

粗飼料の品質評価ガイドブック

自給飼料品質評価研究会編

日本草地協会

1.3 飼料のTDNの推定

<はじめに>

粗飼料の栄養価を示すには、従来TDN、可消化乾物量（DDM）あるいは可消化有機物含量（DOM）などが使われている。TDNは、一般分析で得られる有機成分に各々の消化率をかけ、粗脂肪はさらに高エネルギーであるため2.25倍して、合計したものである。取扱いが容易なエネルギー単位として、我国では最も親しまれ、定着しているといつてよい。

TDNを求めるには、定義にしたがって次式により算出すればよい。

$$\begin{aligned} \text{TDN} = & (\text{CP} \times \text{その消化率}) + (\text{EE} \times \text{その消化率} \times 2.25) \\ & + (\text{CF} \times \text{その消化率}) + (\text{NFE} \times \text{その消化率}) \end{aligned} \quad (1)$$

対象とする試料について化学分析や消化率の測定を実施することが最も望ましいが、消化率の測定は施設や動物を必要とするので、日本標準飼料成分表に示されている値を用いることが多い。また、化学成分値についても、測定できないときは成分表の値を用いればよい。しかし、粗飼料は栽培や調製・貯蔵条件によって成分の変動が大きい（同時に消化率の変動も大きい）うえに生育ステージの判定が難しいことが多いので、成分表をもとにしてTDNを求める場合は、対象の試料の由来をよく調べて正確を期す必要がある。

また、化学分析で得られた成分値から、回帰式でTDNを算出することも試みられてきた。一般分析の項目を用いてもよいが、前章で述べられているようなデタージェント分析や酵素分析で得られる成分値から回帰式によってTDNを推定する方法が近年すすめられている。ここでは今までに発表された主なTDNの推定式を紹介し、自給飼料品質評価研究会での検討などをもとに若干の考察を述べる。

1.3.1 牧乾草

1.3.1.1 イネ科草およびそれを主体とする混播草

上述した式(1)に従って算出するほか、次のような推定式を用いてTDNを求めることができる。

$$\text{TDN} = 1.111 \cdot (\text{OCC} + 0a) + 0.605 \cdot 0b - 18.8 \quad (2) \quad \text{文献 1)}$$

多くの草種を含むサンプルを用いて作成

(n=19, r=0.93, Ob:22.4-59.4%, TDN:38.0-67.3%)

$$\text{TDN} = 94.2 - 0.971 * \text{ADF} \quad (3)$$

(2)式と同じサンプルでADFを独立変数としたもの

(n=19, r=-0.62, ADF:26.6-43.4%)

$$\text{TDN} = 0.674 * (\text{OCC} + 0a) + 0.217 * \text{Ob} + 18.53 \quad (4)$$

(2)式のサンプルの一部を変更・追加して作成

(n=36, r=0.87, Ob:21.7-59.2%, TDN:53.3-69.1%)

(検討) 式(4)は次のように変形することができる。

$$(\text{OCC} + 0a) = (\text{DM} - \text{CA} - \text{Ob}) \text{ より (但し CA:粗灰分)}$$

$$\text{粗灰分が 6\% のとき} \quad \text{TDN} = 81.51 - 0.45 * \text{Ob}$$

$$\text{同 12\% のとき} \quad \text{TDN} = 77.49 - 0.45 * \text{Ob}$$

つまり、Obによる単回帰式を粗灰分に応じて平行移動させて使っていることになる。そこで、同一のデータからObとCAを用いる重回帰式を作ると式(4a)になった。

(4), (4a)から得られるTDN推定値はまったく同一である。

$$\text{TDN} = 85.89 - 0.456 * \text{Ob} - 0.674 * \text{CA} \quad (r = -0.87, \text{SE} = 2.12) \quad (4a)$$

$$\text{TDN} = 87.09 - 0.752 * \text{ADF} \quad (5)$$

(4)式と同じサンプルでADFを独立変数としたもの

(n=36, r=-0.78, ADF:22.6-43.4%)

また、CAとの重回帰式は次のようになり、相関係数の向上は少なかった。

$$\text{TDN} = 92.66 - 0.806 * \text{ADF} - 0.376 * \text{CA} \quad (5a)$$

(n=36, r=-0.80, SE=2.58, CA:5.4-14.3%)

式(4a), (5a)は、TDN推定におけるObとADFの比較資料となる。

$$\text{TDN} = 99.2 - 1.24 * \text{ADF} \quad (6) \quad \text{文献 2)}$$

オーチャードグラス生草サンプルより作成

(n=102, r=-0.79, ADF:21.8-45.1%, TDN:23.5-72.5%)

(解説)

1) TDNの推定式を作成するには多数のサンプルが必要である。イネ科草は種類が多く、草種別に多くのサンプルを準備して消化試験を実施することは、労力的に不可能に近い。しかし、多くの草種、番草、生育ステージをこみにしたサンプルを用いて成分値からTDNを推定する式を作ろうとすると、推定精度の高いものを得ることはなかなか困難である。酵素分析法は特定の物質を精密に分離・定量するのではなく、消化性の差によって試料を分画するものであるため成分値とTDNとの相関が高くなり、比較的推定精度の高い式が得られることが知られてきている。上記のように OCC, 0a, 0bといった分画を独立変数にした重回帰式は、相関係数の高いものが得られているので、これらを使用することが望ましい。一方、日本標準飼料成分表にADF値が掲載されるようになり、ADFはもともとTDNの推定に用い得る項目であるから、これを独立変数とする単回帰式も実用上の価値は高いと思われる。本稿では主としてこれらの式をとりあげ、必要に応じて他の項目を用いた推定式も紹介することにする。

2) TDN推定式はいったん作成すればそれで固定して改善が不要というものではない。栽培品種の変化や栽培・調製方法の変化等によって新しいサンプルを追加して修正していくことが長い間には必要になる。また、現状では暖地型牧草については検討が不十分で、今後の整備が望まれる。なお、外国産の輸入乾草についても消化試験の例数が少なく、独自の推定式を作るには至っていない。現状でTDNを推定する場合はやむを得ず国内のサンプルで作成した式を適用することとし、将来多くの外国産乾草について消化試験のデータが蓄積された時点でより汎用性のある式を作成すべきである。

3) 現時点で推奨されるTDN推定式としては、供試サンプルの数が多くかつ北海道から九州まで分布していることから、上記の式(4)が最も普遍性があるものと考えられる。また、式(4)の代わりに(4a)を使うと、土砂の混入による異常な粗灰分値があったときに目につきやすい場合がある。

