

# 黒毛和種における種々の骨格筋モノ不飽和脂肪酸割合の推移

中橋良信<sup>1</sup>・村澤七月<sup>1</sup>・奥村寿章<sup>2</sup>・波田瑞乃<sup>2</sup>・藤嶋吉宏<sup>2,a</sup>・  
山内健治<sup>2</sup>・日高 智<sup>1</sup>・口田圭吾<sup>1</sup>

<sup>1</sup>帯広畜産大学, 帯広市 080-8555

<sup>2</sup>家畜改良センター十勝牧場, 北海道音更町 080-0572

(2008. 4. 24 受付, 2008. 8. 14 受理)

**要 約** 黒毛和種骨格筋の複数の部位を用いてモノ不飽和脂肪酸 (MUFA) 割合の推移ならびに第 6-7 胸椎間ロース芯と他の骨格筋の MUFA 割合の関連性について調査した。由来個体 2 頭の体細胞クローン牛 5 頭から 6 部位 (半膜様筋, 大腿四頭筋および大腿筋膜張筋, 棘上筋, 大腰筋, 中臀筋および大腿二頭筋近位部, 最長筋) を取り出し, 頭側から 2 cm 間隔でスライスした。それらのスライス肉の筋断面の表面から脂肪サンプルを採取し, ガスクロマトグラフィーによって脂肪酸組成を分析した。MUFA 割合の推移は骨格筋によって異なり, また由来個体によって影響されることが示された。由来個体および骨格筋には MUFA 割合に対して交互作用があり, 由来個体によって MUFA 割合が高くなりやすい部位が存在することが示唆された。第 6-7 胸椎間ロース芯と各骨格筋間の相関は非常に強く ( $r = 0.92 \sim 0.99$ ), また骨格筋同士の関連性も強かったことから, 第 6-7 胸椎間ロース芯における MUFA 割合は枝肉を代表することができると推察された。

日本畜産学会報 79 (4), 527-533, 2008

不飽和脂肪酸 (UFA), 特にモノ不飽和脂肪酸 (MUFA) は, いくつかの研究によって風味との相関が示されたことから (Dryden と Marchello 1970; Westerling と Hedrick 1979; Melton ら 1982), 牛肉のおいしさの指標とされるようになってきた。牛肉の脂肪酸に関してこれまでに様々な研究が行われ, その結果, 脂肪酸組成は数多くの要因によって影響を受けることが示された: 給餌方法 (Eichhorn ら 1986; Xie ら 1996a; Zembayashi と Nishimura 1996), 品種 (May ら 1993; Zembayashi ら 1995; Xie ら 1996b), 脂肪の採取箇所 (Elias-Calles ら 2000; Oka ら 2002) および骨格筋の違い (Terrell と Bray 1969; Lengyel ら 2003)。そのため同一の個体から採取したサンプルであっても脂肪酸組成には差異が認められるが, これらの差異は脂肪細胞のサイズおよびそれに伴う酵素の活性の差による影響もあると考えられている (He ら 1997; Yang ら 2006)。Mendizabal ら (1999) は脂肪組織の採取箇所によって脂肪細胞の直径が異なり, また脂肪酸のデノボ合成に必要な NADPH の生産に関与するグルコース 6 リン酸脱水素酵素やイソクエン酸脱水素酵素は採取箇所によって活性が異なることを報告した。

しかしこれまで行われた研究の多くは, 対象となる箇所または筋肉の一部を取り出して分析したものであり, 骨格筋内において脂肪酸組成がどのように変化するかを

調査した研究は数少ない。したがって採材したサンプルから得られた脂肪酸組成が, 本当に枝肉全体を代表しているかを検証することが必要とされる。

本研究の目的は, 黒毛和種から採取した様々な骨格筋の脂肪酸組成を測定し, その変化および関連性を検証すること, さらに第 6-7 胸椎間ロース芯における脂肪酸組成が枝肉全体を代表するものであるのか調査することである。

