

# 蒸気乾燥トウフ粕を給与した乳用種去勢肥育牛の脂肪組織における不飽和化活性と共役リノール酸合成の関係

稲田 淳・古賀鉄也<sup>1)</sup>・磯崎良寛

蒸気乾燥トウフ粕の乳用種去勢肥育牛に対する給与が、脂肪組織における不飽和化活性および共役リノール酸合成へ及ぼす影響を明らかにするために、2回の飼養試験を実施した。[試験1]としてトウフ粕混合割合(乾物重量%)により無給(0)、少給(12.5)および多給区(25)の3区を設定し、全期間を通して試験飼料を給与した。[試験2]としてトウフ粕を乾物重量割合で12.5%給与する時期(生後月齢)により、前半(8~15)、後半(16~21)および全期間給与する全期区の3区を設定した。脂肪酸組成は、出荷枝肉の皮下、胸最長筋および腎周囲脂肪における中性脂質について調査した。また、C17:1/C17:0値を不飽和化活性の指標とした。調査の結果[試験1]において、すべての脂肪組織で共役リノール酸(CLA)およびトランスバクセン酸(TVA)割合はトウフ粕給与量増加に伴い上昇し、C17:1/C17:0値は低下する傾向があった。組織別にはCLA/TVA値およびC17:1/C17:0値のいずれも皮下>胸最長筋>腎周囲の順に高い値を示した。[試験2]において、CLA割合は皮下脂肪で前後半区が全期区より高い傾向があった。C17:1/C17:0値は、すべての組織において前・後半区が全期区より高い値を示した。以上の結果から、不飽和化活性およびTVAからのCLA変換効率は脂肪組織によって異なり、蒸気乾燥トウフ粕の給与量および給与期間が枝肉脂肪組織のCLA合成および不飽和化活性に影響を及ぼすことが示唆された。

[キーワード: 乳用種去勢肥育牛, 蒸気乾燥トウフ粕, 不飽和化活性, 共役リノール酸]

**The Relation between Desaturase Activity and Conjugated Linoleic Acid (CLA) Content in Fat Tissues of Holstein Steers Fed Steam Dried Tofu Cake.** INADA Sunao, Tetsuya KOGA and Yoshihiro ISOZAKI (Fukuoka Agric. Res. Cent., Chikushino, Fukuoka 818-8549, Japan) *Bull. Fukuoka Agric. Res. Cent.* 25:105-110(2006)

Thirty-three Holstein steers were divided into six groups to investigate the relation between desaturase activity and conjugated linoleic acid (CLA) content in the fat tissues of Holstein Steers fed steam dried tofu cake (SDTC). Group A, B and C were fed a fattening diet supplemented with 0%, 12.5% and 25% of SDTC (as a dry basis %) respectively, during the fattening period. Group D, E and F were fed a fattening diet supplemented with 12.5% of SDTC for only the first and second fattening periods and during the whole fattening period respectively. The fatty acid compositions in the *M. longissimus dorsi*, subcutaneous and perinephric fats taken from the carcasses of all of the groups were investigated. In all of the fat tissues of Group B and C, the conjugated linoleic acid (CLA) and trans-11 vaccenic acid (TVA) compositions had increased compared with those of Group A. In the subcutaneous fats of Group E and F, the CLA composition had increased compared with those of Group D. Although there was no difference in the CLA/TVA values with all the fats taken from the carcasses of the all groups, desaturase activity (C17:1/C17:0) had decreased from the SDTC supplementation in their diet. CLA/TVA and C17:1/C17:0 in the subcutaneous fat were the highest and those in the perinephric fat were the lowest of all the other fat tissues.

[Key words: Holstein steers, steam dried tofu cake, desaturase activity, conjugated linoleic acid(CLA)]

## 結 言

肥育牛の枝肉価格を決定する要因の大部分は肉質であり、特に脂肪交雑をはじめとした脂肪性状は重要な要因の一つになっている。脂肪の主要構成要素である脂肪酸の組成は、脂肪融点および食味性にも影響を与えることが報告されている<sup>1,2)</sup>。さらに牛肉脂肪中における脂肪酸組成は、品種<sup>1,3)</sup>、性別<sup>2)</sup>、飼養管理<sup>5)</sup>、月齢や肥育度<sup>7)</sup>などに影響を受けることがわかっている。これらのことから牛肉中の脂肪酸組成をコントロールすることで、市場価値が高く、付加価値を有した牛肉を生産することが可能となると考えられる。また近年、反芻家畜に由来する畜産物に特異的に多く含まれる共役リノール酸(CLA *cis-9, trans-11* C18:2)は、抗がん活性、免疫機能促進あるいは体蓄積脂肪減少といった機能性を有する<sup>9)</sup>ことが明らかとなり、消費者の健康志向が高まる中注目されている。反芻家畜では、飼料中のリノール酸

