

# NDF および ADF による 混合飼料中繊維の評価

農林水産省 東北農業試験場 篠田 満

## 1 はじめに

反すう家畜の栄養において、第一胃での消化吸収は大きな役割を果たしている。乳生産が安定して行われるためには、第一胃内発酵も安定している必要がある。

繊維は、反すう家畜にとって、第一胃内微生物により消化・吸収される栄養素であり、そしゃく・唾液分泌促進という機能により正常な第一胃内発酵の保持に必要である。高乳量化に伴い、濃厚飼料の給与量が増し、粗飼料も高栄養価のものを給与する。そのため、繊維の持つ第一胃内発酵安定機能が低下するところから、飼料中の繊維の量と質の評価が重要となってきた。特に、混合飼料では粗飼料と濃厚飼料の配合割合を調整することにより、設定した繊維レベルの飼料を牛に摂取させることが可能である。

近年、繊維の表示法として、NDF（中性デタージェント繊維）および ADF（酸性デタージェント繊維）が用いられている。

本文では、混合飼料中の NDF または ADF で表示されている繊維成分の性質が、①消化率・栄養

価および、②第一胃液 pH・VFA 組成に及ぼす影響について示した。

## 2 NDF・ADF

繊維とは「植物において細胞壁を構成するセルロース、ヘミセルロース、リグニンなどの構造性の炭水化物」である。NDF はこの繊維の総量を示

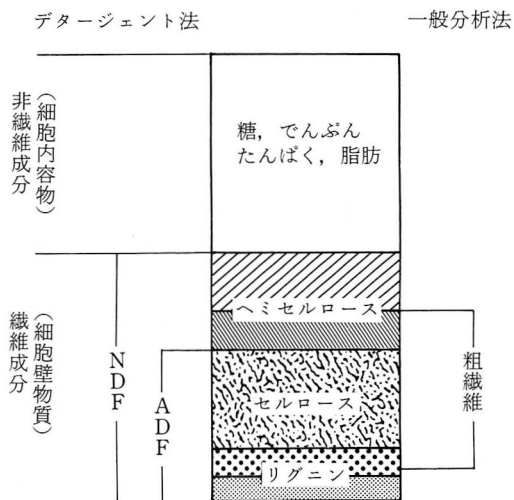
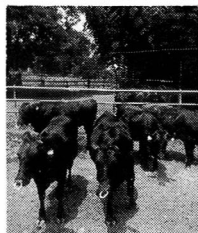


図1 繊維の表示法

## 目次



ET 黒毛和種の肥育試験風景  
(雪印種苗・千葉研究農場)

□ 府県・秋播き牧草の紹介	表②
■ NDF および ADF による混合飼料中繊維の評価	篠田 満… 1
■ 北海道におけるセレン欠乏の実態と子牛白筋症の予防対策	森 清一… 6
■ 西南暖地におけるリードカナリーグラスの有効活用	石原 健… 10
■ ホウレンソウの内部品質向上のための栽培管理対策	目黒 孝司… 14
■ 秋田県の野菜・その現状と将来展望	吉川 朝美… 19
□ 府県・秋播き用ムギ類優良品種一覧	表③
□ 冬どり剣葉ホウレンソウの決定版・「あやみどり」	表④

している。一方、ADF は NDF のうち酸に溶けない部分で、セルロース、リグニンから構成される（図 1）。ADF 含量が高い飼料ほど、消化率は低い関係にある。

以前は「粗繊維」によって繊維が表示されてきたが、「粗繊維」は繊維の総量を適切に表示しないため、用いられることが少なくなっている。

繊維の供給源は粗飼料が主体である。牧草の NDF、ADF の含量は生育ステージが進行するにつれて高まり、反対に消化率は低下する。また、マメ科草はイネ科草よりも NDF 含量が少なく、その消化率も低い。一方、トウモロコシサイレージでは成熟ステージが進行するにつれてでんぷん含量が高まるため、相対的に NDF・ADF 含量は低下する。消化率も一般に低下する。

混合飼料では粗飼料のみの給与と異なって、濃厚飼料の影響も受ける。

### 3 混合飼料中の NDF・ADF 含量と消化率・TDN 含量

混合飼料でも、飼料中の NDF・ADF 含量が高まるほど、消化率は低下する関係が認められる。粗飼料を主体とする混合飼料（濃厚飼料源として大豆粕、圧片トウモロコシを配合）では、ADF 含量と TDN 含量との間に、 $TDN = 105.1 - 1.225 \times ADF$  ( $r = -0.868^{**}$ ) の関係式が認められ、ADF 含量から飼料のおおよその栄養価の推定が可能である（図 2）。NDF と TDN 含量の相関は低い ( $TDN = 97.3 - 0.573 \times NDF$ ,  $r = -0.488^*$ )。イ

