

ホエーを主原料とした代用乳の給与が黒毛和種ほ乳子牛の発育及び血液性状に及ぼす影響

坂瀬充洋*・吉田恵実*・秋山敬孝*・岩木史之**・福島護之*・渡邊理*

要 約

ホエーを主原料とした代用乳(ホエー代用乳)の給与が黒毛和種ほ乳子牛の発育に及ぼす影響を検討した。超早期母子分離した黒毛和種雄子牛10頭を、給与する代用乳の主原料の違いで5頭ずつ2区(対照区:脱脂粉乳,ホエー区:ホエー)に分けて、9週齢まで試験を実施した。人工乳を1週齢から、粗飼料としてチモシー乾草を3週齢から給与した。

- 1 体重、体高、胸囲及び腹囲については、試験区間に有意な差はみられなかった。
- 2 飼料摂取量については、試験区間に有意な差はみられなかった。
- 3 血中尿素態窒素(BUN)及び総コレステロール(T-cho)濃度は、ホエー区が対照区と比べて低く推移した。
- 4 糞便中水分量及び糞便スコアについては、試験区間に有意な差はみられなかった。

以上のことから、黒毛和種ほ乳子牛へのホエー代用乳の給与は、発育及び飼料摂取量に影響を及ぼさないことが判明した。また、ホエー代用乳を給与した子牛の蛋白質及び脂質代謝は、脱脂粉乳を主原料とした代用乳を給与した場合と比較して異なる可能性が示唆された。

Influence of Feeding Milk Replacer Containing Whey Protein Concentrate as a Major Protein Source on Growth and Blood Metabolites in Japanese Black Calves

Mitsuhiro SAKASE, Emi YOSHIDA, Takayuki AKIYAMA, Fumiyuki IWAKI,
Moriyuki FUKUSHIMA and Osamu WATANABE

Summary

We investigated the effects of feeding milk replacer containing whey protein concentrate as a major protein source on growth and blood metabolites in Japanese Black calves. Ten Japanese Black male neonatal calves were assigned randomly to two groups, which differed in the major protein source (control group: dried skim milk, whey group: whey protein concentrate) in milk replacer. The animals were fed calf starter pellets from 1-week-old and roughage from 3-weeks-old and received the experimental diet until 9 weeks old at weaning.

- (1) There was no significant difference in body weight, withers height, chest girth or abdominal girth between groups.
- (2) There was no significant difference in feed intake between groups.
- (3) Serum urea nitrogen and total cholesterol concentrations were lower in the whey group than in the control group.
- (4) There was no significant difference in fecal water and fecal score between groups.

2010年8月31日受理

*兵庫県立農林水産技術総合センター北部農業技術センター

**姫路家畜保健衛生所神戸出張所

These findings suggest that feeding milk replacer containing whey protein concentrate as a major protein source has no effect on growth and feed intake in Japanese Black calves. The decreases in serum urea nitrogen and total cholesterol concentrations in the whey group suggest that there may be differences in protein and lipid metabolism between animals fed milk replacers containing whey protein concentrate and those fed dried skim milk.

キーワード：ホエー，代用乳，黒毛和種，ほ乳期，発育，血液性状

緒 言

黒毛和種子牛の人工ほ乳に用いられている代用乳は、脱脂粉乳を主原料として製造されている。近年、未利用飼料資源の高度有効利用の観点から、チーズの製造副産物として産出され大部分が廃棄されているホエーの畜産分野における飼料利用が注目されている。ホエーは、脱脂粉乳に多く含まれるカゼイン以外の蛋白質（ホエー蛋白質）、ビタミン、免疫物質及び無機成分を含んでおり、栄養学的に優れ、機能性の高い牛乳成分である^{1,2,3)}。今後、チーズ生産量の増大に伴って副産物であるホエーの量も膨大なものとなるため、その有効活用が望まれている。しかし、ホエーを主原料とした代用乳を黒毛和種ほ乳子牛に給与し、ほ乳期の発育及び血液性状を調査した報告はない。

