

# 乳酸菌（スノーラクトL）添加を成功させるための技術

雪印種苗(株)関東事業部 技術顧問 小池 袈裟市

## はじめに

サイレージ調製技術も逐年進歩して、理論的にはひとしく説明できるようになっているようであるが、生産現場の極めて多様な条件下では様々な問題点が提起されている。

近年のふん尿還元蓄積と早刈り化に伴う牧草類、麦類サイレージの不安定性、牧草の予乾と二次発酵、トウモロコシの調製条件と二次発酵及びF<sub>1</sub>改良品種と発酵品質など、その因果関係については説明できても、原因対策に対してどこまで具体的、確信的に説明が出来るかはなほだ心もとない点が少なくない。

サイレージの発酵改善には、まず酪酸発酵の抑制が先決である。それは減水対策がポイントであり、予乾、熟期の進行、乾物の添加、排汁などが取り上げられてきたが、一方では高品質高泌乳、多頭化高能率調製などの側面からは、水分の高水準での調製も不可避の問題になってきている。

また発酵改善の新しい要求としては、嗜好性指向であろう。手間のかかる自給生産物が粗悪な流通粗飼料と同等では、折角の生産の意味が薄くなる。乾物摂取量の増大という最大の課題に答えられてこそ望ましい自給飼料であろう。

乳酸菌の添加については、筆者も1970年ころ、当時流通して

いた製剤について、メーカー立ち会いで実験をした結果、効果がなかったこと、難しい微生物関係の情報を敬遠してきたこと、植物体には乳酸菌は十分存在するという前提などから、以後20年関心を示さず、むしろ否定的な指導をしてきている。近年に至り、乳酸菌製剤スノーラクトL添加の指導を始めて約4年を経過したが、今後の牛乳の高泌乳高品質時代のサイレージ品質を考えるときに、発酵改善の有力な手段になる確信が得られたので、成功するための問題点とポイントについて述べてみたい。

## 1 スノーラクトL添加の成果と問題点

図1は茨城県下の酪農家が栽培している麦類を用いた実験結果である。水熟期前後で、ふん尿施

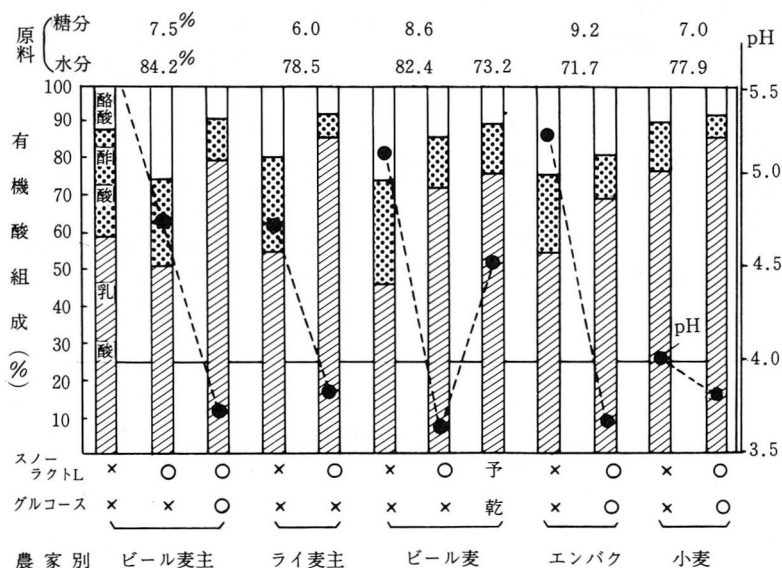


図1 麦類の高水分低糖分原料に対するスノーラクトLの添加効果 (雪印種苗・千葉研究農場)

