

Bulletin of
Shizuoka Prefectural
Research Institute of Animal Industry
Swine & Poultry Research Center

No. 2

February, 2009

**静岡県畜産技術研究所
中小家畜研究センター研究報告**

第 2 号

平成 21 年 2 月

静岡県畜産技術研究所中小家畜研究センター
静岡県畜産経営環境技術センター

静岡県菊川市西方 2 7 8 0
Kikugawa-shi, Shizuoka-ken
Japan

静岡畜技研中小研セ研報
Bull, Shizuoka
Swine & Poultry
Res. Cen.
No. 2

静岡県畜産技術研究所中小家畜研究センター研究報告 第2号 (2009)

目 次

1. GFP 遺伝子導入体細胞金華豚の特性調査：
 - 1 発育、繁殖能力と組織での GFP の発現 1
河原崎達雄、内山和彦¹、東 貞宏¹、大竹正剛²、柴田昌利、土屋聖子³
吉野浩之⁴、村上 孝⁴、袴田陽二⁴、田中穂積⁴、小林英司⁴
(1：北里大学医学部、2：現中遠農林事務所、3：現東部農林事務所、4：自治医科大学)
2. デュロック種にマーカーアシスト導入された金華豚シェアバリュー QTL の効果 9
柴田昌利、奥村華子¹、堀内 篤
(1 現：(有)バリューファームコンサルティング)
3. 低リジン飼料給与が筋肉内脂肪に及ぼす影響 15
大津雪子、柴田昌利、奥村華子¹、大竹正剛²、塩谷聡子、寺田 圭³
河原崎達雄、堀内 篤
(1 現：(有)バリューファームコンサルティング、2 現：中遠農林事務所、3 現：西部農林事務所)
4. ホップ抽出物残渣の鶏への給与が産卵に及ぼす影響 23
池谷守司、松井繁幸、山下晋司¹
(1：サッポロビール株式会社価値創造フロンティア研究所)
5. モウソウチクサイレージの鶏飼料への応用 27
松井繁幸、蔡 義民¹、大石誠一²、横越英彦³、岩澤敏幸⁴、中村茂和、
池谷守司、関 哲夫
(1：(独)農業・食品産業技術研究機構 畜産草地研究所、2：丸大鉄工株式会社、
3：静岡県立大学、4 現：静岡県立農林大学校)
6. 佐鳴湖ヨシの水質浄化機能と刈り取り後の飼料利用技術 35
松井繁幸、岩澤敏幸¹、池谷守司
(1 現：静岡県立農林大学校)
7. 竹粉サイレージの給与が肉用鶏および採卵鶏の排せつ物臭気に及ぼす影響 43
中村茂和、松井繁幸、杉山 典、黒田博通
8. フーリエ変換赤外分光法による豚糞の分析と、その油化反応の検討 49
杉山 典、中村茂和、黒田博通
9. 環境に優しい畜産経営手法の提言 57
黒田博通、杉山 典、中村茂和、関 哲夫

Bulletin of
Shizuoka Prefectural
Research Institute of Animal Industry
Swine & Poultry Research Center
No. 2 2009

