

牧草サイレージに対するサイレージ用乳酸菌「サイマスターAC」の効果

はじめに

牧草サイレージは、酪農における主要な自給粗飼料であり、良質な牧草サイレージを調製することは、乳牛の嗜好性を高め、自給飼料を多給した乳生産につながります。良好なサイレージ発酵のためには、雑草の少ない原料草を用いる、予乾による水分調整を行う、十分に踏圧・密閉をすることなどが重要です。これらのポイントが重要であることは言うまでもありませんが、コントラクターやTMRセンターなどが普及し、大規模な収穫・調製作業体系において収穫作業効率が優先されることにより、予乾が不十分となるケースも多く、何らかのサイレージ用添加材を利用する場面も増えています。今回は、弊社サイレージ用乳酸菌：サイマスターACの牧草サイレージ発酵品質改善効果をご紹介しますとともに、発酵品質改善に伴う牧草サイレージの栄養価や酪農経営に及ぼす影響についてご紹介いたします。

1. サイマスター乳酸菌の特徴

サイマスターには、牧草やサイレージから分離された1,000株を越える乳酸菌から選抜した2種類の菌株が使われています。特性の違う2つの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

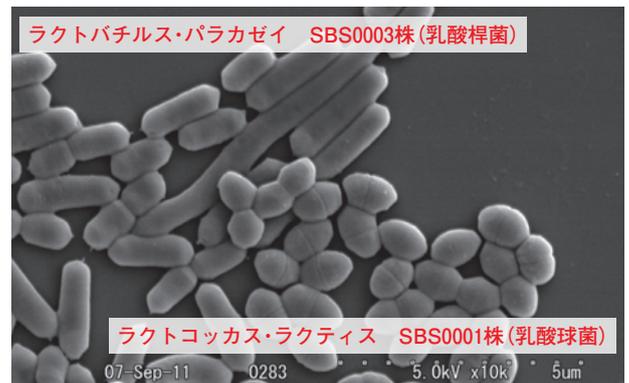


写真1. サイマスター乳酸菌の電子顕微鏡写真
(撮影：雪印メグミルク ミルクサイエンス研究所)

たときの乳酸菌数の推移を調査したところ、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がわかりました。サイマスターはこの2つの乳酸菌によって、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、良好な発酵品質に繋がると考えられます。

2. 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、エサ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エサとなる糖類を作り、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1)。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。当社では乳酸菌のみのサイマスターLPと(中水分の牧草やトウモロコシなどの飼料作物向け)、乳酸菌

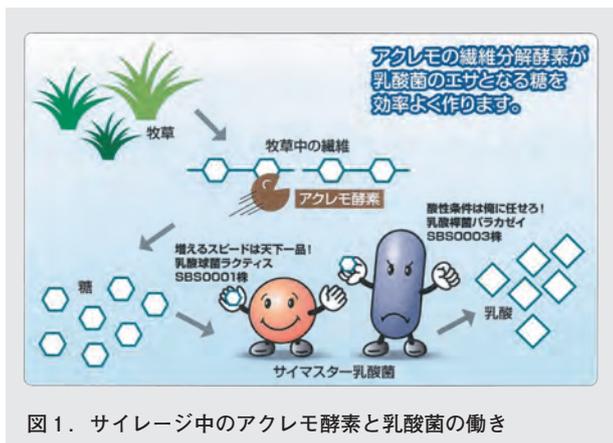


図1. サイレージ中のアクレモ酵素と乳酸菌の働き

+アクレモ酵素のサイマスタ-AC（低糖分・高水分牧草や食品製造副産物向け）という規格を用意しております。

3. サイマスタ-ACの牧草サイレージ発酵品質改善効果

北海道草地の植生悪化原因として近年注目されている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（揮発性塩基態窒素、主にアンモニア）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。このシバムギやリードカナリーグラスで行った小規模サイロの試験では、無添加ではかなり劣質なサイレージとなりましたが、サイマスタ-ACを添加したサイレージは、良好な乳酸発酵を示し（図2）、発酵品質を100点満点で評価するVスコアも大幅に改善しました。

サイマスタ-販売初年目の2012年の北海道の牧草1番草サイレージの傾向について、発酵品質が悪くなりやすい高水分のサイレージに絞って、当社の粗飼料分析サービスのデータを整理してみました。2012年8月～2013年6月の間に当社分析グループで

