

## 飼料用粳米を中心とした国産飼料資源の利活用試験

### —乳用種育成牛における給与試験—

小野新<sup>1)</sup>・宮下理・日野翔・白谷浩之<sup>2)</sup>・江波戸宗大<sup>3)</sup>・上垣隆一<sup>4)</sup>

1) 現：茨城県鹿行農林事務所 2) 現：茨城県畜産センター養豚研究所

3) 農業・食品産業技術総合研究機構中央農業研究センター

4) 農業・食品産業技術総合研究機構動物衛生研究部門

Utilization test of domestic feed resources mainly unhulled rice  
-Feeding test for Dairy heifer-

Arata ONO, Nori MIYASHITA, Sho HINO, Hiroyuki SHIRATANI, Munehiro EBATO, Ryuichi UEGAKI

### 要 約

近年、価格高騰並びに自給率向上対策として、輸入飼料に依存しない国産飼料の確保が求められている。また、水田農業の分野では、通常の稲作栽培体系で生産が可能な飼料用米の活用が注目されている。そこで、本研究では、地域未利用資源である豆腐粕を活用した飼料用米サイレージの調製・保存技術を検討した。さらに、未乾燥の飼料用粳米を用いてサイレージを調製し、乳用種育成牛へ給与することで、配合飼料の代替としての利用可能性を調査した。その結果、サイレージ調製時に豆腐粕の水分を利用することで、水分調整のための加水が不要であることを確認した。また、豆腐粕サイレージを副資材として利用する場合には、新たな乳酸菌の添加が不要であると考えられた。給与試験では、配合飼料の30%を粳米・豆腐粕サイレージで代替しても、発育や健康状態に大きな影響はなく、飼料コストの低減も期待できることが示唆された。

キーワード：飼料用粳米，飼料用米サイレージ，豆腐粕サイレージ，乳用種育成牛，給与試験

### 緒 言

近年、世界の穀物需給の逼迫による飼料価格の高騰により、畜産経営が圧迫され問題となっている。我が国の飼料自給率は25%、そのうち濃厚飼料については12%と、ほとんど輸入に依存している状態である<sup>1)</sup>。このため、価格高騰対策並びに自給率向上対策として、輸入飼料に依存しない国産飼料を確保することが求められている。

一方、水田農業の分野では、通常の稲作栽培体系で生産が可能な飼料用米の活用が注目されている。飼料用米の利用は、乾燥させた飼料用米を粉碎して給与するほか、未乾燥粳米を粉碎処理後にサイレージ化する方法があるが、後者については、その調製法や給与技術がまだ十分に確立していない。

また、本県は豆腐や納豆などの食品製造業が盛んであるが、食用に供されなかった豆腐粕は、産業廃棄物として廃棄されるほか、一部乳酸発酵させ、豆腐粕サイレージとして販売される。それら地域未利用資源は

畜産分野で有効活用することが求められており、特に飼料用米サイレージ調製の副資材として利用すれば、タンパク源として、また水分調整や乳酸菌の元菌として活用できると考えられる。

我々は以前の研究において、豆腐粕を副資材として利用した飼料用米サイレージの調製を試み、実験室レベルにおいて良好なサイレージ発酵となることを確認した<sup>2)</sup>。

そこで、本研究では、乾燥した飼料用粳米を用いて、豆腐粕サイレージを活用した飼料用米サイレージの調製・保存技術を確立するため、実験室規模での調製試験と、実規模（大子町の畜産農家で実際に利用されている60L規模）での調製試験を行った。

さらに、飼料用米サイレージを泌乳牛へ給与することで、飼料コストの低減に繋がったという報告<sup>3)</sup>はあるものの、育成牛に給与した試験は行われていないことから、未乾燥の飼料用粳米を用いてサイレージを調製し、配合飼料の代替として乳用種育成牛に給与することで、その利用可能性を検討した。

## 材料および方法

## 1 実験室規模での調製試験

## 1) 原材料

飼料用米は、国内産飼料米もみ付ばん碎（福田物産株式会社）を使用した。豆腐粕は、試験当日の朝に T 社で生産されたものを供試した。豆腐粕サイレージ（とうふかす発酵飼料、株式会社マメックス）は、調製されてから約 1 か月間の貯蔵後、試験 2 週間前に納品されたものを供試した。

