未定稿

ＴＭＲ原料サイレージの品質改善について

令和６年３月

一般社団法人日本草地畜産種子協会

はじめに

ＴＭＲセンターは、牛が必要とする全ての栄養素をバランスよく含んだ飼料（ＴＭＲ：Total Mixed Ration）を調製し、畜産農家へ供給する外部支援組織です。良質で品質の安定したＴＭＲを畜産農家へ通年供給することにより、畜産農家の飼料調製に要する労働負担の低減や乳牛の秘乳量の増加等に貢献しており、良質な国産飼料の生産・利用を拡大する上で重要な役割を果たしています。

ＴＭＲセンターが高品質なＴＭＲを調製するためには、良質な原料草を生産し、細断した原料草をバンカーサイロに均一にしっかり踏圧して詰め込み、完全に密封することが必要です。しかしながら、バンカーサイロの床面や壁の劣化によりサイレージに空気や雨水が混入しサイレージの品質低下と小石等の異物混入を招きます。

このため、本資料ではＴＭＲセンターが農林水産省の補助事業の高品質ＴＭＲ供給支援対策事業で実施したバンカーサイロの補改修や技術実証の事例を紹介するとともに、ＴＭＲ原料となるサイレージの品質改善対策とバンカーサイロ補修の効果について解説しています。

本資料が、良質な国産飼料の生産・利用拡大の一助となれば幸甚です。

目　次

１．良質サイレージの調製技術　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　1
２．高品質ＴＭＲ供給支援対策事業を実施したＴＭＲセンターの概要　・・・・　9
３．ＴＭＲ原料サイレージの品質向上のための技術実証事例　・・・・・・・・・　15
（１）牧草の拡散厚に着目した技術実証　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　15
（２）踏圧専用機に着目した技術実証　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　17
（３）調製用資材に着目した技術実証　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　18
（４）密閉度を高めるためのサイロ床面等の加工に着目した技術実証・・・・・　19
４．バンカーサイロの補改修の取組事例　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　20
５．ＴＭＲ原料となるサイレージの品質改善とバンカーサイロ補修の効果・・・　31

（令和５年度コントラクター等情報連絡会議研修会資料より抜粋）

１．良質サイレージの調製技術

はじめに

大家畜飼養において必要不可欠な粗飼料を長期貯蔵する技術としては、大きく「乾草調製」と「サイレージ調製」に大別されます。サイレージ調製は、乾草調製のように収穫時期の連続晴天を必ずしも必要とせず、比較的天候に左右されにくいため安定した飼料生産が可能となります。また、良質なサイレージは乾草と遜色ない栄養価があり、ウシの生産性向上に大いに貢献します。さらに、高品質な TMR を調製するための原料としても、高品質なサイレージは欠かせません。

高品質な TMR の原料となるサイレージを生産するには、計画的な草地更新、的確な雑草防除などの草地管理、入念な準備などによる適期収穫を通して、栄養価の高い材料草を得ること、そしてその栄養価を長期間安定的に貯蔵することが必要です。サイレージ調製は、牧草などの飼料作物を低コストに安定貯蔵する、有効な手段の１つです。

そこで本稿では、良質サイレージ調製の基本技術について解説します。まずサイレージの発酵プロセスを踏まえた調製作業の基本を確認し、バンカーサイロでの作業を念頭に、調製作業のポイントを解説します。

サイレージの発酵プロセスとその評価指標

（1）調製直後の変化

サイロに詰め込まれた材料草は、当面はサイロ内に残存する酸素および材料草に含まれる糖を利用して呼吸を続けます。また、酵母やカビなどの好気性微生物の活動も続き、この活動でも酸素や糖は消費されます。これにより二酸化炭素・熱・水が産生され、サイロ内の酸素は徐々に少なくなります。サイロ内が十分に酸素の少ない嫌気状態になると、材料草の呼吸は停止し、好気性微生物の活動は抑制されます。

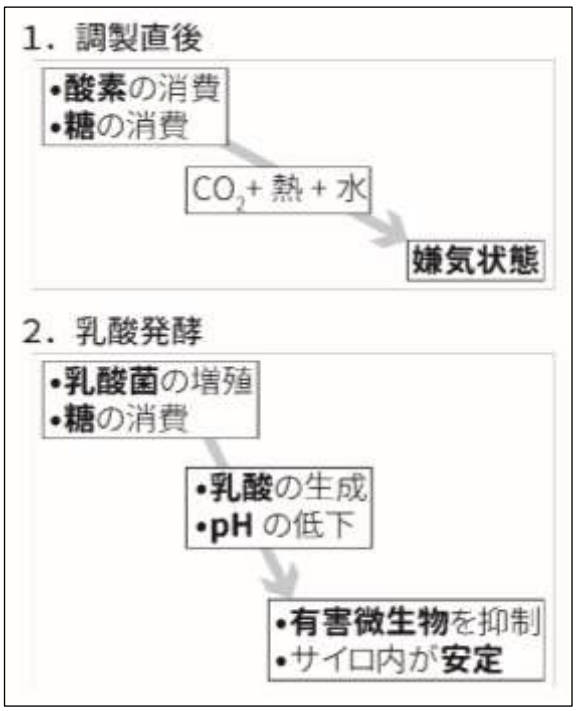


図１　サイレージ発酵プロセスの概略

（2）乳酸発酵

次に、酸素がなくても生育できる微生物（乳酸菌や酪酸菌など）が増殖します。乳酸菌は材料草に自然に付着しており、材料草に含まれる糖を利用して増殖します。これにより乳酸が生成され、この乳酸によりサイロ内は徐々に酸性に（pH が低く）なっていきます。pH が十分低くなることで、嫌気状態で活動できる有害微生物（酪酸菌など）の増殖は抑制され、安定した貯蔵が可能となります。有害微生物を抑制する pH の目安は 4.2 以下です。

（3）不良発酵

次に、抑制すべき不良発酵のメカニズムを２つ、酪酸発酵および好気的変敗について確認します。

本稿は「TMR 原料サイレージ品質改善パンフレット（原料草詰込・サイロ床面加工事例紹介）」（令和３年３月　一般社団法人日本草地畜産種子協会）を一部改変したものである。

不良発酵の代表例の一つに「酪酸発酵」があります。酪酸発酵は主に、①乳酸発酵による pH の低下が不十分な場合、②材料草の水分が高すぎる場合、③土砂などの異物混入が多い場合に起こります。酪酸発酵が進むと、乳酸は酪酸に分解されてサイロ内の pH は高くなり、有害微生物の増殖を十分に抑制できなくなります。また、タンパク質はアンモニアに分解され、さらに、ウシにとって毒性のあるアミンも生成されます。これらにより飼料成分の損失は増加し、栄養価や消化性は低下します。また悪臭が発生して嗜好性は低下し、ウシの疾病の原因となることもあります。

不良発酵の代表例の２つ目は「好気的変敗」です。これは、サイロを開封した後やサイロを密封するフィルム等が破損した場合などに、サイロ表面付近のサイレージが酸素にさらされて、好気性微生物の活動が急激に活発になることで起こります。この好気性微生物の活動によっても材料草のタンパク質はアンモニアに分解され、飼料成分の損失が起こります。いわゆる「腐敗」につながるプロセスです。サイレージの表面温度が外気温より２℃以上高くなっていたら、好気的変敗が疑われるサインです。

（4）サイレージ発酵品質の評価指標

上段で説明した不良発酵が起こると、酪酸発酵の場合も好気的変敗の場合も、材料草のタンパク質はアンモニアに分解され飼料成分の損失が起こります、また酪酸発酵が起こると酪酸という有機酸が生成されます。このような不良発酵の程度に着目してサイレージ品質を相対評価する指標の１つに、「V スコア」があります。V スコアは 100 点満点で表わされ、80～100 点が良、60～80 点が可、60 点以下が不良と評価されます。

V スコアの配点は、①アンモニア態窒素が全窒素中に占める割合（VBN／TN、配点 50 点）、②酪酸などの揮発性脂肪酸の含量（配点 40 点）、③酢酸およびプロピオン酸の含量（配点 10 点）の３項目からなります（一般社団法人日本草地畜産種子協会 2001）。

サイレージの発酵プロセスの主要なものは乳酸発酵ですが、V スコアの算出においては乳酸の含量は評価されません。サイレージは、材料草の水分が低くなるにつれて発酵そのものが弱くなる（乳酸含量は少なくなるが酪酸発酵も抑制される）傾向があり、乳酸含量を指標にすると低水分サイレージの発酵品質を過小評価してしまうためです。

バンカーサイロでのサイレージ調製作業のポイント

サイレージ調製の主目的は、材料草を安定的に長期貯蔵することにあり、このため重要なポイントは大きく２点に集約されます。１点目は、良好な乳酸発酵を促すこと（図２）、２点目は、酪酸発酵に代表される不良発酵の原因を作らないことです（図３）。

２点のポイントどちらにも、「サイレージ添加剤」は有効です。ただし添加剤には多くの種類があり、目的に応じた添加剤を選択・利用することが重要です。大まかに分類すると、乳酸発酵を促すものと、不良発酵を抑制するものに大別されますが、両方の効果を狙ったものもあり多様です。本稿では、添加剤の詳細については割愛します。

一方で、サイレージ調製に関連する作業を工夫することでも、乳酸発酵を促したり酪酸発酵を抑制したりして、サイレージの発酵品質を高めることが可能です。このためには、①材料草を高密度に詰め込むこと、②サイロを迅速・確実に密封すること、③材料草を適切に予乾すること、④サイロに土砂などの異物を持ち込まないことが重要です。