(C18:2)がルーメン内微生物により積極的に水素付加反応を受け、それら微生物水素付加反応の中間物質としてCLAが合成される。反芻胃内で合成されたCLAは下部消化管より吸収され、乳汁および体脂肪中に蓄積されると考えられている<sup>8)</sup>。また最近になって、乳脂肪中におけるCLAの78%は、乳腺細胞内でのトランスバクセン酸(TVA *trans-11* C18:1)の不飽和化により、内因的に変換される<sup>1)</sup>ことが報告されている。著者ら<sup>3)</sup>は、乳用種去勢肥育牛枝肉中の脂肪酸組成について、高度不飽和脂肪酸を多く含む蒸気乾燥トウフ粕を肥育全期間給与することにより、CLAを含めた高度不飽和脂肪酸割合が上昇することを報告した。しかし、乳用種去勢肥育牛の脂肪組織における不飽和化活性およびCLA合成能に関しては不明な点が多い。そこで今回、乳用種去勢肥育牛に対する高度不飽和脂肪酸を多く含む蒸気乾燥トウフ粕の給与量および給与期間の違いが、皮下脂肪、胸最長筋および腎周囲脂肪における不飽和化活性(C17:

1/C17:0値)およびTVAからのCLA変換に及ぼす影響について検討した。

## 材料および方法

蒸気乾燥トウフ粕の給与量の違いを検討した[試験1]および給与期間の違いを検討した[試験2]の2回の飼養試験を実施した。

### [試験1]

供試牛には、約8カ月齢のホルスタイン種去勢牛17頭を用い、試験期間は2001年7月4日から2002年7月29日までとした。なお、試験期間を前期(8~11カ月齢の12週間)、中期(11~16カ月齢の20週間)および後期(16~21カ月齢の24週間)の3肥育期に区分した。

試験区は、給与飼料中への蒸気乾燥トウフ粕の混合割合(乾物重量割合)により、無給区(肥育全期間0%)、少給区(肥育前期および中期12.5%、後期10%)および多給区(肥育前期および中期25%、後期20%)の3区を設定し、無給区に5頭、少給区および多給区にそれぞれ6頭の試験牛を供試した。

肥育用混合飼料の乾物当たりの可消化養分総量(TDN)水準は、既報<sup>10)</sup>に基づき全区とも前期74~75%、中期78~79%および後期83%程度とした。肥育用混合飼料は、2~3cm程度に細断された稲ワラおよびブ

ルーグラス乾草、圧パン大麦、圧パントウモロコシ、一般フスマ、脱脂大豆粕、炭酸カルシウムおよび蒸気乾燥トウフ粕を2日に1回飼料攪拌機(CSコンプリートフイダーCM-200)で約20分間混合し、調製した。

第1表に各試験区における肥育期毎の蒸気乾燥トウフ粕混合割合および養分含量を、第2表に摂取脂肪量および給与飼料中の主要脂肪酸組成を示した。

飼養管理は、鉄骨スレート葺きの肉用牛舎内に試験牛を繋ぎ飼いし、個体毎に不断給餌とした。給餌回数は1日3回(8:30, 13:30, 16:00)とし、各肥育期の開始時における試験飼料の切替は4週間かけて行った。飲水についてはウォーターカップからの自由飲水とし、鉱塩は自由舐食とした。

試験牛の枝肉サンプルとして、と畜翌日に第7肋骨を含む胸最長筋部分および腎周囲脂肪の一部を採取した。胸最長筋内脂肪、皮下脂肪および腎周囲脂肪における中性脂質の抽出はクロロホルムのみを用いて行った。抽出した脂質は0.5Nナトリウムメトキシドメタノール溶液によりメチルエステル化した後、キャピラリーカラム(CP-Sil88 FAME50m)を装着したガスクロマトグラフ(GC-14A島津製作所およびG3810柳本製作所)を用いて脂肪酸組成を測定した。

