ロジスティック回帰分析による黒毛和種枝肉における 瑕疵発生に及ぼす環境および遺伝的要因の解析

石田孝史¹・徳永忠昭¹・有馬慎吾²・森田哲夫¹・高橋俊浩¹・入江正和¹

¹ 宮崎大学, 宮崎市 889-2192

² 宮崎県経済農業協同組合連合会, 宮崎市 880-8556

(2013. 4. 6 受付, 2013. 7. 16 受理)

要 約 牛枝肉における瑕疵発生要因の基礎的知見を得るため、黒毛和種の枝肉格付記録（宮崎県内 2002 年～2008 年, $n = 70,171$ ）を用い、シミ、カツジョ、ズル、シコリ、アタリに及ぼす性、格付年度、格付月、屠前体重区分、肥育農家、父牛の影響をロジスティック回帰分析により調査した。その結果、シミとカツジョはズル、シコリ、アタリと比べ発生頻度が低く、ズルは格付年度をおって低下傾向にあった。シミでは去勢が雌の 6.27 倍の発生リスクがあった ($P < 0.001$)。シコリとアタリの発生には父牛の影響がみられた ($P < 0.001$)。一方で、シミ、カツジョ、ズルは父牛が影響を及ぼしていない可能性が示唆された。シコリは、屠前体重の軽い個体に発生しやすく、発生頻度は農家によって大きく異なった。以上から、特にシコリは遺伝的要因に起因する個体ごとの感受性の差異に、飼養管理を含む環境要因が作用して発生する可能性が示唆された。

日本畜産学会報 84 (4), 435-442, 2013

畜産経営の収益は生産物である家畜の評価に左右されるが、その評価は様々な要因を考慮して決定されており、特に大きな影響を及ぼしているのが枝肉格付である。枝肉格付は牛枝肉取引規格に従って、屠畜後公益社団法人日本食肉格付協会の格付員によって行われ、枝肉に何らかの問題が認められた場合には瑕疵と判断される。

瑕疵の種類には、筋肉に斑状出血が見られる多発性筋出血（シミ）、筋肉内や周辺組織に余剰な水分の貯留が認められる水腫（ズル）、筋肉の炎症や脂肪変成が見られる筋炎（シコリ）、皮下や筋肉等に出血が見られる外傷（アタリ）、骨折や腫瘍患部など食肉に適さない部分を切除した割除（カツジョ）、およびこれら以外の背割不良、骨折、放血不良、異臭、異色などのある“その他”の 6 種類がある。

瑕疵は枝肉格付時に両半丸全体の外観、もしくは左半丸第 6-7 肋骨間の切開面で検査され、等級には影響しないが A～C の瑕疵印が付される。黒毛和種でシミ、ズル、シコリ、アタリ、カツジョ、およびその他が発生すると、岡本らの報告（2005）では、枝肉重量 1 kg あたりの単価がそれぞれ 248.5 円、85.8 円、92.6 円、40.1 円、121.6 円、および 106.9 円低下し、生産者が経済的損害を被ることになる。

また、枝肉格付切開面以外の部位に発生していることもあり、シコリについては左右半丸第 6-7 肋骨間僧帽筋において 73% の個体が片側の半丸のみで認められたとする

報告（石井ら 2008）や部分肉において格付による判定の 2 倍の個体に認められたとする報告（高橋ら 2009）がある。このように格付で瑕疵がわからない場合には加工・流通業者が損害を受けることになる。

海外でも問題とされ、アメリカにおける牛枝肉格付ではシミやシコリなどが瑕疵として判定され、枝肉価格の低下要因として問題視されている（American Meat Science Association 2001）。

なお、瑕疵の発生メカニズムに関しては、いくつかの報告が見られるが（奥田ら 1983；上川ら 1991；大藤 1999；渡辺ら 1999；神田と入江 2002；甫立ら 2004；西ら 2004；京都市衛生公害研究所病理部門 2007；石塚ら 2008；池田と中川 2009；高橋ら 2009）、十分ではなく様々な環境要因が瑕疵の発生要因として考えられている。特にシコリの発生については海外の研究でもビタミン E 欠乏による筋肉障害（Michel ら 1972；Ross ら 1989）や注射による神経損傷（Dexter ら 1994；George ら 1995；Van Donkersgoed ら 1997；Dubeski ら 2001）、セレン欠乏（Waldner と Van De Weyer 2011）などが挙げられている。

一方、揖斐ら（2005）はシミの発生において遺伝的な要因を、また池田と藤井（2006a）はシコリの発生に遺伝的な要因と環境要因の影響を示唆しているものの、岡本ら（2005）は瑕疵の有無やシコリの程度において遺伝率

連絡者：石田孝史（fax：0985-58-7198, e-mail：t-ishida@cc.miyazaki-u.ac.jp）

がほぼ 0 であり遺伝的な要因はほとんど認められなかったと報告している。しかしながら、瑕疵の多発農家においても飼養牛全頭に発生するわけではなく、環境要因に対する個体ごとの遺伝的要因の差異が影響している可能性も否定できない。

