

月齢による黒毛和種の脂肪交雑の変化とそれに対する種雄牛の影響

村澤七月¹・中橋良信¹・浜崎陽子¹・日高 智¹・
堀 武司²・加藤貴之³・口田圭吾¹

¹ 帯広畜産大学, 帯広市 080-8555

² 北海道立工業試験場, 札幌市北区 060-0819

³ 十勝農業協同組合連合会, 帯広市 080-0013

(2009. 5. 12 受付, 2009. 10. 27 受理)

要 約 黒毛和種ロース芯内における脂肪交雑の量, 形状および分布均一性の月齢変化と, それに対する種雄牛の影響を調査するために, 北海道内の枝肉市場に25~33ヵ月齢で出荷された黒毛和種4,130頭(去勢3,087頭, 雌1,043頭)を用いた。第6-7胸椎切開面のロース芯画像を4領域に分割した。ロース芯全体と各領域について, 脂肪面積割合, あらさ指数および細かさ指数を算出し, 出荷月齢による推移を調査した。去勢において, 脂肪面積割合の見かけ上のピークは一つの領域を除いて30ヵ月齢にあったが, 31ヵ月齢以降において脂肪交雑の細かさが増大した。雌はすべての領域において脂肪面積割合の見かけ上のピークが30または32ヵ月齢にあり, 脂肪交雑の細さは去勢牛と異なり上昇しなかった。領域によって脂肪面積割合の月齢推移は異なり, 去勢では25ヵ月齢で最も脂肪面積割合の低い領域が大きな増加を見せた。また, 脂肪面積割合とBMSが見かけ上ピークになる出荷時期は, 種雄牛によって異なっていた。

日本畜産学会報 81 (1), 37-45, 2010

黒毛和種の出荷月齢は一般的に30ヵ月齢前後である。国内には30ヵ月齢以上の肥育が伝統的な手法となっている産地もあるが, 近年の飼料価格の上昇により, 肥育期間をできるだけ短く仕上げる飼養管理や育種改良が求められることも考えられる。平成17年の家畜改良増殖目標においても, 黒毛和種の肥育終了時月齢を24~26ヵ月に短縮することを掲げている。よって, 黒毛和種の肉質的な仕上がり適期を明確にすることは, 必要以上の肥育による損失を防ぐためにも重要である。

牛肉の格付はロース芯内の脂肪交雑の量を基準に行われているが, 実際の牛脂肪交雑基準(BMS)ナンバーの決定には, 脂肪交雑のあらさ(浜崎ら2005)や分布均一性(口田ら1999)が影響していることが明らかとなっている。脂肪交雑のあらさは, 市場価格にも影響している(岡本ら2003)。そのため, 市場で評価される肉質という観点から適当な出荷時期を示すために, ロース芯内の脂肪交雑の形状や分布均一性の月齢による変化は調査すべきである。

最長筋内の脂肪含量について, 月齢による変化を調べた報告(山崎ら1981; Nishimuraら1999; Okumuraら2007)はいくつかあるが, 理化学分析において大量のデータを収集することは難しく, 血統や脂肪交雑の形状

は考慮されていない。

本研究では, さまざまな種雄牛の産子を含む市場データを用い, 画像解析によってロース芯内脂肪交雑の特徴を月齢ごとに調査した。また, ロース芯画像を4つの領域に分割し, それぞれの領域の脂肪交雑の特徴を月齢ごとに調査することで, ロース芯内脂肪交雑が月齢によってどのように配置, 分布していくのかを示した。さらには, 種雄牛によって枝肉格付および画像解析形質の月齢推移が異なるのかを検討するために, 脂肪交雑の月齢変化に対する種雄牛の影響を調査した。

材料および方法

1. 供試牛と枝肉横断面の撮影

本研究では2007年9月から2008年3月までに, 北海道内の枝肉市場に25~33ヵ月齢で出荷された黒毛和種を用いた。なお, 各性別において, 枝肉重量が平均値から3標準偏差以内でないものは, 異常値としてデータから除外した結果, 分析に供したデータ数は, 4,130頭(去勢3,087頭, 雌1,043頭)となった。これらの左半丸枝肉横断面の高精細デジタル画像は格付後1時間以内に, 第6-7胸椎切開面をミラー型撮影装置(HK-333; 早坂理工, 札幌)で撮影することで得た。

連絡者: 口田圭吾 (fax: 0155-49-5462, e-mail: kuchida@obihiro.ac.jp)

2. ロース芯の抽出とロース芯の4分割

牛枝肉画像解析ソフトウェア（Beef Analyzer II；早坂理工，札幌）を用い，撮影された画像から解析対象となるロース芯の輪郭線を自動的に抽出し，誤認識があったものについては手動描画して補正した．ロース芯の輪郭線を抽出した後，村澤ら（2008）の報告にしたがい，専用のソフトウェアでロース芯を慣性主軸の第1軸および第2軸にしたがって4分割し，1つのロース芯から4つの解析対象となる領域を抽出した．抽出した領域は，胸椎端部を底辺とした時の右上を1象限，左上を2象限，左下を3象限，右下を4象限とした（図1）．

3. 画像解析

ロース芯全体の画像および4分割された画像を Beef Analyzer II で解析し，ロース芯全体および各象限に対して，脂肪面積割合，あらさ指数および細かさ指数の画像解析形質を得た．

脂肪面積割合は，ロース芯内にある脂肪交雑粒子の面積割合を示し，あらさ指数は，10回細線化処理後の脂肪交雑粒子の画素数を総脂肪交雑画素数で除すことで算出され，値が高いほど筋肉内にあら脂肪交雑粒子が多く存在することを示す．細かさ指数は，口田ら（2006）の

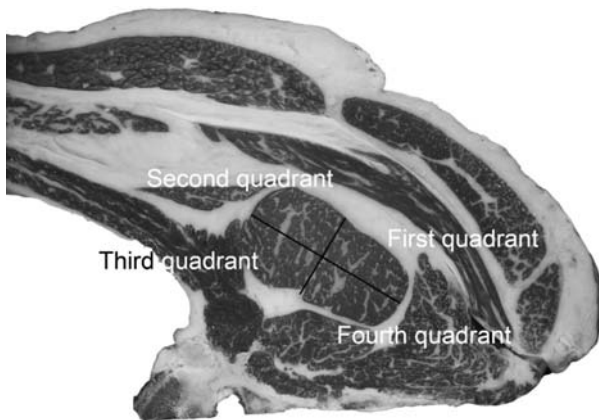


Figure 1 Allocation of four quadrants divided by the 1st and 2nd inertia main axes of the rib eye on carcass cross section at the 6-7th rib.

