

とよのくに一本化体系における「締まり」の改善方法の検討

三輪 友樹・藤田 和男¹・倉原 貴美・藤田 達男

大分県農林水産研究指導センター畜産研究部・¹大分県東部振興局

要約 「とよのくに一本化体系」における「締まり」の改善を目的に、肥育前～中期に配合飼料給与量を増量し発育（赤肉生産）を促進した後、仕上げ期の給与量を減じて発育を抑制することにより「締まり」が改善するかどうかを検討した。試験区（去勢 3 頭、雌 3 頭）の期間 DG (kg/日) は、去勢牛で肥育前期 1.06, 肥育中期 0.83, 仕上げ期前半 2 ヶ月間 0.75, 出荷前 3 ヶ月間 0.38, 雌牛で肥育前期 0.83, 肥育中期 0.88, 仕上げ期前半 2 ヶ月間 0.57, 出荷前 3 ヶ月間 0.08 と、ほぼ設計に近い状態で発育を制御できた。従来法で肥育した対照区（去勢 3 頭、雌 3 頭）と試験区の枝肉成績を比較した結果、脂肪交雑等級は、去勢牛では試験区 (4.3) が対照区 (3.7) よりも高かったが、雌牛では試験区 (3.3) よりも対照区 (4.0) の方が高かった。締まりは、去勢牛では試験区 (4.3) が対照区 (3.7) よりも高かったが、雌牛では試験区 (3.0) よりも対照区 (4.0) の方が高く、脂肪交雑等級の評価と同じ傾向であった。この中で試験区の雌 1 頭は、BMS No.3, 締まり 2, 等級 B-2 と格付けされ「格落ち」であった。この雌牛の筋肉中の保水性については、他の雌牛と差はなかったが、水分含量については、他の雌牛より高値であった。このことから、筋肉中の水分含量が「締まり」に関与することが示唆された。本試験により、肥育仕上げ期の発育抑制によって「締まり」を改善することは難しく、今後さらに検討が必要である。

キーワード: 黒毛和種, 肥育, 締まり, 格落ち, 理化学的性状

緒言

本県では、新規参入の大規模肥育経営体及び規模拡大を行った肥育農家等に対する、飼料給与作業の省力化並びにビタミン A コントロールの簡略化を図るため、全肥育期間を単一の配合飼料「エクセレント」で賄う「とよのくに一本化体系」（以下、「一本化体系」と略す）が考案された。「一本化体系」では、飼料給与に係る作業時間は、本県が従来から推奨している「とよのくにマニュアル」と比較して 1/3 に短縮できたものの、出荷した 16 頭の枝肉成績は、「脂肪交雑等級」が 4 等級でありながら「きめ・締まり」等級が 3 等級のため肉質等級が 3 等級に格落ちしたものが 4 頭、同様の理由で肉質等級が 2 等級に格落ちしたものが 2 頭、合わせて 16 頭中 6 頭が、「きめ・締まり」

に起因する「格落ち」であった。この試験に用いた「エクセレント」飼料中のビタミン A 含有量は 1 kg あたり 720IU であり、飼料中のビタミン A 含有量の多少が肉質（主に BMS. No）を左右し、「締まり」の良否に影響していると考察している（倉原ら, 2008）。「締まり」は流通において重要視される形質の一つであり、「格落ち」による枝肉単価下落は、収益性に少なからぬ影響を与えるため、「締まり」を改善することは重要であるが、これまで「締まり」の改善を目的とした肥育試験は見当たらない。

そこで、産肉生理理論を基に、肥育前～中期に発育（赤肉生産）を促進した後、仕上げ期の発育を抑制することにより「締まり」の改善の改善を

目指した。全肥育期間を単一の配合飼料で賄う「一本化体系」では、「エクセレント」飼料中のビタミン A 含有量が一定であるため、肥育前～中期は配合飼料給与量を増量し、発育を促進した後、仕上げ期は給与量を減じて発育を抑制することで「締まり」が改善するかどうかを検討した。

