

草地管理指標

— 飼料作物生産利用技術編 —

平成 13 年 3 月

農林水産省生産局

第4章 飼料作物の収穫・調製

4.1 収穫・調製の基本

4.1.1 調製方法の選択

トウモロコシ、ソルガム、麦類、一年生牧草等の飼料作物は、サイレージ調製・利用が主である。しかし、条件によっては乾草調製・利用および青刈り利用も行われる。

【解説】

(1) サイレージ調製の優位性と特徴

トウモロコシ、ソルガム等の長大作物はもちろんのこと、麦および牧草類もサイレージ調製・利用が主である。しかし、麦および牧草類は、天候によっては乾草調製も可能である。青刈り利用は、機械化がしにくい等の限定された小規模な経営のみにて行われる。

サイレージ利用が乾草、青刈り利用に比べて有利な理由は、以下の通りである。

- ①どの様な飼料作物でも、効率的な調製貯蔵ができる。
- ②天候による調製作業の制約が乾草より小さく、適期収穫がし易い。
- ③相対的には、収穫時の圃場損失が少ない。
- ④調製時に目的に応じた資材の添加ができ、飼料価値や貯蔵性の改善が容易である。
- ⑤藁、粕類の低・未利用資源が有効利用できる。
- ⑥乾草より、貯蔵施設の容積は小さくてよい。

サイレージ調製・利用上の問題点

- ①長期間にわたって空気を遮断し機密性を保って、嫌気状態を保持しなければならない。
- ②排汁がでないように、詰め込み時に材料水分含量の調整に留意しなければならない（材料水分は70%以下にする、あるいは排汁処理口が付いたサイロに埋草する）。
- ③貯蔵中あるいはサイロ開封・取り出し給与中における好气的変敗による変質・発カビを防ぐ管理技術が重要である。
- ④収穫作業中の土壌の混入をなるべく防ぎ、発酵品質の低下を小さくすることが大事である（作物の倒伏や泥濘化した圃場等の悪条件下での収穫作業は避ける）。
- ⑤衣類・身体への吸着性のある特有の臭いがあり、貯蔵管理・給与作業上、その点を考慮する必要がある。

(2) 乾草調製・利用の特徴

イタリアンライグラス、えん麦、暖地型牧草やソルガムの一部（スーダン型）の品種などは、天候状態が良好な場合は乾草に調製できる。最近では、省力作業という点からコンパクトベールよりロールベール乾草が多い。

乾草調製の利点：

- ①調製後の貯蔵管理・運搬等のハンドリングが容易。
- ②家畜の嗜好性が良い。
- ③広域の流通・販売上、取扱い性に優れている（タイト（コンパクト）ベール、ロールベール）。

乾草調製・利用上の問題点：

- ①乾草を仕上げるまでに少なくとも3～4日かかり、1番草の刈り取り時が梅雨にかかる我が国では、調製途中での降雨に遭遇する確率が高い。
- ②反転・集草作業で土砂の混入による品質の劣化、葉部の脱落等による可消化栄養分の損失の増加がある。
- ③反転・集草作業等、サイレージ調製より相対的に日数・労力がかかる。
- ④乾草貯蔵施設（被雨しないため）に広い面積・容積が必要。
- ⑤水分含量は15%以下にしないと、発熱や発カビ等による養分ロスや廃棄ロスを生じる。

表54 人工降雨が牧草の消化率に及ぼす影響

単位：%

草種 \ 降雨時間(時間)	0	2	4	6
シモシ	62.7	54.2	55.1	55.2
イタリアンライグラス	68.7	65.4	65.6	65.7
オーチャードグラス	55.6	51.7	49.3	46.5
アルファルファ	65.1	56.3	54.5	54.6
アカクローバ	64.4	56.3	54.4	52.3

注：1) 人工消化試験法による乾物消化率

(北海道農試；1975)

(3) 青刈り利用

小規模の肉牛繁殖経営の一部では青刈り利用が行われるが、貯蔵施設は必要ないものの毎日の刈り取り・運搬等、多労で大きい面積の栽培・利用にはなじまない。

4.1.2 飼料作物の収穫適期の判定

飼料作物の収穫適期は、次の基準に照らして判定される。①単位面積当たりの栄養収量が最大である。②家畜の消化性・嗜好性が優れている。③収穫・調製による養分損失を小さくし易い。④良好なサイレージ発酵品質が期待できる。

【解 説】

作物の生育と可消化養分含量との関係は、図11の通りである。

(1) 収穫適期の判定基準

①単位面積当たりの栄養収量飼料作物の生育時期別栄養収量は、表55のとおりである。栄養収量の最大値を示す生育時期は、ホールクロップ利用の場合、トウモロコシ、ソルガムが黄熟期に、大麦、えん麦は糊熟期～黄熟期である。なお、牧草類では出穂期付近～開花期頃までである。

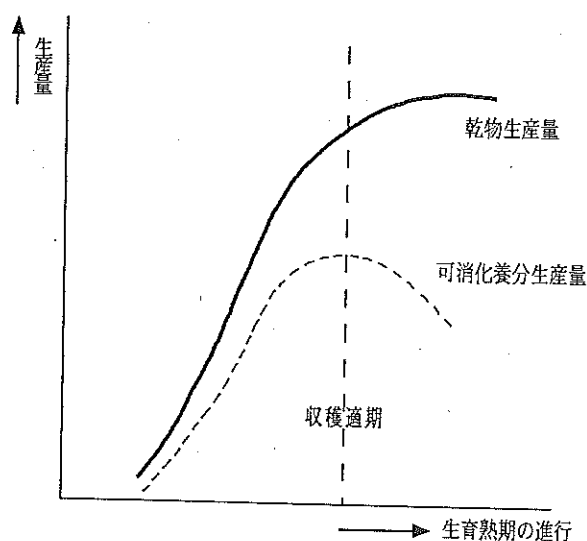


図11 生育段階と乾物生産量・可消化養分生産量の関係

表55 飼料作物の生育時期別にみた単位面積当たりの栄養 (TDN) 収量(kg/10a)

(名久井;1990)

草 種	乳 熟 期	糊 熟 期	黄 熟 期	完 熟 期
トウモロコシ*	818	964	1,285	1,095
ソルガム**	454	597	772	—
大麦*	621	677	679	615
えん麦***	349	394	—	399
イタリアンライグラス1番草****	穂ばらみ期 264	出穂期 324	開花期 312	

* 東北農試 ** 九州農試 *** 北農試 **** 草地試

②家畜の消化性・採食性

ホールクロップ用の飼料作物の栄養価は、登熟につれて子実割合が増加するため、牧草のような茎葉型作物のように急激には低下しない。あくまでも可消化成分含量の推移から、養分収

量・養分損失・発酵品質を総合的に判断して収穫時期が決まる。可消化養分総量 (TDN) の値をみると、最大値はトウモロコシは68%、大麦60%、ソルガムが58%前後を示す時期が収穫適期と言える (図13)。同様の判断基準から、牧草のような茎葉型作物も収穫時期 (出穂始め～開花期) が決められる。なお、ホールクロップサイレージでは、そのまま家畜に給与した場合に未消化子実が5～20%排泄される可能性があり、その排泄割合を減ずるような処理が必要である (例えば、十分な細切あるいは圧扁等々)。

③養分損失

サイレージ調製の場合：

サイレージ調製による養分損失を大別すると、圃場での収穫ロス、積み込み後の排汁ロス、発酵によるロス、とになる。図12はトウモロコシの場合について示したが、乳熟期以前は排汁及び発酵ロスが大きく、黄熟期に全体のロスが小さくなることがわかる。一方、給与中 (サイロ開封後) には、サイレージの好気的変敗が生じ、サイロの密封管理が悪いと養分の損失が大きいことも見逃せない点である。また、ホールクロップ用の作物では、収穫作業時の脱粒子実割合を少なくすることも重要なことである。

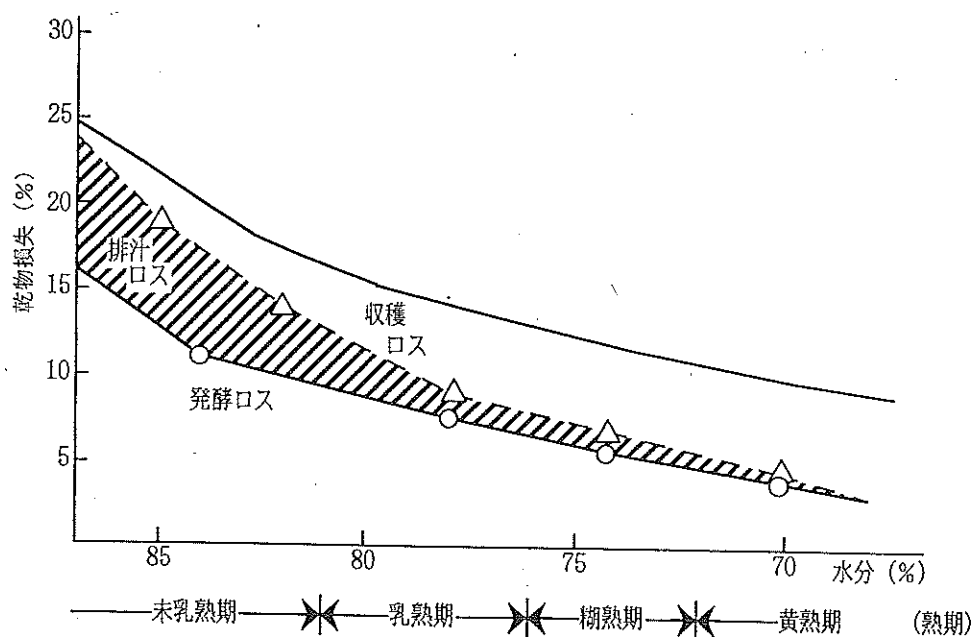


図12 生育時期に伴うトウモロコシサイレージの乾物ロスの推移 (名久井; 1987)
(大容積タワーサイロ)

乾草調製の場合：

調製中の葉部脱落が少なく、圃場での回収率が高い草種あるいは生育ステージであることが重要である。一般に圃場での葉部脱落はマメ科牧草で大きく (10%前後)、イネ科牧草は小さい (3%前後)。また、被雨を避けることはもちろんのこと、乾燥作業日数を最小限にする作業上の工夫が必要である (表56)。

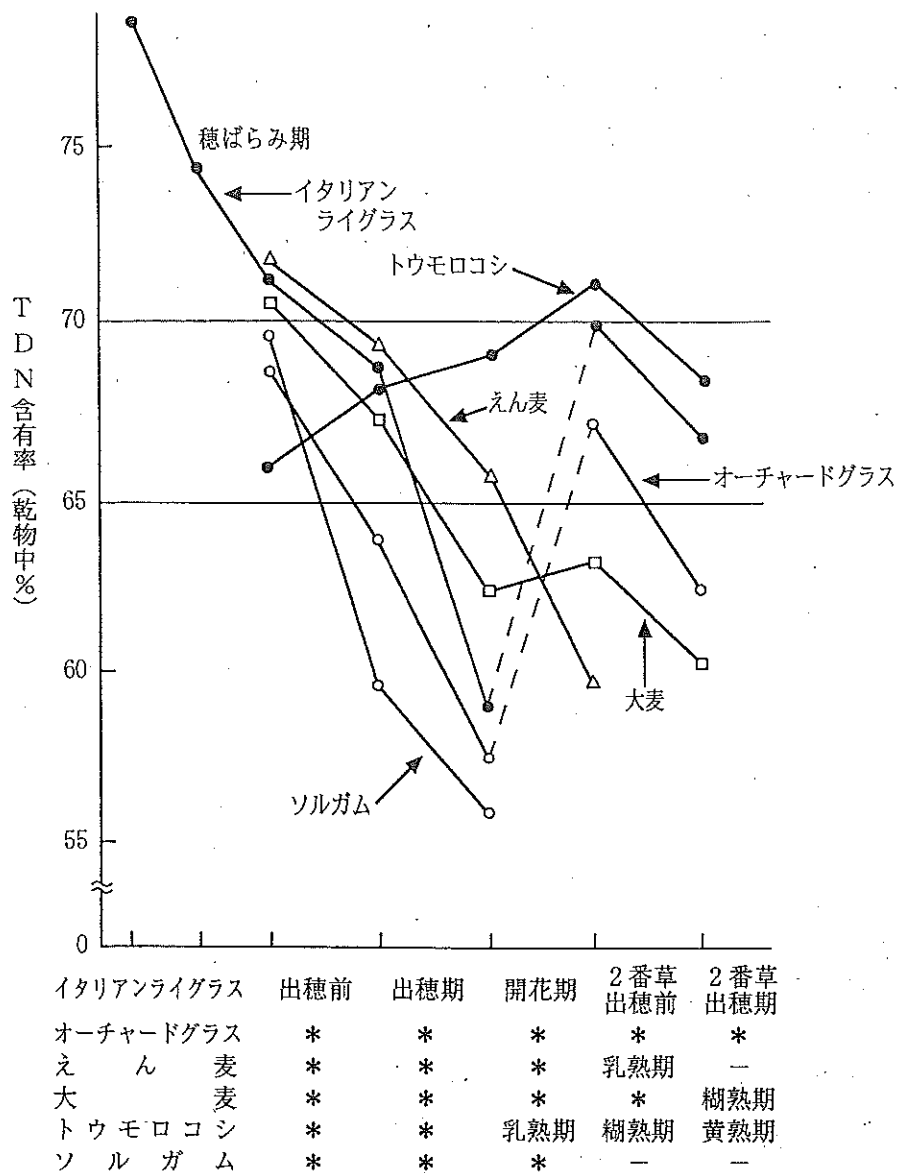


図13 主要飼料作物の生育段階別TDN含有量 (山下、1990)

表56 圃場予乾中の降雨による牧草の乾物損失割合

(Van Bockstaele他; 1980)

気象条件	試験数	圃場期間 (日)	乾物含量 の増加 (%)	乾物損失%	
				合計	増加乾物当たり
降雨なし	6	2.3	29.2	3.9	0.014
1日のみの降雨	4	4.5	25.1	4.0	0.015
1日以上降雨	9	6.7	22.3	9.8	0.044

