

## 哺乳量水準が乳子牛の発育・血液性状及び 顆粒球 NBT 還元能に及ぼす影響

篠倉和己\*・生田健太郎\*・小嶋 睦\*・柘田隆一\*

### 要 約

ホルスタイン種雌子牛 8 頭・雄子牛 6 頭を人工乳・乾草を自由採食にした状態で、代用乳による日増体量が 0 kg となる標準発育区 (ST 区) と 0.5 kg となる高発育区 (H 区) の 2 区に分け、代用乳の給与水準が発育と血液性状に及ぼす影響を検討した。

- 1 1 日当たりの代用乳給与量は ST 区が  $0.56 \pm 0.06$  kg, H 区が  $0.80 \pm 0.09$  kg であった。
- 2 平均人工乳摂取量は 2・4・5 週齢で ST 区が H 区より多く、血中尿素態窒素は 3・4・5 週齢で ST 区が H 区より高かった。乾草摂取量は 12 週齢で ST 区が H 区より多かった。
- 3 体重の相対成長率 (1 週齢に対する測尺値比率) は 3・4・6 週齢で H 区が ST 区より大きかった。一方、体高の相対成長率に差はなかった。腰角幅の相対成長率は 12 週齢で ST 区が H 区より大きかった。
- 4 顆粒球 NBT 還元能は区による差はなく、2 週齢以降低下する傾向にあった。
- 5 平均糞便スコアは 5 週齢で ST 区が H 区より高かった。

ST 区の哺乳法が H 区に比べて体に幅のある骨格形成が出来ると考えられた。しかし、下痢の発生を抑えることに主眼を置けば、やや哺乳量を増やし人工乳摂取量を抑える方法が良いと考えられた。

## Influence of the Amount of Milk Replacer Feeding on Growth, Blood Response and Nitroblue Tetrazolium Reduction of Granulocytes of Dairy Calves

Kazumi SASAKURA, Kentarou IKUTA, Mutsumu KOKAMO and Ryuichi MASUDA

### Summary

Eight Holstein heifer calves and six bull calves were assigned to one of two suckling treatments to study the influence of the treatments on growth and blood response.

Treatments were designed to achieve daily gains of 0 (the standard growth group; ST group) and 0.5 (the high growth group; H group) kg d<sup>-1</sup> by only milk replacer feeding. All calves were fed calf starter and hay freely.

- (1) The amounts of milk replacer feeding used per day in ST and H group were  $0.56 \pm 0.06$  kg and  $0.80 \pm 0.09$  kg, respectively.
- (2) The average amounts of calf starter feeding used in the ST group at 2, 4 and 5 weeks of age were greater than those used in the H group, and blood urea nitrogen concentrations in the ST group at 3, 4 and 5 weeks of age were greater than those in the H group.

The average amounts of hay feeding used in the ST group at 12 weeks of age was greater than that in the H group.

- (3) The increasing rates of the relative body weight in the H group at 3, 4 and 6 weeks of age were greater than those in the ST group. The increasing rates of the relative wither height in the groups were not significantly different. The increasing rate of the relative hook width in the ST group at 12 weeks of age was greater than that in the H group.
- (4) Nitroblue tetrazolium reduction of granulocytes among the groups was not significantly different, and tended to decline after 2 weeks of age.

- (5) The fecal scores in the ST group at 5 weeks of age was greater than that in the H group. These results suggest that the growth of body width in the ST group is greater than that in H group. However, it is thought that the feeding method of increasing the amount of suckling and suppressing calf starter intake may be recommended in order to suppress the occurrence of diarrhea.

キーワード：乳子牛, 代用乳, 発育, 血液性状, NBT還元能

緒言

酪農における子牛の人工哺乳は省力化を目的に、1日1回哺乳<sup>9)</sup>や早期離乳が検討され、近年では初期発育の向上を目的とした8リットル哺乳<sup>8,10)</sup>の検討が行われている。しかし、日本飼養標準<sup>7)</sup>では代用乳1日600g給与を一般的な方法として勧めている。当センターが調査したところ、農家での代用乳を使った哺乳量は体重に関係なく1日500g前後が一般的であった。一方、ホルスタイン種雌子牛の生時体重は43±6kg (n=52, 当センター調査)と個体差が大きいことから、人工乳摂取量の少ない時期において、体の大きな牛に少ない哺乳量では栄養不足による発育への悪影響が考えられる。そこで今回、代用乳の給与水準を高・標準の2水準設定し、人工乳・乾草の摂取量、子牛の発育と血液性状、免疫の指標として顆粒球NBT還元能に及ぼす影響を検討した。

