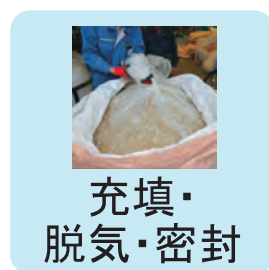


# 高品質な粃米サイレージの調製と 給与を目指して ～成功のためのヒント～



**【発酵促進・変敗防止・家畜消化】**

高品質な粃米サイレージ調製のために必要な条件.

①破碎②加水③乳酸菌添加④充填・脱気・密封処理により家畜が消化しやすい高品質な粃米サイレージを調製できる.

# 高品質な粳米サイレージの調製と給与を目指して ～成功のためのヒント その1～

## はじめに

トウモロコシ子実と同等のでんぷん含量をもつ飼料用米。飼料用米を低コストな保存形態であるサイレージとして調製し、高嗜好性・高品質な大家畜向けの粳米サイレージ(注:米SGSと呼ぶ現場も多い)として活用するためのポイントは何でしょうか。本稿では、これまでに蓄積された事例や知見から、粳米サイレージ調製の成功に向けた道筋を明らかにします。

粳米サイレージ活用の最新動向やトラブルシューティングから、“技術・作業の落とし穴”を予め議論し、不安や失敗のない粳米サイレージの“あるべき姿”を描きます。この“あるべき姿”を見据えた時、重要なヒントを2つにまで絞り込むことができます。

1. 粳米サイレージ調製時に、①破碎(未破碎米を極力低減)、②加水(目標水分30%)、③乳酸菌添加(発酵促進と変敗防止)、④充填・脱気・密封処理(嫌気環境の構築と梱包資材の破損防止)、の4点への対応を徹底し、品質向上を目指しましょう。
2. “開封時”に良質な粳米サイレージ調製を達成することに加えて、“家畜に給与する直前まで”品質悪化や栄養損失に繋がる変敗防止に努めましょう。給与する際には、粳米サイレージの特性を理解し、それぞれの飼養体系に適した飼料設計も実施しましょう。

粳米サイレージの“作り手”側が高品質な粳米サイレージを調製し、持続的に供給する上で、1点目はとても重要です。2点目は、“使い手”側が安心して高品質な飼料を給与する上で必要不可欠です。どちらかの都合やニーズが優先されても歯車は上手く回りません。“作り手”と“使い手”の双方に受け入れられる姿こそが、粳米サイレージ調製・利用の核心です。

以下本文では、上記のポイントの各論を中心に、

全2回の連載形式で議論を進めます。多くの方々に受け入れられる粳米サイレージのあるべき姿を実現し、地域の水田農業と共存共栄する畜産業の発展に貢献できれば幸いです。

## 1. 収穫前の飼料用米の状態も大切

粳米サイレージ調製は、乳酸菌などの微生物の力を有効利用します。従って、原料の粳米に付着している微生物の動態は、調製の成否を分ける重要なポイントと考えられます。例えば、良い乳酸菌などの数が少ない一方で、悪い雑菌の数が増えている状態であれば要注意です。

通常、一見綺麗に見える粳米にも、目には見えない大腸菌群やカビなどの望ましくない微生物が低レベルで検出されることがありますが<sup>[1]</sup>、その後のサイレージ調製技術の中で制御可能なレベルと考えられます。一方、望ましくない微生物が高レベルで発生する恐れのある稲の主要病害に対しては、適切な防除を実施することが望まれます。

私達の研究グループでは、カビの一種を病原菌とする稲こうじ病が多発した粳米原料を用いて粳米サイレージを調製した結果、発酵品質が優れない事案を経験しています。稲の病害とサイレージ発酵との関係については、今後詳細に追究する必要がありますが、状態の良い粳米を利用した方が良いと考えられます。

生き物である家畜が食べるお米です。また、高品質な飼料を求める畜産農家が給与利用するお米です。病虫害防除に関するポイントについては、「飼料用米の生産・給与技術マニュアル(2016年度版)<sup>[2]</sup>」に記載されていますのでご参照ください。また、飼料用稲の倒伏などにより、土砂が極度に混入する恐れが高い場合にも注意が必要です。

## 2. 粳米サイレージ調製のポイント

図1Aに粳米サイレージ調製作業体系の例を示しました。水田利用型畜産を実践する各畜産農家単

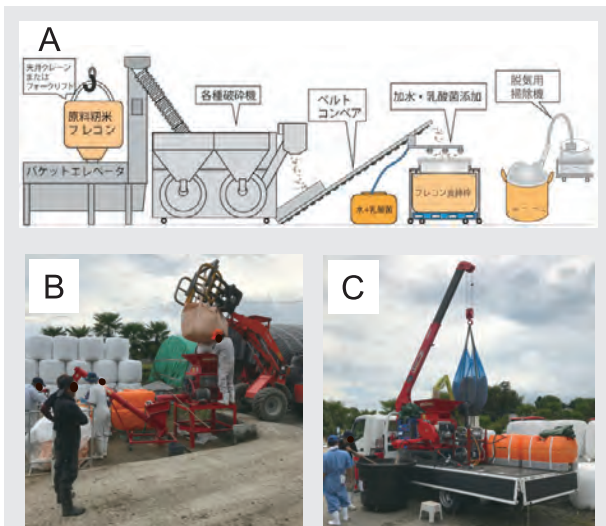


図1 籾米サイレージ調製作業体系と本技術を活用した農業現場における普及事例 (A) 調製作業体系のモデル例。①破碎②加水③乳酸菌添加④充填・脱気・密封処理を効率良く実施できるように、作業動線を考慮して機械を配置することが重要。(B) 各畜産農家単位での籾米サイレージ調製。籾米サイレージの利用による生産性や飼料費低減メリットから、調製のための設備投資を実施した和牛繁殖農家の事例。繁殖成績に悪影響なく籾米サイレージを有効利用している。(C) コントラクターを活用した籾米サイレージ調製の事例。畜産農家の庭先で出張形式でサイレージ調製する。“使い手”側の畜産農家が籾米サイレージ調製に関わる初期設備投資を必要とせずに籾米サイレージを利用できる。地域の水田や畜産農家周辺から原料の飼料用米を調達して地産地消できるケースもある。“作り手”側の1つのあり方としてコントラクター事業は重要。

