

北海道池田町産褐毛和種における格付形質，画像解析形質およびオレイン酸割合に関する遺伝的パラメータの推定

山本朝子¹・後藤弥子¹・阿佐玲奈¹・萩谷功一¹・口田圭吾¹

¹ 帯広畜産大学，帯広市 080-8555

(2019. 4. 10 受付，2019. 10. 7 受理)

要 約 北海道池田町では「いけだ牛」と呼ばれる褐毛和種が生産されている。本研究では「いけだ牛」のオレイン酸割合 (C18 : 1%) に影響を与える要因の調査および遺伝的パラメータの推定を行った。分析には褐毛和種 1,772 頭の枝肉格付形質，画像解析形質および脂肪酸組成の記録を用いた。要因調査は分散分析を行い，SAS の MIXED プロシージャを利用した。遺伝的パラメータは，アニマルモデルを用いた AIREMLF90 によって推定した。C18 : 1% に有意に影響した要因は，出荷年，性別，屠畜月齢，肥育生産者，BCS，BFS，脂肪面積割合およびあらさ指数であった。C18 : 1% の遺伝率は 0.71 と推定され，C18 : 1% との遺伝相関では，脂肪面積割合 (0.23)，新細かさ指数 (0.10) と正の相関がみられたことから，C18 : 1% の遺伝的改良は「いけだ牛」の肉質および品質向上に繋がると示唆された。

日本畜産学会報 91 (1), 1-7, 2020

キーワード : オレイン酸割合，画像解析形質，新細かさ指数

褐毛和種は和牛の一品種であり，特徴として，早期発育，温順性，粗飼料の利用性が高いことから，黒毛和種に比較し，飼養コストをかけずに生産することが可能な品種である。また，農林水産省 (2015) によると脂肪交雑は BMS (Beef Marbling Standard) No. の全国平均値が 3.8 と黒毛和種の 5.8 の次に優れていると報告されている。褐毛和種は，主に熊本県，高知県，長崎県，東北地方および北海道で飼養されており，北海道池田町産褐毛和種は「いけだ牛」と呼ばれるブランド牛として生産が行われている。特徴として肉質は赤身肉かつ適度な脂肪交雑があること，また町内生産のワイン副産物を飼料化し給与していることが挙げられる。

近年，理化学的手法により脂肪酸組成から食肉のおいしさを評価する研究が行われている。Westerling と Hedrick (1979) の報告によると牛肉の脂肪中に含まれるオレイン酸の割合 (C18 : 1%) は，牛肉の風味に関与するとされ，黒毛和種における MUFA や不飽和度が食味に影響することから (佐久間ら 2012 ; 鈴木ら 2013)，牛肉のおいしさの指標として C18 : 1% が注目されている。また家畜改良増殖目標 (農林水産省 2015) では，肉用牛の能力に関する改良目標において，「『おいしさ』に関する成分含量等の指標化に向けた検討を行う」とした中で，その一例として脂肪酸組成が挙げられている。さらには，全国和牛登録協会 (2007) が今後の和牛改良の重要な選抜形質の一つとして脂肪酸組成を取り上げ，全国和牛能力共進会の枝肉評価の

項目としても採用されている。近年では，長野県 (2009) を始め，黒毛和種において C18 : 1% をブランド牛の基準として取り入れる地域も現れている。

脂肪酸組成は黒毛和種において，性別 (Zenbayashi ら 1995 ; 岡ら 2002)，種雄牛 (岡ら 2002 ; 野儀 2006)，屠畜月齢 (三橋ら 1988a)，飼養方法 (岡ら 2002) などの影響を受けることが報告されている。また，黒毛和種において脂肪酸組成に関する遺伝的パラメータが推定されている。しかし，褐毛和種において C18 : 1% に関する報告は少ない。そこで本研究では，褐毛和種におけるロース芯内 C18 : 1% に影響を与える要因および遺伝的パラメータの推定を目的として調査を行った。

材料および方法

分析には，2010 年 1 月から 2018 年 6 月に北海道池田町枝肉処理施設に出荷された褐毛和種の枝肉格付形質，画像解析形質およびロース芯の脂肪酸組成を用いた。なお，褐毛和種は品種造成過程の遺伝的背景の違いにより熊本系と高知系に分類されるが，北海道池田町で生産される褐毛和種は熊本系である。屠畜月齢が平均 ± 3 標準偏差から外れるものおよびロース芯に瑕疵があるものは分析から除外し，その結果，最終的に用いた個体は 1,716 頭 (去勢 967 頭，メス 749 頭) であった。

