

新しいサイレージ用乳酸菌 「サイマスター」の紹介

はじめに

サイレージは牛にとって主食にあたる重要な飼料であり、この品質が酪農経営に大きく影響します。サイレージは生ものである牧草や飼料作物などを長期間貯蔵するために漬物の状態にする技術ですが、大きく分けて2つの課題があります。1つは密封貯蔵中の酪酸菌が原因となる酪酸発酵を抑えること、もう1つはサイレージ開封後に酵母などが増えることで発熱、変敗する二次発酵を抑えることです。この2つの課題を解決するために、古くからサイレージ添加物の検討が行われ、数多くの商品が市販されています。今回は、1つ目の課題である酪酸発酵による変敗を改善するために、当社が検討してきた新しい乳酸菌「サイマスター」について紹介します。

1.現場のサイレージの品質はどうなっている？

サイレージの発酵品質については、古くから問題視され、良質なサイレージを調製するための技術開発が検討されてきました。近年では機械の開発も進み、細切、踏圧、密封といったサイレージ調製作業についても十分ではないものの改善されている面もあります。それでは、現場のサイレージは良くなっているのでしょうか？当社では、現場サイレージの粗飼料分析を行っており、ここに集まってくる北海道の牧草サイレージについて傾向をまとめてみました。牧草サイレージの発酵のよし悪しを判断する1

つの指標としてサイレージのpHがあります。平成14、15年度は牧草サイレージの基準であるpH4.2以下の割合が全体の7割程度でしたが、それ以降は5割程度で推移しています(図1)。また、サイレージの発酵品質を点数化したVスコア(酢酸、酪酸含量とVBN比を点数化して100点満点で評価する方法、VBNは揮発性塩基態窒素の略で主にアンモニアや低級アミンなどが含まれる)を見ると、不可と判断される60点以下の割合は全体の20~30%前後で平成14年度から昨年まで改善される傾向はありません(図2)。さらに近年では酪酸が原物中1%以上、VBN比25%以上といった極端に劣質なサイレージが散見されるようになり、このようなサイレージが出来てしまった牧場では、採食量の低下やケトシス、肝機能低下に伴う臨床性乳房炎などの疾病が発生しているケースもあります。当社では牧草サイ

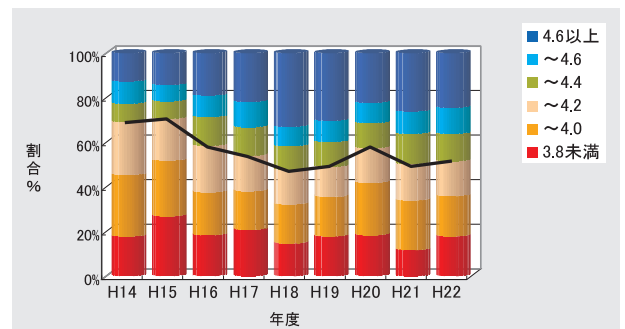


図1 北海道内の牧草サイレージのpH分布割合 (当社分析グループ調べ)

牧草と園芸/平成24年(2012)3月 春季号 目次

- 新品種チャガラシ「辛神」表 2
- 新しいサイレージ用乳酸菌「サイマスター」の紹介 [北村 亨] 1
- 良質な牧草サイレージを調製するために [北村 亨] 5
- 飼料イネサイレージ専用乳酸菌「畜草1号」の紹介 [北村 亨] 9
- 草地の植生を改善したらもっとよいサイレージができる [高山 光男] ...12
- ソルガム・スーダングラスの利用方法と優良品種紹介 [小山内 光輔] ...16
- 雪印のソルガム、スーダングラス表 3
- 新サイレージ用乳酸菌「サイマスター」表 4



旭川 十勝岳

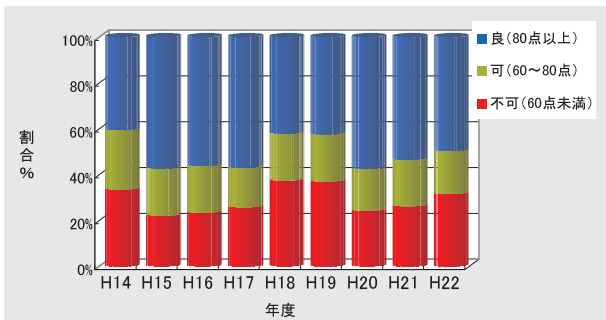


図2 北海道内の牧草サイレージのVスコア分布割合 (当社分析グループ調べ)

