

牛肉の食味評価を取り入れた肉用牛育種改良手法の検討

Investigation of breeding technique taking in beef palatability

佐藤 文明 河村 正¹⁾ 佐久間 弘典¹⁾

要 旨

牛肉の新しい品質評価法として食味評価の重要性が高まるなか、牛肉の脂肪酸組成に影響を与える Stearoyl-CoA Desaturase (SCD) 遺伝子型に着目し、県内種雄牛および系統雌牛の遺伝子型頻度を調査するとともに、SCD 遺伝子型 (AA 型、VA 型、VV 型) の違いによる牛肉の理化学特性及び官能特性について検討した。県有種雄牛 60 頭の遺伝子型頻度は AA 型 33.3 %、VA 型 55.0 %、VV 型 11.7 % で、県内繁殖雌牛 107 頭では AA 型 15.9 %、VA 型 61.7 %、VV 型 22.4 % であった。アラニン型 (A) の遺伝子頻度は県有種雄牛 60.8 %、県内繁殖雌牛 46.7 % であった。SCD 遺伝子型別にみた牛肉の理化学特性では、粗脂肪含量、加熱損失、保水力、剪断力価等で試験区間に差はみられなかったが、圧搾肉汁率で AA 型が VA 型より有意に高かった ($p < 0.05$)。筋肉内脂肪融点は AA 型が VA 型より有意に低く ($p < 0.05$)、脂肪酸組成はミリストレイン酸 (C14:1) で AA 型が VA、VV 型よりも高い割合となり ($p < 0.05$)、ステアリン酸 (C18:0) で AA 型と VA 型との間に差が見られた ($p < 0.05$)。総不飽和脂肪酸 (USFA)、モノ不飽和脂肪酸 (MUFA)、脂肪酸の不飽和度 (総不飽和脂肪酸 / 総飽和脂肪酸 : US/S) は、いずれも AA 型が高く、VA 型との間に差が認められた ($p < 0.05$)。分析型パネルによる官能評価では SCD 遺伝子型による有意な差は認められなかったが、嗜好型パネルによる評価では風味やおいしさで AA 型のほうが良いと回答した人が多かった。SCD 遺伝子型の違いにより牛肉の物理特性、筋肉内脂肪融点、脂肪酸組成等に差が認められ、これらが食味評価に影響していることが示唆されることから、今後牛肉の食味評価を肉用牛の育種改良に取り入れるうえで SCD 遺伝子型に着目することは有用な手段であると考えられた。

(キーワード：肉用牛、育種改良、SCD 遺伝子型、不飽和脂肪酸、官能評価)

背景および目的

黒毛和種における牛肉の品質評価は脂肪交雑に依るところが大きく、脂肪交雑 (BMS ナンバー) が枝肉市場価格決定の最も重要な経済形質であることから、脂肪交雑を高めるための育種改良や飼養管理技術に関する多くの研究がなされてきた。特に BLUP 法による育種価を利用した効率的な肉用牛改良が行われるようになり、種雄牛や繁殖雌牛の選抜、淘汰の際も脂肪交雑が中心的な指標として扱われてきた。現在の肉質判定 (枝肉格付) は、主として視覚、触覚による方法が用いられているが、第 9 回全国和牛能力共進会において脂肪酸のひとつであるオレイン酸含量が旨味と関係のある脂肪の質を評価する測定値として導入されるなど、将来的に牛肉の旨さの

指標が格付に取り入れられる動きもある。また近年、食の安全性に対する意識の高揚や消費者ニーズの多様化により、特色あるブランド牛肉生産のためには脂肪交雑以外の新たな品質評価として食味性が重要な指標になると考えられる。

牛肉の風味や食感是不飽和脂肪酸含量に影響されることが知られており²⁰⁾、脂肪酸組成は品種や性、飼養管理、種雄牛など多くの要因に影響されることが報告されている²⁾⁴⁾¹⁰⁾¹⁴⁾²⁴⁾²⁷⁾。Taniguchi¹⁷⁾らは 2004 年に黒毛和種における体脂肪中の飽和脂肪酸を不飽和脂肪酸に換える酵素の一種である Stearoyl-CoA Desaturase (SCD) の遺伝子型が牛脂肪の不飽和脂肪酸割合に影響を与えることを報告した。

そこで本研究では、この SCD 遺伝子型に着目し、

1) 独立行政法人 家畜改良センター 技術部技術第二課

本県における種雄牛及び繁殖雌牛の遺伝子型頻度を把握するとともに、SCD 遺伝子型の違いと牛肉の食味評価との関連性を調査することで、牛肉の食味評価を取り入れた肉用牛育種改良への応用について、SCD 遺伝子型の有用性を検討した。

材料および方法

1. 県有種雄牛および県内主要系統雌牛の SCD 遺伝子型調査

県有種雄牛は 2006 年 4 月から 2008 年 2 月まで供用した基幹種雄牛 43 頭および過去に供用した種雄牛 17 頭の計 60 頭、県内主要系統雌牛については、種雄牛造成のために選抜した産肉能力の高い育種素材牛 107 頭について SCD 遺伝子型を調査した。

繋養中の種雄牛および育種素材牛については血液、過去に供用していた種雄牛については凍結精液をそれぞれ(社)家畜改良事業団に検査依頼した。

なお SCD 遺伝子型はアラニン型遺伝子を A、バリン型遺伝子を V とし、その遺伝子型別に AA 型、VA 型、VV 型と表示した。

2. 牛肉の SCD 遺伝子型別理化学特性および官能特性の検討

供試牛は飼料給与および飼養管理方法が同一と判断される県内の一施設で肥育された去勢肥育牛 24 頭で、種雄牛は寿恵福号産子 19 頭、大船 7 号産子 5 頭であった。これらとは畜前に SCD 遺伝子型検査を実施し、と畜後 3 日目に格付解体し、左半丸のリブローズおよびロインブロックを真空パックにし、2 で冷蔵保存した。供試牛それぞれの枝肉格付成績は表 1 に示した。

と畜後 9 日目にミンチまたは肉片に調製し、一般組成、剪断力価等の分析を実施した。脂肪酸組成の分析は、サンプルを採材後すぐに -30 で凍結保存し後日実施した。

一般組成のうち水分含量は、サンプルを 105 で 24 時間加熱乾燥させ、加熱乾燥前後の重量差により算出した。粗脂肪含量は、水分含量測定後のサンプルを用い、ソックスレー抽出器によりジエチルエーテルで 16 時間還流し、得られた抽出物の重量に

