

日本短角種および黒毛和種の肥育・飼養特性並びに内分泌特性
に関する研究

2017年

岩手大学大学院
連合農学研究科
生物生産科学専攻
(岩手大学)
米澤 智恵美

第1章 緒論	1
第2章 給与飼料の違いが日本短角種去勢牛の肥育時における飼養成績と血中 GH および PRL 濃度に及ぼす影響について	
1. 緒言	8
2. 材料および方法	10
3. 結果	18
4. 考察	32
5. 要約	38
第3章 日本短角種去勢牛および黒毛和種去勢牛の肥育時における飼養成績と血中 GH および PRL 濃度の品種間差異について	
1. 緒言	41
2. 材料および方法	43
3. 結果	50
4. 考察	65
5. 要約	76
第4章 日本短角種子牛と黒毛和種子牛の哺育期および育成期の発育差について	
1. 緒言	79
2. 材料および方法	81
3. 結果	91
4. 考察	113
5. 要約	120
第5章 総括	122
謝辞	127
引用文献	128

第 1 章

緒論

日本短角種は、肉専用種である和牛 4 品種（黒毛和種、褐毛和種、無角和種、日本短角種）の 1 つであり、岩手県を中心に北東北および北海道で飼養されている。筋肉中に脂肪が入りにくく、脂の少ない赤味主体の肉が特徴であるが、黒毛和種の牛肉に比べて若齢牛肉であり、脂肪交雑も少なく、きめ、しまりも劣るとして、現行の枝肉審査基準では低い評価を受けている。しかし、発育能力が高いため黒毛和種よりも肥育期間が短く、飼料の総量を低く抑えて、低コスト生産を可能としている。また、日本短角種は粗飼料利用性や放牧適性等に優れているため、地域で自給可能な粗飼料を利用した方法や 2 シーズン放牧肥育が試みられているが、現行の肥育では黒毛和種と同様に輸入配合飼料を多給した方法が中心となっている（日本短角種研究会 2005）。一方、飼養頭数の大多数を占める黒毛和種は、筋肉中の脂肪交雑が最大の特徴であり、乳用種よりもビーフ・マーブリング・スタンダード（BMS No.）で 3 ランク程度、交雑種よりも 2 ランク程度優れている（全国和牛登録協会 2007）。一般にホルスタイン種などの外国種と比較すると成熟したときのサイズが小さく、肥育した場合も同じ月齢では体格は小柄になるため、輸入配合飼料を多給した肥育方法を中心に、肉質重視の市場性を考慮した長期の肥育が行われている。通常、肥育期間は前・後期または前・中・後期の 2～3 段階にステージが分けられ、それぞれの肥育ステージでは粗飼料と濃厚飼料の給与比率、粗飼料の種類および濃厚飼料中のエネルギー含量、CP 含量、ビタミン A の添加量等を変えるのが一般的である（農業・食品産業技術総合研究機構

2009)。

近年、家畜の飼養管理において、飼料自給率向上への取組みが重要視され、水田や耕作放棄地の有効活用等による飼料生産の増加、食品残渣等未利用資源の利用拡大が推進されている（農林水産省 2015a）。この一環として、輸入配合飼料を多給した肥育方法が中心であった黒毛和種肥育牛において、飼料用米や食品残渣の給与試験が行われ、増体量、枝肉成績、肉質および脂肪酸組成等との関係が検討されている（高橋ら 2003；神谷ら 2010；北川ら 2013, 2014a,b）。日本短角種も黒毛和種と同様に、輸入配合飼料を多給した肥育方法が中心であったが、岩手県では、飼料自給率向上や牛肉の高付加価値化への貢献を期待して、地域で自給可能な飼料用米や粗飼料を多給した肥育試験が行われている。これまでに、増体量、枝肉成績、肉質および牛肉の脂肪酸組成について検討し、トウモロコシホールクロップサイレージ（コーンサイレージ）を主体とした粗飼料多給体系や配合飼料を玄米で代替する給与体系の導入が可能なことを示唆している（安田ら 2004）。

肉専用種肥育に関する研究は、これまで飼養管理改善による生産効率および肉質の向上を中心に行われてきており、生体の内分泌生理について合わせて検討した報告や品種間で比較した報告は少ない（左ら 1989；新宮と甫立 2001）。黒毛和種および乳用種の子牛、雌牛および肥育牛に関する報告はあるが、日本短角種では雌牛に関する報告はあるものの肥育牛に関する報告はまだない。そこで初めに第 2 章では、岩手県で検討してきた日本短角種去勢牛のコーンサイレージを主体と

した粗飼料多給法と従来の配合飼料給与法での肥育時における体重、飼料摂取量の変化と内分泌生理の変化を合わせて検討することにした。ホルモンとしては、成長ホルモン (GH) とプロラクチン (PRL) の変化を調べた。GH は成長や栄養状態により影響される (Gluckman と Breier 1987; 甫立 1988)。また、家畜の成長を支配するだけでなく、蛋白同化、脂肪代謝、インスリン拮抗性などの多様な生物学的作用を示す (甫立 1988)。なかでも、脂肪代謝では脂肪組織に作用して脂肪の動員や分解を促し、血中の遊離脂肪酸を著しく高め赤血球生成を刺激するが、これらは肉の生産において赤肉の生産には好都合であるが、肉の脂肪交雑には不都合であるとの報告もあり (和田ら 1983)、肥育生理における GH の作用を明らかにすることは重要である。日本短角種は、5~10 月にかけて放牧地でのまき牛を利用した「夏山冬里方式」がとられているため、子牛は春に誕生する。そのため日本短角種の肥育開始時期は冬季となり、肥育期間中はすべての牛が同様の季節的要因を受けていることが推察される。反芻家畜では PRL は季節的周期を持ち分泌される (Karg と Schams 1974; Fitzgerald ら 1981; 上家 1983; Curlewis 1992)。PRL の生理作用は多様であるが、組織の恒常性維持、ストレス応答、免疫賦活作用などの作用もあり (Malven 1993; 堀口ら 2006; 石田と針谷 2008)、去勢牛の肥育生理と関係するため、PRL の変化も GH とともに調べた。また第 3 章では、品種間差による影響を明らかにするため、一般的な方法である配合飼料給与法での肥育時における黒毛和種去勢牛と日本短角種去勢牛の体重、飼料摂取量の変

化とともに GH および PRL の内分泌変化を調べた。

肉専用種では、出生直後から肥育終了までの長期にわたる飼養成績等を調べた報告は少ない（錦織ら 2008；坂瀬ら 2008）。わが国の肉用種子牛は、遅くとも生後 5 ヶ月齢あるいは体重 150 kg までに離乳され、さらに 10 ヶ月齢（体重 300 kg）まで育成される飼養方法が慣行的である（農業・食品産業技術総合研究機構 2009）。肉用牛の泌乳能力（泌乳量）は乳用牛と同様に個体、品種、産次、栄養によって差があり、日本短角種は、黒毛和種や褐毛和種などの他の肉用品種よりも明らかに泌乳量が多い。また、泌乳量は泌乳期の進行に伴って減少するため、自然哺育子牛には固形飼料を給与して増体に必要な TDN や CP を充足させている。こうした中で近年、受精卵移植、体外受精技術の普及に伴う乳牛の借り腹による肉用種子牛の増加や和牛繁殖農家での早期母子分離技術の導入を背景に、多頭飼養あるいは放牧飼養下での作業効率の向上、母牛の繁殖機能の早期回復と分娩間隔の短縮を図るため、代用乳（液体飼料）と人工乳（離乳用濃厚飼料）を用いる人工哺育を行うケースが増加している（池上 1994；三木 1999）。また、それとともに国内では様々な早期離乳育成試験が行われ、代用乳の給与量やその給与方法、固形飼料（人工乳、良質乾草）の摂取状況等より、離乳時期の目安が示されている。通常、子牛を適正に離乳させるためには、子牛のルーメンが十分発達している必要があり、人工乳摂取量が指標とされている（畜産技術協会 2004）。ルーメンの発達は粘膜と筋層の成長を促す粗飼料の物理的刺激と微生物発酵の結果として生産される

揮発性脂肪酸（VFA）の両者に依存し、VFAのうち酪酸は最も強くルーメン絨毛の発達に関与している（松本 2005）。一方、 β ヒドロキシ酪酸（BHB）は、酪酸がルーメン絨毛粘膜で代謝されてできる物質であり、子牛のルーメン発達の指標になると考えられている（鈴田ら 2007）。しかし、これらの報告は黒毛和種子牛を対象としたものであることに加え、日本短角種は母子で放牧され、人工哺育される時は双子が誕生した場合に限られているため、日本短角種子牛の哺育期および育成期における発育等について検討した報告は少ない（松川ら 1979；佐藤ら 1989；集治ら 1998）。このような背景から、第4章では、日本短角種および黒毛和種それぞれについて、哺育方法の違いが哺育期および育成期の体重、飼料摂取量の変化とルーメン発達に与える影響について BHB 濃度の変化とともに検討し、日本短角種の特性を明らかにしようとした。

第 2 章

給与飼料の違いが日本短角種去勢牛の肥育時における飼養成績と
血中 GH および PRL 濃度に及ぼす影響について

1. 緒言

近年、家畜の飼養管理において、飼料自給率向上への取組みが重要視され、水田や耕作放棄地の有効活用等による飼料生産の増加、食品残渣等未利用資源の利用拡大が推進されている（農林水産省 2015a）。この一環として、輸入配合飼料を多給した肥育方法が中心であった黒毛和種肥育牛において、飼料用米や食品残渣の給与試験が行われ、増体量、枝肉成績、肉質および脂肪酸組成等との関係が検討されている（高橋ら 2003；神谷ら 2010；北川ら 2013, 2014a,b）。岩手県を中心に北東北および北海道で飼養されている日本短角種も黒毛和種と同様に、輸入配合飼料を多給した肥育方法が中心であったが、岩手県では、飼料自給率向上や牛肉の高付加価値化への貢献を期待して、地域で自給可能な飼料用米や粗飼料を多給した肥育試験が行われている。これまでに、増体量、枝肉成績、肉質および牛肉の脂肪酸組成について検討し、トウモロコシホールクロップサイレージ（コーンサイレージ）を主体とした粗飼料多給体系や配合飼料を玄米で代替する給与体系の導入が可能なことを示唆している（安田ら 2004）。

肉専用種肥育に関する研究は、これまで飼養管理改善による生産効率および肉質の向上を中心に行われてきており、生体の内分泌生理について合わせて検討した報告は少ない（左ら 1989;新宮と甫立 2001）。黒毛和種では、子牛、雌牛および肥育牛を対象に GH やインスリン様成長因子（IGF- I）などのホルモン変化と発育、乳量および脂肪交雑

との関係を検討した報告がある。一方で、日本短角種では、雌牛の報告があるのみで、子牛や肥育牛を対象にホルモン変化と飼料摂取量や体重の変化を比較した研究は皆無である。そこで、本試験は岩手県で検討してきた日本短角種去勢牛のコーンサイレージを主体とした粗飼料多給法と従来の配合飼料給与法での肥育時における体重、飼料摂取量の変化と内分泌生理の変化を合わせて明らかにすることを目的とした。ホルモンとしては、成長や栄養状態により影響される GH (Gluckman と Breier 1987; 甫立 1988) とヤギ、ヒツジ、およびウシ(泌乳牛)では季節的周期を持ち分泌され多様な生理作用を示す PRL (Karg と Schams 1974 ; Fitzgerald ら 1981 ; 上家 1983; Curlewis 1992) について、去勢牛の肥育生理に関わりを持つことが考えられるため調べた。

2. 材料および方法

1) 日本短角種去勢牛の肥育試験

(1) 供試牛

肥育試験は岩手県滝沢市の岩手県農業研究センター畜産研究所において、2011年12月から2013年4月に実施した。供試牛は2011年10月に県内3市町より導入された日本短角種去勢牛計10頭を用い、研究所の慣行法に準じて配合飼料を給与する配合飼料区(n=5)と自給飼料割合を高める目的でコーンサイレージを給与するコーンサイレージ区(n=5)の2区に配置した。研究所で行っている慣行法とは、配合飼料を給与し、粗飼料として前期はグラスサイレージ、中期および後期は稲わらを給与する肥育方法である。また、供試牛は肥育試験開始の2週間前から配合飼料とグラスサイレージ(配合飼料区)、コーンサイレージとふすま(コーンサイレージ区)をそれぞれ給与して馴致を行った。供試牛の種雄牛は、高良、良男、良藤、辰山、および森人の計5頭で、それぞれ1頭ずつ2区に配置した。各試験区の試験開始時における月齢および体重の平均値と標準誤差は、配合飼料区が 8.7 ± 0.2 ヵ月齢および 277.6 ± 8.3 kg、コーンサイレージ区が 8.7 ± 0.2 ヵ月齢および 271.4 ± 10.5 kgであった。

(2) 給与飼料

配合飼料区の飼料は、研究所で通常給与している配合飼料、グラス

サイレージ（オーチャード）および国産稲わらを用い、コーンサイレージ区の飼料は、コーンサイレージおよびふすまを用いた。配合飼料、国産稲わらおよびふすまはそれぞれ同一業者から購入し、グラスサイレージおよびコーンサイレージは、研究所で栽培・収穫したものを用いた。各飼料の成分分析は分析専門機関（十勝農業協同組合連合会、北海道）が実施した。乾物（DM）は常法、粗タンパク質（CP）は近赤外分析または化学分析（ケルダール法）により分析し、可消化養分総量（TDN）は推定式（NRC2001）から求めた。

（3）飼養管理

供試牛は自然光が入るパドック付きの牛舎内で単飼した。飼料は朝夕の2回に分けて給与し、残飼は朝の飼料給与前に回収して計量した。各飼料の給与量は表1の通りに設定した。配合飼料区では、肥育前期（肥育開始0～8ヵ月）は体重の1.4%に相当する量の配合飼料を給与し、グラスサイレージは4～8 kgを目安として飽食させた。肥育中期（肥育開始9～12ヵ月）は体重の1.6%に相当する量の配合飼料を給与し、牧草に含まれるカロテンにより黄色くなる脂肪の脱色を目的に2 kgを上限として稲わらを給与したが、肥育中期開始後2週間は、グラスサイレージ2 kgを併給した。肥育後期（肥育開始13ヵ月～出荷）は10 kgを上限として配合飼料を給与し、2 kgを上限として稲わらを給与した。コーンサイレージ区では、肥育前期はコーンサイレージ14～24 kgの範囲で残飼が出ない量を給与した。肥育中期および後期はコ

ーンサイレンジ 24～28 kg の範囲で飽食させた。ふすまはすべての期間において 2 kg 給与した。なお、各飼料の DM、TDN および CP はそれぞれ表 2 に示す通りであった。水はウォーターカップによる自由飲水とし、鈹塩は自由摂取とした。

(4) 体重測定と採血

試験期間中は、2 週間に 1 回、13:00 に体重測定を行った。また、採血は試験開始 2 週間後を起点とし、4 週間に 1 回、体重測定後 (13:30) に頸静脈より真空採血管 (テルモ株式会社、東京) を用いて行った。血液は 4℃ 下において、3,000 rpm で 15 分間遠心し、血漿を分離した。血漿サンプルは GH と PRL 濃度測定まで -20℃ 下で保存した。

Table 1 Feeding programs for 10 Japanese Shorthorn steers during the fattening period

	Early period 0 to 8 months*	Middle period 9 to 12 months	Late period After 13 months
Formula group (n=5)			
Formula feed	1.4% of weight	1.6% of weight	10>
Grass silage	4-8	2-0**	-
Rice straw	-	2>	2>
Corn silage group (n=5)			
Corn silage	14-24	24-28	24-28
Wheat bran	2	2	2
Roughage ratio(% DM)			
Formula feed group	47.5-51.7	31.3-15.1	16.0
Corn silage group	73.6-82.7	82.7-84.8	82.7-84.8

*Months after start of fattening. Fattening was started in 8 months of age.

**Two kg of grass silage were fed for 2 weeks after start of this period.

Each value represents daily supplied quantities (kg/day).

DM : dry matter.

Table 2 Chemical composition of feed

	Formula feed	Grass silage			Rice straw	Corn silage	Wheat bran
		Cut 1	Cut 2	Cut 3			
DM(% Fresh matter)	87.2	77.0	87.8	89.8	83.2	33.2	83.5
Chemical composition (% DM)							
TDN	79.9	57.5	37.7	55.9	49.9	69.6	67.4
CP	15.4	11.4	4.8	9.6	4.0	8.1	18.3

DM : dry matter ; TDN : total digestible nutrients ; CP : crude protein ; Cut 1 : first crop ; Cut 2 and 3 : aftermath.

2) ホルモン濃度の測定

(1) GH 濃度の測定

血漿中の GH 濃度は、上家の方法に準じた二抗体法を用いたラジオイムノアッセイ (RIA) により測定した。標識ホルモンはウシ GH (USADA - bGH - B, USDA, U.S.A) を用い、クロラミン T 法により ^{125}I で標識した。標識ホルモンとの分離は、SephadexG - 75 を用いてゲル濾過法により行った。第一抗体には、ウシ GH をサルに免疫して作製した抗ウシ血清 (Anti - bGH、元農林水産省畜産試験場、上家哲博士提供) を用い、これを 1/20000 に希釈して使用した。第二抗体には、抗サル γ -グロブリンヤギ血清 (AMGG、元群馬大学内分泌研究所、若林克己教授提供) を用い、5% ポリエチレングリコール (Polyethylenglycol6000 : 平均分子量 7500 ; 和光純薬工業、大阪) 溶液で 1/120 に希釈して使用した。標準曲線作成のための標準ホルモンにはウシ GH (USADA - bGH - B, USDA, U.S.A) を用いた。サンプルのインキュベーションは、第一抗体添加後 2 日間、標識ホルモン添加後 3 日間、第二抗体添加後一晩、4°C 下で行った。インキュベーション終了後、3,000 rpm、4°C の条件下で遠心分離を行った。デカンテーションにより上澄みを除去した後、ウェル型 γ カウンターで沈殿部分の γ 線量を測定した。アッセイに用いたサンプル量は 100 μl であり、全て二重測定を行った。測定可能な最小濃度は 0.3 ng/ml であった。なお、本アッセイにおけるアッセイ内変動係数は 7.9% であった。

(2) PRL 濃度の測定

血漿中の PRL 濃度は、二抗体法を用いた RIA により測定した。標識ホルモンはヒツジ PRL (NIDDK - oPRL - 1 - 3、米国 Harbor-UCLA 医学センター A. F. Parlow 博士提供) を用い、クロラミン T 法により ^{125}I (NEZ、033A、PerkinElmer、USA) で標識した。標識ホルモンの分離は、SephadexG - 75 (Pharmacia 製、Sweden) を用いてゲル濾過法により行った。第一抗体には、ヒツジ PRL をウサギに免疫して作製したヒツジ PRL 抗血清 (NIDDK - Anti - oPRL - 2、NIDDK、USA 提供) を用い、これを 1/3000 に希釈した。第二抗体には、抗ウサギ γ -グロブリンヤギ血清 (ARGG) (Goat Anti-Rabbit IgG Serum、RK-GAR、PHOENIX PHARMACEUTICALS、INC、USA) を用い、5% ポリエチレングリコール (Polyethylenglycol6000 : 平均分子量 7500 ; 和光純薬工業、大阪) 溶液で 1/26 に希釈して使用した。標準曲線作成のための標準ホルモンにはヒツジ PRL (NIDDK - oPRL - 1 - 3、NIDDK) を用いた。サンプルのインキュベーションは、第一抗体及び標識ホルモン添加後 2 日間、第二抗体添加後一晩、4°C 下で行った。インキュベーション終了後、3,000 rpm、4°C の条件下で遠心分離を行った。デカンテーションにより上澄みを除去した後、ウェル型 γ カウンター (ARC - 1000M、Alka 社製) で沈殿部分の γ 線量を測定した。アッセイに用いたサンプル量は 100 μl であり、全て二重測定を行った。測定可能な最小濃度は 0.1 ng/ml であった。なお、本アッセイにおけるアッセイ内変動係数は 8.5% であった。

3) データ分析

RIA で得られた結果は、実験支援プログラム（元群馬大学内分泌研究所、若林克己教授提供）により処理し、すべて平均値±標準誤差で表した。肥育ステージ別の配合飼料区とコーンサイレージ区間の有意差（体重、日増体量（DG）、TDN、DM、CP、飼料効率、GH、PRL）は、Student-t 検定を用いて検定した。肥育月数に伴う配合飼料区とコーンサイレージ区間の有意差（体重、TDN、DM、CP、GH、PRL）は、Two-way repeated measures ANOVA で分散分析を行った後、Bonferroni 検定で検定した。また、GH と PRL 濃度の肥育ステージ間（前期、中期、後期）における有意差は、One-way repeated measures ANOVA で分散分析を行った後、Newman-Keuls により検定した。すべてのデータの解析は GraphPad Prism（GraphPad Software、San Diego、CA、USA）を用いて行い、危険率が 5%以下の場合を有意差として表した。

3. 結果

1) 体重および飼料摂取量の推移

肥育開始時および終了時の体重ならびに各肥育ステージにおける DG を表 3 に示した。肥育開始時の平均体重は、配合飼料区とコーンサイレージ区がそれぞれ 277.6 ± 8.3 kg および 271.4 ± 10.5 kg、肥育終了時はそれぞれ 744.4 ± 6.6 kg および 736.8 ± 11.5 kg であり、肥育開始時および終了時とも配合飼料区とコーンサイレージ区で有意差は見られなかった。また、各肥育月数の体重においても両試験区間で有意差は見られなかった (図 1)。肥育ステージ別の DG は、いずれのステージにおいても両試験区間で有意差は見られなかった (表 3)。

各肥育月数における 1 日平均 DM、TDN および CP 摂取量の推移を図 2 に示した。DM 摂取量については、配合飼料区およびコーンサイレージ区とも、肥育開始後 2 ヶ月まで有意に増加したが ($P < 0.05$)、それ以降は有意な増減が見られなかった。両試験区の比較では、肥育開始後 0~2 ヶ月で配合飼料区がコーンサイレージ区に比べ有意に高い値を示した ($P < 0.05$)。TDN 摂取量については、配合飼料区は、肥育開始後 2~3 ヶ月にかけて有意に増加したのち ($P < 0.05$)、5 ヶ月にかけて減少し、その後、再び 14 ヶ月まで徐々に増加した ($P < 0.05$)。コーンサイレージ区は、肥育開始後 2~3 ヶ月にかけて有意に増加したが ($P < 0.05$)、それ以降は有意な増減は見られなかった。両試験区の比較では、肥育開始後 0、1 および 11~14 ヶ月で配合飼料区がコーンサイレージ区に

比べ有意に高い値を示した ($P<0.05$)。CP 摂取量については、配合飼料区は、肥育開始後 2~3 ヶ月まで有意に増加したのち ($P<0.05$)、4~5 ヶ月にかけて減少し、その後 14 ヶ月まで徐々に増加した ($P<0.05$)。コーンサイレージ区は、肥育開始後 2 ヶ月で有意な増加を示したが ($P<0.05$)、それ以降は有意な増減は見られなかった。両試験区の比較では、肥育期間を通して配合飼料区がコーンサイレージ区に比べ有意に高い値を示した ($P<0.05$)。

各肥育ステージにおける DM、TDN および CP 総摂取量ならびに飼料効率を表 4 に示した。DM 総摂取量は、肥育前期で配合飼料区がコーンサイレージ区に比べ有意に高い値を示したが ($P<0.05$)、中期、後期および全期間では有意差は見られなかった。TDN 総摂取量は、肥育中期で配合飼料区がコーンサイレージ区に比べ有意に高い値を示したが ($P<0.01$)、前期、後期および全期間では有意差は見られなかった。CP 総摂取量は、前期、中期および全期間で配合飼料区がコーンサイレージ区に比べ有意に高い値を示し ($P<0.01$)、また後期でも高い傾向が見られた。飼料効率については、1kg 増体に必要な TDN 量は肥育前期、中期、後期および全期間すべてで有意差は見られなかった。1 kg 増体に必要な CP 量は肥育前期、中期、後期および全期間とも配合飼料区がコーンサイレージ区に比べ有意に高い値を示した ($P<0.01$)。

Table 3 Growth traits of Japanese Shorthorn steers during the fattening period

	Formula group	Corn silage group	<i>P</i> -value
Body weight (kg)			
Initial	277.6 ± 8.3	271.4 ± 10.5	0.657
Final	744.4 ± 6.6	736.8 ± 11.7	0.588
Daily gain (kg/day)			
Early period*	1.14 ± 0.02	1.13 ± 0.05	0.941
Middle period	0.94 ± 0.04	0.84 ± 0.07	0.216
Late period	0.88 ± 0.07	0.88 ± 0.03	0.979
Whole period	1.03 ± 0.02	1.01 ± 0.04	0.561

*See Table 1.

Each value represents the mean ± SEM for 5 animals.

