

# 福井県内で肥育された黒毛和種牛肉における性別、種雄牛 および飼養管理の違いが不飽和脂肪酸割合に及ぼす影響

堀川 明彦・笹木 教隆

要約 福井県内で飼養された黒毛和種肥育牛578頭の筋間脂肪を採取し、脂肪酸組成を分析した。肥育牛を性別に分類し、脂肪酸組成を比較したところ、雌牛は去勢牛に比べ不飽和脂肪酸（MUFA）割合が高かった（ $P<0.05$ ）。去勢牛を月齢別に分類し比較したところ、28~29ヵ月齢未満の肥育牛は28ヵ月齢未満の牛に比べMUFA割合が高かった（ $P<0.05$ ）。去勢牛を対象に種雄牛産仔を一代祖別に分類して比較したところ、MUFA割合に差がみられ、同一種雄牛を二代祖別で比較したところ、脂肪酸組成に差がみられた（ $P<0.01$ 、 $P<0.05$ ）。同一種雄牛産仔（去勢牛）を生産者別で比較したところ、MUFA割合に差がみられた（ $P<0.05$ ）。MUFA割合と枝肉重量およびBMS No.との相関は低かった。これらの結果から、県内黒毛和種肥育牛における牛肉中MUFAの割合は、性、月齢、種雄牛、生産者の影響を受け、生産者の飼養方法によってMUFA割合を高められる可能性も示唆された。

キーワード：黒毛和種肥育牛、筋間脂肪、脂肪酸組成、MUFA

## I 緒言

飼料価格の高騰や農家戸数の減少、産地間競争の活性化など、肉牛農家を取り巻く現在の情勢は厳しさを増している。このような状況の中、おいしさを掲げた畜産物のブランド化に活路を見出そうとする取り組みが各地で起きている。

福井県においても、「若狭牛」が福井県産のブランド和牛に指定されてから25年以上が経過しており、新たな特徴ある和牛肉ブランドの開発が求められている。

近年、食肉のおいしさの新たな指標として、脂肪に含まれる不飽和脂肪酸が注目されている。特にオレイン酸などの一価不飽和脂肪酸

（MUFA）は風味や口どけに関与するといわれており（Westerling et al., 1978）、MUFAに影響を及ぼす要因を明らかにすることは、牛肉の脂質の改善に繋がるものと期待されている。牛肉の脂肪酸組成は性（Zembayashi et al., 1995; 岡ら, 2002）、種雄牛（岡ら, 2002; 野儀ら, 2006）、月齢（三橋ら, 1988a）、飼養方法（岡ら, 2002）など各種要因の影響を受けることが報告されて

いる。

そこで本調査では、県内で肥育された黒毛和種肥育牛を対象に、性別、出荷月齢、種雄牛および生産者の飼養方法が脂肪酸組成に及ぼす影響について調査をおこなった。

## II 材料および方法

### 1. 供試材料

平成25年7月から平成26年6月までに金沢食肉センターに出荷され、福井県内で飼養、肥育された黒毛和種肥育牛578頭を調査対象とした。筋間脂肪の採取は、と畜後の枝肉の第6~7肋骨間切開面から採取し、 $-40^{\circ}\text{C}$ で凍結保存した。

### 2. 脂肪酸の分析

脂肪酸の抽出はBlighらの方法に従い、50mgの試料にクロロホルム/メタノールの体積比が1:2となるように混合して脂質を抽出し、塩酸メタノールを用いてメチルエステル化反応を行った。脂肪酸の分析は、ガスクロマトグラフィー（GC-2010 plus, 島津製作所, 京都）、キャピラリーカラムSPT2560 100m $\times$ 0.25mm（Supelco）

を使用した。キャリアーガスはヘリウムを使用し、注入口温度250℃、カラム温度は145～240℃までの4℃/minの昇温プログラムを設定した。検出器は水素炎イオン化検出器を使用した。