本研究に用いた枝肉格付形質は，(公社)日本食肉格付協会の格付員によって評価された 8 形質 (枝肉重量，胸最長

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

筋面積、ばらの厚さ、皮下脂肪の厚さ、歩留基準値、BMS、BCS (Beef Color Standard) および BFS (Beef Fat Standard) の記録を用いた (日本食肉格付協会 1988)。

1. 画像解析形質

ミラー型牛枝肉撮影装置 (HK-333; 早坂理工, 札幌市) を用いて、牛枝肉左半丸の第 6-7 肋骨間横断面を撮影し、画像解析ソフト (BeefAnalyzer-G; CS ソリューション, 札幌市) を用いて画像解析形質を得た。分析に用いた画像解析形質は、脂肪面積割合、あらさ指数および新細かさ指数の 3 形質である。脂肪面積割合は、コース芯全体にある脂肪交雑粒子の面積割合を示し、脂肪交雑粒子の画素数をコース芯面積の画素数で除して求められる (口田ら 2006)。あらさ指数は、コース芯内の脂肪交雑粒子を 1 mm の細線化処理をし、線幅 1 画素 (0.06 mm) の細線を除去した後に残った脂肪交雑粒子の画素数をもとの脂肪交雑粒子の画素数で除した値であり、値が大きいほどあらい脂肪交雑粒子が多く存在していることを示す (口田ら 2006)。新細かさ指数は、コース芯内の脂肪交雑粒子の全周囲長をコース芯面積の平方根で除したことで求められ (口田と金井 2016)、細かい脂肪交雑粒子の程度を示す指標であり、値が大きいほど細かい脂肪交雑粒子が多く存在していることを示す。

2. 脂肪酸組成の分析

牛枝肉左半丸における第 6-7 肋骨間横断面より、長さ 6.0 cm、幅 2.5 cm のポリエステル板を用いて尾側のコース芯全体から均等に約 10 mg の脂肪サンプルを採取した。分析までの間、チャック付きのプラスチック製の袋に入れ、 -20°C で冷凍保存し、脂肪酸の分析は前原ら (2008) にしたがった。

本研究で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 種類である。7 種の脂肪酸の総和に占める割合を、百分率で評価し、分析にはオレイン酸割合 (C18:1%) を使用した。

3. 統計分析

C18:1% に及ぼす影響を明らかにするために、SAS (2015) の MIXED プロシージャを用い、母数効果として性別、出荷年、季節、農家、屠畜月齢、BCS No. および BFS No. を、共変量として脂肪面積割合およびあらさ指数を、従属変数に C18:1% とした分散分析を行い、Tukey-kramer 法により多重比較を行った。線形回帰分析には SAS (2015) の REG プロシージャを用いた。

4. 遺伝的パラメーターの推定

使用した数学的モデルを以下に示す。

$$Y_{ijkl} = S_i + YS_j + F_k + u_{ijkl} + [a_1(t_{ijkl} - T) + a_2(t_{ijkl} - T)^2] + e_{ijkl}$$

ここで、 Y_{ijkl} は各形質の観測値、 S_i は i 番目の性の効果 (2

水準)、 YS_j は j 番目の出荷年・季節の効果 (35 水準)、 F_k は k 番目の農家の効果 (10 水準) であり、それぞれ母数効果として用いた。 a_1 は屠畜月齢 (t_{ijkl}) に対する一次回帰係数、 a_2 は屠畜月齢 (平均 23.9 ヶ月) に対する二次回帰係数であり、これらを共変量とした。ここで T は屠畜月齢の平均値である。 u_{ijkl} は個体 $ijkl$ の相加的遺伝子効果、 e_{ijkl} は残差を表し、それぞれ変量効果としてモデルに含めた。血統記録は 5 代祖まで遡った結果、3,955 頭であった。

各形質の遺伝的パラメーターの推定には、AIREMLF90 プログラム (Misztal ら 2002) を使用した。なお、遺伝率の推定には単形質アニマルモデルを用い、遺伝相関の推定には二形質アニマルモデルを用いた。また、各形質の育種価は AIREMLF90 より得られた分散成分を用いて、BLUPF90 プログラム (Misztal ら 2002) により推定した。

結果および考察

1. 基礎統計量

表 1 に枝肉格付形質、画像解析形質および C18:1% の性ごとの基礎統計量を示した。枝肉重量、脂肪面積割合および C18:1% の平均値 \pm 標準偏差は去勢でそれぞれ 484.4 ± 46.4 kg、 $32.4 \pm 6.9\%$ および $50.0 \pm 3.0\%$ 、メスでそれぞれ 449.4 ± 44.6 kg、 $32.3 \pm 6.9\%$ および $51.4 \pm 3.0\%$ であり、平均値において、C18:1% は去勢とメスの間に 1.4 ポイントの差があった。平均屠畜月齢は去勢で 23.8 ヶ月、メスで 24.2 ヶ月であり、独立行政法人家畜改良センター (2018) が集計した熊本系褐毛和種の平均屠畜月齢である 25.2 ヶ月より若干短かった。また、胸

