

アメリカにおける 乳牛栄養とサイレージに関する研究動向

酪農学園大学 助教授

安宅一夫

平成元年4月から1年間、アメリカ、ニューヨーク州のコーネル大学において、筆者の専門である乳牛の栄養とサイレージについて研究する機会に恵まれた。そこで、アメリカにおけるこの分野の最近の話題を紹介したい。

1 認可間近、BST

今、アメリカの酪農界で最も関心の高い話題は、BST（牛ソマトトロピン）である。

BST の研究はアメリカをはじめ世界において、2万頭以上の乳牛を供試して、乳牛の研究では史上空前の規模で展開され、800編以上の論文が報告されている。

BST は脳下垂体から分泌されるたん白質のホルモンであり、牛の正常な成長をコントロールするホルモンであることから牛成長ホルモンと呼ばれている。

BST を投与すると乳量が増加することは既に約60年前に分かっていた。しかし、1970年の後半までは、BST は屠殺した乳牛の下垂体から抽出した天然のものを使用していたため、その供給に限界があり、BST を用いた研究はままならず、小頭数

で、2~3日間の投与という短期間の実験しかできなかった。

ところが、1980年代になって、バイオテクノロジーによって BST が大量生産することが可能になった。バイオテクノロジーによる BST の生産は図1のようである。つまり、まず牛から天然の BST 遺伝子を取り出し、これを大腸菌の遺伝子の中に組み込んで培養し、大腸菌を殺した後、BST を分離、精製し、製品化する。バイオテクノロジーにより BST が大量に生産されるようになり、BST の研究は多頭数の高泌乳牛を用い、長期間にわたり大規模に実施された。

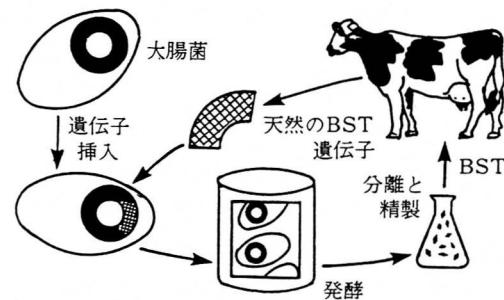


図1 BST はどのように作られるか

● 目 次 ●

- サイレージ用 F₁ トウモロコシ 〈府県向〉・スノーデント・シリーズ …表②
- アメリカにおける乳牛栄養とサイレージに関する研究動向……………安宅 一夫… 1
- マメ科牧草の追播による生産性向上と質的改善……………湯藤 健治… 5
- 粗飼料を利用した低コスト肉牛生産……………田村 千秋… 9
- 魅力あるロールペーラ作業……………高野 健作… 13
- トウモロコシ、ソルガムにおける雑草防除体系……………鈴木 宏一… 17
- バイパス油脂配合「スノーミックス90」の給与効果……………古川 修… 20
- サイレージ用 F₁ トウモロコシ 〈北海道向〉・ニューデント LG 2266, LG 2304 ………………表③
- サイレージ用 F₁ トウモロコシ 〈府県向〉・スノーデント G 4624 ………………表④



富士開拓農協（静岡県）の
乳牛共進会風景。老若男女、
開拓3世（小・中学生）の
参加が多く将来が楽しみ。

(1) BST の効果

BST を投与すると、乳量は確実に 15~25% 増加することが認められている。なかでもコーンELL 大学の研究は圧巻である(表 1)。この研究は、305 日の平均乳量が 9,600 kg を超える高泌乳牛を 30 頭用い、①対照(無投与)、②下垂体由来 BST 27 mg/日投与、③遺伝子組み換え BST 13.5 mg/日投与、④同 27 mg/日投与、⑤同 40.5 mg/日投与の 5 群に分けて、1 群 6 頭で 188 日間の飼養試験を行ったものである。その結果、いずれも BST の投与によって乳量が増加しているが、特に遺伝子組み換え BST 40.5 mg/日投与群では 41% も増加している。

BST を投与すると 2~3 日後から乳量の増加が起こり、泌乳曲線は上方にシフトする。そして乳量のピークが持続する。一方、BST の投与は乳脂率、乳たん白質率、乳糖率など乳成分率には影響しない(表 1)。また、BST の長期投与は乳牛の健康や繁殖に悪影響をもたらさないとしている。

(2) BST の安全性

現時点において、アメリカの FDA は BST の使用を許可していない。FDA は BST の安全性について、①人間に対する安全性、②乳牛に対する安全性、③環境に対する安全性の 3 点から審査している。このうち、人間に対する安全性については何ら問題がないとして、大学などで研究のため BST を投与した乳牛から生産された牛乳は普通の牛乳として市販されている。

