

### (3) 低水分サイレージ (40~60%)

#### ① 低水分調製における発酵とは (表8)

表8 低水分調製における発酵過程の特徴 (各発酵段階の詳細はP22~25)

| 発酵段階 | 基本的なサイレージの発酵過程 | 低水分調製時の発酵過程の特徴         |
|------|----------------|------------------------|
| 1段階  | 植物細胞の呼吸により熱が発生 | 呼吸による酸素消費が高、中水分と比べて遅い  |
| 2段階  | 好気性細菌が蛋白質や糖を分解 | 低水分のため好気性細菌の増殖が少ない     |
| 3段階  | 乳酸菌が糖を分解       | 低水分により乳酸発酵が大幅に抑制される    |
| 4段階  | pHが下がり安定する     | pHは低下しないが低水分により酪酸発酵を抑制 |

低水分サイレージは、中水分サイレージより強く予乾し水分含量40~60%で調製します。これは中水分サイレージ同様、サイレージ変敗の原因となる酪酸菌の活動を低い水分活性(高浸透圧)により抑えて良質サイレージを調製する技術です。中水分サイレージと異なる点は、低い水分活性により乳酸発酵も抑えられるので原料草中に糖が少なくてもよいこと、そしてpHが十分に下がらなくてもかなり低い水分含量なので、酪酸発酵も抑制されることです。高水分、中水分サイレージの調製時と比較して材料中の蛋白質、糖などの栄養成分の分解・消費が少ないため、アンモニアや有機酸の生成が少なくなる特徴があります。この技術はタワーサイロ、スチール気密サイロや高性能ピックアップハーベスタの開発によって推進されました。この技術のポイントは1段階での強い予乾と2段階で気密性を高めることにあります。密封が不十分な場合には、カビの発生や内部温度が40℃にも達する高温発酵に起因したヒートダメージ(熱変性)などの被害がでることがあります。

低水分調製における良質発酵の条件は次のとおりです。

- 1段階 雨にあらず予乾後の水分含量が適切なもの
- 2段階 密閉が十分でカビの発生や高温発酵のないもの
- 3段階 乳酸菌を含めた微生物活動が抑制されたもの
- 4段階 空気、雨の浸入がなくカビの発生がないもの

低水分サイレージはヘイレージともよばれ、ときどき水分を測定しながら60%を示すまで予乾します。適正水分に達したらできるだけ早く収穫して水分が40%以下になる前までにサイロにいれなければなりません。水分測定には水分計を利用する方法や電子レンジを使ってサンプルを測る方法があります。

また、目安として水分が60%の状態とは、一握りの原料草を90秒間くらい力一杯にぎっても固まりにはならない程度といわれています。

② 低水分サイレージ調製技術とは (表9)

表9 低水分サイレージにおける調製上の問題点と対策

| 発酵段階 | 調製上の問題点                                | 対 策   |
|------|--|---|
| 1段階  | 水分含量がわからない<br>予乾時間が長い<br>土砂の混入、葉部脱落がある | 水分含量の簡易測定 (P30)<br>モアコンディショナ、テッタ、レーキをかける (P54)<br>テッタ回数を少なくする、やめる (P52)   |
| 2段階  | 高温発熱がつづいて蛋白質が熱変性する。<br>フィルムに穴があいてカビが発生 | ロールベールでは巻き付けをしっかりとる (P35・36)<br>タワーサイロでは均一な詰め込みを心がける<br>タワーサイロではプラスチックシートで密閉する。<br>カラス、キツネなどを駆除する。(P69)<br>茎が固いときは早刈りを心がけ、ラップ回数を多くする(P36) |
| 4段階  | 雨・空気によりカビが発生<br>二次発酵により発熱              | フィルムの破損をチェックする。穴部分を補修する。<br>(P71)<br>取り出し方法を検討 (P62)<br>保管場所・保管方法を検討 (P66・67)   |

根室地方では乾草調製に必要とされる晴天日4日間連続はほとんどありません。低水分サイレージの場合は2日間の晴天日が続かなければ調製が不可能とされています。また、水分含量が低いと開封後の変敗も急速に起こりやすいので、かならず40~60%で調製を行うことが重要です。

③ 低水分サイレージの長所

- ア 強い予乾によって原料草重量は1/3~1/4に減少する。
- イ 低糖含量の牧草類も低水分化によって酪酸発酵が抑えられる。

④ 低水分サイレージの短所

- ア サイレージ取り出し中に二次発酵が生じやすい。
- イ 刈り取り後、予乾中に牧草が呼吸するため、ほ場損失が多くなる。
- ウ TMRに対応しにくい。

## 4. ロールベールサイレージの調製

まず、ロールベアラは1972年にバーミヤ社で考案され、我が国には1975年～76年頃（S50～51年頃）に導入されました。

本来、ロールベアラは乾草の収穫調製機械として開発され普及されてきましたが、①乾燥の不十分による乾草の品質低下、②半乾燥による自然発火などにより、ロールベールによるサイレージ調製が試行錯誤されてきました。その歴史の一部を紹介すると、

- ① 1977年（S52年度）の北海道農業試験会議で新得畜産試験場によるバックサイレージが紹介された。
- ② 上記前後から、道東を中心に先駆的な農場で、スタックやバックによるロールベールサイレージの調製が始まった。
- ③ 1984年（S59）には、再び新得畜産試験場からスタックによるロールベールサイレージ調製法が発表された。
- ④ 1986年（S61）頃に、ベールラップが導入され、ラップによるロールベールサイレージ調製がスタートした。
- ⑤ 現在では、ストレッチフィルムの性能が当初のものより格段に向上した事により、この数年の間にロールベールサイレージ調製の殆どがラップ型となっている。

この様にロールベールサイレージは、当初、日本の機械ディーラーが乾草用として導入したロールベアラを、現場の先駆的な酪農家がサイレージ用として実践し、幾多の試行錯誤を繰り返しながら、今日では高品質な国産ストレッチフィルムの普及に伴って、システムとしてほぼ確立されています。

今後尚一層システム化させるためには、それぞれの農場の管理目的に合致した作業体系、給与体系の構築が必要となってきています。

### (1) ロールベールサイレージの長所

#### ① ワンマンオペレーション

牧草を細断して、バンカーサイロなどで調製しようとする場合、密封作業の終了までには一般的には多くの作業機械と作業者、時間等を必要とします。

しかし、ロールベールサイレージは一人の作業者でも少ない機械を用いて調制作業を終える事ができ、共同作業や家族総出の収穫作業から解放され、牛の管理に集中できる可能性が増えます。

