

## 乳牛における食品製造副産物を組み合わせた飼料用粳米多給技術

佐藤 精<sup>1)</sup>・大矢剛久<sup>1)</sup>

**摘要** : 乳牛における飼料用米多給技術として、飼料用粳米を含みしょうゆ粕を蛋白質源とする実用的な混合飼料(TMR)を長期飼養試験により実証した。6頭の乳牛を同じ産次構成になるように2群に分け、分娩後6日から15週間にわたり慣行または粉碎した粳米を含むTMRを給与した。

実用TMRにより慣行TMRと同等の生産性を得ることができた。泌乳中期においてMUNが低下したことから、飼料中の蛋白質が有効に使われたことが推察された。

粉碎飼料用粳米と食品製造副産物であるしょうゆ粕を組み合わせることにより、10%程度の飼料費の低減が可能であることを明らかにした。

**キーワード** : 乳牛、飼料用粳米、泌乳前中期、食品製造副産物

## A Practical Total Mixed Ration Containing Unhulled Rice and By-product

SATO Say and OOYA Takehisa

**Abstract** : A practical feed menu for lactating cows was prepared; the total mixed ration (TMR) comprised unhulled rice as the primary source of starch. Soy sauce cake was used as the primary source of protein in the rice TMR. Six cows blocked according to parity were divided into two groups and fed the rice TMR or control TMR from 5 to 110 days of lactation.

No differences were observed in milk performance of cows fed either TMR. Low levels of milk urea nitrogen in cows fed the rice TMR in mid-lactation period indicated balanced fermentation of carbohydrates and protein in the rumen.

Moreover, use of the rice TMR could lead to an approximately 10% reduction in the total feed cost.

**Key Words** : lactating cow, unhulled rice grain, early and mid-lactation, by-product feed

## 緒言

現在、世界的な飼料価格の高騰を受け、飼料自給率の低い愛知県の酪農経営への影響は深刻である。変動要因の大きい輸入飼料主体の飼養管理から自給飼料作物による飼養管理のための技術確立が急務である。特に飼料用米は、水田を生産基盤としており、日本の国土で生産するには適しており、今後の普及が期待されている。

これまで、乳牛における飼料用米の利用としては乾燥粃米の形態が流通・保管する上で低コストであり、それを80%が2 mm以下になるまで粉碎加工して給与することにより、大麦並みのTDNが期待でき、その給与限界は30%程度とされている<sup>1)</sup>。

飼料用粃米はデンプン源として使われるが、蛋白質含量が少なく、他に蛋白質に富む飼料原料と組み合わせる必要があるが、一般的に使われる大豆粕等ではコストが高くなり、飼料用米利用の利点が薄れる。そこで飼料メニューの中で、蛋白質源としては、本県では入手しやすく、保存性の良い食品製造副産物であるしょうゆ粕を用いることが、低コスト化を図る上で有効と考えられた。

本試験では、泌乳前～中期の乳牛に飼料用粃米を給与する実用的な飼料メニューについて長期実証試験を通してその生産性の担保、経済性の利点を明らかにすることを目的とした。

## 材料及び方法

試験牛として、初産、2産及び3産を2頭ずつ、6頭の乳牛を供試した。その際、試験区に均等に産次数を振り割り無作為に配置した。

乾乳後期から試験牛をドアフィーダーの設置したフリーストールバーンで個別給与を行い、同一の市販乾乳牛用飼料を1頭当たり3 kg給与し、スーダングラス乾草は不断給飼とした。分娩後、スーダン乾草飽食から徐々に試験用TMRに切り替え、6日目から110日目まで試験TMRを不断給与した。

搾乳は1日2回(6時、16時)、ミルクパーラーで行い、乳量及び体重を計測した。試験期間中は毎週1日分の生乳サンプリングを行い、分析は東海酪農農業組合連合会生乳分析センター(愛知県)に依頼し、乳脂肪率、乳蛋白質率、無脂固形分率、および乳中尿素態窒素(MUN)を測定した。