成長ホルモンというと、牛肉やスポーツ選手が不正に使用するホルモンを連想する人がいるが、これらはステロイドホルモンであり、たん白質ホルモンである BST と全く異なるものである。

BST の使用は既に南アフリカ、チェコ、ソ連などで認められ、アメリカでもいよいよ今年中ある

表 1 乳量と乳成分に及ぼす BST の影響

	対照	下垂体 BST (mg/日)	遺伝子組み換え BST (mg/日)		
		27.0	13.5	27.0	40.5
乳牛(頭数)	6	6	6	6	6
乳量*(kg/日)	27.9 ^a	32.5 ^{ab}	34.4 ^{ab}	38.0 ^c	39.4 ^c
乳脂率(%)	3.6	3.3	3.8	3.6	3.6
乳たん白質率(%)	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4
乳糖率(%)	4.8	4.8	4.9	4.8	4.9

* 3.5% FCM a, b, c: p < 0.05

(バウマンら、1985)

いは来年春には認可の見通しである。しかし、わが国では、まだ BST の本格的な研究は実施されておらず、認可の動きもみられない。

2 サイレージ添加物

最近のアメリカ酪農学会誌において、BST に次いで発表数の多い論文の課題はサイレージについてのものである。

アメリカ北東部および五大湖周辺のいわゆる家族経営の酪農地帯はカリフォルニアや南部の企業的酪農地帯に比べて個体乳量が低く、競争力が低下してきている。その理由の一つに粗飼料の品質の悪さが指摘されている。つまり、筆者の滞在したニューヨーク州やアメリカの北東部の酪農地帯では 1 番刈りの時期には雨が多く、良質の乾草を調製することが難しい。したがって、この地方における粗飼料の調製法はほとんどサイレージである(写真 1, 2)。



写真 1 アメリカ、ニューヨーク州における牧草の刈取り風景。



写真 2 アメリカ北東部では、バンカーサイロによるサイレージ調製が増加しているが、品質には問題が多い。

また、経営規模の大型化や飼料給与システムの変化、つまり、TMR(コンプリートフィード)の増加により、従来の塔型サイロからバンカーサイロによるサイレージ調製が増加している。このため、酪農家や研究者はサイレージの品質改善に対する関心が高いのである。ちなみに、ニューヨーク州の酪農家の約30%がサイレージ添加物を使用しているといわれている。

現在、大学で研究中の主要な添加物は乳酸菌、酵素、ぎ酸、ホルマリン、糖蜜混合物などである。この中で最も多く報告されている添加物は乳酸菌である。

(1) 乳酸菌

言うまでもなく、乳酸菌は材料に乳酸菌数が少ない場合に効果がある。

ウィスコンシン州にある粗飼料研究所のサター博士によると、乳酸菌は低水分サイレージ(乾物含量50~60%)、特に材料がアルファルファの場合に効果があるとしている。アルファルファに対する乳酸菌添加の試験の多くは、品質改善について調べたものである。このうちウィスコンシンの粗飼料研究所で行われた2年間のデータを表2に示す。これらのデータから、2か年とも乳酸菌添加によってpHの低下と乳酸含量の増加が見られ、乾物回収率も増加するようである(2年目)。

一方、乳酸菌添加が、乳量、乳成分に及ぼす影響についてはまだ十分でないが、カンサス州立大学とラッガー大学の研究者は、乳酸菌を添加した

表2 アルファルファサイレージに対する乳酸菌の添加効果

	無 添加	乳酸菌 1	乳酸菌 2
1年目			
乾 物(%)	57.3	54.8	56.6
pH	5.35	4.68	4.75
乳 酸(%DM)	0.85	3.01	3.07
乾物回収率(%)	95.4	95.4	93.4
2年目			
乾 物(%)	55.7	52.7	53.8
pH	4.67	4.44	4.37
乳 酸(%DM)	1.96	3.13	3.69
乾物回収率(%)	87.3	100.0	98.9

(カングラ、1987)

表3 サイロ開封後のサイレージ温度に対する乳酸菌添加の影響

開封後時 間	温 度 (°C)	
	無添加	乳酸菌添加
0	27.7	23.1
24	39.5	36.0
48	42.2	40.7
96	42.6	39.2
平均	38.0	34.8

(ウォールト、1989)

コーンサイレージでは、1日1頭当たり1ポンドの乳量増加を報告している。

また、ウォールトは乳酸菌を添加したコーンサイレージは無添加のものより二次発酵が起こりにくいことを示している(表3)。

(2) 酵素

最近、酵素は食品産業において盛んに利用されるようになり、家庭においても洗剤などに利用されている。そして、サイレージ分野においても酵素の利用が注目されるようになり、アメリカでは既に30種類の酵素製品が市販されている(わが国でも、クランプザイムなど数種類が市販されている)。しかし、これらの製品の中には、酵素がほとんど含まれていなかったり、研究データのないものもあるようだ。

