

黒毛和種における短期肥育技術の確立

榎園 秀平・倉原 貴美

大分県農林水産研究指導センター畜産研究部

要 約 我が国の肉用牛肥育は、濃厚飼料の大半を国外に依存しており、生産コストは不安定な状況にあるため、肥育期間の短縮に加え、肉質・枝肉重量ともに従来の枝肉と遜色のない高品質な枝肉生産を行える肥育技術が求められている。特に、肥育前～中期における飼料給与技術の改善を図るため、給与飼料として麦焼酎粕濃縮液とイネ発酵粗飼料を混合したイネWCS麦焼酎粕混合飼料(以下混合飼料)及びバイパスタンプク質に着目し、肥育試験を実施した。肥育前～中期にバイパスタンプクを添加し、26 か月齢に出荷した牛群(以下バイパスタンプク添加区)は、29 か月齢の慣行的な飼養体系の牛群(以下慣行区)と比較して、肥育中～後期の飼料摂取量が高く、枝肉重量も平均 516kg と高い値を示したが慣行区より BMSNo が低く、きめ・締まりによる格落ちがみられた。肥育前～中期に混合飼料とバイパスタンプクを添加し 26 か月齢で出荷した区(以下混合飼料・バイパスタンプク添加区)は、混合飼料給与時期の増体が促進されることが示され、枝肉成績も慣行区と遜色のない結果であった。各試験区間で、牛肉を用いた脂肪酸やアミノ酸含量・味覚センサーの味覚強度に差はみられたものの嗜好型官能評価試験では差はみられなかった。平均枝肉価格と飼料費との差益は、慣行区と比較してバイパスタンプク添加区で 24 千円、混合飼料・バイパスタンプク添加区で 40 千円大きくなり、収益性の向上が見込まれた。

(キーワード：黒毛和種、混合飼料、高タンパク、短期肥育)

緒 言

我が国の肉用牛肥育農家が給与する家畜飼料は、輸入飼料に依存しており、為替レートの変動に伴い生産コストは不安定な状況にある。生産コストの低減を図るためには短期肥育技術の確立が必要であり、農林水産省は、2015 年 3 月に策定・公表した「家畜改良増殖目標」¹⁾で、2025 年度までに出荷月齢を 24～26 ヶ月齢まで短縮することを目標としている。肥育期間の短縮に加えて、肉質・枝肉重量ともに従来の枝肉と遜色のない高品質な枝肉生産を行える肥育技術が求められており、特に、肥育前～中期における飼料給与技術が肥育成績に与える影響の重要性について認識されている中、給与飼料として混合飼料とバイパスタンプク質に着目した。混合飼料は黒毛和種育成期の発育促進・骨格筋タンパク質分解抑制・筋繊維肥大の効果がある²⁾とされ、配合飼料給与量を低減することが可能となる有効な飼料として繁殖農家のみならず、肥育農家への利用も検討されている自給飼料である³⁾。バイパスタンプク質は、反

芻動物にタンパク質をルーメン・バイパスさせることで生産性が改善されるとの報告⁴⁾があるが、肥育飼料中のバイパスタンプク添加の有効性を確認した文献は少ない。

そこで、本研究では、肥育前～中期に混合飼料やバイパスタンプク質を給与することにより、発育促進効果・生産性向上及び給与飼料中のタンパク質水準を高めることによる肉質・発育向上について調査するとともに、肥育月齢 29 ヶ月齢を 3 か月短縮し、26 ヶ月齢に出荷することで従来通りの枝肉生産が可能であるかを検証した。

材料および方法

1. 試験牛

試験牛は、同一の大分県種雄牛(光星)産子の黒毛和種去勢牛 12 頭を生後約 9 か月齢で県内の家畜市場から導入した。

2. 試験区分

試験区分は、とよのくに体系に基づいた慣行的な飼料設計により、9～29 か月齢まで肥育を行う慣行区、慣行区の飼料設計を参考にして9～19 か月齢までバイパスタンプを添加し、肥育期間を3か月間短縮（26 か月齢出荷）したバイパスタンプ添加区、慣行区の飼料設計を参考にして9～15 か月齢まで乾草の代わりに混合飼料の給与に加え9～19 か月齢までバイパスタンプを添加し、肥育期間を3 か月間短縮（26 か月齢出荷）した混合飼料・バイパスタンプ添加区の3区に区分し、それぞれ試験牛4頭を供試した。飼料設計は、9～19 か月齢の飼料全乾物中のCP含量を慣行区で13%，バイパスタンプ添加区及び混合飼料・バイパスタンプ添加区で16%になるように設計した。