統計解析については、各脂肪組織部位ごとに一元配置法により分散分析を行った。

第1表 各試験区の肥育期毎の蒸気乾燥トウフ粕給与割合および栄養水準(乾物%)

試験区	頭数	蒸気乾燥トウフ粕 <sup>3)</sup>			TDN <sup>4)</sup>			CP <sup>5)</sup>			EE <sup>6)</sup>			
		前期	中期	後期	前期	中期	後期	前期	中期	後期	前期	中期	後期	
試験1	無給区	5	0.0	0.0	0.0	74.0	78.0	83.0	16.0	14.0	12.0	2.6	2.7	2.5
	少給区	6	12.5	12.5	10.0	74.0	78.0	83.0	16.0	14.0	12.0	4.2	4.2	3.7
	多給区	6	25.0	25.0	20.0	74.7	79.0	83.3	16.9	15.0	14.0	5.6	5.5	4.9
試験2	前半区	5	12.5	—	0.0	76.0	—	81.6	17.4	—	12.4	4.2	—	3.3
	後半区	7	0.0	—	12.5	73.5	—	83.1	15.9	—	14.3	2.8	—	4.6
	全期区	4	12.5	—	12.5	76.0	—	83.1	17.4	—	12.4	4.2	—	4.6

1) 肥育期区分:[試験1]前期:8~11カ月齢,中期:11~16月齢,後期:16~21月齢

[試験2]前期:8~16カ月齢,後期:16~21月齢

2) 試験期間:[試験1]2001年7月4日~2002年7月29日

[試験2]2002年12月26日~2004年1月28日

3) 蒸気乾燥トウフ粕飼料成分値 DM:97.2%, TDN:93.9%, CP:27.4%, EE:13.8%, CF:17.5%, ただしTDNは日本標準飼料成分表における乾燥トウフ粕の消化率により算出した。

4) 可消化養分総量。 5) 粗蛋白質。 6) 粗脂肪。

第2表 各試験区の肥育期毎の摂取粗脂肪量および給与飼料中主要脂肪酸組成

試験区	EEI(kg/日)			C16:0+C18:0(%)			C18:1(%)			C18:2(%)			C18:3(%)			
	前期	中期	後期	前期	中期	後期	前期	中期	後期	前期	中期	後期	前期	中期	後期	
試験1	無給区	0.24	0.29	0.23	19	17	15	23	25	27	54	54	55	3.2	2.7	2.3
	少給区	0.38	0.44	0.36	19	17	15	23	24	26	53	54	54	5.0	4.5	4.0
	多給区	0.46	0.51	0.42	17	16	16	23	24	25	53	53	54	5.9	5.5	5.1
試験2	前半区	0.38	—	0.30	19	—	17	22	—	25	53	—	54	5.1	—	2.6
	後半区	0.27	—	0.45	21	—	16	21	—	25	53	—	54	3.4	—	4.4
	全期区	0.38	—	0.41	19	—	16	22	—	25	53	—	54	5.1	—	4.4

1) EEI(摂取粗脂肪量):各肥育期における平均乾物摂取量(kg/日)に飼料中EE含量を乗じて算出した。

2) 給与飼料中の主要脂肪酸組成として、C16:0+C18:0:0パルミチン酸+ステアリン酸, C18:1:1オレイン酸, C18:2:2リノール酸, C18:3:3リノレン酸の割合(%)を示した。

3) 蒸気乾燥トウフ粕主要脂肪酸組成C16:0 11.1%, C18:0 4.5%, C18:1 23.3%, C18:2 52.6%, C18:3 7.5%。

## 【試験2】

供試牛には、約8カ月齢のホルスタイン種去勢牛16頭を用い、試験期間は2002年12月26日から2004年1月28日までとした。なお、試験期間を前期（8～16カ月齢の32週間）、後期（16～21カ月齢の24週間）の2肥育期に区分した。

試験区は、蒸気乾燥トウモロコシ粕を乾物重量割合で12.5%給与する時期（生後月齢）により、前半区（8～16カ月齢）、後半区（16～21カ月齢）および全期間給与する全期区の3区を設定し、前半区に5頭、後半区に7頭および全期区に4頭の試験牛を供試した。

