



高泌乳, 高成分乳のためのサイレージ, 特に乳酸菌と酵素の添加に注目して

酪農学園大学

安宅 一夫

世界の政治・経済が大きく変化する中で、我が国の酪農も大きく影響を受けている。つまり、低乳価の続く中で、牡犢価格の急落などにより、酪農家の経営環境は著しく悪化している。

さらに、このような悪条件下において、酪農家の生産意欲の低下や酪農家の脱落などにより、生乳生産量が低下し、生乳が不足するという事態を招いたことは、日本の酪農界にとって大変残念なことである。

このような状況において、我が国の酪農界は高品質の牛乳を適正な価格で安定的に供給するため努力を続けなければならない。

これらの問題を解決する一つの方法として、個体乳量の増加と乳成分の向上に焦点を当て、これを支える新しいサイレージ調製技術について述べてみたい。

1 トップハードを支えるサイレージ

アメリカの代表的酪農地帯のウィスコンシン州の1989年DHI高泌乳上位農家の乳量と乳成分率、そして、粗飼料の給与量をそれぞれ表1と表2に示した。ま

た、1990年度の我が国北海道乳牛検定における上位農家の乳量の乳成分、そして粗飼料給与量をそ

表1 1989年度ウィスコンシン州DHIにおける高泌乳上位7農家の乳量と乳成分

No.	頭数	乳量 (ポンド)	乳脂率 (%)	乳脂量 (ポンド)	乳たんぱく質 (%)	乳たんぱく質量 (ポンド)	CFP*
1	82	26,955 (12,227)	3.78	1,020	3.10	836	1,856
2	105	25,616 (11,619)	3.92	1,005	3.21	822	1,827
3	84	26,257 (11,910)	3.83	1,005	3.12	818	1,823
4	115	26,913 (12,208)	3.66	984	3.05	820	1,804
5	62	26,379 (11,965)	3.66	966	3.02	797	1,763
6	85	25,703 (11,659)	3.67	943	3.09	794	1,737
7	143	25,401 (11,522)	3.68	934	3.08	783	1,717
平均	96	26,113 (11,845)	3.74	977	3.10	809	1,786

* CFP: 乳脂量+乳たんぱく質量
() 内はkg, 筆者が追記した。

表2 ウィスコンシン州高泌乳上位農家の飼料給与量(乾物ポンド)

飼料	農家No.	1	2	3	4	5	6	7
乾草			4.4	3.4			2.6	
ヘイレージ		18.1	16.7	13.8	25.2	20.8	19.8	20.7
コーンサイレージ		7.8		4.2				10.4

表3 北海道上位農家の乳量と乳成分率

	A	B	C	D	E	F	G	H
実頭数	77.0	48.9	59.7	25.0	45.8	37.4	23.5	32.2
年間乳量 (kg)	12,136	11,949	11,657	11,609	11,601	11,294	11,292	10,557
乳脂率 (%)	3.83	4.09	3.91	3.14	3.63	3.50	3.46	4.24
無脂固形分率 (%)	8.66	8.81	8.69	8.85	8.70	8.55	8.62	8.85
乳たんぱく質率 (%)	3.13	3.24	3.13	3.26	3.14	2.97	3.07	3.30
体重 (kg)	658	610	695	643	665	637	616	609

(平成2年度北海道乳検データから)

表4 北海道上位農家における泌乳前期の飼料給与量(乾物kg)

飼料名	A	B	C	D	E	F	G	H	利用率
イネ科乾草	3.5	1.7	—	4.2	1.0	5.0	2.5	0.8	7/8
アルファルファ乾草	2.5	—	—	1.8	0.6	1.4	3.7	0.4	6/8
ヘイキューブ	—	—	—	—	—	—	2.7	—	1/8
グラスサイレージ	5.8	4.2	16.1	—	5.5	—	—	10.1	5/8
コーンサイレージ	—	2.7	—	—	3.6	4.8	3.9	—	4/8