試験TMRの配合割合および飼料成分を表1および表2に示した。慣行区として慣行の輸入トウモロコシを含む市販配合飼料主体のTMRを給与し、米区として飼料用粃米を飼料中約20%となるよう調製した。飼料用粃米は、乳牛用飼料として十分な粉碎が得られる<sup>1)</sup>飼料用米粉砕機SR-II(大竹製作所、愛知)を用いた。

試験TMRは2週間分をまとめて混合し、フレキシブルコンテナバッグに入れたポリエチレンの内袋に封入し、2

表1 飼料配合割合(乾物中%)

	慣行区	米区
トウモロコシサイレージ	16.9	16.7
アルファルファ乾草	7.6	7.5
スーダングラス乾草	21.4	21.2
輸入トウモロコシ	17.1	2.1
粉碎粃米	0.0	19.8
フスマ	15.1	14.2
ビール粕	4.5	5.9
コーングルテンフィード	5.7	0.7
しょうゆ粕	5.4	10.7
大豆粕	2.0	0.2
ナタネ粕	1.0	0.1
その他	3.3	0.9
	100.0	100.0

表2 飼料成分(計算値)

	慣行区	米区
粗蛋白質	15.4	14.6
代謝蛋白質 <sup>1)</sup>	10.9	11.0
代謝エネルギーMcal/kg	2.67	2.64
eNDF	28.5	27.3
NDF <sup>2)</sup>	41.2	41.4
NFC <sup>3)</sup>	35.1	35.0
粗脂肪	3.96	4.15

- 1) CPMにより推定
- 2) 中性デタージェント繊維
- 3) 非繊維性炭水化物

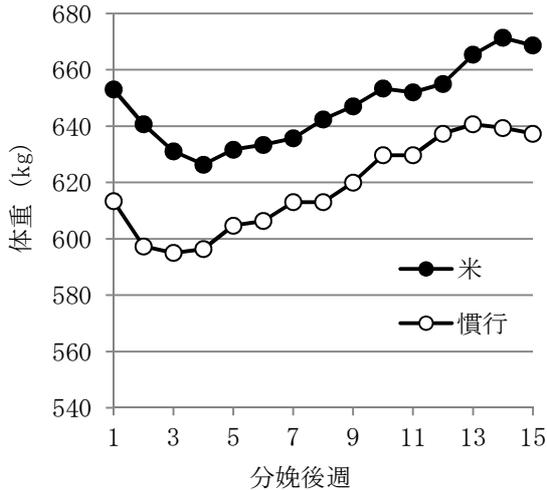
週間程度安置した発酵TMRを用いた。試験TMRは毎日10時と15時に計量し給与、10時に残飼を回収し計量した。

分娩後15週時に、胃液を経口カテーテルにより採材し、-20℃で保管した。後日揮発性脂肪酸(VFA)は既報<sup>2)</sup>と同様に分析を行った。また、同時に血液を頸静脈からヘパリンナトリウム含有採血管で採材し、10分間遠心分離(1500×g)した血漿を-20℃で保管した。後日、血液成分は自動血液分析装置富士ドライケム3000(富士フィルム株式会社、神奈川)を用いてブドウ糖、血漿中尿素体窒素(PUN)、アルブミン、総タンパク質、総コレステロール、中性脂肪、 $\gamma$ -GTP、GOT、リン、およびカルシウムを測定した。