## 材料および方法

本研究では供試牛として, 由来個体 A および B の黒毛和種の体細胞から作出されたクローン去勢牛それぞれ 2 頭および 3 頭の計 5 頭を用いた。\*同一の環境下で飼養されたクローン牛を用いたので, 理論的には遺伝的および環境的な効果はほとんど無いと考えられる。供試牛は 20 ヶ月齢で屠畜され, 解体されたのち, 調査対象として以下の骨格筋を取り出した: M. semimembranosus (以下, 半膜様筋), M. quadriceps femoris および M. tensor fasciae latae (大腿四頭筋および大腿筋膜張筋), M. supraspinatus (棘上筋), M. psoas major (大腰筋), M. gluteus medius および M. biceps femoris (中臀筋および大腿二頭筋近位部), M. longissimus (最長筋)。最長筋は格付切開面である第 6-7 胸椎間より頭側となる部分 (以

現所属: \*農林水産省生産局, 東京都千代田区 100-8950

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

下、最長筋第 6-7 胸椎間前部) および後方となる部分 (最長筋第 6-7 胸椎間後部) に分割した。屠畜から 2 週間後にこれらの部位を頭側から 2 cm 間隔でスライスし、1 から順番にスライス番号を割り当てた。

各スライスの筋断面から、2.5 cm 幅のポリエステル製の板を使用しておよそ 10 mg のサンプルを採取した。切り出されたスライス全てからサンプルを採取したが、供試牛によって骨格筋の大きさが異なるため、部位ごとのスライス枚数は一致しなかった。また筋肉面積が小さすぎるなど、サンプル採取に不相当であると判断したスライスは分析から除外した。その結果、それぞれの供試牛の各部位から得られたスライスは、半膜様筋が 12~15 枚、大腿四頭筋および大腿筋膜張筋 15~18 枚、棘上筋 13~18 枚、大腰筋 24~29 枚、中臀筋および大腿二頭筋近位部 13~17 枚、最長筋第 6-7 胸椎間前部 5~9 枚および最長筋第 6-7 胸椎間後部 32~38 枚となった。

採取されたサンプルは 5% 塩酸-メタノール 3 mL が入った試験管に入れられ、100°C で 3 時間加熱してメチルエステル化し、ヘキササン 3 mL を加えて 1 分間振とうした。数時間静置した後、分離した上層をバイアル瓶に移し、ガスクロマトグラフィー (GC2010; 島津製作所, 京都) で分析した。分析にはキャリアーガスとしてヘリウムを用い、流量は毎分 1.2 mL とした。キャピラリーカラム (ULBON, HR-SS-10, 0.25 mm×25 m; 信和化工, 京都) を用い、昇温は 180°C までは毎分 10°C, その後 220°C までは毎分 2°C とし、その後 15 分の保持時間を設けた。注入口温度は 220°C, 検出器温度は 250°C に設定した。各脂肪酸の同定には標準試料のメチルエステルキット (GL サイエンス社, 東京) を用い、脂肪酸のピーク面積を数値化することで脂肪酸割合を算出した。同定した脂肪酸はミリスチン酸 (C14:0), ミリストレイン酸 (C14:1), パルミチン酸 (C16:0), パルミトレイン酸 (C16:1), ステアリン酸 (C18:0), オレイン酸 (C18:1) およびリノール酸 (C18:2) の 7 種類であり、そのうち C14:1, C16:1 および C18:1 の全体の脂肪酸に占める割合を

MUFA 割合として計算した。なお C18:1<sub>trans</sub> は C18:1 に含めて計算した。また“大腿四頭筋および大腿筋膜張筋”, “中臀筋および大腿二頭筋近位部” は複数の骨格筋で構成される部位であるため、それぞれの筋断面からサンプルを採取し、MUFA 割合はそれらの平均値として算出した。

統計処理には SAS (SAS Institute Inc., Cary, NC) を用いて GLM プロシジャによる分散分析を行った。MUFA 割合を従属変数とし、由来個体および骨格筋とその交互作用を母数効果とした。Tukey-Kramer の多重比較によって骨格筋間の差を比較した。また骨格筋内での変化を調査するために、MUFA 割合を従属変数、スライス番号を説明変数とした回帰分析を REG プロシジャによって行った。さらに CORR プロシジャにより、各骨格筋における全スライスの MUFA 割合平均値および第 6-7 胸椎間ロース芯の MUFA 割合との相関係数を算出し、骨格筋間の関連性を調査した。

