

但馬牛の経済形質関連遺伝子の効果検証

秋山敬孝*・小浜菜美子*・吉田恵実*・坂瀬充宏*・福島護之*・渡邊 理*

要 約

筋肉内脂肪酸組成に関与する3つの遺伝子, Stearoyl-CoA desaturase (SCD), Sterol Regulatory Element-binding Protein-1 (SREBP-1), 及び Fatty Acid Synthase (FASN) の変異について, 但馬牛集団での保有状況及び経済形質と脂肪酸割合に対する効果検証を実施した.

- 1 種雄牛現場後代検定調査牛の遺伝子頻度について, SCDはA型が83.8%, V型が16.2%であった. SREBP-1はS型が33.8%, L型が66.2%であった. FASNはB型が93.8%, L型が6.2%であった.
- 2 SCD, SREBP-1及びFASN各遺伝子型の組み合わせと胸最長筋肉内脂肪のモノ不飽和脂肪酸割合及びオレイン酸割合を比較したが, 有意な遺伝子型の組み合わせは認められなかった.
- 3 但馬牛ではSCD及びFASN遺伝子は優良な遺伝子型にほぼ固定されていることが明らかとなった.

Genotype of Stearoyl-CoA Desaturase, Sterol Regulatory Element-Binding Protein-1, and Fatty Acid Synthase in the Tajima Strain of Japanese Black Breed

Takayuki AKIYAMA, Namiko KOHAMA, Emi YOSHIDA, Mistuhiro SAKASE, Moriyuki FUKUSHIMA, and Osamu WATANABE

Summary

We investigated the effects of genetic factors such as stearoyl-CoA desaturase (SCD), sterol regulatory element-binding protein-1 (SREBP-1), and bovine fatty acid synthase (FASN) on beef carcass traits including fatty acid composition using the Tajima strain of Japanese Black Breed.

- (1) Allele frequencies of type A of SCD, type S of SREBP-1, and type B of FASN were 0.838, 0.338, and 0.938, respectively.
- (2) There was no significant epistatic effect on fatty acid composition of the longissimus thoracis muscle among pairs of genetic variation in the three genes (SCD, SREBP-1, and FASN).
- (3) The good allele frequencies of SCD (type A) and FASN (type B) were markedly higher for the Tajima strain than for other strains of Japanese Black Breed.

キーワード：ウシ, 黒毛和種, 遺伝子, 枝肉形質, SCD, FASN, SREBP-1

緒 言

近年、遺伝子解析技術の発展に伴い、黒毛和種牛の経済形質に関わる遺伝子解析研究が盛んに行われており、いくつかの遺伝子変異や経済形質に関する遺伝子マーカーが見つかっている¹⁾。さらに、近年、牛肉の美味しさに関する研究が盛んに行われており、脂肪に含まれるオレイン酸などのモノ不飽和脂肪酸（MUFA）が牛肉の美味しさに関係していると報告されている^{5,6)}。脂肪に含まれるMUFA割合に影響を及ぼす遺伝子については、SCD（飽和脂肪酸を不飽和脂肪酸に変える酵素）、SREBP-1（SCD遺伝子を調整する遺伝子）、FASN（脂肪酸合成酵素遺伝子）において遺伝子型の多型によりMUFA割合やオレイン酸の割合に差があることが報告されている^{2,3,4)}。

しかしながら、それらは、特定系統の種雄牛における解析や他県の肉牛における解析により得られたものであり、但馬牛の育種改良に応用するためには、但馬牛での遺伝子変異の保有状況及び遺伝子の効果を検証しておくなければならない。

そこで、今回、これら3つの遺伝子変異について、但馬牛集団での保有状況及び枝肉形質やMUFA割合との関係を明らかにし、但馬牛の育種改良への有効性を検討した。

材料及び方法

1 材料

平成18年度から平成22年度の種雄牛県購買候補牛を含む種雄候補牛99頭について、各農場において血液を採取した。

平成17年度から平成20年度の種雄牛現場後代検定調査牛194頭（うち脂肪酸測定125頭）について、肥育終了後の出荷販売時に神戸市中央卸売市場西部市場及び加古川地方食肉卸売市場において、DNA抽出用サンプルとして腎周囲脂肪細胞を採取し、脂肪酸測定用サンプルとして胸最長筋を採取した。枝肉形質のデータは社団法人日本食肉格付協会提供のものを使用した。

