

# 分娩前移行期における蛋白質給与水準がホルスタイン種乳牛の産乳性および繁殖性に及ぼす影響

## Effects of the protein level in diets on milk productivity and reproduction in transition Holstein cow

時田康広・猪野敬一郎<sup>1</sup>・稲田司・清島和生<sup>2</sup>・野中敏道

Yasuhiro TOKITA, Keiichirou INO, Tsukasa INADA, Kazuo KIYOSHIMA and Toshimichi NONAKA

### 要 約

分娩前移行期の飼料中の蛋白質水準がホルスタイン種乳牛の産乳成績および繁殖成績に及ぼす影響について検討した。経産牛および初妊牛をそれぞれ70頭を用い、分娩前3週間(分娩前移行期)の飼料中CP含量について2水準(経産牛:高CP区15.3%、低CP区12.7%、初妊牛:高CP区14.1%、低CP区11.6%)を設けて調査を行った。

飼料摂取量は、経産牛・初妊牛とも両区に差はみられず、乳量は、高CP区で経産牛、初妊牛とも高く推移するが、泌乳初期の体重回復が遅れた。受胎率は、経産牛では低CP区で高く、初妊牛では差はみられなかった。分娩前移行期における尿中窒素排泄量および窒素蓄積量は、経産牛、初妊牛とも高CP区で有意に高くなった。経産牛では窒素蓄積量より尿中窒素排泄量が増加し、初妊牛では尿中窒素排泄量より窒素蓄積量が増加した。以上の結果から、経産牛の分娩前の飼料中CP含量は、12%程度で十分であると思われるが、初妊牛では14%程度は必要であると考えられた。

キーワード:粗蛋白質、乳牛、産乳性

### I 緒言

近年、乳牛の分娩前後の飼養管理の中でも分娩前3週からの移行期の重要性が認識されてきた。しかし、この時期の栄養とくに蛋白質水準については国内外での研究が少なく明瞭な指針がないのが現状である。また、乳牛の耐用年数が短縮しており、初妊牛の牛群内における重要性が高まっているが、初妊牛の分娩前は育成後期として見なされており、分娩前の栄養水準に関する研究は少ない。

そこで、分娩前後の飼養管理に関する一連の研究に取り組んでいる当研究グループ[宮城、福島、茨城、埼玉、静岡、岐阜、京都、鳥取、熊本、全酪連酪農技術研究所の10場所及び助言者として(独)畜産草地研究所家畜生理栄養部が参加]では、平成11年度より4年間にわたり、移行期における蛋白質給与水準のちがいが乳牛の健康、産乳性および繁殖性に及ぼす影響について調査・検討を行った。

本報告は、その研究成果について、当研究グループで取りまとめたもの<sup>1) 2)</sup>を研究グループの了承を得て、一

部加筆修正し報告する。

### II 試験方法

供試牛は参画場所が繋養しているホルスタイン種雌牛で、経産牛では試験開始時の条件として体重がおおむね600kg、産次が1~4産、補正乳量で9000kg(前産の記録から推定)を見込める高泌乳牛を、2年間にわたり延べ70頭、初妊牛は分娩月齢が19~34ヶ月齢(平均25.5ヶ月齢)を2年間で70頭供試した。試験期間は分娩前9週から分娩後14週までとし、分娩予定の9週(63日)前から4週(22日)前までを乾乳前期、分娩予定の3週(21日)前から分娩までを移行期、分娩後5日目から分娩後14週(102日)後までを泌乳期とした。なお、繁殖成績は分娩20週(144日)後まで調査を継続した。

試験区の設定は、試験の処理は移行期のみとし、蛋白質給与水準の異なる2区を設けた。経産牛では、日本飼養標準による粗蛋白質(以下CP)の「成雌牛の維持に要する1日当たり養分量」に「分娩前3週間に維持に加える1日当たり養分量」を加えた要求量を100%とし、その110%を充足するよう飼料を給与する区を低CP区(飼料中