3. 肥育ステージと飼料給与量

とよのくに体系に基づき飼育ステージを肥育前期（9～12 か月齢）・肥育中期（13～19 か月齢）・肥育後期（20～29(26)ヶ月齢）に区分した。各試験区とも、配合飼料は市販の肥育前期用飼料を14か月齢まで0.4～4.0（kg/日/頭）給与し、14か月齢以降は市販の肥育後期用飼料に切り替え、0.9～10（kg/日/頭）給与した。また、ふすまを15か月齢まで1.0～0.5（kg/日/頭）給与した。その他の飼料については、慣行区では大豆かすを16ヶ月齢まで0.1～0.6（kg/日/頭）給与し、粗飼料は乾草を14か月齢まで1.0～3.0（kg/日/頭）給与し、以降は稲ワラを1.5～0.5（kg/日/頭）給与した。バイパスタンプ添加区では、バイパスタンプを19か月齢まで0.1～1.4（kg/日/頭）給与し、粗飼料については慣行区と同様の給与体系を実施した。混合飼料・バイパスタンプ添加区では、バイパスタンプを19か月齢まで0.1～1.2（kg/日/頭）給与し、粗飼料については混合飼料を15か月齢まで2.0～6.0（kg/日/頭）給与し、稲ワラを9～26か月齢まで1.5～0.5（kg/日/頭）給与した。バイパスタンプ質は、市販の加熱大豆粕を用いて乾物中DIP 66.9%・UIP 33.1%のものを使用した。粗飼料中の乾草はオーチャード・イタリアンライグラスを主体とした当研究部産の混播乾草を、稲ワラに

については市販のものを、混合飼料は、品質の低下を防ぐ目的で約500kgにラッピングされた市販のものを利用した。

4. 飼養管理

試験開始前に全頭の除角を実施した。肝蛭の駆除については、13か月齢に全頭への投薬を行った。敷料は鋸屑を使用し定期的に交換した。飲水、鈹塩舐飼は自由としたが、出荷1週間前には締めり・きめの低下を防ぐために鈹塩舐飼を止め、飲水量の調節を行った。

飼料給与は群での給与とし、1日の給与量を朝夕の2回に分け給与した。毎日朝の給与前に前日の残食量を秤量し、給与量からの差を1日の飼料摂取量とした。

ビタミンA給与については、肥育試験開始時全頭に100万単位を給与し、肥育開始時の血中ビタミンAに有意な差がないように調整した。肥育期間中のビタミンA給与については、血中ビタミンAが40IU/dlを下回った18か月齢以降、月2回7.5万単位を給与し、ズル防止で出荷1か月前には100万単位を給与した。

5. 体側及び血液検査

毎月体測を実施し、体重、体高、胸囲及び腹囲の計測を行った。また、同日採血を実施し、血中ビタミンA及びE濃度の測定（液体クロマトグラフィー）、血液検査キット（フジドライケムシステムFDC7500V）により、血中のタンパク（TP）濃度、アルブミン（ALB）濃度、 γ -グルタミルトランスアミナーゼ（ γ -GTP）濃度、アスパラギン酸アミノトランスフェラーゼ（AST）濃度、総コレステロール（T-CHO）濃度、カルシウム（Ca）濃度及びリン（P）濃度について測定を行った。

6. 超音波画像診断装置による枝肉形質の発育調査

9, 12, 15, 18, 21, 24 か月齢、出荷直前の月齢において、超音波画像診断装置（本多電子・しもふりマスター）を用い、第6・7肋骨間の僧帽筋厚、

胸最長筋面積，皮下脂肪厚及びバラ厚の各項目について計測し，調査を行った．また，BMSNo.推定値について，しもふりマスターを用い計測した．各試験区ごとに 26 または 29 か月齢でと畜し，枝肉成績は日本食肉格付協会による枝肉格付けを用いた．

7. 牛肉の脂肪酸およびアミノ酸測定

と畜後，全頭について，第 6～7 肋間のリブローズ部分を 2kg 程度サンプリング後，民間企業に依頼し，リブローズ全量粉碎時のガスクロマトグラフ法による脂肪酸組成(%)・HPLC 法によるアミノ酸分析(mg/100g)を行った．なお，サンプルは，分析までの間，2～3℃の冷蔵庫にて 2 週間の熟成期間を経た後，-30℃で冷凍保管した．

8. 味覚センサー計測及び嗜好型官能評価試験

味覚センサーによる味覚強度の計測を実施し，嗜好型官能評価試験を実施することで各試験区の牛肉の特性と対消費者における客観的な肉質の評価を行った．味覚センサーによる分析は，別府大学食物栄養学部発酵食品学科に依頼し，サンプルは各区全頭のロース部分を，分析機器は株式会社インテリジェントセンサーテクノロジー製 TS-5000Z を使用した．味覚強度の計測においては苦味雑味，渋味刺激，旨味，塩味，苦味，渋味，旨味コクの各項目について調査した．嗜好型官能評価試験については，別府大学構内職員及び研究生60人を対象に実施した．A-5 ランクのサーロイン肉5kgを各試験区 1 サンプルずつ選定し，スライスした後，ロース部分のみに成型した後に直径 30cm の両手鍋に生理食塩水 0.9 %を 2L 入れ，1400W の IH クッキングヒーターを用い沸騰させた後に 2 分間「茹でる」調理を行った．両手鍋内にあくが溜まった場合や各試験区毎にサンプルを全て調理した際には生理食塩水の入れ替えを実施した．調理した後，提供順にサンプルをプラスチック製のカップに入れ，提供直前まで 55℃のインキュベーターに保管した．サンプルを提供されたパネリストはアンケート内容に基づき，味・香り・やわらかさ・多汁性・脂肪の量・全体評価の各項目について