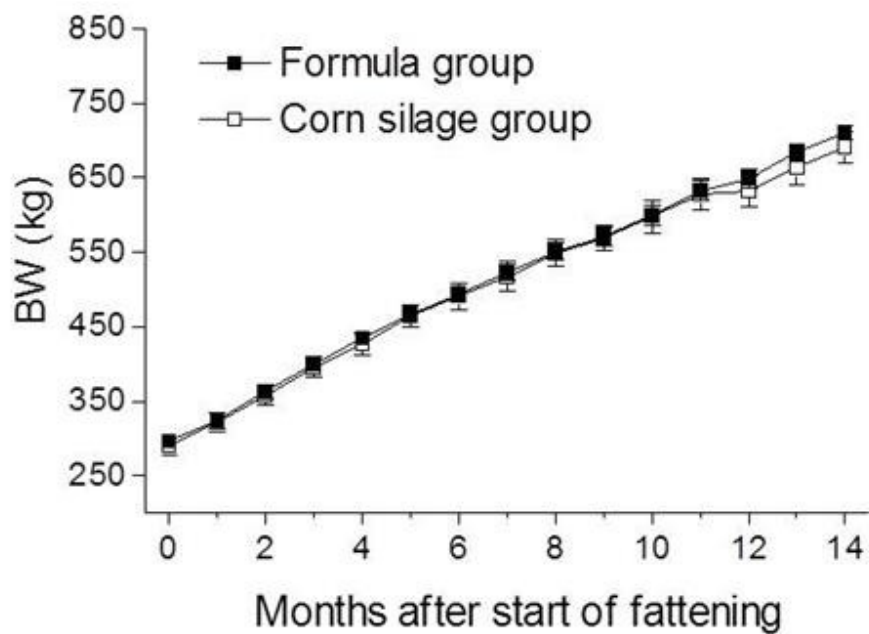


Figure 1 Changes in body weight (BW) in Japanese Shorthorn steers through the fattening period. Steers were mainly supplied formula (Formula group, n=5) or corn silage (Corn silage group, n=5). Month 0 (8 months of age) indicates start of fattening. Each value represents the mean±SEM for 5 animals.

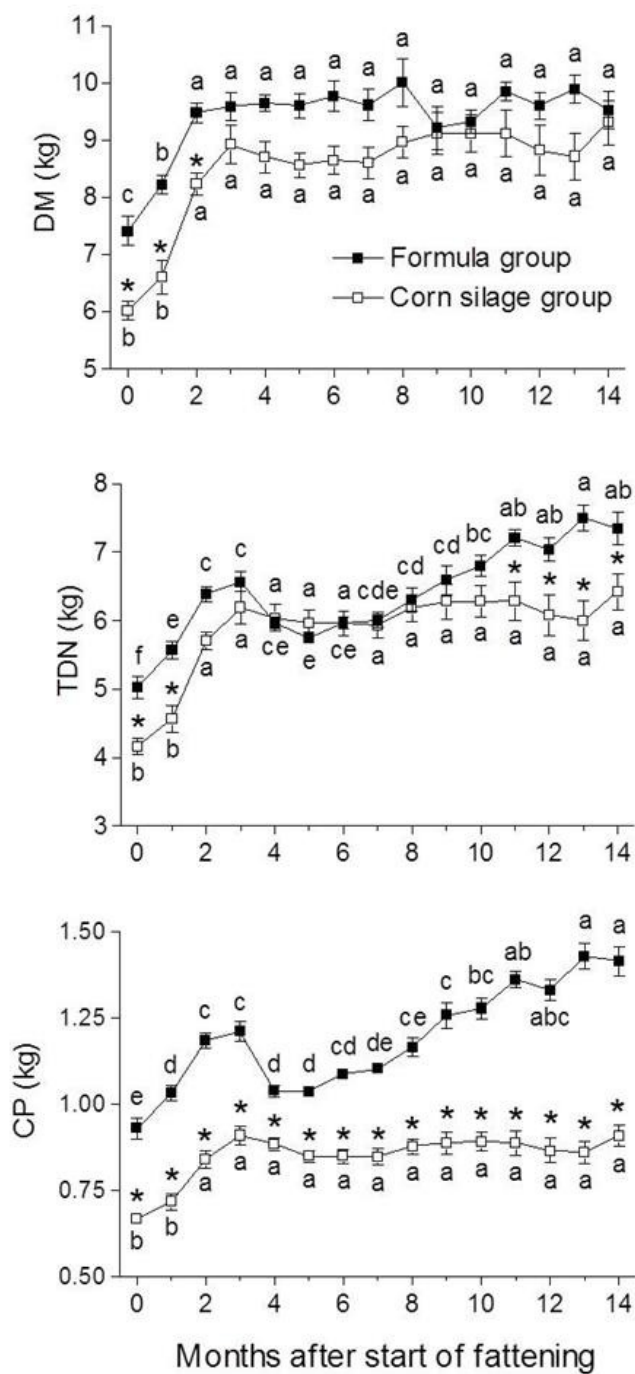


Figure 2 Changes in dry matter (DM) intake, total digestible nutrient (TDN) intake and crude protein (CP) intake in Japanese Shorthorn steers through the fattening period. Steers were mainly supplied formula (Formula group, n=5) or corn silage (Corn silage group, n=5). Month 0 (8 months of age) indicates start of fattening. Each value represents the mean±SEM for 5 animals. *P<0.05 compared with Formula group. The different letters (a-e) in each month of each group denote significant differences (P<0.05).

Table 4 Feed intake of Japanese Shorthorn steers during the fattening period

	Early period*			Middle period		
	Formula group	Corn silage group	P-value	Formula group	Corn silage group	P-value
	Feed intake (kg)					
DM	2274.4 ± 52.6	2045.8 ± 80.7	0.045	1192.6 ± 22.2	1052.0 ± 63.3	0.069
TDN	1459.6 ± 25.9	1413.8 ± 55.9	0.478	873.0 ± 16.2	725.4 ± 43.7	0.013
CP	267.2 ± 4.6	207.0 ± 7.1	<0.001	165.4 ± 3.1	103.0 ± 5.7	<0.001
Feed conversion						
TDN	5.30 ± 0.06	5.05 ± 0.15	0.165	7.44 ± 0.33	7.51 ± 0.48	0.907
CP	0.97 ± 0.01	0.74 ± 0.02	<0.001	1.41 ± 0.06	1.07 ± 0.07	0.006
	Late period			Whole period		
	Formula group	Corn silage group	P-value	Formula group	Corn silage group	P-value
Feed intake (kg)						
DM	815.6 ± 176.5	908.8 ± 79.1	0.643	4283.0 ± 234.7	4006.4 ± 28.8	0.276
TDN	627.4 ± 134.4	626.6 ± 54.4	0.996	2960.0 ± 157.2	2765.6 ± 19.3	0.255
CP	120.4 ± 25.4	88.4 ± 7.9	0.264	553.0 ± 28.4	398.8 ± 5.0	<0.001
Feed conversion						
TDN	8.56 ± 0.71	7.28 ± 0.16	0.114	6.33 ± 0.18	5.96 ± 0.14	0.142
CP	1.65 ± 0.14	1.03 ± 0.02	0.002	1.18 ± 0.03	0.86 ± 0.02	<0.001

*See Table 1.

Each value represents the mean ± SEM for 5 animals.

2) GH および PRL 濃度の推移

配合飼料区とコーンサイレージ区の肥育開始時からの血中 GH および PRL 濃度の推移を個体別にそれぞれ図 3~6 に示した。また配合飼料区とコーンサイレージ区それぞれ 5 頭の GH および PRL の平均濃度の変化を図 7 に示した。肥育期間中の GH 濃度は、配合飼料区とコーンサイレージ区とも個体間での差が大きくそれぞれ 0.76~36.56 ng/ml (図 3) および 0.47~78.48 ng/ml (図 4) の間で変化していた。GH 濃度の変動は特に配合飼料区で大きく肥育開始直後から約 6 ヶ月頃まで高い値が見られた。平均 GH 濃度の比較では、配合飼料区とコーンサイレージ区の間には有意差は見られなかった (図 7)。肥育期間中の PRL 濃度は、配合飼料区とコーンサイレージ区においてそれぞれ各個体 0.63~124.31 ng/ml (図 5) および 0.30~167.27 ng/ml (図 6) の間で変化していた。PRL 濃度は各個体とも肥育開始約 4~6 ヶ月頃に高い値が見られた。配合飼料区とコーンサイレージ区の平均 PRL 濃度の比較では、肥育開始後 6 ヶ月でコーンサイレージ区が配合飼料区に比べ有意に高い値を示した ($P<0.05$) (図 7)。

各肥育ステージ期間内の GH および PRL 濃度の平均値を表 5 に示した。各ステージ期間内の平均 GH 濃度は、配合飼料区において肥育前期が中期および後期に比べ有意に高い値を示した ($P<0.05$)。また、コーンサイレージ区において肥育前期の平均 GH 濃度は中期および後期に比べ高い傾向が見られた。両試験区間の比較では、いずれのステージにおいても有意差は見られなかった。各ステージ期間内の平均 PRL

濃度は、配合飼料区およびコーンサイレージ区共に肥育前期が最も高かった ($P<0.05$)。また後期は中期に比べ低い傾向にあった。両試験区間の比較では、いずれのステージにおいても有意差は見られなかった。

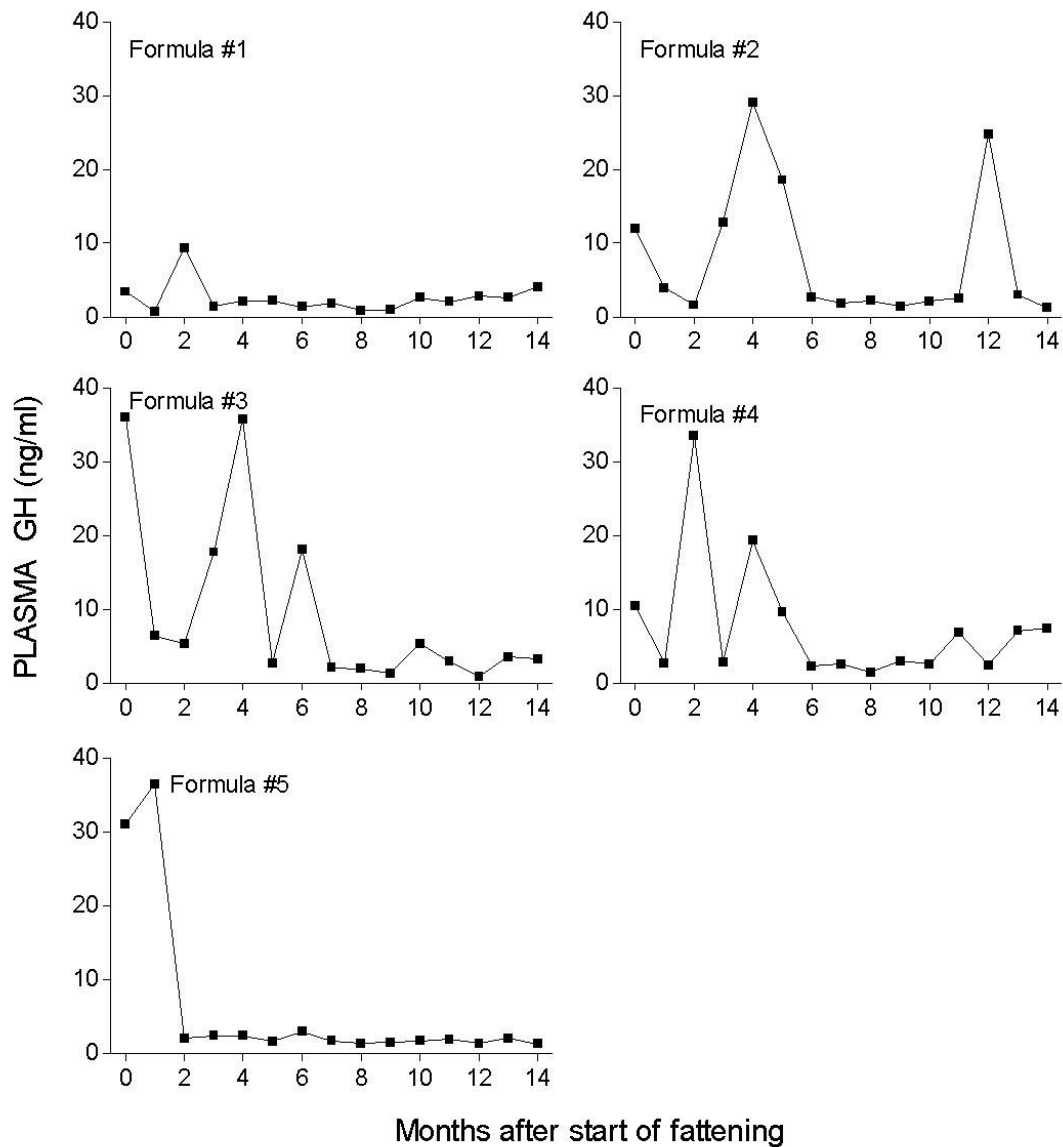


Figure 3 Changes in plasma concentrations of growth hormone (GH) in five Japanese Shorthorn steers (#1 ~ #5) through the fattening period. Steers were mainly supplied formula (Formula group, n=5). Month 0 (8 months of age) indicates start of fattening.

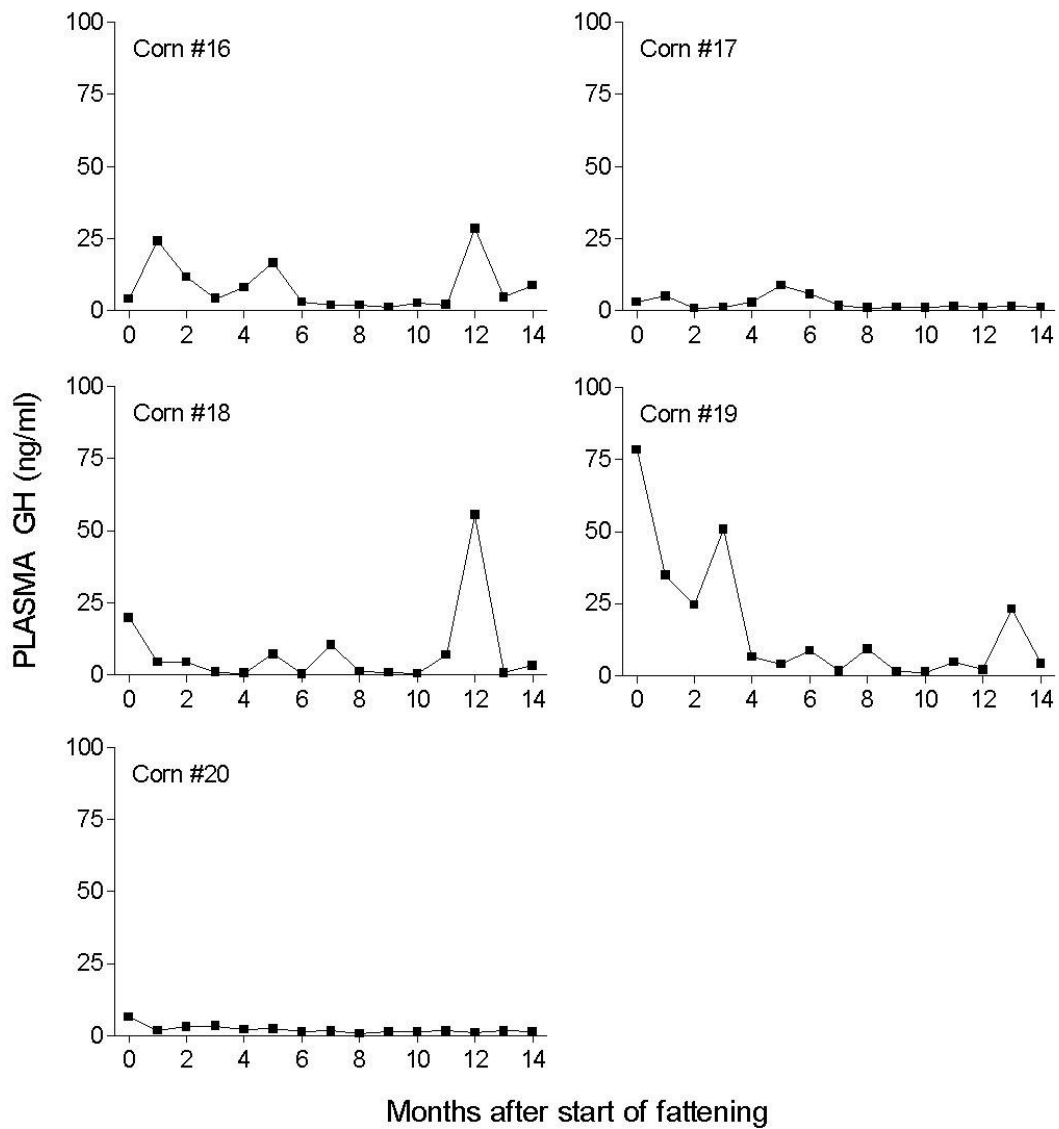


Figure 4 Changes in plasma concentrations of growth hormone (GH) in five Japanese Shorthorn steers (#16 ~ #20) through the fattening period. Steers were mainly supplied corn silage (Corn silage group, n=5). Month 0 (8 months of age) indicates start of fattening.

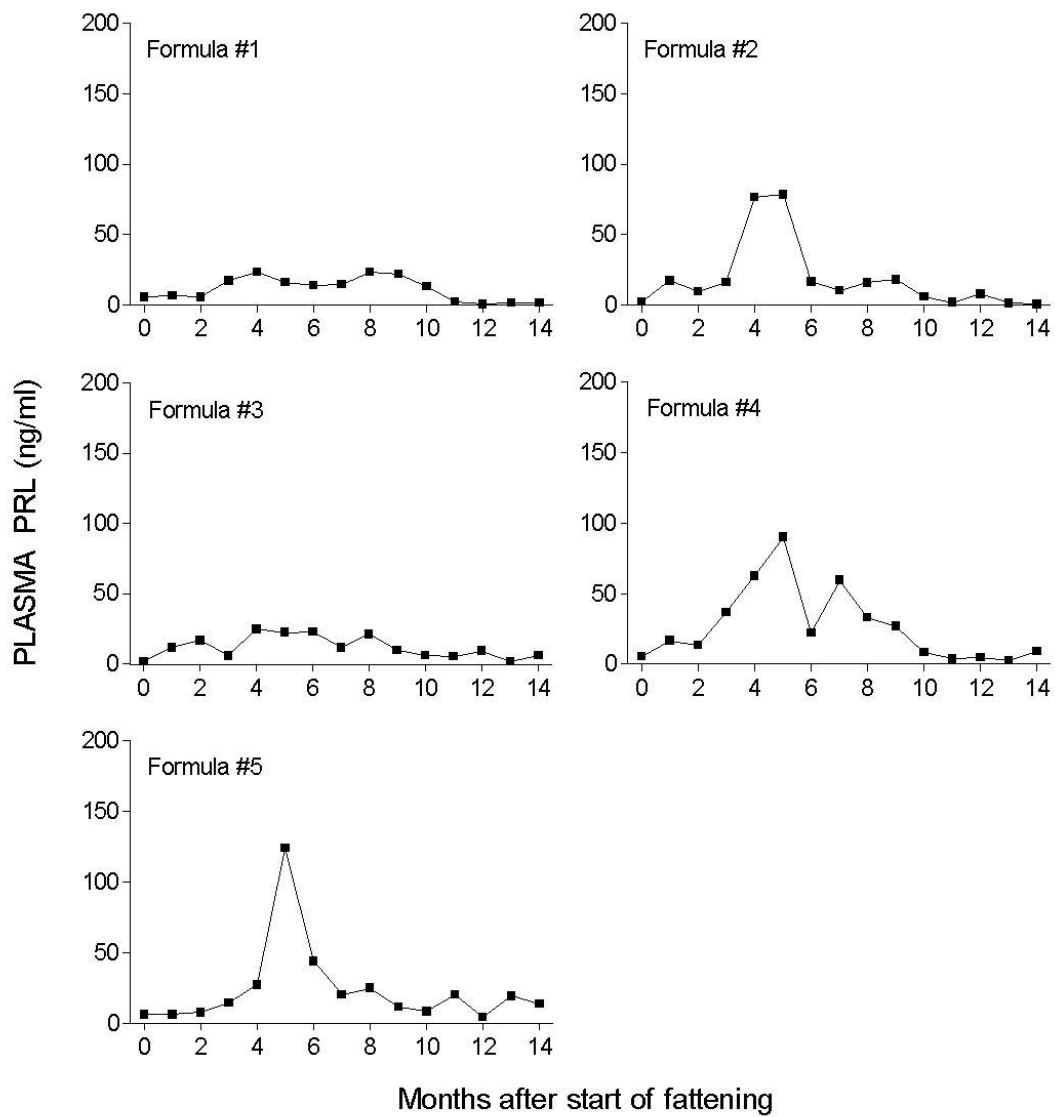


Figure 5 Changes in plasma concentrations of prolactin (PRL) in five Japanese Shorthorn steers (#1 ~ #5) through the fattening period. Steers were mainly supplied formula (Formula group, n=5). Month 0 (8 months of age) indicates start of fattening.

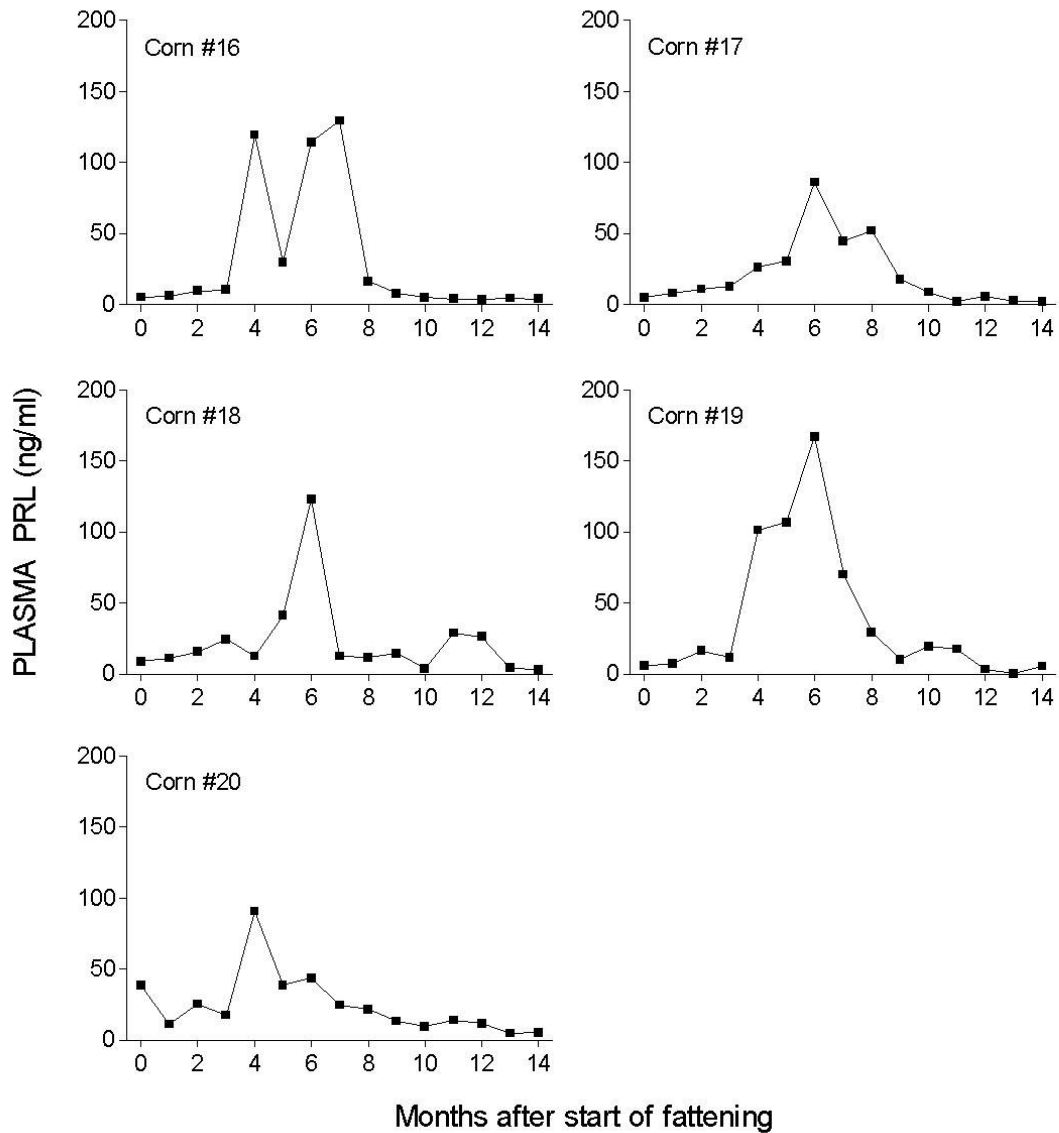


Figure 6 Changes in plasma concentrations of prolactin (PRL) in five Japanese Shorthorn steers (#16 ~ #20) through the fattening period. Steers were mainly supplied corn silage (Corn silage group, n=5). Month 0 (8 months of age) indicates start of fattening.

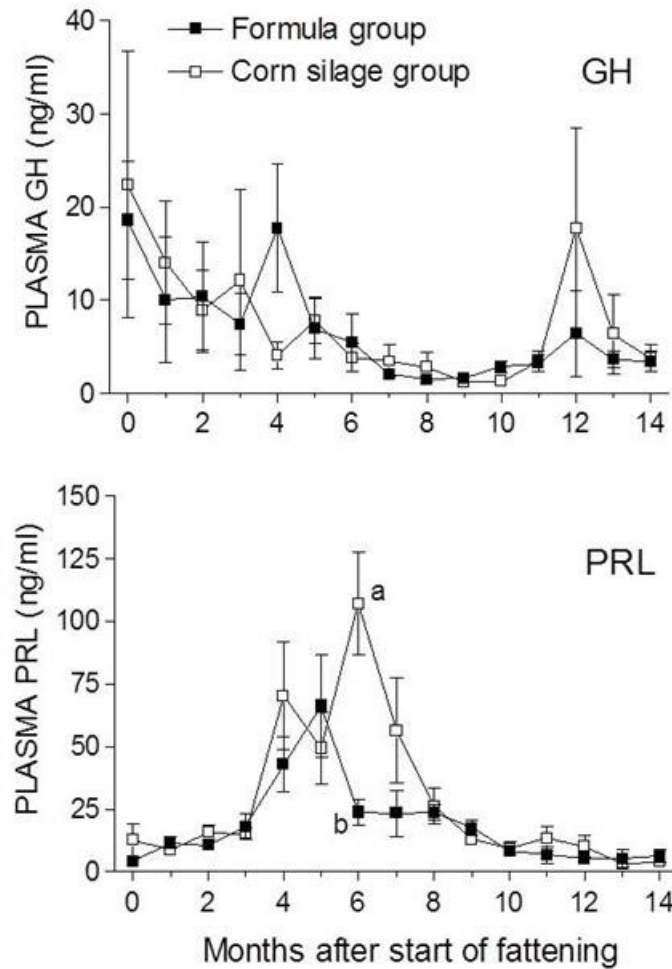


Figure 7 Changes in mean plasma concentrations of growth hormone (GH) and prolactin (PRL) in Japanese Shorthorn steers through the fattening period. Steers were mainly supplied formula (Formula group, n=5) or corn silage (Corn silage group, n=5). Month 0 (8 months of age) indicates start of fattening. Each value represents the mean±SEM for 5 animals. The different letters (a, b) denote significant differences ($P<0.05$).