そこで、本試験では、ホエー代用乳の給与が黒毛和種ほ乳子牛の発育及び血液性状に及ぼす影響を明らかにするため、従来から給与している脱脂粉乳を主原料とした代用乳を給与した場合と比較検討した。

材料及び方法

1 供試牛及び試験区分

当センターで生産され、生後36時間以内に母子分離した黒毛和種雄子牛10頭を用いた。代用乳の主原料の違いで5頭ずつ2区（対照区；脱脂粉乳，ホエー区；ホエー）に分けて、9週齢まで試験を実施した。

2 供試飼料及び給与方法

代用乳については、対照区は、脱脂粉乳を主原料とした市販の代用乳を、ホエー区は、ホエー代用乳を試作して供試した。人工乳及び粗飼料（チモシー乾草）は同一のものを用いた。代用乳、人工乳及び粗飼料の養分含量を表1に示す。飼料給与方法については、代用乳を6倍希釈して、生後2日目から1日量を朝夕2回に分けて給与した。代用乳の給与量を生後2週間かけて最大給与量（粉乳1kg/日）まで漸増し、8週齢まで最大給与量を維持した後、1週間かけて給与量を漸減し、9週齢で離乳した。人工乳は給与量の上限を日量2.6kgに設定して1週齢

から給与し、粗飼料を3週齢から給与し飽食とした。

3 調査項目

(1) 体重、体高、胸囲及び腹囲

体重、胸囲及び腹囲を0、1、2、3、4、6、8及び9週齢時に、体高を0、4及び9週齢時に測定した。

(2) 飼料摂取量

代用乳は1日2回の給与後に残量を計量した。人工乳及び粗飼料の残量は1日1回午前に計量した。

(3) 血液性状

0、1、2、3、4、6及び8週齢時に血清分離剤入り真空採血管を用いて頸静脈から血液を採取した。採取後は、直ちに冷却し、1時間以内に遠心分離（3,000回転/分、15分間）して、血清を測定日まで-30℃で保存した。生化学自動分析装置（日立自動分析装置7700シリーズ、日立ハイテク）を用いて、尿素態窒素（BUN）及び総コレステロール（T-cho）を測定した。

(4) 糞便中水分量及び糞便スコア

0、1、2、3、4、6及び8週齢時に新鮮便を採取し、飼料分析法に基づいて糞便中水分量を測定した⁴⁾。糞便を1（正常）、2（柔軟で形がある便）、3（半流動で形のない便）、4（水様性下痢）のスコアを用いて毎日評価した⁵⁾。

4 統計処理

体重、1日あたりの増体量（DG）、体高、胸囲、腹囲及び飼料摂取量を平均値±標準誤差で表した。糞便スコアを1週間毎に平均値±標準誤差で示した。上記項目

表1 供試飼料の成分値

| 分析項目 | 代用乳 | | 人工乳 | 粗飼料 |
|-------------|-------|-------|------|------|
| | 対照区 | ホエー区 | | |
| 乾物 (%) | 92.3 | 93.3 | 86.3 | 87.6 |
| 可消化養分総量 (%) | 105.0 | 105.0 | 69.4 | 47.9 |
| 粗蛋白質 (%) | 26.3 | 26.1 | 22.6 | 5.8 |
| 粗脂肪 (%) | 17.2 | 17.3 | 2.0 | 1.5 |

成分値：原物ベース

の有意差検定は、SPSS (SPSS Version 11.5) を用いて、一元配置分散分析実施後、最小有意差法を用いて実施した。

血液性状及び糞便中水分量を平均値±標準誤差で示した。血中濃度及び糞便中水分量に及ぼす区分処理（被験者間因子：代用乳）、週齢（被験者内因子）及び区分処理と週齢の交互作用（変化のパターン）の効果については、SPSSのGLMプロシージャーを用いた反復測定分散分析で解析した。更に、各週齢における試験区間の有意差検定は最小有意差法を用いて実施した。有意確率P値がP<0.05の場合に有意差ありとした。

