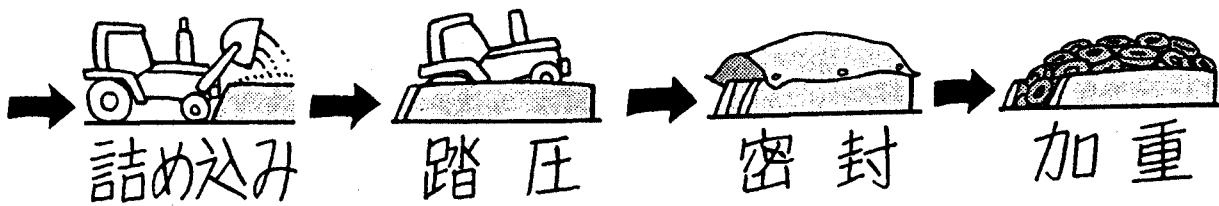
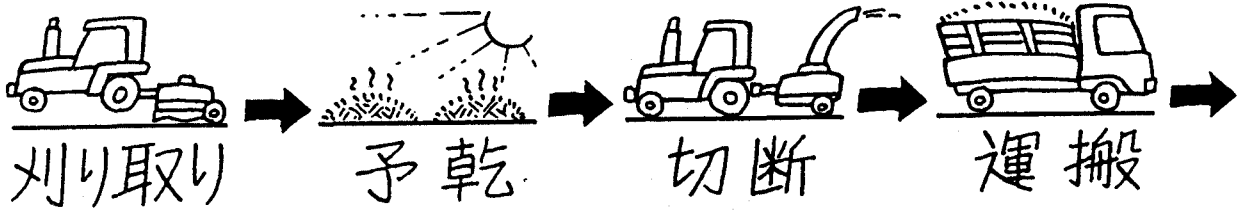


II 調 製



1. サイレージ成分の実態

(1) 根室管内におけるサイレージの成分

根室管内のグラスサイレージの飼料分析の結果を表したのが図1～4および表1です。

① 水分

平成6年まで65%程度だったのが、平成7年以降増加傾向にあります。

平成8年にはその変動幅が少なくなっています。

② TDN

平成6年までは60%以上であったのが、それ以降60%以下になっています。

また、そのばらつきは年次による差は見られません。

③ 粗蛋白

11～12%前後で各年次間の差はあまり見られません。

しかし、年次による変動幅は大きくなっています。

④ 結合蛋白

平成5年が高く、変動幅が大きくなっています。

⑤ 溶解蛋白

平成5・6年が低く、その後高くなっています。これは、サイレージ水分が多いことが起因していると思われます。

表1 結合・溶解蛋白の推移 (DM中%)

年次	結合蛋白(%)		溶解蛋白(%)	
	平均	標準偏差	平均	標準偏差
H 3	1.20	0.25	5.10	1.34
H 4	1.19	0.27	5.03	1.19
H 5	1.52	0.39	4.55	1.07
H 6	1.43	0.32	4.80	1.03
H 7	1.27	0.26	5.15	0.91
H 8	1.38	0.18	5.12	1.06

⑥ pH

4.5～4.7の間にあり年次間の差はあまりないですが、各年次とも変動幅は大きくなっています。

標準偏差：各データのバラツキを表します。

変異係数：標準偏差/平均値 (%)

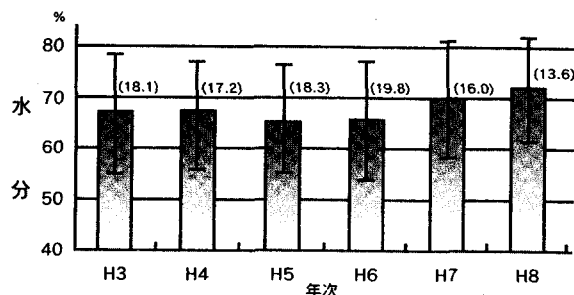


図1 水分の推移(管内)

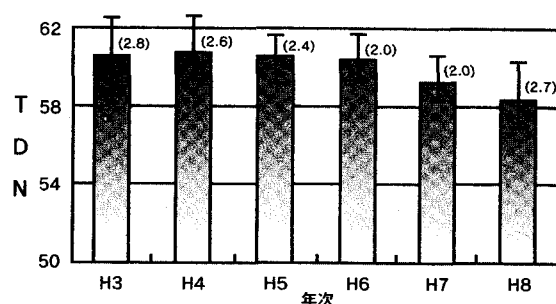


図2 TDNの推移(管内) (DM中%)

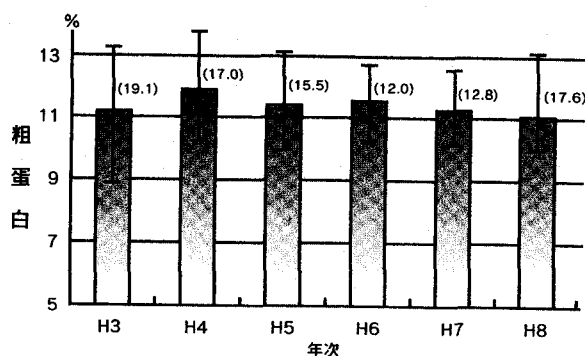


図3 粗蛋白の推移(管内) (DM中%)