Contents

1. Profile of GFP-Transgenic Jinhua Pigs: 1
1 Growth and Reproductive Performance, and GFP Expression in Tissues
Tatsuo Kawarasaki, Kazuhiko Uchiyama¹, Sadahiro Azuma¹, Masayoshi Otake²,
Masatoshi Shibata, Seiko Tsuchiya³, Hiroyuki Yoshino⁴, Takashi Murakami⁴,
Yoji Hakamada⁴, Hozumi Tanaka⁴, Eiji Kobayashi⁴
(1 : Kitasato University School of Medicine, 2 : Shizuoka Prefectural Thyuen Agriculture and Forestry Office,
3 : Shizuoka Prefectural Toubu Agriculture and Forestry Office, 4 : Jichi Medical University)
2. Effect of shear value QTL of Jinhua pig introduced into 9
Duroc breeds by marker-assisted introgression method.
Masatoshi Shibata, Hanako Okumura¹, Atsushi Horiuchi
(1 : Value Farm Consulting Corp.)
3. Effect of low lysine diet on the intramuscular fat in Pigs 15
Yukiko Otsu, Masatoshi Shibata, Hanako Okumura¹, Masayoshi Otake²,
Satoko Enya, Kei Terada³, Tatsuo Kawarasaki, Atsushi Horiuchi
(1 : Value Farm Consulting Corp., 2 : Shizuoka Prefectural Thyuen Agriculture and Forestry Office,
3 : Shizuoka Prefectural Seibu Agriculture and Forestry Office)
4. The effect of feeding spent hop extraction on egg production in hen. 23
Moriji Ikeya, Shigeyuki Matsui, Shinji Yamashita¹
(1 : SAPPOROBEEER BREWERIES LTD.Frontier Laboratories of Value Creation)
5. Application of Bamboo silage to poultry feeding 27
Shigeyuki Matsui, Yimin Cai¹, Seiichi Oishi², Hidehiko Yokogoshi³,
Toshiyuki Iwasawa⁴, Shigekazu Nakamura, Moriji Ikeya, Tetsuo Seki
(1 : National Institute of Livestock and Grassland Science, 2 : Marudaitekkou Corp.,
3 : University Shizuoka, 4 : Shizuoka Prefectural Agriculture and Forestry College)
6. The function of water purification of reed in Lake Sanaru and 35
the utility of mowed reed as feed.
Shigeyuki Matsui, Toshiyuki Iwasawa¹, Moriji Ikeya
(1 : Shizuoka Prefectural Agriculture and Forestry College)
7. Effect of feeding bamboo silage on odor of feces in broiler chicks and hens. 43
Shigekazu Nakamura, Shigeyuki Matsui, Tsukasa Sugiyama, Hiromichi Kuroda
8. Evaluation of pig feeds and slurries by FT-IR spectroscopy, and 49
oilification of pig slurry organics.
Tsukasa Sugiyama, Shigekazu Nakamura, Hiromichi Kuroda
9. Proposal for eco-friendly stock raising management technique. 57
Hiromichi Kuroda, Tsukasa Sugiyama, Shigekazu Nakamura, Tetsuo Seki

GFP 遺伝子導入体細胞金華豚の特性調査：

1 発育、繁殖能力と組織での GFP の発現

Profile of GFP-Transgenic Jinhua Pigs:

1 Growth and Reproductive Performance, and GFP Expression in Tissues

河原崎達雄、内山和彦¹、東 貞宏¹、大竹正剛²、柴田昌利、土屋聖子³
吉野浩之⁴、村上 孝⁴、袴田陽二⁴、田中穂積⁴、小林英司⁴

要約：本研究では体細胞クローン技術により GFP 遺伝子導入ブタを作出し、その特性について調査した。金華豚の耳の皮膚由来体細胞に、エレクトロポレーション法により EGFP 遺伝子を導入し、核移植により体細胞クローン金華豚を作出した。誕生した 2 頭の金華豚はいずれも紫外線下で緑色蛍光を呈し、PCR 解析により GFP 遺伝子特異配列が検出された。1 頭の GFP 遺伝子導入ブタは成体となり、繁殖能力も正常であることが確認された。GFP 遺伝子導入ブタの後代ブタ 85 頭中 42 頭 (45.9%) が GFP を発現しており、GFP 遺伝子は後代に確実に伝達されることが確認された。また、GFP は殆どの組織において発現しており、再生医療などの実験に活用可能であることが示唆された。

(静岡畜技研中小研セ研報 2, 1~7, 2009)

緒 言

ブタは解剖学的、生理学的に人に近く、前臨床実験に活用される実験動物として注目を集めている。これらの医療用に活用するための実験ブタでは、病気のモデルとなる特性を持たせたり、解析が可能になるように遺伝子の組み換えを行うことが非常に有効である。しかし、確実な ES 細胞が樹立されていないブタなどの家畜では、遺伝子組み換え動物の作出は前核に直接遺伝子を注入する方法がとられてきたが、目的とする機能を持つ遺伝子組み換えブタを作る確率は低いものであった。最近になり体細胞クローンブタの作出が可能となり (Betthausen ら 2000、Onishi ら 2000、Polejaeva ら 2000、河原崎ら 2003)、ブタにおいても比較的自由に遺伝子組み換えを行うことができるようになってきた。ES 細胞の代わりに体細胞を活用することにより、体外での遺伝子の組換え、セレクションが可能となり、目的とするトランスジェニックブタの作出効率が高まった (Park ら 2001、