位で調製作業体系を組む事例(図1B)や移動コントラクターが調製作業を引き受ける事例(図1C)もあります。作業体系を構築するに当たっては、籾米サイレージの高品質化に必要な条件ポイント(図2)を押さえて、設置場所、作業人員数および作業動線を確認し、スムーズな作業を行えるようにしましょう。

### 2-1. 破碎

破碎のポイントは2つです。

- ① 籾米を破碎して内部を露出させ、糖分を利用した乳酸発酵を促す。
- ② 破碎によって、家畜の消化を手助けする。

乳酸発酵における重要な“役者”は乳酸菌ですが、乳酸菌の活躍する“舞台”として適切な糖分や水分も重要です。調製時に破碎処理を行わないで加水した場合、水分は籾米にほとんど吸収されずに、サイレージ容器底部に溜まってしまいます。籾殻の構造は、外部からの容易な浸水を許さないようにできています。また、籾殻の外部に糖分はほとんどありません。内部にこそ、でんぷん等の豊富な糖分が蓄えられています。この糖分をエネルギー効率良く乳酸等に変換する技術がサイレージ貯蔵です。適切な乳



図2 高品質な籾米サイレージ調製のために必要な条件。①破碎②加水③乳酸菌添加④充填・脱気・密封処理により家畜が消化しやすい高品質な籾米サイレージを調製できる。

酸菌を活用した場合、サイレージ発酵による理論上のエネルギー回収率は、実に98-99%の高いレベルとされています<sup>[3]</sup>。

また、大家畜は堅い籾米を上手に噛み砕いて消化をすることが苦手です。未消化の籾米は糞便中にそのまま排出される恐れがあり、エネルギーロスとなります。破碎処理は破碎機を通せば成功ではなく、未破碎米を極力低減することが大切です。

収穫・調製時の作業効率を過度に優先せざるを得ない場合に、未破碎米が増える傾向が認められます。これは破碎機の詰まりを抑止して破碎スピードを速める必要があるからです。破碎物を手に取った時に“米粒”が目につくようであれば要注意です。また、原料の籾米の水分が高めの場合にも未破碎米が増える傾向があります。毎回同じ水分の原料を利用できるとは限らないため、原料の水分を適宜把握するなどの臨機応変な対応も有効です。

このように、未破碎米が多く混入していると、発酵品質に悪影響を及ぼすだけでなく、給与時に家畜の消化性が悪くなり、家畜が利用できるエネルギー(可消化養分総量、TDN)の低下を招く悪循環に陥ります。籾米サイレージを調製する方にとっても、給与する方にとっても望ましくありません。

飼料用米破碎機として、いくつかの機種が実用化・市販されています。また、穀物乾燥施設に設置されている籾殻膨軟化装置(プレスパンダー)なども利用されています。機種により破碎方式、能率、価格が異なるため、規模や用途に合わせた機種を選択する必要があります。詳しくは別報をご覧ください<sup>[4]</sup>。

### 2-2. 加水

加水のポイントは2つです。

- ① 目標加水量の“早見表”を活用して、最終的な水分を約30%に調整する。

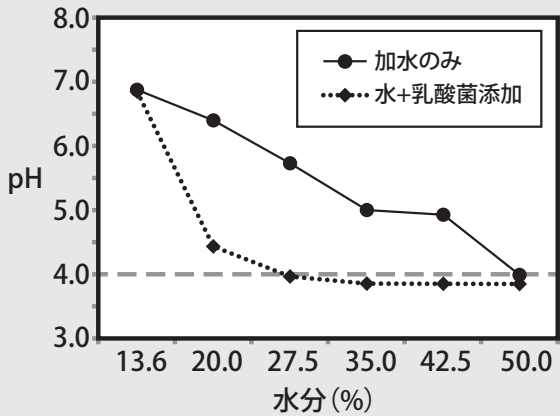


図3 調製処理を変えた破碎粉米のサイレージ発酵品質の変化(引用文献[5]の図1を改変)。水分約30%となるように加水し、乳酸菌を添加することで良質な発酵が促される。水分20%等の低水分域においては、発酵が進みにくいことにも注意が必要である。

## ② 偏りなく均一に加水する。

完熟期に収穫した粉米の水分は、25%以下になることもあるため、乳酸発酵を促進させるためには加水処理が必要です。図3は、粉米に破碎処理を行った後、水分、乳酸菌添加の有無を変えて実験室レベルで調製し、2ヶ月後に開封した粉米サイレージのpHの変化を示しています。水分が20%程度だとpHの低下は認められないことがわかります。一方、乳酸菌を添加し、水分27.5%以上になるように加水することで、理想的なpH4程度まで低下します<sup>[4,5]</sup>。以上の結果から、実際の調製作業時の分かりやすい指標として、**水分約30%**を目標値と考えると良いでしょう。実規模スケールでも水分約30%程度が適切であることを確認しています<sup>[6]</sup>。

実際の加水方法を考えてみましょう。原料粉米の水分と破碎機能率から計算して、**目標水分となるように適切な加水量を決定する**時に便利なツールが、表1のような目標加水量の“早見表”です。

まず、①破碎機の10秒当たりの破碎機能率と、②原料粉米の水分を計測します。①の能率は、破碎機から排出される破碎物を10秒間サンプリングして重量を測定します。②の水分は、市販の簡易水分測定機の利用が便利です。早見表の「列」の水分と「行」の破碎機能率の交わった点が、1分当たりの目標加水量(L/分)となります。例えば、原料粉米の水分が24%で、破碎機能率が1時間当たり1,080 kgの場合、目標加水量を1.5 L/分と決定することができます。加水量の調節方法には、流量計とバルブを組み合わせる方法やニードル弁付き流量計で調節する方法があります。

