

食味形質の遺伝的解析による美味しい牛肉生産に関する研究 (第1報)
 — 黒毛和種肥育牛の皮下脂肪脂肪酸組成に及ぼす遺伝的影響 —
 片岡博行・平本圭二*

Hereditary effects on fatty acid composition in subcutaneous fat of
 fattened Japanese black

Hiroyuki KATAOKA and Keiji HIRAMOTO

要 約

牛肉脂肪中の不飽和脂肪酸含有量は美味しさに大きく影響している。和牛では、不飽和脂肪酸含有率と脂肪酸不飽和化酵素遺伝子型 (SCD遺伝子型) や成長ホルモン遺伝子型 (GH遺伝子型) との関連が指摘されている。そこで、県下の黒毛和種肥育牛の脂肪酸組成と各遺伝子型等との関連を調査した。県営食肉市場における枝肉共進会、共励会出品の黒毛和種枝肉から皮下脂肪と腎周囲脂肪を採取し分析に供した。分析頭数は去勢420頭、雌115頭で採取した皮下脂肪をガスクロマトグラフにより分析し脂肪酸組成を測定した。GH遺伝子型の判定はDNAシーケンサーを用いて、また、SCD遺伝子型の判定はPCR-RFLPにより行った。その結果、

- 1 去勢と雌では、雌が不飽和脂肪酸割合が高い傾向にあった。
- 2 父の種雄牛別では、去勢牛で有意な差が見られ、遺伝的影響が確認された。
- 3 GH遺伝子型別の脂肪酸組成について分析したところ、全6タイプが確認され、B遺伝子ホモがA遺伝子ホモに比べて有意に高い割合だったほか、A遺伝子を持つ個体が低い傾向が見られた。
- 4 調査牛のSCD遺伝子は、バリン型遺伝子(35.8%)に比べアラニン型遺伝子(64.2%)の頻度が高かった。調査牛のGH遺伝子は、A遺伝子(34.0%)、B遺伝子(28.5%)、C遺伝子(37.5%)ともほぼ同一の頻度であった。
- 5 父の種雄牛を特定しないSCD遺伝子型別では、脂肪酸組成に差は見られなかったが、同一種雄牛のSCD遺伝子型別では、一部の種雄牛でアラニン型遺伝子の存在により総不飽和脂肪酸割合が高くなる有意な差が見られ、SCD遺伝子の違いが脂肪酸組成に影響していた。

黒毛和種肥育牛の脂肪酸組成は、遺伝的影響を受けており、種雄牛の遺伝的能力を把握することで改良が可能であることが示唆された。

キーワード：牛、黒毛和種、脂肪酸組成、SCD遺伝子、成長ホルモン遺伝子

緒 言

牛肉の食味性に影響する大きな因子の一つが牛肉中の脂肪の質、すなわち脂肪酸組成である。牛肉中の脂肪の質は品種や性別、月齢によって異なることが知られており、飽和脂肪酸と不飽和脂肪酸の割合や不飽和脂肪酸のオレイン酸は牛肉の食味性に影響している¹⁾。一方、和牛では、Taniguchiら²⁾が体脂肪の不飽和脂肪酸割合とstearoyl-CoA desaturase遺伝子(脂肪酸不飽和化酵素遺伝子、以下SCD遺伝子)多型との関連を指摘し、また成長ホルモン遺伝子(以下GH遺伝子)多型についても塩田ら³⁾が関連を報告している。今

回、岡山県営食肉地方卸売市場へ出荷される県下の黒毛和種肥育牛について脂肪酸組成と各遺伝子型との関連を調査し、岡山和牛の食味の改良について検討した。

材料及び方法

1 材料

材料は平成16年5月から平成17年9月までに岡山県営食肉地方卸売市場で開催された岡山県枝肉共励会及び岡山県枝肉共進会に出品された黒毛和種肥育牛についてと畜後2日目に左半丸冷屠体第6第7胸椎切開面の皮下脂肪を脂肪酸組成測定のためのサンプルとし、同腎周囲

