

サイレージの化学成分と品質に関する研究

(第9報) サイレージの品質と飼料価値との関係(2)

内田 仙二・須藤 浩

Studies on the Chemical Composition and Quality of Silage

IX. The Relation between the Quality and Feeding Value of Silage (2)

Senji UCHIDA and Hiroshi SUROH

Fermentative quality and chemical composition of silage samples which were collected from some dairyfarms in Okayama prefecture were examined and relationships between the both factors were investigated statistically.

Positive significant correlations were found between the score by FLIEG's appraisal method and the contents of dry matter or of crude protein of the silages, and negative significant correlations were found between the score and the contents of crude fiber or of crude ash of the silages.

Correlation coefficients for the relationships between digestible crude protein, starch value of the silages, calculated by equations of DIJKSTRA, and the score by FLIEG's appraisal method of these silages were +0.584 ($p < 0.001$) and +0.699 ($p < 0.001$), respectively.

This experiment suggested that the feeding value of silage was affected remarkably by its fermentative quality.

結 言

サイレージの品質の良否は、飼料学的観点からみて、家畜の利用性に深い関係をもち、また、生産される畜産物の量や品質にも影響をおよぼすことが明らかにされている^{2,11,16,17}。しかし、今日までのところサイレージの発酵的品質と、その飼料成分および飼料価値などとの関係を直接的に追究した試験は比較的少なく、これらの関係はまだ十分に解明されていない。

著者らは、この問題を解明するための一連の研究を進めており、さきにサイレージの発酵的品質と消化率との関係に関する実験を実施し、その結果を報告した²⁴。本試験は、農家が調製して飼養している実用サイレージを集め、それらの発酵的品質と飼料成分および飼料価値を調査し、両者の関係を統計的に追究した。すなわち、実用サイレージにおける品質と成分・飼料価値との間にどのような関係が存在するかを明らかにすることを試みたので、その結果を報告する。

実験材料および方法

1) 実験材料 本試験に用いたサイレージは1966~1968年の3年間に岡山県南部(主として倉敷市, 和気郡, 邑久郡)の酪農家が調製し飼養していたものである。これらのサイレージを材料別に示すと Table 1 のようである。

Table 1. Type of the Silages

Type of silages	Number of samples
Italian rye grass	34
Chinese milk vetch	27
Mixed silage of Italian rye grass and chinese milk vetch	17
Oat	9
Corn	7
Others	10
Total	104

すなわち, イタリアンライグラスサイレージ34点がもっとも多く, ついでレンゲサイレージが27点, イタリアンライグラスとレンゲの混合材料で調製したものが17点で第3位であり, これら3種サイレージの合計は78点で, 全試料の75%を占めている。

2) 発酵的品質の鑑定と成分の分析 農家から集めたそれぞれのサイレージは, ただちに pH 値の測定, FLIEG 法による有機酸分析をおこない発酵的品質を判定した^{4,20)}。いっぽう, 各試料の一部を約 60℃ で風乾し, 粉碎して一般成分の分析をおこない, 乾物, 粗タンパク質, 粗繊維, 粗灰分を定量した²¹⁾。

3) DCP と デンプン値の算出 各サイレージの DCP ならびにデンプン値は, つぎに示す DIJKSTRA の計算式³⁾を用いて算出した。

サイレージの DCP およびデンプン値の計算式

$$[\text{DCP}] \quad V = 1.043(x-15) + 0.065(m-12) + 9.89 \dots \dots (1)$$

$$V = 1.043(x-15) + 0.075(m-12) + 9.04 \dots \dots (2)$$

(1) は良質サイレージ(本試験では評点50点以上)に, (2) は劣質サイレージ(本試験では評点49点以下)に適用される。

$$[\text{デンプン値}] \quad Z = -0.569(y-27) - 4.159(p-4.4) + (m-12)(0.0473p - 0.966) + 51.37$$

$$V = \text{乾物中 DCP 含量} \quad x = \text{乾物中粗タンパク質含量}$$

$$m = \text{乾物中粗灰分含量} \quad Z = \text{乾物中デンプン値含量}$$

$$y = \text{乾物中粗繊維含量} \quad p = \text{サイレージの pH 値}$$

4) 品質と飼料価値との関係の調査 FLIEG 法によって鑑定したサイレージの発酵的品質(評点)とサイレージの飼料成分との関係, ならびにサイレージの評点と DIJKSTRA の計算式によって算出されたサイレージの DCP およびデンプン値との関係を統計的方法^{7,18,19)}によって解析し, 発酵的品質と飼料価値との関連性を調査した。

