

ストレッチフィルムの色が低水分ロールベールサイレージの 発酵品質・結合蛋白質に及ぼす影響

野中和久・名久井 忠

Effect of the Color of Stretch Film on Fermentative Quality and Bound Protein
of Individually Wrapped Round Bale Silage
Kazuhisa NONAKA and Tadashi NAKUI

Summary

The purpose of this study was to examine the effect of the color of stretched plastic film on fermentative quality and bound protein of wrapped round bale silage (moisture content was from 37 to 52%).

The results were as follows:

1. Temperature in the surface of wrapped round bale silage with black colored stretch film was about 10°C higher than the silage with white colored stretch film. Bound protein contents of silage with each colored stretch film were similar to that of raw materials.

2. For round bale silage wrapped with black colored film, moisture content was uneven, the pH of the silage was rather high and fermentation was repressed.

3. For round bale silage wrapped with white colored film, the pH was rather low and fermentative quality kept stable.

キーワード：ストレッチフィルム，色，ロールベール，サイレージ，発酵品質，結合蛋白質。

Key words: stretch film, color, round bale, silage, temperature, fermentative quality, bound protein.

緒言

近年、ロールベールのラッピング技術が普及するとともに、水分40~50%程度の低水分サイレージの地域内流

通が行われ始めている。ラッピング用フィルムは現在、主に黒色及び白色系統のものが市販されているが、一般的には黒色フィルムが耐候性では優れているという評価が多い²⁾。しかしながら、黒色フィルムは白色に比較してベール表面温度が高いことも事実であり^{1) 2)}、この現象が内部の発酵品質、飼料価値に關与している可能性が考えられる。本試験では、気温の高い時期にロールベールサイレージの品質を保持するためには、被覆資材としてのストレッチフィルムの色を選定が重要なポイントであると考え、夏期高温時に貯蔵した低水分ロールベールサイレージのフィルム色が、貯蔵期間中のベール表面温度の変化並びに開封時におけるサイレージの発酵品質、結合蛋白質に及ぼす影響を検討した。

材料及び方法

1. 供試材料

チモシー及びアルファルファ1番草をそれぞれ早刈り（それぞれ出穂前及び開花前）、適期刈り（同、出穂始め及び開花始め）、遅刈り（同出穂期及び開花期）の各生育期に収穫し、水分30~50%を目途に予乾した後、カッティングローラベアラで梱包し、8重巻のラッピング処理を行った。ラッピングは各生育期とも黒色及び白色のストレッチフィルムで1個ずつ行い、合計12個のロールベールサイレージを調製した。貯蔵は縦1段積みとし、約1カ月後に開封・調査した。また、ベール温度の経時的測定は調製後直ちに夏期の高温条件下で行うことを目途とし、遅刈りのアルファルファ（1994年6月29日）を材料としたロールベールサイレージ（黒色及び白色のストレッチフィルムを使用したものを各2個ずつ、計4個）を別に調製して供した。なお、ベール温度の測定は、上述の12個のロールベールサイレージ貯蔵場所に隣接した

北海道農業試験場（062 札幌市豊平区羊ヶ丘1）

Hokkaido National Agricultural Experiment Station, Hitsujigaoka, Sapporo, 062 Japan

「平成6年度 研究発表会において発表」

場所で行った。

2. 貯蔵期間中のペール温度の測定

温度の測定は北海道河西郡芽室町新生（東経143°05′、北緯42°53′）の北海道農業試験場畑作研究センターで行った。測定は黒色及び白色フィルムでラップしたペールをそれぞれ縦2段積みで貯蔵し、直射日光の照射時間が最も長い南側表面の地上1m地点のフィルム表面（表面部）並びに2段重ねペールの下段頂面と上段底面の間に挟まれた面の中央（中央部）に温度センサを設置して行った。気温はペールに隣接して設置した百葉箱内の地上1m地点で測定した。測定期間は1994年7月1日～8月3日の34日間で、各々1時間間隔で測定した。測定期間の平均日射量は15.88MJ/m²/日、平均日照時間は6.72時間/日であった。

3. サンプル採取

原料草は、予乾後にウィンドローを50m毎に区画し、その区画から5箇所ずつ抜き取ったサンプルを混合して1区画分のサンプルとした。なお、ロールペール1個当たりを使用したウィンドローの長さは平均185m（3.7区