## 2) 処理区

以下の 5 種類のサイレージを調製した。処理区は、A：飼料用米に蒸留水を加えて水分を 30%に調整し、乳酸菌を添加し混合、B：飼料用米に豆腐粕を 25%および乳酸菌を添加し混合、C：飼料用米に豆腐粕サイレージを 25%および乳酸菌を添加し混合、D：飼料用米に豆腐粕サイレージを 25%混合、E：飼料用米に豆腐粕を 50%および乳酸菌を添加し混合とした。

なお、乳酸菌は菌数が  $10^8$  個/mL の乳酸菌液（畜草 1 号プラス、雪印種苗株式会社）を  $200 \mu\text{L}$  添加した。A から E 各 200g をパウチ袋（30cm×30cm）に詰め、シラーを用いて脱気後にシールした。1 処理につき 3 袋を調製した。25°C で、36 日と 78 日間の貯蔵を行った後に開封し発酵品質の分析に供した。

## 3) 測定項目

原材料については、乳酸菌数を測定した。

開封したサイレージの発酵品質は、pH と有機酸（乳酸、酢酸、プロピオン酸、酪酸）濃度、微生物叢（かび生菌数、大腸菌群細菌数）を計測した。また、開封時には目視によりかび発生の有無を確認した。

## (1) pH 及び有機酸について

サンプルに 10 倍量の滅菌精製水を添加し、良く混合してサイレージ抽出液とした。pH は、サイレージ抽出液をガラス電極 pH 計（Laqua F-72、堀場製作所）で測定した。有機酸は、サイレージ抽出液にイオン交換樹脂（Amberlite IR 120B H AG、オルガノ株式会社）処理をした後に、ポストカラム反応方式による電位差測定による高速液体クロマトグラフィーにて定量を行った。

## (2) 微生物数について

上記のサイレージ抽出液を  $10^5$  倍まで段階的に希釈し、希釈液  $20 \mu\text{L}$  を、乳酸菌は MRS 寒天培地（Difco, Detroit, MI, USA）に、酵母とかび生菌は酒石酸で pH を 3.5 に調整したポテトデキストロース寒天培地（日水製薬株式会社）に、大腸菌群はブルーライト寒天培地（日水製薬株式会社）に塗抹した。MRS 培

地以外のシャーレを好氣的条件にて、MRS 培地はアネロパック嫌気（三菱ガス化学株式会社）を入れた嫌気ジャー（スギヤマゲン）に入れて嫌気条件とし、25°C で 48 時間インキュベートした後、発生したコロニー数を目視でカウントした。

## 4) 統計処理

各処理間の有意差検定は、Tukey-Kramer 法にて行った。統計処理は、4Steps エクセル統計アドインソフト（オーエムエス出版）および FF（GraphPad Software Inc.）を使用し、不検出（ND）のデータは 0 として計算した。

## 2 実規模での調製試験

## 1) 原材料

実験室規模での調製試験と同じものを使用した。

## 2) 処理区

以下の 4 種類のサイレージを調製した。処理区は、F：飼料用米に水道水を加えて水分を 30%に調整し、乳酸菌を添加し混合、G：飼料用米に豆腐粕を 25%および乳酸菌を添加し混合、H：飼料用米に豆腐粕サイレージを 25%混合、I：飼料用米に豆腐粕を 50%および乳酸菌を添加し混合とした。

なお、乳酸菌は菌数が  $0.3 \times 10^8$  個/mL の乳酸菌液（畜草 1 号プラス、雪印種苗株式会社）を 100mL 添加した。これらを、60L 容量のプラスチック製の円筒型の容器（上部直径約 51cm、高さ約 43cm）に、90L のポリエチレン製の袋を入れ、その中に F から I 各 30kg の原料を詰め込み、袋の口を手で空気を抜くように縛り密封した。1 処理につき 3 袋（I のみ 2 袋）を調製した。屋内倉庫（約 20~28°C）で、71 日間の貯蔵を行った後に開封し発酵品質の分析に供した。表面から 5cm までを上部サンプル、半分より下を下部サンプルとして採取した。