1.3.1.2 アルファルファ (梱包乾草およびヘイキューブ)

我国で使用されるものの圧倒的大部分がアメリカ合衆国から輸入されており、同国では多くの分析データをもとに品質評価がなされている。合衆国で現在用いられている推定式には次のようなものがある。

$$\text{TDN} = 82.38 - 0.7515 * \text{ADF} \quad (7) \quad \text{文献 3)}$$

$$\text{TDN} = 54.32 + 0.7387 * \text{CP} - 0.2915 * \text{ADF} \quad (8) \quad \text{文献 4)}$$

我国では次のような式が作成されている。

$$\text{TDN} = 1.021 * (\text{OCC} + 0a) + 0.498 * 0b - 16.1 \quad (9) \quad \text{文献 1)}$$

$$(n=7, r=0.64, 0b:12.5-35.2\%, \text{TDN}:50.5-62.3\%)$$

$$\text{TDN} = 91.8 - 0.937 * \text{ADF} \quad (1 \text{ 番草}) \quad (r=-0.82) \quad (10) \quad \text{文献 2)}$$

$$74.3 - 0.481 * \text{ADF} \quad (2 \text{ 番草}) \quad (r=-0.72) \quad (11)$$

今後、消化試験のデータが蓄積され、輸入品、国産品を含めた共用の推定式ができることが期待される。現状では、輸入品については式(7),(8)を使用してよいと思われる。

1.3.1.3 スーダングラス

近年スーダングラス乾草が大量に輸入されており、この草種のTDN推定においては既存のイネ科用の式を適用してよいかどうか疑問視されている。消化試験のデータが蓄積されるまでの当面の対応策を検討するため、次のような方法を試みた。

- ① 酵素分析成分および粗脂肪の値を用いた積み上げ方式によるTDN推定値を算出する。
- ② この推定値をさらにADFから推定するための式を作成する。

積み上げ方式の式

$$\begin{aligned} \text{TDN} &= \text{可消化 (OCC} + 0a) + \text{可消化 } 0b + 1.25 * \text{可消化 EE} \\ &= S1 + S2 + 1.25 * S3 \end{aligned} \quad (12) \quad \text{文献 1)}$$

$$S1 = 1.033 * (\text{OCC} + 0a) - 10.1$$

$$S2 = 0.480 * 0b - 4.0$$

$$S3 = 0.619 * \text{EE} - 0.4$$

$$\text{TDN} = 79.94 - 0.647 * \text{ADF} - 0.481 * \text{CA} \quad (r=-0.96) \quad (13)$$

$$\text{TDN} = 75.45 - 0.649 * \text{ADF} \quad (r=-0.92) \quad (14)$$

上記①,②の方針にそって作成したもの

$$(n=40, \text{ADF}:29.8-46.8\%, \text{TDN}:44.0-55.8\%)$$

(注) 式(14)は次項に述べるソルガムサイレージの式(20)に近似している。植物分類上近いので、式(20)を適用するのも一つの考え方であろう。

1.3.2 サイレージ

今まで草種ごとにTDN推定式が作られているので代表的なものを記載する。供試サンプルや分析項目によって適宜選択すればよいと思われる。

1.3.2.1 トウモロコシサイレージ

$$\text{TDN} = 26.4 + 0.545 \cdot \text{OCC} + 1.413 \cdot \text{Oa} \quad (15) \quad \text{文献 1)}$$

(n=14, r=0.68, OCC:35.6-56.2%, TDN:60.7-73.1%)

$$\text{TDN} = 29.6 + 0.659 \cdot (\text{OCC} + \text{Oa}) \quad (\text{北海道}) \quad (16) \quad \text{文献 2)}$$

(n=12, r=0.86, OCC:37.1-56.2%, TDN:61.1-72.1%)

$$\text{TDN} = 30.4 + 0.627 \cdot (\text{OCC} + \text{Oa}) \quad (\text{九州\&北海道}) \quad (17)$$

(n=38, r=0.83, TDN:48.0-73.1%)

$$\text{TDN} = 89.89 - 0.752 \cdot \text{ADF} \quad (\text{北海道}) \quad (18) \quad \text{文献 2)}$$

(27品種, r=0.86, ADF:21.1-38.5%, TDN:61.8-73.7%)

(解説)

トウモロコシは全国的に栽培されているが、植物体の化学成分には地域差があることが知られ、日本標準飼料成分表では北海道、東日本および西日本に分けて表示している。したがってTDN推定式も地域別に作成されたものを当該地域で使用するほうが推定精度が高いであろう。しかし、検定すべき未知サンプルの採取地域が推定式作成用サンプル群の採取地域を逸脱するのであれば、むしろ全国的に収集したサンプル群で作成した推定式を使用するほうが全体として推定精度が高くなる。

1.3.2.2 ソルガムサイレージ

$$\text{TDN} = 29.5 + 0.531 \cdot (\text{OCC} + \text{Oa}) \quad (r=0.79) \quad (19) \quad \text{文献 5)}$$

$$\text{TDN} = 73.47 - 0.56 \cdot \text{ADF} \quad (r=-0.68) \quad (20)$$

式(19), (20)は同一サンプルから作成したもの

(n=48, Ob=32.3-67.2%, ADF:30.4-49.5%, TDN:42.8-59.2%)

$$\text{TDN} = 1.09 \cdot (\text{OCC} + \text{Oa}) + 0.34 \cdot \text{Ob} - 13.2 \quad (r=0.91, n=19) \quad (21) \quad \text{文献 6)}$$

1.3.2.3 牧草サイレージ

$$\text{TDN} = 21.6 + 0.873 * (\text{OCC} + 0a) \quad (\text{北海道}) \quad (22) \text{ 文献 2)}$$

(n=23, r=0.91, OCC:18.1-43.1%, TDN:45.8-77.3%)

$$\text{TDN} = 97.5 - 2.311 * (\text{ADL} + \text{Si}) - 0.418 * 0b \quad (R=0.94) \quad (23) \text{ 文献 5)}$$

$$22.6 + 0.637 * (\text{OCC} + 0a) + 3.478 * \text{EE} \quad (R=0.89) \quad (24)$$

式(23), (24)は同一サンプルから作成したもの

(n=22, 0b:37.4-71.6%, ADL:2.9-8.4%, TDN:43.5-72.1%)

$$\text{TDN} = 67.48 + 0.148 * (\text{OCC} + 0a) - 0.345 * 0b \quad (25) \text{ 文献 7)}$$

イタリアンライグラス (一部混播草も含む)

(n=29, r=0.96, 0b:12.4-48.1%, TDN:56.2-73.4%)

