

同一個体内における筋肉内脂肪及び蓄積脂肪の脂肪酸組成割合の関係

野儀 卓哉、岡垣 敏生

要 約

黒毛和種肥育牛 116 頭の冷と体（と畜後 2～3 日の冷却を経た枝肉）の胸最長筋、胸腹鋸筋・僧帽筋・横隔膜筋・皮下脂肪・腎周囲脂肪 6 部位の MUFA（モノ不飽和脂肪酸：オレイン酸など）割合はそれぞれ 56.6%・62.8%・61.6%・59.4%・64.1%・52.2 % と部位によって違いが見られたものの、同一個体内の部位間相互の MUFA 割合の関係を相関係数で見ると $r=0.34 \sim 0.83$ と 1% 水準で有意な相関がみられた。BMS の判定部位である胸最長筋とその他 5 部位の MUFA 割合の相関係数を筋肉内脂肪（胸腹鋸筋・僧帽筋・横隔膜筋）と蓄積脂肪（皮下脂肪・腎周囲脂肪）で比較すると、筋肉内脂肪の方が蓄積脂肪よりも高い相関係数であった。このことから胸最長筋等の筋肉内脂肪の MUFA 割合を別の部位を用いて推測する場合は、それ以外の筋肉内脂肪の MUFA 割合を用いた方が蓄積脂肪を使うよりも精度が高いことが示唆された。

また、と畜直後の枝肉の部位を使って冷と体の胸最長筋の MUFA 割合が推測可能かどうかについても併せて検討した。その結果、と畜直後の横隔膜筋・棘突間筋・皮下脂肪の MUFA 割合と冷と体の胸最長筋の MUFA 割合の相関係数はそれぞれ 0.76・0.66・0.46 であり、横隔膜筋が最も高い相関を示したことから、と畜直後の横隔膜筋を用いて冷と体の胸最長筋の MUFA 割合を推測することが可能であることが示唆された。

今回の結果は今後の和牛肉の新しい評価基準となるであろう MUFA 割合の評価手法の開発に活用できると思われる。

緒 言

牛肉脂肪中に含まれる一価の不飽和脂肪酸である MUFA 割合が多いと牛肉の食味性が向上することが知られている。各県ではこのことに着目し、自県の和牛改良及び和牛肉のブランド化に向けた研究を行っている。当県でも鳥取和牛肉のブランド化の一端とするためこの研究に取り組み、その第 1 報として、これまで牛肉の脂肪酸組成割合に与える要因として報告されている性²⁾、と畜月齢^{3) 4)}、種雄牛^{4) 5)}を鳥取和牛肉の胸最長筋肉内脂肪用いて確認を行った⁶⁾。しかし、他の報告によれば、牛肉脂肪酸組成割合の研究で使用されている牛肉の部位は胸最長筋などの筋肉内脂肪や皮下脂肪などの蓄積脂肪と、研究者によって様々である。そこで、それら筋肉内脂肪（胸最長筋・胸腹鋸筋・僧帽筋・横隔膜筋）及び蓄積脂肪（皮下脂肪・腎周囲脂肪）相互の MUFA 割合の関係について調査を行った。

また、近年牛肉の食味性の研究がすすむにつれて、生

産者及び消費者は牛肉における MUFA 割合に注目し始めている。しかし、小売等販売時に MUFA 割合および C18:1（オレイン酸）の牛肉への表示は現在行われていない。牛肉の MUFA 割合を迅速・簡便に評価する方法については、光ファイバを用いた推定法などが検討されているが、実用化には至っていない。そこで、と畜直後の枝肉から採取した試料を用い、格付時の胸最長筋肉内脂肪の MUFA 割合の推測可能かどうかについての調査も行った。

材 料 及 び 方 法

筋肉内脂肪及び蓄積脂肪の脂肪酸組成割合は、黒毛和種計 116 頭を供試牛とし、と畜後 2～3 日の冷却を経た枝肉の第 6 - 7 肋間部の胸最長筋肉・胸腹鋸筋・僧帽筋・横隔膜筋・皮下脂肪・腎周囲脂肪を採取し、試料とした。と畜直後の試料の脂肪酸組成割合分析は、と畜後冷却される前の枝肉の横隔膜筋・棘突間筋・皮下脂肪を