蒸気乾燥トウモロコシ粕無添加飼料のTDN水準は、前期73.5%および後期83.1%とした。蒸気乾燥トウモロコシ粕無添加混合飼料に蒸気乾燥トウモロコシ粕混合割合が乾物比12.5%となるように添加混合し、蒸気乾燥トウモロコシ粕混合飼料を調製した。飼料の調製は2～3cm程度に細断した稲ワラおよびブルーグラス乾草、オーツヘイを〔試験1〕と同様の各単味飼料とともに2～3日に1回飼料攪拌機（ミクストロンSR50SE/400）で約15分間混合・調製した。

第1表に各試験区における肥育期毎の蒸気乾燥トウモロコシ粕混合割合および養分含量を、第2表に摂取脂肪量および給与飼料中主要脂肪酸組成を示した。

肥育前期から後期への試験飼料の切替は8週間（2003年7月10日～2003年9月3日）かけて行い、その他の飼養管理方法は〔試験1〕と同様とした。脂肪酸組成分析方法および統計処理についても〔試験1〕と同様とした。

## 結 果

### 【試験1】

#### 1 各脂肪組織における脂肪酸組成

各脂肪組織におけるヘプタデカン酸（C17：0）、ヘプタデセン酸（C17：1）、トランスバクセン酸（TVA *trans-11* C18：1）および共役リノール酸（CLA *cis-9, trans-11* C18：2）割合を第3表に示した。

調査したすべての脂肪組織でC17：0およびC17：1割合はトウモロコシ粕給与量増加に伴い低下する傾向があった。皮下脂肪におけるC17：0割合は無給区0.94%、多給区0.75%であり、有意な差が認められた。皮下脂肪におけるC17：1割合に関して少給区と多給区の間で有意な差は認められなかったが、胸最長筋および腎周囲脂肪においてトウモロコシ粕給与区は無給区と比較して有意に低かった。またTVAおよびCLA割合は、調査した全ての脂肪組織においてトウモロコシ粕給与量増加に伴い上昇する傾向があった。特に腎周囲脂肪におけるCLA割合は無給区0.17%、少給区0.26%および多給区0.32%であり、全ての試験区間に有意な差が認められた。

#### 2 不飽和化活性（C17：1/C17：0値）とトランスバクセン酸からの共役リノール酸変換効率（CLA/TVA値）

各脂肪組織におけるC17：1割合をC17：0割合で除した値（C17：1/C17：0値）およびCLAをTVAで除した値（CLA/TVA値）を第3表に示した。また、C17：1/C17：0値とCLA/TVA値の関係を第1図に示した。

調査したすべての脂肪組織において、CLA/TVA値に蒸気乾燥トウモロコシ粕給与量による差は認められなかったものの、脂肪組織部位別平均は皮下0.26、胸最長筋0.24および腎周囲0.11の順に高い値を示した。無給、少給および多給区におけるC17：1/C17：0値は、皮下0.92、0.87、0.86、胸最長筋0.75、0.60、0.57および腎周囲0.30、0.24、0.23であり、調査した全ての脂肪組織で蒸気乾燥トウモロコシ粕給与量の増加に伴い低下する傾向があった。また、調査した各脂肪組織部位別においてC17：1/C17：0値とCLA/TVA値の関係に、蒸気乾燥トウモロコシ粕給与量による影響は認められなかったが、調査した脂肪組織全体を通してC17：1/C17：0値とCLA/TVA値には正の相関（ $Y=0.1735X+0.1016$ 、決定係数：0.31）が認められた。

### 【試験2】

#### 1 各脂肪組織における脂肪酸組成

各脂肪組織におけるC17：0、C17：1、TVAおよびCLA割合を第4表に示した。

調査したすべての脂肪組織においてC17：0、C17：1およびCLA割合は、前期のみ蒸気乾燥トウモロコシ粕を給与した前半区で他の試験区よりやや高い傾向を示したものの、各試験区間に有意な差は認められなかった。TVA割合についても、蒸気乾燥トウモロコシ粕給与時期の違いによる差は認められなかった。

