

# 黒毛和種去勢肥育牛の枝肉形質と脂肪壊死症に対する黄土粘土の影響

岡 章生・岩本英治・龍田 健

兵庫県立農林水産技術総合センター, 加西市 679-0198

## 要約

10 カ月齢の黒毛和種去勢牛 20 頭を用い、枝肉形質と脂肪壊死症に対する黄土粘土の影響を検討した。黄土粘土投与区(10 頭)には黄土粘土(50 g/頭)を毎日飼料に添加して全期間(10~30 カ月齢)与えた。対照区(10 頭)には黄土粘土を与えなかった。体重及び一日増体量は両区間に有意な差は認められなかった。黄土粘土区の脂肪壊死塊の発生率 30%は対照区の 90%に比べ有意に低くなった。壊死塊の大きさは投与区が対照区よりも小さかった。枝肉形質では、枝肉重量、ロース芯面積、肉色及び脂肪交雑は有意な差が認められなかった。これらの結果から黄土粘土を黒毛和種去勢肥育牛に与えると脂肪壊死症を予防でき、また、黄土粘土は枝肉形質に悪影響を及ぼさないと考えられる。

## はじめに

牛の脂肪壊死症は腹腔内脂肪の壊死塊が特徴であり、壊死塊は結腸、直腸及び泌尿器を圧迫し、場合によっては腸管を狭窄あるいは閉塞する(Shimada ら 1978)。わが国では年間約 1000 頭の肉用牛が脂肪壊死症で廃用になっている(農林水産省、畜産統計 2013)。黒毛和種において本症による経済的損出は甚大である。本症の発生機序には過肥(Shimada と Morinaga 1977; Oka ら 1988; Katamoto ら 1996)、遺伝(Abe ら 1998)及びトールフェスキュー中毒(Stuedemann ら 1985)が関係していると言われているが、十分に解明されていない。ハトムギ、植物ステロール及びイソプロチオランが本症の治療に効果的であると報告されているが(Shimada ら 1979, 1988; Motoi ら 1984; Oka ら 1988)、ハトムギの治療効果は一定でない(Oka ら 1988; Shimada ら 1988)。さらに、イソプロチオランは脂肪組織での脂肪分解を促進し(Tanaka & Ohtani 1989)、植物ステロールとイソプロチオランは脂肪細胞への脂肪の蓄積を抑制し(Katamoto ら 1991)、牛を痩せさせるため(Oka ら 1988; Shimada ら 1988)、肥育牛には与えることができない。

粘土は特別構造の多孔質アルミノケイ酸塩層を有しており、マイコキシンが関与する病気と下痢症の予防あるいは治療、さらに、抗菌性物質として人や動物で広く使われている(Lindemann ら 1993; Schell ら 1993; Carretero 2002; Papaioannou ら 2005; Williams と Haydel 2010; Queiroz ら 2012)。一部の生産者の間では黄土粘土を牛に与えると脂肪壊死症が少なくなると言われていた。