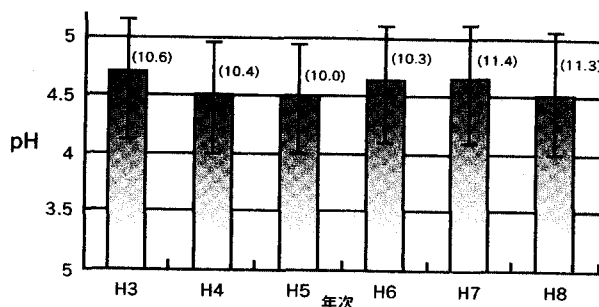


図4 pHの推移(管内)

註) ホクレン分析センター結果による

I : 標準偏差、()内変異係数

(2) 南根室地域のサイレージ成分

粗飼料分析結果から南根室地区のグラスサイレージの成分・品質について表したのが下図・表です。ここでは、A地区（平成4年～平成8年）、B地区（平成6年～平成8年）の各成分の推移を示しました。

① 乾物・TDN・粗蛋白

乾物率：平成5年をピークに徐々に低下し、サイレージの水分が高くなっていることを表しています。

その変動はA地区よりもB地区の方が大きくなっています。

このことがサイレージ品質に影響を及ぼします。

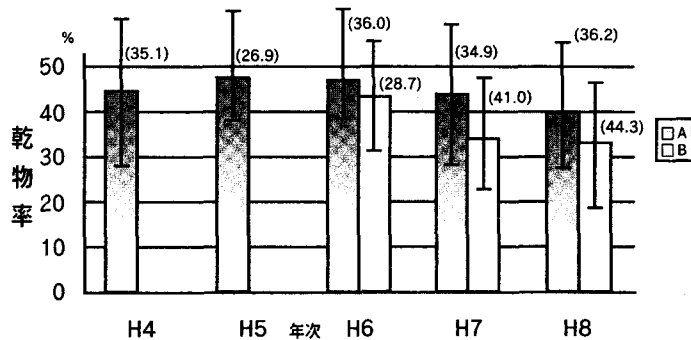


図5 乾物率の推移

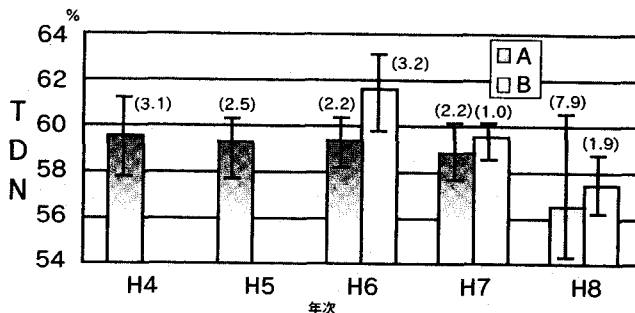


図6 TDNの推移

TDN：平成7年まではほぼ同じでしたが平成8年には低下しています。

そのバラツキは平成8年で大きくなっています。

(A地区)

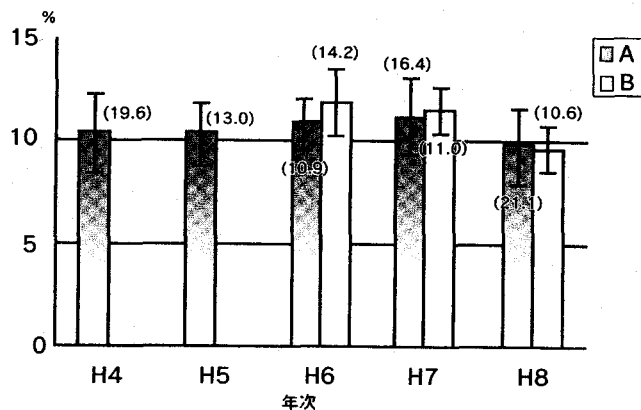


図7 粗蛋白の推移 (DM中%)

粗蛋白：平成7年は高く、平成8年は一番低くなっていて、バラツキも大きくなっています。

結合蛋白：10～19%前後ともに平成5年が一番高くなっています。

溶解性蛋白：34～45%前後でA地区のバラツキは、B地区よりも大きくなっています。

註) ホクレン分析値による

I：標準偏差、()内変異係数

表2 結合蛋白・溶解性蛋白の推移

年次	結合蛋白 (CP中%)			
	A地域		B地域	
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
H4	10.75	2.80	—	—
H5	19.70	6.09	—	—
H6	13.64	3.01	15.04	3.21
H7	12.10	2.49	11.64	3.10
H8	10.05	2.15	12.90	1.40

年次	溶解性蛋白 (CP中%)			
	A地域		B地域	
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
H4	41.01	8.30	—	—
H5	34.12	4.84	—	—
H6	37.32	7.98	38.05	5.96
H7	41.11	7.97	45.20	2.70
H8	41.31	7.36	43.90	6.60