結 果

採取した。棘突間筋・皮下脂肪は第6 - 7肋間部に近い位置から採取した。採取した試料は共に分析まで密封、-20 以下で凍結保存した。また、採取した胸最長筋・胸腹鋸筋・僧帽筋・横隔膜筋・棘突間筋内の脂肪を筋肉内脂肪、皮下脂肪・腎周囲脂肪を蓄積脂肪と分類した。本稿では、と畜後2 - 3日の冷却を経て第6 - 7肋間が切開された枝肉を「冷と体」、と畜直後の冷却される前の枝肉を「温と体」とし、その温と体の枝肉から採取した横隔膜筋、棘突間筋、皮下脂肪をそれぞれ「横隔膜筋(温)」「棘突間筋(温)」「皮下脂肪(温)」と表記する。

脂肪酸組成の抽出は既報⁵⁾のとおり、採取し凍結保存した試料約 100mg をクロロホルム：メタノール(2:1)で抽出し、ナトリウムメトキシドメタノールで脂肪酸をメチルエステル化したものをガスクロマトグラフィー(島津 GC-2000)で測定した。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)、マルガリン酸(C17:0)、ヘプタデセン酸(C17:1)、ステアリン酸(C18:0)、オレイン酸(C18:1)、リノール酸(C18:2)、リノレン酸(C18:3)、アラキジン酸(C20:0)とし、これら11種の脂肪酸総量を100としてそれぞれの脂肪酸組成割合を計算した。さらに、二重結合を持たない脂肪酸C14:0、C16:0、C17:0、C18:0、C20:0の総量をSFA(飽和脂肪酸)、C14:1、C16:1、C17:1、C18:1の総量をMUFA(モノ不飽和脂肪酸)、C18:2、C18:3の総量をPUFA(多価不飽和脂肪酸)として計算した。

1 枝肉各部位の脂肪酸組成割合の相互関係

(1) 枝肉各部位の脂肪酸組成割合

116頭(横隔膜筋は71頭)の胸最長筋・胸腹鋸筋・僧帽筋・横隔膜筋・皮下脂肪・腎周囲脂肪の脂肪酸組成割合を分析したところ、部位により脂肪酸割合に違いが見られた(表1)。MUFA 割合は多い順に皮下脂肪・胸腹鋸筋・僧帽筋・横隔膜筋・胸最長筋・腎周囲脂肪であり、それぞれ5%水準で有意な差が認められた。しかし、MUFA 割合の大半を占めるオレイン酸割合を多い順でみると、胸腹鋸筋・横隔膜筋・皮下脂肪・僧帽筋・胸最長筋・腎周囲脂肪と MUFA 割合の序列と異なっていた。脂肪酸の各組成割合は部位によって異なる傾向が見られた。

(2) 各部位間の MUFA 割合の相関関係

胸最長筋・胸腹鋸筋・僧帽筋・横隔膜筋・皮下脂肪・腎周囲脂肪の同一個体内での MUFA 割合の相関関係を確認するために相関係数を計算したところ、 $r = 0.34 \sim 0.83$ とそれぞれ1%水準において有意な正の相関関係が見られた(表2)。また胸最長筋・胸腹鋸筋・横隔膜筋相互の相関係数は高い傾向にあり、それら筋肉と皮下脂肪・腎周囲脂肪との相関係数は低い傾向にあった。

次に、胸最長筋の MUFA 割合とその他5部位との MUFA 割合の相関図を図1に示した。調査頭数の少なかった横隔膜筋を除く胸最長筋の MUFA 割合は、胸腹鋸筋が最も直線上にプロットされた。筋肉内脂肪(胸腹鋸筋・僧帽筋・横隔膜筋)と蓄積脂肪(皮下脂肪・腎周

表1 同一個体枝肉6部位内の各脂肪酸組成割合(横隔膜筋については71頭による平均値)

