

日本短角種去勢牛の2シーズン放牧肥育における 放牧中の適正な増体量

柴 伸弥^{*1)}・樋口 幹人^{*2)}・今成 麻衣^{*1)}・米内 美晴^{*1)}
東山 雅一^{*1)}・渡邊 彰^{*1)}

抄 録：日本短角種去勢牛を2シーズン放牧に供試し、肥育中期における放牧中の適正な日増体量を検討した。2004～2013年に農研機構東北農業研究センターにて飼養された通年舎飼い牛（対照区、29頭）と2シーズン放牧牛（放牧区、24頭）を比較した結果、放牧期間中に両区の平均体重差は最大で62kgとなるが、放牧終了後の肥育により半分程度の33kgまで回復し、肥育後期における代償性発育が確認された。代償性発育は放牧終了後4～20週の約4ヵ月間に認められ、このとき肥育中期の日増体量が約0.6kg/日で、肥育期間中の総増体量が最大となることが示された。したがって、枝肉重量への影響を考慮すると、放牧中の日増体量の目標を0.6kg/日以上として放牧牛の管理を行うべきである。2シーズン放牧は肉質に明らかな差を及ぼさなかったが、枝肉の重量を小さく、枝肉中の赤肉組織割合を大きくする傾向が認められ、従来の枝肉評価基準とは異なる基準で評価されるべきと考えられた。

キーワード：日本短角種去勢牛、2シーズン放牧、代償性発育、日増体量、枝肉形質、肉質

Appropriate Body Weight Gain for Japanese Shorthorn Steers during the Middle Fattening Stage in a Two-Season Grazing System : Nobuya SHIBA^{*1)}, Mikito HIGUCHI^{*2)}, Mai IMANARI^{*1)}, Miharu YONAI^{*1)}, Masakazu HIGASHIYAMA^{*1)} and Akira WATANABE^{*1)}

Abstract : We studied optimal body weight gain during the middle fattening stage in Japanese Shorthorn steers in a two-season grazing system. Specifically, body weight gain in steers given access to grazing (n=24; grazed group) was compared to that of steers kept in a pen for the entire fattening period (n=29; control group). Body weight gain in all steers was raised on the first, middle and finishing stages. All steers were maintained at the NARO Tohoku Agriculture Research Center from 2004 to 2013. In the experimental group, grazing was allowed during the middle fattening stage. The difference in average body weight between the two groups was a maximum of 62 kg at the middle fattening stage, before recovering to 33 kg by the end of the fattening stage after grazing. These findings indicate that compensatory growth occurred in the grazed group; this compensatory growth was observed for 4-20 weeks after grazing stopped. When the daily body weight gain of the middle fattening stage was approximately 0.6 kg/day, the largest daily weight gain was observed by fattening stage. Consequently, body weight gain should be maintained at a minimum of 0.6 kg/day in order to avoid the adverse effects of grazing in the middle fattening stage on carcass weight. Although the meat quality between the two groups was not significantly different, a tendency towards reduced carcass weight and an increase in the ratio of meat to carcass weight was observed. The carcasses of grazed steers should be evaluated according to criteria that differ from the conventional Japanese carcass evaluation system.

Key Words : Japanese Shorthorn Steers, Two-Season Grazing System, Compensatory Growth, Body Weight Gain, Carcass Characteristics, Meat Quality.

* 1) 農研機構東北農業研究センター (NARO Tohoku Agricultural Research Center, Morioka, Iwate 020-0198, Japan)

* 2) 現・農研機構畜産草地研究所 (NARO Institute of Livestock and Grassland Science, Nasushiobara, Tochigi 329-2793, Japan)

