

機能性成分を生かしたジャージー生産物の付加価値向上技術の開発

平田祐介・河原貴裕*・栗木隆吉

Development of additional value improvement technology of jersey product that makes the best use of functionality element

Yuusuke HIRATA, Takahiro KAWAHARA and Takayoshi KURIKI

要 約

ジャージー牛肉に含まれる特長的な成分に着目し、他品種の牛と比較してジャージー牛肉の付加価値向上につながるか検討した。

特長的成分としてL-カルニチンとヘマチンを測定し、品種や飼育形態による差を比較した。

L-カルニチン含量は、ジャージー種経産牛がジャージー種去勢肥育牛、ホルスタイン種去勢肥育牛、黒毛和種雌肥育牛に比べて有意に低く ($p < 0.01$)、経産牛の肉でL-カルニチン含量を高めるには、と殺前の飼ひ直し期間が重要と思われた。

ヘマチン含量においては、ジャージー種が高く、特にジャージー種去勢肥育牛はホルスタイン種去勢肥育牛、黒毛和種雌肥育牛に比べて有意に高く ($p < 0.01$)、ジャージー種経産牛においても黒毛和種雌肥育牛に比べて有意に高く ($p < 0.05$)、ヘマチン含量が多いことがジャージー牛肉の特長であることが確認された。

ヘマチン含量は貧血予防効果のあるヘム鉄の含量を示しており、ジャージー牛肉は他の品種の牛肉よりも貧血予防効果が高いと推察された。

キーワード：ジャージー 生産物 乳酸菌 機能性

緒 言

岡山県の蒜山地域はジャージー牛の飼養頭数が日本一で、ヨーグルトやチーズなど乳製品の加工も盛んである。ジャージー牛の乳は乳脂肪、無脂固形分が高いことが特長として知られており、ホルスタイン牛の乳とは差別化されている。

また、ジャージー牛は食肉としての利用も進んでおり、地元の蒜山酪農業協同組合により精肉やソーセージ等の加工品として販売されているが、乳のように他の品種と差別化されていない。

逆にジャージー種経産牛肉の特徴として、赤身部分の色が濃いこと、脂肪部分が黄色味を帯びていることが肉としての評価を低くし、消費者の購買意欲を低下させる要素となっている。そのため、蒜山酪農業協同組合で1年間に処理される約200頭のうち、経産牛は2割程度であり、肉資源として有効に活用されているとは言い難い。

一方では、ジャージー種経産牛肉は、加熱保水力が高く、不飽和脂肪酸含量が多いことから、おいしいと言われる特質を持つと報告されている¹⁾。また赤身部分の色の濃さは肉色素含量が高いため

¹⁾であるが、このことは鉄欠乏性貧血予防効果のあるヘム鉄を多く含むことを意味している。肉色素中のヘム鉄は腸管での吸収率が20%以上で野菜類に含まれる非ヘム鉄の約5%に比べ、効率的に吸収されることから、鉄欠乏性貧血予防効果が高いと言われている²⁾。

更に脂肪部分の黄色味は、 β -カロテン含量が高いためである。ジャージー牛は β -カロテンを摂取後、ビタミンAに転換する率が低いため³⁾、体内の β -カロテン濃度が高くなり脂肪部分が黄色味を帯びている。 β -カロテンは、体内で発生する活性酸素を抑える働きがあり、脂溶性なので脂質と一緒に食べることで吸収率がアップすると言われている²⁾。

このように、肉としての評価を下げる要素は、食品の機能性の観点からすると鉄欠乏性貧血予防効果や抗酸化効果の期待できる成分であると言える。

この他にもさまざまな機能性成分が報告されているが、常石らは黒毛和種の放牧繁殖牛の肉には体脂肪燃焼作用を持つL-カルニチン等の機能性成分が豊富に含まれると報告している⁴⁾。L-カ

ルニチンは、アミノ酸のL-リジンとL-メチオニンを原料として肝臓や腎臓で合成される機能性ペプチドで、特に反芻動物である牛や羊で合成能力が高く、その肉中に多く含まれている。L-カルニチンは2002年12月より食品としての利用が認められたことから、体脂肪燃焼効果を期待するダイエット食品として注目されている⁵⁾。