材料及び方法

1 供試牛及び試験区分

平成13年10月から12月に当センターで生まれたホルスタイン種雌子牛8頭・雄子牛6頭を代用乳の給与水準により2区分に分けた(表1)。子牛には生後6日間初乳・移行乳及び移行乳と代用乳の混合乳を給与した後、雄子牛は6週齢、雌子牛は12週齢まで試験に供した。子牛はペンで単飼した。代用乳の給与量(図1)は、7日齢の体重当たりのTDN要求量を代用乳のみで100%充足する量とし、哺乳期を通じて定量哺乳とした。

TDN要求量は下記に示した日本飼養標準<sup>6)</sup>のME要求量算定式から算出し、維持に要するTDN量を給与する標準発育区(以下ST区と呼ぶ)、0.5kg日<sup>-1</sup>の増体が得られるTDN量を給与する高発育区(以下H区と呼ぶ)

表1 試験区及び供試牛

試験区	性	頭数	1週齢時体重(kg)
標準発育区 (ST区)	雌	4	40.4±2.5
	雄	3	49.4±1.9
高発育区 (H区)	雌	4	40.1±7.8
	雄	3	43.0±3.7

の2水準とした。

$$ME (Mcal 日^{-1}) = (0.1152 \times W^{0.75} + 0.1205 \times DG \times W^{0.75})$$

12・1・2月は1.1を乗じる。

W: 7日齢体重, DG: ST区0, H区0.5

TDN 1kg = 3.62 Mcal ME

2 給与飼料

代用乳(CP24%, TDN110%)は温湯で約6倍に希釈し、バケツで給与し6週齢で離乳した。人工乳(CP18%, TDN72%)は、乳首型給餌器(バーデンスタートボトル)で1日2.5kgを上限に自由採食させた。クレイン乾草(CP13%, TDN60%)は餌桶で自由採食させた。水はバケツで自由飲水とした。

