

栄養面から見た牧草，飼料作物の評価

農林水産省畜産試験場栄養部

阿部 亮

はじめに

従来，飼料間の栄養価を相互比較する場合に，TDN と粗蛋白質の含量が主要な尺度として用いられて来ている。また，これらの単位が直ちに飼養標準と結びつく所から，飼料生産と乳牛飼養とを結ぶ太いパイプの役割をも果して来ている。

今も，これらの単位の重要さには何らの変りがないのであるが，どうもこれだけでは不足ではないか，という事が昔から言われ，次第にその声が大きくなりつつある。例えば，TDN と言うのは，粗飼料の価値を濃厚飼料に比べて高く評価し過ぎるという事がある。TDN の正味エネルギーへの転換効率率は，一般的に言って粗飼料よりも濃厚飼料の方が高いと言ってよい。そして，その場合の違いは，主に可消化エネルギーの質がデンプンか繊維かに起因する。現在，トウモロコシサイレージの給与が極く一般的に行われているが，乾乳牛に対してトウモロコシサイレージを給与していると，乾草などと比べて太ってくるという事をよく聞く。それは，トウモロコシサイレージの TDN の中に可消化の子実デンプンが多く含まれる事によるもの

である。

そこで，TDN を補足し，その内容を説明するような指標を導入する事によって飼料の性質・特徴をより一層明快に出来れば，これは一段の進歩になる。

研究の分野では，この方面についての蓄積が次第になされて来ているので，それを紹介しながら表題に迫ってゆきたい。

1 飼料成分の表現方法

今までは，一般成分（六成分）の表示が飼料成分の表示法のすべてであった。しかし，最近，これではまずいというのが世界的な認識で，全く新しい発想に基づく成分表示法が次々と提案されており，その一部は飼料給与技術を支える指標として次第に注目されるようになって来た。

一般成分の項目のすべてがだめだというのではない。問題は主要なエネルギー源となる炭水化物の表現の部分，つまり粗繊維と可溶無窒素物（NFE）なのである。

飼料中の炭水化物は糖類，有機酸，デンプン等の非構造性で消化率が100%に近いものと，繊維性

目



収穫期を迎える秋作
エンバク「ハヤテ」
(関東以西では12月中～下旬が収穫適期となります)

| | |
|---|----------|
| <input type="checkbox"/> エンバク主要病害の診断と防除のポイント…………… | 表② |
| <input type="checkbox"/> ライムギ主要病害の診断と防除のポイント…………… | 表③ |
| ■ 栄養面から見た牧草，飼料作物の評価…………… | 阿部 亮… 1 |
| ■ 高泌乳牛飼養を前提とした粗飼料生産の着眼点…………… | 坂東 健… 5 |
| ■ 愛媛県南予地方における酪農経営の 実態と粗飼料の生産利用…………… | 清水 保… 9 |
| ■ 南九州における自給飼料の生産と給与のポイント…………… | 有留 忠男…13 |
| ■ 自給飼料を活用した乳用雄子牛の育成・肥育…………… | 新名 正勝…19 |
| ■ 中国山地における肉用牛飼料自給の現状と問題点…………… | 妹尾 素男…23 |
| <input type="checkbox"/> スノーデント G 4614…………… | …表④ |

の構造炭水化物に分けられるが、NFE は両者をも含む分画であり、粗繊維は繊維の総量（総繊維）を示すものではなく、その一部分を説明しているに過ぎない。

例えば、総繊維の含量が63%のチモシー乾草の場合、粗繊維は32%であり、NFEの含量は45%である。NFEの中味は、31%の繊維と14%の可溶性糖類である。ホールクロップサイレージの場合、NFEは繊維成分のほかには有機酸とデンプンを多量に含む。そして稲わらのNFEは、そのほとんどが繊維性物質から構成される。トウモロコシ子実のNFEは、デンプンが主成分である。

