

## *In vitro*乾物消化率を用いたマメ科およびイネ科牧草の飽食条件下でのTDN含量の推定

出口健三郎・田村 忠・澤田嘉昭\*

Prediction of Total Digestible Nutrients (TDN) of Grass and Legume under voluntary intake condition by the two - stage *in vitro* digestibility technique  
Kenzaburo DEGUCHI, Tadashi TAMURA, Yoshiaki SAWADA

### Summary

The two - stage *in vitro* digestibility (IVDMD) technique was tested to predict total digestible nutrients (TDN) contents of grass and legume under voluntary intake condition.

Dry matter digestibility (DMD) under voluntary intake condition showed lower value than dry matter degradability of the two - stage *in vitro* technique.

High correlations were obtained between TDN contents and *in vitro* DMD both on grass and legume. Two Single regression equations predicting TDN contents were obtained for grass and legume separately.

Moreover putting some fractions of ordinary analysis (Ether extract, C. Ash) as variables, we obtained multiple regression equations those fit better than the single regression equation.

キーワード：TDN含量、T & T法、飽食条件

Key words：TDN, two - stage *in vitro* DMD, voluntary intake

### 緒言

実験室での分析データから牧草の可消化養分総量 (TDN) 含量を推定する方法としては、大きく分けて、一般成分から推定する方法<sup>2)</sup>、酵素法の成分分画による方法<sup>1,4,9)</sup>、デタージェント法の繊維分画による方法<sup>1)</sup>等が

報告されている。

一方、TILLEY and TERRY (1964)<sup>7)</sup> によるtwo - stage *in vitro*法 (T & T法) は、乾物消化率 (DMD) を推定する手法として古くから用いられてきた<sup>3,5,8)</sup>。牧草においては可消化乾物量 (DDM) とTDN含量は高い相関関係があるのでT & T法による*in vitro* DMD (IVDMD) によりTDN含量を高精度で推定する事は可能であると考えられる。

T & T法によるIVDMDからTDN含量を推定した報告としては古谷ら (1982)<sup>9)</sup> の報告があるが、マメ科牧草については検討を加えていない。

そこで本試験では、T & T法によるIVDMDからマメ科牧草を含む寒地型牧草の飽食条件下でのTDN含量を推定する事を試みた。

### 材料および方法

#### 1. 供試試料および供試家畜

供試試料は、生草でめん羊による飽食条件下の消化試験を行いTDN含量を実測したイネ科草20点およびマメ科草10点、計30点を用いた。内訳はイネ科草はチモシー3品種(極早生「クンプウ」、早生「ノサップ」、中生「キリタツプ」)：1番草8点、2番草5点、3番草5点、およびメドウフェスク品種「トモサカエ」：1番草1点、2番草1点、マメ科草はアルファルファ品種「5444」：1番草3点、2番草2点、シロクローバ品種「マキバシロ」：1番草1点、およびアカクローバ品種「サッポロ」：1番草2点、2番草2点である。供試試料のTDN含量、DDM、粗脂肪 (EE)、粗灰分 (C. Ash) の範囲および平均を表1に示した。

新得畜産試験場 (081 上川郡新得町字新得西4線40番地)

Shintoku Anim. Husb. Exp. Stn., Shintoku, Hokkaido, 080 JAPAN.

\*現在：根釧農業試験場 (086-11 標津郡中標津町桜ヶ丘)

\*Konsen Prefectural Agric. Exp. Stn., Nakasibetu, Hokkaido, 086-01 JAPAN.

平成6年度 研究発表会において発表

表1. 供試試料のEE, C. Ash含量、飽食条件下でのDDMおよびTDN含量の範囲と平均

項目	イネ科草 n=20		マメ科草 n=10		全体 n=30	
	範囲(DM%)	平均(DM%)	範囲	平均	範囲	平均
EE	2.5~4.8	3.7	1.9~3.5	2.5	1.9~4.8	3.3
C. Ash	6.5~12.3	8.8	8.4~13.1	11.0	6.5~13.1	9.6
DDM	53.6~77.0	69.8	58.4~72.7	64.1	53.6~77.0	67.9
TDN	52.6~75.3	68.4	53.8~68.0	59.8	52.6~75.3	65.5