#### 2 不飽和化活性（C17：1/C17：0値）とトランスバクセン酸からの共役リノール酸変換効率（CLA/TVA値）

各脂肪組織におけるC17：1/C17：0値、およびCLA/TVA値を第3表に示した。またC17：1/C17：0値とCLA/TVA値の関係を第2図に示した。

調査したすべての脂肪組織において、CLA/TVA値に蒸気乾燥トウモロコシ粕給与時期による差は認められなかったものの、組織別平均は皮下0.24、胸最長筋0.13および腎周囲0.08の順に高い値を示した。全期、前半および後半区におけるC17：1/C17：0値は、皮下0.85、0.97、0.94、胸最長筋0.55、0.61、0.62および腎周囲0.25、0.30、0.28であり、調査したすべての脂肪組織で前半および後半区が全期区より高い傾向があった。また、調査した各脂肪組織部位別においてC17：1/C17：0値とCLA/TVA値の関係に、蒸気乾燥トウモロコシ粕給与期間による影響は認められなかったが、調査した脂肪組織全体を通してC17：1/C17：0値とCLA/TVA値には正の相関（ $Y=0.2595X+0.0155$ 、決定係数：0.56）が認められた。

## 考 察

ヘプタデカン酸（C17：0）およびヘプタデセン酸（C17：1）は、一般に肥育飼料脂肪中にほとんど含まれず、また牛の体内において鎖長延長等により他の脂肪酸から合成されることが少ない。このため牛体脂肪中におけるC17：0およびC17：1量の変動は小さく、C17：1増加のほとんどはC17：0の不飽和化により変換されると考えられている。常石ら<sup>11)</sup>はこの点に着目し、ホルスタイン種の体脂肪における不飽和化活性の指標と

第3表 蒸気乾燥トウフ粕の給与量が脂肪酸組成およびC17:1/C17:0値, CLA/TVA値に及ぼす影響 [試験1]

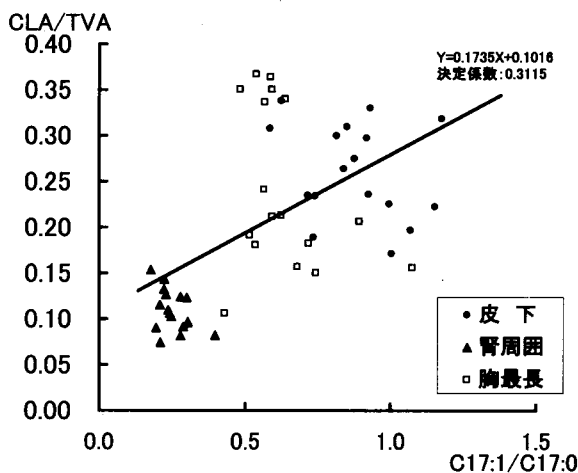
試験区	部 <sup>2)</sup> 位	脂肪酸組成 (%) <sup>1)</sup>				C17:1/C17:0	CLA/TVA
		C17:0	C17:1	TVA	CLA		
無給区	皮	0.94A	0.86a	1.87	0.41A	0.92	0.23
少給区		0.85	0.74	1.91	0.50a	0.87	0.28
多給区	下	0.75B	0.64b	2.48	0.68Bb	0.86	0.28
全牛平均		0.84	0.74	2.10	0.54	0.88	0.26
無給区	胸	1.02	0.76Aa	1.05a	0.24A	0.75	0.22
少給区	最長	0.90	0.54b	1.52	0.28A	0.60	0.20
多給区	長	0.85	0.49B	1.86b	0.53B	0.57	0.30
全牛平均		0.92	0.58	1.51	0.36	0.64	0.24
無給区	腎	1.17	0.36Aa	1.64A	0.17A	0.30a	0.10
少給区	周	1.05	0.26b	2.33	0.26Ba	0.24b	0.11
多給区	囲	1.02	0.23B	3.04B	0.32Bb	0.23b	0.11
全牛平均		1.07	0.28	2.38	0.25	0.25	0.11

1) C17:0ヘプタデカン酸, C17:1ヘプタデセン酸, TVA *trans*-11C18:1, CLA *cis*-9, *trans*-11C18:2.  
 2) 皮下:皮下脂肪, 胸最長:胸最長筋肉内脂肪, 腎周囲:腎周囲脂肪.  
 3) 同部位縦列大文字異符号間に1%, 小文字異符号間に5%水準で有意差有り。