### 結果および考察

本研究で使用した供試牛の基礎統計量を表 1 に示した。供試牛の月齢が若いため、同地域の黒毛和種について調査した Osawa ら (2008) の報告よりも各枝肉形質は低い値となった。21 カ月齢の受精卵クローン牛 5 頭について調査した口田ら (2003) の報告と比較すると、胸最長筋面積はより大きかったが、枝肉重量はやや低かった (それぞれ 38.5~50.4 cm<sup>2</sup> および 344~400 kg)。本研究で使用した供試牛は体細胞クローン牛であり、各由来牛内の個体間で遺伝的な影響はなく、また飼養条件も同一としたので環境的な影響も小さい。そのため各形質の由来牛内個体間の標準偏差 (それぞれ n = 2 および 3) は概ね小さかったが、由来個体 A の枝肉重量における標準偏差は大きかった。これは個体 A に由来するうちの 1 頭の枝肉重量が極端に低いためであり、口田ら (2003) および藤嶋ら (2007) がそれぞれ受精卵クローン牛および体細胞クローン牛を用いて調査を行った結果、飼料の

**Table 1** Means and SD of carcass traits for rib eye between the 6-7th cross section of Japanese Black by derived animals

Traits	All	Derived from animal A (n = 2)	Derived from animal B (n = 3)
	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD
Carcass weight (kg)	362.4 ± 60.4	305.5 ± 58.7	400.3 ± 13.0
Rib thickness (cm)	6.7 ± 0.3	6.8 ± 0.1	6.6 ± 0.4
S.C. fat thickness (cm)	1.7 ± 0.5	2.2 ± 0.2 <sup>a</sup>	1.3 ± 0.2 <sup>b</sup>
BMS No.	4.6 ± 1.1	5.5 ± 0.7	4.0 ± 1.0
Rib-eye area (cm <sup>2</sup> )	48.8 ± 4.6	44.1 ± 3.4 <sup>a</sup>	51.9 ± 0.8 <sup>b</sup>

S.C. fat = subcutaneous fat; BMS = beef marbling standard;

<sup>a,b</sup> Values with superscripts differ between derived animals ( $P < 0.05$ ).

採食量や疾病の有無など、個体のコンディションによって枝肉重量や胸最長筋面積に差が現われることを報告しており、本研究でもそれらの要因によって枝肉重量に差が現われたと考えられる。

各骨格筋の MUFA 割合を表 2 に示した。MUFA 割合はいずれの骨格筋でも由来個体間で差が認められ、由来個体 A が由来個体 B より 5.6~8.1% 大きい値を示した（それぞれ  $n = 2$  および 3）。また両由来個体を含めたデータ ( $n = 5$ ) では各骨格筋間に 3.7~5.1% の差があった。この結果は MUFA 割合に対して由来個体および骨格筋が影響することを示唆しており、分散分析の結果も有意であった ( $P < 0.05$ )。各骨格筋では“大腰筋”において MUFA 割合が有意に低く (48.90%,  $P < 0.05$ )，“大腿四頭筋および大腿筋膜張筋” (53.45%)，“中臀筋および大腿二頭筋近位部” (54.01%) といった部位で高い傾向を示した。Lengyel ら (2003) は大腰筋、背最長筋および半腱様筋を用いて MUFA 割合の比較を行い、背最長筋の MUFA 割合は大腰筋よりも高いことを報告しており（それぞれ 37.2 および 33.5%）、本研究の結果と一致した。Oka ら (2002) は、体表面から遠くなるほど MUFA 割合は低くなることを報告しており、本研究の“大腰筋”において MUFA 割合が低いのは、体表面からの距離が原因であると考えられる。すなわち大腰筋は他の骨格筋と比較して枝肉の深部に位置しているため MUFA 割合が他の骨格筋よりも低くなったと推察された。

由来個体および骨格筋の交互作用は C18:2 を除いて有意 ( $P < 0.01$ ) であったので、由来個体によって MUFA 割合が高くなりやすい、または低くなりやすい骨格筋が存在することが示唆された。由来個体 A では“棘上筋”、“最長筋”において MUFA 割合が高く、由来個体 B では“半膜様筋”および“大腿四頭筋および大腿筋膜張筋”が高い値を示した。由来個体 A において“最長筋”の MUFA 割合は 6 種の骨格筋中 3 番目だったが、由来個体 B では