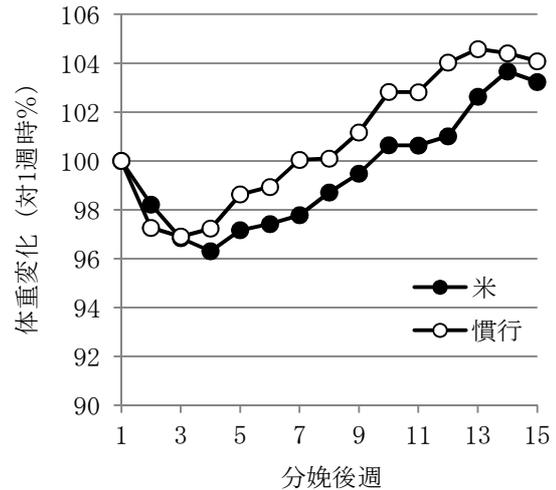
統計処理は処理と産次数を要因とした2元配置で行った<sup>3)</sup>。

## 試験結果

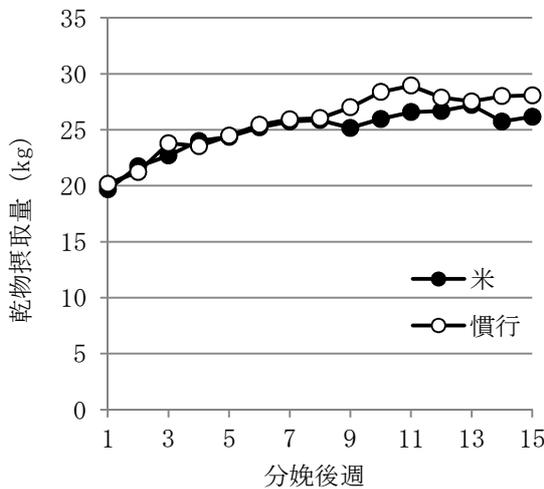
体重の推移を図1-1に示した。分娩後体重で区間に40 kgの差があったが、期間を通してその差は有意ではなか



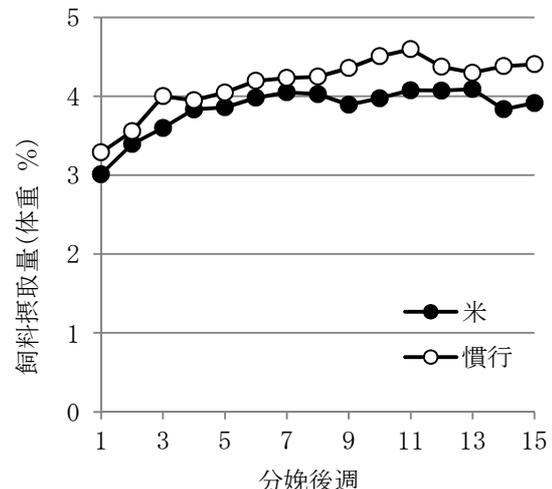
(図 1-1)



(図 1-2)



(図 1-3)



(図 1-4)

図1 乳牛の泌乳初期～中期における体重および乾物摂取量の推移に及ぼす飼料用米および食品製造副産物を使った実用的 TMR の影響

った。分娩後1週時の体重を100としたときの相対体重変化(図1-2)においても期間を通して有意な差は検出されなかったが、米区において体重の減少から回復に向かうまで1週遅れた。その後は両区とも同様に体重回復が見られた。米区の乾物摂取量(DMI)は慣行と比較して有意な差はなかったが、泌乳中期において下がる傾向にあった(図1-3)。体重当たりの乾物摂取量においても期間中有意な差はなかった。

乳生産について図2に示した。日乳量は米区において慣行区と同等であった(図2-1)。乳脂肪分率は上下はするものの、同様に推移(図2-2)し、その結果4%乳脂肪補正乳量も同様に推移した(図2-3)。乳蛋白質率(図2-4)および無脂固形分率(図2-5)においても両区とも同様に推移した。MUNが泌乳中期で低下する傾向にあり、9週時においてはその差は有意であった( $P < 0.05$ )。

分娩後15週時の血液性状を表3に示した。PUNにおいて、有意差は検出されなかったものの、慣行区が米区の2倍近

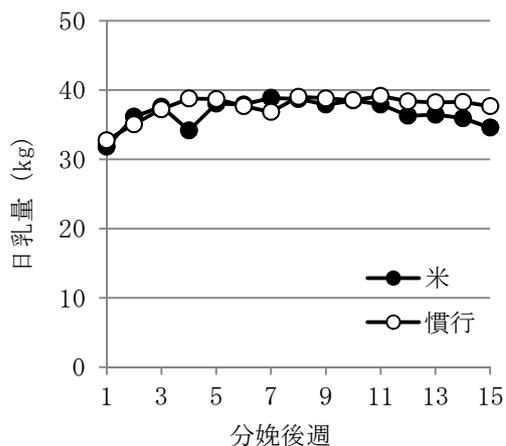
い値であった。他の項目においては両区に違いは見られなかった。

分娩後15週時の第一胃内容液性状を表4に示した。有意差は検出されなかったが、総VFAにおいて、米区が慣行区に比べて高い値を示した。しかし、酢酸/プロピオン酸比率、総VFA中の酢酸およびプロピオン酸の比率に違いは見られなかった。