そこで経産牛を肉資源として付加価値を付けて有効に活用するために、ジャージー種経産牛の肉に含まれるL-カルニチンとヘム鉄を測定し、品種や飼育形態による比較を行った。

方 法

1 対象牛肉

本試験に用いたジャージー牛肉は蒜山地域で飼育された経産牛と去勢肥育牛の肉を蒜山酪農業協同組合から、ホルスタイン牛肉は国内で飼育された経産牛と去勢肥育牛の肉をオカラクミート株式会社から、黒毛和種牛肉は県内で飼育された雌肥育牛の肉を全農ミートセンターから入手した。

部位は、ソーセージ等の加工品によく使われる脂肪が少なく肉色の濃い「かた」部分の棘上筋と「そともも」部分の大腿二頭筋とした。

平均月齢はジャージー経産牛で86.7か月、ホルスタイン経産牛で71.4か月、ジャージー去勢肥育牛で30.8か月、ホルスタイン去勢肥育牛で21.7か月、黒毛和種雌肥育牛で29.4か月であった。

[表1]

2 カルニチンの定量

カルニチン含量は、酵素法（ロシュ・ダイアグノスティックス社カルニチン測定キット）に

表1 分析に供した牛肉の概要

品種	供試牛	供試数	月 齢
ジャージー種	経産牛	4	86.7±29.8
	去勢肥育牛	5	30.8±1.1
ホルスタイン種	経産牛	5	71.4±26.6
	去勢肥育牛	5	21.7±2.5
黒毛和種	雌肥育牛	3	29.4±0.9

平均値±標準偏差

結果および考察

1 カルニチン含量

(1) 部位別

渡辺の報告⁶⁾によると酸化型筋線維（I + II

より測定した。

遊離型カルニチンの測定は、肉1グラムに蒸留水30mlを加えてホモジナイズし、5分間振とうした後、1M過塩素酸溶液を3ml加えて、さらに5分間振とうした後、遠心分離(4,000rpm、5min)して得た上清液を1.5Mリン酸三カリウム溶液でpH7.5に調整し、蒸留水で100mlにメスアップし、定量ろ紙No.5Aでろ過したものから10mlをさらに遠心分離(10,000rpm、7min)を行い、上清液を試料とし340nmの吸光度を測定した。

総カルニチンの測定は、肉0.5グラムあたり3mlの2N水酸化カリウムを加え、50℃で120分間の加熱分解により結合型カルニチンを遊離型カルニチンに変換した後、蒸留水20mlと1M過塩素酸溶液8mlを加えて酸性にし、遠心分離(4,000rpm、5min)して得られた上清液を試料とし340nmの吸光度を測定した。

結合型カルニチンは、測定した総カルニチン値から遊離型カルニチン値を減じた値とした。

3 ヘム鉄の定量

Hornseyの変法によりヘマチン量を次のとおり測定した。肉5グラムに、-30℃に冷却したアセトン：蒸留水：塩酸(40:2:1 V/V)溶剤を15ml加え、よく混合して4℃で1時間放置した後、25mlメスフラスコにろ過(定量ろ紙No.5A)し、溶剤を加えて25mlにメスアップしたものを測定サンプルとし、512nmの吸光度を測定し、次式を用いて計算した。

ヘマチン量(ppm) = 332.72 × 512nmの吸光度

A型)の割合が高いとカルニチン含量が高くなる傾向があるとされている。その他にも変動要因として運動負荷や栄養状態⁶⁾、月齢^{7, 8)}など挙げられている。

表2 棘上筋におけるカルニチン含量 (mg/100g)

