

# 乳牛における給与飼料蛋白質水準が泌乳性に及ぼす影響（第3報）

## －飼料用玄米を活用した低蛋白質飼料の効果－

和田卓也・森永史昭・佐藤智之・加藤信正・吉田茂昭

Effects of Dietary Protein Levels on Lactation Performance of Dairy Cows. (vol.3)

- Low Protein Level Feed Using Grain Brown Rice -

Takuya WADA, Fumiaki MORINAGA, Tomoyuki SATO, Nobumasa KATO and Shigeaki Yoshida

### 要 約

乳牛に負担が少なく生涯生産性の向上につながる飼料給与技術の確立を目指して、飼料用玄米を活用した低蛋白質飼料が乳牛の生産性、繁殖に及ぼす影響を検討した。市販配合飼料を主体とした CP16%区と、飼料用玄米（破砕）で市販配合飼料の5割を代替（濃厚飼料の34%を飼料用玄米で代替）した低蛋白質水準の CP14%区を設定し、泌乳中後期および最盛期の乳牛を用いて飼養試験を行った。その結果、乾物摂取量や乳生産性は両試験区で差は認められなかった。第一胃内アンモニア態窒素、BUN(血中尿素態窒素)およびMUN(乳中尿素態窒素)などの窒素代謝産物は、飼料中の窒素成分を反映し、CP14%区の方が低い傾向にあった。その他の血液性状、第一胃内容液性状には飼料用米給与による影響はみられなかった。また、有意な差は認められなかったものの、CP14%区の方が分娩後の体重回復が早く発情回帰日数は短かった。以上のことから、飼料用玄米で市販配合飼料の5割を代替した低蛋白質飼料を給与しても、乳牛の生産性に影響を及ぼさないと考えられた。

### I 緒 言

乳牛の泌乳能力は著しく向上し、最近では、牛群検定の全国平均は305日乳量で9,000kgを超えている。この高能力を発揮させるためには、栄養価の高い濃厚飼料の多給が必要とされている。しかし、濃厚飼料の多給は生産コストの増加につながるだけでなく、これによる蛋白質の過剰摂取が疾病や繁殖障害の発生リスクを増大させ、乳牛の供用年数を短くする要因ともなっている。とくに福井県は、分娩間隔が475日(全国平均433日)と長い傾向にあり、生涯産歴(平均産次)も2.4産(全国平均2.7産)と低い供用年

数が短くなっている<sup>1)</sup>。

また、県内の TMR 給与を行っている酪農家の蛋白質水準は平均 15.8%と、牛群平均乳量で43kg/日に相当する高い設定となっている。

近年、日本飼養標準<sup>2)</sup>の推奨値よりも低い蛋白質水準での高泌乳牛飼養技術が研究されており、既報<sup>3,4)</sup>においても、低蛋白質水準(CP14%)の飼料給与で従来どおりの乳生産性が期待できるとともに、蛋白質過剰による代謝障害や繁殖障害が起こりにくいことが示唆されている。一方、飼料中の CP 濃度を増加させると(11.4、14.4、17.3%)、分娩後から150日目まで、乳量、乳脂肪量および乳蛋白質量が有意に高まるとした報告<sup>5)</sup>もあるなど、確定的な結果は得られていな

い。

さらに、世界的な食糧価格の高騰を考えると、安定した飼料基盤を確保し飼料自給率の向上を図ることが喫緊の課題となっている。本県をはじめ我が国の水田基盤を活用した飼料用米や稲ホールクロップサイレージ (WCS) を家畜に給与することは、酪農家の経営安定化に寄与するだけでなく、畜産業界の果たすべき役割であるとも言える。

そこで今回は、低コストで乳牛に負担の少ない低蛋白質飼料給与技術を確立するため、市販配合飼料の代替に飼料用玄米 (破碎) を用いた低蛋白質飼料が乳牛に及ぼす影響について検討を行った。

## II 材料および方法

### 試験 1 (泌乳中後期)

#### 1 供試牛および試験方法

供試牛は、泌乳中後期のホルスタイン種乳牛 6 頭を用いた。(平均産歴 3.0 産、試験開始時の平均乳量 27.6kg/日、平均分娩後日数 231 日)