結 果

1. サイレージの発酵的品質と飼料成分との関係

FLIEG 法によって104点の供試サイレージの有機酸組成を分析し品質を鑑定した。サイレ

ジの品質の分布を調査した結果は Table 2 のようである。

Table 2 より、供試サイレージは各品質段階のものを比較的均一に含んでいることが認められる。なお、全サイレージの評点の平均値および標準偏差は 57.5 ± 29.4 点であり、分布の範囲は 10~100 点であった。

サイレージの一般成分を分析し、乾物、粗タンパク質、粗繊維、粗灰分を定量した。それぞれの成分含量について、平均値ならびに標準偏差を求めた結果は Table 3 のようである。

乾物の平均値は、20.3%で 9.2~30.0% の範囲にあり、本試験に供用したサイレージには、いわゆる低水分サイレージは含まれなかった。

サイレージの発酵的品質と飼料成分の含量との関係を知るために、FLIEG 法による評点と各成分含量（乾物中換算）との相関関係を調査した。それぞれの相関係数と、その有意性を示すと Table 4 のようである。

Table 4 より、飼料成分の含量と評点との間にそれぞれ有意な相関関係があることが認められる。すなわち、評点と乾物含量ならびに粗タンパク質含量との間に正の有意な相関が、評点と粗繊維含量ならびに粗灰分含量との間に負の有意な相関が算出された。

Table 4. Correlations between Quality and Contents of Some Nutrients of the Silages (n=104)

Nutrients Quality	Dry matter	Crude protein	Crude fiber	Crude ash
Score	+0.368***	+0.305**	-0.694***	-0.463***

** Significant at the 1% level of probability.

*** Significant at the 0.1% level of probability.

て算出した各サイレージの DCP ならびにデンプン価と発酵的品質との関係を調査した。

サイレージの DCP 含量（乾物中）と評点との間に Fig. 1 のような関係が認められた。

評点と DCP との間に有意な正の相関 ($\gamma = +0.584$, $p < 0.001$) が認められ、評点から乾物中 DCP を推定する回帰方程式は $Y = 3.68 + 0.12 X$ ($X = \text{FLIEG 法評点}$, $Y = \text{DCP}$) となった。

おなじようにして、サイレージのデンプン価含量（乾物中）と評点との関係を調査した結果は Fig. 2 に示すようである。

Table 2. Distribution of Quality of the Silages

Grade	Score*	Number of samples
Excellent (1 st)	81 ~ 100	22
Good (2 nd)	61 ~ 80	31
Satisfactory (3 rd)	41 ~ 60	15
Middle (4 th)	21 ~ 40	17
Inferior (5 th)	0 ~ 20	19
Total		104

* By FLIEG's appraisal method

Table 3. Means of Contents of Dry Matter, Crude Protein, Crude Fiber and Crude Ash of the Silages (%)

	n	\bar{x}	s	Range
Dry matter	104	20.3	6.4	9.2~30.0
Crude protein*	104	15.8	5.9	6.0~32.0
Crude fiber*	104	31.1	5.3	19.3~39.4
Crude ash*	104	11.1	2.6	6.3~17.9

* Dry matter basis

2. サイレージの発酵的品質と飼料価値との関係

DJKSTRA の計算式を用い

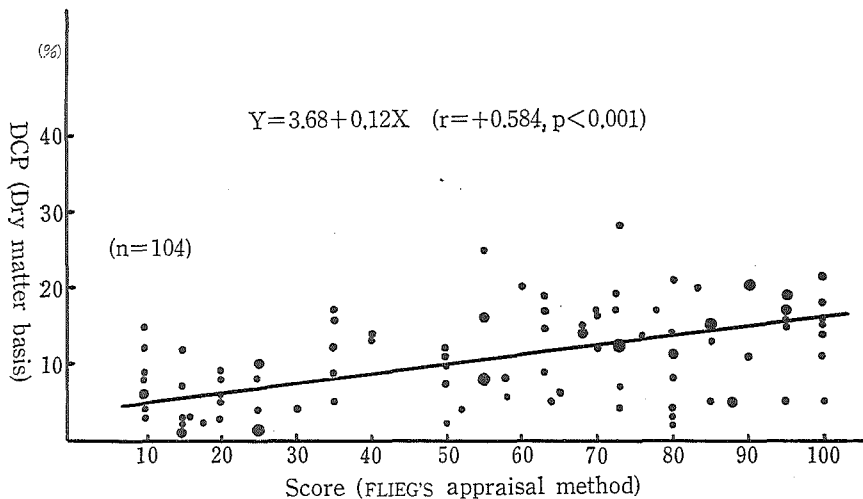


Fig. 1. Relationships between Score by FLIEG's Appraisal Method and DCP Content by Equation of DIJKSTRA of the Silages.

