

# 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)

西野 治・安川 幸子・赤池 勝

## 要 約

ホエー(乳清)を主原料とした代用乳(ホエー代用乳)(=ホエー区)、βカロテン 30ppmを添加したホエー代用乳(=カロテン区)、従来の脱脂乳主体の代用乳(=対照区)を用いて子牛への給与試験を実施し、発育や糞便スコア、血中成分の解析を実施した。

3種類の代用乳を給与した各試験区における子牛の体重の推移および一日当たりの増体量については、3区間に差は認められなかった。ほ乳期間中の毎日の糞便スコアの平均値は対照区がカロテン区に比べて有意に高く、対照区がやや軟便傾向であったが、生後2、14、42日に測定した糞中水分値と糞中IgA濃度には、3区間に有意差は認められなかった。また、ホエー区・カロテン区ではゼリー状の独特な糞便性状を示した。血中成分では、生後14日の血中総コレステロール(T-CHO)および生後42日の血中尿素窒素(BUN)で、ホエー区・カロテン区が対照区に比べ有意に低下し、血中βカロテン濃度はカロテン区で上昇した。

以上のことから、ホエー代用乳によって従来の脱脂乳代用乳と同等以上の発育が得られることが示され、新たな代用乳としての使用が可能であると考えられた。一方で、独特の糞便性状とT-CHOの低下は脂質代謝の変化によると考えられたが、BUNの低下については考えられる原因がなく、今後これらのメカニズムの解明が必要である。

## 目 的

近年、和牛の繁殖効率改善の目的で早期母子分離が提唱され、これに伴って人工ほ乳による和牛子牛育成技術の研究が進められている。しかし、和牛子牛の人工ほ乳技術は十分確立されるには至っておらず、農家での不適切な飼養管理による発育不良や下痢等の疾病発生による損耗が多い。また、奈良県での和牛子牛生産は酪農家での受精卵移植(ET)由来産子が多く、初乳からの免疫の獲得が不足しがちである。

これらの課題をクリアするため、現在近畿2府3県と京都大学、(株)中部飼料が共同でほ乳期和牛の発育改善試験を実施している(H19~21)。本試験は、免疫グロブリン(IgA)含有量が高く、免疫賦活効果が期待できるホエーを主原料とした新しい代用乳(ホエー代用乳)の開発とその免疫賦活機序の解明および和牛子牛への給与試験と、母牛初乳からの抗体獲得が不足しがちなET由来産子の疾病発生予防で主に構成される。当センターでは人工ほ乳技術確立のための、①ホエー代用乳の給与試験、ET産子の下痢防止のための、②ワクチンにより抗体価を高めた強化初乳の給与試験、および③これらの成果を踏まえた農家での実証試験を担当する。今回は第一報として、ホエー代用乳およびさらなる免疫力の向上を目的として作成したβカロテン添加ホエー代用乳の給与試験の結果を報告する。

## 材料および方法

### 1) 供試牛の条件および、試験区の設定

供試牛は黒毛和種人工授精由来子牛とし、出生直後に市販の免疫グロブリン含有初乳製剤「ヘッドスタート」(BAYER 社) 1袋を強制給与し、その後母牛の初乳を自由摂取させた。

生後3日目に母子分離し、表1に示すそれぞれの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のない(特に下痢がない)子牛を試験に供した。試験は各区5頭で実施した。

なお、今回の試験では、当センターで通常使用している「牛下痢5種混合不活化ワクチン」((株)微生物化学研究所)を母牛に接種していない。

	主原料	CP(%)	βカロテン (ppm)
対照区	脱脂粉乳 (従来品)	26	0
ホエー区	ホエー	26	0
カロテン区	ホエー	26	30

表1 試験区設定と主な成分

### 2) 供試牛の飼養管理

代用乳は1日2回(朝9時30分、夕方16時30分)給与で、給与量は生時体重に応じて最大日量6~8kgとした。

スターターは7日齢より給与を始め、不断給餌とした。スターターはTDN70%以上、CP20%以上のものを使用した。

乾草は10cm程度に細切したチモシーを自由採食させた。

また、3日齢前後でエクテシンを、28日齢前後で牛5種混合生ワクチン((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、飼料摂取量と糞便スコアは朝・夕の代用乳給与時、それ以外は調査日の午後2時に実施した。統計処理は分散分析の後、Tukey-Kramer法による検定を行った。