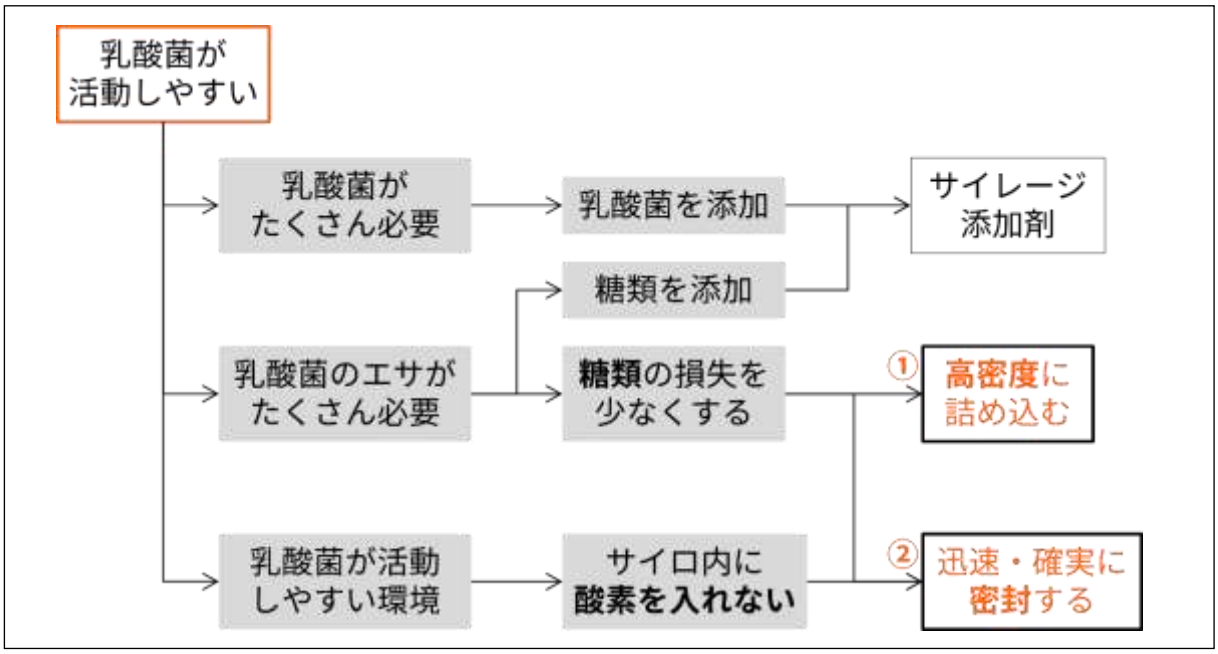


図２　乳酸発酵を促すための主なポイント

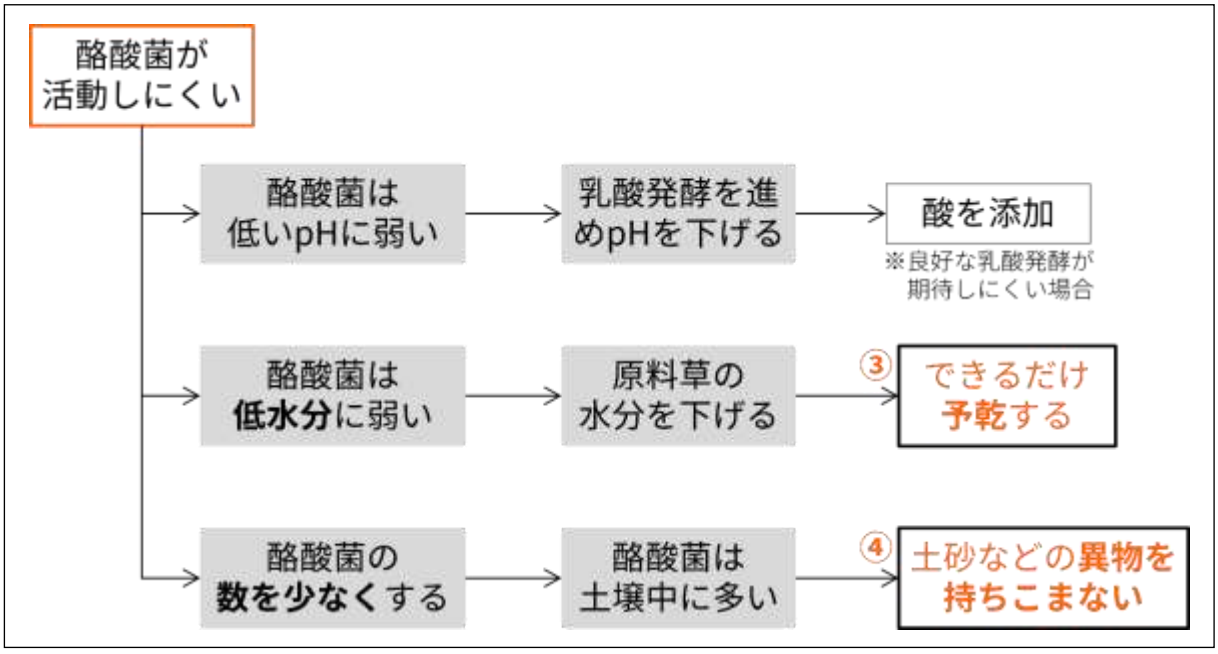


図３　酪酸発酵を抑制するための主なポイント

（1）高密度に詰め込む

材料草が詰め込まれた直後のサイロ内には多くの空隙があり、ここに空気が残っています。この空気中の酸素は調製の直後に消費されますが、多くの酸素がサイロ内に残っていると調製直後の段階で呼吸や好気性微生物の活動が長期間続きます。そして材料草の糖も消費されてしまい、乳酸発酵の段階で乳酸菌が利用できる糖が不足します。糖が少ない環境では乳酸菌は旺盛に増殖できず、結果として十分に pH が下がらず酪酸発酵を抑制できなくなります。したがって、サイロ詰めの段階で密度を高めること、これによりサイロ内に残る空気の量を少なくし、調製直後の呼吸や好気性微生物の活動を短期間で終わらせる

ことが、良好な乳酸発酵を促すキーポイントです。十勝地方のバンカーサイロを調査した結果からは、サイレージの pH を 4.2 以下にするために乾物密度を 166 kg/m^3 以上にすることが推奨されています（野中・古川 2006）。

バンカーサイロの乾物密度を高めるために有効な要素としては、a)材料草の拡散厚さ、b)踏圧する車両の重さ、c)材料草 1 t あたりの踏圧時間、d)材料草の含水率、e)切断長などが指摘されています（Muck and Holmes 2000）。また、十分な密度を確保するために必要な材料草の量については、バンカーサイロの容積と材料草を運搬するダンプトラックの荷台容積から、必要なトラックのべ台数を見積もることができます。バンカーサイロの容積に対する材料草の容積（ダンプ荷台容積×のべ台数）は「圧縮係数」と定義されており、１番草では 2.0 以上、２番草では 2.3 以上が推奨されています（大越 2005、大越 2007、大越 2018）。

近年は、情報やデータ技術を活用するスマート農業が普及しつつあります。TMR センターの作業最適化を図るスマート技術のひとつに「レポサク」（エゾウィン株式会社）があります。これは、クラウドで一括管理されたデジタルマップ上に作業車両をリアルタイムで表示し、作業情報を共有できるサービスです。バンカーサイロ内に運ばれた材料草の量を正確に把握する機能もあり、適正量の詰め込みによるサイレージの品質向上にも役立っています。

a) 材料草の拡散厚

材料草はダンプトラック等でサイロに持ち込まれた後、サイロ内で拡散され、車両で踏圧されます。この時に、広く薄く拡散させるほど踏圧が効き、密度が高まります。とはいえ、極端に薄くするとサイロ詰めに必要以上の時間がかかり、材料草の呼吸が長期間続いてしまいます。拡散厚の目安は、材料水分が高い場合は 30 cm 以下、材料水分が低い場合は 15cm です。材料草の拡散にはホイールローダのバケットが多く使われますが、薄く拡散させるための機械として、サイレージスプレッダ等も有効です。

実際の作業では、草を拡散・踏圧しながら徐々にスロープを作っていきます。このスロープの勾配が急になりすぎると、踏圧の効果が低くなるだけでなく、転倒などの危険性が顕著に高まるので注意が必要です。望ましい勾配は 15°以下です。

またバンカーサイロは壁面付近の踏圧が不足しがちなので、入念に壁際を踏むことが重要です。サイロ詰めの序盤には壁際に材料草を拡げ、壁際が高く中央部が低くなるよう材料草を拡散させることで、壁際を安全に踏み込むことができます。

b) 踏圧する車両の重さ

踏圧する車両の重さは、重ければ重いほど密度が高まります。接地圧が高いホイール式の車両（トラクタやホイールローダ）は、さらに有効です。クローラ式の車両は接地圧が低く、密度が高まりにくいのでお勧めしません。また、台数を増やし、踏圧作業する車両重量の合計が十分に重くなるようにすることも有効です。ただし、複数台の車両が同一のサイロ内で作業する場合は、オペレータ同士の意思疎通を図るなど作業安全に十分な配慮が必要です。

c) 踏圧時間

材料草の踏圧にかける時間は、長ければ長いほど密度が高まります。これを言い換えると、踏圧する車両はずっとサイロ内で作業するので、材料草を運搬するダンプト

ラックや、材料草を細断・収穫するハーベスタについて、あまり能率を高めすぎないということになります。とはいえ実際のサイレージ調製では、収穫・細断に高能率な自走式ハーベスタが用いられ、踏圧作業をはるかに上回る能率で材料草が供給される場合があります。踏圧作業に対する収穫・運搬の能率があまりに高すぎる場合は、２本のバンカーサイロを同時に詰める等の工夫をして、踏圧にかける作業時間を確保することが望まれます。

d) 材料草の含水率

飼料を水分によって区分すると、乾草（20%以下）、低水分サイレージ（20～65%）、中水分サイレージ（65～75%）、高水分サイレージ（75%以上）の４つに分けられます。基本的に水分が低くなるほど密度は高まりにくく、低水分サイレージに相当する水分域では踏圧作業に十分な留意が必要です。一方で、中水分サイレージと高水分サイレージの調査事例からは、中水分サイレージは高水分サイレージに比較して密度・発酵品質がともに高かったことが示されています（野中・古川 2006、表１）。このように、75%以下の中水分へ材料草を予乾することは、密度・品質を高めるために有効です。

表１．大型バンカーサイロ調製における水分と発酵品質

	水分	
	65%以上 75%未満	75%以上
サンプル数	14	18
乾物密度（kg/m^3）	173.4 ± 24.9	151.1 ± 18.7*
pH	4.1 ± 0.2	4.4 ± 0.4*
VBN/TN(%)	9.9 ± 2.9	14.2 ± 7.5
有機酸含量（新鮮物中%）		
乳酸	2.26 ± 0.73	1.36 ± 0.96*
酢酸	0.52 ± 0.37	0.77 ± 0.28*
プロピオン酸	0.01 ± 0.01	0.08 ± 0.06
酪酸	0.06 ± 0.14	0.13 ± 0.26
Vスコア	79 ± 16	63 ± 25

十勝地方における調査結果。値は平均値±標準偏差。
＊：平均値の間に有意差があることを示す（5%水準）。
野中・古川（2006）から作成。

e) 材料草の切断長

極端に切断長が長いと密度は高まりにくいので、十分に細断された材料草をサイロに詰め込むことが重要です。牧草の場合、望ましい理論切断長は 10 mm 程度です。トウモロコシの場合は、子実の破砕処理装置の利用が無ければ 1mm 程度が妥当です。一方、子実を破砕してデンプン利用性を高める子実破砕装置を利用する場合は、切断長 17−19mm 程度、ローラ間隙 3–5mm 程度が良いとされています（谷川 2009、谷川ら 2010）。また、切断長の設定に加えて、切断面がシャープになるようハーベスタを定期的に点検・調整することも重要です。ハーベスタにおける刃の研磨や、切断刃と受け刃とのクリアランス調整は、可能な限り毎日行うことをお勧めします。なお、これらの点検・調整は、必ずエンジンを停止させた状態で行うようにしてください。

（2）迅速・確実に密封する

踏圧作業が終了したら速やかに、酸素バリア性の高いシートでサイロを覆い、密封します。翌日も引き続き詰め込む場合でも、詰め込み中断したサイロの表面にはシートをかけ、また必要に応じてプロピオン酸製剤など抗菌作用が期待できる剤を散布し、材料の呼吸や好気性微生物の活動を抑えます。踏圧終了後は、シートと材料との間に空気が流入しない

よう、シートの上に古タイヤなどの加重物を載せます。ただし、古タイヤほどの重量物は必須ではありません。最近は、古タイヤの側面だけを薄切りにしたものがよく使われています。重量物の持ち運びが軽減し作業が改善されることに加え、タイヤの内側に溜まった雨水が不衛生になる問題も解決できます（滑川 2008）。また、サイロ全面ではなく、密度が高まりにくい側壁周辺部に重点的に加重物を載せることでも、発酵品質に悪影響のないことは実証されており（佐藤 2013）、さらに、排水ホースに砂などを充填した「長重石」も開発されています（大越 2016）。これらにより加重物の設置作業時間を大幅に軽減できます。

なお、トウモロコシサイレージではネズミ等の被害が問題になりがちです。被覆が破れると変敗が進み、発酵品質の低下やロスの増加につながります。ネズミ用の忌避剤を用法・用量を厳守して使用する、バンカーサイロの壁際に金網を設置してからシートを掛ける、取り出し面に金網や鉄板を設ける等の対策もあります（古川 2007）。

（3）適切に予乾する

収穫直後の牧草は含水率 80 %程度と高水分です。酪酸菌はこのような高水分条件を好み、水分が低くなると顕著に活動が弱まります。一方で乳酸菌の活動は、水分が多少変動しても酪酸菌のように大きな影響を受けません。したがって水分調整は、乳酸菌が酪酸菌より活発に増殖して発酵品質を向上させるため大きな役割を果たします。また、高水分になるほど排汁の発生量は増加します。排汁は多くの栄養成分を含み栄養価のロスになるほか、周辺環境へ悪影響を及ぼす恐れもあります。酪酸菌の増殖や排汁の発生を防ぐための目安となる水分は 70 %以下です。

とはいえ収穫調製作業は天気との勝負でもあり、十分な予乾を実施できる場合は少なく、現実としては予乾の時間をほとんど確保できない場合も多いかと考えられます。限られた時間で予乾の効果を高めるには、①刈り高さを 10cm 程度に高めて風通しを良くする。②ウィンドローの幅を広くして草を薄く拡げる（目安は刈り幅の 70%程度以上）。③レーキでの集草は収穫の直前に行うことをオススメします。気象条件によって具体的な乾燥速度は異なりますが、２～３時間程度で水分 75 %以下に予乾できた事例もあります（根室生産農業協同組合連合会 2010）。