表1 供試牛肉の枝肉格付

SCD 遺伝子型	父	格付等級	枝肉重量 (kg)	胸最長筋面積 (cm ²)	ばらの厚さ (cm)	皮下脂肪の厚さ (cm)	BMSNo.	
AA	1	寿恵福	A5	506.8	51	8.2	2.1	8
	2	大船7	B4	459.7	42	7.2	2.7	7
	3	寿恵福	A5	448.5	50	8.1	2.5	8
	4	寿恵福	A5	424.3	51	6.8	2.5	8
	5	大船7	B3	499.9	43	7.5	3.0	4
	6	大船7	B3	450.9	45	6.5	3.2	4
	7	寿恵福	B3	483.0	40	7.2	2.8	4
	8	寿恵福	A3	398.6	44	6.7	3.0	4
	9	寿恵福	A3	438.8	47	7.5	1.9	4
	10	寿恵福	A4	441.3	46	7.5	3.3	5
VA	11	寿恵福	A3	467.9	49	6.4	2.4	4
	12	寿恵福	B4	591.1	48	7.2	3.3	6
	13	寿恵福	A4	453.8	56	7.8	2.4	5
	14	大船7	A4	362.2	47	5.4	2.1	5
	15	寿恵福	A4	511.1	49	7.8	2.7	7
	16	大船7	A3	467.0	51	6.3	1.8	4
	17	寿恵福	B3	474.8	46	7.2	4.7	3
	18	寿恵福	A4	443.7	48	7.6	2.7	5
	19	寿恵福	A3	461.2	50	7.1	3.0	4
VV	20	寿恵福	A3	441.7	48	7.2	2.4	4
	21	寿恵福	B4	485.9	48	7.6	5.0	5
	22	寿恵福	A4	448.1	49	7.6	3.7	6
	23	寿恵福	A5	409.7	57	7.0	3.3	8
	24	寿恵福	A3	382.1	52	6.3	2.7	4

より算出した。粗蛋白質含量は、サンプルを硫酸で加熱分解後、窒素蒸留滴定装置を用い窒素量を測定して算出した。

保水性の測定は、加圧ろ紙法(加圧法)と遠心分離法(遠心法)を用い、加圧法はサンプルを筋線維に対して垂直になるよう約 0.5g 切り出し、これを濾紙に線維が垂直になるように置いたものを、アクリル板で挟み、35kgf/cm² の圧力で 1 分間加圧した。遠心法はサンプル約 0.5g をメンブレンフィルターで包み、ピーズを敷いた遠沈管内に置き、4、30 分、2,240 × g で遠心分離し、遠心分離前後の重量差により算出した。

圧搾肉汁率は、約 0.5g のサンプルを上下からメンブレンフィルター、ガーゼ、濾紙、アクリル板の順に肉片を挟み、35kgf/cm² の圧力で 1 分間加圧後、加圧前後の重量差により算出した。

加熱損失は、約 50g の肉塊を 70 の温湯で 1 時間加熱後 30 分間冷却し、加熱前後の重量差により算出した。

剪断力価は、加熱損失測定後のサンプルを筋線維に対して垂直断面が 1 × 1cm になるよう切り出した後、剪断速度を 200mm/min とした Warner-Bratzler 測定用アタッチメントを用いたインストロンにより測定した。

脂肪融点は上昇融点法により、ガラス毛细管に詰

めた抽出脂肪を水浴内で徐々に加熱し、脂肪がガラス毛细管内を 1cm 上昇したときの温度を測定した。

脂肪酸組成は、Folch ら³⁾の方法に準じて脂肪を抽出し、これを水酸化カリウムエタノール溶液でケン化後、三フッ化ホウ素メタノールでメチルエステル化し、ガスクロマトグラフィーを用いて測定した。測定条件は、ガスクロマトグラフィーの注入口と検出器の温度を 220、オープンの温度を 160 とし、カラムにキャピラリーを用いた。キャリアガスはヘリウムガスを用いた。

牛肉の官能評価は分析型パネルおよび嗜好型パネルによる官能試験を実施した。

分析型パネルによる官能試験は、-30 で凍結保存したサンプルを 2、24 時間自然解凍し、165 のオープンで内部温度 70 まで加熱し、ローストに調製した。1 片あたり厚さ 1cm × 1cm × 2cm にカット後、1 サンプルにつき 3 個を 1 人分として提示した。

分析は独立行政法人家畜改良センターで基本味および牛肉試料の識別テストと訓練を経て選定されたパネリストで、1 サンプルについて 6 ~ 19 名で実施した。評価項目は表 2 に示すとおり、やわらかさ(嚙切時)、やわらかさ(咀嚼時)、線維感、多汁性、あぶらっこさ、総合的な食感、風味の強さの 7 項目で、8 段階の絶対評価とした。

嗜好型パネルによる官能試験では、理化学分析に用いた牛肉サンプルの中から SCD 遺伝子型の異なる VV 型(A)、AA 型(B)、それぞれ 1 頭を用い、一般消費者を対象に食味試験を実施した。嗜好型パネルの人数と年齢構成は表 3 に示すとおりで、全ての質問に回答した 10 歳代から 60 歳代以上までの年齢層で、男性 130 人、女性 154 人の計 284 人であった。

供試サンプルは リブローズ部分を焼き肉用に約 0.7cm × 4cm × 5cm に切り、加熱したホットプレートで表面を焦がさないように表、裏ともに約 60 秒程度加熱し、1 サンプルについて一切れを 1 人分として提示した。