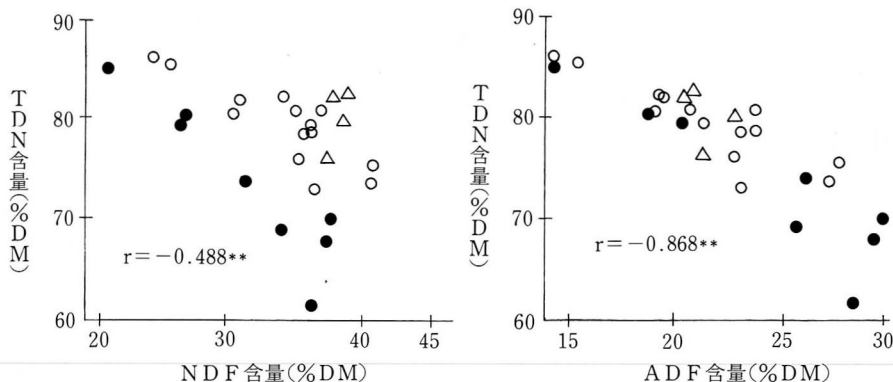


図 2 混合飼料の NDF・ADF 含量と TDN 含量の関係

混合飼料は粗飼料(○：イネ科草サイレージ、△：イネ科草乾草、●：アルファルファサイレージ)と大豆粕、圧片トウモロコシを配合。

ネ科草を粗飼料源とする混合飼料とマメ科草混合飼料ではヘミセルロース (NDF-ADF) 含量が異なるので、NDF 含量をもとにした TDN 含量の推定は同一草種を粗飼料源とした場合に限定される。

なお、図 2 から図 5 に示した混合飼料はイネ科主体混播草、アルファルファ、トウモロコシサイレージを粗飼料源として、大豆粕、圧片トウモロコシを混合したものである。

粗飼料を濃厚飼料と給与した場合、粗飼料の性質（繊維の消化性）によって、給与したときの第一胃液 pH および繊維消化率の低下の程度が異なり、低消化性の粗飼料の方が影響が小さい。

混合飼料でも同様な結果が得られている（図 3）。ここでは、粗飼料源としてイネ科草早刈り、イネ科草遅刈り、アルファルファ早刈り、アルファルファ遅刈りの 4 種類のサイレージを用いた。サイレージの NDF 含量 (%DM) は、それぞれ 54, 62, 34, 42, NDF 消化率 (%) は 62, 54, 55, 49 である。

維持（乾乳）レベルのように給与量が少ない場合、NDF の消化率は濃厚飼料割合が高まっても低下せず、濃厚飼料給与が NDF 消化率にあまり影響しない。給与量が維持レベルから飽食（産乳）レベルに増すと、飼料の消化管通過速度が速まるために、飼料成分の消化率、TDN 含量は低下したが、その傾向は混合飼料の粗飼料源により異なる。

粗飼料源の繊維消化率で整理すると、  
①高消化性 (NDF, ADF 消化率 60%以上) の場合 (草種：イネ科主体草)

粗飼料割合の多い方が飽食レベルの繊維消化率が高く、維持レベルに比べて TDN 含量の低下が小さい。

②中消化性 (NDF, ADF, 消化率 50 ~ 60%) の場合

(草種：アルファルファ主体草およびイネ科主体草)