② サイレージ水分と各成分

ア 蛋白質

サイレージ中の水分は年々増加しています。そこで、水分と粗蛋白中の結合蛋白中及び溶解性蛋白の関係を見たのが図8です。

結合蛋白は、水分が少ないほど高い傾向にあり、この割合が高いほど粗蛋白質の利用度合いが低下します。

この図から水分が低いほどその危険性が高いことがわかります。

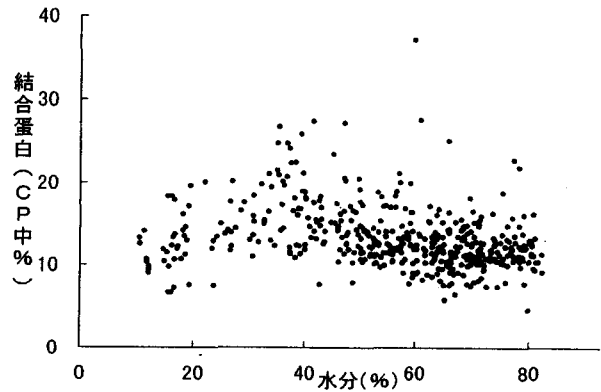


図8 水分と結合蛋白の割合

一方、溶解性蛋白は水分が多いほど多い傾向にあります。

とくに、60%以上のものでは溶解性蛋白が多くばらつきも大きくなっています。

ここでは詰め込み形態で区分していませんが、ロールサイレージで水分の多いものはこの傾向が顕著です。

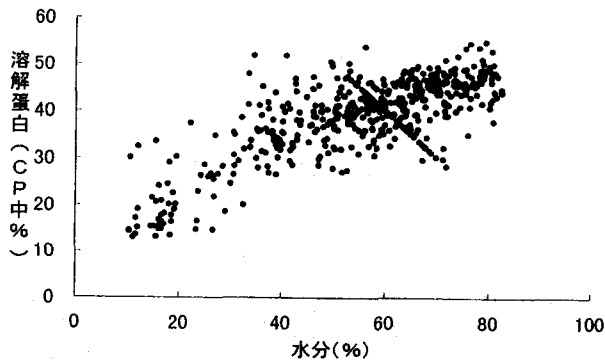


図9 水分と溶解性蛋白の割合

イ pH

水分40%以下では、pH5.0以上になっています。

水分40~60%ではpH4.0~5.5の範囲にありますが、その差は大きくなっています。

この傾向は水分60%ではより顕著で、pHが低いものと高いものに分かれています。

高水分でギ酸の添加を行っている場合がありますが、ここでは考慮していません。

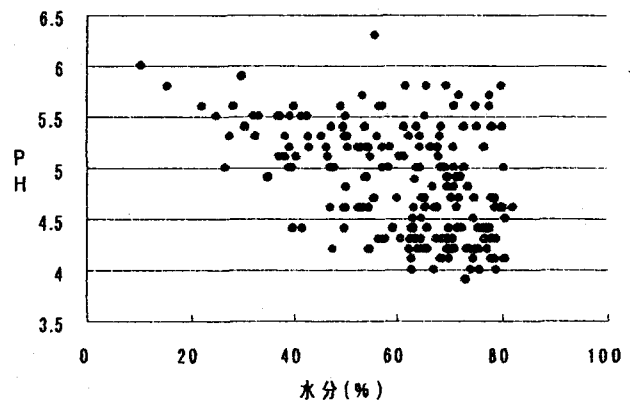


図10 水分とpH

ウ 酸組成

乳酸

水分50%以下では乳酸が少なく、その傾向は水分が少ない方でより顕著でした。

水分が50%以上のものでは、乳酸含量のバラツキが大きくなっています。

これは、詰め込み時の条件により差が出たものと思われます。

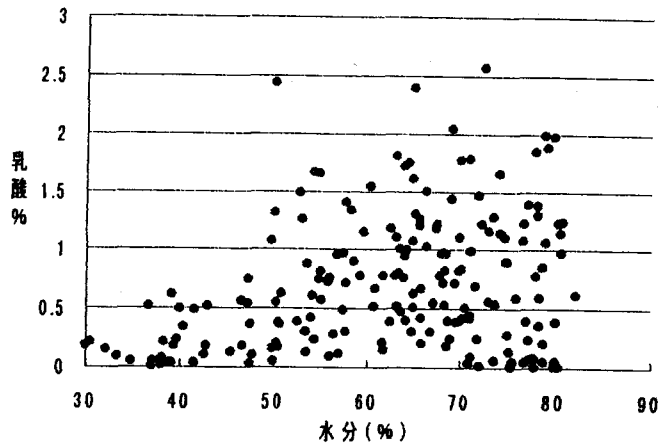


図11 水分と乳酸

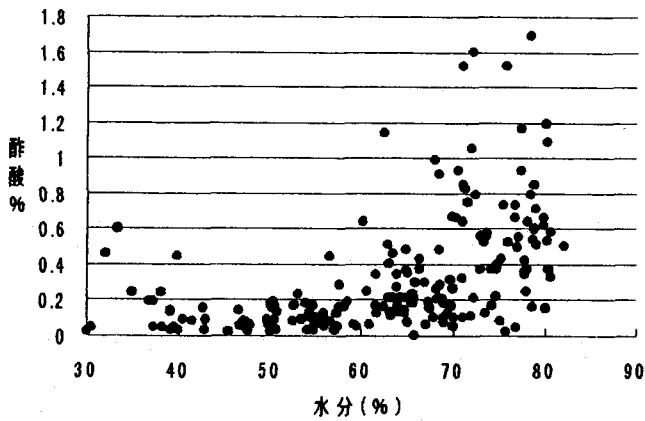


図12 水分と酢酸

酢酸