I 緒 言

日本における肉用牛生産では、黒毛和種をはじめとして穀物を主体とした配合飼料を多給する肥育方法が一般的であり、食料自給率の低下を招くだけでなく、畜産経営としても穀物価格の不安定化による影響を強く受ける。東北地域における公共牧場の草地面積は2011年度で21,896haあり、全国の24.1%と豊富であり（東北農政局生産部畜産課 2013a）、その有効利用の観点からも、草地を利用して配合飼料の給与量を抑制することが重要である。北東北地域で飼養されている日本短角種は、まき牛による季節繁殖が主流であるために出産が春に集中する。この春産子を親子放牧し、翌年の夏季にも放牧する飼養方法が2シーズン放牧肥育と呼ばれる肥育方式である。その普及にあたって様々な問題が考えられるが、舎飼いで配合飼料を多給された牛と比較すると、牧草のみを採食している放牧牛は日増体量が劣るため、と畜時体重の低下や肥育期間の延長が懸念されている。肥育後期の代償性発育によって肥育中期の放牧中に生じる舎飼い牛との体重差が回復するとする報告（滝本ら 1975、円山ら 1979、田崎ら 1980）があるが、その回復程度については報告により様々である。代償性発育は家畜の品種や生育ステージ、低栄養条件の強度や期間、その後の回復期の栄養条件や期間などによって反応が異なるために、これら報告の違いが現れるものと考えられる。しかしながら、日本短角種の2シーズン放牧肥育に限って考えれば、生育ステージは肥育中～後期、低栄養条件の期間は肥育中期、低栄養条件は放牧草のみから得られるエネルギーに限定されるといったように、限られた範囲となる。

そこで本報告では、日本短角種2シーズン放牧肥育における肥育中期の日増体量と肥育後期における代償性発育の関係を検討することにより、2シーズン放牧における目標とするべき適正な肥育中期の日増体量を明らかにすることを目的とした。

本試験を実施するにあたって、試験牛の管理、と殺解体作業および分析補助に多大なる助力を頂いた、当センター業務第2科職員および畜産飼料作研究領域契約職員の皆様に深く感謝する。

II 材料および方法

1. 供試家畜

2004～2013年に農研機構東北農業研究センターにて飼養された日本短角種去勢牛53頭を対象とした。対照区に振り分けた29頭は、肥育期間を通して舎飼いし、放牧区の24頭は肥育中期に所内の放牧地へ放牧した。牛舎内にて飼養している期間の給与飼料は、両区とも粗飼料多給型肥育（日本飼養標準2000）を基本とした。すなわち、9ヵ月齢から肥育を開始し、肥育前期（5ヶ月間）、肥育中期（5ヶ月間）、肥育後期（6ヶ月間）のそれぞれに配合飼料を体重あたり1.2、1.4、1.6%給与し、粗飼料として所内産チモシーサイレージを飽食給与した。放牧区の放牧開始は13.8～14.7ヵ月齢、放牧終了は18.0～19.8ヵ月齢に行った。また、両処理区のと殺は24.5ヵ月齢～25.5ヵ月齢に行った。と殺2日後に、日本食肉格付け協会の牛枝肉取引規格に基づいて研究員が格付けを行った。また、枝肉重量、第6胸椎部の筋肉、脂肪、骨組織割合および大腿部の7つの筋肉（大腿二頭筋、半腱様筋、半膜様筋、大腿四頭筋、中殿筋、副殿筋、内転筋）の合計重量を計測した。胸最長筋を採取してと殺後10日目まで2℃の冷蔵庫にて熟成した後、理化学特性の分析に供した。

2. 理化学分析

剪断力価を測定するため、Watanabe *et al.* (1996)の方法に準じて胸最長筋（LT筋）より、5cm四方の立方体型の筋肉片を切り出してポリ袋に入れ、80℃のウォーターバスにて中心温度が75℃になるまで加熱した。水中にて1時間冷却後、断面が1辺1cmの太さの正方形となるように筋肉片を筋線維の方向に沿って切り出した。それぞれのサンプルはWarner-Bratzler式剪断応力測定機を用いて剪断力価を測定した。

LT筋の残りのサンプルはミンチして化学分析に供した。水分は乾燥減量法、粗蛋白質はケルダール法、粗脂肪はソックスレー抽出法にて測定した（AOAC. 1990）。

3. 統計処理

各項目について処理区を因子とした一元配置分散分析を、SASのGLMプロシジャーを用いて行った（SAS Institute Inc. 1994）。

Ⅲ 結果および考察

1. 増体成績

放牧期間中に両区の平均体重差は次第に広がり、最大で62kgの差となっている（図1）。両区の平均体重差は16ヵ月齢時点から有意となり、試験終了まで有意差は解消されなかった（図1 両矢印）。しかしながら、放牧終了後、両区の平均体重差は徐々に小さくなり、最小で33kgと半分程度にまで回復しており、肥育後期に代償性発育が現れていたものと推察される。代償性発育により終了時体重に差がなくなったとする過去の報告では（滝本ら 1975、円山ら 1979、田崎ら 1980）、栄養制限の期間が育成期から肥育前期と早期であり、その後の栄養水準を回復した期間が栄養制限期間と比較して相当の長期にわたっている。これらのことから、肥育中期に放牧を行うことにより生じた舎飼い牛との平均体重差を肥育後期の6ヶ月間で完全に埋めることは、代償性発育が起きたとしても難しいと考えられる。

