

粃米サイレージのウシ・ブタへの利用拡大に必要な飼料特性の解明に関する調査研究

代表者

国立大学法人山形大学農学部 准教授 松山裕城

共同研究者

国立大学法人山形大学農学部 教授 堀口健一

国立大学法人山形大学農学部 教授 浦川修司

要約

飼料用米の生産コスト削減や地産地消を目的に、完熟期に収穫した後に乾燥・粃摺りを行わず破砕して乳酸発酵させる粃米サイレージが生産されている。しかし、粃米サイレージの飼料特性に関する情報は充分ではない状況である。そこで、ウシとブタへの粃米サイレージの給与を視野に入れ、その飼料特性を調査した。その結果、ウシにおいては、異なる破砕機械で調製した粃米サイレージを給与したが、いずれも可消化養分総量（TDN）が約 80%であった。ブタにおいては、トウモロコシから粃米サイレージに代替すると、その代替割合の増加にともない TDN は低下するため、飼料中の粃米サイレージの配合割合は 30%以下にすることが望ましい。

序論

全国各地で飼料用米の作付面積が年々増加している。収穫された飼料用米の多くは、食用米と同様、乾燥・粃摺りされ、その後、飼料工場に持ち込まれ畜種に合わせて粉碎・圧片等の加工処理がされる。この体系では、飼料用米を他の飼料穀物と同じ流通に乗せることで広域的な利用を図るには適しているが、飼料用米の生産費を押し上げること、供給地と需要地の乖離を生むことが課題である。

最近、山形県の真室川町や鶴岡市では、完熟期に収穫した後に乾燥・粃摺りを行わず、破砕して適度な水と乳酸菌資材を添加してトランスバックに詰め込み、密封して乳酸発酵させる粃米サイレージの生産・利用が進められている。この粃米サイレージは地域内

のライスセンター等で生産しており、収穫後の費用が抑えられると共に飼料用米の地産地消も容易にしている。この粳米サイレージの取り組みは、近隣の耕種経営・畜産経営の両者を支えるものであり、特に水稻栽培が盛んな東北地域での定着が望まれる。

粳米サイレージの研究としては減反政策の始まった 1970 年代より、コメを完熟期以前に収穫してサイレージ調製するソフトグレインサイレージの研究が実施されている。しかし、現在の粳米サイレージとは収穫時期、調製方法（加工機械、添加資材）および給与対象の家畜の遺伝的能力が異なるため、その情報を現在の飼養管理に当てはめることは難しい。また最近、飼料用米の生産増加に合わせて、国内の研究機関で給与技術の開発が進められている多くは、収穫後に乾燥・粳攪り・加工処理した飼料用米であり、粳米サイレージに関する研究成果は充分ではない状況である。国外の研究においては、トウモロコシやムギの子実のみをサイレージ調製する研究報告は多くあるものの、粳米サイレージといったコメに関する研究報告はほとんどない。したがって、粳米サイレージの給与技術に関する研究は遅れており、飼料特性に関する情報は充分ではないため、生産現場では確信をもって給与が進められない状況である。

今後、飼料用米の作付面積の増加も見込まれており、飼料用米の利用を拡大・推進するためには、粳米サイレージの適切な給与技術を確立することや多様な畜種（ウシ、ブタ）への給与が必要である。ウシへの粳米サイレージの給与試験の報告は少しずつ増えてきているが、消化試験を実施して消化率や栄養価を測定した報告は少ない。また、ブタへ粳米サイレージを給与した報告はほとんどない。ウシやブタに粳米サイレージを給与し、その消化率や栄養価などの飼料特性を把握することは、様々な生理状態のウシ、ブタに最適な飼料設計を行うための有益な情報となる。粳米サイレージの飼料特性が明らかになることで精密な飼料設計が可能となり、期待通りの畜産物生産が達成される。さらに、粳米サイレージを遺伝的能力が向上した現代のウシ、ブタに実際に給与して、その飼料特性を評価することが重要である。