評価項目は食べる前の香り、食べた後のあぶらっこさ、風味、総合的なおいしさの 4 項目で、それぞ

れの項目について、「A」、「B」または「どちらともいえない」の 3 択でアンケート方式により調査を行った。

表 2 分析型パネルによる官能評価項目

評価項目	評 点							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1 やわらかさ(嚙切時)	非常に かたい	とても かたい	かたい	やや かたい	やや やわらかい	やや やわらかい	とても やわらかい	非常に やわらかい
2 やわらかさ(咀嚼時)	非常に かたい	とても かたい	かたい	やや かたい	やや やわらかい	やや やわらかい	とても やわらかい	非常に やわらかい
3 線維感	非常に ある	とても ある	ある	やや ある	やや ない	ない	とても ない	非常に ない
4 多汁性	非常に ない	とても ない	ない	やや ある	やや ある	ある	とても ある	非常に ある
5 あぶらっこさ	非常に ない	とても ない	ない	やや ない	やや ある	ある	とても ある	非常に ある
6 総合的な食感	非常に 悪い	とても 悪い	悪い	やや 悪い	やや 良い	良い	とても 良い	非常に 良い
7 風味の強さ	非常に 弱い	とても 弱い	弱い	やや 弱い	やや 強い	強い	とても 強い	非常に 強い

表 3 嗜好型パネルの人数と年齢構成

性別	年 齢 区 分						合計
	10歳代	20歳代	30歳代	40歳代	50歳代	60歳代以上	
男性	9	19	37	25	20	20	130
女性	7	28	67	14	19	19	154
計	16	47	104	39	39	39	284

結果および考察

1. 県有種雄牛および系統雌牛の SCD 遺伝子型

県有種雄牛の SCD 遺伝子型について、種雄牛 60 頭の調査結果を表 4 に示した。種雄牛の血統は父牛および母方の父、祖父の 3 代を田尻系(T)、気高系(K)、糸桜系(I)、東豊系(TH)、栄竜系(ER)、その他の系統(S)に分類して示した。SCD 遺伝子型頻度は、AA 型 33.3 % (20 頭)、VA 型 55.0 % (33 頭)、VV 型 11.7 % (7 頭)で、アラニン型遺伝子(A)頻度は 60.8 %、バリン型遺伝子(V)頻度は 39.2 % であった。また血統別にみると、東豊系、田尻系、気高系を父に持つ種雄牛で AA 型が多く、A 頻度も高いのに対し、糸桜系では低い傾向がみられた。

県内の主要系統雌牛の SCD 遺伝子型について、種雄牛造成のための育種素材牛 107 頭の検査結果を図 1 に示した。血統構成では、父が糸桜系 61.7% (66 頭)、田尻系 30.8% (33 頭)、気高系 7.5% (8 頭)で、SCD 遺伝子型頻度は AA 型 15.9% (17 頭)、VA 型 61.7% (66 頭)、VV 型 22.4% (24 頭)であった。A 頻度は 46.7 %、V 頻度は 53.3 % であった。

本県の肉用牛改良においては近年糸桜系種雄牛の貢献度が高く、雌牛系統にも多くの産子が保留されている。これら糸桜系種雄牛の SCD 遺伝子型はい

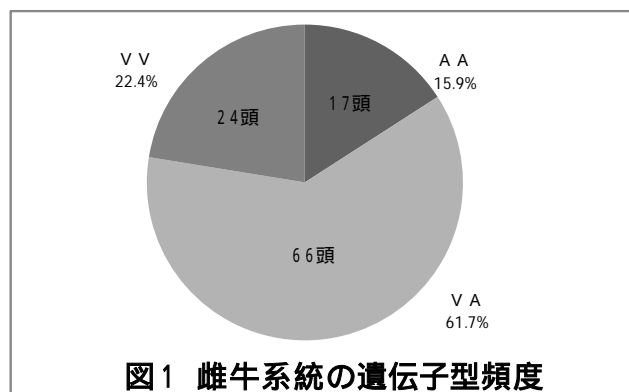
ずれも VV 型であるが、系桜系雌牛の構成割合が高いのに対し、A を持つ遺伝子型頻度が比較的高いのは、その母方の祖先に田尻系や東豊系など A をホモで持つ種雄牛が交配されてきたことが大きな要因と考えられた。

表4 種雄牛のSCD遺伝子型

種雄牛名	生年月日	血統			SCD 遺伝子型
		父牛	母方父	母方祖父	
1 TY	1963/11/21	ER	S	S	AA
2 FT57	1972/11/06	TH	ER	S	AA
3 YF	1974/05/01	TH	T	T	VA
4 D2F	1979/08/13	TH	ER	TH	AA
5 HF	1982/08/29	TH	ER	S	AA
6 IR	1982/12/08	I	ER	S	VV
7 IF	1983/11/18	I	ER	S	VV
8 HSK	1984/05/05	K	K	K	AA
9 TG	1987/06/12	T	TH	ER	AA
10 IU	1989/04/20	I	T	TH	VA
11 TS	1991/03/03	T	T	T	AA
12 TS7	1992/03/03	I	T	TH	VA
13 FTD	1993/03/01	T	T	T	VA
14 MF	1993/04/15	I	T	S	VV
15 IKF	1994/09/15	I	T	S	VA
16 IF	1995/10/10	I	T	TH	VA
17 SF	1996/07/09	I	T	TH	VV
18 YTZ	1997/01/18	T	T	T	AA
19 THN	1997/03/03	T	T	T	AA
20 SF	1997/04/09	I	TH	T	VA
21 TSF	1999/03/25	K	I	TH	VA
22 SZ	1999/04/08	K	I	S	VA
23 FHS	1999/07/13	K	T	S	AA
24 TSK	1999/08/08	K	T	TH	AA
25 TS38	2000/07/23	K	T	I	VA
26 TYF	2000/08/04	K	T	I	VA
27 YFS	2000/08/10	T	I	T	VA
28 MTF	2001/01/12	T	T	T	AA
29 TN	2001/02/01	T	T	T	AA
30 IM	2001/02/15	I	T	I	VA
31 YIM	2001/04/20	I	T	I	VA
32 NEF	2001/05/02	I	T	I	VA
33 KMK	2001/05/28	K	K	T	VA
34 MKF	2001/10/02	I	T	I	AA
35 SKF	2002/01/28	I	K	K	VA
36 HHM	2002/04/07	I	TH	S	VA
37 SR	2002/10/30	I	T	I	VA
38 SFH	2003/03/22	T	I	T	VV
39 IYJ	2003/04/20	T	I	T	VA
40 TH	2002/05/24	I	I	K	VA
41 TF	2003/05/26	I	I	TH	VV
42 TKF	2003/07/31	I	I	TH	VA
43 YT	2004/04/01	T	T	T	AA
44 KFH	2004/04/21	K	I	K	VA
45 YTF	2004/04/25	T	I	TH	AA
46 ISS	2004/08/28	K	I	TH	VA
47 SYF	2004/09/17	K	T	T	AA
48 HN	2004/10/12	T	I	T	VA
49 MF8	2004/10/19	T	I	T	VA
50 YHD	2005/04/11	T	I	T	VA
51 MF	2005/09/28	K	T	I	VA
52 YHF	2005/10/14	T	I	T	AA
53 TYH	2005/11/28	T	I	TH	VA
54 TFK	2005/11/27	K	K	T	AA
55 SR	2005/11/26	K	I	TH	VA
56 YY	2005/11/25	T	T	T	VV
57 ONK	2006/04/15	I	K	T	VA
58 HYH	2006/08/01	T	T	I	VA
59 MYH	2006/08/15	T	I	T	VA
60 TYT	2006/09/15	K	T	T	AA