放牧終了後から処理区間の平均体重差の推移を4週間毎に区切って見ていくと、放牧終了後0～4週における平均体重差の変化は+9.5kgと増加している（図2）。これは、放牧区において放牧草から配合飼料およびサイレージへと飼料が変化することに

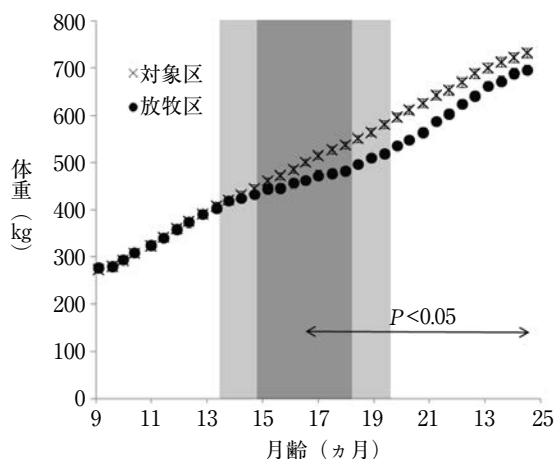


図1 対照区 (×) および放牧区 (●) の平均体重 ± 標準誤差の推移

試験実施年度により放牧開始および終了の月齢が異なっているため、放牧区の全ての牛が放牧されていた期間 (■) と、放牧区の一部の牛が放牧されていた期間 (□) を示している。両矢印は区間に有意差 ($P < 0.05$) があった期間を示す。

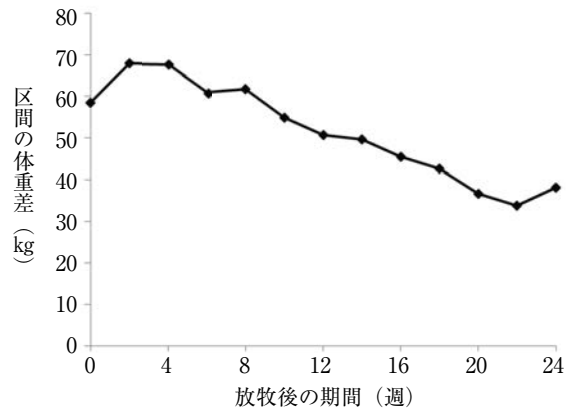


図2 放牧終了時点をもととした対照区と放牧区の平均体重差の推移

伴い、2週目までの日増体量が停滞したことの影響と考えられる。その後、両区の平均体重差は減少し、特に放牧終了後8～12週においては平均体重差の変化が-11.1kgと大きくなっている。その一方で、と殺前の4週間（放牧終了20～24週）における平均体重差の変化は+1.6kgとほぼ横ばいとなっている。つまり、代償性発育の発現が顕著な期間は、放牧終了後4～20週の約4ヵ月間であったと考えられる。これは、代償性発育による増体亢進の持続期間を4ヶ月までとする報告（Hornick *et al.* 2000）や、長期の栄養回復期間のうち、顕著な体重差の回復は栄養回復期の前半に認められ、終了時体重に差がなくなったとする試験（滝本ら 1975、円山ら 1979、田崎ら 1980）とも一致している。両区最大の平均体重差は放牧終了2週間後の68.0kgである。この差は放牧終了22週後には33.8kgとなっており、20週間で34.2kgを回復したことになる。肥育中期の放牧期間中に生じる両区間の平均体重差をこの34.2kg以内に抑制できれば、放牧後の代償性発育で平均体重差を回復できる可能性がある。北東北の公共草地で放牧が可能な期間は5～10月の約5ヶ月間である。放牧期間を150日間として、舎飼い牛と比較して1日あたり0.23kg/日の日増体量の差に抑えることができれば、放牧期間中の体重差を34.2kgまでに抑えられる。つまりこれは、舎飼い牛の肥育中期における日増体量は0.92kg/日であったので、代償性発育によって終了時体重が舎飼い牛と同等になるためには、放牧期間に0.69kg/日以上の日増体量が必要であることを示している。