そこで、本研究では瑕疵発生要因解明に向けた基礎的知見を得ることを目的とし、宮崎県における黒毛和種枝肉格付記録を基に、性、格付年度、格付月、屠前体重区分、肥育農家、父牛といった環境要因および遺伝的要因がシミ、カツジョ、ズル、シコリ、およびアタリ発生に及ぼす影響をロジスティック回帰分析により調査した。

材料および方法

分析には宮崎県経済農業協同組合連合会より提供された枝肉格付成績 70,171 頭を用いた。それらは、2002 年から 2008 年にかけて株式会社ミヤチクの宮崎県高崎工場および同都農工場に出荷され格付された黒毛和種枝肉格付成績から、5 年以上にわたって計 300 頭以上出荷した肥育農家 90 軒、200 頭以上の格付牛を持つ父牛 38 頭を抽出したものとした。これらの格付記録において“その他”を除くそれぞれの瑕疵ごとに枝肉格付年度、格付月、性別、屠前体重区分ごとの頭数と“その他”を除く各瑕疵の発生割合を表 1 に示した。なお、屠前体重区分は全分析個体の平均 (664.70 kg) および標準偏差 (77.23 kg) より、雌雄共に平均値 $-0.75 \times$ 標準偏差 (606.78 kg) 未満 (-0.75σ 区)、平均値 $-0.75 \times$ 標準偏差以上かつ平均値未満 ($-0.75\sigma \sim 0\sigma$ 区)、平均値以上かつ平均値 $+0.75 \times$ 標準偏差 (722.62 kg) 未満 ($0\sigma \sim +0.75\sigma$ 区)、および平均値 $+0.75 \times$ 標準偏差以上 ($+0.75\sigma \sim$ 区) の 4 区分とした。

分析には瑕疵発生に及ぼす諸要因を総合的に判定するためにロジスティック回帰分析を行った。分析モデルには性別、枝肉格付年度、格付月、屠前体重区分、肥育農家、および父牛を調節因子として取り上げ、各瑕疵の発生に対するロジスティック回帰分析を JMP® 10 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) を用い行った。また、各因子についてオッズ比を算出し、肥育農家および父牛については平均オッズ比により高、中、および低グループ間での比較を行った。

結果および考察

表 2 にロジスティック回帰分析による性別、枝肉格付年度、格付月、屠前体重区分、肥育農家、父牛の各瑕疵発生に対する χ^2 値および有意確率を示した。なお、シミおよびカツジョにおける肥育農家および父牛、ズルにおける父牛、およびアタリにおける肥育農家については、予備分析の際に理論的に無限大となり推定不可能となったため最終分析モデルから除外した。

表 1 において全体的な発生頻度の低いシミにおいて格

付年度に有意性は認められず、カツジョにおいては全ての要因で有意性は認められなかった。カツジョは骨折や腫瘍患部などの食肉に適さない部分を切除したものであり、表 1 に示したとおりその発生頻度も低いことから今回取り上げた要因の影響が認められなかったと思われる。

一方、ズルおよびアタリではすべての要因に有意性が認められたが、シコリでは性についてののみ有意性が認められなかった。シコリの発生に関しては表 1 に示したとおり、平均発生率が雌、去勢それぞれ 4.96%、4.10% とほぼ同程度であったことから有意性が認められなかった可能性が考えられる。

損斐ら (2005) はシミ、ズル、シコリ、アタリ、およびカツジョ発生の遺伝率をそれぞれ 0.41、0.05、0.10、0.09、および 0.10 と推定し、シミの発生には外的要因に対する感受性の遺伝的な差異が存在する可能性を示唆している。一方、今回の解析においてシコリおよびアタリにおいて 0.1% 水準で種雄牛に有意性が認められ、これらの瑕疵の発生に遺伝的要因が関与している可能性が示された。この原因として、損斐ら (2005) は 849 頭の種雄牛により生産された 25,696 頭の格付記録を用いており、集団による違いが存在する可能性も考えられる。

次に雌の去勢に対するオッズ比、枝肉格付年度、格付月および屠前体重区分の平均オッズ比および最小、最大値を表 3 に示した。カツジョの発生においては格付月を除き有意性は認められなかった。

シミでは雌の去勢に対するオッズ比が 0.16 と 1% 水準で有意性が見られ、これは 1% 水準で去勢が雌の 6.27 倍の発生リスクを持っていることを意味している。またシミの発生は格付月が 10 月から 11 月に高い平均オッズ比を示し、屠前体重では $+0.75\sigma \sim$ 区の最も重い区分が高い値を示したが、最も高いオッズ比でそれぞれ 2.15 倍および 2.19 倍であった。シミの発生に対して京都市衛生公害研究所病理部門 (2007) も和牛の場合、去勢牛が雌牛のおよそ 3 倍の発生率であり、また和牛以外の品種を含めて体重の重いウシに発生しやすいと報告している。今回の分析ではシミの発生率は表 1 より 0.86% と非常に低いものの、同じ屠前体重区分では雌の発生率が去勢より低く、性特異的な要因も含め、屠前体重や血管の脆弱性などの個体ごとの要因と、ビタミン制御などによる飼養管理面での要因が関連していると考えられるため、更なる検討が必要と思われる。