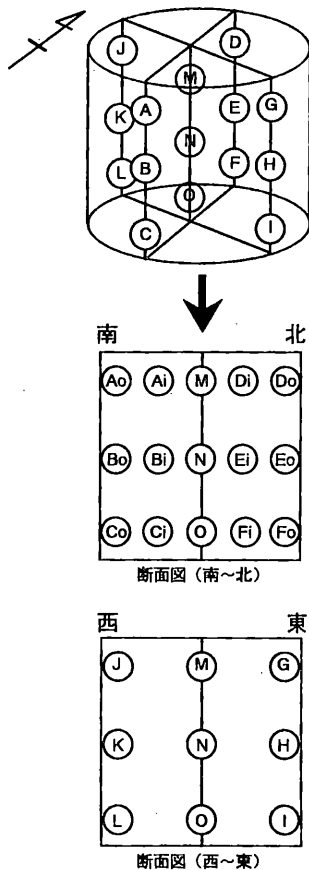


図1 ロールペールサイレージのサンプリング位置

画)であった。

ペール表面のサンプルは、電気ドリルの先端に内径7cm、長さ25cmの鉄製の円筒を取り付けたドリル式サンプリャーを試作し、これを用いて表面から深さ20cmまでを抜き取った。内側は、表面のサンプリング終了後、ロールペールカッターで南北方向に縦に切断し、深さ20～40cm及び深さ40cm～中心までの範囲を手でサンプリングした。サンプル採取位置は図1の様に設定し、貯蔵時の方位、上下位置を考慮してペール1個につき21箇所からサンプリングした。

4. 分析

原料草及びサイレージの各サンプルの水分は、105℃恒量法で定量し求めた。また、サイレージのサンプルは大山らの方法⁴⁾に従って抽出液を作成し、pHを測定した。サイレージの揮発性脂肪酸(VFA)は、貯蔵中の温度上昇が激しいと考えられる日なた表層部の3箇所(Ao、Bo、Co; 図1参照)及び貯蔵中の温度変化が少ないと考えられる中心部の3箇所(M、N、O; 図1参照)のサンプルについてガスクロマトグラフィーにて測定した。またサイレージ中の結合蛋白質は貯蔵中の温度上昇に伴い増加するものと考え、最も温度が高くなると想定される日なた表層上部(Ao; 図1参照)及び温度が低いと想定される中心部(N; 図1参照)のサンプルを70℃の通風乾燥器内で48時間乾燥後、0.5mmメッシュの粉碎機で粉碎し、酸性デタージェント不溶窒素(ADIN)として測定した。その値は全窒素中の含有率(ADIN/TN%)で示した。

結果及び考察

1. 貯蔵期間中のペール温度の変化

貯蔵期間中の最高気温は34℃、最低気温は11℃であった。最も気温が上昇した時期の各部位の温度変化を図2に示した。ロールペールの中央部は気温の影響を受けず20℃前後で推移した。一方、表面部は気温の上昇に伴っ

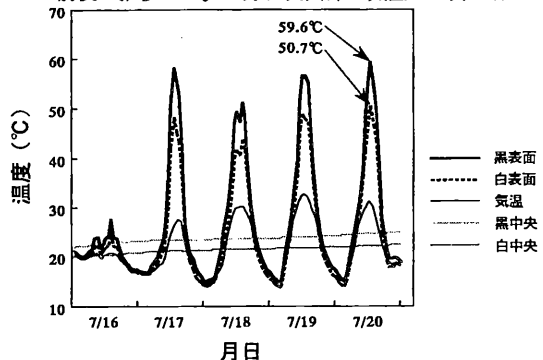


図2 最も気温が高かった時期のロールペールサイレージ各部位の温度変化

て温度が急激に上昇した。特に黒色フィルムは白色フィルムに比較して約10℃高く、測定期間中の最高温度は59.6℃に達した。測定期間中(34日間)に表面温度が50℃以上となった時間を積算すると、黒色フィルムが27時間、白色フィルムが1時間であったことから表面部の高温は長時間持続しないことが示された。すなわち、日中は気温の上昇に伴い特に黒色フィルムの表面は極端な高温となるが、それは持続せず、夕方から翌朝にかけては気温低下の影響により、中央部よりも温度が低下するものと推察した。

2. サイレージの結合蛋白質含量

牧草には若干の結合蛋白質が存在する。1990年5~7月に著者が行った調査³⁾では、チモシー1番生草の結合蛋白質含量は、ADIN/TN比で最大16.5%、アルファルファ1番生草では同10.6%であった。結合蛋白質はサイレージ調製の失敗により粗蛋白質中に占める割合が増加することが知られているが、特に含水率30~40%の低水分サイレージでは、貯蔵中の熱変性により増加程度が大きくなるとされている。そこで開封時のロールベールサイレージ中のADIN含量を測定した結果(表1)、フィルム色や部位の違いにかかわらずADIN/TN比は最大値が10.9%と低く、生草と同等のレベルであった。このことから外気温の影響によって結合蛋白質は貯蔵中に増加しなかったものと思われる。