の好みを8段階に分け評価を行った．サンプル提供順については順序効果を考慮し，パネリスト毎にランダムに振り分けた．

9. 統計処理

各データは，統計ソフト「R」を用い，Tukey の方法による多重比較分析を行い，有意差 ($p<0.05$) があるかを判定した．

結 果

1. 飼料摂取量

飼料摂取量(乾物量)は，バイパスタシタンパク添加区で濃厚飼料 3,863kg，粗飼料 757kg，混合飼料・バイパスタシタンパク添加区で濃厚飼料 3,348kg，粗飼料 792kg，慣行区で濃厚飼料 3,773kg，粗飼料 695kg であり，バイパスタシタンパク添加区が最も飼料摂取量が多い結果となった(表1)．

表 1 飼料摂取量

区分	飼料摂取量(乾物量)		
	濃厚飼料	粗飼料	計
バイパスタシタンパク 添加区	3,863kg	757kg	4,620kg
混合飼料 バイパスタシタンパク添加区	3,348kg	792kg	4,140kg
慣行区	3,773kg	695kg	4,468kg

粗タンパク(以下，CP)摂取量については，バイパスタシタンパク添加区は 9～19ヶ月齢，21～26ヶ月例で最も高く推移し，肥育期間全体の量(平均値±SD)は 1.4±0.2(kg/日/頭)であった．混合飼料・バイパスタシタンパク添加区の摂取量は 1.2±0.2(kg/日/頭)，慣行区の摂取量は 1.0±0.1(kg/日/頭)であり，慣行区が最も低く推移した(図 1)．肥育中期以降におけるバイパスタシタンパク添加区の配合飼料摂取量は他の試験区分と比較し有意に高く，肥育中期～出荷月齢までのバイパスタシタンパク添加区の配合飼料摂取量(平均値±SD)は 7.6±0.8(kg/日/頭)に対し，混合飼料・バイパスタシタンパク添加区は 6.5±0.7(kg/日/頭)，慣行区は 6.6±0.4(kg/日/頭)であった(表 2)．

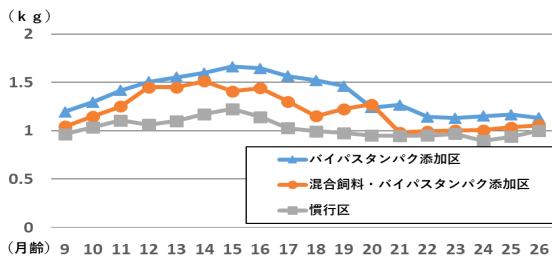


図1 CP (乾物) 摂取量

表2 各試験区分の飼料摂取量 (乾物量)

期首月齢	飼料	肥育前期(9~12ヶ月齢)										肥育中期(13~19ヶ月齢)								肥育後期(20~29ヶ月齢)								
		1W	2W	3W	4W	5W	6W	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	
バイパスタシ添加区	配合飼料	0.0	0.4	0.9	1.7	2.6	3.0	3.5	4.1	4.5	5.4	6.6	7.2	7.9	7.6	7.8	8.6	8.8	7.9	7.8	7.9	8.0	7.8	7.3				
	ふすま	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.6	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4															
	バイパスタシ	0.1	0.3	0.5	0.7	0.9	1.1	1.3	1.3	1.3	1.3	1.2	1.1	0.9	0.9	0.7	0.4											
	乾草+稲ワラ	3.6	3.8	3.9	3.7	3.1	3.0	2.9	3.2	3.2	2.1	1.4	0.7	0.5	0.5	0.7	0.8	0.7	0.7	0.8	0.9	0.9	0.8	0.7				
混合飼料・バイパスタシ添加区	配合飼料	0.0	0.3	0.7	1.5	2.4	2.9	3.4	3.9	4.0	5.3	5.4	6.2	6.2	5.4	6.3	7.3	6.8	6.9	6.9	6.9	7.1	7.4	6.2				
	ふすま	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.7	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4															
	バイパスタシ	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.4	0.6	0.9	0.9	1.0	0.9	1.0	0.8	0.7	0.6	0.4											
	混合飼料	2.2	2.4	2.4	2.3	2.4	2.4	2.3	2.4	2.3	1.2	0.8	0.7	0.9	0.9	0.9	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6	0.5				
慣行区	配合飼料	0.0	0.4	0.9	1.7	2.6	3.0	3.5	3.9	4.5	5.5	6.5	6.6	6.7	6.9	6.8	6.6	6.6	6.6	6.7	6.2	6.5	7.0	6.7	6.1	6.3	4.3	
	ふすま	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.6	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4															
	大豆粕	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.4	0.5	0.4	0.4	0.4	0.3	0.2	0.1														
	乾草+稲ワラ	3.6	3.8	3.9	3.7	3.7	3.8	3.7	2.5	2.4	1.5	0.7	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.5	0.5	0.6	0.5	0.6	0.5	0.6	0.6	0.5	