用が多く高水分低糖分の典型的な原料である。スノーラクトLとグルコースの併用添加により、pHはいずれも3コンマ台に低下し改善効果は顕著である。

スノーラクトL単独添加の場合は、大幅に改善されるものがある反面、pHは下り切らず安定性に欠けている。農家においても効果の不確な場合は単独添加の場合である。また、小実験のデータなどではマイナス効果のある場合も見られるが、暖地型牧草やこれに類す多肥条件、若いステージなどの原料を用いた場合や実験上の取扱などもあるようであり、微生物の動きの複雑さを示している。

幸い筆者らに対応してきた農家の事例においては、たとえpHの低下が不十分のもので、従来のものよりも好感をもち、ほとんど例外ないぐらいに嗜好性の向上を認めている。単独添加の場合でも逆効果は全く杞憂であり、材料に応じた改善効果はあるものも理解している。

発酵品質の差は、原料の糖水準によって大きく異なる。実験(図3)の際に採取した転作田のものは、WSC 17%を示したが、その草姿はうっそうとしていて、倒伏の様子がなく、葉色はベストの状態であった。この農家はふん尿を完全処理して外部に供給し、少な目に施しているため、チョッパーダイレクト体系でも常に酪酸のない調製に心掛けている。まず栽培が基本であることの例である。

大部分の場合はふん尿の経営内利用が余儀なくされている。ある農家は夏冬作ともチョッパーダイレクト調製のため、スノーラクトLにグルコースの併用を自ら思いつき、発酵品質、嗜好性を大幅に改善し、購入粗飼料ゼロで23 kg余の良質乳をコンスタントに生産していた。奥さんが小声で「もうかりますよ」と言っていたことが印象に残っている。

図2は西富士草地のオーチャード出穂始の原料(標準施肥)を用い、ダイレクト、予乾半日と1日について実験したものである。ダイレクトではpHは低下するも不十分であったが、薄日半日予乾では併用効果が顕著であった。1日予乾ではスノーラクトL

の単独添加で足り、更に一步の予乾で添加は不要になることが推測され、従来の経験と一致した。

このような原料の糖水準とグルコースの添加量については、農家自身が適正添加量を見出すべく試行錯誤が続いている。例えば出穂期にグルコース0.5%添加で成功すれば翌年はその半量に減じ、pHはぎりぎりの水準になるなどである。これらの実態からみて添加の目安は0.2~0.3%単位でコスト低減が可能のように思われる。

スノーラクトL添加で不成功の場合はほとんど例外なく窒素過剰の原料である。ふん尿の過剰施用、春の生育直前のスラリー施用、施肥成分の誤算など共通した理由が多い。このような原料はグルコース添加量が過大な量となるので十分な予乾が前提となろう。

窒素施用量を抑え、生育ステージの遅い牧草では、ほとんど良質サイレーズが得られることは周知のことである。しかし、二次発酵が悩みの種である。最近、遭遇した珍しい例がある。少肥遅刈り牧草を刈取り後1週間連続して雨に当たり、やむなく雨中詰込みの冒険を敢行(スノーラクトL単独0.1%添加)。製品は水分70%余、pH 4.3、酸臭はかなり弱く、想像外のものが得られた。捨て