#### ① 体重および体高

体重は出生直後、7・14・21・28・42・56・63日齢、体高は7・28・56日齢に測定した。

#### ② 飼料摂取量

スターターおよび各代用乳の給与量と残量を重量で記録した。

#### ③ 糞便検査

糞便スコアは3段階で記録した。

通常便=1、軟便=2、水様下痢便=3

また、糞中水分・IgAについては、2・14・42日齢の直腸便を採取して検査した。

水分は直ちに測定した。IgAについては糞便採取後可能な限り早く10%FCS添加PBSに懸濁させた後-30℃で保存し、後日一斉に測定した。

#### ④ 血液検査

2・14・42日齢に頸静脈より真空採血管(プレインおよびヘパリン入り)にて採取した。

調査は以下の計15項目で行い、血球成分は採血直後に実施した。血清成分は、凝固処理

(37°C・15分間)後、5°C・5,000rpmで15分間遠心して血清分離、-30°Cで凍結保存した後、後日一斉に検査した。

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12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)、血中尿素窒素(BUN)、中性脂肪(TG)、GOT、 $\gamma$ -GTP、カルシウム(Ca)、リン(P)  
血中IgG、血中 $\beta$ カロテン

⑤ その他

発熱や呼吸器症状などの下痢以外の異常および投薬などが発生した場合、その他特記事項として記録した。

## 結果

- ① 各試験区における子牛の体重の推移および一日当たりの増体量については、良い方からカロテン区、ホエー区、対照区の順で、カロテン区が良好であった。(図1)しかし、3区間に有意差は認められなかった。(カロテン区 vs.対照区:  $P=0.206$ ) 体高の推移についてはやや個体差が大きかったが、3区間に差は無かった。(図2)

図1 体重の推移

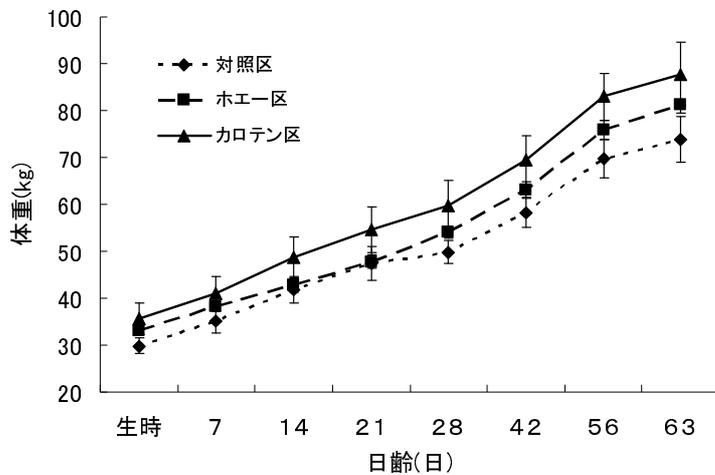
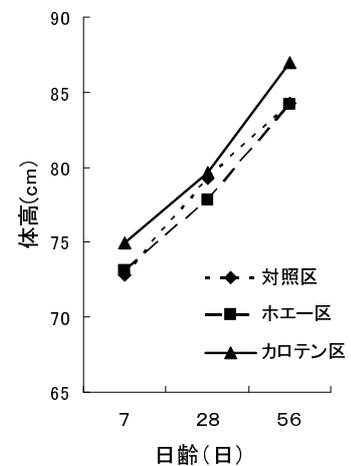
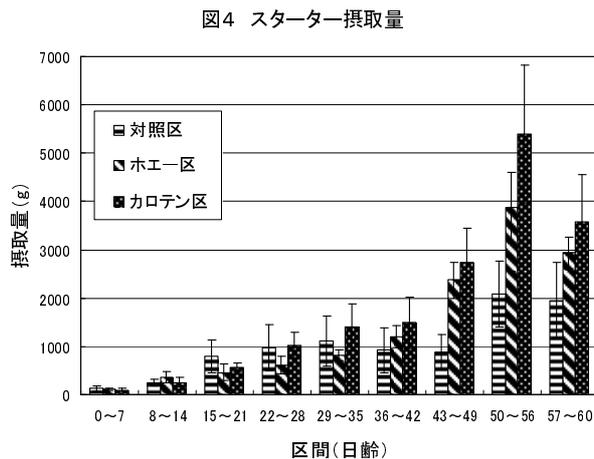
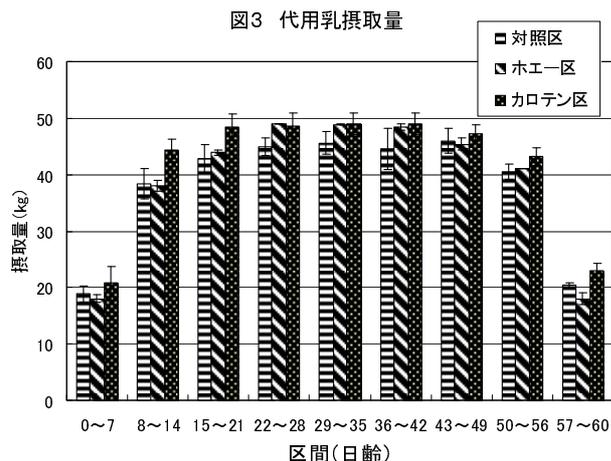