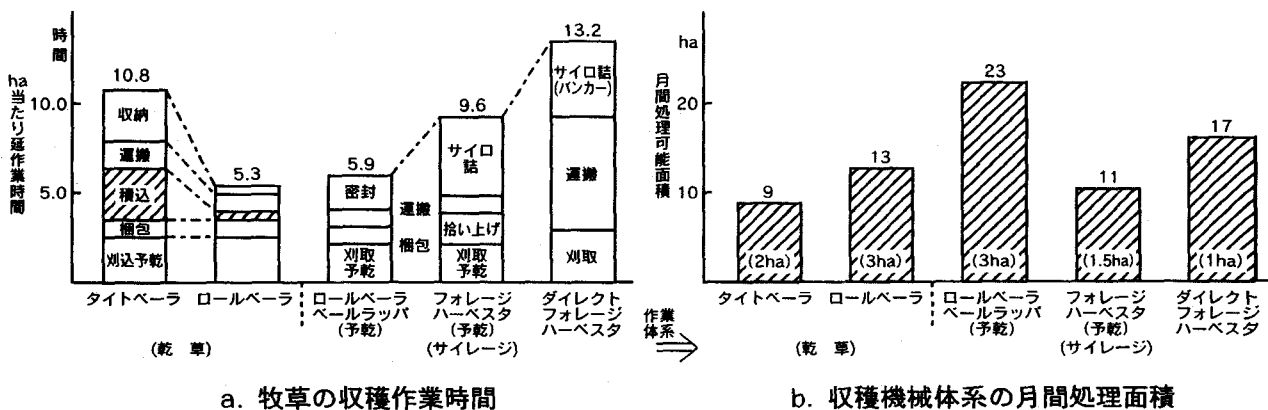


図16 ロールベール・ラップサイレージ調製体系の作業能率 (全農資料より)

注 1. 収量25t、トラクタ 70PS 2. 予乾日数 乾草2.5日 サイレージ 1.5日  
3. ( ) 内は1回の処理面積

## ② 耐天候型の収穫作業が可能

一人の作業でも収穫作業が可能と言うことは、面積、刈り取りステージなどを考慮しながらあまり天候や他人を気にせず、自由に調製作業ができます。やむを得ない場合には調製後の草地への放置も短期間ならできます。

しかも、もし乾燥調製中の降雨に遇っても極端な品質低下を回避できます。

## ③ 機械、施設投資が少ない

一般的に、乾燥調製に必要な作業機は既に所有していますので、ラップサイレージ調製の場合はラッピングマシンとベールハンドラの導入と、ストレッチフィルムを購入するだけです。

細断サイレージの様にフォーレージハーベスタやテッピングワゴン、バンカーサイロは不要となります。乾草調製用機械との比較では投資は必要ですが、細断サイレージ調製作業体系の機械投資よりも格段に少ない初期投資で済みます。

## ④ 二次発酵しにくい

開封後の採食完了時間が比較的短いので、給与して二次発酵する前に牛が採食し終わっている事が多く、もし二次発酵しても他のロールサイレージには無関係です。

しかし、一般的にサイレージはバンクライフが短く、特にロールサイレージは50~60%の中水分調製となり二次発酵しやすい条件下にあるので、開封後は短期間に採食完了してくれるような高品質化に細心の注意が必要です。

## ⑤ 保管場所の自由度が大きい

広い敷地さえあれば、その平面を利用して保管できます。整然と並べれば見事な景観となります。草地、草種、番草、刈り取りステージ、給与目的に合わせた計画的な保管が可能です。

## ⑥ 商品として売買できる可能性がある。

## (2) ロールベールサイレージの短所

### ① 品質が不安定になりやすい

ワンマンオペレーション、耐天候型の収穫作業が可能とは言っても、根室地方の収穫時期の天候の不安定さから起因する以下のことが考えられます。

ア 予乾作業が順調に進まず、収穫期間がだらだらと長引く事が多く、品質の低下とベール毎の差が大きくなる危険性が高い。

イ 水分60%前後まで予乾しても、長いものをロールしようとする水分に差がつき発酵品質の差が生じやすくなる。

ウ 保管場所、方法の良し悪しによる品質の差が生じやすい。

### ② 給与量と採食量が不明確である

牛への給与量が正確に把握しづらく、長いサイレージはTMRへの対応が困難です。

また、長いサイレージは真の採食量が不明確になりがちです。

### ③ ランニングコストがかかる

ストレッチフィルム代が個数分かかります。

### ④ 予乾が必要である

原料草の水分を60%前後に予乾する必要があります。また、水分が高いとハンドリングが大変です。添加物の利用がしづらく、高品質化のためには予乾が必要です。

### ⑤ 使用済みストレッチフィルムの処理

今後、相当大変な問題になりそうです。

### (3) 原料草の水分

ロールベールサイレージの発酵品質を最高にするためには、中低水分化による酪酸発酵を阻止しなければなりません。

適度な水分は、40~60%か60~70%と言われています。どちらの水分範囲も酪酸菌が低水分（高浸透圧）に弱いという性質を利用したものです。

水分含量が60~70%の場合には乳酸発酵による低pH化と低水分化による酪酸発酵の阻止という両方の原理を利用しています。そのため、乳酸発酵に必要な糖の含量が高い原料草の使用が望まれます。糖含量の低い原料草を使用する場合は、水分含量を50%以下に調整した方が良いでしょう。

原料草の水分が高い場合は、ロールサイレージの底部に排汁がたまって品質が低下します。あるいは小さなトラクターでの調製作業と給与時のハンドリングが困難になります。ぎりぎりの高水分化は夏期間の給与に適しています。

原料草の水分が低すぎると、カビが生えやすく発熱の原因になります。ギリギリの低水分化されたロールサイレージは、乾物率がよく給与期間が長引くので二次発酵・カビ等の開封後の品質低下に注意が必要です。低温期間の給与に適しています。

#### 水分含量と発酵について

70%前後のサイレージは乳酸発酵が進みpHが低下します。しかも70%以上の高水分時よりも酪酸が抑えられて品質が安定します。

乳酸発酵に依存している為原料草中に高い糖含量が必要です。

酪酸菌は水分が高いと増殖し、低水分（高浸透圧）に弱いという性質を利用しています。

原料草を低水分化すると、乳酸菌を含めた他の微生物の活動も抑制されるため高水分時よりも原料草中の蛋白質、糖などの栄養成分の分解・消費が少なくなります。従って、アンモニアや有機酸の生成が少ない。このように低水分サイレージは乳酸発酵に依存しないので原料草の糖含量が少なくても構いません。しかし、この調製方法では特に気密性を高めて、カビの発生やヒートダメージに注意する必要があります。（増子氏資料より）