結 果

1 体重、DG、体高、胸囲及び腹囲

発育成績を表2に示す。体重、DG、体高、胸囲及び腹囲については、試験区間に有意な差はみられなかった。

表2 発育成績

| 項 目 | 対照区 | ホエー区 |
|---------|--------------------------|-------------|
| 体重 (kg) | | |
| 開始時 | 25.4 ± 1.3 ¹⁾ | 25.9 ± 1.0 |
| 終了時 | 72.9 ± 2.2 | 70.8 ± 2.8 |
| DG (kg) | 0.75 ± 0.03 | 0.71 ± 0.04 |
| 体高 (cm) | | |
| 開始時 | 67.5 ± 1.6 | 68.6 ± 1.1 |
| 終了時 | 85.6 ± 1.3 | 84.8 ± 1.8 |
| 増加量 | 18.1 ± 0.8 | 16.3 ± 1.1 |
| 胸囲 (cm) | | |
| 開始時 | 67.2 ± 1.5 | 67.0 ± 0.9 |
| 終了時 | 96.6 ± 1.5 | 93.6 ± 1.7 |
| 増加量 | 29.4 ± 1.3 | 26.6 ± 1.7 |
| 腹囲 (cm) | | |
| 開始時 | 67.4 ± 1.1 | 66.6 ± 0.7 |
| 終了時 | 103.8 ± 1.8 | 102.0 ± 2.8 |
| 増加量 | 36.4 ± 2.0 | 35.4 ± 2.3 |

¹⁾ 平均値±標準誤差

表3 飼料摂取量

| 項 目 | 対照区 | ホエー区 |
|----------|--------------------------|------------|
| 代用乳 (kg) | 52.7 ± 0.2 ¹⁾ | 52.7 ± 0.4 |
| 人工乳 | 15.0 ± 2.8 | 14.5 ± 1.9 |
| 粗飼料 | 0.7 ± 0.3 | 0.9 ± 0.3 |
| TDN | 66.1 ± 2.1 | 65.8 ± 1.4 |
| CP | 17.3 ± 0.7 | 17.1 ± 0.4 |
| DM | 62.3 ± 2.5 | 62.5 ± 1.8 |

¹⁾ 平均値±標準誤差

2 飼料摂取量

試験期間中の飼料摂取量を表3に示す。代用乳、人工乳、粗飼料、可消化養分総量 (TDN)、粗蛋白質 (CP) 及び乾物 (DM) 摂取量については、試験区間に有意な差はみられなかった。

3 血液性状

血中BUN濃度については、週齢及び区分処理の効果に有意な差がみられたが、区分処理と週齢の交互作用の効果には有意な差がみられなかった (図1)。ホエー区の血中BUN濃度は、対照区と比較して低く推移し、1、2、3及び4週齢で有意に低い値を示した。

血中T-cho濃度については、週齢、区分処理及び区分処理と週齢の交互作用の効果に有意な差がみられた (図2)。ホエー区の血中T-cho濃度は、対照区と比較して低く推移し、1、2、3、4、6及び8週齢で有意に低い値を示した。