DDM:可消化乾物量 TDN:可消化養分総量 EE:粗脂肪 C. Ash:粗灰分

試料は60~70℃で24時間乾燥後粉碎し、1mmメッシュのふるいを通したのち試験に供するまで冷蔵保存した。

in vitro消化試験に供試した第1胃液はルーメンフィステル装着牛(ホルスタイン種)から採取した。ルーメンフィステル装着牛は1日当たり配合試料1kg給与および乾草を自由摂取の条件で管理した。

### 2. in vitro消化試験法

in vitro消化試験はT & T法<sup>7)</sup>によった。同一のロットの中で1試料につき2連とし、分析の反復は、胃液の採取時期を変えて2回行った。T & T法による2段階の培養後、サンプルのろ過後残渣の乾物重量から乾物分解率を算出した。

T & T法による乾物分解率からDMDを推定するための補正用標準サンプルとして、チモシー3点、アルファルファとアカクロバ各1点を供試した。標準サンプルの乾物消失率をX、DMDをYとして2点の標準サンプルから1次方程式を作り、補正後の値をIVDMDとした。補正用標準サンプルの選択は、供試試料のIVDMDとDMDとの標準誤差(s. e.)が小さく、かつ混播牧草にも対応できるようにイネ科草とマメ科草で共通のものであることが望ましかった。今回の試験ではイネ科とマメ科別、またはイネ科・マメ科全体について、3点の標準サンプルで範囲を2つに分けて補正を行う3点補正法および、範囲を分けず2点で補正を行う2点補正法について検討した。

### 3. 説明変数の選択

IVDMD値は分析回次によってある程度の誤差があるので、2回の平均のIVDMD値を用いてTDN含量の推定を行った。また、DMDとTDN含量の関係は草種や番草によって異なることが考えられた。そこで、説明変数にEEとC. Ash含量を加えてTDN含量推定の重回帰式を作成することを検討した。

EEおよびC. Ashは常法<sup>8)</sup>により分析を行った。

## 結果および考察

### 1. 乾物分解率とDMDの関係

表2. IVDMD補正用標準サンプルのT&T法による乾物分解率、飽食条件下でのDMDおよびTDN含量

イネ科/マメ科	サンプル№	草種	番草	乾物分解率 (%)	DMD (%)	TDN (%DM)
イネ科草	STD1	チモシー	1	82.9	77.4	76.4
	STD2	"	2	63.3	62.7	61.2
	STD3	"	2	52.8	46.3	46.1
マメ科草	STD4	シロクロバ	2	77.3	74.1	66.7
	STD5	アルファルファ	1	52.5	49.0	44.8

乾物分解率は2反復の平均値

表2に補正用標準サンプルのT & T法による乾物分解率と飽食条件下でのDMDおよびTDN含量を示した。DMDに比べT & T法の乾物分解率は高い傾向があった。TILLEY and TERRY (1964)<sup>7)</sup>はT & T法の乾物分解率はDMDに極めて近似する値になると報告している。飽食条件のDMDは維持条件のDMDより低くなるということが知られており<sup>10,11)</sup>、今回T & T法乾物分解率がDMDより高くなったのは、DMDが飽食条件下での値であるためと思われる。

### 2. 乾物分解率のIVDMDへの補正方法の検討

表3に補正方法別IVDMDとDMDとの相関係数(r)および推定の標準誤差(s. e.)を示した。イネ科草単

表3. 補正方法別IVDMDとDMDとの相関および推定の標準偏差

補正サンプル 補正方法	イネ科・マメ科別		イネ科のみ	
	2点補正	3点補正	2点補正	3点補正
イネ科草(n=20)				
r	0.958	0.954	0.958	0.954
s.e.	2.10	2.04	2.10	2.04
マメ科草(n=10)				
r	0.908	-	0.908	0.908
s.e.	3.15	-	3.25	2.56
イネ科・マメ科(n=30)				
r	0.939	0.940	0.949	0.947
s.e.	2.53	2.44	2.57	2.18

