

● 飼料作物の栽培技術

4 . 調製技術のポイント

(1) サイレージ調製

・サイレーシ調製の原理

サイレーシとは、空気を嫌う細菌（嫌気性菌）の力を借りて、材料中に含まれる糖などを乳酸などの有機酸に変え、PHを下げることによって安定的に貯蔵する方法である。また、材料中の糖が有機酸に変わる際も、乳酸主体の発酵であればエネルギーロスも極わずかである。

このため、良質サイレーシ調製のポイントは、

- 糖を多く含む栄養価の高い材料を用いる
 - 嫌気性菌が糖を利用しやすいように、材料を細断する
 - 嫌気性菌が働きやすいように空気を完全に遮断する
 - 材料間の空気をできるだけ排除する
 - 排汁による養分損失を防ぐため材料水分を調整する
- 以上5点が挙げられる。

しかしながら、全ての条件を満たすことは困難な場合が多いため、次に挙げる応用技術を活用する。

・水分と糖の調整

前記の条件を満たす材料はトウモロコシなどに限られるが、比較的糖含量の少ない牧草なども、天日予乾により水分を減らすことで相対的に糖含量を高めることができる。一般的に良質サイレーシ調製には、材料現物中2%以上の糖含量が必要であり、現物中1%強しか含まない若刈の牧草でも、天日予乾により重量を半分まで減らせば現物中の糖含量が2%以上の良質材料となる。また、水分が減少することで、排汁による養分損失も防止できる。

天日予乾ができない場合は、糖含量が高い糖蜜吸着飼料などの添加が有効であり、材料重量の5~10%の添加で発酵品質が改善するとともに、サイレーシの栄養価向上が期待できる。

・材料の細断

乳酸菌は材料溶液中の糖を原料として乳酸を生成するため、比較的水分が多い材料（水分65%以上）では細断の効果が大きく、必須の作業となる。切断長は、トウモロコシでは10mm、牧草類や麦類では20mmが適当で、発酵品質、消化率ともに最高の値が期待できる。

ただし、水分65%以下まで予乾した牧草などでは、細断の有無にかかわらず良質サイレーシ調製が可能となるため、ラップサイレーシなど細断ができない条件では、水分65%以下まで予乾する。

表 31 切断処理とサイレーシ品質（名久井，1974）

区 分	原料水分 %	切断の有無	サイレーシ品質			
			PH	乳酸%	VBN/TN%	乾物消化率%
高水分	85	有	4.1	1.58	15	68
		無	4.8	0.52	26	63
中水分	70	有	4.5	1.05	9	65
		無	4.9	0.88	13	68
低水分	60	有	4.5	0.68	9	60
		無	4.7	0.90	6	59

・材料の密封

前記のように、サイレージ発酵は嫌気性菌によって行われるため、密封作業はサイレージ調製作業のなかで最も大切な作業である。材料の詰め込み後、水ブタやビニールシートによりできるだけ早期に行うことが大切で、密封が遅れるほどサイレージ品質が低下するほか、二次発酵も起こりやすくなる。

詰め込み直後に完全な密封を行うとともに、その後も定期的に密封状況を観察し、開封時まで完全な状態で保つことが大切である。

表 32 サイレージ品質に及ぼす密封遅延の影響（安宅・菊地，1978）

材 料	処 理	P H	乳酸%	酢酸%	酪酸%	総酸%	7日-ク評点
オーチャードグラス	早期密封	4.15	1.45	0.28	0	1.73	100
	密封遅延	5.12	0.85	0.56	1.01	2.42	10
アルファルファ	早期密封	4.71	1.34	0.73	0	2.07	77
	密封遅延	5.85	0.12	1.07	1.09	2.28	- 10

表 33 密封遅延時間とラップサイレージの品質（草地試，1991）

密封時間	水 分 %	P H	有機酸組成 % / F M				VBN/TN %
			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
12 時間	59.6	5.0	1.82	0.12	0.06	-	7.5
3 時間	63.8	4.5	1.64	0.11	0.06	-	6.0
1 時間	56.5	5.0	1.08	0.09	0.10	-	5.2
梱包直後	55.8	4.8	1.26	0.10	0.09	-	5.2

