

黒毛和牛骨格筋における筋繊維型構成と骨格筋内脂肪含量の関係に関する研究

衛藤, 哲次
九州大学農学部附属農場高原農業実験実習場

篠原, 孝明
グリコ栄養食品株式会社

文田, 登美子
九州大学大学院生物資源環境科学府農業生産生態学講座

川畑, 建次
鹿児島県畜産試験場

他

<https://doi.org/10.15017/14329>

出版情報 : 九州大学農学部農場研究報告. 11, pp.51-55, 2003-03-27. University Farm, Kyushu University

バージョン :

権利関係 :

黒毛和牛骨格筋における筋線維型構成と骨格筋内脂肪含量 の関係に関する研究

衛藤哲次 **・篠原孝明 *****・文田登美子 ***・川畑健次 ****・阪下邦仁 *****・

大園正陽 ****・岩元久雄 *・後藤貴文

**九州大学農学部附属農場 高原農業実験実習場

***九州大学大学院生物資源環境科学府農業生産生態学講座

****鹿児島県畜産試験場

*九州大学大学院農学研究院動物資源科学部門家畜生体機構学講座

九州大学大学院農学研究院植物資源科学部門農業生産生態学講座

*****グリコ栄養食品株式会社

要約 黒毛和牛骨格筋における筋線維型構成と骨格筋内脂肪含量の関係について検討した。26-29ヵ月齢まで肥育された黒毛和牛より屠殺後、食肉生産上、重要な骨格筋である胸最長筋、大腿二頭筋、半膜様筋、半腱様筋、外側広筋、胸腹鋸筋および大腿直筋を摘出した。酵素組織化学的方法により筋線維をI型、IIA型およびIIB型筋線維に分類し (Brooke and Kaiser,1970)、筋線維型構成の算出を行った。またソックスレイ法によりそれぞれの骨格筋内の脂肪含量割合を測定した。黒毛和牛骨格筋の筋線維型構成に関して、骨格筋の種類により割合が異なった。すなわちI型筋線維を多く持つ胸腹鋸筋(61.7%)、胸最長筋(45.8%)、大腿二頭筋上部(52%)、中程度持つ外側広筋(30.0%)、大腿二頭筋下部(32.6%)、およびI型筋線維がさらに少ない半腱様筋(24.6%)、半膜様筋(26.4%)、大腿直筋(23.3%)に分類された。一方、II型筋線維はI型筋線維と逆の傾向を示しその傾向はIIA型筋線維の変化というよりはIIB型筋線維の変化として現れた。各骨格筋内の脂肪含量割合も骨格筋間で著しい差異が認められた。胸腹鋸筋は57.4%と最も大きく、以下胸最長筋27.9%、大腿二頭筋上部22.8%、大腿直筋15.7%、大腿二頭筋下部13.5%、外側広筋12.2%、半膜様筋10.6%、および半腱様筋10.4%の順で減少した。筋線維型構成割合と骨格筋内脂肪含量割合の相関関係を見ると、I型筋線維の割合とは正の、逆にIIA型およびIIB型筋線維の割合とは負の有意な相関関係が認められた。本研究より黒毛和牛去勢肥育牛において、骨格筋の種類により骨格筋内に蓄積される脂肪含量割合は著しく異なり、それは筋線維型構成と密接に関係していることが明らかになった。

