

黒毛和種子牛への効率的な混合型代用乳の給与方法の検討

(「ホエー代用乳を用いた近畿産ブランド和牛のほ乳期発育改善」第三報)

西野 治・安川 幸子・高田 節子・赤池 勝

要 約

従来の製品よりもホエーの使用割合を高めた、「ホエー代用乳」の給与試験を実施しており、今回はホエー代用乳の給与量を通常よりも増量するプログラムで給与試験を実施した。慣行区最大 1,100g/日、増量区最大 1,320g/日として、両区とも代用乳の給与期間は3から63日齢、カーフスターターの給与は7日齢から飽食、乾草は細切したチモシーを21日齢前後から少量、以上の条件で発育・糞便性状および血液成分を比較した。

生時体重、8週齢時体重および1日あたり増体重はそれぞれ慣行区 33.6kg、74.7kg、0.73kg/日、増量区 34.3kg、79.4kg、0.81kg/日で増量区の発育がやや上回った。カーフスターターの摂取量は代用乳の最大給与時期に増量区の増加が抑制され、8週齢前後には最大で 300g 程度増量区が低くなった。糞便性状に関しては、両区ともスコア1の通常便が全体の約75%、水様性下痢が約1%と下痢の発生が極端に少ない結果であった。また、スコアの推移については両区とも3～5週齢頃にやや高くなる傾向を示した。糞便成分および血液成分は、あわせて15項目の成分を測定したが、試験区間での明らかな差はなかった。

この結果により、代用乳の増量給与は下痢等を引き起こすことなくほ乳期子牛の発育を向上させる可能性があることが示唆された。しかし、同時にカーフスターター摂取量が減少するという問題点も明らかとなったことから、本プログラムを普及に移す際にはこの点に留意する必要がある。

目 的

和牛子牛の人工哺育技術は、受精卵移植の普及による乳用種からの黒毛和種子牛の生産増加、母牛の繁殖機能の回復促進と子牛の発育の斉一化および損耗防止の目的から一般に定着しつつある^{1)2)章}。しかし、現在も母子分離から人工哺乳の段階での下痢による子牛の損耗は多く、様々な対策がとられているものの十分な状況とはいえない^{1)2)7)章}。また、現在市販されている和牛子牛用代用乳は、脱脂粉乳をその主なタンパク源として使用しているが、近年の畜産物価格の高騰が代用乳価格にも影響し、経営を圧迫する一因になっている。

そこで、現状はその多くが廃棄されているホエーに着目し、ホエーを主なタンパク源にした代用乳の開発を実施した。チーズの生産工程の中で大量に発生するホエーは、一部機能性食品などに使用される以外は産業廃棄物として廃棄されているが、良質なアミノ酸と豊富な免疫物質を含有している²⁾³⁾ことから、子牛の代用乳の原材料とすることで人工哺乳期の腸管免疫を高め、下痢による損耗が軽減されることで発育の向上が期待される。われわれはこれまでに、ホエーを主原料とした代用乳は従来の脱脂粉乳主体の代用乳と同等の発育であったが、下痢のようにも判断できる独特な糞便を排泄すること⁴⁾、また、ホエーと脱脂粉乳の併用によりホエーによる糞便性状の変化を低減することが可能であったことを報告した⁵⁾。これらのことは未利用資源とされるホエーの有効活用が期待される結果であるが、当初目的であるほ乳期の発育を高めるまでには至っていないことも示している。

また、本県は繁殖和牛の飼養頭数が少なく、和牛子牛の生産は主に酪農家における受精卵移植産子を人工哺乳で飼養する形態となっている。一般的に、人工哺乳を行う際の基本的な考え方のひとつに、高価な代用乳を少なくしてできるだけ早くカーフスターターを摂取させることがあげられる^{1)5章}。しかし、ホエー代用乳は原材料コストが低いことに加え、近年和牛子牛の大型化が進んでいることや、本県の一部の酪農家では発育を高める目的で代用乳の給与量を増やして人工哺乳を行っていることから、今回、ほ乳期の発育を促進するために代用乳のピーク給与量を一般的なマニュアルと比較して増やすプログラムを設定し、代用乳多給が子牛の発育に及ぼす影響を調べた。