方法にしたがって，ロース芯内に含まれる脂肪交雑のうち，面積が0.01～0.5 cm²の範囲内にあるものを小ザシとし，小ザシの個数をロース芯面積で割ることで計算された．すなわち，値が大きいほど単位面積当たりの細かい脂肪交雑粒子の数が多いことを示す．

4. 統計解析

枝肉重量およびBMSについて，月齢を母数効果とした分散分析を性別に行い，それぞれのピークとなった月齢からの有意差を求めた．さらに，出荷月齢とBMSとの関連性を調査するため，BMSの出荷月齢に対する回帰分析を性別に実施した．なお，今回用いたデータは市場出荷牛であることから，本地域の平均を超え30ヵ月齢以上肥育された個体の中には，発育不良や生産者の意向などが含まれていることも考えられる．よって，29ヵ月齢以下と30ヵ月齢以上の個体を平等に扱えないため，出荷月齢29ヵ月齢以下および30ヵ月以降のグループに分け，回帰分析を行った．

各月齢において，象限間の差を検討するために，脂肪面積割合，あらさ指数および細かさ指数について，領域を母数効果とした分散分析を月齢・性別に行った．

また，出荷月齢25～27ヵ月齢までを早期，28～30ヵ月齢までを中期，31～33ヵ月齢までを後期と分類し，これを出荷時期とした．供用頭数の多い種雄牛6頭の産子について，性および出荷時期ごとに脂肪面積割合，あらさ指数および細かさ指数の平均値を算出した．

結果および考察

1. 枝肉格付形質

去勢および雌における枝肉格付形質の基礎統計量を表1に示した．本研究で用いた去勢牛のロース芯面積は，日本食肉格付協会（2007）が集計した黒毛和種去勢牛（53.9 cm²）よりも大きく，その他の形質は同程度であった．雌では枝肉重量，ロース芯面積およびばらの厚さにおいて全国平均値（393.2 kg，50.7 cm² および 7.0 cm）よりも高く，その他の形質はほぼ同程度であった．性別間で比較すると，皮下脂肪厚を除いたすべての形質の値において，去勢は雌よりも有意に高かった（ $P < 0.01$ ）．こ

Table 1 Means and standard deviations for carcass traits of steer and heifer of Japanese Black cattle

	Steer (n = 3,087)	Heifer (n = 1,043)
Carcass weight (kg)	457.7 ± 55.3**	405.9 ± 49.8
Rib eye area (cm ²)	57.6 ± 8.2**	55.3 ± 8.1
Rib thickness (cm)	7.7 ± 0.9**	7.5 ± 0.9
Subcutaneous fat thickness (cm)	2.3 ± 0.7**	2.6 ± 0.7
BMS No.	5.5 ± 2.2**	4.9 ± 1.9
Slaughter age (month)	28.7 ± 1.6**	29.4 ± 1.5

** Means significantly differ between steer and heifer ($P < 0.01$)

の傾向は全国平均値と同様であった。出荷月齢において、雌（29.4 ヲ月齢）は去勢（28.7）よりも有意に長かった（ $P < 0.01$ ）。

2. 種雄牛による出荷月齢の偏り

表 2 には、産子数が全データの上位を占める 6 頭の種雄牛からの産子数を性別および月齢ごとに示した。なお、性別ごとに同様の処理を実施しても、同じ種雄牛が選出された。

種雄牛 B の産子のお荷月齢は、去勢（27.8 ヲ月齢）および雌（29.0）で最も早かった。平均出荷月齢が最も遅かったのは、去勢では種雄牛 F（29.2）、雌では種雄牛 C（29.7）であった。それらの差は、去勢で 1.4 ヲ月（ $P < 0.01$ ）、雌で 0.7 ヲ月（有意差なし）となり、去勢における種雄牛による出荷月齢の差に比べ、雌のそれは比較的小さかった。種雄牛 B は増体肉質ともに優れているため全国で供用されている。出荷月齢が 25～27 ヲ月齢と比較的短期であっても、種雄牛 B の去勢の産子においては、BMS ナンバーの平均値が 6.3 と、他の同時期に出荷された種雄牛のそれら（3.7～5.4）よりも有意に高かった（ $P < 0.01$ ）。そのため、肥育経験と全国的な定評により、生産者の意識には、種雄牛 B からの産子は早期に出荷が可能であると浸透していることが考えられる。雌に

おける種雄牛 B の供用頭数の順位が 16 番目であったことの原因として、種雄牛 B からの雌産子は繁殖用に保留される傾向にあるためと考えられる。しかし、早期に出荷される傾向にある種雄牛 B を除くと、種雄牛間の平均出荷月齢の幅は去勢で 0.7 ヲ月、雌で 0.5 ヲ月と小さくなった。

3. BMS ナンバーと枝肉重量の月齢推移

去勢および雌の BMS ナンバーと枝肉重量の月齢ごとの平均値を折れ線グラフに示し、出荷月齢 29 ヲ月齢以下ならびに 30 ヲ月齢以上のグループについて、月齢に対する BMS の回帰直線をそれぞれ加えた（図 2）。去勢の枝肉重量のピーク（28 ヲ月齢）は BMS ナンバーのピーク（31 ヲ月齢）よりも早かった。それに対して雌は枝肉重量と BMS ナンバーのピークが 30 ヲ月齢と同時期であった。なお、去勢においてピークに対して有意に値が低かった月齢は、枝肉重量および BMS で 25 ヲ月齢のみであった（ $P < 0.05$ ）。同様に雌においては枝肉重量で 31 および 33 ヲ月齢、BMS で 26、27 および 33 ヲ月齢で有意に値が低かった（ $P < 0.05$ ）。回帰分析の結果、29 ヲ月齢までは去勢および雌ともに BMS が有意に増加し、それぞれの回帰係数は 0.189 および 0.306 であった。それ以降は月齢と BMS との間にマイナスの関連性となっ