区 分		n	総カルニチン	遊離型カルニチン	結合型カルニチン
			**	*	ns
ジャージー種	経産牛	4	62.8±7.2 ^a	34.3±4.8 ^a	28.5±2.6
	去勢肥育牛	5	108.6±9.2 ^b	74.4±5.3 ^b	34.2±7.7
ホルスタイン種	経産牛	5	82.2±10.0	43.8±7.8 ^{a c}	38.5±7.2
	去勢肥育牛	5	109.5±9.8 ^b	72.7±10.5 ^{b c}	36.8±3.7
黒毛和種	雌肥育牛	3	100.4±4.1 ^b	66.6±3.5 ^{b c}	33.8±4.3
棘上筋	平均	22	93.4±5.4	58.7±4.7	34.7±2.5
平均値±標準誤差			ns:有意差なし(p>0.05)	* p<0.05	** p<0.01

異なる符号間で有意差有り

表3 大腿二頭筋におけるカルニチン含量 (mg/100g)

区 分		n	総カルニチン	遊離型カルニチン	結合型カルニチン
			*	**	ns
ジャージー種	経産牛	4	58.6±2.9 ^a	32.6±2.3 ^a	26.0±3.9
	去勢肥育牛	5	104.0±14.0 ^b	61.6±5.3 ^b	42.5±8.9
ホルスタイン種	経産牛	5	70.5±4.3	33.1±3.3 ^{a c}	37.4±5.8
	去勢肥育牛	5	90.3±9.6 ^b	48.1±1.6 ^b	42.3±8.1
黒毛和種	雌肥育牛	3	84.7±4.7 ^b	55.1±1.4 ^b	29.6±3.5
大腿二頭筋	平均	22	82.4±5.6	45.9±2.9	36.5±3.2
平均値±標準誤差			ns:有意差なし(p>0.05)	* p<0.05	** p<0.01

異なる符号間で有意差有り

本試験に用いた棘上筋と大腿二頭筋はいずれも酸化型筋線維の割合が高い部位であるが、ジャージー去勢肥育牛とホルスタイン去勢肥育牛の結合型カルニチン含量を除いて棘上筋のほうが総カルニチン含量、遊離型カルニチン含量が高い結果となった。この違いは肩部と腿部の運動負荷や酸化型筋線維の割合の違いによるものと推察された。

結合型カルニチン含量の差に有意差はなく、総カルニチン含量の差は遊離型カルニチン含量の差によるものだった。

大腿二頭筋で肥育牛のなかでも去勢肥育牛の結合型カルニチン含量が高かったことは、雌雄による筋肉の形態学的な違い⁹⁾が影響していると推察された。

[表2] [表3]

(2) 品種、飼育形態別

ア 総カルニチン含量

ジャージー経産牛が最も低く、次いでホルスタイン経産牛と経産牛が低い結果となった。

肥育牛では、黒毛和種雌肥育牛が低く、去勢肥育牛が高い結果となった。肥育期間の飼料等の条件が異なるため正確とは言えないが、品種あるいは性別が総カルニチン

含量に影響することがわかった。

経産牛のと殺月齢と総カルニチン含量との相関では棘上筋で月齢が進むと総カルニチン含量が減少していた。逆に大腿二頭筋では月齢が進むと増加する傾向が見られた。

[図1] [図2]

イ 遊離型カルニチン含量

総カルニチン含量と同様に、ジャージー経産牛、ホルスタイン経産牛が肥育牛に比べ低い結果となった。

経産牛のと殺月齢と遊離型カルニチン含量との相関では棘上筋、大腿二頭筋ともに月齢が進むと遊離型カルニチン含量が減少していた。

[図3] [図4]

ウ 結合型カルニチン含量

品種、飼育形態別に有意差はなかったが、ジャージー経産牛が低い値となった。

大腿二頭筋において雌が低く雄が高い傾向があった。経産牛と肥育牛では飼育形態が異なるため、単純に性別の影響とは言い難いが、性別による筋肉の形態学的な差が影響していると推察された。