3 調査項目

1・2・3・4・5・6・8・12週齢において、朝の哺乳または給餌後3~4時間以内で次の調査を行った。

(1) 飼料摂取量

飼料は毎日計量給与し調査日の残飼量から1週間の摂取量を算出した。この摂取量を調査日日数で除して、1日当たり平均飼料摂取量とした。

(2) 体重及び体各部の測尺

体重・体高・十字部高・体長・尻長・腰角幅・寛幅・胸囲を測定した。1週齢時に対する各測尺日の測定値比率を相対成長率とした。

(3) 血液性状

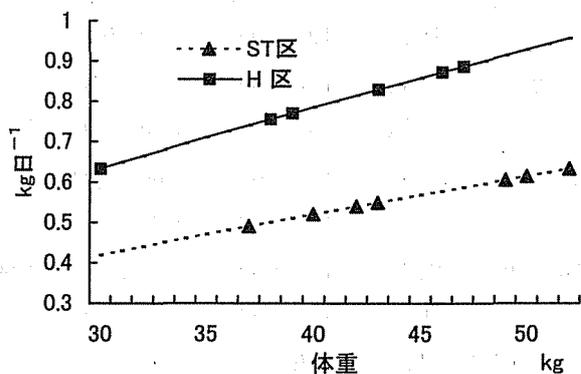


図1 体重による代用乳給与量  
日本飼養標準のME要求量算定式から算出

表2 1日当たり平均飼料摂取量<sup>1)</sup>

飼料	試験区	週 齢						
		2	3	4	5	6	8	12
代用乳 <sup>2)</sup>	ST区	0.56 <sup>a</sup> ±0.06	0	0				
	H区	0.80 <sup>b</sup> ±0.09	0	0				
人工乳	ST区	0.14 <sup>a</sup> ±0.06	0.35±0.14	0.50 <sup>a</sup> ±0.27	0.87 <sup>a</sup> ±0.32	0.98±0.45	2.00±0.50	2.42±0.10
	H区	0.07 <sup>b</sup> ±0.05	0.20±0.18	0.22 <sup>b</sup> ±0.14	0.46 <sup>b</sup> ±0.21	0.70±0.34	1.94±0.25	2.48±0.02
乾 草	ST区	0.01±0.01	0.05±0.04	0.09±0.09	0.10±0.06	0.16±0.14	0.30±0.25	0.62 <sup>a</sup> ±0.24
	H区	0.01±0.01	0.04±0.03	0.06±0.04	0.07±0.03	0.10±0.05	0.13±0.02	0.28 <sup>b</sup> ±0.11
TDN 充 足率(%)	ST区	78±11	106±22	102±16	95±14	106±26	83±10	94±9
	H区	91±17	103±22	94±18	93±13	93±15	76±5	86±12

1) 調査日前1週間の飼料摂取量(kg)/調査日数

平均値±標準偏差, a b: 同一飼料同一週齢の異符号間に有意差あり (P&lt;0.05)

2) 代用乳は2~6週齢まで定量給与

表3 1週齢に対する相対成長率<sup>1)</sup>

測尺項目	試験区	週 齢						
		2	3	4	5	6	8	12
体 重	ST区	1.08±0.02	1.14 <sup>a</sup> ±0.04	1.22 <sup>a</sup> ±0.07	1.36±0.12	1.47 <sup>a</sup> ±0.11	1.91±0.15	2.62±0.06
	H区	1.12±0.05	1.23 <sup>b</sup> ±0.06	1.35 <sup>b</sup> ±0.10	1.50±0.15	1.66 <sup>b</sup> ±0.16	2.08±0.33	2.77±0.50
体 高	ST区	1.08±0.03	1.10±0.12	1.11±0.13	1.14±0.12	1.15±0.13	1.16±0.04	1.25±0.05
	H区	1.04±0.02	1.06±0.02	1.08±0.03	1.10±0.03	1.13±0.04	1.20±0.06	1.30±0.07
十字部高	ST区	1.03±0.03	1.06±0.02	1.08±0.03	1.11±0.02	1.11±0.03	1.16±0.05	1.26±0.04
	H区	1.03±0.02	1.06±0.02	1.07±0.03	1.12±0.05	1.15±0.03	1.18±0.04	1.28±0.03
体 長	ST区	1.06±0.02	1.09±0.03	1.12±0.04	1.13±0.05	1.17±0.05	1.27±0.03	1.38±0.08
	H区	1.05±0.06	1.07±0.08	1.11±0.08	1.16±0.07	1.20±0.09	1.27±0.09	1.44±0.04
尻 長	ST区	1.04±0.04	1.08±0.06	1.11±0.04	1.12±0.06	1.16±0.05	1.25±0.02	1.36±0.02
	H区	1.04±0.02	1.09±0.05	1.11±0.04	1.15±0.04	1.19±0.04	1.26±0.06	1.36±0.08
腰角幅	ST区	1.05±0.04	1.09±0.06	1.12±0.05	1.15±0.06	1.20±0.08	1.36±0.06	1.56 <sup>a</sup> ±0.03
	H区	1.03±0.01	1.09±0.04	1.11±0.02	1.14±0.03	1.20±0.03	1.28±0.04	1.44 <sup>b</sup> ±0.05
寛 幅	ST区	1.04±0.04	1.08±0.04	1.10±0.03	1.11±0.04	1.16±0.04	1.24±0.05	1.39±0.04
	H区	1.03±0.02	1.07±0.04	1.10±0.03	1.13±0.03	1.20±0.03	1.26±0.05	1.35±0.07
胸 囲	ST区	1.04±0.03	1.06±0.02	1.09±0.04	1.13±0.03	1.18±0.04	1.24±0.05	1.38±0.02
	H区	1.01±0.02	1.06±0.05	1.09±0.02	1.14±0.02	1.19±0.04	1.25±0.03	1.39±0.07

1) 1週齢に対する測尺値比率

平均値±標準偏差, a b: 同一項目同一週齢の異符号間に有意差あり (P&lt;0.05)