そこで、本試験では黒毛和種去勢肥育牛に粘土を与え、枝肉形質及び脂肪壊死症に対する影響を検討した。

## 材料及び方法

### 供試牛と飼養管理

供試牛は 10 か月齢の黒毛和種去勢牛で福俊土井の産子 20 頭を用いた。我々の予備調査で福俊土井産子は兵庫県の他の種雄牛産子よりも脂肪壊死塊の保有率が高いことが分かっていた。また、供試牛は、肥育度指数(体重÷体高×100)が黒毛和種但馬系において 10 か月齢で過肥と判断される 250 以上であった(Oka と Iwamoto 2007)。これらの牛は兵庫県立農林水産技術総合センターの実験動物取扱指針に従い飼養された。供試牛を黄土粘土投与区(10 頭)と対照区(10 頭)に分けた。用いた黄土粘土(ウシキン®、前川産業(株)、兵庫県)は淡路島で採掘され、淡路瓦の原材料として使われている。黄土粘土は粉碎し顆粒状で 4%の水分を含んでいた。黄土粘土の成分は表 1 に示した。投与区に黄土粘土 50g/頭を毎日飼料に添加して 10~30 か月齢時に与えた。濃厚飼料は 1 日 2 回与え、10~17 か月齢時は目標増体量になるように制限して与え、18~30 か月齢時は飽食とした。濃厚飼料配合割合は、前期(10~14 か月齢)が 50%圧片トウモロコシ、40%フスマ、10%大豆粕(TDN:72.8%、CP:15.2%)、中期(15~22 か月齢)が 15%圧片大麦、50%圧片トウモロコシ、30%フスマ、5%大豆粕(TDN:73.8%、CP:12.9%)、後期(23~30 か月齢)が 25%圧片大麦、50%圧片トウモロコシ、20%フスマ、5%大豆粕(TDN:74.9%、CP:12.4%)であった。粗飼料は 1 日 2 回制限給餌し、10~12 か月齢時はチモシー乾草を日量 4kg から 3kg へと徐々に減らして与え、13~30 か月齢時はとウィートストローを日量 3kg から 1kg へと徐々に少なくして与えた。牛は柵の中で飼い、電子ゲート(ドアフィーダー、American Calan Inc、アメリカ)によって個々に自由に飼料を摂取できるようにした。また、水と鉱塩も自由に摂取できるようにした。体重、体高及び胸囲は毎月測定し 30 か月齢で屠畜した。

表1 黄土粘土の化学成分

化学成分		濃度 <sup>a</sup> (%)
ケイ酸	SiO <sub>2</sub>	66.8
酸化アルミニウム	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	19.2
酸化鉄	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.4
酸化カリウム	K <sub>2</sub> O	2.6
酸化マグネシウム	MgO	2.2
酸化ナトリウム	CaO	1.3
酸化カルシウム	Na <sub>2</sub> O	1.2
酸化チタン	TiO <sub>2</sub>	0.7
酸化マンガン	MnO	0.1

<sup>a</sup>乾物中の値

### 脂肪壊死症の検査

20 か月齢以降直腸検査により脂肪壊死塊の有無を確認した。屠畜時には腹腔内の全ての脂肪において脂肪壊死塊を調べた。1 頭当たりの壊死塊の大きさは個々の壊死塊の体積(縦×横×長さ)の合計で示した。

### 枝肉の分析

枝肉は 48 時間冷蔵された後、6-7 肋骨間を切開し、日本食肉格付協会の格付員によって日本食

肉格付規格(JMGA 1988)に従い格付けされた。脂肪サンプルは 6-7 肋間の胸最長筋と皮下脂肪及び腎臓周囲脂肪からスライドグラスで掻き取った。サンプルは分析するまで-40℃で保存し、脂肪酸組成の分析(Oka ら 2002)に用いた。

#### 血液採取と血液成分分析

血液サンプルは 2 か月間隔で 13 時から 14 時の間に頸静脈から採取した。血液を遠心分離して得られた血漿は分析まで-40℃で保存した。血漿中尿素窒素、総コレステロール、トリグリセリド、GOT 及び  $\gamma$ -GTP 濃度は自動分析装置((DRI-CHEM 5500、富士フイルム)で分析し、血漿中遊離脂肪酸濃度は測定キット(NEFA-C test、和光純薬工業)を用いて測定した。血漿中ビタミンAとビタミンE濃度は高速液体クロマトグラフィで測定した(Abe ら 1977, 1979)。

#### 統計処理

両区間の飼料摂取量、体重、体高、胸囲、平均増体量(ADG)、枝肉形質、血液成分及び脂肪壊死塊の数と大きさは Student's t-test または Welch's t-test で有意差検定を行った。分散が等しい場合は Student's t-test を用い、分散が等しくない場合は Welch's t-test を用いた。両区間の脂肪壊死塊の発生率はカイ二乗検定で比較した。P < 0.05 で有意差ありとした。