4 糞便性状

糞便中水分量及び糞便スコアについては、試験区間に有意な差がみられなかった (図3、4)。

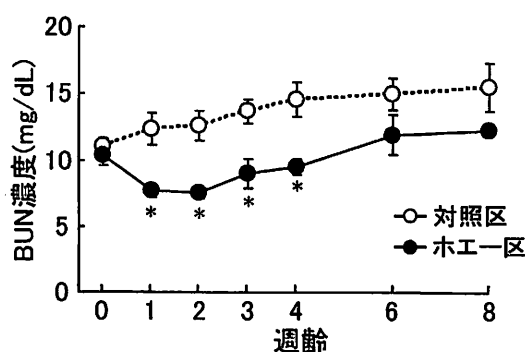


図1 血中BUN濃度の推移

* : 対照区と比較してP<0.05

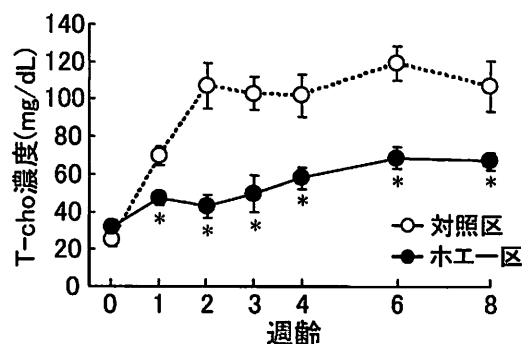


図2 血中T-cho濃度の推移

* : 対照区と比較してP<0.05

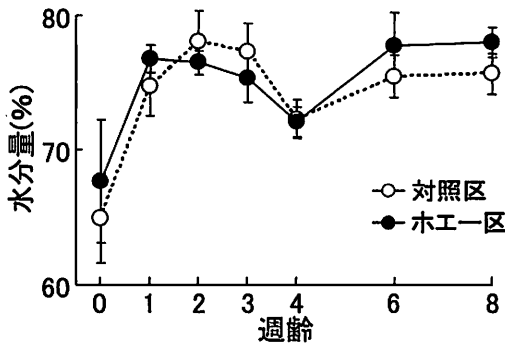


図3 糞便中水分量の推移

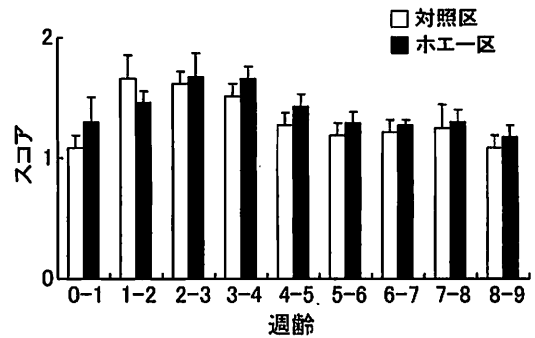


図4 糞便スコア

考 察

本試験では、ホエー代用乳の給与が黒毛和種ほ乳子牛の発育に及ぼす影響を検討した。その結果、ホエー代用乳の給与は、ほ乳期の子牛の発育及び飼料摂取量に影響を及ぼさないことが判明した。飼料からの糞分摂取量は、子牛の発育に大きく影響を及ぼすことから^{6,7)}、今回、試験区間に発育の差がみられなかったことは、糞分摂取量に差がみられなかったためと考えられる。このことから、ホエー代用乳は、黒毛和種ほ乳子牛の飼料として十分に利用可能であると考えられる。

本試験では、ホエー代用乳の給与がほ乳子牛の血液性状に及ぼす影響を検討した。その結果、ホエー代用乳を給与すると血中BUN濃度が低く推移することが判明した。血中BUN値は蛋白質代謝の指標であり、CPの摂取量に影響される⁹⁾。今回、試験区間でCPの摂取量に差はみられなかったにもかかわらず、ホエー代用乳を給与した子牛の血中BUN濃度は低く推移した。ホエー及び脱脂粉乳中のカゼイン蛋白質は、ともに高品質な蛋白質であるが、構成蛋白質の違いから、腸の消化と吸収速度が大きく異なることが報告されている^{3,9)}。また、アミノ酸の吸収と代謝は、構成アミノ酸及びアミノ酸の摂取状況に影響を受ける¹⁰⁾。今回供試した代用乳は、ホエーまたは脱脂粉乳を主原料としているため、代用乳中の構成蛋白質は大きく異なることが予想される。このことから、ホエー代用乳を給与した場合、従来の脱脂粉乳を主原料とした代用乳を給与した場合と比べて蛋白質の消化と吸収及びアミノ酸代謝が異なり、今回みられた血中BUN濃度の差異を生じたものと推察される。今後、ホエー代用乳を給与した場合の蛋白質代謝を明らかにするためには、窒素出納試験及び短い間隔で蛋白質代謝の指標である血中成分の動態を調査する必要がある。