脂肪組織をDNA抽出のためのサンプルとした。

2 脂肪酸組成の測定

採取した皮下脂肪約100mgをクロロホルム10ml中に無水硫酸ナトリウム1gとともに一昼夜浸漬し、濾過後、窒素ガス下60°Cでクロロホルムを蒸散除去し、測定用の脂肪を抽出した。

これに0.5Nナトリウムメチラート2mlを加えて60°Cで10分間反応させてメチルエステル化した後、2%酢酸4ml、n-ヘキサン4mlを加えて5分間強く振とうし、3,000rpm10分間遠心分離後ヘキサン層を用いてガスクロマトグラフィーにより脂肪酸組成を分析した。

3 DNA抽出

採取した腎周囲脂肪500mgにProtenaseK(20mg/μl) 10μl、2%SDS 16μl、10×PCR Buffer 40μl、蒸留水318μlを加え、55°Cで一晩酵素処理した。その後95°C15分間の失活後、15,000rpm10分間遠心分離し、上澄みを等量のクロロホルムと混和し15,000rpm5分間遠心分離し、上層を分取し、エタノール沈殿によりDNAを抽出した。得られたDNAは吸光度を測定し20ng/μlに調整した。

4 遺伝子型判定

(1) GH遺伝子型

牛成長ホルモン遺伝子型の判定はYaoら⁴⁾のGH 6プライマーを用いて得られた2つの変異カ所を含む404bpの塩基配列をダイターミネーター法でダイレクトシーケンスし遺伝子型を決定した。

(2) SCD遺伝子型

牛SCD遺伝子型の判定は、Taniguchiら²⁾の報告を参考に、制限酵素NcoI (TOYOBO CO., LTD)を用いたPCR-RFLP法によりアラニン(A)型、バリン(V)型の各ホモとヘテロの遺伝子型を決定した。

結果及び考察

1 調査牛の枝肉成績

調査牛の枝肉形質の概要を表1に示した。去勢牛は枝肉重量449±50.4kg、BMS No.は5.44±1.93、ロース芯面積は54.7±7.2cm²であった。雌牛は枝肉重量407.0±52.4kg、BMS No.は5.21±1.82、ロース芯面積は52.4±7.0cm²であった。

2 調査牛の脂肪酸組成

調査牛全体の脂肪酸組成について性別に表2に示した。C18:1(レイン酸)、MUFA、SCFAのいずれも去勢牛より雌牛の方が割合が高かった。

表1 調査牛の枝肉成績

	n	出荷月齢	枝肉重量	ロース芯面積	バラ厚	皮下脂肪厚	脂肪交雑(BMSno)
去勢牛	420	28.6±1.7	449±50.4	54.7±7.2	7.29±0.73	2.42±0.68	5.44±1.93
雌牛	115	30.6±2.8	407±52.4	52.4±7.0	7.04±0.70	2.95±0.77	5.21±1.82

表2. 調査牛の皮下脂肪脂肪酸組成%(去勢:420 雌:115)

	C14:0	C14:1	C16:0	C16:1	C18:0	C18:1	C18:2	MUFA	SCFA
去勢牛	2.1±0.43	1.9±0.57	22.5±2.05	7.2±1.47	7.0±1.63	56.2±3.06	3.0±1.03	65.4±3.02	68.3±2.99
雌牛	2.0±0.44	2.0±0.68	22.0±1.95	7.6±1.59	6.6±1.77	56.9±3.25	2.9±0.97	66.5±2.80	69.4±2.68

また、図1に出荷月齢と不飽和脂肪酸割合の関係を示した。去勢、雌とも月齢が進むにつれて、不飽和脂肪酸割合が高くなる傾向が見られた。本調査牛では、雌牛は去勢牛に比べて出荷月齢の平均が約2ヶ月遅いが、全出荷月齢を通じて概ね雌牛の方が不飽和脂肪酸割合が高く、性別による差が伺えた。

