

ハーベストアによるヘイレージの 調製と品質及び栄養価

高野 信 雄

(農林省北海道農業試験場)

1 ヘイレージ調製の研究歴史

草サイレージの調製にあつて、埋草原料の水分含量がサイレージ発酵と品質を左右する重要な要因であることが1930年代に明らかにされ、さらに不足する糖分添加法がすすめられた。^{1) 2)}

その後USDAのWOODWARD-SHEPHERD一派は埋草原料を予乾(Wilting)処理によつて埋草する方法を研究した。この利点として①不良発酵の抑圧 ②運搬労力の軽減 ③排汁損失の防止 ④乳牛の乾物摂取量の増大 ⑤添加物の節減などの効果を認め、1945年に予乾法(Wilting method)を確立し広く米国において普及をみた。³⁾

予乾法による草サイレージの調製にあつては、①原料牧草の早刈り ②予乾により水分55~68%に減少 ③埋草時には $\frac{1}{2}$ 吋細切 ④サイロ上部 $\frac{1}{4}$ に高水原料の埋草 ⑤密封を条件とした。²⁾

一方、1950年頃から米国のA. O. SMITH社が特殊スチール製の気密サイロの研究に着出し、USDA及び各州立大学で試験が実施され、各種の改良の結果1955年にAir tight siloによる低水分サイレージの調製法が確立された。本サイロは①ガラスライニングスチールを用いて耐酸性、耐久性、サイレージの沈下性と建築方法の新機構を有し ②ブリザーバッグ及び安全弁などによる気密性の保持 ③ボトムアンローダによるサイロ下部からサイレージの自動取出し装置などを有した新しい型のサイロである。

すなわち、本サイロの利用によつて①低水分サイレージに生じやすい二次発酵とカビの防止 ②サイロ内における養分損失の抑圧 ③一貫機械化による大規模多頭飼養の省力管理などの利点がみとめられている。

ハーベストアによる低水分サイレージがヘイレージ(Haylage)と呼ばれ、慣用サイロによる低水分サイレージをLow moisture silageと称されて区分して呼称される。

2 わが国における低水分サイレージの研究

わが国においては1962年頃より始められた。⁴⁾これらの結果は米国の研究者の指摘する利点にほぼ一致をみたが、取出し中の再発酵やカビの発生が問題点として残された。

2-1 消化率、養分回収率と育成効果

サイロは2.64×4.75m慣用塔型サイロ2基を用い、1965年に2番草を用い水分35~45%に予乾して実施した。サイレージ1は踏圧を正常に行なつて、サイロ水蓋で密封加重を行ない、サイレージ

2は踏圧を行なわづに埋草し、サイロ水蓋で倍量の注水密封加重を行なつた。

これらサイロ内における発酵温度とサイレージの消化率は表1に示した。サイレージ1では埋草3日後に42℃と最高を示し、73日後には15℃、開口10日後では5℃と示された。しかしサイレージ2では各々47℃、30℃、43℃のごとく、発酵温度が高く、しかも取出し後の二次発酵が顕著に示された。

表1 発酵温度、消化率と栄養価

区 分	温 度(℃)			消 化 率(%)			栄 養 価(DM%)	
	3日後	73日後	開 口 10日後	DM	蛋白質	NFE	DCP	TDN
原 料 草	-	-	-	68.5	66.7	75.1	8.2	64.3 (100)
サイレージ1 (踏圧・定加重)	42	15	5	60.8	58.0	61.4	8.4	58.6 (91)
サイレージ2	47	30	43	54.3	51.9	52.3	7.9	51.4 (80)
LSD	5%	-	-	2.9	4.5	4.0	-	
	1%	-	-	4.7	7.6	6.6	-	

