

肉牛用混合飼料中のデンプン及び中性デタージェント 繊維を用いた可消化養分総量の推定法

棟加登きみ子・藤吉弘子
(畜産研究所)

肉牛用混合飼料の栄養価評価法として、デンプン及び中性デタージェント繊維 (NDF) を指標とした可消化養分総量 (TDN) の推定法を検討するために、粗飼料割合と原料構成の異なる肉牛用混合飼料を用いて 18 点の試験用飼料を調製し、めん羊による消化試験を行った。

① 粗飼料割合が異なり、デンプン含量と NDF 含量が反比例して増減する場合は、NDF 含量/デンプン含量を説明変数とする曲線回帰式を用いると TDN 含量を推定可能である。

$$\text{TDN 含量} = -10.8 \times \ln(\text{NDF 含量} / \text{デンプン含量}) + 81.2 \quad (R^2 : 0.914 \text{ SE} : 2.6)$$

② TDN 含量はデンプン含量、NDF 含量を説明変数とする重回帰式を用いても推定することができる。

$$\text{TDN 含量} = -0.098 \times \text{デンプン含量} - 0.840 \times \text{NDF 含量} + 111.3 \quad (R^2 : 0.987 \text{ SE} : 1.2)$$

[キーワード: 栄養価評価, デンプン, NDF, TDN]

Predicting the Nutritive Value from the Starch Content and Neutral Detergent Fiber Content in Holstein Steer Feed. MUNEKADO Kimiko and Hiroko FUZIYOSHI (Fukuoka Agricultural Reserch Center, Chikushino, Fukuoka 818-8549, Japan) *Bull. Fukuoka Agric. Res. Cent.* 19 : 115-118 (2000)

Regression equations were derived from the content prediction of total digestible nutrients (TDN) from the starch and neutral detergent fiber (NDF) contents in Holstein Steer feed. The experiment was carried out using of 18 kinds of Holstein Steer feed with a roughage ratio of 25% to 100% (FM·W), a TDN content ratio of 50% to 80% (DM), a starch content ratio of 1% to 31% (DM) and an NDF content ratio of 31% to 72% (DM). Digestion trials of the Holstein Steer feed were tested by the total collection method using sheep.

Result 1 : TDN content can be predicted using a curvilinear regression equation with the NDF content / starch content as the independent variate.

$$\text{TDN content} = -10.8 * \ln(\text{NDF content} / \text{starch content}) + 81.2 \quad (R^2 : 0.914 \text{ SE} : 2.6)$$

Result 2 : TDN content can be predicted by using a multiple regression equation with the starch content and NDF content as independent variates.

$$\text{TDN content} = -0.098 * \text{starch content} - 0.840 * \text{NDF content} + 111.3 \quad (R^2 : 0.987 \text{ SE} : 1.2)$$

[Key words : nutritive value, starch, NDF, TDN]

緒 言

牛用飼料の給与飼料設計は、乳牛では可消化養分総量 (以下 TDN) の他に繊維画分を用いるようになってきたが^{5, 8, 12)}、肉牛では TDN が給与設計時における最も重要な栄養評価の指標として用いられている⁷⁾。しかし、飼料原料の種類や組み合わせが大きく異なったり、繊維成分が極端に低い場合には、日本飼養標準⁷⁾及び日本標準飼料成分表⁶⁾による TDN はほぼ同じでも消化率、TDN の利用効率、乾物摂取量、TDN 摂取量は変動するという問題がある^{3, 4, 10)}。このため、給与飼料の主な栄養成分から TDN 含量と同時に消化性等の栄養的性質も予測できる新たな栄養価評価法が必要となっている。

本試験では、肉牛飼料の約 8 割を占める栄養成分の炭水化物に着目し、非構造性炭水化物のデンプンと構造性炭水化物の中性デタージェント繊維 (以下 NDF) から TDN 含量を推定する方法を明らかにする。

材料及び方法

1 試験飼料

第 1 表に肉牛用配合飼料の原料構成を示した。

消化試験には粗飼料にペレニアルライグラス・ストロー (PS) 及び第 1 表に示した A, B, C, D, E の 5 種類の肉牛用配合飼料を用い、PS のみの基礎飼料、A 及び B に PS を原物当たり 90%, 80%, 70%, 60%, 50%, 40%, 25% 混合した 15 種類の飼料、C, D 及び E に PS を 25% 混合した 3 種類の飼料の合計 18 種類を用いた。