・踏圧と重石

サイロ内をできるだけ早く嫌气的条件にすることが重要であり、自重による詰め込み密度向上が期待できない規模の小さな縦型サイロやバンカーサイロなどの横型サイロでは、踏圧作業は大切である。ただし、丁寧な踏圧作業により密封作業が遅れると、サイレージ品質はむしろ劣化するため、密封作業が遅れない範囲で行う。踏圧作業は、縦型サイロでは人力で行うが、沈下抵抗の大きいサイロ壁面付近を中心に行う。バンカーサイロやトレンチサイロでは、トラクターで十分に行う。十分な踏圧作業によって詰込密度 650kg / m³ 以上が確保できれば、二次発酵も相当程度予防できる。

縦型サイロでは、自重の効果が期待できないサイロ上部の密度は意外に低く、踏圧だけでは不十分な場合が多い。このような場合は重石の効果が高く、水ブタや砂袋で重石を行う。

・二次発酵とその防止技術

サイレージの好空変敗（二次発酵）は、サイロを開封しサイレージが空気に触れることによって始まる。密封中はサイロ内が嫌気状態となっているため、空気を好む細菌（好気性菌）が休眠状態にあるが、開封とともに活動を再開し、有機酸の分解、温度の上昇、タンパク質の分解が進み、遂には腐敗する。このように、二次発酵はサイレージへの空気侵入によって引き起こされるため、サイレージと空気との接触をできるだけ少なくすることが防止技術の基本である。

【二次発酵防止のポイント】

・サイレージ密度を高める

踏圧等によって密度を高め、材料間の空隙を少なくすることで、開封後の空気侵入をある程度防止できる。二次発酵防止の観点から、詰め込み密度は 650kg / m³ 以上が推奨されている。

・取り出し厚さを確保する

縦型サイロでの取り出し厚さは、冬期で 10cm 以上、夏期で 15cm 以上（1 基数百 m³ の大型サイロでは 7cm 以上）を確保する。バンカーサイロなどの横型サイロでは、開封面積が大きいので 20cm 以上が推奨されている。このような取り出しができるように、飼養頭数規模に応じたサイロ設置が重要である。

・開封後の空気侵入防止

サイレージの取り出しは迅速に行い、取り出し後はビニールシート等で表面を覆うなど、できるだけ空気の侵入を防ぐ。

・ビニール中仕切り

前記の取り出し厚さが確保できない場合は、ビニール中仕切りを行う。中仕切りの間隔は条件によって異なるが、夏期高温時の開封で取り出し厚さ 10cm の場合では、7 日分の取り出し量毎に行えばほぼ完璧に防止できる。

中仕切りに用いるビニールは、破損がひどくないかぎり使い古しのもので十分であり、厚さは 0.1mm ほどのもので良い。

図 無処理時のサイレージ品温と廃棄率

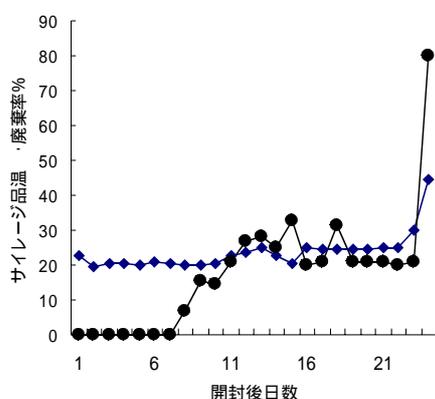
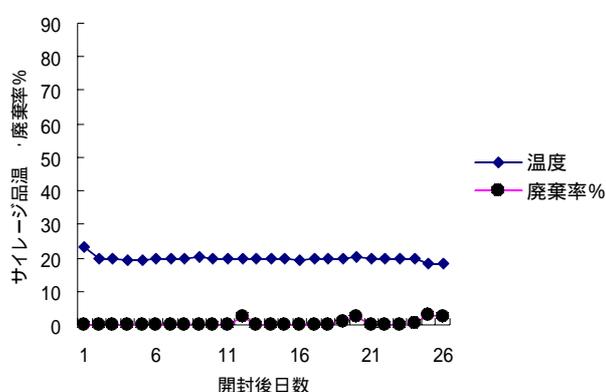


