

# VI サイレージに関する質問あれこれ



Q : サイレージの定義とはどんなことでしょうか？

A : 一般に、サイレージとは、青刈り牧草や飼料作物をサイロに詰め込み、空気のない条件下で原料の糖分と乳酸菌によって乳酸が生成され、呼吸や発酵によって生成した炭酸ガスと一定のpHや有機酸などによって、嫌気的条件下で貯蔵された発酵飼料のことです。

サイレージの発酵品質を左右する主な要因は、原料の糖分、水分含量、微生物およびサイロ内の酸素です。

表1 畜産先進国がサイレージ利用の比重を高めている理由

区 分	主 要 な 理 由
土 地 生 産 性	乾草・放牧に比較して明らかにサイレージ作物は生産性が高い。欧米でも地価の上昇が著しい。
安定した調製・貯蔵	サイレージは乾草に比較して天候に左右されず、安全に計画的に収穫貯蔵できる。
省エネ貯蔵・給与	一定の機械化体系では、サイレージは省力・省エネで収穫・貯蔵・給与ができる。
高い飼料価値	乾草に比較して計画的に収穫できるので、飼料価値が高い。
高能力の家畜飼養	通年の給与で高能力の乳・肉牛飼養に適している。畜産経営の集約化・安定化に役立つからである。

Q : サイレージの出来上がりでの水分含量による㎡当たり重量は？

A : 牧草中の水分含量は生草で85%前後で、乾草で15%程度です。牧草サイレージの水分はこの中間で、80数%から40%までと様々です。サイロ内の㎡当たり重量は水分とサイロの高さ（測定位置の上部のサイレージが重石になっている）、鎮圧などにより異なります。

表2はその一例です。

表2 サイレージの水分別、深さ別密度

サイレージ深さ (m)	水分70%サイレージ		水分50%サイレージ	
	原物(kg/㎡)	乾物(kg/㎡)	原物(kg/㎡)	乾物(kg/㎡)
1	255	77	155	75
2	534	160	324	162
3	581	174	352	176
4	629	189	381	191
5	676	203	410	205
6	724	217	439	220
7	771	231	467	234
8	819	246	496	248
9	866	260	525	263
10	914	274	554	277
12	1,000	300	611	306
14	1,000	300	669	335
16	1,000	300	726	363
18	1,000	300	784	392

(高野)

Q : サイレージを開封するには、詰め込み後何日くらいがよいのでしょうか？（持っている飼料が少なくなり緊急に開封しなければならないときなど……）

A : サイレージ調製にあたっては飼養頭数から年間の必要量を考え、余裕を持って確保することが大切です。

右図のように詰め込み時の条件が良かったとき（早期詰め込み・密封など）には2～3日で好気性発酵が終わりその後乳酸発酵期に入ります。乳酸発酵は15日程度で終了し、その後安定期となります。

これが、詰め込みに時間がかかったり密封が不十分な劣質サイレージの場合だと、乳酸発酵が終了するには25日程度かかることになります。

このことから、詰め込み後最低2週間程度で開封可能ですが、サイレージの質によって、それ以上経過しなければならないものもでてきます。

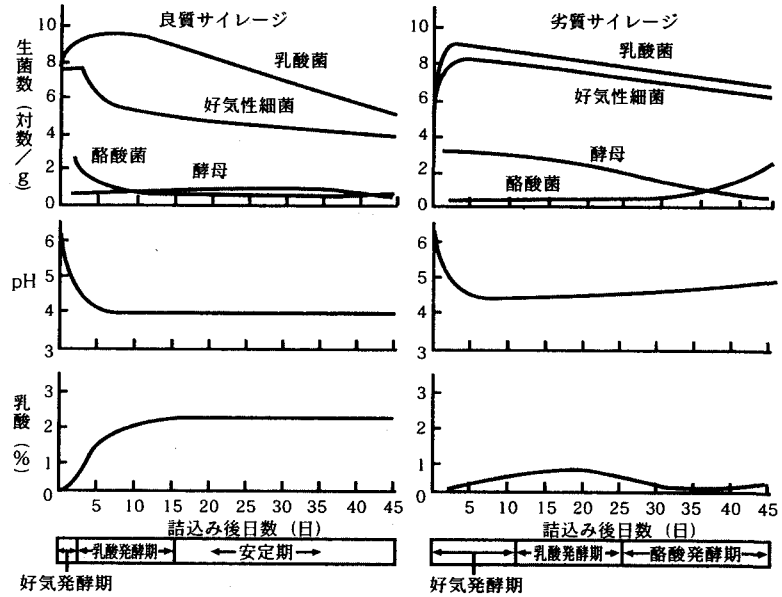


図1 サイレージの発酵過程 (安宅)