表１で紹介したように、水分 65～75 %に予乾された中水分サイレージは、高水分サイレージより品質は高い傾向があります。また、排汁量も顕著に減少するので、まずは 75 %を目標に予乾することをお勧めします。なお、夜間の予乾は、ほとんど水分が下がらないだけでなくサイロ詰め込み前に材料草の呼吸が進むため、好ましくありません。

トウモロコシサイレージの目標水分も 70%前後で、この熟期は黄熟期にあたります。未熟なトウモロコシ材料からは排汁の流出により、黄熟後期の乾物回収率を 100 とすると、乳熟期から黄熟初期までの乾物回収率は約１割少なくなってしまいます（大下 2006）。

（4）異物混入の防止

酪酸発酵の原因となる微生物「酪酸菌」は、土壌中に多く存在することが知られています。したがって、サイロ内に土砂などの異物が混入することは、それだけ酪酸発酵を引き起こすリスクを増やすことと言えます。例えば、ハーベスタで低く刈りすぎて土を巻き込

んでしまう、材料草を運搬するダンプトラックがぬかるみ等の未舗装路を走行し、タイヤに付着した土砂をサイロに持ち込む、等があります。このような土砂の混入を防ぐためには、①ハーベスタの刈り高さを下げすぎない、②運搬のダンプトラックはバンカーサイロの奥まで入らず手前で草を下ろす、③バンカーサイロ手前のエプロン部分にシートや刈り草などを敷き、そこを走行することでタイヤに付着した土砂を少しでも事前に落とす等の対策があります。

また、異物は土砂だけではありません。サイロ内に残るサイレージの残渣やサイロ内の汚れ等に付着する好気性微生物も、サイレージの発酵に悪影響を与えます。サイロ詰めの前にはサイロの入念な清掃を行うとともに、床面・壁面を天日乾燥しておくことが重要です。

ただし、バンカーサイロの床面や壁面に用いられるコンクリートは酸に弱いため、サイレージの酸などで経年劣化します。サイロ床面の劣化が進むとコンクリートの骨材である砂利が露出し、床面には凹凸が発生してサイロの清掃に手間がかかり、サイレージ取り出しの際に砂利を混入させやすくなり、TMR ミキサー等の機械の損耗も懸念されます。一方、道路の舗装に使われるアスファルトは耐酸性があります。これを用いて劣化したバンカーサイロの床面を補修することで、サイレージへの異物混入リスクを減らすことができます。

（5）入念な事前準備と作業安全

バンカーサイロでのサイレージ調製作業は、多くのオペレータが携わる組作業となります。円滑かつ安全な作業を進めるために、事前に計画・段取りを入念に準備されること、オペレータ同士のコミュニケーションを取ることを強くお勧めします。

そして、バンカーサイロの踏圧作業は、傾斜したスロープの上で行われるため危険を伴います。トラクタやホイールローダ等の作業機を運転する際にはヘルメットとシートベルトの着用が必須です。特に、壁面付近を踏圧する際や、踏圧作業の終了後にシートを掛ける際などには注意が必要です。バンカーサイロの上部から転落する事故事例があります（Keith 2018）。

おわりに

バンカーサイロでの作業を念頭に、サイレージ調製作業における主要なポイントを解説しました。ただし、これらポイントの全てを達成しなければ良質サイレージは調製できない、という訳ではありません。現場の実状に応じて、品質向上に効果のある作業を１つでも多く実践し、品質劣化の原因となる作業を１つでも少なくすることで、サイレージの品質を高めることができます。

飼料の収穫・サイレージ調製作業は、一連の流れの中で行うため、作業性を優先することも少なからずあります。しかし、作業性を優先するあまり生産されたサイレージの質が悪く、牛の成績も上がらないようでは本末転倒です。多少時間を割いてでも基本に忠実に作業することで、牛が喜んで食べる良質サイレージを生産できます。基本に沿った作業を実行することが、結局は経営にプラスになることをご理解頂ければと思います。どうぞ、ご安全に！

参考文献

古川研治（2007）高品質サイレージの収穫・調製作業のポイント．十勝 NOSAI 技術情報，http://tokachi-nosai.sakura.ne.jp/system/wp-content/uploads/2007/03/gijutu_48.pdf

Keith K. Bolsen (2018). Silage review: Safety considerations during silage making and feeding. *Journal of Dairy Science*, 101(5), 4122–4131

増子孝義（1999）サイレージの発酵．サイレージ科学の進歩（内田仙二：編），デーリィ・ジャパン社，東京，86-115.

三浦康雄ら（2009）グラスサイレージ調製技術の実証的調査研究・普及と TMR センター支援．北海道草地研究会報 43，5-8.

Muck R.E. and Holmes B.J. (2000). Factors affecting bunker silo densities. *Applied Engineering in Agriculture*, 16(6), 613-619.

滑川拓朗（2008）バンカーサイロ重石用薄切りタイヤの効果とつくり方．畜産会経営情報 223，16-17.

根室生産農業協同組合連合会（2010）サイレージの達人－発酵品質改善に向けて取り組もう－（根室農業改良普及センター監修）．http://www.nemuro.pref.hokkaido.lg.jp/ss/nkc/kankoubutsu/100330silage_master2.htm

日本草地畜産種子協会（2001）改訂　粗飼料の品質評価ガイドブック―自給飼料品質評価研究会編―．91-101.

日本草地畜産種子協会（2009）トウモロコシサイレージの高品質大量収穫調製技術と泌乳牛への多給利用による濃厚飼料削減効果．http://souchi.lin.gr.jp/feed_increase/pdf/001.pdf

野中和久・古川研治（2006）十勝地域におけるコントラクタを活用した大規模バンカーサイロの調製実態とサイレージ品質．日本草地学会誌 52(1)，　33-39.

大越安吾（2005）大型バンカサイロの踏圧法．根釧農試　研究通信 14，1-2.

大越安吾（2007）牧草サイレージの大量調製作業のポイント．牧草と園芸 55(3)，17-22.

大越安吾（2016）新型スタックサイロ（uw 法）の造成・調製技術とスタックサイロ用新型重石．根釧農試　酪農研究通信 25，13-14.

大越安吾（2018）技術ワイド　バンカーサイロを使いこなす①．DAIRYMAN，2018-7，41-43.

大下友子（2006）トウモロコシのサイレージ調製における留意点–収穫時期と養分損失割合の関係から考える–．牧草と園芸 54(6), 7-10.

佐藤尚親（2013）大型バンカサイロにおける牧草サイレージ調製．北海道獣医師会雑誌 57(7)，243-248.

谷川珠子（2009）自給飼料率 80%を目指した乳牛の破砕処理とうもろこしサイレージ耐久技術，畜産試験場，成績概要書

谷川珠子ら（2010）トウモロコシサイレージにおける破砕処理が乳牛の炭水化物およびタンパク質利用に及ぼす影響，日畜会報 81(1)，11-19

２　高品質ＴＭＲ供給支援対策事業を実施したＴＭＲセンターの概要

（その１）

ＴＭＲセンターの略称		有限会社　Ａ（北海道）	有限会社　Ｂ（北海道）	合同会社　Ｃ（北海道）	合同会社　Ｄ（北海道）	農事組合法人Ｅ（北海道）	有限会社　Ｆ（北海道）	有限会社　Ｇ（北海道）
ＴＭＲセンターの概要	1. 設立年月	平成15年12月	平成17年１月	平成19年２月	平成22年３月	平成27年10月	平成13年７月	平成18年４月
	2. 構成員数	9戸（酪農）	24戸（酪農）	7戸（酪農）	7戸（酪農）	9戸（酪農）	8戸（酪農）	17戸（酪農）
	3. 装備施設・機械							
	ﾊﾞﾝｶｰｻｲﾛ	19基	29基	16基	14基	9基	12基	15基
	TMRﾐｷｻｰ	2台(自走)	2台（自走）	2台	2台	1台	1台	2台（自走）
	運搬車	ﾄﾗｯｸ2台	ﾄﾗｯｸ2台	４ｔﾀﾞﾝﾌﾟ1台	４ｔﾀﾞﾝﾌﾟ1台	４ｔﾀﾞﾝﾌﾟ1台	４ｔ1台	ﾄﾗｯｸ2台
	圧縮梱包機	－	2基	－	－	－	－	3基
	4. 運営方法							
	①施肥・播種	TMRｾﾝﾀｰ	外部に依頼	TMRｾﾝﾀｰ	TMRｾﾝﾀｰ	ｺﾝﾄﾗｸﾀｰ部門	TMRｾﾝﾀｰ	外部に依頼
	②収穫			外部に依頼				
	③運搬			TMRｾﾝﾀｰ				
	④詰込・踏圧							
	⑤TMR混合		TMRｾﾝﾀｰ			TMRｾﾝﾀｰ部門		
ＴＭＲ生産	1. TMR生産量（ｔ）	13,000	44,600	11,600	10,700	17,400	5,400	40,500
	2. 自給飼料生産面積(ha)	700	1,180	255	230	412	521	1,330
	3. 自給飼料の生産方法	TMRｾﾝﾀｰが自力生産	外部委託	構成員の共同作業	構成員の共同作業	ｺﾝﾄﾗｸﾀｰ部門一部外注	TMRｾﾝﾀｰが自力生産	外部委託
	4. TMRの種類							
	種類	3種類	4種類	3種類	3種類	1種類	8種類	6種類
	搾乳牛用	28、30、35kg	38、32kg	有り	有り	30kg	25、30、40kg	25、30、40kg
	乾乳牛用	設定区分無し	設定区分無し	設定区分無し	設定区分無し	－	－	設定区分無し
	乳用牛育成用	有り	有り	有り	有り	－	－	有り
	5. TMRの設計方法	専門家に外注	専門家に外注	TMRｾﾝﾀｰ設計	TMRｾﾝﾀｰ設計	専門家に外注	専門家に外注	専門家に外注
ＴＭＲ供給	1. 供給価格	15～22円/kg	約1100円/頭・日	21円/kg	21円/kg	21円/kg	49.68円/kg	－
	2. 配送方法							
	配送する者	TMRｾﾝﾀｰ	外部委託	TMRｾﾝﾀｰ	TMRｾﾝﾀｰ	外部委託	TMRｾﾝﾀｰ	外部委託
	配送頻度	毎日	１日おき1回	毎日	毎日	毎日	毎日	毎日
	配送荷姿	バラ配送	圧縮梱包	バラ配送	バラ配送	バラ配送	バラ配送	圧縮梱包
事業実施内容		補改修	補改修 技術実証	補改修	補改修	補改修	技術実証	技術実証

注：各ＴＭＲセンターの概要は平成３１年２月現在の概要である。

（その２）

ＴＭＲセンターの略称		有限会社　Ｈ （北海道）	有限会社　Ｉ （北海道）	J町飼料生産組合 （岩手県）
ＴＭＲセンターの概要	1. 設立年月	平成10年10月	平成15年１月	平成11年11月
	2. 構成員数	7戸（酪農）	2戸(法人1(6戸)、個人1戸)(酪農)	9戸（酪農）
	3. 装備施設・機械			
	ﾊﾞﾝｶｰｻｲﾛ	15基	19基	9基
	TMRﾐｷｻｰ	1台(けん引式)	1台(けん引式)	1台(けん引式)
	運搬車		ダンプ2台 (うちTMR輸送専用車1台)	飼料運搬車 2台
	圧縮梱包機	なし	なし	なし
	4. 運営方法			
	①施肥･播種	ﾃﾞﾝﾄｺｰﾝと牧草の収穫はｺﾝﾄﾗｸﾀｰに委託 ﾛｰﾙﾊﾟｯｸと乾草ﾛｰﾙの調製は構成員	人材派遣型ｺﾝﾄﾗｸﾀｰの利用とTMRｾﾝﾀｰの構成員が共同実施	TMRｾﾝﾀｰの組合員の共同作業
	②収穫			
	③運搬			
	④詰込･踏圧			
	⑤TMR混合	TMRｾﾝﾀｰが実施		TMRｾﾝﾀｰが混合調整
ＴＭＲ生産	1. TMR生産量	8,900 t	13,800 t	7,000 t
	2. 自給飼料生産面積	399.5 ha	326ha(牧草229ha、飼料用とうもろこし97ha)	250 ha
	3. 自給飼料の生産方法	外部のｺﾝﾄﾗｸﾀｰに委託	TMRｾﾝﾀｰの構成員による共同作業	TMRｾﾝﾀｰの組合員の共同作業
	4. TMRの種類			
	種類	5種類	9種類	3種類
	搾乳牛用	3種類（25kg用､30kg用､38kg用）	秘乳量別　7種類	1種類（乳量30kg用）
	乾乳牛用	1種類	1種類　乾乳前期・育成用	1種類
	乳用牛育成用	1種類	1種類　乾乳後期用	1種類
	5. TMRの設計方法	専門会社に外注	外部に依頼	JA全農いわてに外注
ＴＭＲ供給	1. 供給価格	搾乳牛1,000～1,250円/頭・日 乾乳牛580円/頭・日 育成牛370円/頭・日	原料代1,000～1,300円/頭・日 ﾐｷｼﾝｸﾞ料1円/kg 運営費5～10円/kg	搾乳牛1,100円/頭・日程度 運営費5～10円/kg
	2. 配送方法			
	配送する者	TMRｾﾝﾀｰ	TMRｾﾝﾀｰ社員による配送(休日は構成員が配送)	TMRｾﾝﾀｰ
	配送頻度	毎日	毎日	毎日
	配送荷姿	ﾊﾞﾗ配送	ﾊﾞﾗ配送	ﾊﾞﾗ配送
事業実施内容		補改修	補改修	技術実証