図 ビニール中仕切りのサイレージ品温と廃棄率



・サイロ内で発生する有毒ガス

サイロ内に材料を詰め込むと、材料の呼吸によって酸素が消費され、短時間で酸素濃度が低下する。また、炭酸ガスや二酸化窒素ガスが発生し、危険な状態になる場合がある。

サイロ内に立ち入る場合は、不用意に入らず、プロアーなどで内部空気を十分入れ替えてから作業を行う。

表 34 サイロ内で発生する有毒ガスとその特性

種類	炭酸ガス (CO ₂)	二酸化窒素ガス (NO ₂)
性状	無色、無臭、不燃 比重 1.520 (空気 1.0) 空気中 0.03 ~ 0.04 %	赤褐色、特異な刺激臭 比重 1.448 水によく溶ける
毒性	濃度が高くなると、呼吸中枢を麻痺させ窒息死をもたらす。 サイロ内では、炭酸ガス発生により酸素濃度が低下することが問題	毒性が強く、症状はノド、胸のひどい刺激、咳、呼吸困難、嘔吐、頭痛、めまい、肺水腫、死
症状	1 % : 作用が無い 2.5 % : 長時間吸入で影響が無い 3 % : 呼吸が深くなる 4 % : 頭痛、耳鳴、動悸、血圧上昇、めまい、嘔吐、精神的興奮 5 ~ 6 % : ローソク消える 6 % : 呼吸困難、呼吸数増加 8 ~ 10 % : 意識消失、死	5 ppm : 特異な臭いを感じず 10 ~ 20ppm : 目、鼻、上部呼吸粘膜を軽く刺激 64ppm : のどをやや刺激、呼吸増加、浅くなる 100ppm : 短時間の吸入で中毒 700ppm : 30 分以内で致命的

(2) ラップサイレージの調製

ラップサイレージとは、ロールベアラで梱包した予乾材料にストレッチフィルムを巻きつけて密封し、サイレージに調製したものである。全ての行程を機械化できるため、ワンマンオペレーションが可能であるほか、固定サイロを要しないため初期投資額が少なくて済む利点がある。一方、フィルムを巻きつけるだけの簡易調製であるため、鳥獣虫によって破損されやすく、1個毎の品質格差も大きい欠点もある。

最近、本体系の導入が盛んに行われているが、これらの特徴を十分検討した上で、採用すべきである。

・ラップサイレージ調製作業体系

作業機	刈り倒しモ-ア	反転テッダ-	集草レ-キ	梱包ロールベ-ラ	ラッピング(密封)バ-ルラッパ-	運搬・貯蔵バ-ルハンドラ-トラック
組作業人員	1名	1名	1名	1名	1名	1名

・ロールベアラの種類と特徴

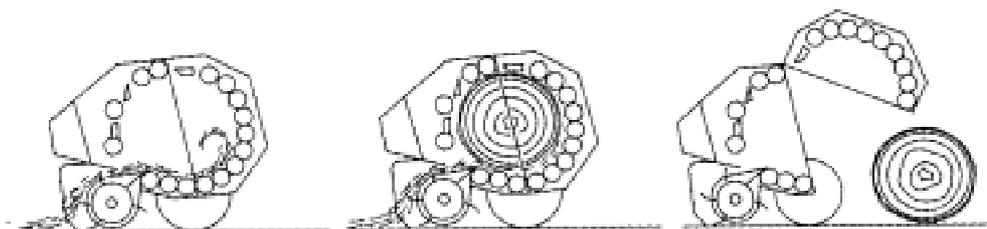
ロールベアラには、芯巻タイプと外巻タイプ、また、ベール直径が一定の固定式と変更が可能な可変式があり、ベール直径が50cmの小型機種から150cmの大型機種までさまざまな機種が市販されている。

これらの機種の中から、経営にマッチしたものを選択するが、ラップサイレージ調製を主な用途とすれば、芯巻タイプから選択する。また、ラップサイレージの利用は1日1個が原則となるため、飼養頭数に見合った大きさの機種を選ぶことが大切である。

表 35 ロールベールの大きさと重量の目安(水分50%の予乾牧草)

ベール直径 c m	ベール長 c m	重量の目安 k g	同左乾物量 k g
50	60	24	12
50	70	30	15
90	100	200	100
110	100	400	200

定径型ロールベアラ



可変径型ロールベアラ

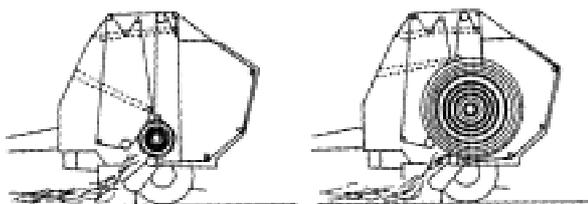


図 ロールベアラの種類

・ベールラッパーの種類と特徴

ラッパーにも種々な機種があるが、本県では定置式、牽引式、直装式の3タイプが導入されている。ロールベアラとのマッチングや、飼料基盤の規模を勘案して経営に見合った機種の導入が大切である。

