

細断型ロールベアラ現地調査試験 - トウモロコシロールベールサイレージの発酵品質及び貯蔵性について -

串田晴彦・谷田重遠

Field Test of Roll Baler for Chopped Material - Fermentation Quality and Storability of Wrapped Rollbale Silage of Maize by Roll Baler for Chopped Material -

Haruhiko KUSHIDA and Sigetou TANIDA

要 約

栄養収量が高く、合理的な堆肥活用が可能な青刈りトウモロコシの収穫・調製作業の省力・軽労化を目的として開発された細断型ロールベアラの現地ほ場レベルでの作業精度、サイレージの発酵品質等を調査した。

- 1 発酵品質
開封時のフリーク評価は全て優となり、良好な品質のサイレージが調製された。
- 2 長期保存性
11ヶ月間の発酵品質を調査した結果、未開封であれば二次発酵が懸念される時期でも品質が維持されることが確認された。
- 3 高水分材料を用いた場合の発酵品質及び保存性
材料草の水分含量が80.3%と高くても、調製55日後のフリーク評価は優で、さらに測定を行った176日目までは優で推移した。

キーワード： サイレージ調製、青刈りトウモロコシ、細断型ロールベアラ、発酵品質

緒 言

青刈りトウモロコシは栄養収量が高く、ふん尿の合理的な土地還元をすすめる観点からも畜産経営には適した作物と考えられる。しかしながら、収穫時の過重な労力作業、獣害、多頭化に伴う労働力不足などによりその作付け面積は全国ベースで平成2年に12.6万haであったものが、平成12年には9.6万haまで減少している¹⁾。岡山県においても昭和63年に2,150ha作付けされていたものが平成14年度には約4分の1の570haにまで落ち込んでいる^{2、3、4)}。

一方、自給飼料生産におけるロールベール体系は省力化、利便性、施設を必要としないなどの理由で急速に普及していった。そのようななか青刈りトウモロコシの利用にもこれらロールベール体系を望む声は多かった。独立行政法人 農業・生物系特定産業技術研究機構 生物系特定産業技術研究支援センター（以下、生研支援センター）と民間農機メーカーが、青刈りトウモロコシを細断したものをロールベールサイレージに調製できる細断型ロールベアラ（以下、細断型ベアラ）を開発した^{5、6、7、8、9、10)}。

そして、平成14～15年度に細断型ベアラの実用化に向けた試験が本県ほか8道県で実施された。総合畜産センターでは農家のほ場におけるレベルでの基本性能、サイレージの品質及び保存性について調査したので報告する。

材料及び方法

1 調査概要

表1に平成14、15年の栽培収穫等の概要を示した。収穫調製作業は表1に示すように8月下旬から9月上旬であったが、K牧場はトウモロコシの二期作、N牧場はトウモロコシとソルゴーとの混播栽培であった。

表1 調査概要

牧場名	経営形態	平成14年度			平成15年度			備考
		実施面積 (a)	べール数 (個)	調製日	実施面積 (a)	べール数 (個)	調製日	
Y	酪農	30	37	8月26,27日	30	38	8月25日	
I	酪農	20	26	9月2日	-	-	-	
畜産センター	酪農、和牛	20	19	9月4日	50	47	9月5日	
K	酪農	51	69	11月12日	30	31	7月31日	H14は二期作実施
N	酪農	-	-	-	50	55	8月21,22日	
O	和牛繁殖	-	-	-	10	11	11月5日	
合計	-	121	151	-	170	182	-	-

2 細断型ペーラ及びべールラップの基本性能調査

(1) 試験機の概要

ア 細断型ペーラは全調査地でMR-810 (T社製：平成15年度作成) により行った。

イ ベールラップ (以下、ラップ) は、自走式ラップ (SW1010W：T社製) で行い、平成15年度は当試験場では半直装式ラップ (MCW1000：S社製) を使用した。フィルム の巻数は両機ともに3回6層とした。