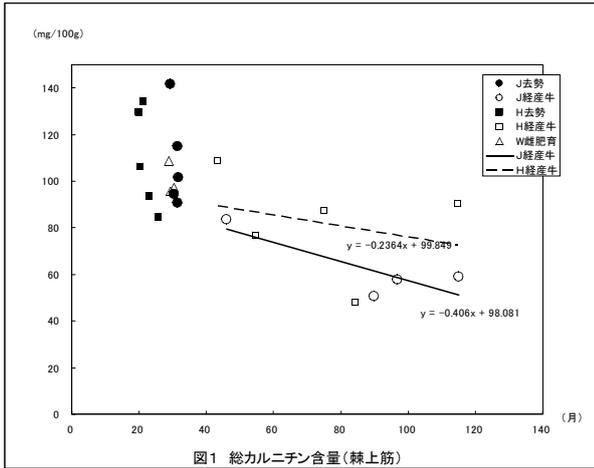


図1 総カルニチン含量(棘上筋)

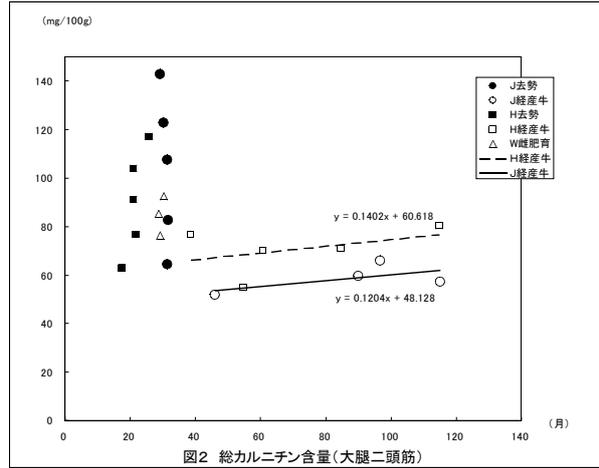


図2 総カルニチン含量(大腿二頭筋)

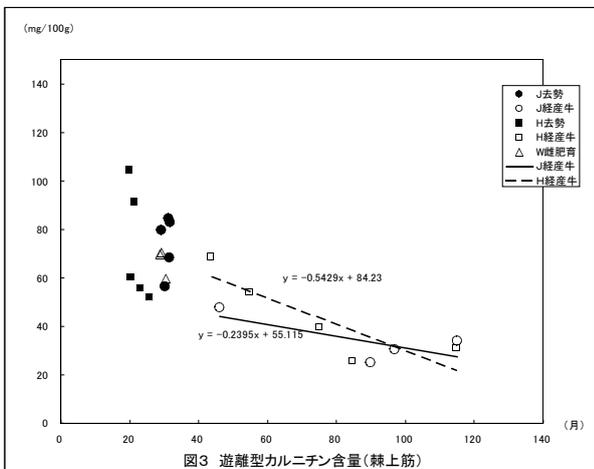


図3 遊離型カルニチン含量(棘上筋)

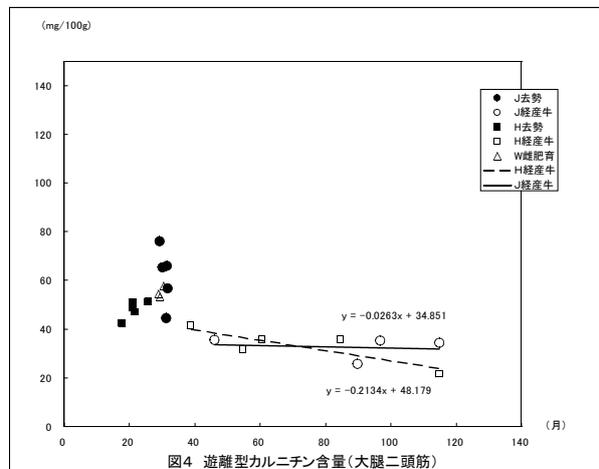


図4 遊離型カルニチン含量(大腿二頭筋)

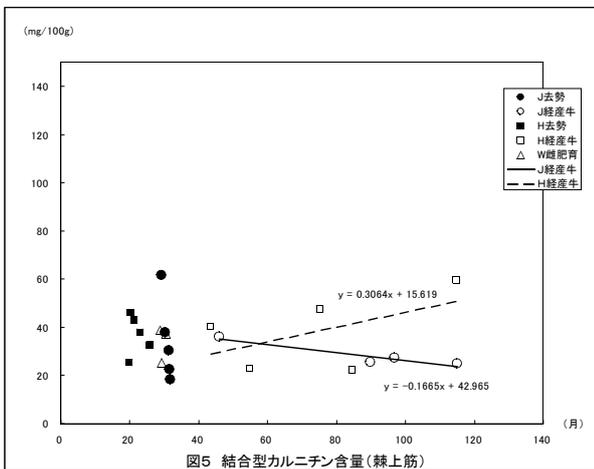


図5 結合型カルニチン含量(棘上筋)