材料および方法

【供試牛】 2011年2月～2012年7月に当場で生産された黒毛和種去勢牛6頭と雌牛6頭を用いて、概ね9ヵ月齢に達した時期に、去勢牛、雌牛それぞれ試験区3頭、対照区3頭の牛群を編成し供試した。供試牛群の生年月日と試験開始時の平均体重は、去勢牛試験区(2011年2月8日～2月9日生):304kg, 去勢牛対照区(2011年4月4日～5月18日生):302kg, 雌牛試験区(2012年4月27日～5月15日生):285kg, 雌牛対照区(2012年7月20日～7月29日生):238kg, 各牛群内の日齢差は2～44日であった。

【給与飼料】「一本化体系」で用いる配合飼料「肉牛肥育用エクセレント」は、材料等の構成が穀類67%(とうもろこし, 麦), そうこう類25%(ふすま, 麦ぬか, コーングルテンフィード, 米ぬか), 植物性油かす類7%(大豆油かす) その他1%(糖蜜, 炭酸カルシウム, 食塩), 成分量は、粗たん白質11.0%以上, 粗脂肪2.0%以上, 粗繊維10.0%以下, 粗灰分10.0%以下, カルシウム0.15%以上, りん

0.35%以上, 可消化養分総量72.0%以上と表示されたものを使用した。また, 添加されているビタミンAは250IU/kgであった。

【給与方法】表1に去勢牛試験区, 表2に去勢牛対照区の飼料給与マニュアルを示した。肥育前期(9～16ヵ月齢)～肥育中期(17～23ヵ月齢)は, エクセレント, 大豆粕, 乾草, わら, 発酵バカスを試験区, 対照区同一にして十分発育を促進させるよう設定した。仕上げ期(24ヵ月齢～出荷)は, わらとエクセレントを給与をベースとして, 試験区ではエクセレント給与量を1日1頭あたり8.5kgから6.5kgに減じて, D.Gを0.50kg/日から0.38kg/日に発育を抑制するよう設定し, 対照区では, エクセレント給与量を1日1頭あたり8.5kgに維持し, D.Gを0.60kg/日に設定した。仕上げ期の試験区のDM充足率は102%から90%, CP充足率は140%から128%, TDN充足率は104%から94%にそれぞれ減じ, 発育を抑制した。一方, 仕上げ期の対照区のDM充足率は104%から99%, CP充足率は142%から141%, TDN充足率は104%から100%にほぼ一定に設定した。雌牛も基本的に同様の給与マニュアルとし, 体重に応じて調整した。給餌は朝夕2回に分けて行い, 翌朝に前日の残飼量を計量し, 牛群毎の飼料摂取量を記録した。肥育期間は去勢牛, 雌牛ともに20ヵ月間, 出荷月齢は去勢牛29ヵ月齢, 雌牛30ヵ月齢とした。

表1. 締まり改善試験(試験区)

肥育ステージ		前期																			中期						仕上げ期					
期首月齢	期首体重(kg)	9.0	9.2	9.5	9.7	9.9	10.2	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29						
期首月齢	期首体重(kg)	290	296	303	310	317	324	335	368	404	440	476	512	548	583	618	648	675	699	720	738	753	767	779	790	799						
増飼増体(kg)	増飼増体(kg)	0.90	0.90	1.00	1.00	1.00	1.10	1.10	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.15	1.15	1.00	0.90	0.80	0.70	0.60	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30	0.25						
		1.14																			0.90						0.50 0.48 0.46 0.43 0.41 0.38					
1頭あたり(kg)	エクセレント	3.5	4	4.5	5	5	6	7	8	8	8.5	9	9.5	10	10	9.5	9.3	9	8.5	8.5												
	大豆粕	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5																			
	乾草	3	2.5	2.5	2	1.5	1																									
	わら	0.5	0.5	0.5	0.5	1	1	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1						
	発酵バカス	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5																									

表2. 締まり改善試験(対照区)

肥育ステージ		前期																			中期						仕上げ期					
期首月齢	期首体重(kg)	9.0	9.2	9.5	9.7	9.9	10.2	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29						
期首月齢	期首体重(kg)	290	296	303	310	317	324	335	368	404	440	476	512	548	583	618	648	675	699	720	738	756	774	792	810	828						
増飼増体(kg)	増飼増体(kg)	0.90	0.90	1.00	1.00	1.00	1.10	1.10	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.15	1.15	1.00	0.90	0.80	0.70	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60						
		1.14																			0.90						0.60 0.60 0.60 0.60 0.60 0.60					
1頭あたり(kg)	エクセレント	3.5	4	4.5	5	5	6	7	8	8	8.5	9	9.5	10	10	9.5	9.3	9	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5						
	大豆粕	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5																			
	乾草	3	2.5	2.5	2	1.5	1																									
	わら	0.5	0.5	0.5	0.5	1	1	2	2	2	2	1.5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1						
	発酵バカス	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5																									