2 消化試験方法

消化試験はめん羊 3 頭を用いて、全糞採取法により行い²⁾、試験期間は、予備期 7 日間及び本試験期 7 日間とした。給与量は体重の 1.4% を維持量として給与し、給餌回数は 1 日 2 回とした。

3 調査項目

試験飼料の分析は水分、粗蛋白質 (CP)、粗脂肪

第1表 肉牛配合飼料の原料構成 (原物%)

項目	A	B	C	D	E
皮付き圧ぺん大麦	20.0	20.0	20.0	20.0	30.0
コーングルテンフィード	0.0	10.0	0.0	0.0	0.0
加熱圧ぺんトウモロコシ	35.0	42.0	60.0	60.0	50.0
一般フスマ	24.0	15.0	7.0	7.0	7.0
大豆粕	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
大豆皮	18.0	10.0	10.0	7.0	7.0
脂肪酸カルシウム	0.0	0.0	0.0	3.0	3.0
炭酸カルシウム	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

第2表 試験飼料の栄養成分含量 (測定値: 乾物%)

試験飼料	粗飼料割合	栄養成分					バランス
		CP	EE	デンプン	NDF	TDN	
PS	100	5.0	1.5	1.1	72.3	50.4	72.0
A+PS	90	6.1	1.7	4.4	67.9	53.8	17.0
B+PS	90	6.1	1.7	4.2	67.4	55.0	16.8
A+PS	80	7.1	1.9	7.7	63.5	58.2	8.0
B+PS	80	7.3	2.0	7.3	62.5	59.4	9.0
A+PS	70	8.2	2.1	11.1	59.1	59.2	5.4
B+PS	70	8.4	2.2	10.5	57.7	61.6	5.3
A+PS	60	9.2	2.3	14.3	54.7	62.9	3.9
B+PS	60	9.5	2.5	13.6	52.8	64.8	3.8
A+PS	50	10.3	2.6	17.6	50.4	65.5	2.8
B+PS	50	10.7	2.7	16.7	47.9	69.3	2.8
A+PS	40	11.3	2.8	20.8	46.0	73.9	2.2
B+PS	40	11.8	2.9	19.8	43.0	72.0	2.2
A+PS	25	12.9	3.1	25.8	39.4	75.9	1.5
B+PS	25	13.5	3.3	24.5	35.7	79.2	1.4
C+PS	25	10.7	3.2	30.4	31.5	80.8	1.1
D+PS	25	10.6	5.1	30.9	30.6	83.5	1.0
E+PS	25	11.2	5.1	24.5	32.0	82.6	1.3

(EE), 粗繊維 (CF), 粗灰分 (CA) は常法²⁾, NDF は Van Soest らの方法¹⁾ を一部改変し, ND液処理した残渣の有機物を NDF とした。また, デンプンは阿部の方法¹⁾ により行った。TDN は消化試験の結果をもとに, 試験飼料の成分及び糞の成分から消化率を算出して求めた。

結 果

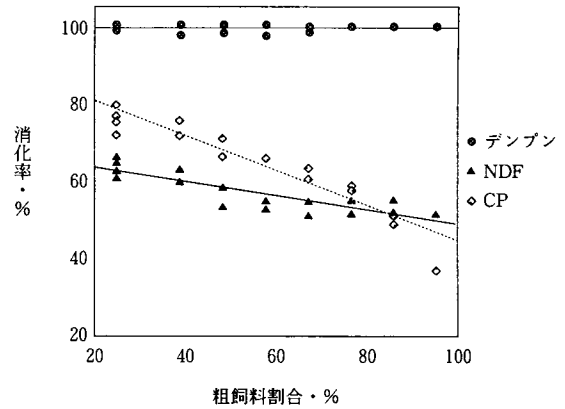
1 試験飼料の栄養成分含量

第2表に試験飼料の栄養成分含量の測定値を示した。栄養成分含量はデンプン含量1.1%~30.9%, NDF 含量30.6%~72.0%, CP 含量5.0%~13.5%, TDN 含量50.4%~83.5%であり, 粗飼料割合が少ないと TDN 含量, デンプン含量及び CP 含量が高く, NDF 含量が低くなった。また, NDF 含量/デンプン含量は粗飼料割合が低くなるにつれて粗飼料割合100%の72.0から粗飼料割合25%の1.0まで低くなり, その変化度合いはデンプン含量及び NDF 含量に比べて大きかった。