5 番目となった。この結果は第 6-7 胸椎間ロース芯における MUFA 割合の序列が、他の部位にそのまま当てはまらないことを示唆している。

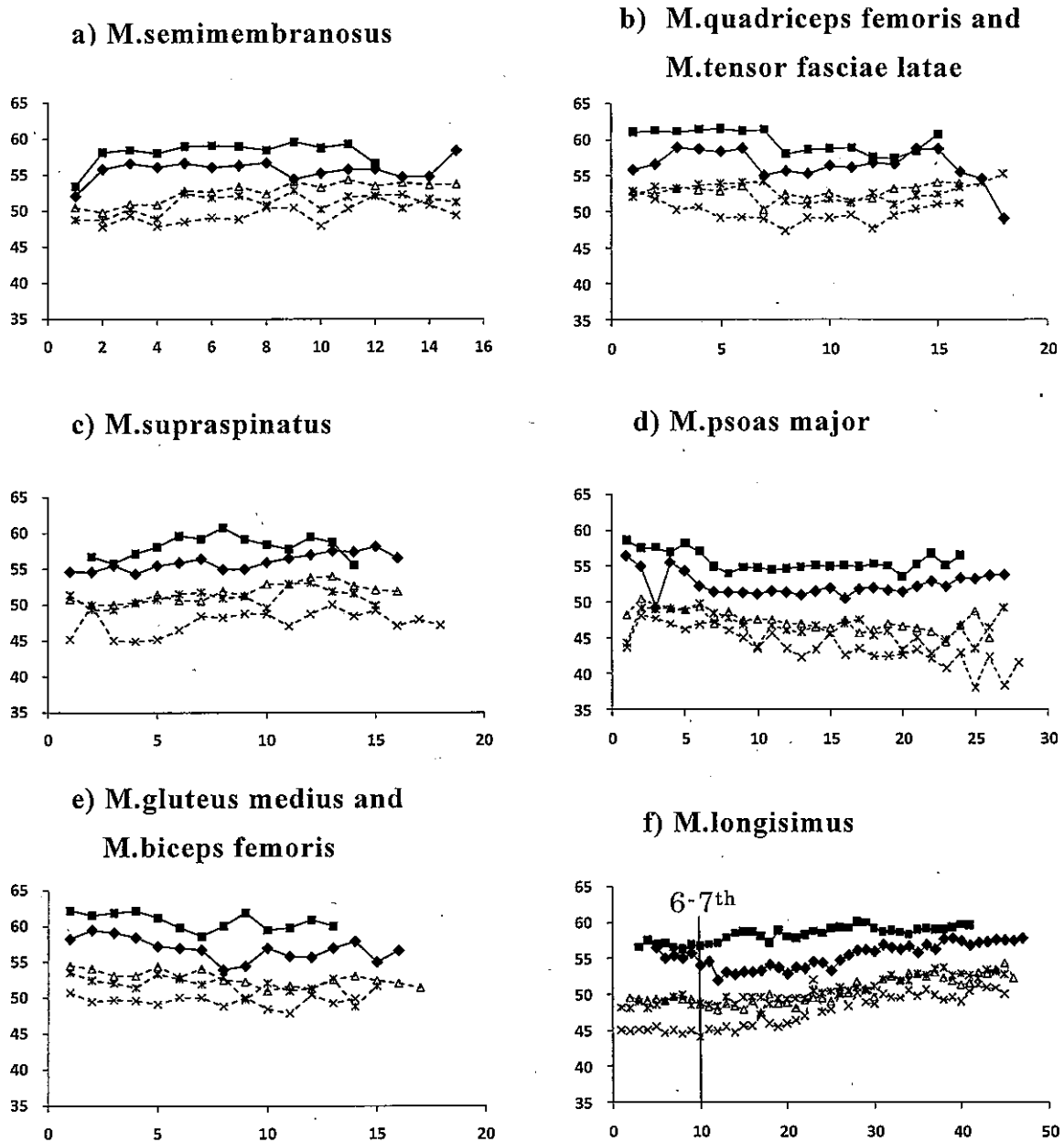
図 1 に各骨格筋における MUFA 割合の推移を示した。また MUFA 割合に対するスライス番号の回帰分析の結果を表 3 に示した。なお、図 1-f 中の線は、格付切開面である第 6-7 胸椎の位置を表している。図 1 の結果から、骨格筋によって、あるいは由来個体によって MUFA 割合の推移が異なることが示された。“半膜様筋”では由来個体 A では尾側に向かってほぼ一定から微増傾向を示し（回帰係数で 0.0749~0.1848）、由来個体 B ではより強い増加傾向が見られた (0.1571~0.2750)。また“大腿四頭筋および大腿筋膜張筋”では由来個体 A は尾側に向かって減少する傾向があるのに対し (-0.1934~-0.2465)、由来個体 B ではほぼ一定の推移を示した (-0.0729~0.0414)。“棘上筋”および“最長筋”では由来個体に関わらず尾側に向かって増加傾向、“大腰筋”や“中臀筋および大腿二頭筋近位部”では減少傾向であった。回帰係数における由来個体間での差は、“大腿四頭筋および大腿筋膜張筋”、“大腰筋”といった部位で顕著だった。いずれの骨格筋においても由来個体間で MUFA 割合が逆転するスライスはほとんど無く、同一スライス部位であれば、骨格筋の一断面から採取したサンプルの MUFA 割合の順位は、そのまま骨格筋の全体に適用できる可能性が示唆された。しかし前述したように MUFA 割合が高くなりやすい部位は由来個体によって異なると考えられ、また本研究で使用した供試牛は由来個体間で MUFA 割合の差が大きかったため、順位の逆転が起こりにくかったと考えられる。したがってこれらの関連性をより明確にするためには、由来個体間の MUFA 割合の差がより小さい供試牛を使用した研究が必要とされるだろう。