次にズルの発生に関して、雌の去勢に対するオッズ比が 2.66 倍と 1% 水準で有意性が見られたが、格付年度では 2005 年度をピークに平均オッズ比の低下が認められた。ズルはビタミン A、ビタミン E などの欠乏により血管の浸透性が高まり、筋繊維の周囲に水分がたまって生じるとされており (奥田ら 1983; 渡辺ら 1999; 甫立ら 2004)、脂肪交雑向上のためのビタミン A 低減法が発生原因になっていることが示唆されていたが、近年の確実なビタミ

Table 1 Comparison of incidence in each carcass defect (%) classified according to carcass grading year, month, sex and body weight before slaughter of Japanese Black carcass

		Carcass Defects ¹					
Factor	N	B. Splash	I. Edema	Steatosis	Bruising	Trim Loss	
Grading Year							
2002	8018	0.59	3.04	3.35	1.46	0.12	
2003	9407	0.81	4.67	3.57	1.07	0.09	
2004	10903	0.98	4.58	4.02	1.92	0.11	
2005	11203	0.95	5.20	4.62	2.29	0.06	
2006	10976	0.75	4.44	4.17	2.10	0.09	
2007	10208	0.95	1.81	4.65	2.60	0.14	
2008	9456	0.93	2.18	5.86	3.23	0.08	
Grading Month							
4	5693	0.83	2.90	4.95	1.97	0.04	
5	5554	0.88	2.95	4.45	1.98	0.09	
6	5994	0.78	3.94	4.42	2.84	0.07	
7	5736	0.94	3.19	4.08	2.00	0.10	
8	5638	0.62	3.99	3.99	2.16	0.14	
9	5412	0.67	4.25	3.81	2.11	0.20	
10	5804	1.17	4.55	3.67	1.88	0.09	
11	7590	1.16	4.35	3.78	2.17	0.16	
12	7319	0.96	4.80	4.39	2.10	0.03	
1	4861	0.70	2.94	5.14	2.55	0.06	
2	5335	0.54	3.32	4.46	1.84	0.13	
3	5235	0.88	3.34	5.35	1.74	0.08	
Sex Body Weight ²							
Heifer	$\sim -0.75\sigma$	10521	0.12	4.51	5.45	3.02	0.13
	$-0.75\sigma \sim 0\sigma$	6170	0.13	5.40	4.21	2.04	0.10
	$0\sigma \sim +0.75\sigma$	2618	0.15	7.45	4.74	2.14	0.08
	$+0.75\sigma \sim$	733	0.27	6.82	5.18	3.00	0.27
Subtotal		20042	0.13	5.25	4.96	2.60	0.12
Steer	$\sim -0.75\sigma$	5571	0.65	3.14	6.12	1.88	0.11
	$-0.75\sigma \sim 0\sigma$	12454	0.90	2.42	4.29	1.86	0.11
	$0\sigma \sim +0.75\sigma$	16510	1.21	3.13	3.57	1.80	0.07
	$+0.75\sigma \sim$	15594	1.47	3.84	3.78	2.10	0.09
Subtotal		50129	1.15	3.17	4.10	1.92	0.09
Total		70171	0.86	3.77	4.34	2.11	0.10

¹ B. Splash (Blood splash), I. Edema (Intermuscular edema), Steatosis, Bruising, and Trim Loss are "SHIMI", "ZURU", "SHIKORI", "ATARI", and "KATSUJYO" in Japanese beef carcass grading, respectively.

² Body weight is classified into four groups as : less than 606.78 kg ($\sim -0.75\sigma$), 606.78 kg to 664.70 kg ($-0.75\sigma \sim 0\sigma$), 664.70 kg to 722.62 kg ($0\sigma \sim +0.75\sigma$), and more than 722.62 kg ($+0.75\sigma \sim$) with mean (664.70 kg) and standard deviation (77.23 kg) of slaughter weight.

ン A コントロール技術 (Oka ら 1998a, b) の普及がズルの発生を減少させつつあると考えられた。またズルの発生は、屠前体重でシミと同様に $+0.75\sigma \sim$ 区の最も重い

区分が高い平均オッズ比を示したが、最大オッズ比は 1.43 倍とあまり高くなかった。西ら (2004) は夏季に出荷されたウシは出荷直前に高温多湿に起因する低ビタミン A

Table 2 χ^2 and p values for each carcass defect by logistic-regression analysis for Japanese Black carcass

Factor	df	Carcass Defects ¹									
		B. Splash		I. Edema		Steatosis		Bruising		Trim Loss	
		χ^2	p	χ^2	p	χ^2	p	χ^2	p	χ^2	p
Sex	1	79.15	< .001	259.10	< .001	0.05	0.82	15.26	< .001	0.34	0.56
Grading Year	6	9.67	0.14	297.88	< .001	56.31	< .001	68.43	< .001	4.07	0.67
Grading Month	11	26.75	0.01	81.66	< .001	57.54	< .001	28.70	0.00	15.77	0.15
Body Weight ²	3	32.45	< .001	30.09	< .001	87.96	< .001	13.41	0.00	1.86	0.60
Farm	89	NA ³		952.93	< .001	405.17	< .001	NA ³		NA ³	
Sire	37	NA ³		NA ³		197.37	< .001	193.05	< .001	NA ³	

¹ Carcass defects are the same as in Table 1.

² Body weight classifications are the same as in Table 1.