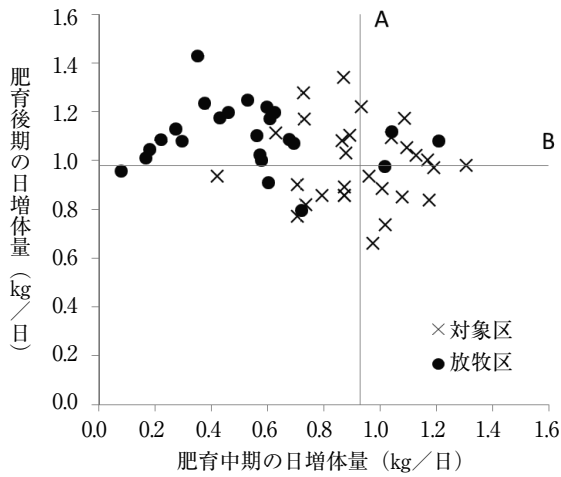


図3 対照区 (×) と放牧区 (●) の肥育中期の増体に対する肥育後期の増体
A、B：対照区の肥育中期 (A) および肥育後期 (B) の平均増体

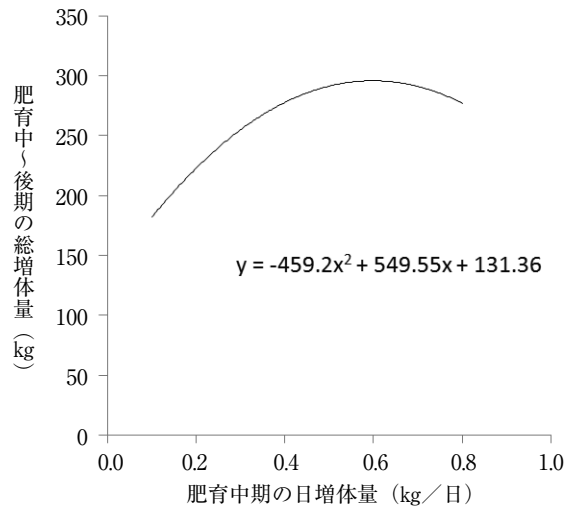


図5 代償性発育のモデルに当てはめた場合の肥育中期の日増体量に対する肥育中～後期の増体量

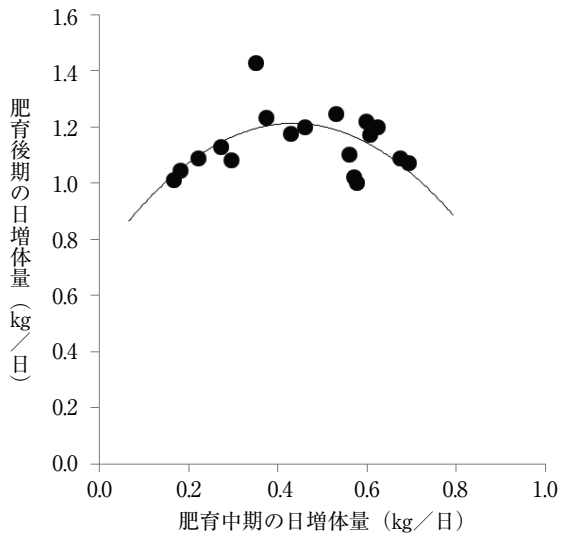


図4 代償性発育が生じた放牧区牛の肥育中期の増体に対する肥育後期の増体 (●) と近似曲線およびその多項式

図3において、肥育中期の日増体量の違いにより、放牧区は図の左側に、対照区は右側に多くプロットが集まっている。代償性発育の定義を、発育期のある時期に飼料給与量の不足などによって発育を抑制された動物が、給与量の充足にともない発育の遅れを取り戻す急激な増体 (日本畜産学会2001) とすると、放牧区の牛において、肥育中期の日増体量が対照区の平均よりも劣り、かつ肥育後期

の日増体量が対照区の平均よりも優っている牛に代償性発育が生じていたものと推定できる。すなわち、対照区における肥育中期の平均日増体量 (0.92kg/日) と肥育後期の平均日増体量 (0.98kg/日) である直線A、Bで区切られた左上の領域にプロットされた個体に、代償性発育が生じていたと定義できる。