Table 5 Mean plasma concentrations of GH and PRL in Japanese Shorthorn steers during the fattening period

	Formula group	Corn silage group	<i>P</i> -value
GH (ng/ml)			
Early period*	9.84 ± 2.03 ^a	9.60 ± 4.30	0.961
Middle period	3.16 ± 0.91 ^b	5.31 ± 2.21	0.395
Late period	3.55 ± 0.99 ^b	5.09 ± 2.39	0.567
PRL (ng/ml)			
Early period	25.18 ± 4.91 ^a	41.97 ± 6.41 ^a	0.071
Middle period	12.40 ± 1.05 ^b	14.45 ± 1.80 ^b	0.354
Late period	5.75 ± 2.80 ^b	3.70 ± 0.51 ^b	0.492

*See Table 1.

Different letters (a, b,) in each line denote significant differences ($P < 0.05$).

Each value represents the mean ± SEM for 5 animals.

4. 考察

日本短角種去勢牛は、生後 7.5 ヲ月齡、体重 245 kg で肥育を開始し、生後 26.0 ヲ月齡、体重 745 kg で終了するのが平均的である（農林水産省 2015b）。本試験では、配合飼料区とコーンサイレーヅ区はそれぞれ生後 8.7 ヲ月齡、体重 278 kg および 271 kg で肥育を開始し、生後 23.6 ヲ月齡および 23.9 ヲ月齡、体重 744 kg および 737 kg で肥育を終了した。本試験では、配合飼料区およびコーンサイレーヅ区ともに通算 DG1.00 kg を超える良好な発育を示し、農林水産省で報告されている平均的肥育期間より短い期間で肥育終了体重を迎える結果となった。ただし、「夏山冬里方式」による飼養形態のため、子牛の出生時期が特定の時期に集中し、出荷時期の調整のために肥育期間中の増体性を調整する飼養管理が行われているのが実態であり、単純に比較することは難しいと思われる。

DM 摂取量については、両試験区間で肥育開始 0~2 ヲ月において 1 日平均摂取量に差が見られ、肥育前期における総摂取量にも差が見られた。肥育開始時の DM 給与量は両試験区で同水準だった。配合飼料区では 5 頭すべてが配合飼料を完食し、グラスサイレーヅは開始後 1 ヲ月で 6 kg 程度、2 ヲ月で 7 kg 程度摂取して順調に原物摂取量を伸ばした。一方で、コーンサイレーヅ区ではふすま 2 kg は完食したものの、設定したコーンサイレーヅ 14 kg を開始 0~1 ヲ月で全頭が完食するには至らず、配合飼料区のように原物摂取量は伸びなかった。コーンサ

イレージの DM は配合飼料およびグラスサイレージよりも低いため、原物摂取量が伸びなかったことが DM 摂取量に大きく反映された。

TDN 摂取量については、両試験区間で肥育開始 0、1 および 11~14 ヶ月において 1 日平均摂取量に差が見られ、肥育中期における総摂取量にも差が見られた。肥育開始時の TDN 給与量は両試験区で同水準だった。肥育開始 0 および 1 ヶ月については、DM 摂取量と同様の理由で差が見られたと考えられる。肥育開始 11~14 ヶ月については、配合飼料区では配合飼料は 9 kg 前後の原物摂取量であったが、コーンサイレージ区ではふすま 2 kg は完食するものの、コーンサイレージは原物摂取量 22~28 kg と個体間の差が大きかった。飼料設計上は、配合飼料 10 kg とコーンサイレージ 28 kg のとき TDN が同水準になるため、コーンサイレージ摂取量の個体間の差が影響したと考えられる。肥育中期における総摂取量については、配合飼料の給与量が体重比 1.4% から 1.6% に増え、摂取量も伸びたが、コーンサイレージ区は前述のとおり、個体間の差が大きかったことが要因と考えられる。

CP 摂取量については、両試験区間で肥育開始から終了までのすべての月数において 1 日平均摂取量に差が見られ、肥育前期、中期および全期間における総摂取量にも差が見られた。ふすまを給与して CP 要求量を満たすように給与したものの、コーンサイレージ区より配合飼料区の CP 給与量が多かったこと、コーンサイレージ原物摂取量に個体間の差があったことが要因と考えられる。CP 給与量については、コーンサイレージの摂取状況を考慮し、ふすまを増給するなどの検討が

必要である。

肥育ステージ別の DG は、飼料摂取量に差が見られたにもかかわらず両試験区間で差が見られなかった。これは、飼料効率が関係していると考えられる。1 kg 増体に必要な TDN 量は、両試験区間で差が見られなかったが、肥育前期および後期では配合飼料区に比べてコーンサイレージ区で必要量が少ない傾向にあった。1 kg 増体に必要な CP 量は、肥育前期、中期および後期で配合飼料区に比べてコーンサイレージ区で有意に必要量が少なかった。コーンサイレージ区は、少ない摂取量を飼料効率で補ったと考えられる。ただし、肥育中期の TDN 量については当てはまらず、結果として両試験区間の肥育中期 DG は前期および後期 DG よりも開きがあったと考えられる。また、本試験の粗飼料割合は、前期から中期にかけて配合飼料区が 51.7%から 16.0%に減少し、コーンサイレージ区が 73.6%から 84.8%に増加する飼料設計となっているが、配合飼料区に比べてコーンサイレージ区の飼料効率が優れていたのは、粗飼料の利用性が良いという日本短角種の特徴を現している（小山 1975；小野寺ら 1977；近藤ら 2004；日本短角種研究会 2005）。

牛の GH 濃度は、加齢に伴って減少する（Hodate ら 1988；甫立 1988）。本試験でも、血中 GH 濃度は肥育開始時が最も高く、肥育月数が進むに従い低くなり、加齢に伴って減少していた。肥育ステージ別の血中 GH 濃度は、配合飼料区では肥育前期が中期および後期に比べて有意に高い値を示した。コーンサイレージ区も配合飼料区と同様の傾向が見

られたが有意差には至らなかった。これはコーンサイレージ区の牛に時折高い値を示す個体が混在していたためと考えられた。一方、家畜の栄養状態は血中 GH レベルに大きく影響し、栄養不足の状態では血中 GH 濃度が上昇することが知られている (Gluckman と Breier1987 ; 甫立 1988)。また、黒毛和種去勢牛を用いた肥育試験において、粗飼料多給飼養区では濃厚飼料多給の高栄養飼養区に比べ、GH レベルが有意に高くなることが報告されている (三橋 1992 ; Mitsuhashi ら 1993)。乳牛を用いた試験においては、低タンパク質飼料を給与した乳牛は高タンパク質飼料を給与した乳牛より血中 GH 濃度が高くなることが報告されている (Kung ら 1984)。本試験の血中 GH 濃度は、給与される飼料が大きく異なり、CP 摂取量に有意差があったにもかかわらず、血中 GH 濃度に差は見られず、これらの報告とは異なる結果となった。これは、コーンサイレージ区の CP 給与量が配合飼料区の 80%程度と少なく、CP 摂取量も有意に少なかったが、コーンサイレージ区が配合飼料区よりも飼料効率が良く、DG にも差が見られなかったことから要求量を満たしていたためと考えられる。肥育中期において、有意差はないものの両試験区間で DG に開きがあったのは、CP 摂取量ではなく TDN 摂取量に差があったことが要因と考えられる。GH の成長促進作用は主として IGF- I を介して行われ、血中 IGF- I 濃度は GH 濃度に依存しており、血中 GH 濃度が増加すると血中 IGF- I 濃度が上昇すると報告されている (Froesh ら 1985)。また、育成牛の血中 IGF- I 濃度と DG の間には有意な正の相関関係があるこ

と (Stick ら 1998)、血中 IGF- I 濃度はエネルギーバランスの指標としても用いられ、摂取エネルギーが少ないと低下することが知られている (Breier ら 1986 ; Spicer ら 1990 ; Zulu ら 2002)。一方で、蛋白栄養が悪化すると GH 濃度を介さずに血中 IGF- I 濃度が減少し、DG も減少するとの報告もある (Pell ら 1993 ; 松長ら 1997)。本試験における供試牛の栄養状態や DG については、血中 GH 濃度とともに血中 IGF- I 濃度や血液生化学的検査値を用いた詳細な検討が必要である。また、栄養の摂取状況が肝臓での GH の反応性および血中 IGF- I 濃度に影響を及ぼすと言われている (Smith ら 2002)。両試験区間に見られた CP 摂取量の差が肝臓での GH の反応性および IGF- I の分泌量に差を生じさせるレベルにあったのかについても、今後、血中 IGF- I 濃度を測定し、さらに検討する必要がある。

PRL の分泌は牛、山羊および羊などの反芻動物では季節変化することが報告されており (Karg と Schams1974 ; Fitzgerald ら 1981 ; 上家 1983 ; Curlewis1992)、血中 PRL 濃度は 4 月から 8 月にかけて高く、9 月から 3 月にかけて低いことが知られている。この PRL の変動は、性および年齢にかかわらず起こること、また、飼養環境と無関係であることが報告されている (Karg と Schams1974 ; Fitzgerald ら 1981 ; Curlewis1992)。本試験では、両試験区間で血中 PRL 濃度に差が見られたものの、肥育開始後 PRL 濃度が高値と低値を示した期間はそれぞれ 4 月から 8 月と、9 月から 3 月にあたり、これらの報告と一致した。日本短角種は、「夏山冬里方式」を用いた伝統的な飼養形態が

とられているため、日本短角種の肥育時には本試験で行った肥育期間とほぼ一致した時期に PRL 分泌の周期的な変動が起こっていることが考えられる。両試験区間でピークが異なった点については、給与飼料の違いによるものではなく、自然光が入る牛舎内での配置が中央の通路を挟んで配合飼料区（東側）とコーンサイレージ区（西側）で異なっていたこと、または個体差が大きいことから採血時のストレスが要因と考えられる。また、肥育ステージ別の比較では、肥育前期における PRL 濃度が配合飼料区に比べてコーンサイレージ区で高かったが有意差はなかった。両試験区間で CP 摂取量に有意差があり、粗飼料割合も異なったが、PRL の変動に関する報告と同様の結果となった。PRL の主な生理作用は、雌性哺乳類における乳腺の発達、乳汁合成と分泌の開始、維持である。しかし PRL は雌性動物だけに限らず、生殖や成熟、組織の恒常性維持、ストレス応答、免疫賦活作用など様々な生理活性を持つ (Malven 1993; 堀口ら 2006 ; 石田と針谷 2008)。したがって、日本短角種の肥育生理に及ぼす PRL の生理的意義や肥育技術との関連について、さらに検討する必要がある。

5. 要約

給与飼料の違いが日本短角種去勢牛の飼養成績と血中 GH および PRL 濃度の変化に及ぼす影響を明らかにするために、8 ヶ月齢の日本短角種去勢牛を配合飼料給与条件（配合飼料区）またはコーンサイレージを主体とした粗飼料多給条件（コーンサイレージ区）下で 14 ヶ月間肥育した。

体重は肥育開始から終了まで両試験区間で有意差は見られなかった。一方、飼料摂取量は、DM および TDN 摂取量が特定の月数で、CP 摂取量が全期間を通じて配合飼料区がコーンサイレージ区より有意に高い値を示した。飼料効率は、1 kg 増体に必要な TDN 量に有意差は見られなかったが、1 kg 増体に必要な CP 量は肥育前期、中期、後期および全期間とも配合飼料区がコーンサイレージ区に比べ有意に高い値を示した。血中 GH 濃度は、肥育開始時が最も高く、肥育月数が進むに従って低くなったが、両試験区間で有意差は見られなかった。各肥育ステージ期間内の平均 GH 濃度は、配合飼料区において肥育前期が中期および後期に比べ有意に高い値を示したが、コーンサイレージ区では有意差は見られなかった。また、両試験区間の比較では、いずれのステージにおいても有意差は見られなかった。血中 PRL 濃度は、両試験区とも日長が長い時期に高い値を示した。各肥育ステージ期間内の平均 PRL 濃度は、配合飼料区およびコーンサイレージ区共に肥育前期が最も高かった。また、両試験区間の比較では、いずれのステージ

においても有意差は見られなかった。

以上の結果より、日本短角種去勢牛の肥育における給与飼料の違いは、DM、TDN および CP 摂取量に現れるが、体重、血中 GH および PRL 濃度の変化には影響しないことが分かった。

第 3 章

日本短角種去勢牛および黒毛和種去勢牛の肥育時における飼養成績と
血中 GH および PRL 濃度の品種間差異について

1. 緒言

肉用種の肥育は、品種、性、飼養環境および給与飼料条件によって肥育期間や仕上げ体重および給与飼料の構成が異なる（農業・食品産業技術総合研究機構 2009）。黒毛和種は、筋肉中の脂肪交雑が最大の特徴であるため、輸入配合飼料を多給した肥育方法を中心に、肉質重視の市場性を考慮した長期の肥育が行われている。通常、肥育期間は前・後期または前・中・後期の2～3段階にステージが分けられ、それぞれの肥育ステージでは粗飼料と濃厚飼料の給与比率、粗飼料の種類および濃厚飼料中のエネルギー含量、CP含量、ビタミンAの添加量等を変えるのが一般的である。一方、日本短角種は、筋肉中に脂肪が入りにくく、脂の少ない赤味主体の肉が特徴であり、発育能力が高いため黒毛和種よりも肥育期間が短い（日本短角種研究会 2005）。日本短角種は粗飼料利用性や放牧適性等に優れているため、地域で自給可能な粗飼料を利用した方法も取られているが、黒毛和種と同様に輸入配合飼料を多給した肥育方法が中心となっている。

第2章では、日本短角種去勢牛の肥育時における給与飼料の違いが飼養成績や血中GHおよびPRL濃度の変化に及ぼす影響について検討し、給与飼料の違いは飼料摂取量には影響するが、血中GHおよびPRL濃度の変化には影響しないことを明らかにした。しかし、品種差による影響は検討していない。そこで、本章では一般的な方法である配合飼料給与法での肥育時における黒毛和種去勢牛と日本短角種去勢牛の体重、飼料摂取量の変化とGHおよびPRLの内分泌生理変化について

検討した。

2. 材料および方法

1) 日本短角種去勢牛の肥育試験

日本短角種去勢牛の肥育試験成績は、第 2 章で述べた配合飼料区の成績を用いた。

2) 黒毛和種去勢牛の肥育試験

(1) 供試牛

肥育試験は岩手県滝沢市の岩手県農業研究センター畜産研究所において、2010 年 4 月から 2012 年 3 月に実施した。供試牛は研究所内で生産された黒毛和種去勢牛計 12 頭を用い、肥育試験開始の 2 週間前から配合飼料およびチモシー乾草を給与して馴致を行った。供試牛の種雄牛は、菊安舞鶴：3 頭、平福国 1：4 頭、金菊徳：2 頭、菊福秀：1 頭、岩輝 5 7：1 頭、安重桜：1 頭であった。肥育試験開始時における供試牛の月齢および体重の平均値と標準誤差は、それぞれ 11.4 ± 0.1 ヲ月齢および 355.3 ± 10.2 kg であった。なお、第 2 章で述べたように日本短角種の肥育試験開始時における配合飼料区供試牛の月齢および体重の平均値と標準誤差は、それぞれ 8.7 ± 0.2 ヲ月齢および 277.6 ± 8.3 kg であった。

(2) 給与飼料

飼料は、日本短角種と同様に研究所で通常給与している配合飼料、

輸入チモシー乾草および国産稲わらを用いた。輸入チモシー乾草および稲わらはそれぞれ同一業者から購入した。各飼料の成分分析は分析専門機関（十勝農業協同組合連合会、北海道）が実施した。DM は常法、CP は近赤外分析または化学分析（ケルダール法）により分析し、TDN は推定式（NRC2001）から求めた。

（3）飼養管理

供試牛は自然光が入るパドック付きの牛舎内で単飼した。飼料は朝夕の2回に分けて給与し、残飼は朝の飼料給与前に回収して計量した。各飼料の給与量は表6の通りに設定した。肥育前期（肥育開始0～2ヵ月）は体重の1.4%に相当する量の配合飼料を給与し、チモシー乾草は5 kgを目安として飽食させた。肥育中期（肥育開始3～11ヵ月）および後期（肥育開始12～18ヵ月）は体重の1.8%に相当する量の配合飼料を給与し、牧草に含まれるカロテンにより黄色くなる脂肪の脱色を目的に2 kgを上限として稲わらを給与した。また、肥育後期には要求量の50%に相当する量のビタミンA製剤（コーキンゾル ADE；コーキン化学株式会社、大阪）を2週間に1回経口投与した。なお、比較のために第2章で述べた日本短角種の配合飼料区各飼料の給与量を表7に示す。黒毛和種および日本短角種の各飼料のDM、TDNおよびCPはそれぞれ表8に示す通りであった。水は大型桶による自由飲水とし、鉍塩（鉍塩 E100TZ；日本全薬工業株式会社、福島）は自由摂取とした。なお、冬期間（12～3月）は温水を給与した。

(3) 体重測定と採血

試験期間中は、日本短角種と同様に 2 週間に 1 回、13:00 に体重測定を行った。また、採血は試験開始 2 週間後を起点とし、4 週間に 1 回、体重測定後 (13:30) に頸静脈より真空採血管 (テルモ株式会社、東京) を用いて行った。血液は 4℃ 下において、3,000 rpm で 15 分間遠心し、血漿を分離した。血漿サンプルは GH と PRL 濃度測定まで -20℃ 下で保存した。

Table 6 Feeding programs for 12 Japanese Black steers during the fattening period

	Early period 0 to 2 months*	Middle period 3 to 11 months	Late period After 12 months
Formula feed	1.4% of weight	1.8% of weight	1.8% of weight
Timothy hay	5>	-	-
Rice straw	-	2>	2>
Vitamin A	-	-	50% for requirement

*Months after start of fattening. Fattening was started in 11 months of age.
Each value represents daily supplied quantities (kg/day).

Table 7 Feeding programs for 10 Japanese Shorthorn steers during the fattening period

	Early period 0 to 8 months*	Middle period 9 to 12 months	Late period After 13 months
Formula feed	1.4% of weight	1.6% of weight	10>
Grass silage	4-8	2-0**	-
Rice straw	-	2>	2>

*Months after start of fattening. Fattening was started in 8 months of age.

**Two kg of grass silage were fed for 2 weeks after start of this period.

Each value represents daily supplied quantities (kg/day).

Table 8 Chemical composition of feed

	Formula feed	Grass silage			Rice straw	Timothy hay
		Cut 1	Cut 2	Cut 3		
Japanese Black						
DM(% Fresh matter)	87.2	-	-	-	83.6	88.6
Chemical composition (% DM)						
TDN	81.1	-	-	-	46.7	54.6
CP	17.4	-	-	-	3.7	7.0
Japanese Shorthorn						
DM(% Fresh matter)	87.2	77.0	87.8	89.8	83.2	-
Chemical composition (% DM)						
TDN	79.9	57.5	37.7	55.9	49.9	-
CP	15.4	11.4	4.8	9.6	4.0	-

DM : dry matter ; TDN : total digestible nutrients ; CP : crude protein ; Cut 1 : first crop ; Cut 2 and 3 : aftermath.

2) ホルモン濃度の測定

(1) GH 濃度の測定

血漿中の GH 濃度は第 2 章の実験と同様に RIA によって測定した。アッセイに用いたサンプル量は 100 μ l であり、アッセイの測定限界値は 0.3 ng/ml、アッセイ内変動係数は 7.9%であった。なお、すべての試料は二重測定した。

(2) PRL 濃度の測定

血漿中の PRL 濃度は第 2 章の実験と同様に RIA によって測定した。アッセイに用いたサンプル量は 100 μ l であり、アッセイの測定限界値は 0.1 ng/ml、アッセイ内変動係数は 8.5%であった。なお、すべての試料は二重測定した。

3) データ分析

RIA で得られた結果は、第 2 章と同様に実験支援プログラム（元群馬大学内分泌研究所、若林克己教授提供）により処理し、すべて平均値±標準誤差で表した。肥育ステージ別の黒毛和種と日本短角種間の有意差（体重、DG、TDN、DM、CP、飼料効率、GH、PRL）は、Student-t 検定を用いて検定した。肥育月数に伴う黒毛和種と日本短角種間の有意差（体重、TDN、DM、CP、GH、PRL）は、Two-way repeated measures ANOVA で分散分析を行った後、Bonferroni 検定で検定した。また、GH と PRL 濃度の肥育ステージ間（前期、中期、後期）における有意

差は、One-way repeated measures ANOVA で分散分析を行った後、Newman-Keuls により検定した。すべてのデータの解析は GraphPad Prism (GraphPad Software、San Diego、CA、USA) を用いて行い、危険率が 5%以下の場合を有意差として表した。

3. 結果

1) 体重および飼料摂取量の推移

肥育開始時および終了時の体重ならびに各肥育ステージにおける黒毛和種と日本短角種の DG を表 9 に示した。肥育開始時の平均体重は、黒毛和種と日本短角種がそれぞれ 355.3 ± 10.2 kg および 277.6 ± 8.3 kg、肥育終了時はそれぞれ 771.0 ± 19.1 kg および 744.4 ± 6.6 kg であり、肥育開始時には黒毛和種が日本短角種に比べ有意に高い値を示したが ($P < 0.05$)、終了時には有意差は見られなかった。また、各肥育月数の体重の推移には両品種間で有意差は見られなかった (図 8)。肥育ステージ別の DG は、肥育中期では両品種間に有意差は見られなかったが、肥育前期、後期および全期間で日本短角種が黒毛和種に比べ有意に高い値を示した ($P < 0.05$)、(表 9)。

各肥育月数における黒毛和種と日本短角種の 1 日平均 DM、TDN および CP 摂取量の推移を図 9 に示した。DM 摂取量については、黒毛和種は全期間を通じて有意な増減が見られなかった。日本短角種は肥育開始後 2 ヶ月まで有意に増加したが ($P < 0.05$)、それ以降は有意な増減が見られなかった。両品種間の比較では、肥育開始後 3、8 および 10~14 ヶ月で日本短角種が黒毛和種に比べ有意に高い値を示した ($P < 0.05$)。TDN 摂取量については、黒毛和種は、肥育開始後 4 および 6~7 ヶ月にかけて有意に増加したが ($P < 0.05$)、それ以降は有意な増減は見られなかった。一方、日本短角種は、肥育開始後 2~3 ヶ月にか

け有意に増加したのち ($P<0.05$)、5 ヶ月にかけて減少、その後、再び 14 ヶ月まで徐々に増加した ($P<0.05$)。両品種間の比較では、肥育開始後 13 および 14 ヶ月で日本短角種が黒毛和種に比べ有意に高い値を示した ($P<0.05$)。CP 摂取量については、黒毛和種は、肥育開始後 3 ヶ月で有意な増加を示したが ($P<0.05$)、それ以降は有意な増減は見られなかった。日本短角種は、肥育開始後 2~3 ヶ月まで有意に増加したのち ($P<0.05$)、4~5 ヶ月にかけて減少し、その後 14 ヶ月まで徐々に増加した ($P<0.05$)。両品種間の比較では、肥育開始後 4~6 ヶ月で黒毛和種が日本短角種に比べ有意に高い値を示した ($P<0.05$)。

各肥育ステージにおける黒毛和種と日本短角種の DM、TDN および CP 総摂取量ならびに飼料効率を表 10 に示した。DM 総摂取量は、肥育前期で日本短角種が黒毛和種に比べ有意に高い値を示し ($P<0.05$)、中期および後期で黒毛和種が日本短角種に比べ有意に高い値を示したが ($P<0.05$)、全期間では有意差は見られなかった。TDN 総摂取量は、肥育前期で日本短角種が黒毛和種に比べ有意に高い値を示したが ($P<0.01$)、中期、後期および全期間では黒毛和種が日本短角種に比べ有意に高い値を示した ($P<0.05$)。CP 総摂取量は、肥育前期で日本短角種が黒毛和種に比べ有意に高い値を示したが ($P<0.01$)、中期、後期および全期間では黒毛和種が日本短角種に比べ有意に高い値を示した ($P<0.05$)。飼料効率については、1 kg 増体に必要な TDN 量は肥育前期、中期および後期では両品種間に有意差は見られなかったが、肥育全期間では黒毛和種が日本短角種に比べ有意に高い値を示した

($P < 0.05$)。1 kg 増体に必要な CP 量は肥育前期および中期では両品種間に有意差は見られなかったが、肥育後期および全期間では黒毛和種が日本短角種に比べ有意に高い値を示した ($P < 0.01$)。

Table 9 Growth traits of Japanese Black steers and Japanese Shorthorn steers during the fattening period

	Japanese Black	Japanese Shorthorn	<i>P</i> -value
Body weight (kg)			
Initial	355.3 ± 10.2	277.6 ± 8.3	<0.001
Final	771.0 ± 19.1	744.4 ± 6.6	0.396
Daily gain (kg/day)			
Early period*	0.99 ± 0.04	1.14 ± 0.02	0.023
Middle period	0.87 ± 0.04	0.94 ± 0.04	0.267
Late period	0.54 ± 0.04	0.88 ± 0.07	<0.001
Whole period	0.75 ± 0.03	1.03 ± 0.02	<0.001

*See Table 1 and 2.