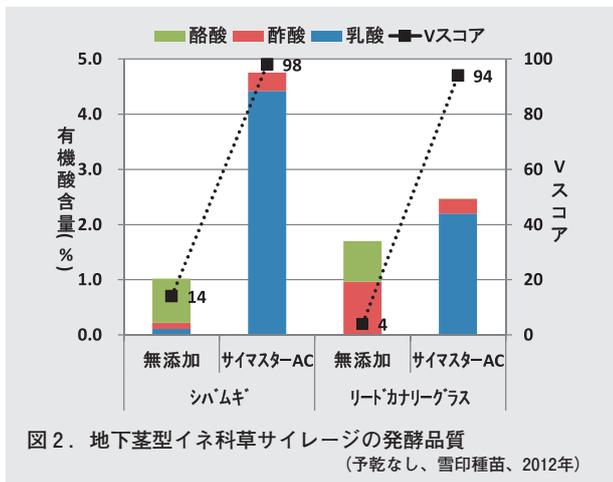


図2. 地下茎型イネ科草サイレージの発酵品質 (予乾なし、雪印種苗、2012年)

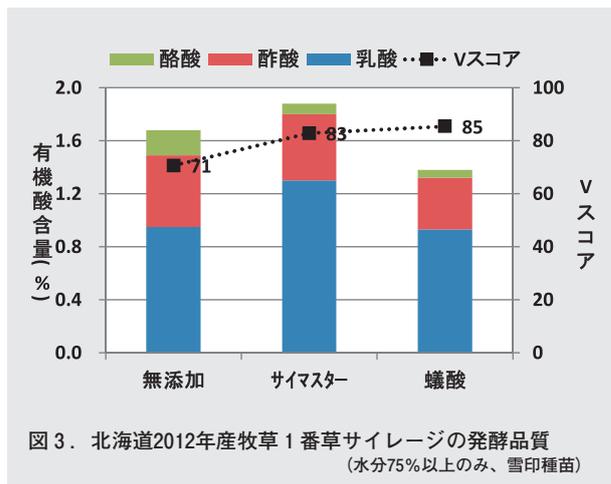


図3. 北海道2012年産牧草1番草サイレージの発酵品質 (水分75%以上のみ、雪印種苗)

受け入れた北海道内の牧草1番草サイレージのうち、水分75%以上のサンプルを調査対象としました。全262件の農家を添加材ごとに分けて（無添加：87件、サイマスタ-：115件、蟻酸：60件）、発酵品質や栄養価の傾向を調査しました。

有機酸組成では、サイマスタ-は無添加より乳酸含量が多く、酪酸含量が少ない傾向、蟻酸は、乳酸含量は高くないものの、酪酸含量が少ない傾向にありました（図3）。Vスコアは無添加が平均で70点程度に対して、サイマスタ-と蟻酸は85点前後でした。高水分の牧草サイレージには酪酸発酵の抑制に蟻酸添加が推奨されますが、サイマスタ-添加でも蟻酸と同レベルの良質なサイレージが調製されました。

4. 牧草サイレージの発酵品質と栄養価の関係

表1はシバムギとチモシーを半々で混ぜた原料草を使って、サイレージ用乳酸菌の種類を変えて調製した牧草サイレージの発酵品質と栄養価です。Vスコア6点から99点までの5種類のサイレージができています。発酵品質が悪くなればなるほどCP（粗タンパク質）含量やNFC（非繊維性炭水化物：デンプン、糖、ペクチンなど）含量は減少し、CP含量は約3.6%、NFC含量は約6.3%の差となりました。サイレージの発酵品質が悪くなると、酪酸菌を含めて多くの雑菌が増殖していると考えられます。分解を受けやすいタンパク質やデンプンなどは、それらの雑菌に利用されてCPはVBN、NFCは炭酸ガスなどに分解されて低下すると思われます。一方、OCW（総繊維）含量は発酵品質が悪くなるほど増加し、約10.5%の差になっています。CPやNFCと違って、繊維成分は雑菌による分解を受けにくい成

表1. シバムギ・チモシー（1：1）混合サイレーズの発酵品質と飼料成分（水分78%、雪印種苗、2011年）

処理区	発酵品質（有機酸は現物中%）					
	pH	乳酸	酢酸	酪酸	VBN/TN	Vスコア
無添加	5.34	0	0.72	0.94	57.2	6.0
スノーラクトL	4.82	0.42	0.22	0.83	16.7	23.0
アクレモコンク	4.34	1.13	0.17	0.56	10.9	46.3
サイマスターLP	3.80	2.38	0.19	0	6.4	97.3
サイマスターAC	3.78	2.69	0.24	0	5.4	98.8

処理区	飼料成分（乾物中%）					
	CP	NFC	OCW	Oa	Ob	TDN
無添加	9.2	5.1	75.4	10.9	64.5	55.8
スノーラクトL	11.1	9.0	73.0	10.6	62.4	58.5
アクレモコンク	11.0	10.9	71.2	10.5	60.8	58.9
サイマスターLP	12.0	11.0	67.3	11.4	55.9	61.0
サイマスターAC	12.9	11.5	66.0	11.0	54.9	61.8