水分40~60%程度で0.5%以下でしたが、40%以下ではやや多く、バラツキが大きくなっています。

水分60%~70%では酢酸が多くなっていますがそのバラツキも大きくなっています。この傾向は水分70%以上でより顕著になっています。

酪酸

0のものが多かったのですが、水分の多いものほど酪酸の割合が多く見られます。

水分60%以下では60%に近い部分で酪酸が多くなっています。

水分60%以上では水分が多くなると酪酸も多くなっていますが、バラツキも大きくなっています。これは、詰め込み時の密封・踏圧等の条件の違いによるものと思われます。

一般に、酪酸は高水分サイレージで不良発酵したもので多く見られます。

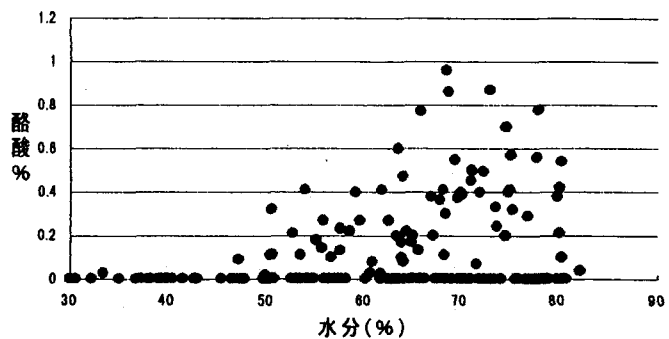


図13 水分と酪酸

(3) サイレージ調製を左右する天候

水分により成分・品質が大きく影響されることが分かりました。

では、南根室地区のサイレージ調製時の天候はどうなのでしょう？

6月中旬から7月いっばいの天候は、曇雨天の日が多く晴天日が幾日も続かないという現状です。

過去4年間の降水量の推移は図14のとおりです。

平成6年は1番草の収穫時期には好天に恵まれ、短期間に収穫できました。

平成7年の1番草収穫時期には降水量はあまり多くなかったものの、曇天・霧の日が多くサイレージ調製には苦労しました。

平成8年は6月中旬の1番草収穫時期から全般的に降水量が多く7月中旬には日降水量が120mmを越え、調製には苦労しました。

平成9年は6月上・中旬は降水量が多かったのですが、7月上・中旬には好天に恵まれ品質の良いものが収穫調製されました。

8月中旬以降の2番草収穫時期には、降水量の多い日が続いて収穫調製には、天候の判断が難しくなっています。

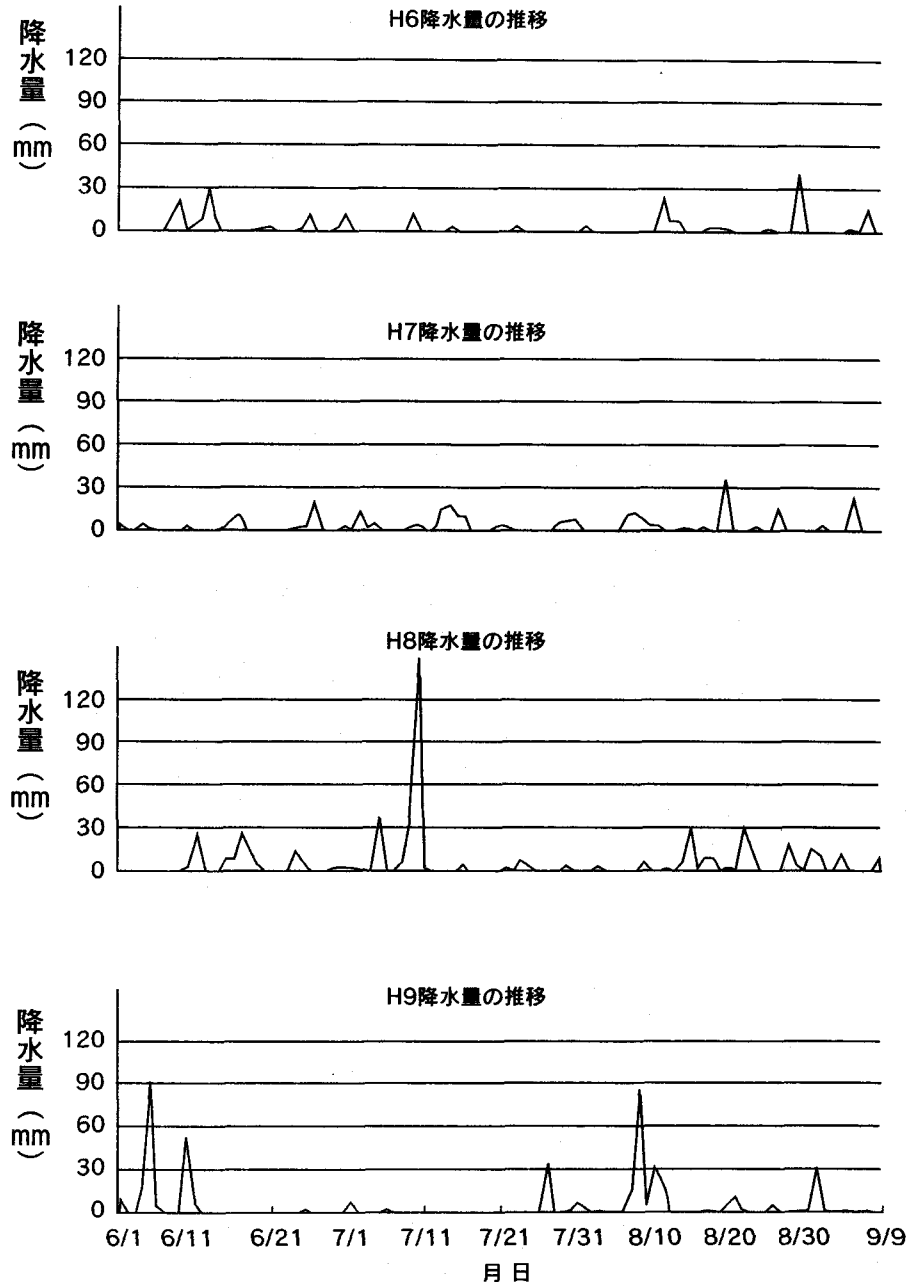


図14 降水量の推移 (根室市)