3 調査牛の遺伝子型

(1) 調査牛のGH遺伝子型

調査牛のGH遺伝子型の解析結果を表3に示し

た。6タイプ全ての型が確認され、C遺伝子の頻度が37.4%で最も多いが、A及びB遺伝子も3割程度を占めていた。

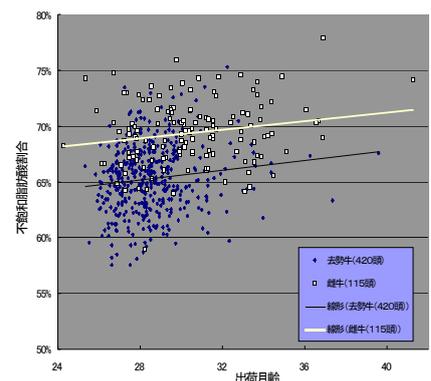


図1 雌雄別出荷月齢と皮下脂肪不飽和脂肪酸割合

表3 調査牛のGH遺伝子頻度(%)

遺伝子型						遺伝子		
AA	AB	AC	BB	BC	CC	A	B	C
11.0 (59)	18.3 (98)	27.7 (148)	9.7 (52)	19.3 (103)	14.0 (75)	34.0	28.5	37.4

(N)

岡山県下の黒毛和種のGH遺伝子については以前の調査で、A及びC遺伝子に比べてB遺伝子が少ない傾向が見られたが、今回の結果からその後B遺伝子が増加していることが伺えた。B遺伝子は但馬系の牛に多く見られることから、近年、県下でも但馬系種雄牛の利用が進んだ結果と推察される。

(2) 調査牛のSCD遺伝子型

調査牛のSCD遺伝子型の解析結果を表4に示した。3つの遺伝子型のうち、VV型の個体が少なく、AV型、AA型の個体が多かった。遺伝子の頻度は、A型遺伝子が64%、V型遺伝子が36%であった。交配された種雄牛が様々で、雌牛側の遺伝子頻度を一概には把握できないが、V型ホモの個体が顕著に少なかったことから、雌牛にA遺伝子を保有する牛が多いものと推察される。

SCD遺伝子の多型も、地域により頻度が異なることが知られており²⁾、成長ホルモン遺伝子と

同様に各地域の育種過程を反映しているものと推察される。

表4 調査牛のSCD遺伝子頻度(%)

遺伝子型			遺伝子	
AA	AV	VV	A	V
40.9 (219)	46.5 (249)	12.5 (67)	64.2	35.8

(N)

4 種雄牛と脂肪酸組成

去勢牛について種雄牛別の脂肪酸組成を産子12頭以上の種雄牛について表5に示した。種雄牛間では、各々脂肪酸の種類によって、有意な差が見られ、脂肪酸組成への種雄牛の影響が確認された。C18:1(オレイン酸)は牛肉脂肪中で最も多い脂肪酸で、オレイン酸割合の高い肉は風味に優れるとされている¹⁾。肥育牛の品種間の比較で、黒毛和種は、ホルスタイン種、黒毛和種×ホルスタイン種の交雑種に比べて、オレイン酸を含む不飽和脂肪酸割合が高く^{5, 6)}、和牛肉が食味性に優れる要因の一つと考えられている。

表5に示す10頭の種雄牛の内、調査した中で種雄牛Cの産子はオレイン酸割合が最も高く、本種雄牛の産子は食味性に優れる可能性が示唆された。

表5 去勢肥育牛の種雄牛別脂肪酸組成(%)

