

### 3 飼料用米の加工・調製

#### (1)加工技術

飼料用米の消化性を向上させるためには破砕処理等の加工を行う必要がある、加工法としては破砕（圧ぺん、粗挽き、挽き割り等）と粉碎があるが、粉碎は米粉用途で用いられる加工方法であり、一般的に能率が低いため飼料用米の加工法としては用いられない。飼料用米の専用破砕機として、小型機械で取り回しが容易な破砕機として、現在、V溝型ツインローラによって破砕する「飼料用米破砕機」、インペラ式糶摺り機をベース機とした「飼料用米破砕機」と「飼料用米脱皮破砕機」、フリーハンマーで破砕する「ライスカウンター」、ロール式糶摺り機をベース機とした「飼料用米挽割り機」が実用化されている。一方、米麦共同乾燥施設等に導入されている糶殻処理装置等を活用した施設型機械も活用できる。さらに、飼料工場に導入されている蒸気圧ぺん処理機も飼料用米の加工に利用することができる。

#### (2)成熟期米の粳米のサイレージ調製技術

粳米サイレージは粳に処理を加えて密封し、サイレージに調製したものであり、濃厚飼料として利用される。粳米あるいは粳殻を含めて給与するため、基本的に栽培時には出穂以降の農薬使用を控える必要がある。高品質なサイレージを調製するためには破砕、水分調整、乳酸菌添加を確実に行って完全に密封することが重要である。なお、黄熟期に収穫した粳米も利用できるが、出穂以降の農薬使用は控える必要がある。黄熟期の粳米については、水分含量が30～35%程度と高いが、成熟期の粳米と同様に、破砕、水分調整、乳酸菌を添加することで、安定して良質なサイレージを調製できる。

#### (1) 加工法

粳は難消化性の堅い糶殻で覆われており、さらに玄米表皮も消化されにくいいため、未処理のまま給与すると畜種によっては未消化率が高く栄養価の損失となる。採卵鶏や肉用鶏などの家禽では砂嚢を有するため未処理の粳のままでも給与は可能であるが、豚は単胃であるため消化管通過速度は早く、玄米で給与するとともに給与前に十分細かく加工しておく必要がある。4章で後述するが、乳牛や肉牛の場合は、反芻のため消化管通過速度は遅く、糶殻の繊維性飼料としての効果も期待できるが、消化性の向上のためには、糶殻の剥離だけでなく粗挽きや挽き割り等の破砕処理が必要である。

飼料用米の破砕処理および貯蔵方法としては、成熟期に収穫した粳を乾燥処理して貯蔵し、給与時に破砕する方法と水分が30%以下の粳米を破砕、水分調整、乳酸菌添加後に密封してサイレージとして貯蔵する方法がある。破砕処理には小型で、個別農家で飼料用米を専用に破砕する機械を活用する場合と米麦共同乾燥施設等に導入されている糶殻処理装置が活用する方法があり、その他には、飼料工場に導入されている処理装置も活用できる。

#### ①飼料用米を対象として開発された破砕機械

##### ア 飼料用米破砕機

本機は(独)農研機構と農業機械メーカーによって開発された破砕機で、V溝字型ツインローラによって

破碎する構造である(図3-1)。また、ローラーの間隙を調整することで破碎粒度を替えることができ、生粳米や玄米を効率的に破碎することができる。作業能率についてはローラーの間隙や粳または玄米の水分によっても異なるが、高い処理能力を有している。動力はエンジン仕様とモータ仕様(3相 200V)の2タイプがある。なお、倉庫内等で破碎処理を行う場合、搬送オーガを用いることにより、地上部からホッパ部へ飼料用米を容易に投入することができる。

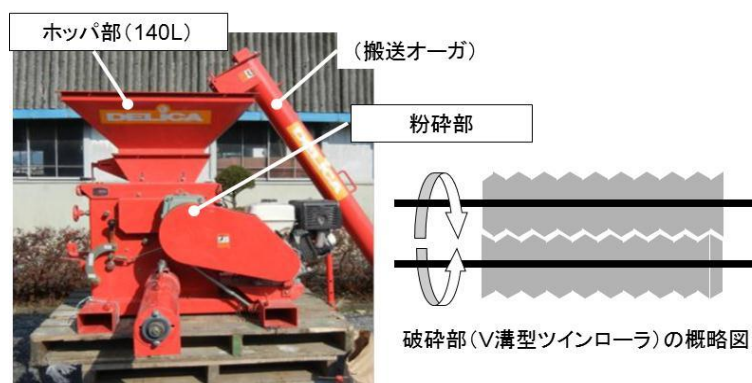


図3-1 飼料用米破碎機(左)と破碎部の概略図

モータ仕様(8.1kW) 全長:1710mm、全幅:1130mm、全高:1200mm、機体質量:550kg  
 エンジン仕様(7.5kW) 全長:1710mm、全幅:1290mm、全高:1200mm、機体質量:520kg