④発酵品質

一般的に材料の可溶性炭水化物（主に糖類）含量が10%（乾物中）以上あると、サイレージ調製で良好な乳酸発酵が期待できる。例えば、トウモロコシ・ソルガム・麦類は穀実が充実してくる乳熟期～黄熟期に糖含量が高く、茎葉型作物の場合は出穂前～開花期頃が比較的糖含量が高く、発酵品質も良い。表57は、ソルガムにおける生育時期別のサイレージ発酵品質を示した。他方、暖地型牧草類を材料とした場合は、概ね糖含量は少なく、通常乳酸発酵は不十分で酢酸生成が主体となり易い。なお、刈り遅れの材料をサイレージ調製した場合は、発酵が抑制され開封後に発熱し易くなる傾向がある。

表57 生育時期別のソルガムサイレージの発酵品質

大下、1992

	pH	VBN/TN (%)	総酸 (%)	乳酸 (%)	酢酸 (%)	プロピオン酸 (%)	酪酸 (%)	Vスコア (点)
出穂始め	5.0	13.6	0.99	0.24	0.66	0.09	—	73
乳熟期	3.8	7.6	1.56	1.26	0.30	0.01	—	93
糊熟期	3.6	7.4	2.12	1.69	0.43	0.01	—	93
糊熟後期	3.7	7.4	2.01	1.47	0.53	0.01	—	93
完熟期	4.0	7.4	1.25	0.76	0.48	0.01	—	93
加熱期	4.0	6.7	1.20	0.66	0.53	0.01	—	93

乾物中%、品種：SCS405。

(2) 作物別収穫適期

作物別の収穫適期は、表58に示すとおりである。また、トウモロコシ、ソルガム、イタリアンライグラスの生育時期と栄養価の関係を、図13に示した。

表58 作物別にみた利用目的タイプ別の収穫適期

作物	飼料の利用目的	
	ホールクropp型	良質繊維重視型
(ホールクropp作物)		
トウモロコシ	黄熟期	乳熟期
ソルガム	糊熟期	乳～糊熟期
大麦	黄熟期	糊熟期
ライ麦	—	生育～乳熟期
えん麦	糊熟期	生育～乳熟期
ヒエ	糊熟期	生育～乳熟期
イネ	黄熟期	生育～乳熟期
	高栄養型	高収量型
(牧草)		
イタリアンライグラス	出穂始め	出穂期
暖地型放牧	出穂始め	出穂期
スーダン型ソルガム	生育期	出穂始め

4.2 サイレージ調製

4.2.1 サイレージ調製の基本技術

1. 良質なサイレージとは、調製時の養分ロス（発酵熱やタンパク質等の分解）が小さく、嫌気状態で雑菌の繁殖がなく、かつ家畜の嗜好性が良い酸性（pH4.0～5.0前後）で保蔵されている飼料である。
2. サイレージ調製の基本は、①空気を抜いて、密封を完全に行う、②材料の水分含量は30%～70%（適40～60%）を目途に調整する、③細断・圧密によりサイロ詰め込み密度を高める、④材料の糖含量は多いほど良い、等である。

【解説】

(1) サイレージ発酵の機序

密封後のサイロ内での経過は、以下のような順序となる（①→④）。

- ①材料草の呼吸により、酸素の多くが消費される。
- ②好気性細菌の活動（残留酸素の消費により、さらに嫌気度が高まる）
- ③乳酸菌が活発化（乳酸生成、pHの低下）
- ④安定（pHの低下で、乳酸菌や酵母等も活動抑制され、微生物的に安定）

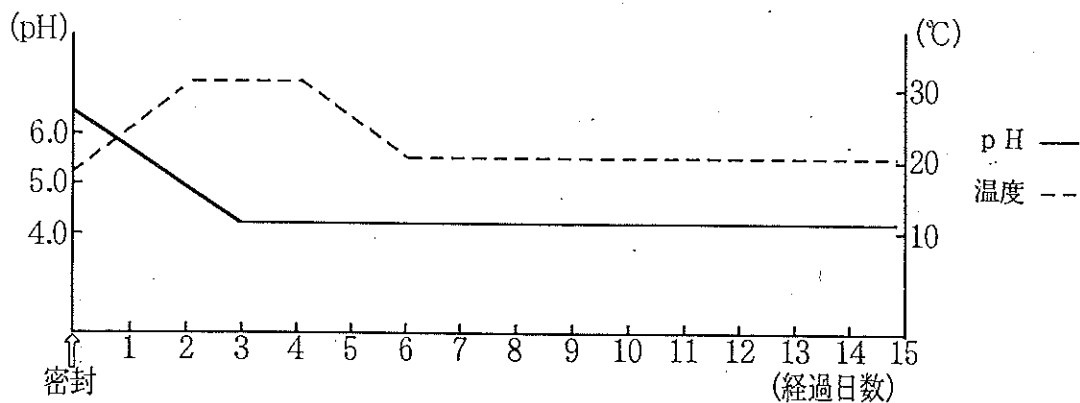


図14 サイレージの発酵過程における pH と温度の推移

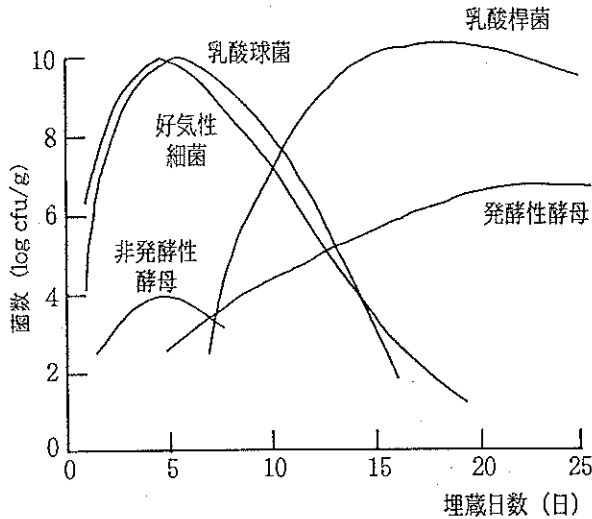


図15 牧草サイレージ発酵における各種の微生物群の遷移過程(模式図) (大桃; 1996)

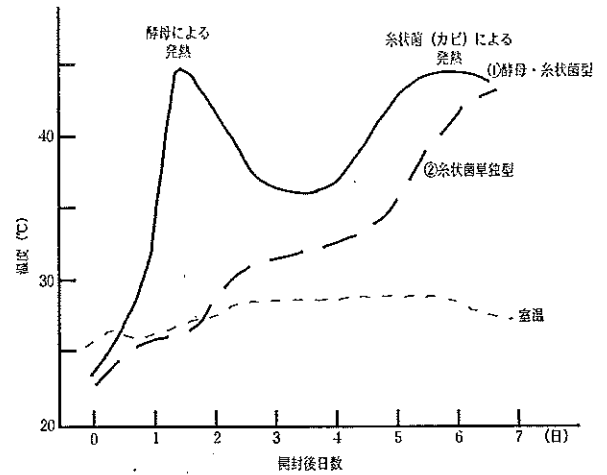


図16 サイロ開封後におけるサイレージの温度変化と微生物活動 (大山 他; 1976)

表59 家畜の摂取量に影響するサイレージの品質要因

要 因	実 験 処 理	摂取量への影響
水 分	サイレージ中濃度の増加	減少
	飼料に添加	なし
	乾草サイレージの給与	なし
サイレージ抽出、排汁	乾草に添加	減少
	サイレージに添加	大きく減少
乳 酸	サイレージ中濃度の増加	少し増加
	サイレージに添加	減少
酢 酸	サイレージ中濃度の増加	減少
	サイレージに添加	減少
酪 酸	サイレージ中濃度の増加	減少
	サイレージに添加	減少
アンモニア	埋蔵時に添加	なし
	給飼前にサイレージの中和	増加
pH	酸の添加	減少
	サイレージ pH の低下	減少

(Erdman ; 1994)

(2) 良質サイレージ調製上の要点

① 早期にサイロ密封を完全にする。

サイレージは空気を抜いた条件下(嫌氣的)で、貯蔵しなければならない。従って、刈り取った材料は速やかに詰め込み、素早く脱気・密封することがポイントである。空気が入ると、カビが生えたり酪酸等が増えて飼料品質が劣化する。

②詰め込み材料の水分含量は、70%以下にする。

材料水分含量が70%以上の場合、酪酸の生成量が増え発酵品質が劣ると同時に、排汁量が多く乾物のロスも大きくなる。しかし、70%以下では、発酵品質も安定し乾物ロスも少ない。従って、サイレージ調製・管理作業上は、40~60%が適水分含量といえるが、これより低水分でも開封後の好気的変敗防止管理が十分であれば、問題ない。

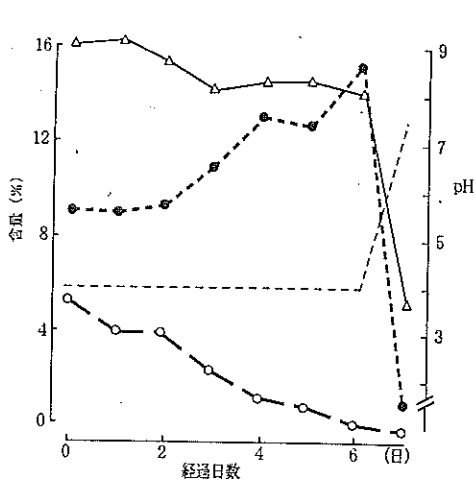


図17 空気に曝したトウモロコシサイレージの pH変化(---) 及び乳酸(△—△) 酢酸(●—●)並びにエタノール (○—○)含量の変化

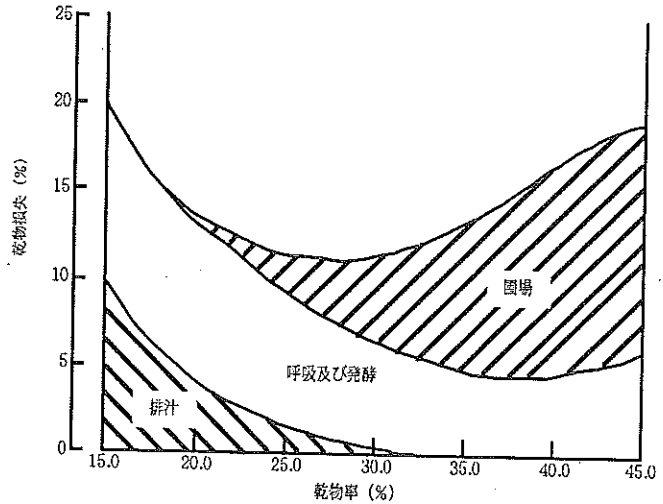


図18 良く管理されたサイレージ体系における 乾物損失モデル (Zimmer, Wilkinson, 1988)

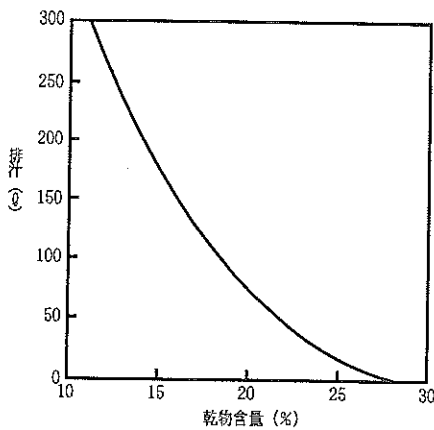


図19 原料乾物含量と排汁量との関係 (バンカーサイロの場合) (Bastiman, 1976)

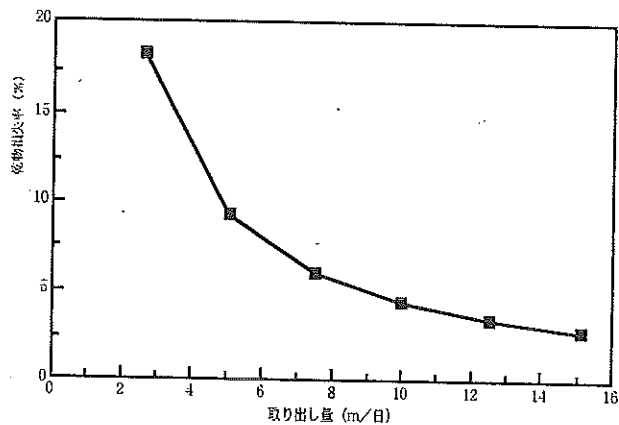


図20 サイレージ取り出し量と廃棄ロスとの関係 (バンカーサイロの場合) (Pitt and Muck, 1993)

③ 材料の細切等で、サイロ内の詰め込み密度を高める。材料を切断することの意味は、3つある。 a) 材料の汁液が浸出して、乳酸発酵を促進すること。 b) 空気を追い出してサイロ内の材料密度が高まること。 c) 開封後、空気が入りにくいので発熱 (好気的変敗) が起こりにくいことである。

④材料の糖分含量は多いほど良い（乾物比で10%以上が理想）。

乳酸菌は、材料の可溶性炭水化物を栄養源にして、乳酸を生成し pHを下げる。その結果、不良発酵が抑制され、良質なサイレージができる。図21に作物別にサイレージの作り易さを示した。作物種や生育ステージ等により可溶性炭水化物（主に糖類）含量は著しく異なり、糖分が少ない材料では、後述にあるように低水分化や糖蜜などの添加物を使用することも考えられる。

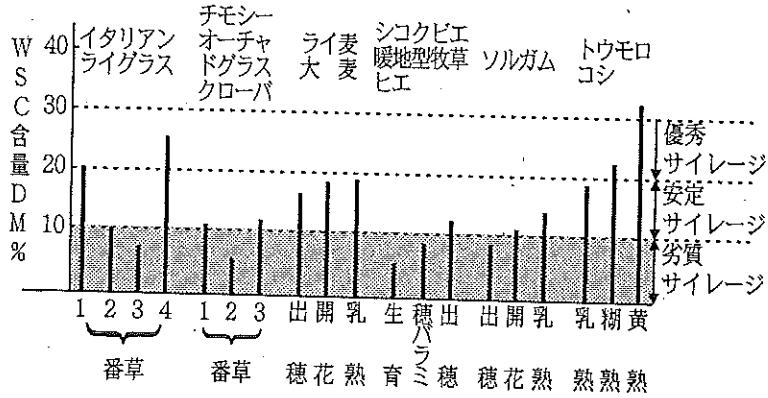


図21 作物別、刈取時期別の乾物中WSC含量とサイレージの品質(高野)