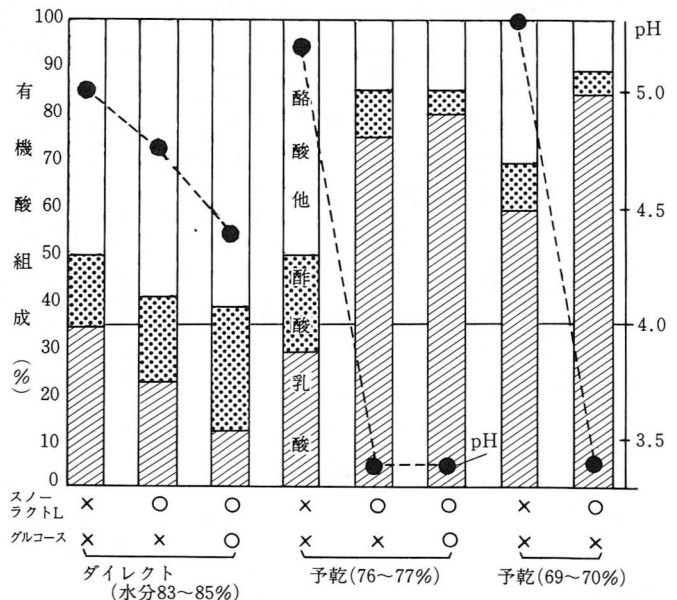


図2 牧草の予乾程度とスノーラクトLの添加効果 (富士開拓農協・雪印種苗)

(注) 材料：オーチャード主体 出穂始  
添加剤：スノーラクトL 0.1%, グルコース 0.5%

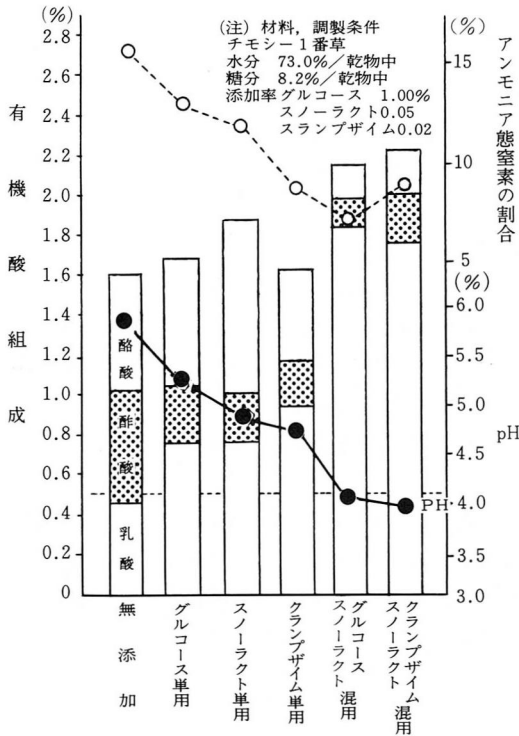


図3 乳酸菌の併用効果  
(1988.8 安宅らより)

るのを覚悟で詰めた 80 t は嗜好性が良く自由採食で 50 kg 平均を摂取し、濃厚飼料 8 kg 給与と併せて 25 kg を搾っている。原料の糖水準、水分活性などの条件に加え、スノーラクトL添加の効果が現れたものと推察している。2~3 番草の乾き過ぎ、二次発酵などの問題に対して良いヒントが得られたと思っている。

スノーラクトL添加による嗜好性の向上は、劣質サイレージでも認められるが、添加の目標はあくまで pH 4.0 以下におき、まず酪酸を抑えることが先決である。二次的にはアンモニア態窒素の割合を減らすことになり、かつ酢酸臭も共通的に減る傾向があるので、食込みを確実に高めるようにする必要がある。

図3は安宅らによるスノーラクトLとグルコース及びセルラーゼ製剤(雪印発売クランプザイム)

併用の添加効果である。まず糖分添加については、糖不足には糖分の添加が最もストレートな発想であるが、原料糖の効率的利用、二次発酵、経済性などから判断すればおのずから結論が得られよう。

セルラーゼ製剤クランプザイムについては、今後の新しい添加剤として注目されている。セルラーゼ酵素はセルロース、ヘミセルロースを糖化し、乳酸菌によって乳酸に変えるもので、図4でもその様子がうかがえる。高中水分低糖分材料に好適し、低水分原料には適さない。

クランプザイムは pH は中性の原料でも敏感に反応し、乳酸菌活動への効果も高いとされている。また、養分向上効果のある点はグルコースよりも一歩前進するようであり、アンモニア態窒素を減らし蛋白ロスの少ない点も特徴とされている。更に添加コストもグルコースと差が少なく今後の普及が期待される。