#### イ インペラ式粳摺り機をベースとした飼料用米脱皮破碎機と飼料用米破碎機

インペラ式粳摺り機をベース機とした飼料用米破碎機の一つが飼料用米脱皮破碎機であり、比較的高水分である収穫直後の粳米を乾燥させずに脱皮して破碎処理ができることが特徴である。本機は2連のインペラ部(羽根車状の回転加速盤)から構成されており(図3-2)、最初のインペラ部は粳摺り機と同じ構造の脱皮ファンはであるが、連結したもう一方のインペラの先端の湾曲部を真直ぐにして、壁面への衝突速度を速くさせるとともに、粳摺り作業時の胴割れ防止用の壁面のライニングをウレタン樹脂から縞鋼板に替えることによって、飼料用米を破碎する構造になっている。したがって、最初の脱皮ファンで粳殻を剥して玄米にし、次の破碎ファンで玄米を破碎する。

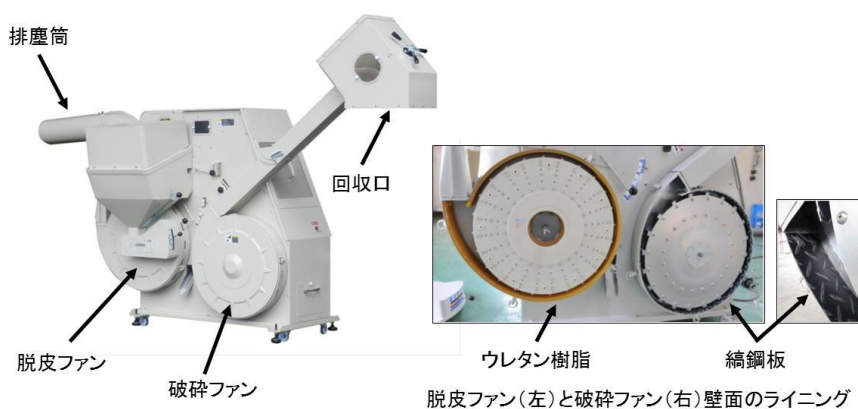


図3-2 飼料用米脱皮破碎機の全体図(左)と脱皮部および破碎部壁面のライニング

写真提供: 株式会社大竹製作所

インペラ式粃摺り機をベース機としたもう一つの破砕機として、連結した2連のファンとも脱皮破砕機の破砕部と同様な構造の破砕機構を有した飼料用米破砕機がある。本機は2連の破砕部によって破砕精度の向上を図っているとともに、脱皮破砕機よりも安価である。なお、本機は生粃、乾燥粃、乾燥玄米の破砕処理を行うことができるが、脱皮破砕機との用途の仕分けは、飼料用米が粃で搬入され、玄米として破砕したい場合には脱皮破砕機を活用し、玄米で搬入されてくる場合には、脱皮破砕機よりも安価な本機が利用できる。

### ウ ライスカウンター

本機は生産現場の酪農家(臼井氏)が開発した機械である。本機の破砕機構は24枚のフリーハンマーを高速に回転させることに

よって、乾燥粃米を細かく破砕することができる(図3-3)。

破砕機本体は非常にコンパクトであり、本体を中心にして飼料用米の入ったフレコンバッグを設置するための鉄製フレーム(パレット設置台)から構成されている。本機を用いた飼料用米の破砕処理の流れは、専用パレットにフレコンバックを載せ、専用パレットとともにフレーム上部の設置台にセットする。フレコンバ