2 週間を 1 期とし、反転法による飼養試験を実施した。

#### 2 試験区分および供試飼料

日本飼養標準の推奨値を目安に市販配合飼料 (CP18.9%、TDN82.8%) を主体とした CP16% 区 (以下、16% 区)、乾物換算で市販配合飼料の 5 割を飼料用玄米で代替 (濃厚飼料の約 34% を飼料用米玄米で代替) し低蛋白質水準とした CP14% 区 (以下、14% 区) の 2 試験区を設定し、TMR 調製した。各試験区の飼料原料の混合割合と成分組成を表 1 に示した。なお、CP 濃度について、16% 区では綿実、14% 区では発酵ビール粕とトウフ粕を用いて調整した。

飼料用玄米は、県内で生産された品種 (ハナエチゼン等) を使用し、概ね 2mm 以下の粒度となるよう破碎処理を行った。

飼料給与は午前 10 時に行い、残飼が 10% 程度となるように自由採食させた。

#### 3 調査項目および分析方法

##### 1) 乾物摂取量 (DMI)

DMI は、個体ごとに給与量と残飼量を計測

し、水分測定値をもとに算出した。

表 1 試験飼料の配合割合と成分組成

項目	CP16%区	CP14%区
配合割合 (乾物%)		
牧草サイレージ	27.0	28.0
アルファルファヘイキューブ*	4.0	8.0
ビートパルプ	12.0	13.0
市販配合飼料 <sup>1)</sup>	38.0	17.0
飼料用玄米	—	17.0
大麦	11.0	11.0
綿実	8.0	—
発酵ビール粕	—	3.0
トウフ粕	—	2.0
成分組成 (乾物%)		
CP (粗蛋白質) <sup>2)</sup>	16.0 (15.8)	14.2 (13.8)
CPd (分解性蛋白質)	10.8	8.8
EE (粗脂肪)	3.9	2.9
ADF (酸性デタージェント繊維)	21.8	19.7
NDF (中性デタージェント繊維)	38.7	35.8
NFC (非繊維性炭水化物)	39.9	33.2
TDN (可消化養分総量)	74.8	74.8

1) CP18.9%、TDN82.8%

2) カッコ内の数値は実測値

#### 2) 乳量および乳成分

乳量は、搾乳時にミルクメーター (オリオン機械株式会社製) を使用して毎日計測した。

乳成分は、各試験期最終 2 日間の生乳を採取し、FOSS 社製ミルコスキャン FT120 で測定を行った。

#### 3) 第一胃内容液性状

第一胃内容液を各試験期の最終 2 日間、飼料給与前に経口カテーテルを用いて採取した。採取した第一胃内容液は二重ガーゼでろ過し、直ちに pH メーター ((株)佐藤計量器製作所製、ガラス電極 pH メーター K-620PH) を用いて pH を測定するとともに、第一胃内容液試料として分析に供した。プロトゾア数は試料 1 ml を FMS 溶液で 5 倍に希釈後、フックスローゼンタール計算板を用いて計測した。アンモニア態窒素は Conway の微量拡散法で測定した。

#### 4) 血液生化学性状

血液は、各試験期の最終日の飼料給与前 (午前 9 時 30 分) に尾静脈より採取して血漿を分離し、血液生化学自動分析装置 (富士フィルムメディカル(株)製富士ドライケム 4000sV) を用いて測定した。

### 試験 2 (泌乳最盛期)

泌乳最盛期 (平均産歴 3.0 産) のホルスタイ

ン種乳牛 6 頭を用い (3 頭ずつ 2 群)、分娩から分娩後 13 週間目までの飼養試験を実施した。

試験区分および供試飼料は試験 1 と同様とした。また、調査項目は試験 1 の項目に加え、分娩後の体重の推移と繁殖・疾病状況についても調査した。繁殖性については、分娩後 3 週間目より発情の回帰状況を観察した。

### III 結 果

#### 試 験 1 (泌乳中後期)

##### 1 乾物摂取量 (DMI) ・栄養充足率

DMI は、両試験区間で差はみられなかった。14% 区の飼料用玄米の原物摂取量は、1 日 1 頭当たり 3.8kg 程度であった。飼料中の CP 含量を反映し、CP 摂取量は 14% 区よりも 16% 区の方が高く、試験設計通りであった。また、CP 充足率、TDN 充足率については両区間で差はみられなかった (表 2)。