従って、飼料のNFEの含量を比較した所で何の役にも立たない。栄養学的にみて、表示する意味すら乏しい分画なのである。

そこで考えられたのが、飼料の有機物をまず最初に非繊維性の部分と繊維性の部分とに分け、次にその内容に立ち入ろうという方法である。

本稿でもその考え方による成分の表示法を試みた。表1には、そこで用いる用語の意味を示した。

有機物は、まず非繊維性の細胞内容物質（Organic Cellular Contents, OCC）と総繊維（Organic Cell Wall, OCW）とに分けられる。OCCの主成分は、先に述べた糖、デンプン、有機酸等の易利用性炭水化物と蛋白質である。そこで、それらを示すものとして、粗蛋白質は一般成分の値をそのまま採用し、易利用性炭水化物の区分はNCWFE（Nitrogen Cell Wall Free Extracts, 糖・デンプン・有機酸類）という単位を用いた。

一方、総繊維（OCW）は、その消化性によって2つの区分（高消化性繊維区分Oaと低消化性繊維区分Ob）に分けて示した。更に、NRCの飼養標準の中で飼料中の繊維の必要量を示す単位として用いられているADF（酸性デタージェント繊維）

表2 各種繊維分画の消化率（綿羊）

| 試料 | | O C W | O a | O b |
|---------------|------|-------|------|------|
| オーチャードグラス | 出穂初期 | 63.7 | 98.7 | 36.2 |
| " | 開花期 | 52.5 | 98.3 | 37.7 |
| アルファルファ乾草 | 開花前 | 50.9 | 94.5 | 22.7 |
| " | 開花期 | 45.5 | 93.0 | 26.6 |
| トウモロコシサイレージ | 糊熟 | 53.1 | 91.2 | 38.9 |
| " | 黄熟 | 49.9 | 91.2 | 34.6 |
| グレインソルガムサイレージ | 糊熟 | 47.2 | 89.4 | 38.5 |
| ビートパルプ | | 88.2 | 97.2 | 79.9 |

表1 成分表の用語説明

| 略号 | 和名 | 内容 |
|-------|-------------|---|
| OCC | 細胞内容物質 | 非繊維区分の総量を示す区分。その中に蛋白質、非蛋白態窒素化合物、糖・デンプン・有機酸類、脂肪等を含む。 |
| OCW | 総繊維 | 飼料中の繊維物質の総量を示す区分。 |
| NCWFE | 糖・デンプン・有機酸類 | 飼料中の糖・デンプン・有機酸の総量を示す区分。消化率は100%に近い。 |
| Oa | 高消化性繊維 | 消化率が90~100%を示す易利用性の高消化性繊維区分。 |
| Ob | 低消化性繊維 | 消化率が20~40%程度のリグニンに被覆された利用性の低い繊維区分。 |
| ADF | 酸性デタージェント繊維 | 粗繊維の代りに、繊維含量を示す指標として用いられている区分で、総繊維の一部分。 |

についても言及した。ADFは、酸性の洗剤と希硫酸の処理によって得られる繊維区分で、総繊維の一部を示すに過ぎないが、粗繊維に比べて定量方法が簡単であるために、粗繊維に代って、広く世界中で用いられている成分である。

OCCの成分である粗蛋白質とNCWFEの反芻家畜における真の消化率は100%に近く、その含量と可消化量は比例する。NCWFEの場合、すべての飼料で、その含量(x)と動物での消化試験によって得られる可消化量(y)との間には次の回帰式が成立する。

$$y = 1.039x - 3.7 \quad (r = 0.99)$$

従って、これらの成分はNFEとは異なって、含量そのものの比較が栄養学的に大きな意味を持つのである。

一方、総繊維は、その消化率が問題である。表2には、各種飼料のOCW, Oa, そしてObの消化率を示した。Oa区分は、Ob区分に比して非常に

(%) 高い消化率を示すのである。Oa区分は繊維の消化性を阻害するリグニンに被覆される事なく、第一胃内でも直ちに分解される区分であろう。一方Obはリグニンに被覆される低消化性の繊維区分であるが、リグニンによる被覆の程度がその消化性に影響するものと考え、Ob中のリグニン含

量の値にも注目した。

以上の様な考え方に基
づいて作成した飼料成分
表が表3～表5である。

2 組成から見た 飼料の特徴

まず表3のイタリアン
ライグラスを見よう。

生育の進展に伴って
OCCが減少し、総繊維
(OCW)が増加する一方
で、OCW中のOa含量は
低下し続け、相対的にOb
含量が増加する。イネ科
牧草の場合、多くの試験
の結果からOaの消化率
を97%、Obのそれを