表 1 褐毛和種における枝肉格付形質、画像解析形質および脂肪酸組成の性ごとの基礎統計量

形質	去勢	メス
	(n = 967)	(n = 749)
	平均 \pm SD	平均 \pm SD
屠畜月齢	23.8 \pm 1.1	24.2 \pm 1.1**
枝肉格付形質		
枝肉重量 (kg)	484.4 \pm 46.4	449.4 \pm 44.6**
胸最長筋面積 (cm ²)	56.4 \pm 7.6	54.6 \pm 7.5**
ばらの厚さ (cm)	7.6 \pm 0.8	7.5 \pm 0.8
皮下脂肪の厚さ (cm)	2.4 \pm 0.7	2.9 \pm 0.9**
歩留基準値	73.6 \pm 1.1	73.3 \pm 1.3**
BMS No.	3.3 \pm 1.1	3.3 \pm 1.1
BCS No.	3.7 \pm 0.6	3.8 \pm 0.5**
BFS No.	2.9 \pm 0.3	3.0 \pm 0.2**
画像解析形質		
脂肪面積割合 (%)	32.4 \pm 6.9	32.3 \pm 6.9
あらさ指数 (%)	11.6 \pm 4.4	12.0 \pm 4.4
新細かさ指数	67.3 \pm 10.8	66.4 \pm 11.4
脂肪酸組成		
C18:1 (%)	50.0 \pm 3.0	51.4 \pm 3.0**

性別間に有意差あり (**: $P < 0.01$)

最長筋面積およびばらの厚さは去勢でそれぞれ $56.4 \pm 7.6 \text{ cm}^2$, $7.6 \pm 0.8 \text{ cm}$, メスでそれぞれ $54.6 \pm 7.5 \text{ cm}^2$, $7.5 \pm 0.8 \text{ cm}$ であり, 独立行政法人家畜改良センター (2018) が集計した熊本系褐毛和種の平均値 49.7 cm^2 および 7.2 cm より大きい値を示したが, その他の枝肉格付形質は去勢, メスともに同程度であった。

2. C18 : 1% に有意に影響する要因

表 2 に C18 : 1% に有意に影響した要因の F 値および画像解析形質における回帰係数を示した。C18 : 1% に最も影響を与えた要因は性別 (92.82) で, 農家 (29.36), 脂肪面積割合 (28.63) がその次に影響していた。脂肪面積割合と C18 : 1% の回帰係数が 0.10 と, 脂肪面積割合

の増加にともない C18 : 1% が有意に高くなった ($P < 0.01$)。同様に脂肪交雑粒子が比較的あらい個体における C18 : 1% は有意に高い値を示した ($P < 0.01$)。一般に, 脂肪面積割合は, あらさ指数と正の相関を持ち, 脂肪交雑量の増加に伴いあらざしになる。Nakahashi ら (2008) は, 黒毛和種において, ロース芯内の脂肪交雑粒子の大きさと脂肪酸組成との関係において, あらい脂肪交雑は C18 : 1% を含む不飽和脂肪酸割合が高くなることを報告した。さらに He ら (1997) は, 大きな脂肪交雑ほど C18 : 1% が多く含まれると述べている。したがって, 本研究における C18 : 1% と脂肪面積割合およびあらさ指数の関連性はこれらの報告と同様であった。村澤ら (2010) は, 筋間脂肪の脂肪酸組成が血流を介して, 隣接した筋肉内脂肪の脂肪酸組成に優先的に影響を与え, 筋間脂肪と筋肉内脂肪の双方が肥大すると報告した。

C18 : 1% に有意に影響した要因をより詳細に示したものを表 3 および図 1 に示した。性別における C18 : 1% の最小二乗平均値は, 去勢で 49.6% およびメスで 50.8% であり ($P < 0.01$), 表 1 に示す平均値と同様の傾向を示した。本研究における性別間の差は, 堀川ら (2015) が報告した黒毛和種の筋間脂肪における C18 : 1% の平均値である去勢 54.6% およびメス 55.4% と同様の傾向を示した。出荷年・季節における C18 : 1% の最小値および最大値は, 2016 年・春で 48.2% および 2018 年・春で 53.1% であった ($P < 0.01$)。また, 農家における C18 : 1% の範囲は 48.2~52.6% であった ($P < 0.01$)。三橋ら (1988b) は和牛肉の脂肪酸組成は飼料内容により影響されると報告しており, 井上ら (2008) は種雄牛による違いが大きいと