3. サイレージのVFA含量

ロールベールサイレージの日なた表層及び中心部のpH及びVFA組成を表2に示した。通常、サイレージ

表1 ロールベールサイレージのADIN/TN割合

フィルム色と部位	最大値	最小値	平均値±標準偏差
	%	%	%±%
黒 日なた表層	8.43	6.45	7.21±0.64
黒 中心部	9.19	6.29	7.82±0.89
白 日なた表層	9.91	7.09	8.27±1.05
白 中心部	10.89	6.60	8.37±1.58

注) 測定箇所は日なた表層上部(Ao)及び中心部(N); 図1参照

はpHを4.2以下に低下させ、酪酸菌の増殖を抑制し、安定的な品質を保持させる貯蔵技術である。しかし、低水分原料をサイレージ調製すると発酵は抑制されることが知られており⁵⁾、本試験においてもpHは4.9~5.8と高かった。VFAは主として酢酸が検出されたが、プロピオン酸、酪酸の含量は少なく、サイレージ発酵は微弱であった。また、酢酸含量とpHの間には $r=0.73$ と1%水準で有意な相関があり、酢酸含量がpHを大きく左右する要因であるものと推察した。

4. サイレージの水分分布ムラとpHの関係

ロールベールサイレージ開封時の水分含量はチモシーで36.6~43.2%、アルファルファで46.7~51.9%であった。また、これら水分含量の変動係数はチモシーで2.3~8.5%、アルファルファで4.9~7.0%の範囲であった。ロールベール1個当たりに使用した原料草の水分含量は変動係数が0.9~6.8%であり、サイレージが相対的に大きい値であったことから、サイレージ貯蔵中の水分分布ムラが発生したと思われる。フィルム色間では水分含量の変動係数に有意差がみられなかった。

開封時のサイレージ内水分分布について、特にフィルム色間の差異が明確であったアルファルファ遅刈サイレージのものを図3に示した。白色フィルムでは中央部の水分には上下間差がなく、周辺部及び表層部は下端が高い

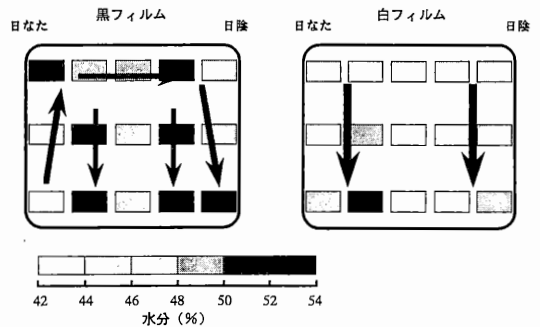


図3 ロールベールサイレージの水分分布

(データはアルファルファ1番草遅刈サイレージ、図中の矢印は、水分が高くなる方向に引いた)

表2 ロールベールサイレージのVFA組成とpH

	pH	新鮮物中%					
		酢酸	プロピオン酸	イソ酪酸	酪酸	吉草酸	カプロン酸
最大値	5.84	1.072	Tr	0.008	0.032	0.049	0.065
最小値	4.87	—	—	—	—	—	—
平均値	5.48	0.302	Tr	0.001	0.009	0.007	0.004

注) 測定箇所は日なた表層(Ao、Bo、Co)及び中心部(M、N、O); 図1参照
Tr; 検出されるも極微量。—; 検出されず。

水分含量を示す傾向にあった。黒色フィルムにおいても、中央部及び周辺部は白色フィルムと同様の傾向を示した。一方、黒色フィルム表層部は、日なた上部、天頂部及び日陰下部の水分含量が高い傾向にあったが、これは草種、生育期にかかわらず共通に示された傾向であった。このことから、フィルム表面の頻繁な温度変化に伴いペール表層部の水分移動が常に起きており、それは温度の高い部位から低い部位へと起こっていると推察した。このような現象が起きていると仮定した場合、サイレージ発酵に悪影響を及ぼす可能性がある。そこで、開封時におけるサイレージの水分とpHの関係をフィルム色間で比較した。

ロールペールサイレージの水分含量とpHを表3に示した。フィルム色間で比較すると、水分含量は草種・生育期を問わず黒色フィルムで高い傾向を示したにもか

表3 ロールペールサイレージの水分含量及びpHの平均値

	水分含量		pH	
	黒色	白色	黒色	白色
チモシー				
早刈り	41.5	43.2	5.67 ^A	5.62 ^B
適期刈り	41.7 ^A	36.6 ^B	5.78 ^A	5.62 ^B
遅刈り	42.6 ^A	40.2 ^B	5.57 ^A	5.52 ^B
アルファルファ				
早刈り	51.9 ^A	47.9 ^B	5.43	5.47
適期刈り	51.3 ^A	49.0 ^B	5.17	5.17
遅刈り	47.3	46.7	5.61 ^A	5.31 ^B