水の添加“量”に加えて、添加“方法”も大切に

表1 水分30%の粉米サイレージ調製における最適な加水量(L/分)を決定するための早見表

粉米サイレージ調製時の加水量計算表 (L/分)								
目標水分 30%		原料粉米の水分 (%)						
破碎機能率 (kg)								
	1時間当たり	10秒当たり	18.0	20.0	22.0	24.0	26.0	28.0
720	2.0	2.1	1.7	1.4	1.0	0.7	0.3	
900	2.5	2.6	2.1	1.7	1.3	0.9	0.4	
1,080	3.0	3.1	2.6	2.1	1.5	1.0	0.5	
1,260	3.5	3.6	3.0	2.4	1.8	1.2	0.6	
1,440	4.0	4.1	3.4	2.7	2.1	1.4	0.7	
1,620	4.5	4.6	3.9	3.1	2.3	1.5	0.8	
1,800	5.0	5.1	4.3	3.4	2.6	1.7	0.9	

す。一般的に、加水と乳酸菌液の添加(2-3を参照)は同時に行われます。原料に水や乳酸菌が添加された所とされない所が発生した場合、発酵にとってはマイナスです。乳酸菌は自由に動き回る能力がない微生物だからです。最大限の発酵能力が発揮されるように、できるだけ**均一に添加**して有効利用しましょう。水や乳酸菌液が全体的に拮がるように、散布ノズルを複数配置すると良いでしょう。

## 2-3. 乳酸菌添加

乳酸菌添加のポイントは1つです。

① **粉米サイレージと相性の良い乳酸菌を適量添加し、発酵を促して変敗を防止する。**

図3の実験室レベルでの結果のように、加水のみでpHを4程度にするためには水分を50%まで加水する必要があります。これは、実規模スケールの調製作業では現実的ではありません。破碎処理と乳酸菌添加を行うことで乳酸発酵が促進され、加水量を抑えることができます。余分な加水は、栄養分を含む廃汁の発生や重量の増加などに繋がるため望ましくありません。

一般的に、原料の粉米に自然に付着している**乳酸菌数は他の雑菌と比べて少ない**ことがわかっています。雑菌と乳酸菌の活動は同時平行で競争的に起こりますので、数に劣る乳酸菌が必ずしも優占状況になるとは限りませんし、優占になるまでに時間がかかり、“発酵の空白期間”での変敗が心配となります。乳酸菌添加は、雑菌よりも乳酸菌の数と質をアップさせるイメージです。乳酸菌添加は迅速に乳酸発酵を促進させて、加水量を抑えることにも繋がるのがわかります。

しかしながら、乳酸菌添加の有効性はどんな乳酸菌を使っても得られるとは限りません。乳酸菌は約400種類以上存在しています。それぞれ個性があり

性能が異なります。乳酸菌はどれも一緒ではありません。粳米サイレージと相性の良い乳酸菌として、現在市販されているサイレージ調製用乳酸菌「畜草2号」(図4)の利用は、有効な選択肢の1つになります。「畜草2号」は上述の“発酵促進”への貢献に加えて、“開封後の変敗防止”の付加価値も生み出します<sup>[7]</sup>。“保存性と嗜好性に優れる”だけでなく、“開封後の賞味期限がより長い”粳米サイレージの方が、畜産農家にとって扱いやすく魅力的な飼料であるはず(図5)。

実際の調製作業においては、加水用の貯水タンクにあらかじめ乳酸菌を溶かして添加する方法と、別途添加用の電磁ポンプを用意して添加する方法があります。粳米サイレージ調製時に、保管・持ち運びに優れる粉末状の乳酸菌を水で溶解する場合には、



図4 「畜草2号」(雪印種苗株式会社)。原料粳米10トン用希望小売価格7,000円(税別)。使用コストは約0.7円/kg原物。一般的な粳米サイレージの流通価格単価に占める「畜草2号」の使用コストは約3%。



図5 「畜草2号」を添加して調製した粳米サイレージの開封風景。東海地方で100頭以上の規模で経営する酪農家(法人)において、2017年10月にフレコンバックを利用して調製し、2018年3月に開封。開封時に粳米サイレージ天面上にカビの発生を認めず良好な発酵。育成牛や搾乳牛への給与も問題なく実施している。経営者は、地域の水田から得られる飼料用米を地域資源として活用し、水田農業の維持・発展に貢献する酪農業のあり方を目指している。

2-2で述べた目標加水量を第一優先にして、水量を調整してください。「畜草2号」の場合には、溶解する水の絶対量よりも粳米原料10トンに対して50グラムの菌体粉末(商品1袋の含有量)が確実に添加されることを重要視します。

#### 2-4. 充填・脱気・密封処理

脱気・密封処理では以下の3点がポイントです。

- ① 0.08ミリのポリエチレン製内袋に加えて、屋外保管では耐候性フレコンバックの利用が有効である。
- ② 脱気・密封することにより乳酸発酵の条件を整え、カビ等の発生も抑制する。
- ③ 作業条件や導入コスト次第では、フレコンラップ法や市販の密閉型簡易サイロなども有効な選択肢である。

一般的に、フレキシブルコンテナバック(フレコン)の内側にポリエチレン製内袋を装着した貯蔵容器が利用されます。市販のフレコンスタンド(四面が板状のもので、自立した状態のフレコンスタンドにフレコンバックをセットするタイプ)(図6)と移動台を用いることで、貯蔵容器の自立と移動が容易になる上、フレコンバックを支える人員も削減でき便利です。

加水や乳酸菌を添加しながら内袋へ粳米を入れた後、脱気・密封作業を行います。フレコン密封が不完全だと空気が容器内に入ってしまう、本来の発酵が弱まる可能性があります。このことで、カビや酵母が繁殖してしまうことがあるため、空気が残らな



図6 作業性の向上や作業人員の削減に役立つ自立型のフレコンスタンド

いように・再流入しないように確実に脱気・密封しましょう。フレコンバックの内袋の脱気吸引は乾湿両用の掃除機の利用が便利です。吸引ノズルを引き抜く際は、掃除機の電源を落とし吸引力が減少したところで、内袋の口を捻りながら吸引ノズルを引き抜くと空気の再流入が押さえられます。吸引後、内袋の口の捻った箇所に①ビニールテープで5 cm程度結束し（幅広のビニールテープの利用が便利で、予め一定の長さで切っておくと便利です）、②結束バンド、針金、番線あるいは空圧式クリップなどで口を閉じます。このときあまり内袋の口を捻りすぎると、捻った部分が太くなりすぎて結束バンドなどの資材が内袋をしっかりと押さえられないことがあるので注意してください。「既存の穀物用施設を活用した米粉サイレージ調製技術マニュアル〈第2版〉<sup>[8]</sup>」にもノウハウが記載されておりますので、是非ご覧ください。脱気・密封処理は発酵調製において非常に重要な位置付けです。一連の作業効率に大きく影響を与えるポイントとなるため、事前に何回か練習することをお勧めします。