表 36 ベールラッパーのタイプ別比較

タイプ	所要作業時間 分 / 1個	作業体系	使用トラクター	フィルム損傷	価 格
定置式	4分	ローダーとの組作業	小～中型 エンジン付有り)	+	安価
牽引式	3.5分	ワンマン	小～中型	+	普通
直装式	2分	ワンマン	大型	0	やや高価

・ラップフィルムの種類と特徴

ラップフィルムも数多くの種類が市販されており、選択が悩ましい。フィルムの色については、白又は淡緑色のものが内部温度が高まりにくく理想であるが、それ以外の要素（伸び率、糊の付着方法、伸長回復力など）はベールラッパーとのマッチングが重要であり、ラッパーメーカーが推奨するフィルムを選択すれば無難である。

表 37 フィルム色別最高温度（草地試，1991）

部 位	黒	白	淡緑	透明
フィルム表面	72.3	55.2	54.6	62.0
ベール表面	56.0	56.2	54.1	65.2
5cm 内部	51.8	45.9	48.1	54.6
10cm 内部	41.4	38.0	40.6	44.3
15cm 内部	36.0	32.7	33.8	39.6

・ラップサイレージ調製作業のポイント

1) 材料水分の調製

予乾により50～60%又は30%以下に調整する。30%～50%間はカビが発生しやすく、廃棄率が高まるほか、70%以上では不良発酵となりやすい。このような条件が満たされない場合は、ギ酸又はプロピオン酸を材料の0.5%添加する。

表 38 添加剤の効果（山形畜試，1992）

添加物	60日貯蔵						150日貯蔵					
	P H	有機酸組成(新鮮物中%)				フリーク 評点	P H	有機酸組成(新鮮物中%)				フリーク 評点
		乳酸	酢酸	酪酸	総酸			乳酸	酢酸	酪酸	総酸	
無添加	5.54	4.08	0.33	0.11	4.52	100	5.25	3.92	0.41	0.24	4.57	65
ギ酸	5.67	4.84	0.64	0.01	5.49	100	5.19	4.02	0.60	0.14	4.76	80
プロピオン酸	5.38	4.19	0.35	0.15	4.69	70	5.45	4.10	0.78	0.12	5.00	79

注) 添加物の添加量は、いずれも0.5%である。

2) 梱包作業

ロールベアラによる梱包作業時は、ピックアップ位置を左右に動かしながら、きれいなドラム状に梱包する。成型が不良の場合にはラップフィルムに隙間が生じやすく、不良発酵の原因にもなるほか、貯蔵時の荷崩れの原因にもなる。

3) ラッピング

梱包後できるだけ早期（梱包後 12 時間以内）にラッピングを行う。ラッピングは、通常の場合 50 %重ね・2 回巻（4 層）として良いが、4 ヶ月を越えて貯蔵する場合は 50 %重ね・3 回巻（6 層）とする。

ラッパーからの荷下ろしは、フィルムが損傷しないよう細心の注意をはらう。

表 39 フィルム巻数と貯蔵後の品質（山形畜試，1992）

巻数	60 日貯蔵					150 日貯蔵						
	PH	有機酸組成(新鮮物中%)				7-ク 評点	PH	有機酸組成(新鮮物中%)				7-ク 評点
		乳酸	酢酸	酪酸	総酸			乳酸	酢酸	酪酸	総酸	
4 層巻	5.54	4.08	0.33	0.11	4.52	100	5.25	3.92	0.41	0.24	4.57	65
6 層巻	5.19	4.50	0.40	0.02	4.92	100	5.49	4.65	0.46	0.09	5.20	80

4) 運搬・貯蔵

ラッピング後の運搬は、フィルムの損傷を防ぐためベールハンドラー（フロントローダーに装着）を用いる。運搬距離が長い場合は、荷揚げ・荷下ろしを除きトラック等の運搬車両を用いるが、荷台にシートを敷くなどフィルム損傷防止に努める。万が一、フィルム損傷が生じた場合は、専用の補修用パッチが市販されており、これを用いて早期に補修する。