2 遺伝子型判定

種雄候補牛は血液、種雄牛現場後代検定調査牛は腎臓周囲脂肪細胞から定法によりDNAを抽出し、脂肪酸割合に関与する3つの遺伝子、SCD、SREBP-1及びFASNの変異について、PCR-RFLP法により遺伝子型を判別した。

3 脂肪酸割合

胸最長筋内脂肪から脂肪酸を抽出し、ガスクロマトグラフにより脂肪酸組成を測定し、MUFA割合を計算した。

4 統計処理

各遺伝子型とMUFA割合のデータについて、等分散性を確認後、Student-t検定により平均の差を検定した。

結 果

1 種雄候補牛の遺伝子保有状況

種雄候補牛99頭における、SCDの遺伝子型の保有状況はAA型ホモ85頭（85.9%）、VV型ホモ0頭（0%）及びAV型のヘテロ型14頭（14.1%）であった（表1）。遺伝子頻度は、A型93.9%、V型が6.1%であった。SREBP-1の遺伝子型の保有状況はSS型ホモ10頭（10.1%）、LL型ホモ45頭（45.5%）、SL型のヘテロ型43頭（43.4%）であった（表1）。遺伝子頻度は、S型が32.1%、L型が67.9%であった。FASNの遺伝子型の保有状況はBB型ホモ86頭（86.9%）、LL型ホモ3頭（3.0%）、BL型のヘテロ型10頭（10.1%）であった（表2）。遺伝子頻度は、B型が92.9%、L型が7.1%であった。また、種雄候補牛について中土井系、熊波系、城崎系に分類して各遺伝子型の保有率を比較したが、系統による保有率の差は認められなかった（表3）。

表1 種雄候補牛のSCD及びSREBP-1の遺伝子型保有状況

		SREBP-1				(頭) 計
		SS	SL	LL	不明*	
SCD	AA	8	38	38	1	85
	AV	2	5	7		14
	VV	0	0	0		0
計		10	43	45		99

*：実験ミスによる遺伝子型判定不能

表2 種雄候補牛のSCD及びFASNの遺伝子型保有状況

		FASN			(頭) 計
		BB	BL	LL	
SCD	AA	72	10	3	85
	AV	14	0	0	14
	VV	0	0	0	0
計		86	10	3	99

表3 種雄候補牛の系統毎のSCD、FASN、SREBP-1の遺伝子型保有状況 (%)

	SCD		FASN		SREBP-1	
	A型	V型	B型	L型	S型	L型
中土井(66頭)	95.4	4.6	91.5	8.5	36.2	63.8
熊波(11頭)	90.9	9.1	100.0		22.7	77.3
城崎(22頭)	90.9	9.1	93.2	6.8	25.0	75.0
合計	93.9	6.1	92.9	7.1	32.1	67.9

2 種雄牛現場後代検定調査牛の遺伝子型保有状況

種雄牛現場後代検定調査牛194頭についてSCDの遺伝子型の保有状況はAA型ホモ131 (67.5%)、VV型ホモ0頭 (0%) 及びAV型のヘテロ型63頭 (32.5%) であった (表4)。遺伝子頻度は、A型83.8%、V型が16.2%であった。SREBP-1の遺伝子型の保有状況はSS型ホモ31頭 (16.0%)、LL型ホモ94頭 (48.4%) 及びSL型のヘテロ型69頭 (35.6%) であった (表4)。遺伝子頻度は、S型が33.8%、L型が66.2%であった。FASNの遺伝子型の保有状況はBB型ホモ169頭 (87.6%)、LL型ホモ0頭 (0%) 及びBL型のヘテロ型24頭 (12.4%) であった (表5)。遺伝子頻度は、B型が93.8%、L型が6.2%であった。