緒言

骨格筋を構成する筋線維にはおもにI型、IIA型およびIIB型筋線維の3型があり、I型筋線維はおもに脂肪をエネルギー源として酸化代謝を行い、その筋原線維はslow-myosin分子を持っている(Staron and Hikida, 1992)。したがって、I型筋線維は、収縮は遅いけれども持久的な運動を行うことができる。この型の筋線維は、黒毛和牛のおもな骨格筋すべてに存在していたが、その割合は骨格筋の種類あるいはその部位間で種々の割合を示した(Iwamoto *et al.*,1991; Gotoh *et al.*1994,1995, 1999a,1999b)。IIB型筋線維はおもにグリコーゲンをエネルギーとして嫌氣的代謝を行い、その筋原線維はfast-myosin分子をおもに持っている(Manabe *et al.* 1995, 1996a,1996b, 1998, 2001;Staron and Hikida, 1992)。IIA型筋線維は両方の代謝系を備えているが、IIB型筋線維よりも酸化的なエネルギー代謝系が発達しており、この筋原線維もfast-myosin分子をおもに持っている。黒毛和牛では骨格筋の種類によって筋線維型構成が著しく異なることが報告されている(Iwamoto *et al.*,1991; Gotoh *et al.*1994,1995, 1999a,1999b)。

骨格筋内の脂肪蓄積量は、肉質の評価の重要な要因の一つであり、また、牛肉の旨味を演出する重要な要因でもある。Moody *et al.*(1980)はヒツジを用いてI型筋線維の直径は骨格筋内の脂肪含量と有意な相関関係があることを報告した。またCalkins *et al.*(1981)はウシの赤色筋線維(I型+IIA型筋線維)の割合と骨格筋内の脂肪交雑度に正の相関関係があることを示した。以上のような筋線維型構成と骨格筋内の脂肪含量に関する研究は報告されているが、骨格筋の種類によって筋線維型構成と骨格筋内脂肪蓄積量が如何なる関係にあるのかは明らかではない。本研究では、黒毛和牛における種々の骨格筋の筋線維型構成と骨格筋内脂肪含量との関係について比較検討した。

材料および方法

骨格筋の筋線維型構成：供試牛は、黒毛和牛去勢雄12頭を用いた。これらの牛は濃厚飼料を主体に給与し、29ヵ月齢まで肥育された。肥育終了後、屠殺解体し骨格筋サンプルが採取された。材料に用いた骨格筋は、食肉生産上、重要な胸最長筋、大腿二頭筋、半膜様筋、

半腱様筋, 外側広筋, 胸腹鋸筋および大腿直筋の7種類であった。大腿二頭筋については上部(近位部)と下部(遠位部)で骨格筋の機能が違うためそれらの2部位からサンプルを採取した。

それぞれの骨格筋より抽出したサンプルは, ドライアイス-イソペンタン中で凍結し, クリオスタットを用いて厚さ 10 μ m の連続凍結切片を作製した。酵素組織化学的方法により酸 (pH4.3) およびアルカリ (pH10.5) 前処理ミオシン ATPase 活性および NADH 脱水素酵素活性を検出し, 筋線維を I 型, II A 型および II B 型筋線維に分類し (Brooke and Kaiser,1970), 筋線維型構成

の算出を行った (図1)。

骨格筋内の脂肪含量割合: 供試牛は, 鹿児島県畜産試験場で26ヵ月齢まで肥育された黒毛和牛去勢雄14頭を用いた。これらの牛も濃厚飼料を主体に給与したもので, 供試牛から同様の骨格筋よりサンプルを採取し, ソックスレイ法により骨格筋内の脂肪含量割合を測定した。