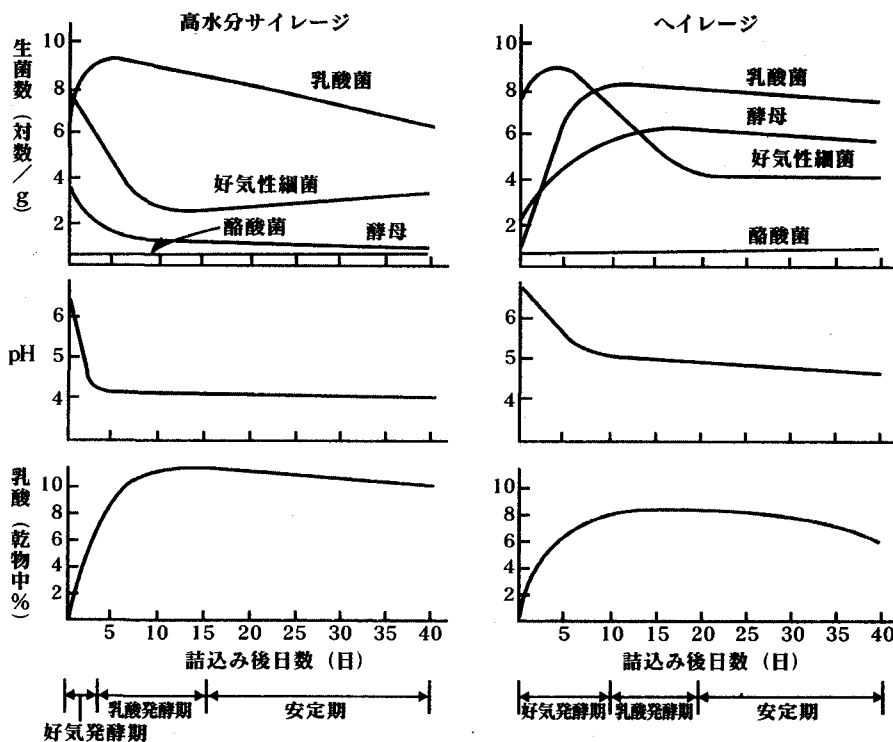


図2 高水分サイレージとヘイレージの発酵過程のちがい (安宅)

サイレージの質の判定については、108ページを参照して下さい。

又、高水分と低水分の違いは左図のようになっています。

このように低水分ではサイロ内の乳酸発酵には20日程度必要になります。

Q : サイレージの品質を現場で判断するには、どのような方法があるのでしょうか。(品質評価の方法)

A : サイレージの品質を評価する方法は、牛の採食状況・生産性、官能試験、pH、フリーク評点、Vスコア、飼料分析などがあります。

この中で、官能試験は道立試験場から指導参考として表3のような判定基準が出されています。

表3 牧草サイレージ品質判定基準(改訂版)

判定項目	配点	段 階					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)	出穂前期 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
草	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点加算する
	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)	
	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
発酵品質低水分用 水分65%未満	色 沢	10	明黄緑色 (10)	黄 緑 色 (8)	黄緑色なるも若 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点加算する
	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。

(1989 北海道立根釧農業試験場)