* 飼料摂取量は各牛群の測定値を頭数で除して求めた。

* 慣行区とバイパスタシ添加区において、乾草は14か月齢まで給与し、それ以降は稲ワラを給与した。

2. 発育及び血液生化学的性状の推移

試験開始体重 (平均値±SD) はバイパスタシ添加区が327.5±23.0kg、混合飼料・バイパスタシ添加区が291.8±10.5kg、慣行区が289.8±7.3kgでバイパスタシ添加区が慣行区と比較し有意に高かった。9~26ヶ月齢の間、バイパスタシ添加区の体重は慣行区より有意に高く推移し、また、15~19ヶ月齢の間、混合飼料・バイパスタシ添加区は慣行区より有意に高く推移した。出荷体重はバイパスタシ添加区、混合飼料・バイパスタシ添加区、慣行区でそれぞれ823.3±42.2kg、775.7±20.2kg、755.3±46.5kgであり、有意差はなかった(図2)。

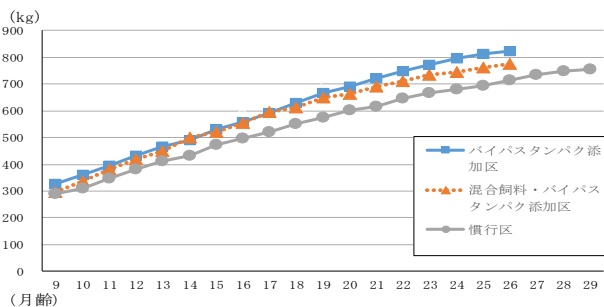


図2 体重の推移

9~15か月齢におけるバイパスタシ添加区、混合飼料・バイパスタシ添加区、慣行区の期間一日増体量(DG)はそれぞれ1.1±0.07kg、1.2±0.14kg、0.9±0.12kgであり、混合飼料・バイパスタシ添加区と慣行区を比較した時のみ有意差がみられた。また、9~19か月齢の間の期間DGは、バイパスタシ添加区、混合飼料・バイパスタシ添加区、慣行区でそれぞれ1.1±0.16kg、1.1±0.25kg、0.9±0.17kgで、有意差はなかった。また、通期DGはバイパスタシ添加区、混合飼料・バイパスタシ添加区、慣行区でそれぞれ0.7±0.13kg、0.6±0.09kg、0.6±0.08kgで、有意差はなかった(表3)。

表3 一日増体量

区分	混合飼料 給与時期	バイパスタシ 添加時期	通期
	(9~15ヶ月齢)	(9~19ヶ月齢)	(9~出荷月齢)
バイパスタシ 添加区	1.1±0.07 ^{ab}	1.1±0.16	1.0±0.25
混合飼料 バイパスタシ 添加区	1.2±0.14 ^a	1.1±0.25	0.9±0.35
慣行区	0.9±0.12 ^b	0.9±0.17	0.8±0.24

* ab間では有意差あり (p<0.05)

血液生化学的性状について、有意差がみられた項目を表 4 に示した。BUN や γ -GTP は肥育開始～出荷月齢まで混合飼料・バイパスタンプ添加区が最も高く推移した。AST や T-CHO は 20 か月齢～出荷月齢までバイパスタンプ添加区で有意に低く、ビタミン A については、肥育開始～15 か月齢において混合飼料・バイパスタンプ添加区が他の区と比較して有意に高く、以降の肥育中～後期では各試験区間で有意差なく推移した。肥育期間中、全ての区で γ -GTP は異常値を示し、AST は、肥育開始～19ヶ月齢の慣行区で異常値を示し、かつ、20ヶ月齢～出荷月齢の混合飼料・バイパスタンプ添加区及び慣行区で異常値を示した。その他の検査項目については有意差なく概ね正常値範囲内で推移した。