³ Not accounted for in the final analysis because of unstable results.

状態によりズルを発生する可能性を示唆しており、今回の結果でも9月から12月にかけて高い平均オッズ比を示す傾向が認められた。

シコリの発生に対して、これまでの報告（西ら 2004；池田と藤井 2006a；石塚ら 2008）では雌の発生率が高いとされているが、今回分析方法が異なるからか明確な性の影響は認められなかった。屠前体重区分において、最も軽い～0.75 σ 区が高い平均オッズ比を示す結果となり、雌で生体重 600 kg 以下の軽い個体の発生率が高いとした報告（池田と藤井 2006a）や去勢で生体重が軽い個体ほど発生率が高いという報告（石塚ら 2008）と同じ傾向を示す結果であった。屠前体重区分の～0.75 σ 区は 606.78 kg 以下であり、表 1 の結果と併せて去勢牛では肥育期間中の低発育個体においてシコリが発生しやすい可能性が示唆された。格付年度および格付月に関しては 2008 年度および 3 月に高い平均オッズ比を示し、年を追ってオッズ比の上昇が認められた。これは格付時の判定基準が変化した可能性も考えられるが、今回の分析においては 200 頭以上の格付牛を持つ種雄牛において有意性が認められており（表 2）、何らかの集団の変遷があったと考えられる。

また、一般的に黒毛和種は 28 から 30 ヶ月齢で出荷されることを考えると、高い平均オッズ比を示した 3 月出荷の個体は梅雨から夏季の高温多湿な時期に 10 ヶ月齢前後の肥育開始時期を過ぎたと考えられる。ウシは暑熱環境下では熱放散量を増加させるための末梢血流量や呼吸数の増加といった生理機能が昂進するためにエネルギー消費量が増加する一方、体温の上昇や第一胃運動の低下によると考えられる採食量の低下が認められる（日本飼養標準 2000）。今回の結果では 10 月に最も低い平均オッズ比を示しており、同様にほとんどの個体が 2 月前後の寒冷期に肥育開始時期を過ぎたと考えられる。撫ら（2009）はシコリと判定された僧帽筋内に脂肪細胞が浸潤したこと

により僧帽筋面積が肥大したと推察しており、松本（1999）は脂肪前駆細胞から脂肪細胞への終末分化が 15 から 23 ヶ月齢で盛んに行われるとしている。これらのことより、肥育開始後の比較的若齢時に異常な脂肪細胞分化が生じ、それが脂肪細胞浸潤によるシコリの発生につながっている可能性も考えられる。今後より詳細な検討が必要ではあるが、肥育開始時期の飼料摂取量、エネルギー消費量、あるいは高温で分解しやすいビタミン E 不足などの栄養状態が関与しているかもしれない。

アタリの発生に関しては、雌の去勢に対するオッズ比が 1.30 倍と 1% 水準で有意性が見られた。また格付年度では 2008 年度に最大平均オッズ比が認められ、年を追って発生頻度の上昇が認められた。これに関してもシコリと同様に種雄牛において有意性が認められており（表 2）、何らかの集団の変遷があったと考えられる。格付月および屠前体重区分では 6 月および最も軽い～0.75 σ 区で高い平均オッズ比を示した。ウシ同士の闘争がアタリの発生要因の 1 つとされていることから、体重の軽い個体が闘争によって外傷を負いやすい可能性が考えられたが、雌が有意に高い発生率を示したことから、性特異的な要因も考えられる。

次にシコリおよびズルの発生に対する肥育農家の平均オッズ比が高いグループ 20 軒、ほぼ半数の農家を占める中間グループ 50 軒、および低いグループ 20 軒の 3 グループ間におけるそれぞれ他のグループに属する農家に対するオッズ比の平均値、最小値、最大値および 5% 水準で有意性のあるオッズ比の割合を表 4 に示した。それぞれの最大オッズ比は 8.76 倍および 61.50 倍となった。

シコリにおける平均オッズ比の全農家のおよそ 1/4 を占める High グループの Low グループに対する平均オッズ比は 3.43 倍であり、最低オッズ比でも 1.94 倍と高く 99.8% の組み合わせにおいて有意性が認められ、農家間

Table 3 Average, minimum and maximum odds ratios for carcass defects classified according to sex, carcass grading year, month, and body weight before slaughter of Japanese Black carcass by logistic-regression analysis¹