Table 2 Number of progenies from six major sires by slaughter age of Japanese Black cattle steer and heifer

Slaughter age	n	Sire												
		A (28.5, 29.4)		B (27.8, 29.0)		C (29.0, 29.7)		D (29.1, 29.5)		E (28.7, 29.6)		F (29.2, 29.2)		
Steer	25	62	4	1.2%	22	6.2%	1	0.7%	2	1.4%	3	2.3%	2	1.6%
	26	169	11	3.2	54	15.1	3	2.1	5	3.6	6	4.6	1	0.8
	27	503	57	16.5	96	26.9	22	15.3	22	15.9	22	16.9	12	9.6
	28	737	109	31.6	79	22.1	33	22.9	23	16.7	32	24.6	20	16.0
	29	733	87	25.2	53	14.8	32	22.2	28	20.3	28	21.5	39	31.2
	30	515	49	14.2	29	8.1	27	18.8	30	21.7	23	17.7	29	23.2
	31	223	21	6.1	16	4.5	14	9.7	13	9.4	8	6.2	15	12.0
	32	101	4	1.2	6	1.7	9	6.3	8	5.8	5	3.8	5	4.0
	33	44	3	0.9	2	0.6	3	2.1	7	5.1	3	2.3	2	1.6
total	3,087	345	100.0	357	100.0	144	100.0	138	100.0	130	100.0	125	100.0	
Heifer	25	5	0	0.0%	0	0.0%	1	2.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%
	26	29	2	2.4	2	12.5	2	4.0	0	0.0	2	4.3	1	2.1
	27	79	5	6.0	2	12.5	2	4.0	3	5.9	6	12.8	5	10.6
	28	168	13	15.7	3	18.8	7	14.0	12	23.5	3	6.4	6	12.8
	29	268	25	30.1	2	12.5	12	24.0	12	23.5	7	14.9	15	31.9
	30	241	21	25.3	3	18.8	7	14.0	8	15.7	13	27.7	11	23.4
	31	173	10	12.0	2	12.5	8	16.0	11	21.6	12	25.5	8	17.0
	32	56	6	7.2	2	12.5	9	18.0	5	9.8	2	4.3	1	2.1
	33	24	1	1.2	0	0.0	2	4.0	0	0.0	2	4.3	0	0.0
total	1,043	83	100.0	16	100.0	50	100.0	51	100.0	47	100.0	47	100.0	

Values in the parenthesis are the average slaughter age of steer and heifer, respectively.

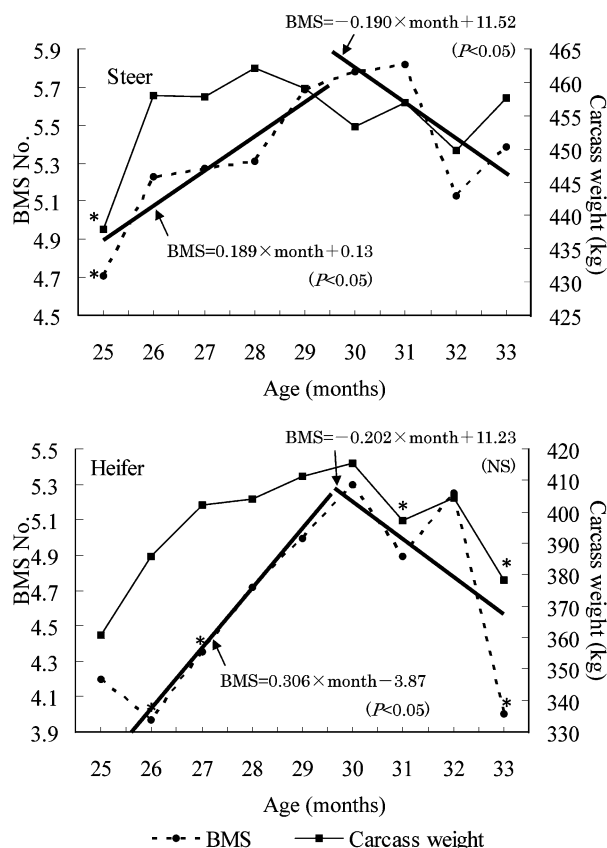


Figure 2 Changes in carcass weight and BMS No. during fattening period of steer (upper) and heifer (below) in Japanese Black.

Bold straight lines show regression lines of BMS on slaughter age under 29 months and over 30 months.

* indicates significant differences for carcass weight and BMS No. to their peaks ($P < 0.05$).

たが、雌においては有意性が認められなかった。一般的に、同じ個体を肥育し続けた場合、枝肉重量やBMSナンバーが減少することは考えにくい。本研究では市場データを用いたことにより、出荷月齢が比較的長い個体の中には発育が悪いものがより多く含まれている可能性がある。そこで、すべてのデータについて枝肉重量を出荷日齢で除すことで、一日当たりの枝肉増加量 (kg/日) を求めた。29 ヶ月齢以下および30 ヶ月齢以上で出荷された枝肉の一日当たり枝肉増加量を比較したところ、去勢でそれぞれ0.54 kg/日および0.49 kg/日、雌で0.47 kg/日および0.43 kg/日と30 ヶ月齢以上で出荷された枝肉の増加量は有意に低く ($P < 0.01$)、発育の悪い個体が含まれていることが示唆された。よって、枝肉重量とBMSナンバーにピークが見られたことには、30 ヶ月以降の発育が悪い個体の影響が原因であると考えられる。その他にも、検証は不可能だが、相場の変動による生産者の意向も原因となっているかもしれない。

表3には、去勢および雌の月齢ごとの出荷頭数と、各

Table 3 Correlation coefficients of the number of carcass by slaughter age with carcass traits and image analysis traits of Japanese Black cattle

	Overall	Steer	Heifer
Carcass traits			
Carcass weight	0.69*	0.56	0.79*
Rib eye area	0.74*	0.45	0.64
Rib thickness	0.81**	0.79*	0.60
Subcutaneous fat thickness	0.57	0.74*	0.66
BMS No.	0.74*	0.46	0.72*
Image analysis traits			
MP	0.85**	0.71*	0.65
CIM	0.79*	0.77*	0.70*
FIM	-0.45	-0.48	-0.27

** $P < 0.01$, * $P < 0.05$

MP = Marbling percent, CIM = coarseness index of marbling particles, FIM = fineness index of marbling particles.