本試験から、ホエー代用乳を給与すると血中コレステロール濃度が低く推移することが判明した。同様に、ホエー蛋白質の摂取がラットの血中コレステロール濃度

を低下させることが報告されている¹¹⁾。ホエー蛋白質の構成成分である β -ラクトグロブリンの加水分解産物をラットに給与すると、糞中へのステロイド排泄量が増加したこと¹²⁾、また、ホエー蛋白質を給与すると、肝臓でのコレステロールの合成が抑制され、結果として血中コレステロール濃度が低下することが示唆されている¹³⁾。これらのことから、本試験でみられたホエー代用乳の給与による子牛の血中T-cho濃度の低下については、ホエー代用乳中の蛋白質または消化後の加水分解産物であるペプチドの影響によるものと考えられ、従来の代用乳を給与した場合と比べて脂質代謝が異なる可能性が推察される。今後、ホエー代用乳を給与した子牛の糞中ステロイド及び肝臓でのコレステロールの合成能を測定する必要がある。

子牛の下痢は、発育に大きく影響を及ぼすことから、ホエー代用乳を給与した子牛の糞便性状を調査した。その結果、糞便中水分量及び糞便スコアとも脱脂粉乳を主原料とした代用乳を給与した場合と差がみられず、いずれも良好であった。このことから、ホエー代用乳は子牛の糞便性状に影響を及ぼさないことが判明した。

謝 辞

代用乳の試作及び提供にご協力頂いた、中部飼料株式会社の皆様に感謝します。

引用文献

- (1) 日本栄養・食糧学会 (1993) : 牛乳成分の特性と健康反芻動物の栄養生理学 (光生館) 57-81
- (2) 伊藤隆躬 (2007) : 乳製品製造学 (光琳) 30-40
- (3) 山口真 (2005) : ホエイタンパク質及びホエイペプチドの特長と抗炎症作用: Milk Science. 54,123-127
- (4) 飼料分析基準研究会 (2004) : 飼料分析法・解説 (日本科学飼料協会) 3-6
- (5) Tikofsky, J. N., M. E. Van Amburgh and D. A.

- Ross(2001) : Effect of varying carbohydrate and fat content of milk replacer on body composition of Holstein bull calves: *J. Anim. Sci.* 79,2260-2267
- (6) Blome, R. M., J. K. Drackley, F. K. McKeith, M. F. Hutjens and G. C. McCoy(2003) : Growth, nutrient utilization, and body composition of dairy calves fed milk replacers containing different amounts of protein : *J. Anim. Sci.* 81,1641-1655
- (7) Brown, E. G., M. J. Vandehaar, K. M. Daniels, J. S. Liesman, L. T. Chapin, D. H. Keisler and M. S. Weber Nielsen(2005) : Effect of increasing energy and protein intake on body growth and carcass composition of heifer calves : *J. Dairy Sci.* 88,585-594
- (8) Kohn, R. A., M. M. Dinneen and E. Russek-Cohen(2005) : Using blood urea nitrogen to predict nitrogen excretion and efficiency of nitrogen utilization in cattle, sheep, goats, horses, pigs, and rats: *J. Anim. Sci.* 83,879-889
- (9) Boirie, Y., M. Dangin, P. Gachon, M. P. Vasson, J. L. Maubois and B. Beaufre(1997) : Slow and fast dietary proteins differently modulate postprandial protein accretion: *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 94,14930-14935
- (10) 岸恭一・西村敏英 (2007) : タンパク質・アミノ酸の科学 (工業調査会) 80-113
- (11) Nagaoka, S., Y. Kanamaru, Y. Kuzuya, T. Kojima and T. Kuwata(1992) : Comparative studies on the serum cholesterol lowering action of whey protein and soybean protein in rats : *Biosci. Biotech. Biochem.* 56,1484-1485
- (12) Nagaoka, S., Y. Futamura, K. Miwa, T. Awano, K. Yamauchi, Y. Kanamaru, K. Tadashi and T. Kuwata (2001): Identification of novel hypocholesterolemic peptides derived from bovine milk β -lactoglobulin: *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 281,11-17
- (13) Zhang, B. X and A. C. Beynen(1993): Lowering effect of dietary milk-whey protein v. casein on plasma and liver cholesterol concentrations in rats: *Br. J. Nutr.* 70, 139-146
-