Factor	B. Splash	I. Edema	Steatosis	Bruising	Trim Loss
Sex					
Heifer	0.16**	2.66**	1.01	1.30**	1.19
Grading Year ²					
2002	0.78 ^b 0.66-0.92	0.88 ^c 0.52-1.60	0.74 ^d 0.56-0.89	0.80 ^d 0.52-1.35	1.39 0.91-2.00
2003	1.08 ^{ab} 0.87-1.32	1.50 ^b 0.82-2.53	0.85 ^{cd} 0.63-1.13	0.55 ^e 0.39-0.74	0.86 0.60-1.32
2004	1.26 ^a 1.07-1.51	1.59 ^b 0.86-2.67	0.99 ^{bc} 0.71-1.27	1.07 ^c 0.67-1.74	1.21 0.81-1.78
2005	1.16 ^{ab} 0.93-1.41	1.87 ^a 1.16-3.10	1.12 ^b 0.79-1.42	1.22 ^{bc} 0.75-1.95	0.61 0.45-0.76
2006	0.85 ^b 0.71-1.08	1.53 ^b 0.83-2.57	0.98 ^{bc} 0.71-1.27	1.02 ^{cd} 0.64-1.66	1.01 0.69-1.51
2007	1.07 ^{ab} 0.86-1.31	0.49 ^d 0.32-0.84	1.11 ^b 0.79-1.41	1.39 ^{ab} 0.85-2.19	1.54 1.10-2.20
2008	0.95 ^{ab} 0.78-1.19	0.62 ^d 0.38-1.19	1.45 ^a 1.26-1.79	1.67 ^a 1.18-2.58	0.90 0.63-1.38
Grading Month ²					
4	1.04 ^{abcd} 0.71-1.54	0.77 ^e 0.56-0.94	1.20 ^{ab} 0.90-1.43	0.97 ^{bc} 0.69-1.13	0.44 ^{bc} 0.17-1.26
5	1.13 ^{abc} 0.77-1.66	0.82 ^e 0.60-1.06	1.05 ^{bc} 0.79-1.26	0.97 ^{bc} 0.69-1.13	1.27 ^{abc} 0.44-3.23
6	0.97 ^{bcd} 0.67-1.44	1.05 ^{bcd} 0.75-1.33	1.06 ^{bc} 0.81-1.28	1.44 ^a 1.15-1.63	0.92 ^{abc} 0.33-2.42
7	1.21 ^{ab} 0.82-1.77	0.88 ^{de} 0.64-1.13	0.94 ^{cde} 0.72-1.14	0.96 ^{bc} 0.68-1.12	1.50 ^{abc} 0.52-3.78
8	0.76 ^{cd} 0.54-1.15	1.12 ^{bc} 0.79-1.40	0.89 ^{cde} 0.69-1.09	1.05 ^{bc} 0.75-1.22	2.04 ^{ab} 0.70-5.06
9	0.85 ^{bcd} 0.59-1.27	1.24 ^{ab} 0.88-1.55	0.84 ^{de} 0.65-1.04	1.00 ^{bc} 0.71-1.16	2.97 ^a 1.25-7.28
10	1.50 ^a 1.03-2.15	1.27 ^{ab} 0.90-1.59	0.81 ^e 0.63-0.97	0.86 ^c 0.62-1.01	1.23 ^{abc} 0.43-3.14
11	1.44 ^a 0.97-2.08	1.22 ^{ab} 0.86-1.52	0.84 ^{de} 0.65-1.03	1.03 ^{bc} 0.73-1.20	2.35 ^a 0.80-5.81
12	1.17 ^{abc} 0.79-1.71	1.43 ^a 1.11-1.77	1.00 ^{cd} 0.76-1.21	1.01 ^{bc} 0.72-1.18	0.33 ^c 0.14-0.80
1	0.86 ^{bcd} 0.60-1.30	0.82 ^e 0.60-1.06	1.23 ^{ab} 0.93-1.47	1.24 ^{ab} 0.87-1.42	0.85 ^{abc} 0.31-2.25
2	0.65 ^d 0.46-0.87	0.91 ^{cde} 0.66-1.17	1.06 ^{bc} 0.80-1.27	0.88 ^c 0.63-1.03	1.90 ^{abc} 0.65-4.75
3	1.06 ^{abcd} 0.72-1.56	0.90 ^{cde} 0.65-1.16	1.34 ^a 1.08-1.59	0.85 ^c 0.61-0.99	1.09 ^{abc} 0.39-2.81
Body Weight ^{2,3}					
~-0.75σ	0.59 ^c 0.46-0.76	0.81 ^c 0.70-0.95	1.60 ^a 1.38-1.74	1.22 ^a 1.11-1.27	1.25 1.06-1.61
-0.75σ~0σ	0.89 ^c 0.60-1.32	0.87 ^c 0.73-1.05	1.07 ^b 0.72-1.26	0.89 ^b 0.79-1.00	1.16 0.94-1.51
0σ~+0.75σ	1.32 ^b 0.81-1.78	1.12 ^b 0.88-1.26	0.82 ^c 0.60-1.04	0.89 ^b 0.79-1.00	0.65 0.62-0.68
+0.75σ~	1.69 ^a 1.23-2.19	1.31 ^a 1.14-1.43	0.78 ^c 0.57-0.96	1.06 ^{ab} 0.90-1.14	1.13 0.92-1.48

¹ Odds ratio of each level within a factor compared to other levels.** : significantly different ($P < 0.01$) ; a, b, c, d, e : ratios bearing different superscripts within each factor and carcass defect are significantly different ($P < 0.05$).² Average odds ratio compared to other levels (upper line), and minimum—maximum odds ratios (lower line).³ Body weight classifications are the same as in Table 1.