(2) 基本性能調査

ア ベール寸法：図1に示した幅 (水平方向)、長径 (側面水平方向) 及び短径 (側面垂直方向) をべール排出直後に測定した。なお、平成14年度はラップ終了後にべールの高さ と外周を測定し寸法とした。

イ ベール重量：図2に示したように直立式ホイストスケール (HS-VD：K社製) を用いて測定した。

ウ 乾物密度：以下の式で算出した。

$$\cdot \text{乾物密度 (kg/m}^3\text{)} = \text{べール重量 (kg)} / \text{べール体積 (m}^3\text{)} \times \text{乾物率} / 100$$

$$\cdot \text{べール体積 (m}^3\text{)} = (\text{長径 (m)} / 2) \times (\text{短径 (m)} / 2) \times 3.14 \times \text{幅 (m)}$$



図1 ベール寸法測定位置



図2 ベール重量測定



図3 梱包ロス



図4 ラップロス

エ ロス

(ア) 梱包ロスは図3に示したように、成形されたべールが細断型ペーラより排出されてから着地にかけて崩れる重量を、ビニールシート (5m×5m) の上に放出されたべールをラップが拾い上げた後に測定した。

(イ) ラップロスは図4に示したように、ラップがべールを拾い上げてから巻き終わるまでに崩れた量を測定した。

(3) 作業体系

農家の既存機械を利用する作業体系で、図5～8に示したように原則として定置式で実施した。

3 サイレージの品質

平成14年度及び15年度に各農家及び総合畜産センターで調製したものを対象とした。

(1) サンプル採取

サンプル採取部位は図9に示した3点より約2kgずつ採取し、採取時期は給与開始時に原則として2個のべールで実施した。

(2) 発酵品質の評価

発酵品質の評価は、有機酸 (乳酸、酢酸、酪酸) をフリーク法¹¹⁾ で行い、また、揮発性塩基態窒素 (VBN) は蒸留法、全窒素 (T-P) はケルダール蒸留法、pHはガラス電極法により行った¹²⁾。



図5 K牧場



図6 Y牧場



図7 O牧場



図8 N牧場

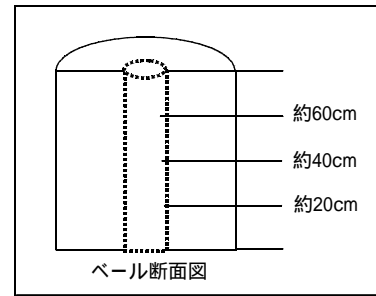


図9 サンプル採取部位

4 保存性

(1) 長期貯蔵によるサイレージ品質の経時的変化

平成14年9月4日に総合畜産センターで調製したベールサイレージを対象として、調製後98、148、219、261、288、343、398日で調査した。

(2) 高水分材料を用いた場合の発酵品質

平成14年11月12日にK牧場で調製した未乳熟期のベールサイレージを対象に調製後55、157、176日に調査した。

結果及び考察

1 試験機の基本性能調査

基本性能調査の結果は表2に示したが、主な項目としてベール重量、乾物密度及びロスを検討した。

(1) ベール重量

初年より2年目の方がやや重かったが、これは基本的には材料草の水分含量による違いと考えられた。すなわち、平成15年の材料草は下葉の枯れ上がり程度から例年に比べて茎葉部分の水分が高かった。

(2) 乾物密度

初年は $127.2\text{kg}/\text{m}^3 \sim 184.4\text{kg}/\text{m}^3$ までの範囲だったが、2年目は最高 $235.7\text{kg}/\text{m}^3$ まで乾物密度が高まった。この密度は水分70%のサイレージが高さ約7.3mのサイロに入っている場合、その最低部にかかる圧力と同程度¹³⁾であることを意味しており、高密度に調製されていると考えられた。また、イタリアンライグラスのロールベールの乾物密度は $104\text{kg}/\text{m}^3$ と報告されている¹⁰⁾が、その約2.3倍の密度で調製されていることとなる。農家からの意見では、傷んだサイレージを捨てるのが少なかった、またピンホールがあってもその周辺のごく一部にしかカビの発生が見られなかったなどの意見も乾物密度の高さによるものと推察された。