注：各ＴＭＲセンターの概要は令和元年１２月現在の概要である。

（その3）

ＴＭＲセンターの略称		株式会社　Ｋ （北海道）	有限会社　Ｌ （北海道）	株式会社　Ｍ （北海道）
ＴＭＲセンターの概要	１．設立年月	平成２２年９月	平成１５年１月	平成１９年１２月
	２．構成員数	１４戸（酪農）	２戸(法人１(６戸)、個人１戸)(酪農)	１０戸（酪農）
	３．装備施設・機械			
	ﾊﾞﾝｶｰｻｲﾛ	２５基	１９基	２４基
	TMRﾐｷｻｰ	１台	１台(けん引式)	２台（ＴＭＲ製造工場１棟）
	運搬車	なし	ダンプ２台 （うちＴＭＲ輸送専用車１台）	飼料運搬車3台
	圧縮梱包機	ＴＭＲ圧縮真空梱包製造施設２基	なし	２基
	４．運営方法			
	①施肥･播種	ＴＭＲセンターが実施	人材派遣型コントラクターの利用とＴＭＲセンターの構成員が共同実施	ＴＭＲセンター及び構成員が実施
	②収穫	コントラクターが実施		
	③運搬			
	④詰込･踏圧			
	⑤TMR混合	ＴＭＲセンターが実施	ＴＭＲセンターが実施	
ＴＭＲ生産	１．TMR生産量	20,000 ｔ	15,900 ｔ	28,000 ｔ
	２．自給飼料生産面積	480 ha	320ha	820 ha
	３．自給飼料の生産方法	センター構成員の共同作業（合わせて耕種農家へデントコーン栽培を構成員面積以外に委託）	構成員の共同作業	構成員の共同作業
	４．TMRの種類			
	種類	５種類	９種類	４種類
	搾乳牛用	３種類 （乳量38kg用，トップドレス用、搾乳ロボット用）	泌乳量別　７種類	３種類 （乳量３８、３２、２２kg用）
	乾乳牛用	１種類	２種類 乾乳前期・育成共用、乾乳後期用	１種類（乾乳前期）
	乳用牛育成用	１種類		なし
	５．ＴＭＲの設計方法	ＴＭＲセンターが設計 （町内でん粉工場の副産物を活用） （普及ｾﾝﾀｰ、JA、農協連の指導）	外部に依頼	外部に依頼
ＴＭＲ供給	１．供給価格		原料代1,000～2,000円/頭・日 ミキシング料1.5円/kg 運営費5～10円/kg	14～24円／ｋｇ
	２．配送方法			
	配送する者	輸送業者による配送	ＴＭＲセンター社員による配送	ＴＭＲセンター社員による配送
	配送頻度	毎日	毎日	毎日
	配送荷姿	圧縮梱包にて配送	バラ配送	圧縮梱包
事業実施内容		技術実証	補改修	技術実証

注：各ＴＭＲセンターの概要は令和3年２月現在の概要である。

（その４）

ＴＭＲセンターの略称		株式会社　Ｎ （北海道）	有限会社　Ｏ （北海道）	株式会社　Ｐ （北海道）
ＴＭＲセンターの概要	１．設立年月	平成２２年９月	平成１５年１月	平成１６年８月
	２．構成員数	１４戸（酪農）	２戸(法人１（６戸)、個人１戸)(酪農)	８戸（酪農）
	３．装備施設・機械			
	ﾊﾞﾝｶｰｻｲﾛ	２５基	１９基	２１基
	TMRﾐｷｻｰ	１台	１台(けん引式)	２台
	運搬車	なし	ダンプ２台 （うちＴＭＲ輸送専用車１台）	ダンプ　１台　繁忙期は業者に運搬を依頼して６台で稼働
	圧縮梱包機	ＴＭＲ圧縮真空梱包製造施設２基	なし	なし
	その他			ロードスイーパ、サイレージグラブ、ホイルローダ その他収獲用機械
	４．運営方法			
	①施肥･播種	ＴＭＲセンターが実施	人材派遣型コントラクターの利用とＴＭＲセンターの構成員が共同実施	施肥はレボ構成員、播種及び草地更新が外部委託
	②収穫	コントラクターが実施		牧草の集草・細断は構成員が実施するが近所の法人が協力　派遣雇用社員１名
	③運搬			構成員
	④詰込･踏圧			構成員
	⑤TMR混合	ＴＭＲセンターが実施	ＴＭＲセンターが実施	混合・配送は業者に委託
ＴＭＲ生産	１．TMR生産量	20,000 t	15,900 t	20,565 t／年間
	２．自給飼料生産面積	480 ha	320ha	1,375.3 ha
	３．自給飼料の生産方法	センター構成員の共同作業（合わせて耕種農家へデントコーン栽培を構成員面積以外に委託）	構成員の共同作業	構成員の共同作業とサイロ詰込は業者委託
	４．TMRの種類			
	種類	５種類	９種類	２種類
	搾乳牛用	３種類 （乳量38kg用，トップドレス用、搾乳ロボット用）	泌乳量別　７種類	有り　配合は構成員ごとにオーダーメイド
	乾乳牛用	１種類	２種類 乾乳前期・育成共用、乾乳後期用	有り
	乳用牛育成用	１種類		無し
	５．ＴＭＲの設計方法	ＴＭＲセンターが設計 （町内でん粉工場の副産物を活用） （普及ｾﾝﾀｰ、JA、農協連の指導）	外部に依頼	外部へ委託。普通は外部委託先の担当者が設計しているが、構成員のうち３戸にはコンサルが入っている
ＴＭＲ供給	１．供給価格		原料代1,000～2,000円/頭・日 ミキシング料1.5円/kg 運営費5～10円/kg	乾物41円/kg
	２．配送方法			ダンプ配送
	配送する者	輸送業者による配送	ＴＭＲセンター社員による配送	外部委託
	配送頻度	毎日	毎日	毎日
	配送荷姿	圧縮梱包にて配送	バラ配送	バラ配送
事業実施内容		技術実証	補改修	補改修

注：各ＴＭＲセンターの概要は令和４年２月現在の概要である。

（その５）

ＴＭＲセンターの略称		株式会社　Ｑ （北海道）	有限会社　Ｒ （北海道）
ＴＭＲセンターの概要	１．設立年月	平成２７年１０月	平成１５年１月
	２．構成員数	３戸（酪農）	２戸(法人１(６戸)、個人１戸)(酪農)
	３．装備施設・機械		
	ﾊﾞﾝｶｰｻｲﾛ	２０基	１９基
	TMRﾐｷｻｰ	２台　けん引式	１台(けん引式)
	運搬車	ダンプ１台	ダンプ２台 （うちＴＭＲ輸送専用車１台）
	圧縮梱包機	なし	なし
	その他	なし	なし
	４．運営方法		
	①施肥･播種	牧草の施肥・播種はＪＡ北オホーツク直営のコントラクターへ委託 デントコーンの播種は北海道農業公社へ委託	人材派遣型コントラクターの利用とＴＭＲセンターの構成員が共同実施
	②収穫	ＴＭＲセンターが収獲 一部はＪＡのコントラクターへ委託	
	③運搬	地元の運送業者へ委託	
	④詰込･踏圧	ＴＭＲセン　ターが収獲 一部はＪＡのコントラクターへ委託	
	⑤TMR混合	ＴＭＲセンターの構成員が実施	ＴＭＲセンターが実施
ＴＭＲ生産	１．TMR生産量	10,111 ｔ	15,900 ｔ
	２．自給飼料生産面積	600 ha	320ha
	３．自給飼料の生産方法	ＪＡのコントラクターへ委託 ＴＭＲ構成員が実施	構成員の共同作業
	４．TMRの種類	構成員３戸分のＴＭＲを製造	
	種類	搾乳用　乾乳牛用　黒毛和種用	９種類
	搾乳牛用	６種類	泌乳量別　７種類
	乾乳牛用	１種類	２種類 乾乳前期・育成共用、乾乳後期用
	その他	乳用牛育成用：なし、黒毛和種用：あり ジャーシー用：ホルスタイン種と同じ	
	５．ＴＭＲの設計方法	コンサルを経営している開業獣医師に依頼	外部に依頼
ＴＭＲ供給	１．供給価格	年間の製造・運搬費用により設定	原料代1,000～2,000円/頭・日 ミキシング料1.5円/kg 運営費5～10円/kg
	２．配送方法		
	配送する者	ＴＭＲセンターの構成員が実施	ＴＭＲセンター社員による配送
	配送頻度	毎日	毎日
	配送荷姿	バラ配送（費用節減のため）	バラ配送
事業実施内容		補改修	補改修

注：各ＴＭＲセンターの概要は令和４年１０月現在の概要である。

（その６）

ＴＭＲセンターの略称		株式会社　Ｓ （北海道）	有限会社　Ｔ （北海道）	株式会社　Ｕ （北海道）
ＴＭＲセンターの概要	１．設立年月	平成２２年９月	平成１５年１月	平成２２年５月
	２．構成員数	１３戸（酪農）	２戸(法人１（６戸)、個人１戸)(酪農)	１０戸(酪農)
	３．装備施設・機械			
	ﾊﾞﾝｶｰｻｲﾛ	２５基	１９基	２５基
	TMRﾐｷｻｰ	１台	１台(けん引式)	２台（自走式）
	運搬車	なし	ダンプ２台 （うちＴＭＲ輸送専用車１台）	ダンプ１台 スライド式ダンプ（特殊配送ダンプ）１台
	圧縮梱包機	ＴＭＲ圧縮真空梱包製造施設２基	なし	なし
	その他		なし	ショベルローダー３台　フォークリフト１台
	４．運営方法			
	①施肥･播種	ＴＭＲセンターが実施	人材派遣型コントラクターの利用とＴＭＲセンターの構成員が共同実施	コントラクターが実施
	②収穫	コントラクターが実施		コントラクターが実施
	③運搬	コントラクターが実施		運送会社が実施
	④詰込･踏圧	コントラクターが実施		コントラクターが実施
	⑤TMR混合	ＴＭＲセンターが実施	ＴＭＲセンターが実施	運送会社が実施
ＴＭＲ生産	１．TMR生産量	20,000 ｔ	15,900 ｔ	25,000 ｔ
	２．自給飼料生産面積	495 ha	326.4ha	約600ha
	３．自給飼料の生産方法	ＴＭＲセンター構成員の共同作業（合わせて耕種農家へデントコーン栽培を構成員面積以外に委託）	構成員の共同作業	コントラクターに委託
	４．TMRの種類			
	種類	５種類	９種類	搾乳牛用　乾乳牛用　育成用
	搾乳牛用	３種類 （乳量38kg用、トップドレス用、搾乳ロボット用）	泌乳量別　７種類	２種類（乳量設定　３０ｋｇ用　３５ｋｇ用）
	乾乳牛用	１種類	２種類 乾乳前期・育成共用、乾乳後期用	１種類
	その他	乳用牛育成用　１種類		乳用牛育成用　１種類
	５．ＴＭＲの設計方法	ＴＭＲセンターが設計 （町内でん粉工場の副産物を活用） （普及センター、ＪＡ、農協連の指導）	外部に依頼	配合飼料を購入している種苗会社に設計を依頼
ＴＭＲ供給	１．供給価格		原料代1,000～2,000円/頭・日 ミキシング料1.5円/kg 運営費5～10円/kg	年間の製造・運搬費用により設定
	２．配送方法			
	配送する者	輸送業者による配送	ＴＭＲセンター社員による配送	運送会社に委託
	配送頻度	毎日	毎日	毎日
	配送荷姿	圧縮梱包にて配送	バラ配送	バラ配送
事業実施内容		技術実証	補改修	補改修