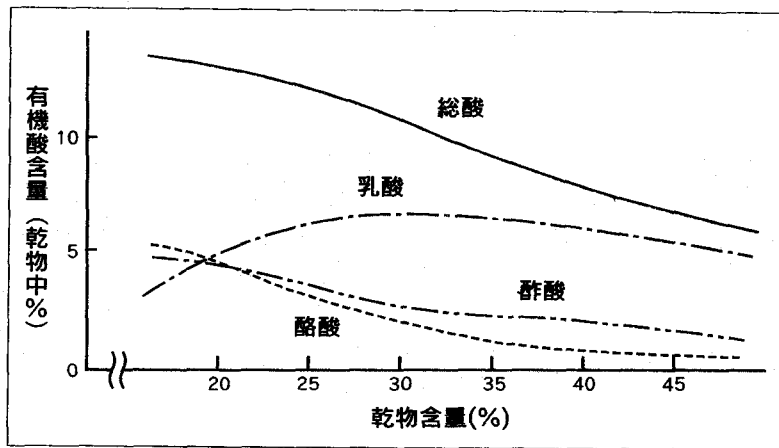


図17 サイレージの乾物含量と有機酸生成（ツィンマー、1969）

表10 5種類の寒地型イネ科牧草における可溶性糖類（WSC）含量\*の変化

| 草種         | 1番草  |       |      | 2番草  |       |      | 3番草   |
|------------|------|-------|------|------|-------|------|-------|
|            | 6月6日 | 6月21日 | 7月6日 | 8月6日 | 8月21日 | 9月3日 | 9月30日 |
| チモシー       | 15.4 | 9.6   | 12.0 | 6.8  | 8.2   | 9.9  | 9.6   |
| オーチャードグラス  | 6.7  | 9.4   | 11.4 | 7.4  | 4.6   | 3.2  | 12.7  |
| ベレニアルライグラス | 27.0 | 16.1  | 18.1 | 9.2  | 9.8   | 7.8  | 16.0  |
| メドウフェスク    | 13.8 | 9.0   | 12.5 | 4.9  | 7.6   | 6.6  | 10.3  |
| リードカナリーグラス | 4.0  | 6.7   | 14.9 | 5.9  | 11.4  | 14.6 | 8.9   |

\*乾物中%

（増子氏ら、1994）

#### (4) 密封作業のポイント

##### ① 梱包後早期に密封する

サイレージ調製の基本ですが、特にロールサイレージは重量の割りに空気に触れる表面積が多いため、とくに早期密封が必要です。

表11 密封遅延時間とロールベールサイレージの品質

| 試験区  | 水分 (%) | pH  | 有機酸組成 (%、FM) |      |        |      | ADN/TN (%) | VBN/TN (%) | 乾物密度 (kg/m <sup>3</sup> ) |
|------|--------|-----|--------------|------|--------|------|------------|------------|---------------------------|
|      |        |     | 乳酸           | 酢酸   | プロピオン酸 | 酪酸   |            |            |                           |
| 24時間 | 63.2   | 6.1 | 0.91         | 0.10 | 0.08   | 0.12 | 2.99       | 13.7       | 126                       |
| 12時間 | 59.6   | 5.0 | 1.82         | 0.12 | 0.06   | —    | 1.48       | 7.5        | 134                       |
| 3時間  | 63.8   | 4.5 | 1.64         | 0.11 | 0.06   | —    | 1.28       | 6.0        | 128                       |
| 1時間  | 56.5   | 5.0 | 1.08         | 0.09 | 0.10   | —    | 0.98       | 5.2        | 112                       |
| 梱包直後 | 55.8   | 4.8 | 1.26         | 0.10 | 0.09   | —    | 0.97       | 5.2        | 148                       |

注 1) 原料草はイタリアンライグラス、エン麦 (40%) の混播 (糸川、1992)  
 2) 5月21日調製 (4層巻、テノスピン黒)、6月20日開封  
 3) VBN/TN: 全窒素中の揮発性窒素化合物割合

##### ② ストレッチフィルムを指定通りに巻く

フィルムの巻き方は重複率50%で2回の4層巻きが標準です。

重複率が低いと部分的に層数が少なくなり空気が侵入しやすくなります。

反対に高すぎるのはストレッチ強度不足が原因であることが多く、シワが入って空気の侵入経路となったり、フィルム同士が密着せず隙間が生じやすくなります。また、フィルム使用量が増え不経済となります。

フィルムの種類を変えた時、低温や高温条件下で作業した時、巻き付け速度を速めた時など重複率が変化します。

また、高温時にフィルムを直射日光に当てない、フィルム繰り出し装置の高さ調整を適正にセットするなど注意が必要です。

表12 pHとアンモニア態窒素比率による評価 (米国)

| サイレージ等級     | pH      | 全窒素に対するアンモニア態窒素の比率 |
|-------------|---------|--------------------|
| 秀 Excellent | 3.5~4.2 | 10%以下              |
| 優 Good      | 4.2~4.5 | 10~15%             |
| 良 Fair      | 4.5~4.8 | 15~20%             |
| 可 Poor      | 4.8以上   | 20%以上              |

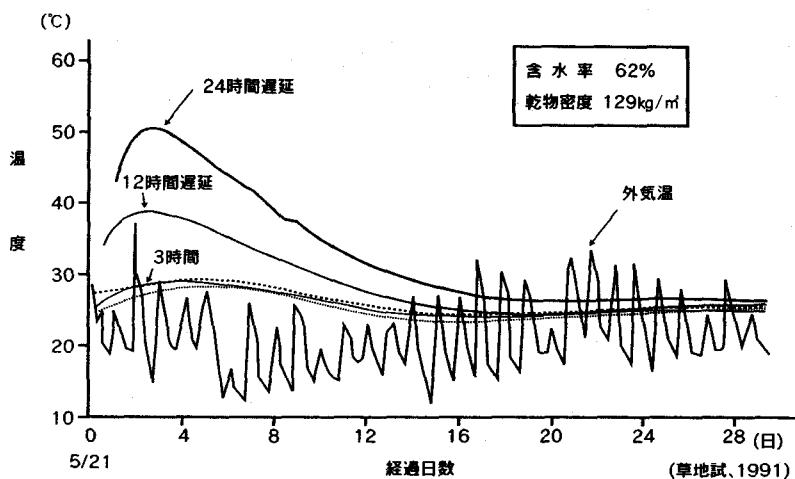


図18 ラッピング作業の密封遅延によるベール中心温度の変化

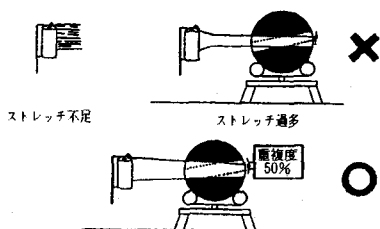


図19 ベールラップのストレッチ強度の調整

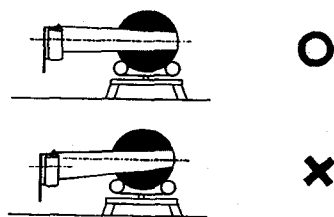


図20 ベールラップのフィルム繰り出し装置の高さ調整

## (5) ストレッチフィルムの巻き方は何回が良いか

基本的には、重複率2回の4層巻きが標準ですが、表13を見るとフィルム巻き数を増やした方が若干品質が良好な傾向があります。

しかし、この試験において重複率4回、8層巻きにしても、1年間貯蔵すると白カビの発生が観察されたとの報告があります。フィルムそのものにも通気性があり、太陽の紫外線などによるフィルムの劣化、粘性性の低下など時間の経過と共に空気が侵入する危険性が高くなります。