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。

3) 牧草サイレージの得点と格付は次の通りとする。

明黄緑色	黄緑色	黄緑色 若干褐色 帯びる	黄緑色	褐 色	褐黒色

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

Q：材料水分が多い場合、水分調整するための調製材料（添加材）にはどんなものがあるのでしょうか？

A：ふすま・ビートパルプ・圧偏大麦・破碎トウモロコシなどがあります。

これらは、水分調整という効果と糖添加という効果もあるため、乳酸発酵を促進させます。添加量は、原料に10%添加すると水分を6～7%低減することができます。他の効果としては、低蛋白質飼料に添加すると嗜好性と飼料価値を向上させます。

添加方法は、大量の場合にはワゴンの上にフロントローダで濃厚飼料（穀類）を上げ、原料と一緒にサイロに混入させます。

表4 添加物の種類、特性と添加量

添加物の種類	添加物の作用	添加物の使用量	添 加 法
濃厚飼料 (穀類添加法)	水分を調整し、さらに糖の添加効果もあり、乳酸発酵を促進させる。フスマ・ビートパルプ・圧偏大麦・破碎トウモロコシなど使用する。	原料に10%添加すると水分が6～7%低減させることができる。低蛋白質飼料に添加すると嗜好性と飼料価値を向上させる。	大量の場合には、ワゴンの上にフロントローダで濃厚飼料を上げ、原料と一緒にサイロに混入させる。ボブキャットで混合する方法もよい。

高野 (1980)

Q：サイレージくん炭化による飼料価値の低下はどのくらいでしょうか？

A：乾燥しすぎたサイレージ、または、乾燥不十分な乾草（ともに水分が30～40%）を収納した時、牧草が異常な発熱を起こして、色が濃褐色から黒褐色に変わり、強い焦げ臭（不快臭ではない）を発生します。このような現象をくん炭化（ヒートダメージともいう）と呼んでいます。

くん炭化した牧草でも軽度のものであれば採食しますが、飼料価値は乾物消化率が低下し、中でも蛋白質の消化率の低下は著しく、乳量を低下させます。

表5 くん炭化による各成分消化率・栄養価の低下\*

くん炭化 ランク	におい	色 調	貯蔵中の品温	消 化 率						栄 養 価		
				D	M	有機物	粗タンパク	粗脂肪	NFE	粗セシイ	DCP	TDN
良 質	乾 草	臭 淡緑色 ～淡黄色	外気温～40℃ 程度まで	100	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	91
軽	甘酸臭とカビ臭	白、褐色	50～60℃程度	89	90	69	87	88	99	69	90	90
中	強 い 酸 臭	濃 褐 色	65～75℃程度	85	86	51	115	89	95	55	89	89
重	強 い酸臭と焦げ臭	黒 褐 色	80℃以上	78	80	1	121	84	99	1	82	82

注) \*良質乾草を100とした時の割合 \*\*白カビ（放線菌）汚染乾草（北海道立根釧農業試験場）

Q : サイレージ調製での養分ロスにはどんなものがあるのでしょうか？

A : サイレージ調製・貯蔵過程には、呼吸、発酵、排汁、酸化による損失があります。(図3)

① 呼吸=サイレージ調製過程での損失で最も大きいものです。

これは、サイロ内の空気量・空気に接触する時間の長さに関係してきます。

詰め込み後に呼吸が長く続くとサイレージの温度が上がるばかりでなく、乾物損失が多くなり消化率も低下します。

② 発酵=発酵によるロス、乳酸発酵で2~5%の範囲です。

③ 排汁=サイレージ原料草の水分とサイロの型式・大きさ・加圧の有無が関係してきます。

排汁量とその成分は図4・5のようになっています。

また、排汁中のBODは牛尿の4.7倍、家庭下水の180倍にも達します。河川等へ流出させないようにする必要があります。(表6・7)

④ 酸化=貯蔵中に徐々に空気が浸透してできるサイレージの腐敗(スポイルージ)による損失です。

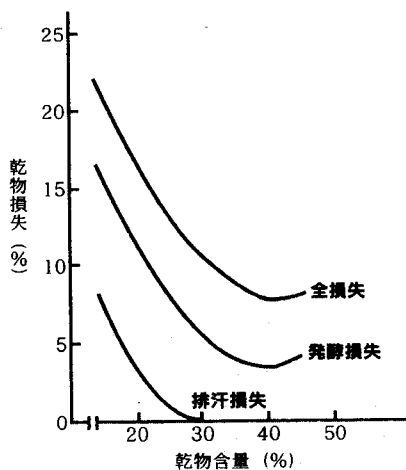


図3 サイレージの乾物含量と乾物損失との関係

(ツインマー、1969)