表 4 に最長筋における部位ごとの MUFA 割合を示し

**Table 2** Multiple comparison of least square means for the ratio of monounsaturated fatty acids to the total fatty acids in each muscle by derived animals

Muscles	All ( $n = 5$ )	Derived from animal A ( $n = 2$ )	Derived from animal B ( $n = 3$ )
M. semimembranosus	53.2 <sup>a</sup>	56.8 <sup>ab</sup>	51.1 <sup>ab</sup>
M. quadriceps femoris and M. tensor fasciae latae	53.5 <sup>a</sup>	57.7 <sup>ab</sup>	51.6 <sup>a</sup>
M. supraspinatus	52.6 <sup>a</sup>	56.8 <sup>ab</sup>	50.0 <sup>bc</sup>
M. psoas major	48.9 <sup>b</sup>	53.9 <sup>c</sup>	45.8 <sup>e</sup>
M. gluteus medius and M. biceps femoris	54.0 <sup>a</sup>	58.3 <sup>a</sup>	51.4 <sup>a</sup>
M. longissimus	53.6 <sup>a</sup>	56.8 <sup>b</sup>	49.6 <sup>cd</sup>

<sup>a, b, c, d, e</sup> Means in the same column that do not have a common superscript differ among muscles ( $P < 0.05$ ).



**Figure 1** Fluctuation of the ratio of monounsaturated fatty acids to the total fatty acids of the meat slices cut with 2cm interval for each muscle.

Solid lines : Animals derived from A, Broken lines : Animals derived from B. 6-7th line in (f) indicates the location of rib eye between the 6-7th rib where the grading was performed at this cross-section in Japanese Black cattle.

M. longissimus = chuck eye+rib roast+sirloin.

た。ここで第10-11胸椎はリブロースとサーロインを区別する部位である。最長筋内においてMUFA割合は最長筋第6-7胸椎間前部から第6-7胸椎に向けて一度低下した後、再び増加する傾向が確認された。これはいずれの由来個体でも同じであった。由来個体間にはMUFA割合で6.6~8.6%の差があり、骨格筋間の差よりも大きかった。最長筋において、第6-7胸椎から尾側に向かいMUFA割合が増加したのは、Okaら(2002)の報告から、

体表面からの距離が異なることが原因であると考えられる。すなわち第6-7胸椎に近い部位では、広背筋や僧帽筋といった筋肉に覆われているため体表面からの距離が遠いものの、サーロインに向かうにつれてこれらの筋肉がなくなり皮下脂肪だけとなる。そのため体表面からの距離が短くなり、MUFA割合が増加したものと考えられる。