種雄牛	例数	C14:0	C14:1	C16:0	C16:1	C18:0	C18:1	C18:2	SCFA	MUFA
A	54	2.1	2.1 b	22.2	7.6 bc	6.2 a	56.9	3.0	69.5 ac	66.5 a
B	50	2.1	1.9	23.3 b	6.9	7.4 b	55.4 b	2.9	67.2 bc	64.3 b
C	47	1.9 a	1.7 a	21.7 a	6.8 ab	6.8	57.9 a	3.1 a	69.5 a	66.4 a
D	31	2.0 ab	1.9	22.9	6.4 a	7.7 b	55.5 b	3.6	67.4 b	63.9 b
E	26	1.9 ab	2.0 b	22.4	7.5 bc	6.9	56.4	2.7	68.7 ac	66.0
F	24	2.1	2.0 b	22.7	6.9	7.3 b	56.1	2.8	67.8	65.0
G	22	2.1	2.1 b	22.6	7.9 c	6.7	56.0	2.7 b	68.6	66.0
H	22	2.4 c	2.1 b	22.9	7.8 bc	7.2	54.8 b	2.9	67.5	64.6
I	13	2.2 bc	2.0	23.6 b	7.5	6.1 a	55.7	3.0	68.1	65.1
J	12	2.4 c	2.2 b	23.5	7.6	7.2	54.2 b	2.9	66.9	64.0

縦列アルファベット小文字の異符号間で有意差有り(P<0.01)

5 遺伝子型と脂肪酸組成

(1) GH遺伝子型と脂肪酸組成

GH遺伝子型別の脂肪酸組成について分析した結果を表6、7に示した。去勢牛についてはオレイン酸

でB遺伝子ホモがA遺伝子ホモに比べて有意に高い割合だったほか、C遺伝子を持つ個体が高い傾向が見られた。

表6 去勢肥育牛のGH遺伝子型別皮下脂肪脂肪酸組成(%)

GH型	例数	C14:0	C14:1	C16:0	C16:1	C18:0	C18:1	C18:2	SCFA	MUFA
AA	45	2.2 b	2.0	22.6	7.8	7.0	55.1 b	3.3	68.2	64.9
AB	79	2.3 b	2.0	22.7	7.8	6.9	55.4 b	2.9	68.1	65.2
AC	113	2.0	1.9	21.7	7.0	7.2	56.8	3.3	69.1	65.8
BB	39	1.7 a	1.6 a	21.1	6.7	7.0	58.8 a	2.8	70.2	67.3
BC	85	2.0	1.9	21.9	7.2	6.5	57.6	2.9	69.5	66.7
CC	59	2.2 b	2.2 b	22.5	8.1	6.6	56.6	2.5	68.7	66.2

縦列アルファベット小文字の異符号間で有意差有り(P<0.01)

表7 雌肥育牛のGH遺伝子型別皮下脂肪脂肪酸組成(%)

GH型	例数	C14:0	C14:1	C16:0	C16:1	C18:0	C18:1	C18:2	SCFA	MUFA
AA	14	2.0	1.7	21.3	6.8	7.4	58.6	2.2	69.3	67.1
AB	19	2.0	2.0	21.7	7.6	6.4	57.5	2.9	70.0	67.1
AC	35	2.0	2.1	21.9	7.7	5.8	57.5	2.9	70.2	67.3
BB	13	2.0	2.0	22.2	8.1	6.3	56.9	2.5	69.5	66.9
BC	18	1.9	2.2	22.0	8.2	5.7	57.0	2.9	70.3	67.4
CC	16	2.1	2.2	21.9	8.1	6.3	56.6	2.8	69.8	66.9

塩田ら³⁾は、成長ホルモン型と脂肪酸組成の関係を報告し、C遺伝子を持つ個体でオレイン酸が高い傾向を報告している。今回、同様の傾向は見られるが、B型遺伝子を持つ個体も高い傾向が示されている。これは、塩田らの報告のサンプルは、B型遺伝子を持つ個体が他の型に比べて少なく、その特徴を把握できていなかったことが一因と考えられる。