### 結果

#### 飼料摂取量、体重及び ADG

黄土粘土区は対照区と比較して 18~30 か月齢時及全試験期間中の濃厚飼料の乾物摂取量(DMI)が有意に多かった(表 2)。粗飼料の DMI は両区間で有意な差は認められなかった。黄土粘土区の可消化養分総量(TDN)摂取量は対照区に比べ 18~30 か月齢時に有意に多くなった(表 2)。体重と ADG は試験期間を通じて両区間に有意な差は認められなかった(表 3)。体高と胸囲も試験期間を通じて両区間に有意差は見られなかった。

表2 飼料摂取量

項目	対照		黄土粘土	
	平均	標準偏差	平均	標準偏差
乾物摂取量 (kg)				
濃厚飼料				
10-17か月齢	1028	54	1038	54
18-30か月齢	2078	231	2308	199 *
合計	3106	263	3345	231 *
粗飼料				
10-17か月齢	544	22	548	18
18-30か月齢	366	20	359	33
合計	909	38	907	46
TDN摂取量 (kg)				
10-17か月齢	1152	55	1162	53
18-30か月齢	1960	204	2156	173 *
合計	3112	237	3318	204 †

TDN: 可消化養分総量, \* P<0.05, † P<0.10

表3 体重と1日平均増体量(ADG)

項目	対照		黄土粘土	
	平均	標準偏差	平均	標準偏差
体重 (kg)				
10か月齢	288.7	11.1	287.1	11.6
17か月齢	458.7	24.3	454.4	18.9
30か月齢	647.6	66.5	668.6	52.0
ADG (kg/day)				
10-17か月齢	0.81	0.08	0.80	0.07
18-30か月齢	0.50	0.14	0.57	0.10
合計	0.61	0.11	0.65	0.08