貯蔵は、排水がよく平坦な場所を選び、縦置きとするが、貯蔵面積に制約があれば 2 段積までは問題ない。

貯蔵後は、底面周囲に防虫剤と鳥獣忌避剤を散布するとともに、防鳥と直射日光対策としてベールをビニールシート（有色）で覆う。

また、定期的に貯蔵状況を点検し、フィルム破損を発見した場合は早急に補修する。

（3）乾草調製

乾草調製は天候の影響が大きく、計画的な作業が困難であるほか収穫ロスも多く、本県の気象条件下においては有利性が少ない。また、乾草が必須の粗飼料であるとの認識を持つ農家も多いが、サイレージを唯一の粗飼料とした 8 年間の連続給与試験（乳用牛）により、サイレージのみを粗飼料源としても問題のないことが明かとなっている。このため、可能な限りサイレージ調製への誘導が望ましいが、貯蔵スペースや機械設備の関係で止むを得ない場合もあるため、本項ではポイントのみを記載することとする。

・乾草調製のポイント

1) 刈り取り日の決定

良質な乾草調製には 4 日以上連続晴天が必要であり、週間予報や気圧配置を見ながら慎重に決定する。降雨にあった場合は、消化されやすい成分が水に溶けて流出し、大きなロスを生じるほか品質も大幅に低下する。

品質の良い乾草を得るには、穂バラミ期の刈り取りが望ましいが、降雨の影響が生育ステージの影響を上回るため、天候優先で決定せざるを得ない。

表 40 人工降雨が乾草の消化率に及ぼす影響（三上，蔦野） 乾物消化率%

草種	降雨時間			
	0 時間	2 時間	4 時間	8 時間
チモシー	62.7	54.2	55.1	55.2
オーチャードグラス	55.6	51.7	49.3	46.5
イタリアライグラス	68.7	65.4	65.6	65.7
アルファルファ	65.1	56.3	54.3	54.6
赤クローバ	64.4	56.3	54.4	52.3

2) 刈り取り

一般にはモアが用いられているが、規模の大きい草地では比較的乾燥効率が良好なモアコンディショナーによる刈り取りが望ましい。また、収穫口スは多少増加するが、フレールモアも乾燥効率が良好である。

草量が多いと乾燥が遅れ、雨に当てる確立も高くなることから、草量は 10 a 当たり 2 t 程度が適当であり、収量の確保は刈り取り回数を増すことによって行う。

3) 反転・集草

テッターによる反転は、乾燥促進上必須な作業である。刈り取り日に 1 回、翌日以降は少なくとも 1 日 2 回以上行って乾燥促進を図る。

作業 3 日目以降は、反転作業のたびに乾燥状態を確認し、手でさわって湿気を全く感じずさらさらし、葉部をもむと部分的な破砕が生じる状態になったら集草作業に入る。前記の状態となれば、おおよそ水分 15 % 以下と見てよい。

なお、乾燥途中で降雨が懸念される場合は、ビニールスタックサイロやベールラッパーを用いて直ちにサイレージ調製に切り替える。

4) 梱包・貯蔵

梱包はヘイベーラや大小のロールベーラにより行い、風通しの良い乾燥した場所に貯蔵する。貯蔵の際は直に置かず、スノコやパレットの上に堆積する。乾燥状態が良い乾草は大きな堆積で貯蔵してよいが、乾燥ムラがあるものは発熱、カビの発生、発火（ヘイファイアー）の危険を避けるため、できるだけ小さい単位で貯蔵する。大型のロールベーラで梱包したものは、発火例がいくつか報告されており、特に注意を要する。

(4) アンモニア処理による調製

アンモニア処理は、稲わらなどの低質粗飼料を有効に活用する手法の一つで、処理を行うと貯蔵性が増すばかりでなく、嗜好性や消化率などの栄養価が高まる。一方、適期収穫した牧草などを材料とすると、給与牛に障害をもたらす場合もあるため、十分な予備知識を持ったうえで行うか、指導機関の十分な指導のもとに行うことが望ましい。

・アンモニア処理の効果

材料にアンモニアを添加すると、アンモニアが材料水分中に溶け込み、材料中に含まれる難分解性のリグニンの一部が分解するとともに、繊維成分の一つであるヘミセルロースの一部が糖化する。このことによって、消化率が向上するとともに嗜好性が増すほか、添加したアンモニアの一部は、牛などの反芻家畜ではタンパク源として有効に活用される。

また、アンモニアは細菌の抑制効果が大きいため、安定した貯蔵が可能となる。

・アンモニア処理の対象材料

対象材料は、稲わら、麦わら、長時間雨に当たった乾草などの低質粗飼料である。適期収穫した牧草などを材料とした場合は、アンモニア中毒など給与牛に障害をもたらすことが懸念されるため、厳に慎む。