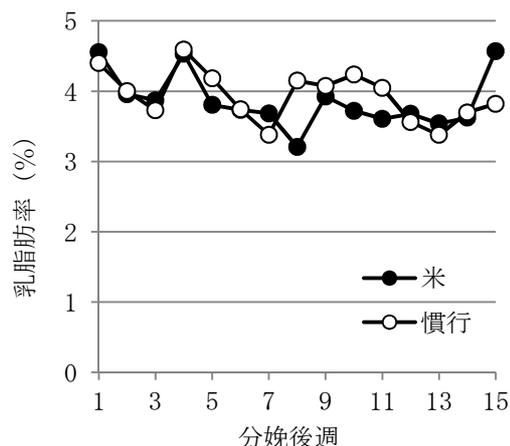
経済効果を表5に示した。積算乳量、積算飼料摂取量から、粗利益を算出したところ、米区は慣行区に比べて1日1頭当たり150円程度のコスト低減となり、飼料費の約10%程度が低減されていた。

## 考 察

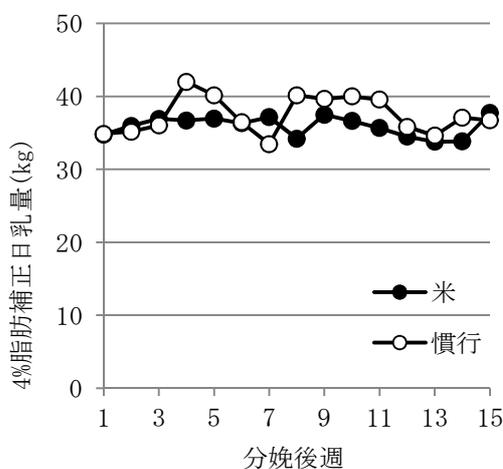
しょうゆ粕はしょうゆの製造過程で排出され、食品産業が盛んな本県においても古くから乳牛用飼料として広く利用されてきている。しょうゆ粕は蛋白質に富み、そ



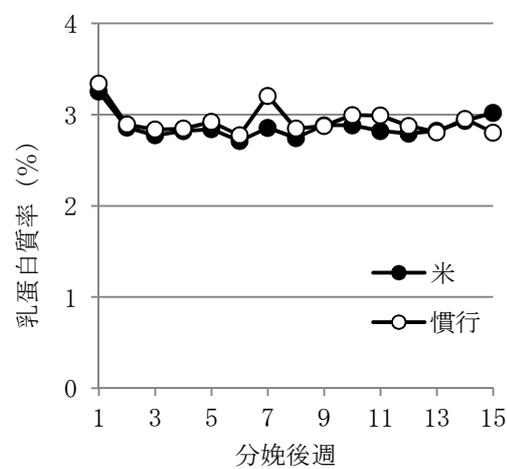
(図 2-1)



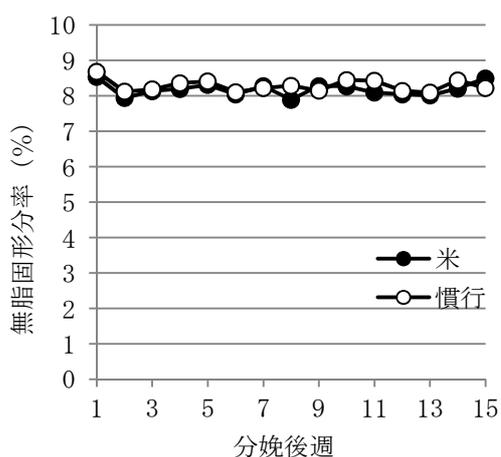
(図 2-2)