Watanabe ら 2005)。また、特定の部位の相同組換えを行い、遺伝子をノックアウトすることも可能となった (Lai ら 2002)。

GFP 遺伝子は、オワンクラゲからとられた、緑色蛍光タンパク質を発現させる遺伝子で、他の生物に導入されても単独で発現でき (宮脇敦史 2000)、GFP タンパク質と他の遺伝子を融合して発現させることにより、生体内で遺伝子の動態を可視化できることなどが分かり、生体機能解析ツールとして広く活用されている (西真弓と河田光博 2000)。GFP 遺伝子導入マウスやブタ (Park ら 2001、Watanabe ら 2004、Kurome ら 2006) がすでに報告されている。しかし、GFP の発現強度は、挿入される遺伝子座やコピー数に影響され、偶然に決まる。したがって、医療用実験等に活用するに当たっては、作製された動物の特徴を解析することが基本情報として必要である (小林英司と袴田陽二 1996)。

本研究では、体細胞クローン技術を活用して、GFP 遺伝子導入ブタの作出を試み、作出に成

(1：北里大学医学部、2：現中遠農林事務所、3：現東部農林事務所、4：自治医科大学)

功したクローンブタについて、発育、繁殖能力、GFP 遺伝子の発現様式を調査し、実験動物として活用可能かどうかを検討した。

材料および方法

ベクターの DNA コンストラクトおよびその検出

ベクターの DNA コンストラクトは図 1 に示すように、Cytomegalovirus immediate early enhancer (CMV-IE)、チミジンキナーゼ (TK) プロモーター、ネオマイシン耐性遺伝子を含んだ EGFP で、5.2kb からなる。この配列はプライマーセット 5'-tgaaccgcatcgagctgaag gg-3'、5'-tccagcagga ccatgtgatcgc-3'により、EGFP 配列部位の 307bp を増幅することが可能である。

体細胞への遺伝子の導入

体細胞は 4 日齢、雌金華豚の皮膚細胞を用いた。耳小片を細切、0.25%トリプシン、0.04% EDTA 添加 PBS 液で浸漬、攪拌、細胞を分散させ、10% FCS 添加 DMEM 培養、コンフルエントまで増殖し、一旦凍結保存した。凍結保存してあった体細胞を融解し、10% FCS 添加 DMEM で 106~107 まで増殖し、遺伝子はエレクトロポレーション法 (三寶 2000) により体細胞へ導入した。G418 を 150 μ g/ml 添加した培養液中で 14 日間培養し、遺伝子導入細胞をセレクションした。その後、48 ウェルシャーレに 1 個ずつの細胞を移植、35mm シャーレを経て、60mm シャーレでコンフルエントになるまで継代、増殖し、強い蛍光を示すものを核移植に用いた。

核移植試験

と畜場で未成熟ブタの卵巣を採取し、直径 3 - 5 mm の卵胞を小型のメスで破碎することにより未成熟卵子を採取し、卵丘細胞が数層付着した卵子卵丘細胞複合体 (COCs) を培養に供した。成熟培養は基礎培養液に NCSU37

(Petters と Wells 1993) を用い、Kikuchi ら (2000) の方法に準じて行った。すなわち、基礎培養液に 10%ブタ卵胞液、0.6mM cysteine、10IU/ml eCG、10IU/ml hCG、1mM dbcAMP を添加し、500 μ l の培養液に 30 個の COCs を入れて 20 時間培養し、その後 eCG、hCG、dbcAMP を含まない培養液に移し、培養開始後 38 時間前後に hyaluronidase 処理後ピペッティングにより機械的に卵丘細胞を除去し、極体放出の有無を確認した。未受精卵子核の除去、体細胞核の移植、活性化処理は Onishi ら (2000) の方法に準じて顕微注入法により行なった。ピエゾマニピュレータを用いて除核、未受精卵子に微細ガラス管で体細胞核を細胞質内に直接移植し、体細胞核を 2 時間以上細胞質内で感作させ、hCG 投与 54~57 時間後に 150kv/cm、99 μ sec 直流電圧で活性化した。その後の培養は 0.3% BSA 添加 PZM (Yoshioka et al. 2002) で行い、核移植胚は活性化処理の 116 時間後に単為発生胚約 20 個とともに発情発現を採卵ブタより 0~2 日遅く調整したレシピエントブタの卵管に開腹手術により移植した (Kawarasaki ら 2008)。