粗飼料割合にかかわらず、給与量を増やし

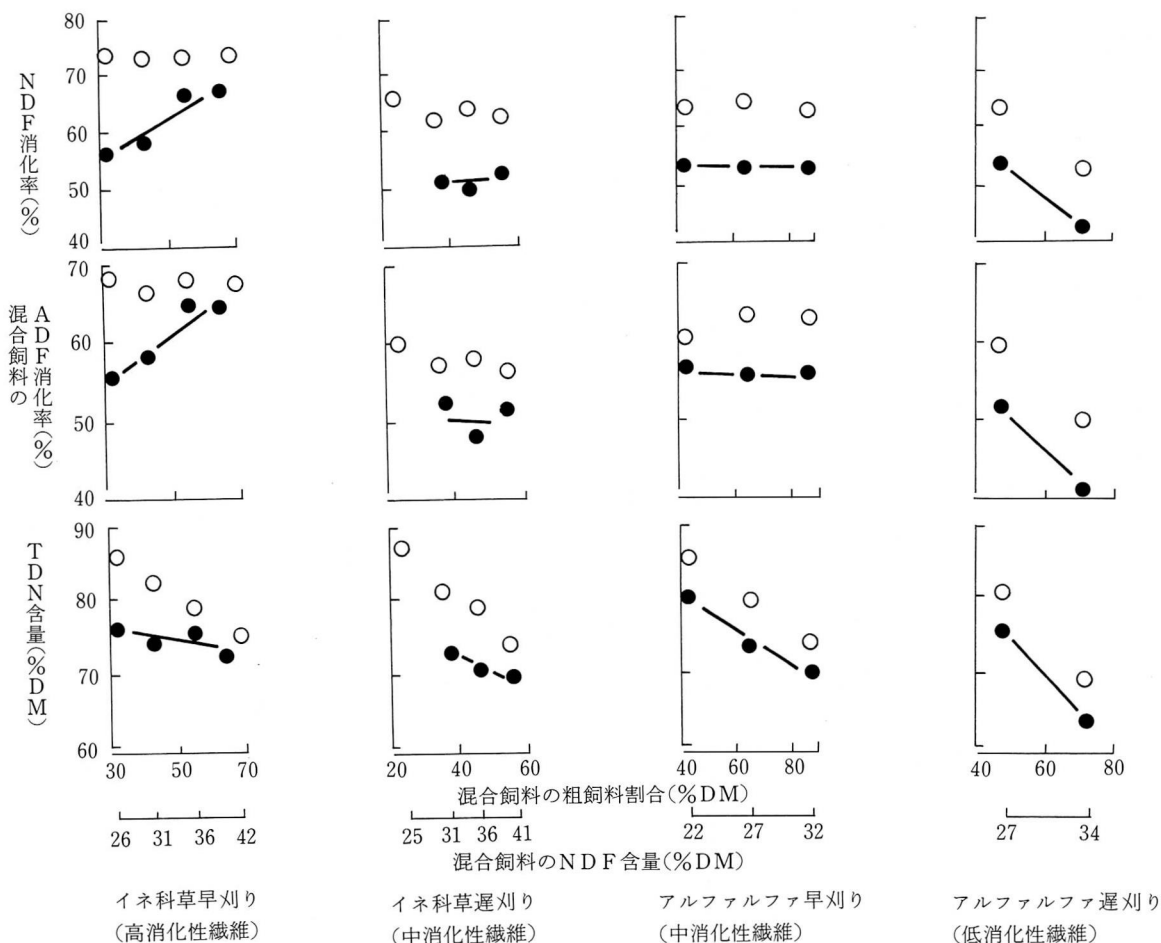


図3 混合飼料中の粗飼料繊維の消化性が、混合飼料の消化率・TDN含量に及ぼす影響

給与量は、○：維持レベル，●：飽食レベル，乳牛で消化試験を実施。

たときの繊維消化率の低下は同程度である。

### ③低消化性 (NDF, ADF 消化率 50%未満) の場合 (草種：アルファルファ主体草)

粗飼料割合を低くした方が混合飼料の繊維の消化率・TDN含量は高い。

早刈りのイネ科草のように、繊維の消化率が高い場合は、粗飼料割合が高くても消化管内通過速度に対する影響は小さく、反面、濃厚飼料割合を高めると、第一胃内の発酵を安定させる機能が弱いため、繊維消化率の低下をきたしたものと推測される。

このように、飽食レベルでは、粗飼料源の繊維の消化性が混合飼料の繊維消化率、TDN含量に影響する。このことは、乳牛に給与する場合、泌乳

ステージによって粗飼料源を選択して用いることが合理的であることを示している。

トウモロコシサイレージも主要な繊維源である。トウモロコシサイレージを粗飼料源とした混合飼料では(図4)、牧草類と異なって、維持レベルの給与でも濃厚飼料割合が高いと NDF 消化率は低下し、また、摂取量が増加した場合の NDF 消化率の低下指数 (維持レベルの値÷飽食レベルの値×100)も牧草サイレージに比較して大きい傾向が認められた(低下指数は図4のトウモロコシサイレージでは72~83%、図3の牧草サイレージでは81~91%)。このことから、トウモロコシサイレージ混合飼料の繊維の消化は牧草サイレージよりも濃厚飼料多給の影響を受けやすいと考えられる。