## 3) 測定項目

実験室規模での調製試験と同様とした。

## 4) 統計処理

各処理間の有意差検定は、2 元配置分散分析を行った。統計処理は、4Steps エクセル統計アドインソフトおよび FF を使用し、不検出（ND）のデータは 0 として計算した。

## 3 乳用種育成牛における給与試験

## 1) 試験区

乳用種育成牛 34 頭（対照区 17 頭、試験区 17 頭）を供試した。試験牛は、1 頭ないし 2 頭ペアでの単房飼育とした。

## 2) 試験期間

離乳（代用乳の給与終了）日から離乳後 15 週間ま

でとした。

### 3) サイレージの調製方法

飼料用米破砕機 (SH-2, 株式会社大竹製作所) で約 2mm に粉砕した未乾燥の飼料用粃米と豆腐粕サイレージを用い、調製後の含水率が約 30%になるよう、粃米：豆腐粕サイレージの重量割合を 8：2 とし、飼料攪拌機 ((有) 京葉機械製作所) を用いて均一になるよう攪拌した (以下、「粃米・豆腐粕サイレージ」と記述する)。

60L 容量の漬物樽 (リス株式会社) に、90L のポリエチレン製の袋を二重に被せ、内側の袋の中に攪拌した粃米・豆腐粕サイレージを、樽の淵下 10cm 程度の深さまで詰め込んだ。

その上に脱酸素剤 (モデュラン W-5L) と防腐剤 (オイテック L-24G) を置き、ビニール紐で内側と外側のポリエチレン袋をそれぞれ振るようにして密封した。

漬物樽に蓋をして、直射日光の当たらない場所で約 2 か月間常温保存した後、開封して給与試験に供した。

調製した粃米・豆腐粕サイレージの、一般成分分析法<sup>4)</sup>による分析結果を表 1 に示す。

表 1 粃米・豆腐粕サイレージの一般成分

	(%)
水分	28.6
粗タンパク質 (CP)	8.2
粗脂肪 (EE)	3.0
粗繊維 (CF)	9.4
粗灰分 (CA)	5.7
可溶無窒素物 (NFE)	74.0

### 4) 給与飼料

対照区、試験区ともに、若令牛育成用配合飼料及びオーツ乾草を、日本飼養標準・乳牛<sup>5)</sup>を参考に、発育に応じて量を調整しながら給与した。なお、試験区は、試験期間中、配合飼料の重量比 30%を粃米・豆腐粕サイレージで代替して給与した。両区とも水と固形塩を自由摂取させた。

### 5) 調査項目

#### (1) 1 日増体重

週に 1 度、体重測定器を用いて試験牛の体重を測定し、1 日増体重を算出した。

#### (2) 飼料摂取量

8 時 30 分、14 時 30 分の給餌の際に残飼量を測定し、飼料給与量との差から、1 日の飼料摂取量を求めた。また、1 日増体重を飼料摂取量で除して飼料効率を算出した。

#### (3) 糞性状スコア

試験牛の糞性状について、5 段階 (1：固い、2：普通、3：やや軟便、4：軟便、5：水下痢) にスコア化し、朝、夕の給餌の際に記録した。

#### 6) 統計処理

統計処理は、個体毎の 1 日増体重、飼料効率、飼料摂取量および糞性状スコアを用い、試験期間を通して、各試験区間を F 検定及びスチューデントの t 検定により比較した。統計処理は、4Steps エクセル統計アドインソフト (オーエムエス出版) を使用した。

## 結果および考察

### 1 実験室規模での調製試験について

原材料である豆腐粕の水分は 69%であり、乳酸菌は  $10^7$  CFU/g レベルで存在した。豆腐粕サイレージの水分は 62.6%であり、乳酸菌は  $10^8$  CFU/g を超えていた。

A から E の各処理区における pH、有機酸濃度、微生物叢の測定結果を表 2 に示す。

36 日間の貯蔵では、A 区から E 区の全てのサイレージで pH の値が 4 より低い値を示し、乳酸濃度は 1%を超えていた。また、76 日間の貯蔵では、pH が A 区および B 区で 4 よりも若干高い値を示し、乳酸濃度は A 区で 1.49%と若干低い値を示したものの、いずれもサイレージ発酵は十分に進行していたと考えられた。