上記の代償性発育が生じていた可能性のある放牧区牛のデータを抽出すると、曲線回帰により $x=0.44$ に変曲点を持つ $y = -2.55x^2 + 2.22x + 0.730$ 、 $R^2=0.311$ で表すことが可能で、これは肥育中期の日増体量が0.44kg/日のとき、後期の日増体量が1.21kg/日と最も大きくなることを示している (図4)。

2シーズン放牧において代償性発育が発現した場合、図4の曲線のような日増体量パターンを示すと仮定し、肥育中期を150日間、肥育後期を180日間として、肥育中期の日増体量ごとの肥育中期以降と畜までの総増体量を計算した (図5)。肥育中～後期間の総増体量は、肥育中期の日増体量 $x=0.59$ を変曲点とした $y = -459.2x^2 + 549.6x + 131.4$ で表される曲線となる。これは肥育中期の日増体量が約0.6kg/日のとき、肥育期間を通じた総増体量が最も大きくなることを示している。

以上のように、代償性発育が起きた場合に総増体量が最大になるのは肥育中期の日増体量が約0.6kg/日のときと推察される。一方、と畜時体重における

表1 給与飼料摂取量の比較

	対照区	放牧区
肥育前期		
配合飼料(現物kg/日)	4.8 ± 0.3	4.3 ± 0.1
粗飼料(現物kg/日)	8.5 ± 0.5	9.2 ± 0.4
肥育中期		
配合飼料(現物kg/日)	6.5 ± 0.2	0.0
粗飼料(現物kg/日)	7.0 ± 0.4	0.0
肥育後期		
配合飼料(現物kg/日)	9.6 ± 0.2	9.1 ± 0.1*
粗飼料(現物kg/日)	5.6 ± 0.3	7.5 ± 0.4**

注. * : $p < 0.05$, ** : $p < 0.01$
 放牧区においては肥育中期の放牧中に補助飼料の給与を行わなかったことから、肥育中期における給与飼料摂取量は0となっており、対照区との統計処理は行っていない。

処理区間差を無くすために必要な肥育中期の日増体量という視点では、前述したように0.69kg/日以上が求められ、効果的に代償性発育が誘発されたとしてもこの値には及ばない。竹中ら(2001)は、2シーズン放牧における肥育中期の日増体量が0.6kg/日を下回ると格付けが1等級となるものが増加するとしており、肥育中期の低すぎる日増体量は体重増加だけでなく枝肉格付けも低下させる可能性がある。よって、2シーズン放牧における放牧中の日増体量の目標は0.6kg/日以上として、代償性発育のみに期待するのではなく、良好な草地を維持・利用し、草地の状態によっては補助飼料の給与も検討することが、肥育期間を通じた総増体量を考えた場合に望ましい。

2. 飼料摂取量

肥育前、中、後期それぞれで給与した飼料の1日あたり現物摂取量(表1)において、肥育後期の配合飼料摂取量は対照区が、粗飼料摂取量は放牧区が有意に大きな値を示した。肥育後期の配合飼料は現物で体重あたり1.6%を給与したため、後期開始時に有意に大きな生体重を示していた対照区で給与量が大きくなり、それによって対照区の配合飼料摂取量が放牧区より有意に大きくなったものであろう。配合飼料とは逆に粗飼料摂取量は放牧区において有意に大きな値となっていることから、肥育後期の放牧区における代償性発育は、旺盛な粗飼料摂取により発現していたものと推察される。小山ら(1981)は、日本短角種を仕上げ期に飽食飼養した場合、体重の1.7~1.9%の配合飼料を摂取したと報告してお

表2 肥育中期以降のコスト試算

	対照区	放牧区
配合飼料(kg)	2,623	2,009
粗飼料(kg)	1,647	1,306
飼料代+預託料(円)	237,716	211,046

給与飼料量は肥育中期を150日間、肥育後期を180日間として試算した。
 放牧のための牧野への預託料を400円/日(東北農政局生産部畜産課2013b)、配合飼料価格を60円/kg(農林水産省畜産振興課2014)、自給粗飼料生産費を40円/現物kg(續2002)として試算した。

り、本試験でも給与量を制限しなければ、さらに配合飼料摂取量が大きくなったものと考えられる。粗飼料よりも高エネルギー濃度である配合飼料の摂取量が増えれば、さらに代償性発育が促進された可能性があるが、飼料コストの増大や肉質への影響も予想されることから、配合飼料多給の有用性については慎重に判断する必要がある。