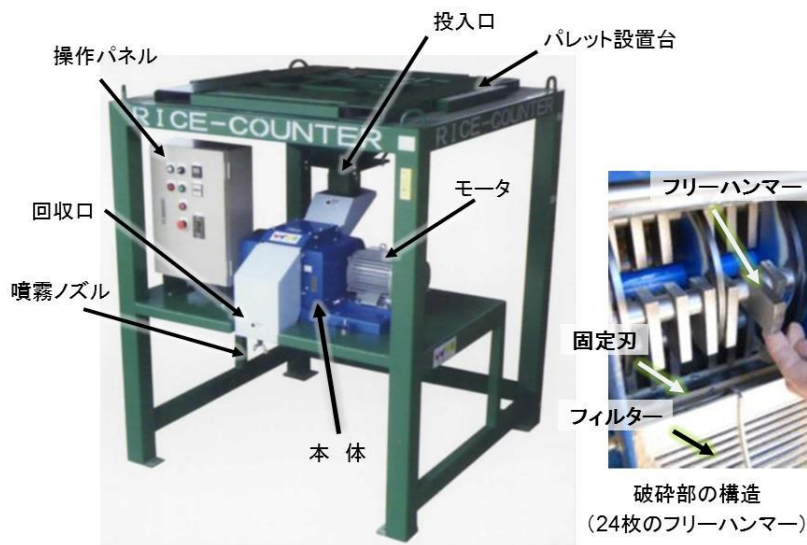


図3-3 ライスカウンターの概要(左)と破砕部(右)

写真提供:ウスイプロジェクト、(株)農文協 松久氏

ッグ底面の開口部の紐を外して、破砕部本体に飼料用米を送り込み、フリーハンマーで粃殻ごと細かく粉砕する。また、サイレージ調製を行う場合には、加水用ノズルが取り付けられるようになっており、破砕した粃米に加水と乳酸菌を添加することができる。

### エ その他の実用化されている破砕機

その他に、飼料用米挽割り機(クラッシュマスター)が実用化されている(株式会社サタケ)。本機は従来のゴムロール式粃摺り機のゴム製ロールを主軸ロールに横溝、副軸ロールに縦溝を刻んだ鉄製ロールに替えることで、玄米を挽割り加工する構造である。

以上のような破砕機の主要緒元を表3-1に示す。

表3-1 市販化されている主な飼料用米破碎機の主要緒元

		飼料用米破碎機 DHC-4000M	飼料用米脱皮破碎機 SDH-35	飼料用米破碎機 SH-2	ライスカウンター RC-Ⅲ
機 体 寸 法	全 長(mm)	1,710	2,830	2,100	1,480
	全 幅(mm)	1,320	850	860	1,480
	全 高(mm)	1,140	1,720	1,410	1,770
機体質量(kg)		550	155	155	430
主 電 源		三相200V	三相200V	三相200V	三相200V
モータ(kW)		7.5	3.7	3.7	3.75
処理能力(kg/h)		2,000~3,000	700~1,000	300~1,000	300~600
破碎機構		V溝型ツインローラ	脱皮ファン+破碎ファン	2連の破碎ファン	フリーハンマー
価 格		189万円	98.7万円	65.1万円	209万円

処理能力はカタログ値、価格はメーカー希望小売価格で平成25年9月現在の税込価格

## ②既存の施設型粃殻処理機の活用

粃殻処理装置は粃殻を圧縮・破碎することで吸水性を高め、牛舎の敷料や堆肥化処理における副資材として用いるために米麦共同乾燥施設(ライスセンター(RC)、カントリーエレベータ(CE))や堆肥センターに導入されている機械である。粃殻用処理機械はそのまま、あるいは一部の改良によって飼料用米の破碎機として活用できる。そのような施設型装置の一つがプレスパンダ(粃殻膨軟処理装置)である(図3-4)。本機は1軸のスクリー刃によって、特に改良することなく、粃殻や飼料用米を圧縮・破碎することができる。なお、本機は粃殻処理用として全国で約700台が導入されている。