注1) a・b間に5%水準で有意差あり。
 注2) A・B間に1%水準で有意差あり。
 注3) 数値はロールペール1個当たり21箇所のサンプリング位置(図1参照)の平均値。
 注4) 黒色・白色はフィルムの色

わらず、pHは黒色フィルムで高く、白色フィルムに比較して発酵が抑制された。

ロールペールサイレージの水分とpHの関係を図4に示した。図はチモシー及びアルファルファ遅刈りサイレージについて示したが、他の生育期についても同様の傾向であった。すなわち、黒色フィルムを用いたロールペールサイレージはpHが高く、発酵は抑制された。一方、白色フィルムでラッピングしたサイレージは、相対的にpHが低かった。また、水分とpHの間に有意な相関が得られた。このことは、水分移動が黒色フィルムを用いたロールペールに比較して小さかったため、ペール内環境が安定化し、発酵に有利に働いたものと考察した。

以上の結果、チモシー及びアルファルファ1番草では、生育期を問わず白色フィルムを用いた低水分ロールペールサイレージは、黒色フィルムを用いたものに比較して外気温の変化の影響を受け難いことから、微弱ではあるがサイレージ発酵が相対的に進み、安定的な品質保持のために有利であると結論づけた。しかしながら、本試験は開封時のサイレージについての調査であったことから、今後は貯蔵期間中のペール内における経時的な温度変化及び水分移動の様相と発酵との関係を検討する必要がある。

引用文献

- 1) 糸川信弘・本田善文・小林亮英(1995) ラップサイロの特性および調製貯蔵条件と発酵品質. 日草誌 40, 478-487.
- 2) 萬田富治(1994) ロールペールサイレージシステムの基本と実際. 酪農総合研究所. 札幌. pp.77-78.
- 3) 野中和久・篠田 満・名久井 忠(1991) 牧草類の生育にともなう蛋白質分画の推移. 北草研報 25, 45-50.

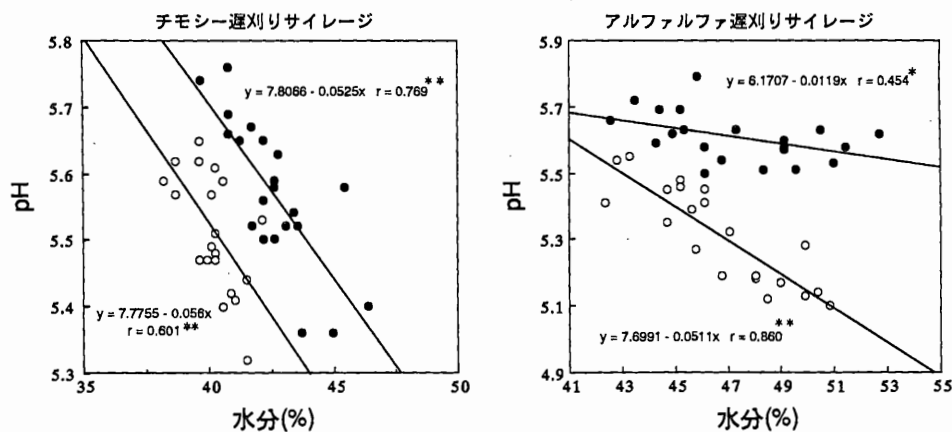


図4 ロールペールサイレージの水分とpHの関係
 (●黒フィルム、○白フィルム)

- 4) 大山嘉信 (1971) 動物栄養試験法 (森本宏監修), 第1版. 養賢堂. 東京. pp.412-413.
- 5) 大山嘉信・榎木茂彦 (1968) サイレージ発酵に影響する諸要因に関する研究Ⅲ. 材料の水分含量、詰込み密度およびサイロ内の気体の置換の影響. 日畜会報 39, 168-174.

摘 要

水分37~52%の低水分ロールベールサイレージを調製

する際に使用するストレッチフィルムの色が発酵品質、結合蛋白質含量に及ぼす影響について検討した。結果は以下の通りである。①黒色フィルムは表面の最高温度が白色に比較して約10℃高いが、結合蛋白質の増加には至らなかった。②黒色フィルムを用いたサイレージは内部の水分ムラが大きく、発酵が抑制された。③白色フィルムは相対的にpHが低く、品質は安定的であることが示された。

(1995年4月24日受理)