(大久保・安宅, 1992 酪農ジャーナルから作成)

それぞれ表3と表4に示した。

アメリカで最も酪農の盛んなウイソコンシン州の気候・風土は北海道と似ており、経営規模・飼養形態(つなぎ飼いが主流)もほぼ同じである。

ウイソコンシン州の順位は乳量でなく、乳脂量と乳たんぱく質の合計(CFP)の順になっている。乳量は12,227~11,522 kg(平均11,845 kg)、乳脂率は3.92~3.66% (平均3.74%)、乳たんぱく質は3.21~3.02% (平均3.10%)であり、北海道乳検の上位農家と差はないようである。ちなみに、これらの上位農家はウイソコンシン州では大型であり、1戸を除いて3回搾乳を実施している。

粗飼料の給与についてみると、ウイソコンシン州の上位農家では、乾草を給与していたものは7戸中3戸であり、給与量も2 kg以下と少ない。そして、すべての農家で牧草サイレージを多量に給与しており、コーンサイレージを給与していた農家は7戸中3戸で給与量も少ない。

一方、北海道の上位農家の粗飼料給与では、8戸中7戸がイネ科の乾草を給与しており、6戸の農家がアルファルファ乾草を給与している。また、牧草(グラス)サイレージは8戸中5戸、コーンサイレージは8戸中4戸が給与しているが、安定的に通年サイレージを利用している農家は4戸しかない。しかし、牧草サイレージを通年給与したり、粗飼料のすべて、あるいは

ほとんどを牧草サイレージに依存している農家の乳成分は高いことが注目される。

2 トップハードの粗飼料の栄養価は必ずしも高くない

一般に、高泌乳牛には良質粗飼料が必要であるとされている。しかし、意外にもトップハードの粗飼料の栄養価は高くなかった。自給の乾草はチモシーとオーチャードグラスが主体で、乾物中CPは8.2~12.4%、TDNは51.8~56.7%で、刈取り時期は出穂期前後のものであった。

また、イネ科及び混播草の1番刈りサイレージの栄養価も乾草と同程度かわずかに優れる程度であった。しかし、いずれの農家においても、水分調節や添加物の利用によって発酵品質の良いサイレージを調製していることが注目される。そして、食い込みの良いサイレージは、栄養価も重要であるが、発酵品質がより重要であるという考えから、草種の選定から調製技術まで気を配っている。良質のサイレージとは、良質の原料から作られた発酵品質の良いサイレージであることを確認しよう。

3 乾草とサイレージ、どちらが有利か?

これは古くて、新しいテーマである。

このテーマについて、乳量・乳成分の点から検討してみよう。

ウイソコンシン大学で行なったアルファルファの刈取り時期と調製法の影響を調べた結果を表5に示した。これは、1番草のアルファルファを3つ

表5 乳量と乳成分率におよぼすアルファルファの刈取り時期と調製方法の影響

	乾 草			サイレージ		
	早刈	中刈	遅刈	早刈	中刈	遅刈
乾物摂取量(kg)	20.1	18.7	19.1	22.0	22.3	22.5
乳量(kg)	26.6	25.5	25.5	27.2	27.0	27.7
F C M(kg)	25.0	24.5	24.4	26.6	26.0	27.4
乳脂率(%)	3.59	3.78	3.73	3.94	3.82	3.96
乳たんぱく質率(%)	3.20	3.12	3.14	3.31	3.21	3.25

(ネルソンとサター, 1990)

の生育時期（蕾初期、開花初期、開花後期）で刈取り、それぞれ乾草とサイレージに調製し、これを全乾物中55%とし、CP含量は同じ値(20%)に設計し、乳量と乳成分におよぼす影響を検討したものである。この結果、乾草では、刈り遅れによって乾物摂取量と乳量がわずかに減少し、乳脂率が向上する傾向がみられた。一方、サイレージでは、刈り遅れでも乾物摂取量、乳量、そして、乳脂率に変化がみられなかった。そして、常にサイレージは乾草よりも乾物摂取量、乳量、乳成分が高いことが分かった。