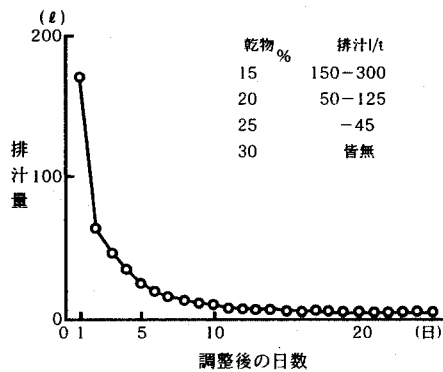


図4 経過日数と排汁量

(粗飼料草地ハンドブック)

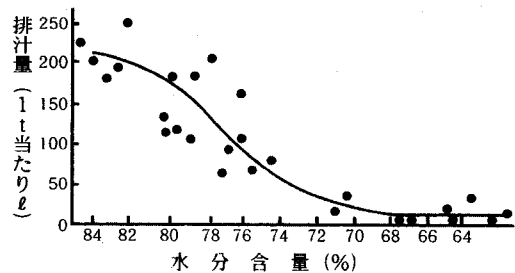


図5 材料の水分含量と排汁量との関係

(ムードッホ、1954)

表6 牧草サイレージ排汁の成分

区 分	平均	範 囲
乾 物 (%)	5.0	2.8~5.8
粗 灰 分 (%)	1.0	0.99~1.05
全 窒 素 (%)	0.22	0.14~0.26
pH	4.1	3.6~4.5
比 重	1.023	1.011~1.07

注) 無添加サイレージの排汁 (高野・山下 1972)

表7 各種汚水のBOD

区 分	BOD(mgO <sub>2</sub> /ℓ)
サイレージ排汁	90,000
豚スラリー	35,000
牛 尿	19,000
牛スラリー	5,000
家庭下水	500

(ウールフォード、1978)

Q：わが家のサイレージはマイコトキシン（カビ属）に汚染されていますか？

A：マイコトキシンは、カビ（糸状菌）によって産出される有毒物質です。

カビはあらゆるところに存在し、適切な物質、pH、適量の酸素、水分、温度があればどこでも生育します。

この毒素は、嫌氣的、好氣的環境条件を問わずに生成されるようです。

知られている糸状菌は20万種類を越えると言われていますが、サイレージが好氣的変敗（二次発酵）する時に普通は、

1. アスペルギルス属（コウジカビ）－圃場で産生する場合、高温乾燥条件で発育しやすい
  2. フザリウム属（アカカビ）－圃場で産生する場合、低温湿潤条件で発育しやすい
  3. ペニシリウム属（アオカビ）－圃場で産生する場合、低温湿潤条件で発育しやすい
- の糸状菌が関与しているようです。