1.3.3 その他のTDN推定式

1.3.3.1 牧乾草、サイレージに共用の推定式

$$\text{TDN} = 30.4 + 0.654 * (\text{OCC} + 0a) \quad (\text{北海道}) \quad (26) \text{ 文献 2)}$$

(n=44, r=0.83, OCC:18.1-43.1%, TDN:45.8-77.3%)

$$\text{TDN} = 54.18 + 0.287 * (\text{OCC} + 0a) - 0.183 * 0b \quad (r=0.94) \quad (27) \text{ 文献 7)}$$

$$\text{TDN} = 87.57 - 0.737 * \text{ADF} \quad (r=-0.78) \quad (28)$$

式(27), (28)は同一サンプルから作成したもので

イタリアンライグラスが多く含まれる

(n=62, 0b:12.4-55.0%, ADF:23.6-43.3%, TDN:56.2-73.4%)

(解説)

一般にTDN推定式はサンプルの種類を細かく限定して作成し、その限定された草種だけに適用すれば推定精度が高くなる。しかし、分析センターで実用に供される推定式は草種を細分化するにも限度がある。「イネ科乾草」としては同種であるが多種多様の草種、産地、生育期等が混在している場合と、「乾草」と「サイレージ」とが混在しているもの

の同一草種の場合とどちらが推定精度が高いかについては一律に決めることはできず、後者が適していることもあり得る。ロールベール技術の普及により、従来の「乾草」と「サイレージ」の中間に位置するような貯蔵飼料が増加しているため、このような型のサンプル群の存在価値が高まったといえるであろう。各分析センターにおける経験の蓄積からTDN推定式を選択することも必要と思われる。

1.3.3.2 混合サイレージ飼料（オールインサイレージ）のTDN推定式

$$\text{TDN} = 76.9 + 0.775 \cdot \text{CP} - 0.850 \cdot \text{ADF} \quad (r=0.83) \quad (29) \text{ 文献 8)}$$

給与飼料全体のTDNを推定するもの

飼料の内容については文献を参照のこと

(n=40, CP:10.5-18.8%, ADF:19.0-38.1%, TDN:54.1-75.0%)

1.3.4 TDNの計算に関連した事柄

1.3.4.1 DDM、DOM、TDNの相互換算

$$\text{TDN} = 5.81 + 0.869 \cdot \text{DDM} \quad (30) \text{ 文献 9)}$$

$$\text{TDN} = -0.27 + 1.018 \cdot \text{DOM} \quad (31)$$

$$\text{DOM} = 6.34 + 0.848 \cdot \text{DDM} \quad (32)$$

1.3.4.2 成分値からのDOMの推定

イネ科乾草

$$\text{DOM} = (1.033 \cdot (\text{OCC} + 0a) - 10.1) + (0.480 \cdot 0b - 4.0) \quad (33) \text{ 文献 10)}$$

ソルガムサイレージ

$$\text{DOM} = 1.09 \cdot (\text{OCC} + 0a) + 0.340 \cdot 0b - 14.8 \quad (34) \text{ 文献 6)}$$

(注) 式(21), (34)は各種成分の消化率を係数として用い、それぞれを加算するかたちで式を作成したものである。飼料給与のためだけでなく作物育種においても利用できる式を作るためには、このような係数決定法が適しているとの見解にもとづいている。消化率を用いる点では式(12), (33)も共通している。

1.3.4.3 材料草の形態と成分含量からサイレージのDOMを推定する方法

$$\text{DOM} = 87.0 \cdot G + (87.3 \cdot \text{OCC} + 84.6 \cdot 0a + 33.1 \cdot 0b) \cdot (1-G) - 2.7 \quad (35) \text{ 文献 11)}$$

G : 乾物中の子実重割合 ($0 \leq G \leq 1$)

OCC, 0a, 0b : 茎葉部におけるそれらの量

1.3.4.4 近赤外分析によるTDNの直接推定

成分値からTDNを算出するのではなく、直接的に近赤外分光分析により飼料のTDNを調べることができる。

引用文献

- 1) 飼料栄養価測定法における新方式の開発. 農林水産技術会議事務局 (1986)
(p. 91 : 式(2), (3), (9))
(p. 92 : 式(15))
(p. 93 : 式(12))
- 2) 牧草・飼料作物の栄養価評価の手引. 北農会 (1991)
(p. 42 : 式(22), (26))
(p. 44 : 式(16))
(p. 45 : 式(6))
(p. 46 : 式(10), (11), (18))
- 3) カリフォルニア州立大学リーフレット21457
- 4) オレゴン州立大学リーフレット
- 5) 自給飼料品質評価研究会資料. 草地試験場・畜産試験場 (1991)
(p. 11 : 式(23), (24))
(p. 22 : 式(19))
- 6) 日本草地学会誌37巻別号 (1991)
(p. 250 : 式(21), (34))
- 7) 日本草地学会誌36巻別号 (1990)
(p. 138 : 式(25))
(p. 140 : 式(27), (28))
- 8) 水田特化地域における乳・肉牛用オールイン飼料の開発と給与技術の確立. 福井県畜産試験場他 (1988)
(p. 53 : 式(29))
- 9) Heaney & Pigden (1963) . J. Anim. Sci. 22:956
- 10) 新しい飼料分析法とその応用. 畜産試験場 (1981)

(p. 40 : 式(33))

11) 草地飼料作研究成果最新情報第 4 号.. 草地試験場 (1989)

(p. 27 : 式(35))

第 2 章 品質判定基準

2.1 乾草の評価基準

近年、自家用に生産された乾草や国内産の流通乾草に加えて、多種多様の輸入乾草の使用が増加している。これら多くの乾草に共通した評価基準となり得るのはその栄養価である。栄養価の指標として我国で最も定着しているのはTDN（可消化養分総量）であり、また最大の乾草輸出国であるアメリカにおいてもTDNが使用されているので、これを用いて全草種に共通した等級を設定することが適切と考えられる。

乾草の評価基準は栄養価による等級を基本にし、他に必要と考えられる項目をつけ加えて作成すればよい。本節ではTDNを用いた等級について詳細にのべ、その他の項目は簡単にふれるにとどめる。後者については統一的な根拠になるものがなく、作成しようとする評価基準の適用範囲に応じて関係機関が協議することが望ましい。