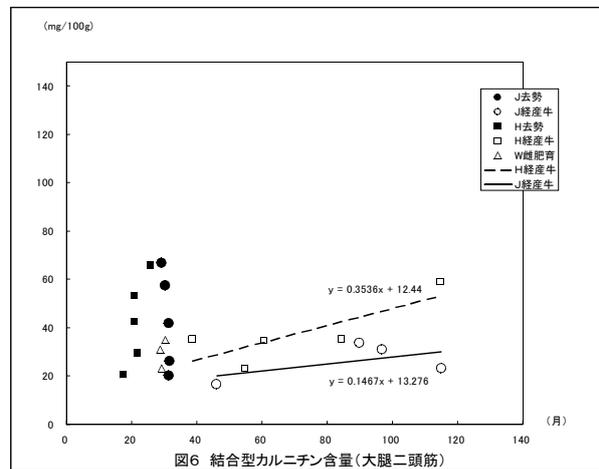


図6 結合型カルニチン含量(大腿二頭筋)

経産牛のと殺月齢と結合型カルニチン含量の相関では、棘上筋のジャージー経産牛は月齢が進むと結合型カルニチンが減少していたが、ホルスタイン経産牛では増加していた。大腿二頭筋では月齢が進むと結合型カルニチンが増加していた。

[図5] [図6]

月齢によるL-カルニチン含量の変動について、常石らの報告^{7, 8)}では、長期間放牧した経産雌肥

育牛でL-カルニチン含量が増加するとしているが、今回の成績では月齢の進んだ経産牛がL-カルニチン含量が低い結果となった。常石らの調査は黒毛和種繁殖牛を長期間放牧し、牧草主体の低栄養状態で飼育した結果であるが、今回調査した経産牛は泌乳成績の悪化等の理由により肉用として飼育された牛であることが相反する結果の原因と思われる。肉用として飼育される経産牛は、泌乳後期から穀類を多給されるなど過剰なエネルギーを摂取しているため、脂肪をエネルギー

源として利用する必要がないためL-カルニチン含量が低下したと推察された。これは、去勢ヤギでの実験であるが飽食飼育した場合は維持飼料のみで飼育した場合と比べて遊離型カルニチンが少ないとする報告¹⁰⁾と一致する。

過剰なエネルギーの摂取は、肝臓への負担につながり肝機能の低下を招きL-カルニチンの合成量が低下することも一因と考えられる。

2 ヘマチン（ヘム鉄）含量

[表4]

(1) 部位別

棘上筋が大腿二頭筋よりも高い結果となった。ヘム鉄は体内に酸素を運ぶ役割をしており、酸素を必要とする組織、血流量の多い部位に多く存在することから、今回調査した牛肉では棘上筋のほうが酸化型筋線維の割合が

多いと思われた。

(2) 品種、飼育形態別

大腿二頭筋において、ジャージー経産牛ならびに去勢肥育牛が高く、黒毛和種雌肥育牛に対しては有意に高い値となった。

有意差はないが、品種間でジャージー種>ホルスタイン種>黒毛和種の順でヘマチン含量が高かった。

経産牛と去勢肥育牛の比較では有意差はないが去勢肥育牛が高い値となった。これは飼育形態の違いよりも性別による鉄必要量の差によると考えられる。

経産牛の月齢とヘマチン含量の相関は、ジャージー経産牛では微増、ホルスタイン経産牛では減少する傾向が見られた。

[図7] [図8]

表4 ヘマチン含量 (ppm)