表2 乾物摂取量・栄養充足率

項 目	CP16%区	CP14%区
乾物摂取量(kg/日)	22.1±1.5	22.2±1.8
CP摂取量(kg/日)	3.5±0.2 <sup>A</sup>	3.2±0.3 <sup>B</sup>
CP充足率(%)	119.3±16.7	110.0±21.3
TDN充足率(%)	114.5±14.4	118.3±21.2

平均±標準偏差

異符号間に有意差あり (A, B: p<0.01)

##### 2 泌乳成績

表 3 に泌乳成績を示した。乳量は、16% 区に比べ 14% 区の方が少なくなる傾向にあったが、有意な差は認められなかった。乳生産効率、乳蛋白生産効率は、両試験区間で差はみられなかった。

乳蛋白質率、無脂固形分率は、14% 区で高かった (p<0.05)。また、MUN (乳中尿素態窒素) が 14% 区で低かった (p<0.01)。乳脂肪率は 14% 区の方が高かったが、有意な差ではなかった。

##### 3 第一胃内容液性状

経口採取した第一胃内容液の性状について、pH は、両試験区間で差はみられなかった。また、

アンモニア態窒素は、有意な差ではないが 14% 区で低かった。

表3 泌乳成績

項 目	CP16%区	CP14%区
乳 量(kg/日)	29.3±6.4	26.0±5.8
乳生産効率(%)	31.1±6.3	30.3±7.7
乳蛋白生産効率(%)	25.8±3.9	26.9±4.1
乳脂肪率(%)	3.59±0.32	4.19±1.02
無脂固形分率(%)	8.62±0.47 <sup>a</sup>	8.75±0.56 <sup>b</sup>
乳蛋白質率(%)	3.17±0.41 <sup>a</sup>	3.32±0.46 <sup>b</sup>
乳糖率(%)	4.45±0.11	4.43±0.23
MUN(mg/dl)	9.74±1.38 <sup>A</sup>	7.05±1.43 <sup>B</sup>

平均±標準偏差

異符号間に有意差あり (a, b: p<0.05, A, B: p<0.01)

乳生産効率

= (4%FCMkg × 750kcal) / (摂取TDNkg × 3999kcal) × 100

乳蛋白生産効率 = 乳蛋白生産量 / CP摂取量 × 100

表4 第一胃内容液性状

項 目	CP16%区	CP14%区
pH	6.93±0.21	6.88±0.19
アンモニア態窒素(mg/dl)	9.2±5.6	7.1±2.5
プロトゾア数(10 <sup>5</sup> /ml)	1.55±1.07	1.62±0.89

平均±標準偏差

##### 4 血液性状

BUN (血中尿素態窒素) が 14% 区で低くなった (p<0.01)。T-P (総蛋白質) が 14% 区で低くなった (p<0.05)。その他の項目については、両試験区

表5 血液性状

項 目	CP16%区	CP14%区
GOT(IU/l)	74.3±13.3	68.3±11.7
BUN(mg/dl)	11.2±1.0 <sup>A</sup>	7.5±1.3 <sup>B</sup>
GLU(mg/dl)	67.6±2.9	67.3±4.0
T-CHO(mg/dl)	231.3±56.7	237.7±54.6
T-P(mg/dl)	7.5±0.4 <sup>a</sup>	7.4±0.4 <sup>b</sup>
ALB(mg/dl)	3.9±0.1	3.9±0.2
A/G比	1.1±0.2	1.1±0.1

平均±標準偏差

異符号間に有意差あり (a, b: p<0.05, A, B: p<0.01)

間で差はみられず、いずれの項目も正常値の範囲内であった (表 5)。

#### 試 験 2 (泌乳最盛期)

### 1 乾物摂取量 (DMI)

DMI、体重1kg当たりのDMIは、両試験区間で差は認められなかった。14%区の飼料用玄米の原物摂取量は、1日1頭当たり3.4kg程度であった。両試験区とも暑熱の影響を受けDMIは少なく、CP充足率・TDN充足率は低くなった(表6)。とくに14%区のCP充足率は85%と低くなった。