測定した脂肪酸は、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)、リノール酸 (C18:2) とし、これら7種の脂肪酸総量を100としてそれぞれの脂肪酸割合を算出した。また、これらの脂肪酸の中で二重結合を持たないC14:0、C16:0、C18:0を飽和脂肪酸 (SFA)、C14:1、C16:1、C18:1の総量を不飽和脂肪酸 (MUFA) として分類した。

### 3. 肥育農家における飼養方法の調査

調査対象牛の中から、種雄牛K1、H1の去勢牛産仔について5頭以上の出荷実績を持つ生産者5戸の結果を抽出し、生産者別に分類して脂肪酸組成を比較した。

### 3. 統計処理

得られた脂肪酸組成について、性別、月齢、種雄牛、生産者別に一元配置の分散分析を行った。有意差が認められた要因については、Tukeyの多重比較検定を行った。

## III 結 果

### 1. 性別が脂肪酸組成に及ぼす影響

調査対象牛を去勢 (411頭) と雌 (167頭) に分類し、脂肪酸組成を比較した。C14:0、C16:0、C16:1、C18:1、C18:2、MUFA、SFAについては

表1 性別の脂肪酸組成

性	頭数	脂肪酸 (%)								
		C14:0	C14:1	C16:0	C16:1	C18:0	C18:1	C18:2	MUFA	SFA
去勢	411	2.4 ± 0.5 <sup>a</sup>	0.7 ± 0.5	24.0 ± 2.1 <sup>A</sup>	5.2 ± 0.8 <sup>A</sup>	10.3 ± 1.8	54.6 ± 3.2 <sup>B</sup>	2.8 ± 0.6 <sup>b</sup>	60.5 ± 3.4 <sup>b</sup>	36.7 ± 3.4 <sup>A</sup>
雌	167	2.3 ± 0.5 <sup>b</sup>	0.7 ± 0.4	23.1 ± 2.1 <sup>B</sup>	5.0 ± 0.7 <sup>B</sup>	10.5 ± 1.5	55.4 ± 3.2 <sup>A</sup>	3.0 ± 0.6 <sup>a</sup>	61.1 ± 3.1 <sup>a</sup>	35.9 ± 3.2 <sup>B</sup>

平均値±標準偏差、異符号間に有意差あり (大文字 P<0.01、小文字 P<0.05)

表2 月齢別の脂肪酸組成 (去勢牛)

種雄牛	頭数	脂肪酸								
		C14:0	C14:1	C16:0	C16:1	C18:0	C18:1	C18:2	MUFA	SFA
<28	150	2.5 ± 0.5	0.7 ± 0.4	24.3 ± 2.2	5.1 ± 0.8	10.7 ± 2.0 <sup>a</sup>	54.0 ± 3.4 <sup>b</sup>	2.7 ± 0.5 <sup>b</sup>	59.9 ± 3.6 <sup>b</sup>	37.4 ± 3.3 <sup>a</sup>
28~29	138	2.3 ± 0.4	0.7 ± 0.6	23.7 ± 2.1	5.3 ± 0.7	10.0 ± 1.7 <sup>b</sup>	55.3 ± 3.1 <sup>a</sup>	2.9 ± 0.6 <sup>a</sup>	61.2 ± 3.3 <sup>a</sup>	36.1 ± 3.3 <sup>b</sup>
29~30	100	2.4 ± 0.5	0.7 ± 0.3	24.1 ± 2.2	5.3 ± 0.8	10.1 ± 1.7 <sup>ab</sup>	54.2 ± 3.1 <sup>ab</sup>	2.9 ± 0.6 <sup>a</sup>	60.3 ± 3.1 <sup>ab</sup>	36.6 ± 3.4 <sup>ab</sup>
30<	23	2.3 ± 0.4	0.7 ± 0.4	23.3 ± 1.9	5.3 ± 0.8	10.2 ± 1.8 <sup>ab</sup>	55.3 ± 2.5 <sup>ab</sup>	2.9 ± 0.6 <sup>ab</sup>	61.2 ± 2.8 <sup>ab</sup>	35.9 ± 2.8 <sup>ab</sup>