貯蔵後のフレコンバックを長期間に渡って屋外保管する場合には、紫外線などによる劣化が少ない**耐候性フレコンバック**の使用が推奨されます。また、内袋の厚さも重要です。市場で流通量の多い厚さが0.06ミリ以下の場合、作業時に穴が空きやすい上に米の鋭利な先端部で内袋の損傷を誘導する恐れがあります。逆に、0.1ミリ以上だと作業性が悪くなります。これまでの研究成果や現場事例を考慮し、**内袋の厚さは0.08ミリを推奨**しています。フレコン貯蔵の場合には、作業・貯蔵・流通時に貯蔵容器が損耗しないように注意しましょう。ネズミやカラス等の獣害対策も重要です。

充填・脱気・密封処理の負担が大幅に軽減され繰り返し利用できる市販の**密閉型簡易サイロ**<sup>[9]</sup>や、フレコン（内袋なし）をサイレージ用ラップフィルムで梱包する**フレコンラップ法**<sup>[10]</sup>の利用も、現場の作業性や発酵品質の向上に役に立つと考えられます。いずれも、作業人員・機械などの実施条件や導入コストを考慮して、各現場の状況にあった充填・脱気・密封処理作業を選択することが大切です。

本号では、水田利用型畜産の中核とも言える米粉サイレージの更なる利用促進に向けて、調製時における技術・作業ポイントを概説しました。実際の調製作業における疑問・不安点がある場合には、農研機構のホームページのお問い合わせフォーム

(<https://pursue.dc.affrc.go.jp/form/fm/naro001/tech>) からご相談に応じることができますので、お気軽にお問い合わせください。次号では、サイレージ調製用乳酸菌「畜草2号」の特長や効果に加えて、米粉サイレージの給与事例とその注意点についてご紹介します。

## 引用文献

- [1] 上垣隆一ら (2010), 飼料米の調製貯蔵時の処理がソフトグレインサイレージの発酵品質に及ぼす要因の解析, 日本畜産学会報, 81 (3), 353-362.
- [2] 農研機構 (2017), 飼料用米の生産・給与技術マニュアル〈2016年版〉, [http://www.naro.affrc.go.jp/publicity\\_report/pub2016\\_or\\_later/files/ricm2016.pdf](http://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/pub2016_or_later/files/ricm2016.pdf)
- [3] Limin Kung, Jr., A review on silage additives and enzymes, <https://cpb-us-el.wpmucdn.com/blogs.cornell.edu/dist/e/4211/files/2014/04/A-Review-of-Silage-Additives-1dj7idb.pdf>
- [4] 井上秀彦 (2017), 飼料用米のサイレージ調製方法と作業のポイント, 養牛の友, 492号 (平成29年3月号), 38-41.
- [5] H. Inoue *et al* (2013), Effects of moisture control, addition of glucose, inoculation of lactic acid bacteria and crushing process on the fermentation quality of rice grain silage, *Grassland Science*, 59, 63-72.
- [6] H. Inoue *et al* (2013), Farm-scale method for producing high-quality rice grain silage, *Grassland Science*, 59, 226-229.
- [7] 遠野雅徳 (2016), 平成28年度自給飼料利用研究会資料, 56-64.
- [8] 農研機構 (2015), 既存の穀物用施設を活用した米粉サイレージ調製技術マニュアル〈第2版〉, [http://www.naro.affrc.go.jp/publicity\\_report/publication/files/momimai-manual\\_201505.pdf](http://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/publication/files/momimai-manual_201505.pdf)
- [9] 西村慶子 (2015), 農家で調製した米粉サイレージの発酵品質, 九州農業研究発表会専門部会発表要旨集, 78, 75.
- [10] 魚住順ら (2017), フレコンラップ法を用いたSGS調製体系の実証 (1) 米粉, 日本草地学会誌, 63 (別), 61.

9月号へ続く

# 高品質な米粉サイレージの調製と給与を目指して ～成功のためのヒント その2～

先号では、「水田利用型畜産」の中核とも言える米粉サイレージの更なる利用促進に向けて、調製時における技術・作業ポイントを概説しました<sup>[1]</sup>。①破砕（未破砕米を極力低減）、②加水（目標水分30%）、③乳酸菌添加（発酵促進と変敗防止）、④脱気・密封処理（嫌気環境の構築と梱包資材の破損防止）の4つのポイントが高品質な米粉サイレージ調製のために重要であることを明らかにしました。本号では、サイレージ調製用乳酸菌「畜草2号」（写真1）の特長や効果に加えて、米粉サイレージの給与事例とその注意点についてご紹介します。

## 1. サイレージ調製用乳酸菌「畜草2号」

米粉サイレージ調製に役に立つ乳酸菌「畜草2号」の特長は以下の3点です。

- ① 食用米収穫後に収穫されることが多い飼料用米は、晩秋などの寒冷期に収穫・調製される場合も多いが、「畜草2号」は低温条件下でも増殖能に優れる。
- ② 米粉サイレージを温暖期に調製した場合でも、変敗による飼料価値低下や廃棄ロスが問題になるが、「畜草2号」は発酵促進に加えて変敗防止にも優れる。
- ③ 「畜草2号」を添加した米粉サイレージは家畜への嗜好性に優れる。

