

サイレージ発酵の過程と乳酸菌の役割



雪印種苗(株)技術研究所

三浦俊治

1 サイレージの発酵過程

第1段階

サイロに入った原料の作物はまだ「生きて」います。内部に酸素があると呼吸をして、作物に含まれる養分（主に糖分）を消費し、炭酸ガスと熱を発生します。この段階は、呼吸による「養分ロス」の段階」とも言え、なるべく短時間で終わらせなければなりません。これは、どんな添加剤を使用する場合でも共通する原則です。その為には、サイロ内の酸素を少なくし、新たに外部から酸素が入らない様にします。つまり細切・踏圧（追い出し）、密封（遮断）などの作業を基本通りにするのです。特に 詰めこみ作業の影響は大きいので、1～2日で詰め終わり、すぐに気密性の高いシート等で密封する事が重要です。これらの作業が良好だと、サイロ内の酸素が炭酸ガス等に置き換わり、呼吸は短期間で止まります。この段階は、その後の段階にも大きく影響します。

第2段階

サイロ内の酸素が少なくなる過程で「酸素を好きな雑菌」が増殖します。その際、原料の糖分が消費され酢酸等を生成したり、たんぱくの分解が進みます。この過程で糖がたくさん使われてしまうと、その後の乳酸発酵に必要な糖分が不足するので、この段階も第1段階と同様に短期間で終了させる必要があります。

第3段階

サイロ内の酸素が少なくなると、酸素を好きな雑菌の活動がおさえられ、変わって乳酸菌（主に乳酸球菌等）の活動が活発になります。糖分から乳酸が作られ、pHが低下します。

表1 数種の材料植物¹⁾に付着している微生物数²⁾

草種	乳酸菌		好気性細菌	酵母・糸状菌
	球菌	桿菌		
トウモロコシ	7.8×10^4	4.4×10^3	3.2×10^7	8.9×10^5
ソルガム	5.1×10^4	4.1×10^3	5.6×10^6	3.5×10^5
アルファルファ	6.5×10^3	3.5×10^2	3.3×10^6	9.5×10^4
アカクローバ	7.1×10^3	6.1×10^2	1.4×10^6	2.2×10^5
イタリアンライグラス	2.3×10^2	6.3×10^2	2.5×10^5	5.4×10^4
エンバク	4.3×10^2	4.1×10	8.3×10^5	6.3×10^4
ギニアグラス	2.6×10^3	3.6×10	1.2×10^6	9.9×10^4

¹⁾ 茎部 ²⁾ cfu / g新鮮物 (蔡ら, 1994年)

細切や踏圧が良好だと、原料中の糖分がしみ出して、乳酸菌に利用されやすくなります。細切は高水分の場合に、踏圧は低水分の時に、より重要な要因となります。

第4段階

サイロ内の酸素が更に少なくなったり、pHの低下により、更に乳酸菌（主に乳酸桿菌）の活動が活発になります。pHが4.2程度まで低下すると、酸素を好きな悪玉菌（酪酸菌など）の活動が抑えられて、発酵は安定状態となります。

第5段階

pHの低下が不十分だと、悪玉菌の活動が活発となり、乳酸を酪酸等の臭いのきつい酸に変えてしまったり、たんぱくの分解が進み、好ましくないアンモニアやアミンを生成します。このようなサイレージは嗜好性が劣り、生産性が低下したり牛のコンディションも悪化します。

サイロ開封後

開封後に、酸素がサイロ内に入ると、活動が抑えられていた酵母やカビ等の活動が活発になり、いわゆる2次発酵（好気的変敗）を引き起こします。特に 貯蔵期間が1か月未満等の短い場合は、