平均値±標準偏差、異符号間に有意差あり (P<0.05)

性別で差がみられた (P<0.05)。MUFAについては雌牛 (61.1%) が去勢牛 (60.5%) に比べ高かった (<0.05)。(表1)

### 2. 肥育月齢が脂肪酸組成に及ぼす影響

調査対象牛のうち、去勢牛を出荷月齢で4群 (<28、28~29<、29~30<、30≤) に分類し、脂肪酸組成を比較したところ、C18:0、C18:1、C18:2、MUFA、SFAにおいては出荷月齢間で差がみられた (P<0.05)。MUFAについては28~29ヵ月齢未満の肥育牛 (61.2%) が28ヵ月齢未満の牛 (59.9%) に比べ高かった (P<0.05)。(表2)

### 3. 種雄牛が脂肪酸組成に及ぼす影響

調査対象牛の中で、10頭以上の出荷実績を持つ種雄牛8頭の去勢牛産仔を抽出し、種雄牛別に分類して脂肪酸組成を比較したところ、C14:0、C14:1、C16:1、C18:0、MUFA、SFA割合において、種雄牛産仔間で差がみられた (P<0.05)。MUFA割合については、種雄牛H1の産仔 (61.9%) がK1、K5の産仔に比べ高かった (P<0.05)。同一系統内 (気高系5頭と但馬系2頭) で比較したところ、気高系ではC14:1、C16:1、但馬系ではC18:0で差がみられた (P<0.05)。(表3)

種雄牛K1およびH1産仔を二代祖別 (種雄牛K6およびT3) に分類し、脂肪酸組成を比較したところ、一代祖がK1の群については、K6とT3の間で差はみられなかった。一代祖がH1の群については、C14:0、C14:1、C16:0、C18:1、MUFA、SFA割合で差がみられた (P<0.01、P<0.05)。MUFA割合については、種雄牛T3の孫子 (63.8%) が種雄牛K6の孫子 (61.4%) に比べ高かった (P<0.05)。(表4)

表3 種雄牛産仔別の脂肪酸組成 (去勢牛)

