

現場で役立つ技術

シリーズ最終回

サイレージ調製 その2

はじめに

草地・飼料畑の大部分がサイレージの原料生産に充てられています。このような実態から、サイレージは「土地利用型酪農の要」と言っても過言ではありません。不良なサイレージが乳牛を不健康にすることはわかっています。その辺りを経営事例から確認したいと思いつつ長い時間が経ちました。簡単そうで難しいことがよくわかりました。一方、サイレージには栄養価と発酵品質の側面があり、「良質」という意味も複雑です。そこで今号は、サイレージの質と乳牛の健康、原料と栄養と品質評価、サイロの安全性などについて執筆させていただきます。

1. サイレージの質と乳牛の健康

図1は、飼料と健康の関わりを示す三軸グラフです。▲マーカーで示す4農場の乳牛飼養状況は、TDNはマイナス、V-スコアは極不良（平均7.5点）、遊離脂肪酸の異常値を示す乳牛割合は平均で87%と高く、3項目の悪い状態が重なっていることなどが共通しています。▲マーカー4農場の中にも不良な

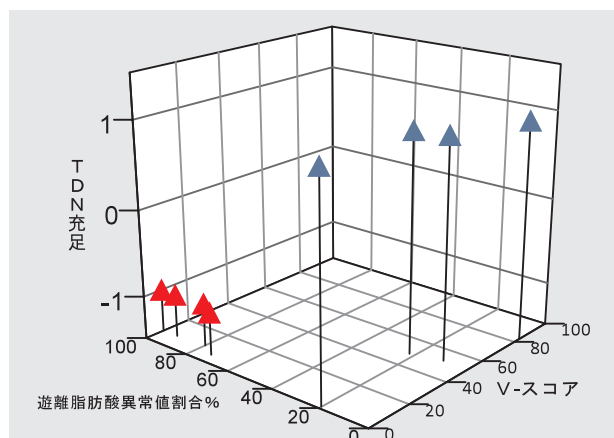


図1 代謝プロファイルテスト実施農場におけるV-スコア、TDN充足、遊離脂肪酸異常値割合の関係
出典：北草研報2005
代謝プロファイルテストデータ：釧路NOSAI 2002
事例：▲4例と▲4例（同一地域）
V-SCOREはV-スコアと表記

表1 サイレージ品質と遊離脂肪酸異常値割合の改善事例

年次	水分 %	pH	VBN-TN %	酢酸 %	酪酸 %	V-スコア	遊離脂肪酸異常値割合 %
2000	75.5	5.1	30.5	0.63	1.67	7	50
2001	78.4	3.9	6.3	0.29	—	96	27

出典：北草研報2005 VBN-TN%：全窒素中アンモニア態窒素含量
代謝プロファイルテストデータ：釧路NOSAI 2002
飼料分析データ：釧路東部地区農業改良普及センター（当時）

V-スコアが含まれていますが、TDNは充足していて、▲マーカー群に比較して全体的に良い状態がありました。▲のサイレージは、酪酸・アンモニア含量が高く、嗜好性が劣るものでした。そのため、摂取エネルギーが不足し、体脂肪が動員され、遊離脂肪酸が増加したと考えられます。

表1は、サイレージ発酵品質が良くなることにより健康状態が改善に向かった事例です。2000年にV-スコア7点の不良なサイレージ給与下で、遊離脂肪酸異常値割合が50%でした。翌年、V-スコアが96点に改善されると、異常値割合は低下しました。

図2は、代謝プロファイルテスト実施から3年後の経営者を対象にしたアンケートの調査結果です。「サイレージの品質が乳牛の健康と密接か」の設問に対し、「そう思う」の回答が85%でした。