ADG: 1日平均増体量

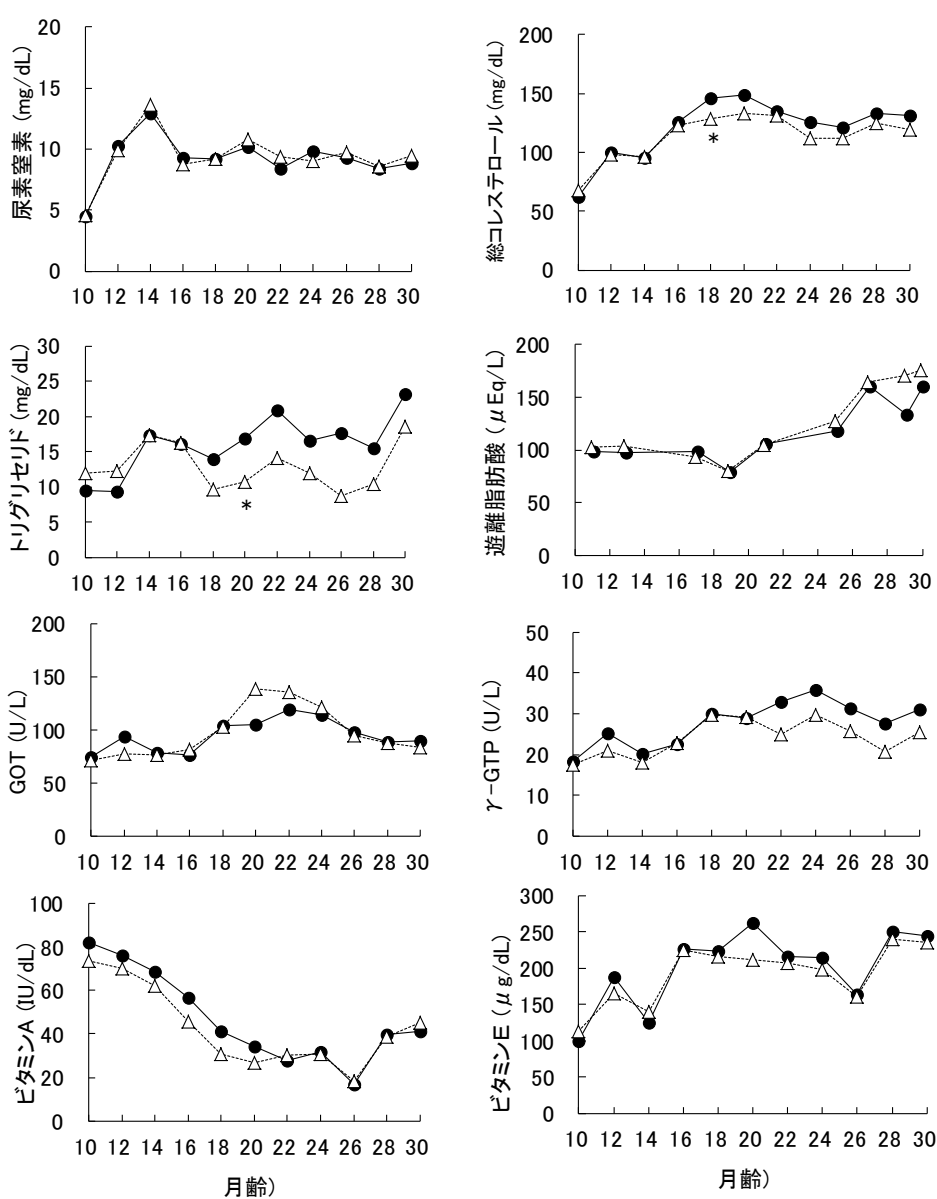


図1 黄土粘土投与区(●)と対照区(△)の血液成分の推移 \*P<0.05

## 血液成分

血漿中総コレステロール濃度は 18 か月齢時に黄土粘土区が対照区に比べ有意に高くなった(図 1)。血漿中トリグリセリド濃度は 20 か月齢時に黄土粘土区が対照区に比べ有意に高くなった(図 1)。血漿中尿素窒素、遊離脂肪酸、GOT、 $\gamma$ -GTP、ビタミンA及びビタミンEは両区の間には有意な差は見られなかった。

## 脂肪壊死塊の発生と大きさ

脂肪壊死塊は直腸検査で20か月齢時に対照区の1頭に認められた。その後、対照区の脂肪壊死塊保有頭数は徐々に増え30か月齢時には5頭になった。一方、黄土粘土区の脂肪壊死塊は30か月齢時点で直腸検査では見つけられなかった。

対照区の屠畜時の脂肪壊死塊発生率は非常に高く(90%)、さらに部位による差が見られた(直腸周囲脂肪80%、腸間膜脂肪50%、腎臓周囲脂肪40%)(表4)。黄土粘土区の脂肪壊死塊発生率は対照区よりも有意に低く30%であった(表4)。1頭当たりの脂肪壊死塊の数も黄土粘土区が対照区よりも有意に少なかった(表4)。腸間膜と腎臓周囲脂肪の脂肪壊死塊の大きさは、黄土粘土区が対照区よりも有意に小さかった(図2)。

項目	対照	黄土粘土
1頭当たりの脂肪壊死塊保有数	3.7	0.7*
発生率(%)		
直腸周囲脂肪	80	30*
腸間膜脂肪	50	10
腎臓周囲脂肪	40	0*
合計	90	30**