結果および考察

骨格筋の筋線維型構成

黒毛和牛骨格筋の筋線維型構成に関して, 骨格筋の

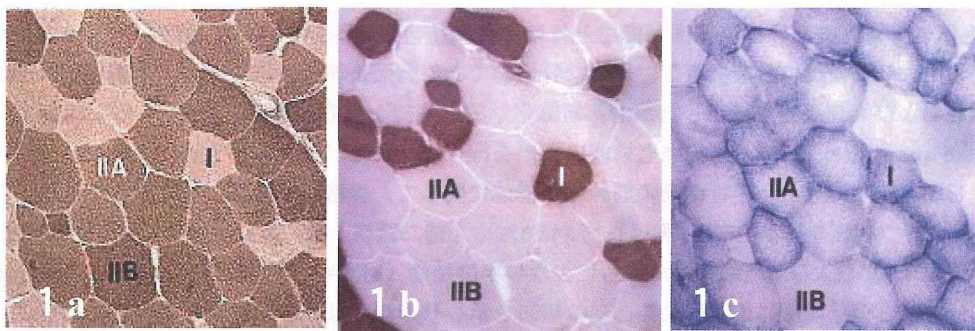


Figure 1. Enzyme activities on the serial transverse sections of *M.biceps femoris* pars cranialis in Japanese Black steer. $\times 185$. I, IIA and IIB indicate the type I, IIA and IIB fibers, respectively. 1a: ATPase activity after preincubation at pH 10.5. 1b: ATPase activity after preincubation at pH 4.3. 1c: NADH-dehydrogenase activity.

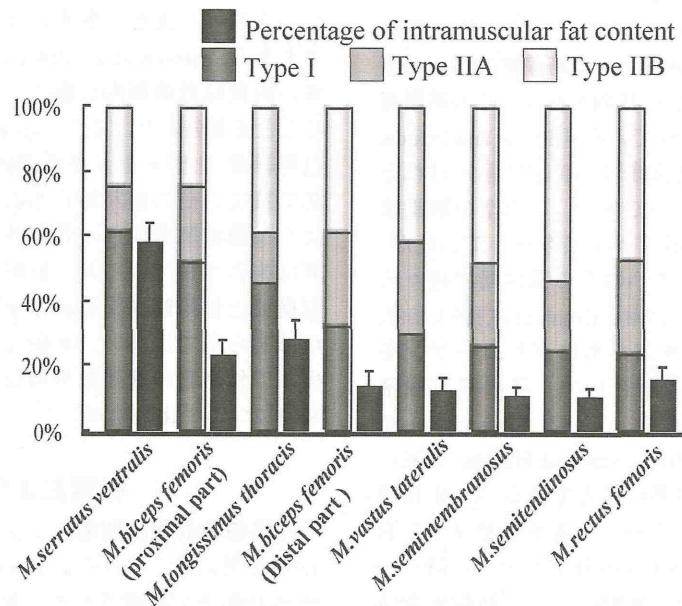


Figure 2. Myofiber type composition and percentage of intramuscular fat content in 7 muscles (8 parts) of muscles in Japanese Black steers.