⑤ 環境温度は、高温より低い方が発酵に好都合である。

サイレージ貯蔵中の環境温度も品質に影響し、材料の糖含量が多いときは影響は小さいが、少ないときに環境温度が30℃以上になると、不良サイレージになりやすい（表60）。高温時にはサイロの機密性が大切で、暖地においては特に留意が必要である。

表60 温度がサイレージ発酵におよぼす影響

(McDonald 他、1966)

	材料草	サイレージ	
		42℃	20℃
乾物 (%)	15.2	16.2	16.9
pH	5.90	4.57	3.72
全窒素 (乾物中%)	2.04	2.12	2.09
タンパク態窒素 (全窒素中%)	82.4	44.8	42.1
アンモニア態窒素 (全窒素中%)	—	12.8	6.7
可溶性炭水化物 (乾物中%)	8.3	0.75	1.17
乳酸 (乾物中%)	—	0.45	7.90
酢酸 (乾物中%)	—	4.50	2.70
プロピオン酸 (乾物中%)	—	0.30	0.09
酪酸 (乾物中%)	—	0.51	0
イソ酪酸 (乾物中%)	—	0.07	0

4.2.2 各種サイレージ調製技術のポイント

1. 固定施設型サイロ（容積が大）への詰め込みでは、いずれの作物種でもフォレージハーベスタ等で細切して詰める。
2. 仮設・可搬型サイロ（容積が小）への詰め込みは、モータで刈り取り予乾し、フォレージハーベスタで細切して袋づめする場合と、スーダン型のソルガム・麦類あるいは牧草類では、予乾後ロールベール梱包してラッピングする場合、とがある。

【解説】

(1) ホールクロップサイレージ調製

「ホールクロップサイレージ」とは、穀実作物を材料として、子実が充実した熟期に茎葉と一緒に収穫・調製したサイレージである。ホールクロップサイレージの利点は、①単位面積当たりの栄養収量が高い、②飼料価値が高い、③可溶性炭水化物含量が高く、良質サイレージが作り易い、④家畜の嗜好性が良い、等である。

a. トウモロコシサイレージ

原料づくりのポイント：収穫・調製時の子実割合が高く（40～45%以上）、かつ全体の乾物収量が高い品種を選ぶことである。他は栽培の項を参照する。

サイレージ調製のポイント：収穫適期は、子実粒の頂部に凹みができ雌穂の断面観察から、ミルクラインがほぼ1/2の部分に達する黄熟期（水分含量65～70%）に行うこと。フォレージハーベスタで10～15mmの切断長で細切し、早期に密封することがポイントである。こうして調製された場合は、TDN含量は60～65%である。

b. 大麦サイレージ

原料づくりのポイント：ビール麦（2条種）がホールクロップ用に使われる。暖地では秋播きをするので、越冬管理が大切である。

サイレージ調製のポイント：収穫は水分含量65%前後の糊熟～黄熟期に行い、10mm程度に細断して詰め込む。大麦は糖含量が比較的少なく、早期密封を心掛ける。また、開封後は好气的変敗も起こし易いので、詰め込み密度を高めることが重要である。こうして調製した大麦サイレージは、TDN含量が60～63%前後である。

c. 飼料イネサイレージ（稲発酵粗飼料）

原料づくりのポイント：稲発酵粗飼料として考える場合は、乾物収量に優れ茎葉比の高い品種を選び、栄養（TDN）収量を重視する場合は、子実割合が50%以上の品種を選択し、できるだけ減農薬栽培を志向する。また、圃場の機械作業が容易な地耐力となるように、水落とし時期に注意する。

サイレージ調整のポイント：飼料イネのロールベールラップサイレージ収穫・調製技術とし

て、ダイレクト収穫バール方式と予乾収穫バール方式がある。

ダイレクト方式の場合は、含水率65%前後の比較的低水分になる黄熟期収穫をする品種が適し、収穫ロスが少ない特徴がある。

予乾方式は、茎葉型で水分の高い早い熟期の収穫でも予乾によって良質のサイレージを調製できる。転草・集草で収穫ロスが生ずることから難脱粒性の品種が好ましく、土砂の混入に注意する必要がある。

フォレージハーベスタ収穫方式は微細断されるので発酵や消化に良い条件となる。大馬力の大型機械が必要なため地耐力のある水田に適應できる。微細断されているがサイロ内での自重による圧密が牧草より低いので、十分な踏圧や重石が必要である。

黄熟期収穫の飼料イネサイレージのTDN含量は55%~60%である。

d. ソルガムサイレージ

原料づくりのポイント：グレイン型あるいは兼用型と言われ、子実割合が高く糖分含量が多い品種ほど乾物消化率が高い。基本的な栽培管理については、第3章を参照。倒伏を避けることが大事である。

サイレージ調製のポイント：収穫は乳熟~糊熟期である。刈り遅れると家畜の嗜好が著しく低下する。この時期は水分含量が80%前後なので、水分調整材を添加し、排汁処理のできるサイロに詰める。また、蟻酸添加も有効である。切断長は、10mm程度が望ましくい。サイレージのTDN含量は、55~60%である。

(2) 牧草サイレージ調製

地域ごとにそれぞれ栽培に適した牧草種・品種があり、収穫時期・収量性等から、その選定には十分な検討が必要である。

a. オーチャードグラスサイレージ

原料づくりのポイント：関東・東北以北の冷涼地の代表的な草種である。欠点としては、乾物収量は増加するものの出穂期前後からの栄養価の減少が大きく、一日当たりのTDN含量が乾物ベースで実数値0.5%ずつ低下するので、収穫適期を逃さないことが肝要である。

サイレージ調製のポイント：収穫適期の材料で70%以下の水分含量に調整した場合は、サイレージ調製の原則通りの作業で、特に問題は無い。

b. イタリアンライグラスサイレージ

原料づくりのポイント：南東北以南の地域では、収量も多く重要な草種である。トウモロコシと組み合わせた作付体系では、早生系品種の選択が有利である。積雪地帯では雪腐れ病に強い品種を選ぶ。

サイレージ調製のポイント：収穫時期は出穂期(全体の50%出穂)である。予乾を必要とするが、出穂期のTDN含量は、66%前後と高い。

c. 暖地型牧草サイレージ

原料づくりのポイント：暖地型牧草には、ローズグラス、スーダングラス、ギニアグラスシコクビエ、ネピアグラス等がある。これらは可溶性炭水化物含量が少なく（10%以下が多い）、良質な乳酸発酵サイレージは出来にくい。また、一般に繊維質が多く、嗜好性が劣るものが多い。

サイレージ調製のポイント：可溶性炭水化物が少ないため、水分含量60%を目標に予乾し、それを10mm程度に細断してサイロに詰める。予乾ができないときは、糖類や水分調整材を添加する。また、蟻酸添加も効果がある。こうして調製したサイレージは、TDN含量が55~60%のものが多く、寒地型牧草の遅刈り草に近い栄養価と考えて良い。

(3) 茎葉型飼料作物サイレージ調製

多収性の繊維源作物も求められており、ソルガムは収量が高く、それに応えてくれる作物である。また、ライ麦類も、そんな作物として有望である。

a. ソルガムサイレージ

ソルガムの中で、ソルゴー型、スーダン型の品種が、茎葉利用目的に叶っている。

原料づくりのポイント：糖含量が多い（例えば糖蜜型）品種ほど乾物消化率が高い。分けつ性や再生力あるいは耐倒伏性に品種間差があるので、栽培・収穫管理に適合した品種選択が重要である。基本的な栽培管理については、第3章を参照。

サイレージ調製のポイント：収穫は出穂～乳熟期である。刈り遅れると嗜好性が低下する。この時期の水分含量は80%以上なので、水分調整材を添加するか、排汁処理のできるサイロに詰める。また、蟻酸添加も有効である。圃場予乾をしてから調製が望ましいが、天候次第である。切断長は10mm程度が望ましく、調製されたサイレージのTDN含量は、55~60%である。

b. ライ麦サイレージ

麦類の中では耐寒性が優れており、積雪・寒冷地において利用される。

原料づくりのポイント：品種は、極早生から早生品種が栽培・利用し易い。

サイレージ調製のポイント：収穫適期は穂孕み～糊熟期で、それ以降は茎の木質化が進み、家畜の嗜好性が著しく低下する。切断長は10~15mmで、排汁処理ができるサイロに詰め込む。この収穫時期は、まだ蛋白質含量が多いため、不良発酵し易い。水分含量60~70%に予乾したり、添加剤等により良質サイレージができる。サイレージのTDN含量は、50~55%程度で、他のホールクロップ利用の麦類より低いことが特徴である。

c. ヒエサイレージ

ヒエは耐湿性に優れていることから、転換畑に栽培される。

原料づくりのポイント：品種は赤ヒエなど早生～中生品種を用いる。窒素の多肥は、倒伏を避けるために注意を要する。

サイレージ調製のポイント：収穫適期は水分含量70~75%の糊熟～黄熟期である。糖含量が少ないので、細断(10mm)、早期密封、踏圧(700kg/m²以上)が決め手になる。このまま給与す

ると未消化子実が排泄されるので、子実を破碎して調製することを心掛けると良い。TDN含量は、55～60%である。

4.2.3 ロールベールサイレージ調製技術のポイント

1. 天候不順に対応し易く、刈り取り収穫・調製・給与まで1人作業が可能である。
2. ロールベールは、芯巻き(可変径式)と芯無し(定径式)があり、芯巻きタイプは梱包密度が高くなる。
3. ロールベールの大きさは、直径0.5～1.8 mである。
4. ラッピングマシンによる、ラップサイロ方式が大部分を占めている。

【解説】

(1) ロールベールサイレージ調製の基本と特徴

牧草のロールベールサイレージは、収穫から調製・給与まで一人作業が可能であり、作業の省力化・機動性に優れ天候に対応した予乾作業が可能であることから、全国的に普及している。また、同時にラッピングマシンが導入されて、サイレージ調製作業の労力軽減効果が顕著になっている。

ロールベールサイレージの長所は、以下の通りである。

- ①すべての作業が機械操作による一人作業が可能で、労働力集中が緩和される（特にラップサイロの場合）。
- ②固定サイロ等の施設投資が不用であるため、低コスト生産も可能。
- ③天候不順に対応し易い。
- ④運搬・移動が容易で、流通し易い形状である。
- ⑤パドックで不断給餌することにより、給与の労力を省力化できる。
- ⑥サイロガスによる人身事故の心配がない。
- ⑦草地の状況に応じて、バラエティーに富んだ栄養価のサイレージが調製できる。育成牛、乾乳牛、泌乳牛等の畜種に応じた飼料給与ができる。

次に短所は、以下の通りである。

- ①ロールベールは転がりやすいので、傾斜地でのベール成型作業には注意が必要である。
- ②他の資材をロールベール成型途上で添加することが困難である。
- ③ハーベスタによる切断方式に比べると、材料の適水分含量域はラップフィルム密封で40～60%（バック密封は50～60%）と、排汁がない水分含量である方が良い。

- ④材料水分が高いと、直径1.5m以上のベールでは1 t前後の重量となり、大馬力のトラクタが必要となる。
- ⑤トワイン、ストレッチフィルム等、使い捨てとなる消耗品経費がかかり、大量調製の場合は相当な負担である。
- ⑥ラップ用ストレッチフィルムあるいはポリ袋によるサイロ貯蔵なので、カラス・ネズミ・コオロギ等の鳥・虫によって穴を空けられ易く、保管中に空気が入ってカビや腐敗で廃棄する場合がある。
- ⑦ロールベールサイレージでは、上・下・表部・深部等の部位による水分ムラが生じ易い。
- ⑧開封後は、数日で給与が終了するようにして、好気的変敗を生じないようにする必要がある。
- ⑨給与時にベール解体等で、ハンドリング上に難がある。
- ⑩サイレージ開封後の使用済みストレッチフィルム等は、産業廃棄物処理法に則って処理しなければならない。

以上のような長短があるが、順当に調製された場合は、固定型サイロのサイレージと同等の発酵品質が得られる。従って、以下のような調製・貯蔵上の留意点を遵守することが望ましい。

ロールベールラップサイレージ調製・貯蔵上の留意点

- ①ベール材料水分含量は60%以下になってから、ベール成型作業を開始する。
- ②ベール成型後の密封作業は速やかに行う（当日中に）。
- ③ラップフィルムの選択は、性能（復元性・均一性・粘着性・耐候性）の優れたものを選び、ベールラップのフィルム繰り出し装置との適合性に留意する。
- ④ラップフィルムの巻き方は、50%重ね巻きで4層巻き以上とする。
- ⑤ラップサイレージの移動では、フィルムの破損・穿孔に十分な注意が必要。
- ⑥ラップサイレージの保管では、縦置きで2段重ねを基準とすると保管中の変形が少ない。また、保管場所は平坦で水はけの良い場所であるとともに、鳥害防止ネットや直射日光を受けないような処置も必要。

なお、最近は牧草のみばかりではなく、長大作物あるいはホークロップ作物のロールベール成型の検討が進んでおり、一部実用レベルの段階に達しつつある。また、作業時間の短縮（トワイン作業時の停止運転なし）、ベールの高密度化、給与時のハンドリング性の向上についても、細切してベールにする機構・トワイン作業の改善（ネット化）等の開発も進んでおり、一層の省力化が目指されている。さらに、ベールの形状でもタイトベールのサイズを大きくし、梱包密度の高いベール（角形ビックベール）成型機も市販され、貯蔵スペースの縮小化も図られている。また、飼料イネロールベール収集用に、クローラ型自走式ロールベールと自走式ベールラップが実用化され、軟弱水田でのロールベールラップサイレージ調製が可能になった。

表61 ラップフィルムの巻層とサイレージの品質

糸川；1995

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 上表層褐変
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
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
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	
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