本試験における両区の給与飼料摂取量を用いて試算した2シーズン放牧における肥育中期以降における両区の配合飼料および粗飼料摂取量は表2のようになる。対照区および放牧区の飼料代+預託料のコストはそれぞれ、237,716円および211,046円となる。両区のコストの差は26,670円で、放牧区のほうが低コストとなっている。さらに、対照区の場合に考慮しなければならぬ労働力費用が放牧区では減少することを考えあわせれば、放牧区のコスト削減効果はさらに大きなものとなる。

3. 枝肉形質

と畜時体重、枝肉重量、枝肉歩留りは放牧区が対照区に比較して有意に小さな値であった(表3)。放牧区における小さな枝肉重量は、生体重の差だけではなく、枝肉歩留りの低下が影響していることが示された。しかし枝肉性状においては、第6胸椎部の筋肉組織および骨組織割合は放牧区が対照区よりも有意に大きく、大腿部の7筋肉重量には有意な差が認められなかった。また、BMS、BCS、BFSにも有意な差は認められず枝肉格付上も明瞭な影響はないものと推察された。ロース芯面積や筋間脂肪の厚さにも有意な差が認められなかったものの、ばらの厚さおよび皮下脂肪の厚さは有意に放牧区が小さな値となった。放牧区の皮下脂肪の厚さが小さかったことは、第6胸椎部の組織割合において脂肪組織割合が小さかったこととも一致している。しかし、

表3 枝肉成績と格付け項目の比較

	対照区	放牧区
と畜時体重 (kg)	745.2 ± 13.0	698.2 ± 9.2**
枝肉重量 (kg)	469.8 ± 5.9	431.1 ± 6.5**
枝肉歩留り (%)	63.2 ± 0.6	61.7 ± 0.4*
第6胸椎部組織割合		
骨組織 (%)	14.0 ± 0.3	15.3 ± 0.5*
筋肉組織 (%)	45.8 ± 0.8	49.6 ± 0.5**
脂肪組織 (%)	38.9 ± 0.8	33.8 ± 0.9**
大腿部筋肉重量 (kg)	26.7 ± 0.5	26.6 ± 0.4
BMS No.	2.4 ± 0.1	2.2 ± 0.1
BCS No.	5.1 ± 0.1	5.0 ± 0.2
BFS No.	4.5 ± 0.2	4.4 ± 0.2
ロース芯面積 (cm ²)	44.5 ± 1.3	43.8 ± 1.0
「ばら」の厚さ (cm)	6.7 ± 0.1	6.0 ± 0.2**
筋間脂肪の厚さ (cm)	5.6 ± 0.2	5.7 ± 0.2
皮下脂肪の厚さ (cm)	3.4 ± 0.2	2.5 ± 0.1**
歩留基準値	68.9 ± 0.3	69.4 ± 0.2

平均値 ± 標準誤差

* ; p<0.05, ** ; p<0.01

放牧区のばらの厚さが小さい値を示したにもかかわらず、第6胸椎部の筋肉組織割合が対照区よりも大きかったことや大腿部の7筋肉重量に区間差がなかったことは、放牧区は対照区よりも、枝肉中筋肉組織の重量は小さいとしても割合は大きく、筋肉組織重量差は枝肉重量の差ほど大きなものではないことを示唆している。格付けにおける歩留基準値において有意差が認められないことは、この算出式が放牧牛に対応していないためであろう。代償性発育と枝肉肉質との関係を調査した過去の報告では、影響なしとする報告(片山ら 1978、滝本ら 1971、1975)がある一方、BMSが優れた(田崎ら 1980)、背脂肪厚が薄くなった(滝本ら 1969、田崎ら 1977)、枝肉歩留、BMSが低下した(滝本ら1969)、ロース芯面積が低下した(久利ら 1977)、ばら厚が小さくなった(田崎ら 1977)などの報告がある。報告ごとの結果の違いは、供試品種や栄養制限とその後の代償性発育の時期、期間、摂取飼料の違いなどによるものと推察される。しかしながら、枝肉重量やばら厚など、枝肉の大きさが小さくなる傾向と、背脂肪厚が小さくなるなど枝肉の脂肪組織割合が低下する傾向は、代償性発育の影響が現れた場合の結果として共通している。