	胸最長筋	胸腹鋸筋	僧帽筋	横隔膜筋	皮下脂肪	腎周囲脂肪
n	116	116	116	71	116	116
C16:0	27.7 ± 2.5 ^a	23.6 ± 3.1 ^b	26.2 ± 2.4 ^c	23.0 ± 3.1 ^d	24.6 ± 2.3 ^b	23.9 ± 2.8 ^b
C16:1	3.5 ± 0.7 ^a	4.5 ± 0.8 ^b	5.9 ± 1.0 ^c	2.3 ± 0.5 ^d	6.2 ± 1.4 ^c	2.0 ± 0.5 ^e
C18:0	10.3 ± 1.3 ^a	8.4 ± 1.2 ^b	6.8 ± 0.9 ^c	12.7 ± 1.9 ^d	6.0 ± 1.1 ^e	18.9 ± 2.8 ^f
C18:1	51.7 ± 2.9 ^a	56.6 ± 3.4 ^b	53.6 ± 2.9 ^c	55.9 ± 4.1 ^b	55.6 ± 2.7 ^d	49.1 ± 4.4 ^e
MUFA	56.6 ± 3.1 ^a	62.8 ± 3.7 ^b	61.6 ± 3.0 ^c	59.4 ± 4.2 ^d	64.1 ± 2.9 ^b	52.2 ± 4.8 ^e
SFA	40.9 ± 3.0 ^a	34.6 ± 3.7 ^b	35.7 ± 3.0 ^c	37.8 ± 4.1 ^d	33.0 ± 2.9 ^e	45.8 ± 4.8 ^f
PUFA	2.5 ± 0.6 ^a	2.7 ± 0.7 ^b	2.7 ± 0.7 ^b	2.8 ± 0.7 ^c	3.0 ± 0.7 ^d	2.1 ± 0.5 ^e

囲脂肪) に大別して比較した場合、胸最長筋の MUFA 割合の相関関係はそれぞれ $r = 0.67 \sim 0.79$ 、 $r = 0.63$ と、筋肉内脂肪の方が蓄積脂肪より高い相関関係であった。

表 2 各部位間の MUFA 及び C18:1 割合の相関係数

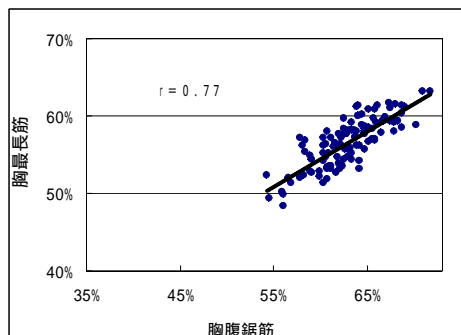
	胸最長筋	胸腹鋸筋	僧帽筋	横隔膜筋	皮下脂肪	腎周囲脂肪
胸最長筋		0.78	0.69	0.71	0.63	0.60
胸腹鋸筋	0.77		0.68	0.83	0.63	0.54
僧帽筋	0.68	0.66		0.71	0.56	0.52
横隔膜筋	0.77	0.83	0.76		0.50	0.45
皮下脂肪	0.40	0.39	0.43	0.34		0.44
腎周囲脂肪	0.63	0.60	0.58	0.58	0.34	

上三角: C18:1

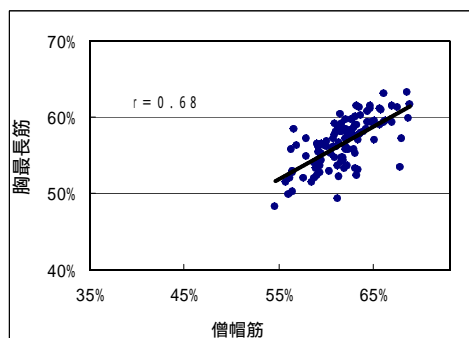
下三角: MUFA割合

図 1 個体別胸最長筋との MUFA 割合相関図

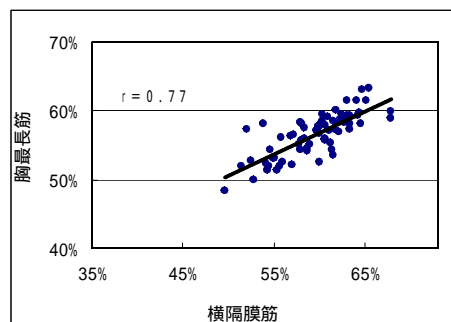
(胸腹鋸筋)



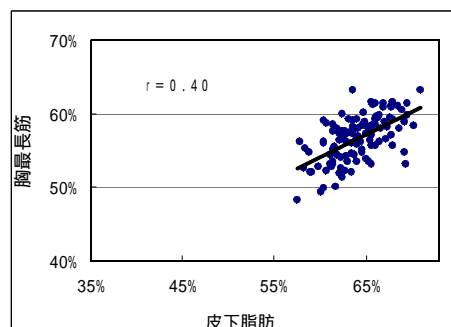
(僧帽筋)