## 2 乳酸菌の普及(研究)の経過

わが国での乳酸菌の研究普及は、北海道大学の佐々木ら(1960年)が出発点のようである。10年余の研究の中から、「北大式グラスサイレージ調製法」として普及し、現地の好評を得たとされている。まず原料草における微生物相の分布が調べられている。乳酸菌は酸の生成力の劣る球菌(ス

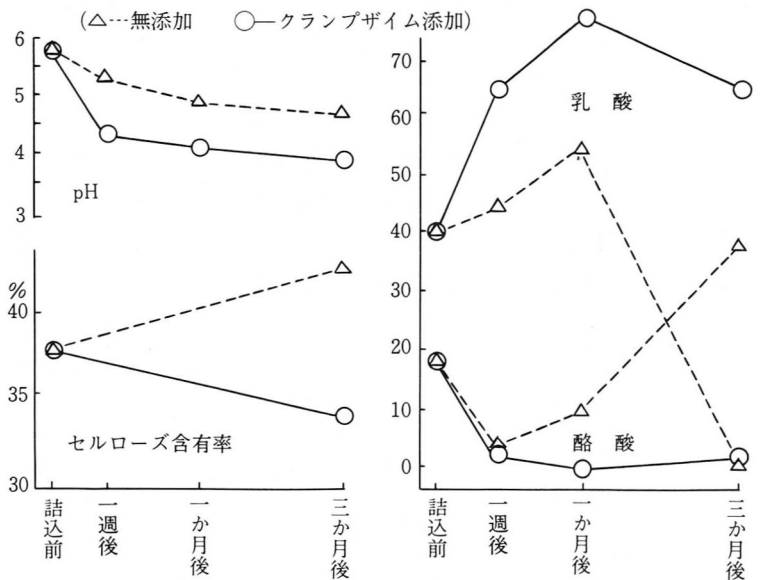


図4 イタリアンライグラス(出穂期)に対するクランプザイムの添加効果  
(宮崎大学, 1987年)

トレプトコッカスの類)は見られるものの、望ましい桿菌としてのラクトバチルスの類はデータ上ではほとんど認められず、好気性細菌、蛋白分解菌、酵母、カビが大部分を占めている。

しかしながら、サイレージとして熟成後は、ラクトバチルスが優占し、他の不良微生物を減少させるダイナミックな現象を克明にとらえている。それらの有用乳酸菌の中から、牧草煮汁で培養しながらラクトバチルス・プランタラムを選び各種添加実験を繰返し、最終的にグルコースとの相乗効果の技術が確立されている。

添加による微生物相の変化を4日目の排汁で見ているが、無添加は酸生成力の弱いストレプトコッカスが主体で、かつ各種有害菌が多く見られたのに対して、ラクトバチルス・プランタラム+グルコース添加ではラクトバチルス・プランタラムのみとなり、急速にpHを下げ、熟成後には対照4.3に対して3.9と安定している。更に嗜好性、消化率、乾物回収率などはいずれも優れた結果となっている。

これらは北海道農業試験場(西部ら、高野ら)と共に現地農家に応用しているが、水分80%程度の牧草でも、pHは3コンマ台、乳酸2~3%と安定したデータとなっている。北大の佐々木らは「北大法を忠実に実施されるならば、グラスサイレージの品質は現状より顕著に改善され、酪農経営上益するところ大なるものがあると確信を持った」と結論している。

なお、糖源として糖密などの有効性は認められるが、それ自体酪酸菌や他の有害菌が頗る多いことなども追跡し、また予乾過程における微生物相の変化では乳酸菌は大幅に減ったこと、土砂混入により酪酸菌の増加などを確認し留意点としている。

畜産試験場における研究では、森地、大山らの報告(1971年)がある。やはり牧草から優良株を分離培養したラクトバチルス・プランタラムで $10^6$ を添加した結果では否定的な結果となっている。一方、酪酸菌、堆肥などの悪材料を添加しても酪酸の多い劣質サイレージは必ずしも得られないことなどから、微生物の生態系は容易には変えられないとされている。

