

バンカーサイロにおける多層詰めサイレージ調製技術

1. はじめに

バンカーサイロでのサイレージ調製のほとんどは、1回の調製で満杯にする「単層詰め」で行われていますが、多回刈り牧草など、栄養価が高くてもバンカーサイロを満たすだけの量がない原料は、スタックサイロやラップサイレージなどで調製が行われています。一方、ヨーロッパの一部では、1つのバンカーサイロに複数の番草を重ねて詰める「多層詰め」を行っているところもあります¹⁾。多層詰めは、少量の原料をバンカーサイロで調製する際に有効な技術と考えられますが、国内で多層詰めサイレージを調製している事例はほとんどなく、情報が限られています²⁻⁴⁾。

本稿では、多層詰め実践農場におけるサイレージ調製・利用に係る労力実態、実規模バンカーサイロおよび小規模サイロで多層詰め特有の追詰めによるサイレージ品質への影響を報告します。

2. 多層詰めの調製方法と作業時間

多層詰めを実践しているAおよびB農場において、サイレージの調製方法と利用時の作業時間を調査しました。追詰め前の準備作業（タイヤ除去、シートはがし、かび除去など）にサイロ1基当たり90～130分を要し、両農場ともタイヤ除去をデメリットとして挙げていました。詰込作業は、原料草をサイロ手前で降ろし、奥まで薄く拡散しながら踏圧する方法で行われていました（写真1）。このため、多層詰めでは原料草の拡散に時間を要しますが、単層詰めでの推奨値（20～30秒/m³）⁵⁻⁶⁾と同等以上の十分な踏圧時間が確保されました。サイレージの取出し作業は、1日当たり約20分、除雪が必要な場合はさらに10分前後要しました。単層詰めで複数のサイロを利用する場合はこれらの作業時間が倍増するため、多層詰めの導入は毎日の飼料調製作業の省力化がメリットとなります。



写真1 2層目の追詰め作業

3. 多層詰めサイレージの詰込条件とVスコア

原料草や詰込条件を変えて多層詰めサイレージを調製した結果を表1に示しました。原料としては、牧草のみまたは牧草と飼料用とうもろこしの組み合わせで行い、牧草の草種としては、オーチャードグラス主体、チモシー主体、リードカナリーグラス (RCG) 主体でした。A農場では当日の早朝に開封し午後から追詰めを行い、B農場は追詰め直前に開封しました。開封から追詰めを始めるまでは0.8~8.5時間でした。単層詰め推奨されるサイレージの調製条件 (原料草の予乾、異物混入防止、十分な踏圧など) を遵守することで、各層のVスコアは「良」となるものが多く、概ね良質なサイレージを調製することができました (表1)。一方、RCG主体の原料草で踏圧が不十分であった場合 (表1: 酪農試サイロ) は、Vスコアが「不良」となりました。

4. 追詰め間隔の検討

サイロの開封は、サイレージの発酵が安定する詰込みから40日程度経過してからが推奨されています⁷⁾。しかしながら、多層詰めでは、異なる草種の1番草の組み合わせや2番草後にとうもろこしを追詰めする場合は、発酵安定期 (詰込みから31日以降)⁷⁾より早く開封することがあります。そこで、追詰め間隔の影響を検討するために、小規模サイロ (容積

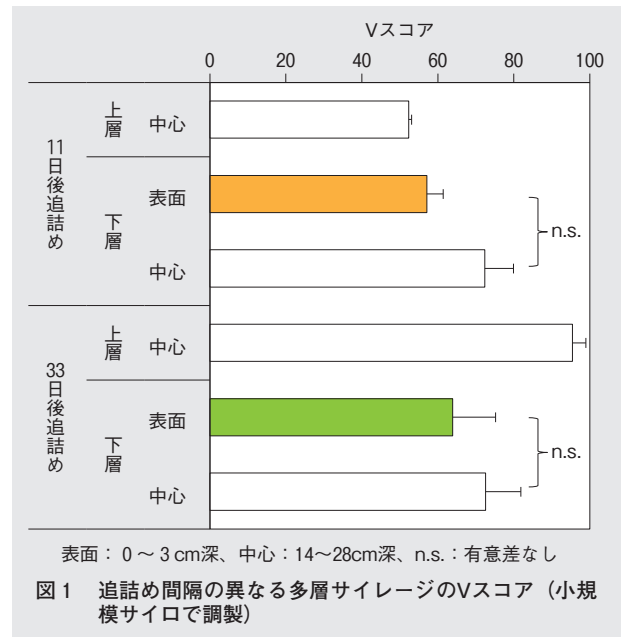


図1 追詰め間隔の異なる多層サイレージのVスコア (小規模サイロで調製)