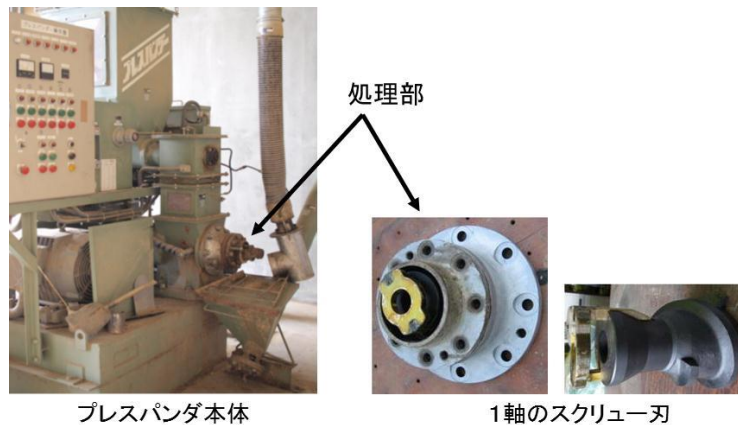


図3-4 プレスパンダ(粃殻膨軟処理装置)本体と1軸スクリー刃の処理部の構造

本機を基本機械として粃米サイレージ調製を行うための作業フローは図3-5に示したように、先ず穀物コンテナに飼料用米を投入し、取出し・バケットコンベアによってプレスパンダ本体へ飼料用米が搬送される。本体では一次加水と破碎処理を行い、破碎粃はベルトコンベアで搬送して、発酵に適す水分域となるように二次加水を行い、フレコンバッグの内袋に投入する。内袋が満量になったら、吸引器で脱気・密封して粃米サイレージとして調製される。なお、プレスパンダは粃殻だけでなく、飼料用米の破碎においても非常に良好な破碎程度が得られるが、玄米を破碎処理することはできない。



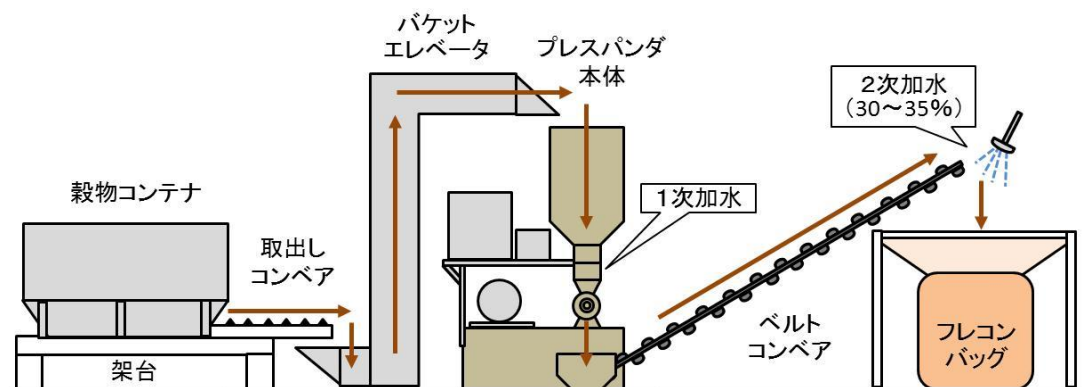


図3-5 プレスパンダを用いた飼料用米の破碎と SGS 調製の作業フロー図

注) 図中の矢印は飼料用米の流れを示し、本体処理部の加水量によって破碎程度と能率が異なる。

関西産業株式会社資料より著者が作成

ダブルプレス(粃殻膨潤処理装置)も飼料用米の破碎用に活用できる(図3-6)。本機は粃殻処理用にプレスパンダの後継機として開発されたものであり、プレスパンダよりも所要動力は小さく、刃の摩擦も少ないのが特徴である。しかし、飼料用米の破碎に用いた場合、プレスパンダよりも破碎程度や処理能力が低かったが、(独)農研機構と機械メーカーによって破碎スクリー駆動モータを大きくするなど改良を行い、破碎精度も向上し、時間当たり約 4tの飼料用米を破碎処理できる。