2) 表層はフィルム面から15cm、内側は15~60cm深までの平均

3) VBN/YN：全窒素中の揮発性窒素化合物の割合

表62 ラップの密封遅延時間とサイレージの品質

草地試；1991

試験区	水分 (%)	pH	有機酸組成 (%、FM)				VBN/TN (%)	乾物密度 (kg/m)
			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	13.7	126
12 時間	59.6	5.0	1.82	0.12	0.06	—	7.5	134
2 時間	63.8	4.5	1.64	0.11	0.06	—	6.0	128
1 時間	56.5	5.0	1.08	0.09	0.10	—	5.2	112
梱包直後	55.8	4.8	1.26	0.10	0.09	—	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

2) 5月21日調製 (フィルム2回巻、4層)、6月20日開封

3) VBN/TN：全窒素中の揮発性窒素化合物割合

4.2.4 不良材料のサイレージ調製

高水分な材料、倒伏した材料、被霜した材料あるいは糖含量が少ない材料等を用いたサイレージ調製では、水分調整や添加物等による発酵品質の改善を図る必要がある。

【解 説】

(1) 不良材料を用いたサイレージ調製

●高水分材料の場合：

水分含量75%以上の高水分材料をサイレージ調製すると、排汁が大量に生じるので、サイロには排汁処理口のあるものを使用する。また、酪酸発酵の防止のため水分調節資材としてフス

マ、ビートパルプ等を添加して全体の水分含量を下げたり、あるいは蟻酸を0.3%（原料当たり）添加することも効果的である。

●倒伏した材料の場合：

倒伏材料を収穫・調製する場合、倒伏の姿(挫折形、転び形)によって収穫のロスが大きく異なり、場合によっては30%以上の圃場ロスにもなる。また、サイレージ調製作業時には、圃場の泥や腐食茎葉などが多く混じることから酪酸生成がし易く、糖類の添加等により発酵品質の改善を促す処置が大切である。

●被霜した材料の場合：

トウモロコシなどが被霜すると、材料の水分および糖含量が減少するため、発酵が抑制され、pHの低下が緩慢になる。そのため、サイロ開封後の発熱が起こり易くなることから、詰め込み密度を高める工夫とか、仕切りを入れるとか、好気的変敗防止剤を添加する、等を行って調製する必要がある。

●硝酸態窒素が多い材料：

化成肥料・堆肥等で窒素成分を大量に投与して栽培した飼料作物は、茎葉部に高い濃度の硝酸態窒素を蓄積し、その硝酸態窒素の多い材料を詰め込むと、24時間以内にNO₂ガスが発生する。これは有毒ガスでありサイロへの入室には、換気を十分にする等の注意が必要である。また、硝酸態窒素含量の高い材料の場合、原料当たり0.5~1.0%の炭酸カルシウムと尿素を同時添加するとアルカリ状態となり、サイレージの硝酸態窒素含量を減少させることができる。

(表63~65、図22)

表63 人間に対する二酸化窒素(NO₂)の毒性

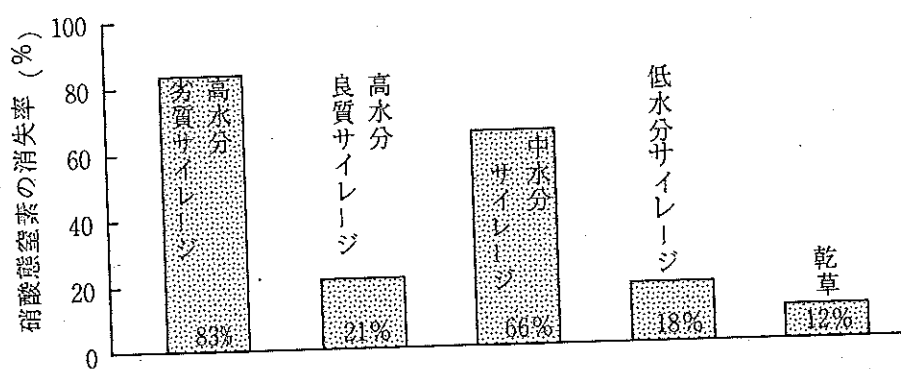
濃 度 (ppm)	生 理 反 応
5	においのいき値、8時間許容最大濃度
62	のどの刺激を起こす最小濃度
75~100	肉眼視いき値
100	せき込みを起こす最小濃度
100~150	30分~1時間で危険
200~700	短時間でも致死
700	30分以内で致死

U.S. Public Health Service. 1962 (越野：1976)

表64 硝酸態窒素を集積しやすい作物としにくい作物

(尾形; 1982)

易	中	難
イタリアンライグラス	オーチャードグラス	チモシー
トールフェスク	ペレニアルライグラス	ケンタッキーブルーグラス
シコクビエ	ダリスグラス	バーミューダグラス
ローズグラス	ソルガム	アルファルファ
えん麦	トウモロコシ	ヘアリーベッチ
ライ麦	クローバー	
カレブ	コンフリー	



(増子; 1990, 安宅; 1974)

図22 調製法の違いが牧草の硝酸態窒素の消失に及ぼす影響

表65 家畜の硝酸態窒素摂取の許容限界

項目	1回の摂取量	飼料中の濃度	1日の摂取量
NO ₂ -N含量(DM)	0.1g/kg・体重	0.2%以内	0.111g/kg・体重

農林水産省草地試験場：関東東海地域飼料畑土壌診断基準作成検討会報告書(1988)

4.2.5 サイレージ添加剤の利用法とその種類・特徴

サイレージ添加物は大きく分けて、①乳酸発酵を促進するもの、②不良発酵を抑制するもの、③好気的変敗を抑制するもの、④栄養価を改善するもの、があり使用に当たっては、目的に合致したものをを用いることがポイントである。

【解説】

不良材料を用いたサイレージ調製やサイロ開封後の品質管理上、添加物が有効な場合がある。

添加物は、目的に応じて適正な使用をした時のみ効果が発揮される。現在、いろいろな用途の添加資材があり、この主な種類と使い方を表64に示した。

使用目的から大別すると、以下の通りである。

- ①乳酸発酵を促進するもの。
- ②不良発酵を抑制するもの。
- ③好気的変敗を抑制・防止するもの。
- ④栄養価を改善するもの。

表66 サイレージ添加物の種類

発酵促進剤		発酵抑制剤		好気的変敗抑制剤	栄養素*	吸着剤
菌接種物	炭水化物源*	酸 類	その他			
乳酸菌	グルコース	無機酸類	ホルムアルデヒド	乳酸菌	尿素	オオムギ
	スクロース	ギ酸	パラホルムアルデヒド	プロピオン酸	アンモニア	ワラ
	糖蜜	酢酸	グルタルアルデヒド	カブロン酸	ビウレット	ビートパルプ
	穀類	乳酸	亜硝酸ナトリウム	ソルビン酸	ミネラル	重合体
	ホエー	安息香酸	二酸化イオウ	ピマリシン		ベントナイト
	ビートパルプ	アクリル酸	メタ重亜硫酸ナトリウム	アンモニア		
	サイトラスパルプ	グリコール酸	重硫酸アンモニウム			
	バレイショ	スルファミン酸	塩化ナトリウム			
	細胞壁分解酵素	クエン酸	抗生物質			
		ソルビン酸	二酸化炭素			
			二硫化炭素			
			ヘキサメチレンテトラアミン			
			プロノポール			
			水酸化ナトリウム			

* 炭水化物源にリストした大部分の物質は、また栄養素にリストされている。

4.2.6 サイロの種類と特徴

1. サイロが備えるべき条件は、①密封が容易なこと、②安全に作業ができること、③作業能率が高いこと、④サイレーズ取り出しが、容易であること、⑤排汁処理が可能なこと、⑥経済的であること、等である。
2. サイロの選択に当たっては、サイロ一基の大きさ、詰め込み作業・踏圧の仕方、取り出し作業並びに密封方法、等から、使用目的に従って立地条件、サイロの構造・機能、容積、作業性、付属機械などを総合的に判断して行う。
3. サイロの種類は、固定施設型サイロと仮設・可搬型サイロに大別される。また、サイロ形式は垂直型、水平型、その他に区別される。

【解説】

(1) サイロの種類と特徴

固定サイロとして一般の塔型サイロ、地下角型サイロ、気密サイロ(スチール、FRP)及びバンカーサイロがある。仮設・可搬サイロとしては、ラップサイロ、バッグサイロ、トレンチサイロ、スタックサイロ、ドラム缶サイロ等がある。

表67 サイロの種類

(市戸;1999)

区分	形式	設置形態	形状など	通称名	主な建築材料	
固定 施設	垂直型	地上 (塔型サイロ)	円形	気密サイロ タワーサイロ	スチール、FRP レンガ、ブロック	
			角形(多角形)		コンクリート、ブロック	
		半地下	角形	設置位置+形状名	〃	
			円形		〃	
		地下	角形		コンクリート	
			円形		コンクリート、ブロック	
	水平型	地下・半地下	角形	バンカーサイロ	コンクリート、パネル	
		地下	角形	トレンチサイロ	ビニール	
	仮設 可搬	仮設型	水平 箱形	角形	スタックサイロ	ビニール
				角形	枠サイロ	合板、スチール
可搬型		容器形	角形	コンテナサイロ	合成樹脂、FRP	
			円柱形	ドラム缶サイロ	スチール、合成樹脂	
可搬型		袋型	円柱形	バッグサイロ	合成樹脂、ビニール	
			円柱形	ラップサイロ	ストレッチフィルム	

表68 主要サイロの特徴

(市戸；1999)

形式	垂直型サイロ		水平型サイロ		可搬式サイロ
形態	円形	角形	バンカー	スタッフ	ラップサイロ
長所	<p>①気密性、詰め込み・取り出しなどの機能に優れる。</p> <p>②機密サイロは追い詰めによる多回転利用が可能な機種もある。</p>	<p>①特に地下型は詰め込み作業が容易である。</p> <p>②地下型サイレージ発酵が安定する。</p> <p>③建設費が比較的安い。</p> <p>④地下型は圧密作業が容易。</p> <p>⑤追い詰め可能。</p>	<p>①規模拡大に対応しやすい。</p> <p>②建設費が比較的安い。</p> <p>③詰め込み作業が容易である。</p> <p>④機械力を利用して圧密しやすい。</p>	<p>①必要に応じて設置できる。</p> <p>②価格が安い。</p>	<p>①圃場調製可能。</p> <p>②作業能率高い。</p> <p>③一人作業可能。</p> <p>④圃場で調製後放置して運搬収納作業を分離できる。</p> <p>⑤機械化大系が確立している。</p> <p>⑥乾燥調製から切り替え可能。</p>
アンローダを複数のサイロで共用できる。					
短所	<p>①建設費が高い。</p> <p>②ブローワ、アンローダなど高価な附属機械を必要とする。</p> <p>③アンローダの保守管理煩雑。</p>	<p>①サイロ隅が変敗しやすい。</p> <p>②コンクリートはひび割れ、酸腐食が生じやすい。</p> <p>③地下型は地下水位の高い場所では難しい。</p>	<p>①サイロの密閉が不良になりやすい。</p> <p>②取り出し期間のサイレージ品質低下を招きやすい。</p>	<p>①～②同じ。</p> <p>③被覆材が破損する危険性が高い。</p>	<p>①サイロごとの品質不安定。</p> <p>②フィルム破損による品質低下多い。</p> <p>③使用済みフィルムの処理難。</p> <p>④置き場面積大。</p>
利用上の注意	<p>①材料水分60%以下、切断長は10mm以下。</p> <p>②ボトムアンローダの日常点検を行う。</p> <p>③トップアンローダの作動状態に注意する。</p>	<p>①重石を乗せて圧密を十分に行う。</p> <p>②夏期取り出し量は毎日20cm以上、また、再密封を励行する。</p> <p>③地下型は酸欠に注意する。</p>	<p>①圧密を十分に行い、密封に注意。</p> <p>②サイロ周囲の排水に注意し、雨水の浸入を防ぐ。</p> <p>③被覆ビニールフィルムの破損に注意する。</p> <p>④夏期は15cm以上の厚さで取り出す。</p> <p>⑤圧密や取り出しにはトラクタが利用できるようにサイロの構造や配置を考える。</p>		<p>①材料水分は60%以下。</p> <p>②形状の良いベール作り。</p> <p>③直ちに包装すること。</p> <p>④フィルム破損を防止する。</p> <p>⑤縦積みによること。</p>

表69 主要サイロの構造・作業方法の特徴

(市戸；1999)

形式	垂直型サイロ		水平型サイロ		可搬式サイロ
形態	円形	角形	バンカー	スタッフ	ラップサイロ
密封後の気密	気密保持持続可能なものもある。	被覆再密封可能。	被覆再密封可能。	被覆再密封可能。	不可能。
設置位置	地上	地下 地上・半地下	地上 半地下	地上	任意
大きさ	直径3～8m 高さ5～26m	一辺3～10m 高さ(深さ) 3～6m	幅3～10m 高さ2～4m 長さ10～50m	幅2～6m 高さ1～2m 長さ4～30m	直径0.4～1.8m 幅0.6～1.5m
容積貯蔵量	50～1,000m ³ 30～500t	30～60m ³ 15～40t	50～2,000m ³ 20～800t	10～500m ³ 5～200t	0.1～3.8m ³ 0.03～1.5t
主な構築材	スチールパネル、FRPパネル、コンクリートパネル、コンクリート	鉄筋コンクリート、鉄筋コンクリートブロック、ビニールフィルム	鉄筋コンクリート、木枠、土盛り、ビニールフィルム	ビニールフィルム、ビニールシート、クリップ資材	ポリエチレンフィルム
密封の方法	気密ぶたで密封、気密サイロは、呼吸袋+安全弁により、内外圧の調製を行う。	ビニールフィルムで被覆し、パッケージ板+クリップで密封。	ビニールフィルムなどで、2重にクリップなどを用い密封。	ビニールフィルムなどで2重に包み、土砂袋などで押さえ密封。	ポリエチレン製ストレッチフィルムにより標準で4重に包装する。
材料詰め込み法	ブローワ	落ち込み ブローワ、コンベヤ	落ち込み、ブルドーザ、ブローワ、コンベヤ	落とし込みと積み上げ	ロールベアラによる梱包、ラップによる包装
圧密	自重	重石	トラクタ、ブルドーザ	トラクタ、ブルドーザ	梱包時調整
サイレージ取り出し法	ボトムアンローダ、トップアンローダ	トップアンローダ(サイロクレーン)、ホイスト	サイレージアアンローダ、サイレージカッタ、フロントローダ	フロントローダ、サイレージカッタ、アンローダ	ロールベールカッタ、シュレッダ、ナイフ
適応材料水分	低～中	高～中	高	高	低～中