空気の侵入による品質の劣化をできる限り防止するには、ロールベールの梱包密度を高め、形の良い円筒形のものを作ることが重要です。(図21)

フィルム巻き数は、コストの問題もあるので、必要以上に巻き数を多くする事はありませんが、一般的に長期貯蔵の場合やフィルムに穴のあきそうな茎の硬い原料草をラップする場合、運搬、ハンドリング時にフィルムの破損が心配な場合は1回分余分にラップした方が得策です。

表13 フィルム巻層別のラップサイレージ品質

| 試験区   | 水分 (%) | pH   | 有機酸組成 (%、FM) |      |      | VBN/TN (%) | 備 考                   |
|-------|--------|------|--------------|------|------|------------|-----------------------|
|       |        |      | 乳酸           | 酢酸   | 酪酸   |            |                       |
| 2層 外側 | 56.4   | 4.05 | 1.89         | 0.18 | 0.05 | 7.6        | 周囲に白カビ、下側水分多<br>上表層褐変 |
| 2層 内部 | 49.4   | 4.28 | 1.57         | 0.33 | —    | 6.7        |                       |
| 4層 外側 | 55.4   | 4.19 | 1.49         | 0.15 | —    | 7.1        | 表層に白カビ、酵母             |
| 4層 内部 | 58.0   | 4.03 | 1.87         | 0.23 | 0.06 | 7.5        |                       |
| 6層 外側 | 58.3   | 4.00 | 1.19         | 0.15 | —    | 7.0        | 酵母若干                  |
| 6層 内部 | 49.0   | 4.10 | 1.32         | 0.17 | —    | 5.6        |                       |
| 8層 外側 | 46.9   | 4.15 | 1.67         | 0.20 | —    | 5.1        |                       |
| 8層 内部 | 51.6   | 4.05 | 1.75         | 0.14 | —    | 5.7        |                       |

注1) 原料草はイタリアンライグラス、ただし8層区のみ約10%のエン麦混入 (資料は草地協会)

2) 表層はフィルム面から15cm、内部は15~60cm深までの平均

3) VBN/TN: 全窒素中の揮発性窒素化合物の割合

4) 貯蔵期間は70日

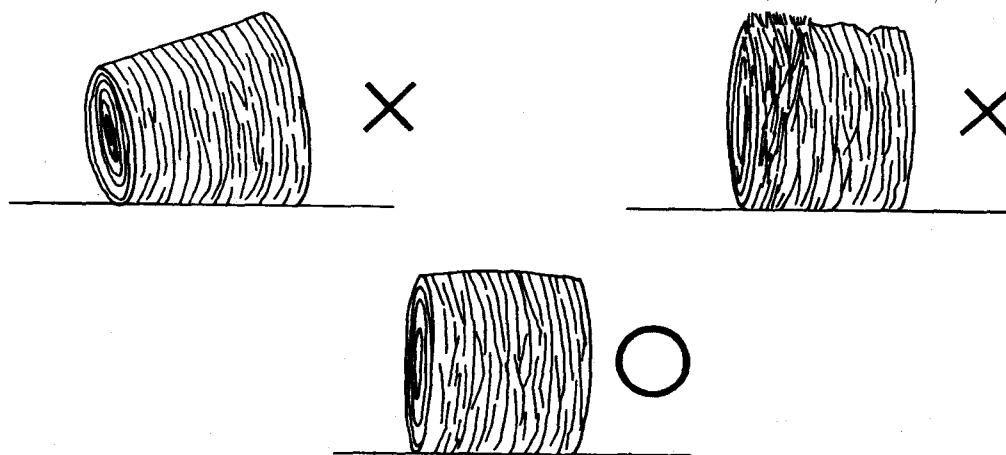


図21 ラップ作業に適したベールの形

## (6) ストレッチフィルムについて

ストレッチフィルムは25ミクロン(0.025mm)の薄いフィルムをロールベールに4~6層に巻き付けて気密性を保っている事から、その性能の差がサイレーズの品質を左右する事になります。

材質はポリエチレンで、輸入品、国産品とも現在多種類市販されていますが、それぞれ品質の差がカタログデータでは判断できない部分があるらしいので、選択する時は、次の点に注意しましょう。

### ① 伸長性

縦方向に引っ張った時の伸び幅がベールラップに適合している事が重要で、通常のラップ作業では元のラップの長さの1.5~1.8倍に延伸され、その時の幅が元の幅の80%になって巻き付けられます。この状態で色ムラや、シワが無いものが良いとされています。

### ② 伸長回復性

ラップサイレーズは引っ張られたストレッチフィルムが元に戻る回復性を利用して、高い気密性を保っています。この事から、長期間にわたって伸長回復性が持続される事が重要です。

測定法は、未使用のフィルム1mを3mになるまで静かに引っ張った後離し、1.8m以下(60%以上の回復率)になるまで戻る事が必要とされています。

開封時に、カッターナイフでフィルムを切ったときに縮む物が良いとされています。

### ③ 粘着性

粘着性は高い程フィルム同士が密着し気密性がよくなります。しかし、粘着性が高すぎるとラッピング作業中にフィルムロールからはがれにくくなったり、作業中にフィルムが切れる事もあります。

簡易測定法は、新しいフィルムロールを少しはがした先にバネ計りを取り付け、1~2kgの力で90°(1/4回転)はがしてみます。1kg以下の力ではがれる様だと粘着力は弱いようです。

### ④ 耐候性

一般的にポリエチレンは紫外線で劣化され、強度が低下し切れやすくなります。

黒色フィルムの方が白色より耐候性が高いとされていますが、最近は白色フィルムの品質が改善され黒色と同様の耐候性を持つものが市販されています。

### ⑤ フィルムの色

北海道農業試験場からH6年に発表されたデータによると、水分37~52%の低水分ロールサイレーズを用いてフィルムの色を検討した結果は次の通りです。

- ・黒色は表面の最高温度が白色に比べ約10℃高いが、結合蛋白の増加は見られなかった。
- ・黒色フィルムを用いたサイレーズは、内部の水分ムラが多く発酵が抑制された。
- ・白色フィルムは総体的にpHが低く、品質は安定的であった。

外国の文献では、高温状態で貯蔵した場合に粗蛋白の消化率が低下するという報告があるので、夏期間の貯蔵は、直射日光を避ける工夫が必要です。

表14 ラップサイレーズのフィルムの色と温度との関係

|        | 黒色 | 白色 | 淡緑色 | 透明 |
|--------|----|----|-----|----|
| フィルム表面 | 72 | 55 | 55  | 62 |
| ベール表面  | 56 | 56 | 54  | 65 |
| 5cm内部  | 52 | 46 | 48  | 55 |
| 10cm内部 | 41 | 38 | 41  | 44 |
| 15cm内部 | 36 | 33 | 34  | 40 |

(草地試)