マメ科草標準サンプルによる補正は範囲が狭いので2点補正のみとした。  
2点補正に用いたイネ科草標準サンプルは表2に示したSTD1とSTD3を用いた。

独、マメ科草単独、およびイネ科・マメ科全体で推定値のs. e.が最も小さかったのはイネ科標準サンプル3点を用いた3点補正法であった。TERRYら(1978)<sup>8)</sup>はT & T法は草種、番草を限定せず、1つの直線回帰式でDMDを精度よく推定することを報告している。また、MCLEOD and MINON (1969)<sup>9)</sup>は適切な標準サンプルを用いればT & T法によりイネ科とマメ科の混播草のDMDを精度良く推定できることを報告している。今回の試験においてもイネ科とマメ科で補正方法を分ける必要はなく、むしろ消化率の範囲により補正方法を選択した方が精度が高い結果となった。BRUNDAGEら(1972)<sup>3)</sup>

はT&T法は分析回次によりある程度の値のばらつきがあるが、その程度は消化率の低い粗飼料で大きかったことを報告している。今回の結果とこれらの報告から、60%前後を境としてDMD上位の試料と中～低位の試料は別々に補正を行う方がよいと考えられた。そこで3点補正により、IVDMD値を求めた。

### 3. 単回帰式によるTDN含量の推定

表4にIVDMDを説明変数とするTDN含量の単回帰式を示した。推定精度はイネ科草のみとマメ科草のみではrは0.94であったが、イネ科・マメ科全体ではrはやや低下し、s. e.が大きくなった。この理由としてIVDMDの誤差だけでなく、DDMとTDN含量の関係が草種間で異なる可能性が考えられた。

表4. 単回帰によるTDN含量推定式

	回帰式	r	s. e.
イネ科	$Y=0.97IVDMD+0.77$	0.94**	2.36
マメ科	$Y=0.79IVDMD+8.68$	0.94**	1.82
イネ科・マメ科	$Y=1.01IVDMD-3.60$	0.93**	2.69

IVDMD:T&T法による*in vitro*乾物消化率 \*P<0.05 \*\*P<0.01

供試試料のDDMとTDN含量の相関を図1に示した。DDMからTDN含量への回帰式がイネ科草とマメ科草別に作成された。2本の回帰直線の傾きに有意差はなかったが、高さに1%水準で有意差が認められ、DDMに対するTDN含量の値はイネ科草よりマメ科草で常に低いことが分かった。

表5. 重回帰によるTDN含量推定式および説明変数の相対重要度

回帰式	r <sup>1)</sup>	s. e.	説明変数の相対重要度 <sup>2)</sup>		
			X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>
イネ科 (n=20)					
TDN=0.79IVDMD+2.49EE+4.15	0.95**	2.07	90.1	9.9	-
TDN=0.89IVDMD+2.08EE-0.86C. Ash+5.95	0.96**	1.88	87.9	6.3	5.7
イネ科・マメ科 (n=30)					
TDN=0.68IVDMD+3.41EE+7.8	0.96**	2.02	71.9	28.1	-
TDN=0.84IVDMD+2.07EE-0.78C. Ash+8.78	0.97**	1.75	82.4	7.6	10.0

IVDMD ; T & T法による*in vitro*乾物消化率 EE ; 粗脂肪 C. Ash ; 粗灰分

注1) rは自由度調整済み、\* : p < 0.05 \*\* : p < 0.01

2) X<sub>1</sub> ; IVDMD、X<sub>2</sub> ; EE、X<sub>3</sub> ; C. Ash

説明変数としてX<sub>1</sub>にIVDMD、X<sub>2</sub>にEEを用い、イネ科草単独 (n=20) およびイネ科・マメ科全体 (n=30) について重回帰によるTDN含量の推定式を作成した。マメ科草単独については点数が少なく、重回帰式にした場合には信頼性に疑問が残るため検討を行わなかった。イネ科草では説明変数としてEEを加えることでT