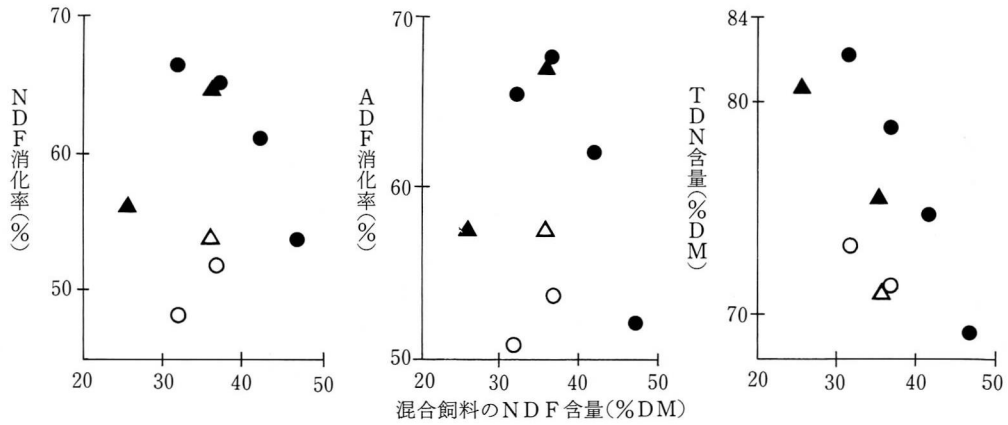


図4 トウモロコシサイレージ混合飼料のNDF含量および給与レベルが繊維消化率・TDN含量に及ぼす影響

黄熟初期および黄熟後期調製のトウモロコシサイレージを混合。

黄熟初期トウモロコシサイレージ...●：維持レベル，○：飽食レベル

黄熟後期トウモロコシサイレージ...▲：維持レベル，△：飽食レベル

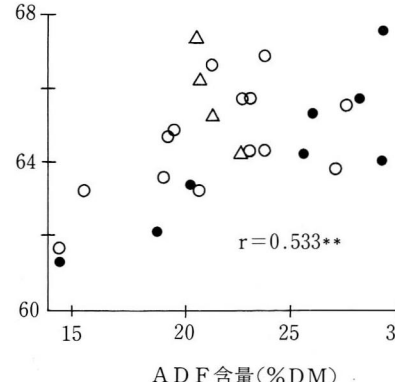
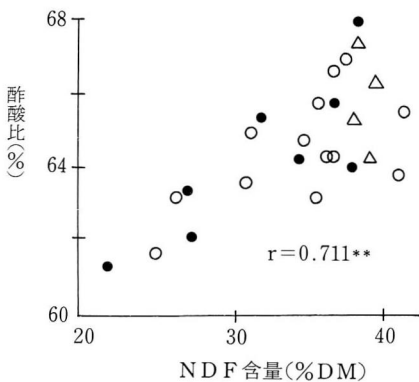
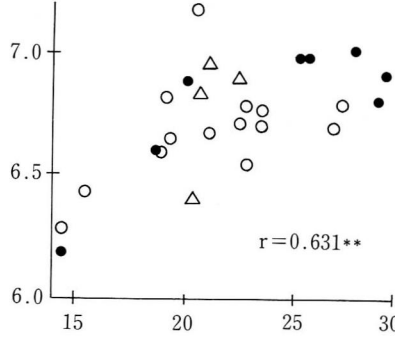
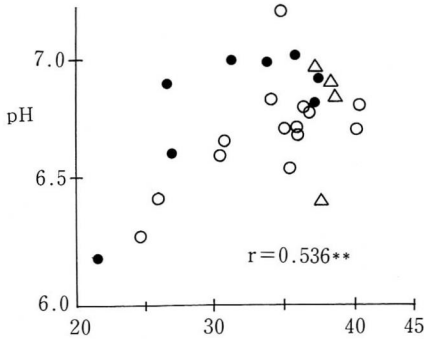


図5 混合飼料のNDF・ADF含量と給与したときの第一胃液pH，酢酸比

混合飼料は粗飼料（○：イネ科草サイレージ，△：イネ科草乾草，

●：アルファルファサイレージ）と大豆粕，圧片トウモロコシを配合。

要な要因である。また、第一胃内で生産される酢酸、プロピオン酸、酪酸といった揮発性脂肪酸（VFA）は重要なエネルギー源であり、乳成分の原料となっている。粗飼料割合が低下すると、第一胃液中の酢酸比および酢酸とプロピオン酸の比率（酢酸÷プロピオン酸、A/P）が低下し、乳脂率が低下する。そのため、飼料中には一定量以上の繊維が含まなければならない。NRC 飼養標準では、乳脂率低下を防ぐ下限として、NDF 含量で25～28%、ADF 含量で19～21%を示している。