作業分散やコンバインの稼働都合により、食用米



写真1 「畜草2号」（雪印種苗株式会社）。原料米粉10トン用希望小売価格7000円（税別）。

収穫が終了した後に飼料用米の収穫が開始される場合が大半です。また、近年、急な天候不順等で食用米の収穫自体が遅延することも珍しくなく、飼料用米の収穫作業が晩秋以降に大幅に遅延することもあります。繁忙期である秋の収穫シーズンを避けて、仮貯蔵した米粉を冬期などに米粉サイレージ調製する事例もあります。これらのケースでは、低温時に発酵が遅延することによる腐敗トラブルが課題となります。「畜草2号」は20～37℃などの温暖環境での増殖を最も得意とする乳酸菌ですが、4℃等の低温環境下でも増殖能に優れる性質がありますので、上述の現場の課題解決に貢献します。温暖環境でのサイレージ調製にも利用できることは言うまでもありません。

高糖分系の飼料に分類することができる米粉サイ



レージは、市販の配合飼料等と比べると低コストでの利用が可能な事例が多い<sup>[2-5]</sup>ですが、注意点があります。それは、開封後のサイレージに空気中の酸素が触れることによって発生する変敗です。この変敗を専門用語で「好气的変敗」と呼びます。この変敗は、早ければ24時間以内で発生することもあります。文献によれば、「サイレージ開封や破損による空気の流入が原因となり、酵母やカビが増殖して発熱を伴いサイレージが変敗する現象。変敗部位では牛の流産や脳炎の原因となるリステリア菌等の病原性細菌が増殖することもあり、使用を避けることが望ましい」とされており<sup>[6]</sup>、十分な注意と予防対策が必要です。また、同じく高糖分系の飼料に分別されるトウモロコシサイレージにおける変敗事例では、乾物あたり約5%の粗タンパク質、約9%の粗脂肪等の栄養素が損失することが認められています。さらに驚くべきことに、実に約20%のでんぷんや糖類等の非構造化炭水化物も損失します<sup>[7]</sup>。

農家の現場では、梱包している袋に極度の水滴の付着が見られる、触れた時に発熱を感じる、カビが発生する等の現象で変敗を判断できる場合がありますが、肉眼では判断が難しい微生物を相手に、日々の忙しい農作業で100%発見できるとは限りません。発生した場合は廃棄処分となり、補填する飼料費代を含めた経済的な被害は甚大です。仮に変敗に気が付かず給与した場合には、病原性細菌による悪影響や栄養不足による生産性の低下に繋がります。

「畜草2号」は、この変敗防止にも貢献します。図1は、「畜草2号」を添加してフレコンバックで調製した米粉サイレージの好气的変敗抑制効果を示

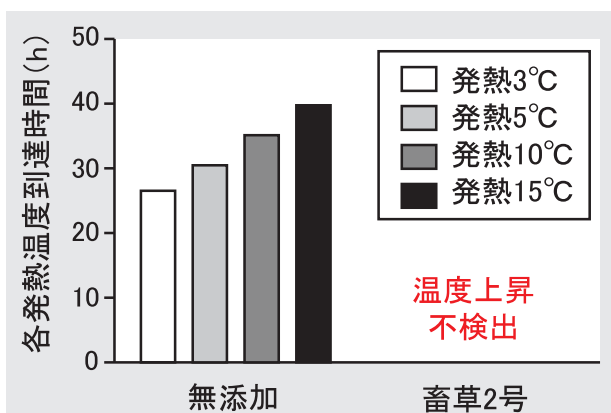


図1 「畜草2号」を添加して調製した米粉サイレージの好气的変敗抑制 (開封後8日間の調査、外気温約21°C)。「畜草2号」添加区のみ、変敗の指標となる発熱が認められずに開封後8日目に調査を終了した。一方、無添加区では約1日で3°Cの発熱が検出され、約40時間で15°Cの発熱が検出されたことがわかる。

表1 「畜草2号」添加米粉サイレージの好气的変敗抑制 (発酵品質) (開封後8日目、外気温約21°C)

	無添加	畜草2号
pH	7.34	4.15
乳酸 (%)	0.13	1.18
酢酸 (%)	不検出	0.42

しています。変敗の指標としてわかりやすい発熱を計測しています。無添加区では、約21°Cの環境下において開封後1日程度で発熱が認められ、その後も発熱レベルが悪化しました。一方、「畜草2号」添加区では、8日間もの間、発熱を検知することなく試験を終了しました。この時の発酵品質を示した結果が表1です。「畜草2号」添加区では無添加区とは対照的に、望ましいpH4程度を維持しており、十分な乳酸や酢酸含量が認められました。また、「畜草2号」添加米粉サイレージでは、開封後24日以上変敗が認められなかったことが報告されています<sup>[8]</sup>。

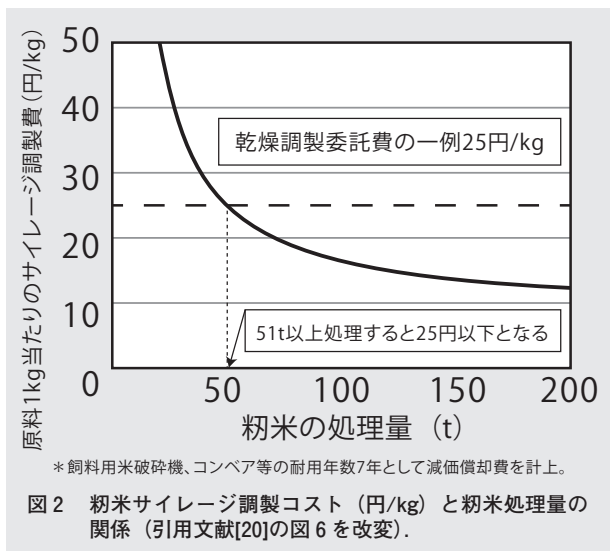
高糖分・高消化性イネホールクroppサイレージ (WCS) 向けとして開発された「畜草2号」ですが、米粉サイレージ調製への応用例が広がっています。宮地らは、「畜草2号」を添加して貯蔵することでpH 4.38の良質な米粉サイレージの調製に成功し、同米粉サイレージを用いた消化試験により、乾燥米粉と比較して米粉サイレージの粗タンパク質及び粗脂肪の消化率が上昇することを見出しました<sup>[9]</sup>。これにより、サイレージ処理によって牛に対する栄養価の向上が期待できると報告しています<sup>[9]</sup>。