表5に第6-7胸椎間ロース芯と各骨格筋および最長筋

**Table 3** Regression coefficients of the slice number on the ratio of monounsaturated fatty acids to the total fatty acids by each muscle and animal

animal <sup>a</sup>	SE	QU and TE	SU	PS	GL and BI	LO
A <sub>1</sub>	0.0749	-0.1934	0.2027**	-0.0198	-0.2527**	0.0994**
A <sub>2</sub>	0.1848	-0.2465**	0.0750	-0.0962*	-0.1475	0.0773**
B <sub>1</sub>	0.2750**	0.0414	0.2047**	-0.1455**	-0.1494**	0.1170**
B <sub>2</sub>	0.2302*	-0.0729	0.1342	-0.2511**	-0.0517	0.1646**
B <sub>3</sub>	0.1571*	0.0072	0.1043	-0.1185*	-0.1495*	0.1241**

SE = M. semimembranosus ; QU and TE = M. quadriceps femoris and M. tensor fasciae latae ;  
SU = M. supraspinatus ; PS = M. psoas major ; GL and BI = M. gluteus medius and M. biceps  
femoris ; LO = M. longissimus ; <sup>a</sup>A and B = Derived from animal A and B

\* :  $P < 0.05$ , \*\* :  $P < 0.01$

**Table 4** Average of the ratio of monounsaturated fatty acids to the total fatty acids in each part of M. longissimus

Part of M. longissimus	A (n = 2)	B (n = 3)
chuck eye	56.32**	47.68
the 6-7th rib-eye	55.45*	47.21
rib roast	55.40**	47.80
the 10-11th rib-eye	56.91*	50.28
sirloin	58.15**	51.17

\*\*\* : Significant difference between animal A and B.

**Table 5** Correlation coefficients of the MUFA ratio at the 6-7th rib eye with the average of all slices of each muscle

Muscles <sup>a</sup>	the 6-7th rib eye
M. semimembranosus	0.944*
M. quadriceps femoris and M. tensor fasciae latae	0.980**
M. supraspinatus	0.958*
M. psoas major	0.959*
M. gluteus medius and M. biceps femoris	0.971**
M. longissimus	0.961**
chuck eye	0.926*
rib roast	0.971**
the 10-11th rib-eye	0.698
sirloin	0.934*
rib roast+sirloin	0.965**

<sup>a</sup> Average value for all slices of each muscle

\* :  $P < 0.05$ , \*\* :  $P < 0.01$

の部位間の平均値における MUFA 割合の相関係数を示した。個体数は 5 頭と少ないながら、多くの部位で有意な相関が得られた ( $P < 0.05$ )。第 6-7 胸椎間ロース芯

は各部位といずれも強い相関 ( $r = 0.92 \sim 0.99$ ) が得られた。この結果から第 6-7 胸椎間ロース芯で得られた MUFA 割合は他の骨格筋のそれを十分に代表していると考えられる。

表 6 には MUFA 割合における骨格筋間の相関係数を示した。骨格筋間での相関係数はいずれも非常に強く ( $P < 0.01$ )、ある部位で MUFA 割合が高い値を示した場合、その他の部位でも高くなりやすいことが示唆された。

以上の結果から、骨格筋内における MUFA 割合およびその推移が明らかとなった。MUFA 割合は骨格筋によって値が異なり、またその影響は由来個体によっても異なることが示唆された。特に由来個体と骨格筋の交互作用が有意であったことから、由来個体によって MUFA 割合が高くなりやすい部位が存在することは重要な発見である。第 6-7 胸椎間ロース芯の値と各骨格筋との相関は強く、また骨格筋間の関連性も非常に強いことから、特定の部位から枝肉全体の脂肪酸組成を評価することは可能であると推察された。また前述したように由来個体によって MUFA 割合が高くなりやすい部位が異なることが示唆されたが、供試牛を増やしてより詳細な研究を行うことが出来れば、それらの特徴も明らかとなると考えられる。

MUFA は風味との相関および機能性の観点から重要視される形質の一つである。消費者はロースやヒレ、モモといった牛枝肉の様々な部位を購入するため、特定の部位から得られた MUFA 割合をその他の部位に適用できるかは重要である。本研究の結果から骨格筋間の関連性および筋内での推移を示すことができたが、供試牛の数が少ないため、今後さらなる研究が必要となるだろう。また本研究での供試牛の月齢が 20 ヶ月齢と若いため、市場に出荷された枝肉との相違も考えられ、月齢による変化の調査を行うことも必要であると考えられる。