ヘマトクリット（以下Htと呼ぶ）は遠心法で、白血球数はユノベット法（ベクトン社）で、総蛋白質（以下TPと呼ぶ）は屈折法で、GOT・GGT・総コレステロール（以下Tchoと呼ぶ）・アルブミン（以下Albと呼ぶ）・中性脂肪（以下TGと呼ぶ）・血糖（以下Gluと呼ぶ）・尿素態窒素（以下BUNと呼ぶ）は血液自動分析装置（富士ドライケム3030, 富士フィルム社）で、免疫グロ

ブリンG（以下IgGと呼ぶ）はSRID法（ウシIgGプレート, エコス研究所）で測定した。また血液塗抹標本から白血球百分比を測定した。

(4) 顆粒球NBT還元能

EDTA-2Naを含む組織培養液で2倍希釈した子牛血液からパコール法により顆粒球（好中球, 好酸球）を分離し、培養液で $5.0 \times 10^5 \text{ ml}^{-1}$ となるように調整し、

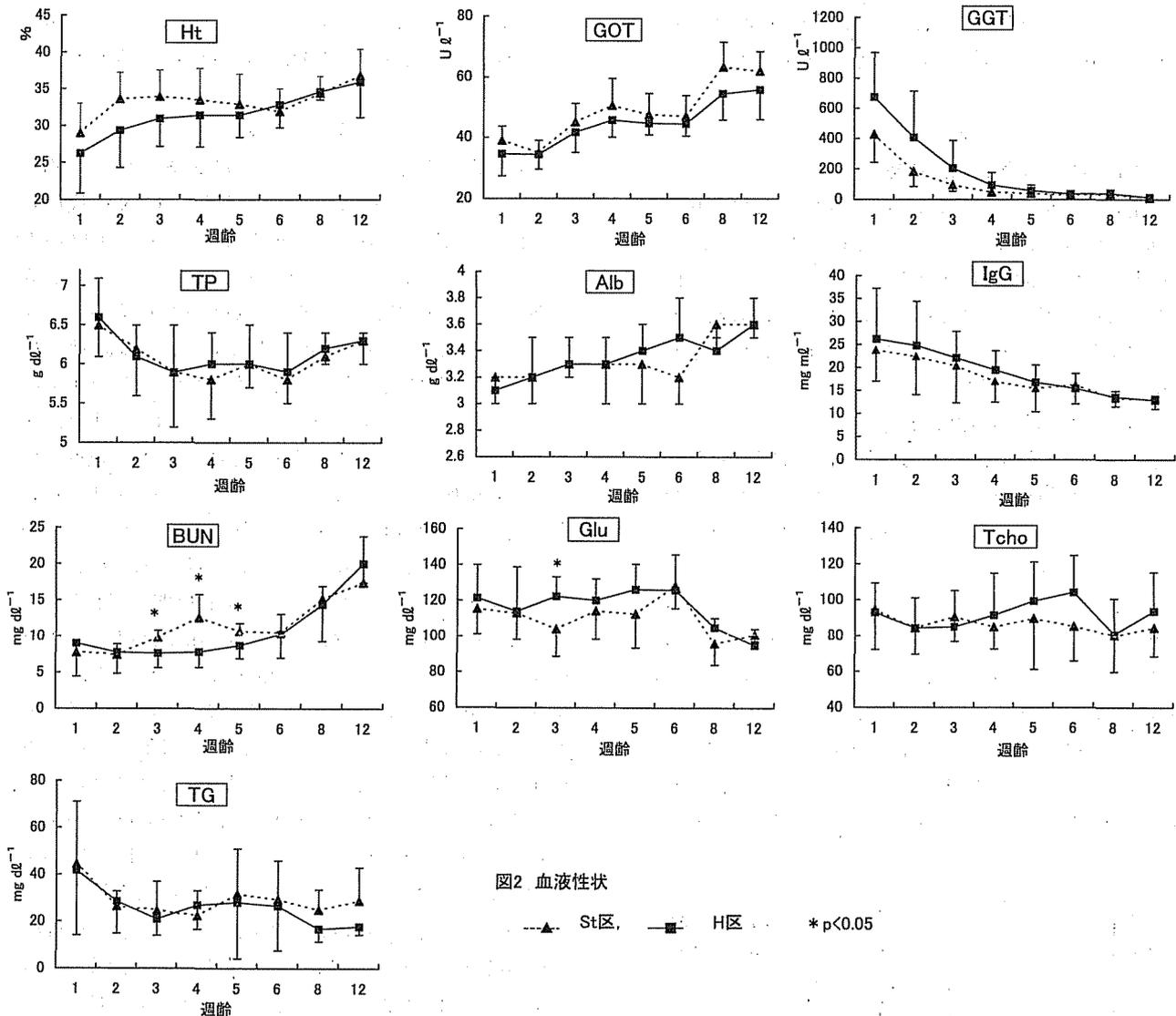


図2 血液性状

---▲ St区, —■ H区 \* p<0.05

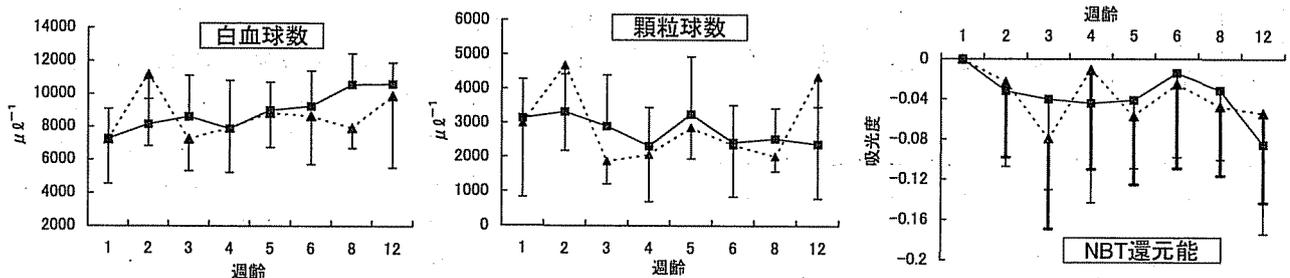


図3 白血球数, 顆粒球NBT還元能

---▲ St区, —■ H区 NBT還元能は1週齢時との吸光度差

KATAMOTO<sup>3)</sup>らの方法に準じて測定した。

#### (5) 糞便性状

便の性状を毎日調査し次のスコアに置き換えた。

スコア1正常便, 2:軟便, 3:泥状便, 4:水様性便  