系統	種雄牛	頭数	脂肪酸 (%)								
			C14:0	C14:1	C16:0	C16:1	C18:0	C18:1	C18:2	MUFA	SFA
気高	K1	54	2.1 ± 0.4 <sup>b</sup>	0.6 ± 0.2 <sup>b</sup>	24.4 ± 2.1	4.7 ± 0.5 <sup>c</sup>	10.9 ± 1.5 <sup>a</sup>	54.5 ± 2.9	2.9 ± 0.5	59.8 ± 3.1 <sup>b</sup>	37.4 ± 3.2 <sup>a</sup>
	K2	24	2.2 ± 0.3 <sup>ab</sup>	0.7 ± 0.4 <sup>ab</sup>	23.5 ± 1.9	5.4 ± 0.7 <sup>ab</sup>	10.9 ± 1.7 <sup>a</sup>	54.5 ± 2.6	2.7 ± 0.4	60.5 ± 3.1 <sup>ab</sup>	36.6 ± 3.2 <sup>ab</sup>
	K3	22	2.4 ± 0.6 <sup>ab</sup>	0.8 ± 0.4 <sup>ab</sup>	23.5 ± 2.1	5.2 ± 0.9 <sup>abc</sup>	10.6 ± 1.9 <sup>ab</sup>	54.8 ± 3.4	2.7 ± 0.5	60.7 ± 3.3 <sup>ab</sup>	36.4 ± 3.5 <sup>ab</sup>
	K4	11	2.5 ± 0.4 <sup>ab</sup>	0.9 ± 0.3 <sup>ab</sup>	23.9 ± 1.1	5.3 ± 0.6 <sup>abc</sup>	10.5 ± 1.1 <sup>abc</sup>	54.0 ± 2.3	2.9 ± 0.6	60.2 ± 2.2 <sup>ab</sup>	36.8 ± 2.2 <sup>ab</sup>
	K5	10	2.5 ± 0.3 <sup>ab</sup>	1.2 ± 2.0 <sup>a</sup>	24.5 ± 2.5	4.7 ± 0.6 <sup>bc</sup>	10.8 ± 0.9 <sup>ab</sup>	53.4 ± 3.4	3.0 ± 0.5	58.5 ± 3.6 <sup>b</sup>	38.6 ± 3.4 <sup>a</sup>
但馬	T1	22	2.5 ± 0.5 <sup>a</sup>	0.8 ± 0.5 <sup>ab</sup>	23.9 ± 2.2	5.6 ± 0.6 <sup>a</sup>	8.9 ± 1.1 <sup>c</sup>	55.3 ± 3.0	2.9 ± 0.6	61.7 ± 3.2 <sup>ab</sup>	35.4 ± 3.1 <sup>ab</sup>
	T2	14	2.5 ± 0.5 <sup>ab</sup>	1.0 ± 0.4 <sup>ab</sup>	24.0 ± 1.9	5.2 ± 0.9 <sup>abc</sup>	10.9 ± 1.5 <sup>a</sup>	53.6 ± 2.9	2.7 ± 0.4	59.8 ± 2.5 <sup>ab</sup>	37.5 ± 2.5 <sup>ab</sup>
藤良	H1	116	2.4 ± 0.4 <sup>a</sup>	0.7 ± 0.4 <sup>ab</sup>	23.6 ± 2.0	5.5 ± 0.6 <sup>a</sup>	9.3 ± 1.5 <sup>bc</sup>	55.6 ± 2.8	2.9 ± 0.5	61.9 ± 2.8 <sup>a</sup>	35.2 ± 3.0 <sup>b</sup>

平均値±標準偏差、異符号間に有意差あり (P<0.05)

表4 種雄牛二代祖別の脂肪酸組成 (去勢牛)

一代祖	二代祖	頭数	脂肪酸 (%)								
			C14:0	C14:1	C16:0	C16:1	C18:0	C18:1	C18:2	MUFA	SFA
K1	K6	22	2.1 ± 0.3	0.5 ± 0.2	24.3 ± 2.2	4.5 ± 0.5	11.4 ± 1.6	54.5 ± 3.0	2.7 ± 0.4	37.8 ± 3.2	59.4 ± 3.2
	T3	20	2.1 ± 0.4	0.6 ± 0.2	24.3 ± 1.7	4.7 ± 0.5	10.9 ± 1.3	54.7 ± 2.7	2.9 ± 0.6	37.2 ± 3.0	60.0 ± 3.0
H1	K6	84	2.5 ± 0.4 <sup>A</sup>	0.7 ± 0.4 <sup>a</sup>	23.9 ± 1.9 <sup>A</sup>	5.5 ± 0.6	9.5 ± 1.6	55.2 ± 2.8 <sup>B</sup>	2.8 ± 0.5	61.4 ± 2.8 <sup>B</sup>	35.9 ± 2.9 <sup>A</sup>
	T3	25	2.1 ± 0.2 <sup>B</sup>	0.5 ± 0.3 <sup>b</sup>	22.1 ± 1.6 <sup>B</sup>	5.7 ± 0.7	9.0 ± 1.3	57.6 ± 2.1 <sup>A</sup>	3.0 ± 0.5	63.8 ± 2.4 <sup>A</sup>	33.2 ± 2.7 <sup>B</sup>

平均値±標準偏差、異符号間に有意差あり (大文字 P<0.01、小文字 P<0.05)

#### 4. 飼養方法が脂肪酸組成に及ぼす影響

種雄牛K1のMUFA割合については、4戸の生産者間で差はみられなかった(図1)。一方、種雄牛H1のMUFA割合については4戸の生産者間で差がみられ、生産者D(63.5%)は生産者A(60.7%)に比べ高かった(P<0.05)。