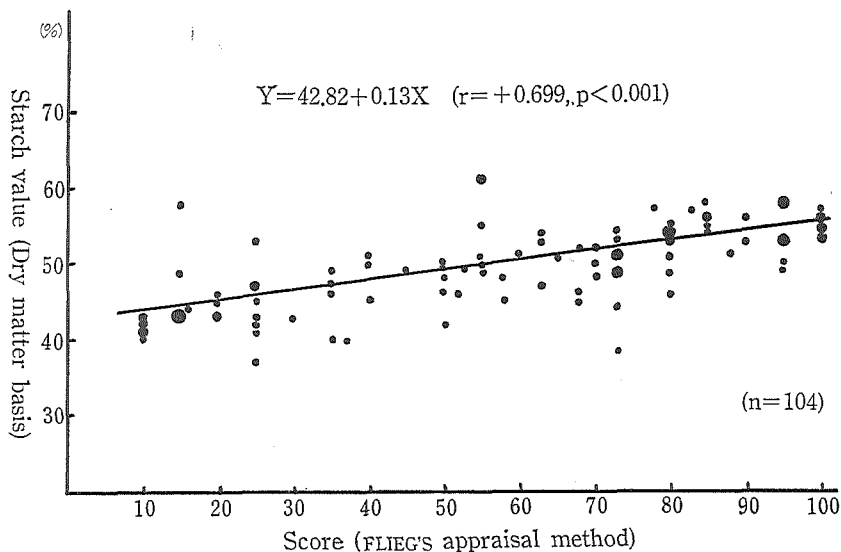


Fig. 2. Relationships between Score by FLIEG's Appraisal Method and Starch Value Content by Equation of DIJKSTRA of the Silages.

評点とデンプン価との間に有意な正の相関 ($r = +0.699, p < 0.001$) が認められた. 評点からデンプン価を求める回帰方程式は $Y = 42.82 + 0.13X$ ($X = \text{FLIEG 法評点}, Y = \text{乾物中デンプン価}$) であった.

考 察

サイレージの発酵的品质と飼料成分の含量との関係を調査した結果, 両因子間に特定の傾向があることが認められた. すなわち, サイレージの評点と乾物含量ならびに粗タンパク質含量

との間に統計的に有意な正の相関関係が認められた。

埋蔵材料中の乾物含量が、でき上がりサイレージの品質や埋蔵期間中の養分損失に顕著な影響をおよぼすことは多くの研究者によって明らかにされているところである^{1,5,26)}。しかし、これらの報告は、日乾などによって材料水分をある程度まで低下させることによって、サイレージの発酵的品質を向上せしめることができたとしている。KIERMEIER ら⁹⁾の実用サイレージに関する調査においても、日乾材料によるサイレージは、日乾しない材料を用いて調製したものより明らかに品質がすぐれていたという。本試験の結果は今日までの諸報告と同じように、材料の乾物水準がサイレージの品質に強く影響していることを示す資料でもあると思われる。

材料中にタンパク質が多く含まれている場合には、良質サイレージを得ることがむずかしいとされている^{8,10)}。本試験の結果では、評点と粗タンパク質含量の間に正の相関関係が認められ、従来の報告とやや異なった傾向を示しているように見える。しかし近時、材料の粗タンパク質含量が高いこと自体は、必然的に低品質と結びつくものでないとする報告もあり¹⁵⁾、また、材料中に発酵性糖質が多く含まれている場合、他の条件が比較的よくなくても良質サイレージが得られるということも報告されている^{14,23)}、いっぽう、本試験に供用したサイレージの40%余がレンゲあるいはレンゲとの混合材料で占めている。著者ら²⁵⁾はかねて、レンゲは高タンパク質材料であるが、他のマメ科草に比べ還元糖を多く含み、その物理的形態と相まって、比較的良質サイレージをつくりやすいものであることを認めている。以上の諸報告ならびに材料構成などを考慮するならば、本結果は従来の説とかならずしも矛盾しているものではないように思われる。