37%と設定すると、これらの値とOCW中のOa、
Obの含量とからOCWの消化率、ひいては消化さ
れる繊維(可消化繊維)の給与量も一つの目安と
して得る事が出来る。この視点は濃厚飼料多給(穀
類デンブン多給)の際における第一胃内の酢酸と
プロピオン酸の比率を考えていく上で、将来、重
要なものになると思われる。今、出穂期のイタリ
アンライグラスを例に取ってみると、OCWの消化
率は $38.5 \times 0.97 + 61.5 \times 0.37 = 60\%$ と計算され
る。乾物でこのサイレージを4kg(水分80%のサ
イレージを20kg)給与しているとすると、 $4 \times$
 0.618×0.60 で1.5kgの可消化繊維がVFA生成
素材として供給されると見積もられる。

アルファルファの場合には、Ob中のリグニン%
がイネ科草の約2倍の24%程度の値であり、表2
に示されるアルファルファのOb分画の低消化率の
原因はここに求められよう。

次に表4のホールクロップサイレージについて
見てみよう。このグループの特徴は、NCWFE中
にデンブンと有機酸を含む事である。Ob区分の消
化率をそのリグニン化率から推定すると、トウモ
ロコシサイレージ、グレイソルガムサイレージ、
大麦サイレージ、エンバクサイレージ及びライム
ギサイレージはイネ科牧草とほぼ同じ値を取るで

表3 牧草類の各種成分含量

| 試 料 | 有 機 物 | | NCW FE | 粗蛋 白質 | O C W | | ADF | O b中の リグニン% |
|------------------|-------|------|-----------|----------|-------|------|------|----------------|
| | OCC | OCW | | | Oa | Ob | | |
| イタリアンライグラス 一番草 | | | | | | | | |
| 生 育 期(4月10日) | 49.9 | 40.7 | 35.2 | 13.0 | 65.6 | 34.4 | 20.7 | 11 |
| 〃 (4月20日) | 42.9 | 47.3 | 31.9 | 9.4 | 54.8 | 45.2 | 25.6 | 10 |
| 出穂前～出穂始(5月1日) | 30.7 | 58.5 | 20.1 | 9.6 | 46.2 | 53.8 | 35.4 | 13 |
| 出 穂 期(5月13日) | 26.7 | 61.8 | 18.3 | 7.6 | 38.5 | 61.5 | 37.7 | 13 |
| 出穂後期～開花(5月23日) | 28.7 | 62.4 | 22.9 | 5.4 | 30.6 | 69.4 | 38.4 | 14 |
| 開 花 後(6月1日) | 27.3 | 64.0 | 22.5 | 4.7 | 25.9 | 74.1 | 39.0 | 14 |
| オーチャードグラス 一番草 | | | | | | | | |
| 穂ばらみ前 | 34.1 | 56.2 | 17.9 | 12.9 | 53.0 | 47.0 | 30.3 | 12 |
| 穂ばらみ | 31.2 | 58.4 | 13.5 | 15.5 | 48.6 | 51.4 | 32.0 | 11 |
| 出 穂 期 | 25.3 | 66.6 | 12.4 | 10.9 | 31.7 | 68.3 | 38.3 | 10 |
| 出穂後期 | 25.5 | 67.0 | 12.4 | 11.0 | 29.4 | 70.6 | 38.9 | 11 |
| 開 花 期 | 24.4 | 68.1 | 13.1 | 9.3 | 25.6 | 74.4 | 40.8 | 12 |
| 開 花 後 | 18.6 | 75.5 | 10.8 | 6.7 | 16.4 | 83.6 | 46.6 | 12 |
| アルファルファ | | | | | | | | |
| 着 蕾 初 期 | 46.7 | 42.9 | 20.4 | 25.7 | 38.7 | 61.3 | 30.6 | 24 |
| 着 蕾 期 | 40.5 | 50.7 | 18.3 | 21.3 | 34.7 | 65.3 | 37.1 | 25 |
| 開 花 初 期 | 36.6 | 54.6 | 16.7 | 18.9 | 31.3 | 68.7 | 38.9 | 24 |
| 開 花 期 | 34.4 | 57.5 | 15.5 | 18.5 | 26.1 | 73.9 | 42.7 | 23 |
| 開 花 後 | 30.3 | 61.1 | 14.6 | 15.9 | 27.3 | 72.7 | 46.0 | 25 |