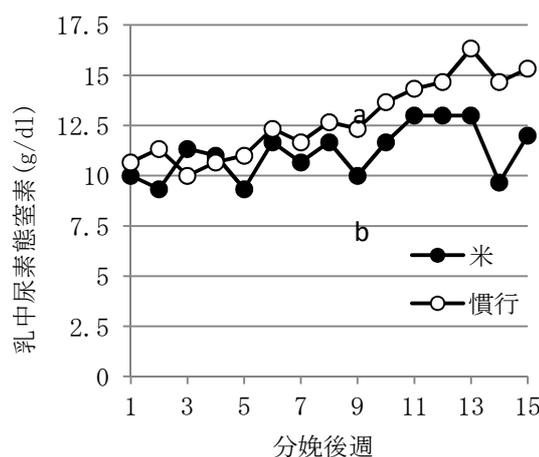
(図 2-3)



(図 2-4)



(図 2-5)



(図 2-6)

図2 乳牛の泌乳初期～中期における乳生産の推移に及ぼす飼料用米および食品製造副産物を使った実用的 TMR の影響

a, b : 同一週次において処理間に有意差あり (P<0.05)

の蛋白質の分解性は日本飼養標準<sup>4)</sup>の中では最も高い一方、脂肪酸含量および塩分含量が高く、給与の際の制限要因となる。しょうゆ粕の乳牛用飼料としての給与限界

は10%では問題がなく、20%では飼料中のほとんどの成分消化率を低下させる事が報告されている(Hosoda et al.<sup>5)</sup>)。この消化率減少効果は主にしょうゆ粕に豊富に

表3 乳牛の泌乳中期(15週)における血液性状に及ぼす飼料用米および食品製造副産物を使った実用的 TMR の影響

		慣行区		米区	
ブドウ糖 (mg/dL)		53.7	± 7.1	51.3	± 7.8
血漿中尿素態窒素 (mg/dL)		17.13	± 2.99	9.77	± 0.50
アルブミン (mg/dL)		2.93	± 0.15	2.73	± 0.45
総タンパク質 (mg/dL)		6.20	± 0.24	5.83	± 0.66
総コレステロール (mg/dL)		255.0	± 1.9	224.0	± 36.1
中性脂肪 (mg/dL)		1.7	± 0.8	3.0	± 1.4
γ-GTP (IU/dL)		16.7	± 1.1	14.7	± 1.5
GOT (IU/dL)		48.0	± 13.0	50.7	± 7.6
リン (mg/dL)		5.17	± 1.49	4.37	± 0.66
カルシウム (mg/dL)		6.27	± 0.25	5.97	± 0.9

平均±標準誤差

表4 乳牛の泌乳中期(15週)における第一胃内容液性状に及ぼす飼料用米および食品製造副産物を使った実用的 TMR の影響

		慣行区		米区	
酢酸 (mg/L)		2039	± 587	3371	± 721
プロピオン酸 (mg/L)		730	± 269	1329	± 391
その他 VFA (mg/L)		491	± 116	1418	± 548
総 VFA (mg/L)		3261	± 969	6118	± 1633
酢酸/プロピオン酸比		2.93	± 0.37	2.70	± 0.50
酢酸/総 VFA (%)		62.8	± 1.5	56.6	± 5.3
プロピオン酸/総 VFA (%)		21.8	± 2.1	21.4	± 2.0

平均±標準誤差

表5 飼料用米多給実用的 TMR の経済効果

	慣行区	米区
支出		
105日乾物摂取量 (kg)	2,705	2,609
TMR 乾物単価 (円/kg)	53.87	45.56
105日飼料費 (円)	145,725	118,874
収入		
105日乳量 (kg)	3,956	3,856
乳代 (@110円/kg)	435,183	424,181
乳飼差額 (円/1頭)	289,458	305,307
試験区間差額 (1日当たり約151円)	15,849	

含まれる大豆由来の不飽和脂肪酸によるものと考えられている。不飽和脂肪酸は第一胃内微生物に強い毒性を持つ事が知られており、本研究ではしょうゆ粕の配合割合を問題ないとされる10%とした。