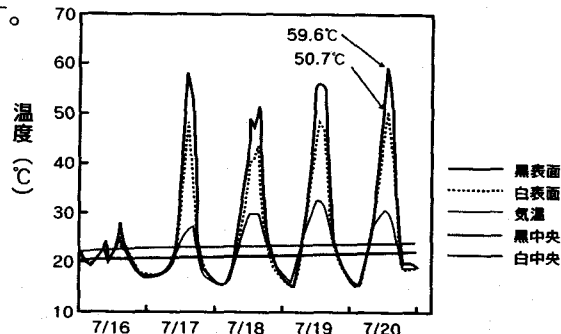


図22 最も気温が高かった時期のロールベールサイレーズ各部位の温度変化(北海道草地研究会報29)



## 5. スパッと切断！良質サイレージで牛もいきいき

### (1) ハーベスタは刃の切れ味が命

切れない刃で切断された牧草サイレージは、切断長は長くなり、切り口もぼそぼそとささくれて、調製、鎮圧が行いにくくなります。また、発酵品質が低下し、牛の嗜好性も悪くなります。さらに、TMRにしても混合が不十分になり選り食いされることとなります。

また、切れない刃での作業はトラクタに負荷がかかり、燃費、作業効率が低下します。ハーベスタ自体もベルトやクラッチ、ミッションなどに負荷がかかり思わぬトラブルを引き起こしかねません。

ハーベスタの刃を正しく研磨、調整することはサイレージ調製には欠かせない作業です。作業条件にもよりますが、1日最低でも1回、刃を研ぐようにし、同時に受け刃との間隔の調整も心掛けて下さい。作業前、昼休み、作業後など注油、点検と同時に研磨、調整も行うと切断作業が順調に進み作業効率が高まるため研磨の時間が無駄なものとはなりません。

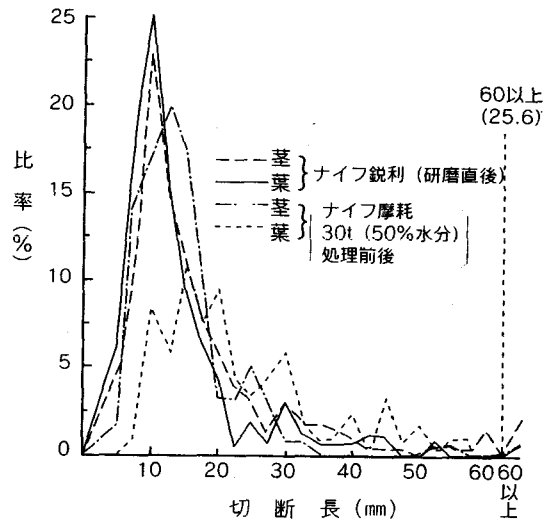


図23 ナイフの切れ味と切断長

### (2) ハーベスタの研磨と調整

#### ① 刃の研磨での注意点

- ・砥石は端から端まで一定のスピードで移動させ、途中で止めたり途中から往復させません。
- ・砥石を一気に出し一方向から研磨すると刃の焼きが戻る、砥石が欠ける、過剰研磨で刃の寿命が短くなるなど考えられます。全体の当たりを見ながら全面にわたって少しずつ研磨します。
- ・これらの作業はそれぞれの機種によって方法が異なるため、取扱説明書に従って行って下さい。

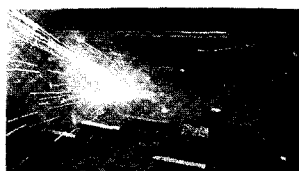


図24 ハーベスタ研磨状況

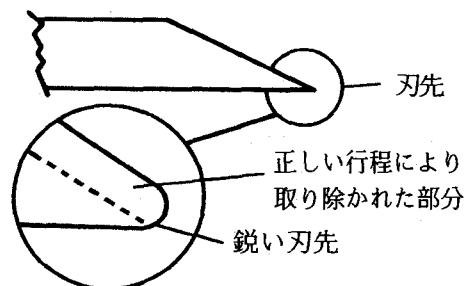


図25 ハーベスタの研磨

#### ② 受け刃の調整

切断で重要なのは、刃の鋭利さと受け刃と刃の間隔です(図26、27)。受け刃と刃の間隔が広くなると、牧草の切れが悪くなり負担が増大するとともに、牧草が刃上をすべり摩耗を助長することになります。刃と受け刃の間隔は刃の研磨後に調整し、各機種の設定値に合わせて下さい。

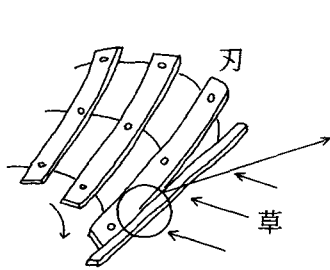


図26 受け刃と刃

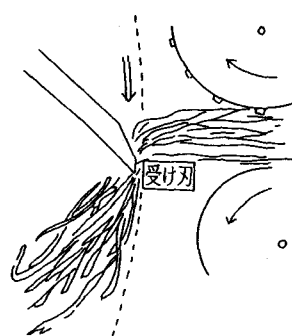
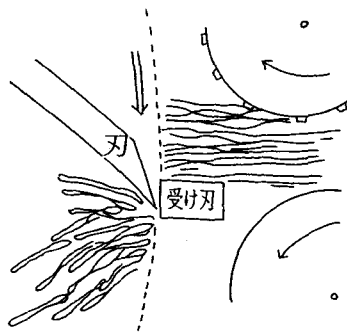


図27 受け刃と刃の間隔

間隔の測り方はすき間ゲージ（シックネスゲージ）を用いる方法や、一度刃と受け刃を当ててから規定回数だけ調整ネジを戻す方法などがあり、取扱説明書に従って下さい。

受け刃の鋭利さも切れ味を左右します。摩耗した受け刃は使っていない面に張り替え、全面使用したものは新品に交換します。

### ③ リベリング（背落とし）

研磨を繰り返す行くと仕上げ面（図28のAの部分）が徐々に広がり、10mm以上になると切断抵抗が急増します。そこで、図の斜線部分を削り落とすことが必要です。工場に依頼するか、自分で行うときには、熱による焼きの戻りと刃先にサンダーが触れないように注意して下さい。

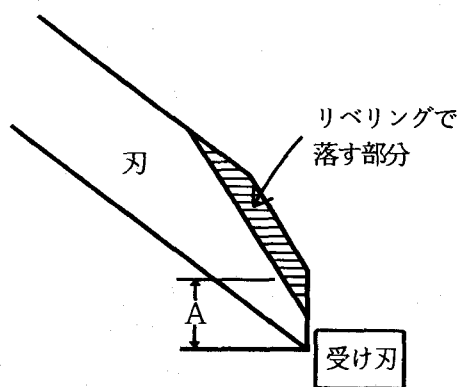


図28 リベリングの状況

## (3) 刃や機械にやさしい収穫作業

### ① ほ場に合わせた作業

起伏のあるほ場での刈り取りは土を削ったり、石を跳ねるなど刃の摩耗を早めます。さらに、草地の裸地や雑草増加の原因となります。

このようなほ場では高刈りを心がけ、ハーベスタはピックアップをやや高めにセットしスピードを控えめにして作業して下さい。

### ② ほ場の点検

道路（特に砂利道）に面したほ場では、除雪や車に飛ばされた石、空き缶、ビンなどが入り込んでいる可能性があります。春にはほ場の点検を行きましょう。また、金属探知器が装着されているハーベスタでも、石などは感知できません。思わぬ損失とならないように注意して下さい。