畜産農家にとって、飼料の嗜好性は気になるポイントです。小橋らは、「畜草2号」を含む異なる4種類の乳酸菌添加剤を用いて米粉サイレージを調製し、どの乳酸菌を添加した米粉サイレージを泌乳牛が選好するかについて、オミット式カフェテリア法により検討しています。その結果、「畜草2号」添加米粉サイレージの1日1頭当たりの3日間の平均採食量 (乾物kg/10分) は、0.30と最も高く、「畜草2号」が乳牛の選好性に最も優れることを報告しています<sup>[10]</sup>。

## 2. 「畜草2号」の使用コスト

「畜草2号」は、高い生存活性を維持した粉末状の製剤として最適化され、雪印種苗株式会社より希望小売価格7,000円 (税別) で市販化されており、使用コストは約0.7円/kg原物となります。米粉サイレージの流通価格単価は約25円/kg原物前後であるケースが多いことから、本流通価格単価に占める「畜草2号」の使用コストは約3%程度と考えられ





ます。

### 3. 粉米サイレージ調製のコスト的メリット

飼料用米破砕機(破砕能率900kg/時)を利用し作業員2人で粉米サイレージを調製した場合をモデルケースとして、粉米サイレージ調製コストと粉米処理量の関係を図2に示します。調製コストには人件費、資材費、光熱水費、各作業機の減価償却費を含みます。試算の結果、玄米利用を前提とした粉米収穫後の乾燥調製委託料金を25円/kgとした場合、粉米サイレージ調製では51トン以上の処理量を調製することでコストが下回ることがわかりました<sup>[11]</sup>。また、粉米の処理量が増えることによるスケールメリットが発生することも見逃せませんので、大きな法人単位でのコントラクター事業も十分に有効と考えられます。

以上のように、粉米サイレージ調製は一定以上の量を調製することで、従来の乾燥調製委託費よりも低コストに調製することが可能となります。ただし、本調製システムが低コストで稼働するためには、作業員・場所・時間の確保、各作業機の導入コスト、一定以上の量の飼料用米の確保が必要となるため、中長期的な視点で計画を建てる必要があることに留意しましょう。

### 4. 給与時の注意点

粉米サイレージの特性を理解して、「上手に使いこなす」ことが最も大切です。理解しておきたい特性の1つに、乾燥粉米と比較して第一胃内の分解速度が速い点が挙げられます<sup>[9]</sup>。乾物やでんぷん等の分解しやすい画分が増えることで、第一胃内の急激な発酵が進行するため、生産性の低下に繋がるアシ

ドーシスが誘導される恐れがあります。しかしながら、実際の給与の場面では、給与量を適切にコントロールすることによって問題無く利用できる例が数多くあります(表2)。大切なことは、用法・用量を守ることです。先行事例を参考にしながら、まずは少量(例えば、原物0.5-1kg/日/頭など)から給与を開始して、牛の様子を見ることが大切です。各農家の飼養条件や飼養個体に対応できるように、先行事例の給与量の数値はあくまで参考値としてください。

給与量だけでなく、実際に給与される栄養成分レベルにも配慮が必要です。原料粉米の栽培条件等によっては、栄養成分が変動する可能性があります。給与前の飼料分析を実施し、各飼養条件に適した飼料設計を実施することにより、生産性を低下させることなく飼料費を削減することができる事例もあります。

粉米サイレージを給与することにより、生産物への特徴が現れる事例が認められています。泌乳牛への粉米サイレージの給与試験により、乳成分のうち乳脂肪率が有意に増加することが認められています<sup>[16]</sup>。統計学的に有意ではないものの、他の泌乳牛への給与事例<sup>[13, 14, 21, 22]</sup>においても乳脂肪率の増加傾向が指摘されています<sup>[16]</sup>。今後、飼料用米をサイレージ化することによって得られる生産物への特徴付けについては、適正な給与量とともにメカニズムの詳細な検証が必要ですが、低コスト調製や飼料費低減以外の“給与するメリット”の解明にも興味を持たれます。

### おわりに

「水田利用型畜産」の中核とも言える粉米サイレージの更なる利用促進に向けて、本稿では調製時における技術・作業ポイントを概説しました。粉米サイレージの“作り手”側には、①破砕(未破砕米を極力低減)、②加水(目標水分含量30%)、③乳酸菌添加(発酵促進と変敗防止)及び④脱気・密封処理(梱包資材の破損防止)を十分に実施することをお勧めします。また、“使い手”側には、⑤変敗防止に加えて、⑥飼料設計に基づき、十分に馴致をしながら給与をすることの大切さが伝われば幸いです。実際の調製作業における疑問・不安点がある場合には、農研機構のホームページのお問い合わせフォーム(<https://pursue.dc.affrc.go.jp/form/fm/naro001/tech>)からご相談に応じることが出来ますので、お気軽にお問い合わせください。