本報告における対照区と放牧区の枝肉重量の差は38.7kgあり、和牛の枝肉単価(日本食肉市場卸売協会 2014)を参考に枝肉単価を1,500円/kgとした場

合には枝肉の販売価格差は58,050円となる。放牧区の枝肉単価を上げて両区の枝肉販売価格を同等とするには、放牧区は130円/kg程度高い枝肉単価が必要になる。一方で、第6胸椎部における筋肉組織割合は放牧区で有意に大きく、大腿部の7筋肉合計重量に処理区間差が無かったことから、枝肉中の筋肉組織割合は放牧区で大きいことが示唆される。従って、枝肉に含まれる筋肉組織重量の区間差は枝肉重量の区間差と比較して小さいものと推察される。このことは、放牧区の枝肉単価は対照区のそれよりも高く評価されるべきであることを示しており、2シーズン放牧牛は一般的な枝肉格付けとは異なる枝肉評価基準を用いる必要がある。

4. ロース芯の理化学特性

ロース芯の水分、粗脂肪および粗蛋白質組成、剪断力価は、いずれの項目においても両区間に有意な差は認められず、2シーズン放牧は生産される牛肉の化学成分組成やかたさに影響を及ぼさないものと推察された(表4)。代償性発育が肉質に及ぼす影響を調べた報告においては、ホルスタイン種雄牛を用いた試験で剪断力価が胸最長筋で大きく、半腱様筋で小さくなったとするもの(Therkildsen *et al.* 2008)や、ホルスタイン種去勢牛を用いた試験で剪断力価は変化がなかったものの、官能評価ではかたくなったとするもの(Moloney *et al.* 2008)がある。これらの試験ではそれぞれ6および8週間の代償性発育期間の後、と畜して肉質を調査している。この期間は増体成績の項で述べたとおり、代償性発育が盛んな時期と一致している。Therkildsen *et al.* (2008)は、代償性発育が牛肉のかたさに影響した理由として、結合組織の代謝回転の増進により結合組織中の架橋構造が減少したためではないかと考察しており、そのため結合組織含量の多い半腱様筋でやわらかくなったとしている。本報告ではと畜時にはすでに代償性発育は減退しており(図2)、これ

表4 ロース芯における化学成分組成と剪断力価

	対照区	放牧区
水分 (%)	65.7 ± 0.7	67.0 ± 0.8
脂肪 (%)	11.1 ± 0.8	9.9 ± 0.7
蛋白 (%)	20.3 ± 0.2	20.4 ± 0.1
WB剪断力価 (kg/cm ²)	4.1 ± 0.2	4.1 ± 0.1
平均値 ± 標準誤差		

らの報告のような影響が現れなかったものと考えられる。

肥育中期に放牧を行うことによって肉質に悪影響があった場合、それは枝肉単価へ反映され、枝肉価格の低下を引き起こすことになる。しかしながら本報告においては胸最長筋の化学成分含量や剪断力価、あるいはBMS No.などの格付け指標にも有意な差が認められなかったことから、日本短角種去勢牛に対する2シーズン放牧は肉質に悪影響を及ぼさず、枝肉価格を低下させるような要因も認められなかった。

IV 摘 要

日本短角種去勢牛の2シーズン放牧における放牧中の適正な増体量を検討するため、2シーズン放牧牛を通年舎飼い牛と比較した。放牧期間中に最大で62kgとなった両区の平均体重差は、肥育終了時で33kgまで回復し、肥育後期における代償性発育が確認された。このとき、肥育中期の日増体量が約0.6kg/日で、肥育期間中の総増体量が最大となることから、放牧中の日増体量の目標は0.6kg/日以上として放牧牛の管理を行うべきであることが示された。また、2シーズン放牧は肉質に明らかな差を及ぼさず、枝肉の重量を小さく、枝肉中の赤肉組織割合を大きくする傾向が認められたことから、従来の枝肉評価基準とは異なる基準で評価されるべきであることが示唆された。