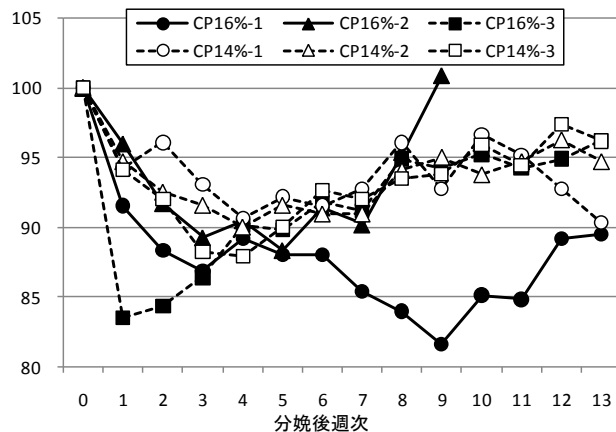
表6 乾物摂取量・栄養充足率

項目	CP16%区	CP14%区
乾物摂取量(kg/日)	19.3±0.50	19.9±2.93
体重1kg当たり 乾物摂取量(%)	3.32±0.25	3.23±0.50
CP充足率(%)	97.6±14.9	85.0±7.2
TDN充足率(%)	96.2±14.0	95.9±7.8

平均±標準偏差

### 2 体重の推移

分娩直後の体重を100とした時の体重比の推移(図1)をみると、14%区の方が分娩直後の



体重の落ち込みが軽く、その後も安定した回復を示した。

図1 分娩直後の体重を100とした時の体重比の推移

### 3 乳生産性

乳生産性について表7に示した。乳量は、両試験区間で有意な差は認められなかった。乳量の推移では、泌乳ピークが抑えられるなどの各区による特徴的な傾向はなかった(図2)。乳の生産効率や乳蛋白質の生産効率には、両区間で差は認められなかった。

乳成分はいずれの項目も、両区間で差は認められなかった。MUNは14%区で低くなったが、有意な差ではなかった。

表7 泌乳成績

項目	CP16%区	CP14%区
乳量(kg/日)	32.4±3.9	30.6±7.5
乳生産効率(%)	39.0±6.4	38.6±4.3
乳蛋白生産効率(%)	30.3±3.0	31.2±3.4
乳脂肪率(%)	3.36±0.39	4.04±0.33
無脂固形分率(%)	8.36±0.32	8.44±0.18
乳蛋白質率(%)	2.86±0.28	2.83±0.13
乳糖分率(%)	4.50±0.04	4.61±0.07
MUN(mg/dl)	11.23±2.36	7.42±1.77

平均±標準偏差

乳生産効率

$$= (4\%FCMkg \times 750Kcal) / (\text{摂取TDNkg} \times 3999Kcal) \times 100$$

$$\text{乳蛋白生産効率} = \text{乳蛋白生産量} / \text{CP摂取量} \times 100$$

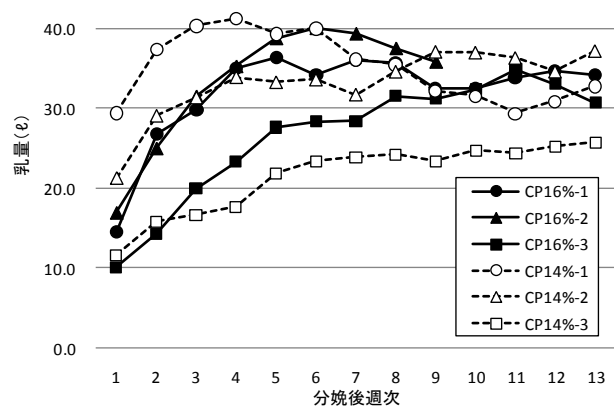


図2 乳量の推移

### 4 第一胃内容液の性状

第一胃内容液の性状のうち、pHは、両試験区間で差は認められなかった。揮発性脂肪酸(VFA)は、両区間で差は認められなかった。また、乳酸は検出されなかった。アンモニア態窒素は、14%区で低くなったが、有意な差ではなかった(表8)。プロトゾア数は、両区とも標準的な値であり、14%区の方がやや多かったが、有意な差ではなかった。