【調査項目】飼料摂取量は毎日，体重，体高，胸囲，血中ビタミン濃度の測定は毎月 1 回実施した。枝肉成績は，公益社団法人日本食肉格付協会の牛枝肉格付明細書を使用した。牛肉の理化学性状については，宮崎大学（現，近畿大学）入江先生指導の下，雌牛群（試験区 3 頭，対照区 3 頭）の胸最長筋第 6～7 肋骨間断面（ロース芯）部分を約 3cm の厚さにカットし， -20°C で凍結保存したものを宮崎大学に送付し，そこで水分（%），粗脂肪（%），粗灰分（%），粗蛋白質（%），全コラーゲン（%），可溶性コラーゲン（%），不溶性コラーゲン（%），加熱損失率（%）および剪断力価（N）について測定した。

結果および考察

1) 増体成績と濃厚飼料摂取量

去勢牛では，期間 D.G（kg/日）は，試験区で肥育前期～中期：1.06～0.83，仕上げ期～出荷前

3 ヶ月間：0.75～0.38，通算 D.G は 0.84，対照区で肥育前期～中期：0.90～0.73，仕上げ期～出荷前 3 ヶ月間：0.75～0.78，通算 D.G は 0.84 で推移した。雌牛では，試験区で肥育前期～中期：0.83～0.88，仕上げ期～出荷前 3 ヶ月間：0.57～0.08，通算 D.G は 0.69，対照区で肥育前期～中期：0.85～0.75，仕上げ期～出荷前 3 ヶ月間：0.35～0.38，通算 D.G は 0.67 で推移した。濃厚飼料の通算摂取量は，去勢牛で試験区 5,272kg，対照区 4,999kg，雌牛で試験区 4,142kg，対照区 4,140kg であった。今回の試験では，肥育前～中期に配合飼料給与量を増量し発育（赤肉生産）を促進した後，仕上げ期の給与量を減じて発育を抑制した試験区と，抑制しない対照区を比較することになり，各試験区の期間 D.G の結果から，発育の制御については，ほぼ当初の試験設計どおり肥育試験は達成できたと判断した。

表3 増体成績(D.G:kg/日)と濃厚飼料摂取量

項目	去勢		項目	雌	
	試験区(n=3)	対照区(n=3)		試験区(n=3)	対照区(n=3)
開始体重	304kg	302kg	開始体重	285kg	238kg
出荷体重	816kg	791kg	出荷体重	707kg	645.7kg
前期D.G(9～16ヵ月齢)	1.06 (2,006)	0.90 (1,800)	前期D.G(10～16ヵ月齢)	0.83 (1,227)	0.85 (1,352)
中期D.G(17～23ヵ月齢)	0.83 (1,939)	0.73 (1,733)	中期D.G(17～23ヵ月齢)	0.88 (1,566)	0.75 (1,594)
仕上げ期D.G(24～25ヵ月齢)	0.75 (540)	0.75(553)	仕上げ期D.G(24～26ヵ月齢)	0.57 (747)	0.35 (577)
出荷前3ヵ月(26～29ヵ月齢)	0.38 (707)	0.78 (824)	出荷前3ヵ月(27～30ヵ月齢)	0.08 (602)	0.38 (617)
通算D.G	0.84 (5,272)	0.80 (4,999)	通算D.G	0.69 (4,142)	0.67 (4,140)

()は濃厚飼料摂取量:kg

2) 枝肉成績

去勢牛では，枝肉重量，ロース芯面積，バラの厚さ，歩留まり基準値，BMS.No.，脂肪交雑等級，縮まり，きめは，試験区が対照区よりも高かった。雌牛では，枝肉重量，バラの厚さ，BCS.No. で試験区が対照区よりも高値であったが，歩留まり基準値，BMS.No.，脂肪交雑等級，縮まり，きめは，試験区よりも対照区の方が高かった。縮まりは，去