Japanese Black : Each value represents the mean ± SEM for 12 animals.

Japanese Shorthorn : Each value represents the mean ± SEM for 5 animals.

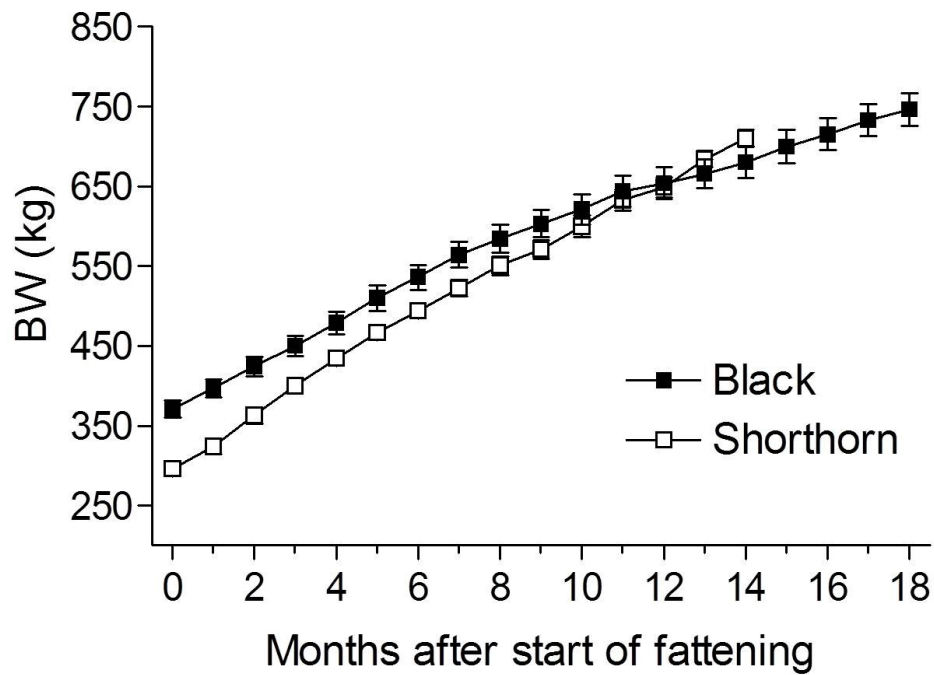


Figure 8 Changes in body weight (BW) in Japanese Black steers (Black, n=12) and Japanese Shorthorn steers (Shorthorn, n=5) through the fattening period. Month 0 (Black: 11 months of age, Shorthorn: 8 months of age) indicates start of fattening. Each value represents the mean±SEM for 12 or 5 animals.

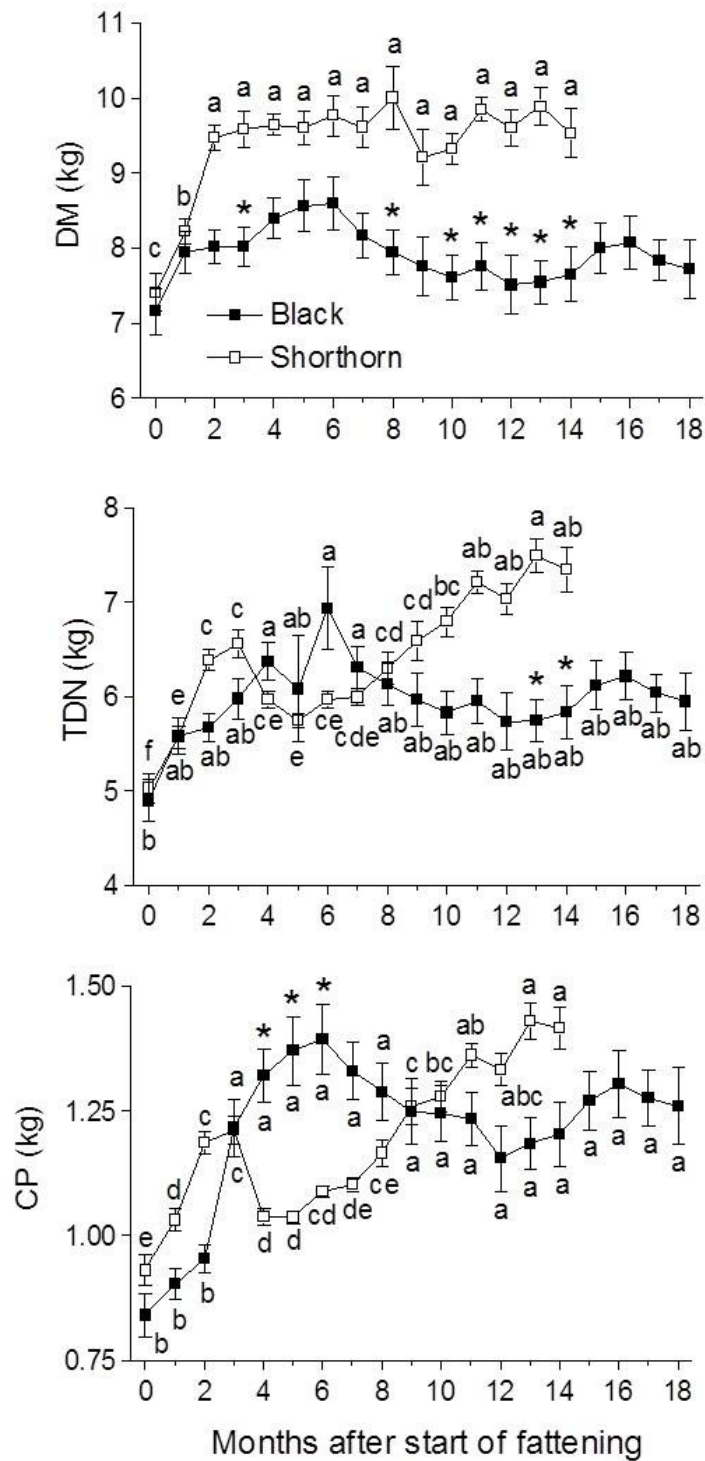


Figure 9 Changes in dry matter (DM) intake, total digestible nutrient (TDN) intake and crude protein (CP) intake in Japanese Black steers (Black, n=12) and Japanese Shorthorn steers (Shorthorn, n=5) through the fattening period. Each value represents the mean±SEM for 12 or 5 animals. *P<0.05 compared with Shorthorn. The different letters (a-f) in each month of each breed denote significant differences (P<0.05).

Table 10 Feed intake of Japanese Black steers and Japanese Shorthorn steers during the fattening period

	Early period*				Middle period				
	Japanese Black		Japanese Shorthorn		Japanese Black		Japanese Shorthorn		
	Mean	SEM	Mean	SEM	Mean	SEM	Mean	SEM	
Feed intake (kg)									
DM	584.9 ± 21.0		2274.4 ± 52.6		2040.7 ± 70.0		1192.6 ± 22.2		<0.001
TDN	410.3 ± 14.1		1459.6 ± 25.9		1558.4 ± 56.6		873.0 ± 16.2		<0.001
CP	68.7 ± 3.5		267.2 ± 4.6		327.0 ± 13.3		165.4 ± 3.1		<0.001
Feed conversion									
TDN	5.65 ± 0.12		5.30 ± 0.06		7.18 ± 0.24		7.44 ± 0.33		0.560
CP	0.94 ± 0.04		0.97 ± 0.01		1.51 ± 0.06		1.41 ± 0.06		0.338
	Late period				Whole period				
	Japanese Black		Japanese Shorthorn		Japanese Black		Japanese Shorthorn		
	Mean	SEM	Mean	SEM	Mean	SEM	Mean	SEM	
Feed intake (kg)									
DM	1788.8 ± 57.4		815.6 ± 176.5		4414.4 ± 108.6		4283.0 ± 234.7		0.276
TDN	1373.0 ± 42.6		627.4 ± 134.4		3341.7 ± 80.0		2960.0 ± 157.2		0.030
CP	286.0 ± 10.2		120.4 ± 25.4		681.7 ± 19.2		553.0 ± 28.4		0.002
Feed conversion									
TDN	11.83 ± 0.97		8.56 ± 0.71		8.08 ± 0.21		6.33 ± 0.18		<0.001
CP	2.45 ± 0.18		1.65 ± 0.14		1.65 ± 0.05		1.18 ± 0.03		<0.001

*See Table 1 and 2.

Japanese Black : Each value represents the mean ± SEM for 12 animals.

Japanese Shorthorn : Each value represents the mean ± SEM for 5 animals.

2) GH および PRL 濃度の推移

黒毛和種 12 頭の肥育開始時からの血中 GH および PRL 濃度の推移をそれぞれ個体別 (6 頭ずつ) に図 10a~11b に示した。また黒毛和種 12 頭の GH および PRL の平均濃度の変化を前章の日本短角種の配合飼料区における変化と共に図 12 に示した。肥育期間中の GH 濃度は、前章の日本短角種が 0.76~36.56 ng/ml (図 3) であったのに対し、黒毛和種は 0.89~26.56 ng/ml であった (図 10a,b)。GH 濃度の変動は、日本短角種で肥育開始直後から約 6 ヶ月頃まで大きかったが (図 3)、黒毛和種では多くの個体で大きな変動は見られなかった。黒毛和種と日本短角種の平均 GH 濃度の比較では、肥育開始後 0 および 4 ヶ月で日本短角種が黒毛和種に比べ有意に高い値を示した ($P<0.05$) (図 12)。肥育期間中の PRL 濃度は、前章の日本短角種が 0.63~124.31 ng/ml (図 5) であったのに対し、黒毛和種は 0.10~191.77 ng/ml であった (図 11a,b)。日本短角種では各個体とも肥育開始約 4~6 ヶ月頃に高い値が見られたが、黒毛和種では高い値が見られる時期が各個体で異なっていた。黒毛和種と日本短角種の平均 PRL 濃度の比較では、肥育開始後 5 ヶ月で日本短角種が黒毛和種に比べ有意に高い値を示した ($P<0.05$) (図 12)。

各肥育ステージ期間内の黒毛和種の GH および PRL 濃度の平均値を前章の日本短角種の配合飼料区における数値とともに表 11 に示した。各ステージ期間内の平均 GH 濃度は、日本短角種では肥育前期が中期および後期に比べ有意に高い値を示したが ($P<0.05$)、黒毛和種では各

期間に有意差は見られなかった。両品種間の比較では、肥育前期および後期で日本短角種が黒毛和種に比べ有意に高い値を示したが ($P<0.05$)、中期では有意差は見られなかった。各ステージ期間内の平均 PRL 濃度は、日本短角種では肥育前期が中期および後期に比べ有意に高い値を示したが ($P<0.05$)、黒毛和種では有意差は見られなかった。両品種間の比較では、肥育後期で黒毛和種が日本短角種に比べ有意に高い値を示したが ($P<0.05$)、前期および中期では有意差は見られなかった。

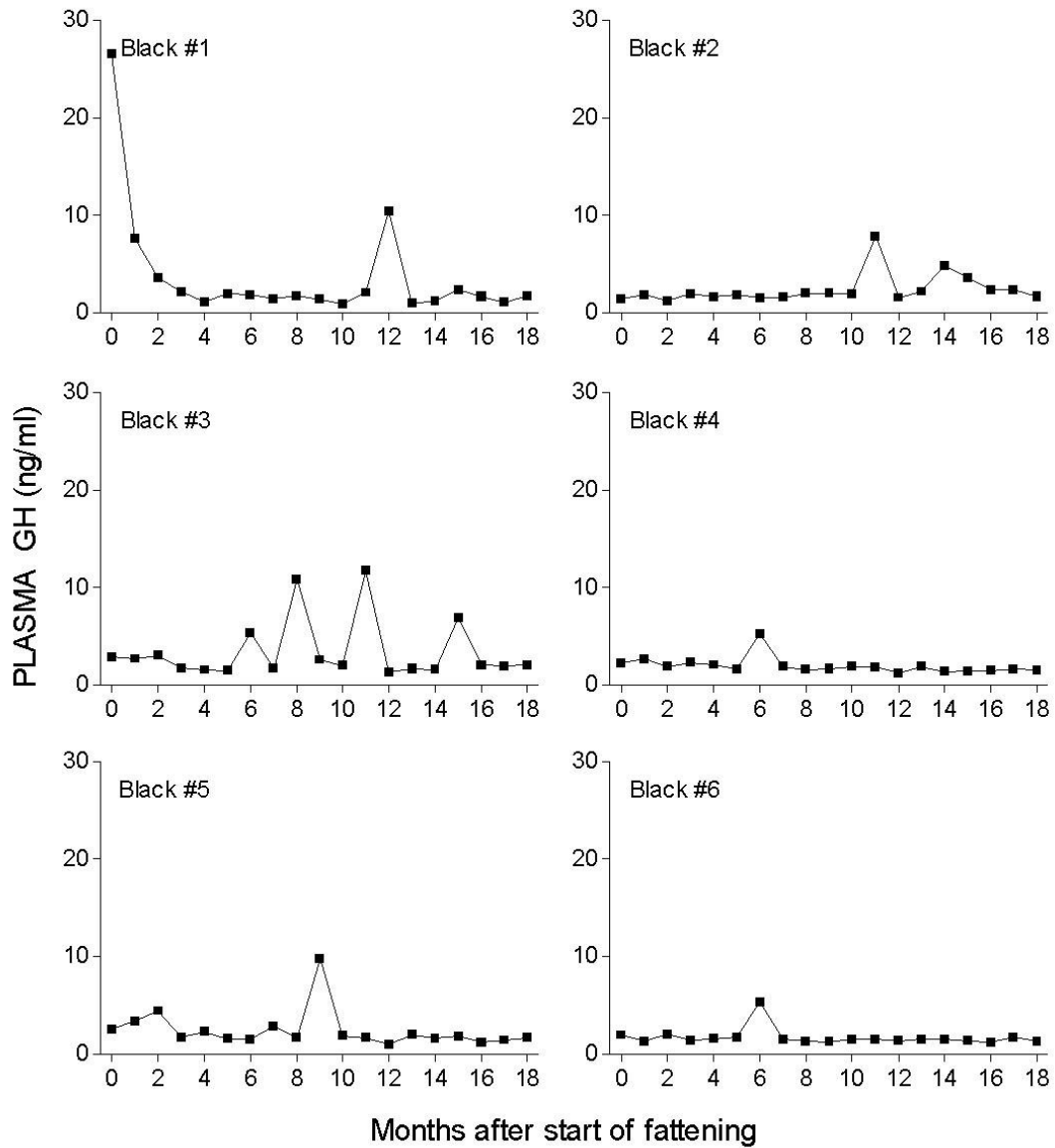


Figure 10a Changes in plasma concentrations of growth hormone (GH) in six Japanese Black steers (#1~ #6) through the fattening period. Month 0 (11 months of age) indicates start of fattening.

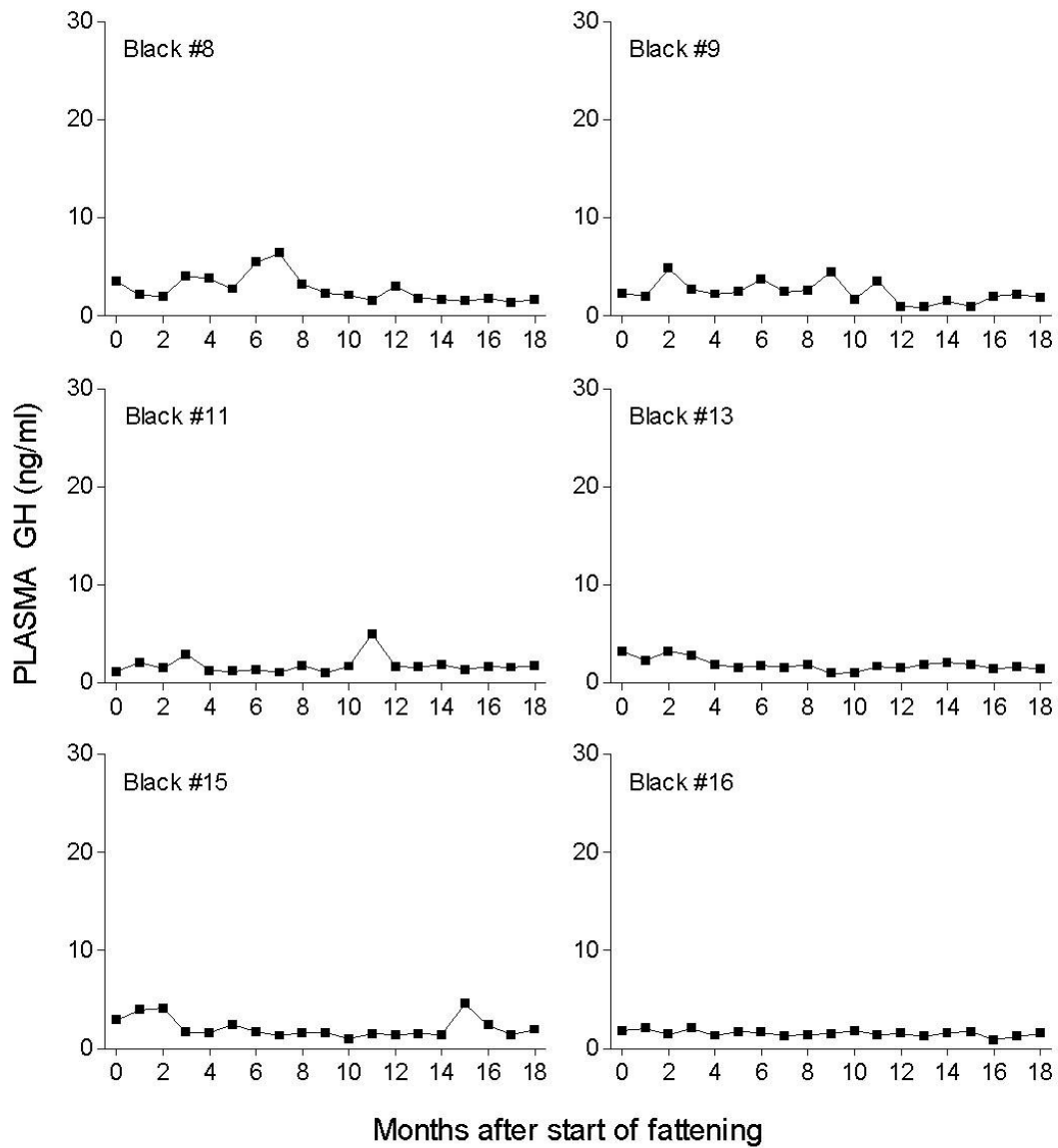


Figure 10b Changes in plasma concentrations of growth hormone (GH) in six Japanese Black steers (#8, #9, #11, #13, #15, #16) through the fattening period. Month 0 (11 months of age) indicates start of fattening.

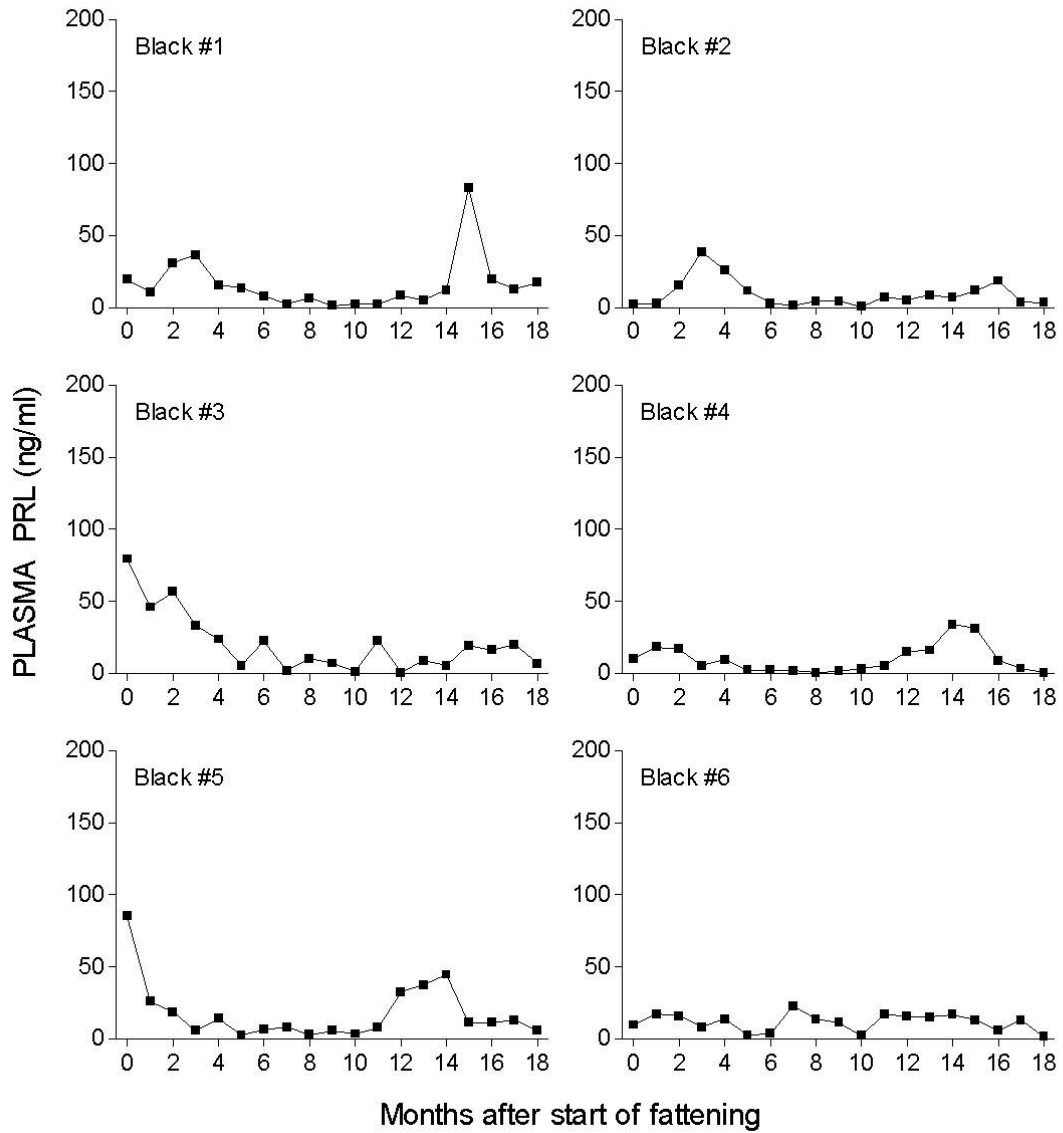


Figure 11a Changes in plasma concentrations of prolactin (PRL) in six Japanese Black steers (#1~ #6) through the fattening period. Month 0 (11 months of age) indicates start of fattening.

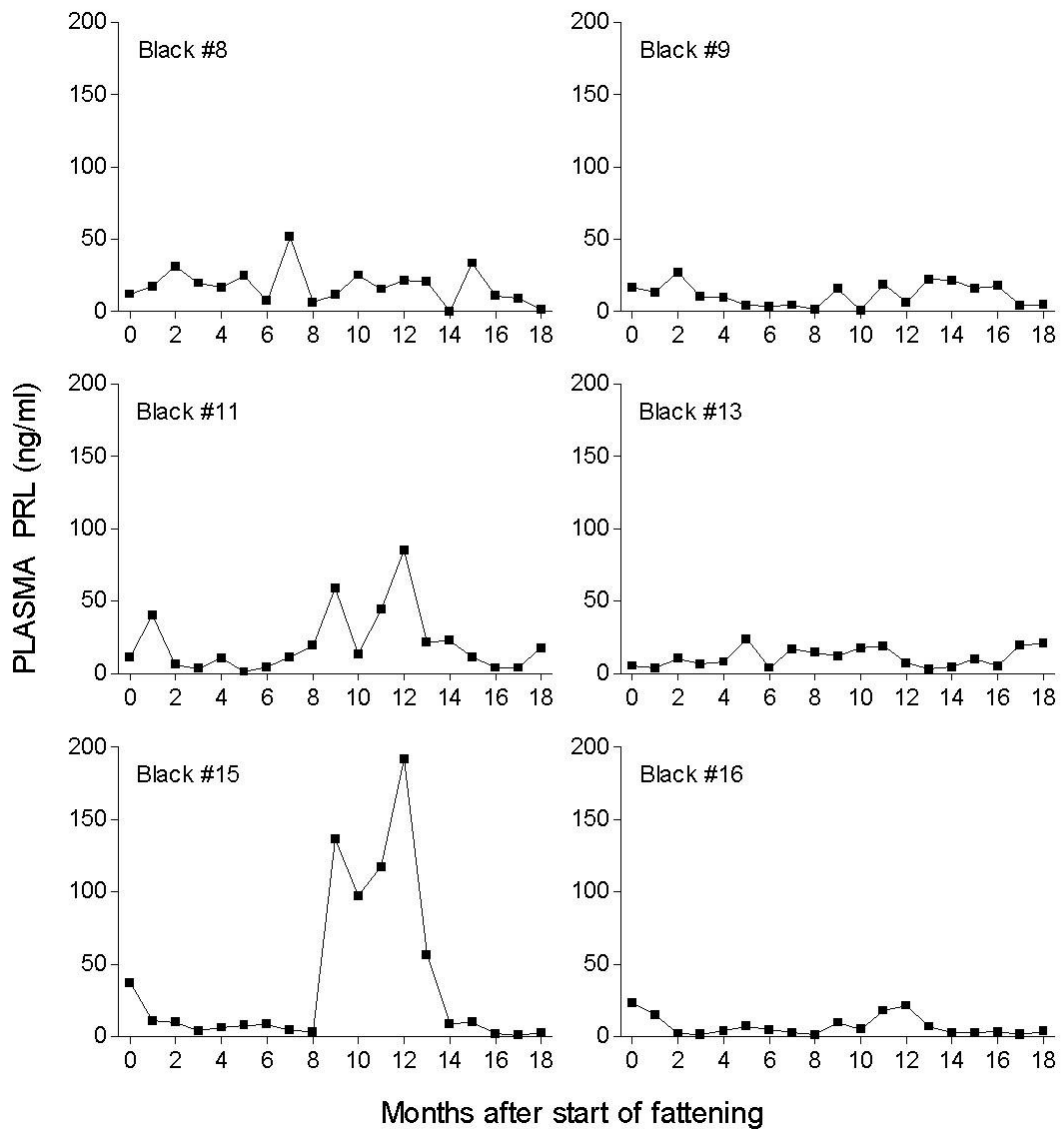


Figure 11b Changes in plasma concentrations of prolactin (PRL) in six Japanese Black steers (#8, #9, #11, #13, #15, #16) through the fattening period. Month 0 (11 months of age) indicates start of fattening.