これらのカビから産生される毒素（マイコトキシン）が、乳牛の深刻な低乳量、繁殖障害、疾病（乳房炎も含む）の発生と死亡をもたらします。

人間に係わる最も良く知られた症状は、アレルギー反応の結果発症する「農夫肺症」と「喘息」です。

サイレージを含む飼料は、明白なカビの発生や飼料の劣化が見えなくても、かなりのレベルで有害なマイコトキシンを含んでいることがあります。

逆に、カビの発生した飼料がマイコトキシンが産出されなかったために無害なことも有り得ます。

このように、飼料のカビや外見ではマイコトキシン含量の指標とはならないようです。

この外見と毒性とは関係がないために、マイコトキシンによる乳牛の生産と健康への影響は過小評価されています。

◎ 粗飼料で良く見られるマイコトキシンには、次のような物があります。

- ① アフラトキシン～1由来、発ガン性あり、綿実を含む、乳牛の症状は流産、繁殖障害、下痢、脱毛、小さく虚弱なぬれ仔牛、肝臓障害、死亡など
- ② デオキシニバレノール～2由来、最も普通に検出されるカビ毒、乳牛の症状は飼料摂取量の減少またはボミトキシンと乳量の低下など
- ③ ゼアラレノン～2由来、乳牛の症状は流産、膣炎、膣分泌、低繁殖率、未経産牛の乳腺浮腫、育成牛の受胎率低下、飼料摂取量低下、乳量低下、下痢など
- ④ T-2トキシン～2由来、乳牛の症状は、胃腸炎、小腸出血及び死亡、仔牛では白血球と好中球菌の減少ともに免疫グロブリンの低下など
- ⑤ フモニシン～反すう動物にとって有害である。
- ⑥ オクラトキシン～3由来、冷涼気候の方が発生しやすい、多くはルーメンで破壊される、乳牛の症状は下痢、肝臓障害、乳量低下、哺育牛の死亡など
- ⑦ パツリン～サイレージへの汚染と中毒症があるが、病気との関連は不明
- ⑧ トレモルゲン～1由来、肉牛は食欲減退、下痢、元気喪失及び被刺激性を示すなど
- ⑨ その他多数

（注：数字1はアスペルギルス属、2はフザリウム属、3はペニシリウム属を示す）

◎ 飼料の大まかな症状

- ① 飼料が塊になる。
- ② カビ臭がする。
- ③ 飼料が温かい、あるいは発熱した兆候がある。
- ④ 黒ずんだあるいは湿害を受けた色が見える。
- ⑤ 明らかなカビの発育が見える。

◎動物の症状

- ① 飼料摂取量の減少あるいは食べない。
- ② 元気のない栄養不良の外貌
- ③ 粗い皮毛と寄生虫感染の外貌
- ④ よく設計された飼料にもかかわらず低い乳量
- ⑤ 日和見症の高率発生—特に分娩牛の代謝病
- ⑥ 病気治療に対する低反応
- ⑦ 断続的な下痢、あるいは便秘、時として血便あるいは暗色の糞
- ⑧ 流産、鈍性発情発生の増加と受胎率の低下
- ⑨ 悪い管理の外貌

◎ 予防と処置

マイコトキシンに汚染されたサイレージを解毒する実用的方法はなく、マイコトキシン発生の防止が重要です。原則的には、サイレージ調製の基本技術の励行、二次発酵の防止、アンモニア或いはプロピオン酸の添加は有効と思われます。また、カビ吸着剤の飼料への添加などもあります。

—アメリカバーモント州の栄養コンサルタントとして著名なDr. ブライアン パーキンスの情報によれば—

- ・マイコトキシンはサンプルをラボで分析しても見つけられないことが多い。  
たとえ見つけられても300~400種類ある中の3~4種類である。

◎ マイコトキシンに汚染されている牛の見分け方

- ① 糞の均一性を見る→未消化物多い  
糞がゆるい場合→糞の色は明るい茶色、泡無し→マイコトキシン症状  
糞の色は明るい灰色、泡有り→アシドーシス症状
- ② 乳牛は透明な鼻汁を出す。
- ③ DMI（乾物摂取量）が上がったり下がったりする。
- ④ マイコトキシン症状はアシドーシス症状と良く似ている。  
（重曹の摂取量が多いとアシドーシス）
- ⑤ 原因不明のラミナイティス（蹄葉炎）症状がみられる。  
小腸、大腸が赤く腫れている→乳量、繁殖成績が落ちる。

◎ カビ吸着剤について

- ① もし、マイコトキシンに汚染されたエサを給与していても、カビ吸着剤を給与すると、日乳量が1~1.5kg/頭上がる。
- ② 2週間位給与し続ける→乳量の反応を見る→乳量が上がれば給与し続ける。
- ③ もし、乳量の反応が無ければ他の商品に替えてやってみる。
- ④ ミネラルを吸着する物もあるので注意する。

表8 バンカーサイロにおけるコーンサイレージの酵母、カビ、バクテリアの状態

	取り出し表面	バンカーサイロの床**
pH	3.68	3.83
酵母数*	18,000	410,000
カビ数*	<1,000	370,000
バクテリア数*	5,300	730,000