表 2 褐毛和種の C18 : 1% に有意に影響を与える要因の F 値および画像解析形質における回帰係数

要因	F 値	回帰係数
n = 1716		
性別	92.82**	
出荷年・季節	8.84**	
農家	29.36**	
屠畜月齢	4.68**	
枝肉格付形質		
BCS. No	4.26**	
BFS. No	3.89*	
画像解析形質		
脂肪面積割合 (%)	28.63**	0.10**
あらさ指数 (%)	8.59**	0.13**

(* : $P < 0.05$, ** : $P < 0.01$)

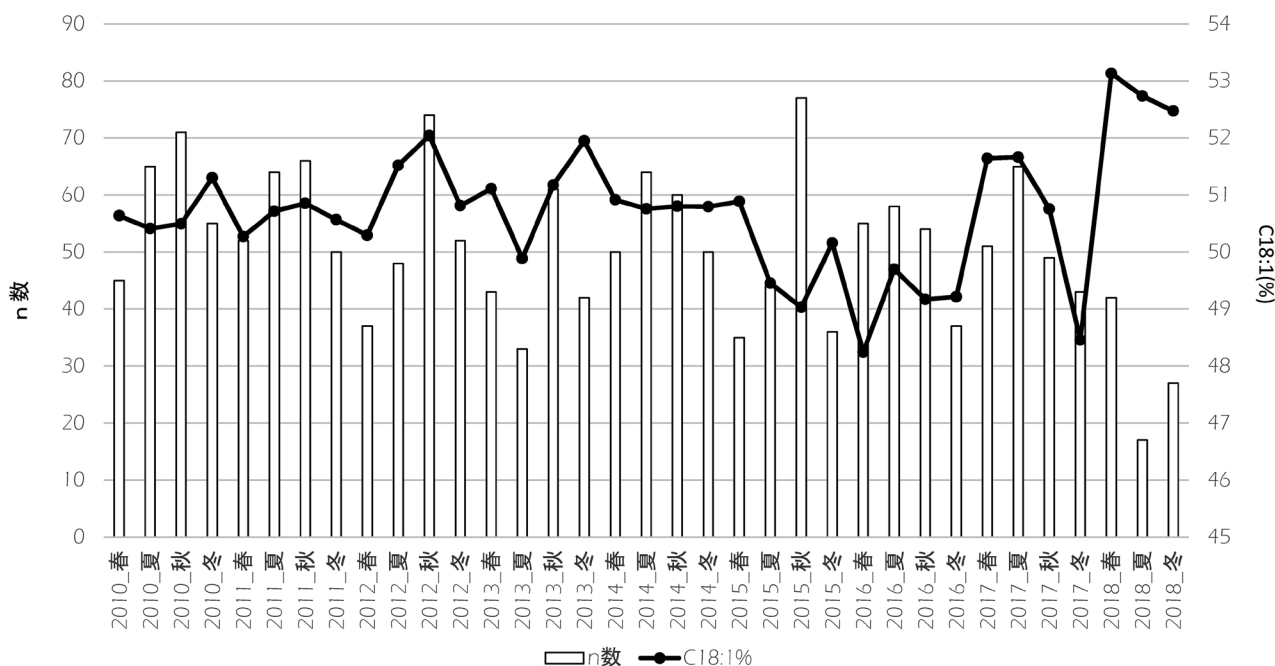


図 1 褐毛和種の出荷年・季節における C18 : 1% の最小二乗平均値

表 3 性別, 農家, と屠畜月齢および枝肉格付形質に対する C18 : 1% の最小二乗平均値

要因		個体数	C18 : 1%
性別	去勢	967	49.6a
	メス	749	50.8b
農家	1	10	50.3abcd
	2	145	52.6a
	3	91	48.2c
	4	350	52.2b
	5	207	50.7bcd
	6	4	51.0ab
	7	170	48.5bcd
	8	241	51.1bcd
	9	326	51.2cd
	10	172	51.1d
屠畜月齢	21	36	50.0
	22	125	49.7
	23	389	50.6
	24	689	50.9
	25	349	50.9
	26	100	51.0
	27	28	51.7
BCS No.	2	20	51.1ab
	3	522	50.8a
	4	1117	50.3b
	5	57	50.5ab
BFS No.	2	97	49.8b
	3	1617	50.6a
	4	2	51.6ab

a, b, c, d : 同一区分内で異符号間に有意差あり ($P < 0.05$)