注：各ＴＭＲセンターの概要は令和５年１０月現在の概要である。

３　ＴＭＲ原料サイレージの品質向上のための技術実証事例

（１）牧草の拡散厚に着目した技術実証

技術実証の内容
・原料の詰込時に、１回当たりの搬入量が多くなりすぎないようにする。
・拡散厚を３０ｃｍ以下にして効率的に踏圧する。
・床面の経年劣化をアスファルト舗装加工する。

〇技術実証事例の所在地　北海道紋別郡湧別町

〇原料詰込時に牧草の拡散厚を比較

【　拡散厚３０ｃｍで踏圧　】

【　拡散厚５０ｃｍで踏圧　】

【サンプリング】
・サイレージの密度やＶスコアを計測し、品質を確認。
・サイロの中央部で、上中下左中右の９ヶ所でサンプリングすることが理想

○バンカーサイロの補改修（床面の加工）

建設後５年経過したサイロの床面が劣化し、凹凸約３０mm以上となり残渣の除去が困難なうえ小石などの異物が混入。厚さ３ｃｍで床面をアスファルト舗装

【　補改修前の床面　】

【　補改修前の壁　ひび割れ　】

【　舗装前の床面清掃　】

【　補改修後　】

○オペレーターの生の声

・拡散層を薄くする方が鎮圧が早く踏め、サイレージの品質も向上する。厚いと鎮圧作業に時間が掛かり大変。

○期待される効果

・拡散厚が、踏圧作業に適した適正な厚さになることにより、踏圧作業が効率的になり、バンカーサイロ全体の踏圧が十分に行われて異常発酵が防止される。

・バンカーサイロ床面をアスファルト舗装することにより、小石などの異物混入が改善される。

○Ｖ－スコアの改善状況

基準値　：８５　　目標値：９０　　実績値：９６

（２）踏圧専用機に着目した技術実証

技術実証の内容
・踏圧専用機使用によりサイロの密閉度を高めたり、異物混入を防止するために床面を加工する。 ・原料草を拡散させてしっかり踏圧して、サイレージの密度を高める

〇技術実証事例の所在地　北海道野付郡別海町

〇原料草の踏圧

サイロ全体の踏圧が充分に行われないと異常発酵がおこり品質が低下する原因。このため、原料草の踏圧をホイールトラクターから踏圧専用機（サイレージパッカー）に変える。

【　原料草を薄く拡散　】

【　原料草を踏圧　】

〇バンカーサイロの床面の加工

建設後１０年以上経過したサイロ床面の凹凸が約１０mmと大きくなり、古いサイレージ残渣の除去に手間がかる。小石などの異物が混入

【建設後１０年目の床面】

【建設後１６年目の床面】

【補改修後】

〇期待される効果

・原料草の拡散や効率的な踏圧によりサイレージの密度が大きくなり、異常発酵が防止される。

・バンカーサイロ床面をアスファルト舗装することにより、小石などの異物混入が改善される。

〇Ｖ-スコアの改善状況

	基準値	目標値	実績値
有限会社　Ｆ	８５	９０	９０．６
有限会社　Ｇ	８７	９０	９５．６

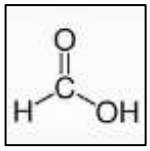
（３）調製用資材に着目した技術実証

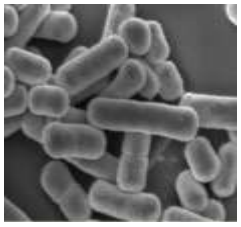
技術実証の内容
・調製用資材として使用してきたギ酸を乳酸菌資材に変更し、サイロ床面の荒廃などの影響を緩和するとともにサイレージ発酵品質を確認する。

〇技術実証事例の所在地　岩手県胆沢郡金ヶ崎町

〇調製用資材の変更

調製材として使用してきたギ酸を乳酸菌資材に変更し、サイロ表面の融解などの影響を緩和する。





【　ギ　酸　】　　【　　乳酸菌　　】

〇バンカーサイロの床面の加工

建設後１９年以上経過したサイロ床面が長年の酸の影響でボロボロの状態になり、バンカーサイロの奥に水が溜まり二次発酵等によるサイレージ品質の低下を招いている。また、小石などの床材がサイレージに混入して家畜に給与できないサイレージも発生している。

【建設後１９年目のサイロ】

【　床面　】

【床面が削られた小石】

【　補改修後のサイロ　】

〇期待される効果

・サイロ床面のアスファルト舗装、サイレージ調製用資材の変更により、床面の荒廃による異物混入が抑えられる。

〇Ｖ－スコアの改善状況

現状値：６４　　改善目標：８０　　実績値：９０

（４）密閉度を高めるためのサイロ床面等の加工

技術実証の内容
・バンカーサイロの密閉度を高めるため床面の凸凹をアスファルト舗装で加工
・原料草等をしっかり踏圧してサイレージの密度を高める

〇技術実証事例の所在地　北海道斜里郡小清水町　紋別郡西興部村

原料草等の踏圧

詰込

踏圧

密封

バンカーサイロ床面の加工

建設後８年以上経過したサイロ床面の凸凹が大きくなり、密閉度が不充分となる。

コンクリート破片などの異物混入

８年目の床面の凸凹

壁の亀裂

アスファルト加工

〇期待される効果
・バンカーサイロに原料を詰め込むときの踏圧が効率的となり、サイレージの密閉度が高まる。これにより良質な乳酸発酵が促進される。
・バンカーサイロ床面をアスファルト舗装することにより、コンクリート破片などの異物混入が改善される。

〇Ｖ-スコアの改善状況

	基準値	目標値	実績値
株式会社　Ｋ	８９	９２	９２
有限会社　Ｍ	８０	８４	９６
株式会社　Ｎ	８８	９１	９２
株式会社　Ｓ	９０	９３	

４　バンカーサイロの補改修の取組事例

事例１（北海道天塩郡幌延町）

○　サイロの大きさと使用期間

容積　㎥	縦×横×高　ｍ	使用期間 （建設年月）
１基　１，０８０	１０×４０×２．７	約１４年 （Ｈ１６．７）

○サイロの劣化状況

・建設後１４年経過。床表面の劣化により凹凸が３～１０mm程度。サイレージに砂利破片が混入したり、土砂などの異物が作業機械のタイヤに付着してサイレージに混入。

・サレージの品質改善のためにサイロの補改修が必要。

○サイロの劣化状況

床に水たまり

エプロンに大きな穴

○補改修

【期待される効果】

・異物混入の改善

・サイレージの品質改善

Ｖ-スコア値　現　　状：88.2

改善目標：91.2 以上

実績値　：97.2

事例２（北海道紋別郡湧別町）

○　サイロの大きさと使用期間

容積　㎥	縦×横×高　ｍ	使用期間 （建設年月）
１基２，０２５	１５×５０×２．７	約８年 （Ｈ２２．１２）

○　サイロの劣化、サイレージの品質に及ぼす影響

・建設後８年経過。床表面の劣化により凹凸が大きくなり、サイロへの車輌の出入りで小石などの異物がサイレージに混入。サイロの壁がズレたり亀裂が拡大

・サイレージの品質改善のためにサイロの補改修が必要。

○サイロの劣化の状況

床面の凹凸が大きい

壁と床の境目の劣化

○補改修

アスファルト舗装

【期待される効果】

・異物混入の改善

・サイレージの品質改善

Ｖ-スコア値　現　　状：８５

改善目標：９０

実 績 値：９３

事例３（北海道紋別郡興部町）

○　サイロの大きさと使用期間

容積　㎥	縦×横×高　ｍ	使用期間 （建設年月）
１基　７５６	７．２×４２×２．５	約２０年 （Ｈ１１．６）

○サイロの劣化状況

・建設後２０年経過。床表面の劣化により凹凸が発生。サイレージに小石などの異物が混入し、給与した家畜に悪影響が出ることが懸念される。

・サレージの品質改善のためにサイロの補改修が必要。

○サイロの劣化状況

側壁の根元が腐食

出口に凹凸発生

○補改修

【期待される効果】
・異物混入の改善
・サイレージの品質改善
　Ｖ-スコア値
　　現　　状：76.1
　　改善目標：80.1 以上
　　実績値　：94.6

○サイロ補改修後の作業員の声

サイレージに異物が混入しないことのほかに、サイロ内の掃除などの作業時間が短縮。

事例４（北海道広尾郡大樹町）

○　サイロの大きさと使用期間

容積　㎥	縦×横×高　ｍ	使用期間（建設年月）
２基　×　７７８ １基　×　６３０	１２×３６×１．８ １４×２５×１．８	約１１年（Ｈ２０．６） 約２１年（Ｈ１０．６）

○サイロの劣化状況

・建設後１１年又は２１年経過。サイレージ調製の酸による床表面の劣化により凹凸が発生。収穫調製作業前に清掃を行うも、凹凸の隙間に残渣物などが残るためサイレージ貯蔵中の変敗により品質低下。この変敗がサイロ内のｐＨ上昇の原因になり、開封後の二次発酵による変敗の要因となる。

・サレージの品質改善のためにサイロの補改修が必要。

○サイロの劣化状況

床面全体が腐食

側壁の付け根が腐食

補改修

厚さ４ｃｍのアスファルト舗装

【期待される効果】
・貯蔵中の変敗、開封後の二次発酵
・サイレージの品質改善
　Ｖ-スコア値　現状　：平均 70
　　改善目標　：84
　　実績値　　：88

○サイロ補改修後の作業員の声

補改修前はブラシ掃除機械でサイロ床面を掃除すると床がますますボロボロになって困ったが、補改修後は掃除がし易く、またサイレージ原料が詰め易いとの感想

事例５（北海道広尾郡大樹町）

○　サイロの大きさと使用期間

容積　㎥	縦×横×高　ｍ	使用期間（建設年月）
４基　×　６４８	１０×３６×１．８	約１７年（Ｈ１５．６）

○サイロの劣化状況

・建設後１７年経過。バンカーサイロ底面のコンクリートセメント硬化体がサイレージの酸による中和反応により溶解し、コンクリート片や小石などの異物が多数露出。そこに重機を使った原料の詰込や取出し作業で床面が削り取られ凸凹が大きい。これによりサイロ密閉度の低下による良質な嫌気性発酵の確保が困難。小石などの異物混入によりサイレージの品質が低下。

○サイロの劣化状況

異物の発生

床の劣化と損傷

アスファルト舗装

舗装の完成

【期待される効果】
・貯蔵中の良質な嫌気性発酵の確保、異物混入の改善
・サイレージの品質改善
　Ｖ－スコア　現 状 値：７０
　　改善目標：８４
　　実 績 値：９５

事例６（北海道宗谷郡猿払村）

○　サイロの大きさと使用期間

容積　㎥	縦×横×高　ｍ	使用期間（建設年月）
１基×１，６２０	１２×５０×２．７	約１３年（Ｈ２０．９）
１基×２，０２５	１５×５０×２．７	約　９年（Ｈ２４．６）
１基×１，２１５	９×５０×２．７	約１４年（Ｈ１９．６）

○サイロの劣化状況

・建設後８年以上経過したバンカーサイロは床面の経年劣化や擁壁の損傷によりバンカーサイロの気密性が低下して調製・貯蔵時の良質な嫌気性発酵が困難となったり、異物混入によるサイレージの品質低下が課題

