粗飼料多給肥育における日本短角種去勢牛の飼養成績と血中成長ホルモン（GH） およびプロラクチン（PRL）濃度の変化について

米澤智恵美^{1,2}・佐藤洋一³・神山 洋⁴・橋爪 力^{2,5}

¹ 岩手県中央農業改良普及センター軽米普及サブセンター，岩手県軽米町 028-6222

² 岩手大学大学院連合農学研究科，岩手県盛岡市 020-8550

³ 岩手県農林水産部畜産課，岩手県盛岡市 020-8570

⁴ 岩手県農業研究センター畜産研究所，岩手県滝沢市 020-0605

⁵ 岩手大学農学部，岩手県盛岡市 020-8550

(2016. 5. 16 受付, 2016. 8. 15 受理)

要 約 粗飼料多給肥育が日本短角種去勢牛の飼養成績と血中 GH および PRL 濃度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、TDN および CP 摂取量が特定の月数または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。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。また、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。以上、日本短角種去勢牛の肥育における粗飼料多給の影響は、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。

日本畜産学会報 87 (4), 351-359, 2016

近年、家畜の飼養管理において、飼料自給率向上への取り組みが重要視され、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）。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、成長や栄養状態により影響される成長ホルモン（GH）（Gluckman と Breier 1987；甫立 1988）の変化を調べた。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。反芻家畜ではプロラクチン（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 と共に調べた。

連絡者：米澤智恵美（fax：0195-49-3013, e-mail：c-yonezawa@pref.iwate.jp）

材料および方法

1. 肥育試験

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 カ月齢および 277.6 ± 8.3 kg、コーンサイレージ区が 8.7 ± 0.2 カ月齢および 271.4 ± 10.5 kg であった。

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。

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カ月）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4～8kgを目安として飽食させた。肥育中期（肥育開始9～12カ月）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2kg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2kgを併給した。肥育後期（肥育開始13～出荷）は10kgを上限として配合飼料を給与し、2kg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14～24kg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ージ24～28kgの範囲で飽食させた。ふすまはすべての期間において2kg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、鉱塩は自由摂取とした。

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、1,580×g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。

2. GH および PRL 濃度の測定

血漿中のGHおよびPRL濃度は、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（Hashizumeら1999）。RIAに用いたGHおよびPRLの標識ホルモン

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 were 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.

と標準ホルモンは、それぞれ USADA-bGH-B および NIDDKoPRL-1-3 であった。GH の RIA では測定可能な最小濃度とアッセイ内変動係数はそれぞれ 0.3 ng/mL および 7.9% であった。また、PRL の RIA では測定可能な最小濃度とアッセイ内変動係数はそれぞれ 0.1 ng/mL および 8.5% であった。

3. 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。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。

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 ヶ月にかけ有意に増加したのち($P < 0.05$)、5 ヶ月にかけ減少し、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($P < 0.05$)、

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.

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

	Formula group	Corn silage group	P-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 $\pm$ 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 $\pm$ SEM for 5 animals.

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、1 kg 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 ($P < 0.01$)。

2. GH および PRL 濃度の推移

肥育開始時からの血漿中 GH および PRL 濃度の推移を図 3 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がそれぞれ 1.57~18.61 ng/mL および 1.27~22.40 ng/mL であった。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。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がそれぞれ 4.30~66.30 ng/mL および 3.31~107.01 ng/mL で

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 $\pm$ 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	<i>P</i> -value	Formula group	Corn silage group	<i>P</i> -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	0207.0 ± 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	<i>P</i> -value	Formula group	Corn silage group	<i>P</i> -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.

あった。配合飼料区とコーンサイレージ区の比較では、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 ($P < 0.05$)。

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。

考 察

日本短角種去勢牛は、生後 7.5 ヶ月齢、体重 245 kg で肥育を開始し、生後 26.0 ヶ月齢、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ジ区はそれぞれ生後 8.7 ヶ月齢、体重 278 kg および 271 kg で肥育を開始し、生後 23.6 ヶ月齢および 23.9 ヶ月齢、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ジ区ともに通算 DG 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 ヶ月において 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、グラスサイレージは開始後 1 ヶ月で 6 kg 程度、2 ヶ月で 7 kg 程度摂取して順調に原物摂取量を伸ばした。一方で、コーンサイレージ区では必ずま 2 kg は完食したものの、設定したコーンサイレージ 14 kg を開始 0~1 ヶ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必ずま 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

Figure 3 Changes in 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 $\pm$ SEM for 5 animals. The different letters (a, b) denote significant differences ($P < 0.05$).