報告しており, 本研究においても農家における C18 : 1% の差は給与飼料の違いや種雄牛の偏りが反映されている可能性が示唆された. 屠畜月齢が長くなるにつれ, C18 : 1% は有意に高くなった ($P < 0.01$). これは Kuwata ら (2011) の屠畜月齢が長いほど C18 : 1% が増加すると報告した結果と同様であった. BCS No. における C18 : 1% の範囲は 50.3%~51.1% ($P < 0.01$) であった. BFS No. における C18 : 1% は 49.8%~51.6% であり, BFS No. の増加と共に C18 : 1 は有意に増加した ($P < 0.05$). Inoue ら (2017) は黒毛和種において BFS と C18 : 1% の表型相関および遺伝相関が 0.22, 0.39 と報告し, 不飽和脂肪酸のレベルを改善すると脂肪色が暗くなる (黄色が強くなる) ため, BFS とのバランスが必要であると示唆した. 本研究では, BFS No. 2 は 97 個体, BFS No. 3 は 1,617 個体, BFS No. 4 は 2 個体となっており, 表型値の分散が小さく正規分布ではなかったため, 遺伝解析から BFS を除いた. BFS が C18 : 1% に有意に影響することが示されたが, 本試験で分析に供した頭数が少なく, 表型値の分散も小さかったため線型モデルではなく Inoue ら (2017) の用いた閾値モデルを用いるべきであったと考えられた.

3. 遺伝率および遺伝相関

表 4 に本研究で用いた褐毛和種の枝肉格付形質, 画像解析形質および C18 : 1% の分散成分および遺伝率推定値を示した. 枝肉格付形質の遺伝率は, 0.45~0.64 の中程度から高い遺伝率が推定された. 胸最長筋面積およびばらの厚さの遺伝率は 0.63 および 0.61 であり, 独立行政法人家畜改良センター (2018) が報告した熊本系褐毛和種の遺伝率 (0.44 および 0.43) より高かったが, その他の格付形質の遺伝率は同程度であった. 白井ら (1996) が報告した褐毛和種の格付形質における遺伝率は 0.218~0.397 の範囲であり, すべての形質において本研究は高い

表 4 褐毛和種の枝肉格付形質, 画像解析形質および C18 : 1% の分散成分および遺伝率

形質	遺伝分散	残差分散	遺伝率 ± SE
枝肉格付形質			
枝肉重量	970.66	990.14	0.50 ± 0.08
胸最長筋面積	34.21	20.49	0.63 ± 0.14
ばらの厚さ	0.38	0.24	0.61 ± 0.13
皮下脂肪の厚さ	0.37	0.30	0.55 ± 0.10
歩留基準値	0.99	0.55	0.64 ± 0.15
BMS No.	0.64	0.37	0.63 ± 0.14
BCS No.	0.13	0.15	0.45 ± 0.06
画像解析形質			
脂肪面積割合	28.95	14.09	0.67 ± 0.16
あらさ指数	8.31	9.91	0.46 ± 0.07
新細かさ指数	42.55	57.28	0.43 ± 0.06
脂肪酸組成			
C18 : 1	5.32	2.18	0.71 ± 0.19

値が推定された。

画像解析形質における遺伝率は脂肪面積割合、あらさ指数および新細かさ指数で 0.67, 0.46 および 0.43 と中程度から高い値が推定された。中橋ら (2012) および加藤ら (2014) が報告した黒毛和種における遺伝率は脂肪面積割合で 0.76 および 0.79, あらさ指数で 0.50 および 0.60 であり, 加藤ら (2014) が報告した新細かさ指数で 0.69 であった。過去の黒毛和種の報告と同様に, 褐毛和種においても脂肪交雑の量や形状は遺伝的要因が占める割合が高いことが示唆された。

C18:1% における遺伝率は 0.71 であり, 黒毛和種において, 井上ら (2008), 横田ら (2011) および中橋ら (2012) のそれぞれ 0.54, 0.65 および 0.80 と報告された結果と同程度で高い値であったため, C18:1% の遺伝的改良が十分に可能であることが示された。

表 5 に C18:1%, 脂肪面積割合, あらさ指数および新細かさ指数と各形質との遺伝相関を示した。分析に供した N 数が少なく, 遺伝相関の標準誤差が大きな値となった。有意 ($P < 0.05$) な遺伝相関は, BMS と脂肪面積割合, あらさ指数と脂肪面積割合, 新細かさ指数と脂肪面積割合, BMS と新細かさ指数の 4 組であった。