材料および方法

1) 供試牛の条件および試験区の設定

平成21年6月～9月生まれの黒毛和種人工授精由来子牛を供試した。供試牛は出生後すぐに市販の免疫グロブリン含有初乳製剤(ヘッドスタート:バイエル社)1袋を強制給与するとともに、母牛の初乳を自由摂取させた。生後3日目に母子分離して代用乳の給与を開始し、生後7日目の時点で健康状態に異常、特に下痢がない子牛を試験に供した。

代用乳は第二報⁵⁾の「混合区」の代用乳を使用した。試験は増量区と慣行区、各区7頭(雄5頭、雌2頭)で実施した。給与プログラムは表1に示すとおりで、慣行区は従来製品(今回使用した代用乳とCP・TDNが同等の製品)の推奨する給与量を元に設定した。一方、増量区は21日齢から慣行区の1.2倍量、総給与量で約1.14倍に設定した。

表1 代用乳粉末の1日あたり給与量

日齢	～6	7～10	11～15	16～20	21～49	50～56	57～	合計
慣行区	600	700	900	1,100	1,100	550	275	52,275
増量区	600	700	900	1,100	1,320	660	330	59,810

※ 粉末の6倍量の温湯に溶解し、乳首付き哺乳バケツで給与

(単位:g)

2) 供試牛の飼養管理

代用乳は朝9時30分、夕方16時30分の2回に分け、それぞれ1日量の半分をゴム製乳首付きの哺乳バケツで給与した。

カーフスターターはTDN75%以上、CP20%以上のものを使用した。7日齢に100gから給与を始め、以降摂取量に応じて増量し、制限はしなかった。

乾草は10cm程度に細切したチモシーを21日齢前後から給与した。量は全期間を通じ、スターターの採食を妨げない程度の少量(おおむね50g以下)とした。

また、3～5日齢に1回トルトラズリル製剤(牛用バイコックス:バイエル社)を投与し、28日齢前後には牛5種混合生ワクチン(IBR・BVD・PI3・RS・Adeno:(株)微生物化学研究所)を接種した。

3) 調査項目

以下の項目について記録およびサンプルの採取および分析を実施した。統計処理は体重・体高、飼料摂取量、糞中水分率およびタンパク質率、血液・血清成分値についてはt検定(Welchの方法)を、糞便ス

コア(下痢発生回数)、疾病や投薬等の発生回数はカイ二乗検定またはフィッシャーの正確性検定を用いて、有意水準5%で検定した。

① 体重および体高

体重は出生直後と1・2・3・4・5・6・7・8週齢、体高は1・4・8週齢に測定した。測定時刻は調査日の午後1時30分～2時とした。

② 飼料摂取量

代用乳およびカーフスターターは、朝・夕の給与時に給与重量と残重量を測定し、その差し引きを摂取量とした。統計処理は1週間あたりの摂取量に対して行った。

③ 糞便検査

糞便形状は朝・夕の代用乳給与時間に以下の3段階の糞便スコアで判定した。

通常便=1、軟便=2、水様下痢便=3

糞中水分・糞中粗タンパク質率は、2日齢および2・4・6・8週齢の午後1時30分～2時に採取した直腸便を用いて公定法に基づいて測定した。すなわち、水分は採取後直ちに加熱減量法で、粗タンパク質率は60℃・24時間の風乾処理後、ケルダール法で測定した⁶⁾。

④ 血液検査

2日齢と2・4・6・8週齢の計5回、頸静脈より真空採血管(プレインおよびヘパリン入り)で採取した。

調査は以下の13項目について行った。血球成分は採血直後に自動血球計算装置(KX-21:シスメックス社)で、血清成分は凝固処理(37℃・15分間)後5℃・3,000rpmで10分間遠心して血清分離した後、民間の検査機関に依頼して検査を実施した。

血球成分 3項目

赤血球数(RBC)、白血球数(WBC)、ヘマトクリット値(HCT)