<sup>1</sup>熊本県阿蘇農業普及指導課 <sup>2</sup>熊本県農林水産部畜産課

CP12.7%)、同様に140%給与する区を高CP区(同15.3%)とした。初妊牛は日本飼養標準によるCPの「育成牛に要する1日当たり養分量(増体日量0.3kg)」に「分娩前3週間に維持に加える1日当たり養分量」を加えた要求量を100%とし、100%を充足するよう飼料を給与する区を低CP区(飼料中CP12.7%)、同様に120%給与する区を高CP区(同15.3%)とした。経産牛および初妊牛の可消化養分総量(以下TDN)は低CP区、高CP区ともに、CPと同様に計算した要求量の100%を充足するような飼料設計とした。また、分娩後5日以降は泌乳期用飼料を自由採食とした。

なお、脂溶性ビタミン類、マイクロミネラル、ビタミン添加剤は、これまでの協定研究を参考に分娩前50g、分娩後100g両区に給与した。

供試牛に給与した基本となる飼料は、輸入チモシー乾草とアルファルファヘイキューブで、各試験区用に設計したCP含量の異なる配合飼料をそれぞれ混合し、TMRとして給与した。表1に給与したTMRの配合割合を示した。基本的に経産牛、初妊牛ともに同じ配合割合で調製した飼料を給与したが、初妊牛試験の2年次は、魚粉の給与が禁止されたため、同じ成分となるよう配合飼料を調製した。

飼養管理は、個体毎の管理を基本とし、運動は1日4~5時間程度パドックへ放牧した。搾乳回数は1日2回行い、搾乳間隔は各場所の慣行法とした。

調査項目としては、飼料摂取量、養分摂取量、乳成分、窒素出納試験、血液検査、ルーメン液性状、泌乳成績および繁殖成績を調査した。

乳成分検査は、生乳を朝、夕採取し、乳脂率、乳蛋白質率、無脂固形分率はミルコスキャンによって、体細胞数はフォスマチックによって毎週測定した。

血液検査は、試験開始時、分娩1週間前、分娩後0日、分娩後7週に頸静脈より採血し、ヘマトクリット(Ht)、血漿中グルコース、血漿中尿素窒素(BUN)、遊離脂肪酸(NEFA)、Ca、無機リンを測定した。

ルーメン液の検査は、分娩1週間前、分娩後7週目に、カテーテルによりルーメン液を採取した。採取時刻は、午後1時とした。採取後pHを測定後、50mlを凍結保存し、揮発性脂肪酸(VFA)およびアンモニア態窒素(NH<sub>3</sub>-N)の分析を行った。

泌乳成績については、1日乳量は夕、朝の搾乳量の合計とした。乳量は分娩後5日目から7日ごとに集計し、1日平均乳量を算出した。

繁殖成績は、分娩後の発情回帰日数、初回授精までの日数、受胎の有無、受胎までに要した日数、授精回数、受胎率について調査した。発情観察は原則として朝夕2回、1回最低30分観察した。

統計処理は、SASGLMプロシジャーにより、分割区法、乱塊法およびχ<sup>2</sup>検定によって行った。

表1 TMR配合割合

単味飼料	原物%					
	乾乳前期		分娩前移行期		泌乳期	
	経産牛・初妊牛	経産牛・初妊牛		経産牛	初妊牛	
	経産牛・初妊牛	低CP区	高CP区		1年次	2年次
とうもろこし	7.5	26.1	19.3	30.8	30.8	19.8
大麦	-	-	-	3.9	3.9	7.2
小麦粉	0.2	0.7	0.7	-	-	-
ふすま	0.4	1.4	0.8	1.3	1.3	3.5
乾草ビール粕	-	-	-	-	-	2.7
大豆皮	0.3	0.9	0.9	-	-	-
大豆油脂	0.4	1.4	5.3	7.5	7.5	7.5
soyPLUS	0.3	1.1	5.3	2.9	2.9	2.7
コーン <sup>g</sup> ルテンミール	-	-	-	0.9	0.9	1.8
魚粉(65%)	-	-	-	1.2	1.2	-
糖蜜	0.2	0.6	0.6	-	-	-
ルーサンミール粉砕	0.2	0.7	-	0.9	0.9	-
ビートパ <sup>g</sup> ルブ	0.5	1.8	1.8	3.6	3.6	7.2
綿実	-	-	-	6.0	6.0	6.0
脂肪酸カルシウム	-	-	-	-	-	0.9
炭酸カルシウム	0.1	0.2	0.2	1.0	1.0	0.4
第2リン酸カルシウム	-	-	-	-	-	0.4
酸化マグネシウム	0.1	0.2	0.2	-	-	-
チモシー乾草	60.0	40.0	40.0	26.0	26.0	26.0
ヘイキューブ	30.0	25.0	25.0	14.0	14.0	14.0