○サイロの劣化状況

床面劣化

壁の損傷

アスファルト舗装

舗装の完成

【期待される効果】
・気密性の確保、異物混入の改善によるサイレージの品質向上
　Ｖ－スコア　現 状 値：９３
　　改善目標：９６
　　実 績 値：９６

事例７（北海道広尾郡大樹町）

○　サイロの大きさと使用期間

容積　㎥	縦×横×高　ｍ	使用期間（建設年月）
４基　×　６４８	１０×３６×１．８	約１８年（Ｈ１５．６）

○サイロの劣化状況

・建設後１８年経過。バンカーサイロ底面のコンクリート表層部のセメント硬化体が、サイレージの酸による中和反応により溶解し、コンクリート片や小石などの異物が多数露出。そこにバンカーサイロの中で、重機を使った原料草や飼料用トウモロコシの詰込、取り出し作業等を行うことにより床面の露出物が削り取られ凸凹がひどくなっている。このようなサイロ底面の劣化により、サイロの密閉度が低下してしまい、調製・貯蔵時におけるサイレージの良質な嫌気性発酵が困難となるとともに、小石などの異物の混入によるサイレージの品質低下が顕著。

○サイロの劣化状況

床の劣化の状況

床面舗装前の清掃作業

アスファルト舗装

舗装の完成

【期待される効果】
・バンカーサイロ床面の凹凸が改修、十分な鎮圧が可能
・サイレージの品質改善
　Ｖ－スコア　現 状 値：６３．５
　　改善目標：８４
　　実 績 値：８９．５

事例８（北海道広尾郡大樹町）

○　サイロの大きさと使用期間

容積　㎥	縦×横×高　ｍ	使用期間（建設年月）
２基　×　６４８	１０×３６×１．８	約１９年（Ｈ１５．６）

○サイロの劣化状況

・建設後１９年経過。バンカーサイロ底面やエプロンのコンクリート表面が、サイレージの酸による中和反応により浸食溶解し、コンクリート片や小石などの異物が多数露出。そこで、重機を使った原料牧草や飼料用トウモロコシの収穫時の詰込、ＴＭＲ調製時の取り出し作業等を行うことにより床面が削り取られ、凸凹が顕著になっている。このようなサイロ底面やエプロン表面の劣化は、サイロの密閉度を低下させるだけでなく、調製・貯蔵時におけるサイレージの良質な嫌気性発酵が困難となるとともに、小石などの異物混入によりサイレージの品質低下を引き起こす要因となっている。

○サイロの劣化状況

床面の劣化の状況

床面の劣化の状況

床面舗装前の清掃

アスファルトによる舗装工事

舗装の完成

【期待される効果】
・バンカーサイロ床面やエプロンの凹凸が改修、サイロの密閉度の向上
・サイレージの品質改善
　Ｖ－スコア　現 状 値：７１
　　改善目標：８４

事例９（北海道紋別郡興部町）

○　サイロの大きさと使用期間

容積　㎥	縦×横×高　ｍ	使用期間（建設年月）
１基×５１２	５．７５×３３×２．７	約２２年（Ｈ１２．６）
１基×５１２	５．７５×３３×２．７	約２２年（Ｈ１２．６）

○サイロの劣化状況

・平成 30 年に離農した酪農経営の離農跡地に設置されているバンカーサイロを再利用。

・建設後２０年以上経過したバンカーサイロは、床面とエプロンが経年劣化により凸凹が激しくなっている。このため、バンカーサイロの気密性が低下して調製・貯蔵時の良質な嫌気性発酵が困難となったり、異物混入によるサイレージの品質低下が課題。

○サイロの劣化状況

エプロン

エプロン接写

バンカー内

完成

【期待される効果】

・気密性の確保、異物混入の改善によるサイレージの品質向上

Ｖ－スコア　現 状 値：８９

改善目標：９２

事例１０（北海道広尾郡大樹町）

○　サイロの大きさと使用期間

容積　㎥	縦×横×高　ｍ	使用期間（建設年月）
４基　×　６４８	１０×３６×１．８	約２０年（Ｈ１５．６）

○サイロの劣化状況

・建設後２０年経過。バンカーサイロ床面のコンクリート表層部のセメントが、サイレージにより溶解し、コンクリート片や小石などの異物が多数露出。そのサイロの中で、重機による飼料の詰め込みや取り出し作業を行うことで凹凸がより顕著となり小石等の異物混入や掃除しきれずに隙間にサイレージ残渣が蓄積する。これが調製・貯蔵時におけるサイレージの良好な嫌気性発酵を妨げて品質低下を引き起こしている。

○サイロの劣化状況

床面の劣化の状況

床面の劣化の状況

アスファルトによる舗装工事

舗装の完成

【期待される効果】
・バンカーサイロの密閉度が向上して、良好な嫌気性発酵の促進
・サイレージの品質改善
　Ｖ－スコア　現 状 値：１５
　　改善目標：８０

事例１１（北海道河西郡更別村）

○　サイロの大きさと使用期間

容積　㎥	縦×横×高　ｍ	使用期間（建設年月）
１基×１，４８５	１１×５０×２．７	約１１年（Ｈ２４．６）

○サイロの劣化状況

・平成２４年に整備したバンカーサイロが床面と壁が経年劣化して、サイロの密閉度が低下し、空気の混入による二次発酵や雨水によるサイレージの品質低下や小石などの異物混入等によるサイレージの品質低下が課題。

○サイロの劣化状況

壁パネルの損壊

パネルの損壊

パネルの交換

舗　装

完成

【期待される効果】
　サイロの壁、床の補修により密閉度を高める、小石など異物混入を防ぐ
　Ｖ－スコア　現 状 値：２２
　　改善目標：８０
　　実績値　：

５　ＴＭＲ原料となるサイレージの品質改善とバンカーサイロ補修の効果

（令和５年度全国コントラクター等情報連絡会議情報提供資料より）

2024.2.7
令和5年度全国コントラクター等情報連絡会議研修会

TMR原料となるサイレージの品質改善対策とバンカーサイロ補修の効果

農研機構 北農研 寒地酪農研究領域　自給飼料生産グループ　　根本　英子

農研機構（のうけんきこう）は、国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構のコミュニケーションネーム（通称）です。

本日の内容

1. サイレージ発酵の基礎

2. サイレージ調製作業の基本

3. バンカーサイロ補修事例と効果

サイレージ発酵の基礎

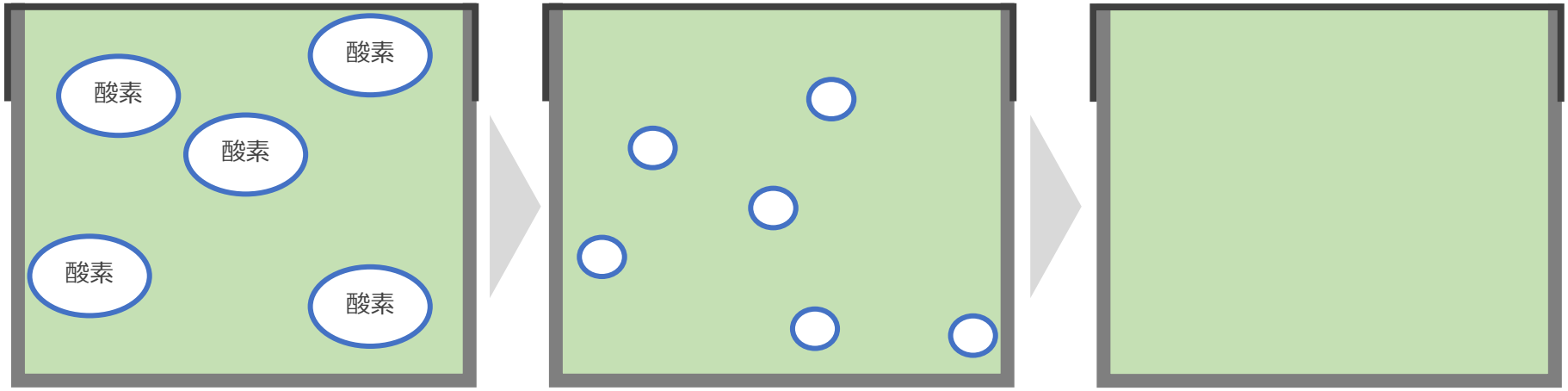
サイレージとは、
高水分の原料草や穀物を
嫌気的に**貯蔵**した**発酵飼料**である。

発酵の良し悪しの指標
- pH
- 乳酸、酢酸、酪酸などのVFAの量
- アンモニア（VBN/TNとして評価）

サイレージの品質の相対的評価指標
- V-スコア
  80点以上「良」
  60点以上80点未満「可」
  60点未満「不良」

サイレージ発酵の基礎

詰め込み直後のサイロ内



植物の呼吸

- 好気性菌増殖
- 大部分の酸素消費

好気性菌*の活動

- 残りの酸素消費○
- 糖分の消費　×
- 発熱　×

*雑菌

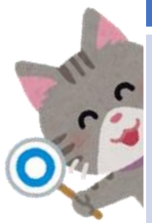
乳酸菌の活性化

- 糖から乳酸生成
- pH低下
- 嫌気状態

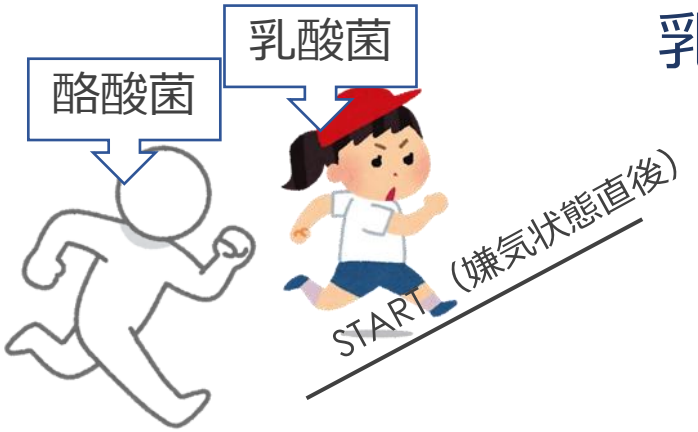
なるべく**空気を減らす**ことが重要

農研機構 NARO

乳酸菌と酪酸菌



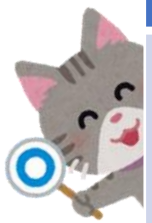
乳酸菌 乳酸発酵	酪酸菌 酪酸発酵
・嫌気性 ・糖から乳酸を生成 ・pH5-3.8で活動 ・ある程度の水分で活動	・嫌気性 ・糖や乳酸から酪酸を生成 ・タンパク質を分解しアンモニア生成 ・**pH4.2以上**で活動 ・活動には高水分が必要
高品質サイレージ	**低品質サイレージ**



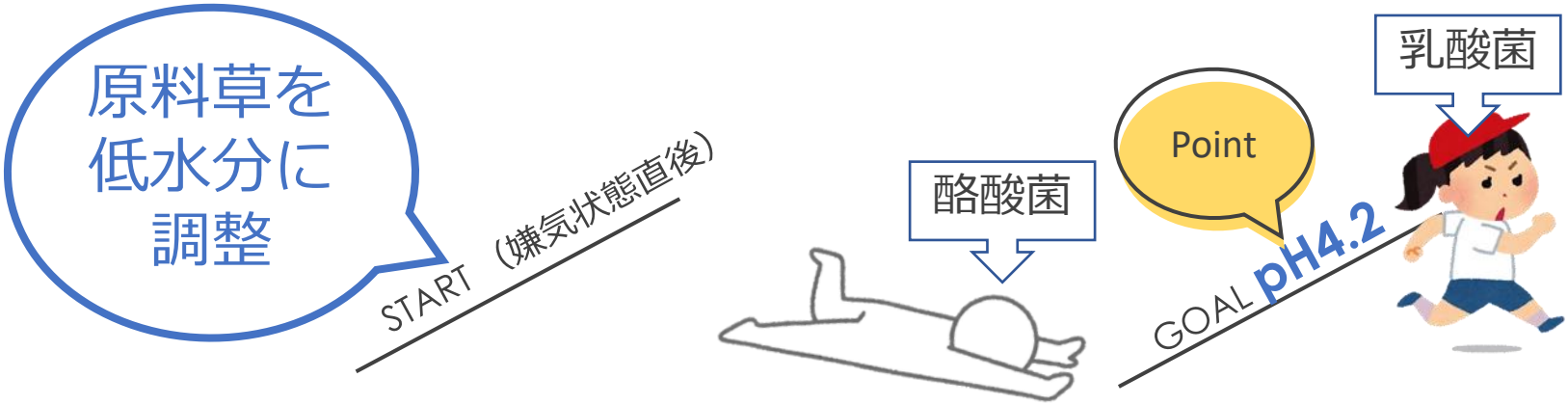
乳酸菌のスタートダッシュが重要

農研機構 NARO

乳酸菌と酪酸菌



乳酸菌 乳酸発酵	**酪酸菌** 酪酸発酵
・嫌気性 ・糖から乳酸を生成 ・pH5-3.8で活動 ・ある程度の水分で活動	・嫌気性 ・糖や乳酸から酪酸を生成 ・タンパク質を分解しアンモニア生成 ・**pH4.2以上**で活動 ・活動には**高水分**が必要
高品質サイレージ	**低品質サイレージ**