(3) ロス

初年度の改良による乾物密度の向上によりベールが崩れにくくなったことから2年目に梱包ロスが少なくなった。S社は2年度のみ調査であったが、T社に比べてやや多かった。これは、T社のラッパは昨年度からオペレーターが使っておりその取り扱いに慣れているが、S社では図10に示したようにトラクタ後部へラッパを取り付けるために、オペレーターが十分に慣れていなかったことも要因と考えられた。ダイレクトカットでサイロに詰め込む場合のほ場における、乾物損失は1～2%と報告されている¹⁴⁾。本試験におけるロスを乾物ロスに換算すると初年度の梱包

ロスは1.4%、2年目は1.2%、ラップロスは初年のT社のものが0.2%、2年目が0.1%で、S社のものは0.3%となった。これらの値は十分に実用レベルであると考えられた。



図10 バール製 (S社製) の作業の様子

表2 基本的性能調査結果

年	牧場名等	バール重量 (kg)	乾物密度 (kg/m ³)	梱包ロス (%)	ラップロス (%)		調査 バール数 (個)
					S社製	T社製	
H14	Y	237.1±19.7(9)	176.2±12.6(9)	1.5±0.3(9)	0.2±0.1(9)	-	-
	畜産センター	278.8±17.1(6)	153.3±4.5(6)	-	-	-	-
	K	326.0±10.2(3)	127.2±6.6(3)	0.5±0.1(2)	0.1±0.2(2)	-	-
	I	268.2±20.2(4)	184.4(1)	2.1(1)	0.3(1)	-	-
H15	Y	336.1±11.2	235.7±6.6	0.94±0.1	-	0.10±0.0	12
	畜産センター	329.5±10.8	180.9±3.1	1.34±0.2	0.30±0.1	-	15
	K	363.8±10.7	147.1±3.8	1.11±0.1	-	0.14±0.1	10
	N	346.8±12.8	211.6±10.6	1.08±0.2	-	0.11±0.1	10
	O	335.5±15.4	126.9±7.5	-	-	-	11

注1) 数値は平均値±標準偏差で示した。

注2) カッコ内の数値は調査バール数(個)を示した。

2 サイレージ品質

(1) 給与開始時の発酵品質及び嗜好性

表3に2年間の発酵品質を示した。サイレージは全てpHが4.0未満で、酪酸も検出されずフリーク評価の高いものであった。また、不良発酵の目安となるVBN/T-N⁽²⁾も低く、良質な発酵状況にあったと推察された。

嗜好性は、多くの農家でこれまでのサイレージ同様に良好であったとの意見であった。しかし、N牧場では、良好な発酵はしているものの開封直後の酸臭がきついためか、牛の食いつきが悪かったという意見があった。このサイレージは他に比べてpHはやや高く、フリーク評点はやや低く、有機酸の組成を見ると酢酸の組成割合が他に比べ高かった。酢酸は嫌気状態になるまでに長期間を要すると増えることが知られている⁽⁶⁾。また、乳酸菌には乳酸以外に酢酸を生成するものがあること⁽⁵⁾が報告されている。今回のN牧場におけるサイレージは乾物密度211.6kg/m³と高いことより、バール内部の気密度は高いと考えられることから、後者による酢酸割合の増加が要因の一つと推察された。