調査日前1週間のスコア値合計を調査日数で除して調査日の平均糞便スコアとした。

#### 4 統計処理

各週齢の試験区間の比較はStudentのt検定を5%水準で行った。糞便スコアにおける試験区間の比較はMann-WhitneyのU検定を5%水準で行った。

### 結 果

#### 1 1日当たり平均飼料摂取量

代用乳給与量はST区が $0.56 \pm 0.06$ kg, H区が $0.80 \pm 0.09$ kgでH区がST区に比べて有意に多くなった。人工乳摂取量は2週齢からST区が有意に多くなった。両区とも週齢の経過とともに摂取量は増加し、離乳時にその差はなくなった。乾草摂取量はST区がやや多く推移し、12週齢ではST区が有意に多くなった(表2)。

#### 2 体重及び体各部の相対成長率

体重の相対成長率は3,4及び6週齢でH区が有意に大きかった。腰角幅の相対成長率は12週齢でST区が有意に大きかった。その他の部位の相対成長率に両区で差はなかった(表3)。

#### 3 血液性状

BUNは週齢の経過とともに増加し、3・4・5週齢ではST区がH区に比べて有意に高くなった。GluはH区がST区よりやや高く推移し、3週齢では有意な差となった。Alb・Tchoは5・6週齢でH区が高い傾向にあった。GOT, GGT, TP, TGは両区で同様に推移した。IgGは12週齢まで基準とされる $10\text{mgdl}^{-1}$ 以上で推移した(図2)。