C18:1% と枝肉重量, ばらの厚さ, 皮下脂肪の厚さ, 歩留基準値および BCS との間には改良に望ましくない遺伝相関がみられたが, 有意でなく, 値も大きくないことから育種改良上の問題につながる程ではないと示唆された。黒毛和種において, Oka ら (2002) は C18:1% を含む不飽和脂肪酸と枝肉形質の遺伝相関を $-0.23 \sim 0.18$ と報告しており, 井上ら (2008) は不飽和脂肪酸と枝肉格付形質の遺伝相関を $-0.11 \sim 0.11$ と報告した。また, 横田ら (2011) は C18:1% と枝肉格付形質の遺伝相関を $-0.01 \sim 0.41$ と報告しており, 本研究は過去の黒毛和種の報告と同様の傾向を示していた。井上ら (2008) は, 黒毛和種において枝肉形質と脂肪酸組成には遺伝的な関係がほとんど無く, C18:1% を含む不飽和脂肪酸が肉質改良の指標として利用可能であると報告しており, 本研究において

も同様の傾向が示されたことから, 褐毛和種における C18:1% の遺伝的改良は肉質改良に繋がると示された。

C18:1% と画像解析形質との遺伝相関において, 脂肪面積割合, あらさ指数および新細かさ指数はそれぞれ 0.23, 0.10 および 0.10 と低い正の相関係数が得られた。中橋ら (2012) が報告した黒毛和種における C18:1% と脂肪面積割合およびあらさ指数との遺伝相関係数は 0.16 および 0.32 であり, 黒毛和種における C18:1% の改良は脂肪面積割合の上昇につながるが, 脂肪交雑粒子をあらくすることが示された。

本研究の結果から, 褐毛和種は黒毛和種に比べ C18:1% を増加させる遺伝的改良を行った場合, 脂肪面積割合は上昇し, 脂肪交雑粒子は黒毛和種よりあらくなりやすいということが示された。

4. 種雄牛の育種価

表 6 には 10 頭以上の出荷実績を持つ 21 個体の種雄牛のうち, C18:1% の育種価が上位または下位に位置する

表 6 10 頭以上の出荷実績を持ち C18:1% の育種価が上位および下位に位置する種雄牛

種雄牛名	頭数	C18:1%	脂肪面積割合	あらさ指数	新細かさ指数
上位 5 頭					
A	136	4.69	7.44	2.60	3.93
B	223	4.66	4.29	5.43	1.23
C	24	4.33	11.75	3.55	10.73
D	108	4.26	13.94	3.42	16.67
E	11	4.05	3.53	2.31	1.02
下位 5 頭					
V	114	0.60	0.84	4.83	5.50
W	78	0.57	2.24	-4.32	-1.51
X	132	-0.85	1.43	2.12	4.53
Y	79	-1.15	-1.29	-9.48	-6.82
Z	16	-1.88	1.16	2.17	3.41

表 5 C18:1%, 脂肪面積割合, あらさ指数および新細かさ指数と各形質との遺伝相関

	C18:1% ± SE	脂肪面積割合 ± SE	あらさ指数 ± SE	新細かさ指数 ± SE
枝肉重量	-0.08 ± 0.11	0.19 ± 0.15	0.34 ± 0.30	0.14 ± 0.14
胸筋面積	0.01 ± 0.01	0.53 ± 0.38	0.44 ± 0.36	0.66 ± 0.36
ばらの厚さ	-0.18 ± 0.23	0.17 ± 0.17	0.26 ± 0.24	0.09 ± 0.10
皮下脂肪の厚さ	0.09 ± 0.10	-0.22 ± 0.29	-0.01 ± 0.02	-0.15 ± 0.20
歩留基準値	-0.07 ± 0.08	0.55 ± 0.40	0.38 ± 0.35	0.59 ± 0.39
BMS	0.22 ± 0.23	0.94 ± 0.12*	0.60 ± 0.35	0.83 ± 0.36*
BCS	-0.10 ± 0.13	-0.36 ± 0.54	-0.24 ± 0.34	-0.41 ± 0.62
脂肪面積割合	0.23 ± 0.23			
あらさ指数	0.10 ± 0.12	0.65 ± 0.32*		
新細かさ指数	0.10 ± 0.12	0.82 ± 0.31*	0.22 ± 0.26	