292L) で詰込み11または33日後に開封して、24時間外気に曝した後に追詰めをしたときの発酵品質を調べました。追詰め間隔に関わらず、外気に曝された下層表面のVスコアは下層中心部と変わりませんでした (図1)。このことから、追詰めは10日程度の間隔でも可能であると考えられます。

5. 防かび資材の検証

多層詰めを実践している農場では、追詰め前のサイレージ表面にかびがあった場合は、かびの除去作業を約1時間程度行って行っていました。追詰め時のかび

表1 多層詰めサイレージの詰込条件、原料草成分、サイレージの飼料成分およびVスコア

サイロ (幅×奥行×高さ)	層	原料草	優占 草種	詰込条件				原料草成分		サイレージ飼料成分			Vスコア
				追詰め 間隔 (日)	開封から 詰込始ま までの時間	詰込厚 (cm)	圧縮 係数 ⁴⁾	DM (%FM)	WSC (%DM)	DM (%FM)	CP (%DM)	NDF (%DM)	
A農場 (7.5×30×2m)	上	3番草	OG	88	8.5	63	2.9	26.5	5.1	24.7	15.3	57.8	93
	中	1番草	OG	-	-	60	2.5	16.5	10.8	26.7	22.4	51.1	92
	下	CS ¹⁾	-	-	-	79	-	-	-	37.1	8.8	35.5	84
B農場 (7×30×2.7m)	上	とうもろこし	-	81	0.8	102	2.6	33.4	10.5	33.8	7.9	43.7	87
	下	1番草	TY	-	-	159	2.2	15.2	7.0	22.8	10.1	71.8	86
酪農試 ²⁾ (6×10×2m)	上	3番草	RCG73%	61	3.5	47	-	35.0	12.1	28.0	19.6	53.9	44
	中	2番草	RCG66%	41	2.0	41	-	14.8	5.6	16.6	13.5	63.9	17
	下	1番草	RCG58%	-	-	71	1.3	16.3	8.4	17.3	11.5	68.2	52
畜試 ³⁾ (6.5×16×1.5m)	上	1番草	RCG40%	12	4.5	31	-	28.3	8.8	27.6	10.2	70.2	94
	下	1番草	OG35%	-	-	89	2.1	27.4	10.5	24.6	16.2	66.2	88

1) A農場の下層は、前年度に別のバンカーサイロで調製したとうもろこしサイレージ (CS) を1番草の調製日に詰め直した

2) 酪農試 (地方独立行政法人 北海道立総合研究機構 農業研究本部 酪農試験場)

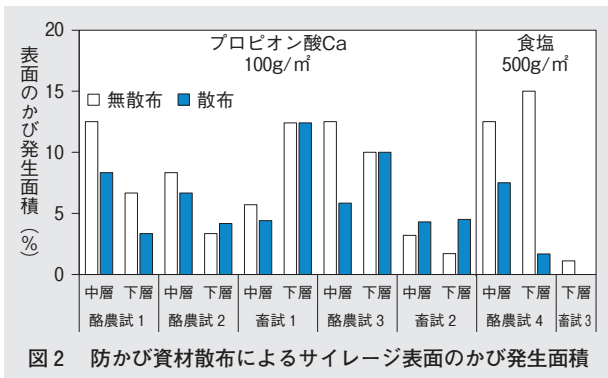
3) 畜試 (地方独立行政法人 北海道立総合研究機構 農業研究本部 畜産試験場)