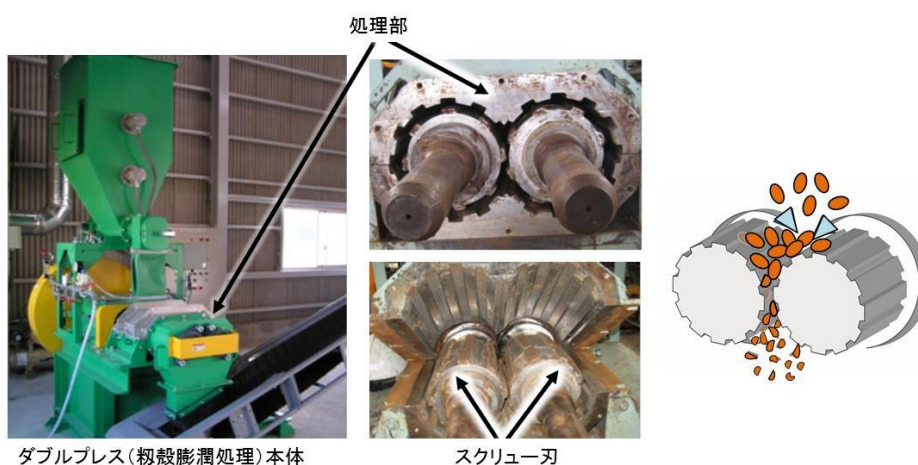


図3-6 ダブルプレス(粃殻膨潤処理装置)本体と2軸スクリー刃の処理部の構造

写真提供: 関西産業株式

### ③飼料用米の破碎に利用できる飼料工場に導入されている処理機械

押麦製造用の加工工場や飼料工場に導入されている圧ぺん処理装置は、飼料用米の圧ぺん処理を行なうことができる。圧ぺんされた粃米は粃殻が剥離または破壊され、子実も扁平になって大部分が粃殻から露出する状態になる。なお、蒸気で加水・加熱することによって、デンプンを $\alpha$ 化してから圧ぺんする方式の処理装置もある。ただし、米は圧ぺんによりデンプンの一部が糊化し、破碎ロールに粘着しやすいため、処理できる適正水分域は 15%未満であり、処理能力も 240kg/h 程度の能率である。

## (2) 粃米のサイレージ調製技術

### ① 粃米サイレージとは

粃米サイレージは粃部分だけを収穫後、サイレージに調製したものであり、濃厚飼料として利用することができる。食用米と同様にコンバインを用いて収穫できることから新たな機械導入を必要としないメリットがある。

これまでの粃米サイレージは糊熟期～黄熟期の水分含量の高い時期に収穫した軟らかい粃米を調製する「ソフトグレインサイレージ(SGS)」が利用されていた。しかしながら、近年では成熟期に収穫した粃米をサイレージ化する技術が確立され、普及している。本項では成熟期収穫の粃米サイレージ調製法と SGS 調製法について記載する。

### ② 農薬の使用について

粃米および粃殻を含めて給与することになるので、原則として、栽培時には出穂以降の農薬散布は控える。詳しくは8-(2)項を参照する。

### ③ 成熟期収穫粃米のサイレージ調製方法

#### ア 破碎処理

##### (ア) サイロ内の水分のばらつき

サイレージ調製時に破碎処理を行わないで加水した場合、粃米はほとんど吸水しないため、加えた水分はサイレージ底部にそのまま溜まる。こうしてできたサイロ内水分のばらつきは、サイレージ発酵のばらつきを招くため、サイレージ調製時の破碎処理は必須である。

##### (イ) 破碎処理による消化性の向上効果

未破碎の粃では糞中への未消化子実排泄率が高く消化性が悪いため、給与の面においても破碎処理が必須である。乾乳牛 3 頭を用いた全糞採取法による消化試験から求めた黄熟期収穫のソフトグレインサイレージの TDN 含量と子実排泄率を表3-1に示した。未破碎サイレージの TDN 含量は 50.6%であったが、破碎機処理による破碎率が 57.5%とした場合には 64.2%まで向上した。一方、子実排泄率は、未破碎サイレージでは 27.6%であったが、破碎率 57.5%とした場合には 19.1%に減少した。以上のことから、破碎率を高くすることによって子実排泄率を低減し、飼料価値を高めることができる。

表3-1 乾乳牛で測定したソフトグレインサイレージの TDN 含量と子実排泄率

破碎処理	TDN (%)	子実排泄率 (%)	備考
無	50.6	27.6	
有	64.2	19.1	破碎率57.5%(破碎機により破碎)
(有)	74.3	12.8	破碎率100%の推定値

#### イ 成熟期収穫の粃米サイレージの各調製処理における発酵品質

成熟期に収穫した粃米(品種「モミロマン」)を破碎し、処理方法を変えて小規模サイレージ発酵試験法(パウチサイレージ)にて調製した 60 日間貯蔵後のサイレージ発酵品質を図3-1に示す。