2.1.1 栄養価による等級

2.1.1.1 TDNによる等級の設定

評価の対象である個々の乾草についてTDNを求め、表.2.1.1に示す等級に分類する。

表.2.1.1 TDNによる乾草の等級

イネ科牧草		マメ科牧草	
TDN(DM%)	等級	TDN(DM%)	等級
65 以上	特 級	61 以上	特 級
60-64	1 級	56-60	1 級
56-59	2 級	50-55	2 級
50-55	3 級	49 以下	3 級
49 以下	4 級		

〔参考〕

(1) イネ科牧草について

日本標準飼料成分表に記載されている代表的なイネ科乾牧草のTDN値を表.2.1.1にあてはめると次のようである(表.2.1.2)。

表.2.1.2 イタリアンライグラス、オーチャードグラス及びチモシー乾草の生育ステージとTDN値(日本標準飼料成分表より抜粋)

	イタリアンライグラス		オーチャードグラス		チモシー	
	ステージ	TDN	ステージ	TDN	ステージ	TDN
特級	1番草 出穂前	68.7	1番草 出穂前	67.4	1番草 出穂前	66.3
	再生草 出穂前	64.6				
1級	1番草 出穂期	62.2	1番草 出穂期	60.1	1番草 出穂期	62.6
	再生草 出穂期	60.0	再生草 出穂前	59.5	再生草 出穂前 出穂期	63.9 59.8
2級			再生草 出穂期	56.4		
3級	1番草 開花期	53.8	1番草 開花期	54.6	1番草 開花期	54.9
	再生草 開花期	54.9	結実期	50.2		
4級	1番草 結実期	47.2			1番草 結実期	48.6

表.2.1.2 でみられるように、特級とは主として1番草を出穂前に収穫したものであり、生産量はごく少ないのが現実である。開花したものは3級になる。4級は結実後の茎葉である「ストロー」とよばれる部分が主体であり、イナワラ、ムギワラなども含まれる。通常、「乾草(ヘイ)」として流通しているものはほとんど1~3級に該当すると予想されるが、生育ステージからの予想よりも品質が低下しているものも多いであろう。

(2) アルファルファについて

アルファルファを原料とする梱包乾草およびヘイキューブが、毎年我国に大量に輸入されている。主産地であるアメリカ合衆国では栄養価にもとづいた評価が行われているので、その代表的な基準を表.2.1.3に示す¹⁾。

表.2.1.3 アルファルファ乾草の品質基準 (USA)

品質の 基準	CP	ADF	NDF % OF DM	DDM	DMI %	RFV Index
Prime	>19	<31	<40	>65	>3.0	>151
1	17-19	31-35	40-46	62-65	3.0-2.6	151-125
2	14-16	36-40	47-53	58-61	2.5-2.3	124-103
3	11-13	41-42	54-60	56-57	2.2-2.0	102-87
4	8-10	43-45	61-65	53-55	1.9-1.8	86-75
5	<8	>45	>65	<53	<1.8	<75

表.2.1.3のCP, ADFの値からTDNを算出し(式(8)を使用)、今回作成した乾草の等級と対比したのが表.2.1.4である。TDNの区切りが類似しているので、ここで示された等級の対応は、輸入に際しての参考になるであろう。

表.2.1.4 評価基準の比較

USAの基準 (表.2.1.3より)		本基準 (表.2.1.1 マメ科)	
等級	TDN	等級	TDN
Prime	60.3<	特級	61 以上
1	56.7-59.3	1 級	56-60
2	53.0-55.6	2 級	50-55
3	50.2-52.0		
4	47.1-49.2	3 級	49 以下
5	<46.1		

注1) 本項 (2.1 乾草の評価基準) における数式の番号は前項 (1.3飼料のTDNの推定) における番号と同一である。

注2) 表.2.1.3 に示されたRFVとは相対飼料価のことで、可消化乾物摂取量を意味している。採食量をも含んだ内容のものであるため、粗飼料の栄養価値を表す指標として優れたものとみなすことができる。我国でも研究を進展させ、多くの草種についてデータを蓄積することが望ましい。また、DMIは乾物摂取量である。

2.1.1.2 TDNの算出法

前項 (1.3)に述べられているとおりであるが、本節で再度整理するとともに輸入乾草への適用事例を紹介する。

1) イネ科牧草

分析値からTDNを推定する場合、寒地型の牧草については次式の使用を推薦する。

$$\text{TDN} = 0.674 * (\text{OCC} + \text{OA}) + 0.217 * \text{OB} + 18.53 \quad (4)$$

ただし、「1.3.1.1 イネ科草……」に述べられている(4a)式、(2)式等を使用しても同一または近似した結果が得られる。

輸入乾草の分析事例の一つとして、チモシー乾草の分析値²⁾に式(4)を適用してTDNを推定すると図.2.1.1 のようになった。特級のもののみならず、1, 2, 3級が各々5, 25, 68%であり、4級のものもわずかながら(2%)見出された。

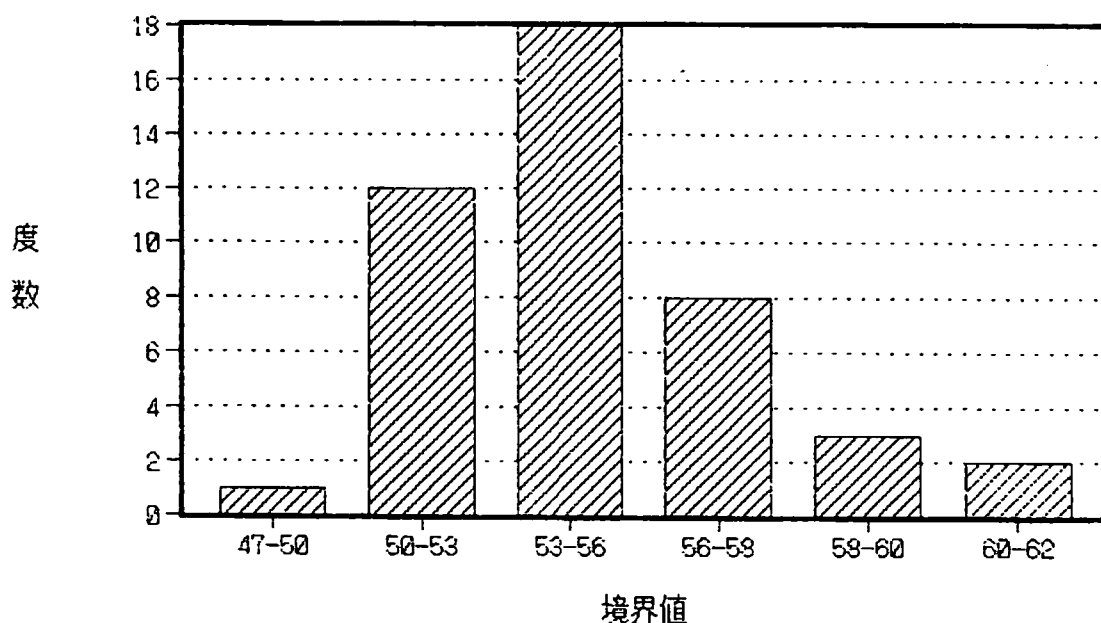


図.2.1.1 チモシー乾草のTDN推定値の分布 (千葉畜試のデータより)