表2 供試飼料中の栄養濃度（分析値）

DM%

項目	乾乳前期		分娩前移行期				泌乳期	
	経産牛	初妊牛	経産牛		初妊牛		経産牛	初妊牛
			低CP区	高CP区	低CP区	高CP区		
CP%	12.0	10.3	12.7	15.3	11.6	14.1	17.0	15.9
CP <sup>+</sup> イ <sup>o</sup> ス率	29.1	29.1	34.4	34.4	34.4	34.4	37.8	37.8
TDN%	63.4	62.6	69.6	69.5	69.2	69.1	75.8	75.4
NFC%	22.8	23.6	33.5	29.9	35.0	32.2	33.5	38.4
NDF%	53.6	55.3	42.1	41.7	42.9	42.8	33.7	34.8
Fat %	2.30	1.90	2.50	2.50	2.50	2.55	4.30	3.95
Ca %	0.60	0.70	0.60	0.60	0.65	0.65	0.70	0.75

\*数値は、各試験とも1年次試験と2年次試験の平均値を示した。

### III 結果及び考察

#### 1 体重、飼料摂取量および産乳成績

表2に供試した飼料中の栄養濃度を示した。分娩前9週間における乾物摂取量、TDN摂取量については、経産牛および初妊牛とも試験区間に差はみられなかった。経産牛のCP摂取量は、分娩前9週間の平均で低CP区が1.14kg/日（日本飼養標準による要求量に対する充足率118%）、高CP区が1.23kg/日（同127%）であった（ $P<0.01$ ）。また試験の処理をした移行期（分娩前3週間）のCP摂取量は、低CP区で1.17kg/日（日本飼養標準による要求量に対する充足率113%）、高CP区で1.42kg/日（同137%）となり、ほぼ試験設計どおり移行期に試験区間の差を設けることができた。初妊牛のCP摂取量は、分娩前9週間の平均で低CP区が1.11kg/日（日本飼養標準による要求量に対する充足率92%）、高CP区が1.21kg/日（同101%）であった

（ $P<0.01$ ）。また移行期のCP摂取量は、低CP区で1.20kg/日（日本飼養標準による要求量に対する充足率93%）、高CP区で1.44kg/日（同114%）となり、日本飼養標準に対する充足率は設計値に比べ低くなったが、移行期の飼料中CP含量が経産牛で12.7%、15.3%、初妊牛で11.5%、14.1%となり、移行期の飼料中CP含量の差を試験目的どおりに、CP摂取量の差として設けることができた。

分娩後14週間における体重、飼料摂取量、産乳成績の平均値を表3に示した。乾物摂取量、TDN摂取量、CP摂取量については、経産牛および初妊牛で試験区間に差はみられなかった。TDN充足率は、経産牛で分娩後14週間を通じて低CP区よりも高CP区の方が低く推移しており、平均値は低CP区が102%に対して高CP区は98%であった。分娩後の平均体重およびボディーコンディションスコア（BCS）は、経産牛・初妊牛とも試験区間に大きな差は

表3 体重、飼養成績および産乳成績（分娩後）

項目		経産牛		初妊牛	
		低CP区	高CP区	低CP区	高CP区
体重	kg	640.1	640.8	556.2	541.0
体重/基礎体重**	%	98.8	97.0	96.8	94.5
乾物摂取量	kg/日	22.9	22.9	17.2	17.1
TDN充足率	%	102.2	98.1	87.4	87.1
CP充足率	%	110.9	107.8	96.7	95.7
平均乳量+	kg/日	37.8	40.4	28.1	29.6
乳脂肪率	%	4.1	4.0	4.1	4.0
乳蛋白質率	%	3.1	3.1	3.1	3.1
無脂乳固形分率	%	8.6	8.5	8.7	8.7
乳中尿素	mg/dl	26.2	24.6	32.9	32.9
体細胞数	自然対数	4.4	4.6	1.7	1.6