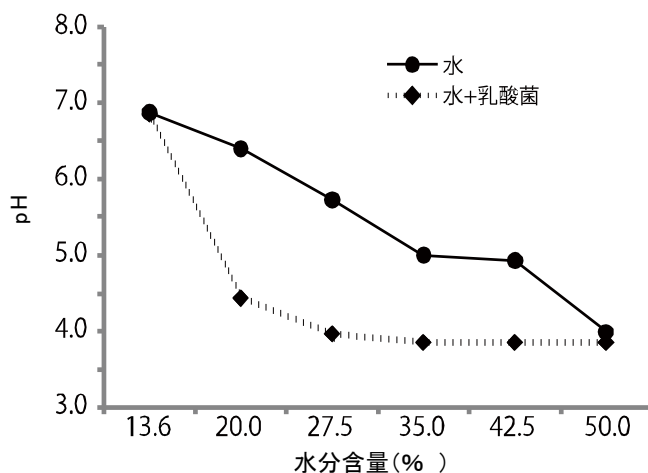


図3-1 粃米サイレージ調製方法と発酵品質

完熟期に収穫した粃米は水分含量 25%以下となるが、水分含量 27.5%未満では乳酸含量が増加せず pH が十分低下しないため、加水処理は必須である。加水のみで pH4以下にするには水分含量 50%までの加水が必要であるが、乳酸菌添加を行うことにより、乳酸発酵が大きく進み水分含量 27.5%以上で pH は 4以下となる。

水分含量が多くなると栄養分を含む廃汁が出てしまい、重量が増えハンドリングが悪くなるが、乳酸菌を添加することで加水量を大きく抑

えることができる。なお、加水量の計算が行いやすい調整後水分含量 30%を加水量の目安とすればよい。

以上のことから、水分調整(調整後水分 30%)、破碎処理、乳酸菌添加の3つを組み合わせることが粃米サイレージ調製において最適な処理であると考えられる(Inoue et al. 2013、井上ら 2013)。

#### ④黄熟期米の利用について(ソフトグレインサイレージ)

黄熟期収穫の粃米は、成熟期収穫のものに比べて水分が高いものの、サイレージ調製においては、成熟期収穫と同じように破碎処理、水分調整、乳酸菌添加の3つを組み合わせることで良質なサイレージが調製できる。

黄熟期に収穫した「ふくひびき」の粃米について、処理方法を変えて 1L のポリサンプル瓶を用いて調製したサイレージの発酵品質を表3-2に示す。黄熟期では水分含量が約 30%であるが、水分測定をあらかじめ行い、水分含量が 30%を下回らないように水分調整をおこなうことが重要である。破碎処理、水分調整、乳酸菌添加は、いずれも、pH の低下や発酵の促進に有効である。

表3-2 サイレージ調製法と発酵品質(1L ポリサンプル瓶で調製)

熟期	破碎処理	加水処理	乳酸菌添加	水分 (%)	pH	乳酸 (% 原物)	酢酸 (% 原物)	プロピオン酸 (% 原物)	酪酸 (% 原物)	VBN/TN (% 原物)	V-SCORE
黄熟期	無	無	無	29.6	5.78	0.07	0.23	0.00	0.00	1.0	99
			有	29.5	4.40	0.37	0.01	0.00	0.00	0.8	100
	有	無	無	35.1	4.13	0.58	0.00	0.00	0.00	1.3	100
			有	35.6	4.08	0.71	0.17	0.00	0.00	1.2	100
		有	無	29.5	5.15	0.35	0.13	0.00	0.04	2.0	97
			有	29.8	4.09	0.90	0.04	0.00	0.00	1.0	100
有	有	無	35.6	4.73	0.56	0.08	0.00	0.02	3.9	99	
		有	35.7	4.02	1.15	0.14	0.00	0.00	1.5	100	

(参考)

- 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
- 井上ら(2013) 完熟期収穫の飼料用米サイレージ調製法 畜産草地研究所成果情報

### (3) 山形県内における実用規模粃米サイレージ調製の取り組み

#### ア 水田を活用した飼料生産の推移等

山形県内での飼料用米の利用は、肉用牛肥育経営では、以前から個別経営単位で肉質向上等を目的にした小規模な取り組みがあったようであるが、飼料源としての飼料用米の組織的な取組みは庄内地域の養豚経営が 1996 年頃に開始したものが最初と考えられる。その後、イネWCSの専用収穫機が開発されたこと等を契機に、県内でイネWCSへの取組みが開始されると、作付面積は年々増加の一途をたどり、2011 年度には県内の作付面積は 500ha を超えるまでに拡大した。