ここで、豆腐粕を添加して調製した B 区と E 区を見ると、36 日間、78 日間の貯蔵の両方において、pH の値は 4 程度に、乳酸濃度が 1.5%以上になったことから、サイレージ発酵が十分に進行しており、78 日間でも安定した発酵品質を保っていたと考えられる。また、B 区と E 区の水分は、36 日間、78 日間の貯蔵の両方において 25.0%以上であり、E 区の水分は A~D 区より有意に高かった。既報<sup>2)</sup>と同様、豆腐粕の水分を利用することで、飼料用米サイレージ調製に必須である水分調整のための加水が不要であることを確認した。

さらに、豆腐粕サイレージを 25%添加した C 区と D 区を見ると、36 日間貯蔵において pH が 3.7 程度に、乳酸濃度は 2%程度になっていたことから、十分にサイレージ発酵が進行していたものと考えられた。また、78 日間貯蔵においても同様の発酵品質を維持していたと考えられ、両区の pH、乳酸濃度、微生物叢などに有意差は見られなかった。したがって、豆腐粕サイレー

ジを飼料用米サイレージの副資材として利用する場合には、新たな乳酸菌の添加は不要であると考えられた。

78 日間の貯蔵では、豆腐粕の混合割合が高い E 区において、A 区から D 区と比べて有意に pH が低くなった。

これは、材料の豆腐粕に乳酸菌が多く含まれており、その活動の結果と考えられた。

表 2 実験室規模サイレージの発酵品質

保存期間	区	乳酸菌	水分 (%)	pH	乳酸 (%)	酢酸 (%)	プロピオン酸 (%)	酪酸 (%)	大腸菌 (log CFU/g)	カビ生菌 (log CFU/g)					
36 日間	粳米 100%	A 添加	27.4	b	3.96	a	1.44	c	0.20	d	0.02	b	ND	ND	ND
	豆腐粕 25%	B 添加	26.2	bc	3.99	a	1.51	c	0.37	c	ND	b	0.01	ND	ND
	豆腐粕サイレージ 25%	C 添加	25.6	bc	3.68	b	2.18	b	1.17	b	0.05	b	ND	ND	ND
	豆腐粕サイレージ 25%	D 不添加	25.1	c	3.71	b	1.96	b	1.17	b	0.09	ab	0.01	ND	ND
	豆腐粕 50%	E 添加	41.5	a	3.70	b	2.50	a	1.32	a	0.17	a	0.00	ND	ND
78 日間	粳米 100%	A 添加	27.1	b	4.04	b	1.49	b	0.22	d	0.01		0.00	ND	1.67
	豆腐粕 25%	B 添加	25.0	cd	4.12	a	1.96	ab	0.50	c	0.02		ND	ND	1.80
	豆腐粕サイレージ 25%	C 添加	25.5	c	3.80	c	2.05	ab	1.22	b	0.04		0.01	ND	ND
	豆腐粕サイレージ 25%	D 不添加	24.6	d	3.80	c	1.87	b	1.22	b	0.03		0.01	ND	ND
	豆腐粕 50%	E 添加	42.9	a	3.65	d	2.96	a	1.61	a	0.10		ND	ND	ND

値は平均を表示, 同列の異符号間に有意差あり, ND: 不検出, CFU: コロニー形成単位, 全試験区 n=3

2 実規模での調製試験について

F から I の各処理区における pH, 有機酸濃度, 微生物叢の測定結果を表 3 に示す。

豆腐粕サイレージを 25% 添加した H 区では, 上部, 下部ともに pH が 4 を下回り, また乳酸濃度は 1.5% を超えており, サイレージ発酵が十分に進行していた。また, 粳米のみで調製した F 区および G 区と比較して pH が有意に低く, 乳酸及び酢酸濃度が高かった。さらに, カビ生菌も検出されなかった。

F 区, G 区および I 区では, 上部と下部とで違いがみられ, 上部では, 空気の侵入などにより表面にかびの

発生が確認されたとともに, G 区と I 区でカビ生菌が検出されたこと, pH が下部より高めであり, 乳酸濃度が低めであったことから, 品質が劣っていると考えられた。ただし, 下部では十分にサイレージ発酵が進行しており, 上部を除去することで飼料利用が可能であると思われた。