現在、注目されている酵素はセルラーゼを主体とするものであり、セルロースやヘミセルロースを分解し、糖を生成するものである。

酵素(セルラーゼ)がサイレージの品質に及ぼす影響を調べたデータは表4に示す。セルラーゼの効果は、pHの低下と乳酸含量の増加(2年目)をもたらす点では乳酸菌の効果と似ている。一方、セルラーゼのもう一つの効果は、サイレージのNDFとADF含量を低下させることである。

表4 酵素添加がサイレージの品質に及ぼす影響

	1 年 目		2 年 目	
	無添加	添 加	無添加	添 加
乾 物(%)	30.7	28.1	27.0	28.4
pH	4.23	4.09	4.39	4.16
乳 酸(%DM)	10.3	8.9	3.37	6.86
N D F(%DM)	49.5	42.4	48.3	41.1
A D F(%DM)	33.8	31.1	32.9	29.9

(ストークス、1990)

粗飼料のNDF含量は摂取量と密接な関係がある。したがって、セルラーゼ添加によって、摂取量の増加および全飼料中粗飼料割合を高めるなどの効果が期待できる。

(3) ぎ酸、ホルマリン

ぎ酸は高水分サイレージの品質改善に優れた効果をもっていることはよく知られている。

最近、ぎ酸とホルマリンを含んだ添加物が注目されている。この理由は、ぎ酸やホルマリンはたん白質の溶解性(SIP)を低くする効果があるからである。しかし、現在のところ、この製品は乳酸菌や酵素に比べて高価であることと、安全性の点からあまり推奨されていない。

3 たん白質のシステム

1988年版のNRC飼養標準では、たん白質の要求量として全たん白質とともにルーメンで分解される分解性たん白質(DIP)とルーメンをバイパスする非分解性たん白質(UIP)を表示している。また、コーネル大学ではDIPとUIPのほかに溶解性たん白質(SIP)を加えたたん白質のガイドラインを提案している。SIPはDIPの一部であり、ルーメン内で速やかに溶解するたん白質である。SIPは微生物の栄養源として重要であるが、多過ぎるとアンモニア生産が過剰になり問題となる。コーネル大学による高泌乳牛に対するたん白質のガイドラインは、全たん白質中、DIP 60%, UIP 40%, SIP 30%であるとしている。

4 炭水化物のバランス

飼料の炭水化物は非構造炭水化物(NFC, NSC)と構造性炭水化物(NDF)に分けられる。

炭水化物のバランスにおいて、NFCが多くなり、NDFが少なくなるとルーメンpHが低下し、乳脂率の低下やルーメンアシドーシスが起こりやすい。一方、NDFが多くなり過ぎると、飼料のエネルギー含量が低くなり、摂取量や乳量が低下する。

炭水化物の最適バランスはNFC:NDF=1:1である。また、高泌乳牛では、NDF含量を乾物中25%以上とし、NFCは35~40%を目標とするよう推奨されている。

5 バイパス油脂

高泌乳牛では、飼料のエネルギー含量を高める必要がある。このため、綿実や大豆などの高脂肪飼料を補足したり、バイパス油脂を添加することが推奨されている。

オハイオ州立大学のペームキスト博士による高泌乳牛に対する脂肪含量のガイドラインは、最大7~8%であり、このうち普通の飼料から3%，高脂肪飼料から2~3%，バイパス油脂から2~3%としている。

アメリカでは、数種類のバイパス油脂が市販されているが、データが多く、効果が認められているものは脂肪酸カルシウム(メガラック)と飽和脂肪酸の粒状製品(エナージブースター)の二つである。

6 飼料添加物

最近の研究によると、高泌乳牛に対して、メチオニンとリジンが制限アミノ酸になるとされている。泌乳初期において、トウモロコシ主体の飼料に対して、バイパスメチオニン10~12gとバイパスリジン25~30g添加すると、乳量あるいは乳たん白質率(あるいは両方とも)が増加するようである。

油脂を添加すると乳量あるいは乳脂率の増加が期待できるが、乳たん白質率が低下する。飼料中の脂肪含量が高い場合や油脂を添加する場合にナイアシンを併用すると乳たん白質は正常に保たれる。

また、多くのイースト製品についても研究されているが、その効果は一定でない。

むすび

アメリカでは、州立大学による研究・普及システムにより、新しい技術が酪農家にどんどん取り入れられている。わが国でも、内外の新しい研究成果を積極的に取り入れ、経営の改善に役立ててほしい。