図3は、発酵品質と栄養価が、バランスよくつりあっているイメージです。V-スコアが100点でも栄養価が低いと、不足分を購入飼料で補わなければな

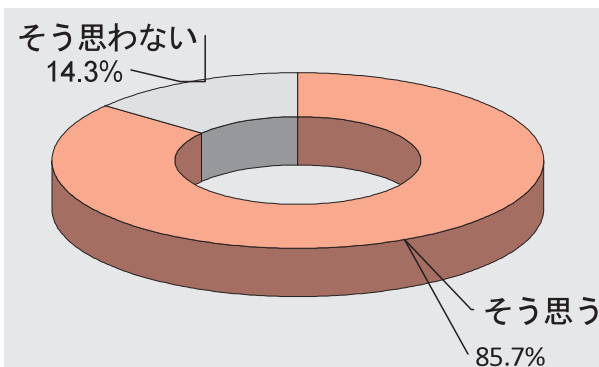


図2 「サイレージの品質が乳牛の健康と密接か」の設問に経営者の回答
出典：北草研報2007

食べてくれないと、はじまらない
食べても、栄養がないと意味がない

発酵品質 × 栄養価

図3 発酵品質と栄養価のバランス

表2 TDNとV-スコアによる百点満点のサイレージ評価試算例

牧草サイレージ	(TDN含量%×配点50/目標含量%70) + (V-スコア評点×配点50/目標点100)
コーンサイレージ	(TDN含量%×配点50/目標含量%75) + (V-スコア評点×配点50/目標点100)

出典：「フィールドノート自給飼料」デーリイマン社2017

りません。一つのサイレージが、一方で優れ、他方で劣る場合の、全体としての評価に迷います。化学分析が一般化する前の官能的評価法は、発酵品質はpH・色・香り・触感などから、栄養価は生育ステージ・葉部割合・マメ科率などにより、双方合わせて一物一価の評価が行われました。不良な発酵は養分ロス、調製・貯蔵ロス、採食ロスを招きます。サイレージはベースとなる飼料であるとともに、発酵により調製・貯蔵する飼料ですから、栄養価と発酵品質を一体として見る必要があると思います。

表2は、V-スコア（発酵品質）とTDN（栄養価）を組み合わせた百点満点の試算例です。

例えば、TDN含量63%、V-スコア100点の牧草サイレージは総合95点に、TDN含量は変わらず、V-スコア50点の場合は総合70点となります。百点満点の評価は、サイレージを手にする現場感覚にマッチします。飼料分析は、成分値を知りたいという目的の他に、利用者の判断に役立ち、改善にも役立つ情報としての発展が期待されます。

2. 大量調製に適した草種、栄養特性が優れた草種

チモシーは越冬性が優れ、収穫適期幅も広いので、1番草に重点を置いた収穫利用にマッチしています。一方、収穫作業や利用法が変わると、収量性、栄養価、嗜好性が優れた草種の利用も可能になります。

写真1は、多草種（8草種混播）の1番草ロールサイレージ、写真2、3、5は多草種サイレー

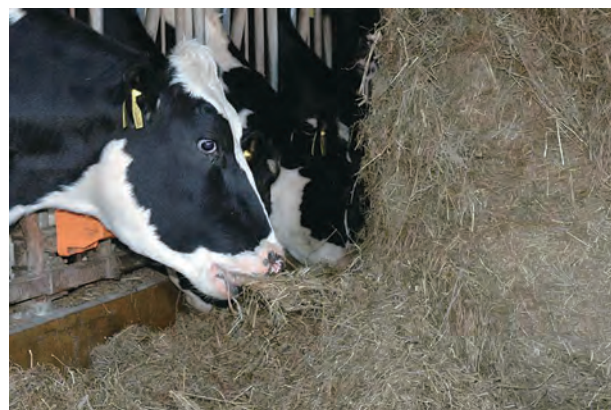


写真1 嗜好性が良い多草種ロールサイレージ（8草種混播の事例） 2013. 10. 17

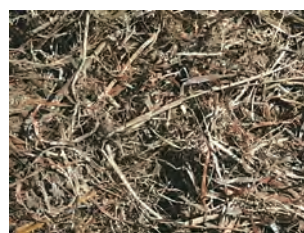


写真2 多草種
2番草 ロールサイ
レージ
水分36% CP15.9% V-ス
コア96



写真3 多草種
2番草 ロールサイ
レージ
水分14% CP15.3% V-ス
コア100



写真4 チモシー主体
1番草 細断サイレー
ジ
水分76% CP11.5% V-ス
コア92



写真5 多草種
1番草 細断サイレー
ジ
水分79% CP15.9% V-ス
コア87

ジです。これらの事例では、粗蛋白質（CP）や嗜好性が優れていました。ライグラス類（イタリアンライグラス・ペレニアルライグラス）やマメ科牧草を含むサイレージは色が暗い特徴が見られます。ライグラス類はチモシーよりも乾きが遅いものの、良質サイレージに仕上がっている事例が少なくありません。その要因の1つとして、糖（WSC）含量が高いこと、それにより乳酸発酵がプラスに働いていることが考えられます。収量が少ない番草の予乾は、乾きすぎに注意が必要です。写真4は、見慣れたチモシー主体サイレージで、全体的に淡黄色を呈しています。