2 粗飼料割合と栄養成分消化率

第1図に粗飼料割合とデンプン及び, NDF の各消化率の関係を示した。

デンプン消化率は各試験飼料ともほぼ100%であっ



注) デンプン = $0.004 \times \text{粗飼料割合} + 99.2$ $R^2: 0.015$ SE: 0.9
 NDF = $-0.167 \times \text{粗飼料割合} + 66.6$ $R^2: 0.741^{**}$ SE: 2.2
 **は1%水準で有意

第1図 粗飼料割合毎の各栄養成分の消化率

第3表 栄養成分消化率と含量 (%)

消化率	栄養成分含量	R ²	SE
デンプン	= $-0.004 \times \text{デンプン含量} + 99.6$	0.002	0.9
デンプン	= $0.008 \times \text{NDF含量} + 99.1$	0.132	0.9
NDF	= $0.437 \times \text{デンプン含量} + 49.8$	0.748**	2.6
NDF	= $-0.330 \times \text{NDF含量} + 74.1$	0.785**	2.4

注) **は1%水準で有意

た。NDF 消化率は粗飼料割合60%~100%の範囲では, 53%~55%と一定であった。しかし, 粗飼料割合が25%~60%の範囲では粗飼料割合が少ないと NDF 消化率は高くなる傾向を示し, 粗飼料割合と NDF 消化率の間には負の相関関係が認められた。

3 栄養成分の消化率と含量

第3表にデンプン及び NDF の各消化率と各栄養成分含量の関係を示した。

デンプン消化率とデンプン含量及び NDF 含量間の決定係数は0.002及び0.132と低く, デンプン消化率はほぼ100%であった。

NDF 消化率とデンプン含量間の決定係数は0.748, NDF 消化率と NDF 含量間の決定係数は0.785と高く, 有意な相関関係が認められた。

4 TDN 含量と栄養成分の消化率及び含量

第4表に TDN 含量と栄養成分の消化率及び含量の関係を示した。

TDN 含量とデンプン消化率の間には有意な相関関係は認められなかったが, TDN 含量とデンプン含量間の決定係数は0.955となり, 高い正の相関関係が認められ標準誤差 (以下 SE) も2.3と小さかった。

TDN 含量と NDF 消化率間の決定係数は0.852となり正の相関関係が認められたが, SEは4.1と大きく, 決定係数は高いが誤差が大きい傾向を示した。TDN 含量と NDF 含量間の決定係数は0.986となり高い負の相関関係が認められ, SEは1.3と小さかった。

第4表 TDN含量と各栄養成分の消化率及び含量 (%)

TDN含量	栄養成分の消化率及び含量	R ²	SE
TDN含量 =	-0.979 × デンプン消化率 + 164.5	0.007	10.7
TDN含量 =	1.934 × NDF消化率 - 43.7	0.852**	4.1
TDN含量 =	1.118 × デンプン含量 + 49.4	0.955**	2.3
TDN含量 =	-0.774 × NDF含量 + 106.4	0.986**	1.3

注) **は1%水準で有意

5 TDN含量とNDF含量/デンプン含量, TDN含量とNDF含量及びデンプン含量

第2図にTDN含量とNDF含量/デンプン含量の曲線回帰, 第3図にTDN含量とデンプン含量及びNDF含量の重回帰の散布図を示した。

TDN含量とNDF含量及びデンプン含量の関係は, 粗飼料割合の違いにより両栄養成分が同時に変化し, 正または負の相関関係となるため, TDN含量とNDF含量/デンプン含量の曲線回帰, TDN含量とデンプン含量及びNDF含量の重回帰について検討した。