表2 粗米サイレージの給与事例

対象	ステージ	粗米サイレージ給与量	粗米サイレージの効果・結論等	引用文献
ホルスタイン種 泌乳牛	泌乳中期	・対照区（無給与）に加えて、以下の2水準を発酵TMR給与方式で代替給与。 ①少給区：TDN当たり配合飼料の15%（乾物で飼料全体の8.4%） ②多給区：同30%（同16.4%） ・大豆粕を活用してCPを調整（少給区：乾物で飼料全体3.0%、多給区：同6.3%）。	・対照区と両給与区の乾物摂取量、乳量、乳質、血液性状に差と異常は無い。	[12]
ホルスタイン種 泌乳牛	泌乳中後期	・対照区（無給与）に加えて、以下の2水準で代替給与。 ①少給区：乾物当たり配合飼料の20% ②多給区：同40% ・大豆粕を活用してCPとTDNを調整（少給区：乾物で飼料全体の3.9%、多給区：同6.3%）。 ・分離給与とTMR給与を実施。	・飼料摂取量、乳量、乳成分、総揮発性脂肪酸濃度以外の第一胃内容液性状、血液性状、咀嚼時間、嗜好性に差と異常は無い。 ・乾物当たり配合飼料中40%までであれば代替給与が可能。 ・給与飼料のエネルギー濃度を下げないように粗穀相当分の粗飼料給与量を減らし、大豆粕等でCPの低下を補正することで、TMRや分離給与でも問題無く利用可能。	[13,14]
ホルスタイン種 泌乳牛 (平均乳量 30kg/日)	泌乳中後期	・対照区（無給与）に加えて、以下の2水準を分離給与方式で代替給与。 ①少給区：乾物当たり濃厚飼料中27%（飼料全体の16%） ②多給区：同46%（同28%） ・大豆粕を活用してCP約15-16%、TDN約73に調整。	・対照区と両給与区の乾物摂取量、乳量、乳成分に差と異常は無い。 ・給与による第一胃内容液性状・血液性状への影響は無い。 ・対照区と比べて生乳1kg当たりの飼料費を少給区で5%、多給区で10%削減。 ・多給区のみ乳蛋白質生産効率と飼料効率が有意に低下。 ・乾物当たり濃厚飼料中27%（飼料全体の16%）の代替給与が適正水準。	[4,15]
泌乳牛 (平均乳量 38kg/日)	泌乳中期	・乾物当たり飼料全体の22.5%の①乾燥粗米と②粗米サイレージを含む混合飼料を給与。 ・しょうゆ粕とビール粕などの食料製造副産物をタンパク質源として有効利用（乾物でCP約15%）	・両給与区の飼料摂取量、体重、乳量、第一胃内容液性状、血液性状に変化は無い。 ・乳脂肪率が粗米サイレージ給与区で有意に高い。 ・乳量水準の高い牛群における泌乳中期において、乾物当たり飼料全体の22.5%まで給与可能。	[16]
泌乳牛	-	・発酵TMR飼料として、原物当たり飼料全体の10%のミカンジュース粕サイレージと7%の粗米サイレージを配合して給与（配合飼料を10%削減）。対照区との比較。	・対照区と両給与区の乾物摂取量、体重、ボディコンディションスコア、乳量、乳質、血液性状に差と異常は無い。	[17]
黒毛和種 雌肥育牛	肥育後期 (24~31ヶ月 齢)	・原物当たり濃厚飼料の3分の1を代替給与し、対照区（濃厚飼料のみ）との比較。 ・給与区における濃厚飼料の乾物飼料摂取量は約6kg/日。	・対照区と給与区の発育、枝肉成績、嗜好性に差と異常は無い。 ・和牛肥育後期の濃厚飼料として利用可能。	[18]
乳用交雑種 雌肥育牛	肥育全期間 (給与19ヶ月 間)	・以下の2水準を分離給与方式で代替給与。 ①少給区：原物当たり濃厚飼料の40% ②多給区：同50%	・9~13ヶ月齢まではCP不足解消のために市販の大豆粕200g/日を給与。 ・15、20、25ヶ月齢及び出荷時の体重は、少給区の方が有意に高い。 ・少給区の方が枝肉重量とばらの厚さが有意に高い。肉質に差は無い。 ・原物当たり濃厚飼料の40%の代替給与が適正水準。	[19]
乳用交雑種 去勢肥育牛	肥育全期間 (給与12ヶ月 間)	・対照区（無給与）に加えて、以下の2水準で代替給与。 ①少給区：原物当たり濃厚飼料の20% ②多給区：同40% ・CP調整は行わず。	・3区間で乾物摂取量、TDN摂取量、体重、増体日量、第一胃内容液性状に差と異常は無い。 ・血液性状にも有意な差はないが、肥育中期以降の給与区においてBUN値が低い傾向。総蛋白質値やアルブミン値の低下は無い。 ・3区間で枝肉格付、枝肉単価、枝肉価格に差は無い。 ・対照区と比べて肥育に要した1頭当たりの飼料費を少給区で約8万5千円、多給区で約10万円削減。	[5]
黒毛和種 繁殖牛	維持期 妊娠末期 授乳期	・以下通り、濃厚飼料分として粗米サイレージを原物で給与。 ①維持期：繁殖用配合飼料1kg+粗米サイレージ1kg ②妊娠末期：繁殖用配合飼料2kg+粗米サイレージ1kg ③授乳期：繁殖用配合飼料3kg+粗米サイレージ1kg ・妊娠末期と授乳期には、牛の状態の見ながら乾燥焼酎粕を150g~300g追加給与。 ・乾物を充足させた上で、CPとTDNを充足率110%前後に設定。 ・繁殖検診の結果や牛のボディコンディションを確認しながら給与内容を調整。 ・飼料設計は必要不可欠。	・粗米サイレージ給与による血液性状の異常は認められず、各数値は適正範囲。 ・繁殖牛向け飼料として粗米サイレージを活用できる。	[20]

略語：Total Digestible Nutrients,TDN（可消化養分総量）；Crude Protein, CP（粗蛋白質）；Blood Urine Nitrogen, BUN（血中尿素窒素）。

## 引用文献

[1] 遠野雅徳ら（2018）,高品質な粗米サイレージの調製と給与を目指して～成功のためのヒント その1～, 牧草と園芸, 66（4）, 5-9.  
[2] 小田志保（2015）,粗米サイレージによる和牛繁殖農家の飼料費削減—JA真室川町の取り組み

み一, 農林中央総合研究所調査と情報, 48, 12-13.  
[3] 河本英憲ら（2018）,粗米サイレージを用いた黒毛和種繁殖牛の分娩前後の飼料コスト低減, 日本草地学会誌, 64（別）, 106.  
[4] 和田卓也ら（2017）,分離給与下での粗米サイレージ給与が乳牛の生産性に及ぼす影響,日本