2) アルファルファ

アルファルファについては我国でつくられた酵素分析法による式と、米国でつくられた ADF, CP 値による式のいずれかを使用する。

$$\text{TDN} = 1.021 \cdot (\text{OCC} + \text{OA}) + 0.498 \cdot \text{OB} - 16.1 \quad (9)$$

$$\text{TDN} = 54.32 + 0.7387 \cdot \text{CP} - 0.2915 \cdot \text{ADF} \quad (8)$$

現状では、輸入乾草およびヘイキューブは式(8)を用いて等級づけを行うことが流通の実態に適合していると考えられる。一方で酵素分析法の成分値から推定する方式についてもさらにデータを蓄積し、両法のすり合わせを行っていく必要がある。

我国の主要な港湾の倉庫からサンプリングした輸入アルファルファ乾草89点の分析値¹⁾を用い、式(8)によるTDN推定値を算出して表. 2.1.1 の等級に当てはめると図. 2.1.2 のようになった。特級に該当したものは7%と少なく、1, 2級のものが圧倒的に多かった。また3級のものは1点で、ごく少ないことがうかがわれた。

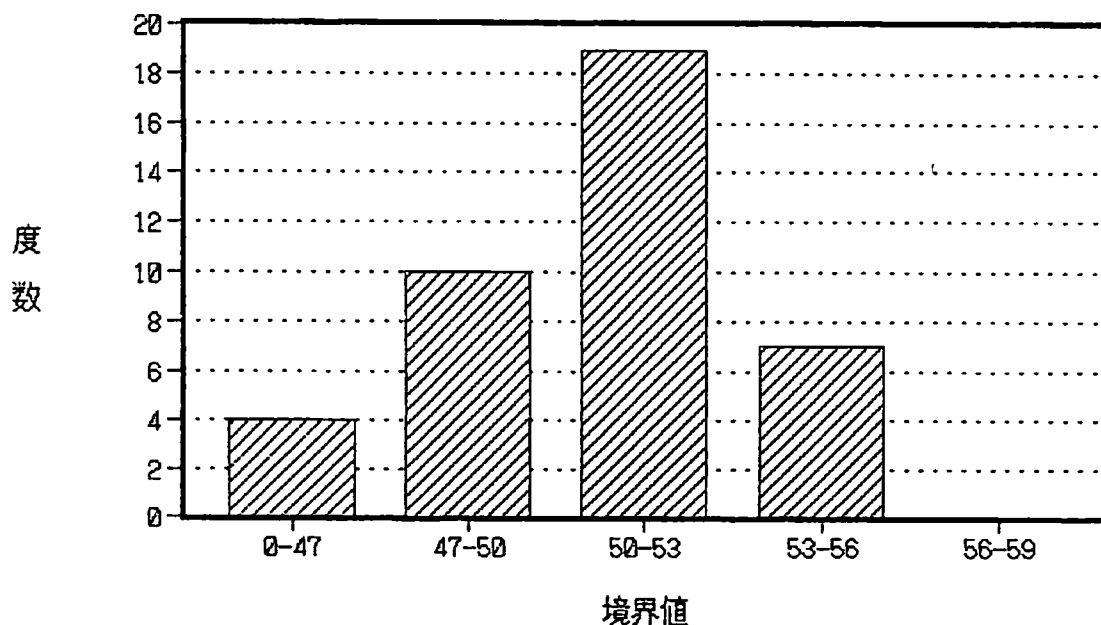


図. 2.1.2 アルファルファのTDN推定値の分布 (日本飼料協会のデータより)