図2 体高の推移



- ② 各試験区における代用乳の摂取量については、有意差は認められなかった。(図3) また、代用乳の残飼量の総量は対照区でやや多かった(対照区:10.6kg、ホエー区:1.4kg、カロテン区:2.5kg)が総給与量の約3%と少なく、有意差も認められなかった。スターター摂取量は各試験区とも個体差が大きく(最小:1,935g、最大:29,510g)、有意差は認められなかった。(図4)



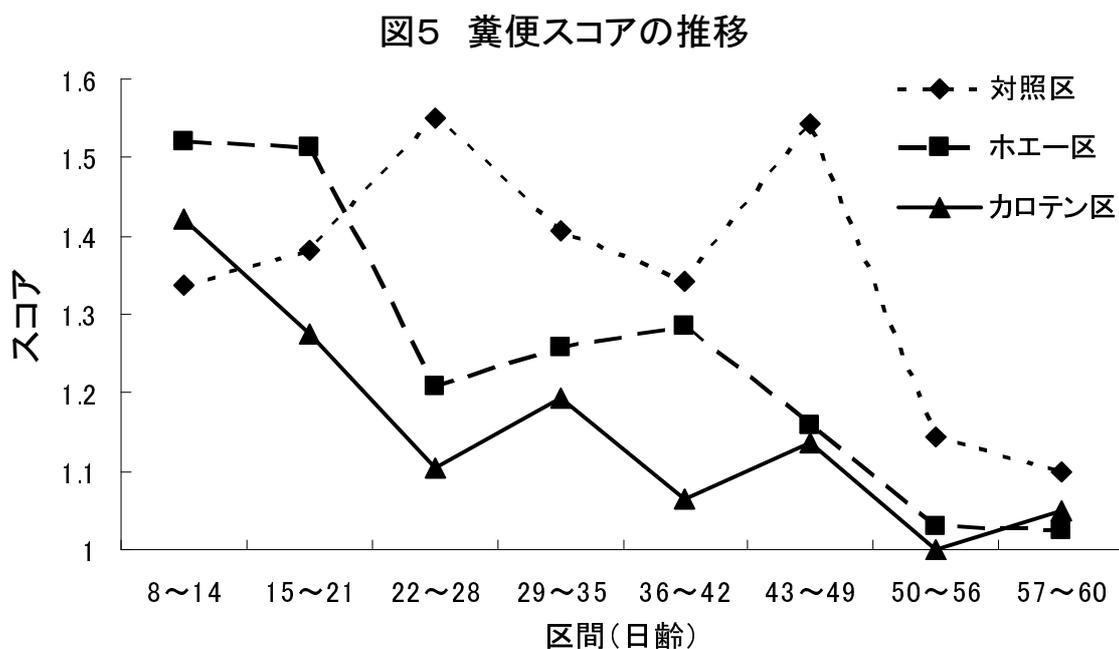
③ 哺乳期間全体での各試験区における糞便スコアは、対照区がカロテン区に比べて有意に高かった。(P=0.016、表2) 1週間ごとの期間に区切った平均スコアでは、ホエー区・カロテン区は21日齢まで高く推移したが、それ以降は低いスコアを維持した。一方、対照区は49日齢まで高いスコアが続いていた。