血清成分 10項目

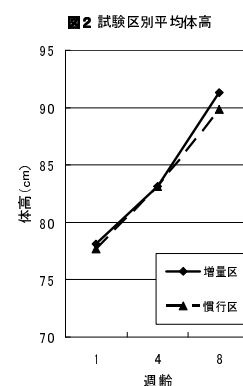
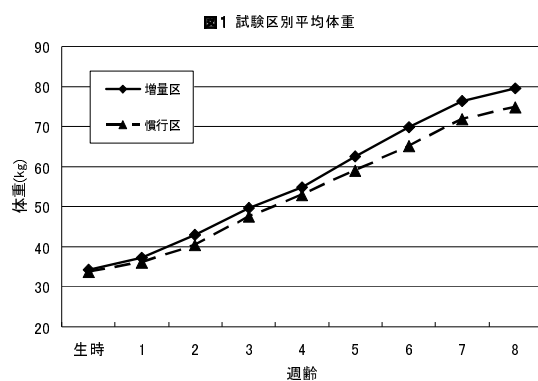
総タンパク(TP)、総コレステロール(T-CHO)、血糖(Glu)、遊離脂肪酸(NEFA)、尿素窒素(BUN)、中性脂肪(TG)、グルタミン酸オキサロ酢酸トランスアミナーゼ(GOT)、 γ グルタミルトランスペプチターゼ(γ -GTP)、カルシウム(Ca)、リン(P)

⑤ その他

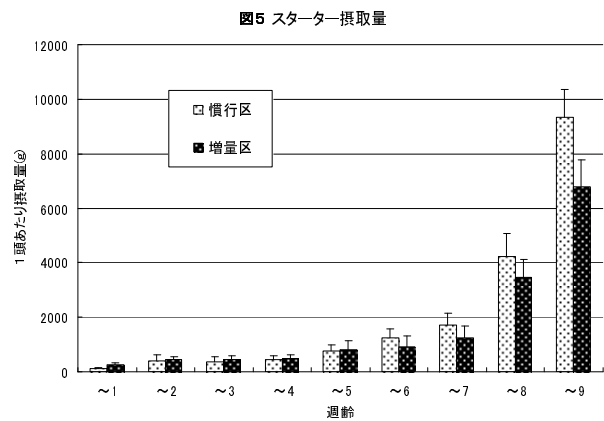
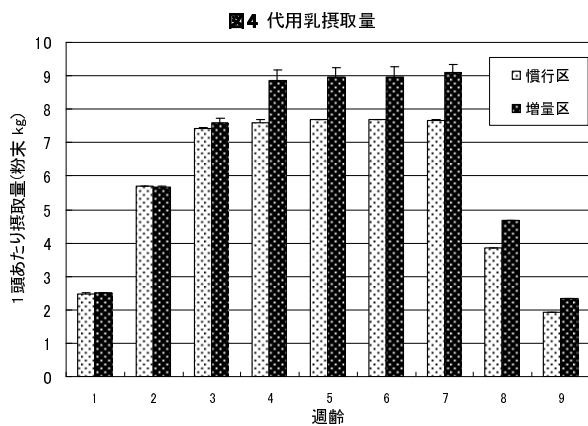
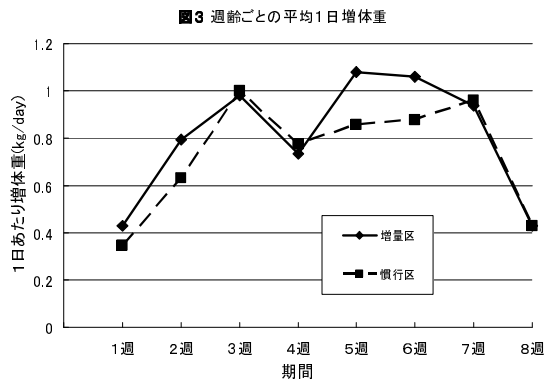
呼吸器症状などの下痢以外の異常が発生した場合、その発生日・状況等を記録した。

結果

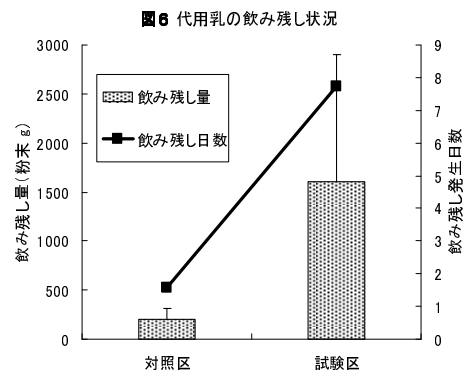
- ① 子牛の体重は、生時体重が増量区 34.3kg(26～41kg)、慣行区 33.6kg(28～42kg)であった。体重の増加は28日齢までは両試験区に差はなかったが、35日齢には増量