Table 4 Average, minimum and maximum odds ratios, and rate of significant odds among high, medium, and low fattening farm groups for Japanese Black carcass by logistic-regression analysis¹

Group 1		Group 2		
		High	Medium	Low
Steatosis				
High (n = 20)	Mean	1.07	1.82	3.43
	Min-Max	0.44-2.29	1.03-4.45	1.94-8.76
	P < 5% rate	28.40%	44.00%	99.80%
Medium (n = 50)	Mean		1.03	1.95
	Min-Max		0.53-1.89	1.00-3.72
	P < 5% rate		1.00%	38.30%
Low (n = 20)	Mean			1.04
	Min-Max			0.51-1.97
	P < 5% rate			0.00%
I. Edema				
High (n = 20)	Mean	1.05	2.93	12.93
	Min-Max	0.39-2.57	1.04-11.28	4.42-61.50
	P < 5% rate	14.70%	78.50%	100.00%
Medium (n = 50)	Mean		1.21	5.32
	Min-Max		0.24-4.20	1.01-22.89
	P < 5% rate		29.30%	70.90%
Low (n = 20)	Mean			1.29
	Min-Max			0.18-5.41
	P < 5% rate			3.20%

¹ Average and minimum—maximum odds ratios of each group 1 farm compared to group 2, and rate of significant odds ratios between farms within each group.

でシコリの発生に対する影響が大きい結果となった。これはシコリの発生に給与飼料を含む農家の飼養環境が関与しているとするこれまでの報告（池田と藤井 2006b；石塚ら 2008）と一致する結果であった。同様にズルにおいても High グループの Low グループに対する平均オッズ比は 12.93 倍でその全組み合わせにおいて有意性が認められ、最低オッズ比でも 4.42 倍であった。また全農家のおよそ半数を占める Medium グループの Low グループに対する平均オッズ比も 5.32 倍とシコリに比べ非常に高い値を示しており、特に発生頻度が高い農家が存在している可能性が示唆される結果となった。シコリおよびズルの発生要因の 1 つにビタミン欠乏が挙げられていることを考えると、個々の農家における飼養管理の差異がそれぞれこのような高いオッズ比を生じさせた一つの大きな原因と考えられる。

表 5 にはシコリおよびアタリの発生に対する父牛の平均オッズ比が高いグループ 10 頭、ほぼ半数を占める中間グループ 18 頭、および低いグループ 10 頭の 3 グループ間におけるそれぞれ他のグループに属する父牛に対する平均オッズ比、最小値、最大値および 5% 水準で有意性のあるオッズ比の割合を示した。

Table 5 Average, minimum and maximum odds ratios, and rate of significant odds among high, medium, and low sire groups for Japanese Black carcass by logistic-regression analysis¹

Group 1		Group 2		
		High	Medium	Low
Steatosis				
High (n = 10)	Mean	1.02	1.56	2.92
	Min-Max	0.70-1.42	1.01-2.53	1.84-7.74
	P < 5% rate	0.00%	31.70%	91.00%
Medium (n = 18)	Mean		1.03	1.91
	Min-Max		0.57-1.77	1.03-5.41
	P < 5% rate		2.60%	25.00%
Low (n = 10)	Mean			1.13
	Min-Max			0.34-2.96
	P < 5% rate			2.20%
Bruising				
High (n = 10)	Mean	1.05	1.95	3.32
	Min-Max	0.52-1.92	1.09-3.76	1.96-7.60
	P < 5% rate	4.40%	37.80%	66.00%
Medium (n = 18)	Mean		1.04	1.76
	Min-Max		0.56-1.79	1.01-3.61
	P < 5% rate		4.60%	19.40%
Low (n = 10)	Mean			1.07
	Min-Max			0.50-2.01
	P < 5% rate			0.00%

¹ Average and minimum—maximum odds ratios of each group 1 sire compared to group 2, and rate of significant odds ratios between sires within each group.

シコリおよびアタリの発生に及ぼす父牛の影響については、それぞれ最大オッズ比は 7.74 倍および 7.60 倍と農家におけるオッズ比より低い値ではあるものの、高い値を示しており、父牛がこれらの発生に対して何らかの影響を及ぼしている可能性が考えられた。シコリにおける平均オッズ比の全父牛のおよそ 1/4 を占める High グループの Low グループに対する平均オッズ比は 2.92 倍であり、最低オッズ比でも 1.84 倍と高く 91.0% の組み合わせにおいて有意性が認められた。およそ半数を占める Medium グループの Low グループに対する平均オッズ比が 1.91 倍を示しており、一部の発生頻度が高い種雄牛が存在することが示唆された。池田と藤井（2006b）は種雄牛ごとの影響を認めなかったものの、種雄牛の系統別にみた場合に気高系および藤良系で発生率が高くなり、遺伝的要因の影響が示唆されるとしている。現在供用される種雄牛は系統間交配の結果造成されているものがほとんどであり、母方の系統を無視した父方の系統を用いた考察は適当ではないと思われる。表には示していないが、今回の結果においても父方系統が気高系および藤良系に含まれる種雄牛で高いオッズ比が認められた。

また、アタリにおいても High グループの Low グループに対する平均オッズ比は 3.32 倍で、最低オッズ比でも

1.96 倍, Medium グループの Low グループに対する平均オッズ比も 1.76 倍と比較的高い値を示した。アタリの発生要因の 1 つにウシ同士の闘争も挙げられており, 発生頻度が高い特定の種雄牛が存在し, その影響による活発性, 闘争性などの違いがアタリ発生に影響していることが示唆される結果となった。