農研機構 NARO

雑菌類

大腸菌群、酵母、カビ（真菌、糸状菌）
好気的変敗

・好気性
・糖を消費して二酸化炭素、水、発熱
・乳酸も分解される

腐敗

➢空気が多いといつまでも続く
➢サイレージの開封後にも起こる

Point

なるべく**空気を減らす**ことが重要

（大事なことなので2回目）

主なポイント

0. 安全に作業する
1. サイロの準備
2. 水分調整
3. 高密度に詰める
4. 密封、貯蔵

0. 安全に作業する

✓**安全キャブ・フレーム**が装備された車両を使う

✓**シートベルト・ヘルメット**を着用する

✓材料草を**側壁より高く積み上げない**
（転倒・転落の危険が大）

✓作業の**段取りを事前に確認**・共有しておく
（コミュニケーション）

①収穫（運搬車と伴走）

②詰め込み（踏圧）

③密封（シート掛け）

④取り出し

1.サイロの準備

- 水洗いと乾燥
  - サイレージの残さは雑菌だらけ

- 床、壁面の劣化対策
  - 凸凹は空気、水、異物混入の原因

1.サイロの準備

- 土砂・異物の持ち込み防止
  - ➢土は雑菌、堆肥は酪酸菌が多い
    - トラックはサイロ内に入り過ぎない
    - エプロン前に**クリーンゾーン**を設ける
    - 収穫直前の堆肥、スラリー散布は避ける
    - ハーベスタの刈高を10cmより下げない

クリーンゾーンの例

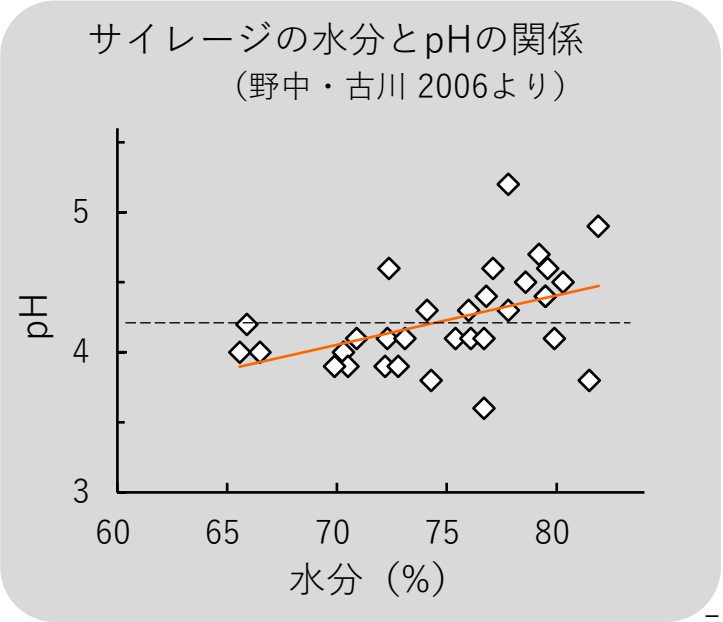
2. 水分調整

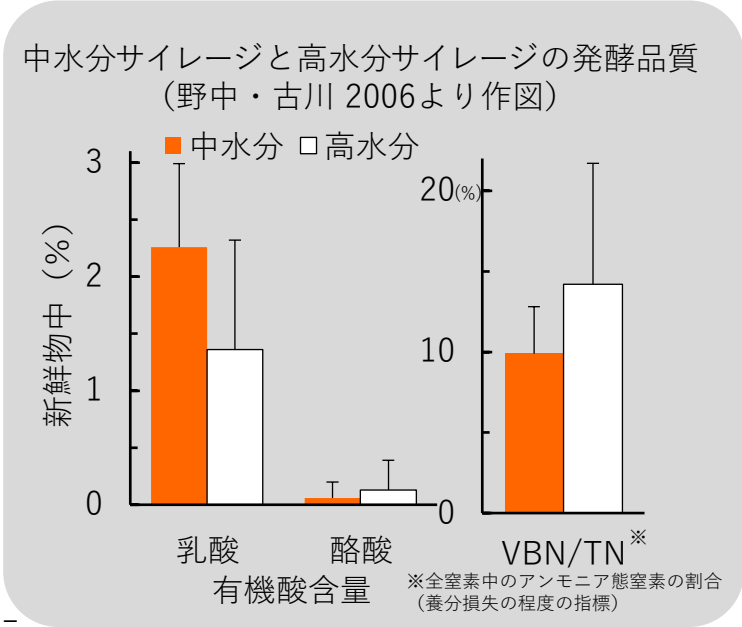
Point

- 予乾が基本　**75%**できれば**70%**程度
  - 酪酸菌は低水分が苦手

乳酸菌のスタートダッシュを助ける

  - 排汁を抑えて栄養価を守る





2. 水分調整

- 予乾のポイント　目安は**半日程度**
  - ウィンドローは低く幅広に成形で時短

    ウィンドロー 1本分1.8m幅を2.4mに成形 2-3時間

    ウィンドロー 2本分を1.8m幅に成形 5-6時間

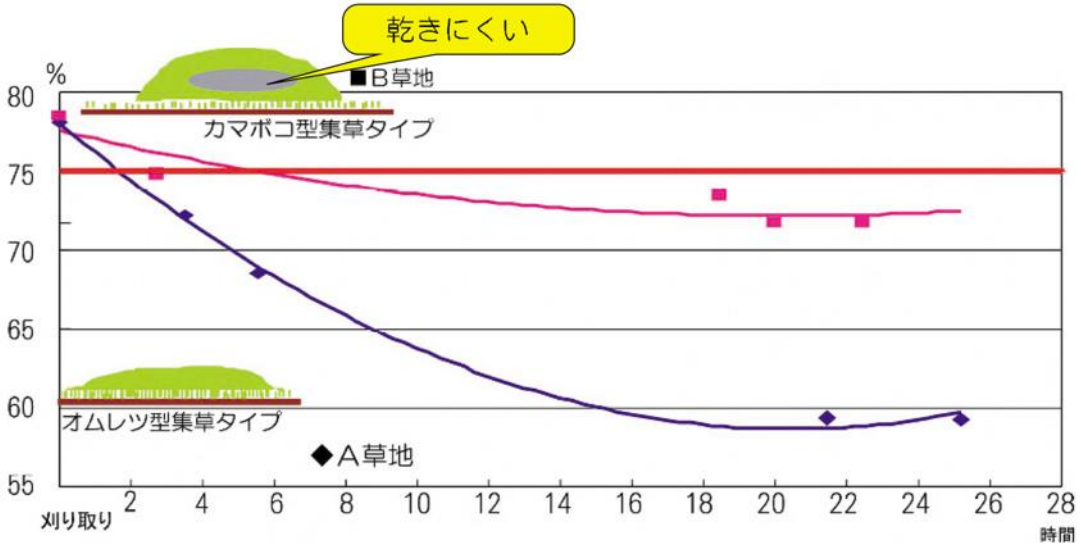


図5　刈り取り幅と集草幅の違いによる牧草水分の推移

網走農業改良普及センター興部分室，H18　一部改変

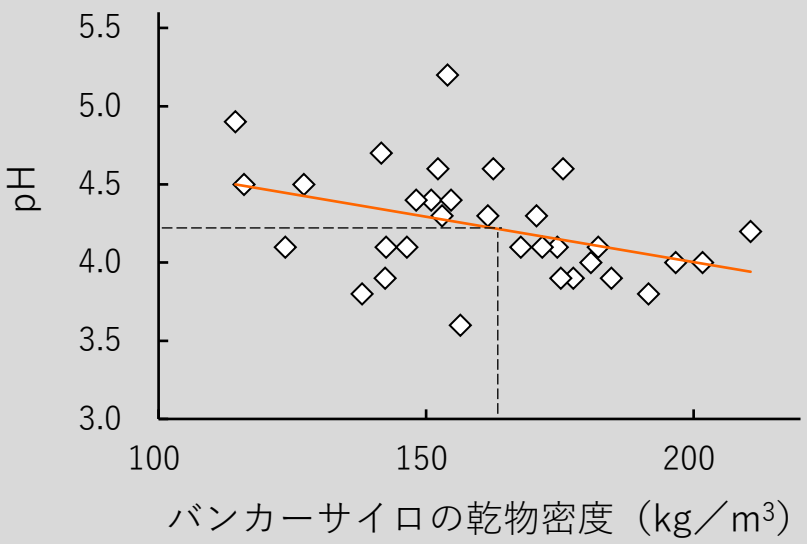
根室生産連（2010）「サイレージの達人」より

3. 高密度に詰める

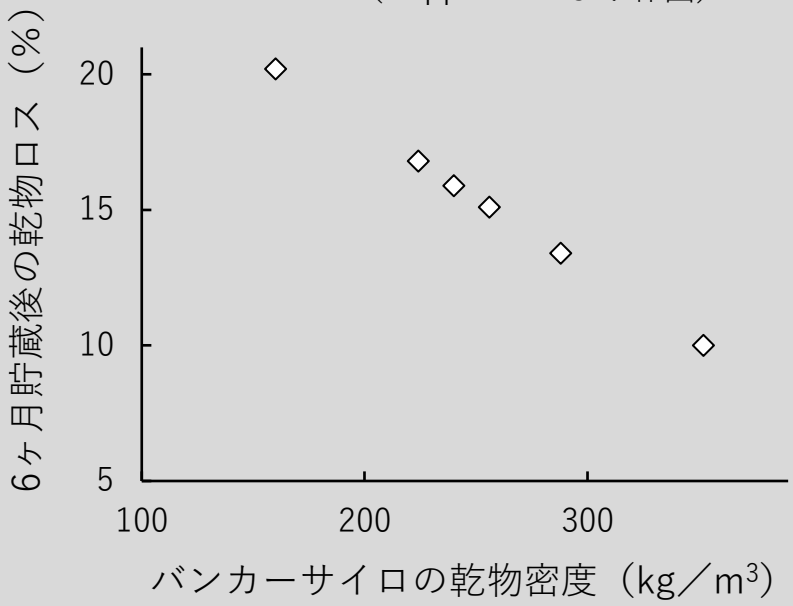
Point

- 高密度の理由　**空気（酸素）を減らす**
  - ➢ 速やかに嫌気環境に移行し糖分損失を抑える
  - ➢ 開封後の好気的変敗を抑制する

サイレージの密度とpHの関係
（野中・古川 2006より）



サイレージの密度と乾物ロスの関係
（Ruppel 1992より作図）



3.高密度に詰める

- 切断長と細断　**切断面はシャープ**に
  - 牧草　10mm程度（低水分では短めに）
  - トウモロコシ クラッシャー無 9mm程度
    クラッシャー有 17mm程度
    クラッシャー間隙 3-5mm
  - ➢切れ味が悪いとフカフカで踏圧が効きにくい
    - ハ