形質の月齢平均との相関係数を示した。雌では出荷頭数と枝肉重量およびBMSナンバーの間に0.79および0.72の有意な正の相関がみられた ($P < 0.05$)。よって、雌では枝肉重量やBMSナンバーを指標に出荷していることが考えられ、図2に示したように、雌の平均出荷月齢 (29.4 ヶ月齢) と枝肉重量およびBMSのピークとが一致していた。しかし、去勢においては出荷頭数と枝肉重量やBMSとの間に有意な相関は認められず、他方、出荷頭数とばらの厚さおよび皮下脂肪厚において0.79および0.74の有意な相関がみられた ($P < 0.05$)。去勢においても雌と同様に枝肉重量が一つの出荷の指標となることが考えられたが、結果的には、ばらの厚さや皮下脂肪厚といった生体時の幅や大きさなども、生産者の出荷時期判断の一因である可能性が示唆された。

また異なる視点として、増体が良く早期に出荷される傾向にある種雄牛Bの供用頭数の多さが、結果に大きな影響を及ぼしていると推察された。そこで、去勢において種雄牛Bの産子データを除き、同様の調査を行ったが、BMSナンバーおよび枝肉重量のピーク (28および31 ヶ月齢) に変化は見られなかった。

脂肪交雑の月齢変化について山崎ら (1981) は、2頭の種雄牛から得た黒毛和種去勢牛29頭を用いた実験で、脂肪交雑評点は12から24 ヶ月齢までは急速に上昇し、24から30 ヶ月齢にかけて若干の増加を示した。本研究では、月齢によってBMSに見かけ上のピークが存在することが確認された。しかし、日本飼養標準 (農業・生物系特定産業技術研究機構2000) によれば、黒毛和種去勢牛の増体は、35 ヶ月齢まで漸増する (それ以降は示されていない) が、本研究の枝肉重量は去勢で28 ヶ月齢、雌で30 ヶ月齢をピークに減少していた。これらのこと

から、本研究における BMS の一定の月齢からの低下は、市場出荷牛のデータを用いたことにより、30 ヶ月以上の長期に肥育された個体の発育不良や、生産者の意向の結果かもしれない。BMS の判定には脂肪交雑の量、形状および分布均一性が影響している（口田ら 1999；浜崎ら 2005）。山崎ら（1981）も、BMS のみならず、脂肪交雑粒子の形状における月齢変化を視覚的な印象として記述している。そこで、次項において画像解析を用いて月齢に伴う推移を検討した。

4. ロース芯を 4 分割したときの画像解析形質の月齢推移

図 3 には去勢および雌において、ロース芯を 4 分割したときの各領域の脂肪面積割合の月齢推移を示した。去勢の脂肪面積割合は、3 象限では 29 ヶ月齢に、他の象限では 30 ヶ月齢にピークがあり、その後減少した。これは山崎ら（1981）の、6-7 肋骨間胸最長筋の筋内脂肪における発育は、14.5 ヶ月齢に開始し、30.6 ヶ月齢で終了するという報告とほぼ一致した。また、浜崎ら（2006）による同様の研究においても、脂肪面積割合は 31 ヶ月以降有意な増加が見られなかった。Nishimura ら（1999）の黒毛和種とその交雑種を用いた実験においても、胸最長筋の粗脂肪含量は 20 ヶ月齢までは緩やかに増加し、その後は 32 ヶ月齢まで急増することを示したが、30 ヶ月齢

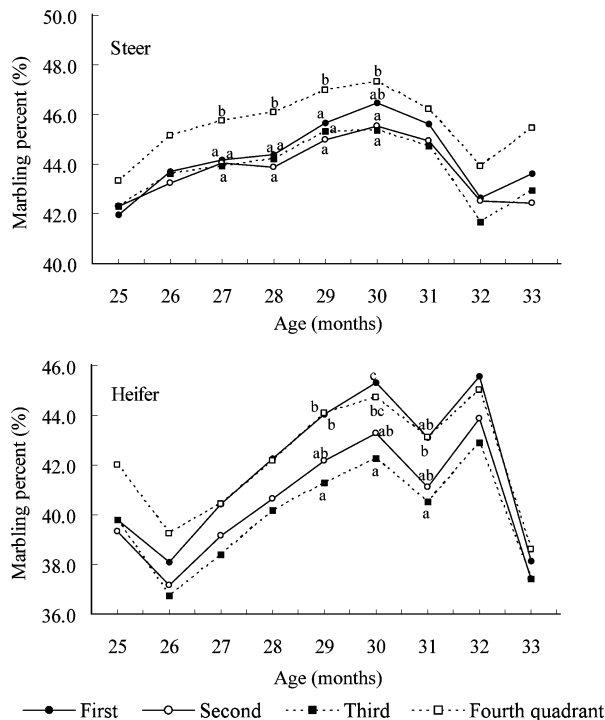


Figure 3 Changes in marbling percent during fattening period of steer (upper) and heifer (below) in Japanese Black.

a, b, c Average with the same superscript did not differ significantly among quadrants at 5% level.