高野ら(1968)⁴⁾

また消化率では、乾物、蛋白質及びNFEはいづれも原料草に比較してサイレージは低く、さらにサイレージ2は高温発酵や二次発酵のため明らかに消化率が低く示された。

さらにサイレージの乾物回収率について調査したのが表2である。低水分サイレージは、中～高水分サイレージに比較して発酵損失は3～5%と低く有利性が認められたが、サイレージ2では取出し中の二次発酵とカビの発生により変質損失が28.9%と著しかつた。両サイロとも1月～3月に取出しそ行なつた。

表2 養分回収率

区 分	乾 物 損 失 (%)				養 分 回 収 率 (%)		
	トップ スポイレージ	取出し中 変 質	発 酵 損 失	全損失	DM	DCP	TDN
サイレージ1	0.9	9.3	13.3	13.3	86.7	89.8	78.4
サイレージ2	1.4	28.9	35.4	35.4	64.6	61.5	52.2

高野ら(1968)⁴⁾

また低水分サイレージをホルスタイン育成牛に給与して発育効果を調査した。月令8～9月令の6頭を2群とした。両群とも低水分サイレージは自由採食させ、A群には1日1頭当り配合飼料0.5Kg、B群には1.5Kg給与し、13週間実施した。これらの結果は表3に示した。

表 3 低水分サイレージの飼養効果

区 分	1日1頭増体(kg)	週令と体重の相関(r)	1kg増体に要したTDN(kg)
A 群	0.772	0.978	6.23
B 群	0.896	0.998	5.69

高野ら(1968)⁴⁾

日量0.5Kgの配合飼料と低水分サイレージの自由採食を行なつたA群は1日当り0.77Kgと良好でホル協の標準発育を示した。1.5Kgの配合飼料給与のB群では0.90Kgでやや過肥の傾向がみられた。

以上の点から、慣用塔型サイロを用いて低水分サイレージを調製する場合には、高温発酵や二次発酵及びカビの発生があり、これによる消化率の低下や乾物損失の増加がみられる。しかし、低水分サイレージは育成牛基礎飼料としては好適であることが確認された。

2-2 消化率、養分回収率と泌乳効果

慣用塔型サイロを用い、低水分サイレージの調製を行なつて乳牛に対する泌乳効果の研究は高野ら(1967)⁵⁾、石栗(1966)⁶⁾及び高野・堅田ら(1968)⁷⁾によつて実施された。

表4に処理別サイレージの消化率、栄養価と養分回収率について示した。原料草は1966年6月7日収穫の1番草である。高水分サイレージは無添加・排汁処理、フスマサイレージは10%フスマを添加した。低水分サイレージは60%に予乾を行なつた。

表4 処理別サイレージの消化率、栄養と乾物回収率

区 分	消化率 (%)			栄養価 (DM%)			発酵① 損失 (%)	乾物 回収率 (%)
	乾物	蛋白質	NFE	水分	DCP	TDN		
高水分 サイレージ	72.2	73.1	77.8	82.3	10.5	70.4 (100)	21.4	68.3
フスマ添加 サイレージ	71.1	76.3	75.4	77.2	11.6	71.8 (102)	7.0	89.7
低水分 サイレージ	61.1	55.9	68.2	57.1	7.5	64.4 (91)	3.0	85.1

① 乾物 高野ら(1967)⁷⁾

消化率では、低水分サイレージ乾物、蛋白質及びNFEが低く示され、乾物中TDN含量は高水分サイレージの91%にとどまつた。これらは発酵温度や二次発酵に起因している。発酵損失は高水分サイレージが一番高く、ついでフスマ添加サイレージで低水分サイレージが一番低かつた。しかし、取出し中のカビの発生がみられ、サイレージ中にかなりの酪酸が認められた。

これらサイレージの乳牛に対する飼養効果は表5に示した。各サイレージは自由採食とし、これに配合飼料を4%FCM量の1/4を給与し、一群2頭、1期3週間のラテン方格法で試験を実施した。