注：\* コロニー/g

\*\*サイロの上部表面もバンカーサイロの床の状態に近い



Q : リステリア菌、リステリア症とは何ですか？

A : 本菌はリステリア モノシトゲネス (*Listeria monocytogenes*) で通称リステリア菌と呼ばれています。

グラム染色が陽性、芽胞形成が無く、運動性があり、桿状形態の通性嫌気性細菌で自然界に広く分布し、かつ腐食した植物材料、下水、水、糞便、土壌及びサイレージで頻繁に検出されます。この菌は通常腐生菌として生息しますが、日和見感染病原体で、何らかの原因で免疫系の機能が低下した個体を冒し、多くの動物に疾病を発症させます。

家畜については妊娠末期の母畜や新生児に発症します。

この微生物は動物に対して骨髄炎、脳炎や敗血症を含む多数の疾病に関与し、また流産を引き起こすことが知られています。

牛ではほとんどが脳炎型で菌が口粘膜や鼻粘膜の微細な傷口から侵入し、神経繊維を上行して脳に達します。

また、人にも感染して髄膜脳炎を引き起こすことも知られています。

牛乳やソフトチーズでもこの菌が見つかったとの報告もあります。

この菌の身近な発生源としては、pHが高く、破損ビニールなどから空気の侵入したサイレージの中で増殖します。

ですから、サイレージでこのリステリア菌の生育を抑制する最も効果的な方法は、空気の侵入を最大限防ぐことであると言われています。

罹患牛の症状としては、脳炎型は高齢牛に多く見られ、突然、元気・食欲が減退して畜舎の壁あるいはスタンションに体を寄せて呆然と佇立します。また、平行感覚が無くなり運動制御ができないため暴走することもあります。

斜頸及び頭部の片麻痺となり旋回運動をします。延髄が障害を受けているため嘔吐することもあります。

発症後3～7日の経過で急速に悪化し死亡する例と、初期に抗生物質療法を行うと症状の進行が止まり回復することもあります。

仔牛では敗血症型となり発熱、沈うつ虚弱、消瘦および下痢などの症状を示します。

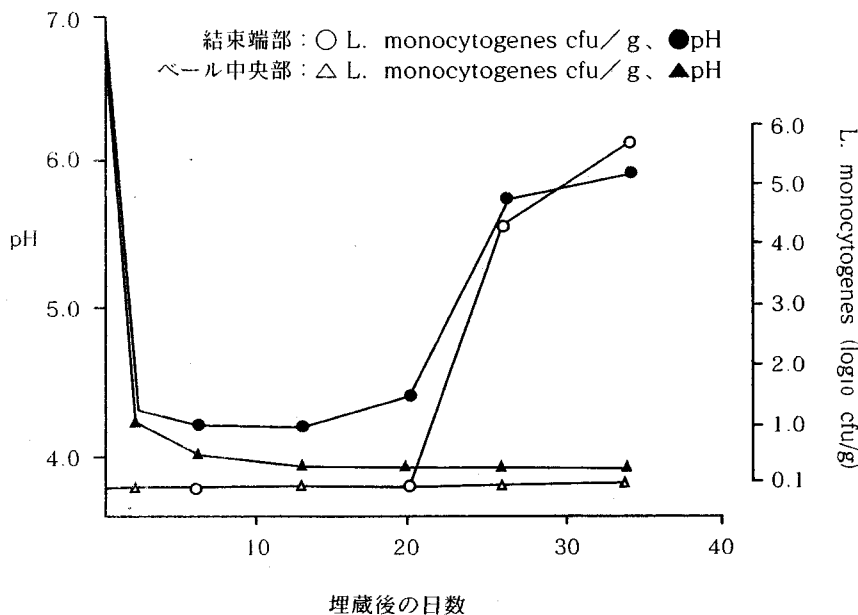


図6 実験室規模バックサイレージの好気的変敗時の*L.monocytogenes*の消長に及ぼすサイレージpHの影響 (サイレージの生化学より)