（経産牛 + :  $P<0.10$ 、初妊牛 \* :  $P<0.10$ ）

なく、体重の回復度合いを表わす基礎体重比については、経産牛で低CP区99%、高CP区97%、初妊牛で低CP区97%、高CP区95%、となり、経産牛・初妊牛とも高CP区は体重の回復度合いが低CP区よりもやや遅い傾向(P<0.10)にあった。経産牛の体重の推移は、両区において同様に推移したが、初妊牛では高CP区が、低CP区より回復が遅れた。平均乳量は経産牛で低CP区が37.8kg、高CP区が40.4kgと高CP区の方が多い傾向にあった(P<0.10)。初妊牛では低CP区で28.1kg、高CP区で29.6kgと有意な差はないもの高CP区が高い値となった。

2 消化試験および血液分析値

消化試験時の窒素出納を図1に示した。分娩前移行期における消化試験の結果、経産牛の窒素摂取量は低CP区で183.5g、高CP区で228.5g、初妊牛は低CP区で191.8g、高CP区で242.7gと有意な差(P<0.01)がみられた。一方、窒素排泄量は、経産牛では糞中に低CP区が58.5g、高CP区が61.1gあったが、尿中には低CP区が74.9g、高CP区が109.9gとなり、高CP区の方が有意に高い値(P<0.01)となった。初妊牛の窒素排泄量は、糞中に低CP区が68.0g、高CP区が68.8gと経産牛と同様に差はなかったが、尿中には低CP区が73.5g、高CP区が92.9gと、高CP区の方が有意に

高い値(P<0.01)となったものの、経産牛ほどの大きな差にはならなかった。摂取量から排泄量を差し引いた窒素蓄積量は、経産牛では低CP区が50.1g、高CP区が57.5gと高CP区の方が有意に高く(P<0.05)だったが、摂取量の差45gに対し蓄積量の差は7.4gであった。初産牛の窒素蓄積量は、低CP区が50.2g、高CP区が81.0gと高CP区の方が有意に高く(P<0.01)なった。

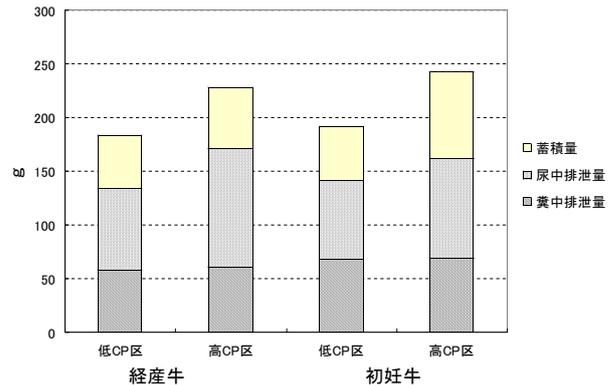


図1 窒素出納 (分娩前移行期)

表4 血液分析値

項目	経産牛		初妊牛		
	低CP区	高CP区	低CP区	高CP区	
ヘマトクリット値 %	-9W	35.0	34.4	34.3	33.3
	-1W	34.6++	33.3	33.4	35.3***
	0W	36.9	36.0	36.4	38.7***
	7W	32.4	31.3	33.0	33.3*
グルコース mg/dl	-9W	59.4	61.9	68.5	66.8
	-1W	60.4	61.7	71.8	69.8
	0W	86.5	85.1	91.1	93.7
	7W	59.5	61.8	64.5	65.3
BUN mg/dl	-9W	10.0	10.3	11.5	11.3
	-1W	11.4	16.2+++	11.3	15.0***
	0W	11.8	17.6+++	11.2	15.5***
	7W	16.3	16.3	16.2	16.5
NEFA μEq/l	-9W	258	312	188	211
	-1W	223	238	264	269
	0W	649	754	559	636
	7W	211	227	209	216
血中カルシウム mg/dl	-9W	9.4	9.4	9.8*	9.0
	-1W	9.0	9.2	9.2*	8.7
	0W	7.9	7.5	8.5	8.3
	7W	9.3	9.4	9.5	9.3
血中無機リン mg/dl	-9W	5.7	5.4	6.4**	5.8
	-1W	5.1	5.3	5.9**	5.0
	0W	3.4	3.6	4.7	4.4
	7W	4.9	4.7	5.7	5.4