表5 処理別サイレージの泌乳効果

区 分	サイレージ のDM採食 量 (%)	体重に対す るDM採食 量 (%)	総TDN 採食量 (Kg)	4%FCM① 生産量 (Kg)	FCM 採食 DM比	平 均 体 重 (Kg)
高水分 サイレージ	11.6	1.9	10.3	12.3	1.06	605
フスマ サイレージ	14.0	2.3	12.2	11.6	0.83	609
低水分 サイレージ	14.1	2.3	11.9	11.5	0.82	614

① 1日1頭当り 高野・堅田ら(1967)⁷⁾

DM採食量は体重比で高水分サイレージ1.9%、フスマ及び低水分サイレージは各々2.3%と高かった。しかし逆に4%FCM生産量は水分含量の高いサイレージほど高かった。したがって泌乳効率は低水分サイレージは高水分サイレージより低く示された。しかし、低水分サイレージは増体効果がみとめられた。

以上のごとく、低水分サイレージは、乳牛の乾物摂取量は高いが泌乳効果が低く、増体への効果が認められた。また慣用塔型サイロにおいては、低水分サイレージは発酵温度が高く、二次発酵とカビの発生が認められた。

3 ハーベストアによるヘイレージ調製

白金共同利用模範牧場において調査を行なった。

3-1 1967年における試験

1) 使用ハーベストア 高さ18.3m、直径6.1mで、水分50%に予乾した原料250トン容のものである。埋草前にサイロ内外の気温差について調査した。外気温27.1℃の時には、サイロ内32.5℃と5.1℃高かった。またサイロ内外壁温の差は表6のごとくであった。

表6 ハーベストアの内外壁温の差 (℃)

区 分	東 面	南 面	西 面	北 面
外 壁 温 度	32.5	38.0	29.4	30.4
内 壁 温 度	33.6	39.5	30.4	30.6
差	1.1	1.5	1.0	0.2

サイロ壁温は南>東>北>西の順に示され、外壁温度よりも内壁温度が0.2~1.5℃高かった。

2) 原料草 1967年7月18~20日に収穫したが、原料草は1番草で草質はやや不良であった。草種割合はチモシー(開花後期)68%、オーチャードグラス(結実期)10%、アカクロバ(開花期)10%、ラジノクロバ9%であった。予乾によつて水分40%で埋草した。

3) 原料の細切とトレーラ積載量 シリンダー型(9牧刃)ハーベスターで5mmに切断した。その切断長は0~10mm70.1%、11~50mm25.5%、51~100mm2.9%、10mm以上0.2%、木片1.3%であった。

予乾で水分 3.1.2% となつた上述切断長の原料草は、トレーラに乾物量として 112.2 Kg/m² 積載された。慣行ハーベスクで 1~4 cm に細切された水分 75% の原料草は乾物量で 69.0 Kg/m² 積載されたので、約 1.6 倍乾物量が積載された。

4) ヘイレージの品質 ヘイレージは 10 月 12 日取出しを行なつた。ヘイレージは 2.1.5~2.4.2℃ で平均 2.2.9℃ であり、屋外に 24 時間放置しても二次発酵や温度の上昇など認められなかつた。

ヘイレージの外観は淡黄緑色を呈し、快よい酸臭にわづかにパイタバコ臭 (Cooked flavour) を有した。

表7 ヘイレージの PH と有機酸

PH	有機酸 (原物中%)			揮 発 酸 割 合				$\frac{NH_3-N}{TN} \times 100$ (%)
	総酸	乳酸	揮発酸	醋酸	プロピオン酸	酪酸	バレリアン酸	
5.1.9	2.32 (100)	1.96 (88)	0.27 (12)	0.25 (93)	-	0.02 (7)	-	1.3

PH はやや高めで 5.1.9、原物中総酸 2.2.3%、乳酸 1.9.6% で 88% を占めた。揮発酸は 0.2.7% であつたが 93% が醋酸で酪酸が 7% の割合のごく良好であつた。全 N に対する NH₃-N の比率は 1.3% と極めて低く、全体として良質であつた。