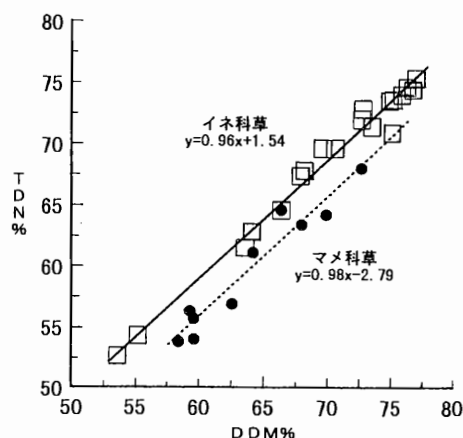


図1. イネ科草とマメ科草における飽食条件下でのDDMとTDN含量の相関

イネ科草 □ マメ科草 ●

DDMとTDN含量の関係を決定する要因は可消化EE含量と可消化C. Ash含量であるから、イネ科草とマメ科草両方のTDN含量の推定を同時に行うためには説明変数としてEEとC. Ashを加えることが妥当であると考えられた。

### 4. 重回帰式によるTDN含量の推定

表5に重回帰によるTDN含量の推定式と推定精度および説明変数の相対重要度を示した。

DN含量の推定精度は5%水準で有意に向上した。

イネ科・マメ科全体ではEEを説明変数として加えることによりTDN含量の推定精度は1%水準で有意に向上し、IVDMDのみを説明変数とする単回帰式の時とは逆にイネ科草単独の推定式より精度が高くなった。

さらにX<sub>3</sub>にC. Ashを加えた3変数による重回帰式

を作成した。イネ科草単独では5%水準で有意に推定精度が向上した。イネ科・マメ科全体では1%水準で有意に推定精度が向上し、 $r=0.97$ 、 $s. e. =1.75$ と最も推定精度が高くなった。説明変数の相対重要度は2変数および3変数による重回帰式ともにイネ科草のみよりイネ科・マメ科全体とすることで $X_2$ と $X_3$ の重要度が高くなった。

今回作成した重回帰式により、イネ科草、マメ科草共通でTDN含量を高精度で推定できたことから、混播草についても応用できると考えられる。イネ科草のみでは、イネ科・マメ科全体に比べ重回帰にすることの意味は小さかったが、それは今回供試した試料が、2点を除きチモシーという単一草種に片寄っていたためかもしれない。また、今回供試した牧草はすべて飽食条件下での消化試験を行ったものであった。従って、維持条件下でのTDN含量の推定方式についても今後検討する必要がある。

#### 引用文献

- 1) 阿部 亮・篠田 満・岩崎 薫・佐藤文俊・須田孝雄・高橋 敏 (1984) 日畜会報, 56, 12-19
- 2) ADAMS, R. S., J. H. MOORE, E. M. KESLER and G. S. STEVENS (1964) J. Dairy Sci. 47, 1461.
- 3) BRUNDAGE, A. L. (1972) J. Brit. Grassl. Soc. 27, 111-114
- 4) 古賀照章・阿部 亮 (1994) 日草誌, 40, 8-15
- 5) MCLEOD, M. N. and D. J. MINSON (1969) J. Brit. Grassl. Soc. 24, 296-298

- 6) 森本 宏 (1971) 動物栄養試験法, 第1版. pp. 280-304. 養賢堂. 東京.
- 7) TILLEY, J. M. and R. A. TERRY (1964) J. Brit. Grassl. Soc. 18, 104-111
- 8) TERRY, R. A., D. C. MUNDELL and D. F. OSBOURN (1978) J. Brit. Grassl. Soc. 33, 13-18
- 9) 古谷政道・植田精一・樋口誠一郎・筒井佐喜雄 (1982) 北海道農試集報 47, 23-30.
- 10) 山本勝昭・丸山富美子 (1976) 日草誌 22, 201-205
- 11) YAMAMOTO, K. and T. MARUYAMA (1980) J. Japan. Grassl. Sci. 26, 330-336

#### 摘 要

チモシーを中心とするイネ科牧草およびアルファルファを含むマメ科牧草の飽食条件下でのTDN含量を、T & T法を用いて推定した。

1. T & T法による乾物分解率は飽食条件下のDMDより高くなった。
2. 説明変数にIVDMDのみを用いた単回帰によりTDN含量をイネ科草とマメ科草別に $r=0.94$ の精度で推定することができた。
3. 説明変数として粗脂肪(EE)および粗灰分(C. Ash)を加えることにより、マメ科・イネ科共通の、より精度の高いTDN含量の回帰式を得た。

(1995年4月2日受理)