粗繊維含量と評点との関係を調査した結果、両者間に有意な負の相関が認められ、発酵的品質の劣るサイレージほど粗繊維含量が高いという傾向があった。材料中に含まれる粗繊維含量が、サイレージ発酵にたいしどのような影響をおよぼすかに関する研究は、今日までのところ多くないようであるが、HELLBERG⁹⁾は粗繊維含量が24%以下の材料では常に良質サイレージができたが、30%以上の材料からは50%は品質不良なものが得られたと報告し、粗繊維含量の高い材料からは良質サイレージがつくりにくいことを示唆している。いっぽう、劣質サイレージでは埋蔵中に可溶性の成分の損失が多くなるので、粗繊維の含量は相対的に高い値を示すことになる。本結果は、おそらく材料条件と発酵経過の両要因によって影響されているものと推察される。

粗灰分含量と評点との間に負の有意な相関が認められ、粗灰分含量の高いサイレージほど品質が劣るという傾向があった。著者ら²²⁾がさきにサイレージの品質と無機成分との関係について実験をおこなった際、イモヅルサイレージのpH値と粗灰分含量との間に正の相関関係があることを認めた。そしてこれは、材料に対する土壌の汚染と関連があるものと推論した。粗繊維の場合と同様これらの関係についてはさらに追究しなければならない。なお、サイレージ中の粗灰分含量は粗繊維の場合のように、その材料条件とともに、発酵経過中における養分の損失にも影響されているものと思われる。

以上はサイレージの品質と、それぞれの飼料成分の含量との関係について論じたのであるが、一般に飼料価値を、その成分の面から判定する場合、粗繊維や粗灰分を多く含むものは飼料価値が劣るものとされている。ことに飼料中に繊維を多く含むときは、飼料の消化率が低下し、エネルギーの利用効率が低下するとされている¹²⁾。これらの観点から本試験の結果をみる

とき、サイレージの発酵的品質は飼料成分と特定の関係をもっているのみでなく、飼料価値そのものとも一定の関係を有することが推定される。

本試験において、サイレージの DCP およびデンプン価は動物実験によって直接測定するのではなく、一般成分ならびに pH 価を用いて推算する DIJKSTRA の計算式を用いて算出したものである。WATSON ら²⁷⁾ は各種牧草類を用いてつくったサイレージについて、この計算式によって算出した DCP ならびにデンプン価の数値と、直接動物実験によって得られた数値を比較しているが、両者は比較的よく一致することを示している。

計算式によって得られた供試サイレージの DCP ならびにデンプン価とサイレージの評点との間に、それぞれ正の有意な相関関係が認められ、発酵的品質の良否は、そのサイレージの飼料価値とも密接な関係を有することが推察された。もちろん、本試験に用いた 104 点のサイレージは、特別に実験計画にもとづいて調製されたものではなく、飼養の目的で農家が随意に生産したものであるので、材料の種類、生育段階、調製方法などはさまざまである。したがって発酵的品質以外の各種の条件が飼料価値に影響をおよぼしていることが予想され、なお厳密な方法による検討がなされなければならないと思われる。

いっぽう、MURDOCH¹³⁾ は、サイレージの飼料価値は主として材料草の乾物含量と飼料価値ならびに発酵的品質によってきまるとし、発酵条件が飼料価値に影響することを示している。McCULLOUGH ら¹¹⁾ はサイレージの発酵条件によって家畜の採食量、消化率が左右され、家畜の第一胃内の発酵も影響されたと報告している。著者ら²⁴⁾ は同一材料から調製したサイレージでも、発酵的品質のすぐれたものは劣ったものに比べ消化率が高く、飼料価値がすぐれることを動物実験を通じて明らかにした。

これら諸報告と本試験の結果を総合して考察するとき、サイレージの発酵的品質は、その飼料成分および飼料価値に対して、かなり有力な影響をおよぼしていることは明らかのように思われる。しかし、サイレージの発酵的品質を改善することは、家畜の栄養上からはもちろん、家畜飼養の実用上からも、きわめて重要な意味をもつものであると考えられる。

摘 要

サイレージの発酵的品質と飼料価値との関係を知るために、岡山県下の酪農家で実用されているサイレージ 104 点を集めて発酵的品質を調査するとともに飼料成分を分析し、品質と成分ならびに飼料価値との関係を統計的に追究した。