なぜ多草種サイレージ調製なのかについてお話しします。ある地域の酪農家グループは、食い込みが良く産乳性の高い粗飼料づくりを模索していまし

表3 牧草・サイレージのNDF変動要因	
早晩性	チモシーでは早生から晩生種に向かってNDFが増加傾向
草種	草種別NDF含量% (十勝2012) シロクロバ：27 アルファルファ：41 チモシー：65 シバムギ：67 リードカナリーグラス：72
植物細胞	細胞内容物 ⇨ 粗蛋白質、粗脂肪、糖、デンプン、有機酸が多い 細胞壁物質 ⇨ リグニンや構造的炭水化物が多い
生育	刈遅れ（生育ステージが進む）、高温・干ばつにより増加
サイレージ	・糖が使われ相対的に増加（発酵過程で糖が水や炭酸ガスに分解、目減りした分がNDF増加につながる） ・発酵品質が劣るものほどNDFが高くなる傾向 ・全窒素中アンモニア態窒素増加とは正の関係、NFCとは負の関係



写真6 臭いテスト

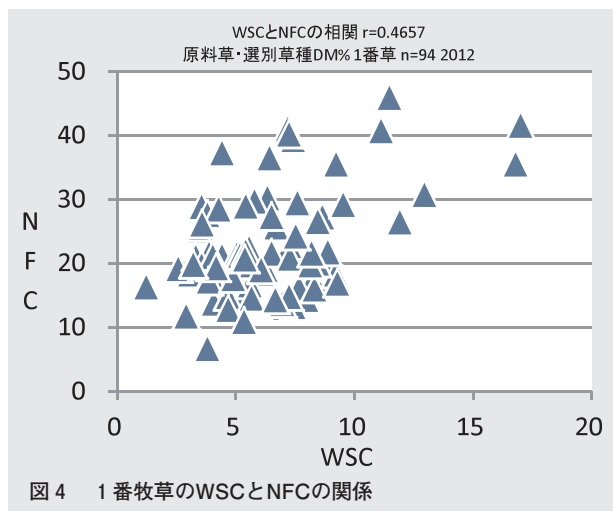


図4 1番牧草のWSCとNFCの関係

た。繊維（この場合NDF）は植物の骨格をなすものなので、その含量が高いと摂取量が抑えられます。試行錯誤の中で、多草種の成分と栄養価に目がとまりました。

表3は、NDF変動要因についてまとめたものです。NDFは草種、生育ステージによる差が大きいことがわかります。

図4は、8草種のサンプルのWSCと非繊維性炭水化物（NFC）含量の関係を示したものです。乳酸菌のエサとなるWSCは、NFCやOCCなど栄養の詰まった分画と密接です。したがって中身の濃い原料草は、栄養価だけではなく、発酵品質や嗜好性とも関係します。

「単播か混播か、より積極的な播種設計か」の考え方、それは、購入飼料価格、飼料設計とミキシング材料の組み合わせ、調製作業、サイロ施設など時代の求めや考え方により変化しています。

3. 臭いとpH

サイレージの臭いは、発酵品質の判断に役立ちます。人も牛もサイレージを目の前にすると、無意識に臭いを嗅ぎます（写真6）。牧草サイレージの望

表4 サイレージの臭いのもと

乳酸

望ましいサイレージ発酵によりつくられる。安定貯蔵に重要なpHを下げる役割を果たしている。乳酸発酵は乾物やエネルギーロスが少なくすむ。原料水分が低い場合、気温が低い時期の調製で不発酵になる。

酢酸

低糖・高水分サイレージ、緩衝作用が強く発酵が長引いた場合、密封が不適切な場合、詰め込みスピードが遅い場合などに増加しやすい。

酪酸

食い込みのよくないサイレージに多く含まれ、発酵品質の化学的評価を下げる。触れたあと手のひらに“ネチャネチャ”とした感じが残り、臭いは手洗い後も容易に消えない。中性デタージェント繊維（NDF）が高く、蛋白質の分画では溶解性摂取蛋白質（SIP）が高いケースが多い。典型的な酪酸発酵サイレージは、酪酸によって品質が保たれるため、腐敗とは異なり通常のサイレージと見誤ることがある。変敗しだすとアミン物質がつくられ、乳牛の健康を害する。