レージの発酵品質がむしろ悪くなっている原因についても検討を行い、シバムギやリードカナリーグラスなどの侵入による植生の悪化や過剰施肥などサイレージの材料に問題があることを明らかにしてきました。もちろんこれらの原因を改善するために、不良植生を改善するための更新技術や追播技術の検討、サイレージの発酵に悪影響を及ぼさないような施肥管理方法などの検討も行っていますが、合わせてこのような材料では従来のサイレージ添加物が十分に対応できないケースも増えてきたため、新しい乳酸菌について検討を行いました。

2. 酪酸発酵はどのように起こるのか？

サイレージの変敗を起こすのは大きく分けて2種類の微生物が関係しています。1つは好気性細菌と呼ばれている酸素がある条件で活発に増殖する微生物、もう1つは酪酸菌で酸素がない嫌気的条件下で活動する微生物です。好気性細菌は、まだサイロ内に酸素が残っている発酵の初期段階で増殖し、乳酸発

酵に必要な糖分を消費するとともに、蛋白質を分解してアンモニアなどを生成します。アンモニアはそれ自身がサイレージの嗜好性を落とす原因になりますが、アルカリ性の物質であるために、pHを高くする性質があります。従って、発酵初期にアンモニアなどが大量に発生すると、その後の乳酸発酵でpHが下がりにくくなります。酪酸菌は、サイレージ環境下では発酵の中期以降に出てきますが、この段階で十分にpHが下がっていないと酪酸菌が増殖して酪酸を生成するとともに、さらに蛋白質などが分解されてアンモニアなどが発生します。表1、2はサイレージ調製前の材料に付着している微生物数を調査したものです¹⁾。乳酸発酵に関わる乳酸菌数に比べて、発酵初期の変敗に関わる好気性細菌数は100~1,000倍です。酪酸発酵を抑えるには、この初期の競合に勝ち、さらに乳酸を効率よく生成して十分にpHを下げて酪酸菌の増殖を抑える必要があります。

3. 新しいサイレージ用乳酸菌の特徴

一口に乳酸菌といっても様々な環境に多種多様な乳酸菌が存在します。ヨーグルトやチーズなど乳製品の発酵に関わるもの、人や動物の腸内に存在するもの、漬物など植物の発酵に関わるものなど用途や環境に応じて適した乳酸菌の種類は異なります。新しいサイレージ用乳酸菌を検討するには、牧草やサイレージ環境で生きている乳酸菌が適していると考え、まずは牧草、サイレージから乳酸菌を分離することから始め、数年間で1,000株を越える乳酸菌を収集しました。これらの菌株の中から牧草サイレージの環境で増殖スピードが速く、耐酸性が強くて多くの乳酸を生成することができる菌株を選抜しました。その結果、2つの特性の違う乳酸菌を組み合わせることで、今までにない乳酸発酵促進効果を実現することができました。1つは乳酸球菌の*Lactococcus lactis* (ラクトコッカス・ラクティス) SBS0001株で、サイレージ中での増殖が非常に速く、初期の雑菌の増殖を抑えます。しかし、耐酸性が弱いことからpHが下がり始めると菌数が減少します。もう1つは乳酸桿菌の*Lactobacillus paracasei* (ラクト

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)

表2 刈り取り直後及び刈り取り後3日目の材料草に付着している微生物数¹⁾

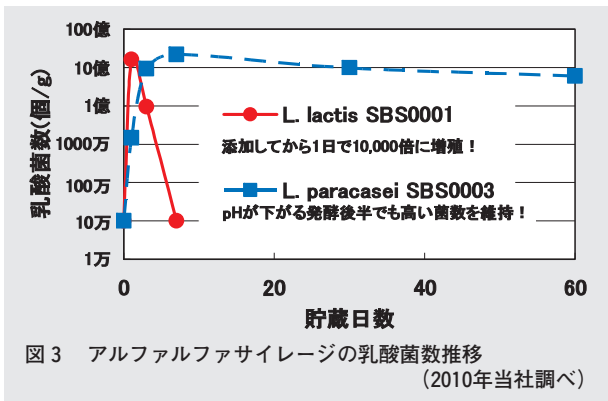
菌種	チモシー		オーチャードグラス		アルファルファ	
	刈り取り直後	3日後	刈り取り直後	3日後	刈り取り直後	3日後
乳酸菌	4.6×10^4	5.6×10^4	2.5×10^4	1.8×10^6	$< 10^3$	1.8×10^4
好気性細菌	1.6×10^6	1.1×10^7	2.5×10^6	1.6×10^{10}	7.6×10^8	$> 10^8$
酵母	$< 10^2$	$< 10^2$	$< 10^2$	$< 10^2$	$< 10^2$	2.0×10^2
糸状菌(カビ)	1.6×10^3	7.0×10^2	$< 10^2$	9.0×10^3	$< 10^2$	2.5×10^3