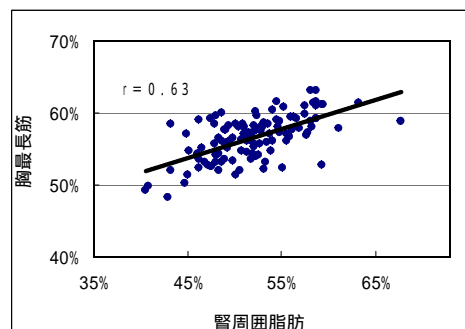
(横隔膜筋)



(皮下脂肪)



(腎周囲脂肪)



2 と畜直後の枝肉から採取した試料による胸最長筋肉内脂肪の脂肪酸組成割合の推測

(1) 横隔膜筋(温)・棘突間筋(温)・皮下脂肪(温)の脂肪酸組成割合

と畜直後の枝肉から採取した試料である横隔膜筋(温)・棘突間筋(温)・皮下脂肪(温)の C18:1 及び MUFA 割合を表 3 のとおり示した。横隔膜筋(温)及び皮下脂肪(温)について、それぞれ表 1 と頭数は異なるものの C18:1 及び MUFA 割合の平均値はほぼ同程度であった。

表3 温と体3部位のC18:1及びMUFA割合 (%)

	横隔膜筋(温)	棘突間筋(温)	皮下脂肪(温)
n	323	212	42
C18:1	54.8 ± 3.8	52.4 ± 3.4	54.1 ± 3.1
MUFA	58.4 ± 3.9	57.3 ± 3.5	64.8 ± 3.6

(2) 温と体と冷と体の脂肪酸組成割合

同一個体内における温と体と冷と体の横隔膜筋及び皮下脂肪の脂肪酸組成の平均値を表4に示した。温と体と冷と体の平均値を比較すると横隔膜筋のC18:1・皮下脂肪のC16:1・皮下脂肪のMUFA割合において1%水準で有意な差が認められた。また、冷と体と温と体の個体ごとのC18:1・MUFA割合の差の頭数分布を図2に示した。横隔膜筋のMUFA割合はC18:1割合の変化に伴い推移しているのに対し、皮下脂肪のMUFA割合はC16:1の変化とともに推移していた。

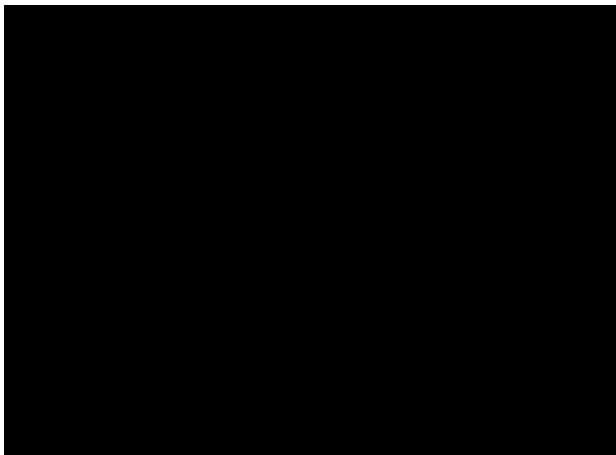
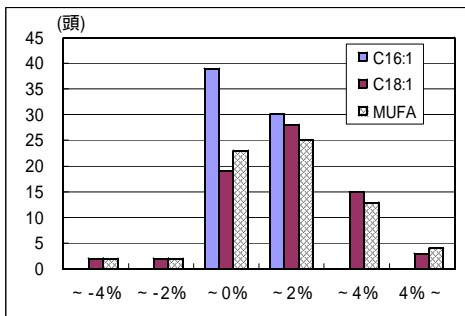
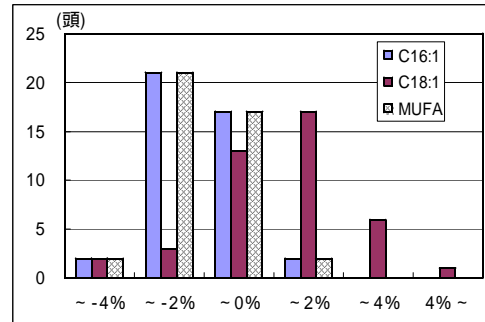