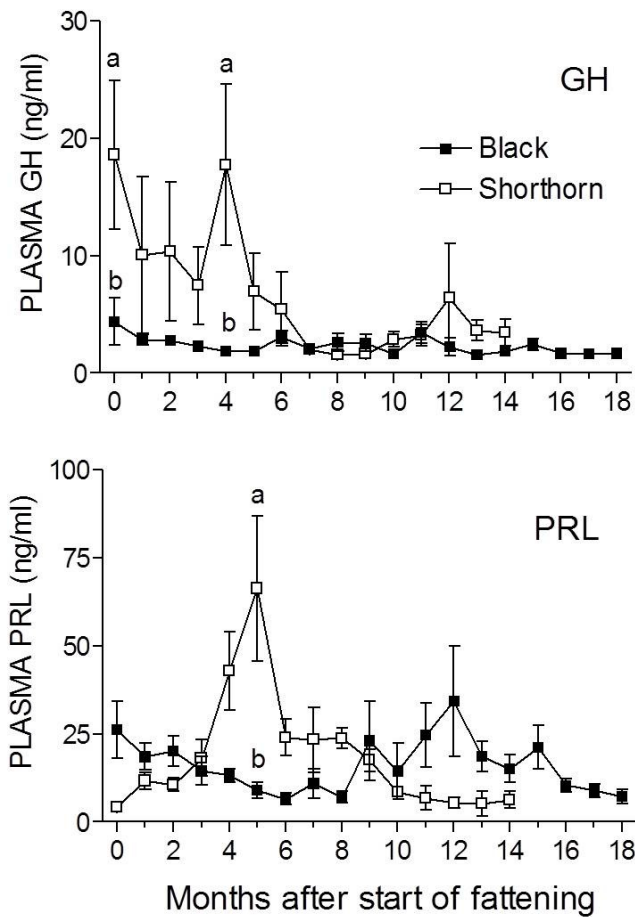


Figure 12 Changes in mean plasma concentrations of growth hormone (GH) and prolactin (PRL) in Japanese Black steers (Black, n=12) and Japanese Shorthorn steers (Shorthorn, n=5) through the fattening period. Month 0 (Black: 11 months of age, Shorthorn: 8 months of age) indicates start of fattening. Each value represents the mean±SEM for 12 or 5 animals. The different letters (a, b) denote significant differences (P<0.05).

Table 11 Mean plasma concentrations of GH and PRL in Japanese Black steers and Japanese Shorthorn steers during the fattening period

	Japanese Black	Japanese Shorthorn	<i>P</i> -value
GH (ng/ml)			
Early period*	3.34 ± 0.87	9.84 ± 2.03 ^a	0.003
Middle period	2.39 ± 0.25	3.16 ± 0.91 ^b	0.279
Late period	1.89 ± 0.15	3.55 ± 0.99 ^b	0.022
PRL (ng/ml)			
Early period	21.62 ± 4.47	25.18 ± 4.91 ^a	0.649
Middle period	13.74 ± 3.01	12.40 ± 1.05 ^b	0.342
Late period	16.53 ± 2.63	5.75 ± 2.80 ^b	0.045

*See Table 1 and 2.

Different letters (a, b,) in each line denote significant differences ($P < 0.05$).

Japanese Black : Each value represents the mean ± SEM for 12 animals.

Japanese Shorthorn : Each value represents the mean ± SEM for 5 animals.

4. 考察

日本短角種去勢牛は、生後 7.5 ヲ月齡、体重 245 kg で肥育を開始し、生後 26.0 ヲ月齡、体重 745 kg で終了するのが一般的である。一方、黒毛和種去勢牛は、生後 9.0 ヲ月齡、体重 290 kg で肥育を開始し、生後 29.0 ヲ月齡、体重 755 kg で終了するのが一般的である。また、肥育期間中の通算 DG は、日本短角種および黒毛和種がそれぞれ、0.77 kg および 0.87 kg であることも報告されている（農林水産省 2015b）。日本短角種は、黒毛和種より 1.5 ヲ月早く肥育を開始するため、肥育開始時の体重は黒毛和種の方が 45 kg 多いが、終了時にはその体重差は 10 kg 程度となる。これは、日本短角種の方が黒毛和種よりも肥育期間が短いものの、良好な発育を示すことに起因している。本試験では、日本短角種は生後 8.7 ヲ月齡、体重 278 kg で肥育を開始し、生後 23.6 ヲ月齡、体重 744 kg で肥育を終了した。通算 DG は 1.00 kg を超える良好な発育を示し、農林水産省で報告されている平均的肥育期間より短い期間で肥育終了体重を迎える結果が得られた。黒毛和種は生後 11.4 ヲ月齡、体重 355 kg で肥育を開始し、生後 29.7 ヲ月齡、体重 771 kg で肥育を終了した。本試験で得られた日本短角種の成績を上述した平均値と比較すると、肥育開始は 2.4 ヲ月、終了は 0.7 ヲ月遅く、肥育期間も短かったが、終了時体重は平均値よりも 16 kg 重いことが分かった。これは、肥育開始時の体重が平均よりも 65 kg 重く、通算 DG は平均と同等の 0.75 kg を示したことに起因したと考えられた。両品種

の比較では、肥育開始時の月齢差は 2.7 ヲ月、体重差は 77 kg あり、それぞれの差は平均よりも大きかった。肥育開始時の体重について、日本短角種に比べ黒毛和種が有意に高い値を示したのは、これに起因すると考えられる。両品種とも平均よりも肥育期間が短い結果となったが、日本短角種においては、「夏山冬里方式」による飼養形態のため、子牛の出生時期が特定の時期に集中し、出荷時期の調整のために肥育期間中の増体性を調整する飼養管理が行われている。また、黒毛和種においては、肉質重視の市場性を考慮して長期の肥育を行っている。したがって、両品種とも上述した平均値と単純に比較することは難しいことも推察される。

DM 摂取量については、両品種間で肥育開始 3、8 および 10~14 ヲ月において 1 日平均摂取量に差が見られ、肥育前期、中期および後期における総摂取量にも差が見られた。これは、肥育開始時の体重差と両品種間の各肥育ステージ期間が異なることが大きく関係しているためと考えられた。肥育開始 3 ヲ月は、日本短角種では肥育前期にあたり、配合飼料は体重比 1.4%、粗飼料は飽食給与している。一方、黒毛和種では肥育中期にあたり、配合飼料は体重比 1.8%、粗飼料は 2 kg までの制限給与をしており、配合飼料の DM 給与量は黒毛和種の方が約 2 kg 多いが、粗飼料の DM 給与量は日本短角種の方が約 4kg 多かったため、全体の DM 給与量も日本短角種の方が多い状態にあった。両品種の飼料摂取状況は、配合飼料および粗飼料共に残飼がほぼない状態にあったことから、DM 給与量の違いがそのまま摂取量に反映され

たとえられる。また、肥育開始 8 ヶ月は、肥育開始 3 ヶ月と同様に日本短角種は肥育前期にあたり、黒毛和種は肥育中期にあたるが、全体の DM 給与量は両品種でほぼ同水準であった。日本短角種は引続き高い DM 摂取量を維持したが、黒毛和種は肥育中期の後半に入って残飼が見られるようになり、DM 摂取量が緩やかな減少傾向となったことが両品種の差と考えられる。さらに、肥育開始 10～14 ヶ月は、両品種とも肥育中期および後期にあたる。粗飼料は両品種とも 2 kg までの制限給与と同じであるが、配合飼料は日本短角種では体重比 1.6%の飽食給与から後期には最大 10 kg までの制限給与になる一方で、黒毛和種では中期および後期共に体重比 1.8%の飽食給与が継続されるため、DM 給与量は黒毛和種の方が多かった。日本短角種は、肥育中期以降の飼料給与体系が変わっても高い DM 摂取量を維持したが、黒毛和種は肥育中期に減少傾向を示した後、低い状態で DM 摂取量を維持したことが反映されたと考えられた。各肥育ステージの総摂取量は、肥育前期では黒毛和種に比べ日本短角種が有意に高い値を示したが、中期および後期では、日本短角種に比べ黒毛和種が有意に高い値を示した。これは、両品種間で各肥育ステージの期間が異なるためであり、肥育前期は日本短角種が 6 ヶ月長く、中期および後期は黒毛和種が 5 ヶ月長いことが反映された結果となった。

TDN 摂取量については、両品種間で肥育開始 13 および 14 ヶ月において 1 日平均摂取量に差が見られると共に、肥育前期、中期、後期および全期間における総摂取量にも差が見られた。これは、肥育後期に

おける飼料摂取量と両品種間の各肥育ステージ期間が異なることが関係していると考えられた。肥育後期の配合飼料は、日本短角種では最大 10 kg までの制限給与であったが、黒毛和種では体重比 1.8%の飽食給与であり、TDN 給与量は黒毛和種の方が多かった。しかし、日本短角種は配合飼料 10 kg をほぼ完食していたのに対し、黒毛和種は残飼が多く見られ、原物摂取量は 7 kg 前後にとどまったうえ、個体ごとの摂取量も 5~10 kg と差が大きかった。両品種に給与された配合飼料の DM 割合は同一であり、TDN 含量は黒毛和種に給与された配合飼料の方がやや高かったが、両品種間の飼料摂取量の差が 3 kg あったことから、これが一つの要因であると考えられた。各肥育ステージの総摂取量の差は、前述のとおり、両品種間で各肥育ステージの期間が異なることが要因と考えられた。なお、肥育全期間における DM 総摂取量に有意差は見られなかったが、TDN 総摂取量に差が見られたことについては、TDN 含量が異なる 3 種類のグラスサイレージが日本短角種に給与されたことが要因と考えられた。TDN 含量は最大で約 20%の差があり、黒毛和種に給与されたチモシー乾草の TDN 含量を大きく下回るものがあったことから、異なる TDN 含量のグラスサイレージを給与する際は、TDN 含量が大きく変動しないように組合せを工夫することが必要となろう。

CP 摂取量については、両品種間で肥育開始 4~6 ヶ月において 1 日平均摂取量に差が見られ、肥育前期、中期、後期および全期間における総摂取量にも差が見られた。これは、摂取した飼料の CP 含量と両

品種間の各肥育ステージ期間が異なることが関係したと考えられた。肥育開始 4～6 ヶ月は、日本短角種では肥育前期にあたり、黒毛和種では肥育中期にあたるため、前述のとおり配合飼料および粗飼料の給与量は両品種間で大きく異なる。DM 摂取量は黒毛和種に比べ日本短角種の方が多く傾向にあったが、CP 摂取量は黒毛和種の方が有意に高い値を示した。これは、給与したグラスサイレージが 1 番草から 2 番草に変わり、CP 含量が大きく変動したことによるものであろう。各肥育ステージの総摂取量の差は、前述のとおり、両品種間で各肥育ステージの期間が異なることが要因と考えられる。なお、肥育全期間における DM 総摂取量に有意差は見られなかったが、CP 総摂取量に差が見られたことについては、TDN 含量と同様に CP 含量が異なる 3 種類のグラスサイレージが日本短角種に給与されたことが要因と考えられるので、給与の際は、CP 含量が大きく変動しないように組合せを工夫する必要がある。

肥育ステージ別の DG は、肥育前期、後期および全期間で両品種間に差が見られた。これは、飼料効率が関係したと考えられた。1 kg 増体に必要な TDN 量は、肥育ステージ別では両品種間で差が見られなかったが、肥育後期では黒毛和種に比べて日本短角種で必要量が少ない傾向にあった。1 kg 増体に必要な CP 量は、肥育後期で黒毛和種に比べて日本短角種で有意に必要量が少なかった。また、TDN 量および CP 量のいずれも肥育全期間では、黒毛和種に比べて日本短角種で有意に必要量が少なかった。黒毛和種に比べて日本短角種は肥育期間が短

く、飼料の総摂取量も少なかったが、少ない摂取量を飼料効率で補ったと考えられる。ただし、肥育ステージ別に飼料効率と DG との関係を見ると肥育後期には当てはまるが、肥育前期および中期には当てはまらない。これは、両品種で各肥育ステージの期間が異なり、飼料の給与量も異なることが要因と考えられた。また、本試験は配合飼料給与による肥育方法であったことから、粗飼料の利用性が良いという日本短角種の特性を十分に発揮できなかったことも考えられる（小山 1975；小野寺ら 1977；近藤ら 2004；日本短角種研究会 2005）。

牛の GH 濃度は、加齢に伴って減少する（Hodate ら 1988；甫立 1988）。本試験でも、両品種で肥育開始時が最も高く、肥育月数が進むに従って低くなり、加齢に伴って減少していた。しかし、両品種間で血中 GH 濃度の推移は異なっていた。日本短角種では、肥育開始時の血中 GH 濃度は黒毛和種に比べて有意に高い値を示し、肥育開始 8 ヶ月にかけて大きく減少した。一方、黒毛和種では、肥育開始時に最も高い値を示したものの、日本短角種に比べて有意に低く、その後の変動も小さかった。これは、肥育開始時の月齢差が両品種で 2.7 ヶ月あることが要因の 1 つと考えられるが、育成期の日本短角種と黒毛和種の雌子牛を用いて GH 分泌機能を比較すると、GH 基礎値は黒毛和種に比べて日本短角種で高くなる傾向が見られること、GHRH 投与後の血中 GH 濃度は日本短角種に比べて黒毛和種が低く、特に 12 ヶ月齢以降は大きく低下することから（新宮と甫立 2001）、肥育開始時の月齢差がなくても両品種で血中 GH 濃度に差が見られた可能性が考えられた。品種

によって GH 分泌機能に違いがあることは報告されており、ヘレフォード種雄子牛はシンメンタル種雄子牛に比べ低く、黒毛和種雌子牛はホルスタイン種雌子牛より低い。また、日本短角種雌子牛はホルスタイン種雌子牛と同等か低いと言われている (Ohlson ら 1981 ; 新宮と甫立 2001)。哺育・育成期の血中 GH 濃度は、成熟体重が大きいヘレフォード種より成熟体重が小さいアバディーン・アンガス種が高いという報告もあるが (Keller ら 1979)、GH 分泌機能の違いは成熟体重と成長速度の違いが関係していると考えられる。成熟体重が大きい品種は肥育時の増体速度は速いが、成熟値に達する月齢は遅く、体成熟の点では晩熟であり、成熟体重が小さい品種は早熟だが、肥育時の増体速度は遅いと言われている。各品種の成熟時の大きさは、飼養環境や系統によって異なるが、一般的な飼養条件では、ホルスタイン種は大型、ヘレフォード種は大～中程度、日本短角種、褐毛和種、アバディーン・アンガス種は中程度の大きさに入り、黒毛和種の成熟体重は最も小さい (農業・食品産業技術総合研究機構 2009)。また、GH 分泌機能の違いは下垂体前葉におけるソマトトロフが占める割合によるものと言われており、黒毛和種去勢牛の前葉におけるソマトトロフの占める割合はホルスタイン種去勢牛に比べて少ない。一般に、GH は糖およびタンパク質代謝に加え、骨端軟骨に作用して長骨の成長を促進することから、体成熟に至る骨格成長速度が他品種に比べて黒毛和種で早期に低下する可能性が考えられる。さらに、黒毛和種種雄牛の GH 遺伝子型を調査した結果によると、各地域における成長特性の違いが

GH 遺伝子多型と関係があることが明らかにされている (河野 2005)。具体的には、肥育期間中の体重および胸囲の発育、飼料摂取量、枝肉重量、皮下脂肪の厚さ、脂肪組織の細胞サイズ、GH 分泌量および血中 IGF- I 濃度に GH 遺伝子型多型の差が見られている。したがって、育成期の去勢子牛を用いて血中 GH 濃度の両品種間の違いを検討する必要がある。

肥育ステージ別の血中 GH 濃度は、日本短角種では肥育前期が中期および後期に比べて有意に高い値を示した。黒毛和種は肥育前期で最も高い値を示したが、日本短角種に比べてその値は低く、有意差も見られなかった。一方、家畜の栄養状態は血中 GH レベルに大きく影響し、栄養不足の状態では血中 GH 濃度が上昇することが知られている (Gluckman と Breier1987 ; 甫立 1988)。また、黒毛和種去勢牛を用いた肥育試験において、粗飼料多給飼養区では濃厚飼料多給の高栄養飼養区に比べ、GH レベルが有意に高くなることが報告されている (三橋 1992 ; Mitsuhashi ら 1993)。乳牛を用いた試験においては、低タンパク質飼料を給与した乳牛は高タンパク質飼料を給与した乳牛より血中 GH 濃度が高くなることが報告されている (Kung ら 1984)。本試験では、両品種とも飼料摂取量が増加するに従って血中 GH 濃度は減少したが、日本短角種では肥育開始 4 ヶ月で上昇に転じた。これは、飼料中の TDN および CP 含量が低いものが給与されたことにより、DM 摂取量に変化はなかったものの、TDN および CP 摂取量が大きく減少したことによるものと考えられ、第 2 章の試験結果より TDN 摂取

量を反映しているものと考えられる。しかし、黒毛和種では、肥育開始6ヵ月にかけて TDN および CP 摂取量が増加したものの、血中 GH 濃度には大きな変化は見られず、黒毛和種では肥育開始時から高栄養状態にあった可能性が考えられる。飼料摂取量と血中 GH 濃度の関係については、日本短角種は黒毛和種に比べて飼料摂取量の変化が血中 GH 濃度に大きく反映され、また、日本短角種は肥育期間が短く、飼料の総摂取量も少なかったが、少ない摂取量を飼料効率で補ったため黒毛和種よりも DG が有意に高かったことより、血中 GH 濃度が特徴的に高いという日本短角種の特徴が明らかとなった。

GH の成長促進作用は主として IGF- I を介して行われ、血中 IGF- I 濃度は GH 濃度に依存しており、血中 GH 濃度が増加すると血中 IGF- I 濃度が上昇すると報告されている (Froesh ら 1985)。また、育成牛の血中 IGF- I 濃度と DG の間には有意な正の相関関係があること (Stick ら 1998)、血中 IGF- I 濃度はエネルギーバランスの指標としても用いられ、摂取エネルギーが少ないと低下することが知られている (Breier ら 1986 ; Spicer ら 1990 ; Zulu ら 2002)。一方で、タンパク栄養が悪化すると GH 濃度を介さずに血中 IGF- I 濃度が減少し、DG も減少するとの報告もある (Pell ら 1993 ; 松長ら 1997)。本試験における供試牛の栄養状態や DG については、血中 GH 濃度とともに血中 IGF- I 濃度や血液生化学的検査値を用いた詳細な検討が必要である。また、栄養の摂取状況が肝臓での GH の反応性および血中 IGF- I 濃度に影響を及ぼすと言われている (Smith ら 2002)。両品種間に見られ

た CP 摂取量の差が肝臓での GH の反応性および IGF- I の分泌量に差を生じさせるレベルにあったのかについても、今後、血中 IGF- I 濃度を測定し、さらに検討する必要がある。

PRL の分泌はウシ、ヤギおよびヒツジなどの反芻動物では季節変化することが報告されており (Karg と Schams1974 ; Fitzgerald ら 1981 ; 上家 1983 ; Curlewis1992)、血中 PRL 濃度は 4 月から 8 月にかけて高く、9 月から 3 月にかけて低いことが知られている。この PRL の変動は、性および年齢にかかわらず起こること、また、飼養環境と無関係であることが報告されている (Karg と Schams1974; Fitzgerald ら 1981 ; Curlewis1992)。本試験では、両品種間で血中 PRL 濃度に差が見られ、日本短角種では肥育開始後 PRL 濃度が高値と低値を示した期間はそれぞれ 4 月から 8 月と、9 月から 3 月にあたり、これらの報告と一致した。日本短角種は、「夏山冬里方式」を用いた伝統的な飼養形態がとられているため、日本短角種の肥育時には本試験で行った肥育期間とほぼ一致した時期に PRL 分泌の周期的な変動が起こっていることが考えられる。一方、黒毛和種では、日本短角種と同様に PRL 濃度が高値と低値を示した期間は報告と一致したが、ピーク値は日本短角種の方が高く、肥育開始時期も特定の時期に偏ることはないため、PRL 分泌の周期的な変動は肥育期間の様々な時期に起こると考えられる。本試験では、日本短角種と黒毛和種の肥育開始時期が異なっていたこと、さらに黒毛和種では肥育開始時期が 4 月から 9 月までのおよそ半年間に渡っていたことが両品種間のピーク値の違いの要因と考え

られるため、両品種を同じ時期に肥育し、PRL 濃度に違いがあるか検討する必要がある。PRL の主な生理作用は、雌性哺乳類における乳腺の発達、乳汁合成と分泌の開始、維持である。しかし PRL は雌性動物だけに限らず、生殖や成熟、組織の恒常性維持、ストレス応答、免疫賦活作用など様々な生理活性を持つ (Malven 1993; 堀口ら 2006 ; 石田と針谷 2008)。したがって、日本短角種および黒毛和種の肥育生理に及ぼす PRL の生理的意義や肥育技術との関連について、さらに検討する必要がある。

5. 要約

黒毛和種と日本短角種の飼養成績と血中 GH および PRL 濃度の品種間の違いを明らかにするために、11 ヶ月齢の黒毛和種去勢牛および 8 ヶ月齢の日本短角種去勢牛を配合飼料給与条件下でそれぞれ 18 ヶ月間および 14 ヶ月間肥育した。

体重は肥育開始から終了まで両品種区間で有意差は見られなかった。一方、飼料摂取量は、DM、TDN および CP 摂取量が特定の月数で日本短角種が黒毛和種より有意に高い値を示した。飼料効率、1 kg 増体に必要な TDN 量は肥育全期間で黒毛和種が日本短角種に比べ有意に高い値を示し、1 kg 増体に必要な CP 量は肥育後期および全期間で黒毛和種が日本短角種に比べ有意に高い値を示した。血中 GH 濃度は、肥育開始時が最も高く、肥育月数が進むに従って低くなり、特定の月数で日本短角種が黒毛和種に比べ有意に高い値を示した。また、肥育開始 7 ヶ月までの GH 濃度の推移は両品種で異なっていた。各肥育ステージ期間内の平均 GH 濃度は、日本短角種において肥育前期が中期および後期に比べ有意に高い値を示したが、黒毛和種では有意差は見られなかった。また、両品種間の比較では、肥育前期および後期において日本短角種が黒毛和種に比べ有意に高い値を示した。血中 PRL 濃度は、両品種とも日長が長い時期に高い値を示した。各肥育ステージ期間内の平均 PRL 濃度は、日本短角種および黒毛和種共に肥育前期が最も高かった。また、両品種間の比較では、肥育後期において黒毛和

種が日本短角種に比べ有意に高い値を示した。

以上の結果より、黒毛和種去勢牛および日本短角種去勢牛の肥育における品種間の違いは、体重を除いた DM、TDN および CP 摂取量、血中 GH および PRL 濃度の変化に現れることが分かった。

第 4 章

日本短角種子牛と黒毛和種子牛の哺育期および育成期の
発育差について

1. 緒言

わが国の肉用種子牛は、遅くとも生後 5 ヶ月齢あるいは体重 150 kg までに離乳され、さらに 10 ヶ月齢（体重 300 kg）まで育成される飼養方法が慣行的である（農業・食品産業技術総合研究機構 2009）。肉用牛の泌乳能力（泌乳量）は乳用牛と同様に個体、品種、産次、栄養によって差があり、日本短角種は、黒毛和種や褐毛和種などの他の肉用品種よりも明らかに泌乳量が多い。また、泌乳量は泌乳期の進行に伴って減少するため、自然哺育子牛には固体飼料を給与して増体に必要な TDN や CP を充足させている。

こうした中で近年、受精卵移植、体外受精技術の普及に伴う乳牛の借り腹による肉用種子牛の増加や和牛繁殖農家での早期母子分離技術の導入を背景に、多頭飼養あるいは放牧飼養下での作業効率の向上、母牛の繁殖機能の早期回復と分娩間隔の短縮を図るため、代用乳（液体飼料）と人工乳（離乳用濃厚飼料）を用いる人工哺育を行うケースが増加している（池上 1994 ; 三木 1999）。また、それとともに国内では様々な早期離乳育成試験が行われ、代用乳の給与量やその給与方法、固形飼料（人工乳、良質乾草）の摂取状況等より、離乳時期の目安が示されている。通常、子牛を適正に離乳させるためには、子牛のルーメンが十分発達している必要があり、人工乳摂取量が指標とされている（畜産技術協会 2004）。ルーメンの発達は粘膜と筋層の成長を促す粗飼料の物理的刺激と微生物発酵の結果として生産される揮発性脂肪