T:田尻系 K:気高系 I:系桜系 TH:東豊系 ER:栄竜系 S:その他の系統

脂肪交雑偏重の育種改良は、ある特定種雄牛の供用が集中することとなり、黒毛和種としての遺伝的



多様性の低下が危惧されている。Nomura⁹⁾らは全国的にも近交度の上昇や集団としての有効サイズの縮小を起こしていると報告しており、本県においても特色ある系統の維持確保が重要な課題となっている。今回の調査では鳥取系の第36栄竜系や東豊系種雄牛の遺伝子型がAA型であることが判明した。これらの種雄牛は雄系としては途絶えているものの、その多くが雌牛の血統内に保持されており、他県にはない特徴的な血統としてその系統の維持確保を進めているところである。牛肉の脂肪酸組成に關与するSCD遺伝子のAをホモで保有していることで、今後はこれらの系統維持を産肉性だけでなく食味の観点からも推進していく必要があると考えられた。

2. SCD 遺伝子型別の理化学特性および官能特性

SCD 遺伝子型別の一般組成を表5に示した。BMS はAA型 5.6 ± 1.9 、VA型 4.8 ± 1.2 、VV型 5.4 ± 1.7 で、遺伝子型間に有意な差はなかった。粗脂肪含量の平均は、AA型 40.1%、VA型 34.8%、VV型 40.1% でVA型がやや低かったが遺伝子型の違いによる有意な差は認められなかった。水分、粗蛋白質含量についても有意差は認められなかった。供試牛全体のBMSナンバーごとの粗脂肪含量の平均値は、4、33.4% (最小 28.3 ~ 最高 37.4%)、5、37.9% (33.2 ~ 41.3)、6、42.6% (36.0、49.1)、7、41.4% (40.5、42.3)、8、49.7% (46.3 ~ 52.9) であった。

牛肉中の粗脂肪含量はBMSナンバーとの相関が高いとされており、小堤ら¹²⁾は黒毛和種で0.90、

井上ら⁴⁾は0.79、梅北ら²⁵⁾は0.85であったと報告している。本試験の相関係数は0.88で、これらの報告同様比較的高い相関がみられたが、各BMSナンバーごとの粗脂肪含量はこれらの報告に比べかなり高い値であった。

表5 SCD遺伝子型間の一般組成

SCD遺伝子型	AA	VA	VV	
n	10	9	5	
BMS	5.6 ± 1.9	4.8 ± 1.2	5.4 ± 1.7	
一般組成 (%)	水分	45.9 ± 5.9	49.9 ± 3.1	45.8 ± 6.6
	粗脂肪	40.1 ± 8.2	34.8 ± 4.7	40.1 ± 8.5
	粗蛋白質	13.4 ± 2.2	14.7 ± 1.4	13.4 ± 1.5

全ての区間で有意差なし、Tukey-Kramer法 mean ± standard deviation

SCD 遺伝子型間の物理的特性について表6に示した。調査項目のなかでは圧搾肉汁率に差が認められ(p<0.05) AA型が最も高く、次いでVV型、VA型の順であった。

加熱損失、保水力(加圧法、遠心法)、剪断力価、破断応力等では、遺伝子型の違いによる有意な差は認められなかった。

表6 SCD遺伝子型間の物理的特性

SCD遺伝子型	AA	VA	VV	
n	10	9	5	
加熱損失(CL) (%)	17.6 ± 2.2	18.6 ± 1.8	16.2 ± 3.3	
圧搾肉汁率 (%)	46.1 ± 4.7 ^a	40.7 ± 2.3 ^b	43.6 ± 4.8 ^{ab}	
保水力	加圧法	83.2 ± 6.1	82.1 ± 4.2	80.4 ± 5.4
	遠心法(%)	82.5 ± 3.3	81.2 ± 1.4	82.1 ± 3.6
剪断力価(CL後) (kgf)	2.28 ± 0.63	2.26 ± 0.43	2.20 ± 0.46	
破断応力等	Tenderness (やわらかさ)	24.5 ± 6.6	28.1 ± 7.3	22.6 ± 7.2
	Pliability (しなやかさ)	2.3 ± 0.6	2.2 ± 0.7	1.8 ± 0.5
	Toughness (噛みごたえ)	11.9 ± 6.0	16.1 ± 8.8	14.7 ± 9.5
	Brittleness (脆さ)	0.7 ± 0.3	0.7 ± 0.2	0.8 ± 0.5

異符号間に有意差あり(p<0.05)、Tukey-Kramer法 mean ± standard deviation

牛肉の物理的特性のうち、やわらかさは官能評価との相関が高いといわれている。小堤ら¹⁴⁾はテンシプレッサーを牛肉の硬さの測定に応用する研究のなかで官能検査のやわらかさと最も相関の高かった

平成19年度試験成績報告書：37(2008)項目は剪断力価で、相関係数は-0.69であったと報告し、柳原ら²³⁾は官能検査によるやわらかさとテンシプレッサーの測定値の相関係数は0.755(P<0.01)であったと報告している。Nishimuraら⁸⁾も剪断力価と官能検査のやわらかさの相関は高いと報告している。このことから官能試験に供するサンプルのやわらかさの違いが食味に影響すると考えられたが、今回の試験に供した牛肉はやわらかさでは遺伝子型間に差がなく、圧搾肉汁率でAA型がやや高いサンプルであったと考えられる。