むしろ環境要因を重視し、調製の原則を次のように整理されている。① 密封が十分で低水分(予乾)条件では糖、温度、乳酸菌などの程度に関係なく、発酵全体が抑制されるので酪酸発酵は起らない。従って、乳酸発酵を旺盛にする必要はない。② 高水分では糖水準が決定的役割を果たし、糖が十分存在して乳酸発酵が支配的になれば、温度や乳酸菌数にかかわらず酪酸の増殖は抑制される。③ 糖の量が中程度の場合は、環境の影響が大きく、多くの場合は埋蔵温度 $15^{\circ}\text{C}$ 程度では乳酸発酵が、 $30^{\circ}\text{C}$ では酪酸発酵が優勢になりやすいとされている。現地の実態に照らしてみると一つひとつ思い当たるものがある。

一方サイロの通気実験において、前述の乳酸菌単独添加とグルコース(1~2%)の併用添加によれば、前者はグラム陰性桿菌が著しく増加したのに対して、併用添加ではラクトバチルス類が顕著に増加し、良質サイレージの出来ることを認め、埋蔵初期の空気条件によっては糖だけでは不十分であり、乳酸菌菌数を高めて、好気性菌の活動や酪酸菌の増殖を抑制する必要があるとされている。

なお大山らは、原料草に分布するラクトバチルス類の分布について調査(表1)しているが、北大の場合と同様に少なく、ラクトバチルス類全体で $10^5$ 以上が5~6%、 $10^1$ 以下は50%となっている。

乳酸菌添加の菌個数については、近年桧山(1986年)による明解なデータがある。過去のデータを含めてみると、ホモ型有用乳酸菌の有効添加個数としては、 $10^{5-6}$ 程度となっている。

乳酸菌の種類については、従来はラクトバチルス・プランタラムが主であったが、近年の良質サイレージに出現するものはラクトバチルス・カゼ

表1 各種生草類におけるラクトバチルス類の分布菌数  
(8草種201サンプルの平均)

菌数	乳 酸 菌 個 数		
	ほ 場 内	放 牧 場 等	合 計
$10^0$	26	6	33
$10^1$	9	8	17
$10^2$	8	10	18
$10^3$	9	8	17
$10^4$	7	3	10
$10^5$	2	3	5
$10^6$	0	0.5	0.5

(千葉市畜試当時 森地、大山、1971)

イが多いようであり、文献上でも優れていると言われている。ラクトバチルス・カゼイは亜種が多いためか各種のサイレージに幅広く分布しているのが特徴のようである。

安宅らは古くからラクトバチルス・カゼイに注目して優良株を分離し、酸生成力の強い系統を選び、多くの実験を重ねてきたことは周知のようである。これを製品化するために雪印種苗と共同開発したものがスノーラクトLである。

### 3 原料の糖水準をめぐる問題

乳酸菌とグルコースとの併用効果の高いことは、埋蔵時に速効性の糖がいかに有効であるかを物語っている。言うまでもなく、乳酸菌は糖を乳酸に変える仲介役であって、菌自体が乳酸になるわけではない。従って乳酸菌添加に当っては原料の糖水準及び速効性の糖含量が最大の問題になる。

原料の糖水準については、一般にWSC（水溶性炭水化物）で乾物中10%以上を目安としてきたが、原物中での目安があいまいのまま行われてきている。また、糖の種類も極めて不明確である。通常サイロ内における乳酸菌による糖の消費は、全糖（単少糖類）が最も速効性で、ついでフラクトサンで、デンプンの発酵効果は低く、WSCには含まれていない。フラクトサンが乳酸菌添加のポイントになる発酵当初にどの程度の役割を果たすものか不明であるが、全糖の多いものが効果的である