あろう事が予測されるが、スイートソルガムのそ
れは17～19%と高く、その分、Obの消化率は低い
ものと考えられる。また、OCW中のOaとObと
の比率に対する生育期(乳熟期以降)の違いの影
響は牧草ほどには大きくない様である。

そして、よく用いられるトウモロコシの黄熟期、
ソルガムの糊熟期、大麦の糊熟期におけるOCW中
のOaの比率は17～26%程度の値であり、イネ科
牧草では一般的に遅刈りと言われる開花期以降に
相当する値である。

従って、これらの飼料の総繊維(OCW)の消化
率は決して高い値ではなく、表2にも示されてい
る様な50%前後の値であると見なしてよいであろ
う。

カブ類については、ルタバガと紫カブのデー
タを表5に示したが、何よりも特長的な事はNCWFE
の含量が高いという事である。総繊維(OCW)も
13～15%程度含まれるが、これもビートパルプと
同様、非常に高い消化率を示すものと考えてよい
であろう。

文頭に述べたTDNを説明する様な指標というの
は、別の言い方をすれば、TDNの化学構成を明確
にするという事に他ならない。エネルギー成分(炭
水化合物)について言えば、可消化の繊維に強く依

表4 ホールクロップサイレージ類の各種成分含量

| 試料 | 有機物 | | 糖・デンプン・有機酸類 (NCWFE) | 粗蛋白質 | 乾物中% (Oa, ObはOCW中%) | | 酸性タングエン繊維 (ADF) | Ob中のリグニン% | |
|--------------------|--------------|-----------|---------------------|------|---------------------|-------------|-----------------|-----------|-------------|
| | 細胞内容物質 (OCC) | 総繊維 (OCW) | | | O C W | 高消化性繊維 (Oa) | | | 低消化性繊維 (Ob) |
| トウモロコシサイレージ (交4号) | | | | | | | | | |
| 未乳 | 熟 | 36.0 | 57.6 | 22.9 | 11.7 | 29.2 | 70.8 | 32.5 | 10 |
| 乳 | 熟 | 41.9 | 52.5 | 30.1 | 10.4 | 28.4 | 71.6 | 28.6 | 10 |
| 糊 | 熟 | 48.1 | 46.9 | 36.5 | 9.6 | 25.2 | 74.8 | 24.6 | 9 |
| 黄 | 熟 | 51.0 | 43.7 | 39.4 | 9.1 | 22.0 | 78.0 | 22.4 | 9 |
| スイートソルガムサイレージ | | | | | | | | | |
| 乳 | 熟 | 24.4 | 68.1 | 17.1 | 7.9 | 17.6 | 82.4 | 44.3 | 17 |
| 糊 | 熟 | 33.3 | 59.6 | 28.7 | 6.8 | 17.3 | 82.7 | 38.1 | 18 |
| 黄 | 熟 | 34.1 | 59.5 | 29.5 | 6.4 | 13.4 | 86.6 | 38.9 | 17 |
| 過 | 熟 | 33.9 | 58.9 | 29.3 | 6.9 | 16.8 | 83.2 | 37.9 | 19 |
| グレイソルガムサイレージ (乳熟期) | | | | | | | | | |
| NK265 | | 38.4 | 51.6 | 26.3 | 11.0 | 17.1 | 82.9 | 31.3 | 14 |
| NK285 | | 40.8 | 50.0 | 28.6 | 10.9 | 14.6 | 85.4 | 29.9 | 14 |
| サバンナ | 4 | 41.6 | 49.6 | 30.5 | 10.7 | 16.3 | 83.7 | 28.8 | 15 |
| BR44 | | 39.4 | 49.9 | 28.8 | 10.7 | 13.2 | 86.8 | 30.2 | 16 |
| 大麦サイレージ | | | | | | | | | |
| 開花 | 期 | 25.3 | 61.1 | 12.5 | 12.2 | 33.1 | 66.9 | 34.9 | 11 |
| 乳 | 熟 | 35.0 | 53.7 | 22.9 | 11.8 | 31.3 | 68.3 | 31.7 | 13 |
| 糊 | 熟 | 41.1 | 47.9 | 30.6 | 10.3 | 25.9 | 74.1 | 27.8 | 13 |
| 糊 | 熟後 | 41.0 | 48.4 | 31.6 | 9.0 | 27.1 | 72.9 | 27.3 | 13 |
| 完 | 熟 | 42.4 | 46.6 | 34.7 | 8.1 | 22.3 | 77.7 | 26.7 | 14 |
| エンバク | | | | | | | | | |
| 出穂 | 前 | 41.2 | 49.6 | 23.3 | 15.7 | 55.4 | 44.6 | 27.3 | 8 |
| 出穂 | 期 | 29.6 | 62.7 | 17.9 | 10.1 | 38.3 | 61.7 | 35.7 | 9 |
| 乳 | 熟 | 40.0 | 53.4 | 30.0 | 9.9 | 20.8 | 79.2 | 29.1 | 11 |
| ライムギ | | | | | | | | | |
| 乳 | 熟 | 24.3 | 71.2 | 15.3 | 8.1 | 18.7 | 81.3 | 43.6 | 12 |
| 糊 | 熟 | 34.4 | 61.8 | 26.8 | 7.1 | 19.6 | 80.4 | 37.5 | 13 |
| 黄 | 熟 | 36.9 | 59.6 | 29.7 | 7.1 | 18.3 | 81.7 | 35.1 | 12 |