区 62.4kg、慣行区 58.9kg とやや差が広がり始め、56日齢では増量区 79.4kg、慣行区 74.7kg となった(図1)。また、一週間ごとの一日あたり増体量(daily gain; DG)でも4~7週齢の間、増量区が慣行区を上回った(図3)。なお、試験開始から終了までの DG は増量区 0.81、慣行区 0.73 であった。体高は生時が増量区 78.1cm、慣行区 77.7cm で、56日齢には増量区 91.3cm、慣行区 89.9cm と増量区がやや高くなったが、有意差はなかった(図2)。



② 代用乳の摂取量は、1.2 倍量給与を開始した3週齢以降、増量区が高くなった(図4)。代用乳の飲み残し回数および量(代用乳粉末量に換算)は、慣行区の11回・1,420g に対し、増量区で54回・11,300g で、回数が有意に増加した(図6)。スターター摂取量は5週齢までは両試験区とも同等の量であったが、それ以降は増量区よりも慣行区の方が高く、9週齢の間では慣行区が有意に高かった(図5)。



③ 糞便スコアは全体的に低く、スコア1の割合が慣行区 75.4%、増量区 73.4% であった(表2)。1週間ごとの期間に区切った平均スコアでも、両試験区の変化はほぼ同様の変化を示した(図7)。糞便中の水分およびタンパク質量率は

表2 糞便・スコア別発生回数

	スコア1	スコア2	スコア3
慣行区	423 (75.4%)	131 (23.4%)	7 (1.2%)
増量区	394 (73.4%)	139 (25.9%)	4 (0.7%)

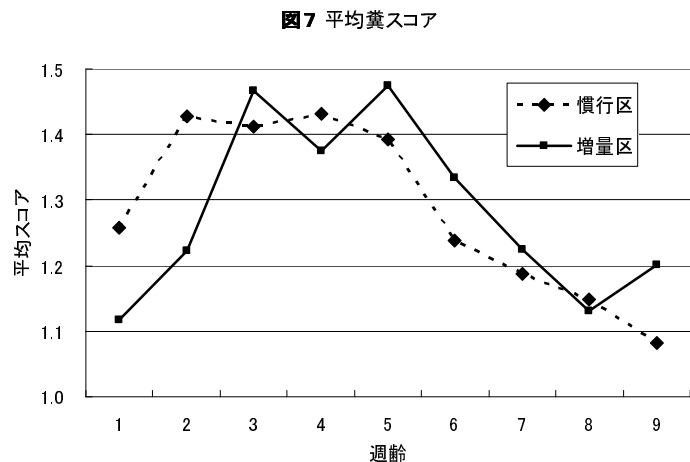


表3 糞便成分分析結果

		2日齢		2週齢		4週齢		6週齢		8週齢	
水分 (現物中%)	慣行区	69.2	± 3.9	78.5	± 0.8	79.5	± 0.6	77.7	± 0.3	76.1	± 1.0
	増量区	63.4	± 2.3	78.9	± 0.9	79.5	± 0.9	77.0	± 1.0	81.4	± 1.7
粗タンパク質含量 (乾物中%)	慣行区	54.8	± 5.6	42.4	± 4.6	36.2	± 2.9	32.1	± 3.3	22.9	± 1.8
	増量区	56.3	± 4.8	49.4	± 3.7	44.2	± 4.0	33.6	± 3.3	23.1	± 1.8

mean±SEM, N.S.

表3に示す通りで、8週齢時の水分量率が増量区で有意に高かった。

- ③ 血液検査結果は表4に示す通りであった。4週齢の Glu で慣行区が増量区よりも有意に高かった。これ以外の項目には有意差が見られなかったが、2日齢の BUN で増量区が慣行区に比べて、2日齢の HCT と6週齢の GOT で慣行区が増量区に比べて高い傾向(P<0.1)であった。