牧草類を粗飼料源とする混合飼料のNDF・ADF含量と給与したときの第一胃液pHおよび酢酸比の関係

を図5に示した。

NDF 含量および ADF 含量が低いほど、pH は低下する傾向を示し、また、ADF の方が NDF よりも pH との相関が高い。

#### 4 NDF・ADF 含量と第一胃液性状の関係

第一胃液の pH は胃内の発酵様式を制御する重

VFA 組成についてみると、NDF 含量および ADF 含量が高まると、第一胃液の酢酸比が高まり（図 5）、プロピオン酸比が低下し、A/P 比が高くなる関係が認められる。また、VFA との相関は、pH とは反対に、NDF の方が ADF よりも高い。

以上から、酢酸およびプロピオンの比は NDF 含量と関係が強く、粗飼料割合を高めた場合に、第一胃液の酢酸比が高くなるという関係が混合飼料の NDF（または ADF）の含量によって説明できる。また、ADF 含量は第一胃液 pH と関係が深く、そしゃく、唾液分泌に密接に関係する飼料の物理的な性質を併せもった成分とみなすことができる。

## 5 NDF 含量と摂取量

牛の飼料摂取量は飼料の容積・密度、給与したときのそしゃく時間などにより左右される。飼料の NDF 含量が高いほど、飼料のガサが大きく、そしゃく時間も長くなることから、飼料摂取量は低下するとされており、NDF 含量が摂取量を規制する要因として注目されている。

混合飼料の飼料設計においても、NDF 35% といったような最大乾物摂取量を得るための NDF 含量の最適設定値が提案されてきた。しかし、NDF 含量の最適設定値はトウモロコシサイレージでは NDF 32% の方が多いといった試験例もあり、また、乳量水準により最適 NDF 含量が異なるなど、統一的な値は得られていない。

近年、NDF 含量が同一であっても、第一胃内での消失速度が早いほど、飼料摂取量が増すである

表 1 NDF の消失速度が異なる混合飼料を給与したときの乳量と飼料摂取量

NDF の消失速度	NDF 含量	NDF 消失率 <sup>c</sup>		乳量	飼料摂取量
		30h	50h		
早い混合飼料 <sup>a</sup>	34.0%	55%	65%	35.2kg	18.6kg
遅い混合飼料 <sup>b</sup>	34.0	35	62	32.1	17.9

a ビートパルプ、トウモロコシ、ホートミッドリング(フスマ)など混合。

b 大麦、ホミニー(トウモロコシ)、混合サイレージなど混合。

c 第一胃内に30時間滞留では消失率に差があるが、50時間では同程度である。(ミラーら、1990)

うということから、NDF の消失速度を飼料設計に応用しようとする試みがある。実際、消失速度が早い混合飼料の給与では、乳量が高まる試験成績が報告されているが、飼料摂取量には差がない(表 1)。

最大乾物摂取量を示す NDF 含量の設定および第一胃内消失速度の飼料設計への応用については、各種副産物を使用する我が国において、飼料の NDF の分析値とともに泌乳試験のデータが不足している。

## 6 おわりに

泌乳最盛期のような濃厚飼料割合が高まる場合、粗飼料由来の繊維が減少し、濃厚飼料由来の繊維の割合が高まる。

NDF 含量は穀類や市販配合飼料では少ないが、ビートパルプや一部の粕類では 50% 近くになるものもある。しかし、ビール粕などは ND 処理によってたんぱく質が十分除去されないため、NDF 含量は高いが、その中にはたんぱく質も多く含まれている。また、ルーサンペレットのように微粉碎したものを再成型したものがある。NDF の性質は、粗飼料と濃厚飼料では、また、粗飼料でも、その加工・処理形態により全く異なると考えられる。

これらの飼料では、同一 NDF 含量の粗飼料より、第一胃内発酵を安定させる「力」は弱いとみてよい。

このように濃厚飼料の NDF の評価には問題が残されている。しかし、粗飼料および粗飼料を主体とする混合飼料では、NDF および ADF は飼料の栄養価を簡易に予測するのに有効であり、特に、飽食レベルで効率的な飼料給与を行うためには、粗飼料源の NDF・ADF 消化率が指標として利用できる。また、混合飼料の NDF・ADF 含量は第一胃液 pH の低下および VFA の生成パターンを知るのに役立つ。

我が国では、わら類、粕類をはじめとして多種多様の飼料が給与されており、今後、牧草類と比較した場合のそれらの繊維の評価が必要であろう。