表5 カブ類及びビートパルプの組成 乾物中%

| 試料 | 有機物 | | NCWFE | 粗蛋白質 |
|--------|------|------|-------|------|
| | OCC | OCW | | |
| 紫カブ | 76.5 | 13.1 | 61.0 | 17.4 |
| 紫カブ葉 | 45.1 | 35.9 | 24.4 | 20.8 |
| ルタバガ | 79.6 | 14.9 | 68.1 | 12.7 |
| ビートパルプ | 26.0 | 69.1 | 15.8 | 12.2 |
| " | 30.7 | 63.4 | 20.0 | 12.7 |
| " | 32.3 | 61.8 | 21.6 | 12.9 |
| ビートトップ | 58.0 | 28.9 | 39.9 | 19.7 |

存しているものか、あるいは可消化のNCWFEに多くを依存しているかと言う事である。

そのためにはそれぞれの可消化量を知らなければならぬが、それについては既に記述した。一方、TDNの含量については表中の成分から以下の式を用いる事により推定する事が出来る。

牧乾草 (イネ科草, イネ科主体混播草)

$$TDN = 1.111(OCC + Oa) + 0.605 Ob - 18.8$$

アルファルファ (乾草, キューブ)

$$TDN = 1.021(OCC + Oa) + 0.498 Ob -$$

16.1

トウモロコシサイレージ

$$TDN = 0.545$$

$$OCC + 1.413 Oa + 26.4$$

表6には、群馬県の酪農家が調製した10点のトウモロコシサイレージのデータを示した。表4に示したトウモロコシサイレージは、試験場で下葉の枯れ上がりもなく理想的な材料をもとに作られたものである。

それと比較して表6のサイレージが異なるのはOCW中のOaの割合である。その中でもNo.2のサイレージは極端に低く10%以下の値である。

デンプン含量は26%と多い所から、茎葉はかなり枯れ上がった状態のものであると考える事が出来る。

今このサイレージ(乾物率35%)を1日に15kg給与しているケースを想定してみよう。

乾物の給与量は5.3kgである。1kg乾物中に360gの子実量(子実%=デンプン×1.39)が含まれる所から、このサイレージの給与では1.9kgの子実と3.4kgの茎葉サイレージを給与する事になる。筆者はこの例をよく用いているが、トウモロコシサイレージを給与しているのではなく、1.9kgの穀類と3.4kgのコーンストーブを給与していると考えなくてはならないのである。

この場合、OCW中のOaの含量は極端に低い所から、茎葉部分の総繊維(OCW)の消化率も低いものと考えねばならない。

それ故に、何か他の良質の繊維でその分をカバーするという配慮が必要である。

飼料を考える時、語る時にアルファルファとかイタリアンライグラスとかと言う様なモノで考えるのではなく、その飼料特性(化学性、消化性)