3) スーダングラス

「1.3.1.3 スーダングラス」に述べられている積み上げ方式の式を使用することが望ましい。

$$\text{TDN} = \text{S1} + \text{S2} + 1.25 \times \text{S3} \quad (12)$$

$$\text{S1} = 1.033 \times (\text{OCC} + \text{OA}) - 10.1$$

$$\text{S2} = 0.480 \times \text{OB} - 4.0$$

$$\text{S3} = 0.619 \times \text{EE} - 0.4$$

輸入スーダングラス乾草の分析値40点¹⁾に式(12)を適用して得たTDN推定値は図.2.1.3のような分布を示した。4級に該当するものがかなりみられた。

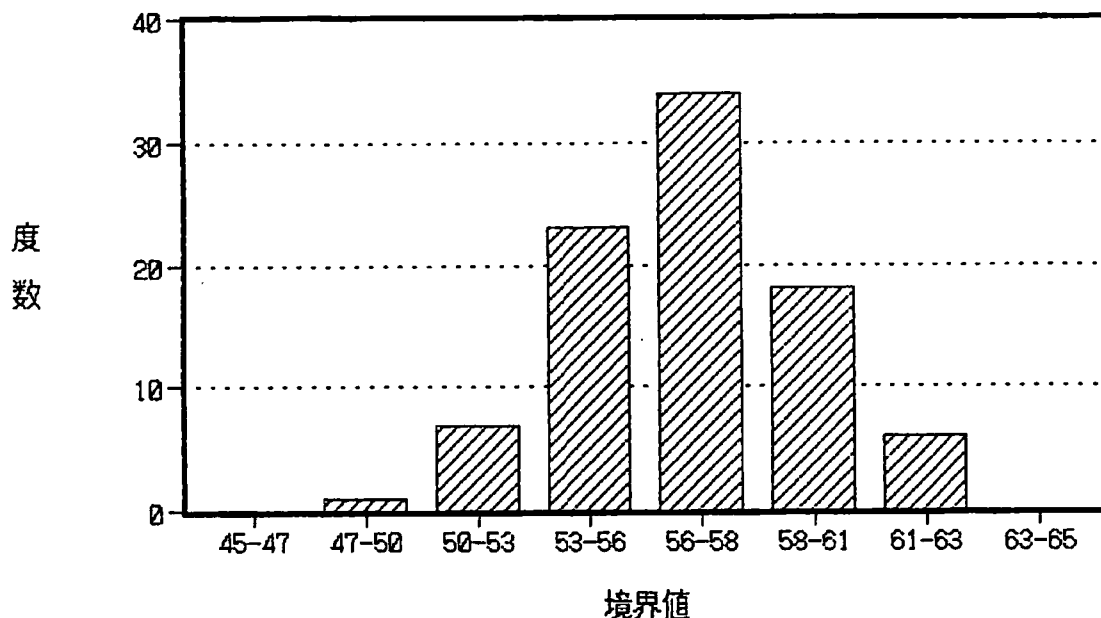


図.2.1.3 スーダングラス乾草のTDN推定値の分布（新潟畜試のデータより）

2.1.1.3 ADFによる等級の推定

ADFを用いた単回帰式によるTDNの推定は、一般に上述のTDN推定式（すべて重回帰式）による方法よりも精度が低いと考えられるが、簡易な推定法として実用上の価値がある。日本標準飼料成分表にADF値が記載されていること、また輸入乾草の生産地での分析データとしてはADFが多いことから、表.2.1.1の等級のめやすとなるADF値を推定し、表.2.1.5に示した。

今までのイネ科牧草用のTDN推定式は、その作成にあたって暖地型草やストロー類のサンプルを多く使用していない。そしてこれらの飼料は、寒地型牧草で高TDNの飼料に比べてADF/TDN比が小さい値を示す傾向がある。このため暖地型草やストロー類においてADFからTDNを推定する場合は、従来のイネ科用の式を用いると誤差が大き

くなると予想される。当面は表.2.1.5 の(b)区分に示した式を適用し、消化試験データの蓄積を待って再検討すべきである。

表.2.1.5 乾草の等級とADF

等級	ADF (DM中%)		
	(a)寒地イネ科 (主体) 牧草	(b)暖地イネ科 とストロ-全般	(c)アムアムアム
特 級	29 以下		28以下
1 級	30-36	17-24	29-35
2 級	37-41	25-31	36-43
3 級	42-49	32-40	44 以上
4 級	50 以上	41 以上	

ADF 値の設定	(a) $TDN = 87.09 - 0.752 * ADF$	(5)
に用いた式:	(b) $TDN = 75.45 - 0.649 * ADF$	(14)
	(c) $TDN = 82.38 - 0.7515 * ADF$	(7)

〔参考〕

(1) ADFの単回帰式によるTDN推定と酵素分析法による推定との関係

一例として前述のチモシ-乾草の分析値に式(5)を適用してTDN値を求めると、式(4)で得たTDN値との間に下記のような関係がみられた。図.2.1.4にも示したように、両者の相関はかなり高いものであった。ただし、これは単一草種の例であり、混合草種の場合には両者の相関はこれより低くなることが多いと予想される。

$$Y = 10.28 + 0.765X \quad r = 0.887$$

ただし Y : 式(4)で求めたTDN推定値

X : 式(5)で求めたTDN推定値

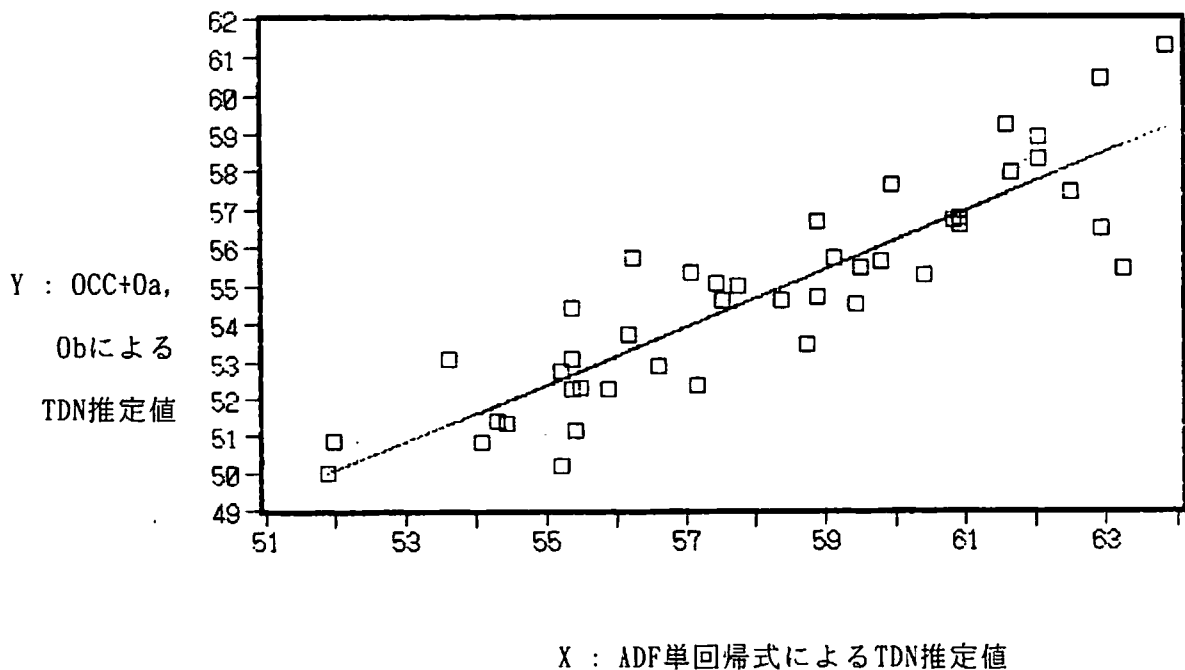


図.2.1.4 チモシー乾草における2種類のTDN推定値の関係

(2) 輸入乾草への適用例

ライグラスとパーミュダグラスの分析値3)に表5-(b)の式を適用してTDNを推定すると、次のようになった。

イ. ライグラス

従来の輸入ライグラスは、草種・品種内容が必ずしも明確でない場合がある。また、ヘイ（開花期まで）だけでなくストロー（採種後の茎葉部）が多く含まれている。そこで、ライグラスの分析値49点に(14)式を適用してTDNを算出すると図.2.1.5のような分布を示した。約60%が3級で、残りは4級であった。