表2 糞便スコア

	糞スコア			
<b>対照区</b>	1.350	<sup>a</sup>	±	0.059
<b>ホエー区</b>	1.259	<sup>ab</sup>	±	0.042
<b>カロテン区</b>	1.144	<sup>b</sup>	±	0.025

mean ± SEM、同列異符号間に有意差(a-b:P<0.05)

また、ホエー区・カロテン区で糞便がゼリー状の形状を示した。この独特な形状は、ホエー代用乳を給与した全期間で見られたが、スターターやチモシーの摂取量の少ない試験前半で顕著であった。



④ 各試験区における血液成分は、14日齢ではT-CHO、42日齢ではBUNで有意差が認められた。また、血中βカロテンは各試験区とも2日齢には低値であったが、日齢が進むにつれてカロテン区で上昇した。それ以外の項目の14、42日齢では、各試験区間での差は無かった。

表3 総コレステロール (単位:mg/dl)

	2日齢		14日齢		42日齢	
対照区	39.2 <sup>a</sup>	± 5.86	68.4 <sup>a,C</sup>	± 9.31	120.2 <sup>a</sup>	± 22.02
ホエー区	44.0 <sup>a</sup>	± 4.60	34.0 <sup>D,e</sup>	± 2.39	78.6 <sup>a</sup>	± 3.19
カロテン区	35.0 <sup>a</sup>	± 4.25	43.2 <sup>b,e</sup>	± 2.92	107.4 <sup>a</sup>	± 18.98

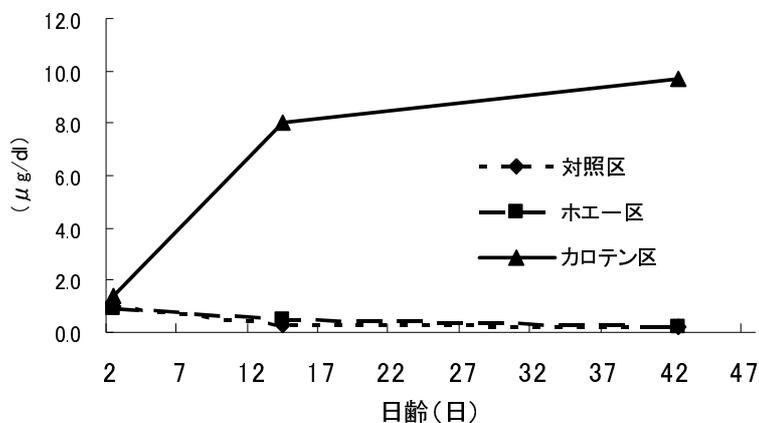
mean ± SEM、同列異符号間に有意差あり(a-b:P<0.05、C-D:P<0.01)

表4 尿素窒素 (単位:mg/dl)

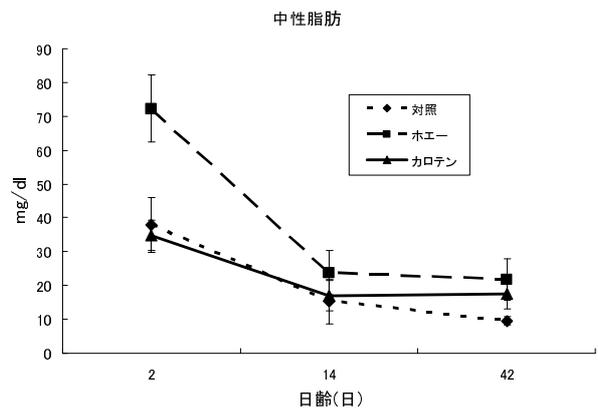
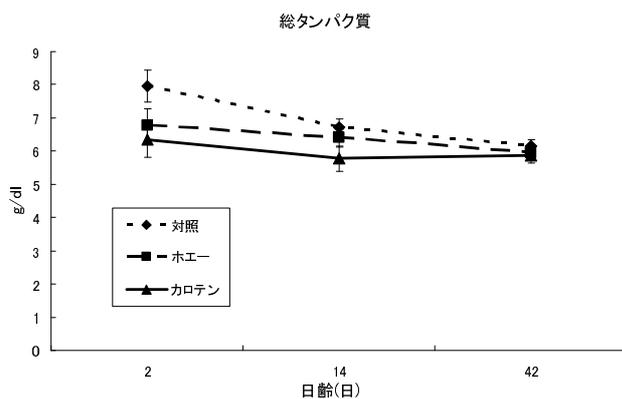
	2日齢		14日齢		42日齢	
対照区	14.9 <sup>a</sup>	± 2.01	12.2 <sup>a</sup>	± 1.43	14.8 <sup>A</sup>	± 0.40
ホエー区	11.8 <sup>a</sup>	± 2.32	8.8 <sup>a</sup>	± 0.99	8.7 <sup>B</sup>	± 0.69
カロテン区	8.9 <sup>a</sup>	± 1.97	8.2 <sup>a</sup>	± 1.00	9.2 <sup>B</sup>	± 0.43