¹⁾ cfu/g新鮮物

(増子ら、1996年)



写真1 サイマスター乳酸菌の電子顕微鏡写真(10,000倍)
(撮影:雪印メグミルク(株)ミルクサイエンス研究所)



バチルス・パラカゼイ) SBS0003株で増殖スピードはSBS0001株より若干遅いものの、耐酸性が非常に強く、発酵後半でも高い菌数を維持してしっかりとpHを下げて酪酸菌の増殖を抑えます(写真1)。この乳酸菌をアルファルファサイレージに添加したときの乳酸菌数の推移を調査したのが図3です。SBS0001株は発酵1日目で10,000倍に増殖し(サイレージ1gあたり10万個添加したものが10億個まで増殖)、3日目から7日目にかけて減少しますが、SBS0003株が3日目以降に同じレベルまで増殖し、その後発酵後半まで高い菌数を維持する傾向にありました。この2つの乳酸菌を組み合わせた製品が「サイマスター」です。発酵の直後から後半まで添加した乳酸菌がサイレージ中で優占することで、酪酸菌を含めた雑菌を抑え、良好な発酵品質につながると考えられます。

4. 牧草から糖を供給するアクレモ酵素

乳酸菌がサイレージ中で乳酸発酵するためには、餌となる糖分が必要ですが、特に牧草類には乳酸菌が利用できる糖分が不足するケースがあります。こ

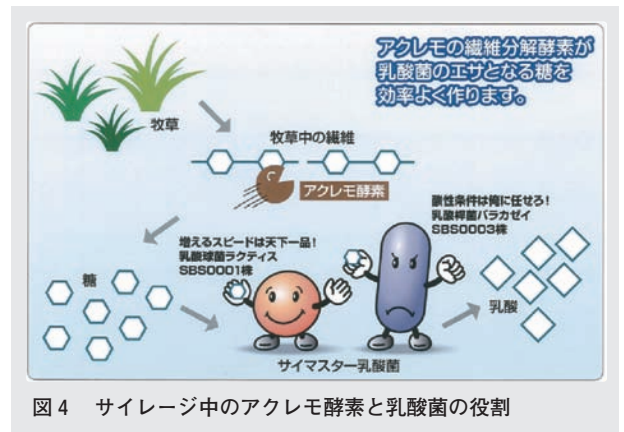


図4 サイレージ中のアクレモ酵素と乳酸菌の役割

の糖不足を解決するために、当社では牧草専用の繊維分解酵素「アクレモ酵素」を開発しております。アクレモ酵素によって牧草の繊維の一部を分解して乳酸菌の餌となる糖を作り、この糖を利用してサイマスターの乳酸菌が乳酸発酵を促進します(図4)。このように糖分を供給しながら乳酸発酵を促進させることから、様々な草種に対応することができ、安定した発酵品質改善効果が期待できます。

5. サイマスターの牧草サイレージへの添加効果

サイレージの発酵品質が悪くなっている1つの原因として植生の悪化があります。シバムギやリードカナリーグラスといった地下茎型イネ科草種は、乳酸菌が利用できる糖分がチモシーに比べて少なく、発酵初期におけるVBNの発生が多いことから良質なサイレージになりにくい材料です²⁾。図5はリードカナリーグラスに従来製品(アクレモコンク)とサイマスターAC(乳酸菌+酵素の規格)を添加したサイレージの有機酸含量を示したものです。従来