図2 冷と体と温と体の脂肪酸割合の差 (横隔膜筋)



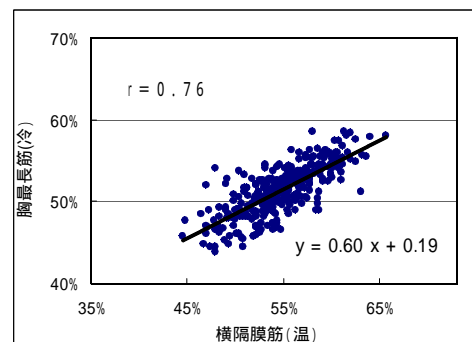
(皮下脂肪)



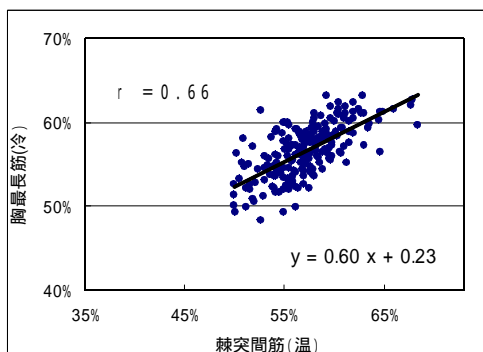
(3) 各部位と胸最長筋肉内脂肪のMUFA割合の推測

各部位と胸最長筋のMUFA割合の相関関係を図3のグラフに示した。相関係数は横隔膜(温)・棘突間筋(温)・皮下脂肪(温)でそれぞれ $r = 0.76 \cdot 0.66 \cdot 0.46$ であった。調査を行った3部位それぞれの頭数は異なるもののそれぞれの散布の様子が相関係数に反映された。と畜直後の試料においても、胸最長筋のMUFA割合を推測する場合、筋肉内脂肪(横隔膜筋・棘突間筋)の方が蓄積脂肪(皮下脂肪)よりも高い精度で推測可能と示唆された。

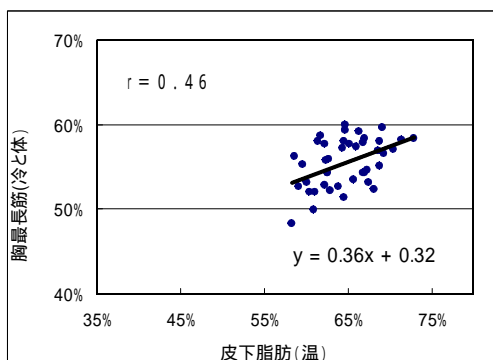
図3 温と体3部位における胸最長筋とのMUFA割合 (横隔膜筋)



(棘突間筋)



(皮下脂肪)



考 察

牛枝肉の胸最長筋、胸腹鋸筋、僧帽筋、横隔膜筋、皮下脂肪、腎周囲脂肪の6部位の脂肪酸組成割合の関係について調査を行ったところ、6部位間のMUFA割合は有意な差であるが、同一個体内の部位間のMUFA割合において1%水準で有意な相関関係が見られた。このことから枝肉から採取した試料のMUFA割合を測定することで、その枝肉全体のMUFA割合の推測が可能であると示唆された。しかし、特に胸最長筋のMUFA割合を推測する場合は、蓄積脂肪(皮下脂肪、腎周囲脂肪)より別の筋肉(胸腹鋸筋・僧帽筋・横隔膜筋)を用いた方が、高い精度で推測できることも併せて示唆された。

また、と畜直後の横隔膜筋(温)・棘突間筋(温)・皮下脂肪(温)による胸最長筋肉内のMUFA割合の推測について調査を行ったところ、と畜直後の試料においても蓄積脂肪(皮下脂肪)より筋肉内脂肪(横隔膜筋・棘突間筋)の方が相関が高く、筋肉内脂肪の中でも横隔膜筋(温)が推定精度が高いことが示唆された。