・アンモニア処理の手順

1) 材料の水分調整

アンモニア処理に適した水分は 30 % 前後で、50 % 以上では開封後に腐敗する恐れがある。

2) 堆積場所の整地

屋外の乾燥した平らな場所を選び、整地する。

3) 材料の堆積

整地した場所にビニールシートを敷き、シート上にスノコやパレットなどの台座を並べ、台座上に材料を堆積する。アンモニア添加率を2%とすると、1堆積当たりの材料量を2.5トンにすればポンベ(50kg)1本の添加量となり便利である。

この場合、下敷ビニールシートは6m * 3m、スノコ(180cm * 90cm)9枚を要する。

4) 材料の被覆

ビニールスタックサイロと同様に、0.15 ~ 0.2mm 厚の透明なビニールシートで堆積を覆い、スノ部に土砂や砂袋を載せて密封する。

5) アンモニアの添加

アンモニアの添加方法には、ガス添加法と液体添加法の2つがある。

ガス添加法では、堆積中心部からアンモニアガスを抽入する。なお、図に示した抽入器具を用いると、梱包間に差し込みやすい。



10 個程度の穴
を開ける

ポンベへ
接続

図 アンモニア注入器具(鉄製パイプ 10mm)

抽入前はアンモニアポンベ内が高圧状態にあるため、バルブを少しづつ開き約45°で固定する。当初は、アンモニアが勢いよく噴出するが、気化熱によりポンベ内が冷やされ、抽入開始後1~2時間でポンベ外周に霜が付着する。霜が付着するようになれば、アンモニアの噴出は緩やかになるため、バルブを全開とする。アンモニアの噴出は緩やかに継続し、50kg 全てを噴出するのに要する時間は、夏期で30時間程度、秋期で40時間程度である。噴出が終了したらバルブを閉じ、抽入器具を撤去して密封する。

液体添加法では、堆積最上部から注入するため、抽入ホース口を堆積最上部にしっかり固定する。次に、ポンベを静かに横に倒し、尻部に枕を添えてやや高くする。次にバルブをゆっくり少しづつ開け、抽入を開始する。抽入開始後1~2時間で液状での噴出が終わり、ポンベ内に残ったアンモニアはガス状で噴出する。この方法では、ほとんどのアンモニアが液体状で噴出するため、注入時間は数時間で済む利点があるが、抽入ホースが30°まで低下して破損しやすくなるため細心の注意を要する。なお、サイフォン式ポンベであれば、ポンベを立てた状態での注入が可能である。

アンモニアの添加量は材料重量の2%が適当であり、これを越えるとアンモニア中毒を引き起こす場合がある。また、少なすぎる場合は貯蔵中に変敗する。

また、アンモニアの取り扱いは慎重に行う必要があるため、初めての方は指導機関の指導を受けたいうで実施する。

6) アンモニア処理に要する期間と給与上の留意点

添加したアンモニアと材料との反応は、夏期で2週間、秋期で4週間程度で完了するが、反応期間中は密封状態を保つ。

反応が終了すれば、開封してガス化したアンモニアを十分に拡散し、給与を開始してよい。給与当初は際少量を与え、少なくとも2週間程度の馴致期間を設けて徐々に切り替え

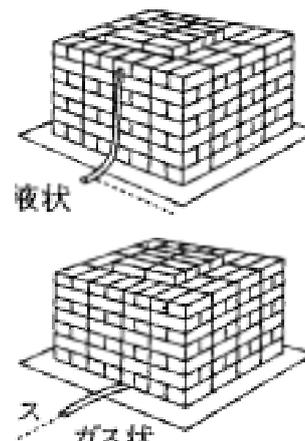


図 アンモニアの抽入法別
抽入位置

る。給与量は、アンモニアの添加量で 100g を限度とする。すなわち、アンモニア添加率 2 % の場合は $100\text{g} / 0.02 = 5000\text{g}$ (5kg) が給与限界となる。

なお、第 1 胃の機能が十分でない 6 ヶ月以下の子牛には給与しない。

7) アンモニア取り扱い上の留意点

アンモニアガスは可燃性で有毒であるため、十分な注意を払いながら取り扱う。また、室内での取り扱いは危険を伴うため、厳に慎む。

表 41 アンモニアの毒性

比 重	0.6 (空気 1.0)
臭気を検知する	5 ~ 20ppm
眼、鼻、咽喉を刺激する	400 ~ 700ppm
短時間の吸入によって危険症状を呈する	1000ppm 以上
短時間の吸入で死亡の恐れ	5000 ~ 10000ppm