SCD 遺伝子型間の筋肉内脂肪融点および脂肪酸組成を表7に示した。筋肉内脂肪融点は最も低いAA型が24.9、最も高いVA型が32.1で、AA型とVA型に差がみられた(p<0.05)。

脂肪酸組成では、不飽和脂肪酸のミリストレイン酸(C14:1)でAA型がVA、VV型よりも高い割合となり(p<0.05)、ステアリン酸(C18:0)でAA型とVA型との間に差が見られた(p<0.05)。総飽和脂肪酸(SFA)はAA型がVA型より有意に低く(p<0.05)、不飽和脂肪酸(USFA)、モノ不飽和脂肪酸(MUFA)および脂肪酸の不飽和度(US/S)はAA型が最も高く、VA型が最も低い結果となり、AA型とVA型間にそれぞれ差が認められた(p<0.05)。

表7 SCD遺伝子型間の筋肉内脂肪融点および脂肪酸組成

SCD遺伝子型	AA	VA	VV	
n	10	9	5	
筋肉内脂肪融点(°C)	24.9 ± 3.7 ^a	32.1 ± 5.2 ^b	28.3 ± 3.2 ^{ab}	
脂肪酸組成	C12:0	0.1 ± 0.1	0.1 ± 0.1	0.1 ± 0.0
	C14:0	4.0 ± 0.7	3.8 ± 1.7	4.3 ± 1.0
	C14:1	1.8 ± 0.6 ^a	1.2 ± 0.4 ^b	1.0 ± 0.3 ^b
	C15:0	0.5 ± 0.2	0.5 ± 0.1	0.5 ± 0.1
	C16:0	26.9 ± 1.0	28.6 ± 2.3	27.9 ± 1.8
	C16:1	5.1 ± 1.0	4.4 ± 0.6	4.9 ± 0.9
	C17:0	1.0 ± 0.3	1.1 ± 0.2	1.0 ± 0.2
	C17:1	1.2 ± 0.4	1.1 ± 0.3	1.1 ± 0.1
	C18:0	7.9 ± 1.1 ^a	9.8 ± 1.9 ^b	9.4 ± 1.5 ^{ab}
	C18:1	47.5 ± 2.1	45.9 ± 3.1	46.0 ± 2.2
	C18:2	3.3 ± 0.6	3.1 ± 0.9	3.3 ± 1.2
	C18:3	0.2 ± 0.1	0.1 ± 0.1	0.1 ± 0.1
	C20:0	0.3 ± 0.1	0.2 ± 0.1	0.3 ± 0.1
	C20:1	0.2 ± 0.2	0.1 ± 0.1	0.1 ± 0.1
SFA	40.7 ± 1.0 ^a	44.1 ± 3.4 ^b	43.5 ± 2.6 ^{ab}	
USFA	59.3 ± 1.0 ^a	55.9 ± 3.4 ^b	56.5 ± 2.6 ^{ab}	
MUFA	55.8 ± 1.3 ^a	52.7 ± 2.9 ^b	53.1 ± 1.6 ^{ab}	
PUFA	3.4 ± 0.7	3.2 ± 0.9	3.4 ± 1.3	
US/S	1.46 ± 0.06 ^a	1.28 ± 0.17 ^b	1.31 ± 0.14 ^{ab}	

異符号間に有意差あり(p<0.05)、Tukey-Kramer法 mean ± standard deviation

SFA: saturated fatty acids
 USFA: unsaturated fatty acids
 MUFA: monounsaturated fatty acids
 PUFA: polyunsaturated fatty acids
 US/S: total unsaturated fatty acid per total saturated fatty acid

脂肪融点と脂肪酸組成に関する報告は多く、脂肪融点は USFA 割合と負の相関を示すことが報告されている⁵⁾⁶⁾¹³⁾¹⁸⁾。本研究においても SCD 遺伝子型の違いにより USFA に差が認められ、USFA 割合が高いほど筋肉内脂肪融点が低く、これらの報告と同様の結果であった。

脂肪酸組成については黒毛和種において種雄牛による影響が報告されている⁴⁾¹⁵⁾²¹⁾。井上ら⁴⁾は系統の異なる種雄牛 5 頭(藤良系、気高系、田尻系、菊美系 2 頭)をホルスタイン種雌牛に 3 期に分けて交配して得られた F₁ 産子 100 頭を用いた研究で、種雄牛により有意な差が認められた脂肪酸は C14:1 (p<0.01)、パルミチン酸(C16:0) (p<0.05)、オレイン酸(C18:1) (p<0.05)および US/S (p<0.05)であり、特に C14:1 は種雄牛により大きな影響を受ける特徴的な脂肪酸であると推察している。同様に黒毛和種の脂肪酸組成については西田ら⁷⁾がパルミトレイン酸(C16:1)、Adachi ら²⁾が C18:0 でそれぞれ有意な差が認められたと報告している。

表 8 種雄牛(寿恵福)における SCD 遺伝子型間の筋肉内脂肪融点および脂肪酸組成

SCD 遺伝子型	AA	VA	VV
n	7	7	5
筋肉内脂肪融点()	25.6 ± 3.7	29.6 ± 2.0	28.3 ± 3.2
C12:0	0.1 ± 0.1	0.1 ± 0.0	0.1 ± 0.0
C14:0	3.9 ± 0.6	3.3 ± 1.5	4.3 ± 1.0
C14:1	1.7 ± 0.6 ^a	1.1 ± 0.4 ^{ab}	1.0 ± 0.3 ^b
C15:0	0.5 ± 0.1	0.5 ± 0.1	0.5 ± 0.1
C16:0	27.1 ± 1.1	27.5 ± 1.1	27.9 ± 1.8
C16:1	5.0 ± 1.1	4.3 ± 0.5	4.9 ± 0.9
C17:0	0.9 ± 0.2	1.1 ± 0.2	1.0 ± 0.2
C17:1	1.2 ± 0.3	1.2 ± 0.3	1.1 ± 0.1
C18:0	7.9 ± 1.2	9.9 ± 2.0	9.4 ± 1.5
脂肪酸組成			
C18:1	47.6 ± 2.4	47.2 ± 1.8	46.0 ± 2.2
C18:2	3.4 ± 0.7	3.3 ± 0.9	3.3 ± 1.2
C18:3	0.2 ± 0.1	0.1 ± 0.1	0.1 ± 0.1
C20:0	0.3 ± 0.1	0.2 ± 0.1	0.3 ± 0.1
C20:1	0.2 ± 0.2	0.1 ± 0.1	0.1 ± 0.1
SFA	40.7 ± 0.9	42.6 ± 1.9	43.5 ± 2.6
USFA	59.3 ± 0.9	57.4 ± 1.9	56.5 ± 2.6
MUFA	55.7 ± 1.4 ^a	53.9 ± 1.4 ^{ab}	53.1 ± 1.6 ^b
PUFA	3.5 ± 0.8	3.4 ± 0.9	3.4 ± 1.3
US/S	1.46 ± 0.05 ^a	1.35 ± 0.10 ^{ab}	1.31 ± 0.14 ^b