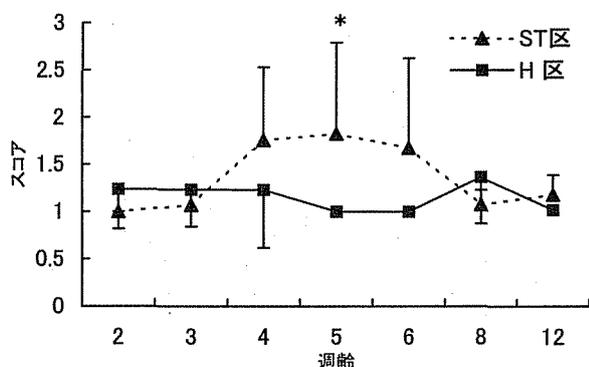


図4 平均糞便スコア  
スコア1:正常, 2:軟便, 3:泥状便, 4:水様性便  
調査日前1週間の平均  
\*: $p < 0.05$

#### 4 白血球数及び顆粒球NBT還元能

白血球数・顆粒球数の推移と、NBT還元能の吸光度を1週齢時に対する増減で示した(図3)。白血球・顆粒球数は2週齢以降大きく変動した。NBT還元能は2週齢以降両区とも低下傾向にあったが、区による差はみられなかった。

#### 5 平均糞便スコア

ST区の平均糞便スコアは4週齢から高くなり、5週齢にはH区より有意に高くなった(図4)。スコアとIgG・人工乳摂取量との間に相関関係はみられなかった。

### 考 察

今回生体の維持量のみにあたるTDNを代用乳で給与した区(ST区)と維持と発育に要するTDNを代用乳から給与した区(H区)で比較したところ、ST区の人乳摂取量は激増し2週齢でH区より多くなった。食欲の調節は、血中Glu・その他の栄養源・胃の充満等を介して視床下部によって調節されている<sup>10)</sup>。本試験ではST区のGluがH区に比べて低く推移したため、ST区の食欲がH区に比べて強くなったと考えられた。また、人工乳をバーデンススタートボトルで給与したため摂取量が早期から増加したものと考えられた。このボトルは吸乳欲を利用した給餌器であり、野中<sup>8)</sup>らの8リットル哺乳でも人工乳摂取量の増加を認めており、H区のようにエネルギーの充足した状態でも人工乳摂取量が順調に増加していた。人工乳の発酵産物である酪酸が第一胃の上皮組織を発達させる<sup>5)</sup>ことが知られており、ST区の人乳摂取量が早期から増えたこと及び12週齢での乾草摂取量がH区に比べて多かったことから、ST区の第一胃機能の発達はH区に比べて早かったものと推察された。

血液性状のうちHt・TP・Alb・BUN・Glu・Tcho・TGは栄養状態の指標となる<sup>9)</sup>。Ht・TP・Alb・Tcho・TGに両区で差がないことから、恒常的な栄養状態に差がなかったと考えられた。ST区は発育に要するTDNを供試時から人工乳で得る設計であり、この血液性状は人工乳から栄養を得ることが出来たことを裏付けていると考えられた。

BUNは蛋白質摂取を敏感に反映する項目である。ST区のBUNが3・4・5週齢でH区に比べて高かったことは、ST区の人乳摂取量が多かったことに起因しており、6週齢にはH区の人乳摂取量も増えたことからBUNに差がなくなったと考えられた。

反芻動物の血中Gluは主として第一胃のプロピオン酸・アミノ酸・乳酸やグリセロールに由来して産生されており単胃動物に比べて低値である<sup>7,9)</sup>が、哺乳期の

代用乳から得る Glu は下部消化管から消化吸収されたものであり単胃動物と同様に飼料摂取により変動が大きい。8・12週齢の Glu レベルは第一胃由来の Glu であり両区に差がみられなかったが、3～5週齢で認められた H区と ST 区の差は哺乳量の違いを反映した差であると考えられた。

H 区の 3・4・6 週齢の体重の相対成長率が ST 区に比べて大きく、体高・十字部高に差がなかったことと、H 区の Glu が 3 週齢で ST 区より高く他の週齢でも高い傾向にあったことから、H 区では余剰の Glu が体脂肪蓄積にまわったと考えられた。なお 12 週齢までの血液性状からはこれに起因する肝機能低下はみられなかった。

12 週齢の相対成長率では ST 区の腰角幅の発育が顕著であり、寛幅も同様の傾向がみられた。成長ホルモンによる骨の成長は高蛋白質飼料で促進される<sup>2)</sup> ことが知られているが、ST 区の BUN 増加は蛋白質を多く摂取したことを裏付けており、結果として骨の成長が促進されたと考えられた。