勢牛では試験区（4.3）が対照区（3.7）よりも高かったが，雌牛では試験区（3.0）よりも対照区（4.0）の方が高く，脂肪交雑等級の評価と同じ傾向であった。「格落ち」について調査した結果，雌の試験区の 1 頭は，BMS.No. 3，縮まり 2，等級 B-2 と格付けされ，いわゆる「格落ち」であった。

表4 枝肉成績

項目	去勢		雌	
	試験区(n=3)	対照区(n=3)	試験区(n=3)	対照区(n=3)
枝肉重量(kg)	526.8	473.4	450.2	403.9
ロース芯面積(cm ²)	61.7	56.0	53.0	53.0
バラの厚さ(cm)	8.6	6.8	8.3	7.3
皮下脂肪の厚さ(cm)	3.6	4.7	5.0	4.4
歩留基準値(%)	73.4	72.2	71.8	72.2
BMS No.	7.0	5.0	4.0	5.7
脂肪交雑等級	4.3	3.7	3.3	4.0
BCS No.	3.7	3.7	4.3	4.0
結まり	4.3	3.7	3.0	4.0
きめ	4.3	3.7	3.3	4.0
BFS No.	3.0	3.0	3.0	3.0

3) 血中ビタミン A 濃度

去勢牛群及び雌牛群の試験区，対照区の血中ビタミン A 濃度を図 1，図 2 に示した。肥育開始時はいずれの区も平均 110 U/dl 程度であったが，月齢が進むにつれて低下し，去勢牛では対照区が，雌牛群では試験区が早期に低下した。20～24 ヶ月

齢では概ね 40～60 I.U/dl を推移し，出荷時においては全区とも 20～40 I.U/dl であった。肥育期間中，20 I.U/dl を下回ることがなかったので予防的にビタミン A 剤を投与することはなかった。

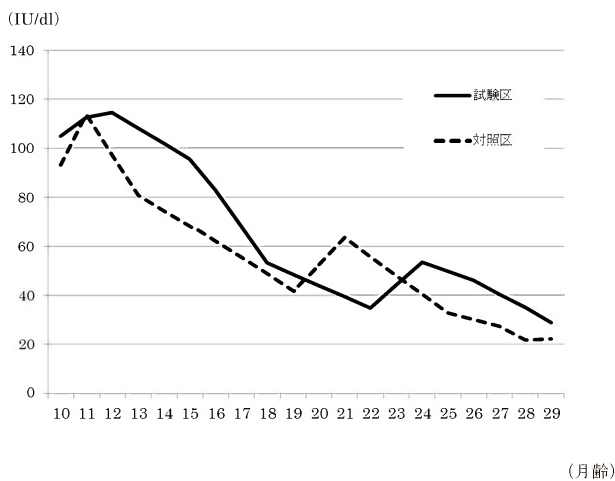


図1. 去勢牛群の血中ビタミン A 値の推移

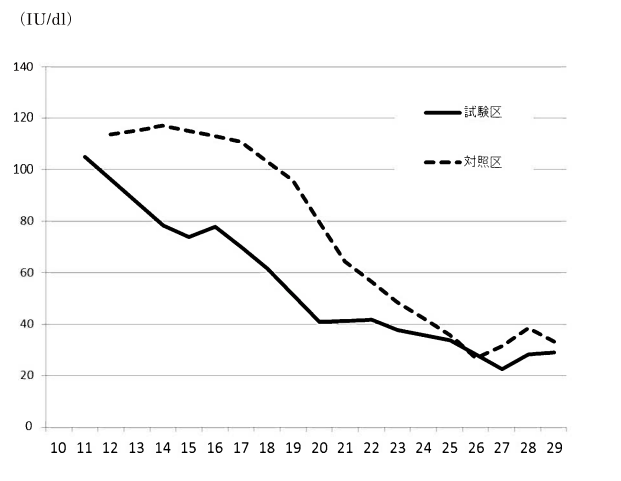


図2. 雌牛群の血中ビタミン A 値の推移

4) 理化学的性状

去勢牛群（試験区 3 頭，対照区 3 頭），雌牛群（試験区 3 頭，対照区 3 頭）の胸最長筋第 6～7 肋骨間断面（ロース芯）部位牛肉の理化学的性状を表 5 に示した。粗灰分では有意差(P<0.05)が認められたものの，粗脂肪，粗タンパク，各種コラーゲン含量など，その他項目では試験区と対照区で有意な差は見られなかった。また，特に「縮まり」に関係している理化学的性状項目である保水性（図 3）では，胸最長筋，僧帽筋，背半棘筋のいずれの筋肉においても両区間で有意な差は見られなかった。水分含量について，試験区，対照区ともに 45～44%で両区に有意差はなかったが，試験区の雌牛 1 頭は 50.27%と両区のなかでも突出して高値であった。