表6 酪農家の調製したトウモロコシサイレージの組成とTDN (群馬県) 乾物中%

| No. | 有機物 | | O C W | | デ ン ブ ン | 乾物1 kg中の 子実g | TDN |
|-----|-------|-------|----------|------|------------------|--------------------|------|
| | O C C | O C W | Oa | Ob | | | |
| 1 | 41.1 | 49.4 | 7.2(15) | 42.2 | 16.3 | 230 | 58.9 |
| 2 | 48.9 | 44.3 | 2.1(5) | 42.2 | 25.8 | 360 | 56.1 |
| 3 | 41.0 | 51.7 | 8.4(16) | 43.3 | 16.9 | 230 | 60.5 |
| 4 | 50.1 | 44.3 | 5.7(13) | 38.7 | 28.2 | 390 | 61.7 |
| 5 | 40.2 | 50.9 | 7.7(15) | 43.2 | 21.5 | 300 | 59.1 |
| 6 | 42.0 | 50.0 | 6.4(13) | 43.7 | 20.3 | 280 | 58.3 |
| 7 | 32.2 | 60.3 | 10.0(17) | 50.4 | 9.0 | 130 | 58.0 |
| 8 | 41.0 | 51.7 | 8.2(16) | 43.5 | 16.2 | 230 | 60.3 |
| 9 | 52.7 | 41.0 | 5.6(14) | 35.4 | 30.1 | 410 | 63.0 |
| 10 | 25.6 | 65.9 | 11.4(17) | 54.5 | 7.7 | 107 | 56.5 |

注 () はO C W中Oaの割合%
No.2は莖葉枯れ上りの大きい試料とみられる。

から共通点を見つけていくという視点も同時に必要ではないだろうか。

黄熟期のトウモロコシサイレージと言っても、表6の様が多岐な性質にわたるのである。

飼料特性で分類するためにはそれを可能とするシステムが用意されていなければならない。

今回、酵素分析法という簡易な分析手法(デンブンまでも含めて)を用いた例を本誌をお借りして紹介した。

今後の発展方向を探る一つのテーマとしてご議論いただければ幸いである。

高泌乳牛飼養を前提とした 粗飼料生産の着眼点

北海道立根釧農業試験場 坂 東 健

はじめに

酪農経営において収益性を高めるために高泌乳牛の飼養が推奨されていることから、個体乳量は近年著しく増加してきている。北海道乳牛検定協会成績によれば、305日間乳量は昭和50年の5,788kgから昭和59年には6,900kgと、9年間に1,112kgの増加がみられる。今後も乳牛資質及び飼養管理技術の向上により個体乳量は更に増加していくものと予想される。

このような状況のなかで、濃厚飼料の給与量が増加してきており、また(乳代-濃厚飼料費)が減少傾向に転じていることなどから、高泌乳牛飼養と粗飼料並びに濃厚飼料との関係について種々の見解が出されているようである。

ここでは、高泌乳牛飼養における粗飼料の意義や生産の着眼点について考えてみたい。

1 粗飼料と乳牛の消化生理

乳牛の第一胃内発酵は連続的に行われており、

pHは6.5~7.5程度の狭い範囲内で変動している。このように第一胃の恒常性が保たれている理由としては、①アルカリ性唾液の流入、②第一胃における低級脂肪酸の吸収、③胃内容物の下部消化管への流出がある。

乳牛の唾液の分泌量は1日当り90~180lと極めて多量であり、pHは約8で緩衝能を有していることから、第一胃のpHの低下を抑制し、生息する微生物に最も適した環境を維持することに役立つ。唾液の分泌量は採食時及び反芻時に増加するので、これらの時間の長短が分泌量を支配する要因となる。

これらの事項を考慮して、アメリカにおいて粗飼料価指数(RVI)が提案されている。これは維持量採食時における飼料乾物1kg当りのそしゃく時間(採食と反芻時間の合計;分)を表わすものであり、乳脂率3.5%の牛乳を生産するために最小限必要なRVIは31.1分であり、最高の乳脂量生産には49.3分が必要であるとされている。混播乾草やイネ科の牧草サイレージのRVIは100分程