また、この試験において、1日25kg以下の低泌乳牛には、刈取り時期の影響は少ないが、30kg以上の高泌乳牛では、1日刈り遅れると1頭当たり0.15~0.2kg/日の乳量減少があるとしている。したがって、高泌乳牛に対して、高乳量と高成分乳を維持するためには、早刈りとサイレージ調製が優れていると考えられている。

ところで、北海道の上位農家においても、牧草サイレージ依存度の高いところでは、乳成分、特に乳脂率が高いことはすでに述べたとおりである。

乳脂率の高い農家はいずれも牧草サイレージを給与しており、全飼料中養分含量の特徴はNDF含量が38%以上と繊維源が十分にあり、溶解性たんぱく質（SIP）の割合が27~40%と適正な範囲にあった。一方、乳脂率の低い農家は牧草サイレージを給与しておらず、NDF含量が低い、高くてもSIPが17~26%と低かった。

4 たんぱく質の新しいシステムとサイレージ

乳牛に対する新しいたんぱく質システムでは、溶解性たんぱく質(SIP)、分解性たんぱく質(DIP)、非分解性システム(UIP)に分けられる。そして、乳牛の生産を最大にするためには、CPの給与量とともに、SIP、DIP、UIPのバランスが重要であり、高泌乳時には、それぞれ30%、60%、40%が望ましいとされている。このうち、SIPはすでに分解されたたんぱく質でルーメン微生物の栄養源となるものである。しかし、SIPが過剰になるとルーメン内でアンモニアの生成が多くなり好ましくないが、逆に不足するとルーメン微生物の増殖が抑えられ

る。

これまで、高泌乳牛に対して、バイパスたんぱく質(UIP)の役割が強調されているが、微生物たんぱく質の役割も重要であるので、たんぱく質のSIPも上手にコントロールする必要がある。

一般に、穀類のSIPは10~20%であり、粗飼料では、乾草は約20%、牧草サイレージ40~60%、コーンサイレージ約50%である。そして、粗飼料では刈り遅れるとCP含量が減少するとともに、SIPの割合も低下する。このため、乾草中心の飼料設計ではSIPが不足しやすい。

以上のように、粗飼料の栄養価の改善、SIPのコントロールなどの点からもサイレージの有利性が指摘される。

5 高品質サイレージ調製のポイント

高品質サイレージとは良質の原料から生産された、発酵品質の優れたサイレージである。

高品質サイレージ調製のポイントは、①草種、品種の選定、②正しい肥培管理、③適期刈取り、④水分調節、⑤細切、⑥密封、⑦添加物、である。

このうち、①から③までは栄養価に直接影響する。また、①から⑦までは発酵品質に影響し、発酵品質が悪くなれば栄養価が低下する。さらに、発酵品質が悪くなればSIPが増加する。

以下、これらの要点について述べる。

①**草種・品種**：サイレージ原料の条件として、糖含量が高いこと、水分とたんぱく質が高くないことが挙げられる。マメ科草は糖含量が低く、水分、たんぱく質含量が高いので良質のサイレージを作るのが難しい。イネ科では、糖含量はライグラスが高いが、チモシー、オーチャードグラスは中程度であり、チモシーは乾物率が高い（水分含量が低い）ので、基本を実行すれば良質サイレージを作りやすい。

②**肥培管理**：窒素肥料やふん尿を多用すると水分含量とたんぱく質含量が高くなり、糖含量が低くなり、品質が悪くなりやすい。

③**適期刈取り**：刈取り時期は収量、栄養価とともにサイレージ適性も考慮して決める。刈取りが遅れると栄養価は低下するが、水分含量が減少し、糖含量が増加し、発酵品質が良くなる。しかし、