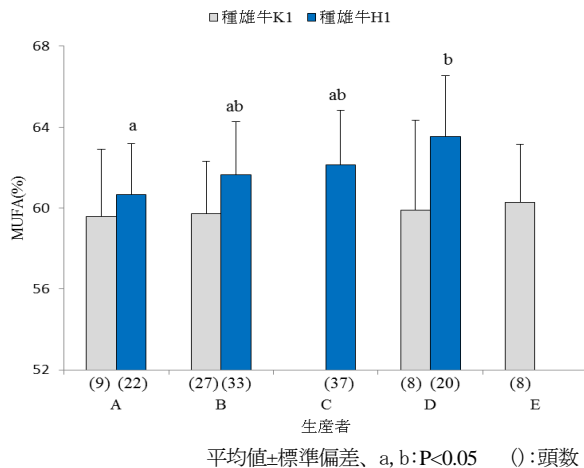


図1 生産者別のMUFA割合の比較

#### 5. MUFA割合、枝肉重量およびBMS No. の関係

調査対象牛の中で、生産者Aにより飼養された種雄牛K1の去勢牛産仔(42頭)の結果を抽出し、MUFA割合と枝肉重量およびBMS No.との関係を調査した(図2)。それぞれの相関係数は、0.164および0.149であった。

## IV 考察

脂肪酸組成は性別や血統、肥育期間、飼料内容の影響を受けることが報告されている。今回、オレイン酸割合に影響を及ぼす要因を検討するため、福井県内の黒毛和種肥育牛を対象に調査を行った。

今回の調査対象牛を性別で比較したところ、雌牛は去勢牛に比べMUFA割合は高く、既報(Zembayashi et al., 1995; 岡ら, 2002)と同様の結果であった。野儀ら(2008)は、脂肪酸組成に影響を与える要因は性別よりも、年次、出荷月齢、農家の違いによる方が大きいと述べている。今回の調査対象牛については、性別の分類では種雄牛や生産者の違いが考慮されておらず、性別と比較してその他の要因がMUFA割合にどの程度の影響を及ぼしているかについては、今後、詳細に調査する必要がある。

今回の調査対象牛を月齢別で分類し比較したところ、月齢が高い方がMUFA割合が高い傾向にあった。脂肪酸組成は単に経時的に変化するのではなく、成長による脂肪蓄積量の増加に伴って変化することが報告(三橋ら, 1988a)されており、肥育後期である20ヵ月齢以降は脂肪蓄積が大きい時期であるため、今回認められた差は脂肪蓄積に伴ってMUFA割合が高まったものと推察された。

今回調査した去勢牛のうち、8頭の種雄牛別に脂肪酸組成を比較したところ、MUFA割合に差がみら

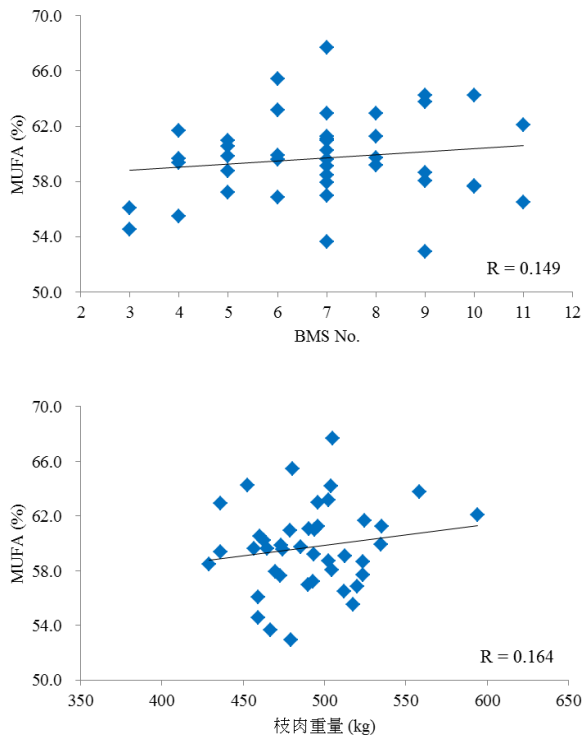


図2 MUFA割合と枝肉重量およびBMS No.との関係

れ、特に藤良系の種雄牛H1で高いMUFA割合がみられた。また、同一系統の種雄牛間においても脂肪酸組成に差がみられたことは、種雄牛造成の交配がハーフ系を含め多岐にわたるためと思われる。