と 32 ヶ月齢の間に有意差は認められなかった。よって黒毛和種のロース芯内の脂肪交雑は、30 ヶ月齢まで増え、それ以降は増加しにくいことが考えられる。

去勢の各領域についてみると、4 象限だけが 27～29 ヶ月齢の間に他の象限より有意に高い値で推移した（ $P < 0.05$ ）。1 象限は、25 ヶ月齢では最も低かったが、26 ヶ月齢において 2 および 3 象限を超え、その後は 2 番目に脂肪面積割合が多い象限として推移し、30 ヶ月齢において 1 象限および 4 象限間の有意差がなくなり、31 ヶ月齢にはすべての象限間の有意差がなくなった。村澤ら（2008）は、21 ヶ月齢の間接検定材料牛を用い、3 および 4 象限で 1 および 2 象限に比べて脂肪面積割合が高かったことを示した。これらのことから、去勢牛の脂肪交雑は約 25 ヶ月齢まではロース芯の内側である 3 および 4 象限に多く入り、それ以降において外側の 1 象限で増えることが推察された。Yang ら（2006）においても、脂肪交雑はロース芯の内側（本研究の 3 および 4 象限）から外側（本研究の 1 および 2 象限）に向かって樹状に伸びるように蓄積することを示している。

雌の脂肪面積割合も去勢と同様に 30 ヶ月齢に向かってすべての象限が上昇した。しかし 1 象限の脂肪面積割合は、30 ヶ月齢で 4 象限を上回り、2 および 3 象限との間に有意差が認められた（ $P < 0.05$ ）。また、雌の象限間の脂肪面積割合の範囲は全期間を通して去勢よりも大きく、脂肪交雑の分布均一性が悪いことが考えられる。

あらさ指数は、去勢および雌のどちらも、3 および 4 象限が 1 および 2 象限よりすべての月齢で高かった（図 4）。この結果は 21 ヶ月齢の間接検定材料牛を用いた村澤ら（2008）と一致した。去勢においては 26～31 ヶ月齢の間に 1 象限がもっとも有意に低く、3 および 4 象限が有意に高い値を示した。雌においては 27～31 ヶ月齢まで 3 および 4 象限が 1 および 2 象限よりも高かった（ $P < 0.05$ ）ことに加え、29 と 30 ヶ月齢では 4 象限が他象限よりも有意に高かった。このことから、脂肪交雑のあらさについては月齢を経ても各領域の順位は変わらず、3 および 4 象限が高い値で推移することが明らかとなった。月齢推移を見ると、去勢では 30 ヶ月齢まですべての象限が一定に推移し、それ以降やや減少した。浜崎ら（2006）は脂肪交雑のあらさは 29 ヶ月齢にピークがあることを示した。それに対して雌はどの象限もやや増加傾向にあり、とくに 4 象限のあらさは、他の象限に比べ顕著であった。また、去勢の 2 象限に比べて雌の 2 象限のあらさ指数は低く、そのため雌では 1 および 2 象限と 3 および 4 象限の差が開き、ロース芯の内側と外側の脂肪交雑のあらさの差が顕著であることが示された。

細かさ指数は、すべての月齢について去勢および雌において 1 および 2 象限が 3 および 4 象限よりも高く推移した（図 5）。特に去勢の 1 象限は、26～32 ヶ月齢まで他象限よりも有意に高い値で推移した（ $P < 0.05$ ）。村澤

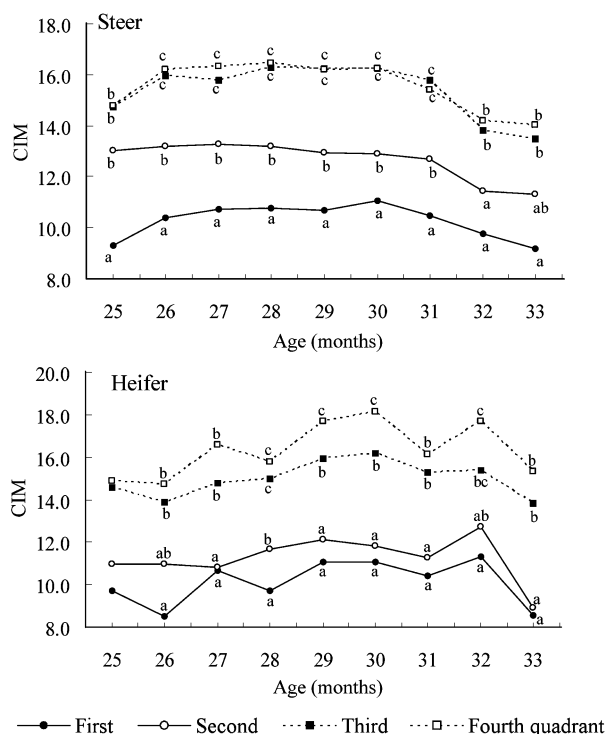


Figure 4 Changes in coarseness index of marbling (CIM) during fattening period of steer (upper) and heifer (below) in Japanese Black.

a, b, c Average with the same superscript did not differ significantly among quadrants at 5% level.

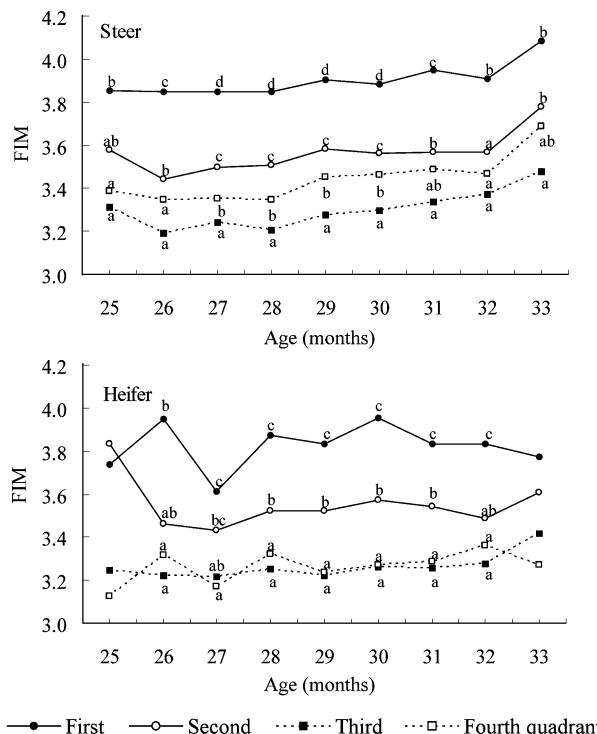


Figure 5 Changes in fineness index of marbling (FIM) during fattening period of steer (upper) and heifer (below) in Japanese Black.

a, b, c, d Average with the same superscript did not differ significantly among quadrants at 5% level.