アンモニア

蛋白質が分解してつくられる望ましくない産物。高水分、踏圧不足、異物混入など調製原則から外れると増加しやすい。単独ではなく酪酸発酵などさまざまな不良発酵と関連している。アンモニアレベルが高いと採食量や乳牛の健康を損なう。慎重な栄養設計が必要になる。

エタノール

二次発酵の前兆となる。
牛乳の香りの問題となる。



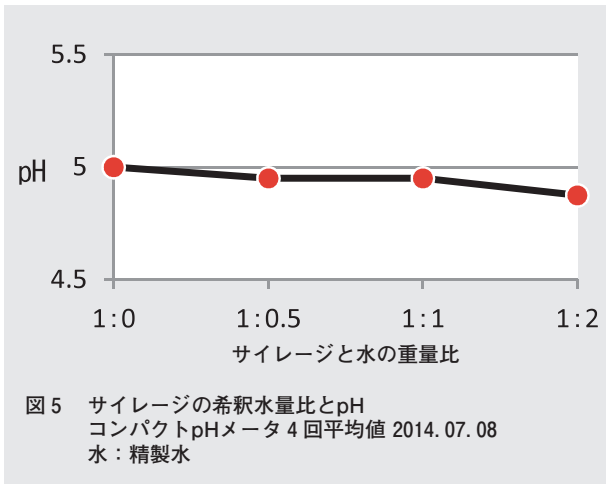
写真7 サイレージ研修会の臭いの体験コーナー

ましいとされる臭いは「快甘酸臭・芳香」と記されていますが、その文字面からはわかりにくいものです。そこで、表4にサイレージの臭いのもとについてまとめてみました。写真7は、サイレージ研修会の臭いの体験コーナーです。

酪酸臭、腐敗臭、その手前のアンモニア臭は、人畜ともに好みません。一方、酵母発酵の初期段階の匂い、有機溶剤臭などは、牛は嫌いますが、人により不快とは感じない場合があります。酵母の活動は



写真8 携帯型pHメータとベンチタイプ搾汁器



コーンサイレージの二次発酵の前兆であり、エタノールや有機溶剤臭は牛乳の風味に影響することがあります。

臭いの問題の多くは、pHや温度にも関係します。例えば、二次発酵の場合は、温度、pHと密接であり、酪酸発酵のサイレージは、安定を保っているかに見えて理想のpH域に達していません。アンモニア臭のサイレージは、より高pH域に向かって変化します。このような調査に携帯型器材が便利です。

写真8のベンチタイプの搾汁器は、工具のベンチを加工したもので、丈夫で、pHメータとセットで使用するのに便利です。

ところで、pH測定の水が搾れずに困ったことはありませんか。水分70%以下になると水が出にくくなり、ムリをすると壊れる搾汁器もあります。現場で大凡のpHを知りたいという目的であれば、材料と水の比が1:1以内で常法に近い値が得られます（図5）。

4. サイロの安全性

水平式コンクリートサイロは、酸、凍結、原料内圧、衝撃など、過酷な使用環境にあります。

サイロで重大な人身事故が発生すると、その影響は深刻で、管理者・関係者の責任も重大です（表5）。

表6はパネル式サイロ、表7は流し込み式サイロ

表5 サイロの安全に関する見方、考え方

- ①サイロ擁壁は壊れないことを保障していない（いつかは壊れる）
- ②サイロはサイレージをつくる器であり、器には強度が求められている。強度が不安であればサイロに不適当
- ③一度サイロが損壊、労災事故が発生すると、経営的影響は甚大常にリスク管理の対象となる



表6 組立式パネルサイロのチェックポイント（上の写真解説）

①	パネルを通してみて歪みがないか	最初のチェックポイント、歪みがあれば②、③も発生しやすい
②	パネルの床面に亀裂がないか	亀裂の程度（幅・長さ）が、鉄筋の腐食と関係している
③	パネルに斜めのひび割れがないか	内圧による歪み、擁壁の耐力差、倒壊の前兆、危険の前兆。倒壊しなかった側のパネル接合部の破損状態（③-2）
④	パネル頂部に破損がないか	機械の衝突により発生。②の亀裂の原因となる



表7 流し込み式サイロのチェックポイント（上の写真解説）

①	擁壁の歪み、傾きがないか	擁壁の高さと関係、排水・排汁設備の有無、地盤や地耐力
②	擁壁の床面に亀裂がないか	最も多く目にする現象、新設サイロでも発生（②-2）
③	擁壁に斜めのひび割れがないか	内圧による歪み、擁壁の耐力差、倒壊の前兆、新設サイロでも発生（③-2）
④	鉄筋がむき出しのところがないか	施工、コンクリート材質や劣化、酸による腐蝕や凍結