表3 発酵品質

年	牧場名	水分含量 (%)	pH	VBN/T-N	有機酸組成(%)			評点	判定	サンプル採取日
					乳酸	酢酸	酪酸			
H14	K	77.0	3.80	13.3	85.0	15.0	0.0	99.7	優	H15.1.6
	Y	71.4	3.85	8.2	86.1	13.9	0.0	99.3	優	H14.9.26
	畜産センター	74.0	3.62	13.6	80.2	19.8	0.0	98.3	優	H14.12.11
H15	K	75.4±1.5	3.71±0.0	6.8±0.6	80.1	19.9	0.0	97.7	優	H15.11.4
	Y	70.0±1.3	3.71±0.0	7.6±0.5	80.3	19.7	0.0	97.5	優	H15.11.10
	N	74.8±1.9	3.78±0.0	6.1±0.7	71.7	28.3	0.0	88.3	優	H15.11.5
	畜産センター	71.7±3.2	3.70±0.0	6.1±3.0	76.7	23.3	0.0	96.0	優	H15.12.19

注1) サンプル採取数はH14は1バール、H15は各農場2バールについて行った。

注2) 数値は平均値±標準偏差で示した。

(2) 保存性

ア 長期保存の場合の品質の経時的変化

図11に長期保存(11ヶ月間)した場合の発酵品質としてフリーク評点を経時的に示した。また、表4に発酵品質評価に関わるフリーク評価以外の項目の推移を示した。フリーク評価は全期間を通じて優となり良好な状態を維持した。また、pH、VBN/T-N及び有機酸組成についても良好に推移した。当社における1月のバンカーサイロ及び4月のタワーサイロのフリーク評価も優であったことから既存の施設同様に良好なサイレージが調製できることが確認された。

図12に総合畜産センターにおける貯蔵期間(平成14年9月～平成15年10月)の気温の推移を示したが、3月から4月は平均気温が3.7から12へと急に上昇している。また、最高気温も25を上回るなど、外気温が高く酵母やカビの増殖が活発になり、二次発酵が進みやすい状況¹⁶⁾であった。さらに、8月は月平均気温が24.8、最高気温が33.2、最低気温も16.5であった。そのような環境下でも表4に示したような状況でも細断型ペーラを用いたサイレージのフリーク評価は優であった。

つまり、9月に調製したサイレージは未開封(平成14年9月～平成15年10月)の状況であれば、翌年の11月まで良好な品質が維持されたことから、最高気温が30をこえてもトウモロコシサイレージの通年給与が可能であることが示唆された。

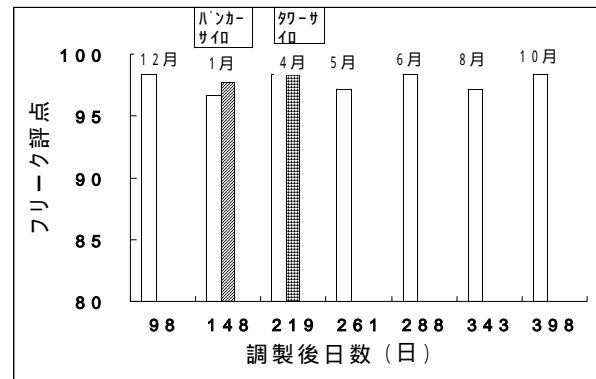


図11 発酵品質の経時的変化(総合畜産センター)

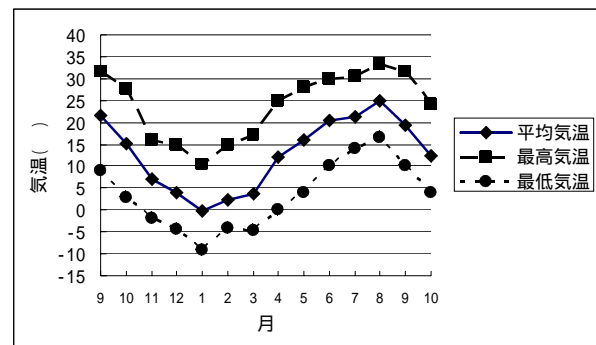


図12 貯蔵中の気温の推移(畜産センター観測値)