供試豚の管理

レシピエントブタはデュロック種および大ヨークシャー種の未成熟ブタ (150~190 日齢) を用いた。1.2m \times 2.5m の豚房に単飼育し、種豚用配合飼料 (CP 14.5%、TDN 72.0%) を 2-2.2kg/日 給餌した。体細胞クローン金華豚及びその後代子豚は 4 週齢で離乳し、2 ヶ月令までは哺乳期子豚育成用配合飼料 (CP 18%、TDN 81%)、2 - 3 ヶ月令までは子豚育成用配合飼料 (CP 14.0%、TDN 77.0%) を不断給与し、以降は種豚用配合飼料 (CP 14.5%、TDN 72.0%) を 1~1.2kg/日 給与した。

統計処理

統計処理は Stat View for Windows version 5 (SAS Institute Inc. 1988) を用い

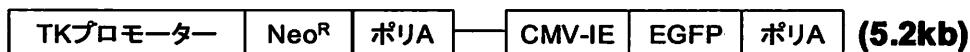


図 1 ベクターのコンストラクト

Cytomegalovirus immediate early (CMV-IE) enhancer、チミジンキナーゼ (TK) プロモーター、ネオマイシン耐性遺伝子を含んだ EGFP で、5.2kb からなる。

た。GFP 遺伝子の有無、雌雄が生時体重、0～4 週齢時の 1 日平均増体重、4～8 週齢時の 1 日平均増体重におよぼす影響を 2 元配置の分散分析法、GFP 遺伝子の有無が哺乳開始率、離乳率に及ぼす影響を X 2 法により解析した。

結 果

体細胞クローンブタの作出成績

249 個の未受精卵子に核移植処置を行い、核移植 110 時間後に 18 個 (9.2%) が桑実胚～胚盤胞期に発育した。桑実胚～胚盤胞期に発育した胚 18 個を 3 頭のレシピエントブタに移植し、2 頭がそれぞれ 1 頭、合計 2 頭 (8.7% : 2/18) のクローン金華豚を分娩した。

誕生した 2 頭のクローンブタは紫外線を照射すると、四肢の蹄、鼻先、口腔内が緑色蛍光を呈し (図 2 A)、PCR 解析においても GFP 遺伝子特異的配列が検出され (図 2 B)、GFP 遺伝子が導入、発現していることが確認された。

体細胞クローン GFP 金華豚の発育と繁殖成績

誕生した GFP 遺伝子導入体細胞金華豚のうち 1 頭は生後 2 日目に死亡したが、1 頭は順調に発育し、成体となった。野生型の金華豚 (遺伝子組み換えをしていない金華豚) の雄から得

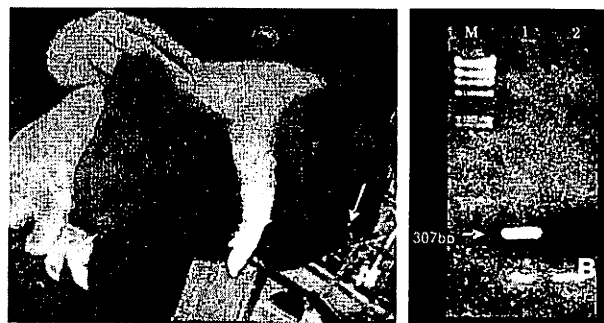


図 2 誕生した GFP 遺伝子導入体細胞クローン金華豚

A: 誕生直後の GFP 遺伝子導入体細胞クローン金華豚 (左)、四肢の蹄、鼻先、口腔に紫外線下で GFP 蛍光が観察される (矢印)。
B: GFP 遺伝子の PCR 産物の電気泳動像; ライン 1: GFP 遺伝子導入体細胞金華豚の皮膚、ライン 2: 一般金華豚の皮膚細胞、M: マーカー、ライン 1 から GFP 遺伝子の特異配列 (307bp) を検出。