そこで本調査研究では、飼料用米の利用拡大・地産地消を推進するため、ウシ、ブタ用飼料としての粳米サイレージの飼料特性を明らかにすることを目的として実施した。

材料と方法

実験1 ウシ用飼料としての粃米サイレージの飼料特性

1. 供試動物、供試飼料および飼養管理

供試動物には、黒毛和種雌牛 8 頭（消化試験開始時の平均体重 $438.3 \pm 50.4\text{kg}$ ）を用い、個別のストールに金属製の鎖で係留した（図 3）。供試飼料には、調製方法の異なる 2 種類の粃米サイレージと基礎飼料としてリードカナリーグラス乾草、大豆粕および混合ビタミン飼料添加物を用いた。粃米サイレージは、完熟期に収穫した品種「ふくひびき」を用いて、ハンマーミル式破碎装置（ミリングマシーン、EX200M、タカキタ）（図 1）ならびに粃殻蒸砕膨軟処理装置（プレスパンダー、P50L 型、関西産業）（図 2）で破碎後、水分 30% を目処に加水と乳酸菌資材（畜草 1 号プラス、雪印種苗）を添加して、200L のポリエチレン製ドラム缶に詰め込み密封して、サイレージに調製した。ドラム缶サイレージは、1 ヶ月以上の発酵・貯蔵期間を経た後に開封し、消化試験に用いた。

飼料の給与量は日本飼養標準・肉用牛（2008 年版）に基づき、可消化養分総量（TDN）換算で維持要求量とした。また、粃米サイレージの TDN は日本標準飼料成分表（2009 年版）のモミ米（飼料番号：5591）の数値（77.7%）を代用して計算した。飼料は、一日量の半分に当たる量を 9：00 と 16：00 の 2 回に分けて給与し、水と鈹塩は自由摂取とした。なお、本調査研究の動物試験は、山形大学動物実験規定に準じて実施した。

2. 試験設定

消化試験は、雌牛 8 頭を群の平均体重が均等になるよう 4 頭ずつの 2 群に分け、一方にハンマーミル式破碎装置で処理した粃米サイレージ、もう一方の群に粃殻蒸砕膨軟処理装置で処理した粃米サイレージを割り当てたクロスオーバー法により実施した。その後、間接法により粃米サイレージ単味の成分消化率、栄養価を算出するため、基礎飼料のみを給与した雌牛 4 頭を用いた消化試験を実施した。すべての消化試験は馴致期 14 日間、予備期 14 日間および本期を 7 日間で実施した。

3. 試料の採取と調製

本期 1 日目～5 日目に全糞採取法による消化試験を実施した。糞の採取は本期 1 日目の 9：00 を基準として翌日の 9：00 までの 24 時間に排泄された全ての糞を回収、計量

した。これを5日間連続で実施した。採取した糞を均一に混合後、その一部は -20°C で凍結保存した試料と 60°C の通風乾燥器内で乾燥後、ワイヤー型粉砕機で1 mm目の篩が通るよう粉砕した試料に調製して分析に供した。

給与した飼料は本期中3回採取し、粃米サイレージは凍結乾燥器内で、リードカナリーグラス乾草、大豆粕は 60°C の通風乾燥器内で乾燥後、ワイヤー型粉砕機で1 mm目の篩が通るよう粉砕した試料に調製して分析に供した。

本期7日目には、ヘパリンナトリウム処理の真空採血管を用いて頸静脈からの採血を実施した。採血は9:00の飼料給与後3時間目に実施した。採血後、遠心分離して血漿を取り出し、分析に供した。