引用文献

- 1) Association of Official Analytical Chemists. 1990. Official methods of analysis. 15th edition. AOAC. Washington, DC, USA.
- 2) Hornick, J.L.; Van Eenaeme, C.; Gerard, O.; Dufresne, I.; Istasse, L. 2000. Mechanisms of reduced and compensatory growth. *Domest. Anim. Endocrin.* 19: 121-132.
- 3) 片山政男, 金山 聖, 梶並嘉芳, 嘉寿頼栄, 阿部富士郎. 1978. 自給飼料多給による去勢牛の肥育試験(第1報). *岡山和試研年報* 9: 37-40.
- 4) 久利俊二, 天野 武, 溝淵一彦, 中西 武. 1977. 肥育牛の代償性成長に関する試験 (I). *香川畜試研報* 15: 41-51.
- 5) 小山錦也, 獄 肇. 1981. 放牧をとりいれた日本短角種(春産子)の肥育法の確率 第I報. *青森畜試報告* 13: 1-36.
- 6) 円山 繁, 松本道夫, 岩下秀逸, 吉村征弥, 赤星達正, 井 迪. 1979. 肥育前期生草多給による仕上げ月齢別肥育試験. *九州農業研究* 41: 120-121.
- 7) 續 省三. 2002. 畜産経営安定のための自給飼料増産. *牧草と園芸* 50: 1-4.
- 8) Molony, A. P.; Keane, M. G.; Mooney, M. T.; Rezek, K.; Smulders, F. J. M.; Troy, D. J. 2008. Energy supply patterns for finishing steers. Feed conversion efficiency, components of bodyweight gain and meat quality. *Meat Sci.* 79: 86-97.
- 9) 日本食肉市場卸売協会. 2014. 牛枝肉市場別取引情報. http://www.jmma.or.jp/j_02_BefRepSrh.asp [2014年8月22日参照]
- 10) 日本畜産学会. 2001. 新編畜産用語辞典. 養賢堂. P.208.
- 11) 農林水産省農林水産技術会議事務局編. 2000. 日本飼養標準 肉用牛. 農林水産省農林水産技術会議事務局. P.64-66.
- 12) 農林水産省畜産振興課. 2014. 流通飼料価格等実態調査. http://www.maff.go.jp/j/chikusan/sinko/lin/1_siryu/#chousa [2014年7月28日参照]
- 13) SAS Institute Inc. 1994. SAS/STAT user's guide version 6. 4th edition. SAS Institute Inc. Cary, NC. p.893-996.
- 14) 竹中昭雄, 澁谷幸憲, 須山哲男, 篠田 満, 近藤恒夫. 2001. 日本短角種の放牧育成中の増体量が肉質に大きく影響する. *東北農業研究成果情報*.
- 15) 滝本勇治, 黒肥地一郎, 岩成 寿, 美濃貞治郎. 1969. 若齢牛の代償性成長に関する研究. *九州農試年報*: 54-59.
- 16) 滝本勇治, 黒肥地一郎, 美濃貞治郎, 中西雄二, 岩成 寿. 1971. 若齢牛の代償性成長に関する研究. *九州農試年報*: 54-61.
- 17) 滝本勇治, 黒肥地一郎, 中西雄二, 美濃貞治郎. 1975. 若齢牛の代償性成長に関する研究. *九州農試年報*: 63-67.
- 18) 田崎道弘, 安田三郎, 川畑 孟, 田之上悠石,

- 内山正二, 財部祐至, 宮内泰千代, 楠本薩男. 1977. 代償性成長が増体肉質に及ぼす影響. 鹿兒島畜試研報 10 : 22-36.
- 19) 田崎道弘, 安田三郎, 川畑 孟, 内山正二, 田之上悠石, 宮内泰千代, 楠本薩男. 1980. 代償性成長が増体肉質に及ぼす影響 (第II報). 鹿兒島畜試研報 12 : 1-21.
- 20) Therkildsen, M.; Houbak, M. B.; Byrne, D. V. 2008. Feeding strategy for improving tenderness has opposite effects in two different muscles. Meat Sci. 80 : 1037-1045.
- 21) 東北農政局生産部畜産課. 2013a. 東北地方における公共牧場の現状 (平成23年・24年調査結果 : 平成23年度実績データ). 東北農政局生産部畜産課. p.1.
- 22) 東北農政局生産部畜産課. 2013b. 東北地方における公共牧場の現状 (平成23年・24年調査結果 : 平成23年度実績データ). 東北農政局生産部畜産課. p.14.
- 23) Watanabe, A.; Daly, C. C.; Devine, C. E. 1996. The effects of the ultimate pH of meat on tenderness changes during aging. Meat. Sci. 42 : 67-78.