表4 血液検査結果

		2日齢		2週齢		4週齢		6週齢		8週齢	
総タンパク (g/dl)	慣行区	6.07	± 0.2	5.50	± 0.2	5.53	± 0.1	5.57	± 0.1	6.03	± 0.1
	増量区	6.29	± 0.2	5.81	± 0.2	5.49	± 0.1	5.63	± 0.1	6.13	± 0.1
総コレステロール (mg/dl)	慣行区	65.7	± 2.8	90.7	± 6.1	110.1	± 5.0	120.7	± 7.4	130.6	± 9.9
	増量区	65.9	± 2.5	89.9	± 2.9	111.1	± 9.0	124.7	± 9.7	130.9	± 9.7
血糖 (mg/dl)	慣行区	115.3	± 3.8	123.4	± 6.1	134.1 a	± 1.7	117.1	± 3.8	106.4	± 2.4
	増量区	117.1	± 6.5	114.3	± 3.5	116.7 b	± 2.1	116.1	± 4.1	107.6	± 4.3
遊離脂肪酸 (μ Eq/l)	慣行区	310	± 26	234	± 26	236	± 30	216	± 14	287	± 33
	増量区	294	± 21	254	± 45	239	± 22	204	± 12	333	± 27
尿素窒素 (mg/dl)	慣行区	7.1 *	± 0.4	11.1	± 0.3	11.7	± 0.6	10.5	± 0.5	10.6	± 0.6
	増量区	9.1 *	± 1.5	12.4	± 0.7	12.4	± 0.5	10.9	± 0.4	11.5	± 0.4
中性脂肪 (mg/dl)	慣行区	45.0	± 4.0	15.4	± 4.2	14.4	± 1.9	9.6	± 1.2	12.4	± 3.0
	増量区	46.7	± 8.7	11.0	± 1.5	16.0	± 3.6	11.1	± 1.3	15.4	± 3.2
GOT (IU/L)	慣行区	55.9	± 5.2	32.0	± 0.8	45.0	± 2.3	54.0 *	± 3.8	65.4	± 7.0
	増量区	49.0	± 5.7	31.1	± 1.1	41.7	± 2.5	46.1 *	± 3.7	56.6	± 5.2
γ -GTP (IU/L)	慣行区	786	± 190	153	± 54	36.9	± 3.3	24.4	± 3.0	25.9	± 4.1
	増量区	803	± 112	140	± 23	40.4	± 4.5	24.1	± 2.2	25.3	± 3.5
カルシウム (mg/dl)	慣行区	12.3	± 0.2	12.9	± 0.2	11.9	± 0.2	11.3	± 0.1	10.9	± 0.2
	増量区	12.1	± 0.2	12.5	± 0.3	11.9	± 0.2	11.3	± 0.1	10.9	± 0.1
リン (mg/dl)	慣行区	7.9	± 0.3	7.5	± 0.2	9.1	± 0.3	9.4	± 0.2	9.1	± 0.3
	増量区	8.0	± 0.5	7.3	± 0.3	9.0	± 0.3	9.3	± 0.2	8.9	± 0.3
赤血球数 ($\times 10^4 / \mu$ l)	慣行区	765	± 48	809	± 24	954	± 29	1045	± 22	1160	± 41
	増量区	687	± 42	782	± 33	940	± 23	1022	± 12	1138	± 25
白血球数 ($\times 10^2 / \mu$ l)	慣行区	74.0	± 3.2	83.1	± 7.0	74.6	± 5.1	68.3	± 5.9	79.1	± 6.4
	増量区	72.3	± 9.9	85.4	± 8.7	69.9	± 6.8	73.6	± 4.5	77.0	± 5.2
ヘマトクリット値(%)	慣行区	33.2 *	± 2.3	36.3	± 1.0	42.5	± 1.5	45.7	± 1.4	40.5	± 2.2
	増量区	28.2 *	± 2.3	35.3	± 1.4	41.7	± 1.0	44.9	± 0.4	49.5	± 1.1

mean±SEM, a-b: P<0.05, *: P<0.1

- ⑤ 供試した14頭すべてで、哺乳期間中に食欲の減退や発熱などの症状の発生はなかった。

考察

代用乳の摂取量は給与量を多くしたため増量区が多くなった。一方、代用乳の飲み残し回数および量(代用乳粉末量に換算)は、慣行区の11回・1,420g に対し、増量区で54回・11,300g と、飲み残しの発生状況も増量区の方が多くなった。その内訳は、慣行区は4頭から少量ずつ、総量が全体の約 0.4%であったのに対し、増量区では5頭から約 2.7%と多く、特に生時体重 26kg と 38kg の2頭で全体の 95%以上を占めており突出していた。生時 26kg の個体では 21~30 日齢(ピーク給与量前半)に飲み残しが集中し、生時体重が 30kg に満たない比較的小さい個体では、今回のプログラムにおける増量のペースについていけなかったと考えられる。当該牛は哺乳期間中の DG が 0.82kg/日と供試牛全体の平均 0.77kg/日と比べて良好で、今回のプログラムでも