表 4 血液生化学的性状

項目	月齢	試験区		
		バイパスタンプ添加区	混合飼料・バイパスタンプ添加区	慣行区
BUN	肥育開始～15ヶ月齢	16.5±3.8 a	20.1±2.1 a	13.7±2.6 b
	肥育開始～19ヶ月齢	17.4±3.5 a	19.8±2.0 a	13.8±2.2 b
	20ヶ月齢～出荷月齢	13.3±1.4 ab	15.0±2.0 a	12.9±1.1 b
γ -GTP	肥育開始～15ヶ月齢	26.5±4.8	34.0±4.8	26.4±3.7
	肥育開始～19ヶ月齢	31.2±8.1 b	42.4±14.9 a	33.0±9.8 ab
	20ヶ月齢～出荷月齢	34.2±3.9 b	47.5±10.4 a	37.3±4.7 b
AST	肥育開始～15ヶ月齢	71.3±11.3	70.7±10.5	72.4±5.5
	肥育開始～19ヶ月齢	71.6±11.1	78.9±16.5	89.8±25.1
	20ヶ月齢～出荷月齢	66.0±6.5 b	81.6±14.0 a	88.7±13.8 a
T-CHO	肥育開始～15ヶ月齢	93.6±13.8 b	118.6±24.3 a	114.4±18.7 a
	肥育開始～19ヶ月齢	111.9±27.2	134.9±29.3	139.9±37.2
	20ヶ月齢～出荷月齢	141.5±14.0 b	170.2±14.5 a	169.0±14.0 a
V.A	肥育開始～15ヶ月齢	98.2±11.1 b	125.4±17.8 a	97.7±11.1 b
	肥育開始～19ヶ月齢	75.0±31.9	80.8±37.2	72.2±30.0
	20ヶ月齢～出荷月齢	32.7±7.7	32.9±9.5	39.8±11.5

*同行 ab 間で有意差あり (p<0.05)

3. 枝肉調査・超音波画像診断装置の発育調査

皮下脂肪厚・僧帽筋厚については、いずれの試験区も出荷まで次第に厚みが増していた。とくに混合飼料・バイパスタンプ添加区の僧帽筋厚については、18 か月齢～21 か月齢で 8.2cm と厚みが大きく増していた。バラ厚は各試験区とも近い値を示しつつ、増加するように推移していた。胸最長筋面積については、出荷直前は慣行区が最も大きい値を示したものの、と畜時には、バイパスタンプ添加区が

最も大きい値を示し、慣行区が最も小さい値を示した。BMSNo は、各試験区とも 18 か月齢から出荷直前まで増加するように推移していた (表 5)。

表 5 超音波画像診断装置による各形質の推移

形質	試験区	月 齢							出荷前	と畜時
		9	12	15	18	21	24	27		
皮下脂肪厚 (mm)	バイパスタンプ添加区	7.5	10.3	15.0	20.3	24.3	26.0	-	27.8	30.3
	混合飼料・バイパスタンプ添加区	7.3	10.5	14.0	18.0	21.7	22.3	-	23.0	30.0
	慣行区	7.5	8.8	12.5	16.8	18.3	21.3	24.8	32.0	26.0
僧帽筋厚 (mm)	バイパスタンプ添加区	11.3	12.0	14.3	18.5	22.8	27.4	-	31.5	32.3
	混合飼料・バイパスタンプ添加区	9.0	14.8	21.0	23.8	32.0	35.7	-	39.3	41.3
	慣行区	11.3	13.5	16.5	20.8	25.0	27.1	29.0	32.5	42.8
バラ厚 (mm)	バイパスタンプ添加区	36.0	40.5	51.8	60.5	77.8	78.8	-	82.0	79.0
	混合飼料・バイパスタンプ添加区	34.5	41.3	50.5	60.0	76.0	87.2	-	91.0	83.0
	慣行区	34.8	43.8	51.3	64.0	75.0	79.1	83.3	90.0	88.8
胸最長筋面積 (cm ²)	バイパスタンプ添加区	18.3	19.3	26.0	30.3	40.3	47.5	-	53.3	65.0
	混合飼料・バイパスタンプ添加区	13.8	22.5	25.0	35.0	51.5	53.5	-	56.8	62.0
	慣行区	14.8	20.8	27.0	44.5	39.5	44.4	49.0	69.0	59.5
BMSNo	バイパスタンプ添加区	-	-	-	3.4	3.8	4.5	-	5.1	5.5
	混合飼料・バイパスタンプ添加区	-	-	-	2.5	4.2	5.2	-	6.0	6.3
	慣行区	-	-	-	3.0	3.5	5.2	7.1	7.6	7.3

4. 枝肉成績

枝肉重量はバイパスタンプ添加区が 516.1±23.5、混合飼料・バイパスタンプ添加区が 488.5±11.7、慣行区が 476.3±34.9 と、バイパスタンプ添加区、混合飼料・バイパスタンプ添加区が慣行区を上回っていた。胸最長筋面積についても、バイパスタンプ添加区と混合飼料・バイパスタンプ添加区が慣行区を上回っていたが、バラ厚については、慣行区が最も大きい値を示した。皮下脂肪の厚さは、バイパスタンプ添加区、混合飼料・バイパスタンプ添加区が平均 3.0cm を超えていたが、慣行区は平均 2.6cm と下回っていた。BMSNo については、バイパスタンプ添加区が 5.5±1.5 と最も低く、次いで混合飼料・バイパスタンプ添加区が 6.3±2.1、慣行区が 7.3±1.6 であった。とくにバイパスタンプ添加区は締まり・きめの値が他の区と比較して低く、締まり・きめによる格落ちが 2 頭みられた。混合飼料・バイパスタンプ添加区と慣行区においては締まり・きめ、その他要因による格落ちは 1 頭みられなかった。枝肉成績の各項目における有意差はみられなかった。(表 6)。