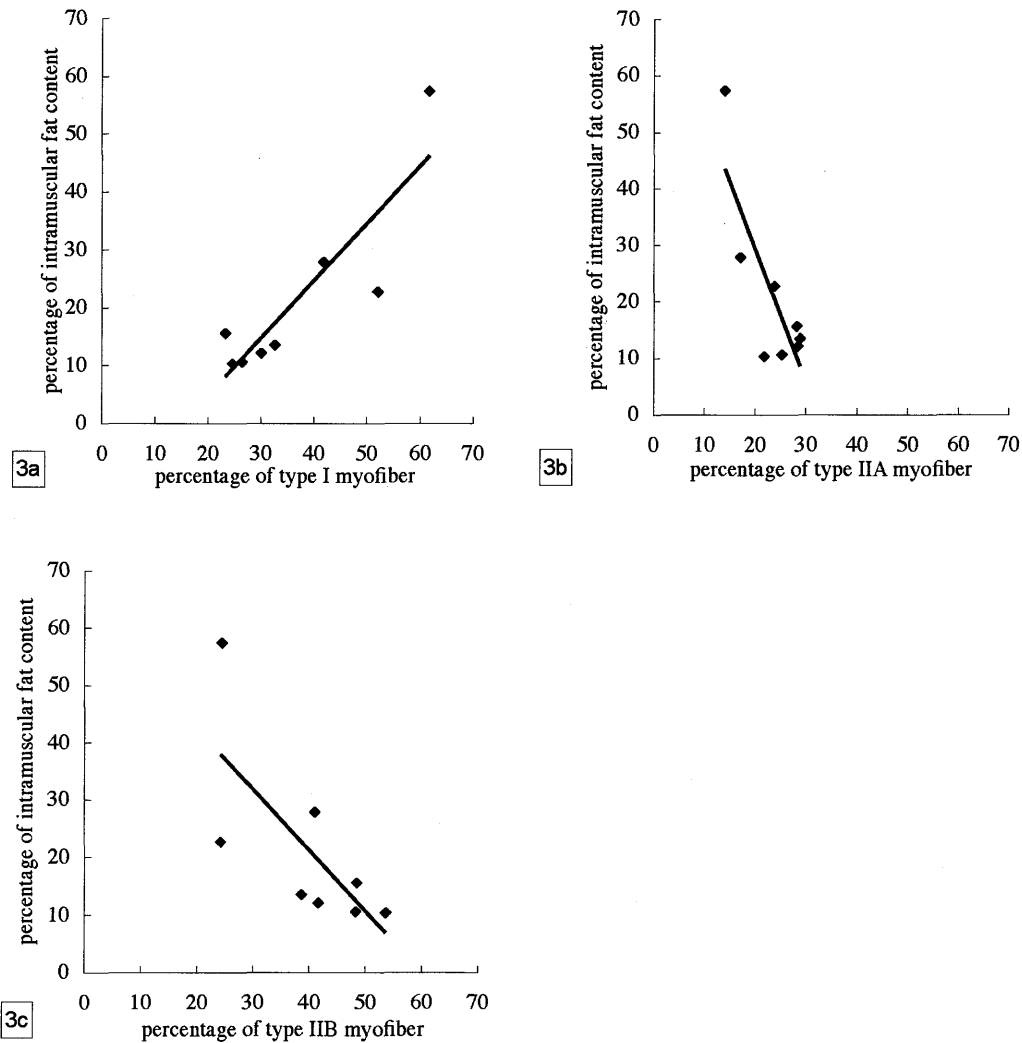


Figure 3. Correlation between percentage of each type myofiber and intramuscular fat content in 7 muscles (8parts) in Japanese Black steers. 3a: Correlation percentage of type I myofiber and intramuscular fat content. $Y = 0.9936X - 15.038$, $R^2 = 0.7745$ ($p < 0.005$). 3b: Correlation between percentage of type IIA myofiber and intramuscular fat content. $Y = -2.354X + 76.433$, $R^2 = 0.6667$ ($p < 0.05$). 3c: Correlation between percentage of type IIB myofiber and intramuscular fat content. $Y = -1.054X + 63.477$, $R^2 = 0.521$ ($p < 0.05$).

種類により割合が異なった。すなわち I 型筋線維を多く持つ胸腹鋸筋 (61.7%)、胸最長筋 (45.8%)、大腿二頭筋上部 (52%)、中程度持つ外側広筋 (30.0%)、大腿二頭筋下部 (32.6%)、および I 型筋線維がさらに少ない半腱様筋 (24.6%)、半膜様筋 (26.4%)、大腿直筋 (23.3%) に分類された (図 2)。一方、II 型筋線維は I 型筋線維と逆の傾向を示し、その傾向は II A 型筋線維の変化というよりは II B 型筋線維の変化として現れた。

骨格筋の筋線維型構成は骨格筋の機能と密接に関係している。本研究の肥育終了時の筋線維型構成は Gotoh *et al.* (1999) の黒毛和種若齢去勢牛 (11 カ月齢) における筋線維型構成と比較して異なっていた。胸腹鋸筋と半膜様筋では成長に伴って I 型、II B 筋線維の割合の増

加および II A 型筋線維の割合の減少が認められた。半腱様筋では逆の傾向が観察された。大腿直筋では I 型筋線維の割合に変化は見られなかったが、II A 型筋線維の減少と II B 型筋線維の増加が認められた。これらのことから成長に伴って筋線維型構成は変化し、そのパターンは骨格筋の種類によって異なることが示唆された。