一方, H 区では上部と下部とで pH や乳酸濃度に大きな差が認められないこと, 表面にかびの発生が確認されなかったことから, 豆腐粕サイレージを使用した飼料用米サイレージ調製は, 60L 容量の実規模条件においてもより有効な調製方法であると考えられた。

表 3 実規模サイレージの発酵品質

サイロ	区	乳酸菌	pH	乳酸 (%)	酢酸 (%)	プロピオン酸 (%)	酪酸 (%)	大腸菌 (log CFU/g)	カビ生菌 (log CFU/g)				
上部	粳米 100%	F 添加	4.44	a	0.92	a	0.80	a	ND	a	ND	ND	ND
	豆腐粕 25%	G 添加	4.51	a	1.00	a	0.11	b	ND	a	ND	4.70	1.23
	豆腐粕サイレージ 25%	H 不添加	3.93	b	1.56	b	1.91	c	0.21	b	ND	ND	ND
	豆腐粕 50%	I 添加	4.27		1.34		0.95		0.05		ND	1.35	2.50
内下部	粳米 100%	F 添加	3.97	a	1.59	a	0.21	a	ND	a	ND	ND	ND
	豆腐粕 25%	G 添加	4.03	a	1.59	a	0.31	b	ND	a	ND	ND	ND
	豆腐粕サイレージ 25%	H 不添加	3.85	b	1.74	b	1.84	c	0.24	b	ND	1.00	ND
	豆腐粕 50%	I 添加	3.89		2.11		0.55		ND		ND	ND	ND

値は平均を表示, 同列の異符号間に有意差あり, ND: 不検出, CFU: コロニー形成単位, 全試験区 n=3

3 乳用種育成牛における給与試験について

乳用種育成牛の配合飼料の 30% を粳米・豆腐粕サイレージで代替した試験区は, 対照区と比較して 1 日増体重, 飼料摂取量および飼料効率に有意差が認められ

なかったことから, 対照区と同等の発育を示すことが示唆された (表 4)。糞性状にも有意差は見られなかった。

また, 労働費, 資材費, 光熱費等の変動費と, 機械

の減価償却費，修理費等の固定費<sup>6)</sup>を加味して算出した粳米・豆腐粕サイレージの価格は52.4円/kgとなり，配合飼料の74.3円/kgと比べて安価になった。

以上のことから，乳用種育成牛における配合飼料の

30%を，粳米・豆腐粕サイレージで代替しても，発育や健康状態に大きな影響はなく，さらに，飼料コストの低減も期待できることが示唆された。

表4 各試験区における1日増体重，飼料摂取量および飼料効率

	1日増体重 (kg/日)	飼料摂取量 (kg/日)		飼料効率
		粗飼料	濃厚飼料	
対照区	1.00	1.76	2.66	0.23
試験区	0.96	1.70	2.79	0.21

値は平均を表示，両試験区 n=17

#### 参考文献

- 1) 農林水産省，2019，飼料をめぐる情勢，  
[https://www.maff.go.jp/j/chikusan/sinko/lin/l\\_siryo/attach/pdf/index-415.pdf](https://www.maff.go.jp/j/chikusan/sinko/lin/l_siryo/attach/pdf/index-415.pdf)
- 2) 本谷綾香，足立憲隆，江波戸宗大，上垣隆一，2015，  
副資材を利用した飼料用米サイレージの発酵品質，  
日本畜産学会報，86(4)，441-448
- 3) 湯原千秋，笠井史子，石崎重信，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>，  
千葉県畜産総合研究センター研究報告，第12号，  
1-6
- 4) 自給飼料利用研究会 編，三訂版 粗飼料の品質評  
価ガイドブック，2009，社団法人 日本草地畜産種  
子協会
- 5) 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機  
構 編，日本飼養標準 乳牛，2017，中央畜産会
- 6) 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機  
構 編，飼料用米の生産・給与技術マニュアル<2016  
年度版>，2017
- 7) 宮下理，白谷浩之，江波戸宗大，上垣隆一，2018，  
飼料用米サイレージ調製の副資材として利用する  
豆腐粕サイレージの有効性，日本畜産学会報，  
89(1)，29-36