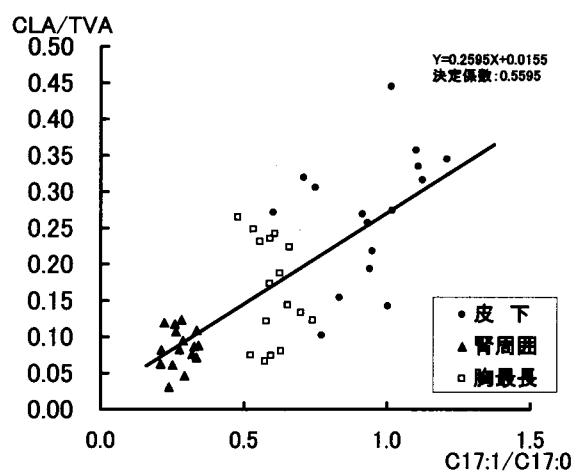
第4表 蒸気乾燥トウフ粕の給与期間の違いが脂肪酸組成およびC17:1/C17:0値, CLA/TVA値に及ぼす影響 [試験2]

試験区	部 <sup>2)</sup> 位	脂肪酸組成 (%) <sup>1)</sup>				C17:1/C17:0	CLA/TVA
		C17:0	C17:1	TVA	CLA		
全期区	皮	1.00	0.86	1.77	0.39	0.85	0.22
前半区		1.03	0.98	1.83	0.45	0.97	0.25
後半区	下	1.00	0.94	1.69	0.42	0.94	0.24
全牛平均		1.01	0.93	1.75	0.42	0.92	0.24
全期区	胸	1.14	0.62	1.34	0.20	0.55	0.15
前半区	最長	1.18	0.73	1.46	0.22	0.61	0.15
後半区	長	1.10	0.68	1.85	0.21	0.62	0.11
全牛平均		1.14	0.68	1.60	0.21	0.60	0.13
全期区	腎	1.28	0.32	2.21	0.17	0.25	0.08
前半区	周	1.36	0.41	2.12	0.20	0.30	0.09
後半区	囲	1.30	0.36	2.38	0.16	0.28	0.07
全牛平均		1.32	0.37	2.26	0.17	0.28	0.08

1) C17:0ヘプタデカン酸, C17:1ヘプタデセン酸, TVA *trans*-11C18:1, CLA *cis*-9, *trans*-11C18:2.  
 2) 皮下:皮下脂肪, 胸最長:胸最長筋肉内脂肪, 腎周囲:腎周囲脂肪。



第1図 CLA/TVAとC17:1/C17:0の関係 [試験1]



第2図 CLA/TVAとC17:1/C17:0の関係 [試験2]

してC17:1割合をC17:0割合で除した値 (C17:1/C17:0値) を活用し、皮下脂肪組織内での不飽和化の高進が、*cis*型モノ不飽和脂肪酸割合上昇の主因であることを明らかにしている。このことは、肥育牛脂肪組織における共役リノール酸 (CLA *cis*-9, *trans*-11 C18:2) の主要な合成要因として、脂肪組織中のトランスバクセン酸 (TVA *trans*-11 C18:1) からの不飽和化による変換経路の存在を示している。

今回、蒸気乾燥トウモロコシ粉の給与量について検討した [試験1] において、C17:0およびC17:1割合は、調査したすべての脂肪組織で蒸気乾燥トウモロコシ粉給与量増加に伴い低下した。このことは第2表に示したように、蒸気乾燥トウモロコシ粉給与量増加に伴い摂取粗脂肪量 (EEI) が増加したことが大きな要因と考えられた。つまり、EEIの増加により各脂肪組織に蓄積される外因性の脂肪および脂肪酸量が上昇する一方、C17:0およびC17:1量にその変動は少なかったため、C17:0およびC17:1の全脂肪酸に対する割合は低下したと推察される。また、蒸気乾燥トウモロコシ粉の給与期間を検討した [試験2] におけるC17:1およびC17:0割合に試験区間で差が認められなかったことは、肥育全期間を通したEEI量および脂肪組織に蓄積された外因性の脂肪酸量の差が、[試験1] ほど大きくなかったためと考えられた。

Gillisら<sup>6)</sup> は、アンガス交雑種未経産牛に対して4%トウモロコシ油添加飼料を32~60日間給与することにより、筋肉内および皮下脂肪組織において不飽和化酵素の活性が低下することを報告している。このことは [試験1] および [試験2] において、蒸気乾燥トウモロコシ粉給与量あるいは給与期間に起因する脂肪摂取量増加に伴い、不飽和化活性の指標であるC17:1/C17:0値が、調査した全ての脂肪組織で低下する傾向が認められたことと一致している。