\* $P<0.05$ , \*\* $P<0.01$

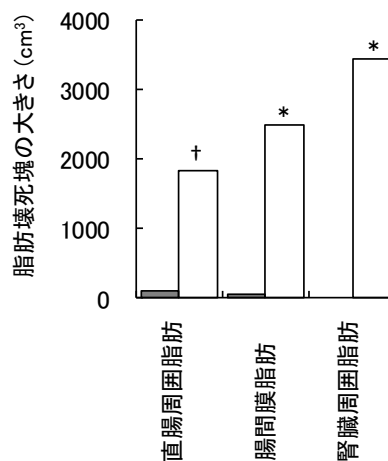


図2 黄土粘土投与区(■)対照区(□)の脂肪壊死塊の大きさ

\* $P<0.05$ , † $P<0.10$

表5 枝肉形質

項目	対照		黄土粘土	
	平均	標準偏差	平均	標準偏差
枝肉重量 (kg)	398.3	43.5	412.6	33.3
脂肪交雑 (BMS No.)	5.9	1.0	6.3	0.9
肉色 (BCS No.)	3.4	0.5	3.7	0.5
ロース芯面積 (cm <sup>2</sup> )	47.9	5.7	51.2	5.0
バラ厚 (cm)	6.5	0.8	6.6	0.7
皮下脂肪厚 (cm)	2.6	0.6	2.6	0.6
歩留基準値 (%)	72.8	1.0	73.1	1.0

表6 胸最長筋脂肪、皮下脂肪及び腎臓周囲脂肪の脂肪酸組成

項目	対照		黄土粘土	
	平均	標準偏差	平均	標準偏差
皮下脂肪 (%)				
ミリスチン酸(C14:0)	2.23	0.23	2.24	0.14
ミストレイン酸(C14:1)	2.31	0.42	2.24	0.31
パルミチン酸(C16:0)	21.99	0.86	22.23	0.56
パルミトレイン酸(C16:1)	7.96	0.89	7.90	0.71
ステアリン酸(C18:0)	6.42	0.83	6.04	0.74
オレイン酸(C18:1)	56.84	1.45	56.52	0.98
リノール酸(C18:2)	2.17	0.32	2.72	0.61 *
リノレン酸(C18:3)	0.09	0.02	0.11	0.03 *
飽和脂肪酸	30.63	1.07	30.51	0.92
モノ不飽和脂肪酸	67.11	0.94	66.65	1.15
多価不飽和脂肪酸	2.26	0.33	2.84	0.63 *
胸最長筋脂肪 (%)				
ミリスチン酸(C14:0)	2.54	0.20	2.33	0.16 *
ミストレイン酸(C14:1)	1.09	0.13	1.04	0.09
パルミチン酸(C16:0)	25.97	1.32	25.00	1.61
パルミトレイン酸(C16:1)	4.37	0.41	4.35	0.36
ステアリン酸(C18:0)	11.22	1.45	11.10	1.06
オレイン酸(C18:1)	52.92	1.66	53.76	1.98
リノール酸(C18:2)	1.82	0.24	2.34	0.45 **
リノレン酸(C18:3)	0.07	0.01	0.09	0.02 *
飽和脂肪酸	58.38	1.82	59.14	2.38
モノ不飽和脂肪酸	39.73	1.71	38.43	2.43
多価不飽和脂肪酸	1.89	0.25	2.43	0.47 **
腎臓周囲脂肪 (%)				
ミリスチン酸(C14:0)	1.99	0.33	1.91	0.33
ミストレイン酸(C14:1)	0.53	0.20	0.52	0.16
パルミチン酸(C16:0)	21.86	1.67	21.43	1.83
パルミトレイン酸(C16:1)	2.71	0.51	2.86	0.44
ステアリン酸(C18:0)	20.05	3.47	19.73	2.87
オレイン酸(C18:1)	50.95	3.58	51.05	3.40
リノール酸(C18:2)	1.85	0.25	2.40	0.65 *
リノレン酸(C18:3)	0.07	0.01	0.09	0.03 *
飽和脂肪酸	43.89	3.99	43.08	3.64
モノ不飽和脂肪酸	54.20	3.99	54.43	3.63
多価不飽和脂肪酸	1.92	0.26	2.49	0.67 *