岡ら(2002)は、同一種雄牛の産仔では母方祖父によって脂肪酸組成が異なることを報告している。今回の調査においても、同一種雄牛産仔を二代祖別に分類して脂肪酸組成を比較したところ、C18:1とMUFA割合で差がみられた。このことは、MUFA割合は系統よりも種雄牛個体の影響が大きいと思われる。脂肪細胞においてSFAからMUFAへの変換を触媒するStearyl-CoA deaturaseをコードするSCD遺伝子には、優性のA型と劣性のV型が存在し、A型ホモの個体のMUFA割合は、V型ホモの個体よりも高くなることが報告されている(Taniguchi et al. 2004)。このことは、種雄牛別のMUFA割合の違いにSCD遺伝子型の違いが関連している可能性も示唆されることから、今回の調査対象牛についても、SCD遺伝子型がMUFA割合に及ぼす影響について調査する必要があると思われる。

今回の調査において、去勢で同一種雄牛の産仔のMUFA割合を生産者別に比較したところ、差がみられた。和牛肉のMUFA割合は飼料内容により影響されることが報告(三橋ら, 1988b; 浅田ら, 2007)されており、今回の調査で認められた差は生産者の給与

飼料内容の違いが反映されているものと推察される。

堤ら(1994)は、肥育後期の黒毛和種牛において、トウモロコシ主体の飼料給与により、胸最長筋の脂肪酸組成が変化することを報告している。また、岡ら(1998)はトウモロコシの給与割合が増加するとMUFA割合が高くなることを報告している。本調査において、生産者別に飼料給与内容を比較したところ、生産者によって濃厚飼料に含まれるトウモロコシの給与割合や、トウモロコシの粒度が異なっており(データ未掲載)、このことがMUFA割合に影響を及ぼしている可能性も考えられる。

また、交雑種去勢牛の肥育中後期において、大麦とトウモロコシの配合割合を変え、飼料中の分解性タンパク質割合を変えることで、胸最長筋内のオレイン酸割合をコントロールできる可能性も報告(浅岡ら, 2009)されており、生産者の違いにより給与飼料の違いがオレイン酸割合に影響を及ぼしている可能性もある。

MUFA割合と枝肉重量およびBMS No.との関連については、一生産者を対象に性別と種雄牛の影響を考慮して調査したところ相関は低かった。横田ら(2011)は、黒毛和牛胸最長筋の各脂肪酸と枝肉形質および肉質形質の表現相関は全体的に低かったと報告している。今回の調査の結果、性別や遺伝的な要因に加え、生産者の飼養方法がMUFA割合に影響を及ぼすことが確認された。

今後は、経済的に重要な枝肉形質との両立を目指し、MUFA割合を高める飼養方法を検討する必要があると思われる。

## 文 献

- 浅岡壮平・浅田研一・稲田淳・磯崎良寛. 交雑種去勢牛の肥育中後期以降における飼料中第一胃分解性タンパク質割合および大麦とトウモロコシの配合割合が産肉性に及ぼす影響. 福岡県農業総合試験場研究報告, 28:74-78.2009.
- 浅田勉・黒沢功・南雲忠. 米ぬか添加が黒毛和種去勢牛の産肉性および枝肉脂肪の脂肪酸組成に及ぼす影響. 群馬県畜産試験場研究報告, 14:9-20.2007.
- Westering D B and Hedrick H B. Fatty acid composition of bovine lipids as influenced by diet, sex, and anatomical location and relationship to sensory