[試験1] においてTVAおよびCLA割合は、調査したすべての脂肪組織において蒸気乾燥トウモロコシ粉給与量増加に伴い上昇した。一般にCLAは飼料中のリノール酸 (C18:2) を基質としてルーメン内セルロース分解菌のリノール酸イソメラーゼによる生物水素付加反応の中間代謝脂肪酸として生成されると考えられている<sup>8)</sup>。さらにルーメン内のCLAはTVAへ水素付加された後、最終的にはステアリン酸 (C18:0) へと飽和化される<sup>8)</sup>。また、TVAはリノレン酸 (C18:3) を基質とした生物水素付加反応の中間代謝脂肪酸でもある<sup>8)</sup>。蒸気乾燥トウモロコシ粉は脂肪含量が高く、しかもその脂肪酸組成は他の肥育用飼料と比べてC18:3割合が高い点に特徴がある。つまり供試牛は第2表に示したように、蒸気乾燥トウモロコシ粉給与量増加に伴い、粗脂肪および脂肪中のC18:2およびC18:3摂取量が増加することになる。ルーメン内に摂取されたC18:2およびC18:3といった高度不飽和脂肪酸を基質とし、中間代謝脂肪酸として大量に生成されたTVAが一部水素付加を逃れ下部消化管より吸収され各脂肪組織へ蓄積される<sup>8)</sup>。このことが蒸気乾燥トウモロコシ粉給与によるTVA割合増加を引き起こしたと考えられた。CLA割合の増加についても、蒸気乾燥トウモロコシ粉給与による摂取粗脂肪量の増加により、ルーメン内におけるCLA合成の基質となるC18:2量が増加したことが一つの要因と

考えられた。ルーメン内でのCLA合成経路にはpHや微生物叢の変化が大きな影響を及ぼすことが報告<sup>4)</sup> されている。今回の試験においては、ルーメン液性状について詳細な調査を実施しておらず、ルーメン内でのCLA合成能については明確にすることはできなかった。しかし近年、Corl<sup>1)</sup> および常石ら<sup>11)</sup> は、反芻家畜における乳腺あるいは脂肪細胞内の不飽和化合成によるTVAからのCLA変換経路を明らかにしている。今回 [試験1] においても、蒸気乾燥トウモロコシ粉給与量増加に伴い、各脂肪組織に大量に蓄積したTVAが不飽和化酵素により不飽和化反応を受けることで内因的にCLAが変換された可能性も示唆された。

[試験2] におけるTVAおよびCLA割合は、調査した全ての脂肪組織において明確な差が認められず、蒸気乾燥トウモロコシ粉の給与期間を肥育前半あるいは後半約6カ月間程度に限定し給与しても、脂肪組織におけるTVAおよびCLA割合は、全期間給与した場合と同等であった。今回調査したすべての脂肪組織において、C17:1/C17:0値が全期区と比較して前半および後半区で高い値を示した。このことから、蒸気乾燥トウモロコシ粉の給与期間を制限することが、脂肪組織内における不飽和化酵素の活性化を促し、TVAより変換されたCLA量が増加することで、前・後半区の脂肪組織においても全期区と同程度のCLA割合を示したと推察された。

今回、[試験1] および [試験2] のいずれにおいても、各試験区間にTVAからのCLA変換効率 (CLA/TVA値) に明確な差が認められなかった。このため蒸気乾燥トウモロコシ粉給与量および給与期間の違いが、脂肪組織におけるC17:1/C17:0値とCLA/TVA値の関係に及ぼす影響について明確にすることはできなかった。各脂肪組織においては、遺伝的要因により不飽和化酵素量およびその活性化に個体差が存在することも考えられるため、今後、経時的に生体内より脂肪細胞を採取し、不飽和化酵素量あるいはその遺伝子発現量等の調査を実施する必要がある。脂肪組織間においては [試験1] および [試験2] のいずれにおいても、皮下>筋肉内>腎周囲脂肪の順にC17:1/C17:0値およびCLA/TVA値は高かった。このことは不飽和化活性およびTVAからのCLA変換効率が皮下>筋肉内>腎周囲脂肪の順に高く、脂肪組織によって大きく異なることを示している。また、今回調査した脂肪組織全体を通して、C17:1/C17:0値とCLA/TVA値には正の相関が認められ、牛体脂肪全体を通して不飽和化活性とTVAからのCLA変換効率には一定の相関があることが示唆された。