4.2.7 サイレージ貯蔵中の管理

サイレージ貯蔵中に最も重要なことは、サイロの気密性の保持である。しかし、調製材料の条件により、酪酸発酵やくん炭化が生じることもある。サイロ開封後には好気的変敗が起こるので、これらの損失を防止するために十分な管理上の注意が必要である。

【解 説】

(1) 好気的変敗

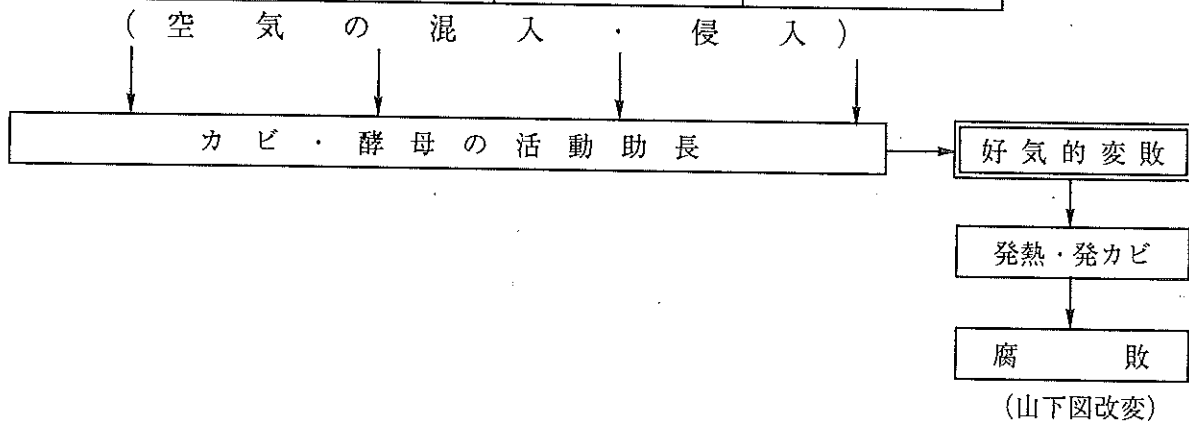
「好気的変敗」とは、サイロを開封してサイレージを家畜に給与・利用している間に発熱して、カビが生えたり腐敗したりすることをいう。これはサイレージ中の酵母やカビが空気の侵入によって増殖したからである。好気的変敗を防ぐには、以下のことを心掛ける必要がある。

①密封を完全にする。②密度を700kg/m³以上にする。③不良原料にはあらかじめプロピオン酸を添加する。④サイロに中仕切りをする。⑤刈り遅れた原料を使わない。⑥サイロ開封後は、サイレージ取り出し量を多くしたり、取り出し後の密封管理を十分に行う。

好気的変敗を助長する要因について、表70に示した。

表70 サイレージの好気的変敗を生じ易くする要因

原 料	詰め込み時	貯蔵時	取り出し時
<ul style="list-style-type: none"> ・刈り遅れ ・低水分化 (40%以下) ・霜当たり 	<ul style="list-style-type: none"> ・サイロ形式 ・切断長が長い ・均平化が悪い ・密封の遅れ ・加重不足 ・土砂の混入が多い ・詰め込み日数が 2日以上 	<ul style="list-style-type: none"> ・空気の侵入 (機密性が破れる) ・短期貯蔵 (10日以内) ・凍結 (冬期) ・高温 (夏期) 	<ul style="list-style-type: none"> ・夏期の取り出し ・取り出し量不足 ・乱雑な取り出し ・取り出し面が広い



(2) くん炭化

「くん炭化」とは、サイレージや乾草が貯蔵中に著しく発熱して、焦げつき・黒褐色を呈する状態をいい、さらに進むとサイロ火災となる。発生条件としては、①牧草の材料水分含量が30~40%で調製、②サイロ詰め込み密度が低い、ムラがある、③気密性の低下による空気の侵入、等が重なった場合に、くん炭化の危険性が高い。

防止策としては、以下の点を励行する。①短期間に詰め込み、密封を完了する。②細断(10~15mm)して詰め込み密度を高くする。③サイロの気密性を点検する。

表71 牧草サイレージのくん炭化による消化率・栄養価の低下*

北海道根釧農試1986

くん炭化 ランク	におい	色 調	貯蔵中の品温	消 化 率						栄 養 価	
				DM	OM	CP	FAT	NFE	FIB	DCP	TDN
良 質	乾 燥 臭	淡緑色 ~淡黄色	外気温 ~40℃程度まで	100	100	100	100	100	100	100	100
軽	甘 酸 臭	褐 色	50~60℃程度	91	92	73	101	90	103	79	91
軽**	甘酸臭とカビ臭	白、褐色	50~60℃程度	89	90	69	87	88	99	69	90
中	強い酸臭	濃褐色	65~75℃程度	85	86	51	115	89	95	55	89
重	強い酸臭と焦げ臭	黒褐色	80℃以上	78	80	1	121	84	99	1	82

(注) * 良質乾草を100としたときの割合

** 白カビ(放線菌)汚染乾草

4.2.8 サイレージの品質評価

サイレージの品質は、飼料としての栄養価と発酵状態から評価され、厳密には化学分析に基づくが、簡易な方法として官能による評価基準が提案されている。

【解 説】

官能法によるものと化学分析に基づくものがあるが、以下には官能法を示す。

(1) トウモロコシサイレージの評価

北海道農試が提示した評点基準によれば80点以上がAクラス、75~79点がBクラス、70~74点がCクラスにランクされている。適正な原料を適期に収穫して貯蔵するとA及びBクラスにランクされる。D、Eランクは何らかの問題点があると判定してよい(表72)。

表72 トウモロコシサイレージの評点基準

(農水省北海道農試)

区分	配合	A	B	C	D	E	備考
pH	20	3.3(20) 3.4(19) 3.5(18)	3.6(17) 3.7(16)	3.8(15) 3.9(14) 4.0(13)	4.1(12) 4.2(11) 4.3(10) 4.4(9) 4.5(8)	4.6(7) 4.7(6) 4.8(5) 4.9(4) 5.0(3) 5.1(2) 5.2(2) 5.3(1) 5.4以上(0)	
水分 (%)	20	65-69(20) 70(19) 72(18) 74(17) 75(16)	76(15) 77(14) 78(13) 79(12)	80(11) 81(10)	82(8) 83(6)	84(4) 85(2) 86以上(0)	
穀穂の混入程度	10	非常によく混入 +++ (10)	よく混入 ++ (8)	あまり混入しない + (5)	わずかに混入 + (2)	全然なし - (0)	青刈大豆・クローバの混入は5%ごとに2点加算する
実の成熟程度	15	黄熟気 (15)	糊熟気 (11)	乳熟気 (7)	乳熟期に達していない (3)	穀粒を形成していない (0)	
色 沢	10	淡緑黄色がオリーブ色 (10)	淡黄緑色 (8)	黄緑色～黄橙色 (5)	黄褐色～褐黄色 または暗緑色 (3)	褐色～褐黒色 または濃緑色 (0)	サンプル全体で見える
香 味	10	快い甘酸なる芳香味 (15)	甘酸良香味 (11)	甘酸なる刺激臭を伴い 不快感のあるもの (7)	強い酢酸臭味を有する かまたは酸臭味乏しく 苦みを感じるもの (3)	酸臭味乏しくアンモニア臭、酪酸臭およびカビ臭があり、口に入れ難いもの (0)	
触 感	5	サラッとした清潔な 触感 (5)	AとCの中間 (4)	軽い粘性を感ずるもの (3)	CとEの中間 (2)	極度にベタベタしたり バサツクもの、カビの あるもの (0)	土砂の混入も減点する
切 断	5	9mm以下 (5)	10～12mm (4)	13～15mm (3)	16～18mm (2)	19mm以上 (0)	サイレージ全体の切断も考慮する
計	100	-	-	-	-	-	-

(2) 牧草サイレージの評価

これは1989年に北海道で採用された基準である。原料草と発酵品質から評価される。Aは80点以上、Bは60～80点、Cは40～60点である。C、D、Eは原料草が発酵過程で何らかの問題があると判定する(表73)。

表73 牧草サイレージ品質判定基準(改訂版)

判定項目	配点	段					備考	
		A	B	C	D	E		
原料	刈取時期	40	(1番草) イネ科草 出穂始以前 マメ科草 開花始以前 (40)	出穂期 開花期 (30)	出穂揃期 開花盛期 (20)	開花期 開花後期 (10)	結実期 結実期 (0)	混播牧草の場合には 主体牧草について判定 中間得点可
		40	(2番草以降, 生育日数) オーチャードグラス 30日以内 チモシー・マメ科草 40日以内 (40)	31~45日 (30)	46~60日 (20)	61~75日 (10)	76日以上 (0)	上と同じ
	マメ科割合	10	50~30% (10)	29~20% (8)	19~10% (6)	9~1% (3)	なし (0)	
	葉部割合	5	葉部割合高く、茎太い (5)	(中間) (4)	葉部割合、茎の 太さ中程度 (3)	(中間) (2)	葉部割合低く、 茎細い (0)	
	雑・枯草割合	5	なし (5)	1~3% (4)	4~6% (3)	7~9% (2)	10%以上 (0)	
発酵品質(高・中水分用、水分65%以上)	水分	10	65~70% (10)	71~75% (8)	76~80% (6)	81~85% (3)	86%以上 (0)	簡易水分計などによる
	pH	15	4.1以下(15)	4.2(14) 4.3(12) 4.4(10)	4.5(8) 4.6(6) 4.7(4)	4.8(3) 4.9(2) 5.0(1)	5.1以上(0)	
	色沢	5	明黄緑色 (5)	黄緑色 (4)	黄緑色なるも若干 干褐色を帯びる (3)	黄褐色 (2)	褐色 (0)	マメ科割合がAラ ンクの場合1~2点 加点する
	香味	5	快甘酸臭・芳香 (5)	甘酸臭 (4)	甘酸なるも若干 刺激臭・不快酸臭 (3)	僅かにアンモニア臭・ かび臭を伴う (2)	アンモニア臭・ かび臭を伴う (0)	
	触感	5	さらっとして清潔 (5)	(中間) (4)	軽い粘性 (3)	(中間) (2)	粘性・発熱・ 発かびあり (0)	
発酵品質(低水分用、水分65%未満)	水分	10	64~60% (10)	59~55% (8)	54~50% (6)	49~45% (3)	44%以下 (0)	簡易水分計などによる
	色沢	10	明黄緑色 (10)	黄緑色 (8)	黄緑色なるも若干 干褐色を帯びる (6)	黄褐色 (3)	褐色 (0)	マメ科割合がAラ ンクの場合1~2点 加点する
	香味	15	快甘酸臭・芳香 (15)	甘酸臭 (11)	甘酸なるも若干 刺激臭・不快酸臭 (7)	僅かにアンモニア臭・ かび臭を伴う (3)	アンモニア臭・ かび臭を伴う (0)	中間得点可
	触感	5	さらっとして清潔 (5)	(中間) (4)	軽い粘性 (3)	(中間) (2)	粘性・発熱・ 発かびあり (0)	

注1) 飼料と認め難いサイレージは評価の対象にしない。
 色沢: くん炭化などにより褐黒色-黒褐色になったもの。
 香味: 酪酸臭、アンモニア臭、たばこ臭、焦げ付き臭など不快臭が著しく口に入れ難いもの。
 触感: べたべたし、発熱、発かびの著しいもの。
 その他飼料として認め難いもの。

2) 色沢は下記の色調表を参考にして判定する。

明黄緑色	黄緑色	黄緑色 若干褐色 帯びる	黄褐色	褐色	褐黒色

3) 牧草サイレージの得点と格付は次の通りとする。

格付	A	B	C	D	E
原料草+発酵品質=合計得点	100~81	80~61	60~41	40~21	20以下

(3) 飼料イネサイレージ品質評価

飼料イネサイレージについては研究が推進中であるので、現在までの試験結果からの評価指標としては、品質の良い飼料イネサイレージは色が明緑色か黄金色でアルコール臭と僅かな酪酸・酢酸臭があり、触った感触はさらっとしていることである。

4.3 乾草調製

4.3.1 調製作業

4.3.2 人工乾燥法の種類と特徴

4.3.3 乾草の貯蔵

(草地の採草利用編第4章4.2乾草調製作業参照)

4.4 その他の調製技術

4.4.1 アンモニア処理

麦稈、稲ワラ等低質粗飼料にアンモニアを添加すると、貯蔵性（防カビ）の顕著な改善とともに、消化率も高められ飼料栄養価とともに、その嗜好性も改善することから、低質粗飼料の活用を図る上で有効な技術である。

【解説】

アンモニア処理は、多湿ワラの貯蔵性を飛躍的に高めると同時に、窒素含量が2～3倍、消化率が10～20%改善され、さらに採食量が30～50%増加する。また、ワラ付着の病原菌・肝姪・雑草種子等を死滅させる効果もある。しかし、アンモニアは刺激臭が強く、取扱いには細心の注意が必要な資材である。また、処理期間も4週間以上必要であり、青刈り材料への処理ができないことにも留意する。

- (1) アンモニア処理には、梱包したワラ類のタイトバールやロールバールを、スタックサイロに詰めてアンモニアを注入・処理するスタック方式、ロールバールをラップフィルムで密封して注入・処理するラップ方式、バンカーサイロなどに詰め込み密封・処理する固定サイロ方式等がある。
- (2) アンモニア処理調製作業は、低水分サイレージ調製作業にほぼ準じるが、十分に作業方法を熟知しておく必要がある。取り扱うアンモニアは可燃性・有害物質であるから、取り扱い