(4) 収穫・調製時期の天気出現率

降水量と日照時間について出現率を表したのが図15です。(平成4年～平成9年)

これは、

①降水量1mm以上、日照時間1時間未満	= サイレージ調製不可
②降水量1mm以上・日照時間1時間以上	= サイレージ調製やや不可
③降水量1mm未満・日照時間1時間未満	= サイレージ調製やや可
④降水量が1mm未満でなおかつ日照時間が1時間以上	= サイレージ調製可

注) 図15の凡例と同じ

として半旬(5~6日間)の出現頻度を表したものです。

1 番草調製時の6月3半旬~7月4半旬までのサイレージ調製可能な割合は40%前後です。やや可・やや可・やや不可を加えると70~80%の日数割合になります。

2 番草調製時期の8月5半旬~9月4半旬のサイレージ調製可能な割合は、40~50%前後です。このように、不安定な気候の中で収穫調製しなければならず、早期に収穫・調製することが大切です。

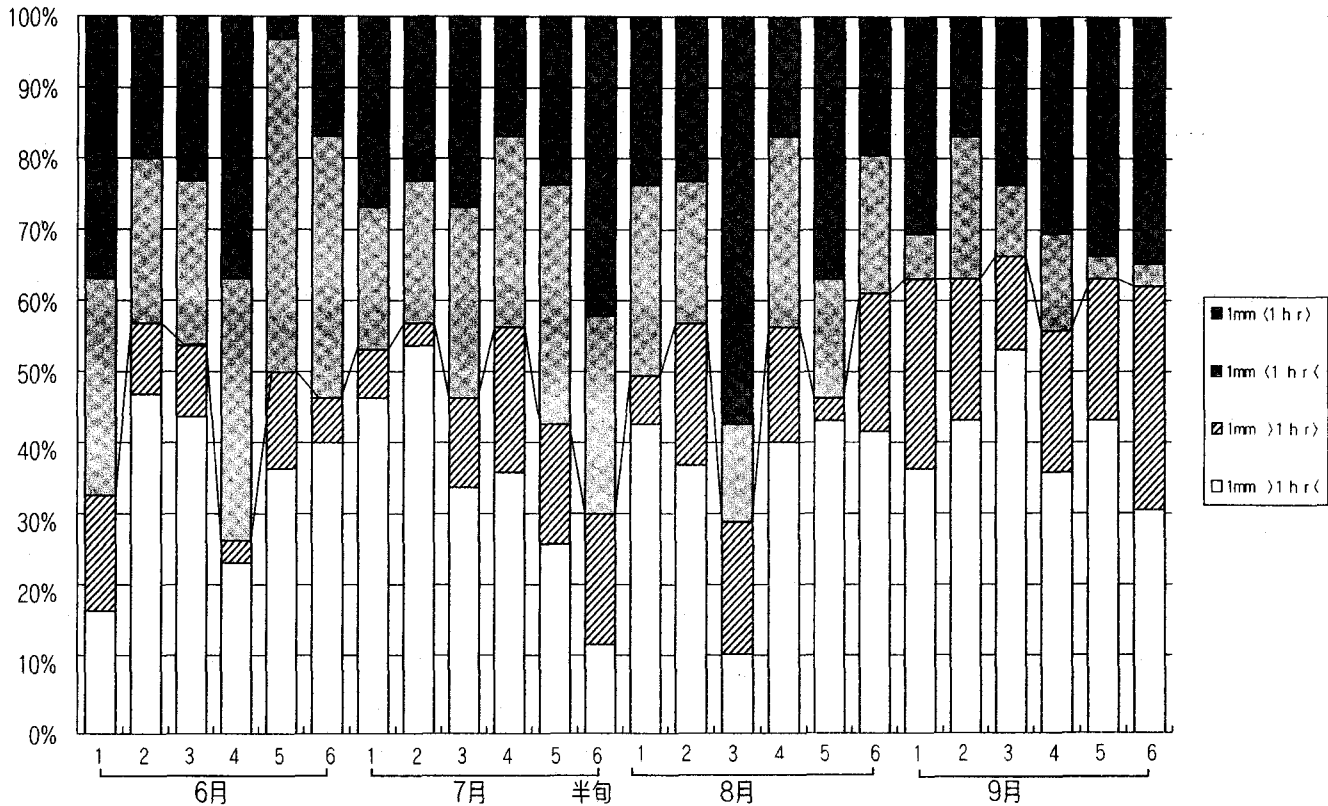


図15 降水量と日照時間(別海町)