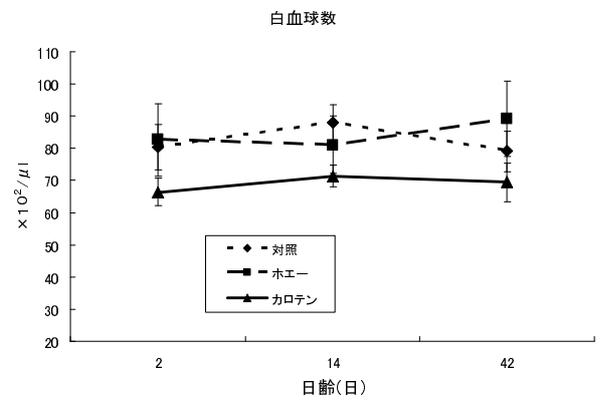
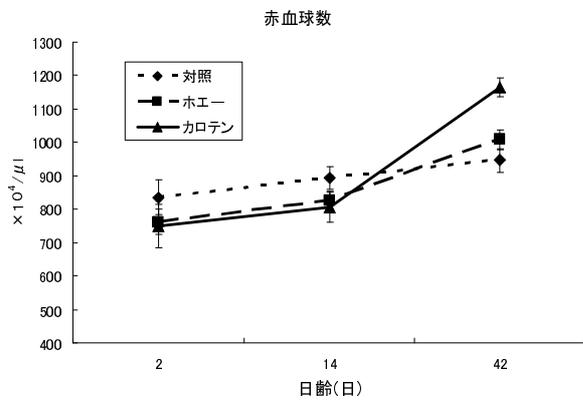
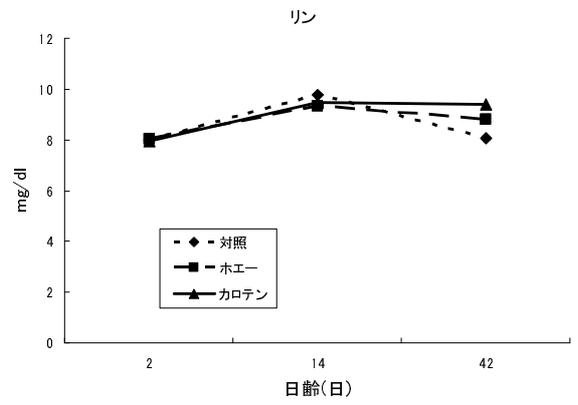
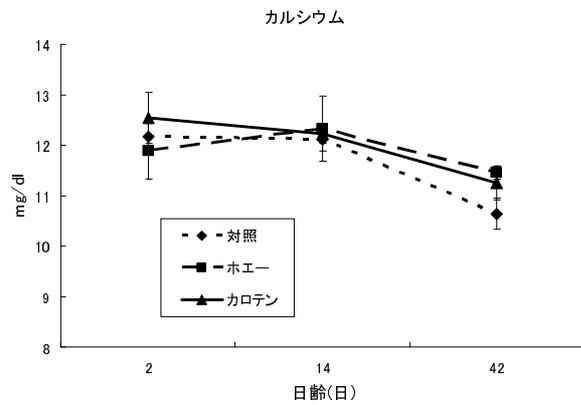