なお今回実施した [試験1] 少給区および [試験2] 全期区において、蒸気乾燥トウモロコシ粉給与量および給与期間が同様であったものの、C17:1/C17:0値およびCLA/TVA値は、[試験2] 全期区の各脂肪組織でやや低い値を示した。枝肉の脂肪酸組成は、季節的な要因により影響を受けることが示唆されており<sup>7)</sup>、今回 [試験1] 少給区および [試験2] 全期区における脂肪酸組成のわずかな差異は、試験時期の違い、特に出荷時点での外気温の違いによるものと考えられた。

以上の結果から、不飽和化活性およびトランスバクセン酸からの共役リノール酸変換効率は脂肪組織によって大きく異なること、蒸気乾燥トウモロコシ粉のような高度不飽

和脂肪酸を多く含む飼料の給与量および給与期間が肥育牛枝肉脂肪組織の共役リノール酸合成および不飽和化活性に影響を及ぼすことが示唆された。

## 謝 辞

本研究を遂行するにあたり、枝肉検査、材料採取等に御協力頂いた福岡食肉市場株式会社には謝意を表す。また、脂肪酸分析に関して御助言御指導を頂いた独立行政法人九州沖縄農業研究センター畜産飼料作研究部栄養生理研究室常石英作氏に深謝する。

## 引用文献

- 1) Corl BA, Baumgard LH, Dwyer DA, Griinari JM, Phillips BS, Bauman DE (2001) The role of  $\Delta 9$ -desaturase in the production of *cis*-9, *trans*-11 CLA. *Journal of Nutritional Biochemistry* 12 : 622-630.
- 2) 石田光晴・武田武雄・斎藤孝夫・鹿野裕志・松本忠・高橋 功 (1988) 肥育期間中における黒毛和種去勢牛の皮下脂肪脂肪酸組成の変動. *日本畜産学会報* 59 : 496-501.
- 3) 稲田 淳・古賀鉄也・磯崎良寛 (2005) 蒸気乾燥トウフ粕の給与割合が乳用種去勢肥育牛の産肉性および枝肉性状に及ぼす影響. *福岡農総試研報* 24 : 82-87.
- 4) 河原 聡・竹之山慎一・目 和典・山内 清 (2001) バイオリクターによる共役リノール酸合成のための基礎的研究. *伊藤記念財団食肉に関する助成研究調査成果報告書* 19 : 104-108.
- 5) 木村信熙・木村聖二・小迫孝実・井村 毅 (1996) 黒毛和種去勢牛の肥育後期における粗飼料給与水準が枝肉性状および枝肉脂肪の脂肪酸組成に及ぼす影響. *日本畜産学会報* 67 : 554-560.
- 6) M.H.Gillis, S.K.Duckett, J.R.Sackmann (2004) Effects of supplemental rumen protected conjugated linoleic acid or corn oil on fatty acid composition of adipose tissues in beef cattle. *J.Anim.Sci.* 82 : 1419-1427.
- 7) 三橋忠由・三津本充・山下良弘・小沢 忍 (1988) 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.
- 8) 田中桂一 (2001) 反芻胃における共役リノール酸生成と牛肉中への移行に関する研究. *伊藤記念財団食肉に関する助成研究調査成果報告書* 20 : 142-148.
- 9) 田中桂一 (2004) 反芻家畜由来の畜産物(牛乳, 牛肉)中共役リノール酸(CLA)とその生理機能. *北海道畜産学会報* 46 : 1-13.
- 10) 徳満 茂・中島啓介 (1997) 乳用種去勢牛の良質肉安定生産技術(第3報) 肥育中期の可消化養分総量(TDN)水準及び仕上げ月齢が産肉性に及ぼす影響. *福岡農総試研報* 16 : 96-99.
- 11) 常石英作・松崎正敏・柴 伸弥 (2002) 反芻胃発達が未熟な3カ月齢子牛における体脂肪の脂肪酸組成. *九州農業研究* 64 : 116.
- 12) 常石英作・渡辺 彰・滝本勇治 (1994) 牛体脂肪の脂肪酸組成とトリアシルグリセロール分子種との関連. *日本畜産学会報* 65 : 128-134.
- 13) Xie YR, Busboom JR, Gaskins CT, Johnson KA, Reeves JJ, Wright RW, Cronrath JD (1996) Effects of breed and sire on carcass characteristics and fatty acid profiles of crossbred Wagyu and Angus Steers. *Meat Sci.* 43 : 167-177.