一方、粉碎または圧扁加工された飼料用米は、圧扁トウモロコシに比較して分解性が高いとされており<sup>1)</sup>、その給与限界は30%程度といわれ、40%以上給与できる圧扁トウモロコシにくらべて、飼料設計時には注意が必要である。Miyaji et al<sup>6,7)</sup>は第一胃分解の速い大豆粕やトウ

フ粕を蛋白質源とした TMR において圧扁トウモロコシを圧扁玄米に代替する事により、同レベルのデンプン水準、蛋白質水準でも生産性はかわらず、尿中窒素排泄量は低減する事を報告している。これは、飼料用米の第一胃内分解速度が蛋白質の分解速度とマッチした事によるとしている。本研究では窒素出納までは調査していないが、蛋白質源を第一胃内分解性の高いしょうゆ粕と第一胃内分解性が高い飼料用米がマッチしたことが、第一胃内容液性状の高い総 VFA(表4)、血液性状の低い PUN(表3)、低い MUN(図2-6)から推察する事ができる。本試験で用いた TMR の際蛋白質含量は粗蛋白質ではなく、実際に牛体が吸収できる代謝蛋白質量を動的モデル(CPM<sup>®</sup>)で推定し合わせた。動的モデルは蛋白質の第1胃内分解性を加味し、第一胃内微生物収量を推定する。本試験ではモデルによる推定通り、コスト的に高価な粗蛋白質含量としては低く抑え、実質的な牛体が利用できる蛋白質としては十分量供給できたものと考えられる。

以上から、本試験において飼料用米としょうゆ粕を組み合わせる事により慣行飼料と同等の生産性を達成することができた。また、血液性状(表3)においても PUN 以外に差異がなく、指標<sup>9,10)</sup>の範囲内であった事から健康状態に問題がなかった事が明らかになった。

最終的な経済評価(表5)から本試験で用いた TMR によ

り1日1頭当たり約151円のコスト低減が図れることが明らかになった。しかしながら、飼料用粳米の利用だけでは不十分であり、合わせて食品製造副産物も利用することにより、達成することが可能であった。

飼料用粳米の現在主流の加工形態である乾燥粉碎では、飼料用米自体の低コスト化は達成されず、現在主流のトウモロコシとの価格差はわずかである。今後の乾燥工程を省く粳米サイレージ等の加工・給与技術開発による低コスト化が必要である。

## 引用文献

1. (独)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. 2015年版.
2. 佐藤精, 中山博文, 榊原隆夫. 栄養水準の異なるTMRおよび自動給餌配合飼料量が乳牛の乳生産に及ぼす影響. 愛知農総試研報40. 167-171. (2008)
3. 吉田実. 畜産を中心とする実験計画法(1975)105-142.
4. (独)農業・食品産業技術総合研究機構編. 日本標準飼料成分表(2009年版). 中央畜産会, 東京. p. 210(2010)
5. Hosoda, K. Miyaji, Matsuyama, M. Imai, Y. and Nonaka K. Digestibility, ruminal fermentation, nitrogen balance and methane production in Holstein steers fed diets containing soy sauce cake at 10 or 20%. Anim. Sci. J. 83. 220-226. (2012)
6. Miyaji, M. Matsuyama, H. Hosoda, K. and Nonaka, K. Effect of replacing corn with brown rice grain in a total mixed ration silage on milk production, ruminal fermentation and nitrogen balance in lactating dairy cows. Anim. Sci. J. 83: 585-593 (2012)
7. Miyaji M. Matsuyama, H. Hosoda, K. and Nonaka, K. Milk production, nutrient digestibility and nitrogen balance in lactating cows fed total mixed ration silages containing steam-flaked brown rice as substitute for steam-flaked corn, and wet food by-products. Anim. Sci. J. 84: 483-488(2013)
8. CPM Dairy HELP BOOK. ウィリアムマイナー農業研究所. (1999)
9. 菊池実, 飼料設計の実際. 生産獣医療システム・乳牛編2. 農山漁村文化協会. 東京. p. 65-86(2000)
10. 木下茂人, 宮澤隆. 長野県における乳牛の代謝プロフィールテストの実用化1. 判別分析を応用した牛乳の泌乳期の評価. 獣医情報科学雑誌33: 7-11. (1994)