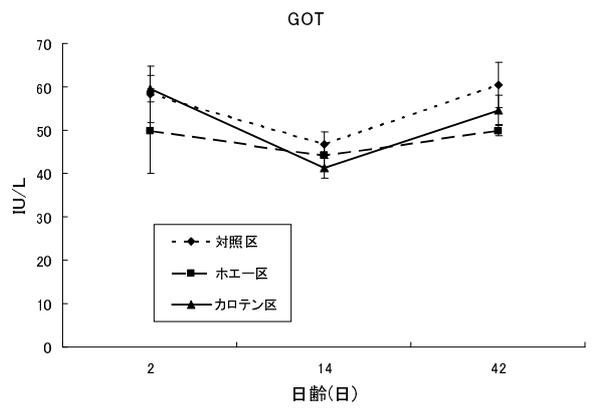
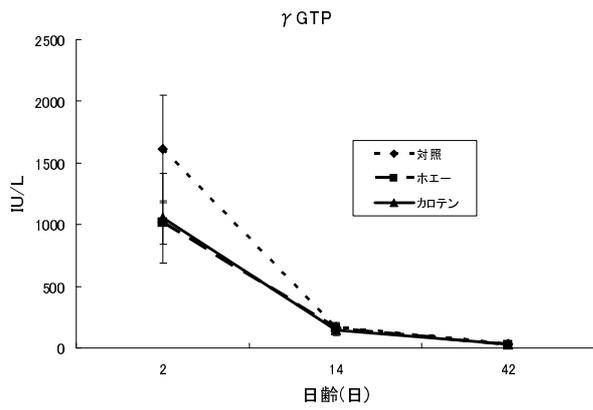
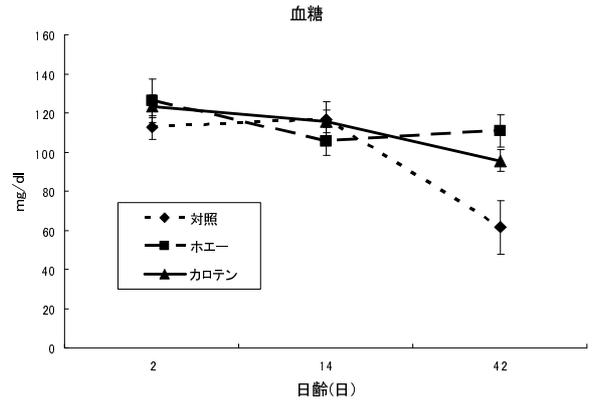
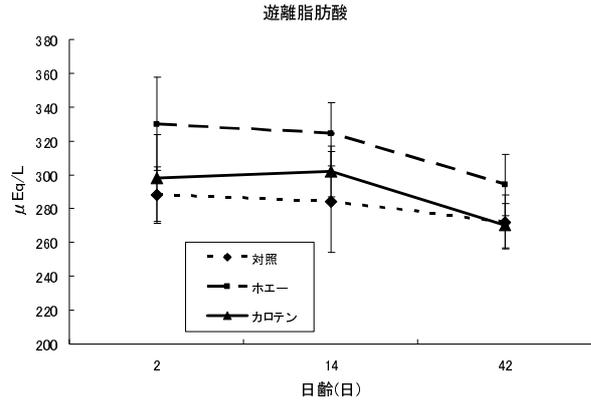
mean ± SEM、同列異符号間に有意差あり(A-B:P<0.01)