ことは言うまでもないであろう。

図5は牧草類の全糖含量を示すが、種類、ステージ、番草別にかなり差があり、その水準も7%以下、原物中ではほとんど2%に達せず、そのまま乳酸に変ったとしても著しく不足する計算になる。多くのデータにみるWSCも牧草類、麦類共に特に減肥をしない限り、5~8%程度であろう。これは高水分原料とすれば、1.0~1.6%、中水分で1.5~2.4%となるが、埋蔵による呼吸ロス、発酵ロスなどを考慮するとほとんど余裕がないことになる。

従来はとかく糖水準の吟味が不十分なまま、乳酸菌を単独添加で効果の有無を論ずる場合が多かったように思われる。原料の糖水準を窒素の効き方、ステージ、現物中の含量などを把握した上で対処することが必要であり、更にクランプザイムのような繊維の糖化酵素が、それらを意識しないで普遍的に使えるようになれば画期的な進歩になると思われる。

### 4 作物別問題点とポイント

**牧草類** 図6はスノーラクトL添加に当って、一応全糖をベースにおきグルコースによる充足量を示したものである。具体的な場面では糖水準は著差があるので、あくまで目安であるが、おおむね実態と符合している。

予乾調製の場合には、生草ダイレクトから乾草に近い状態の幅の中で調製せざるを得ないので、

水分の変化に応じた添加量となるべく的確に判断することが大切である。筆者らの大まかな出穂期における推奨目安としては、水分70~75%程度の予乾で、スノーラクトL 0.1% + グルコース 0.2~0.5%又はクランプザイム 0.01%程度、水分65%前後ではスノーラクトL 0.1%単独でも良いと考えている。無添加で酪酸のない発酵を期待するには、府県での普通栽培では水分60%以下を目安にすれば安全である。