**Q** : クロストリジアについて教えてください。

**A** : クロストリジアは、嫌気性芽胞菌と呼ばれるサイレージに生育する細菌（酪酸菌）のグループで、サイレージに混入すると品質を大きく低下させます。

クロストリジアは通常緑葉植物には少ないので、土壌や糞などに生育する芽胞がサイレージに混入することによって発生するとも言われています。

一般的にこの菌は、サイロ内の嫌气的条件下で、水分の高い状態（通常70%以上）で生育します。しかし、70%以上のものの全てがクロストリジア汚染につながる訳ではありません。

この細菌グループは、有益なバクテリアによって産生された乳酸を酪酸に変える物や、作物のタンパク質から得られた遊離アミノ酸を分解してアンモニアを生成する物などがあります。乳酸とアンモニアから生成された酪酸は共にサイレージのpHを上昇させます。

クロストリジアの多いサイレージの特徴は

- ① 乳酸よりも酪酸の方が多い
- ② pHは5.0以上になる
- ③ アンモニア態窒素が全窒素に対して10%以上になる
- ④ 酪酸臭（変質したバター臭）やアンモニア臭などの悪臭がする  
などです。

クロストリジアの多いサイレージを乳牛に給与した場合、乾物摂取量が減少しルーメン微生物の生態が崩壊します。通常、乳牛は飼料摂取を嫌がり、体重の減少、産乳量が低下します

クロストリジアは通常低いpHと低水分の条件では生育しません。

ですからこの細菌による被害を防ぐには

- ① 原料草の適切な水分調節
- ② サイロに詰め込み後できるだけ早くpHを下げる環境を整える
- ③ サイロ内には原料草以外の土砂などを持ち込まない
- ④ 糞尿の散布時期、散布量などを適正に行う  
などが上げられます。

**Q** : 腐敗したサイレージを堆肥にまぜて発酵させても大丈夫ですか……。

**A** : 堆肥発酵を促進させるには、カビ（糸状菌）や酵母、好気性細菌が必要なので、堆肥に混ぜても問題はありません。

サイレージが空気にさらされて腐敗（二次発酵）すると、好気細菌・カビ酵母が増加します。

通常のサイレージに増殖するこれらの微生物には、病原性のものが含まれていませんので衛生面からの問題もありません。

仮に大腸菌群がいたとしても、堆肥発酵中の発酵温度で死滅することも知られています。

サイレージを堆肥に混ぜる場合は、混合切り返しを必ず行うことが重要です。

これは、発酵が早く進みサイレージ中の微生物相が堆肥発酵の微生物相に早く変化させるためと考えられます。

**Q** : 1年もの、あるいはそれ以上の年数が経過したサイレージがサイロに残ったまま、サイレージを詰め込み、古いものまで給与してもよいですか……。

**A** : 結論からいいますと、大丈夫です。

タワー型だと下部に古いものが残り、バンカーだと奥に古いものが残ります。

それに続けて詰め込むわけですが、詰め込むまでの期間が長かったり、気温が高かったりする時期にぶつかると境目の部分が腐敗する可能性があり、廃棄しなければならない場合もあります。

境目を腐敗しないようにするには、基本的に二次発酵を起こした表面に防止剤を散布することと同じです。ギ酸、プロピオン酸、ギ酸カルシウム複合剤などが使えます。（添加物の項・参照）新しいサイレージが古いものにかぶさり、きちんと密閉されてサイレージが作られると、古いものは数年間経過しても大丈夫です。

**Q** : サイレージ作業効率を上げるためにはどのような条件整備が心要でしょうか。

**A** : 次のような条件の整備が必要です。

- ① 圃場整備～耕起時の整地で凸凹の解消、区画整備（旋回の減少等）
- ② 農道、取り付け道路、サイロ周辺整備  
～運搬スピードのアップ、走行中のこぼれ防止、原料草への汚れの防止
- ③ 作業機の整備～牧草収穫後の点検・修理、よく壊れる・減る箇所の部品用意
- ④ 作業の打合せ～共同、家族作業の予定打合せ、これは作業能率ばかりではなく事故回避にもつながる。
- ⑤ 健康管理～農繁期には労働過剰となっておりますか？普段より十分な栄養をとり心身ともに健全な生活に心掛けましょう。