表8 第一胃内容液の性状

項目	CP16%区	CP14%区
pH	7.08±0.19	7.17±0.12
総揮発性脂肪酸(mmol/dl)	10.6±3.3	10.2±2.9
酢酸(mmol/dl)	7.0±2.0 (66%)	6.9±1.8 (67%)
プロピオン酸(mmol/dl)	2.3±1.0	1.8±0.7
酪酸(mmol/dl)	1.3±0.5	1.6±0.5
酢酸/プロピオン酸比	3.4±1.0	4.3±1.3
アンモニア態窒素(mg/dl)	9.1±3.9	5.9±1.6
プロトゾア数(10 <sup>5</sup> /ml)	3.8±2.0	5.8±2.8

平均±標準偏差

酢酸の欄の括弧内の数値は、総揮発性脂肪酸に占める酢酸の割合

## 5 血液性状

血液性状のうち、BUNが14%区で低くなったが、有意な差ではなかった。その他の項目については、いずれも正常値の範囲内であった(表9)。

表9 血液性状

項目	CP16%区	CP14%区
BUN(mg/dl)	14.1±4.6	8.5±3.9
GLU(mg/dl)	57.8±6.7	62.1±10.5
T-P(mg/dl)	7.7±0.1	8.1±0.4
ALB(mg/dl)	4.1±0.3	3.9±0.2
A/G比	1.2±0.2	1.0±0.1
T-CHO(mg/dl)	161.8±37.0	209.7±54.4
カルシウム(mmol/dl)	10.8±0.4	10.4±0.5
リン(mmol/dl)	5.9±0.2	6.0±1.9
GOT(IU/l)	79.4±26.2	70.6±15.2
GGT(IU/l)	32.7±3.2	33.9±3.7

平均±標準偏差

## 6 発情回帰日数・初回種付日数

発情回帰日数は、14%区でやや早くなったが、有意な差ではなかった(表10)。

表10 分娩後の発情回帰・初回種付日数

項目	CP16%区	CP14%区
発情回帰日数(日)	59.7±35.3	52.3±21.5
初回種付日数(日)	64.7±27.5	65.0±19.3

平均±標準偏差

## IV 考 察

泌乳中後期の乳牛を用いた試験1、泌乳最盛期の乳牛を用いた試験2の両試験について、同様の傾向の結果が得られた。

乾物摂取量(DMI)について、トウモロコシを主体とした飼料を用いた既報<sup>3,4)</sup>では、低蛋白質水準(14%)にすることでDMIが増加する傾向にあったが、本試験では、分娩直後に16%区で採食性の落ちる個体がみられたものの、試験期間を通じては両区間でDMIに差はなかった。また、14%区の飼料用玄米の原物摂取量は1日1頭当たり3.4~3.8kgであり、TMR給与では嗜好性やDMIに影響を及ぼすことはなかった。

乳量やMUNを除く乳成分は、両区でとくに差は認められず、低蛋白質水準の14%区でも従来どおりの乳生産性が得られることが確認できた。乳牛への飼料用米の給与技術を確認するため、トウモロコシ、大麦などの単味飼料や、配合飼料の代替として飼料用米を利用した飼養試験が行われている<sup>6,7)</sup>。これらの試験の飼料用米の加工法・代替割合は様々であり、蛋白質水準も13.7~16.4%と幅があり、単純に比較はできないが、いずれも本試験と同様、乳量や乳成分には影響を及ぼさないとしている。

蛋白質の第一胃内での利用性を評価する上で、MUN(乳中尿素態窒素)やBUN(血中尿素態窒素)が指標となるが、これらの値は低蛋白質水準の14%区で標準値(MUN:8~16mg/dl、BUN:10~20mg/dl)を下回っていた。しかし、14%区の乳蛋白質率は、16%区と比べとくに差は認められなかった。このことから、低蛋白質水準の14%区においては、摂取した蛋白質の第一胃内での利用性が高まっているものと考えられる。

飼料中の蛋白質の不足は、過剰の場合と同様に繁殖成績の低下が懸念されている。しかし、飼料の蛋白質水準の違いが繁殖成績に及ぼす影響について検討したLawらの報告<sup>8)</sup>では、種付け後の100日間の受胎率で、低CP区(CP11.4%)は、中CP区(14.4%)や高CP区(17.4%)に比べ高い傾向を示している(受胎率はそれぞれ82.7、66.7、62.1%)。本試験では、繁殖機能の回復(発情回帰日数および初回種付日数)は両区間で有意な差は認められず、本試験の低蛋白