ら（2008）においても，細かさ指数は1および2象限で3および4象限よりも高かったため，あらさ指数と同様，月齢を経ても細かい脂肪交雑粒子の分布の仕方は変化しないことが明らかとなった．去勢においては，30ヵ月齢までは1象限以外の象限がやや増加傾向にあり，それ以降はすべての象限で増加傾向にあった．雌ではどの象限においてもほぼ一定に推移した．

去勢においては，30ヵ月以上の肥育で脂肪交雑粒子のあらさの減少，細かい脂肪交雑の増加および脂肪交雑の分布均一性の改善で肉質的には好ましくなり，BMSナンバーは31ヵ月でピークを示した．すなわち，30～31ヵ月齢の1ヵ月の肥育延長において，脂肪面積割合は減少するものの，あらさの減少と細かさの上昇といった好ましい変化によって，高いBMSナンバーとして評価されたのかもしれない．山崎ら（1981）は，14および16ヵ月齢の若齢牛と，30ヵ月齢の通常出荷牛で，ともに脂肪交雑評点が1.0（BMSナンバー4）と評価された脂肪交雑の本質的な差は，前者は脂肪交雑粒子数とその肥大（粒子のあらさ）の両方が未発達であるのに対して，後者は脂肪交雑の大きさは十分発達しているが，数が極めて少ないこととし，本研究の結果を支持した．

また，細かい脂肪交雑について山崎ら（1981）は，点

状の交雑脂肪と表現した．そしてそれは16ヵ月齢において小さな結合組織の交差する部分に存在し，18ヵ月齢には大きさを増し，24ヵ月齢には圧倒的に多くなったと報告した．一般的に，脂肪組織の成長は脂肪細胞数の増加と肥大のどちらか，またはその両方が関与していると言われている．おそらく，細かい脂肪交雑の蓄積は，脂肪細胞の増加によるものと思われる．Okumuraら（2007）は，30ヵ月齢の筋内脂肪は24ヵ月齢よりも多く，この原因として，脂肪細胞数と直径の両方が増加したことを推察した．本研究において，31ヵ月齢まで緩やかな細かさの増加が認められたのは脂肪細胞の増加によるものと推察される．細かい脂肪交雑は一般的に望ましいとされており，31ヵ月齢にBMSのピークが存在したのは細かい脂肪交雑の増加が影響しているかもしれない．それ以降の月齢においては，脂肪交雑の不足により，BMSナンバーも下降したものと推察された．32ヵ月以降の肥育は本地域では珍しく，成長の悪いために長く飼養された個体が肉質的にも良くなかったことが考えられる．

雌においては脂肪交雑の細さはどの時期もほぼ一定であるが，あらさ指数は月齢に伴い30ヵ月齢まで増加する傾向にあった．去勢牛のように月齢に伴って細かさ指数も増加するのであれば，長期肥育によるBMSが高

く評価されることが期待されるが、雌においては長期肥育による BMS の向上は去勢に比較し小さいものと推察される。このことは雌における BMS ナンバーのピークが 30 ヶ月齢（去勢：31 ヶ月齢）より早いことの原因であるかもしれない。

脂肪交雑粒子の細かさと分布均一性が、価格にどのような影響を与えているかは明らかとなっていないが、広岡ら（1998）は、BMS ナンバーが 1 単位高くなると枝肉単価は 154 円上昇することを報告した。去勢において、枝肉重量のピークである 28 ヶ月齢と、BMS のピークである 31 ヶ月齢における推定枝肉金額を比較すると、以下のとおりである。まず、28 ヶ月齢における BMS ナンバーの平均値（5.3）に近い、BMS ナンバー 5 の枝肉単価の平均は 1942.0 円であった。よって 28 ヶ月齢で出荷したときの枝肉金額は $1942.0 \text{ 円} \times 462.0 \text{ kg} = 897,204 \text{ 円}$ である。31 ヶ月齢では、枝肉重量が 457.0 kg に減少し、BMS ナンバーが 0.5 上昇しているの、 $(1942.0 \text{ 円} + 0.5 \times 154 \text{ 円}) \times 457.0 \text{ kg} = 922,683 \text{ 円}$ である。28 ヶ月齢と 31 ヶ月齢の推定枝肉金額の差は 25,479 円であった。この金額から 3 ヶ月分の飼料代および畜舎の維持費や人件費などのコストを計算し、出荷適期を見極める必要があると思われる。雌の枝肉重量と BMS ナンバーは 27～30 ヶ月齢の間、直線的に増加しており、去勢と同様の計算をする

と、月あたり 26,852.1 円の増加が見込まれ、去勢の 3 ヶ月分の増加額を超えた。

このことから、本市場では、雌においては 30 ヶ月齢まで飼養することが経済的にも良いと考えられ、去勢の出荷適期は 28 ヶ月齢であることが示唆された。しかし、これは本研究で用いた 1 市場における結果であり、表 1 に示した去勢および雌の平均出荷月齢（28.7 ヶ月齢および 29.4 ヶ月齢）からもわかるように、本市場における一般的な出荷月齢と一致したにすぎず、他の市場では異なる様相を呈するかもしれない。加えて、現在のところ黒毛和種は細かい脂肪交雑がバランスよく大量に入っていることが望まれる品種である。ロース芯を 4 分割した画像解析の結果より、市場のニーズにこたえるためには、去勢において 28 ヶ月齢程度の肥育では不足しているのかもしれない。本地域は黒毛和種の肥育に関して発展途上であり、経済的な問題により、肉質を最大に発揮するまでの長期の肥育が困難なのかもしれない。