- 草地学会誌, 63 (3), 155-162.
- [5] 諸岡佳恵ら (2016), 交雑種去勢肥育牛における粃ソフトグレインサイレージ給与が産肉性に及ぼす影響の検証, 千葉畜セ研報, 16, 1-9.
- [6] 農研機構 (2006), 最新農業技術事典, 471.
- [7] 本間満ら (2017), *Lactobacillus diolivorans* SBS0007株はコーンサイレージの二次発酵を抑制する, 日本畜産学会 日本畜産学会第122回大会講演発表.
- [8] 小橋有里ら (2017), 粃米サイレージ調製における乳酸菌資材の添加効果, 日本草地学会誌, 63 (別), 130.
- [9] M. Miyaji *et al* (2018), Effect of different methods for conserving rice grain on in situ ruminal degradation and in vivo nutrient digestion and rumen fermentation in steers, *Animal Science Journal*, doi: 10.1111/asj.13026.
- [10] 小橋有里ら (2017), 粃米サイレージ調製における乳酸菌資材と乳牛の選好性, 日本草地学会誌, 63 (別), 58.
- [11] 井上秀彦ら (2016), 粃米サイレージ調製作業システムの構築およびコストシミュレーション, 農業食料工学会誌, 78, 86-94.
- [12] 野中和久 (2015), 乳用牛・肉用牛における飼料用米の調製給与技術に関する研究動向, 平成26年度北陸地域飼料用米利用推進会議資料, 1-33.
- [13] 西山厚志ら (2010), 泌乳牛への米ソフトグレインサイレージ給与の影響, 千葉畜セ研報, 10, 1-5.
- [14] 湯原千秋ら (2012), 泌乳牛への米ソフトグレインサイレージ給与の影響<II>, 千葉畜セ研報, 12, 1-6.
- [15] 和田卓也ら (2015), 乳牛への飼料用粃米 (粃米ソフトグレインサイレージ) 多給技術の確立, 福井畜試研報, 28, 30-38.
- [16] 佐藤精ら (2017), 乳量水準の高い泌乳中期搾乳牛における飼料用粃米サイレージ給与の影響, 愛知県農総試研報, 49, 31-34.
- [17] 山下大司ら (2015), ミカンジュース粕および粃米サイレージは搾乳牛用発酵TMRにおいて濃厚飼料の代替として利用できる, 研究成果情報, [http://www.pref.saga.lg.jp/kiji00310825/3\\_10825\\_37\\_h26seika\\_37.pdf](http://www.pref.saga.lg.jp/kiji00310825/3_10825_37_h26seika_37.pdf).
- [18] 土井真也ら (2011), 完熟期粃米サイレージの調製と和牛肥育後期での利用, 研究成果情報, [https://www.naro.affrc.go.jp/org/warc/research\\_results/h23/pdf/10\\_chikusan/64\\_0801%20.pdf](https://www.naro.affrc.go.jp/org/warc/research_results/h23/pdf/10_chikusan/64_0801%20.pdf).
- [19] 千田惣浩ら (2014), 乳用交雑種肥育牛への飼料用米ソフトグレインサイレージの多給試験, 秋田畜試研報, 28, 13-17.
- [20] 大山佐喜子 (2017), 県内における粃米サイレージの通年給与事例について, 粃米サイレージ移動コントラクター起動式資料, 59-92.
- [21] 農研機構 (2017), 飼料用米の生産・給与技術マニュアル<2016年版>, [http://www.naro.affrc.go.jp/publicity\\_report/pub2016\\_or\\_later/files/ricm2016.pdf](http://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/pub2016_or_later/files/ricm2016.pdf)
- [22] 岡崎雅記ら (2012), 飼料用米を利用した乳用牛の飼養管理技術の確立 (イ) 乳用牛への給与技術の確立, 大分農研セ試験成績報告書, 41, 1-6.

# サイレージ発酵の達人 サイマスターシリーズ 完成!

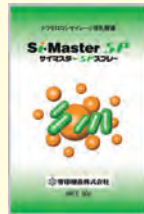
## サイマスター・LP サイマスター・AC



各種の牧草や飼料作物に  
幅広く対応します

サイレージ用乳酸菌のスタンダード。特性の異なる二つの乳酸菌の組み合わせで、美味しいサイレージを作ります。  
サイマスターACは繊維分解酵素入り、高水分牧草やエコフィード(ビール粕・豆腐粕など)サイレージにも対応します。

## サイマスター・SP



トウモロコシサイレージの  
二次発酵と闘う!

乳酸生成を損なわずに酢酸をしっかり出す、新たな乳酸菌を選抜しました。  
pHを上げずに酢酸が効果的に効いて、カビや酵母の増殖を抑え、コーンやソルガムサイレージに起こりがちな二次発酵の防止が期待できます。

## サイマスター・スリー



ロールベールラップなどの  
予乾牧草サイレージに

特性の異なる三種類の乳酸菌と繊維分解酵素を、バランスよく組み合わせています。  
ロールベールラップサイレージの発酵品質の安定や保存性の維持、予乾牧草サイレージ(ヘイレージ)の二次発酵の防止が期待できます。

※添加方法に応じて、溶かして使う「スプレータイプ」と散布する「パウダータイプ」をご用意しています。  
処理する原料草の規模に応じて容量の異なる包装があります、詳しくは営業所にお問い合わせください。

# イネWCS用乳酸菌・畜草シリーズ

## 畜草1号プラス



子実多収型の従来品種に

飼料イネは一般に糖含量が少ないうえに乳酸菌の付着も少ないため、WCS:ホールクロップサイレージ調製では乳酸発酵が緩慢で不良発酵しやすいとされています。  
畜草1号プラスは、選ばれた二つの乳酸菌の働きで乳酸発酵を促進、不良発酵の原因となる酪酸菌を抑えてWCSの品質確保が期待できます。  
この製品は、農研機構畜産研究部門と埼玉県農業技術研究センターとの共同研究の成果です。

## 畜草2号



高糖分・高消化性品種に  
粗米サイレージにも

「たちすずか」「たちあやか」「つきすずか」など、糖含量が高い飼料イネのWCSでは、乳酸発酵は進みやすいもののカビ汚染や開封後の二次発酵が課題とされています。  
畜草2号は、低温下での増殖能に優れ酢酸等を生成する新たな特性の乳酸菌が働いて、カビや酵母の増殖を抑え、WCSの廃棄ロスを抑える事が期待できます。  
この製品は、農研機構畜産研究部門と広島県立総合技術研究所との共同研究の成果です。

※畜草シリーズは、すべて溶かして使う「スプレータイプ」でご提供です。



雪印種苗株式会社

〒004-8531 札幌市厚別区上野幌1条5丁目1番8号 ☎(011)891-5911(代)・FAX(011)891-5774

<https://www.snowseed.co.jp/>