表4 長期保存時の発酵品質に関わる項目の推移

月	水分含量 (%)	pH	VBN/T-N	有機酸組成 (%)			備考
				乳酸	酢酸	酪酸	
1月	71.8	3.8	10.5	78.8	21.2	0.0	バンカーサイロ
	71.6	3.9	8.9	80.2	19.8	0.0	
4月	73.6	3.7	7.5	80.1	19.9	0.0	タワーサイロ
	72.0	3.8	7.1	82.4	17.6	0.0	
5月	73.8	3.7	8.8	79.8	20.2	0.0	
6月	72.2	3.8	12.2	82.2	17.8	0.0	
8月	74.0	3.7	8.8	80.8	19.2	0.0	
10月	72.5	3.7	8.2	75.8	24.2	0.0	

イ 高水分材料の発酵品質とその経時的変化

高水分材料のロールペールサイレージは、変形するなどして品質も悪くなる。そこで、図13に調製時の水分含量が80.3%という状態で梱包した場合の調製後55、154、176日のフリーク評点を示した。また、図14には貯蔵期間中の気温の推移を示した。

高水分材料を用いてもフリーク評価は測定を行った176日まで優であり、特にペールそのものは変形することはなかった。同一農家において、1月の半地下サイロ(平成14年9月調製)と5月のタワーサイロ(平成14年7月調製)を比較すると、半地下サイロ及びタワーサイロはフリーク評価が[良]に対し、細断型ペーラでは高水分サイレージにもかかわらず「優」であった。気温についても1日の最高気温が29.9となる5月でも品質は良好であった。

調製時の水分含量は80.3%であったが、表5に示したように開封時は77.0%～78.9%であった。これは、ペール外への水分の浸出が推察された。フリーク評点以外の品質に係る項目についても有機酸組成のうちの乳酸の割合が若干下がる傾向にはあるものの良好な状態で推移した。これらのことより、細断型ペーラにより、材料草がトウモロコシの場合に高水分(80%)

程度)でも、保存性の高い良好なサイレージが調製できることが確認された。

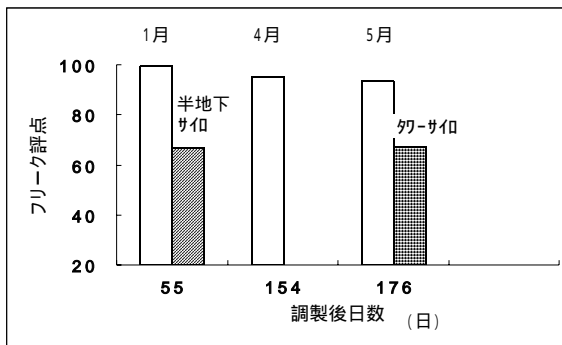


図13 高水分材料サイレージの発酵品質の経時的変化 (K牧場)

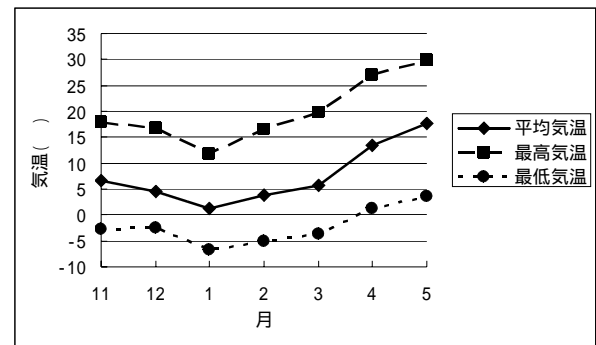


図14 K牧場における貯蔵中の気温推移 (津山特別地方気象台観測値より)

表5 高水分材料を用いたサイレージの発酵品質 (K牧場)