VBN：揮発性塩基態窒素、TN：総窒素
 CP：粗タンパク質、NFC：非繊維性炭水化物、TDN可消化養分総量
 OCW：総繊維、Oa：高消化性繊維、Ob：低消化性繊維

分になるので、発酵品質が悪くなると相対的に割合が高くなると思われます。特に繊維成分の中でも牛に利用されにくいOb（低消化性繊維）が増加する傾向でした。従って、発酵品質が悪くなると、低消化性の繊維含量が増加することになり、サイレーズの消化率や食い込み量にも大きく影響すると思われまます。以上の飼料成分の傾向からTDNはVスコアの低下に伴って、直線的に低下し、この試験では約6%低下しました。

5. 牧草サイレーズの発酵品質が飼料計算に及ぼす影響

牛の条件と濃厚飼料の給与量を一定にした場合、自給飼料のTDNが5%低下すると、年間可能産乳量は10%低下すると言われています。しかし、実際には牛の状態（乳量など）とサイレーズの成分から、足りない栄養分を購入飼料で補うことになると思います。そこで表1にあるシバムギとチモシーの混合サイレーズを使って、飼料計算を試みました。牛の条件としては、搾乳牛（3産次）、体重620kg、乳量35kg、乳脂肪4.2%、乳蛋白3.2%とし、コーンサイレーズ15kgとベースの配合飼料（CP：18%、TDN：75%、現物中）6kgを固定して、表1の発酵品質の異なる5種類のサイレーズと単味飼料（トウモロコシ、ナタネ粕）で調整しました。Vスコアが高い牧草サイレーズは繊維含量が低いためにサイレーズの量が多くなり、さらにCPやNFC含量が高いことから、その分、単味飼料が少ない計算になりました（表2）。

その飼料計算から1日1頭あたりの飼料費を計算

表2. 発酵品質の異なる牧草サイレーズを使った場合の飼料計算結果（雪印種苗、2011年）

	1番草グラスサイレーズVスコア				
	6点	23点	46点	97点	99点
1番草グラスサイレーズ	38.3	37.9	38.4	39.3	40.3
コーンサイレーズ	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0
配合飼料（CP18%、TDN75%）	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
単味飼料（トウモロコシ、ナタネ粕）	6.7	6.5	6.2	4.8	4.5
その他（ビタミン、ミネラル剤）	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27

したところ、Vスコア6点のサイレーズでは1,251円だったのに対し、99点のサイレーズでは1,150円となり、1日1頭あたり100円の差となりました（図4）。搾乳牛が100頭であれば1日1万円、年間になると365万円という大きな差になります。ちなみに、Vスコア50点以下のサイレーズに乳酸菌（サイマスターAC）を使用して良質サイレーズにした場合のコストは、飼料計算の給与量と販売価格から1日1頭あたり約30円程度になります。これを差し引いても40円から70円は飼料費が安く済むので、50円で計算しても搾乳牛100頭で年間約180万円の飼料費削減につながります。

一方、これは牧草サイレーズの栄養価だけを見て計算したもので、Vスコア6点の牧草サイレーズを38kg給与する計算になってはいますが、そんなに食い込めるでしょうか？おそらく、このまま給与すれば採食量に差が出るのは容易に想像できるので、実際の乳量に差が出て、影響はさらに大きくなります。また、酪酸を多量に給与すると、ケトシスを発症する危険性があります。Vスコアが低い牧草サイレーズは酪酸含量が高いことから、ケトシスを考慮して1日あたりの酪酸の摂取量を制限すると、給与できる牧草サイレーズの量は極端に少なくなり（表3）、その分を2番草サイレーズや購入乾草などで補う必要が出てきます。さらに繁殖への影

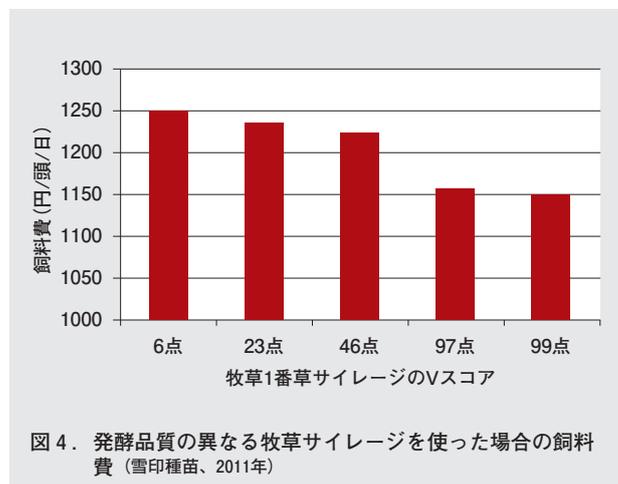


表3. 牧草サイレージの発酵品質とケトーシスを考慮した給与可能量の関係 (雪印種苗、2011年)