上の注意事項、作業上の注意事項を厳守することはもちろん、設置場所も注入作業時、貯蔵時、取り出し作業等の安全性を考慮して決定する。

- (3) アンモニア処理を行う場合は、以下の点に注意するとともに、給与に当たっては給与設計に基づき適正に行うよう配慮する。
- ①水分含量30%以下の麦稈、稲わら等では、アンモニア注入量は乾物当たり3%以下にする。
 - ②高水分(水分含量30~50%)の麦稈、稲わら等はアンモニアがペール内で均一に分散しにくいため注入量を増やすことになるが、乾物当たり4%を上限とする。
 - ③アンモニア臭の残っている処理ワラは、十分にアンモニアを揮散させてから給与する。
- (4) アンモニアは通常50kg入りでボンベで市販されている。ボンベ内では液化されているので液化アンモニアが一般名で、高圧ガス販売を行っているところから購入する。
- (5) 液化アンモニアは、高圧ガス取締法では可燃性及び毒性高圧ガスとして、毒物劇物取締法では劇物として、また労働安全衛生法では特定化学物質として指定され、その製造、販売、貯蔵、移動、消費及び廃棄等について規制を受けている。農業者が粗飼料の調製に用いるアンモニアの量は、一般に規制対象外の少量消費の場合が多いが、一般高圧ガス保安規制の基準を守る義務がある。

表74 アンモニア処理麦ワラの増体量に及ぼす効果

(Silva ; 1989)

飼 料	日増体量 (g)	
	めん羊	育成牛
無処理麦稈のみ	-65.0	- 97
+魚粉50g	-13.0	373
+ビートパルプ150g	- 6.0	363
+魚粉50g+ビートパルプ150g	- 6.0	627
アンモニア処理麦稈のみ	0.7	713
+魚粉50g	30.0	820
+ビートパルプ150g	51.0	763
+魚粉50g+ビートパルプ150g	88.0	1,240

- 1) 無処理麦稈及び処理麦稈には尿素を添加してN含有率1.7%に調整。また、 Na_2SO_4 液をスプレーし、ミネラルとビタミンを添加混合。
- 2) 魚粉及びビートパルプは麦稈乾物1kgあたり給与量を示す。

4.4.2 尿素処理

尿素添加は、適度な水分と温度により材料に付着している菌のウレアーゼによって尿素がアンモニアに分解され、①飼料の窒素含量を向上させるとともに、貯蔵性の改善（発カビの防止）が著しいこと、②若干の消化率の改善とサイレージ開封後の発熱を抑制することなどの効果がある。

【解説】

1. トウモロコシサイレージに尿素を添加する場合、原料の水分含量が70%以下であることが必要である。水分含量が75%以上の場合、尿素が廃汁に溶解して効果が期待できないばかりか、家畜に給与した場合、急性中毒を引き起こすおそれがあり、注意しなければならない。
2. 開封後の発熱を抑制する目的で、原料に尿素を添加する場合、原料の0.5~1.0%で効果が認められる(図23)。
3. 牧草、ワラ類(水分含量30~50%)に尿素を添加して貯蔵した場合、開封後の発熱を抑制できる。しかし、消化率の向上は小さい。
4. 飼料イネサイレージに尿素添加する場合、尿素液を材料に均一散布する。上記①②の効果に加えて採食性が増す効果がある。ダイレクトカット収穫体系より予乾収穫体系のほうが効果が高い。

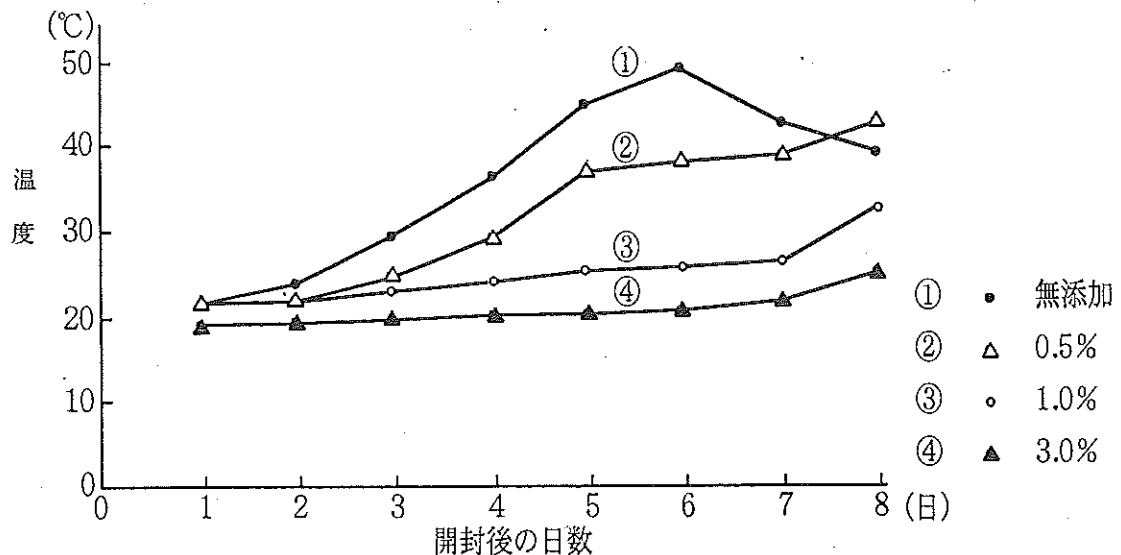


図23 トウモロコシサイレージに対する尿素添加割合と開封後の発熱 (名久井; 1983)

4.4.3 その他飼料混合処理

飼料作物、牧草、ワラ類を基礎に食品産業副産物（豆腐粕やビール粕類等）や農場副産物を混合貯蔵してサイレージ調製する。これを通称オールインサイレージと呼んでいる。

【解説】

1. 飼料の混合調製の基本的な考え方と留意事項

我が国では、年間に400万t以上に達する高水分の食品産業副産物としての生粕類や、1,000万t近い圃場副産物としてのワラ類が生産されている。両者に代表されるように飼料源としての各種の副産物は、多種多様で水分含量や飼料成分の偏りが大きく、一般に単品では家畜の嗜好性も低い。また、生産量が季節的に偏在し、一部には腐敗し易い等の特徴があることから、水分調整や栄養成分調整を兼ねて複数品目を混合しサイレージ調製・貯蔵することが、簡便でかつ栄養価のバランスのとれた嗜好性の高い貯蔵飼料に変える方法の1つである。この混合調製技術は、飼料費のコスト低減に寄与するとともに、飼料の自給率向上にも貢献するものである。

最も一般的なのは、飼料価値は比較的高いが安価で腐敗し易い生粕類に、乾燥した細切ワラやビートパルプ等を混合して全体水分含量を60%前後に調整してサイレージ貯蔵する例である。このように一定の割合で混合することにより、単品飼料ではいろいろ不足している栄養分を補い合い、かつ適水分含量でのサイレージ調製により発酵ロスも小さくなり、資源の回収ロスの低減にも貢献するものとなる。このためには、入手できる飼料資源の特徴を的確に把握しておくことが最も大切で、次にそれらの長所を活かす組み合わせを考えたサイレージ調製技術、そして給与家畜の生理的要求に応じた給与技術が伴わなければならない。一方、サイロ開封後の品質管理でも、複数品目の混合調製で比較的好気的変敗を起こし易いので、防止策を考えておく必要がある。

なお、この技術は、後述する6章のTMR（完全混合飼料）給与技術に繋がるものである。

表75 混合サイレージの原料

区 分	種類・品名	備 考
(粗飼料材料) 牧草類 飼料作物類 農場副産物類 (ワラ類) 乾草類 野草類	イネ科牧草、マメ科牧草、暖地型牧草 ホールクropp作物類 稲ワラ (生、乾)、麦ワラ (生、乾)、初穀 各種乾草類、ハイキューブ、ペレット 河川敷野草、畦草、ススキ、ヨシ他	①新鮮原料 ②予乾原料 ③サイレージ ④給与家畜に合わせて 選択 ⑤水分調節
(濃厚飼料材料) 穀実類 フスマ・糖類 ビートパルプ 市販配合飼料 食品製造粕類 農場副産物類 食品加工副産物 残飯類	トウモロコシ、マイロ、大豆、麦類、米、他 麦類フスマ・糠、米糠、他 輸入品、国内産 乳牛・肉牛・育成牛・豚・鶏用配合飼料 豆腐粕・ビール粕・醤油粕・ウイスキー粕・ 焼酎粕・デンプン粕・各種ジュース粕、他 規格外野菜・果物類、 パン屑、菓子屑、他 ホテル・旅館の料理屑・残食	①飼料価値の改善 ②水分調節 ③嗜好性の向上
(サプリメント)	糖類、N源 ビタミン類 ミネラル類 乳酸菌 酵素類	①栄養バランスの向上 ②サイレージ品質の向 上・安定

第5章 作業計画

5.1 作業計画の作成

作業計画は生産計画、家畜飼養計画に基づき、機械・施設装備、労働力、面積等を 勘案して作成する。作成に当たっては、当該地域の気象条件、土地条件および作物の種類等を考慮しつつ、作業に支障のないように計画する。また、作業適期に機械施設、労働力、資材等が有効に利用されるように留意する必要がある。

【解 説】

作業計画の作成に当たっては、飼料作物等の生産計画に基づき、作付計画、作業期間、使用機械、労働力の配分、作業の安全等を勘案して作成する必要がある。機械は労働生産性の向上とともに利用による収益向上が重要であり、生産コストの低減に寄与するものでなければならない。また新規機種を導入の場合には今後の経営の発展の可能性も検討し、経営全体としてその効果を評価して導入することが大切である。機械の効率的利用を進めるためには適正規模のトラクタと作業機の組合せ、経営に適合した作業体系を選定する必要がある。例えば、高性能収穫機を導入した場合、刈取り作業は効率的な作業が行われるが、運搬やサイロ詰め能力が低いと、作業全体の能率は高性能機械を導入しても効果が発揮できないことになる。従って、前後の作業との組合せが問題であり、導入前に作業体系を想定し、導入効果が高まるように作業計画を検討することが必要である。また、個別経営の枠を越えた生産組織等での作業では、利用者の要望、組作業の方法、オペレータの熟練度等も加味しながら計画を立てる必要がある。

作業計画を生かし、飼料作物の生産を遂行するためには優秀なオペレータが必要である。農閑期等には必要な研修を受け資質の向上に努める一方、新技術の修得及び機械・器具の整備技術の向上等を図ることが大切である。

作業計画を作成する場合の作業能率、処理能力の算出は下記に示す方法で計算される。

$$C = \frac{H \cdot K \cdot P \cdot \beta}{A \cdot n} \text{ ----- (1)}$$

$$q = \frac{H \cdot K \cdot P \cdot \beta}{A \cdot Y} \text{ ----- (2)}$$

C：作業能率(時間/ha)

q：処理能力(時間/t)

A：作業面積(ha)

H：1日の作業時間(時間/日)

K：実作業率(実際の圃場作業時間/作業時間)

P：作業許容期間(日)

β ：作業可能日数

n：作業の繰り返し回数(回)

Y：ha当たりの処理量(t/ha)

表76 月別野外作業可能日数と天候からの安全性を考慮した機械作業可能日数率

月別 地域 [地点]	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年間
北海道 【札幌】	13.0 (0)	12.5 (0)	15.5 (0)	22.0 (73)	22.5 (73)	21.0 (70)	22.0 (71)	21.5 (69)	22.5 (75)	19.0 (61)	17.0 (67)	15.0 (0)	223.5
東北 【仙台】	20.5 (0)	18.0 (0)	20.5 (66)	23.5 (77)	22.5 (73)	19.0 (63)	18.5 (60)	22.5 (73)	20.5 (68)	24.0 (77)	26.5 (87)	22.5 (48)	258.0
北陸 【富山】	11.5 (0)	11.0 (0)	17.0 (55)	21.0 (70)	24.0 (74)	20.5 (68)	20.0 (65)	25.5 (82)	21.5 (72)	23.0 (74)	20.5 (68)	13.0 (32)	228.5
関東東山 【前橋】	30.0 (94)	25.0 (89)	25.0 (81)	23.5 (78)	22.0 (71)	18.0 (60)	21.0 (68)	22.5 (73)	20.0 (67)	22.5 (73)	27.0 (90)	28.5 (92)	285.0
東海近畿 【名古屋】	24.5 (79)	22.0 (79)	23.5 (76)	24.0 (80)	20.5 (66)	19.5 (65)	22.0 (71)	26.0 (84)	19.5 (65)	25.0 (81)	26.0 (87)	27.0 (87)	279.5
中国 【松江】	11.5 (0)	13.0 (0)	17.5 (56)	21.0 (70)	23.5 (76)	20.5 (68)	20.0 (65)	24.0 (77)	23.0 (77)	24.5 (79)	22.5 (73)	16.5 (53)	237.5
中国 【岡山】	24.0 (77)	21.0 (75)	23.0 (74)	23.5 (78)	21.0 (68)	19.0 (63)	21.0 (68)	26.5 (85)	21.5 (72)	25.0 (81)	27.0 (90)	26.0 (84)	278.5
四国 【高知】	25.0 (81)	21.5 (77)	23.5 (76)	22.5 (75)	19.0 (61)	18.5 (62)	19.5 (63)	24.0 (77)	18.5 (62)	25.5 (82)	27.0 (90)	27.0 (87)	271.5
九州 【福岡】	18.5 (60)	19.5 (70)	23.5 (76)	20.5 (68)	22.0 (71)	19.5 (65)	22.0 (71)	24.5 (79)	22.5 (75)	27.5 (87)	26.5 (87)	24.5 (79)	270.0
九州 【鹿児島】	21.5 (69)	20.0 (71)	23.0 (74)	21.0 (70)	18.5 (60)	14.0 (47)	20.0 (65)	22.5 (73)	20.5 (68)	26.0 (84)	26.0 (83)	23.5 (76)	265.5

注) 上段は作業可能日数、下段 () 内は作業可能日数率 (%)