異符号間に有意差あり(p<0.05)、Tukey-Kramer法 mean ± standard deviation

そこで本研究に供した種雄牛 2 頭のうち寿恵福号の 19 頭について、同一種雄牛での SCD 遺伝子型別の脂肪酸組成を表 8 に示した。その結果、C14:1、MUFA、US/S で AA 型と VV 型間に有意な差が認められ、同一種雄牛であっても SCD 遺伝子型の違い

により脂肪酸組成が異なることが示された。このことから前述の種雄牛による脂肪酸組成への影響に関する報告がいずれも Taniguchi ら¹⁷⁾の SCD 遺伝子型の関与が報告される以前のものであることから考察すると、種雄牛による脂肪酸組成の影響は SCD 遺伝子型の関与が大きいと考えられた。

SCD 遺伝子型と官能評価との関連性について、分析型パネルによる官能試験の結果を表 9 に示した。評価した 7 項目全てにおいて SCD 遺伝子型の違いによる有意な差はみられなかった。

表 9 分析型パネルによる SCD 遺伝子型間の官能評価

SCD 遺伝子型	AA	VA	VV
n	10	9	5
やわらかさ(嚙切時)	5.8 ± 0.6	5.7 ± 0.5	5.9 ± 1.5
やわらかさ(咀嚼時)	5.5 ± 0.7	5.5 ± 0.4	5.6 ± 1.3
繊維感	5.1 ± 0.6	4.9 ± 0.3	5.2 ± 1.1
多汁性	5.6 ± 0.5	5.4 ± 0.5	5.9 ± 1.3
あぶらっさ	5.4 ± 0.5	5.2 ± 0.6	5.8 ± 1.6
総合的な食感	5.5 ± 0.6	5.4 ± 0.4	5.6 ± 1.2
風味の強さ	4.9 ± 0.5	5.0 ± 0.2	5.2 ± 0.4

全ての区間で有意差なし、Tukey-Kramer法 mean ± standard deviation

嗜好型パネルによる官能試験について、試験に供した牛肉の格付成績および理化学特性を表 10 及び表 11 に示した。格付は VV 型が A3(BMS 4)、AA 型が A4(BMS 5)で、粗脂肪含量は VV 型 32.6%、AA 型 41.3% と AA 型が多く、筋肉内脂肪融点は、VV 型 30.5、AA 型 23.7 と AA 型の方が低かった。脂肪酸組成は SFA は VV 型が高く、USFA、MUFA、PUFA、US/S はいずれも AA 型が高かった。

パネル 284 名の性別ごとの評価結果を表 12 に示した。各質問ごとの AA 型、VV 型の回答割合は男性、女性ともほぼ同じで、性別による評価の違いは認められなかった。男女合わせた総数でみると食べる前の香りでは、VV 型で 104 人(36.6%)、AA 型で 121 人(42.6%)がそれぞれ良いと回答し両者に差は認められなかった。食べた後のあぶらっさは、VV 型が 149 人(52.5%)、AA 型が 119 人(41.9%)で、VV 型の方が粗脂肪含量が少ないにもかかわらず

ずあぶらっこいと感じる人が多い傾向にあった。

風味の良さでは、AA 型が良いと回答した人が 162 人(57.0 %)と、VV 型の 97 人(34.2 %)より多く ($p<0.05$)、総合的な味のおいしさでも AA 型が 165 人(58.1 %)と、VV 型の 105 人(37.0 %)より多かった ($p<0.01$)。

表10 供試牛肉のSCD遺伝子型と枝肉格付および一般組成

供試区分	SCD 遺伝子型	格付等級	BMS No.	一般組成 (%)		
				水分	粗脂肪	粗蛋白質
A	VV	A3	4	51.8	32.6	14.3
B	AA	A4	5	45.3	41.3	13.1

表11 供試牛肉の筋肉内脂肪融点と脂肪酸組成

供試区分	筋肉内脂肪融点(°C)	脂肪酸組成 (%)				
		SFA	USFA	MUFA	PUFA	US/S
A	30.5	46.0	54.0	51.4	2.6	1.17
B	23.7	39.8	60.2	56.2	4.0	1.52

SFA: saturated fatty acids

USFA: unsaturated fatty acids

MUFA: monounsaturated fatty acids

PUFA: polyunsaturated fatty acids

US/S: total unsaturated fatty acid per total saturated fatty acid

また世代別の食味評価結果を図2に示した。食べる前の香りはVV型とAA型で世代間の差は認められなかったが、10～20歳代ではどちらともいえないと回答した人が多かった。あぶらっこさは、30歳代以上ではVV型とAA型の回答割合はほぼ同じであったが、10～20歳代ではVV型があぶらっこいと感じる人が多い傾向がみられた。風味の良さでは、いずれの世代もAA型のほうが良いと回答した人が多かった。また10～20歳代では他の世代に比べどちらともいえないと回答した人数がやや多かった。総合的な味のおいしさではいずれもAA型と回答した割合が高く、世代の違いによる差はみられなかった。