表 5 雌牛群のロース芯部位牛肉の理化学的性状

	対照区	試験区
水分 (%)	44.28 ± 1.95	45.43 ± 2.09
粗脂肪 (%)	40.01 ± 2.38	39.69 ± 2.09
粗灰分 (%)	* 0.79 ± 0.04	0.67 ± 0.03
粗蛋白質 (%)	15.1 ± 0.39	14.39 ± 0.66
全コラーゲン (%)	5.74 ± 2.28	6.03 ± 0.91
可溶性コラーゲン (%)	0.46 ± 0.07	0.39 ± 0.07
不溶性コラーゲン (%)	5.29 ± 2.35	5.65 ± 0.87
加熱損失率 (%)	11.50 ± 2.39	14.37 ± 1.53
剪断力価 (N)	15.32 ± 2.09	15.78 ± 1.07

平均 ± S.E.*: P<0.05

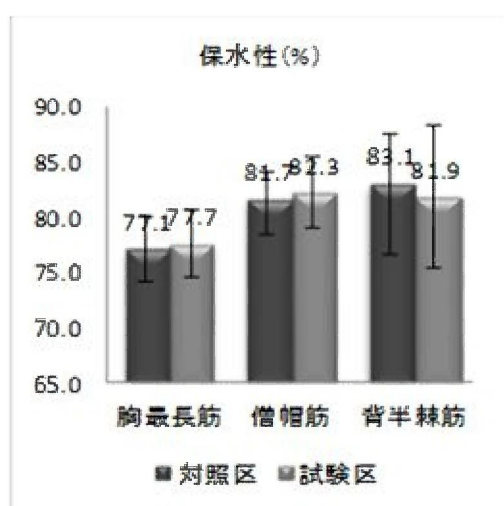


図 3 雌牛群の胸最長筋，僧帽筋，背半棘筋における保水性

この牛の枝肉格付けは，BMS.No.3，脂肪交雑等級 3，縮まり 2，きめ 3，B-2 等級であり，いわゆる「格落ち」牛であった。

牛枝肉の肉質評価項目は，脂肪交雑，肉の色沢，肉の縮まり及びきめ，脂肪の色沢と質の 4 項目において評価される。4 項目は各々 5 段階に格付けされ，4 項目の中で最も低い等級が肉質等級として判定される。我が国では，脂肪交雑の程度の高い牛肉が市場において好まれており，脂肪交雑が優れていると経済的価値が高くなる傾向にある。しかしながら，脂肪交雑の評価値が高くて，その他の 3 項目の評価値次第では，肉質等級が格下げになる。脂肪交雑の評価値に対して肉質等級が格下げになる要因として，肉の縮まりおよびきめ等級が他の項目よりも劣ることが挙げられる。

浜崎ら(2009)は，2005 年から 2007 年に北海道の枝肉市場に出荷された黒毛和種 4,271 頭の枝肉格付け記録において，脂肪交雑の評価より肉質等級が格下げになった枝肉が 23.3%あり，この内，肉の縮まりおよびきめ等級が原因で格下げになったものが 93.8%を占め，きめよりも縮まりの劣る枝肉が多く存在し，それが原因で低く評価されていることを報告している。また，肉の縮まりは，食肉の保水性と深く関連しており，縮まりが悪い肉は，食肉としての見た目も悪く，肉汁を損失するため重量が減り，かつ味も低下する(中央畜産会 2000)とも言われていることから，牛肉の経済的価値に少なからず影響を与えていると推察している。

本研究では，「とよのくに一本化体系」における「縮まり」の改善を目的に，肥育前～中期に配合飼料給与量を増量し，発育（赤肉生産）を促進し一定の増体を獲得した後，仕上げ期には，給与量を減じて発育を抑制することにより赤肉生産を抑制し，肉の水分含量を減少させることにより「縮まり」が改善するかどうかを検討した。概ね目的どおりの給与試験は実行できたと思われるが，飼料摂取量や増体成績，及び血中ビタミン A 値に統計的な有意差は出なかった。唯一，雌牛群で粗灰