この横隔膜筋について、横隔膜筋は分析及び胸最長筋のMUFA割合を推測する試料として最適な部位と考えられる。というのは横隔膜筋はと畜処理により切断された筋肉であるため、分析用として肉片を採取しても損傷が目立ちにくい。流通前の枝肉を損傷させるとその後の価格にも大きく影響しかねないため、胸最長筋の肉片採取は困難な場合が多い。今回の横隔膜筋から胸最長筋のMUFA割合を推測する技術を活用すれば枝肉への損傷は最小限に抑えられ、横隔膜筋のMUFA割合だけでなく胸最長筋のMUFA割合を推定することも可能になる。また、横隔膜筋は採取が容易で採取位置を特定しやすい部位である。分析用の試料の採取位置が枝肉や人によって異なれば分析精度低下の原因となるが、横隔膜筋はその危険性が小さい。どの枝肉であっても特定の位置の筋肉を採取することが可能な部位であり、その採取位置は地上1.5m程度の高さで採取も容易である。さらに、横隔膜筋は筋肉のみを確実に採取できる部位である。横隔膜筋はと畜処理により切断されており、筋肉とその周囲に付着した脂肪との区別が容易となっている。これが同じ筋肉内脂肪である棘突間筋と比較して胸最長筋とのMUFA割合の高い相関係数を示した結果と考えられる。つまり、棘突間筋は横隔膜筋と異なり、と畜により筋肉が切断されていないため棘突間筋のMUFA割合は付着脂肪のMUFA割合の影響を受け、棘突間筋と胸最長筋のMUFA割合との相関が横隔膜筋と胸最長筋との相関に及ばなかったものと考えられる。以上のことから、横隔膜筋は胸最長筋や枝肉全体のMUFA割合を推測する部位として最適であるということだけでなく、MUFA割合の分析・推測用試料としても最適であると考えられる。

また、同一個体のと畜直後の横隔膜筋(温)・皮下脂肪(温)と冷却後の横隔膜筋・皮下脂肪のMUFA割合及びC18:1割合の分析を行ったところ、横隔膜筋のC18:1割合は冷と体の方が温と体と比較して有意に高い結果であった。ただし、表4より調査牛の1/3でC18:1割合が冷と体の方が低いことから、単に2~3日間の冷却により不飽和化が進んだとは考えにくい。このことについては、今後採取方法やと畜処理による影響も視野に入れ引き続き調査を行う。

ガスクロマトグラフを用いた牛肉の脂肪酸分析はあら

ゆる脂肪酸分析機器の中で分析精度が高い反面、分析時間がかかるという欠点がある。そのため枝肉切開時に採取・分析した試料では、枝肉格付け時にその枝肉の脂肪酸組成割合の評価値を得ることは困難である。しかし、通常と畜から枝肉切開・格付けには1～3日間の冷却期間を設ける。今回と畜直後の横隔膜筋を採取し、そのMUFA割合から胸最長筋肉内や枝肉全体のMUFA割合を推測する手法を用いれば、ガスクロマトグラフを用いたMUFA割合の推測値を枝肉格付け時に得ることが可能となる。現在、脂肪交雑だけでなく和牛肉のおいしさを求める消費者の声が強くなってきている。今回の結果は枝肉格付け時にMUFA割合の予測数値を提示できることで脂肪交雑だけでなく、和牛肉の新しい評価基準を提示することが可能である点で今後活用可能な技術である。こうした研究が進み、枝肉格付け時のMUFA割合の評価値が牛肉への表示へとつながれば消費者への牛肉購入の際の選択肢も広がるものと考えられる。

謝 辞

今回の研究の際し、牛枝肉からのサンプル収集等に御協力頂いたJ A全農ミートフーズ株式会社鳥取営業所、鳥取県食肉衛生検査所の方々に深謝いたします。

参 考 文 献

- 1) Mandell I B ,Effects of forage vs grain feeding on carcass characteristics, fatty acid composition, and beef quality in Limousin-cross steers when time on feed is controlled , J. Anim. Sci. 76 , 2619-2630(1998)
- 2) Zembayashi M ,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)
- 3) 三橋忠由ら , 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, 43-51(1988)
- 4) 西田茂ら , 種雄牛と出荷月齢が肥育牛の脂肪酸組成に及ぼす影響 , 宮城県畜産試験場研究報告 , 41-48 (1994)
- 5) Oka A , Genetic effects on fatty acid composition of carcass fat of Japanese Black Wagyu steers , J. Anim. Sci. 80, 1005-1011(2002)
- 6) 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),鳥取県畜産試験場報告, 34, 11-14(2006)