4) 圧縮係数=搬入した牧草総容積 (m³) ÷ 踏圧後の牧草容積 (m³) 1番草で2.0以上、2番草で2.3以上を目標とする。

OG: オーチャードグラス、TY: チモシー、RCG: リードカナリーグラス、

DM: 乾物、FM: 原物、WSC: 可溶性糖類、CP: 粗タンパク質、NDF: 中性デタージェント繊維、

Vスコア: 発酵品質を100点満点で評価した指標。80点以上: 「良」、60~80点: 「可」、60点以下: 「不良」

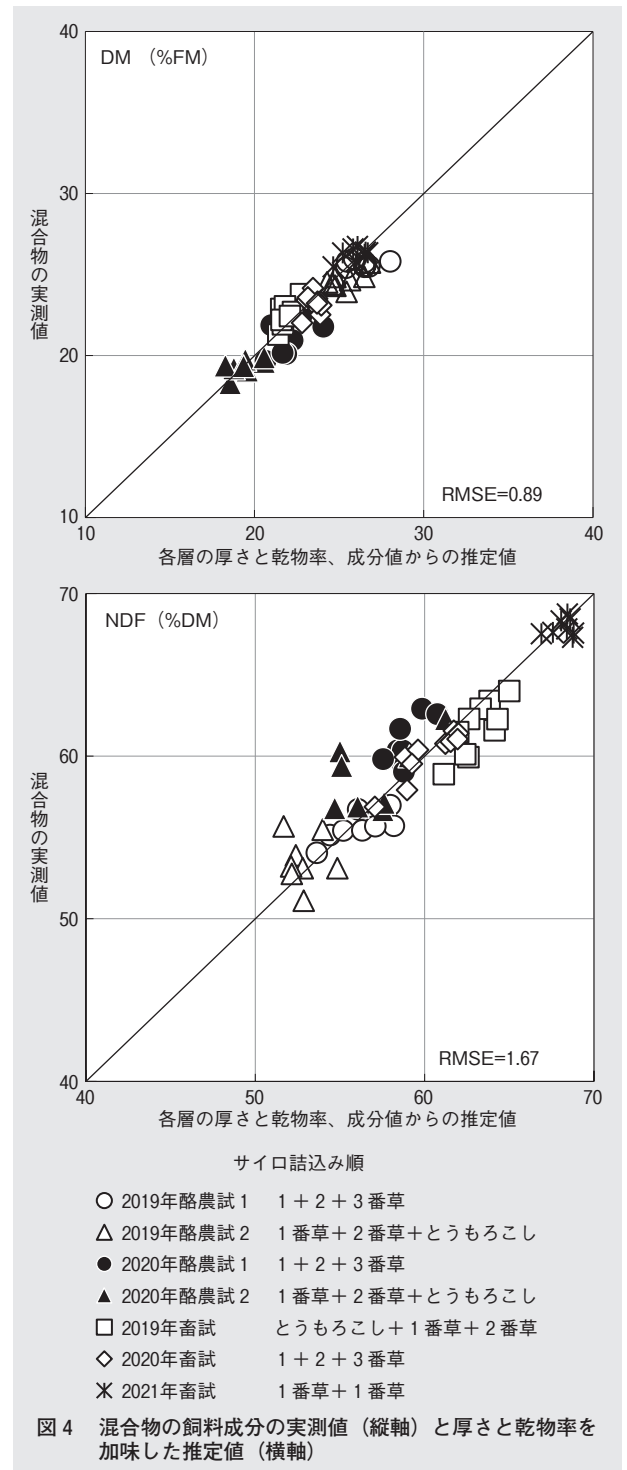


除去作業の軽減を目的として、防かび資材（プロピオン酸Ca100g/m²または食塩500g/m²）をサイレージ表面に散布し効果を検証しました。プロピオン酸Caでは防かび効果が明確ではありませんでしたが、食塩は例数が少ないものの、かびの発生が抑制される傾向がみられました（図2）。

6. 多層詰めサイレージの飼料成分の推定

多層詰めでは、各層の詰め厚が必ずしも均一ではないため、牧草サイレージととうもろこしサイレージのように層間の成分が異なる場合には、利用時の飼料成分の変動が大きくなる懸念があります。そこで、混合物の成分値について、各層の厚さ、乾物率および飼料成分からの推定値（図3）と化学分析値とを比較しました。

多層詰め混合物の飼料成分値は、サイロをサイレージカッターなどで垂直に削り出せる条件では、概ね推定できました（図4）。しかしながら、牧草ととうもろこしの多層詰めでは、中性デタージェント繊維（NDF）で推定値と実測値の差が、-5.3～+2.7ポイントとやや大きい結果となりました（図4のNDF：凡例△・▲・□）。このことから、多層詰めサイレージを利用し飼料設計を行う場合は、定期的にTMRの飼料分析を行い、成分値を確認するのが望ましいと考えられました。