表4 種雄牛現場後代検定調査牛のSCD及びSREBP-1の遺伝子型保有状況

		SREBP-1			(頭) 計
		SS	SL	LL	
SCD	AA	19	48	64	131
	AV	12	21	30	63
	VV	0	0	0	0
	計	31	69	94	194

表5 種雄牛現場後代検定調査牛のSCD及びFASN

		FASN			(頭) 計
		BB	BL	LL	
SCD	AA	108	22	0	130
	AV	61	2	0	63
	VV	0	0	0	0
	計	169	24	0	193

3 遺伝子型と枝肉形質及びMUFA割合との比較

枝肉形質及びMUFA割合については、性別の影響が大きいと、今回は雌と去勢、別々に解析を実施した。

SCD, SREBP-1及びFASN各遺伝子型と枝肉形質及び日齢増体量について比較したが、有意な差は認められなかった (表6, 7)。

今回分析した3つの遺伝子型は一般的な枝肉形質や牛

表6 各遺伝子型の枝肉形質と増体量の平均値 (去勢)

	SCD		FASN			SREBP-1			全体
	AA	AV	BB	BL	SS	SL	LL		
枝肉体重(kg)	372.0	370.8	370.2	379.6	363.5	371.3	374.4	371.5	
脂肪交雑(BMS No.)	5.6	6.1	5.8	5.2	5.5	5.8	5.8	5.7	
ロース芯面積(cm ²)	49.6	49.0	49.7	49.3	47.1	51.2	48.7	49.5	
バラ厚(cm)	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.4	6.6	6.5	
皮下脂肪厚(cm)	2.4	2.2	2.4	2.3	2.6	2.3	2.4	2.4	
脂肪の色(BCS)	3.9	3.5	3.8	3.9	3.9	3.9	3.6	3.8	
導入時DG(kg)	0.91	0.90	0.90	0.95	0.90	0.90	0.92	0.91	
肥育期間DG(kg)	0.61	0.63	0.61	0.63	0.61	0.61	0.62	0.61	

表7 各遺伝子型の枝肉形質と増体量の平均値 (雌)

	SCD		FASN			SREBP-1			全体
	AA	AV	BB	BL	SS	SL	LL		
枝肉体重(kg)	373.8	369.9	370.5	347.5	374.4	354.0	379.4	368.8	
脂肪交雑(BMS No.)	7.3	6.3	6.6	6.8	7.1	6.4	6.6	6.6	
ロース芯面積(cm ²)	53.6	49.6	51.6	52.0	53.6	51.5	51.0	51.8	
バラ厚(cm)	7.1	7.0	7.0	7.0	6.8	6.8	7.3	7.0	
皮下脂肪厚(cm)	3.0	3.0	3.0	2.4	2.5	2.9	3.2	3.0	
脂肪の色(BCS)	3.8	3.8	3.7	4.0	3.6	3.6	3.8	3.7	
導入時DG(kg)	0.84	0.79	0.82	0.79	0.83	0.80	0.84	0.82	
肥育期間DG(kg)	0.56	0.58	0.56	0.53	0.58	0.54	0.56	0.56	

の成長には影響しない事が確認された。

SCD, SREBP-1及びFASN各遺伝子型と胸最長筋肉内脂肪のMUFA割合とオレイン酸割合を比較したが、有意な差は認められなかった。同様に上記3種の遺伝子型の組み合わせと胸最長筋肉内脂肪のMUFA割合とオレイン酸割合を比較したが、有意な遺伝子型の組み合わせは認められなかった (表8, 9, 10, 11)。

表8 SCD及びSREBP-1遺伝子型別のMUFA平均割合 (去勢)

		SREBP-1			(%) 計
		SS	SL	LL	
SCD	AA	55.1	54.7	57.0	55.6
	AV	57.2	53.7	55.3	55.1
	VV	-	-	-	-
	計	55.5	54.6	56.5	55.5

表9 SCD及びSREBP-1遺伝子型別のMUFA平均割合 (雌)

		SREBP-1			(%) 計
		SS	SL	LL	
SCD	AA	60.7	59.1	59.5	59.5
	AV	60.1	59.8	59.3	59.7
	VV	-	-	-	-
	計	60.4	59.4	59.4	59.6

表10 SCD及びFASN遺伝子型別のMUFA平均割合(去勢)