酸（VFA）の両者に依存し、VFAのうち酪酸は最も強くルーメン絨毛の発達に関与している（松本 2005）。一方、 β ヒドロキシ酪酸（BHB）は、酪酸がルーメン絨毛粘膜で代謝されてできる物質であり、子牛のルーメン発達の指標になると考えられている（鈴田ら 2007）。

前章までは肥育期における日本短角種の特徴を調べたが、本章では哺育期および育成期の特徴を明らかにすることを目的とした。すなわち、日本短角種および黒毛和種それぞれについて、哺育方法の違いが哺育期および育成期の体重、飼料摂取量の変化とルーメン発達に与える影響について BHB 濃度の変化とともに調べた。

2. 材料および方法

1) 日本短角種子牛の哺育・育成試験

哺育・育成試験は岩手県滝沢市の岩手県農業研究センター畜産研究所において、2008年4月から2009年10月に実施した。供試牛は2008年4月から2009年5月に研究所内で生産された日本短角種子牛計12頭（雄子牛5頭、雌子牛7頭）を用い、研究所の慣行法に準じて母子を同居させる自然哺育120日区（Natural group, n=4）、黒毛和種の哺育体系に準じて代用乳と人工乳を給与する通常哺育60日区（Normal group, n=4）および発育確保を目的に代用乳を増給する体重比哺育90日区（Body weight ratio group, n=4）の3区に配置した。通常哺育60日区および体重比哺育90日区の供試牛は出生日を0日として3日目まで母子を同居させ、4日目に母子分離を行い人工哺育による哺育試験を開始した。なお、人工乳は子牛が自力で摂取するようになるまで1週間を目安に強制給与による馴致を行った。供試牛の種雄牛は、自然哺育120日区が慶一：2頭、良錦：1頭、松灯：1頭、通常哺育60日区が慶一：2頭、総柳610：1頭、琴錦1082：1頭、体重比哺育90日区が総柳610：1頭、清向875：1頭、高国宝：2頭であった。各試験区の出生時における体重の平均値と標準誤差は、自然哺育120日区が 40.8 ± 0.7 kg、通常哺育60日区が 40.1 ± 1.7 kg、体重比哺育90日区が 36.4 ± 2.3 kgであった。

(2) 給与飼料

飼料は、研究所で通常給与している代用乳 A、人工乳、育成用配合飼料および輸入チモシー乾草を用いた。輸入チモシー乾草は同一業者から購入した。各飼料の成分分析は分析専門機関（十勝農業協同組合連合会、北海道）が実施した。CP は近赤外分析または化学分析（ケルダール法）により分析し、TDN は推定式（NRC2001）から求めた。

(3) 飼養管理

自然哺育 120 日区の供試牛は自然光が入るパドック付きの牛舎内で群飼した。通常哺育 60 日区および体重比哺育 90 日区の供試牛は自然光が入る牛舎内に設置されたカーフハッチで単飼し、離乳後はパドック付きの牛舎内で群飼した。飼料は朝夕の 2 回に分けて給与し、残飼は朝の飼料給与前に回収して計量した。各飼料の給与量は表 12 の通りに設定した。自然哺育 120 日区では、哺育期（生後 4～120 日）は母牛による哺育のみを基本としたが、生後 90 日からは育成期に向けた馴致を目的に育成用配合飼料 1.0 kg およびチモシー乾草 0.5 kg を給与した。育成期（生後 121～150 日）は体重の 1.5% に相当する量の育成用配合飼料を給与し、チモシー乾草は 2.0～4.0 kg まで順次増量して給与した。通常哺育 60 日区では、哺育期（生後 4～60 日）は代用乳 A を 0.6～1.0 kg まで、人工乳を 0.1～1.0 kg まで、チモシー乾草は 0.5 kg まで順次増量して給与した。育成期（生後 61～150 日）は人工乳を 1.0～2.0 kg まで、育成用配合飼料は 0.5～3.5 kg まで、チモシー乾草は

0.5～2.0 kg まで順次増量して給与した。体重比哺育 90 日区では、哺育期（生後 4～90 日）は生後 70 日まで体重の 1.0%に相当する量、生後 71～90 日まで体重の 0.5%に相当する量の代用乳 A を給与した。人工乳は 0.15～1.0 kg まで、チモシー乾草は 0.1～0.6 kg まで順次増量して給与した。育成用配合飼料は生後 60 日より給与を開始し、0.2～1.5 kg まで順次増量した。育成期（生後 91～150 日）は 1.0～0.4 kg の人工乳を順次減量して給与し、育成用配合飼料は体重の 1.5%に相当する量を給与した。チモシー乾草は 1.5～4.0 kg まで順次増量して給与した。なお、各飼料の TDN および CP はそれぞれ表 13 に示す通りであった。水は小型バケツによる自由飲水とし、育成期から鈹塩（鈹塩 E100TZ；日本全薬工業株式会社、福島）を自由摂取させた。なお、冬期間（12～3 月）は温水を給与した。

（3）体重測定と採血

試験期間中は、1 週間に 1 回、13:00 に体重測定を行い、採血は体重測定後（13:30）に頸静脈より真空採血管（テルモ株式会社、東京）を用いて行った。血液は 4℃下において、3,000 rpm で 15 分間遠心し、血漿を分離した。血漿サンプルは BHB 濃度測定まで -20℃下で保存した。

Table 12 Feeding programs for 12 Japanese Shorthorn calves during the suckling and rearing period

	Suckling period ¹⁾	Rearing period ²⁾
Natural group (n=4)		
Raising feed	1.0*	1.5% of weight
Timothy hay	0.5*	2.0 – 4.0
Normal group (n=4)		
Milk replacer A	0.6 – 1.0	–
Calf starter	0.1 – 1.0	1.0 – 2.0
Raising feed	–	0.5 – 3.5
Timothy hay	0 – 0.5	0.5 – 2.0
Body weight ratio group (n=4)		
Milk replacer A	1.0 – 0.5% of weight	–
Calf starter	0.15 – 1.0	1.0 – 0.4
Raising feed	0.2 – 1.5**	1.5% of weight
Timothy hay	0.1 – 0.6	1.5 – 4.0

¹⁾ Natural group : Day4–120, Normal group : Day4–60, Body weight ratio group : Day4–90.

²⁾ Natural group : Day121–150, Normal group : Day61–150, Body weight ratio group : Day91–150.

*Feeding was started in 90 days of age.

**Feeding was started in 60 days of age.

Each value represents daily supplied quantities (kg/day).

Table 13 Chemical composition of feed

	Milk replacer		Calf starter	Raising feed	Timothy hay
	A	B			
Chemical composition (% FM)					
TDN	108.0	102.0	75.0	69.0	55.3
CP	28.0	26.0	18.0	16.0	6.6

FM : fresh matter ; TDN : total digestible nutrients ; CP : crude protein.

2) 黒毛和種子牛の哺育・育成試験

哺育・育成試験は岩手県滝沢市の岩手県農業研究センター畜産研究所において、2008年4月から2010年3月に実施した。供試牛は2008年4月から2009年10月に研究所内で生産された黒毛和種子牛計23頭（雄子牛12頭、雌子牛11頭）を用い、研究所の慣行法に準じて代用乳と人工乳を給与する通常哺育60日区（Normal group, n=7）、初期発育の改善を目的に代用乳を増給する増給哺育60日区（Advanced group, n=11）および離乳後の発育停滞の改善を目的とした強化哺育90日区（Intensified group, n=5）の3区に配置した。供試牛は出生日を0日として3日目まで母子を同居させ、4日目に母子分離を行い人工哺育による哺育試験を開始した。なお、人工乳は子牛が自力で摂取するようになるまで1週間を目安に強制給与による馴致を行った。供試牛の種雄牛は、通常哺育60日区が平福国1：3頭、菊安舞鶴：2頭、北仁：1頭、飛良美継：1頭、増給哺育60日区が平福国1：7頭、菊安舞鶴：3頭、安重桜：1頭、強化哺育90日区が平福国1：5頭であった。各試験区の出生時における体重の平均値と標準誤差は、通常哺育60日区が 36.9 ± 2.8 kg、増給哺育60日区が 33.2 ± 0.8 kg、強化哺育90日区が 30.8 ± 2.6 kgであった。

(2) 給与飼料

飼料は、研究所で通常給与している代用乳A、代用乳B、人工乳、育成用配合飼料および輸入チモシー乾草を用いた。輸入チモシー乾草

は同一業者から購入した。各飼料の成分分析は分析専門機関（十勝農業協同組合連合会、北海道）が実施した。CP は近赤外分析または化学分析（ケルダール法）により分析し、TDN は推定式（NRC2001）から求めた。

（3）飼養管理

供試牛は自然光が入る牛舎内に設置されたカーフハッチで単飼し、離乳後はパドック付きの牛舎内で群飼した。飼料は朝夕の 2 回に分けて給与し、残飼は朝の飼料給与前に回収して計量した。各飼料の給与量は表 14 の通りに設定した。通常哺育 60 日区では、哺育期（生後 4～60 日）は 0.6 kg の代用乳 A を給与し、人工乳は 0.1～1.0 kg まで順次増量して給与した。チモシー乾草は 0.5 kg まで順次増量して給与した。育成期（生後 61～150 日）は 2 kg の人工乳を給与し、育成用配合飼料は 0.5～3.5 kg まで、チモシー乾草は 0.5～2.0 kg まで順次増量して給与した。増給哺育 60 日区では、哺育期（生後 4～60 日）は生後 30 日まで 0.72 kg、生後 31～60 日まで 0.6 kg の代用乳 A を給与し、人工乳は 0.1～2.0 kg まで順次増量して給与した。チモシー乾草は 0.5 kg まで順次増量して給与した。育成期（生後 61～150 日）は人工乳を 2.0～0.5 kg まで順次減量して給与し、育成用配合飼料は 0.3～3.5 kg まで、チモシー乾草は 0.5～2.0 kg まで順次増量して給与した。強化哺育 90 日区では、哺育期（生後 4～90 日）は生後 15 日までに代用乳 B を 0.6～1.0 kg まで順次増量し、生後 76 日まで代用乳 B を 1.0 kg、そ

の後、離乳までの14日間は代用乳Bを0.6 kgまで順次原料して給与した。人工乳は0.02～1.5 kgまで、チモシー乾草は0.01～0.6 kgまで順次増量して給与した。育成期（生後91～150日）は2.5～2.8 kgの人工乳を給与し、育成用配合飼料は0.5～3.5 kgまで、チモシー乾草は1.2～2.0 kgまで順次増量して給与した。なお、各飼料のTDNおよびCPは日本短角種子牛の試験と同様であった（表13）。水は小型バケツによる自由飲水とし、育成期から鉍塩（鉍塩E100TZ；日本全薬工業株式会社、福島）は自由摂取とした。なお、冬期間（12～3月）は温水を給与した。

（3）体重測定と採血

試験期間中は、1週間に1回、13:00に体重測定を行い、採血は体重測定後（13:30）に頸静脈より真空採血管（テルモ株式会社、東京）を用いて行った。血液は4℃下において、3,000 rpmで15分間遠心し、血漿を分離した。血漿サンプルはBHB濃度測定まで-20℃下で保存した。

Table 14 Feeding programs for 23 Japanese Black calves during the suckling and rearing period

	Suckling period ¹⁾	Rearing period ²⁾
Normal group (n=7)		
Milk replacer A	0.6	–
Calf starter	0.1 – 1.0	2.0
Raising feed	–	0.5 – 3.5
Timothy hay	0 – 0.5	0.5 – 2.0
Advanced group (n=11)		
Milk replacer A	0.72 – 0.6	–
Calf starter	0.1 – 2.0	2.0 – 0.5
Raising feed	–	0.3 – 3.5
Timothy hay	0 – 0.5	0.5 – 2.0
Intensified group (n=5)		
Milk replacer B	0.6 – 1.0	–
Calf starter	0.02 – 1.5	2.5 – 2.8
Raising feed	–	0.5 – 3.5
Timothy hay	0.01 – 0.6	1.2 – 2.0

¹⁾ Normal group and Advanced group : Day4–60. Intensified group : Day4–90.

²⁾ Normal group and Advanced group : Day61–150, Intensified group : Day91–150.

Each value represents daily supplied quantities (kg/day).

3) BHB 濃度の測定

試料中の BHB 濃度は、専用試薬のケトフィルム N ((株) 三和化学研究所、愛知) を使用し、ケトメーター N ((株) アークレイファクトリー、滋賀) で測定した。測定に用いたサンプル量は $30 \mu\ell$ であり、測定可能な最小濃度は $30 \mu\text{mol/L}$ であった。

4) データ分析

得られた結果は、すべて平均値±標準誤差で表した。日齢別の黒毛和種と日本短角種それぞれの試験区間の有意差 (体重、DG、FM (現物)、TDN、CP、BHB) は、One-way repeated measures ANOVA で分散分析を行った後、Newman-Keuls により検定した。なお、両品種間の有意差 (体重、DG、FM、TDN、CP、BHB) は、哺育 60 日区では One-way repeated measures ANOVA で分散分析を行った後、Newman-Keuls により検定し、哺育 90 日区では Student-t 検定を用いて検定した。週齢変化に伴う各試験区間の有意差 (体重、BHB) は、Two-way repeated measures ANOVA で分散分析を行った後、Bonferroni 検定で検定した。すべてのデータの解析は GraphPad Prism (GraphPad Software、San Diego、CA、USA) を用いて行い、危険率が 5%以下の場合を有意差として表した。

3. 結果

1) 日本短角種の体重および飼料摂取量の推移

日本短角種の各週齢の体重の推移を図 13 に示した。また日本短角種の出生時から試験終了時（生後 150 日）までの 1 ヶ月ごとの体重ならびに DG を表 15 に示した。日本短角種の出生時の平均体重は、自然哺育 120 日区、通常哺育 60 日区および体重比哺育 90 日区がそれぞれ 40.8 ± 0.7 kg、 40.1 ± 1.7 kg および 36.4 ± 2.3 kg、試験終了時はそれぞれ 203.5 ± 7.1 kg、 184.0 ± 3.5 kg および 176.0 ± 5.0 kg であり、出生時に有意差は見られなかったが、試験開始 1 ヶ月後から終了時まで、自然哺育 120 日区が通常哺育 60 日区および体重比哺育 90 日区に比べ有意に高い値を示した ($P < 0.05$) (表 15)。1 ヶ月ごとの DG は、生後 60 日を除き自然哺育 120 日区が通常哺育 60 日区および体重比哺育 90 日区に比べ有意に高い値を示した ($P < 0.05$)。また、生後 30 日で体重比哺育 90 日区が通常哺育 60 日区に比べ有意に高い値を示した ($P < 0.05$)。通常哺育 60 日区および体重比哺育 90 日区の FM、TDN および CP 総摂取量(人工乳)は表 16 に示す通りで FM 総摂取量、TDN および CP 総摂取量とも、通常哺育 60 日区に比べ体重比哺育 90 日区が多い傾向にあった。

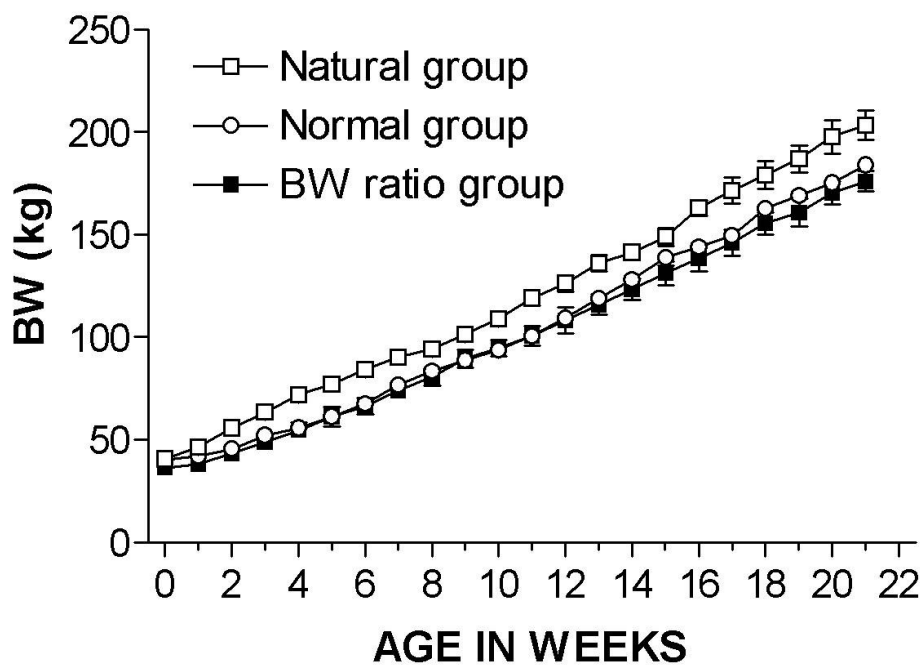


Figure 13 Changes in body weight (BW) in Japanese Shorthorn calves through the suckling and rearing period. Each value represents the mean±SEM for 4 animals.

Table 15 Growth traits of Japanese Shorthorn calves during the suckling and rearing period

	Natural group	Normal group	Body weight ratio group
Body weight (kg)			
Day 0	40.8 ± 0.7	40.1 ± 1.7	36.4 ± 2.3
Day 30	72.0 ± 1.1 ^a	55.8 ± 1.1 ^b	54.8 ± 3.6 ^b
Day 60	94.3 ± 2.0 ^a	83.5 ± 0.6 ^b	80.6 ± 4.2 ^b
Day 90	136.0 ± 4.1 ^a	118.8 ± 1.1 ^b	116.0 ± 5.1 ^b
Day 120	171.5 ± 6.4 ^a	149.5 ± 2.6 ^b	146.0 ± 6.4 ^b
Day 150	203.5 ± 7.1 ^a	184.0 ± 3.5 ^b	176.0 ± 5.0 ^b
Daily gain (kg/day)			
Day 30	1.12 ± 0.04 ^a	0.55 ± 0.06 ^b	0.78 ± 0.07 ^c
Day 60	0.99 ± 0.04 ^a	0.79 ± 0.01 ^b	0.89 ± 0.04 ^{ab}
Day 90	1.07 ± 0.05 ^a	0.86 ± 0.01 ^b	0.91 ± 0.05 ^b
Day 120	1.11 ± 0.05 ^a	0.92 ± 0.03 ^b	0.95 ± 0.04 ^b
Day 150	1.14 ± 0.04 ^a	0.99 ± 0.02 ^b	1.00 ± 0.03 ^b

Different letters (a-c) in each line denote significant differences ($P < 0.05$).

Each value represents the mean ± SEM for 4 animals.

Table 16 Feed intake of Japanese Shorthorn calves during the suckling period

	Natural group	Normal group	Body weight ratio group
Feed intake (kg)			
FM	–	23.2 ± 1.7	25.7 ± 3.0
TDN	–	17.4 ± 1.2	19.3 ± 2.2
CP	–	4.1 ± 0.3	4.6 ± 0.5

Each value represents the mean ± SEM for 4 animals.

2) 黒毛和種の体重および飼料摂取量の推移

黒毛和種の各週齢の体重の推移を図 14 に示した。また黒毛和種の出生時から試験終了時（生後 150 日）までの 1 ヶ月ごとの体重ならびに DG を表 17 に示した。黒毛和種の出生時の平均体重は、通常哺育 60 日区、増給哺育 60 日区および強化哺育 90 日区がそれぞれ 36.9 ± 2.8 kg、 33.2 ± 0.8 kg および 30.8 ± 2.6 kg、試験終了時はそれぞれ 163.6 ± 3.7 kg、 163.4 ± 4.2 kg および 160.8 ± 9.7 kg であり、出生時および終了時に有意差は見られなかった。しかし、生後 60 日および 90 日で増給哺育 60 日区が通常哺育 60 日区に比べ有意に高い値を示した ($P < 0.05$) (表 17)。1 ヶ月ごとの DG は、生後 30 日、60 日および 90 日で増給哺育 60 日区および強化哺育 90 日区が通常哺育 60 日区に比べ有意に高い値を示した ($P < 0.05$)。黒毛和種の FM、TDN および CP 総摂取量は表 18 に示す通りで、FM 総摂取量は、増給哺育 60 日区が通常哺育 60 日区および強化哺育 90 日区に比べ有意に高かった ($P < 0.05$)。同様に、TDN および CP 摂取量についても、増給哺育 60 日区が通常哺育 60 日区および強化哺育 90 日区に比べ有意に高い値を示した ($P < 0.05$)。通常哺育 60 日区および強化哺育 90 日区間には有意差は見られなかった。

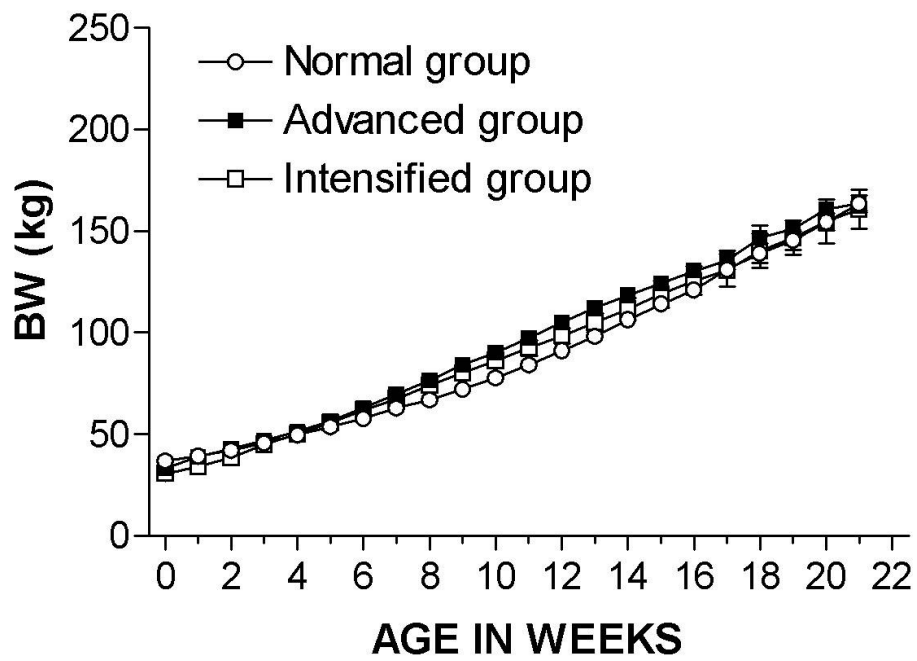


Figure 14 Changes in body weight (BW) in Japanese Black calves through the suckling and rearing period. Each value represents the mean±SEM for 5-11 animals.

Table 17 Growth traits of Japanese Black calves during the suckling and rearing period

	Normal group	Advanced group	Intensified group
Body weight (kg)			
Day 0	36.9 ± 2.8	33.2 ± 0.8	30.8 ± 2.6
Day 30	49.7 ± 1.0	51.5 ± 1.4	50.0 ± 3.1
Day 60	67.0 ± 1.1 ^b	76.5 ± 2.1 ^a	74.0 ± 3.0 ^{ab}
Day 90	98.1 ± 2.2 ^b	112.2 ± 2.6 ^a	105.0 ± 4.8 ^{ab}
Day 120	131.1 ± 3.2	135.8 ± 4.6	130.8 ± 8.0
Day 150	163.6 ± 3.7	163.4 ± 4.2	160.8 ± 9.7
Daily gain (kg/day)			
Day 30	0.51 ± 0.04 ^b	0.64 ± 0.03 ^a	0.70 ± 0.02 ^a
Day 60	0.57 ± 0.03 ^b	0.78 ± 0.03 ^a	0.78 ± 0.02 ^a
Day 90	0.69 ± 0.03 ^b	0.87 ± 0.03 ^a	0.82 ± 0.03 ^a
Day 120	0.81 ± 0.03	0.86 ± 0.04	0.85 ± 0.05
Day 150	0.86 ± 0.02	0.88 ± 0.03	0.87 ± 0.05

Different letters (a, b) in each line denote significant differences (P<0.05).

Normal group : Each value represents the mean ± SEM for 7 animals.

Advanced group : Each value represents the mean ± SEM for 11 animals.

Intensified group : Each value represents the mean ± SEM for 5 animals.

Table 18 Feed intake of Japanese Black calves during the suckling period

	Normal group	Advanced group	Intensified group
Feed intake (kg)			
FM	24.1 ± 1.3 ^b	41.6 ± 3.1 ^a	29.1 ± 1.1 ^b
TDN	18.1 ± 1.0 ^b	31.2 ± 2.3 ^a	21.8 ± 0.8 ^b
CP	4.3 ± 0.2 ^b	7.5 ± 0.6 ^a	5.2 ± 0.2 ^b

Different letters (a, b) in each line denote significant differences ($P < 0.05$).

Normal group : Each value represents the mean ± SEM for 7 animals.

Advanced group : Each value represents the mean ± SEM for 6 animals.

Intensified group : Each value represents the mean ± SEM for 5 animals.