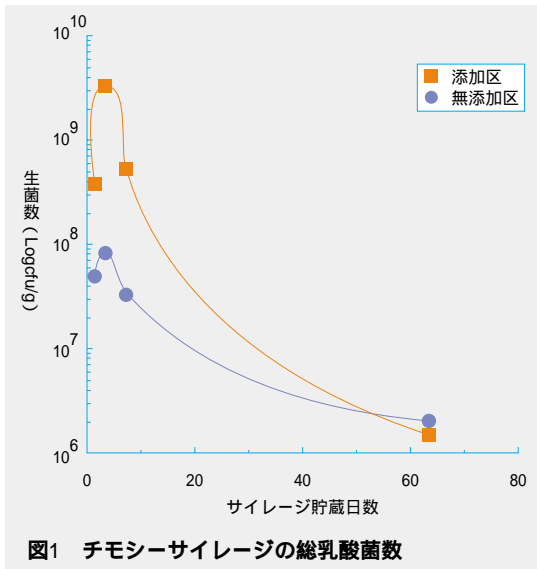


図1 チモシーサイレージの総乳酸菌数

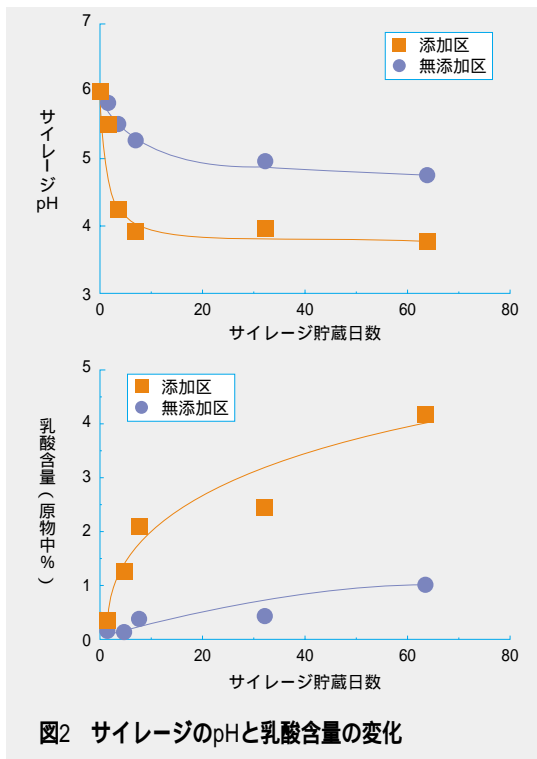


図2 サイレージのpHと乳酸含量の変化

急激に酸化が進み、黒色や茶褐色に変色する事も見受けられます。乳酸発酵自体が良好に進んでも、2次発酵しにくい状態におちつくには、2か月程度は貯蔵が必要です。

また、貯蔵中に気密性が悪かったりすれば、サイロ内でカビや酵母の塊が発生したり、発熱が起こります。

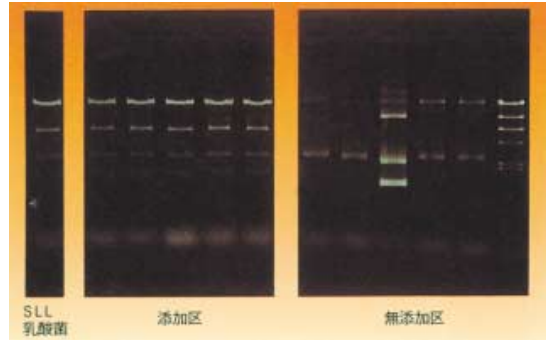


図3 乳酸菌のプラスミドプロファイル (チモシーサイレージ3日目)

2 乳酸菌の役割

原料草に付着している乳酸菌の数は、好気性細菌（酸素の好きな雑菌）に比べて、少ない事がわかります。糖分が多い材料で、作業も良好なら、サイロ中で乳酸菌の数は短期間で多くなります（表1, 前ページ参照）。しかし、もともと糖含量が少なかったり、第1段階、第2段階が長引くと、糖不足からpHが十分に低下できずに、悪玉菌の活動をおさえられなくなってしまいます。そこで、スノーラクト-L（当社乳酸菌）を調製時に使用すると、まだ酸素がサイロに残っている第2段階でも、乳酸菌数は十分なレベルに達して雑菌との勝負に勝ち（図1）、乳酸の生成によりpHが速やかに低下するので（図2）、悪玉菌（酪酸菌）による不良発酵が防げるのです。