分に有意差が認められたものの、その原因については不明である。

本試験で格落ちした 1 頭は、雌牛群の試験区の 1 頭であった。水分含量について、試験区、対照区ともに 45~44% で両区に有意差はなかったが、試験区の 1 頭は 50.27% と両区の中なかでも突出して高値であった。「縮まり」格落ちの要因として、①肉の保水性の低下によるもの、②肉の水分含量が多量である場合が考えられる。①肉の保水性の低下による場合、それ自身の水（肉汁）を流出させずに保持する力が低下（筋繊維が脆弱による崩壊）し、縮まりが悪くなる。②肉の水分含量が多量である場合は、それ自身の保水力が高くても、それ自身の許容範囲を越える水分を筋肉中に保持していた場合、保水力が高くても水分がドリップし縮まりが悪くなる。本試験で格落ちした雌牛試験区の 1 頭は②の場合に該当すると考えられる。当該牛が「縮まり」による格落ちをした要因として考えられる事は、それ自身の許容範囲を越える水分を蓄えていたため、保水力がそれなりにあってもドリップしてしまい、縮まりが悪くなったのではないかと考えられる。しかし、当該牛の保水力は他のものと比べ遜色がないため、水分含有量のコントロールが必要となるが、今回行った肥育仕上げ期の発育抑制では、水分含有量のコントロールができず、「縮まり」の改善にはつながらなかった。

今回の供試牛の縮まりの評価値は、去勢牛では試験区 (4.3) が対照区 (3.7) よりも高かったが、雌牛では試験区 (3.0) よりも対照区 (4.0) の方が高く、いずれも脂肪交雑等級の評価と同じ傾向であった。浜崎ら (2009) は、ホルスタイン種去勢牛を用いた肥育試験において、ロース芯内の脂肪交雑と肉の縮まりとの関連性について、ロース芯内に多く脂肪交雑が含まれているほど、肉の縮まり評価値が高くなることを示している。この理由として、脂肪交雑の程度の高い肉では、骨格筋の筋束間脂肪細胞に脂肪が蓄積しているため、保水性が高く、また縮まりも良くなると考えている。このことから考えると、縮まりを良くするための

飼育方法は、即ち、脂肪交雑を高めるための飼育方法と一致し、脂肪交雑の向上を目指せば、自ずと縮まりも改善するということになるとも考えられる。

「とよのくに一本化体系」の配合飼料である「エクセレント」にはビタミン A が 250IU/kg 添加されているため、飼料給与量が増量すれば、ビタミン A 摂取量は増量し、飼料給与量を減ずれば、ビタミン A 摂取量は減少する。去勢牛と雌牛ではビタミン A 消費量が異なり、また個体の体重差や発育段階によってもビタミン A 消費量が異なると考えられるため、飼料給与量の増減がビタミン A 摂取量と直接連動する飼料給与体系では、発育と肉質を同時にコントロールすることは至難の業と言える。これを克服するため、肥育ステージ毎の給与量の最適化を解明することが、今回の試験の主な目的であるが、「エクセレント」の成分構成やビタミン A 添加量についてもさらに検討する必要があると考えられる。

謝 辞

牛肉の理化学性状検査について、ご指導、ご助言を頂いた宮崎大学（動物生理栄養学研究室）入江正和教授（現、近畿大学教授）に深謝します。

引用文献

- 1) 倉原貴美, 阿比留真吾, 木下正徳, 藤田達. 2008. とよのくに一本化体系が肥育農家の飼料給与作業及び黒毛和種去勢牛の発育・枝肉成績に及ぼす影響. 大分県畜産研究部試験成績書.
- 2) 2000 日本飼養標準・肉用牛. 社団法人中央畜産会.
- 3) 浜崎陽子, 齊藤利朗, 佐藤幸信, 長束淳一, 口田 圭吾. 2009. 画像解析の手法を用いたホルスタイン種去勢牛における牛肉の縮まりの客観的評価法の検討. 日本畜産学会報, 80(1): 47-54.
- 4) 入江正和. 1996. 食肉の品質評価. 日本食品低温保蔵学会誌22, 2 103-107.
- 5) 入江正和. 2015. 肉用牛の科学. 養賢堂.