TDN含量を目的変数, NDF含量/デンプン含量を説明変数とした曲線回帰式の決定係数は0.914, SE2.4であり, 有意な相関関係が認められた。

更に, TDN含量を目的変数, デンプン含量とNDF含量を説明変数とした重回帰式の決定係数は0.987, SE1.2であり, TDN含量の推定精度は高かった。

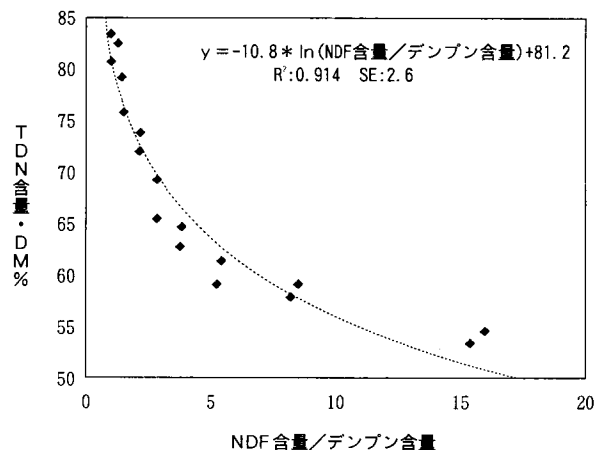
考 察

TDNは蛋白質, 脂質及び炭水化物の可消化量に脂肪のカロリー補正を加えた栄養評価の総合情報の一つであり, 栄養評価の最優先項目である。このTDNを飼料の消化性や採食性と関連のある栄養成分を用いて推定できれば, 飼料設計の段階でTDN含量と同時に消化性等の栄養的性質も合わせて予測可能となる。

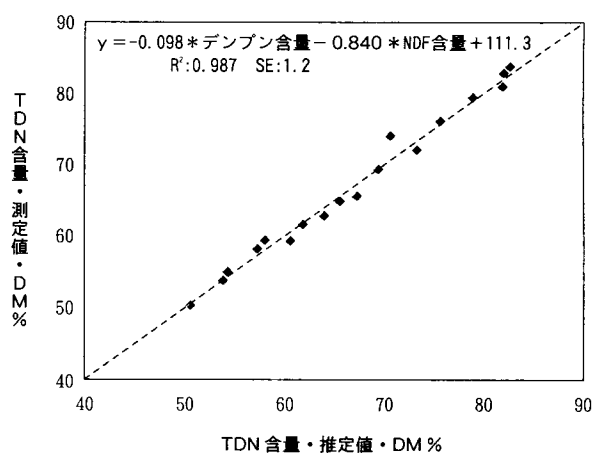
各種栄養成分を用いた栄養評価法は種々開発されている^{1,13)}。しかし, TDN含量の推定精度は高いが, 消化性などの栄養的性質の予測については不十分なタイプ, 逆に栄養的性質については良く評価できるが, TDN含量の推定精度は低く, 多くの分析項目を必要とするタイプ等に分かれる¹⁾。この原因についてはデンプンとNDFは炭水化物の構造が全く異なり, その栄養的性質が未解明であるためと考えられる^{1,4,8,14)}。

このためTDN含量を推定するための変数として, 給与飼料のTDNの大半を占めるデンプン, 及び消化性等の栄養的性質に大きな影響を及ぼすNDFを指標に用いて相互関係を検討した。TDN含量とデンプン消化率の間では相関係数は低い, TDN含量とデンプン含量の間では高い正の相関係数を示すことが明らかになった。また, TDN含量とNDF含量の間では高い負の相関係数を示し, SEも小さい。このように, TDN含量とデンプン含量及びNDF含量は正または負の関係を示し, 異なる回帰式によって表されることが明らかとなった。

TDN含量を栄養成分から推定するにはTDN含量と栄養成分の含量及び消化率の間の相関係数が高く, SEも小さいことが必要である。しかし, TDN含量と栄養成



第2図 TDN含量とNDF含量/デンプン含量



第3図 TDN含量とデンプン及びNDF含量

分含量の相関関係は各栄養成分の種類によって異なっている。特に, デンプン含量が非常に高い飼料の過剰摂取はルーメン液性状の悪化や消化器障害の原因にもなるため^{7,9)}, TDN含量の推定にはデンプン含量とNDF含量を合わせて行うことが必要であると考えられる。

そこで, 給与飼料中のNDF含量とデンプン含量が増減する場合におけるTDN含量推定式としてNDF含量/デンプン含量を説明変数とした曲線回帰式は,

$$\text{TDN含量} = -10.8 \times \ln(\text{NDF}/\text{デンプン}) + 81.2$$

(R²:0.914** SE:2.6)