(経産牛 + : P<0.10, ++ : P<0.05, +++ : P<0.01, 初妊牛 \* : P<0.10, \*\* : P<0.05, \*\*\* : P<0.01)

血液検査の結果を表4に示した。とくに異常な値は認められず、正常な範囲内での変化を示した。このうち、蛋白質代謝の指標となる血中尿素態窒素(BUN)は、分娩予定1週間および分娩時の値が、経産牛で低CP区がそれぞれ11.4mg/dlおよび11.8mg/dl、高CP区でそれぞれ16.2mg/dlおよび17.6mg/dlとなり、初妊牛で低CP区がそれぞれ11.3mg/dlおよび11.2mg/dl、高CP区でそれぞれ15.0mg/dlおよび15.5mg/dlと、飼料中蛋白質水準の違いにより、いずれも高CP区の方が低CP区よりも高い値(P<0.01)となった。

脂質代謝の影響を受ける血中遊離脂肪酸(NEFA)は、経産牛では分娩前1週間、分娩時および分娩後7週目の値が、低CP区でそれぞれ223μEq/l、649μEq/lおよび211μEq/lとなり、高CP区でそれぞれ238μEq/l、754μEq/lおよび227μEq/lとなり、初妊牛では、低CP区でそれぞれ264μEq/l、559μEq/lおよび209μEq/lとなり、高CP区でそれぞれ269μEq/l、636μEq/lおよび216μEq/lとなり、経産牛、初妊牛ともに分娩後上昇し、その後分娩後7週目までには低下する傾向が見られた。

ルーメン液性状について表5に示した。分娩前1週のアムモニア濃度は、経産牛では、低CP区で7.2mgN/dl、高CP区で8.9mgN/dl、初妊牛では、それぞれ6.8mgN/dl、8.4mgN/dlとなり、経産牛、初妊牛ともに高CP区におい

て高い傾向が見られたが、これは飼料中の蛋白質含量の違いが影響したものと考えられた。一般に第1胃内の環境は、飼料の質と量および飼料採食後の時間などによって変化するが、pHは6.0~7.0、産生されるVFAの比率は酢酸60~70%、プロピオン酸16~20%、酪酸10~15%であり、微生物蛋白質の合成指標となるルーメンNH<sub>3</sub>-Nは、5~10mgN/dl前後が至適濃度とされている。このことから、本試験では経産牛、初妊牛ともに両区に差は見られず、今回の成績は正常範囲内と思われる。

### 3 繁殖成績

表6に分娩時調査および繁殖成績を示した。経産牛では発情回帰日数、初回授精日数および受胎までに要した日数について、試験区間に有意な差はなかったが、授精回数および受胎率では、低CP区がそれぞれ1.6回および56.3%で、高CP区では2.1回および31.3%と、低CP区の方が高CP区よりも有意に(P<0.05)良好な成績となった。初妊牛では発情回帰日数は試験区間においてほぼ同日で、初回発情日数、受胎までの日数(P<0.05)で高CP区が伸びる傾向が見られたが、授精回数および受胎率には差が認められなかった。

表5 ルーメン液性状

項目	経産牛		初妊牛		
	低CP区	高CP区	低CP区	高CP区	
pH	-1W	7.12	7.29 <sup>++</sup>	6.69	6.98
	7W	7.05	7.05	6.88	6.92
アムモニア mgN/dl	-1W	7.4	8.9 <sup>++</sup>	6.8	8.4
	7W	11.1	10.7	9.5	8.8
総酸 mmol/dl	-1W	7.2	6.8	6.6	6.7
	7W	8.1	8.8	7.1	7.0
酢酸 %	-1W	70.2	70.5	60.6	60.1
	7W	65.2 <sup>++</sup>	63.3	56.7	55.3
プロピオン酸 %	-1W	15.8	15.8	23.4	23.9
	7W	20.3	22.2 <sup>+</sup>	26.7	28.8
酪酸 %	-1W	10.9 <sup>++</sup>	10.1	14.7	14.7
	7W	10.9	10.9	14.8	14.5