以上の結果より, シミおよびカツジョに関してはその発生頻度が低く, ズルにおいても年度をおって低下傾向が認められ, また遺伝的要因が影響を及ぼしていない可能性が示された。一方, シコリおよびアタリに関しては年度をおって上昇傾向が認められた。今回, 高い発生率が認められたシコリについて, 特に遺伝的要因の関与が示唆される結果が得られたが, 屠前体重の軽い個体や高温多湿な時期である梅雨から夏季にかけて肥育開始時期を過ぎた個体において発生しやすい可能性が示唆された。これらのことより遺伝的要因に起因する個体ごとの感受性の差異に飼養管理を含む環境要因が作用する事によってシコリを発生する可能性が示唆された。

今後はシコリの発生に対して感受性を持つ遺伝的要因の解明を進めると共に, 肥育開始時期の採食量低下が実際に生じ, また採食量低下が暑熱環境もしくは低ビタミンレベルに起因するのか, または他の要因が関与しているのかについて個体レベルでその発育段階をおって詳細に検討する必要があると思われる。

謝 辞

本研究は平成 20-21 年宮崎県経済農業協同組合連合会との共同研究「和牛肥育における系統別の飼料体系に関する研究」の一環として実施した。

文 献

American Meat Science Association. 2001. *Meat Evaluation Handbook*. pp. 51-52. American Meat Science Association, Illinois.

Dexter DR, Cowman GL, Morgan JB, Clayton RP, Tatum JD, Sofos JN, Schmidt GR, Glock RD, Smith GC. 1994. Incidence of injection-site blemishes in beef top sirloin butts. *Journal of Animal Science* **72**, 824-827.

Dubiski PL, Aalhus JL, Van Donkersgoed J, VanderKop M. 2001. Tenderness of beef round muscles containing injection site lesions or bruises. *Canadian Journal of Animal Science* **81**, 441-450.

George MH, Heinrich PE, Dexter DR, Morgan JB, Odde KG, Glock RD, Tatum JD, Cowman GL, Smith GC. 1995. Injection-site lesions in carcasses of cattle receiving injections at branding and at weaning. *Journal of Animal Science* **73**, 3235-3240.

甫立京子, 宮重俊一, 東山由美, 谷口稔明, 宮崎 茂, 宮本 亨, 甫立孝一. 2004. 黒毛和種去勢牛のビタミン A 欠乏時の栄養状態と筋肉水腫との関係. *日本獣医師会雑誌* **57**, 371-376.

揖斐隆之, 三宅 武, 佐々木義之. 2005. Gibbs Sampling による黒毛和種枝肉における瑕疵の遺伝率推定. *肉用牛研究会*

報 **80**, 69-73.

池田幸司, 藤井三郎. 2006a. 黒毛和種肥育牛の筋病変の発生に及ぼす性別, 生体重および肉質等級の影響. *日本獣医師会雑誌* **59**, 555-557.

池田幸司, 藤井三郎. 2006b. 黒毛和種肥育牛における筋病変発生に及ぼす種雄牛の系統および飼養方法の影響. *日本獣医師会雑誌* **59**, 623-625.

池田幸司, 中川善宏. 2009. 牛のと畜時における不動化の方法と多発性筋出血 (いわゆるスポット) の発生の関係. *京都市衛生公害研究所年報* **75**, 99-101.

石井 努, 浜崎陽子, 高橋奈緒子, 撫 年浩, 木村信熙, 口田圭吾. 2008. ホルスタイン種去勢牛における牛枝肉第 6-7 肋骨間切開面の僧帽筋のシコリ程度と画像解析形質との関連性. *肉用牛研究会報* **85**, 16-21.

石塚 譲, 西岡輝美, 大谷新太郎, 入江正和. 2008. 牛枝肉瑕疵“シコリ”発生に関する諸要因. *日本畜産学会報* **79**, 497-506.

上川 静, 長谷部浩三, 金子憲雄, 岡野米雄. 1991. 牛および豚の脂肪性筋異栄養症について. *食品衛生研究* **41**, 65-78.

神田 宏, 入江正和. 2002. と畜処理における肉質管理. *食肉の科学* **43**, 19-32.

京都市衛生公害研究所病理部門. 2007. 牛の多発性出血斑 (スポット) について. *京都市衛生公害研究所年報* **73**, 114-119.

松本大策. 1999. 肥育管理プログラムの内容. In: 全国家畜畜産物衛生指導協会, 生産獣医療システム 肉牛編. pp.75-83. (社) 農山漁村文化協会, 東京.

Michel RL, Makdani DD, Huber JT, Sculthorpe AE. 1972. Nutritional myopathy due to vitamin E deficiency in calves fed fish protein concentrate as the sole source of protein. *Journal of Dairy Science* **55**, 498-506.

撫 年浩, 高橋奈緒子, 口田圭吾, 石井 努, 木村信熙. 2009. 僧帽筋シコリと評価されたホルスタイン去勢牛の第 6-7 肋骨間の画像解析装置を用いた形態的特徴の検討. *日本畜産学会報* **80**, 77-82.

日本飼養標準. 2000. 肉用牛. p. 83. 中央畜産会, 東京.