写真１　切断不良の状態

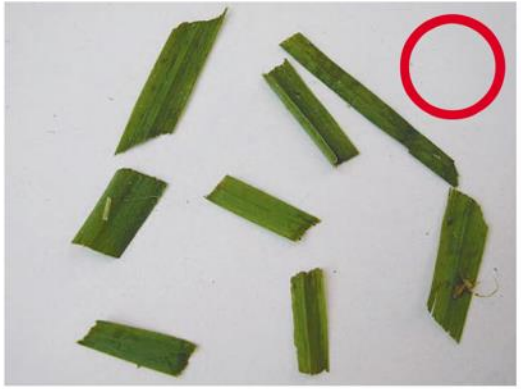


写真２　シャープな切断面

根室生産連「サイレージの達人」より

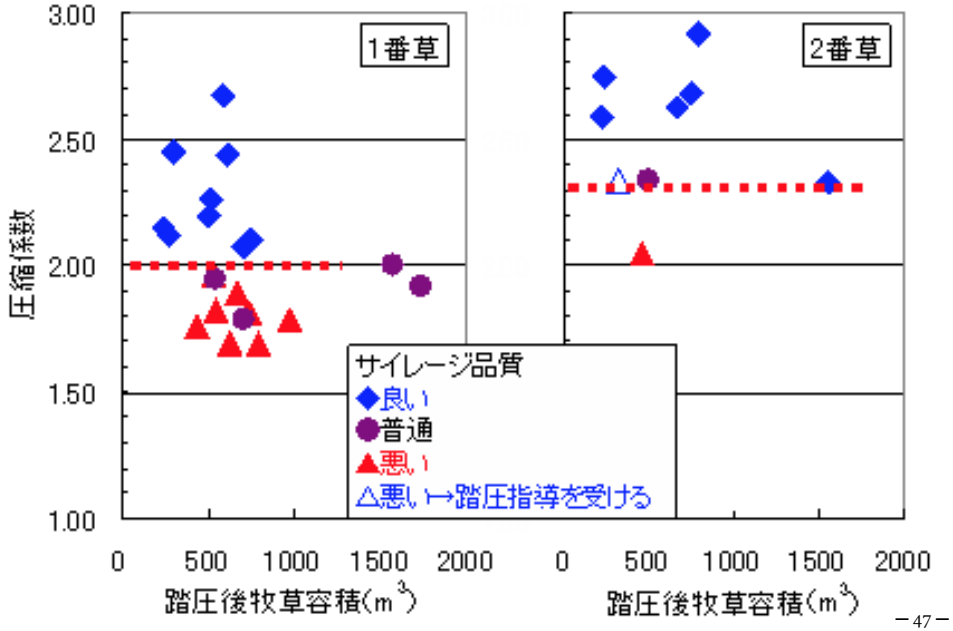
3.高密度に詰める

● サイロに対して**適正な量**を詰め込む

$$圧縮係数 = \frac{運搬車両のべ数（台）\times 運搬車両の荷台容積（m^3）}{踏圧後の牧草容積（m^3）}$$

1番草：2.0以上、2番草：2.3以上

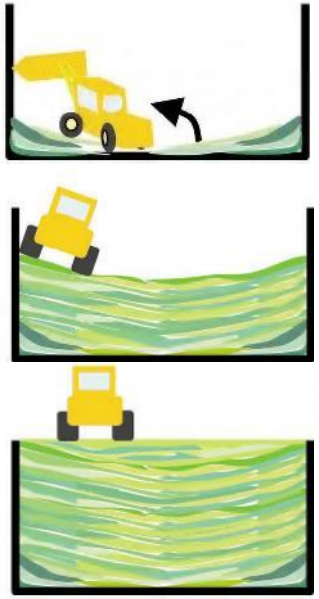
根釧農業試験場（2005）より



根釧農業試験場（2005）より

3.高密度に詰める

- **重い車両**で**時間をかけて**踏む
  - 接地圧の高いホイール型にする
  - ウェイトを追加する
  - 踏圧車両の台数を増やす
  - 2本同時並行で詰め込む

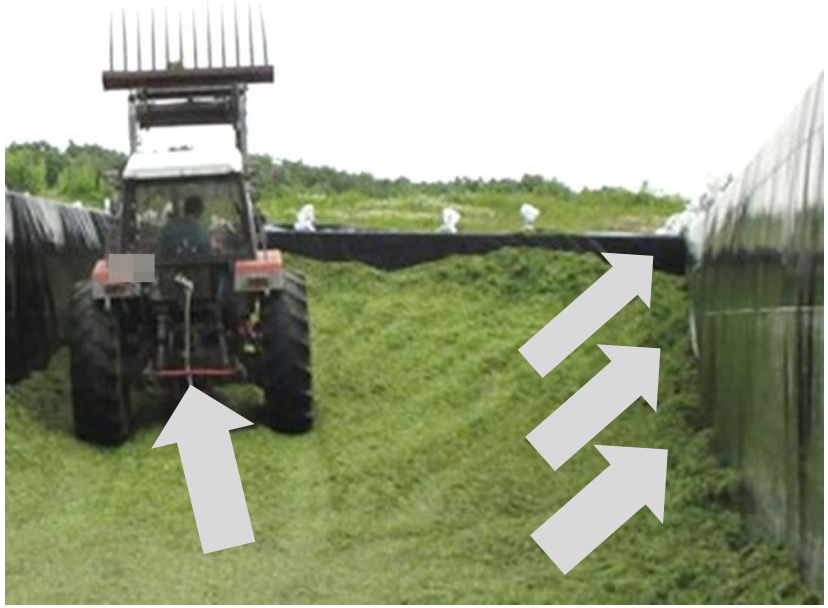


両端・奥に土台をつくる

壁際を高くすると安全

最後に上面の凹凸を修正

根室生産連（2010）サイレージの達人より



バンカーサイロの斜め踏みの例

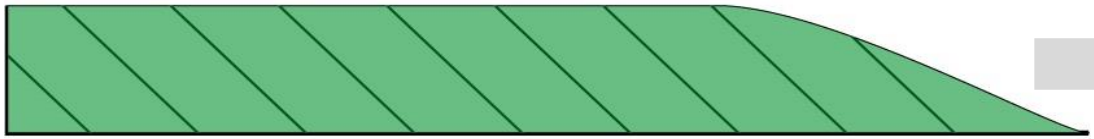
3.高密度に詰める

Point

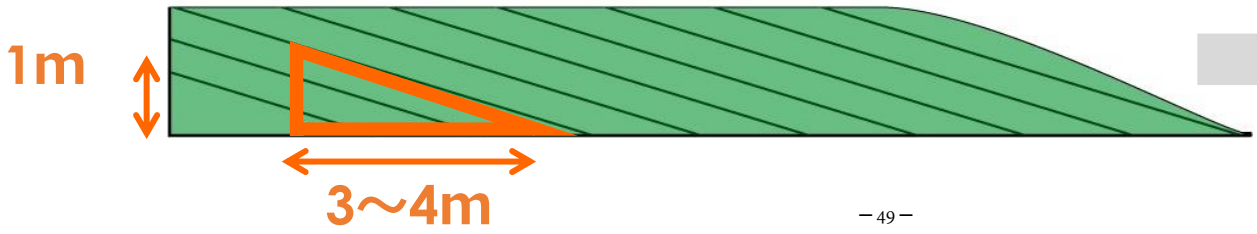
- 薄く拡散させる
  - 厚さの目標は**30cm以下**
  - 傾斜をつけ過ぎず一定に保つ
  - 何度も広げ直さない

拡散厚30cmの例

拡散厚50cmの例



傾斜が
つき過ぎ



理想的！

4. 密封、貯蔵

Point

- 踏圧後は**速やかに密封**する
  - サイロ内の空気（酸素）を遮断する
    - 翌日にも詰め込む場合もシートで被覆
      ＋塩やプロピオン酸資材を表面散布 → 変敗抑制
  - 古タイヤや重石でシートを抑える
    - 簡略化もできる（畜産試験場 2012）
  - 鳥獣害防止
    - 防鳥網
    - ネズミ返し

古タイヤの例

スマート技術を活用する

農研機構 NARO

●圃場と車両の管理システム「**レポサク**」

- ■作業情報を共有する
- ■材料の運搬回数が分かる
- ■バンカーを閉めるタイミングが分かる

エゾウィン株式会社ホームページより
https://reposaku.info

バンカーサイロの補修事例と効果

事例（北海道）建設後11年経過

床面と壁の劣化により、空気や雨水が混入しサイレージの品質低下と小石等の異物混入

パネルの剥離

パネルの損壊

補修後（舗装、パネル交換）

劣化部分をアスファルトで補修

✓サイレージ品質劣化・作業性低下の要因を除去

✓バンカーサイロの長寿命化

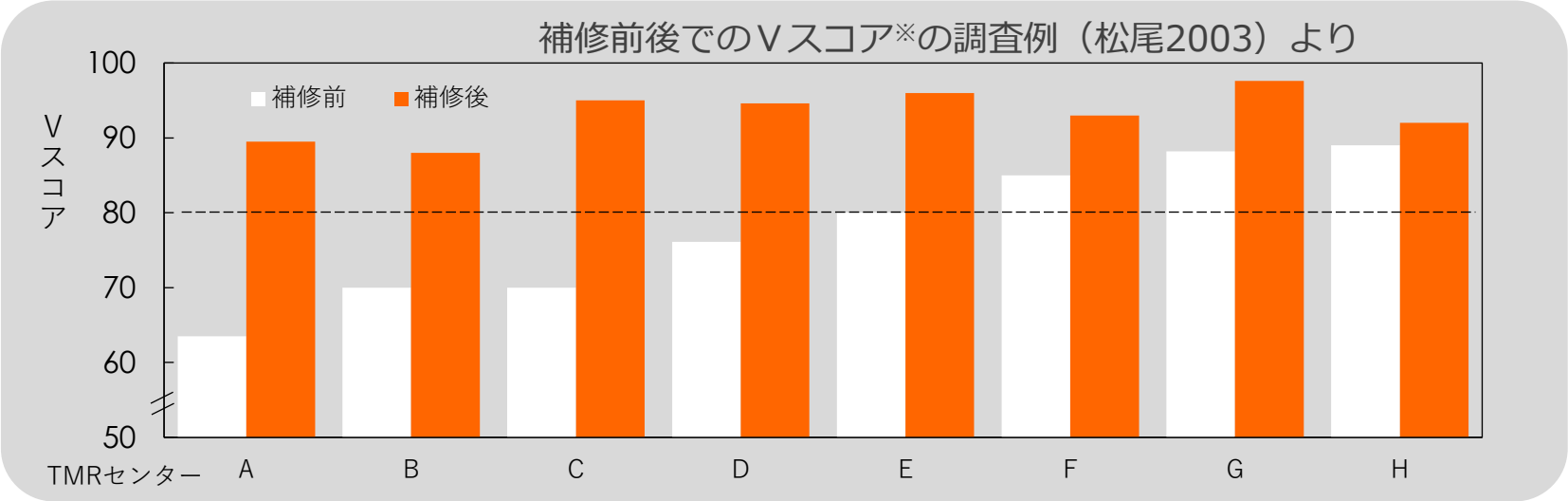
床面の補修による品質の改善事例

V-スコア※の改善（**サイレージ品質向上**）

床面がボロボロ

壁際も劣化

4cm厚アスファルト



※サイレージ品質の相対評価指標；0-60点「不良」60-80点「可」100-80点「良」

床面の補修による作業性の改善事例

オペレータの負担が軽減

サイロ床面をブラシで掃除する度に、床がますますボロボロに…

- ✓ サイロ詰め前の清掃が楽になった
- ✓ サイレージ原料草を詰めやすくなった

取り出し時に、小石が混入しないよう気を遣う

- ✓ 取り出し時の心理的負担も軽減

床面に大きな凹凸

平滑な床面での取り出し

おわりに

牛が喜んで食べるサイレージを作るには

- サイレージ発酵の仕組みを理解して、作業の基本を守る。
- 基本に忠実な作業を心がける。
- バンカーサイロの補修には、一定の効果がうかがわれる。

ご清聴
ありがとう
ございました

ＴＭＲ原料サイレージの品質改善について　執筆者一覧

氏　　名	所　　属
根本　英子	農研機構　北海道農業研究センター 寒地酪農研究領域　自給飼料生産グループ
中野　長三郎	一般社団法人　日本草地畜産種子協会

農研機構（のうけんきこう）は、国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構のコミュニケーションネーム（通称）です

一般社団法人　日本草地畜産種子協会

〒101-0035　東京都千代田区神田紺屋町８
ＮＣＯ神田紺屋町ビル４階

TEL 03-3251-6501　FAX 3-3251-6507
https://souchi.lin.gr.jp/