月	水分含量 (%)	pH	VBN/T-N	有機酸組成 (%)			備考
				乳酸	酢酸	酪酸	
1月	77.0	3.8	13.3	85.0	15.0	0.0	
	75.7	3.9	17.7	55.1	44.2	0.7	半地下サイロ
4月	78.8	4.0	7.2	77.3	22.7	0.0	
5月	78.9	3.8	6.4	75.0	25.0	0.0	
	75.7	3.9	10.8	56.2	43.8	0.0	刈-サイロ

以上のことから、細断型ペーラを用いることにより、品質においては既存の貯蔵施設以上に保存性が高く、良質なサイレージが得られることが示唆された。また、材料草がトウモロコシであれば高水分でも良質なサイレージが調製でき、1年程度は良好な発酵が維持できた。このことから、細断型ペーラを利用することでトウモロコシサイレージの通年給与が可能となる。また、二期作やソルゴーとの混播など労働条件や土地条件に柔軟に対応した生産利用が可能と考える。

また、図7に示したように、狭く、小型のハーベスタなどで刈り倒したトウモロコシをほ場の各所に集め、細断型ペーラとカッターが移動して調製していくという体系での検討も行った。ほ場における作業時間が短く、ほ場からの収穫物を運搬する必要がなくなったなど、中山間地特有の狭いほ場でも効果的な作業で省力・軽労化につながることを示唆された。

引用文献

- 1) 独立行政法人農業技術研究機構畜産草地研究所草地研究センター (2003) : 自給飼料で牛は何頭飼えるか。畜産草地研究所草地研究センター資料, 12-13.
- 2) 中国四国農政局統計情報部 (1994) : 岡山県農林水産統計年報 (平成5年~6年), 54-55.
- 3) 中国四国農政局統計情報部 (1997) : 岡山県農林水産統計年報 (平成8年~9年), 64-65.
- 4) 中国四国農政局統計部 (2004) : 岡山県農林水産統計年報 (平成14~15年), 104-105.
- 5) 山名伸樹・亀井雅浩 (1997) : 長大型作物兼用カッティングロールペーラの開発 (第1報) . 総合的開発研究「新用途作物」平成8年度受託研究報告書, 生研機構 (平9.3) .
- 6) 山名伸樹・志藤博克 (1998) : 長大型作物兼用カッティングロールペーラの開発 (第2報) . 総合的開発研究「新用途作物」平成9年度受託研究報告書, 生研機構 (平10.3) .
- 7) 山名伸樹・志藤博克 (1999) : 長大型作物兼用カッティングロールペーラの開発 (第3報) . 総合的開発研究「新用途作物」平成10年度受託研究報告書, 生研機構 (平11.3) .
- 8) 山名伸樹・志藤博克 (2000) : 微細断型ロールペーラによる長大型作物梱包技術の開発 (第1報) . プロジェクト研究「転作物」平成11年度受託研究報告書, 生研機構 (平12.3) .
- 9) 山名伸樹・志藤博克 (2001) : 微細断型ロールペーラによる長大型作物梱包技術の開発 (第2報) . プロジェクト研究「転作物」平成12年度受託研究報告書, 生研機構 (平13.3) .
- 10) 澁谷幸憲・志藤博克・山名伸樹 (2002) : 微細断型ロールペーラによる長大型作物梱包技術の開発 (第3報) . プロジェクト研究「21世紀プロ」平成13年度受託研究報告書, 生研機構 (平14.3) .

- 11) 森本宅監修：動物栄養試験法, 419-422.
- 12) 自給飼料品質評価研究会編(2001)：改訂 粗飼料の品質評価ガイドブック.
- 13) 高野信雄・佳山良正・川鍋祐夫：粗飼料・草地ハンドブック, 602-603.
- 14) 高野信雄・佳山良正・川鍋祐夫：粗飼料・草地ハンドブック, 638-642.
- 15) 内田仙二・大島光昭 監修：サイレージの生化学第2版, 110-111.
- 16) 高野信雄・佳山良正・川鍋祐夫：粗飼料・草地ハンドブック, 614.