Vスコア	酪酸含量 (現物中)	給与可能量 (kg/頭/日)		栄養価だけで 計算した給与量 (kg/頭/日)
		酪酸100g以下 (潜在性ケトーシス)	酪酸200g以下 (臨床性ケトーシス)	
6点	0.94%	10.6	21.3	38.3
23点	0.83%	12.0	21.3	37.9
46点	0.56%	17.9	35.7	38.4
97点	0%	酪酸による制限なし		39.3
99点	0%			40.3

*右端の列は、表2の飼料計算結果

響も考慮すると、先ほどの栄養価だけで見た飼料費に与える影響はごく一部で、経営全体に与える影響はさらに大きくなると想像できます。

6. 牧草サイレージ発酵品質の改善事例

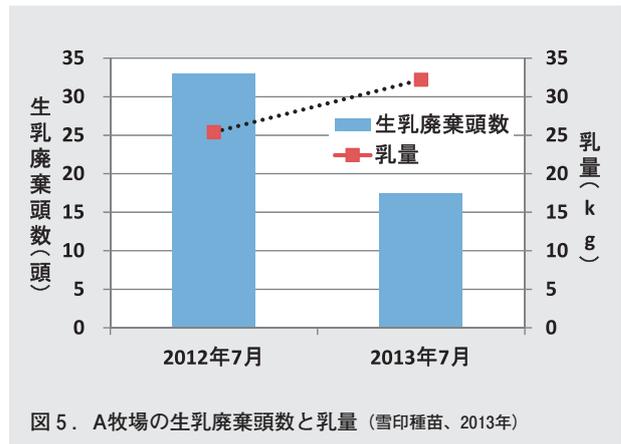
最後にスラリー施用法の改善と合わせてサイマスターを利用することで、牧草サイレージの発酵品質を改善した現地事例を紹介します。この根室管内A牧場は経産牛250頭を飼養する大規模牧場ですが、牧草サイレージは発酵品質が悪く、酪酸含量が高い傾向が続いていました。聞き取り調査により草地への施肥内容を確認したところ、2010年以前は5月上旬から1ヶ月かけてスラリーを施用していたため、施用から一番草収穫までの期間が短い圃場があり、施用量も多いことが分かりました。そこで、2011年以降は、春のスラリー施用を中止し、一番草刈取後と秋の施用のみに変更しました。2010年産の牧草サイレージは、弊社サイレージ用乳酸菌を添加しても、Vスコアは平均28点と発酵品質は劣質でした(表4)。スラリー施用時期を変更した2011年産の牧草サイレージは、無添加では劣質でしたが、サイマスター添加ではVスコア92点となり、発酵品質は大幅に改善しました。

この牧場では牧草サイレージの発酵品質が悪くなってから、臨床性の乳房炎が多発し、乳房炎による生乳廃棄頭数は30頭を超えていました。酪酸発酵サイレージの長期間給与により肝機能障害が起こり、更に免疫力が低下して臨床性乳房炎を引き起こ

表4. 牧草1番草のサイレージ発酵品質の改善(北海道A牧場)

調製年	2010年	2011年		2012年
早春スラリー散布	従前通り散布	散布制限		散布制限
添加材	アクレモコンク	無添加	サイマスターAC	サイマスターAC
pH	4.8	4.4	3.7	3.9
酪酸(原物中%)	0.61	0.30	0.02	0.11
VBN/TN(%)	24.0	20.6	7.5	9.0
Vスコア	28	32	92	83

(雪印種苗、2013年)



していたと思われます。牧草サイレージの発酵品質改善に取り組んだことで、2011年産の無添加サイレージを給与していた2012年7月と比較すると、月の平均生乳廃棄頭数(初乳、乳房炎など)は半分近くに減り(図5)、出荷牛の平均乳量は6.8kg増えました。発酵品質の改善に伴ってサイレージの栄養価も改善していることが乳量増加に繋がっていると思われます(牧草サイレージの給与割合は乾物比で35%から40%に増加)。サイレージの酪酸発酵が酪農経営に大きく影響することを実感する事例でした。

最後に

サイマスターACは、北海道立総合研究機構 根釧農業試験場と共同で取り組んだ成果として、平成26年度に北海道指導参考事項に認定されました。しかし、サイレージ用添加材は、発酵品質を改善するアイテムの一つにすぎません。サイレージ調製にはそれ以外にも多くのポイント¹⁾があり、それらと合わせてサイマスターをご利用いただくと、より良質なサイレージ調製が可能となると考えています。サイレージの発酵品質は、嗜好性や食い込み量だけでなく、栄養価、ケトーシスなどの疾病、繁殖など酪農経営に大きく影響します。良質なサイレージ調製を心がけましょう。

参考文献

- 1) 根室生産農業協同組合連合会発行、根室農業改良普及センター監修、サイレージの達人(2010年)