表 6 枝肉成績

区分	出荷月齢	枝肉重量 (kg)	胸最長筋 面積 (cm ²)	バラの厚 さ (cm)	皮下脂肪 の厚さ (cm)	歩留基準 値 (%)	BMSNo.	締まり	きめ	締まり・ きめによる 格落ち
バイパスタンプ 添加区	26ヶ月齢	516.1±23.5	65.0±9.6	7.9±0.4	3.0±0.8	74.0±2.2	5.5±1.5	3.5±0.9	3.8±0.8	2頭
混合飼料 バイパスタンプ 添加区	26ヶ月齢	488.5±11.7	62.0±11.7	8.3±0.2	3.0±0.2	74.2±0.2	6.3±2.1	4.0±0.8	4.0±0.8	-
慣行区	29ヶ月齢	476.3±34.9	59.5±8.9	8.9±0.7	2.6±0.4	74.9±0.4	7.3±1.6	4.3±0.4	4.5±0.5	-

5. 脂肪酸およびアミノ酸測定

脂肪酸については、C16:1（パルミチン酸）において、混合飼料・バイパスタンプ添加区が他の区と比較して有意に低い傾向がみられた。また、C18:0（ステアリン酸）については、混合飼料・バイパスタンプ添加区が他の区と比較して有意に高かった。C18:1（オレイン酸）については、各試験区間で有意差はなかった。また、一価不飽和脂肪酸については、バイパスタンプ添加区が最も大きい値を示すものの、有意差はみられなかった。その他の項目（C14:0, C16:0, C17:1, C18:2, 飽和脂肪酸）に関しても有意差はみられなかった（表 7）。アミノ酸測定については、慣行区とその他の区とで数種類の遊離アミノ酸に有意差がみられた（表 8）。アミノ酸の呈味成分に分けても有意差がみられ、旨味成分はバイパスタンプ添加区が 80.8 ± 16.6 (mg/100g) に対し、慣行区が 40.3 ± 3.3 (mg/100g) と有意に低く、同様に甘味成分についてもバイパスタンプ添加区が 120.0 ± 23.0 (mg/100g) であり、他の区より高く、風味・苦味成分についても、バイパスタンプ添加区が 173.5 ± 8.7 (mg/100g) であり、他の区と比較して有意に高かった（表 9）。

6. 味覚センサー及び嗜好型官能評価試験

味覚センサーによる味覚強度については、慣行区の値を基準として相対的な数値を示したところ、塩味についてのみ有意差がみられた。また、いずれの試験区においても、口に含んだ際に感じる先味の塩味

表 7 脂肪酸割合（単位：%）

	C14:0	C16:0	C16:1	C17:1	C18:0	C18:1	C18:2	飽和 脂肪 酸	一価不飽 和 脂肪 酸
バイパスタンプ 添加区	2.2	23.3	3.9 ^A	1.0	8.2 ^b	49.7	2.4	35.0	60.9
混合飼料・バイパ スタンプ 添加区	2.2	23.4	2.7 ^B	0.7	10.7 ^a	45.9	2.1	37.4	54.6
慣行区	2.3	23.6	4.0 ^A	0.9	8.7 ^b	48.3	2.2	35.8	57.4

* AB 間で有意傾向 (p<0.10), ab 間で有意差あり (p<0.05)

表 8 遊離アミノ酸の値

	グルタミン酸	グリシン	アラニン	トレオニン	アルギニン	メチオニン	フェニル アラニン
バイパスタンプ 添加区	29.5±3.8 ^a	16.3±1.9 ^a	58.3±9.1 ^a	16.3±2.3 ^a	25.8±11.6 ^a	13.3±1.1 ^a	21.3±1.8 ^a
混合飼料・バイ パスタンプ添 加区	25.7±2.1 ^a	12.0±1.6 ^a	39.3±4.5 ^a	10.3±1.7 ^a	31.7±3.3 ^a	11.0±0.8 ^a	16.3±1.7 ^a
慣行区	5.5±1.1 ^b	4.8±0.8 ^b	17.0±2.3 ^b	2.8±0.4 ^b	2.8±2.3 ^b	1.3±0.4 ^b	1.8±0.4 ^b

* ab 間で有意差あり (p<0.05)

表 9 アミノ酸の呈味成分と値

区分	旨味 (mg/100g)	甘味 (mg/100g)	風味・苦味 (mg/100g)
バイパスタンプ添加区	80.8±16.6 ^a	120.0±23.0 ^a	173.5±8.7 ^a
混合飼料 バイパスタンプ添 加区	57.7±2.6 ^{ab}	83.3±9.0 ^b	149.0±13.5 ^b
慣行区	40.3±3.3 ^b	30.3±4.0 ^b	35.8±7.6 ^b