* $P < 0.05$

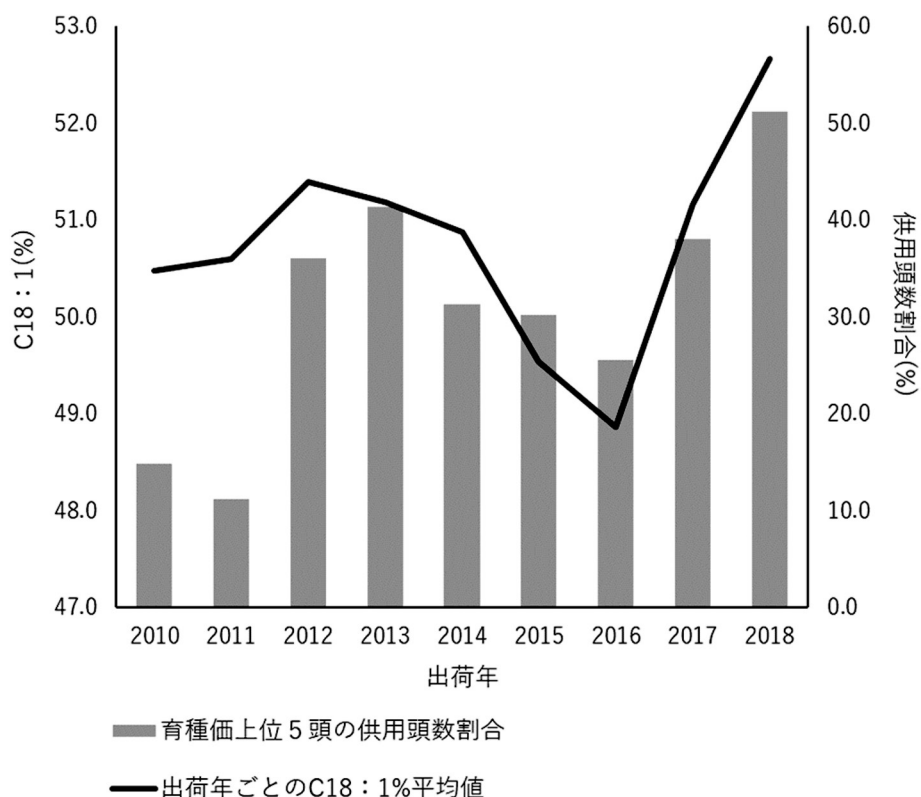


図2 出荷年ごとのC18:1%平均値とC18:1%の育種価上位5頭の供用頭数割合の推移

個体をそれぞれ5頭ずつ示した。最も高い値を示した種雄牛はAであり、C18:1%の育種価が+4.69%となった。これに対して、最も低い育種価を示した種雄牛はXの-1.88%であり、種雄牛間での差が大きかった。

図2に出荷年ごとのC18:1%の平均値とC18:1%の育種価が上位5頭の供用頭数割合の推移を示した。2016年から2018年のC18:1%の上昇は、C18:1%の育種価が上位5頭の種雄牛の供用頭数割合が増加したためと考えられる。

以上の結果から、褐毛和種のC18:1%の遺伝的な改良は、過去の黒毛和種に関する報告と同様に、十分可能であり、脂肪面積割合の上昇および肉質の向上につながると示唆された。Kahira (2007) は褐毛和種において脂肪交雑の改良は枝肉単価の向上につながると報告しており、C18:1%の改良における脂肪面積割合の上昇は褐毛和種の枝肉単価の向上につながると期待される。C18:1%の遺伝的な改良は「いけだ牛」を含む褐毛和種のブランド力向上につながるだろう。

文 献

He ML, Roh SG, Oka H, Hidaka S, Matsunaga N, Hidari H. 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 and Technology (Jpn.) **68**, 838-842.

堀川明彦, 笹木教隆. 2015. 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. 福井県畜産試験場研究報告 **28**, 1.

Inoue K, Shoji N, Honda T, Oyama K. 2017. Genetic relationships between meat quality traits and fatty acid composition in Japanese Black cattle. *Animal Science Journal* **88**, 11-18.

井上慶一, 庄司則章, 小林正人. 2008. 黒毛和種肥育牛の脂肪融点, 脂肪酸組成および格付形質間の遺伝的関係. 日本畜産学会報 **79**, 1-8.

家畜改良センター. 2018. 褐毛和種(熊本系)の遺伝的能力の推移(平成29年度). 家畜改良センター, 福島; Available from URL: http://www.nlbc.go.jp/kachikukairyu/data/pr/kuma_trendH27.pdf

Kahi AK, Oguni T, Sumino Y, Hirooka H. 2007. Genetic relationships between growth and carcass traits and feed efficiency traits and profitability in Japanese Brown cattle. *Journal of Animal Science* **85**, 348-355.

加藤啓介, 前田さくら, 口田圭吾. 2014. 黒毛和種における胸最長筋内脂肪交雑粒子の細かさに関する遺伝的パラメーターの推定. 日本畜産学会報 **85**, 21-26.