		FASN			(%) 計
		BB	BL	LL	
SCD	AA	55.3	57.0	-	55.6
	AV	55.6	48.2	-	55.1
	VV	-	-	-	-
	計	55.4	56.2	-	55.5

表11 SCD及びFASN遺伝子型別のMUFA平均割合 (雌)

		FASN			(%) 計
		BB	BL	LL	
SCD	AA	60.0	56.4	-	59.5
	AV	59.7	-	-	59.7
	VV	-	-	-	-
	計	59.9	56.4	-	59.6

考 察

SCD 遺伝子については、但馬牛では優良遺伝子型の A 型をホモで持つ個体がほとんどであり、FASN についても同様に優良遺伝子型の B 型をホモ型で持つ割合が高く、但馬牛は SCD 及び FASN 両遺伝子については、優良型にほぼ固定されていることが判明した。

SREBP-1 については S 型が優良遺伝子型と報告されているが、S 型、L 型に差がないという報告もあり、優良遺伝子型がはっきりしていない。但馬牛ではやや L 型が多いものの、どちらかに固定されている状況ではなかった。また、MUFA 割合等の比較でも差が認められず、但馬牛では SREBP-1 の遺伝子型に効果は認められなかった。

遺伝子型保有状況の結果から、但馬牛では SCD 及び FASN 遺伝子は優良な遺伝子型にほぼ固定されており、この 2 つの遺伝子の効果だけでは、飼養管理や他の未知の遺伝子の影響により、MUFA 割合に明確な差が認められないと考えられた。

黒毛和種牛の遺伝子解析研究については現在も発展途中であり、様々な経済形質について遺伝子の変異が発見されている。但馬牛に関する研究でもいくつかの遺伝子が見つかっており、種雄牛の選抜に利用している。

また、今回の試験により、一部の遺伝子ではあるが、但馬牛は優良な遺伝子型に固定されていることが判明した。このことは但馬牛の大きな特徴であり、今後もこのような状態を維持するために、種雄牛の遺伝子型で選抜する必要がある。

引用文献

- (1) 社団法人畜産技術協会(2000)：家畜ゲノム解析と新たな家畜育種戦略
- (2) Taniguchi M., Utsugi T., Oyaam K., Mannen H., Kobayashi M., Tanabe Y., Ogino A., Tsuji S. (2004) Genotype of stearyl-CoA desaturase is associated with fatty acid composition in Japanese Black cattle : *Mamm Genome* 15, 142-148
- (3) Abe T., Saburi J., Hasebe H., Nakagawa T., Misumi S., Nade T., Nakajima H., Shoji N., Kobayashi M., Kobayashi E. (2009) Novel mutations of the FASN gene and their effect on fatty acid compositions in Japanese Black beef : *Biochem Genet* 47 : 397-411
- (4) Matsuhashi T., Maruyama S., Uemoto Y., Kobayashi N., Mannen H., Abe T., Sakaguchi S., Kobayashi E. (2010) Effects of bovine fatty acid synthase, stearyl-coenzyme A desaturase, sterol regulatory element-binding protein 1, and growth hormone gene polymorphisms on fatty acid composition and carcass traits in Japanese Black cattle : *J. Anim. Sci.* 89(1), 12-22
- (5) Dryden, F. D. and J. A. Maechello(1970) : Influence of Total Lipid and Fatty Acid Composition upon the Palatability of Three Bovine Muscles : *J. Anim. Sci.* 31, 36-41
- (6) Melton, S. L., M. Amiri, G. W. Davis, and W. R. Backus(1982) : Flavor and Chemical Characteristics of Ground Beef from Grass-, Forage-Grain- and Grain-Finished Steers : *J. Anim. Sci.* 55, 77-87
- (7) Ohsaki, H., Tanaka, A., Hoashi, S., Sasazaki, S., Oyama, K., Taniguchi, M., Mukai, F., Mannen H. (2009) Effect of SCD and SREBP genotypes on fatty acid composition in adipose tissue of Japanese Black cattle herds : *Anim, Sci, J.* 80(3), 225-23