骨格筋内の脂肪含量割合

各骨格筋内の脂肪含量割合は骨格筋間で著しい差異が認められた。胸腹鋸筋は 57.4% と最も大きく、以下胸最長筋 27.9%、大腿二頭筋上部 22.8%、大腿直筋 15.7%、大腿二頭筋下部 13.5%、外側広筋 12.2%、半膜様筋 10.6%、および半腱様筋 10.4% の順で減少した。

筋線維型構成割合と骨格筋内脂肪含量割合の相関関係を見ると、I型筋線維の割合とは正の、逆にII A型およびII B型筋線維の割合とは負の有意な相関関係が認められた(図3)。

牛では豚や羊と異なって筋束間の血管は細血管のまま筋束の中央に進入し、発育途上で栄養分の吸収が器官形成に必要な量を超えると、脂肪組織がこの細血管の周囲に形成される(Hoshino *et al.*, 1987; 星野, 1990)。I型筋線維は脂肪をエネルギーとして酸化的な代謝を行う筋線維であるため嫌氣的なエネルギー代謝を行うII B型筋線維に比較して筋線維周囲に多くの毛細血管が分布している。そのため栄養の供給も盛んに行われることが推測される。多くの毛細血管に取り囲まれたI型筋線維の割合が多いことが結果として骨格筋内の血管ネットワークを密に構築させ細血管の分布も細密に構築されていることが推察される。星野らの報告と関連して、このような筋線維型構成の差異による骨格筋全体としての脈管ネットワークの差異がそれぞれの骨格筋内の脂肪組織形成と深く関係している。しかし、今後のさらなる詳細な検討が必要である。

本研究より黒毛和牛去勢肥育牛において、骨格筋の種類により骨格筋内に蓄積される脂肪含量割合は著しく異なり、それは筋線維型構成と密接に関係していることが明らかになった。

参考文献

- 1) Brooke M H, Kaiser K K. Muscle fibre types: how many and what kind? Archives of Neurology, 23: 369-379. 1970.
- 2) Calkins CR, Dutsum TR, Smith ZL, Carpenter, Davies GW. Relationship of fiber type composition to marbling and tenderness of bovine muscle. Journal of Food Science 46: 708-710. 1981.
- 3) Gotoh T, Iwamoto H, Ono Y, Nishimura S, Matsuo K, Nakanishi Y, Umetsu R, Takahara H. Comparative study on the regional composition of fiber types in *M. longissimus thoracis* with different marbling scores for Japanese Black steers. Animal Science and Technology, 65: 454-463. 1994.
- 4) Gotoh T, Iwamoto H, Ono Y, Nishimura S, Shigematsu I, Nakanishi Y, Umetsu R, Takahara H. Comparative study on the regional composition of fiber types in the cranial portion of *M. biceps femoris* in Japanese Black steers. Animal Science and Technology, 66: 62-71. 1995.
- 5) Gotoh T, Iwamoto H, Nakanishi Y, Umetsu R, Ono Y. Histochemical properties of skeletal muscles in different body parts of young Japanese Black steers. Animal Science Journal 70(6): 499-511. 1999.
- 6) Gotoh T, Iwamoto H, Nakanishi Y, Umetsu R, Ono Y. Myofiber type distribution in the cranial portion of *M. biceps femoris* from Japanese Black steers. Animal Science Journal, 70(6): 512-520. 1999.
- 7) Hoshino T, Nitsuma S and Tamate H. The structure of the muscle bundles as organized unit in the muscle tissues of the cattles. Japanese Journal of Zootechnology Science 58: 817-826. 1987.
- 8) 星野忠彦. 畜産のための形態学. 川島書店, 東京 1990.
- 9) Iwamoto H, Ono Y, Gotoh T, Nishimura S, Nakanishi Y, Umetsu R, Takahara H. Comparative studies on the composition of muscle fiber types in Japanese Black, Japanese Brown and Holstein steers. Animal Science and Technology, 62: 674-682. 1991.
- 10) Manabe N, Azuma Y, Furuya Y, Kuramitsu K, Nagano N and Miyamoto H. Immunohistochemical microquantification of fast-myosin in frozen histological sections of mammalian skeletal muscles. Journal of Animal Science 73: 88-95. 1995.
- 11) Manabe N, Azuma Y, Furuya Y, Kuramitsu K, Kuribayashi Y, Nagano N, Miyamoto H. Immunohistochemical quantification of fast-myosin in frozen histological sections of the goat limb muscles. Animal Science 62: 325-335. 1996.
- 12) Manabe N, Kuribayashi Y, Miyamoto M, Kuramitsu K, Azuma Y, Furuya Y, Nagano, N, Miyamoto H. Immunohistochemistry quantification of fast-myosin in frozen histological sections of goat hind limb muscles. Animal Science and Technology, 67: 338-352. 1996.
- 13) Manabe N. Histochemical and Structure-Biological Quantification of Muscle Physiological Properties. Animal Science and Technology 69: 815-833. 1998.
- 14) Manabe N, Irie M, Mitsumoto M, Furuya Y, Yamaguchi M and Miyamoto H. Immunohistochemical quantification of fast-myosin in upper hind limb muscles of the pig. Animal Science Journal 72:154-163. 2001.
- 15) Moody, WG, KD Kemp, M.Mahyuddin, DM Johnston and DG Ely. Effect of feeding systems, slaughter weight and sex on hisological properties of lamb carcass. Journal of Animal Science 50:249-256. 1980.
- 16) Staron RS, Hikida RS. Histochemical, biochemical and ultrastructural analysis of single human muscle fibers, with special reference to the C-fiber population. Journal of Histochemistry & Cytochemistry 40: 563-568. 1992.