### ③ 牧草の状態、機械に合わせた作業

原料草の水分量、供給量、切断長の設定によって機械にかかる負荷が変わってきます。牧草は乾燥するほど切れずらく、切断長の設定が短く供給量が多くなるほど負荷が増加します。ウインドローの大きさ、作業スピードの調整が効率的な収穫作業のポイントです。

### ④ 規定回転数で能率アップ

トラクターのPTO回転数を、作業機の設定されている回転数（540もしくは1000回転）に保って作業を行います。モアコン、ハーベスタに限らずほぼ全作業機に共通する条件といえますが、作業機の性能や能力はその設定回転数で最高の能力を発揮されるようになっています。

### ⑤ 耳での作業

キャビン付きのトラクタが最近多くなってきました。防音効果も高くなっていますが、できれば窓を少し開けエンジン音や作業機の異常音に注意を払い、耳での作業も心がけて下さい。

## 6. 添加剤

### (1) 添加剤を使うねらい

添加剤を使う場合、先ず理解しておかなければならない事があります。

それは、

- 原料草の栄養価が低いと、発酵品質が優れていても、飼料価値は高くない。
- 原料草の栄養価が高くて、発酵品質が悪ければ飼料価値は高くない。

したがって、①原料草の栄養価を高めることも、②サイレージの発酵品質を高めることも、飼料価値を高めるための必要条件です。この2つの条件が整えば、サイレージ調製はうまくいく事になります。この事を念頭において、添加剤について述べる事にします。

牧草サイレージに添加剤を使用する目的は、次のような事があげられます。

- ① 詰め込み時のサイレージ発酵に不足する条件を補い、良質発酵に導く。
- ② 発酵品質を改善して貯蔵中のロスを最小限に抑える。
- ③ 乳牛への嗜好性と消化性を高める。
- ④ かけたコストに見合う生産を上げる

添加剤は魔法の薬ではありません。その種類も多く、どんな時でも効果を発揮するオールマイティな添加剤もありません。「使えば安心」ではなく、その特性を良く理解して正しく使いましょう。

表15 サイレージ添加剤の分類と種類

| 発酵促進剤        |             |           | 不良発酵<br>抑制剤 | 好気的変敗<br>(2次発酵)<br>抑制剤 | 栄養物       | その他          |
|--------------|-------------|-----------|-------------|------------------------|-----------|--------------|
| <b>乳酸菌製剤</b> | <b>酵素剤</b>  |           | <b>ギ酸</b>   | <b>乳酸菌製剤</b>           | <b>尿素</b> | BM小清水<br>EM菌 |
| バイオニア1188    | サイレージメイト    | アクレモ      | サイベスト       | プロピオン酸                 | アンモニア     |              |
| バイオニア1174    | ヘイレージメイト    | メイセラージェ   | フォラフォーム     | プロサン                   | ビウレット     |              |
| バイオニア1132    | バイオマックスSI   | バイオパワー-E  | メイズコファジル    | アドバサイザー                | 無機物       |              |
| バイオニア1122    | バイオマックスNFSI | バイオパワー-S  | ホラホルム       | トップフォーム                |           |              |
| スノーラクトL      | トリプルバック     | フォーレージージー | マックスグラス     |                        |           |              |
| スノーラクトLアクレモ  | トリプルバックS    | サイロガード    | トップフォーム     |                        |           |              |
| エコサイル        | S-Nファイブ     | グラスザイム    | K-リーキッド     |                        |           |              |
| エコベール        | サイロ用乳酸菌三共   | コーンザイム    | クエン酸        |                        |           |              |
| エココーン        | サイロゲン       | ブドウ糖      | クエン酸リッペ     |                        |           |              |
| バイオパワー-E     | ラクトパワー      | 糖蜜        | クエン酸協和      |                        |           |              |
| バイオパワー-S     | ラクトエース      | フスマ       |             |                        |           |              |
| バイオパワー-EP    | スーパーLS      | ビートバルブ    |             |                        |           |              |
| サイプロラクト      | コファジルラック    |           |             |                        |           |              |
| サイプロラクトS     |             |           |             |                        |           |              |

(増子氏、1997年)

表16 サイレージ添加の原料草1t当たり価格

| 種             | 類 | 原料草1t当たりの価格(円)        |
|---------------|---|-----------------------|
| 乳酸菌製剤         |   | 470～775               |
| 酵素剤(乳酸菌製剤を含む) |   | 800                   |
| 糖蜜            |   | 1,200 (2.0%添加の場合)     |
| ブドウ糖          |   | 1,500 (1.0%添加の場合)     |
| ギ酸            |   | 800～900 (0.3%添加の場合)   |
| ギ酸アンモニウム      |   | 900～1,000 (0.3%添加の場合) |
| プロピオン酸        |   | 2,300 (0.5%添加の場合)     |
| クエン酸          |   | 2,100 (0.5%添加の場合)     |
| BM小清水         |   | 300 (0.1%添加の場合)       |
| EM菌           |   | 250 (0.01%添加の場合)      |
| メイズコファジル      |   | 1,400                 |

1993～1996年の調査

(増子氏)

## (2) 添加剤の種類

### ① ギ酸

ギ酸はフォーレージハーベスタの登場により細断された原料草にダイレクトにしかも均一に添加できるようになった事で、ヨーロッパ諸国において古くから利用されています。

この方法は、ギ酸を添加する事により原料草のpHを一気に低下させる加酸法です。

pHを4.0以下に低下させると、ギ酸が原料草に急速に浸透して呼吸作用を抑制し、温度上昇が抑えられます。同時に低いpHは、不良発酵に関与する微生物、特に好気性菌と酪酸菌の活動を抑えるため、酪酸の生成が少なくなります。

乳酸菌と酵母は、ギ酸などの使用による低pH化に対する耐性があるが、著しい増殖は見られません。その結果、サイレージ発酵が促進されないで蛋白質や糖分の分解損失が抑えられ、アンモニアや乳酸の生成が少なくなります。