問題ないと考えられるが、1日の給与回数を増やすなどの異なるプログラムによりさらに効率の良い発育となる可能性も考えられ、さらなる検証が必要であると思われる。生時 38kg の個体では代用乳の増給段階である 12 日齢からピーク給与が終わる 49 日齢まで飲み残しが発生していた。しかし、これを補うようにスターターの摂取量が順調に増加したことから、代用乳よりもスターターを好んで摂食していたため代用乳の飲み残しが増えたと考えられる。カーフスターターの摂取能力は体重に依存するとされている¹⁾⁵章が、当該牛は供試した 14 頭の中でも生時体重が大きく、初期の発育も良好で早い日齢から固形飼料の吸収が可能になっていたために、飲み残しが多かったピーク給与時でも DG が 0.75kg/日で全体と同等の増体を確保し、発育不良等の問題が起らなかったと考えられる。

カーフスターターの摂取量は慣行区が 5 週齢頃から、増量区が代用乳を減らし始めた 7 週齢頃から増え始めたことから、慣行区が 5 週齢以降多く推移した。しかし今回、哺乳直後にカーフスターターを人の手から与える

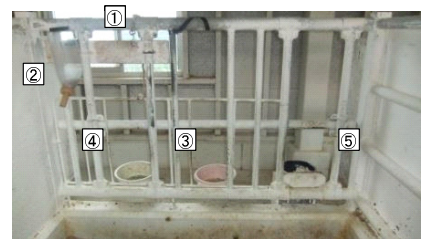


写真1-1(左) 哺乳房。子牛が入る前に石灰を塗って消毒するとともに、敷料を週一回交換し、清潔に保っている。
 写真1-2(右) 哺乳房の前面。①哺乳バケツの取り付け場所 ②バーデンスタート ③カーフスターター ④カットチモシー ⑤ウォーターカップ
 カーフスターターを少しでも多く摂取させるために、哺乳バケツの隣にバーデンスタートを設置している。
 写真は朝の哺乳の4時間後の状態だが、ボトル内はほぼ空になっている。

等の方法で固形飼料に馴らし、その後哺乳と同じ要領で採食できる容器(バーデンスタート:デーリマン社)での給与と飼槽への給与を併用(写真1-2)し、カーフスターターを子牛に最大限食い込ませるように留意した。これにより増量区の子牛も離乳2週間前からの代用乳減量以降、容易にスターター摂取量が増加し、増量区の摂取量低下を比較的小さく抑えることができた。一般に、スターターを充分摂取できない状態の子牛を離乳すると、離乳後の栄養摂取が不十分となり子牛の発育不良の原因となるため、離乳時にはスターターをおよそ 1 日 1kg 以上摂取していることが必要であると言われている¹⁾⁵章。今回供試した子牛の離乳前の最大スターター摂取量は増量区 1,404±171g/日、慣行区 1,779±177g/日 (mean±SEM)で、いずれもこの基準を上回っていた。なお、当所の既報⁷⁾と同様、離乳前後に両試験区ともに増体に若干の停滞はみられたが、試験区間の差はなく、単飼から群飼に移行することなどのストレスが影響したと推察される。

糞便および血液検査では、代用乳の多給による糞便の軟化(スコア上昇)とホエーの摂取増加による糞便および血清成分の変化、すなわち前回までの報告でタンパク源をホエーのみとした代用乳を給与した場合に確認された、血清 T-CHO の低下と表面に光沢のあるゼリー状の糞への変化が発生することが予想された。しかし、下痢発生頻度について両試験区ともにスコア3の発生が全体の約1%、スコア2が約 25%で両試験区の比較の点で代用乳の摂取増による下痢やホエーの多給による糞便性状の変化は発生しない結果となった。また、血清成分についても血清 T-CHO および TG などに変化はなかった。