* ab 間で有意差あり (p<0.05)

・旨味・渋味刺激と口に含んだ後に感じる後味の旨味コクの計 4 つの味は味覚センサーに応答し、味覚閾値を超える味であると判定された (表 10)。

表 10 味覚センサーによる味覚強度

区分	苦味雑味	渋味刺激	旨味	塩味	苦味	渋味	旨味コク
バイパスタンプ添加区	-0.01	0.06	-0.08	0.24 ^a	0.11	0.00	0.11
混合飼料 バイパスタンプ添加区	-0.16	0.05	-0.12	0.13 ^b	0.08	-0.04	0.11
慣行区	0.00 ^c						

* 慣行区の味覚強度を 0 としたときの相対的な数値を示した。

* ab 間に有意差あり。

また、嗜好型官能評価試験については、香り・やわらかさ・味・多汁性・脂肪の量・全体評価について、各試験区間で有意な差はみられなかった (図 3)。サンプル提供順はランダムであったものの、順序効果を考慮し、サンプル提供順による統計調査を行ったが、有意な差はみられなかった。また、男女間における官能評価による有意な差はみられなかった。

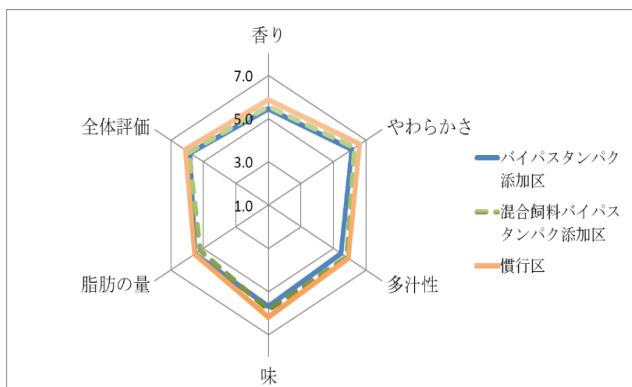


図 3 嗜好型官能評価試験の結果

7. 経済性

各試験区における濃厚飼料・粗飼料の採食量をベースとして飼料費を算出すると、バイパスタンプ添加区が 387 千円、混合飼料・バイパスタンプ添加区が 347 千円、慣行区が 374 千円であり、慣行区と比較してバイパスタンプ添加区が大きく、混合飼料・バイパスタンプ添加区が小さかった。また、2018 年 12 月の東京市場の枝肉価格⁵⁾を参考にして、

平均枝肉価格を算出した。バイパスタンプ添加区が 1,356 千円、混合飼料・バイパスタンプ添加区が 1,332 千円、慣行区が 1,319 千円であり、飼料費との差益がそれぞれ、969 千円、985 千円、945 千円であった。求められた差益を慣行区と比較すると、バイパスタンプ添加区が 24 千円、混合飼料・バイパスタンプ添加区が 40 千円であり、収益の向上効果が示された (表 11)。

表 11 採食量と飼料費

区分	採食量 (金額) / ベース			平均枝肉価格 (B)	差益 (A) - (B)	慣行区との差
	濃厚飼料	粗飼料	計 (A)			
バイパスタンプ添加区	3,863kg (323千円)	757kg (64千円)	(387千円)	1,356千円	969千円	24千円
混合飼料 バイパスタンプ添加区	3,348kg (279千円)	792kg (69千円)	(347千円)	1,332千円	985千円	40千円
慣行区	3,773kg (309千円)	695kg (65千円)	(374千円)	1,319千円	945千円	-

* 濃厚飼料には、配合飼料、バイパスタンプ、大豆粕、フスマを含む。

* 粗飼料には、混合飼料を含む。

* 飼料費は 2016 年 4 月の購入実績 (単価) から試算した。

* 平均枝肉価格は、2018 年 12 月東京市場 黒毛和種去勢 枝肉価格⁵⁾を素にした補正值の平均値を用いた。

考 察

黒毛和種の肥育前～中期にバイパスタンプを添加し、さらに混合飼料を添加しても慣行区と遜色のない発育を示した。飼料摂取量に関しては、バイパスタンプ添加区が中期～後期に配合飼料を慣行区より多く摂取していたが、試験開始当初の体重に有意差がみられたことを考慮すると、バイパスタンプ添加による効果であるとの確証がなく、試験開始段階もしくは試験開始直後での体重差のないような群分けが必要であったと考えられる。