(経産牛 + : P<0.10, ++ : P<0.05)

## IV まとめ

本研究では、経産牛では分娩前の移行期にCP含量の高い飼料(15.3%)を給与すると、泌乳期において産乳性が向上することが示唆された。しかし消化試験の結果では、

尿中窒素排泄量の増加が窒素蓄積量の増加よりも多く、また繁殖成績は思わしくなかった。以上のことから、生産現場において推奨される移行期の飼料中CP含量は、経産牛については本研究の低CP区に近い12%程度とするの

が望ましいと考えられた。また、初妊牛では移行期にCP 含量の高い飼料（14.1%）を給与すると、産子体重が大

表6 分娩時の調査および繁殖成績

項目		経産牛		初妊牛	
		低CP区	高CP区	低CP区	高CP区
胎盤停滞発生率	%	17.1	6.1	4.7	4.7
子牛体重	kg	46.1	45.0	39.7	41.7**
発情回帰日数	日	58.6	62.7	55.8	56.6
初回授精日数	日	78.3	82.3	65.5	74.1
受胎までの日数	日	110.6	119.6	73.1	94.6**
授精回数	回	1.6	2.1 <sup>++</sup>	1.5	1.5
受胎率	%	56.3	31.3 <sup>++</sup>	55.9	52.9
繁殖障害発生率	%	12.5	18.8	26.5	14.7

最小自乗平均値を示した。

(経産牛 + : P<0.10, ++ : P<0.05, 初妊牛 \* : P<0.10, \*\* : P<0.05)

さくなり、産乳性の向上および分娩後の体重の減少が緩やかになることが示唆され、消化試験において尿中窒素排泄量が増加するが、それ以上に窒素蓄積量が増加が確認された。繁殖成績において受胎までの日数が延びるものの移行期の飼料中CP含量のちがいによる受胎率への影響は見られなかった。このようなことから、初妊牛の移行期のCP含量は、経産牛よりも若干高い14%程度とするのが望ましいと考えられた。

## V 引用文献

- 1) 楠原徹・小林宏子・阿部正彦・富田道則・芹澤正文・林登・岩間仁志・塩崎達也・野中敏道・猪野敬一郎・稲田司・清水正祐・野中最子・寺田文典, 茨城県畜産センター研究報告. 32 : 1-51, 2002.
- 2) 楠原徹・小林宏子・阿部正彦・富田道則・芹澤正文・高原康実・岩間仁志・大下雄三・野中敏道・猪野敬一郎・稲田司・石田武・野中最子・栗原光規・寺田文典, 茨城県畜産センター研究報告. 33 : 1-56, 2004.

## Effects of the protein level in diets on milk productivity and reproduction in transition Holstein cow

Yasuhiro TOKITA, Keiichirou INO, Tsukasa INADA, Kazuo KIYOSHIMA and Toshimichi NONAKA

### Summary

This study compared the effects of two levels of crude protein(CP) fed during transition period on milk production and reproductive performance of Holstein cows.

Seventy pregnant cows and seventy heifer for three weeks before calving were assigned to two groups.

They were fed diets containing low (cows:11.6% CP, heifer:12.7% CP) or high (cows:14.1% CP, heifer:15.3% CP).

There were no differences in dry matter intake between each group.

The milk yield of cows fed a high protein diet was higher than that of cows fed a low protein diet, but recovery body weight in early lactation was delayed.

Conception rate of cows fed a low protein diet was higher than fed a high protein diet, but the heifer was not influenced by prepartum treatment.

Nitrogen excretion in urine and nitrogen retention of cows fed a high protein diet were significantly higher than fed a low protein diet in transition period. In pregnant cows, the nitrogen excretion in urine increases more than the nitrogen retention, whereas in cows, the nitrogen retention increases more than the nitrogen excretion.

These results suggest that, 12% CP diet seems to be adequate for prepartum CP content of cows, but pregnant heifer require about 14% CP.