質飼料給与による繁殖成績への影響はみられなかった。

飼料用米は、デンプンや糖含量が高く、さらに破砕処理で細くなることにより第一胃内で発酵されやすいため、ルーメンアシドーシスの発生が懸念されている。ルーメンアシドーシス牛では、乳酸の過剰生産により pH5.0 以下となることが多い<sup>9)</sup>。本試験では、両区で pH に差はなく、第一胃内容液から乳酸は検出されなかったことや、繊維成分とデンプンなどの非繊維性炭水化物との発酵のバランスを示す酢酸/プロピオン酸比が 3 を超え酢酸発酵が優先していたこと、プロトゾア数などから考えると、第一胃内の発酵は安定しており、飼料用米給与による影響はみられなかった。粗飼料の給与不足に注意するなど適切な飼養管理を行えば、ルーメンアシドーシス発生の可能性は低いと考えられる。

以上のことから、飼料用玄米で市販配合飼料の 5 割を代替した低蛋白質飼料を給与しても、乳牛の生産性に影響を及ぼさないと考えられた。今後、給与技術の実用化に向け、低蛋白質水準の飼料の長期給与が、繁殖成績とくに受胎率に及ぼす影響についてさらに検討していく必要があると思われる。

## 参考文献

- 1)(社)家畜改良事業団.乳用牛群検定成績のまとめ(平成 21 年度)
- 2)(独)農業・食品産業技術総合研究機構編,日本飼養標準乳牛 2006 年版.
- 3)佐藤智之ら.乳牛における給与蛋白質水準が泌乳性に及ぼす影響(第 1 報),福井県畜産試験場研究報告,22:15-19,2009.
- 4)佐藤智之ら.乳牛における給与蛋白質水準が泌乳性に及ぼす影響(第 2 報)ー泌乳最盛期および泌乳中期における低蛋白質飼料の効果ー,福井県畜産試験場研究報告,23:1-6,2010.
- 5)R.A.Law et al., Effect of dietary protein content on animal production and blood metabolites of dairy cows during lactation, J. Dairy Sci., 92(3): 1001-1012, 2009.
- 6)平林晴飛ら.乳牛における飼料用米多給技術の開発,群馬県畜産試験場研究報告, 17:1-8, 2010.
- 7)(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(2010 年度版).
- 8) R.A.Law et al., Effect of dietary protein content on the fertility of dairy cows during early and mid lactation, J. Dairy Sci., 92(6): 2737-2746, 2009.
- 9)全国農業共済協会.家畜共済における臨床病理検査要領(平成 17 年改訂版)

Effects of Dietary Protein Levels on Lactation Performance of Dairy Cows. (vol.3)

- Low Protein Level Feed Using Grain Brown Rice -

Takuya WADA, Fumiaki MORINAGA, Tomoyuki SATO, Nobumasa KATO and Shigeaki Yoshida  
Fukui Prefectural Livestock Experiment Station

In order to establish cow-friendly feeding technique leading to improvement of lifelong productivity, we examined the effects of lower dietary protein level using feed brown rice (50% substitute for commercial formula feed) on lactation performance and fertility of dairy cows.

Holstein cows during mid or early lactation were fed with 1 of 2 dietary crude protein (CP) levels : higher protein feed (CP16%); mainly composed of commercial formula feed or lower protein feed (CP14%); using feed brown rice 50% substitute for commercial formula (34% as a substitute of concentrate).

The results were as follows;

1. There were no significant dietary treatment effects on feed intake and lactation performance.
2. Nitrogen metabolites like rumen ammonia nitrogen, milk urea nitrogen (MUN), and blood plasma urea nitrogen (BUN) tended to decreased as the quantity of nitrogen in the feed decrease.
3. There were no significant effects of dietary protein content and feeding brown rice on other blood plasma and rumen fluid characteristics.
4. Cows in CP14% group recover its weight earlier in postpartum and (though not significant) came into the first estrus earlier.

Results of this study indicate that protein level can be reduced to 14% by using feed brown rice with no detrimental effect on animal performance.