た精液で人工授精により 3 回交配したところ、いずれも受胎し、分娩した。3 産次までの平均産子数は 11.0 頭、ほ乳開始率は 87.9%、育成率は 100% と高く、正常な繁殖能力を有していることが確認された (表 1)。

GFP シグナルは 17 頭 (51.9%) で確認され、GFP 遺伝子が確実に後代ブタに伝達されることが確認された (表 1)。

GFP 遺伝子導入ブタの第 2 世代 (GFP 遺伝子導入クローン初代雌ブタの子) の雄ブタ 2 頭を野生型の金華豚合計 5 頭に、人工授精により交配した。その結果、いずれも受胎、分娩し、

表 1 GFP 遺伝子導入体細胞クローン金華豚の繁殖成績

産次	総産子数	GFP 陽性数 (%)	哺乳開始頭数 (%)	離乳頭数 (%)
1	8	3 (37.5)	8 (100)	8 (100)
2	14	8 (57.1)	12 (85.7)	12 (100)
3	11	6 (54.5)	9 (81.8)	9 (100)
平均	11.0	5.7 (51.5)	9.7 (87.9)	9.7 (100)

*GFP 金華豚雌に野生型金華豚の雄を人工授精により交配した。

表 2 GFP 遺伝子導入雄豚の交配成績

雄豚	交配頭数	分娩数 (%)	産子数 (平均)	GFP 陽性頭数 (%)	ほ乳開始頭数 (%)	離乳頭数 (%)
B1	2	2 (100)	14 (7.0)	5 (35.7)	14 (100)	12 (85.7)
B2	3	3 (100)	38 (12.7)	17 (44.7)	36 (94.7)	36 (100)
合計	5	5 (100)	52 (10.4)	22 (42.3)	50 (96.2)	48 (96.0)

*GFP 陽性第 2 世代雄豚 2 頭を野生型の金華豚雌に人工授精により交配した。

平均産子数は 10.4 頭、ほ乳開始率は 96.2%、育成率は 96.0%であった。GFP 遺伝子導入ブタの第 3 世代ブタの GFP 陽性率は 42.3% (22 頭) であった (表 2)。

GFP 遺伝子の保有と発育、育成成績との関連性

第 2, 第 3 世代の GFP 遺伝子導入ブタ 85 頭について、GFP 遺伝子の有無が分娩、育成成績に影響するかどうかを調査した。ほ乳開始率は 89.5~96.3%と高く、GFP 遺伝子の有無による差は認められなかった。育成率は 96.2~100%と高く、GFP 保有の有無による差は認められなかった。生時体重は 785 ± 22g、0~4 週齢の 1 日平均増体重は 144 ± 4 g であり、GFP 遺伝子の有無、雌雄による差は認められなかった (表 3)。しかし、4~8 週齢の 1 日平均増体重は、雌で雄よりも高かった (P<0.01) (表 3)。

GFP 発現プロフィール

第 2 世代の GFP 遺伝子導入金華豚を 3 ヶ月

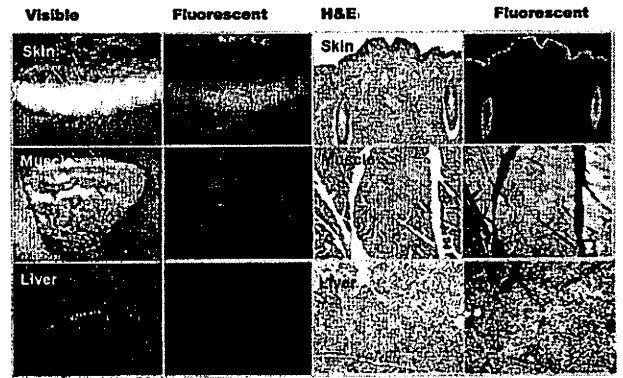


図 3 主要組織での GFP 発現

上の行から 皮膚、筋肉、肝臓、左の列から 可視光下、蛍光下、HE 染色組織標本、凍結切片標本の蛍光観察像。皮膚の上皮細胞、筋肉細胞、肝細胞では強い GFP 蛍光が認められる。