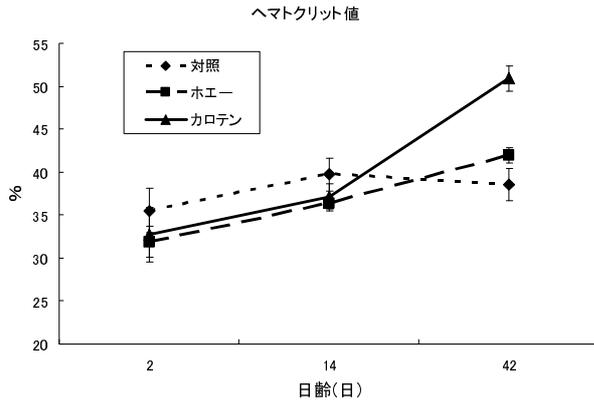
図6 血中βカロテン濃度



有意差が認められなかった項目







⑤ 各試験区における、下痢以外の症状に対する投薬回数の合計は、対照区7回（24日間）、ホエー区1回（3日間）、カロテン区1回（5日間）、下痢に伴う生菌剤の使用日数の平均は、対照区24.8日、ホエー区14.0日、カロテン区12.2日で、いずれも対照区でやや多い傾向であった。

## 考 察

和牛子牛のほ乳期における死亡事故の原因の約半数は下痢によるといわれている。また、死亡しないまでも発育の停滞や飼料効率の低下をもたらすため、畜産農家における損失は非常に大きく、下痢の発生を低下させることが生産性の向上につながる。一方、ホエーはチーズ等の乳製品を生産する際に発生する副産物であり、そのほとんどが廃棄されている。しかし、免疫グロブリンや各種アミノ酸を豊富に含んでいるため、子牛のほ乳期に給与することで、下痢による損耗の防止効果や、発育の促進効果が期待できるが、現在市販されている子牛用代用乳は脱脂粉乳を主体に製造されており、ホエーは原材料の数%を占めるにすぎない。また、βカロテンは腸管でのIgA産生を促進する効果があり、腸管免疫の向上による下痢予防効果が期待される。そこで、ホエーを主原料に作成した代用乳と、さらにβカロテンを添加した代用乳の2種類を新たに作成し、従来型の子牛用代用乳を含めた3種類の代用乳の給与試験を実施、その成績を比較・検討した。

その結果、発育に関しては3試験区間、また、9週齢までの代用乳給与全期間での有意差は無く、代用乳やスターターの摂取量も同じであり、代用乳の主要なタンパク源としてホエーが使用可能であることが示唆された。(図1～4) また、9週齢の時点で比較すると、対照区と比較してホエー区・カロテン区ともに発育・スターターの食い込みがやや良好であった。このことは、その後の育成成績に好影響をもたらしたと思われる。なお、実際の出荷成績は表5の通りであった。

	出荷時平均		体重/日齢
	体重	日齢	
対照区	272.0	291.8	0.930
ホエー区	262.4	255.4	1.027
カロテン区	281.0	266.8	1.059

表5 出荷時の日齢および体重

糞便性状については、ホエー区・カロテン区ともに対照区と比較して下痢の抑制傾向が見られた。しかし、下痢の抑制を裏付けるデータとして期待していた、糞便中のIgA濃度は、今回は各試験

区間に差がなかった。一方、ホエー給与時特有の「ゼリー状便」については、排泄時の子牛の健康状態には何ら問題なく、発育に悪影響を及ぼすことは無いと考えられた。しかし、畜産農家には「軟便（のように見える便）」を引き起こす代用乳として敬遠されるおそれがあること、体調不良を伴う「本当の軟便」が発生した場合に気づくのが遅れる可能性があること、等を考慮すれば今後の改良が必要である。

ホエー区・カロテン区での血中 T-CHO 値の低下については、先に述べた、「ゼリー状便」の発生とも併せて考えると、分泌された胆汁酸が腸管での吸収を抑制され、そのまま糞便中に排泄するためと考えられる。しかし、T-CHO が低下していても発育成績に悪影響はなく、問題はないと思われる。また、カロテン区での血中  $\beta$  カロテン濃度は期待通り上昇しており、代用乳中の  $\beta$  カロテンが子牛の体内へうまく取り込まれていたことが示されたが、ホエー区とカロテン区の明確な差は他になく、今回の試験の範囲では  $\beta$  カロテン添加効果は認められなかった。

以上のことから、ホエーは和牛子牛用代用乳として利用が可能であることは示された。しかし、実用化に至るまでには、特有の糞便性状の改善や血液成分の変化をもたらす原因の解明が必要である。

## 参考文献

- 1) Kume S., T. Toharmat ; Effect of colostrum  $\beta$ -carotene and vitamin A on vitamin and health status of newborn calves. *Livestock Production Sci.* 68:61-65 (2001)
- 2) 和牛子牛の損耗防止マニュアル (2007)
- 3) 清水 悟、小財 千明 ; 和牛子牛哺乳育成試験 奈良県畜産試験場研究報告 第 20 号 18-24 (1993)
- 4) 石田 充亮、清水 悟、青山 譲、朝倉 康夫 ; 黒毛和種子牛の哺育・育成技術確立試験 奈良県畜産技術センター研究報告 第 31 号 7-12 (2005)
- 5) 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)