一方、雌については遺伝子型による傾向は去勢と異なる結果となり、有意な差も見られなかった。本調査牛では雌牛のサンプルで出荷月齢に幅があり、去勢に比べ月齢も大きかったことから、加齢

に伴う不飽和化の高進が遺伝子型による違いを不明瞭にしたとも考えられる。

(2) SCD遺伝子型と脂肪酸組成

SCD遺伝子型別の脂肪酸組成を去勢と雌で調査した結果を表8, 9に示した。去勢では一部の脂肪酸で有意な差があったが、去勢、雌ともオレイン酸、総不飽和脂肪酸(USFA)、モノ不飽和脂肪酸(MUFA)のいずれもSCD型により有意な違いは見られなかった。

表8 去勢肥育牛のSCD遺伝子型別皮下脂肪脂肪酸組成(%)

SCD型	例数	C14:0	C14:1	C16:0	C16:1	C18:0	C18:1	C18:2	SCFA	MUFA
AA	178	2.0 a	2.1 a	22.7	6.9 a	6.9	56.3	3.0	68.4	65.4
AV	193	2.1 b	1.9 b	22.5	7.5 b	7.0	56.0	3.0	68.4	65.4
WV	49	2.1	1.4 c	22.1	7.2	7.6	56.5	3.0	68.2	65.2

縦列アルファベット小文字の異符号間で有意差有り(P<0.01)

表9 雌肥育牛のSCD遺伝子型別皮下脂肪脂肪酸組成(%)

SCD型	例数	C14:0	C14:1	C16:0	C16:1	C18:0	C18:1	C18:2	SCFA	MUFA
AA	54	1.9	2.0	22.0	7.3	6.5	57.5	2.9	69.7	66.7
AV	50	2.1	2.0	22.0	7.9	6.6	56.4	3.0	69.3	66.3
WV	11	2.2	1.7	21.5	7.9	7.4	56.6	2.8	68.9	66.1

また、去勢牛について種雄牛別にSCD遺伝子型と脂肪酸の関係を表10に示した。

種雄牛によってはSCD遺伝子型により一部に有意な違いがあった。種雄牛Bはアラニン型ホモの個体がヘテロ型に比べて不飽和脂肪酸割合が高い傾向が見られ、種雄牛Hはヘテロ型がバリン型ホモに比べ不飽和脂肪酸割合が高い結果となった。これら種雄牛の産子は不飽和脂肪酸割合がアラニン型で高く、バリン型で低くなる傾向を示し、Taniguchiら²⁾の報告と同様の傾向だった。しかし、他の種雄牛産子ではこうした傾向は見られなかった他、種雄牛Eでは逆の傾向を示すなど、種雄牛により傾向が異なった。

体脂肪の脂肪酸組成は、飼養条件や月齢によっ

ても影響を受けるほか、先に述べたように種雄牛による影響も強いことから、脂肪質への単一の遺伝子による影響を精査するには例数や条件に考慮すべき点があると感じた。いずれにしても、SCD遺伝子型は体脂肪の質に影響を及ぼし得ると考えられた。

以上のことから、黒毛和種肥育牛の脂肪酸組成は、遺伝的影響を受けており、種雄牛の遺伝的能力を把握することで改良が可能であることが示唆された。

表10 種雄牛別去勢牛SCD遺伝子型別の脂肪酸組成(%)