ロ. パーミュダグラス

24点の分析値に(14)式を適用してTDNを推定したところ、本草種の等級は1級～3級に分布していた（図.2.1.6）。

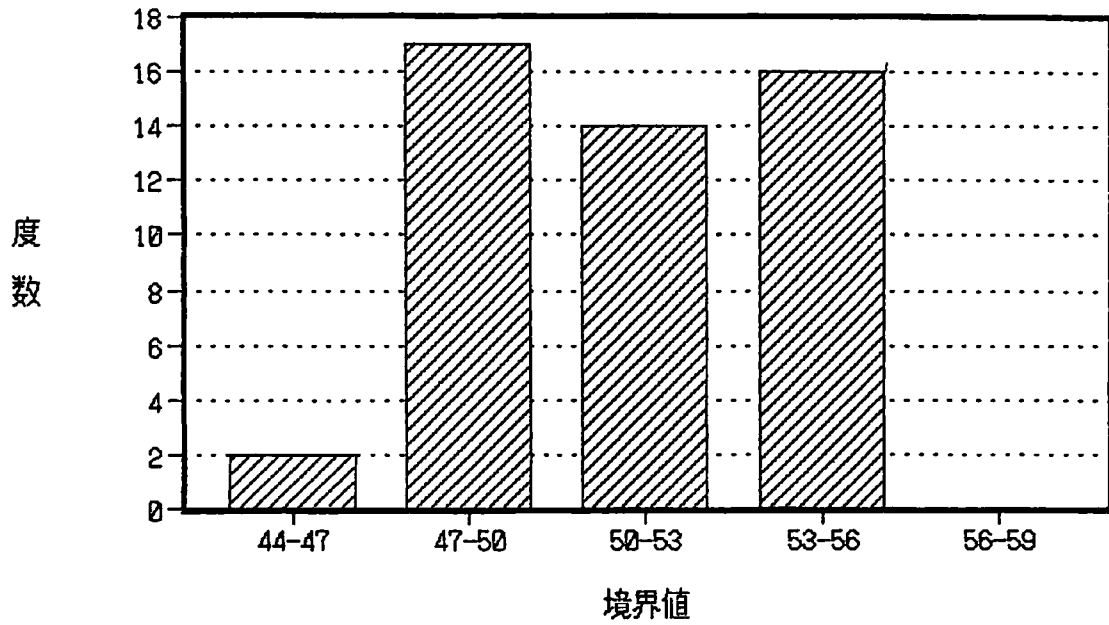


図.2.1.5 ライグラスのTDN推定値の分布 (日本飼料協会のデータより)

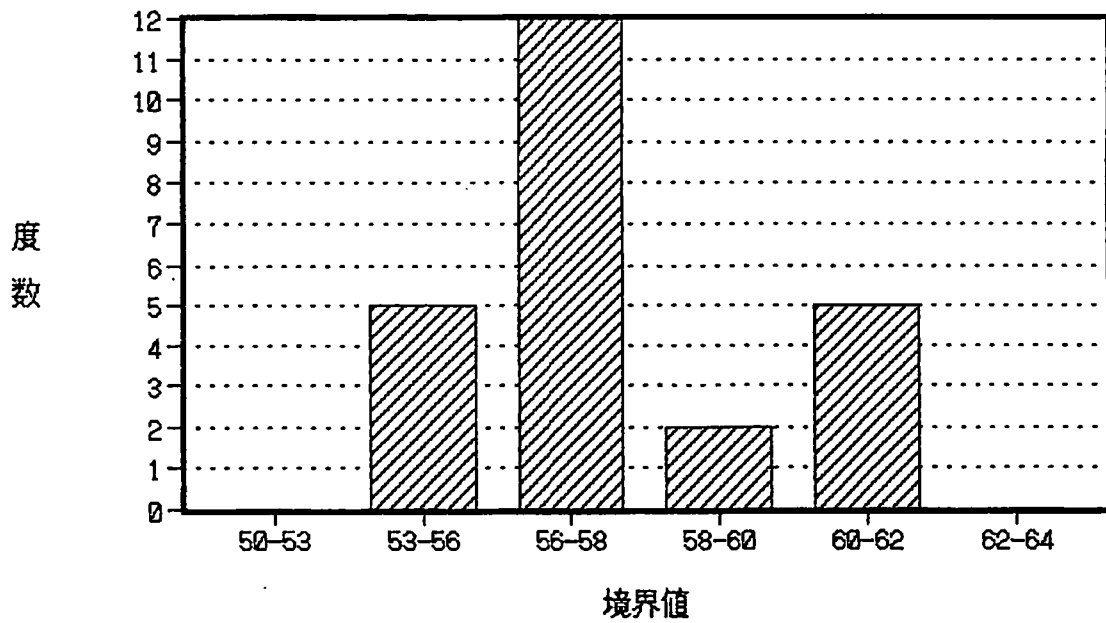


図.2.1.6 バーミュダグラスのTDN推定値の分布 (日本飼料協会のデータより)

2.1.2 評価基準

乾草の評価は種々の場面で必要になる。自家生産乾草の養分含量を調べて給与計画を立てる場合、特定の地域で自給乾草の品評会を開催する場合、流通乾草を購入する際に品質を確認する場合など種々の場面が想定され、それぞれの状況下で最も適切と思われる評価基準を設定する必要がある。

2.1.2.1 TDNによる評価基準

1) 表1の等級をそのまま評価基準として使用する。

現在、乾草の流通価格は栄養価とはあまり関係なく設定されている。価格は主として生産費や流通経費で決ってくるが、栄養価にもとづく等級を導入してそれが価格に反映する状況をつくることは、高品質の乾草生産を促進するために必要である。自家生産の乾草の場合も品質を十分に把握する必要がある。

注1) 上述の等級づけは基本的に飼料の消化率にもとづくものであるが、飼料中の個々の栄養素も飼料の価値に無関係ではない。とくに粗蛋白質などは関心の高い成分であろう。また、ミネラル、ビタミンなどの含有量も飼料の価値の一部を形成している。これらの測定値があれば、適当な資料と照合してその草種内での高低の判断に使用できるので好都合である。しかし、一般にこれらの成分はTDNとの相関が高くないので、別個に等級を設けるとTDNによる等級との整合が煩雑になる。等級づけの一要素として組み込む方法も考えられるが、それらの相対的な重要度の決定が難しい。

注2) 流通乾草の場合は販売する側が栄養価のデータを準備し、購入する側は必要なときにそれらのデータ呈示を要望するという形をとることが望ましい。

データを準備する方法

- ①依頼分析にだす（地方自治体、畜産関係団体、企業等の分析センター）
- ②仕入れの際に相手に要求する
- ③自社で測定する

粗飼料は本来的に成分の変動が大きいので個々の梱包に保証値はつけられない。例えばTDN60%といっても、それはあるロット（輸送単位）の平均値が60%ということであり、配合飼料のように抜取り検査を行うような性格のものではない。

2) さらに簡略な等級を設定する。

表1の等級をさらに簡略化することが望ましい場合は下記のように読みかえることができよう。特定の地域内で契約栽培によって生産された乾草を評価する場合などでは、このような簡略な方法が適していることもある。