区 分		n	棘上筋	大腿二頭筋
			n s	*
ジャージー種	経産牛	4	206.2±16.5	195.1±10.4 ^a
	去勢肥育牛	5	206.3±15.3	202.9±17.2 ^a
ホルスタイン種	経産牛	5	174.3±14.1	155.5±12.6
	去勢肥育牛	5	186.6±14.5	175.7±12.2
黒毛和種	雌肥育牛	3	186.4±11.2	133.0±9.1 ^b
平均		22	191.9±6.7	175.0±7.6

平均値±標準誤差 ns:有意差なし(p>0.05) * p<0.05 ** p<0.01
異なる符号間で有意差有り

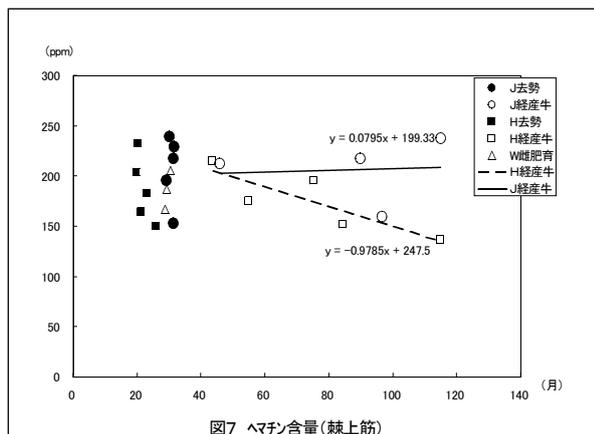


図7 ヘマチン含量(棘上筋)

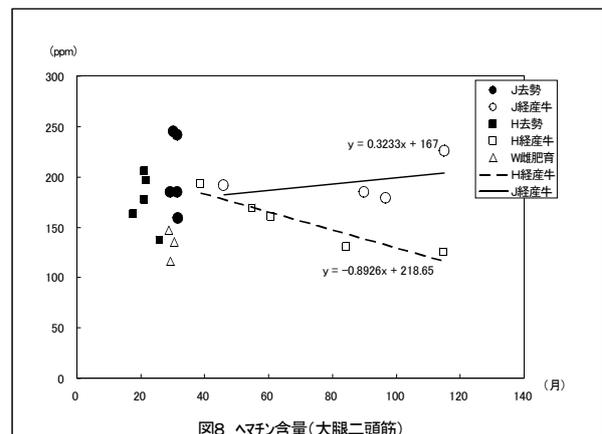


図8 ヘマチン含量(大腿二頭筋)

ヘム鉄含量は、既報¹⁾と同様にジャージー経産牛ならびに去勢肥育牛で含量が多いことが確認され、ジャージー種の特長と考えられる。

厚生労働省が示す「日本人の食事摂取量2010年版」では1日あたりの鉄摂取推奨量は成人男性で7~7.5 mg、月経のある成人女性では10.5~11 mg、妊婦・授乳婦では8.5~21.5 mgとしている。これに対して「平成19

年度国民健康・栄養調査」結果によると1日あたりの鉄摂取量は男性が8.2 mg、女性が7.6 mgであり、男性では推奨量を満たしているが、女性では不足している。日本赤十字社の調査では、男性で0.5%、女性で12.7%が鉄欠乏性貧血であるとしており、女性の鉄欠乏性貧血は健康上大きな問題となっている。

鉄欠乏性貧血を予防するためには、毎日の食事から鉄を摂取することが大切であるが、最近5年

間の栄養調査結果によると食事からの鉄摂取量は減少傾向にある。腸管からの吸収率の良いヘム鉄を多く含むジャージー種の肉は食事からの鉄摂取量を増加させるために有効な食品と考えられる。

常石らの報告のように長期間放牧することでジャージー種経産牛肉中のL-カルニチン含量が増加するかどうかは確認できていないが、放牧して運動量を増加し、牧草主体の低栄養状態で長期間飼育することにより、L-カルニチン含量の増加が期待できると思われる。

また、ジャージー種経産牛では、月齢が進むとヘマチン含量が増加する傾向があるため、長期間放牧がジャージー種経産牛肉の体脂肪燃焼効果や貧血予防効果といった付加価値を向上する技術になると考えられた。