種雄牛 SCD型	例数	C18:1	MUFA	USFA	
A	AA	20	56.7	66.4	69.4
	AV	34	56.7	66.7	69.6
	VV	-	-	-	-
B	AA	30	56.0	64.8	67.9 a
	AV	20	54.5	63.5	66.2 b
	VV	-	-	-	-
C	AA	20	58.1	66.4	69.4
	AV	17	57.5	66.4	69.6
	VV	10	58.2	66.5	69.7
D	AA	18	56.0	64.3	67.4
	AV	12	54.6	63.4	67.6
	VV	-	-	-	-
E	AA	13	55.1 a	64.9	67.4 a
	AV	10	57.3	66.9	69.8 b
	VV	3	59.5 b	67.7	70.7
F	AA	11	56.8	65.0	68.3
	AV	12	55.3	65.0	67.4
	VV	-	-	-	-
G	AA	9	56.9	67.1	69.9
	AV	12	55.0	64.9	67.6
	VV	-	-	-	-
H	AA	-	-	-	-
	AV	15	55.5	68.5 a	65.5 a
	VV	7	53.5	65.5 b	62.8 b
I	AA	5	56.1	66.0	68.9
	AV	7	55.9	65.2	68.3
	VV	-	-	-	-
J	AA	8	54.1	64.1	66.9
	AV	3	53.8	63.3	66.2
	VV	1	56.5	66.0	69.0

同一種雄牛内で縦列アルファベット小文字の具符号間で有意差有り (P<0.05)

今回、黒毛和種で見られた体脂肪の脂肪酸組成の違いと食味性の関係については、パネラーによる官能評価を行うなど、分析値と実際の食味を検証する必要があるだろう。また、肥育現場においては、低コスト化のため肥育期間の短縮が進められており、食味性と脂肪酸組成を考慮した出荷月齢の検討も必要であると考え。

引用文献

- 1) Westerling, D. B., Hedrick, H. B. (1979) Fatty acid composition of bovine lipids as influenced by diet, sex, and anatomical location and relationship to sensory characteristics. J. Animal. Sci, 48(6), 1343-1348
- 2) Taniguchi, M., Utsugi, T., Mannen, H. and Tsuji, S. Genotypes of stearyl-CoA desaturase affect on the difference of fatty acid composition of Japanese Black steers Mammalian Genome 14:142-148. 2004
- 3) 塩田哲朗・有安亮代・栗木隆吉・平本圭二 (2004) 黒毛和種における牛成長ホルモン遺伝子多型と産肉特性. 岡山県総合畜産センター研究報

告15, 54-58

- 4) Yao, J・Aggrey S. E et al (1996) Sequence variations in bovine growth hormone gene characterized by SSCP analysis and their association with milk production traits in Holstein. Genetics, 144(4), 1809-1816
- 5) 須山亮三・足立達 (1985) 肉用牛の蓄積脂肪とその変動要因—特に肉質との関連について. 畜産の研究, 39, 603-609, 739-742, 858-864.
- 6) 井上慶一・平原さつき・撫年浩・藤田和久 (2002) : 交雑種肥育牛の胸最長筋の粗脂肪含量および脂肪酸組成に及ぼす種雄牛の影響. 日本畜産学会報, 73(3), 381-387.
- 7) 三橋忠由・三津本充・山下良弘・小沢忍 (1988) 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, 第2号, 43-51.
- 8) 石田光晴・武田武雄・斉藤孝夫・鹿野裕志・松本忠・高橋功 (1988) 肥育期間中にける黒毛和種去勢牛の皮下脂肪脂肪酸組成の変動. 日本畜産学会報, 59(6), 496-501
- 9) Kyohei Ozutsumi・Takatomo Kawanishi・Ken Ito・Toshio Yamazaki (1983) Fatty acid composition in various depot fats of fattened Japanese Black and Holstein steers. Jpn. J. Zootech. Sci, 54(8), 470-475
- 10) Toyonobu Yoshimura・Kiyoshi Namikawa (1983) Influence of breed, sex, and anatomical location on lipid and fatty acid composition of bovine subcutaneous fat. Jpan. J. Zootech. Sci., 54(2), 97-105
- 11) 須山亮三・足立達 (1985) 肉用牛の蓄積脂肪とその変動要因—特に肉質との関連について. 畜産の研究39:603-609, 739-742, 858-864.