1mmの降水量とは? = 1haにすると10トンの水になります。

2. 調製時の養分ロスはどうやって防ぐか

(1) サイレージはどうやってできあがるの？

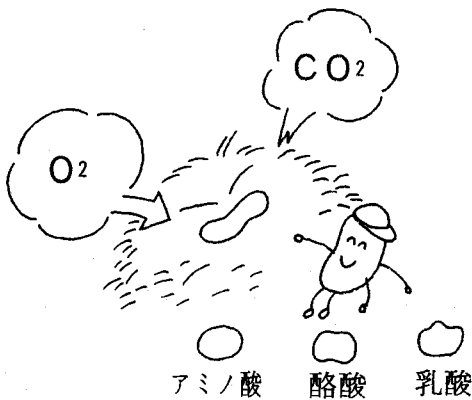
サイレージができるまでの変化（中水分）

〈1段階〉

サイロに詰め込まれた植物細胞がサイロ内に残存する酸素を利用して呼吸作用を行い、炭水化物を消費して炭酸ガス、水および熱を発生します。

ポイント

植物細胞の呼吸により熱が発生します



サイレージの品質におよぼす主な要因の影響

密封	水分	糖	温度	サイレージ品質
良好	低	—	—	○
	高	多	—	○
		中	低	○
		高	—	×
不良	低	—	—	×
	高	多	—	○
		少	—	×

—: ほとんど影響なし ○: 良好 ×: 不良 (大山, 1977を一部改変)

〈2段階〉

サイロ内の酸素濃度が低下する時期に、材料植物に付着している好気性細菌が増殖して、嫌気状態が進み、通性嫌気性細菌が蛋白質や糖を分解してアミノ酸、酪酸、乳酸などを作ります。

ポイント

好気性細菌で嫌気状態になります

〈3段階〉

サイロが酸素のない嫌気状態になると、好気性細菌の繁殖が阻止され、酸素がなくても生育できる通性嫌気性細菌に属する乳酸菌が増殖し、乳酸発酵が進みます。生成した乳酸によりpHが低下します。

ポイント

乳酸発酵でpHが低下します

ここまでの変化は

3日間



〈4段階〉

乳酸菌が優勢になり、pHが4.2以下に低下します。pHの低下により不良細菌の活動が抑えられます。この時期になるとサイロ内の変化が一段落し、安定状態となります。



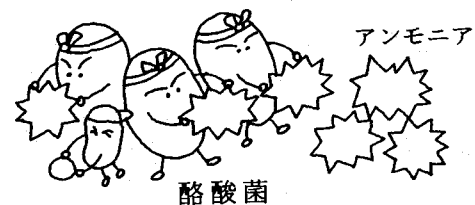
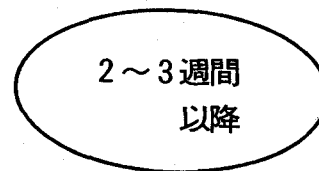
ポイント
pHが4.2以下に低下し、安定します

これでサイレージのできあがり！

しかし、ここまでがうまくいかないと...

危ない！！ 〈5段階〉

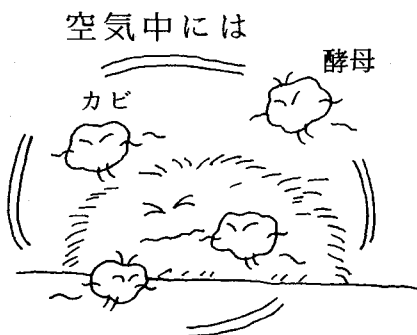
条件が悪く、乳酸菌の活動が不十分で乳酸の生成量が少ないとpHが4.2以下まで低下しません。pHが高いと不良細菌の活動を抑えることができず、とくに酪酸菌が繁殖し、残存している糖、生成した乳酸を分解して酪酸をつくります。酪酸菌は糖、乳酸の他に、材料中の蛋白質も分解してアンモニアやアミンを生成するためにサイレージが劣化します。



ポイント
酪酸発酵でアンモニアができます

危ない！！ 〈サイロ開封後〉

サイロを開封した後、表面が空気にさらされるようになると、それまで活動が抑制されていた酵母やカビなどの好気性細菌が増殖を始めます。これらの微生物はサイレージに存在する乳酸、糖、蛋白質、アミノ酸を分解して、温度、pHの上昇をもたらすサイレージが変敗します。



ポイント
酵母やカビにより、pHが上昇します

(2) 品質がちがうのはどうして？

サイレージの発酵を決定する要因

〈1 密封〉密封が不完全だと？

詰め込み後、密封が不完全で空気が侵入するとサイロ内は好气的条件に保たれ、好気性細菌が増殖します。そのために乳酸菌の増殖は抑制され、その後嫌气的条件になっても乳酸生成量が少ないためpHが低下しません。したがって、サイロを早期密封することによってできるだけ短期間に嫌气的条件を保ち、乳酸菌の増殖を促進しなければなりません。



おてがるかんたん

ポイント

密封を完全にすること!!



〈2 糖含量〉糖含量が少ないと？

乳酸菌は原料の糖분을栄養源に乳酸を生成してサイレージのpHを下げます。その結果、不良発酵が抑制され、良質なサイレージが出来上がります。したがって、乳酸菌が多くいても、糖含量が少ない原料では良質サイレージを作るのは難しくなります。糖含量が少ない原料には、あらかじめ糖蜜などを添加することがすすまられています。

ポイント

原料の糖含量は多いほどよい!!

〈3 乳酸菌〉乳酸菌が少ないと？

乳酸菌は原料の糖분을栄養源に乳酸を生成してサイレージのpHを下げ、その結果、不良発酵が抑制されて良質なサイレージができあがります。したがって、乳酸菌が多くいても、糖含量が少ない原料では良質サイレージが作りがたいといえます。



サイレージにもやさしい
乳酸菌

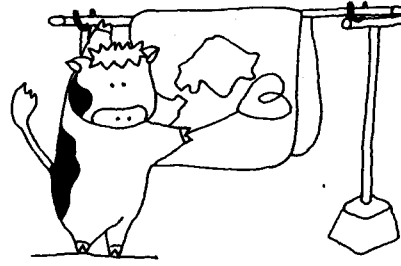
ポイント

原料の糖含量は多いほど良い!!