【準備】

- 1) 層毎にサイレージを採取し、飼料分析に出す。
- 2) 各層の厚さを測定する。

【推定1 混合物の成分値】

- 1) 各層の乾物混合割合を推定（中層、下層も同様に算出）

$$\text{上層の乾物混合割合 (上層\%)} = \frac{\text{上層の厚さ} \times \text{上層のDM\%}}{(\text{上層の厚さ} \times \text{上層のDM\%}) + (\text{中層の厚さ} \times \text{中層のDM\%}) + (\text{下層の厚さ} \times \text{下層のDM\%})} \times 100$$
- 2) 混合物の成分値（例CP%） $= ((\text{上層\%} \times \text{上層CP\%}) + (\text{中層\%} \times \text{中層CP\%}) + (\text{下層\%} \times \text{下層CP\%})) / 100$

【推定2 混合物の乾物率】

$$\text{DM\%} = 1 / (\text{上層\%} / \text{上層DM\%} + \text{中層\%} / \text{中層DM\%} + \text{下層\%} / \text{下層DM\%}) \times 100$$

図3 多層詰めサイレージ混合物の飼料成分値の推定手順

7. 多層詰め導入事例

新規に多層（2層）詰めを開始した農場における導入事例を示します。この農場では、多層詰め導入前は牧草を年2回刈りで収穫していました。1番草はバンカーサイロで調製して搾乳牛および乾乳牛に給与し、2番草は全量、ラップサイレージにして育成牛のみに給与していました。

多層詰めを取り組むにあたって、牛舎周辺の草地を年3回刈りに変更しました。3回刈りにすることで牧草の栄養価向上や多層詰めによる毎日の取出し、TMRのミキシング作業が効率化されることを期待していました。また、3回刈りにすることで、1番草のラップサイレージも作れるようになり、これを乾乳牛に給与することを計画しました。

2018年までは、すべてのサイロで1番草を単層で詰めていました（図5）。多層詰めへ移行するにあたって、多層詰めにより最短でも約5ヶ月間は使用できないためバンカーサイロを1基増設し、3年間分のサイロへの詰め込み計画を検討しました。間口の広いサイロ1および2は1番草の単層詰め専用とし、サイロ3～5を多層詰めに用いました。

詰め込み作業は平行積みで行い、下層をサイロの半分までの高さに詰め込むために、両壁にガイドラインをペイントしました（写真2）。3番草は収量が少ないので、サイロ1基毎の作業でも踏圧時間が十分確保できましたが、1番草は収量が多いので、サイレージトレーラーを単層詰めサイロに2台、多層詰めサイロに1台の配分で牧草を搬入し、踏圧時間を確保しました。下層詰め込み後のタイヤ設置は、外

周（壁際）を重点的に行い、追詰め時のタイヤ除去作業の省力化を図りました（写真3）。かび対策として、当初はプロピオン酸Caまたは食塩を下層と上層の間にのみ散布していましたが、プロピオン酸



写真2 壁面に詰め込み厚の目安をペイント



写真3 下層詰め込み後のタイヤ設置

調製年次	サイロ	1		2		3		4		5	
	サイズ	9 m×36m×2.4m		9 m×36m×2.4m		7.2m×36m×2.4m		7.2m×36m×2.4m		7.2m×36m×2.4m	
		番草	調製日	番草	調製日	番草	調製日	番草	調製日	番草	調製日
2018		/		1番草	2018.6	1番草	2018.6	1番草	2018.6	1番草	2018.6
	使用期間			2018.9～2018.12		2019.1～2019.3		2019.4～2019.6		2019.7～2019.9	
2019	上層	1番草	2019.6	1番草	2019.6	1番草	2019.6				
	下層									3番草	2019.9
	使用期間	2019.10～2020.1		2020.2～2020.5		2020.6～2020.9				-	
2020	上層	1番草	2020.6.14	1番草	2020.6.14			2番草	2020.8.1	1番草	2020.6.13
	下層					3番草	2020.9.29	1番草	2020.6.14	3番草	2019.9
	使用期間	2020.12～2021.3		2020.9～2020.12		-		2021.7～2021.9		2021.3～2021.6	
2021	上層	1番草	2021.6.16	1番草	2021.6.16	1番草	2021.6.16				
	下層					3番草	2020.9.29	3番草	2021.9.27	3番草	2021.9.27
	使用期間	2021.10～2022.1		2022.2～2022.5		2022.6～2022.9		-		-	