資料：農業機械ハンドブック

表77 標準作業能率

作業機名	作業内容	トラクタの種別	作業機の大きさ	作業能率 C (h/ha)	実作業率 K	備考				
ボトムプラウ	耕起	I	36cm (14'') × 1	6.1	0.7					
		II	36cm (14'') × 2	3.1	0.7					
		III	41cm (16'') × 3	1.8	0.7					
		IV	46cm (18'') × 4	1.2	0.7					
ディスクプラウ	耕起	I	61cm (24'') × 2	5.6	0.7					
		II	66cm (26'') × 3	3.4	0.7					
ロータリ	耕起	I	作業幅	1.6m	2.9	0.7				
		II		1.8m	2.6	0.7				
		III		2.4m	1.9	0.7				
		IV		2.4m	1.9	0.7				
	砕土	I	作業幅	1.4m	3.3	0.7				
		II		1.8m	2.9	0.7				
		III		2.4m	2.2	0.7				
		IV		2.8m	1.9	0.7				
ディスクハロー	砕土	I	46cm (18'') × 16枚	3.0	0.7	2回がけの場合				
		II	46cm (18'') × 20枚	2.7	0.7					
		III	51cm (20'') × 24枚	2.3	0.7					
		IV	51cm (20'') × 28枚	1.9	0.7					
ツースハロー	砕土・均平	I	爪数	30本 × 3連	0.7	0.7	作業幅 1.4m			
		II		30本 × 4連	0.6	0.7		2.4m		
		III		27本 × 2連	0.4	0.7		4.5m		
カルパッカ	砕土・鎮圧	I, II, III	作業幅複列	2.7m	1.0	0.8				
ライムソーワ	石灰散布	I	作業幅	2.4m	1.5	0.5				
		II		3.6m	1.0	0.5				
		III		3.9m	0.9	0.5				
マニユア スプレッド	堆肥散布	I	積載質量	2,000kg	1.5	0.3				
		II		3,000kg	1.5	0.3				
		III		4,500kg	1.5	0.3				
ブロードキャスト	旋肥・播種	I	容量	260L	0.7	0.5				
		II		500L	0.7	0.5				
		III		1,000L	0.7	0.5				
ドリルシーダ	旋肥・播種	I	7 条	7 条	2.4	0.6				
		II		13 条	1.3	0.6				
プランタ	旋肥・播種	I	2 条	2 条	5.2	0.6				
		II		4 条	2.6	0.6				
		III		6 条	1.7	0.6				
カルチベータ	中耕除草	I	2 畦	2 畦	1.4	0.8				
		II		4 畦	1.1	0.8				
スラリーインジェクタ	ヘッド口状 ふん尿注入	I	容量	500~800L	10.0~20.0	0.3				
		II		800~1,500L	6.7~10.0	0.3				
		III		1,500~3,000L	5.0~6.7	0.3				
モーア (レシプロ) (フレール) (ディスク)	牧草刈取	I	作業幅	1.5m	2.1	0.7				
		II		2.1m	1.5	0.7				
		I	作業幅	1.4m	2.7	0.7				
		II		1.6m	1.4	0.7				
		I	作業幅	1.4m	1.4	0.7				
		II		1.6m	1.2	0.7				
		テッドレーキ (ロータリ)	転草	I	作業幅	2.5m		0.9	0.7	
				II		4.8m		0.5	0.7	
テッドレーキ (ロータリ)	集草	I	作業幅	2.5m	0.9	0.8				
		II		4.8m	1.5	0.7				
モーアコンデショナ	牧草圧碎	I	作業幅	1.7m	1.4	0.7				
		II		2.1m	1.2	0.7				
ハイベアラ (タイト)	牧草拾上げ 梱包	I	作業幅	3.5m	1.1	0.7	作業能率は稲わら			
		II		5.0m	0.8	0.7				
ロールベアラ		I	ベール直径	0.5m	2.8	0.7				
		II		1.2m	0.8	0.7				
		III		1.5m	0.5	0.7				
角形ビッグベアラ		IV	ベール断面80×85cm	0.3	0.7					
サブソイラ	心土破碎	I	1 条	1 条	6.3	0.7				
		II		2 条	3.1	0.7				

表78 トラクタと作業機との組合せ

作業機名	作業内容	トラクタの大きさ				備考
		I [30PS(22kW) 級]	II [40~50PS(29 ~37kW)級]	III [60~80PS(44 ~59kW)級]	IV [90PS(66kW) 級]	
ボトムプラウ	耕起	30~36cm×2 (12~14''×2) 36~41cm×2 (14~16''×1)	36cm×2~3 (14''×2~3) 41cm×2 (16''×2) 46~51cm×1 (18~20''×1)	36cm×3~4 (14''×3~4) 41cm×3 (16''×3) 46~51cm×2 (18~20''×2) 56cm×1 (22''×1) 60cm×1 (24''×1)	41cm×4 (16''×4) 46~51cm×3 (18~20''×3) 51cm×2 (20''×2) 66cm×1 (26''×1)	刃幅×連数 センチ (インチ)
デスクプラウ	耕起	61cm×2 (24''×2) 66cm×1~2 (26''×1~2)	66cm×2~3 (26''×2~3)	66cm×4 (26''×4)	66cm×5 (26''×5)	円盤直径 ×連数
ロータリ	耕起・砕土	1.6m未満	1.6~2.0m	2.0~2.6m	2.6~2.8m	作業幅
ロータリハロー	砕土	1.6~2.0m	2.0~3.3m	2.0~3.3m	—	作業幅
ディスクハロー	砕土	41cm×16 (16''×16)	46cm×20~24 (18''×20~24)	46cm×28~32 (18''×28~32)	51cm×28~36 (20''×28~36)	ディスク直 径×枚数
ツースハロー	砕土・整地	30本×3	30本×3	30本×4	—	爪本数 ×連数
レベラ	均平	2.1m未満	2.1~2.4m	2.1~2.4m	2.4~3.0m	作業幅
カルチパッカ (含K型ローラ)	砕土・鎮圧	2.0~2.4m	2.0~2.4m	2.0~2.4mm	2.4~3.0m	作業幅
ローラ	鎮圧・砕土	2.4m未満	2.4~2.7m	2.4~2.7m	—	作業幅
ライムソーワ	石灰散布	2.4m未満	2.4~3.6m	3.6~3.9m	—	作業幅
マニユアスプレッダ	堆肥散布	2,00kg未満	2,000~3,000kg	3,000~4,500kg	4,500~5,000kg	積載質量
尿散布機(スラリー スプレッダを含む)	液状ふん 尿散布	2,000L未満	2,000~3,000L	3,000~6,000L	—	タンク容量
スラリーインジュクタ	液状ふん 尿注入	1,500L未満	1,500~2,000L	2,000~3,000L	3,000~4,000L	タンク容量
ブロードキャスト (搭載式)(けん引式)	粒状肥料 散布	260L未満 2,000L未満	260~500L 2,000~3,000L	500~1,000L	— —	ホッパ容量
ドリルシーダ	施肥・播種 (条播)	12条未満	12条~24条	24条	—	作業条件
プランタ	施肥・播種 (点播)	2~4条	4条	4~6条	—	作業条件
ロータリホー	中耕・除草	3~4畦	4~5畦	4~5畦	—	作業畦数

(表78 つづき)

作業機名	作業内容	トラクタの大きさ				備考
		I [30PS(22kW) 級]	II [40~50PS(29 ~37kW)級]	III [60~80PS(44 ~59kW)級]	IV [90PS(66kW) 級]	
カルチベータ	中耕・除草	3~4畦	4~5畦	4~5畦	—	作業畦数
ロータリカルチベータ	中耕・除草	3~4畦	4~5畦	4~5畦	—	作業畦数
動力噴霧機 (搭載式)	農薬散布	400L未満	400~800L	800~1,200L	—	タンク容量
モータ (レシプロ) (フレーム) (ドラム) (ディスク)	牧草刈取	1.8m未満 1.5m未満 1.4m未満 1.5m未満	1.8~2.1m 1.5~1.8m 1.4~1.6m 1.5~1.8m	— — 1.6~2.1m 1.8~2.4m	— — — —	} 作業幅
モータコンディショナ	刈取圧碎	—	1.6~1.8m	1.8~2.7m	2.7~3.7m	
テッドレーキ (ベルト) (ロータリ) (円筒)	反転集草	2.4m未満 2.5~4.0m 2.6~3.0m	2.4~3.0m 4.0~6.7m 2.6~3.0m	— 4.0~6.7m —	— — —	} 作業幅
ヘイレキ (フィンガホイール)	集草	4.0m未満	4.0~5.6m	4.0~5.6m	—	
ハイベアラ (タイト) (ロール)	梱包	1.3~1.6m 1.2m未満	1.6~1.9m 1.2~1.5m未満	1.9m未満 1.5~1.8m	— —	ピックアップ幅 ベール直径
ベールラッパ		1.2m未満	1.2m~			ベール直径
ベールグリッパ			1.2m未満	1.2m以上		ベール直径
フォレンジハーベスタ (フレール) (ユニット型) (コーン専用機)	刈取・細断	1.2m未満 — 1条	1.2~1.8m 1.5m未満 (1条) 1条	— 1.5~2.1m (1~2条) 1~2条	— 2.1~2.7m (2条) 2条	作業幅 ピックアップ幅 (作業条数) 作業条数
ファームワゴン	運搬・荷 下ろし	2,000kg未満	2,000~3,000kg	2,000~3,000kg	—	積載質量
ロードワゴン	拾い上げ ・運搬	1,500kg未満	1,500~3,000kg	3,000kg	—	積載質量
ベールワゴン	梱包・運搬	—	2,000kg未満	2,000~3,000kg	3,000~4,000kg	積載質量
トレーラ (ワゴン)	運搬	1,000~2,000kg (2輪)	2,000~3,000kg (4輪)	3,000~4,000kg (4輪)	—	積載質量 (車輪数)
フォレンジワゴン	運搬・荷 下ろし	—	5~7m ³ (4輪)	12.5m ³ (4輪)	17.7~27.0m ³ (4輪)	積載質量 (車輪数)
除雪機	除雪	1.3~1.6m	1.3~2.0m	2.0~2.7m	—	作業幅
トレンチャ	作溝	12~43cm× 0.4~1.2m	12×43cm× 0.8~1.2m	12×43cm× 0.8~1.2m (2条)	—	溝幅×深さ
ドレーナ	暗きよ	45cm	35~50cm	35~50cm	—	作業深さ
サブソイラ (ウイング付きを含 む)	心土破碎 (暗きよを含 む)	1本×30cm	1~2本× 30cm	1~2本× 30~40cm	2本× 30~60cm	チゼル数 ×作業深さ

5.2 機械の選定と組合せ

飼料生産・調製・給与に関する機械は、気象、地形、土質等の自然条件、作物の種類、収穫・調製・加工方式、給与方式、家畜飼養条件、経営規模等を検討し選定して技術体系として組立てることが大切である。

【解説】

トラクタや作業機の選択の適否は作業の良否のみでなく、経済性をも左右する。機械の選定に当たっては、

- ① 経営に適した作付体系・作業体系を考慮し、過剰投資とならないように機械化作業体系を検討する。
- ② 体系にしたがって既に保有している機械、労働力を考慮し、作業を進めるのに必要な機械の種類・形式・大きさを機械の圃場作業量、適正負担面積の点から検討する。
- ③ 機械の経済性を検討する場合に、個人所有、共同所有、受託・委託作業等についても検討の対象にする。
- ④ 各機械の作業能率、トラクタと作業機の組合せについては高性能農業機械導入基本方針（農林水産省）を参考にするとよい。
- ⑤ 機械の選定は型式検査合格機、安全鑑定適合機、並びに公的機関で行われた試験成績を参考にする。
- ⑥ アフターサービスの良否も機械選択の参考とする。

5.3 作物別作業体系

作業体系は作物生産に当たっての各種の個別作業、あるいは作業工程が作物の生育段階に応じて順序正しく、しかも前後の作業が有機的関連性をもって組立てられるシステムであり、機械化作業体系は労働力の節減、生産性の向上が図られなければならない。

【解説】

機械化作業体系は自然条件や社会条件の影響を強く受けるので、広い範囲に適應させることは困難であり、気象条件、作業可能な日数、経営規模、作付面積、飼料作物種類、栽培・生育状態、乾草調製やサイレージ調製等の調製・利用形態、労働力、所有する機械の大きさ・台数、作業能力等を考慮し、体系を組立て、機械の系列、作業時間、燃料消費量、作業人数、労働時間、資材量、負担面積等を想定して、最適な機械化作業体系を策定する。

既に機械化作業体系ができあがっている場合に、新たに開発された機械や生産技術を導入す

る場合は投資をしても生産性やコストの面で有利になると判断できるものでなければならない。また、大型機械や高能率の機械の導入に当たっては一経営体への導入だけでなく共同利用についても検討する。各作物別の代表的な機械化作業体系を表76~78に示した。サイレージ調製体系では、直接収穫方式の自走式ロールベアラを主体とした飼料イネの収穫作業体系が開発されている。また、長大作物の細断ロールベアラ可能なロールベアラも開発されつつある。各作物に共通する耕起・施肥播種作業体系については3.4.2図7を参照。

表79 牧草調製作業体系

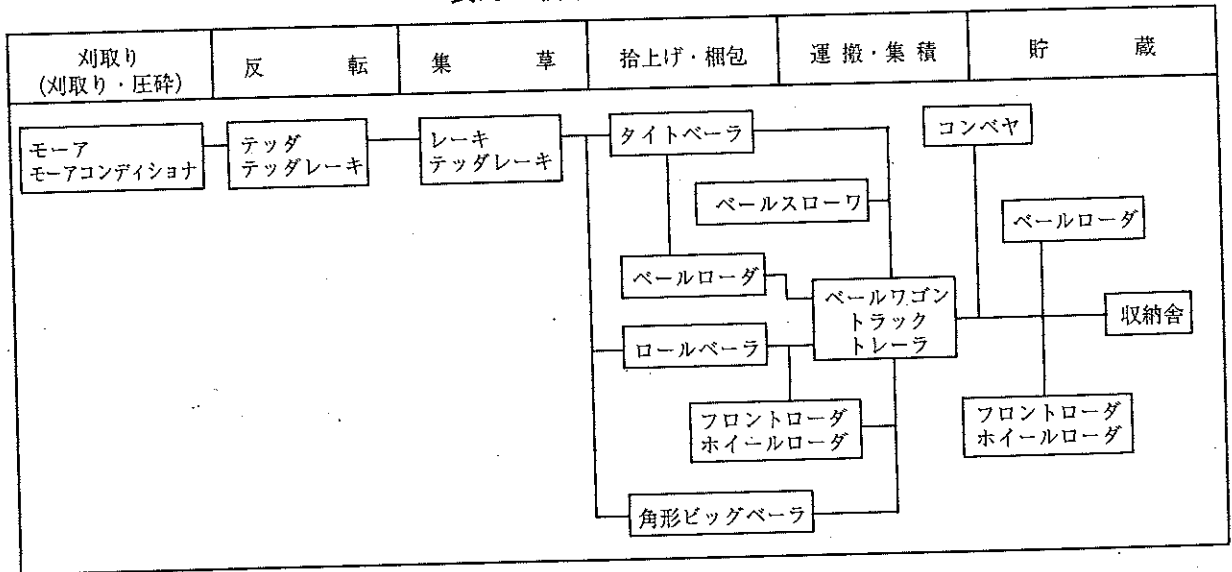


表80 サイレージ調製作業体系-1 (牧草、飼料イネ)