〈4 材料の低水分化〉水分調整は？

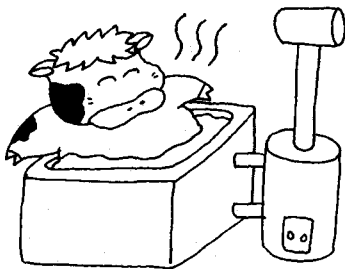
(中水分サイレージ)

材料の予乾処理によって水分含量を少なくすると、微生物の生育が全体的に抑制されますが、不良細菌である酪酸菌の増殖がとくに選択的に阻止されます。したがって低水分化すれば、乳酸発酵も抑制されますが、pHが4.2まで低下しなくても良い品質のサイレージができます。しかし、水分が少なすぎると、開封後の発熱が早く起こり、せっかく良質のサイレージを作っても、牛の口に入る時には劣悪なエサになる場合が少なくありません。



ポイント

水分は60~70%が望ましい!!



これは あつすぎです

〈5 温度〉環境温度が高いと？

サイレージを作る場合、貯蔵中の環境温度が品質に影響します。原料が高水分の場合、糖含量が多い時は温度の影響は少ないのですが、糖含量が中程度以下では環境温度が高いと不良サイレージになります。これは、乳酸発酵は20℃で活発になるのに対して、酪酸発酵は42℃で活発になるためです。

ポイント

環境温度は低いほうが好都合!!

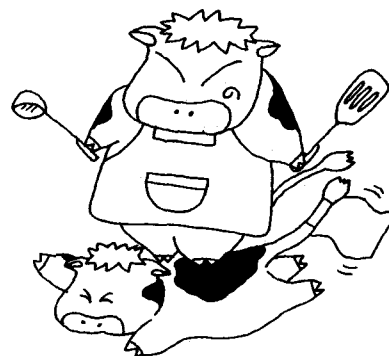
〈6 詰め込み密度〉

1) 細切

材料を細切して詰め込むと、サイロ内の密度が高くなるとともに、①材料から草汁がしみ出て、乳酸の栄養源である糖の利用が促進され良好な発酵を誘発します。②余分な空気の排除ができます。③開封後の空気侵入が難しいので二次発酵を防ぐなどの効果も期待できます。

2) 踏圧・加重

踏圧はサイロの種類によって省略することがありますが、その場合には密封を完全に行わなければなりません。踏圧の効果は、表面積が大きく、材料の自重による圧縮が少ないトレンチサイロやバンカーサイロなどで現れます。トラクタによって踏圧を充分に行う必要があります。



このくらい踏圧しましょう

3. 水分による調製法の違い

(1) 高水分サイレージ (水分含量75%以上)

① 高水分調製における発酵とは (表3)

表3 高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	高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早く進む
2段階	好気性細菌が蛋白質や糖を分解	水分活性が高く好気性細菌が増殖しやすい
3段階	乳酸菌が糖を分解	原料草に糖が少ないと乳酸菌が息切れ
4段階	pHが下がり安定する	pHが高く、水分が多いと酪酸発酵に移行

原料草の水分含量が75%以上と高いサイレージを高水分サイレージと呼びます。この高水分の材料を調製する場合は、サイレージ発酵過程の3段階における糖含量が決定的な要因となります。水分含量にかかわらず良質サイレージを調製するためには、可溶性糖類(WSC)が原料草中2~3%必要といわれています。この値は水分含量80%の材料では乾物中10~15%に相当します。これくらい糖が十分に存在すれば材料の水分含量が高くても乳酸発酵が促進されてサイレージのpHを下げることになり、酸性(低pH)に弱い酪酸菌の活動が抑えられます。

高水分調製における各段階での良質発酵条件は次のとおりです。

- 1段階 雨にあたらず刈り取り後すぐに詰め込みされたもの。
- 2段階 早期密封により好気性細菌の増殖を抑えられたもの。
- 3段階 糖含量の高い原料草が使われたもの。
- 4段階 目標pHに早く到達し発酵損失が少ないもの。

表4 寒冷型イネ科牧草の糖含量(乾物中%)

草種	1番草(%)	2番草(%)
チモシー	9.6~15.4	6.8~9.9
オーチャードグラス	6.7~11.4	3.2~7.4

(増子氏, 1994)

表4によれば、高水分調製に必要な糖含量10~15%の基準をみたしているのは1番草の一部だけです。2番草や1番草の刈り遅れなど条件の悪い場合は添加剤利用などの調製技術が必要となります。

② 高水分サイレージ調製技術とは

良質高水分サイレージは淡緑黄色で、pH3.8~4.0で快い甘酸臭をもち、さらっとして清潔な触感があります。良質発酵にはさまざまな条件がととのわなければなりません。しかし、年によって気象条件、労働力などが異なり、同じ原料草、作業体系がとれるとは限りません。そのときサイレージの原理に合った適切な処置を行えば安定した品質を確保できます。各発酵段階での問題点と調製技術は表5のとおりです。