- characteristics. *J Anim Sci*, 48:1343-1348.1978.
- 岡章生・道後泰治・太田垣進. 肥育後期の濃厚飼料中非繊維性炭水化物(NFC)濃度が但馬牛の増体と肉質に及ぼす影響. 兵庫県農業技術センター研究報告(畜産編), 34:5-9.1998.
- 岡章生・岩木史之・道後泰治・太田垣進. 但馬牛の胸最長筋内脂肪の脂肪酸組成. 兵庫県農業技術センター研究報告(畜産編), 38:17-23.2002.
- Zembayashi M, Nishimura K, Lunt D K and Smith S B. Effect of breed type and sex on the fatty acid composition of subcutaneous and intramuscular lipids of finishing steers and heifers. *J Anim Sci*, 73:3325-3332.1995.
- Taniguchi A, Utsugi T and Oyama K. Genotype of stearoyl-CoA desaturase is associated with fatty acid composition in Japanese Black cattle. *Mam Genome*, 14:142-148.2004.
- 堤知子・太田均・溝下和則・窪田力・加治佐修・横山喜世志. 高品質牛肉の低コスト肥育技術に関する研究 (1)後期濃厚飼料中の大麦とトウモロコシの構成割合及び形状が黒毛和種去勢牛の産肉性に及ぼす影響. 鹿児島県畜産試験場研究報告, 27:10-23.1994.
- 野儀卓哉. 鳥取和牛肉の脂肪酸組成割合に与える要因について(第1報). 鳥取県畜産試験場研究報告, 34:11-14.2006.
- 野儀卓哉・大山憲二. 鳥取和牛肉の脂肪酸組成割合に関する遺伝的パラメータの推定. 鳥取県畜産試験場研究報告, 36:14-21.2008.
- 三橋忠由・三津本充・山下良弘・小沢忍. 黒毛和種去勢牛の発育にともなう蓄積脂肪の融点と脂肪酸組成の変化. 中国農業試験場研究報告, 2:43-50.1988a.
- 三橋忠由・北村豊・三津本充・山下良弘・小沢忍. 黒毛和種去勢牛の脂肪組織における脂肪酸組成並びに色調に及ぼす給与飼料の影響. 中国農業試験場研究報告, 3:71-79.1988b.
- 横田祥子・杉田春奈・大友良彦・須田義人・鈴木啓一. 黒毛和種牛肉における脂肪酸組成と枝肉形質および肉質形質との遺伝的関係. 東北畜産学会報, 60(3):80-85.2011.

**The differences of sex, age, sire and feeding system affect  
beef monounsaturated fatty acid (MUFA) composition  
in Japanese black cattle**

Akihiko HORIKAWA and Kiyotaka SASAKI  
Fukui Prefectural Livestock Experiment Station

**Abstract**

To investigate the factors affecting the fatty acid composition of beef, the intramuscular fat from 578 Japanese black cattle fed in Fukui prefecture were analyzed by gas chromatography. The monounsaturated fatty acid composition (MUFA) was compared with groups classified by sex, age, sires and farms. MUFA of heifers were higher than that of steers. MUFA of steers fed for 28~<29 months were significantly higher than those fed for <28 months, suspected that desaturation of fatty acid was raised along with fat accumulation. The differences of MUFA in steers were observed among groups classified by sires. The differences of MUFA between the groups classified by grandsire suspected that fatty acid composition was dependent on individual sires rather than strains. The differences of MUFA in steers were observed among different farms, which might be due to the difference of feeding system. MUFA composition in steers was not correlated to each of carcass weight and beef marbling scores, respectively. These results indicated that the MUFA composition in beef from Japanese black cattles were affected by sex, age, sire and feeding system. It might be possible that the development of feeding system improves the fatty acid composition of beef for desirable flavor.

**Key word:**Japanese black cattle, intramuscular fat, Fatty acid composition, MUFA