飽和脂肪酸は14:0、16:0及び18:0の合計

モノ不飽和脂肪酸は14:1、16:1及び18:1の合計

多価不飽和脂肪酸は18:2と8:3の合計

## 枝肉形質

枝肉重量、脂肪交雑、肉色、ロース芯面積、バラ厚、皮下脂肪厚及び歩留基準値は、両区間に有意な差が認められなかった(表 5)。筋肉内脂肪、腎臓周囲脂肪及び皮下脂肪の脂肪酸組成ではリノール酸、リノレン酸及び多価不飽和脂肪酸割合は、対照区よりも黄土粘土区で有意に高かった(表 6)。飽和脂肪酸とモノ不飽和脂肪酸割合は両区間に有意な差は見られなかった。

## 考察

肥育牛の脂肪壊死症に対する黄土粘土の予防効果を調べるためには、対照区の牛において脂肪壊死塊が発生することが不可欠であった。牛の脂肪壊死症の発生機序には遺伝(Abe ら 1998)と過肥(Shimada と Morinaga 1977; Oka ら 1988; Katamoto ら 1996)が関係していることが示唆されていた。本研究の前に我々は兵庫県有種雄牛の産子について脂肪壊死塊の発生率を調査し、本研究において脂肪壊死塊を発生させるために脂肪壊死塊の発生率の高かった種雄牛の産子を用いた。加えて、用いた去勢牛は10か月齢時の肥育度指数が250以上の過肥の牛(Oka と Iwamoto 2007)を選んだ。それらの牛に試験当初から比較的多量の濃厚飼料を与えた。その結果、対照区の牛に高い割合で脂肪壊死塊が発生した。

対照区の2頭に脂肪壊死症による食欲不振が見られたため、18~30か月齢時のTDN摂取量は黄土粘土区が対照区に比べ有意に多くなった。血漿中総コレステロールとトリグリセリド濃度は18か月齢以降対照区が黄土粘土区よりも低い傾向が見られた。TDN摂取量が総コレステロールとトリグリセリド濃度に影響したものと考えられる。

壊死塊の発生率は直腸周囲脂肪よりも腸間膜脂肪が低かった。島田ら(1978)は脂肪壊死塊の発生率は数箇所の脂肪組織では結腸腸間膜脂肪で最も高かったと報告している。彼らは、食欲不振、下痢症及び便秘などの臨床症状を示した牛を調査した。そのような臨床症状は脂肪壊死塊が腸を圧迫しているときに見られる。そのため彼らは結腸周囲の腸間膜脂肪で多くの脂肪壊死塊を見つけた。本研究では、食欲不振を示した2頭の去勢牛が腸を圧迫する脂肪壊死塊を保有していた。枝肉形質では、脂肪交雑、肉色、ロース芯面積及び皮下脂肪厚は両区間に有意な差が認められなかった。これらの結果は、黄土粘土が黒毛和種の枝肉形質に影響しないことを示唆する。

牛肉脂肪のモノ不飽和脂肪酸割合は牛肉の風味に影響する(Sakuma ら 2012; Suzuki ら 2013)。胸最長筋脂肪のモノ不飽和脂肪酸割合が両区間で差がなかったことから黄土粘土の投与は牛肉の風味に影響しないことが示唆された。

脂肪壊死症が発症している牛では正常脂肪に比べ壊死脂肪は飽和脂肪酸割合が高く不飽和脂肪酸割合が低いことが報告されている(Rumsey ら 1979; Shimada 1979)。このことから、脂肪壊死症の原因的要素としては正常脂肪細胞の脂肪構成が最初に変化すると考えられていた(Rumsey ら 1979)。本研究では、正常な脂肪のサンプルを分析したため、両区の飽和脂肪酸割合とモノ不飽和脂肪酸割合に差は見られなかった。Katamoto ら(1996)もまた脂肪壊死塊を持った未経産牛と正常な未経産牛で脂肪酸組成に差がなかったと報告し、蓄積脂肪における飽和脂肪酸の増加は牛の脂肪壊死症の初期原因ではないと述べている。