極端に刈り遅れると品質は低下する。

④水分調節：排汁をなくし、発酵品質を良くするためには、水分を70%以下にする必要がある。ロールペールサイレージでは特に水分含量を60%以下にする必要がある。しかし、水分が低くなり過ぎると、二次発酵やヒートダメージを受けやすくなる。

⑤細切：この細切によって発酵が促進され、品質が向上する。切断長は1cm前後が推奨されている。

⑥密封：詰め込みが終了したら、すぐに密封する。ロールペールも同様に、ロールができたらずぐに袋詰めするかラッピングする。

⑦添加物：常に安定的に高品質のサイレージを作るためには添加物を使用する。添加物の使用に際しては、原料の条件、調製方法などによって適当なものを選択する。

6 化学的添加物から生物的添加物へ

ギ酸のような酸を添加すると、酪酸菌の増殖が強く抑制されて、良質のサイレージができることは既に数10年前に確認され実施されている。その他、プロピオン酸、ギ酸アンモニウムなどの化学的添加物の効果が確認されている。

最近、バイオテクノロジーの進歩により、乳酸菌や酵素などの生物的添加物の研究が急速に進み、一部、実用化されている。生物的添加物は化学的添加物に比べ、取扱いが容易であり、人や家畜に対して安全である。また、環境への安全性、高齢者やコントラクターの普及により、ますます、生物的添加物の効果的な利用が推奨される。

現在、世界で最も人気のある添加物は乳酸菌である。乳酸菌はサイレージ発酵の主役である。したがって、良質の乳酸菌を添加するとサイレージの発酵を良い方向にコントロールすることができる。また、乳酸菌を添加すると二次発酵が起こりにくいことも確められている。

しかし、原料草に糖が不足している場合、乳酸菌の単独添加では効果が期待できない。そこで、

表6 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
NDF(%DM)	49.5	42.4	48.3	41.1
ADF(%DM)	33.8	31.1	32.9	29.9

(ストークス, 1990)

表7 アルファルファサイレージの品質に及ぼす乳酸菌とセルラーゼの添加効果

乳酸菌	セルラーゼ	pH	酸				NH ₃ -N
			乳酸	酢酸	酪酸	総酸	
-	0	5.1	7.49	3.10	0	10.58	13.6
	0.02	4.3	15.04	3.45	0	18.48	7.4
	0.05	4.2	17.09	3.60	0	20.69	10.8
	0.10	4.1	15.78	3.02	0	18.80	5.3
	+	0	4.6	9.97	3.34	0	13.30
+	0.02	4.3	13.58	3.10	0.06	16.74	7.4
	0.05	4.0	15.76	3.12	0	18.88	6.3
	0.10	4.0	17.22	3.43	0	20.65	8.5

(安宅ら, 1990: 国際酪農学会)

糖含量の少ない原料草に対して、セルラーゼを主体とする酵素の利用が期待されている。これは、牧草の繊維（セルロース、ヘミセルロース、ペクチンなど）を分解し、糖を生成するものである。

セルラーゼの効果を調べたデータを表6に示した。セルラーゼの効果は乳酸の増加とpHの低下をもたらす点で乳酸菌の効果と似ている。さらに、セルラーゼはサイレージのNDFとADF含量を低下させる。粗飼料のNDF含量は摂取量や乳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、摂取量の増加と全飼料中の粗飼料割合を高めることができる。

すでに述べたように、乳酸菌の添加効果は原料に十分糖が存在するときに効果が期待できる。そこで、筆者らは乳酸菌と酵素を併用添加する実験を行なった。その結果、乳酸菌と酵素を併用すると単独添加の場合より著しく効果があり、酵素の添加量は乳酸菌と併用すると酵素の単独の場合の数分の1で効果があることが分かった(表7)。

現在のところ、乳酸菌と酵素の併用は単独添加よりコスト高になるが、品質の安定性、NDF含量の低下、栄養価の改善に貢献することが期待されている。