牛肉の官能評価は牛肉の熟成や保存方法、調理方法や環境など多くの要因に影響されることから、得

表12 嗜好型パネルによる性別の食味評価結果

質問	性別	回 答					
		A(VV型)		B(AA型)		どちらともいえない	
		人数	割合	人数	割合	人数	割合
1	男性	51	18.0%	58	20.4%	21	7.4%
	女性	53	18.7%	63	22.2%	38	13.4%
	計	104	36.6%	121	42.6%	59	20.8%
2	男性	72	25.4%	52	18.3%	6	2.1%
	女性	77	27.1%	67	23.6%	10	3.5%
	計	149	52.5%	119	41.9%	16	5.6%
3	男性	41	14.4%	79	27.8%	10	3.5%
	女性	56	19.7%	83	29.2%	15	5.3%
	計	97	34.2%	162*	57.0%	25	8.8%
4	男性	44	15.5%	79	27.8%	7	2.5%
	女性	61	21.5%	86	30.3%	7	2.5%
	計	105	37.0%	165**	58.1%	14	4.9%

二項検定法(* $p<0.05$ ** $p<0.01$)

質問1: 食べる前に香り(におい)が良いと感じたのはどちらですか。

質問2: 食べた後にあぶらっぽいやおいしさを感じたのはどちらですか。

質問3: " 風味が良いと感じたのはどちらですか。

質問4: " 味がおいしいと感じたのはどちらですか。

られた評価データの客観性および信頼性を高めるため2005年に「食肉の官能評価ガイドライン」²⁶⁾が作成された。また2007年には黒毛和種の脂肪の質を中心とした牛肉の美味しさの評価手法に関する指針¹⁶⁾が示された。今回はこのガイドラインに基づき、独立行政法人家畜改良センターの分析型パネルによる官能試験を実施したが、SCD遺伝子型の違いによる有意な差は認められなかった。理化学分析では脂肪融点や脂肪酸組成等でSCD遺伝子型間で有意な差が認められたものの官能評価ではそれらの違いが差として現れない結果となった。

一方嗜好型パネルでは性別や世代による大きな違いは認められなかったが、風味やおいしさでAA型のほうがよいと回答した人が多く、脂肪の質の違いが少なからず官能評価に影響していることが示唆された。

粗脂肪含量の増加はある一定の量を超えるとむしろ旨味が減少するといわれている²²⁾。また牛肉の官能評価に影響する因子として、テクスチャー(食感)、味、香りがあり、和牛肉に関しては特にその香りの影響が大きいともいわれている¹¹⁾。したがってこれまでのように脂肪交雑中心の育種改良だけでは消費者の多様な価値観に対応できなくなってきており、今後は牛肉の「美味しさ」の観点から脂肪の質を高める育種改良手法にも目を向けることが重

要であると考えられる。

近年、牛肉の食味に影響する因子のひとつで、オレイン酸を中心とした MUFA などの脂肪酸組成に関連する遺伝子として SCD 遺伝子や脂肪酸合成酵素(Fatty Acid Synthase : FASN)遺伝子¹⁾が報告された。これらはいずれもその遺伝子型の違いにより和牛の食味に影響することから、種雄牛や繁殖雌牛の

平成 19 年度試験成績報告書：37(2008) 血統構成を基に牛肉の食味性へのアプローチが可能となった。そこで今回はこれらを指標とした育種改良手法の有用性と SCD 遺伝子型について検討した。SCD 遺伝子型については、常石ら¹⁹⁾が黒毛和種去勢肥育牛におけるロース芯の不飽和脂肪酸割合に影響を与える要因の単相関は、SCD 遺伝子型、BMS ナンバー、ロース芯面積、枝肉単価の順に高く、特に SCD 遺伝子型は他の要因とは独立して不飽和脂肪酸割合に影響を与え、その効果は AA 型、VA 型、VV 型の順に高いことが明らかになったと報告している。本研究においても SCD 遺伝子型が種雄牛や繁殖雌牛の系統により異なることが判明し、牛肉の物理特性や筋肉内脂肪融点、脂肪酸組成等に影響を与えていることが認められた。また官能試験においてもこれらの違いが食味に影響していることが示唆された。以上のことから、今後黒毛和種の育種改良に牛肉の食味評価を考慮した手法を取り入れるうえで SCD 遺伝子型に着目することは有用な手段であると考えられた。

謝 辞

本試験を行うに際し、牛肉の理化学分析や官能試験を実施していただきました家畜改良センター技術第二課の皆様方に深く感謝いたします。

文 献

- 1)阿部 剛, 佐分淳一, 小林栄治, 中嶋宏明, 庄司則章. 発明の名称: 脂肪酸合成酵素の遺伝子型に基づき牛筋肉内脂肪における脂肪酸含有量の多寡を判定する方法及び該結果に基づき牛肉の食味の良さを判定する方法. 特許出願番号: 特願 2006-242487. 2006.
- 2)Adachi S, Suyama K, Tsuchida J, Danbara H. Effect of breeding bull on the fatty acid composition of the carcass lipid in steers of a beef breed cattle. *Meat Science*, 7: 139-145. 1982.
- 3)Folch J, Lees M, Sloan-Stanley GH. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *Journal of Biological Chemistry*, 226: 497-509. 1957.