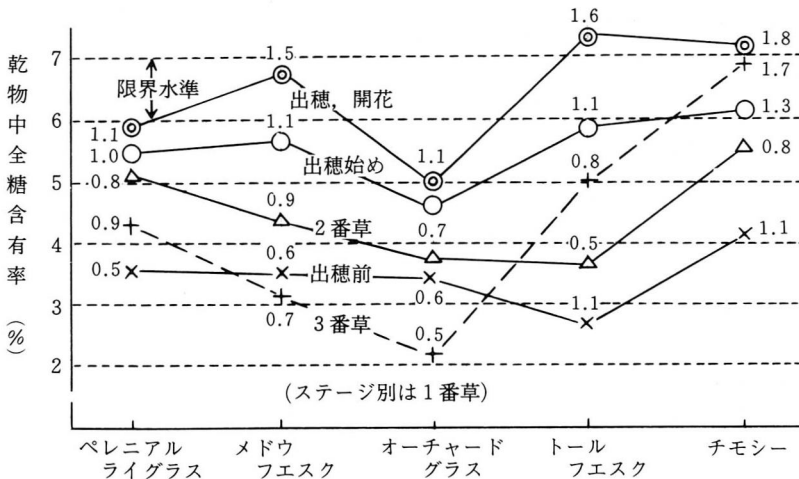


図5 イネ科牧草の全糖含有率（雪印種苗・中央研究農場）

(注) 図中数字は原物中全糖含有率%

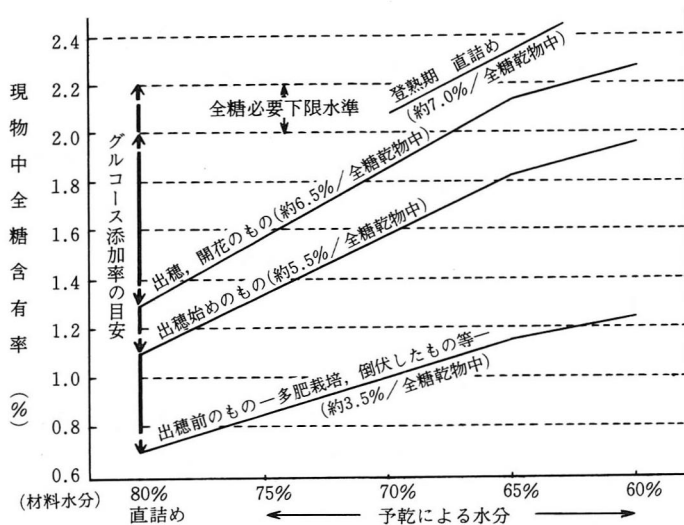


図6 牧草、麦類に対する原料条件とスノーラクトL併用添加に要するグルコース添加の目安

(注) 全糖含有率は草種の平均、予乾ロスは水分1%減ごとに0.5%と仮定

2番草以降の場合、府県は梅雨、梅雨明け、晩秋という環境条件の激変があるので、その対応は著しく異なる。また、具体的対応には実証説明を要する問題が多いので、ここでは省略したい。

**夏型牧草** ローズグラスのような高温生育型の牧草は糖含量が著しく少ないので、スノーラクトLの単独添加は無意味であり、併用添加が望ましい。このような少糖原料はグルコースよりもクランプザイム添加の方が合理的のように思われる。しかし、夏型牧草は乾燥しやすいので乾草生産の方が無難である。

**麦類** 出穂開花期のダイレクト詰めではスノーラクトL 0.1%+グルコース 0.5%以上、又はクランプザイム 0.01%、水熟期に至ればグルコースは0.5%以下でも良いようである。麦類は予乾が難しいので、まず倒伏しないように作ることが大切である。また、積極的な排汁対策も必要である。自給飼料における麦類とイタリアンライグラスは、繊維型良質作物の今後の目玉と考えられるので、添加技術はぜひ成功することを期待したい。

**トウモロコシ** トウモロコシは典型的な速効性の全糖型作物であり、一般的には不足しないものとされている。しかし、現地では発酵品質と糖水準が結びつくものが意外に多い。留意点としては、とくに下葉の枯上がり早く稔実性の良い品種は

糖水準の低い傾向があること、低暖地で遅播きの場合に全体の糖水準が低く、いずれも発酵品質との関係が見られている。糖水準の判定にはブリックス糖度の測定で容易に分る。経験的には糖度3~4の場合は危険信号と見てよい。昭和63年は悪天候により、この水準以下のものがかなり多く、乳酸の蓄積量の少ないのが共通的な現象である。低水準の場合は併用添加が望ましいと思われる。

**ソルガム** 乳熟ないし糊熟期の場合にはほとんど糖不足はないものと思われるが、出穂期収穫では、春播きの場合は特に糖度の高い品種(ハイシュガーなど)でない限り

不足しやすく、夏播きではほとんどの品種が満たされる。ソルガムも全糖型の作物であるからブリックスで判断できる。

## 5 添加の経済性とまとめ

添加に要する現状のコストを試算すると、スノーラクトL 0.1%は60~70銭/kg、グルコース 0.5%で80~90銭、計1.5円/kg程度(クランプザイムもほぼ同額)となる。統計上のサイレージコストは北海道13円、府県20円/kg(物財費単価では各10円/kg)であるから、約1割のコストアップになる。

従って、まず添加は高中水分対策におき、しないで済むような予乾法や遅刈りなどを組み合わせて、年間を通じて安定した発酵品質を確保することであろう。発酵品質の異なるサイレージを給与するごとに牛体のコンディションが変動するようでは、高泌乳への挑戦は出来ないであろう。

更に、より乾物摂取量の増大を図るために、早刈り化、嗜好性の向上に積極的に取組み、添加によるコストアップをはるかに上回る収益を上げてこそ、その意義が見出せるものと思われる。

おわりに、原料の吟味・予乾・細断・十分な踏圧・早期密封などを見直し、調製の原則に欠陥がないかどうか改めて点検することを望みたい。