カゼイン(脱脂粉乳の主要成分)とホエーはともに動物性タンパク質であるが、ホエーの主要成分であるβ-lactoglobulin はラットに摂取させると、腸管内で胆汁酸と結合してコレステロールのミセル可溶化を抑制し、これによるコレステロール吸収阻害により血清 T-CHO の低下と糞中への中性ステロイド排泄増加を引き起こす作用がある³⁾。また、肝臓でのコレステロールの再生が減少し、血清コレステロールが低下するとの報告⁸⁾もあり、

これらの性質はカゼインを含む他の動物性タンパク質と異なる。すなわち脂質代謝の点で、ホエーは大豆タンパクなどの植物性タンパク質に類似した効果をもたらすと考えられる。今回はタンパク源に脱脂粉乳(カゼイン)とホエーをおよそ3:4の割合で混合した代用乳を使用した。この場合の腸管内の状態については詳しくは分かっていないが、典型的なホエー摂取によっておこる変化がカゼインの同時摂取により打ち消された可能性が考えられ、また、ホエーの摂取量が増える増量区においても摂取するカゼインとホエーの比率が同じなので、糞便および血清成分値に変化がなかったと考えられる。

以上の結果より、代用乳の増量プログラムは黒毛和種子牛のほ乳期の発育を高める可能性があることが示唆された。ただし、最終的なプログラムを設定する際には、生後1週齢までにカーフスターターへの馴致を行う等、カーフスターター摂取量の低下を抑制する措置が必要である。

謝 辞

本試験は農林水産省の研究費により、和牛子牛の人工ほ乳技術の確立や下痢による発育不良・損耗防止等のため、大阪府をはじめ、京都府、滋賀県、奈良県、兵庫県と京都大学、中部飼料株式会社が共同で実施した研究の一部です。(「新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業」(旧「先端技術を活用した農林水産研究高度化事業」)課題番号 1933:2007~2009) 実施にあたり、ご指導・ご協力を賜りました関係者の皆様に深謝いたします。

参考文献

- 1)小原潤子・久米新一・高橋政義・中丸輝彦・福島護之・松本大策ら著、久米新一・高木光博監修；和牛子牛を上手に育てるために－和牛子牛の損耗防止マニュアル－；(社)畜産技術協会(2007)
- 2) Kawase M., Hashimoto H., Hosoda M., Morita H., Hosono A.; Effects of administration of fermented milk containing whey protein concentrate to rats and healthy men on serum lipids and blood pressure. J.Dairy Sci. 83:255-263 (2000)
- 3)長岡 利；食品成分および生体異物によるコレステロール代謝制御に関する研究 日本栄養・食糧学会誌 Vol.49:303-313 (1996)
- 4)西野 治、安川幸子、赤池 勝；ホエーを主原料とした代用乳の給与による子牛の疾病予防と発育改善効果およびβカロテン添加効果の検討(「ホエー代用乳を用いた近畿産ブランド和牛のほ乳期発育改善」第一報)；奈良県畜産技術センター研究報告 第35号 1-8 (2010)
- 5)西野 治、大西朋子、安川幸子、赤池 勝；黒毛和種子牛へのホエーを主原料とした代用乳の給与試験(「ホエー代用乳を用いた近畿産ブランド和牛のほ乳期発育改善」第二報)；奈良県畜産技術センター研究報告 第35号 9-15 (2010)
- 6) (社)日本科学飼料協会発行 飼料分析研究会編著；飼料分析法・解説 -2004- 3.3-3.13
- 7)清水 悟、小財千明；和牛子牛哺乳育成試験(第一報)；奈良県畜産試験場研究報告 第20号 18-24 (1993)
- 8) Sautier C., Dieng K., Flament C., Doucet C., Suquet J.P., Lemonnier D.; Effects of whey protein, casein, soya-bean and sunflower proteins on the serum, tissue and faecal steroids in rats. Br. J. Nutr. 49: 313-319 (1983)

- 9) (社)全国肉用牛振興基金協会 ;黒毛和種飼養管理マニュアル 第4編黒毛和種子牛の哺育・育成
- 10) Nagaoka S. Kanamaru Y. Kuzuy Y. Kojima T. Kuwata T. ; Comparative studies on the serum cholesterol lowering action of whey protein and soybean protein in rats. Biosci. Biotech. Biochem. 56(9):1484-1485 (1992)