4. 試料の分析

新鮮物の飼料の水分、糞の水分、粗タンパク質 (CP) は常法により分析した。粉砕した風乾物の飼料の水分、粗灰分 (CA)、CP および粗脂肪 (EE) は常法により、耐熱性 α -アミラーゼ処理中性デタージェント繊維 (aNDFom) はデタージェント分析法により分析した。また、非繊維性炭水化物 (NFC) は次式により算出した。

$$\text{NFC (\%)} = 100 - (\text{CA} + \text{CP} + \text{EE} + \text{aNDFom})$$

粉砕した風乾物の糞の水分、CA、EE は常法により、aNDFom はデタージェント分析法により分析し、NFC は計算により求めた。

給与飼料全体の成分消化率 (乾物 (DM), OM, CP, EE, aNDFom および NFC) は次式により算出した。

$$\text{成分消化率 (\%)} = (\text{摂取した飼料の成分量} - \text{排泄した糞の成分量}) / \text{摂取した飼料の成分量} \times 100$$

給与飼料の TDN は次式より算出した。

$$\text{可消化有機物 (DOM) (\%)} = \text{飼料の OM 含有率} \times \text{OM 消化率}$$

$$\text{可消化 EE (DEE) (\%)} = \text{飼料の EE 含有率} \times \text{EE 消化率}$$

$$\text{TDN (\%)} = \text{DOM} + 1.25 \times \text{DEE}$$

また、粃米サイレージ単味の成分消化率と TDN は間接法により算出した。

$$\text{粃米サイレージの成分消化率 (\%)} = (\text{給与飼料中の可消化成分量} - \text{基礎飼料中の可消化成分量} \times \text{基礎飼料の配合割合}) / (\text{粃米サイレージの成分量} \times \text{粃米サイレージの配合割合}) \times 100$$

5. 統計処理

統計処理は、SAS (SAS Institute Japan) を用いて検討した。各項目における異なる調製方法の粳米サイレージの影響については、GLM プロシジャを用いて個体、調製方法、時期を要因とした三元配置の分散分析を実施し、有意水準は 5% として評価した。

実験 2 　ブタ用飼料としての粳米サイレージの飼料特性

1. 供試動物、供試飼料および飼養管理

供試動物には、ハイポー種去勢雄豚 15 頭 (消化試験開始時の平均体重 $98.5 \pm 4.4\text{kg}$) を用い、個別の代謝ケージに収容した (図 4)。供試飼料には粳米サイレージ、トウモロコシ、オオムギ、大豆粕、アルファルファミール、混合ミネラル飼料添加物および混合ビタミン飼料添加物を用いた。粳米サイレージは、完熟期に収穫した品種「はえぬき」を用いて、粳殻蒸砕膨軟処理装置 (プレスパンダー、P50L 型、関西産業) で破碎後 (図 2)、水分 30% を目処に加水と乳酸菌資材を添加し、約 5kg をパウチ袋に詰め込み密封して、サイレージに調製した。パウチサイレージは、1 ヶ月以上の発酵・貯蔵期間を経た後に開封し、消化試験に用いた。

飼料は不断給与とし、翌日の残飼が給与量の 1 割程度となるよう調整した。また、飼料は 1 日 2 回に分けて (8 : 30、16 : 30) に給与し、水は自由摂取とした。なお、本調査研究の動物試験は山形大学動物実験規定に準じて実施した。

2. 試験設定

消化試験は、去勢豚 15 頭を各群の平均体重が均等になるよう 5 頭ずつの 3 群に分け、トウモロコシと粳米サイレージの配合割合 (乾物換算) が異なる 3 種類の飼料 (10 : 0、5 : 5 および 0 : 10) にそれぞれ割り当てて実施した。消化試験は馴致期 14 日間、予備期 14 日間および本期を 5 日間で実施した。

3. 試料の採取と調製

飼料摂取量は本期 2 日目以降、7 : 30 に残飼を計量し、前日に給与した飼料量から差し引いたものを一日の飼料摂取量とした。本期 1 日目～5 日目に全糞採取法による消化試験を実施した。糞の採取は本期 1 日目の 9 : 00 を基準として翌日の 9 : 00 までの 24 時間に排泄された全ての糞を回収、計量した。これを 5 日間連続で実施した。採取した