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、飼料効率に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性を現している (小山 1975; 小野寺ら 1977; 近藤ら 2004; 日

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

	Formula group	Corn silage group	P-value
GH (ng/mL)			
Early period*	9.84 $\pm$ 2.03 ^a	9.60 $\pm$ 4.30	0.961
Middle period	3.16 $\pm$ 0.91 ^b	5.31 $\pm$ 2.21	0.395
Late period	3.55 $\pm$ 0.99 ^b	5.09 $\pm$ 2.39	0.567
PRL (ng/mL)			
Early period	25.18 $\pm$ 4.91 ^a	41.97 $\pm$ 6.41 ^a	0.071
Middle period	12.40 $\pm$ 1.05 ^b	14.45 $\pm$ 1.80 ^b	0.354
Late period	5.75 $\pm$ 2.80 ^b	3.70 $\pm$ 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 $\pm$ SEM for 5 animals.

本短角種研究会 2005)。

ウシの 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 Breier 1987 ; 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インスリン様成長因子 I (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 Schams 1974 ; Fitzgerald ら 1981 ; 上家 1983 ; Curlewis 1992)、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 Schams 1974 ; Fitzgerald ら 1981 ; Curlewis 1992)。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。

謝 辞

本試験の実施に当たり、ご支援ご協力を賜った岩手県農業研究センター畜産研究所の職員の皆様に深謝する。また、GH および PRL の RIA キットは、米国 Harbor-UCLA Medical Center の A.F. Parlow 博士からご提供いただいた。

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.
- 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 the secretion 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 somatotropic 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, 佐藤信泰, 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.
- 石田充代, 針谷敏夫. 2008. 雄生殖器官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.
- 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.
- 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.
- 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 Press, Boca Raton, Florida.
- 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, pp. 12-13.
- Mitsuhashi T, Mitsumoto M, Katou J, Ozawa S. 1993. Effect of roughage feeding and growth hormone on the growth rate of Wagyu steers. *World Conference on Animal Production*, pp. 10-15.
- 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. pp. 1-7. 日本短角種研究会, 岩手.
- 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.
- 小野寺勉, 斎藤精三郎, 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 initiation 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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と試験. 岩手県農業研究センター研究報告 **4**, 21-26.
- 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.

Effects of high-roughage feeding on fattening performance, plasma concentrations of growth hormone (GH) and prolactin (PRL) in Japanese Shorthorn steers

Chiemi YONEZAWA^{1,2}, Yoichi SATO³, Hiroshi KAMIYAMA⁴ and Tsutomu HASHIZUME^{2,5}

¹ Karumai Agricultural Extension Sub-center, Karumai, Iwate 028-6222, Japan

² The United Graduate School of Agricultural Science, Iwate University, Morioka 020-8550, Japan

³ Livestock Division, Department of Agriculture, Forestry and Fisheries, Iwate Prefecture, Morioka, Iwate 020-8570, Japan

⁴ Iwate Agricultural Research Center, Takizawa, Iwate 020-0605, Japan

⁵ Faculty of Agriculture, Iwate University, Morioka 020-8550, Japan

Corresponding : Chiemi YONEZAWA (fax : +81 (0) 195-49-3013, e-mail : c-yonezawa@pref.iwate.jp)

Effects of high-roughage feeding on fattening performance, plasma concentrations of GH and PRL were examined in Japanese Shorthorn steers. Japanese Shorthorn steers of 8 months of age were supplied formula and grass silage (formula group, $n = 5$) or corn silage and wheat bran (corn silage group : high-roughage feeding, $n = 5$), and the steers were fattened until 23 months of age. There was no significant difference in body weight (BW) through the experimental periods between corn silage and formula groups. Dry matter (DM) intake for 2 months after start of fattening was significantly higher in formula group than in corn silage group ($P < 0.05$). Total digestible nutrient (TDN) intake for 1 month and 11 to 14 months after start of fattening was significantly higher in formula group than in corn silage group ($P < 0.05$). Crude protein (CP) intake through the experimental periods was significantly higher in formula group than in corn silage group ($P < 0.05$). The plasma concentrations of GH were highest at the start of fattening and declined with advancing age ; however, there was no significant difference in GH concentrations between corn silage and formula groups. The plasma concentration of PRL changed seasonally in each group and showed high values in long photoperiod. The present results indicate that the differences in two feed types in this study affect DM, TDN and CP intake ; however, they do not affect BW and the plasma concentrations of GH and PRL. These results suggest that Japanese Shorthorn steers are superior to roughage availability.

Nihon Chikusan Gakkaiho 87 (4), 351-359, 2016

Key words : fattening, GH, high-roughage feeding, Japanese Shorthorn steers, PRL.