またヘイレージの水分は平均 4.3.7% で原料草の 4.1.3% よりやや高かつた。

5) 消化率と栄養価 原料草が收場建設途のため、十分肥培がなされず、また刈遅れのために草質はやや不良であつた。表 8 に消化率と栄養価を示した。原料草の乾物消化率は 53.6%、ヘイレージ 48.1%、蛋白質消化率では 53.9% と 49.2%、NFE では 56.7% と 51.3% であつた。

表8 原料草とヘイレージの消化率と栄養価

区 分	一般組成 (DM%)					消 化 率 (%)					DCP %	TDN %
	蛋白質	脂肪	NFE	繊維	灰分	乾物	蛋白質	脂肪	NFE	繊維		
原 料 草	8.3	3.2	46.1	35.5	6.9	53.6	53.9	44.5	56.7	55.6	4.5	56.1
ヘイレージ	9.1	3.5	44.0	34.0	7.6	48.1	49.2	54.6	51.3	49.9	4.5	46.0

したがつて、乾物中 DCP は原料 4.5%、ヘイレージ 4.5%、TDN は 56.1% と 46.0% であつた。

6) 育成牛の採食量 月令 15 カ月 (体重 400 Kg) の育成牛 2 頭を用い、予備期 5 日、本期 5 日間としてヘイレージを自由採食させ、朝夕各 1 Kg の配合飼料を給与して試験を実施した。

これらの結果は、体重 400 Kg の育成牛は、ヘイレージを平均 12.71 Kg、乾物 7.16 Kg、DCP 0.322 Kg、TDN 3.29 Kg を採食した。

3-2 1968 年における試験

草地の肥培管理も改善され、草質が良好であつた。表 9 に示されたように、PH 5.0、総酸 2.2.6%、乳酸は 1.9.9% で 88% を占めた。

揮発酸 0.2.7% 中大部分が醋酸で、酪酸は根跡程度であつた。前年同様に極めて良好な品質であつた。

また一般組成についても、前年に比較して蛋白質含量が高く、繊維含量も26.1%と著しく良好であった。

表8 ハイレーズの品質

PH	有機酸(原物%)			揮発酸(%)			一般成分(乾物中%)					
	総酸	乳酸	揮発酸	醋酸	プロピオン酸	酪酸	乾物	蛋白質	脂肪	NFE	繊維	灰分
4.98	2.26 (100)	1.99 (88)	0.27 (12)	0.26 (93)	0.01 (7)	T	52.3	15.4	5.0	44.5	26.1	9.0

4 ハイレーズ品質の考察

GORDON ら(1967⁸⁾)はオーチャードグラスの出穂期の原料を用い、水分49.1%に予乾を行ない、4.27×12.19mのハーベストアに埋草した。PHは4.93、全Nに対するNH₃-Nの比率は6.94%、総酸3.66%、乳酸2.30%、醋酸0.84%、酪酸0.35%(いずれも乾物中%)と報告している。これらの例からすれば、今日の結果は同等か、これ以上の品質であることが確認された。

ハイレーズの採食量については、GORDON ら(1967⁸⁾)は乳牛に対しては乾物量で7~1.1Kgと報告しているが、1966年の試験では400Kgの育成牛が7.16Kgとやや低目であったが、これは高野ら(1969⁹⁾)の指摘する刈時期の遅れによるものと考えられる。

ハーベストアによつて作られたハイレーズの乾物消化率は原料草56%に対して4.8%と高い消化率の保持を示している。例えば、表1の慣用塔型サイロでは原料草68.5%に対し、60.8%と54.3%にも低下がみられている。また高野ら(1967¹⁰⁾)の乾草調製時において原料草の乾物消化率60.6%、針金架乾草53.5%、自然乾草44.2%に対比しても明らかに有利性が立証されよう。