枝肉脂肪の多価不飽和脂肪酸割合は対照区よりも黄土粘土投与区で高くなった。我々は、16～30 か月齢時に粗飼料/濃厚飼料比が低い飼料を与えた牛がその比率が高い飼料を与えた牛よりも筋肉内、筋間及び皮下脂肪のリノレン酸が高いことを報告した(Okaら 2001)。本研究において、18～30 か月齢時における黄土粘土投与区の粗飼料/濃厚飼料比率は対照区よりも低かった。粗飼料/濃厚飼料比率が多価不飽和脂肪酸割合に影響したかもしれない。現時点では脂肪壊死症に対する黄土粘土の作用機序は不明であり、更なる研究が必要である。以上のことから、黄土粘土を黒毛和種去勢肥育牛に与えると脂肪壊死症を予防でき、また、黄土粘土は枝肉形質に悪影響を及ぼさないと考えられる。

## 謝辞

黄土粘土を提供していただいた前川氏(前川産業(株))に深謝します。また、動物の飼育管理と実験を補助していただいた兵庫県立農林水産技術センターの職員に感謝します。

## 参考文献

- Abe K, Ishibashi K, Ohmac M, Kawabe K, Katsui G. 1977. Determination of vitamin A in serum and liver by high- speed liquid chromatography. *Vitamin* 51, 275-280.
- Abe K, Ohmae M, Kawabe K, Kamei G. 1979. Application of micro particle columns for the high-performance liquid chromatographic determination of vitamin A, E and ubiquinone. *Vitamin* 53, 385-390.
- Abe S, Ogawa A, Watanabe E, Yaguti N, Sakai J, Sakai T. 1998. Fat necrosis in fattening Japanese Black cattle and bull strains. *Journal of the Japan Veterinary Medical Association* 51, 187-189.
- Carretero MI. 2002. Clay minerals and their beneficial effects upon human health. A review. *Applied Clay Science* 21, 155-163.
- Katamoto H, Yukawa T, Shimada Y. 1996. Lipogenic and lipolytic activities in isolated adipocytes from cattle with fat necrosis. *Research in Veterinary Science* 61, 214-217.
- Katamoto H, Yoneda N, Shimada Y. 1991. Effects of isoprothiolane and phytosterol on adipocyte metabolism and fatty acid composition of serum and tissue lipids in rats. *Journal of Veterinary Medical Science* 53, 905-910.
- Japan Meat Grading Association (JMGA). 1988. New beef carcass grading standards. Japan Meat Grading Association, Tokyo, Japan.
- Lindemann MD, Blodgett DJ, Kornegay ET, Schurig GG. 1993. Potential ameliorators of aflatoxicosis in weanling/growing swine. *Journal of Animal Science* 71, 171-178.
- Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries. 2013. Statistic table of mutual relief and insurance for livestock.
- Motoi Y, Kinno S, Minamino K, Shimbayashi K, Ushimi C. 1984. Treatment and clinicobiochemical observations of cows affected with fat necrosis. *Japanese Journal of Veterinary Science* 46,



281-289.