Interrelationship between myofiber type composition and intramuscular-fat content in muscles of Japanese Black cattle

Tetsuji Etoh**, Taka-aki Shinohara****, Tomiko Fumita***, Kenji Kawabata****,
Kunihito Sakashita***, Masakiyo Ozono****, Hisao Iwamoto*, Takafumi Gotoh

**Kuju Agricultural Research Center, Kyushu University

***Laboratory of Agricultural Ecology, Graduate School of Agriculture, Kyushu University

****Div. Beef Cattle Management, Kagoshima Prefectural Livestock Experiment Station

*****Glico Foods Co, Ltd.

Laboratory of Agricultural Ecology, Department of Plant Resources, Faculty of Agriculture, Kyushu University

*Laboratory of Functional Anatomy, Department of Animal Resources, Faculty of Agriculture, Kyushu University

The interrelationship between myofiber type composition and intramuscular-fat content was investigated in muscles of Japanese Black cattle. The cattle were mainly fed with concentrate and slaughtered at 26-29 mo of age. After slaughter, *M.longissimus thoracis*, *M.biceps femoris*, *M.semimembranosus*, *M.semitendinosus*, *M.vastus lateralis*, *M.serratus ventralis* and *M.rectus femoris* were removed from each carcass. Myofibers were enzyme-histochemically classified into type I, IIA and IIB myofibers according to the nomenclature of Brooke and Kaiser(1970). The percentage of intramuscular-fat content in each muscle was measured with Soxhlet method. In these muscles, the percentage of each type myofiber was related significantly to the percentage of intramuscular-fat content of each muscle at 26-29 mo of age. Correlation coefficient between the percentage of Type I myofiber and intramuscular-fat content was positive significant ($p<0.005$). Conversely, correlation coefficient between the percentages of type IIA, IIB myofiber and intramuscular-fat content was negative significant ($p<0.05$). These results indicated that the percentage of Type I myofiber was significantly related to the accumulation of intramuscular-fat in the muscles of Japanese Black cattle.