表5 高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	雨にうたれて糖が流亡 機械の故障で乾きすぎた	酸の添加 (P41) 低水分サイレージへ調製 (P30) 糖 (糖密、ブドウ糖) の添加 (P40) 適度な踏圧・加重 (P52) 二次発酵の防止 (P60) 低水分サイレージへ調製 (P30)
2 段階	早期密封ができずに好気発酵がつづく (発熱状態) 早期密封しても好気発酵がつづく (発熱状態)	作業体系を見直す (P52) サイロを含めた施設を見直す (P64) 適度な長さに切る (P54) 切り口をシャープに切る (P38) 適度に踏圧・加重する (P52)
3 段階	2 番草のため糖含量が少ない 乾燥した天候が続いたので乳酸菌が少ない	酸の添加 (P41) 糖の添加 (P40) 乳酸菌の添加 (P43)
4 段階	排汁が溜まって品質低下 不良発酵により悪臭	排汁処理を行う (P59) サイレージを破棄して不良発酵の原因を調べる

糖の添加で糖蜜やブドウ糖を原料草1tあたり1~2%添加すると1,200円~1,500円、ギ酸は800円~1,000円、乳酸菌は470円~800円となります。(増子氏、1996)

③ 高水分サイレージの長所

- ア 予乾を必要としないため天候に左右されないで計画的に調製できる。
- イ 予乾に必要な機械力・労力が節減できる。
- ウ ほ場損失が少ない。
- エ TMRに対応しやすい。

④ 高水分サイレージの短所

- ア サイロの排汁による養分損失があるため全体の乾物損失が20±5%と高い。
- イ 原料草の糖含量が新鮮物中2%以下では酪酸の生成による劣質サイレージとなりやすい。
- ウ 高水分により発酵が促進され、酪酸生成がされやすくなるため発酵損失が大きくなる。

(2) 中水分サイレージ (水分含量60~75%)

① 中水分調製における発酵とは (表6)

表6 中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	中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	予乾中の呼吸と機械による損失が発生
2段階	好気性細菌が蛋白質や糖を分解	詰め込み密度不足で空気の進入をゆるしがち
3段階	乳酸菌が糖を分解	発酵品質が高水分調製時より安定
4段階	pHが下がり安定する	低水分、低pHにより酪酸発酵が抑制される

原料草の予乾によって水分含量を60~75%の中水分に調製したサイレージを中水分(予乾)サイレージと呼びます。これはサイレージ変敗の原因となる酪酸菌について、その活動が水分含量75%以下で抑制される特性を利用したもので、1段階の予乾で低い水分活性にして酪酸発酵を抑える技術です。しかし、高水分サイレージ同様、乳酸発酵に依存しているため乳酸菌の活動に必要な水分含量は少なくとも必要です。そこで酪酸発酵を抑制して、乳酸発酵を促進するための水分含量として60~75%を目標とします。また、中水分サイレージでは予乾することで重量が軽減し、材料中の糖含量が増加して発酵品質を改善します。たとえば、水分含量70%のサイレージ調製では乾物中7~10%の糖含量があれば4段階で容易に低pHとなり酪酸菌の活動をさらに抑えることができます。排汁は中水分サイレージに調製すると減少するか、無くなります。

中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 踏圧・加重が十分におこなわれたもの。
- 3段階 乳酸菌濃度が適当で、発酵が極端な低温や高温で行われないもの。
- 4段階 空気、雨の浸入がないもの。

水分含量の調製がこのサイレージのポイントとなります。牧草の乾き方は、原料草の水分、草種、天気、温度、テッタ回数によって変わります。正確な水分は水分計や電子レンジを用いた簡便法で測定しますが、目安として70%程度の水分とは、原料草を一つかみして90秒間じっと握ったとき草汁がこぼれず開いたときにボール状に固まり、さらに手のひらが濡れる程度といわれています。現実的には、半日~1日程度の予乾で60~75%の全体水分にするのが理想ですが、根室地域は天候が不順で、思うような予乾がなかなかできない地域です。経験とカンを生かし、情報をうまく取り入れながらタイミングよく処理しましょう。また、水分含量が低いことから空気も入りやすいので切断長、切断面が適正で踏圧・加重が十分に行われる必要があります。

② 中水分サイレージ調製技術とは (表7)

表7 中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	水分含量の簡易測定 (P28)
	天候が悪く予乾できない	水分調整材を利用 (P113)
	適期に一度に作業できない	作業体系を見直す (P52)
2段階	早期密封しても好気発酵がつづく (発熱状態)	適度な長さに切る (P54) 切り口をシャープに切る (P38) 十分に踏圧・加重をする (P52) 密封資材を検討する
3段階	2番草のため糖含量が少ない	酸の添加 (P41) 糖の添加 (P40)
	温度が低く乳酸菌の活動が緩慢	乳酸菌の添加 (P43)
4段階	二次発酵により発熱	取り出し方法を検討 (P62)

予乾が不可能な場合には穀類、ビートパルプ、フスマなどを添加して調節します。サイレージへの穀類の添加は

(ア) 水分調整の効果

(イ) でん粉が糖化することによる乳酸発酵の促進効果

(ウ) 原料草の栄養価の改善効果

があります。しかし、ビートパルプの場合、水分85%の牧草に水分13%のビートパルプを使って70%に調整する場合、牧草1tに対して263kgも必要となります。

③ 中水分サイレージの長所

ア 予乾することで重量が軽減し、材料中の糖含量が増加して発酵品質を改善する。

イ サイレージの排汁による栄養分の損失が防げる。

ウ サイロにおける乾物密度が向上する。

④ 中水分サイレージの短所

ア 予乾に手間がかかる

イ 予乾時の機械による葉部脱落の損失がある。

ウ 天候に左右されやすい。