- Oka A, Iwaki F, Dohgo T. 2001. Effects of dietary roughage level on growth and meat quality in the Tajima strain of Japanese Black steers at middle- and late-fattening stages. *Bulletin of the Hyogo Prefectural Technology Center for Agriculture, Forestry and Fisheries (Animal Husbandry Section)* 37, 14-19.
- 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* 80, 1005-1011.
- Oka A, Iwamoto E. 2007. Effects of restricted feeding of concentrate during the early fattening period on growth, carcass characteristics and fat necrosis of Japanese Black steers. *Bulletin of the Hyogo Prefectural Technology Center for Agriculture, Forestry and Fisheries (Animal Husbandry Section)* 43, 1-5.
- Oka A, Yamasaki T, Shibatani M, Suzuki T, Saito T. 1988. Efficacy of isoprothiolane for the treatment of fat necrosis in cattle. *British Veterinary Journal* 144, 507-514.
- Papaioannou D, Katsoulos PD, Panousis N, Karatzias H. 2005. The role of natural and synthetic zeolites as feed additives on the prevention and/or the treatment of certain farm animal diseases: A review. *Microporous and Mesoporous Materials* 84, 161-170.
- Queiroz OC, Han JH, Staples CR, Adesogan AT. 2012. Effect of adding a mycotoxin-sequestering agent on milk aflatoxin M<sub>1</sub> concentration and the performance and immune response of dairy cattle fed an aflatoxin B<sub>1</sub>-contaminated diet. *Journal of Dairy Science* 95, 5901-5908.
- Rumsey TS, Stuedemann JA, Wilkinson SR, Williams DJ. 1979. Chemical composition of necrotic fat lesions in beef cows grazing fertilized ‘‘Kentucky-31’’ tall fescue. *Journal of Animal Science* 48, 673-682.
- Sakuma H, Saito K, Sowa T, Asano S, Kohira K, Okumura T, Yamada S, Kawamura T. 2012. Effect of crude fat content and fatty acid composition on sensory characteristics of *M. longissimus dorsi* of Japanese Black steers. *Nihon Chikusan Gakkaiho* 83, 291-299.
- Schell TC, Lindemann MD, Kornegay ET, Blodgett DJ, Doerr JA. 1993. Effectiveness of different types of clay for reducing the detrimental effects of aflatoxin-contained diets on performance and serum profiles of weanling pigs. *Journal of Animal Science* 71, 1226-1231.
- Shimada Y. 1979. Studies on adiponecrosis in cattle. IV. Biochemical findings of adipose tissue of fatally affected cattle. *Journal of the Japan Veterinary Medical Association* 32, 265-271.
- Shimada Y, Inoue F, Fujioka K, Otagaki S, Inohae S, Morinaga H, Yamashita M. 1979. Studies on liponecrosis in cattle. V. Treatment and prevention. *Journal of the Japan Veterinary Medical Association* 32, 331-340.
- Shimada Y, Katamoto H, Ishida S, Kobayashi K, Tohyoh H. 1988. Therapeutic effect of isoprothiolane on bovine fat necrosis. *Japanese Journal of Veterinary Science* 50, 1017-1024.

- Shimada Y, Morinaga H. 1977. Studies on bovine adiponecrosis. I. Epizootiological observation on adiponecrosis. *Journal of the Japan Veterinary Medical Association* 30, 584-588.
- Shimada Y, Yamazaki M, Shibatani M. 1978. Studies on fat necrosis in cattle. II. Pathological observation. *Journal of the Japan Veterinary Medical Association* 31, 528-533.
- Stuedemann JA, Rumsey TS, Bond J, Wilkinson SR, Bush LP, Williams DJ, Caudle AB. 1985. Association of blood cholesterol with occurrence of fat necrosis in cows and tall fescue summer toxicosis in steers. *American Journal of Veterinary Research* 46, 1990-1995.
- Suzuki K, Yokota S, Shioura H, Shimazu T, Iida F. 2013. Effect of meat grade, gender of the animal, and fatty acid content on the eating quality of Japanese Black beef meat determined using testing panel. *Nihon Chikusan Gakkaiho* 84, 375-382.
- Tanaka K, Ohtani S. 1989. Effects of diisopropyl 1,3-dithiolan-2-ylidenemalonate (NKK-100) on lipogenesis and lipolysis of adipose tissues in ruminants. *Japanese Journal of Zootechnical Science* 60, 648-652.
- Williams LB, Haydel SE. 2010. Evaluation of the medical use of clay minerals as antibacterial agents. *International Geology Review* 52,745-770.