3) 人工哺育期間別に見た日本短角種と黒毛和種の体重および飼料摂取量の推移

(1) 人工哺育期間 60 日の結果

人工哺育期間 60 日での体重および DG を日本短角種と黒毛和種で比較した結果を表 19 に示した。哺育期間 60 日の出生時の平均体重は、通常哺育 60 日区 (短角)、通常哺育 60 日区 (黒毛) および増給哺育 60 日区 (黒毛) がそれぞれ 40.1 ± 1.7 kg、 36.9 ± 2.8 kg および 33.2 ± 0.8 kg、試験終了時はそれぞれ 184.0 ± 3.5 kg、 163.6 ± 3.7 kg および 163.4 ± 4.2 kg であり、出生時に有意差は見られなかったが、終了時には通常哺育 60 日区 (短角) が通常哺育 60 日区 (黒毛) および増給哺育 60 日区 (黒毛) に比べ有意に高い値を示した ($P < 0.05$) (表 19)。

また、生後 60 日および 90 日には通常哺育 60 日区 (黒毛) が通常哺育 60 日区 (短角) および増給哺育 60 日区 (黒毛) に比べ有意に低い値を示した ($P < 0.05$)。1 ヶ月ごとの DG は、生後 120 日を除き通常哺育 60 日区 (黒毛) が通常哺育 60 日区 (短角) および増給哺育 60 日区 (黒毛) に比べ有意に低い値を示した ($P < 0.05$)。表 20 に FM、TDN および CP 総摂取量 (人工乳) を示すが、FM、TDN および CP 総摂取量とも、増給哺育 60 日区 (黒毛) が通常哺育 60 日区 (短角) および通常哺育 60 日区 (黒毛) に比べ有意に高い値を示した ($P < 0.05$) (表 20)。

なお、通常哺育 60 日区 (短角) および通常哺育 60 日区 (黒毛) 間には有意差は見られなかった。

(2) 人工哺育期間 90 日の結果

人工哺育期間 90 日での体重および DG を日本短角種と黒毛和種と比較した結果を表 21 に示した。哺育期間 90 日の出生時の平均体重は、体重比哺育 90 日区（短角）、および強化哺育 90 日区（黒毛）がそれぞれ 36.4 ± 2.3 kg および 30.8 ± 2.6 kg、試験終了時はそれぞれ 176.0 ± 5.0 kg および 160.8 ± 9.7 kg であり、出生時および終了時に有意差は見られなかった。また 1 ヶ月ごとの DG は、生後 60 日で体重比哺育 90 日区（短角）が強化哺育 90 日区（黒毛）に比べ有意に高い値を示した ($P < 0.05$)。表 22 に FM、TDN および CP 総摂取量（人工乳）を示すが、哺育期間 90 日では、FM、TDN および CP 総摂取量のすべてにおいて、体重比哺育 90 日区（短角）および強化哺育 90 日区（黒毛）間に有意差は見られなかった。

Table 19 Growth traits of Japanese Shorthorn calves and Japanese Black calves during the suckling and rearing period (60 days suckling group)

	Normal group JS	Normal group JB	Advanced group JB
Body weight (kg)			
Day 0	40.1 ± 1.7	36.9 ± 2.8	33.2 ± 0.8
Day 30	55.8 ± 1.1	49.7 ± 1.0	51.5 ± 1.4
Day 60	83.5 ± 0.6 ^a	67.0 ± 1.1 ^c	76.5 ± 2.1 ^b
Day 90	118.8 ± 1.1 ^a	98.1 ± 2.2 ^b	112.2 ± 2.6 ^a
Day 120	149.5 ± 2.6	131.1 ± 3.2	135.8 ± 4.6
Day 150	184.0 ± 3.5 ^a	163.6 ± 3.7 ^b	163.4 ± 4.2 ^b
Daily gain (kg/day)			
Day 30	0.55 ± 0.06 ^{ab}	0.51 ± 0.04 ^b	0.64 ± 0.03 ^a
Day 60	0.79 ± 0.01 ^a	0.57 ± 0.03 ^b	0.78 ± 0.03 ^a
Day 90	0.86 ± 0.01 ^a	0.69 ± 0.03 ^b	0.87 ± 0.03 ^a
Day 120	0.92 ± 0.03	0.81 ± 0.03	0.86 ± 0.04
Day 150	0.99 ± 0.02 ^a	0.86 ± 0.02 ^b	0.88 ± 0.03 ^b

JS : Japanese Shorthorn ; JB : Japanese Black.

Different letters (a-c) in each line denote significant differences (P<0.05).

Normal group JS : Each value represents the mean ± SEM for 4 animals.

Normal group JB : Each value represents the mean ± SEM for 7 animals.

Advanced group JB : Each value represents the mean ± SEM for 11 animals.

Table 20 Feed intake of Japanese shorthorn calves and Japanese Black calves during the suckling period (60 days suckling group)

	Normal group JS	Normal group JB	Advanced group JB
Feed intake (kg)			
FM	23.2 ± 1.7 ^b	24.1 ± 1.3 ^b	41.6 ± 3.1 ^a
TDN	17.4 ± 1.2 ^b	18.1 ± 1.0 ^b	31.2 ± 2.3 ^a
CP	4.1 ± 0.3 ^b	4.3 ± 0.2 ^b	7.5 ± 0.6 ^a

JS : Japanese Shorthorn ; JB : Japanese Black.

Different letters (a, b) in each line denote significant differences (P<0.05).

Normal group JS : Each value represents the mean ± SEM for 4 animals.

Normal group JB : Each value represents the mean ± SEM for 7 animals.

Advanced group JB : Each value represents the mean ± SEM for 6 animals.

Table 21 Growth traits of Japanese Shorthorn calves and Japanese Black calves during the suckling and rearing period (90 days suckling group)

	Body weight ratio group JS	Intensified group JB
Body weight (kg)		
Day 0	36.4 ± 2.3	30.8 ± 2.6
Day 30	54.8 ± 3.6	50.0 ± 3.1
Day 60	80.6 ± 4.2	74.0 ± 3.0
Day 90	116.0 ± 5.1	105.0 ± 4.8
Day 120	146.0 ± 6.4	130.8 ± 8.0
Day 150	176.0 ± 5.0	160.8 ± 9.7
Daily gain (kg/day)		
Day 30	0.78 ± 0.07	0.70 ± 0.02
Day 60	0.89 ± 0.04 ^a	0.78 ± 0.02 ^b
Day 90	0.91 ± 0.05	0.82 ± 0.03
Day 120	0.95 ± 0.04	0.85 ± 0.05
Day 150	1.00 ± 0.03	0.87 ± 0.05

JS : Japanese Shorthorn ; JB : Japanese Black.

Different letters (a, b) in each line denote significant differences (P<0.05).

Body weight ratio group JS : Each value represents the mean ± SEM for 4 animals.

Intensified group JB : Each value represents the mean ± SEM for 5 animals.

Table 22 Feed intake of Japanese shorthorn calves and Japanese Black calves during the suckling period (90 days suckling group)

	Body weight ratio group JS	Intensified group JB
Feed intake (kg)		
FM	25.7 ± 3.0	29.1 ± 1.1
TDN	19.3 ± 2.2	21.8 ± 0.8
CP	4.6 ± 0.5	5.2 ± 0.2

JS : Japanese Shorthorn ; JB : Japanese Black.

Body weight ratio group JS : Each value represents the mean ± SEM for 4 animals.

Intensified group JB : Each value represents the mean ± SEM for 5 animals.

4) BHB 濃度の推移

日本短角種の各週齢の血中 BHB 濃度の推移および試験開始 1 ヶ月ごとの血中 BHB 濃度の推移をそれぞれ図 15 および表 23 に示した。日本短角種の試験期間中の BHB 濃度は、自然哺育 120 日区、通常哺育 60 日区および体重比哺育 90 日区がそれぞれ 55.0～259.8 $\mu\text{mol/L}$ 、37.0～739.3 $\mu\text{mol/L}$ および 45.8～429.0 $\mu\text{mol/L}$ であった。また、生後 60 日、90 日および 150 日で通常哺育 60 日区が自然哺育 120 日区および体重比哺育 90 日区に比べ有意に高い値を示した ($P<0.05$) (表 23)。なお、同時期において自然哺育 120 日区と体重比哺育 90 日区間に有意差は見られなかった。

黒毛和種の各週齢の血中 BHB 濃度の推移および試験開始 1 ヶ月ごとの血中 BHB 濃度の推移をそれぞれ図 16 および表 24 に示した。黒毛和種の試験期間中の BHB 濃度は、通常哺育 60 日区、増給哺育 60 日区および強化哺育 90 日区がそれぞれ 46.4～641.9 $\mu\text{mol/L}$ 、57.8～386.7 $\mu\text{mol/L}$ および 50.6～432.2 $\mu\text{mol/L}$ であった。また、生後 60 日で強化哺育 90 日区が通常哺育 60 日区および増給哺育 60 日区に比べ有意に低い値を示したが ($P<0.05$)、その他の全ての区間に有意差は見られなかった (表 24)。

人工哺育期間別の BHB 濃度の推移は、哺育期間 60 日については表 25、哺育期間 90 日については表 26 に示した。哺育期間 60 日の BHB 濃度は、生後 90 日で通常哺育 60 日区 (短角) が増給哺育 60 日区 (黒毛) に比べ有意に高い値を示したが ($P<0.05$)、その他の全ての区間で

有意差は見られなかった（表 25）。哺育期間 90 日の BHB 濃度は、すべての期間で有意差は見られなかった（表 26）。

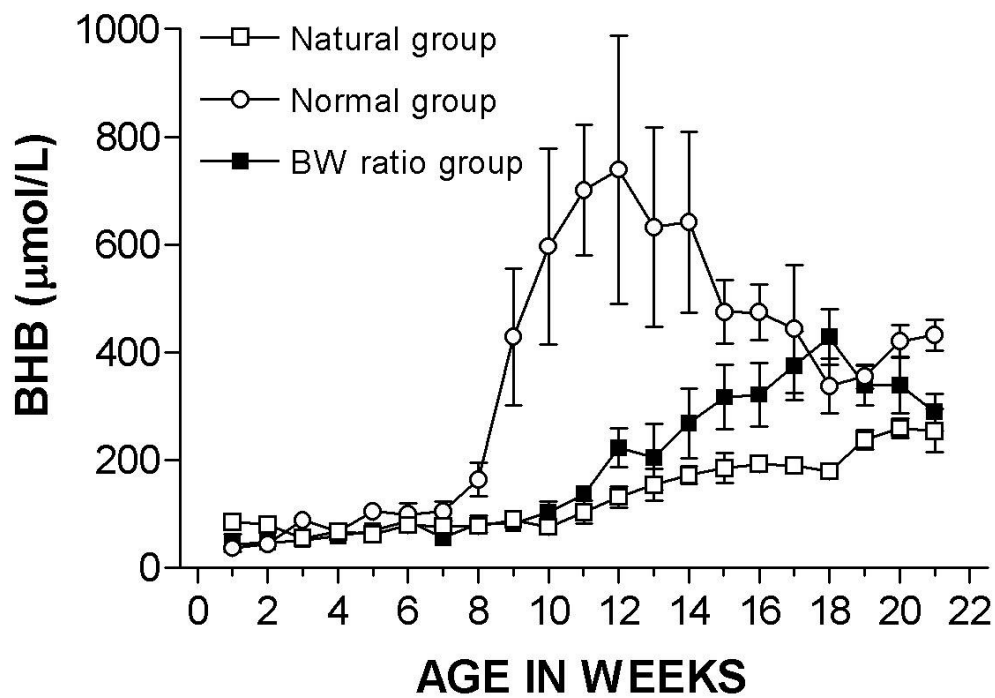


Figure 15 Changes in mean plasma concentrations of BHB in Japanese Shorthorn calves through the suckling and rearing period. Each value represents the mean±SEM for 4 animals.

Table 23 Mean plasma concentrations of BHB in Japanese Shorthorn calves during the suckling and rearing period

	Natural group	Normal group	Body weight ratio group
BHB ($\mu\text{mol/L}$)			
Day 30	67.7 \pm 3.3	68.3 \pm 11.5	58.8 \pm 4.1
Day 60	77.5 \pm 4.0 ^b	164.5 \pm 30.7 ^a	81.8 \pm 16.2 ^b
Day 90	154.3 \pm 29.2 ^b	632.3 \pm 184.7 ^a	205.8 \pm 61.3 ^b
Day 120	190.3 \pm 14.2	443.5 \pm 118.5	375.5 \pm 64.2
Day 150	254.5 \pm 40.3 ^b	431.8 \pm 28.7 ^a	289.3 \pm 34.8 ^b

Different letters (a, b) in each line denote significant differences ($P < 0.05$).

Each value represents the mean \pm SEM for 4 animals.

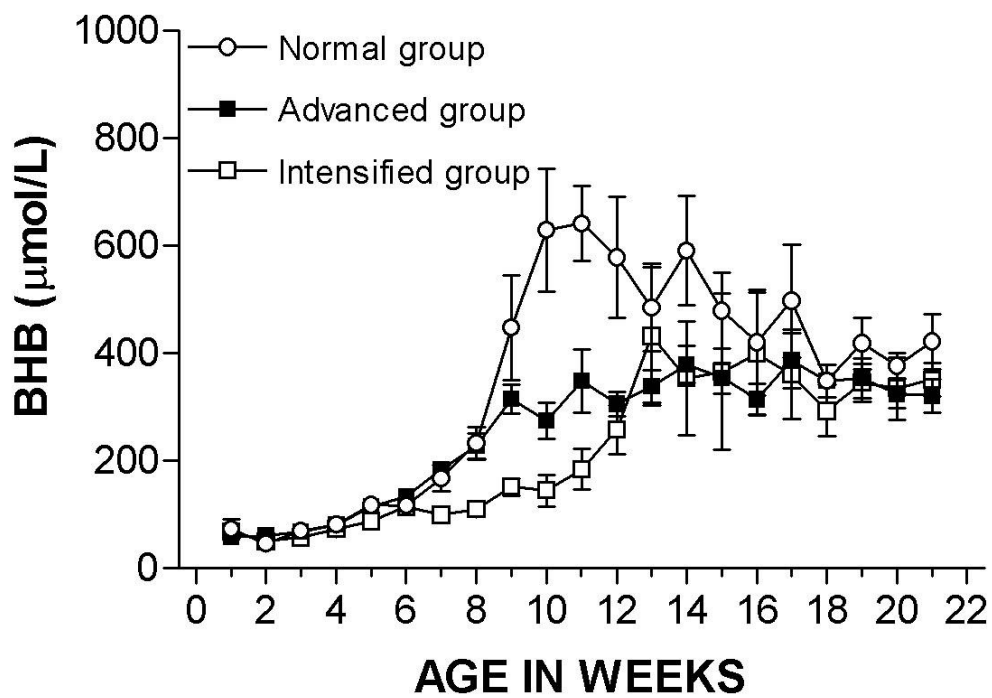


Figure 16 Changes in mean plasma concentrations of BHB in Japanese Black calves through the suckling and rearing period. Each value represents the mean±SEM for 5-11 animals.

Table 24 Mean plasma concentrations of BHB in Japanese Black calves during the suckling and rearing period

	Normal group	Advanced group	Intensified group
BHB ($\mu\text{mol/L}$)			
Day 30	82.0 \pm 11.9	82.1 \pm 7.0	73.0 \pm 7.8
Day 60	233.1 \pm 30.8 ^a	227.5 \pm 23.0 ^a	110.4 \pm 13.3 ^b
Day 90	485.3 \pm 81.8	338.6 \pm 30.1	432.2 \pm 128.5
Day 120	497.6 \pm 105.7	386.7 \pm 51.1	361.2 \pm 82.2
Day 150	422.0 \pm 51.7	320.9 \pm 31.2	351.4 \pm 31.8

Different letters (a, b) in each line denote significant differences ($P < 0.05$).

Normal group : Each value represents the mean \pm SEM for 7 animals.

Advanced group : Each value represents the mean \pm SEM for 11 animals.

Intensified group : Each value represents the mean \pm SEM for 5 animals.

Table 25 Mean plasma concentrations of BHB in Japanese Shorthorn calves and Japanese Black calves during the suckling and rearing period (60 days suckling group)

	Normal group JS	Normal group JB	Advanced group JB
BHB ($\mu\text{mol/L}$)			
Day 30	68.3 \pm 11.5	82.0 \pm 11.9	82.1 \pm 7.0
Day 60	164.5 \pm 30.7	233.1 \pm 30.8	227.5 \pm 23.0
Day 90	632.3 \pm 184.7 ^a	485.3 \pm 81.8 ^{ab}	338.6 \pm 30.1 ^b
Day 120	443.5 \pm 118.5	497.6 \pm 105.7	386.7 \pm 51.1
Day 150	431.8 \pm 28.7	422.0 \pm 51.7	320.9 \pm 31.2

JS : Japanese Shorthorn ; JB : Japanese Black.

Different letters (a, b) in each line denote significant differences ($P < 0.05$).

Normal group JS : Each value represents the mean \pm SEM for 4 animals.

Normal group JB : Each value represents the mean \pm SEM for 7 animals.

Advanced group JB : Each value represents the mean \pm SEM for 11 animals.

Table 26 Mean plasma concentrations of BHB in Japanese Shorthorn calves and Japanese Black calves during the suckling and rearing period (90 days suckling group)

	Body weight ratio group JS	Intensified group JB
BHB ($\mu\text{mol/L}$)		
Day 30	58.8 \pm 4.1	73.0 \pm 7.8
Day 60	81.8 \pm 16.2	110.4 \pm 13.3
Day 90	205.8 \pm 61.3	432.2 \pm 128.5
Day 120	375.5 \pm 64.2	361.2 \pm 82.2
Day 150	289.3 \pm 34.8	351.4 \pm 31.8

JS : Japanese Shorthorn ; JB : Japanese Black.

Body weight ratio group JS : Each value represents the mean \pm SEM for 4 animals.

Intensified group JB : Each value represents the mean \pm SEM for 5 animals.

4. 考察

日本短角種は、夏期の放牧と冬期の舎飼いを組み合わせた「夏山冬里方式」という伝統的な飼養形態がとられ、多くの子牛は3～4月に牛舎で誕生する。5～10月にかけては母子で放牧され、子牛は自然哺育によって育てられる。ただし、双子が誕生した場合には、1子を母牛につけて母子で放牧し、もう1子は早期母子分離をして人工哺育しているのが現状である（集治ら 1998）。一方、黒毛和種は日本短角種と同様に子牛は自然哺育されていたが、近年、人工哺育を行うケースが増えてきている。

本試験では、日本短角種は自然哺育および人工哺育合わせて3試験区に、出生時の体重に偏りがないように配置したが、試験終了時の生後150日では、自然哺育120日区が通常哺育60日区および体重比哺育90日区に比べ有意に高い値を示し、その体重差は最大で28 kgであった。また、生後30日までのDGは、自然哺育120日区が1.12 kg、通常哺育60日区が0.55 kg、体重比哺育90日区が0.78 kgであり、自然哺育120日区が他の2区に比べ有意に高い値を示し、試験終了時までその状態が続いた。日本短角種の180日間の泌乳量は1,500～2,000 kgと言われており（岩手県畜産試験場 1974；寺田ら 1979；新渡戸ら 1981；西村 1983；新宮ら 2002）、補助飼料を給与しない放牧期間を含めても子牛のDGは0.80～1.07 kgであると報告されている（集治ら 1998）。本試験は舎飼いで実施し、子牛用の飼料を給与したものの、泌

乳量も十分にあったと推測される。一方で、通常哺育 60 日区の DG は自然哺育 120 日区の半分程度であり、黒毛和種に準じたこの哺育方法では、初期の発育が確保できないことが示唆された。しかし、農家での双子の哺育育成についての調査において、母牛とともに放牧された子牛と、人工哺育された子牛それぞれの上場時体重および DG を比較すると、人工哺育された子牛の方が高い値を示したとの報告もあることから（集治ら 1998）、上場時月齢に当たる 8 ヶ月齢までの長期間の試験が必要と考えられる。

また、黒毛和種は人工哺育のみ 3 試験区に、出生時の体重に偏りがないように配置した。途中、生後 60 日および 90 日で増給哺育 60 日区が通常哺育 60 日区に比べ有意に高い値を示したが、試験終了時の生後 150 日では、すべての試験区で有意差は見られず、体重は 160 kg 程度となった。DG は生後 30 日および 60 日において通常哺育 60 日区が増給哺育 60 日区および強化哺育 90 日区に比べ有意に低い値を示し、初期発育が劣っていたものの発育標準は満たしていた（農業・食品産業技術総合研究機構 2009）。また、生後 150 日では、体重および DG ともに他の 2 区と同程度の値を示していることから、通常哺育 60 日区は、他の 2 区に比べると初期の発育はやや劣るが、黒毛和種の適正な哺育方法の 1 つであると考えられた。

さらに、哺育期間 60 日において両品種を比較すると、生後 90 日の体重は通常哺育 60 日区（短角）が 118.8 kg、増給哺育 60 日区（黒毛）が 112.2 kg、DG は通常哺育 60 日区（短角）が 0.86 kg、増給哺育 60

日区（黒毛）が 0.87 kg であり、同程度の発育成績であった。しかし、その後の発育には差が見られ、試験終了時の生後 150 日では、体重は通常哺育 60 日区（短角）が 184.0 kg、増給哺育 60 日区（黒毛）が 163.4 kg、DG は通常哺育 60 日区（短角）が 0.99 kg、増給哺育 60 日区（黒毛）が 0.88 kg であり、通常哺育 60 日区（短角）が有意に高い値を示した。生後 61 日目からの育成期では、1 頭当たりの給与飼料は両試験区ではほぼ同量であった。育成期は群飼であり、1 頭当たりの正確な摂取量や個体ごとのバラつきは分からなかったが、平均摂取量に大きな差はなかった。両品種に差が見られた要因の 1 つとして、粗飼料の利用性が良いという日本短角種の特徴が考えられた（小山 1975；小野寺ら 1977；近藤ら 2004；日本短角種研究会 2005）。また、哺育期間 90 日において両品種を比較すると、体重には有意差は見られなかったが、DG は生後 60 日で体重比哺育 90 日区（短角）が強化哺育 90 日区（黒毛）に比べ有意に高い値を示した。生後 60 日では、体重比哺育 90 日区（短角）の代用乳給与量が強化哺育 90 日区（黒毛）の 1.5 倍であったことが DG 差の要因と考えられた。また、生後 150 日では、体重比哺育 90 日区が強化哺育 90 日区に比べ高い傾向を示した。両試験区の飼料給与体系が大きく異なり、体重比哺育 90 日区（短角）は強化哺育 90 日区（黒毛）に比べ、配合飼料給与量が少なく、粗飼料給与量が多い状態であったが、これは粗飼料の利用性が良いという日本短角種の特徴によるものと考えられる。

FM、TDN および CP 摂取量は、すべての試験区で哺育期間中の人

人工乳摂取量について示した。日本短角種では、通常哺育 60 日区および体重比哺育 90 日区の 2 区間に有意差はなかった。哺育期間は異なるが、人工乳摂取量の増加は代用乳給与量に影響されるので（農業・食品産業技術総合研究機構 2009）、代用乳給与量が多かった体重比哺育 90 日区では、人工乳摂取量が緩やかに増加したものと考えられた。また、黒毛和種では、増給哺育 60 日区が通常哺育 60 日区および強化哺育 90 日区に比べ有意に高い値を示した。増給哺育 60 日区は、生後 31 日目から代用乳給与量は通常哺育 60 日区と同量になるように減量し、人工乳給与量は通常哺育 60 日区よりも増量した。これにより他の 2 区よりも個体間のバラつきは大きかったが、飛躍的に人工乳摂取量が伸びた個体もあり、平均摂取量が多くなったと考えられた。さらに、哺育期間 60 日で両品種を比較すると、増給哺育 60 日区（黒毛）が通常哺育 60 日区（短角）および通常哺育 60 日区（黒毛）に比べ有意に高い値を示した。これは品種による差ではなく、人工乳摂取量の増加は代用乳給与量に影響されることが要因と考えられた。また、哺育期間 90 日で両品種を比較すると、両品種間に有意差は見られなかった。これも、哺育期間 60 日区と同様に品種に関係なく、人工乳と代用乳の摂取量が関係しているものと考えられた。

子牛を適正に離乳させるためには、子牛のルーメンが十分に発達している必要があり、通常は人工乳摂取量が指標とされている（畜産技術協会 2004）。一方で、酪酸がルーメン絨毛粘膜で代謝されてできる物質である BHB も、子牛のルーメン発達の指標になると考えられてい

る。人工乳摂取量が 1.0~1.5 kg に達する時期の平均 BHB 濃度が 290 $\mu\text{mol/L}$ であったこと、また 90 日齢以上ではほとんどの個体が BHB 濃度 300 $\mu\text{mol/L}$ 以上に達していたことから、BHB 濃度 300 $\mu\text{mol/L}$ もしくは 90 日齢以上であれば、子牛を円滑に離乳させることが可能とされている（鈴木ら 2007）。日本短角種の試験において、各試験区の離乳時における平均 BHB 濃度は、自然哺育 120 日区が 190.3 $\mu\text{mol/L}$ 、通常哺育 60 日区が 164.5 $\mu\text{mol/L}$ 、体重比哺育 90 日区が 205.8 $\mu\text{mol/L}$ であり、いずれの試験区も離乳可能とされる 300 $\mu\text{mol/L}$ に到達しなかった。十分量の人工乳を摂取できない状態で子牛を離乳させると、人工乳摂取量不足あるいは消化管の発達が不十分なことにより、その後の発育にも悪影響を及ぼす可能性があると言われている（上田 2005）。しかし、試験終了時の生後 150 日には、供試牛 12 頭のうち 11 頭で発育標準値を上回る発育を示しており、離乳時に 300 $\mu\text{mol/L}$ に到達しなかったが、その後の発育への影響は見られなかった。BHB 濃度 300 $\mu\text{mol/L}$ での離乳は、黒毛和種子牛を対象に調査した結果であり、この数値は日本短角種には当てはまらない可能性が示唆された。また、離乳直前の人工乳摂取量は 1.0~1.5 kg で推移していたにもかかわらず 300 $\mu\text{mol/L}$ に到達しなかったことから、採血のタイミングまたは品種の違いによるものなのか詳細に検討する必要がある。なお、発育標準に満たなかった 1 頭は、体重比哺育 90 日区に配置された雌子牛で、生時体重が 30 kg と他の雌子牛よりも 6~13 kg 小さかったことが影響したと考えられた。