西 博巳, 坂下邦仁, 別府 成, 田原則雄. 2004. 枝肉のシコリ発生状況及び発生牛の血液性状から見た発生要因. *鹿児島県畜産試験場報告* **38**, 30-34.

大藤 進. 1999. 牛の神経原性筋脂肪症の 2 例. *日本獣医師会雑誌* **52**, 525-528.

Oka A, Dohgo T, Juen M, Saito T. 1998a. Effects of vitamin A on beef quality, weight gain, and serum concentrations of thyroid hormones, insulin-like growth factor-I, and insulin in Japanese Black steers. *Animal Science and Technology* **69**, 90-99.

Oka A, Maruo Y, Miki T, Yamasaki T, Saito T. 1998b. Influence of vitamin A on the quality of beef from the Tajima strain of Japanese Black cattle. *Meat Science* **48**, 159-167.

岡本圭介, 大澤剛史, 長谷川未央, 口田圭吾, 日高 智, 加藤貴之. 2005. 牛枝肉の瑕疵が枝肉単価に与える影響ならびにそれら形質に対する遺伝的影響の検討. *肉用牛研究会報* **78**, 61-66.

奥田 稔, 千田広文, 山下秀之, 井田孝司, 宮本守人, 宮本栄作, 山岡鉄太郎. 1983. ビタミン A 欠乏によると思われる牛の骨格筋水腫. *日本獣医師会雑誌* **36**, 528-533.

Ross AD, Gee CO, Jackson ARB, Hall E, Greentree PL. 1989. Nutritional myopathy in goats. *Australian Veterinary Journal* **66**, 361-363.

高橋奈緒子, 撫 年浩, 浜崎陽子, 口田圭吾, 木村信熙. 2009.

- シコリ発生頻度の高いホルスタイン種去勢肥育農場の出荷時血液性状の検討および枝肉格付時、枝肉解体時でのシコリ発生の有無による血液性状の比較. 日本畜産学会報 **80**, 341-348.
- Van Donkersgoed J, Dixon S, Brand G, VanderKop M. 1997. A survey of injection site lesions in fed cattle in Canada. *Canadian Veterinary Journal* **38**, 767-772.
- Waldner CL, Van De Weyer LM. 2011. Selenium status at the end of the grazing season, reproductive performance and degenerative myopathy in beef herds. *Canadian Veterinary Journal* **52**, 1083-1088.
- 渡辺大作, 松本大策, 板垣 匡, 太田垣進. 1999. 筋肉水腫 (ズル). In: 全国家畜畜産物衛生指導協会, 生産獣医療システム肉牛編. pp. 112-113. (社)農山漁村文化協会, 東京.

Genetic and environmental influences on carcass defects of Japanese Black cattle by logistic-regression analysis

Takafumi ISHIDA¹, Tadaaki TOKUNAGA¹, Shingo ARIMA², Tetsuo MORITA¹,
Toshihiro TAKAHASHI¹ and Masakazu IRIE¹

¹ University of Miyazaki, Miyazaki 889-2192, Japan

² Miyazaki Agricultural Economic Federation, Miyazaki 880-8556, Japan

Corresponding : Takafumi ISHIDA (fax : +81 (0) 985-58-7198, e-mail : t-ishida@cc.miyazaki-u.ac.jp)

In cases where carcass defects are found during beef carcass grading, no change in the grade of carcass is seen but could affect the carcass market price. These defects might be found at the meat distribution stage and the defected parts cannot be sold, therefore the impact of these defects on both beef producer and supplier can be substantial. However, the mechanisms of the occurrence of most of the defects are not yet clear. Therefore, this study intended to get basic knowledge of the defect occurrence factors, and investigate the influence that environmental and genetic factors have on defects occurrence by logistic-regression analysis of beef carcass grading records ($n = 70,171$) of Japanese Black cattle in Miyazaki. The results showed low incidences of blood splash and trim loss, and that the incidences of intermuscular edema tended to be lower in recent years. Fattening farm factor had significant effects on defect occurrences but the effects of sire were not significant. On the other hand, the highest bruising odds ratio was in carcasses graded in 2008 and an increasing trend was observed. High odds ratios between sires were obtained. This suggested that differences in nature of activity and/or militancy attributed to sire genetic effects might cause the bruising considering that one of the outbreak factors of bruising is the struggle between cattle. Odds ratios within sires or fattening farm were higher for steatosis cases, suggesting that genetic and environmental factors influence steatosis outbreaks. In addition, the steatosis odds ratio of carcasses graded in March was the highest. It was thought that these fattening cattle spent initial fattening period (about 10 months of age) in high temperature and humidity during rainy seasons, because most Japanese Black fattening cattle are slaughtered from 28 to 30 months of age. For these cattle, while the energy consumption was increasing, the amount of feed intake was decreasing under the hot environment. On the contrary, the lowest odds ratio was observed in cattle fattened from the start of the winter season and slaughtered in October. This observation suggests that the drop in feed intake during the early fattening period influences steatosis outbreak. Although further investigations of feed intake level and/or temperature of environment are needed, it may be concluded that environmental factors including feed management in conjunction with differences in sensitivity due to genetic factors cause the steatosis.

Nihon Chikusan Gakkaiho 84 (4), 435-442, 2013

Key words : carcass defects, Japanese Black, logistic-regression analysis, steatosis.