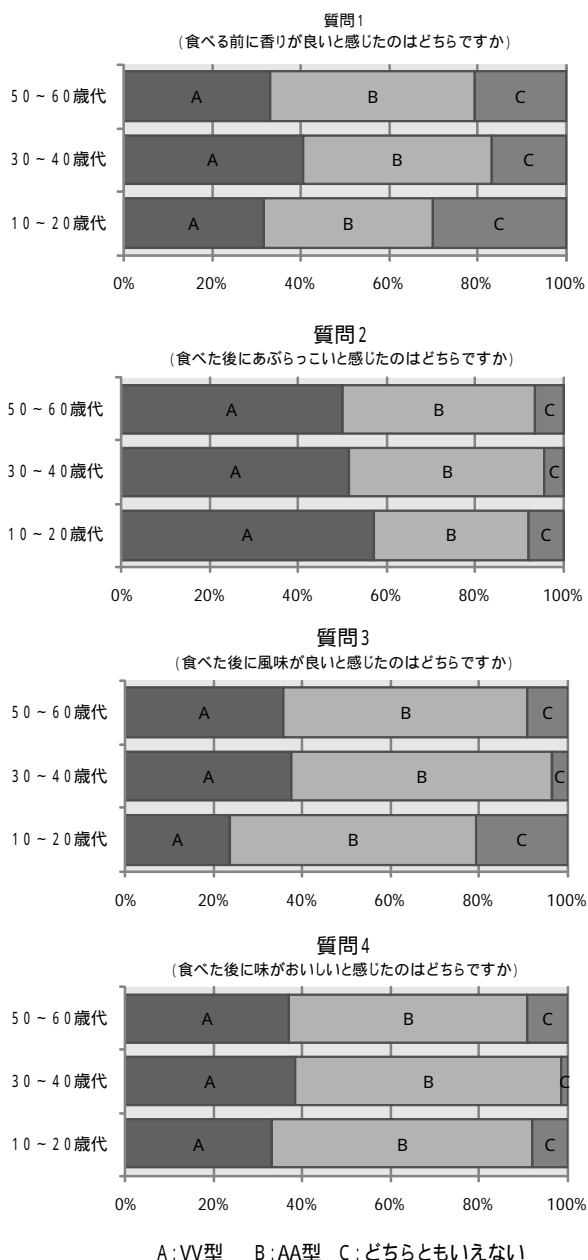


図2 嗜好型パネルによる年代別の食味評価結果

- 平成 19 年度試験成績報告書：37(2008)
定．日本畜産学会報，59：590-595．1988．
- 4)井上慶一，平原さつき，撫年浩，藤田和久，山内健治．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，73：381-387．2002．
 - 5)菅和寛，小林正人，今田哲雄．採取部位別の体脂肪融点に対する脂肪酸組成の影響．山形県畜産研究報告，1：10-14．2003．
 - 6)小林正人，阿部正博，石山徹，奥山祐輔，安彦重直．山形牛の脂肪の質．山形県畜産研究報告，1：1-9．2003．
 - 7)西田茂，鈴木英作．効率的な高品質牛肉生産のための飼料給与方式の確立 6)種雄牛と出荷月齢が肥育牛の脂肪酸組成に及ぼす影響．宮城県畜産試験場試験成績書，41-48．1995．
 - 8)Nishimura T, Hattori A, Takahashi K．Structural changes intramuscular connective tissue during the fattening of Japanese black cattle：Effect of marbling on beef tenderization．*Journal of Animal Science*，77：93-104．1999．
 - 9)Nomura T, Honda T, Mukai F．Inbreeding and effective population size of Japanese Black cattle．*Journal of Animal Science*，79：366-370．2001．
 - 10)Oka A, Iwaki F, Dohgo T, Ohtagaki S, Noda M, Shiozaki T, Endoh O, Ozaki M．Genetic effect on fatty acid composition of carcass fat of Japanese black Wagyu steers．*Journal of Animal Science*，76：87-95．2003．
 - 11)沖谷明紘．和牛肉のおいしさの原因．栄養生理研究会報，40：67-79．1996．
 - 12)小堤恭平，安藤四郎，池田敏雄，中井博康，千国幸一．市場牛肉の格付等級と理化学特性について．日本畜産学会報，56：1-6．1985．
 - 13)Ozutsumi K, Kawanishi T, Ito K, Yamazaki T．Fatty acid composition in various depot fats of fattened Japanese Black and Holstein steers．*Japanese Journal of Zootechnological Science*，54：470-475．1983．
 - 14)小堤恭平，小沢忍，千国幸一，小石川常吉，加藤貞雄，中井博康，池田敏雄，安藤四郎，吉武充．牛筋肉のテンシプレッサーによる硬さの測定．日本畜産学会報，59：590-595．1988．
 - 15)鈴木英作，織江貞二，千葉和義．肉用種雄牛の検討(3)牛皮下脂肪の構成脂肪酸組成に及ぼす種雄牛の影響．宮城県畜産試験場試験成績書，49-51．1996．
 - 16)社団法人全国肉用牛振興基金協会．牛肉の美味しさ評価手法に関する指針作りに向けて - 黒毛和種の脂肪の質を中心に - ．社団法人全国肉用牛振興基金協会，東京．2007．
 - 17)Taniguchi M, Utsugi T, Oyama K, Mannen H, Kobayashi M, Tanbe Y, Ogino A, Tsuji S．Genotype of stearoyl-CoA desaturase is associated with fatty acid composition in Japanese Black cattle．*Mammalian Genome*．14：142-148．2004．
 - 18)常石英作，滝本勇治，西村宏一，武田尚人．肥育牛の各種筋肉のトリアシルグリセロールとリン脂質の脂肪酸組成．日本畜産学会報，58：919-926．1987．
 - 19)常石英作，小林直彦，丸山新，松橋珠子，折戸秀樹，神谷充．黒毛和種去勢肥育牛におけるコース芯の不飽和脂肪酸割合に対する Stearoyl-CoA Desaturase(SCD)遺伝子型の効果．西日本畜産学会報，50：119-120．2007
 - 20)Westeling DB, Hedrick HB．Fatty acid composition of bovine lipids as influenced by diet, sex and anatomical location and relationship to sensory characteristics．*Journal of Animal Science*，48：1343-1348．1979．
 - 21)Xie YR, Busboom JR, Gaskins CT, Johnson KA, Reeves JJ, Wright RW, Cronrath JD．Effects of breed and sire on carcass characteristics and fatty acid profiles of crossbred Wagyu and Angus steers．*Meat Science*，43：167-177．1996．
 - 22)山口静子．牛肉のおいしさと消費者嗜好．食肉の科学 43：131-139，2002．
 - 23)柳原一美，矢野幸男，中村豊郎，中井博康，田邊亮一．牛肉の長期熟成中における官能評価，物性および化学成分の変化．日本畜産学会報，66：160-166．1995．
 - 24)Yoshimura T, Namikawa K．Influence of breed, sex

and anatomical location on lipid and fatty acid
composition of bovine intermuscular fat . *Japanese
Journal of Zootechnical Science* 56 : 122-129 .1985 .

- 25)梅北信二郎，竹迫良和，横山喜世志，内山正二．
黒毛和種去勢牛肉の理化学的特性と新格付．鹿
児島県畜産試験場研究報告，24：68-70．1992．
- 26)財団法人 日本食肉消費総合センター、独立行
政法人家畜改良センター編：食肉の官能評価ガ
イドライン．東京．2005．
- 27)Zembayashi M ,Nishimura K ,Lunt DK ,Smith SB .
Effect of breed type and sex on the fatty acid
composition of subcutaneous and intramuscular lipids
of finishing steers and heifers . *Journal of Animal
Science* , 73 : 3325-3332 . 1995 .