サイレージの FLIEG 法による評点と乾物ならびに粗タンパク質の含量との間にそれぞれ正の有意な相関が、評点と粗繊維ならびに粗灰分との間にそれぞれ負の有意な相関が認められた。

評点と DIJKSTRA の計算式によって算出した DCP ならびにデンプン価との間にそれぞれ有意な正の相関が認められた。

これらの諸結果より、サイレージの発酵的品質は、その飼料価値に対し有力な影響をおよぼすものであることが認められた。

文 献

- 1) ARCHBALD, J. C., J. W. KUZMESKI and S. RUSSELL: *J. Dairy Sci.*, **43**, 1648—1653 (1960).
- 2) BROWN, S. M.: *Int. Dairy Congr.* 1959 1., 210—217 (1959); ref.: *Dairy Sci Abst.* **21**, 326

- (1959).
- 3) DIJKSTRA, N. D.: *Versl. Landbouwk. Onderzoek.*, **55**, 1—15 (1949).
 - 4) FLIEG, O.: *Biedermanns Ztb. B. Tierern.*, **9**, 178 (1938).
 - 5) GORDON, C. H., J. C. DERBYSHIRE, W. C. JACOBSON and J. L. HUMPHREY: *J. Dairy Sci.*, **48**, 1062—1068 (1965).
 - 6) GORDON, C. H., J. C. DERBYSHIRE, H. G. WISEMAN and W. C. JACOBSON: *J. Dairy Sci.*, **47**, 987—992 (1964).
 - 7) 畑村又好・奥野忠一・津村善郎: スネデカー・統計的方法 (改訂版) 63—79, 116—177 (1962) 岩波書店, 東京.
 - 8) HELLBERG, A.: *Medd. 300 Fordbr. Tek. Inst. Uppsala*, 73 (1963); ref.: 日畜会報, **38** 233—244 (1967).
 - 9) KIERMEIER, F. und E. RENNER: *Z. Tierphysiol. Tierernähr. u. Futtermittelk.*, **17**, 8—27 (1962).
 - 10) McCULLOUGH, M. E.: *J. Animal Sci.*, **20**, 288—291 (1961).
 - 11) McCULLOUGH, M. E., L. R. SISK and W. W. G. SMART, JR.: *J. Dairy Sci.*, **53**, 1042—1045 (1970).
 - 12) 森本 宏: 家畜栄養学 (改著第1版) 248, 264—295 (1969) 養賢堂, 東京.
 - 13) MURDOCH, J. C.: *Making and Feeding Silage*, 118—119, (1962). 1st Ed. Farming Press Limited, Ipswich.
 - 14) 大山嘉信・榎本茂彦: 日畜会報, **39**, 61—67 (1968).
 - 15) 大山嘉信・榎本茂彦: 日畜会報, **40**, 109—115 (1969).
 - 16) RENNER, E. und F. KIERMEIER: *Z. Tierphysiol. Tierernähr. u. Futtermittelk.*, **18**, 258—271 (1963).
 - 17) RENNER, E., O. KANDLER und F. KIERMEIER: *Z. Lebensmittel-Untersuch. u. -Forsch.*, **117**, 487—499 (1962).
 - 18) RENNER, E.: *Mathematisch-statistische Methoden in der praktischen Anwendung*, 66—78 (1970) Verlag Paul Parey, Berlin.
 - 19) STEEL, R. G. D. and J. H. TORRIE: *Principles and Procedures of Statistics*, 161—193 (1960) McGraw-Hill, New York.
 - 20) 須藤 浩: サイレージの調製と利用法 (第7報) 66—68, 70—72 (1969). 養賢堂, 東京.
 - 21) 須藤 浩: 飼料学講義 71—78 (1964) 養賢堂, 東京.
 - 22) 須藤 浩・内田仙二・清水仁英: 岡大農学報, **21**, 49—57 (1963).
 - 23) 須藤 浩・内田仙二・安則久雄: 岡大農学報, **24**, 37—46 (1964).
 - 24) 須藤 浩・内田仙二・平松 昇: 岡大農学報, **36**, 43—48 (1970).
 - 25) 須藤 浩・内田仙二・永瀬碩哉: 第8回日草学会講演要旨, 87 (1964).
 - 26) 内田仙二・須藤 浩・柴田国吉: 岡大農学報, **37**, 61—73 (1971).
 - 27) WATSON, S. J. and M. J. NASH: *Conservation of Grass and Forage Crops*, 454—483 (1960) 2nd Ed., Oliver and Boyd, Edinburgh.