糞を均一に混合後、その3割の糞をバットに移し、60℃の通風乾燥器内で乾燥した。乾燥した5日分の糞を均一に混合して約200gを採取し、ワイヤー型粉碎機で1mm目の篩が通るよう粉碎した試料に調製して分析に供した。

粃米サイレージの発酵品質は、新鮮物30gを水140ml加えて冷蔵庫内で24時間抽出し、その抽出液を分析に供した。

4. 試料の分析

新鮮物の飼料と糞の水分は常法により分析した。粉碎した風乾物の飼料と糞の水分、CA、CP、EE および粗繊維（CF）は常法により、可溶無窒素物（NFE）は次式により算出した。

$$\text{NFE (\%)} = 100 - (\text{水分} + \text{CA} + \text{CP} + \text{EE} + \text{CF})$$

成分消化率は前述の方法により算出した。給与飼料のTDNは次式より算出した。

$$\text{可消化 CP (DCP) (\%)} = \text{飼料の CP 含有率} \times \text{CP 消化率}$$

$$\text{可消化 EE (DEE) (\%)} = \text{飼料の EE 含有率} \times \text{EE 消化率}$$

$$\text{可消化 NFE (DNFE) (\%)} = \text{飼料の NFE 含有率} \times \text{NFE 消化率}$$

$$\text{可消化 CF (DCF) (\%)} = \text{飼料の CF 含有率} \times \text{CF 消化率}$$

$$\text{TDN (\%)} = \text{DCP} + 2.25 \times \text{DEE} + \text{DNFE} + \text{DCF}$$

粃米サイレージの発酵品質は、水抽出した液をpHメーターによりpHを、高速液体クロマトグラフにより有機酸（乳酸、酢酸、酪酸）、水蒸気蒸留法により揮発性塩基態窒素を分析した。

5. 統計解析

統計解析は、SAS（SAS Institute Japan）を用いて検討した。各項目における異なる粃米サイレージの配合割合の影響については、GLM プロシジャを用いて給与飼料を要因とした一元配置の分散分析を実施し、有意水準5%で差が認められた場合にはTukey法により多重検定を実施して評価した。



図1. ハンマーミル式破碎装置



図2. 粉殻蒸碎膨軟処理装置



図3. ウシの消化試験の様子



図4. ブタの消化試験の様子

結果と考察

実験1 ウシ用飼料としての粃米サイレージの飼料特性

ウシの消化試験に給与した飼料の化学組成を表 1-1 に示した。粃米サイレージの水分含有率において、ハンマーミル式破砕装置が 32.4%、粃殻蒸砕膨軟処理装置が 28.2% であり、若干の数値の差はあったものの、どちらも水分含有率 30% を目処に加水したことが反映していた。OM、CP、EE、aNDF、NFC および CA 含有率のいずれも装置間の数値の差は小さかったため、ハンマーミル式破砕装置もしくは粃殻蒸砕膨軟処理装置により粃米サイレージの化学組成に及ぼす影響は小さいと考える。両装置の処理方法は異なり、ハンマーミル式破砕装置は回転するハンマーブレードにより粃米を細かく破砕するが、粃殻蒸砕膨軟処理装置は粃米に蒸気を当て、回転するスクリーフ刃で圧縮・破砕する。そのため、粃殻蒸砕膨軟処理装置では粃米のデンプンに熱が加わることで、デンプン分子は規則性を失い糊状となる (α 化) ため、ウシのルーメン内での分解特性、特に分解速度に影響を及ぼす可能性はあると考える。

消化試験に給与した飼料の配合割合を表 1-2 に示した。給与した飼料の配合割合は、リードカナリーグラス乾草を粗飼料として 6 割、粃米サイレージ (3 割) と大豆粕 (1 割) を濃厚飼料として 4 割とした。評価する粃米サイレージの割合を増やしつつも、極端に多くの濃厚飼料が配合されないよう飼料設計した。そのため、消化試験期間を通して飼料の食べ残しはなく、また体調を崩す雌牛もいなかった。