長期的ストレスによる顆粒球の機能低下<sup>3, 4)</sup> が報告されている。今回哺乳量不足がストレスになると仮定し NBT 還元能への影響を検討した。本試験の NBT 還元能は週齢と共に低下傾向にあったが、個体差が大きく区による差は認めなかった。本試験では早期から ST 区の人乳の摂取量が増え、これを栄養として利用できたためストレスが顕著でなかったとも考えられる。いずれにしろ新生子牛の NBT 還元能が週齢とともに低下傾向にあることは池内ら<sup>1)</sup> の報告と一致しており、この時期の衛生管理の重要性が再確認された。

4 週齢から 6 週齢にかけて ST 区で下痢の発生がみられた。原因として IgG の低下によるものと人工乳摂取量増加による消化不良性下痢が考えられたが、概ね軽度の下痢であり整腸剤の投与で治癒した。田中ら<sup>13)</sup> は 1 週齢時から哺乳量を漸減する区と 3 週齢から漸減する区を比較し、人工乳摂取量の多かった 1 週齢から漸減する区の下痢発生が多かったと報告しており、3 週齢までは哺乳量を一定にし人工乳摂取量を増やしすぎない方法が良いと結論付けしている。

以上のことから生体の維持量のみを哺乳する哺乳法でも、エネルギー不足分を充足できる人工乳摂取量があれば十分な発育が可能であり、むしろ幅のあるしっかりした骨格形成が出来る可能性が示唆された。しかし、下痢の発生を回避することに主眼を置けば、やや哺乳量を増やし人工乳摂取量を抑える方法が良いと考えられた。また人工乳の給餌にバーデンスターボトルを使うことで、人工乳摂取量が早期から増えるものと考えられた。

#### 引用文献

- (1) 池内俊久・片本宏・富田啓介・中家一郎・鳥飼善郎 (1997)：セレンおよびビタミン E 投与母牛由来の黒毛和種子牛の発育および抗病力：日獣会誌 50, 19-23
- (2) 猪貴義・後藤信男・星野忠彦・佐藤博 (1987)：動物の成長と発育 (朝倉書店) 92
- (3) KATAMOTO H., H. FUKUDA, I. OSHIMA, N. ISHIKAWA and Y. KANAI (1998)：Nitroblue Tetrazolium Reduction of Neutrophils in Heat Stressed Goats is not Influenced by Selenium and Vitamin E Injection：J. Vet. Med. Sci. 60(11), 1243-1249
- (4) 村田秀雄・高橋秀之・松本英人 (1985)：子牛における末梢血食細胞の Nitroblue tetrazolium (NBT) 還元能の二、三の検討：家畜衛生研究報告 88, 17-24
- (5) NATIONAL RESEARCH COUNCIL (2001)：NUTRIENT REQUIREMENTS OF DAIRY CATTLE Seventh Revised Edition (NATIONAL ACADEMY PRESS) 214-233
- (6) 農林水産省農林水産技術会議事務局編 (1999)：日本飼養標準乳牛 (中央畜産会) 9-10
- (7) 農林水産省農林水産技術会議事務局編 (1999)：日本飼養標準乳牛 (中央畜産会) 40-42
- (8) 野中敏道 (2000)：乳牛子牛の早期離乳の留意点：家畜診療 47(3), 175-188
- (9) PAYNE J. M., S. PAYNE (1986), 臼井和哉 監修, 本好茂一・左向敏紀・新井敏郎共訳：代謝病のプロファイルテスト (学窓社) 17-40
- (10) 沢田泰人・矢倉明・吉原由実子・多久和正 (2002)：ホルスタイン種雌子牛の早期離乳方法の検討：島根畜試研報 35, 13-16
- (11) SWENSON M. J. (1990), 訳者代表 今道友則：デュークス生理学 (学窓社) 672-675
- (12) 武田和士・角田香奈子・橋田達慶・島田昌彦・高田修・内山健太郎・久米 治 (1991)：乳用子牛における 1 日 1 回哺乳技術：兵庫県立淡路農業技術センター研究報告 3, 61-67
- (13) 田中哲也・柄本康・村田定信 (2001)：ホルスタイン子牛に対する早期離乳が発育に及ぼす影響：宮崎県畜産試験場試験研究報告 14, 39-45