またハーベストアにおける乾物の回収率は97~89%平均95%であるとSUTER(1964¹⁰⁾)が報告している。

5 ハーベストア利用上の改善点

1) 1番草刈取時期の延長 ハーベストアは大規模な公共草地や大型牧場で使用がなされよう。この場合、大量のハイレーズが収穫されるが、とくに1番草は刈取り時期によつて品質、消化率及び採食量などが支配される。したがつて、刈取延期を延長させるために

- ① 草種：(チモミー主体草地・オーチャードグラス主体草地)を考慮して採草地を適正な比率とする。
- ② 品種：早生と晩生品種の利用
- ③ 施肥：早春刈取り用として速効性窒素肥料の施用や晩秋追肥
- ④ 放牧：刈遅れが予想される草地の早春放牧などによつて解決を図るべきであろう。

2) 予乾効率の向上 予乾速度は天候、機械処理方法、原料草の刈取時期と茎葉比などによつて異なる。これらの効率を向上させる努力を図る。

3) 品質の向上、草地の肥培、適期収穫、予乾の速進、ワゴンの改良による葉部飛散の防止などにより、ヘイレージの品質向上に努めること……などが指摘されよう。

6 ハーベストア利用の効果

ハーベストアの評価は今後に残されようが、現在までの所次の諸点が指摘される。

- 1) 二次発酵とカビ防止 低水分サイレージに生じやすい二次発酵やカビが完全に防がれる。
- 2) サイレージの品質 サイロ機構が気密性を十分保持されるため、安定したPHと有機酸組成のヘイレージが期待される。
- 3) 埋草と取出し労力 一貫機械体系においては、プロウによる埋草まで省力的に実施される。慣用塔型サイロでは、サイロ内踏圧、密封加重に労力を要するが、ハーベストアでは完全に省略される。さらに取出しにあたっては、ボトムアンローダで自動取出し給与(バンクフィーダー)が可能であり、多頭飼養がより合理的に進められる。
- 4) 養分回収率 慣用サイロでは80~65%の乾物回収率であるが、ハーベストアでは95%と高い。
- 5) 飼料構造と機械体系 一般にはサイレージと乾草が基礎飼料の基本型であるが、ハーベストアの利用によつて安定してヘイレージの利用が可能であれば、基礎飼料としてヘイレージのみで十分な効果が期待される。

したがつて牧草収穫の機械化も単純の型で効率を向上しうる。

7 あとがき

以上簡単に草サイレージの低水分化にいたる研究の概要、慣用塔型サイロ利用時の低水分サイレージの特質、ハーベストアによるヘイレージ品質と今後の改善点などにふれた。

さらに研究を要する問題も残されているが、ハーベストア利用上に若干でも参考にできれば幸いである。

最後にハーベストアの試験実施にあたり、種々貴重な御助言を載いた北海道大学教授広瀬可恒博士、帯広畜産大学教授大原久友博士に謝意を表します。

参考文献

- 1) BENDER, C. B and D. K. BOSSHART(1939)J. Dairy Sci., 32:7637-652
- 2) 高野信雄(1959)北海道農試研究報告52:1~83
- 3) SHEPHERD, J. B., T. E. WOODWARD and C. G. MELIN(1946)USDA Tech. BULL. 914
- 4) 高野信雄・山下良弘・難波直樹・鈴木慎二郎(1968)日草志14:1. 44~50
- 5) 鷲野保ほか(1967)北農 33:1
- 6) 石栗敏機(1966)北農 34:1

- 7) 高野信雄・上下良弘・難波直樹・鈴木慎二郎・堅田彰・工藤吉夫・荒智(1967)未発表資料
- 8) GORDON, C. H, J. C. DERBYSHIRE and J. R. MENEAR(1967)J. Dairy Sci.,
50.7. 1109-1115
- 9) 高野信雄・鈴木慎二郎・山下良弘(1969)北農 36.1
- 10) SUTER, R. C (1965)The couage to change, Printer & Publishers
Inc.