給与飼料の成分消化率と栄養価の結果を表 1-3 に示した。給与飼料の成分消化率と栄養価は、全糞採取法 (直接法) により飼料として摂取した化学成分から糞として排泄された化学成分を差し引いて求めた実測値である。給与飼料の成分消化率のうち DM、OM 消化率において、ハンマーミル式破砕装置は 70.3%、72.8%、粃殻蒸砕膨軟処理装置は 70.8%、73.2% であり、装置間に有意な差は認められなかった ($P \geq 0.05$)。EE 消化率はハンマーミル式破砕装置に比べて粃殻蒸砕膨軟処理装置が 2 ポイント低かったが統計的な差は認められなかった ($P \geq 0.05$)。給与飼料の TDN において、ハンマーミル式破砕装置は 70.0%、粃殻蒸砕膨軟処理装置は 70.2% であり、装置間に有意な差は認められなかった ($P \geq 0.05$)。

粃米サイレージの成分消化率と栄養価を表 1-4 に示した。粃米サイレージの成分消化率と栄養価は、基礎飼料であるリードカナリーグラス乾草と大豆粕のみを給与した消化試験を実施し、そこで得られた基礎飼料の消化率 (DM 消化率: 68.2%、OM 消化率:

69.7%、EE 消化率：52.9%）を用いた間接法により得られた推定値である。粃米サイレージの成分消化率のうち DM 消化率において、ハンマーミル式破砕装置は 75.6%、粃殻蒸砕膨軟処理装置は 76.8% であり、装置間に有意な差は認められなかった ($P \geq 0.05$)。OM 消化率はハンマーミル式破砕装置に比べて粃殻蒸砕膨軟処理装置が 0.9 ポイント高く、EE 消化率は 3.4 ポイント低かったが、いずれも統計的な差は認められなかった ($P \geq 0.05$)。粃米サイレージの TDN において、ハンマーミル式破砕装置は 80.4%、粃殻蒸砕膨軟処理装置は 80.4% で数値は等しく、装置間に有意な差は認められなかった ($P \geq 0.05$)。日本標準飼料成分表（2009 年版）に掲載されているウシにおけるモミ米（飼料番号：5591）の TDN は 77.7% であり、それと比較すると本調査研究の粃米サイレージの数値は同程度もしくは高いと言える。少なくとも、粃米のサイレージ化によって消化性が劣ることはないと考ええる。

血液性状について表 1-5、表 1-6 に示した。血漿中の各数値は、おおむね黒毛和種繁殖雌牛の標準値内であり、異常を示すような数値は認められなかった。また、装置間に有意な差も認められなかった ($P \geq 0.05$) ことから、ハンマーミル式破砕装置ならびに粃殻蒸砕膨軟処理装置で調製した粃米サイレージを摂取しても血液性状に及ぼす影響は小さいと考える。本調査研究では飼料の給与量は維持要求量であり、給与飼料中の粃米サイレージの配合割合は約 30% であった。飼料摂取量の多い泌乳牛や濃厚飼料の給与割合の多い肥育牛に、この粃米サイレージを給与する場合はルーメンアシドーシスなどの疾病の懸念もあることから、さらなる検討が必要と考える。

本調査研究では、粃米サイレージを調製する際に粃米を破砕する装置として、ハンマーミル式破砕装置と粃殻蒸砕膨軟処理装置を用いた。いずれの装置で調製した粃米サイレージも黒毛和種繁殖雌牛の嗜好性は良く、また成分消化率や栄養価においても装置間の違いは見られず、TDN も約 80% と消化性も良いことが明らかとなった。本調査研究で得られた粃米サイレージの成分消化率や栄養価は、生産現場で給与する際の飼料設計に利用できる。また、粃米サイレージを用いた精密な飼料設計が可能となったことにより、泌乳牛や肥育牛など生産性の高いウシで評価を今後、実施することで、粃米サイレージのウシへの給与技術が確立できると考える。