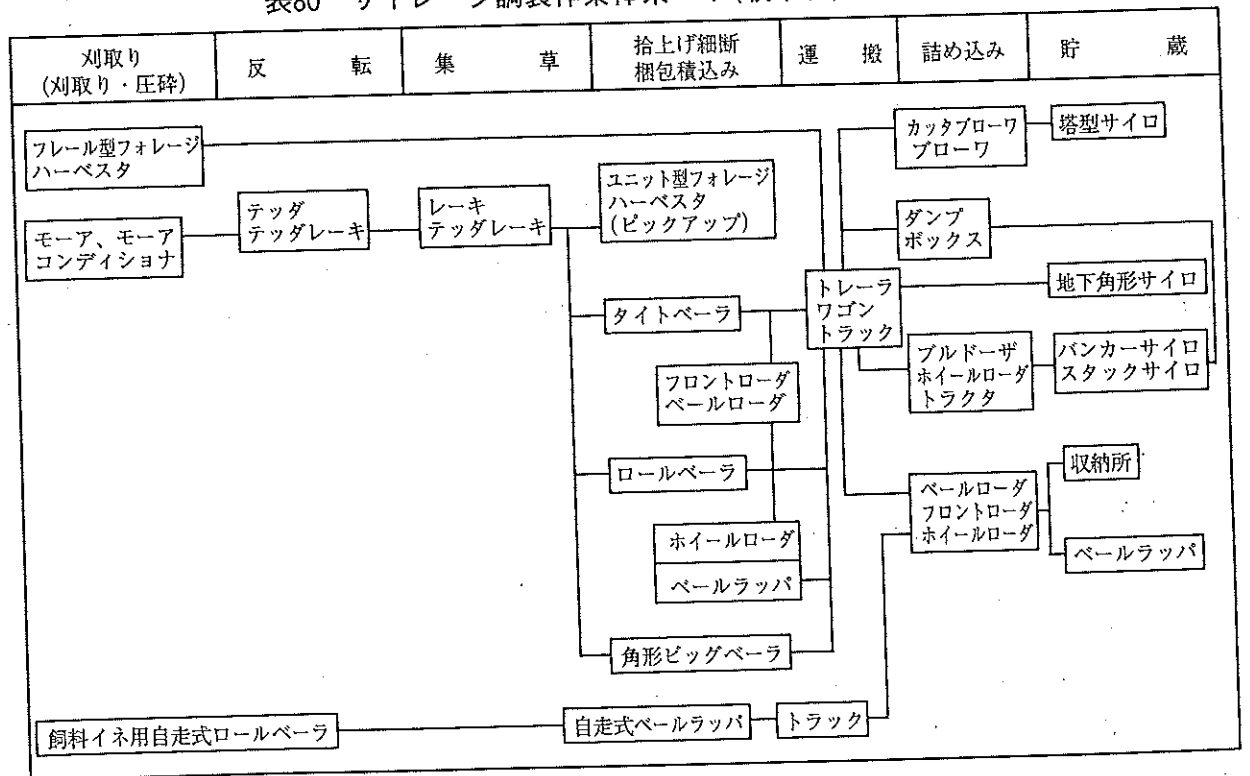
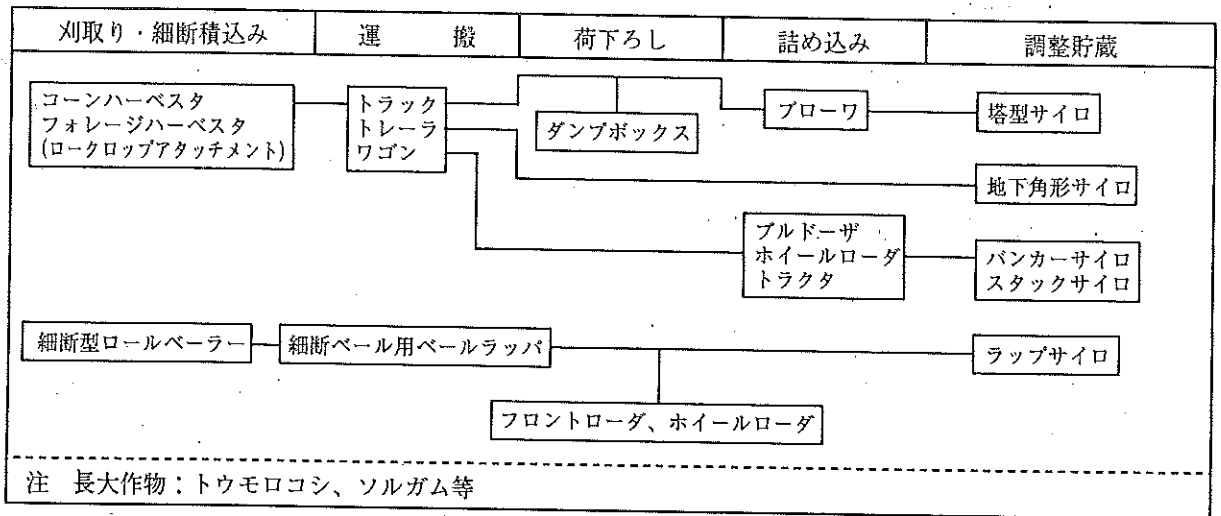


表81 サイレージ調製作業体系-2 (長大型作物)



5.4 機械の保守管理と作業の安全性

農業機械を用いた作業を行うには、機械・作業者・作業環境がうまく調和してることが必要であり、そのために不可欠な項目が点検作業である。その目的は、①機械の性能維持のための点検および、②作業の安全確保のための機械の点検である。これにより適期作業と計画的な作業の推進を可能にするとともに、機械の耐用年数を延長できる。点検整備は日常点検と定期点検と分けて実行する。

【解 説】

1. 日常点検整備

日常点検は作業者が自ら作業前（運転前）、乗車時（乗車してエンジンを始動した状態）、終了後（作業終了して格納する前）に必ず行う毎日の点検である。また、複数のオペレーターが利用する組織集団においては前日までの運転・整備状況等の引き継ぎが重要である。日常点検の主要な内容は次のとおりである。

- ① 燃料、冷却水の点検、補充
- ② 給油箇所の点検、給油
- ③ 各部の破損、摩耗箇所の点検、処理
- ④ ボトル、ナット類のゆるみの点検、処理
- ⑤ 水漏れ、油漏れの点検、処理
- ⑥ タイヤの空気圧等重要な箇所の点検、処理
- ⑦ 付属部品、工具の点検
- ⑧ 清掃

(1) 機械の減価償却費

年減価償却費は次式で求める。

$$\text{年減価償却費} = (\text{取得価格} - \text{残存価格}) / \text{耐用年数}$$

- ① 取得価格：実際の取得価格が明らかな場合には、実際の取得価格を採用する。不明な場合には農林水産省「農畜産業用固定資産評価標準」（以下「評価標準」と略す）に定められた価格を採用する。
- ② 残存価格：「評価標準」に定められている残存価格（率）を採用する。概算計算の場合では取得価格の10%とする。
- ③ 耐用年数：「評価標準」で定められた耐用年数を採用する。農業機械については「評価標準」の耐用年数が実際と遊離している場合が見られるので実際の見込み耐用年数を採用するという考え方もあるが、個人差が生じるので「評価標準」を用いる。なお、耐用年数経過後直ちに償却費の計上をやめると生産費が減少し過少評価されるので、これは避けカッコ書きで計上し、注にその旨を記載する。
- ④ 圧縮計算：補助金の額を取得価格から差し引いた額を減価償却の対象にする方法を圧縮計算という。補助の有無が減価償却費に生じるので通常は採用しない。ただし、経営全体を考える時には必要でこの場合には圧縮計算を併記する。

(2) 修理費

修理費は元来利用にともなって発生するので変動的な性格を有する。しかし、一律に計上しにくいので毎年の修理費を纏めて固定費的に計上するのが無難である。修理費率は表82のとおりである。

$$\text{修理費率}(\%/\text{時間}) = \frac{\text{耐用年数内における総修理費} / \text{購入価格}}{\text{耐用年数内の総使用時間}}$$

したがって、年間修理費＝購入価格×修理費率(%/時間)×年間使用時間となる。

表82 主な農業機械の修理費率(%/時間)

種 類	修理費率	種 類	修理費率	種 類	修理費率
トラクタ(ホイール型)	0.01	スラリスプレッダ	0.03	ト レ ー ラ	0.03
トラクタ(履帯型)	0.02	モ ー ア	0.06	フォレージワゴン	0.02
プ ラ ウ	0.05	モーアコンディショナ	0.06	ファームワゴン	0.04
ディスクハロー	0.05	テ ッ ダ レ ー キ	0.04	トラック(農用)	0.04
ツ ー ス ハ ロ ー	0.05	ヘ イ ベ ー ラ	0.03	フロントローダ	0.03
ロ ー タ リ	0.03	フォレージハーベスタ	0.04	ブ ロ ー ワ	0.04
ロ ー ラ	0.01	(牽引式)		ロ ー ル ベ ー ラ	0.03
ライムソーワ	0.04	フォレージハーベスタ	0.03	(可変径式)	
ブロードキャスト	0.04	(自走式)		ロ ー ル ベ ー ラ	0.02
マニユアスプレッダ	0.04	コーンハーベスタ	0.04	(定径式)	
尿 散 布 機	0.03	エ レ ベ ー タ	0.04	ディスクモーア	0.06

(3) 機械管理費

機械管理費には車庫費、格納管理等経費、保険料、租税公課、資金利子等がある。これらは作業機毎にではなく経営全体または作業体系として算出する場合が普通である。

(4) 燃料費

燃料消費量を記載している場合には実績値を用いる。また、トラクタの大きさおよび負荷の状態から燃料消費量を推定することができる。

表83 負荷の大きさと燃料消費量の関係

負 荷	40~50PS (29~37kW)				50~60PS (37~44kW)				60~70PS (44~51kW)			
	1/4	1/3	1/2	3/4	1/4	1/3	1/2	3/4	1/4	1/3	1/2	3/4
燃料消費量	3.7	4.2	4.8	6.1	4.6	5.3	6.3	7.8	5.4	6.3	7.6	9.3
(L/h)	~ 4.6	~ 5.3	~ 6.3	~ 7.8	~ 5.4	~ 6.3	~ 7.6	~ 9.3	~ 6.6	~ 7.4	~ 8.9	~ 11.1

注)・普通の作業では本表の3/4~1/2の値を考えればよい。

・自走式フォレージハーベスタでは、200PSで30~45L/h、300PSで45~60L/hを考えれば良い。

(5) 補助燃料、電力等

補助燃料、電力等は記載のある場合は実績値を用いる。

一般的に作業用燃料の30%を見積る計算が経験的に用いられている。

(6) 作物別機械利用の経費の算出

作物別負担割合は機械毎の飼料作物以外の作物も含めた当該機械を利用する作物の作付面積の合計に占める各作物の作付面積比率で算出するのが望ましい。

(7) 賃 金

賃金は地域の社会経済的条件の影響が大きいが、全国一律の数値を採用すると生産技術の比較が可能である。この場合「農村物価賃金統計」の農村雇用賃金の全国平均を用いる。

なお、地域内での比較の場合は地元賃金で計算し併記する。

⑨ その他必要な点検、処理

2. 定期点検整備

定期点検整備は一定期間毎に行う点検整備であり、作業者自身が行えるものと、一定の資格をもった整備工場で行うものがある。定期点検の期間は稼動時間で示されている場合が多いがこれに相当する日数を想定して、整備を作業計画の中に組み入れて、確実に実施することが望ましい。

作業者自身で行う定期点検は機械に備えられている取扱い説明書に従って行い、農閑期等で機械を長期間使用しない場合には日常点検および定期点検の項目に加えて、燃料を満タンにし、バッテリーの端子を外しておくこと等の処置が必要である。

3. 作業の安全性

農作業中の事故防止には機械・施設の安全対策、作業者の安全作業および適切な作業環境の保持が必要である。さらには死亡事故防止や健康障害発生防止の対策が不可欠である。このため作業中の事故を未然に防止するには、機械を使用する作業者に対する注意事項および機械そのものの安全性を高めることが大切で、それぞれ農作業安全基準、安全装備基準（農林水産省通達）がある。基本的な事項については以下のとおりであるが、特に安全フレームを装着することは死亡事故を防止する最善の対策である。

- ① 機械を正しく運転する（運転操作の熟練、安全作業の配慮等）。
- ② 機械の保守管理を確実に行う。
- ③ 作業に適した服装、防具等を着用する。
- ④ 道路走行では関係法規を遵守する。
- ⑤ 農業機械は型式検査合格機、安全鑑定適合機を使用する。
- ⑥ トラクタは安全フレームまたは安全キャビンの装着されたものを使用する。

5.5 機械利用の経済性

機械の利用経費はその機能と性格に応じて、固定費と変動費に大別される。これらを算出して機械化の経済性、経営内部での費用計算を行う。

【解説】

機械利用費 = 固定費 + 変動費（運転経費）

固定費 = 機械の減価償却費 + 大修理費 + 機械管理費

変動費 = （運転経費） = 使用燃料費・油脂・電力 + 小修理費 + 賃金 + 消耗品費

※いずれも年間単位で扱う。