年々増加するイネWCSとは対照的に、飼料用米の県内作付面積は、2000 年度をピークに 2004 年度頃にかけて一旦下降するが、その後、再び増加に転じており、特に 2007 年度以降の伸びは著しいものがある。なお、2012 年度の飼料用米の作付面積は 2,500ha 超まで拡大している。飼料用米作付のメリットは、耕種農家にとっては、水田を水張り管理で転作ができ、更には、既存の施設・機械が活用可能で新たな投資や技術導入を必要としないこと、畜産農家にとっては、近年、価格が高止まりしている輸入飼料の代替として、耕畜連携を図りつつ安定的に自給飼料を確保できることなどにある。飼料用米の作付面積が急伸する背景には、それらのメリットに加え、国の助成制度等による後押しが大きいと考えられる。

飼料用米は、当初、配合飼料の原料として飼料メーカーに供給し加工されていたが、2008 年からは、生産者団体等により地域内で生産・加工し、地域内で給与できる飼料用米の実用的な供給システムの試行が開始された。

表. 飼料用米等の作付状況

(単位: ha)

項目	2000年度	2001年度	2002年度	2003年度	2004年度	2005年度	2006年度	2007年度	2008年度	2009年度	2010年度	2011年度	2012年度
イネWCS	14	45	70	148	135	116	140	182	296	350	428	542	582
飼料用米	143	110	70	55	27	31	69	141	370	614	1,092	2,347	2,507

(資料: 山形県農林水産部畜産課調べ)

#### イ 粃米サイレージへの取組み

県内で 2008 年、水田機能を維持したまま転作田の活用が可能な方策の一つとして、粃米サイレージに着目した町役場と農協を核とする協議会が設立され、現場向きで効率の良い破碎方法の検討が開始された。検討された破碎方法は、新たな設備投資を極力抑えることが主眼とされ、地域内のいくつかの既存機械での試行がなされた結果、スクリュープレス式破碎機械での膨軟化処理による粃米サイレージ調製が採用された。膨軟化処理による粃米サイレージであるが、取組み当初は、粃米サイレージの品質にばらつきが見られ、また、開封から数日すると酢酸エチル臭がしてくることがあると利用者から意見が寄せられたようである。それらの品質面での不安定さは、サイレージ調製時の水分率や発酵促進のための添加剤の種類等について試行錯誤が繰り返されたことにより、現在では、利用者の納得のいく高水準で安定した品質の製品の供給がなされている。

その先行取組み事例の成功を参考に、同じスクリュープレス式破碎機械での処理による膨軟化粃米



サイレージ調製に新たに取り組む団体が2010年度から2団体増え、合計3団体となった。なお、2012年度の膨軟化粃米サイレージの本県での取組み面積は約120haとなっている。

県内では、これら3団体の他に、いくつかの生産者組織等が、国産農業機械メーカーから開発された移動式の飼料用粃米破碎機によって、粉碎粃米サイレージに取り組んでいる。



写真1. 膨軟化粃米サイレージ



写真2. 同サイレージの保管試験

(山形県農業総合研究センター畜産試験場)

#### ウ 粃米サイレージ調製の定着化に向けたポイント等

県内の粃米サイレージ調製の成功事例に共通するのは、農協が強力な調整機能を果たしている点にある。粃米サイレージの利活用には、生産する側の耕種農家と利用する側の畜産農家との事前のマッチング、飼料用米収穫や粃米破碎機の作業競合回避のための調整、更に、それらを見越した春先からの転作計画の誘導など、組織的、地域ぐるみの調整が不可欠になる。農協の内部でも、米穀サイドと畜産サイドの部局を跨いだ調整が必要となるが、成功事例では農協内の綿密な連携で、生産者と実需者のマッチングが行われている。

また、粃米サイレージが、一時的な取組みで終わることなく定着化するためには、サイレージ品質の安定化のみならず、調製コストの低減も不可欠である。成功事例では、それぞれの既存機械・施設のレイアウト等に応じて、原料粃米の荷受けや調製容器への投入方法、作業動線、密閉方法等に工夫を凝らしており、調製作業への習熟も加わって、調製コストに直結する作業効率は飛躍的に向上している。

#### エ 今後の展望等

粃米サイレージは、品質が安定した嗜好性に優れた飼料として認知が進み、周年を通して供給・利用されていることから、今後も取組み面積は拡大していくものと思われる。

粃米サイレージ調製技術については、これまでの実践、経験によって既に十分に実用レベルに達しているが、各取組み団体とも、細部を僅かでも改善することによって、更なる作業効率の向上や生産コストの縮減を図ろうと取り組んでいる。

耕畜連携による飼料の地産地消ともいえる粃米サイレージの振興によって、畜産だけに留まらない地域農業の活性化が図られることが期待される。