MUFA 割合をおいしさ、または脂肪の質の一つの指標とするためにはまだ課題が残っている。実際に理化学的

**Table 6** Correlation coefficients for MUFA ratios among skeletal muscles using the average of all slices in each muscle

	QU and TE	SU	PS	GL and BI	LO
SE	0.981**	0.985**	0.994**	0.992**	0.982**
QU and TE		0.988**	0.994**	0.997**	0.997**
SU			0.994**	0.986**	0.991**
PS				0.997**	0.997**
GL and BI					0.994**

SE = M. semimembranosus; QU and TE = M. quadriceps femoris and M. tensor fasciae latae; SU = M. supraspinatus; PS = M. psoas major; GL and BI = M. gluteus medius and M. biceps femoris; LO = M. longissimus

\*\* :  $P < 0.01$

な分析を行う際にはコストおよび時間を必要とし、市場に出荷される全ての枝肉に対して分析を行うことは難しい。そのため今後は MUFA 割合の実測値と相関の強い別の測定方法が必要とされるだろう。その問題が解決されれば、脂肪交雑の量だけではない新たな育種改良の目標となり、黒毛和種集団の遺伝的な多様性を確保した上で、肉質の向上が見込まれるようになると考えられる。

### 謝 辞

本研究の一部は帯広畜産大学大型研究プロジェクト経費で実施されたものであり、ここに感謝の意を表します。また本研究を行うにあたり、有益なご助言をいただいた九州沖縄農業研究センターの常石英作氏に深く感謝いたします。

### 文 献

Dryden FD, Marchello JA. 1970. Influence of total lipid and fatty acid composition upon the palatability of three bovine muscles. *Journal of Animal Science* **31**, 36-41.

Eichhorn JM, Coleman LJ, Wakayama EJ, Biomquist GJ, Bailey CM, Jenkins TG. 1986. Effects of breed type and restricted versus ad libitum feeding on fatty acid composition and cholesterol content of muscle and adipose tissue from mature bovine females. *Journal of Animal Science* **63**, 781-794.

Elias-Calles JA, Gaskins CT, Busboom JR, Duckett SK, Cronrath JD, Reeves JJ. 2000. Sire variation in fatty acid composition of crossbred Wagyu steers and heifers. *Meat Science* **56**, 23-29.

藤嶋吉宏, 山内健治, 口田圭吾, 川村 正, 佃 秀雄, 加藤浩二, 山田信一, 瀧本昌彦. 2007. 2頭の候補種雄牛由来の体細胞クローン牛とその間接検定息牛における発育成績, 枝肉成績のばらつきの程度に関する比較検討. *肉用牛研究会報* **84**, 4-11.

He ML, Roh S, Oka H, Hidaka S, Matsunaga N. 1997. The relationship between fatty acid composition and the size of adipocytes from subcutaneous adipose tissue of Holstein steers during the fattening period. *Animal Science Technology* **68**, 838-842.

口田圭吾, 小笠原匡教, 日高 智, 酒井稔史, 南橋 昭, 山本裕

介. 2003. 受精卵クローン牛枝肉横断面の画像解析による類似性の評価. *日本畜産学会報* **74**, 1-7.

Lengyel Z, Husveth F, Polgar P, Szabo F, Magyar L. 2003. Fatty acid composition of intramuscular lipids in various muscles of Holstein-Friesian bulls slaughtered at different ages. *Meat Science* **65**, 593-598.

May SG, Sturdivant CA, Lunt DK, Miller RK, Smith SB. 1993. Comparison of sensory characteristics and fatty acid composition between Wagyu crossbred and Angus steers. *Meat Science* **35**, 289-298.

Melton SL, Amiri M, Davis GW, Backus WR. 1982. Flavor and chemical characteristics of ground beef from grass-, forage-grain- and grain-finished steers. *Journal of Animal Science* **55**, 77-87.

Mendizabal JA, Alberti P, Eguinoa P, Arana A, Soret B, Purroy A. 1999. Adipocyte size and lipogenic enzyme activities in different adipose tissue depots in steers of local Spanish breeds. *Animal Science* **69**, 115-121.

Oka A, Iwaki F, Dohgo T, Ohtagaki S, Noda M, Shiozaki T, Endoh O, Ozaki M. 2002. Genetic effects on fatty acid composition of carcass fat of Japanese Black Wagyu steers. *Journal of Animal Science* **80**, 1005-1011.