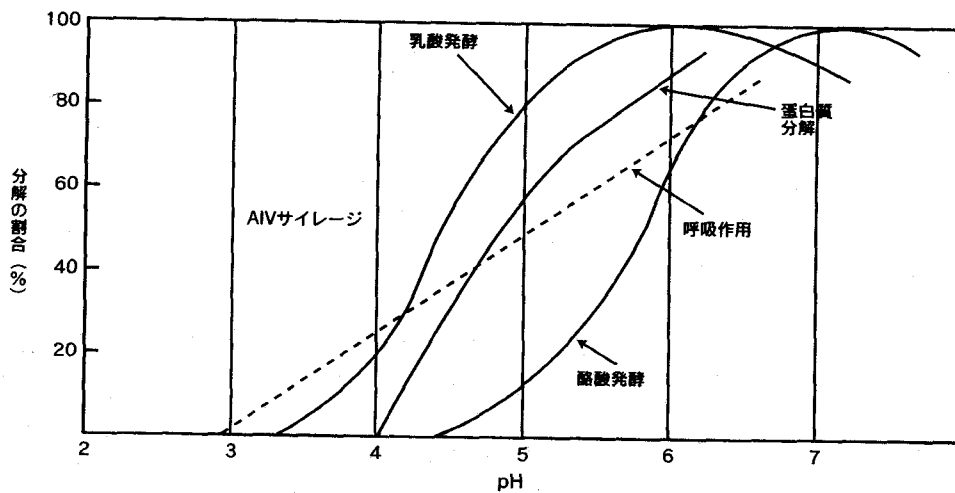


図29 ビルターネンによるAIVサイレージの理論 (バリオ研究所、1979年)

### 1) ギ酸添加の効果

- ① 高水分及び軽予乾した水分 (70~75%) の原料草に利用できる。
- ② 低糖分含量の原料草にも高水分で調製できる (アルファルファやイネ科再生草など)
- ③ 貯蔵損失 (蛋白質と糖分の分解損失を抑える) や給餌損失が少ない。
- ④ バンカーサイロやスタックサイロを利用して高水分サイレージを調製できるため、高温時の給与に適している。
- ⑤ 高水分サイレージがTMRの水分を適当にさせる。
- ⑥ 耐天候型の効率的な調製作業が可能である。

### 2) ギ酸添加の注意点

- ① 草種にかかわらず、開封後の二次発酵が発生しやすい。(バンクライフが短い)
- ② 強酸の原液を使用するため、作業の安全性に注意が必要である。
- ③ 鉄を腐食させるので、作業機等は使用後の迅速な水洗いと防錆対策が必要である。
- ④ 詰め込み後の排汁が、早期にかつ短期間に多量に出るので、その対策が必要である。
  - ・高水分の原料草とギ酸による原料草の組織への水分抵抗力が弱まるため。
  - ・排汁が多い程可溶性物質が損失するが、ギ酸添加サイレージは、現物中の養分損失が少ないため、結果的に乾物回収率は著しく低下しない。
- ⑤ 排汁により環境汚染につながらない様に適切に処置する。

### 3) 干酸の添加量

干酸の添加量は原則としてどの原料草に対しても、pHが4.0以下に低下する濃度（添加量）が必要です。

添加量が多いとサイレージ発酵は極端に抑えられ、発酵生産物（アンモニアや有機酸など）が少ないサイレージになります。pHが低下する正常の範囲内で添加量が少ないと、乳酸菌が増殖し自然発酵に近い発酵パターンとなります。

添加量が少ないと原料草のpHが十分に低下しないので、好気性菌や酪酸菌の生育を抑えられず不良発酵となります。

pHを4.0に低下させるために必要な添加量は、各原料草の緩衝能によって変化します。

予乾した原料草、早刈りや高ちっ素施肥の原料草は、乾物や蛋白質含量が高くなるため緩衝能が高くなり、pHが低下しづらくなるので添加量を上げましょう。

表17 原料草の緩衝能 (mE/kg乾物)

| 草種          | 品種         | 緩衝能 |
|-------------|------------|-----|
| イ<br>ネ<br>科 | チモシー       | 265 |
|             | オーチャードグラス  | 335 |
|             | イタリアンライグラス | 366 |
|             | ベレニアルライグラス | 380 |
|             | ローズグラス     | 435 |
|             | ギニアグラス     | 304 |
|             | ネピアグラス     | 348 |
|             | とうもろこし     | 284 |
| マ<br>メ<br>科 | アカクローバー    | 350 |
|             | シロクローバー    | 512 |
|             | アルファルファ    | 472 |
|             | スタイロ       | 469 |
|             | サイラトロ      | 621 |

(マクドナルドラ、1995年、大島氏ら、1996年)

表18 干酸の添加量 (kg)

| 原料草             | 水分 (%) | 原料草 (新鮮物) 1 t当たりの添加量 |
|-----------------|--------|----------------------|
| イネ科主体牧草         | 75以上   | 3.0~4.0              |
|                 | 60~70  | 5.0~6.0              |
| イネ科・マメ科<br>混播牧草 | 75以上   | 4.0                  |
|                 | 60~70  | 6.0                  |
| マメ科主体牧草         | 75以上   | 5.0~6.0              |
|                 | 60~70  | 7.0~8.0              |

(増子氏ら、1995年)

表19 干酸添加物の種類と成分

| 製品名                  | 主要成分  | 有効成分   | 添加量    |
|----------------------|---|--|--------|
| サイベスト                | 干酸  | 干酸 85.0%<br>水 15.0   | 3 kg/t |
| ホラホルム                | 四干酸アンモニウム<br>(干酸のアンモニウム錯体)                  | 干酸 64.1%<br>アンモニア 5.9<br>水 30.0                            | 3 kg/t |
| フォラフォーム<br>(ファームエース) | ホラホルムと同一                                    | ホラホルムと同一   | 3 kg/t |
| マックスグラス              | 四干酸アンモニウム<br>二プロピオン酸アンモニウム<br>オクタン酸 (オクチル酸) | 干酸 72.8%<br>アンモニア 3.6<br>プロピオン酸 3.0<br>オクタン酸 0.5<br>水 20.1 | 6 kg/t |
| トップフォーム              | 四干酸アンモニウム<br>二プロピオン酸アンモニウム                  | 干酸 35.7%<br>プロピオン酸 30.0<br>アンモニア 6.6<br>水 27.7             | 3 kg/t |

(増子氏、1996年、資料提供：三井東圧ファイン株式会社)

## ② 乳酸菌

乳酸菌は、詰め込み後原料草の呼吸や好気性発酵が終了して、嫌気（無酸素）状態になると活動を始め、乳酸発酵が進んで生成した乳酸によりpHが低下します。

乳酸菌は、糖分を使い発酵するので原料草中に乾物中10%以上必要であると言われています。

乳酸菌を添加する場合は原料草中に乳酸菌が不足し、十分な乳酸発酵が期待できない場合に有効です。

Dr. Thomas (WHM 農業研究所副学長) は「乳酸菌が自然の中で不足していると考えられる時にだけ乳酸菌を使用すべきである」(10万個=10<sup>5</sup>個/1g以下、例えば、中水分サイレージの調製時に、寒くて原料草の乾きが悪く2日以上予乾した場合など)と報告しています。(1993年)