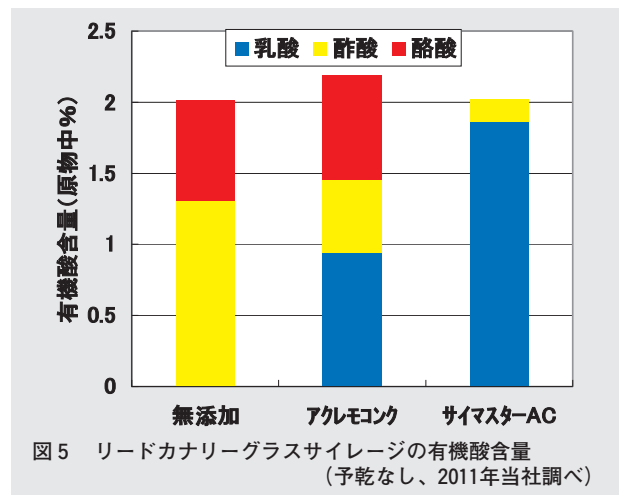
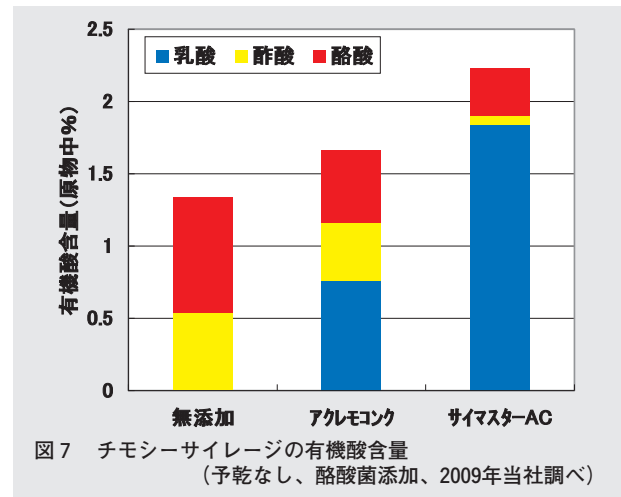
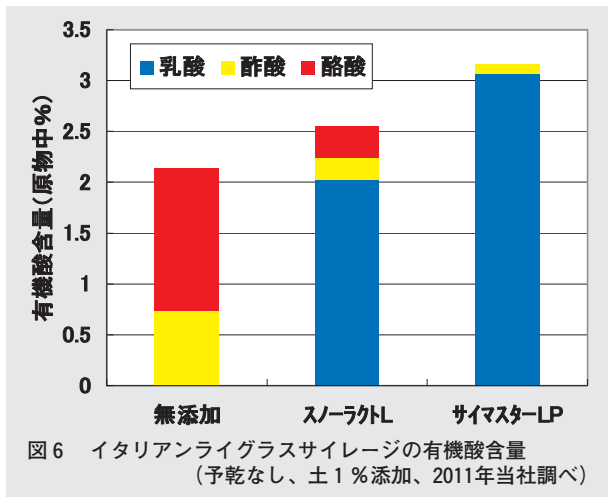


図5 リードカナリーグラスサイレージの有機酸含量 (予乾なし、2011年当社調べ)



の製品ではまだ酪酸含量が高いですが、サイマスターAC処理では酪酸が殆どなく、良好な乳酸発酵を示しました。また、酪酸発酵の原因として土砂の混入があります（土砂には酪酸菌を含めた多量の雑菌が含まれる）。イタリアンライグラスに土を1%添加したサイレージで調査したところ、サイマスターLP（乳酸菌のみの規格）は従来の乳酸菌（スノーラクトL）に比べて発酵品質を改善する効果が高い傾向にありました（図6）。さらに、酪酸発酵しやすくするために、人為的に酪酸菌を添加したチモシーサイレージでも調査を行ったところ、やはりサイマスターACは従来の製品よりも大幅に発酵品質を改善しました（図7）。

このようにサイレージの発酵品質が改善されると、栄養価も大きく改善されます。酪酸発酵したサイレージは、pHが高く、酪酸菌を始めとした雑菌によって、蛋白質やデンプンなどの比較的分解を受けやすい成分が分解されて、ロスします。その結果、表3にあるように劣質サイレージ（無添加）はCPやNFC含量が低く、分解を受けにくいNDFなどの繊維含量が高くなり、TDNが低いサイレージになります。一方、良質サイレージ（サイマスターLP、AC）は栄養価も高く、繊維含量が低いことから、

表3 同じ原料草で調製した劣質サイレージと良質サイレージの栄養価（シバムギ：チモシー＝75：25）

処理区	pH	栄養価（乾物中%）			
		CP	NFC	NDF	TDN
無添加	5.47	9.47	5.43	73.44	64.28
サイマスターLP	3.87	13.26	9.84	65.59	68.47
サイマスターAC	3.79	13.91	10.52	64.02	68.06

(2011年、当社調べ)

より食い込めるサイレージになります。

今回紹介した新しいサイレージ用乳酸菌は、従来の乳酸菌に比べて大幅に牧草サイレージの発酵品質を改善する可能性があります。しかし、サイレージ用添加物は万能ではなく、どんな条件でも良質なサイレージにできる訳ではありません。本号でもご紹介している圃場の植生改善、適正な施肥管理、サイレージ調製作業の改善などと合わせて利用することで、より良質なサイレージが安定的に調製できると思います。

参考文献

- 1) 増子孝義（1999）サイレージ科学の進歩、デーリィ・ジャパン社、P 89-90
- 2) 北村亨（2011）デーリィ・ジャパン 4月号、P 64-67