5. 種雄牛ごとの脂肪面積割合における出荷時期による推移

表 4 には、6 頭の種雄牛について、脂肪面積割合の出荷時期による推移を示した。去勢材料牛の脂肪面積割合において、種雄牛 A および E は早期から中期にかけて増加し、その後は一定であった。種雄牛 B は早期から常に

Table 4 Means of image analysis traits and BMS No. by slaughter period of each sire

Sire	Slaughter period	Steer					Heifer				
		n	MP	CIM	FIM	BMS	n	MP	CIM	FIM	BMS
A	Early	72	45.4	15.46	3.37	5.4	7	39.8	14.09	3.45	4.1
	Middle	245	47.6	16.03	3.34	6.2	59	45.4	15.80	3.35	5.5
	Later	28	47.4	14.41	3.54	6.4	17	44.9	15.24	3.39	5.3
B	Early	172	49.1	16.64	3.41	6.3	4	40.6	14.89	3.56	4.0
	Middle	161	50.7	16.99	3.37	6.9	8	42.7	14.75	3.42	4.5
	Later	24	50.1	16.31	3.37	6.6	4	35.7	13.30	3.24	3.8
C	Early	26	41.5	13.25	3.59	5.0	5	39.4	10.79	3.77	5.2
	Middle	92	42.8	13.97	3.50	5.2	26	41.0	11.95	3.76	5.0
	Later	26	43.6	12.90	3.62	5.3	19	43.0	11.95	3.79	5.4
D	Early	29	42.0	11.81	3.62	5.0	3	48.6	13.98	3.71	6.3
	Middle	81	46.4	13.71	3.69	6.2	32	42.6	13.27	3.55	5.1
	Later	28	43.6	13.13	3.65	5.4	16	46.9	14.29	3.79	6.0
E	Early	31	37.6	14.23	3.19	3.7	8	37.4	13.85	3.10	4.1
	Middle	83	41.3	14.82	3.36	4.4	23	41.0	14.82	3.26	4.6
	Later	16	41.6	14.97	3.33	4.9	16	40.9	15.91	3.09	4.4
F	Early	15	41.4	13.70	3.55	4.9	6	32.4	11.22	3.47	2.8
	Middle	88	43.1	13.80	3.61	5.0	32	45.6	14.92	3.59	5.6
	Later	22	41.8	11.28	3.69	5.0	9	42.7	12.13	3.61	5.2

Early : 25～27 months, Middle : 28～30 months, Later : 31～33 months

MP = Marbling percent, CIM = coarseness index of marbling particles, FIM = fineness index of marbling particles.

高い値であったが、種雄牛 C は後期まで増加し続けた。種雄牛 D および F は、増加したのち減少した。雌材料牛は全体的に頭数が少なく、各出荷時期において 5 頭以上の頭数が確保できたのは、種雄牛 A, C, E および F であったが、去勢材料牛と同様の推移を示した。これらの結果から、種雄牛 B は脂肪交雑早期型であり、C は脂肪交雑後期型、A および E はその中間と分類できるかもしれない。

去勢牛において、画像解析形質と BMS ナンバーの推移について総合的に考察すると、脂肪交雑早期型とした種雄牛 B は、脂肪面積割合が最も低い早期の 49.1% から最も高い中期の 50.7% に増加 (+1.6%) し、BMS は 6.3 から 6.9 に上昇 (+0.6) するのに対し、脂肪交雑後期型とした種雄牛 C は最も低い早期の 41.5% から最も高い後期の 43.6% に増加 (+2.1%) したが、BMS は 5.0 から 5.3 (+0.3) しか伸びなかった。雌における種雄牛 B の頭数は少ないが、早期の 40.6% から中期の 42.7% の間 (+1.9%) に、BMS は 4.0 から 4.5 まで上昇しているのに対し、種雄牛 C は早期の 39.4% から後期の 43.0% にかけて +3.6% 増加したにもかかわらず、BMS は 5.2 から 5.4 の上昇 (+0.2) にとどまった。この期間中に、あらさ指数は、種雄牛 B で増加 (+0.35)、種雄牛 C で減少 (-0.35) し、反対に細かさ指数は、種雄牛 B で減少 (-0.04)、種雄牛 C で増加 (+0.03) した。浜崎ら (2009) は脂肪交雑の程度によって、BMS に対する脂肪交雑粒子の形状の影響は異なることを報告している。そのため、本研究での種雄牛における BMS と脂肪面積割合の関連性に対するあらさや細かさの影響は、この要素も含んでいることが考えられる。

種雄牛 D および F については、脂肪面積割合は同様の推移を示したが、その変動の程度は異なり、種雄牛 D においては脂肪面積割合の早期から中期にかけての増加は +4.4% となり、BMS ナンバーも 5.0 から 6.2 と大幅に上昇した。種雄牛 F は脂肪面積割合の早期から中期にかけての増加は +1.7% のみで、BMS ナンバーも 4.9 から 5.0 とほぼ一定であった。脂肪面積割合 1% の増加につき、BMS は種雄牛 D において 0.28、種雄牛 F において 0.06 上昇した。この期間中にあらさ指数は種雄牛 D の方が多く上昇したが、種雄牛 F のあらさ指数は早期から高かった。細かさ指数の上昇はどちらの種雄牛も同程度だった。

このように、種雄牛によって脂肪面積割合の増加に対する BMS の上昇の程度は異なった。それには脂肪交雑粒子の状態が影響を及ぼしていることが考えられ、さらには種雄牛によっても影響の程度が異なることが示された。

去勢牛において、ロース芯内脂肪面積割合のピークは 30 ヶ月にあるが、格付による BMS のピークが 31 ヶ月と遅いのは、脂肪交雑の分布均一性と細かさが増すこと

の影響が示唆された。また、雌では脂肪面積割合のピークと格付による BMS のピークが 30 ヶ月齢と同時期であり、BMS のピークが去勢より早いことに関しては、脂肪交雑の細かさが上昇しないことも要因の一つとして考えられた。

また、種雄牛によって BMS および脂肪面積割合のピークは異なることも明らかとなり、今後は種雄牛ごとに肉質を最適とする出荷時期に関する情報を発信することが望ましいと推察された。