口田圭吾, 金井俊男. 2016. 食肉の脂肪交雑の評価方法. 特許6032640.

口田圭吾, 大澤剛史, 堀 武司, 小高仁重, 丸山 新. 2006. 画像解析による牛枝肉横断面の評価とその遺伝性. 動物遺伝育種研究 **34** (2), 45-52.

Kuwata H, Nakahashi Y, Ogata M, Kato K, Kuchida K. 2011. Relationship between percentage of monounsaturated

- fatty acid and slaughter age by breeds of Japanese beef cattle. *The 15th Asian-Australasian Association of Animal Production Societies* Vol. 2, 654.
- 前原正明, 村雨七月, 中橋良信, 日高 智, 加藤貴之, 口田圭吾. 2008. 北海道黒毛和種ロース芯における脂肪酸組成と画像解析形質との関連性. *日本畜産学会報* **79**, 1-8.
- Misztal I, Turuta S, Strabel T, Auvray B, Druet T, Lee D. 2002. BLUPF90 and related programs (BGF90). *Proceeding of the 7th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production*, pp. 19-23. August 2002, Montpellier, France, CD-ROM Communication 28, 07.
- 三橋忠由, 北村 豊, 三津本充, 山下良弘, 小沢 忍. 1988b. 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.
- 三橋忠由, 三津本充, 山下良弘, 小沢 忍. 1988a. 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.
- 村澤七月, 口田圭吾, 中橋良信, 堀 武司, 加藤浩二, 福島道広. 2010. 黒毛和種ロース芯の外側および内側におけるモノ不飽和脂肪酸割合と画像解析形質との関連性. *肉用牛研究会報* **88**, 4-10.
- 長野県. 2009. 「信州プレミアム牛肉」認定要領. 長野県庁, 長野県.
- Nakahashi Y, Maruyama S, Seki S, Hidaka S, Kuchida K. 2008. Relationships between monounsaturated fatty acids of marbling flecks and image analysis traits in longissimus muscle for Japanese Black steers. *Journal of Animal Science* **86**, 3551-3556.
- 中橋良信, 由佐哲郎, 増田 豊, 日高 智, 口田圭吾. 2012. 黒毛和種におけるロース芯内交雑脂肪の脂肪酸組成に関する遺伝的パラメーターの推定. *日本畜産学会報* **83**, 29-34.
- 日本食肉格付協会. 1988. 牛・豚枝肉, 牛・豚部分肉取引規格解説書. pp. 6-29. 日本食肉格付協会, 東京.
- 野儀卓哉. 2006. 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.
- 農林水産省. 2015. 家畜改良増殖目標. 農林水産省, 東京.
- Available from URL : http://www.maff.go.jp/j/chikusan/kikaku/lin/l_hosin/pdf/h27_katiku_mokuhyo.pdf
- 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* **76**, 87-95.
- 岡 章生, 岩木史之, 道後泰治, 太田垣進. 2002. 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.
- 佐久間弘典, 齋藤 薫, 曾和 拓, 浅野早苗, 小平貴都子, 奥村寿章, 山田信一, 河村 正. 2012. 黒毛和種肥育牛の胸最長筋における官能特性に及ぼす粗脂肪含量と脂肪酸組成の影響について. *日本畜産学会報* **83**, 291-299.
- SAS. 2015. *SAS User's guide : Statistic*. Ver 5 edn. pp. 433-506. SAS Institute Inc, Cary, NC.
- 白井達夫, 長嶺慶隆, 安宅 倭, 長野満美子, 池内 豊. 1996. 褐毛和種の枝肉形質における遺伝的パラメーターとその遺伝的趨勢の推定. *日本畜産学会報* **67**, 1095-1100.
- 鈴木啓一, 横田祥子, 塩浦宏陽, 島津朋之, 飯田文子. 2013. 試食パネルによる黒毛和種牛肉の食味性に及ぼす肉質等級, 性と脂肪酸組成の影響の評価. *日本畜産学会報* **84**, 375-382.
- Westering 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.
- 横田祥子, 杉田春奈, 大友良彦, 須田義人, 鈴木啓一. 2011. 黒毛和種牛肉における脂肪組成と枝肉形質および肉質形質との遺伝的關係. *東北畜産学会報* **60**, 80-85.
- Zembayashi M, Nishimura K, Lunt DK and Smith SB. 1995. 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.
- 全国和牛登録協会. 2007. 第9回全国和牛能力共進会. 審査報告. Available from URL : <http://cgi3.zwtk.or.jp/zw9/zenkyo.html#gai>