一日増体量に関しては、混合飼料給与時期 (9～15 か月齢)、慣行区との開始体重に差のなかった混合飼料・バイパスタンプ添加区の増体が慣行区より有

意に高かったことから、混合飼料・バイパスタンプク給与により増体を向上させることが示された。

枝肉成績については、BMSNo が比較的低いバイパスタンプク添加区では、締まり・きめの値も低く、混合飼料・バイパスタンプク添加区、慣行区と BMSNo の値が大きくなるにつれ、締まり・きめの値も大きくなった。本試験では、枝肉重量が最も高かったバイパスタンプク添加区の差益が慣行区より高いという結果となっているが、肥育前～中期の混合飼料を組み合わせた飼料給与により、締まり・きめによる格落ちのリスクを少なく、さらには枝肉重量の確保による差益向上を目指していくべきであると考えられる。ただし、バイパスタンプク添加区、混合飼料・バイパスタンプク添加区の皮下脂肪厚は慣行区より厚く、バラ厚は慣行区より低かったため、これらの項目を改善するための給与試験が今後必要となってくると考えられる。

脂肪酸については、有意差もしくは有意傾向のあった C16:1, C18:0 とともに脂肪酸割合が低く、官能評価への影響が少なかったことが考えられた。しかし、C18:0 の割合が高くなるにつれ、脂肪融点も高くなるという報告⁶⁾もあり、C18:0 の脂肪酸割合の大小は牛肉を含んだ瞬間の口溶けについては多少の影響を及ぼしているとも考えられる。これら C16:1, C18:0 は遺伝率は他の脂肪酸と比較しても高く^{7) 8)}、それらの脂肪酸割合は遺伝的影響も少なからずあると考えられる。

本試験では、慣行区とその他の区とで数種類のアミノ酸含量及びアミノ酸の呈味成分に有意差がみられた。要因の一つとして、バイパスタンプク質はアミノ酸の形で小腸から直接吸収されるので、ルーメンの状態の影響少なくアミノ酸を体内に取り込むことができたということが考えられる。また、渡辺ら(2001)は遊離アミノ酸量を 15, 25 及び 35 か月齢の牛で比較すると 25 か月齢が最も多いことや、筋肉内の遊離アミノ酸は成長期に増加することを示しており⁹⁾、慣行区と比較して、その他の区は中～後期の飼料摂取量が高く、代償性に発育が促進されるとともに、と畜時の月齢が 26 か月齢であったため、牛肉中の遊離アミノ酸量が比較的高く示されたと考え

られる。味覚センサー及び嗜好型官能評価試験では、明確に各試験区間での客観的な評価に差が認められなかった。本試験では、脂肪酸・アミノ酸測定、味覚センサーによる味覚強度の測定は、生肉を用いて行われているが、嗜好型官能評価試験では「茹でる」という加熱調理を行っているため、牛肉成分の差が官能評価に影響しなかった可能性がある。生肉に加えて、調理後の牛肉についての分析を行うことで、どのように脂肪酸・アミノ酸・味覚強度の値が変化するかを確認する必要があると考えられる。また、アミノ酸に関しては食物の消化吸収・代謝調節にも関わるということが明らかになってきており¹⁰⁾、官能評価のみに限らず、試験牛肉が含んでいるアミノ酸およびその他物質のヒト体内への影響にも着目して成分分析していくことも挙げられる。

今後は、今回の試験成績を参考にし、農家の収益性の向上を実現するための飼料給与マニュアル作成に努めていきたい。

文 献

- 1) 家畜改良増殖目標 農林水産省 (2015 年 3 月策定)
- 2) 鶴岡克彦・後藤貴文・飯田弘・古瀬充宏. 麦焼酎粕濃縮液とイネ発酵粗飼料を主体とした子牛育成用飼料の開発 九州大学学術情報リポジトリ (2016)
- 3) 倉原貴美・中島伸子・金丸英伸・藤田達男. 稲発酵粗飼料及び焼酎粕濃縮液混合飼料の利用技術の確立 肉用牛への給与技術の確立②肥育牛への給与技術の確立. 平成 24 年度大分県農林水産研究指導センター畜産研究部試験成績報告書, 42, 25-29 (2012)
- 4) 阿部又信. ルーメン発酵の効率と飼料のルーメン・バイパス 日本畜産学会報, 51, 1-11 (1980)
- 5) 牛肉の価格動向 平成 30 年 12 月東京市場 独立行政法人農畜産業振興機構 (2018)
- 6) 小林正人・庄司則章. 黒毛和種牛肉の脂肪の質 東北畜産学会報 60 (3), 65 ~ 73 (2011) .
- 7) 阿部正博, 奥山雄治, 奥山祐輔: 黒毛和種牛肉の筋肉内脂肪に関する遺伝的要因の解明 (第 1 報)

山形県農業研究研修センター畜産研究部研究報告,
47, 75-78 (2000).

8) 熊谷祐宏. 県有黒毛和種種雄牛の一価不飽和脂
肪酸割合育種価の推定 平成 26 年度 岩手県農業研
究センター試験研究成績書, 27,1-2 (2014).

9) 渡辺彰・上田靖子・篠田満・甫立孝一・新宮博行・楡
引史郎. 牛の品種及び月齢の差が牛肉の遊離アミノ
酸量に及ぼす影響 平成 13 年度東北農業研究成果情
報 (2001)

10) 河合美佐子. 味を決めるアミノ酸. 生物工学
会誌 89, 679-682, (2011).