BMS ナンバーにピークが見られたのは、市場出荷牛を用いた分析によるものと考えられたが、生産者の出荷時期に対する意向や発育不良牛の影響を取り除くことは容易ではない。よって、脂肪交雑が最大となる形態学的に正確な出荷時期は分からず、本研究の考察は計画的な実験によって得られた研究結果との比較にとどまった。今後は日本各地の市場におけるデータの比較が実施されることを期待する。

謝 辞

本研究の遂行にあたり、撮影にご協力いただいた北海道畜産公社道東事業所十勝工場の関係各位、データのご協力いただいた社団法人日本食肉格付協会帯広事業所、ホクレンの関係各位に深謝する。

文 献

- 浜崎陽子, 口田圭吾, 日高 智, 島田謙一郎, 関川三男, 丸山 新. 2005. 画像解析によるホルスタイン種を用いた BMS ナンバー推定法ならびに異なる横断面の脂肪交雑特徴量の比較. 日本畜産学会報 **76**, 431-437.
- 浜崎陽子, 元平康之, 瀬脇 功, 平山由子, 大澤剛史, 岡本圭介, 口田圭吾. 2006. 画像解析による黒毛和種去勢牛における胸最長筋と僧帽筋の特徴の検証. 肉用牛研究会報 **82**, 13-18.
- 浜崎陽子, 中橋良信, 村澤七月, 口田圭吾. 2009. 画像解析による黒毛和種および黒毛和種×ホルスタイン種における BMS ナンバーの評価に影響を与える要因の調査. 日本畜産学会報 **80**, 333-340.
- 広岡博之, 松本道夫. 1998. わが国の牛枝肉市場における価格決定に関与する要因. 農業経済研究 **69**, 229-235.
- 口田圭吾, 小西一之, 鈴木三義, 三好俊三. 1999. BMS ナンバーと牛ロース芯内脂肪面積比との関連性におよぼす品種の効果. 日本畜産学会報 **70**, J106-J110.
- 口田圭吾, 大澤剛史, 堀 武司, 小高仁重, 丸山 新. 2006. 画像解析による牛枝肉横断面の評価とその遺伝. 動物遺伝育種研究 **34**, 45-52.
- 村澤七月, 口田圭吾, 大澤剛史, 堀 武司, 加藤浩二. 2008. 黒毛和種去勢牛ロース芯を 4 領域に分割したときの各領域における脂肪交雑の特徴および遺伝的パラメータ. 日本畜産学会報 **79**, 343-351.
- 日本食肉格付協会. 2007. 牛枝肉格付情報. 平成 18 年 4 月～平成 19 年 3 月 CD-ROM 版. (社)全国肉用牛振興基金協会, 東京.
- Nishimura T, Hattori A, Takahashi K. 1999. Structural changes in intramuscular connective tissue during the fattening of Japa-

- nese black cattle : effect of marbling on beef tenderization. *Journal of Animal Science* **77**, 93-104.
- 農業・生物系特定産業技術研究機構編. 2005. 日本飼養標準肉用牛. 2000 年度版. 中央畜産会, 東京.
- 岡本圭介, 口田圭吾, 加藤貴之, 鈴木三義, 三好俊三. 2003. 枝肉形質および画像解析形質が牛枝肉価格に与える影響. 日本畜産学会報 **74**, 475-482.
- Okumura T, Saito H, Sakuma H, Nade T, Nakayama S, Fujita K, Kawamura T. 2007. Intramuscular fat deposition in principal muscles from twenty-four to thirty months of age using identical twins of Japanese Black steers. *Journal of Animal Science* **85**, 1902-1907.
- 山崎敏雄. 1981. 肥育度と月齡が肉牛及び肉質に及ぼす影響. III. 黒毛和種去勢牛の脂肪交雜と, 部分肉筋肉内の脂肪含量について. 草地試験場研究報告 **18**, 69-77.
- Yang XJ, Albrecht E, Ender K, Zhao RQ, Wegner J. 2006. Computer image analysis of intramuscular adipocytes and marbling in the longissimus muscle of cattle. *Journal of Animal Science* **84**, 3251-3258.

Changes of marbling characteristics of the rib eye during fattening period and the effects of sire for them in Japanese Black cattle

Nazuki MURASAWA¹, Yoshinobu NAKAHASHI¹, Yoko HAMASAKI¹, Satoshi HIDAKA¹, Takeshi HORI², Takayuki KATO³ and Keigo KUCHIDA¹

¹ Obihiro University of Agriculture and Veterinary Medicine, Obihiro 080-8555, Japan

² Hokkaido Industrial Research Institute, Kita, Sapporo 060-0819, Japan

³ Tokachi Federation of Agricultural Cooperative, Obihiro 080-0013, Japan

Corresponding : Keigo KUCHIDA (fax : +81 (0) 155-49-5462, e-mail : kuchida@obihiro.ac.jp)

Changes in amount, shape and arrangement of marbling in the rib eye of Japanese Black was investigated during fattening period. Commercial Japanese Black cattle (3,087 steer and 1,043 heifer) were used. Digital images of the rib eye were taken on carcass cross sections between the 6th and 7th ribs with mirror type photography equipment. These images were divided into four quadrants by inertia main axes. The following were calculated for each quadrant of the rib eye as well as the whole rib eye : marbling percent (MP), coarseness index of marbling particles, and fineness index of marbling. The peaks of MP from steer were recognized at 30 months except third quadrant, however, fineness of marbling for all quadrants were increasing after 31 months. In heifer, the peaks of MP of all quadrants and BMS were recognized at 30 and 32 months. Fineness of marbling of heifer revealed almost constant value for 27 to 32 months. Changes in image analysis traits by slaughter age were different among quadrants. Large increase of MP on the 1st quadrant which showed the smallest MP among four quadrants at 25 months was recognized in steer. Furthermore peaks of MP and BMS were different among sires.

Nihon Chikusan Gakkaiho **81** (1), 37-45, 2010

Key words : image analysis, Japanese Black, marbling, rib eye, slaughter age.