表 1-1. 飼料の化学成分（ウシ）

項目	粃米サイレージ		リード カナリー グラス 乾草	大豆粕
	ハンマー ミル式 破碎装置	粃殻蒸碎 膨軟処理 装置		
	-----（%）-----			
水分	32.4	28.2	12.5	10.5
	-----（乾物 %）-----			
有機物	96.3	95.7	93.0	93.7
粗タンパク質	5.2	5.4	12.6	43.6
粗脂肪	2.7	2.4	1.5	1.4
aNDF ¹⁾	20.6	19.9	62.9	12.0
非繊維性炭水化物	67.8	68.0	16.0	36.7
粗灰分	5.4	5.9	8.0	7.1

¹⁾ α-アミラーゼ処理中性デタージェント繊維

表 1-2. 飼料の配合割合（ウシ）

項目	粃米サイレージ	
	ハンマー ミル式 破碎装置	粃殻蒸碎 膨軟処理 装置
	-----（乾物 %）-----	
粃米サイレージ	28.5	29.8
リードカナリーグラス乾草	60.7	59.6
大豆粕	10.8	10.6

表 1-3. 給与飼料（実測値）の成分消化率と栄養価（ウシ）

	ハンマー ミル式 破碎装置	粃殻蒸碎 膨軟処理 装置	P値
	----- (%) -----		
乾物	70.3	70.8	0.46
有機物	72.8	73.2	0.48
粗脂肪	71.2	69.2	0.35
可消化養分総量	70.0	70.2	0.73

P値が0.05より小さい数値のとき有意差ありと見なす

表 1-4. 粃米サイレージ（推定値）の成分消化率と栄養価（ウシ）

	ハンマー ミル式 破碎装置	粃殻蒸碎 膨軟処理 装置	P値
	----- (%) -----		
乾物	75.6	76.8	0.55
有機物	80.1	81.0	0.62
粗脂肪	96.5	93.1	0.45
可消化養分総量	80.4	80.4	0.98

P値が0.05より小さい数値のとき有意差ありと見なす

表 1-5. 血液性状-1 (ウシ)

項目	粃米サイレージ		P値
	ハンマーミル式 破碎装置	粃殻蒸砕 膨軟処理装置	
肝機能関連			
AST (IU/L)	67.3	81.8	0.32
ALT (IU/L)	23.5	22.9	0.43
γ -GTP (IU/L)	23.3	24.4	0.38
タンパク質代謝関連			
総タンパク質 (g/dl)	7.7	7.4	0.06
タンパク質分画			
アルブミン (%)	42.6	42.9	0.53
α 1グロブリン (%)	2.9	2.8	0.20
α 2グロブリン (%)	7.7	7.6	0.55
β グロブリン (%)	28.9	28.3	0.35
γ グロブリン (%)	18.1	18.4	0.59
アルブミン/グロブリン	0.7	0.8	0.45
クレアチニン (mg/dl)	1.1	1.1	0.52
尿素窒素 (mg/dl)	10.2	10.5	0.34
尿酸 (mg/dl)	0.4	0.4	0.39

P値が0.05より小さい数値のとき有意差ありと見なす

表 1-6. 血液性状-2 (ウシ)