の安全点検の目的で作成したものです。

図6は左から原料内圧、原料ずり落ち圧、踏圧、衝撃による応力を示し、いずれも擁壁の下部に大きな力が加わります。そのため、バンカーサイロの壁の損壊・倒壊は、原料詰め込み時と、数日以内の発生例が多いといわれています。

5. サイロが変わった、サイロが地域酪農を変える

図7の①は、2階に飼料を収納する畜舎と隣接す

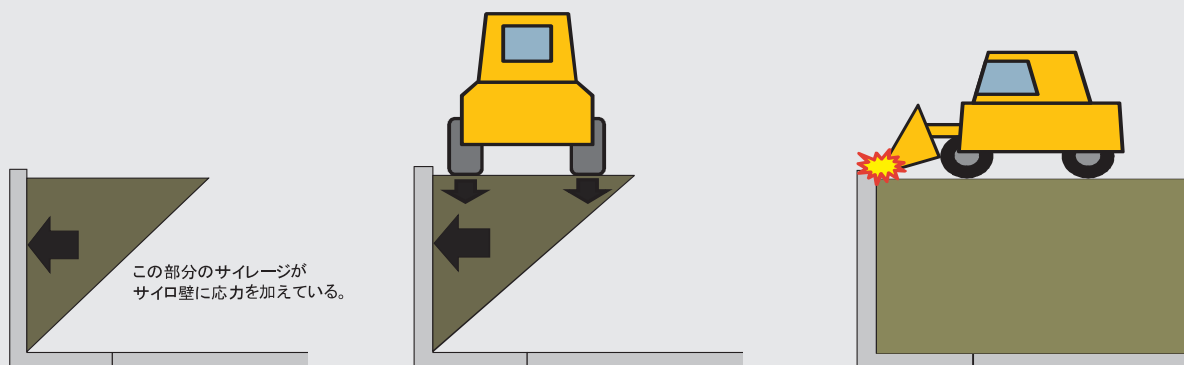


図6 バンカーサイロ壁に生じる応力について 図の出典：大越安吾氏より（2015）

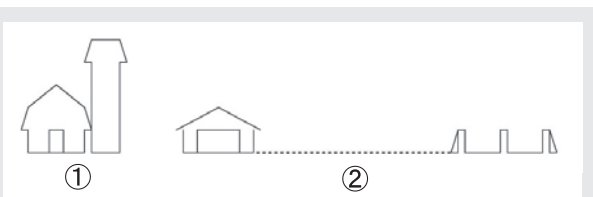


図7 畜舎施設の変化のイメージ 1987

る塔型サイロです。地下に根菜類の貯蔵庫を備えた畜舎もありました。今も北海道の風物詩として親しまれている塔型サイロは、昭和の終焉とともに新設が止まりました。①は立体的構造で敷地面積と移動距離が短いのが長所です。②はフリーストール畜舎とサイロ基地のイメージです。②はフラット構造で運搬、踏圧、給餌など機械作業にマッチしています。①から②への移行は、酪農の生産体系を大きく転換するものでした。畜舎、サイロ、圃場を結ぶ作業動線の長さより、高低差や障害物を少なくし、作業機等の運行をスムーズにすることが重要です。

サイロの具備条件、それは良質サイレージをつくる器としての機能です。器には強度、安全性、作業性、拡張性、建設コストなどが求められます。今後、サイロに必要なものとして、①安全診断、②容

積・密度・貯蔵量などの情報、③夏場利用・蓄熱対策・少量原料に対応・層状堆積・詰め込み取り出し方向の設計、④コントラクタ作業を考慮した地域規格化、などがあるのではないのでしょうか。

むすび

「春先になって牛が病気になったり、放牧が始まると急に発情が目立つようになる」このような、乳牛の季節による変化が、子供の頃の著者にはとても不思議でした。やがて、飼料・飼養の要因が大きなこと、自給飼料が経営成果とも密接に関わっているという認識を深めました。このような経験をもとに、これまで8回の執筆をさせていただきました。

参考文献

- ・サイレージ品質が乳牛の健康に関わる実態 高木正季 北草研報2005
- ・サイレージの品質を加味した経済的評価に関する考察 高木正季・小泉俊明 北草研報2007
- ・「フィールドノート自給飼料」高木正季著 デーリイマン社2017

出典の記載なき写真および図表は著者撮影・作成