また、アメリカのデイリー・フォーレージ・リサーチ・センターによると「添加する乳酸菌製剤の効果を期待するには寄生乳酸菌の10倍以上の乳酸菌を添加しなければならない」と報告しています。

### 1) 乳酸菌製剤の必要特性

- ① 他の微生物に対する競合能力が優れている。
- ② ホモ型発酵を行い糖から乳酸を最大に生産する。
- ③ 耐酸性があり最終pHを4.0にまでできるだけ早く低下させる。
- ④ グルコース、フルクトース、ショ糖及びフルクト酸を発酵することができる。
- ⑤ 生育温度範囲が広い。
- ⑥ 低水分含量の原料草にも生育する事ができる。

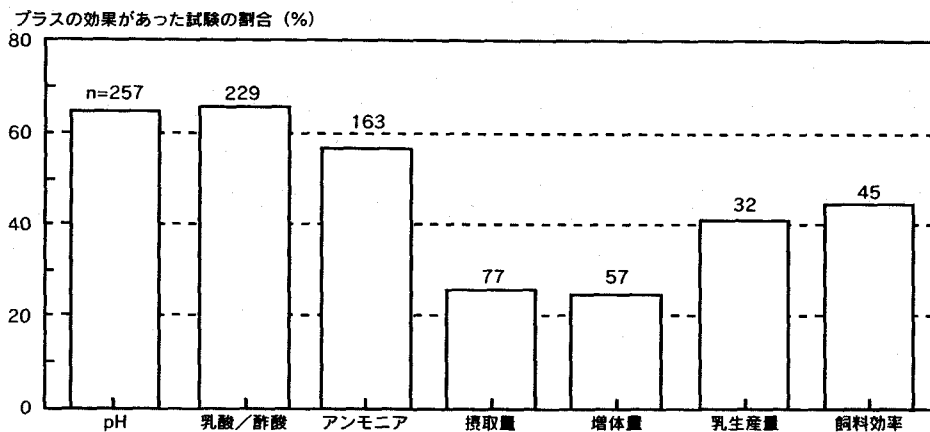


図30 乳酸菌製剤の添加が、発酵または動物生産性を有意に改善した発表研究 (1985~1992) における試験の割合  
各特性当たりの試験数は棒グラフの上部に記載 (サイレージ・プロダクション、1994年)

現在の乳酸菌の種類はラクトバチルス・プランタラム+エンテロコッカス・フェシウム (複合菌)

ラクトバチルス・プランタラム+ペディオコッカス・ペントサセウス (複合菌)

ラクトバチルス・プランタラム (単一菌)

ラクトバチルス・カゼイ Subsp. ラムノサス (単一菌)

表20 刈り取り直後及び刈り取り後3日目の原料草に付着している微生物数<sup>1)</sup>

| 草種    | チモシー                            |                                  | オーチャードグラス           |                      | アルファルファ             |                     |
|-------|---------------------------------|----------------------------------|---------------------|----------------------|---------------------|---------------------|
|       | 刈取直後                            | 3日後                              | 刈取直後                | 3日後                  | 刈取直後                | 3日後                 |
| 乳酸菌   | 4.6×10 <sup>4</sup> (46,000)    | 5.6×10 <sup>4</sup> (56,000)     | 2.5×10 <sup>4</sup> | 1.8×10 <sup>6</sup>  | <10 <sup>3</sup>    | 1.8×10 <sup>4</sup> |
| 好気性細菌 | 1.6×10 <sup>6</sup> (1,600,000) | 1.1×10 <sup>7</sup> (11,000,000) | 2.5×10 <sup>6</sup> | 1.6×10 <sup>10</sup> | 7.6×10 <sup>6</sup> | >10 <sup>8</sup>    |
| 酵母    | <10 <sup>2</sup> (<100)         | <10 <sup>2</sup> (<100)          | <10 <sup>2</sup>    | <10 <sup>2</sup>     | <10 <sup>2</sup>    | 2.0×10 <sup>2</sup> |
| 糸状菌   | 1.6×10 <sup>3</sup> (1,600)     | 7.0×10 <sup>2</sup> (700)        | <10 <sup>2</sup>    | 9.0×10 <sup>3</sup>  | <10 <sup>2</sup>    | 2.5×10 <sup>3</sup> |

<sup>1)</sup>cfu/g 新鮮物

(増子氏ら、1996年)

### ③ 酵素剤

酵素剤は原料草に含まれるでんぷんやセルロースを分解して乳酸菌が利用できる糖（可溶性糖類、可溶性炭水化物：WSC）を作る目的で使用されます。

その働きをするのがアミラーゼやセルラーゼで、セルロースを糖に変えるセルラーゼの酵素剤は、乳酸菌との複合化によりセルラーゼのみの物より発酵品質の改善効果が高まる事が認められています。

#### 1) セルラーゼ酵素剤が備えるべき条件

- ① 詰め込み後、早い時期に十分な糖を生成する。
- ② pH4.5～6.5の範囲で作用する。
- ③ 広い温度範囲で作用する。
- ④ 低水分の原料草にも作用する。
- ⑤ 原料草の生育時期（成熟度）にかかわらず作用する。
- ⑥ プロテアーゼ活性を有しない。
- ⑦ サイレージの飼料価値と消化性を高める。
- ⑧ 長期保存性がある。

#### 2) 酵素剤使用の注意点

- ① 糖分含量の少ない早刈り草やマメ科率の高い原料草に使用する。
- ② 原料が高水分の時（DM中の糖分が不足する原料草）に使用する。
- ③ セルラーゼの作用により、まず、原料草の高消化繊維（Oa）を分解して糖に変え乳牛の利用できる繊維が減り、消化されにくい低消化繊維（Ob）が残ってしまう。
- ④ Oaが少なくObが多い刈遅れの原料草や水分の少ない原料草にはあまり効果がない。
- ⑤ 詰め込み後、糖への分解スピードが緩慢なため乳酸発酵に不足をきたし、pHが低下するのに時間がかかる事がある。
- ⑥ サイレージの温度が35℃を超えると活性が失われる。
- ⑦ Ob部分を選択的に分解できる様に改良したり、酵素活性をさらに高めてOb部分にまで分解が進むような研究開発が待たれる。

表21 セルラーゼの酵素活性

| 種 類          | アクレモニウム由来 | トリコデルマ由来 |
|--------------|-----------|----------|
| アビセラーゼ (U/g) | 850       | 800      |
| CMCアーゼ (U/g) | 27,000    | 8,100    |
| キシラナーゼ (U/g) | 13,000    | 8,000    |
| ペクチナーゼ (U/g) | 206       | 4        |

(友田氏ら、1996年)

セルラーゼの添加効果はイネ科牧草に多く認められていますが、成熟が進み水分含量の少ないものやアルファルファに対してはセルラーゼの効果がありません。

しかし、新しく開発されたアクレモニウム由来の酵素は、乳酸菌と混合することによってアルファルファに対して、発酵品質の改善効果が認められたという報告もあります。(友田氏ら 1996年)