項目	粃米サイレージ		P値
	ハンマーミル式 破砕装置	粃殻蒸砕 膨軟処理装置	
エネルギー代謝関連			
総コレステロール (mg/dl)	76.3	81.0	0.21
中性脂肪 (mg/dl)	17.6	19.0	0.35
リン脂質 (mg/dl)	96.8	97.1	0.92
グルコース (mg/dl)	67.6	66.0	0.31
遊離脂肪酸 (μEq/L)	140.0	122.5	0.12
ケトン体分画			
総ケトン体 (μmol/L)	358.4	351.8	0.49
アセト酢酸 (μmol/L)	3.0	3.9	0.64
3-ヒドロキシ酪酸 (μmol/L)	355.4	347.9	0.38
LDLコレステロール (mg/dl)	23.3	24.3	0.37
HDLコレステロール (mg/dl)	51.4	50.9	0.82
ミネラル代謝関連			
ナトリウム (mEq/L)	142.0	142.4	0.61
カリウム (mEq/L)	5.0	5.0	0.65
クロール (mEq/L)	107.3	108.0	0.26
カルシウム (mg/dl)	8.9	8.7	0.13
リン (mg/dl)	6.8	7.1	0.23
マグネシウム (mg/dl)	1.9	1.8	0.44

P値が0.05より小さい数値のとき有意差ありと見なす

実験2 ブタ用飼料としての粃米サイレージの飼料特性

ブタの消化試験に用いた粃米サイレージの発酵品質を表 2-1 に示した。pH は 4.2、乳酸含有率は 4.2%、酪酸含有率は 0%（検出限界以下）であり、サイレージの発酵品質の指標となる V-スコアはほぼ 100 点であった。この粃米サイレージは粃殻蒸砕膨軟処理装置で破砕後、水分 30%を目処に加水し、さらに乳酸菌資材を加えたことで良好なサイレージ発酵品質となったと考える。

消化試験で給与した飼料の配合割合を表 2-2 を表 2-3 に示した。給与飼料中のトウモロコシの配合割合を 60%とした飼料（100 : 0）、トウモロコシと粃米サイレージの配合割合をそれぞれ 30%とした飼料（50 : 50）および粃米サイレージの配合割合を 60%とした飼料（0 : 100）の 3 つの飼料を設定した。

消化試験で給与した飼料の化学成分を表 2-3 に示した。それぞれの飼料の化学成分においては、粃米サイレージの配合割合が増えるにつれて水分含有率に加えて NFE、CA 含有率が高まり、逆に CP、EE および CF 含有率が低下した。日本飼料標準（2009 年版）によると、トウモロコシ（飼料番号：5501）と玄米（飼料番号：5601）の CP（8.8%、8.8%）、EE（4.4%、3.2%）、NFE（83.4%、85.6%）および CF（2.0%、0.8%）含有率の数値は、ほぼ同程度と言える。したがって、本調査研究で設定した 3 つの配合飼料の化学成分値の差は、粃殻の有無によるものと考えられる。ちなみに、日本飼料標準（2009 年版）に記載されているモミ米（飼料番号：5591）の CP（7.5%）、EE（2.5%）、NFE（73.7%）および CF（10.0%）含有率は、確かに粃殻があるため玄米より CP、EE、NFE 含有率が低く、CF 含有率が高い。

給与した各飼料の成分消化率と栄養価を表 2-4 に示した。飼料摂取量は粃米サイレージの配合割合が高まると増えたが、飼料間に統計的な差は認められなかった（ $P \geq 0.05$ ）。粃米サイレージの配合割合が高まるにつれて DM、CP および NFE 消化率は有意に低下した（ $P < 0.05$ ）。一方、EE 消化率はトウモロコシのみ（100 : 0）に比べて粃米サイレージのみ（0 : 100）が有意に高くなった（ $P < 0.05$ ）。DM、CP および NFE 消化率の低下も、粃米サイレージに含まれる粃殻が影響していると考えられるが、粃米サイレージの配合割合が増えた際に EE 消化率が向上する原因は不明である。TDN は粃米サイレージの配合割合が高まるにつれて有意に低下し（ $P < 0.05$ ）、トウモロコシのみ（100 : 0）では 86.6%、トウモロコシと粃米サイレージが半分ずつ（50 : 50）では 82.4%、粃米サイレージのみ（0 : 100）では 77.6%であり、いずれの飼料間においても有意な差が認められた（ $P < 0.05$ ）。