塗りつぶしたセルは、各調製年次に詰め込みを行った原料草

図5 バンカーサイロの単層詰めから多層詰めへの移行手順

Caは作業性が良くないことから、食塩のみの散布に変更しました。初めて調製した多層詰めサイレージ(図5のサイロ5参照)は、上層、下層ともにVスコアは85以上と良好なものとなりました。

多層詰めに取り組んだ感想として、上層の調製時に原料草をサイロ手前から奥まで拡散するのが大変であったが、サイロの稼働率が上がった(空のサイロが減る)こと、牧草を年2回刈りから3回刈りにしたことで栄養価が向上し、乳量や繁殖成績も良くなったとのことでした。

8. 多層詰めの特長・デメリット

多層詰めを実践している農場で、メリット・デメリットを聞き取ったところ、次のような点が挙げられました。

【メリット】

- ・調製時のサイロシート張りが1回で済んだ
- ・サイレージ取出し、TMR調製作業が効率化した
- ・冬季間の除雪・開閉作業がサイロ1基で済んだ
- ・1～3番草を適期収穫で利用できるようになった

【デメリット】

- ・追詰め時のタイヤ上げ下ろし作業が増加した
- ・2層目以降の詰込みは、原料草をサイロ手前から奥まで拡散する必要がある

多層詰めでは、調製時に時間・労力がかかりますが、利用時の取出し作業が省力化されるため、実践農場ではメリットのほうが大きいと感じているようでした。

9. さいごに

多層詰めを導入する際の留意点を2点示します。

- ①多層詰めでは、調製から給与可能になるまでの期間は単層詰めより長くなるので(図6)、単層から多層詰めへの移行期には必要に応じて、バンカーサイロの増設やスタックサイロでの単層詰め

を検討する必要があります。

- ②防かび対策として食塩を500g/m²で2層以上に散布したサイレージは、乾乳牛の食塩要求量(0.25%DM)⁸⁾を超える場合があるので、乾乳牛へ給与する際は注意したほうが良いでしょう。

10. 参考文献

- 1) 高橋強 (2013) ヨーロッパ酪農レポート③～サイレージ～. 牧草と園芸, 61 (1):14-17
- 2) 佐藤尚親 (2017) 北海道における多層(ミルフィーユ)サイレージ調製の事例紹介. 雪たねニュース, 373:6-7
- 3) 林拓 (2018) ワークショップ「酪農畜産における自給飼料のさらなる高栄養価に向けた技術展望」生産・調製の観点からの現状と展望. 北畜草会報, 6:77-82
- 4) 高橋強・柴山草太・河内克夫・玉江宗太・本間満・北村亨 (2018) 2層ガラスサイレージの調製とその給与実証. 北畜草会報第7回大会講演要旨, 6(2):33
- 5) 根釧農業試験場 (2005) 大型バンカサイロの踏圧法. 平成17年普及奨励並びに指導参考事項, 北海道農政部, 札幌, p82-84
- 6) 畜産試験場 (2012) 大型バンカサイロの踏圧法(補遺) - 大型バンカサイロにおける中水分牧草サイレージ安定調製技術の実証 -. 平成24年普及奨励ならびに指導参考事項, 北海道農政部, 札幌, p103-105
- 7) 安宅一夫 (2012) 最新サイレージバイブル - サイレージとTMRの調製と給与 - (安宅一夫監修), 酪農学園大学エクステンションセンター, 江別市, p1-253
- 8) 農業・食品産業技術総合研究機構(編) (2017) 日本飼養標準・乳牛(2017年版). 中央畜産会, 東京, p16

原料草			サイレージ調製時期															調製～給与までの期間
下層	中層	上層	6月			7月			8月			9月			10月			
			上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	
1番草	2番草	3番草		1番草				2番草						3番草			給与	5ヶ月
早刈り1番草	遅刈り1番草	2番草	早刈り1番草		遅刈り1番草			2番草				給与						3ヶ月
1番草	2番草	とうもろこし		1番草				2番草						とうもろこし			給与	5ヶ月
2番草	-	とうもろこし						2番草						とうもろこし			給与	3ヶ月

図6 多層詰め収穫スケジュール例