また、乳酸菌が持っているプラスミド（染色体以外の遺伝要素）のパターンの調査から、原料草に付着していた乳酸菌ではなく、スノーラクト-Lの乳酸菌がサイレージ中で間違いなく増えている事も確認されています（図3）。

また、アクレモ（繊維分解酵素入りの乳酸菌）を使うと、原料の作物中の繊維（糖がたくさん並んだ鎖）を分解して糖が作られます。それで、糖が少ない場合でも、良好なサイレージを調製する事が可能になります（図4, 5）。

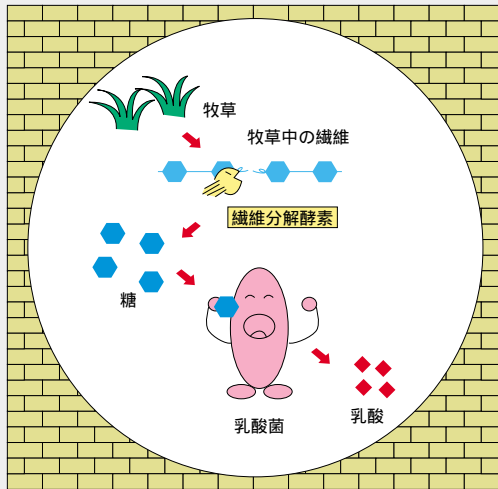


図4 乳酸菌と繊維分解酵素のサイロ内での働き

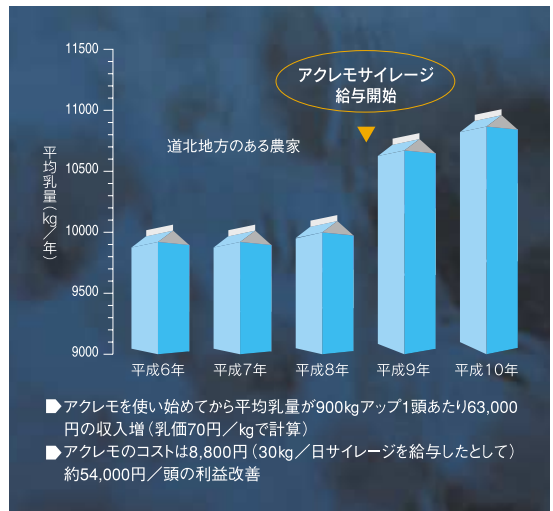


図6 アクレモ使用による生産性向上

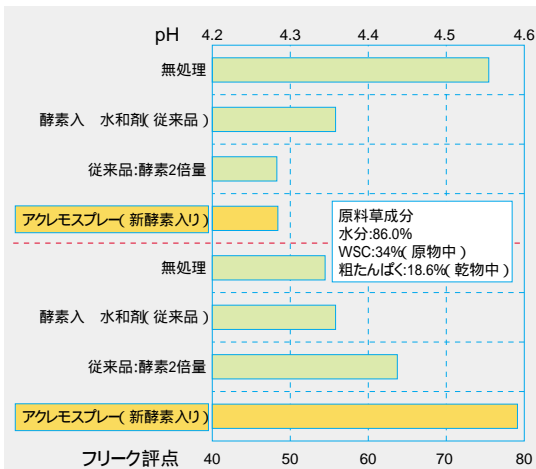


図5 非常に調製しにくい条件の高水分イネ科牧草サイレージ発酵品質



3 スノーラクト Lの効果

スノーラクト Lを使用すると発酵品質が良好になる結果、食い込みが向上して経営内容が改善された事例が多くよせられています(図6)。

また、水分が50%以下の条件では乳酸発酵も酪酸発酵も抑制されると言われ、pHも品質に関係なく高めになる傾向があります。このようなラップサイレージの場合でも、利用者から嗜好性の向上等が報告されるのはなぜでしょうか。よく解明されていませんが、低水分の場合でもロールには水分ムラがあったり、結露による表面の腐敗で嗜好性が低下する事をよく見受けれます。こういう面がアクレモによって抑えられたのかもしれない。