Osawa T, Kuchida K, Hidaka S, Kato T. 2008. Genetic parameters for image analysis traits on M. longissimus thoracis and M. trapezius of carcass cross section in Japanese Black steers. *Journal of Animal Science* **86**, 40-46.

Terrell RN, Bray RW. 1969. Influence of sex, liveweight and anatomical location on bovine lipids. III. Fatty acid composition of the neutral and phospholipid fractions from three muscles. *Journal of Animal Science* **29**, 288-293.

Westerling DB, Hedrick HB. 1979. Fatty acid composition of bovine lipids as influenced by diet, sex and anatomical location and relationship to sensory characteristics. *Journal of Animal Science* **48**, 1343-1348.

Xie YR, Busboom JR, Gaskins CT, Johnson KA, Reeves JJ, Wright RW, Cronrath JD. 1996b. Effects of breed and sire on carcass characteristics and fatty acid profiles of crossbred Wagyu and Angus steers. *Meat Science* **43**, 167-177.

Xie YR, Busboom JR, Cornforth DP, Sherenton HT, Gaskins CT, Johnson KA, Reeves JJ, Wright RW, Cronrath JD. 1996a. Effects of time on feed and post-mortem aging on palatability and lipid composition of crossbred Wagyu beef. *Meat Science* **43**, 157-166.

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.

Zembayashi M, Nishimura K, Lunt DK, Smith SB. 1995. Effect of breed type and sex on the fatty acid composition of subcu-

taneous and intramuscular lipids of finishing steers and heifers. *Journal of Animal Science* **73**, 3325-3332.

Zembayashi M, Nishimura K. 1996. Genetic and nutritional effects on the fatty acid composition of subcutaneous and intramuscular lipids of steers. *Meat Science* **43**, 83-92.

## Fluctuation of monounsaturated fatty acid (MUFA) in several skeletal muscles of Japanese Black cattle

Yoshinobu NAKAHASHI<sup>1</sup>, Nazuki MURASAWA<sup>1</sup>, Toshiaki OKUMURA<sup>2</sup>, Mizuno HADA<sup>2</sup>, Yoshihiro FUJISHIMA<sup>2</sup>, Kenji YAMAUCHI<sup>2</sup>, Satoshi HIDAKA<sup>1</sup> and Keigo KUCHIDA<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Obihiro University of Agriculture and Veterinary Medicine, Obihiro 080-8555, Japan

<sup>2</sup> National Livestock Breeding Center TOKACHI STATION, Otofuke, Hokkaido 080-0572, Japan

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

The ratio of monounsaturated fatty acids to the total fatty acids (MUFA ratio) has attracted attention due to the positive correlation with the flavor of the beef meat. However, the fluctuation of the MUFA ratio within muscles was not surveyed as most studies investigated using only a portion of the muscle. In this study, the fluctuation of the MUFA ratio within skeletal muscles and the relationships with the rib eye between the 6-7th rib were investigated using 6 muscle parts (M. semimembranosus, M. quadriceps and M. tensor fasciae latae, M. supraspinatus, M. major psoas, M. gluteus medius and M. biceps femoris, M. longissimus) of 5 Japanese Black cattle cloned from somatic cells. These muscle parts were sliced at 2 cm intervals from the cranial side to the caudal side. The cranial part from the 6-7th ribs of M. longissimus was categorized as chuck eye and the others as loin. Samples of adipose tissue were taken from the surface of each slice, and the fatty acid composition was analyzed using gas chromatography. The variation of the MUFA ratio was affected by the muscles and derived animals. The interaction between the muscles and derived animals for the MUFA ratio was significant ( $P < 0.01$ ), suggesting that the muscle which tends to have a high MUFA ratio differed between the derived animals. The correlation coefficients between MUFA ratios of the rib eye at the 6-7th rib and each muscle were significantly high ( $r = 0.92 \sim 0.99$ ,  $P < 0.05$ ). Furthermore, relationships among muscles were also strong ( $r = 0.98 \sim 0.99$ ,  $P < 0.01$ ). These results indicated that the MUFA ratio representing the whole carcass could be obtained by measuring at the 6-7th rib eye.

*Nihon Chikusan Gakkaiho* 79 (4), 527-533, 2008

Key words : Japanese Black cattle, MUFA ratio, skeletal muscles.