蒜山地域のジャージー牛放牧風景は観光資源の一つにもなっており、牧歌的景観とダイエットや鉄分補給に有効なジャージー種経産牛肉の機能性を消費者へアピールすることがジャージー種経産牛の消費拡大につながると考えられる。

また、遊離型カルニチン含量は、筋肉の部位による差が認められ、棘上筋が大腿二頭筋よりも有意に高い値であった。

L-カルニチン含量の変動要因としては、採食量、運動量、月齢、酸化型筋繊維の割合¹⁷⁾などが考えられる。

棘上筋と大腿二頭筋のカルニチン含量の差は、酸化型筋繊維の割合の違いによると考えられる。

月齢によるカルニチン含量の変動について、常石らの報告^{18, 19)}では、長期間放牧した繁殖牛でL-カルニチン含量が増加するとしているが、今回の成績では反対の結果となった。常石らの調査は黒毛和種繁殖牛を長期間放牧し、低栄養状態で飼育した結果であり、今回調査した経産牛は泌乳成績の悪化等の理由により肉用として飼育した牛であることが相反する結果の原因と思われる。ヒトにおいてもL-カルニチンは肝臓で合成されるが、加齢により減少することが報告されている²⁰⁾。摂取エネルギーが充足している場合、L-カルニチン合成量は肝機能の影響を受け、肝機能の低下により合成量が低下すると考えられる。泌乳後期から過剰のエネルギーを摂取した今回の経産牛では、肝機能も低下していたと推察されることが、経産牛での遊離型カルニチン含量が低い要因として考えられる。

ヘム鉄については、既報¹⁰⁾と同様にジャージー種経産牛ならびに去勢肥育牛で含量が多いことが確認された。ヘム鉄を多く含むジャージー種の肉は貧血予防において有効な食品と考えられる。

常石らの報告のように肉用に用いるジャージー種経産牛を長期間放牧することでL-カルニチン含量が増加するかどうかは確認できていないが、放牧して牧草主体で飼育することにより肝機能が改善されれば、カルニチン含量の増加も期待できるのではないと思われる。

体脂肪燃焼効果や貧血予防効果といった健康志向で肉を食べるのであれば、霜降り肉ではなく、赤身の肉を食べるべきである。蒜山地域の牧草地にジャージー種経産牛を放牧し、肉に機能性成分という付加価値を付け、消費者へアピールすることができれば、ジャージー種経産牛の肉が有効に利用されると考えられる。

引用文献

- 1) 栗木隆吉、川尻鉄也(1997)：ジャージー種雌牛の肉質特性．岡山総畜セ研報、8、25-30.
- 2) 「新食肉がわかる本」．(2005)．(財)日本食肉消費総合センター
- 3) F. M. Cremin, and P. Power(1985)：Vitamins in bovine and human milks., Developments in Dairy Chemistry-3, Elsevier Appl. Sci. Pub., 337-398.
- 4) 常石英作(2004)：放牧繁殖雌牛の牛肉はカルニチンが豊富である．関東畜産学会報 55、69-73.
- 5) 「食品成分有効性評価及び健康影響評価プロジェクト解説集」(2005)．国立健康・栄養研究所
- 6) 渡辺彰(2004)：牛肉中の機能性物質「カルニチン」の変動要因．東北農業研究センター．研究成果情報．
- 7) 常石英作、柴伸弥、松崎正敏、森弘(2005)：牛肉中カルニチン含量は月齢の影響が大きい．肉用牛研究会報．78. 50-52.
- 8) 常石英作、柴伸弥、松崎正敏(2002)：牛肉中L-カルニチン含量に及ぼす月齢と増体成績の影響．九州沖縄農研．成果情報．
- 9) 菅澤勝巳、松尾信一、大島浩二(1990)：ヤギの筋肉の雌雄差に関する形態学的観察．信州大学農学部紀要．第26巻1・2号
- 10) 常石英作(2004)：放牧繁殖雌牛の肉は体脂肪燃焼作用を持つカルニチンを豊富に含有．畜産の情報-調査・報告-2004年4月月報国内編