ちなみに日本標準飼料成分表（2009年版）に掲載されているブタにおけるトウモロコシ（飼料番号：5501）とモミ米（飼料番号：5591）のTDNは94.5%、74.2%であり、粃米サイレージの消化性が極端に劣ることはないと思われる。

以上の結果より、ブタにおいてトウモロコシの代替として粃米サイレージの配合割合を高めていくとEEを除き各成分消化率、TDNが低下することから、粃米サイレージの配合割合は制限する必要があると考える。給与飼料中のトウモロコシの配合割合を60%とした飼料（100：0）と比べて、トウモロコシと粃米サイレージの配合割合を30%ずつとした飼料（50：50）ではCP、EEおよびNFE消化率には統計的な差は認められなかった（ $P \geq 0.05$ ）が、TDNは4.2ポイント有意に低かった（ $P < 0.05$ ）。したがって、トウモロコシの代替に粃米サイレージを利用する場合、ブタでは飼料中の配合割合を30%以下にすることが望ましいと考える。

表 2-1. 粃米サイレージの発酵品質（ブタ）

項目	
pH	4.2
水分（%）	30.2
VBN/TN ¹⁾ （%）	3.6
乳酸（新鮮物 %）	4.2
酢酸（新鮮物 %）	0.1
酪酸（新鮮物 %）	0.0
V-スコア（点）	99.8

¹⁾全窒素に対する揮発性塩基態窒素の割合

表 2-2. 飼料の配合割合（ブタ）

項目	トウモロコシ：粳米サイレージ		
	100：0	50：50	0：100
	-----（乾物 %）-----		
トウモロコシ	60.0	30.0	0.0
粳米サイレージ	0.0	30.0	60.0
大麦	22.0	22.0	22.0
大豆粕	14.0	14.0	14.0
アルファルファミール	2.0	2.0	2.0
食塩	0.2	0.2	0.2
炭酸カルシウム	0.5	0.5	0.5
第二リン酸カルシウム	1.0	1.0	1.0
混合ビタミン・ミネラル剤	0.3	0.3	0.3

表 2-3. 飼料の化学成分（ブタ）

項目	トウモロコシ：粳米サイレージ		
	100：0	50：50	0：100
水分（%）	18.1	19.4	23.3
	-----（乾物 %）-----		
粗タンパク質	15.4	14.8	13.2
粗脂肪	3.3	2.5	2.3
粗繊維	3.7	6.3	9.0
可溶無窒素物	73.5	70.9	68.8
粗灰分	4.1	5.5	6.7

表 2-4. 成分消化率と栄養価（ブタ）

項目	トウモロコシ：粳米サイレージ					
	100：0		50：50		0：100	
飼料摂取量（乾物 kg/日）	2.3		2.4		2.6	
	-----（乾物 %）-----					
乾物	85.7	a	82.2	b	77.0	c
粗タンパク質	82.1	a	82.4	a	77.4	b
粗脂肪	64.9	b	67.7	b	80.2	a
粗繊維	14.5		13.3		3.8	
可溶無窒素物	93.3	a	92.4	ab	91.5	b
可消化養分総量	86.6	a	82.4	b	77.6	c

異符号間に5%水準で有意差あり

結論

山形県をはじめ東北地域では、水田から得られる飼料用米、イネホールクロップサイレージ、稲ワラ等の飼料資源を生産・利用拡大することで地域農業の振興が期待されている。飼料用米の生産は、食用米の技術を活かすことが可能であり、助成金の支えもあって年々増加している。したがって、本調査研究の粳米サイレージを含め飼料用米の給与技術を確立することで増加する供給量を受け止め、飼料用米の取り組みを円滑に進めることができる。さらに東北地域では既存の飼料基盤に加えて豊富な水田を飼料生産に活用することで、より多くの飼料を供給し、家畜の頭羽数を増やすことも可能になると考える。国産飼料を積極的に活用することで、消費者にも支持される畜産物生産が可能となり、地域農業の振興に繋がる。