45.0	43.2	36.3	57.7
NFC	39	22	29	18
TDN	68.8	56.7	62.1	59.7
給与飼料の内容(混合量, 乾物 kg/日)				
	日乳量 kg	25	35	45
トウモロコシサイレージ		8.48	8.21	5.61
大豆粕		1.01	1.62	1.41
アルファルファサイレージ		3.85	4.57	
圧ペントウモロコシ		1.80	4.33	7.08
炭酸カルシウム		0.04	0.07	0.09
リン酸ナトリウム		0.02	0.02	0.04
アルファルファ乾草				6.16
食塩	0.12		0.11	0.12
イネ科乾草	4.47		3.21	0.98
ビタミン・ミネラルサプリメント	0.54		0.49	0.51
バミューダグラス乾草				0.87

(NRC乳牛飼養標準)

を承知で言っている。その状況を克服するための智慧を働かさなければならぬ。コントラクターの利用、地域一帯の協同的な飼料生産と配分、そういった中で次世代は考えなければならない。

次世代とは、「穀類が潤沢に安価に購入・利用できない社会」で酪農を行う時である。今、すでに、次世代が進行している。

引用文献

- 1) 独立行政法人・食品産業技術総合研究機構：日本飼養標準・乳牛(2006年版)，中央畜産会，平成17年。
- 2) 自給飼料品質評価研究会：改訂・粗飼料の品質評価ガイドブック，平成13年。
- 3) 阿部 亮ら：畜産試験場研究報告，第35号，101-116，1979。

- 4) 西野松之・阿部 亮ら：日本草地学会誌，49，6，2004。
- 5) 北海道農業研究センター：集約放牧導入マニュアル，平成20年3月。
- 6) 北海道立根釧農業試験場：チモシー基幹草地の集約放牧技術と牛乳の栄養成分，北海道農業試験会議(成績会議)，平成9年度資料，平成10年1月。
- 7) 石田元彦ら：関東畜産学会報，50，1，2000。
- 8) 新出昭吾：飼料用稲の収穫・調製・利用技術，平成14年度近畿中国四国地域農林水産業研究成果発表会，「飼料専用稲による食料自給率向上と資源循環型農業の推進」会議資料，近畿中国四国農業研究センター，平成14年。
- 9) 畜産草地研究所：飼料イネ，水稻の飼料利用(稲発酵飼料)に関する生産・調製・利用技術の研究レビューと今後の技術開発方向，平成18年3月。
- 10) 坂東 健：トウモロコシサイレージを基本飼料とする牛乳生産に関する飼養学的研究，北海道立農業試験場報告，第81号，p25，平成5年10月。
- 11) National Research Council：Nutrient Requirements of Dairy Cattle，National Academic Press，2001。