となり, TDN含量との間に高い負の相関関係があり, SEも小さい。また, デンプン含量とNDF含量を用いた重回帰式は

$$\text{TDN含量} = -0.098 \times \text{デンプン含量} - 0.840 \times \text{NDF含量} + 111.3$$

(R²:0.987** SE:1.2)

となり推定精度は高いが, デンプン含量の係数は-0.098とほぼ0に近く, NDF含量を説明変数とした単回帰式とほぼ同じとなる。このため, 第2図に示したとおりNDF含量/デンプン含量を指標としたTDN含量推定式が, TDN含量及び栄養的性質の予測に適していると考えられる。

この推定式は肉牛飼料として用いられているTDN70%の低エネルギー飼料からTDN85%の高エネルギー飼

料まで精度良く推定でき、TDN含量はNDF含量とデンプン含量のバランスにより制御されていることが明らかにされた。特に、TDN含量が80%以上では、NDF含量のわずかな変化がTDN含量の大きな差となって現れていることから、肉牛飼料においても乳牛飼料と同様に繊維成分の意義は大きいと考えられる^{5, 8, 12)}。

以上の結果より、肉牛飼料の栄養価評価としてTDN含量を推定するにはデンプン含量またはNDF含量を説明変数とした単回帰式に比べて、両方を説明変数とした重回帰式を用いると精度良く推定可能である。また、TDN含量とその栄養的性質を合わせて評価するにはNDF含量/デンプン含量を変数とした曲線回帰式が望ましいと考えられる。

今後は、肥育期毎の適正栄養成分含量及び適正栄養バランスと商品価値の優れた枝肉が早く低コストに生産できる飼料給与基準を明らかにする必要がある。

引用文献

- 1) 阿部亮(1988)炭水化物を中心とした飼料分析とその栄養価評価法への応用, 畜産試験場報告 2, 7, 64-74.
- 2) 森本宏編(1971)動物栄養試験法, 東京:養賢堂, 192-207, 280-297.
- 3) 棟加登きみ子, 今村弘子, 深江義忠(1998), 肥育牛におけるルーメン液性状の違いが牛用飼料のインビトロ消化率に及ぼす影響, 福岡農総試研報 17, 171-174.
- 4) 棟加登きみ子・梅田剛利・藤吉弘子(1999)めん羊による肉用牛用混合飼料の乾物摂取量と消化性, 九州農業研究 61, 127.
- 5) M. VERMOREL and J. B. COULON.(1998): Comparison of the National Research Council Energy System of for Lactation Cows with Four European Systems., J. Dairy Sci., 81 (3), 846-855.
- 6) 農林水産省農林水産技術会議事務局編(1995)日本標準飼料成分表, 東京:中央畜産会.
- 7) 農林水産省農林水産技術会議事務局編(1995)日本飼養標準・肉用牛, 東京:中央畜産会, 4-5, 55-58.
- 8) 農林水産省農林水産技術会議事務局編(1994)日本飼養標準・乳牛, 東京:中央畜産会 55-58.
- 9) 田先ら(1976)家畜飼養学, 東京:朝倉書店, 79
- 10) 徳満茂, 中島啓介(1997)乳用種去勢牛の良質肉安定生産技術, 第3報 肥育中期の可消化養分総量(TDN)水準及び仕上げ月齢が産肉性に及ぼす影響, 福岡農総試研報 16, 96-99.
- 11) VAN SOEST P. J. and R. H. WINE (1967): Use of detergents in the analysis of fibrous feed, 4. Determination of plant Cell Wall constituent., J. Assoc. Off. Anal. Chem., 50, 50-55.
- 12) W.P. WEISS.(1998): Estimating the Available Energy Content of Feeds for Dairy Cattle., J. Dairy Sci., 81 (3), 830-839.
- 13) 自給飼料品質評価研究会編(1994)粗飼料の品質評価ガイドブック, 東京:日本草地協会, 56-64.
- 14) 図師和好ら(1999)肥育前期における飼料中CP水準及び肥育後期におけるデンプン・NDF水準が黒毛和種去勢牛の産肉性に及ぼす影響, 畜産試験場資料第13号, 7-26.