特級	→	特
1, 2級	→	上
3, 4級	→	並

2.1.2.2 他の要因を加味した基準

栄養価だけでなく他の要素も勘案した評価基準が必要になることもある。他の要素としては次のような多くの項目が考えられる。これらを用いる場合にはその重要度を定める必要がある。

1) 勘案すべき項目

(1) 雑草・異物

流通乾草では、表示された草種・品種と異なる植物（雑草）が混入しているかどうかは重要な問題であろう。特に輸入乾草における帰化雑草の種子の混入は重大な問題に発展することがある。また、金属、プラスチック片等の異物が混入している場合は商品にはならない。

(2) 有害成分

乾草の材料草（雑草も含め）に由来する有害物質があれば問題になる。近年、硝酸態窒素の含有量に注意が払われることが多い。これについての基準は法令上はないが、暫定的な取扱上のめやすがあれば便利と思われる。

(3) 水分、カビ

貯蔵中におけるカビの発生は有害な物質を生成させ、栄養価、嗜好性を低下させる。乾草の水分が高いほどカビが生じやすいので、水分の基準を設けることが考えられる。

(4) 色調、香り、手触り等

従来から官能検査の項目として用いられてきたものである。栄養価を基準に考えている場合は必要ないようであるが、品評会などでは評価項目の一つになることが多い。

2) 基準の設定例

乾草の流通あるいは品評会等に際しての評価基準は、栄養価による等級を基本として、さらに必要と考えられる場合は前項の項目を加味したものを当事者が設定すればよい。一

つの例として、硝酸態窒素を加味する方法を考えてみる。硝酸態窒素濃度が高い場合には、その飼料は給与量が制限されたり、場合によっては全く給与が不可能になったりするので、飼料の価値に及ぼす影響は大きい。そこで、硝酸態窒素濃度が高まるにつれて乾草の評点が低下する計算方式を設定してみた。次のような数値を算出し、これを安全性についての係数 (safety index: s) とみなして、TDN 値にかけて得た値を評点とする。

$$s = 1.0 - \text{乾物中の硝酸態窒素} \% / 2$$

$$\text{評点} = \text{TDN (乾物中\%)} \times s$$

表.2.1.6 硝酸態窒素濃度と係数 (s) ならびに乾草の評点

硝酸態窒素 乾物中%	係数 (s)	評点 (例: TDN 60%)
0.00	1.000	60
0.20	0.900	54
:	:	:
0.50	0.750	45
:	:	:
1.00	0.500	30
:	:	:
2.00	0.000	0

関係者の合意が得られれば、このような評価基準を用いることが可能になるであろう。係数をかける方法の他に、種々の項目に点数を割りふっておいて、それぞれの得点を加算する方法もある。勘案する項目の数や種類によって採点方法は変わり得る。

[参考]

1. 輸入乾草の硝酸態窒素濃度を調査した例があるので、表.2.1.7に引用する。

表.2.1.7 乾牧草中の硝酸態窒素濃度

(日本飼料協会の報告書³⁾よりイオン電極法のデータのみ抜粋)

	試料数	平均値	標準偏差	最大値	最小値
アルファルファ	30	0.18	0.08	0.33	0.06
スーダングラス	25	0.26	0.20	0.81	0.06
チモシー	10	0.02	0.02	0.06	0.01
ライグラス	20	0.02	0.01	0.05	0.01
バーミュダグラス	10	0.07	0.06	0.20	0.02

2. 前記の方法で硝酸態窒素を加味する場合に、係数（s）が実際にどれ位になるかを計算してみた。上記の報告書³⁾で硝酸態窒素濃度の高かったスーダングラスのデータ全51点から係数（s）を算出し、その分布を示したのが図.2.1.7である。sが0.85未満（硝酸態窒素0.3%以上）のものが33%見出された。他の草種ではもっと高い（1.00に近い）値に集中し、問題になることはごく少ないと予想される。

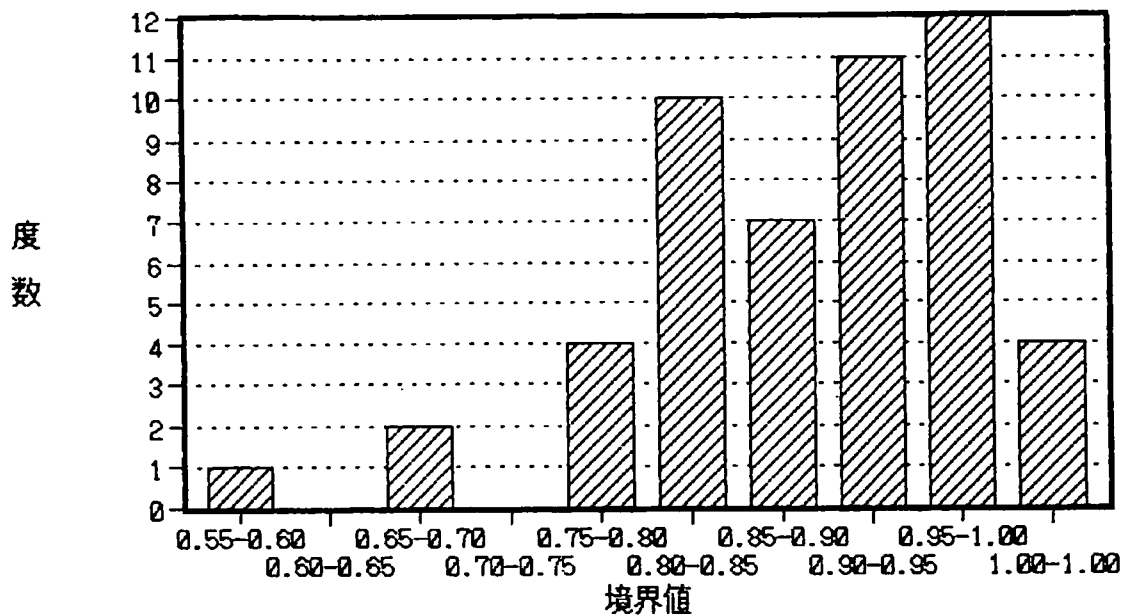


図.2.1.7 スーダングラスにおける係数（s）の分布

引用文献

- 1) National Hay Association (USA): Alfalfa hay quality.
- 2) 千葉県畜産センター特別研究報告 第2号 (平成3年10月)
- 3) 日本飼料協会:平成3年度 輸入粗飼料品質調査推進事業報告書
- 4) 日本畜産学会北陸支部新潟県分会報 26号 (1991)