黒毛和種の試験において、各試験区の離乳時における平均 BHB 濃度は、通常哺育 60 日区が 233.1 $\mu\text{mol/L}$ 、増給哺育 60 日区が 227.5 $\mu\text{mol/L}$ 、強化哺育 90 日区が 432.2 $\mu\text{mol/L}$ であり、通常哺育 60 日区および増給哺育 60 日区は離乳可能とされる 300 $\mu\text{mol/L}$ に到達せず、強化哺育 90 日区のみが到達していた。しかし、個体別に見ると BHB 濃度 300 $\mu\text{mol/L}$ に到達したのは、強化哺育 90 日区において 5 頭中 2 頭のみであり、通常哺育 60 日区では 7 頭中 1 頭、増給哺育 60 日区では 11 頭中 2 頭であったことから、離乳の目安を BHB 濃度 300 $\mu\text{mol/L}$ もしくは 90 日齢以上とした報告とは必ずしも一致しなかった。離乳後の発育成績については、試験終了時の生後 150 日には、供試牛 23 頭のうち 22 頭で発育標準の平均値または下限値を上回る発育を示し、離乳時に 300 $\mu\text{mol/L}$ に到達しなかったにもかかわらず、その後の発育には影響は見られなかった。なお、発育標準に満たなかった 1 頭は、強化哺育 90 日区に配置された雌子牛で、生時体重が 21 kg と他の雌子牛よりも 9～18 kg 小さかったことが影響したと考えられる。

哺育期間 60 日において両品種を比較すると、離乳時の生後 60 日の BHB 濃度は、通常哺育 60 日区（短角）、通常哺育 60 日区（黒毛）および増給哺育 60 日区（黒毛）がそれぞれ 164.5 $\mu\text{mol/L}$ 、233.1 $\mu\text{mol/L}$ および 227.5 $\mu\text{mol/L}$ であり、各試験区に有意差は見られなかった。しかし、黒毛和種で高い傾向にあり、BHB 濃度の推移には品種差があることが示唆された。また、哺育期間 90 日において両品種を比較すると、離乳時の生後 90 日の BHB 濃度は、体重比哺育 90 日区（短角）およ

び強化哺育 90 日区（黒毛）がそれぞれ 205.8 $\mu\text{mol/L}$ および 432.2 $\mu\text{mol/L}$ であり、両試験区に有意差は見られなかったが、黒毛和種で高い傾向にあった。哺育期間 60 日区と同様に BHB 濃度の推移には品種差があることが示唆されたことから、日本短角種において離乳の目安となる BHB 濃度は黒毛和種よりも低く、150~200 $\mu\text{mol/L}$ であると推定された。さらに、第 3 章の試験結果より日本短角種の血中 GH 濃度は、黒毛和種に比べて肥育開始 6 ヶ月（生後 14 ヶ月齢）までは高く、DG も優れることから、哺育・育成期における両品種間の DG 差は血中 GH 濃度に反映し、日本短角種が黒毛和種に比べて高い状態で推移する可能性がある。したがって、哺育・育成期においても血中 GH 濃度の変化と DG との関係を検討し、日本短角種の特性を明らかにする必要がある。

5. 要約

哺育方法の違いが日本短角種子牛および黒毛和種子牛の哺育期および育成期の飼養成績と血中 BHB 濃度の変化に及ぼす影響を明らかにするために、日本短角種については自然哺育 120 日区、通常哺育 60 日区および体重比哺育 90 日区の 3 試験区、黒毛和種については通常哺育 60 日区、増給哺育 60 日区および強化哺育 90 日区の 3 試験区に配置し、150 日間哺育・育成した。また、品種間の違いを明らかにするために、哺育期間別の飼養成績および BHB 濃度の変化を比較した。

日本短角種では、体重は試験開始 1 ヶ月後から終了時まで自然哺育 120 日区が通常哺育 60 日区および体重比哺育 90 日区に比べ有意に高い値を示した。1 ヶ月ごとの DG は、生後 60 日を除き自然哺育 120 日区が通常哺育 60 日区および体重比哺育 90 日区に比べ有意に高い値を示し、生後 30 日で体重比哺育 90 日区が通常哺育 60 日区に比べ有意に高い値を示した。また、FM、TDN および CP 総摂取量（人工乳）は、通常哺育 60 日区に比べ体重比哺育 90 日区が多い傾向にあった。血中 BHB 濃度は、生後 60 日、90 日および 150 日で通常哺育 60 日区が自然哺育 120 日区および体重比哺育 90 日区に比べ有意に高い値を示した。

黒毛和種では、体重は生後 60 日および 90 日で増給哺育 60 日区および強化哺育 90 日区が通常哺育 60 日区に比べ有意に高い値を示した。1 ヶ月ごとの DG は、生後 30 日および 60 日で増給哺育 60 日区および強化哺育 90 日区が通常哺育 60 日区に比べ有意に高い値を示し、生後

90 日で増給哺育 60 日区が通常哺育 60 日区に比べ有意に高い値を示した。また、FM、TDN および CP 総摂取量（人工乳）は、増給哺育 60 日区が通常哺育 60 日区および強化哺育 90 日区に比べ有意に高い値を示した。血中 BHB 濃度は、生後 60 日で強化哺育 90 日区が通常哺育 60 日区および増給哺育 60 日区に比べ有意に低い値を示した。

人工哺育期間 60 日では、終了時体重で通常哺育 60 日区（短角）が通常哺育 60 日区（黒毛）および増給哺育 60 日区（黒毛）に比べ有意に高い値を示した。1 ヶ月ごとの DG は、生後 120 日を除き、通常哺育 60 日区（黒毛）が通常哺育 60 日区（短角）および増給哺育 60 日区（黒毛）に比べ有意に低い値を示した。また、FM、TDN および CP 総摂取量（人工乳）は、増給哺育 60 日区（黒毛）が通常哺育 60 日区（短角）および通常哺育 60 日区（黒毛）に比べ有意に高い値を示した。血中 BHB 濃度は、生後 90 日で通常哺育 60 日区（短角）が増給哺育 60 日区（黒毛）に比べ有意に高い値を示した。

人工哺育期間 90 日では、体重、1 ヶ月ごとの DG、FM、TDN および CP 総摂取量（人工乳）に、体重比 90 日区および強化哺育 90 日区間で有意差は見られなかった。また、血中 BHB 濃度にも有意差は見られなかった。

以上の結果より、日本短角種および黒毛和種の哺育・育成における哺育方法の違いは、体重、DG、飼料摂取量、血中 BHB 濃度の変化に影響することが分かった。また、品種間による差は、人工哺育期間 60 日のみで見られることが分かった。

第 5 章

総 括

本試験は、肥育時における給与飼料の違いが日本短角種去勢牛の飼養成績と血中 GH および PRL 濃度の変化に及ぼす影響、また、黒毛和種と日本短角種の飼養成績と血中 GH および PRL 濃度の品種間差異、さらに、哺育方法の違いが日本短角種子牛および黒毛和種子牛の哺育期および育成期の飼養成績と血中 BHB 濃度の変化に及ぼす影響を調べ、日本短角種の肥育特性を明らかにしようとした。得られた結果は次のように要約される。

初めに、8 ヶ月齢の日本短角種去勢牛を配合飼料給与条件（配合飼料区）またはコーンサイレージを主体とした粗飼料多給条件（コーンサイレージ区）下で 14 ヶ月間肥育し、給与飼料の違いが飼養成績と血中 GH および PRL 濃度の変化に及ぼす影響について検討した（第 2 章）。体重には肥育開始から終了まで両試験区間で有意差は見られなかった。しかし、飼料摂取量は、DM および TDN 摂取量が特定の月数で、CP 摂取量が全期間を通じて配合飼料区がコーンサイレージ区より有意に高い値を示した。飼料効率は、1 kg 増体に必要な TDN 量に有意差は見られなかったが、1 kg 増体に必要な CP 量は肥育前期、中期、後期および全期間とも配合飼料区がコーンサイレージ区に比べ有意に高い値を示した。血中 GH 濃度は、肥育開始時が最も高く、肥育月数が進むに従って低くなったが、両試験区間で有意差は見られなかった。各肥育ステージ期間内の平均 GH 濃度は、配合飼料区において肥育前期が中期および後期に比べ有意に高い値を示したが、コーンサイレージ区では有意差は見られなかった。また、両試験区間の比較では、いず

れのステージにおいても有意差は見られなかった。血中 PRL 濃度は、両試験区とも日長が長い時期に高い値を示した。各肥育ステージ期間内の平均 PRL 濃度は、配合飼料区およびコーンサイレージ区共に肥育前期が最も高かった。また、両試験区間では、いずれのステージにおいても有意差は見られなかった。

次に、黒毛和種と日本短角種の飼養成績と血中 GH および PRL 濃度の品種間の違いを明らかにするために、11 ヶ月齢の黒毛和種去勢牛および 8 ヶ月齢の日本短角種去勢牛を配合飼料給与条件下でそれぞれ 18 ヶ月間および 14 ヶ月間肥育試験を行った（第 3 章）。体重は肥育開始から終了まで両品種区間で有意差は見られなかった。しかし、飼料摂取量は、DM、TDN および CP 摂取量が特定の月数で日本短角種が黒毛和種より有意に高い値を示した。飼料効率、1 kg 増体に必要な TDN 量は肥育全期間で黒毛和種が日本短角種に比べ有意に高い値を示し、1 kg 増体に必要な CP 量は肥育後期および全期間で黒毛和種が日本短角種に比べ有意に高い値を示した。血中 GH 濃度は、肥育開始時が最も高く、肥育月数が進むに従って低くなり、特定の月数で日本短角種が黒毛和種に比べ有意に高い値を示した。また、肥育開始 7 ヶ月までの GH 濃度の推移は両品種で異なっていた。各肥育ステージ期間内の平均 GH 濃度は、日本短角種において肥育前期が中期および後期に比べ有意に高い値を示したが、黒毛和種では有意差は見られなかった。また、両品種間の比較では、肥育前期および後期において日本短角種が黒毛和種に比べ有意に高い値を示した。血中 PRL 濃度は、両

品種とも日長が長い時期に高い値を示した。各肥育ステージ期間内の平均 PRL 濃度は、日本短角種および黒毛和種共に肥育前期が最も高かった。また、両品種間の比較では、肥育後期において黒毛和種が日本短角種に比べ有意に高い値を示した。

最後に、哺育方法の違いが日本短角種子牛および黒毛和種子牛の哺育期および育成期の飼養成績と血中 BHB 濃度の変化に及ぼす影響を明らかにするために、日本短角種は自然哺育 120 日区、通常哺育 60 日区および体重比哺育 90 日区の 3 試験区に、黒毛和種は通常哺育 60 日区、増給哺育 60 日区および強化哺育 90 日区の 3 試験区に配置し、150 日間哺育・育成するとともに、哺育期間別の飼養成績および BHB 濃度の変化を調べた（第 4 章）。(1) 日本短角種では、体重および DG は特定の時期に自然哺育 120 日区が通常哺育 60 日区および体重比哺育 90 日区に比べ有意に高い値を示した。また、人工乳総摂取量は、通常哺育 60 日区に比べ体重比哺育 90 日区が多い傾向にあった。血中 BHB 濃度は、特定の時期で通常哺育 60 日区が自然哺育 120 日区および体重比哺育 90 日区に比べ有意に高い値を示した。(2) 黒毛和種では、体重および DG は特定の時期で増給哺育 60 日区および強化哺育 90 日区が通常哺育 60 日区に比べ有意に高い値を示した。また、人工乳総摂取量は、増給哺育 60 日区が通常哺育 60 日区および強化哺育 90 日区に比べ有意に高い値を示した。血中 BHB 濃度は、特定の時期で強化哺育 90 日区が通常哺育 60 日区および増給哺育 60 日区に比べ有意に低い値を示した。(3) 人工哺育期間別に見た両品種間の違いを検討した結果、

哺育期間 60 日では、終了時体重および DG で通常哺育 60 日区(短角)が通常哺育 60 日区(黒毛) および増給哺育 60 日区(黒毛) に比べ有意に高い値を示した。また、人工乳総摂取量は、増給哺育 60 日区(黒毛) が通常哺育 60 日区(短角) および通常哺育 60 日区(黒毛) に比べ有意に高い値を示した。血中 BHB 濃度は、生後 90 日で通常哺育 60 日区(短角) が増給哺育 60 日区(黒毛) に比べ有意に高い値を示した。哺育期間 90 日では、体重、DG、人工乳総摂取量および血中 BHB 濃度に、体重比 90 日区(短角) および強化哺育 90 日区(黒毛) 間で有意差は見られなかった。

以上本試験の結果より、日本短角種去勢牛の肥育における給与飼料の違いは、DM、TDN および CP 摂取量に現れるが、体重、血中 GH および PRL 濃度の変化には影響しないこと、また、黒毛和種去勢牛および日本短角種去勢牛の肥育における品種間の違いは、DM、TDN および CP 摂取量、血中 GH および PRL 濃度の変化に現れることが明らかになった。さらに、日本短角種および黒毛和種の哺育・育成における哺育方法の違いは、体重、DG、飼料摂取量、血中 BHB 濃度の変化に影響すること、品種間による違いは、人工哺育期間 60 日のみで見られることが明らかになった。本試験の結果は、まだ十分に明らかにされていない日本短角種の肥育・飼養特性を黒毛和種と比較することにより明らかにし、わが国の肉用牛研究領域に新たな知見を加えた。

謝辞

本論文の執筆に当たり、御懇篤な御指導と御校閲を賜った主指導教員の岩手大学農学部橋爪 力教授に深く感謝致します。また御助言及び御校閲を賜った第1副指導教員の岩手大学農学部澤井 健教授、第2副指導教員の弘前大学農学生命科学部鈴木裕之教授並びに帯広畜産大学家畜生産科学ユニット手塚雅文教授に深く感謝致します。

また、本研究の遂行に当たり、多大な御助言と御支援を頂いた岩手県農業研究センター畜産研究所の専門研究員および技能員各位に深く感謝致します。

引用文献

Breier BH, Bass JJ, Butler JH, Gluckman PD. 1986. The somatotrophic axis in young steers : Influence of nutritional status on pulsatile release of growth hormone and circulating concentrations of insulin-like growth factor- I . *Journal of Endocrinol*111, 209-215.

畜産技術協会. 2004. 哺乳ロボット導入の手引きー牛の自動哺育システム定着化のためにー. (社) 畜産技術協会, 東京.

Curlewis JD. 1992. Seasonal prolactin secretion and its role in seasonal reproduction. *Reproduction, Fertility, and Development*4, 1-23.

道立畜試・根釧農試 NRC 乳牛飼養標準 2001 年版翻訳プロジェクトチーム. 2002. NRC 乳牛飼養標準 (2001 年・第 7 版). pp.13-27. デーリィ・ジャパン社, 東京.

Fitzgerald BP, Evins JD, Cunningham FJ. 1981. Effect of TRH on thesecretion of prolactin in ewes at various stages of pregnancy and in non-pregnant ewes during the breeding season and seasonal anoestrus. *Journal of Reproduction and Fertility*61, 149-155.

Froesh ER, Schmid C, Schwander J, Zapf J. 1985. Actions of insulin-like growth factor. *Annual Review of Physiology*47, 443-467.

Gluckman PD, Breier BH. 1987. Physiology of the somatotrophic axis with particular reference to the ruminant. *Journal of Dairy Science*70, 442-446.

Hashizume T, Takahashi Y, Numata M, Sasaki K, Ueno K, Ohtsuki K, Kawai M, Ishii A. 1999. Plasma profiles of growth hormone, prolactin and insulin-like growth factor- I during gestation, lactation and the neonatal period in goats. *The Journal of Reproduction and Development* **45**, 273-281.

左 久, 佐藤行泰, 遠藤信子, 日高 智, 岡田光男. 1989. 乳牛種去勢牛の血漿脂質成分濃度の肥育期間中の推移. 日本畜産学会報 **60**, 158-165.

甫立孝一. 1988. 家畜における成長ホルモンおよび甲状腺ホルモンの分泌とその調節機構に関する研究. 日本畜産学会報 **59**, 827-840.

Hodate K, Johke T, Kawabata A, Fuse H, Ohashi S. 1988. Age-associated changes in bovine growth hormone release via human growth hormone-releasing factor. *Japanese Journal of Zootechnical Science* **59**, 285-291.

堀口幸太郎, 針谷敏夫. 2006. 下垂体ホルモン・プロラクチンの多様性 異所性プロラクチンと異型性プロラクチン. 明治大学農学部研究報告 **56**, 41-49.

池田 良. 1994. 繁殖農家を選んだ「哺育園」方式の効果. 養牛の友 **219**, 12-17.

石田充代, 針谷敏夫. 2008. 雄生殖器におけるプロラクチンの機能 異所性および異型プロラクチンの観点から. 明治大学農学部研究報告 **57**, 143-149.

岩手県畜産試験場. 1974. 草地を主体とする肉用牛生産技術体系確立に関する実証試験. 岩手県畜産試験場研究報告 **4**, 166-168.

上家 哲. 1983. 乳牛におけるプロラクチンおよび成長ホルモンの分泌と泌乳に対する作用. 農林水産省畜産試験場年報 **23**, 110-124.

神谷 充, 服部育男, 常石英作, 上村昌志, 日高明生, 永濱誠一, 中村好徳, 佐藤健次. 2010. 黒毛和種肥育牛の仕上げ期における玄米と食品残さの発酵 TMR 給与が飼養成績, 血漿中成分, 枝肉成績, および肉質に及ぼす影響. 日本畜産学会報 **81**, 481-488.

Karg H, Schams D. 1974. Prolactin release in cattle. *Journal of Reproduction and Fertility***39**, 463-472.

Keller DG, Smith VG, Coulter GH, King GJ. 1979. Serum growth hormone concentration in Hereford and Angus calves : Effects of breed, sire, sex, age of dam and diet. *Canadian Journal of Animal Science***59**, 367-373.

北川貴志, 山路泰介, 飯田文子, 谷 浩, 藤田雅彦, 福井英彦. 2013. 黒毛和種去勢牛の肥育において玄米の肥育中期以降の給与が産肉性と肉質に及ぼす影響. 肉用牛研究会報 **95**, 6-12.

北川貴志, 飯田文子, 田口聡子, 谷 浩, 藤田雅彦, 福井英彦. 2014a. 圧片大麦代替としての玄米給与が肥育中期以降の黒毛和種雌牛の産肉性と肉質に及ぼす影響. 肉用牛研究会報 **96**, 4-9.

北川貴志, 谷 浩, 山路泰介, 藤田雅彦, 福井英彦. 2014b. 大麦代替としての玄米給与が黒毛和種去勢牛の産肉性に及ぼす影響. 日本畜産学会報 **85**, 487-493.

近藤恒夫, 竹中昭雄, 村元隆行, 東山雅一. 2004. 日本短角種去勢牛における牧草サイレージ飽食下での濃厚飼料摂取量と体重および枝肉成績との関係. 東北農業研究 **57**, 135-136.

河野幸雄. 2005. 系統および成長ホルモン遺伝子型が異なる黒毛和種肥育牛の成長特性. 栄養生理研究会報 **49**, 1-17.

小山錦也. 1975. 日本短角種の若齢肥育技術. 東北農業研究 **17**, 39-44.

Kung Jr L, Huber JT, Bergen WG, Petitclerc D. 1984. Amino acids in plasma and duodenal digesta and plasma growth hormone in cows fed varying amounts of protein of differing degradability. *Journal of Dairy Science* **67**, 2519-2524.

Malven PV. 1993. *Mammalian Neuroendocrinology*. CRC Prss, Boca Raton, Florida.

松川 正, 中野秀治, 有吉 俊, 小杉山基昭, 林 孝. 日本短角種ならびに黒毛和種雌牛の発育に関する考察. 日本畜産学会報 **50**, 95-99.

松本大策. 2005. 肉用子牛のルーメンを育てる. 臨床獣医 **23(6)**, 25-28.

松長延吉, 銭谷 晶, 菅原正人, 日高 智, 左 久. 1997. 蛋白質補給飼料の違いが育成, 肥育牛の血漿遊離アミノ酸, 成長ホルモン, IGF- I 濃度に及ぼす影響. 北海道畜産学会報 **39**, 57-64.

三橋俊彦. 1992. 黒毛和種去勢牛の血中成長ホルモン及び IGF- I レベルに対する粗飼料給与の影響. 平成 4 年度近畿四国農業試験成果報告, 12-13.

Mitsubishi T, Mitsumoto M, KatouJ, Ozawa S. 1993. Effect of roughage feeding and growth hormone on the growth rate of Wagyu steers. World Conference on Animal Production, 10-15.

三木勇雄. 1999. 超早期母子分離の実践的技術. 養牛の友 **276**, 22-25.

日本短角種研究会. 2005. 日本短角種の明るい未来を目指して. 日本短角種研究会, 岩手.

錦織美智子, 北村千寿, 竹下浩伸, 品川雄太. 2008. 黒毛和種における育成時の飼料給与方法の違いが肥育成績に及ぼす影響. 島根県畜産技術センター研究報告 **40**, 10-14.

西村 博. 1983. 肉用牛の泌乳能力と子育て能力. 畜産コンサルタント **223**, 59-61.

新渡戸友次, 谷地 仁, 谷藤隆志, 瀧向正四郎, 道又敬司, 帷子剛資, 平野 保, 桜田奎一, 小野寺勉. 1981. 山地における肉用牛の集団育成技術. 岩手県畜産試験場研究報告 **10**, 38-62.

農業・食品産業技術総合研究機構. 2009. 日本飼養標準・肉用牛 (2008年版). (社) 中央畜産会, 東京.

農林水産省. 2015a. 平成 26 年度食料・農業・農村白書. 農林水産省, 東京.

農林水産省. 2015b. 家畜改良増殖目標. 農林水産省, 東京.

Ohlson DL, Davis SL, Ferrell CL, Jenkins TG. 1981. Plasma glucose hormone, prolactin and thyrotropin secretory patterns in Hereford and Simmental calves. *Journal of Animal Science* **53**, 371-375.

小野寺勉, 齊藤精三郎, 谷地 仁, 菊池 惇, 新渡戸友治, 戸田忠祐, 吉田宇八. 1977. 肉牛の肥育に関する研究. 岩手県畜産試験場研究報告 **6**, 1-15.

Pell JM, Saunders JC, Gilmour RS. 1993. Differential regulation of transcription initiated from insulin-like growth factor- I (IGF- I) leader exons and of tissue IGF- I expression in response to changed growth hormone and nutritional status in sheep. *Endocrinology***132**, 1797-1807.

坂瀬充洋, 福島護之, 野田昌伸, 田中幹雄, 武田和士. 2008. 育成期に給与する濃厚飼料の粗蛋白質水準が黒毛和種去勢牛の発育に及ぼす影響. 兵庫県立農林水産技術総合センター研究報告(畜産編) **44**, 30-34.

佐藤 博, 長嶺慶隆, 林 孝. 1989. 日本短角種の哺育子牛における血液成分と増体との関係. 日本畜産学会報 **60**, 644-647.

新宮博行, 甫立孝一. 2001. 育成期及び泌乳期における黒毛和種, 日本短角種及びホルスタイン種雌牛の成長ホルモン及びインスリン分泌機能の比較. 栄養生理研究会報 **45**, 93-117.

新宮博行, 甫立孝一, 櫛引史郎, 上田靖子, 渡辺 彰, 松本光人. 2002. 黒毛和種及び日本短角種の乳量及び乳成分の変化. 東北農業研究センター研究報告 **100**, 61-66.

集治善博, 豊田吉隆, 谷地 仁. 1998. 放牧による肥育粗牛の低コスト育成技術の開発—北上山地の放牧利用による双子生産ならびに交雑種の生産技術の開発— 第2章 日本短角種および交雑種を利用した放牧による双子の哺育育成. 岩手県畜産試験場研究報告 **22**, 3-36.

Smith JM, Van Amburgh ME, Diaz MC, Lucy MC, Bauman DE. 2002. Effect of nutrient intake on the development of the somatotrophic axis and its responsiveness to GH in Holstein bull calves. *Journal of Animal Science***80**, 1528-1537.

Spicer LJ, Tucker WB, Adams GD. 1990. Insulin-like growth factor-I in dairy cows : Relationships among energy balance, body condition, ovarian activity and estrous behavior. *Journal of Dairy Science***73**, 929-937.

Stick DA, Davis ME, Loerch SC, Simmen RCM. 1998. Relationship between blood serum insulin-like growth factor I concentration and postweaning feed efficiency of crossbred cattle at three levels of dietary intake. *Journal of Animal Science***76**, 498-505.

鈴木史子, 横山竜太, 山本和利, 田中英隆, 元村泰彦. 2007. 血中 BHB を指標とした子牛の離乳時期と発育成績の検討. *臨床獣医* **25**, 24-28.

高橋正樹, 粕谷健一郎, 山科一樹, 四ツ島賢二, 中島宗雄, 佐野正記. 2003. 玄米給与が黒毛和種去勢牛の肥育成績に及ぼす影響. *北信越地区産学会報* **86**, 47-49.

寺田隆慶, 吉田正四郎, 小野寺勉. 1979. 肉用牛の授乳量に及ぼす 2、3 の要因の検討ならびに授乳量の推定法について. *中国農業試験場研究報告 (B)* **24**, 23-36.

上田和夫. 2005. 乳用子牛のルーメンを育てる. *臨床獣医* **23(6)**, 20-24.

和田 宏, 高 光斗, 奥島史朗, Djagra IB. 1983. 牛の肉の脂肪交雑に対する成長ホルモンの影響. *岡山大学農学部学術報告* **62**, 45-49.

安田潤平, 鈴木 賢, 太田原健二, 西田 清, 小松繁樹. 2004. 日本短角種における飼料米給与試験. *岩手県農業研究センター研究報告* **4**, 21-26.

全国和牛登録協会. 2007. これからの和牛の育種と改良(改定版). (社) 全国和牛登録協会, 京都.

Zulu VC, Nakao T, Sawamukai Y. 2002. Insulin-like growth factor-I as a possible hormonal mediator of nutritional regulation of reproduction in cattle. *Journal of Veterinary Medical Science* **64**, 657-665.