齢でと殺し、GFP の発現を詳細に調査した。殆どの組織において、紫外線下の肉眼、および蛍光顕微鏡下で、GFP 遺伝子の発現が確認された (図 3、表 4)。発現強度は組織によって異なり、筋肉、心臓、脾臓では特に強い発現が認められた。赤血球、皮下結合織、精子では発現が確認されなかった。

表 3 GFP 遺伝子の有無と保育、育成成績

GFP	雌雄	頭数	ほ乳開始頭数 (%)	育成頭数 (%)	生時体重 ± SEM g	1 日平均増体重 ± SEM g	
						0-4 週齢	4-8 週齢*
陽性	雄	19	17 (89.5)	17 (100)	750 ± 31	128 ± 6	275 ± 8
	雌	20	18 (90.0)	18 (100)	818 ± 39	146 ± 8	288 ± 11
陰性	雄	19	18 (94.7)	18 (100)	769 ± 56	145 ± 10	265 ± 12
	雌	27	26 (96.3)	25 (96.2)	796 ± 38	152 ± 6	316 ± 8
合計、平均		85	79 (92.9)	78 (98.7)	785 ± 22	144 ± 4	289 ± 5

*GFP 遺伝子導入初代豚に野生型金華豚の精液を人工授精し、交配した第 2 世代豚、及び第 2 世代豚の雄の精液を用いて野生型金華豚に交配して誕生した第 3 世代豚 85 頭について調査した。

a : 雄と雌の間に有意差 (P<0.01) を認める。

表 4 組織での GFP 発現

検出方法	臓器、組織における GFP 発現 (発現強度)*	
	陽性	陰性
紫外線照射による 外貌観察	皮膚 (+) 鼻鏡 (++)、蹄 (++)、舌 (++) 口腔粘膜 (+++)	
蛍光顕微鏡による 組織の観察	筋肉 (+++), 心臓 (+++), 肝臓 (++)、腎臓 (++) 肺 (++)、脳 (++)、脾臓 (+)、すい臓 (+++) 胃 (+)、小腸 (+)、大腸 (+)、甲状腺 (+++) 胸腺 (+)、精巣 (+)、卵巣 (+)、眼球 (+)、骨 (+) 軟骨 (+)、臍帯 (+)、胎盤 (+)、血管 (+) 骨髓細胞 (+)、白血球 (+)	皮下結合織、赤血球、精子

* 発現強度 +: 肉眼あるいは蛍光顕微鏡下で蛍光を確認、++: 強い蛍光を確認、+++: 非常に強い蛍光を確認。

考 察

本研究では、体細胞クローン技術により GFP 遺伝子導入ブタを作出した。誕生した GFP 遺伝子導入ブタは正常な発育、繁殖能力を有しており、殆どすべての組織において GFP を発現すること、導入された GFP 遺伝子は後代ブタに伝達されることが明らかとなった。

成体まで発育した GFP 導入金華豚の産子数、ほ乳能力など繁殖能力は野生型の金華豚と差はなく、非常に優れていることが明らかとなった。体細胞クローン動物は遺伝子改変技術として非常に有用であるが、エピジェネティックな変異の発生が報告されている (Inoue ら 2002、Ogonuki ら 2002、Wilmot ら 2002)。一方、体細胞クローンウシ (Lanza ら 2001、渡辺と永井 2006) や体細胞クローンブタ (Greg ら 2003、Onishi 2002、河原崎 2004、Shibata ら 2006、河原崎ら 2007) においても、ある時期を過ぎるまで生存した個体については一般の動物と変わらない発育能力を有している。ブタは他の動物に比較してエピジェネティックな変異が起こりにくく (Kang ら 2001)、成体に達した個体については正常な繁殖能力を有していることが確認されている (Onishi 2002、河原崎 2004、Shibata ら 2006、Williams ら 2006、河原崎ら 2007)。本研究において核移植に用いた GFP 遺伝子導入体細胞は、1 個の細胞を直径 60mm シャーレにコンフルエントになるまで増殖した後核移植に用いたものであり、この間の培養によって 20 回前後細胞分裂していることが予想される。それにもかかわらず、正常な個体が生産できたことから、本研究で用いた金華豚体細胞は体内の培養において遺伝子の変異が起こりにくく、遺伝子改変やその後のクローン作出にとって有用であることが示唆された。

導入された GFP 遺伝子は非常に安定しており、第 2 世代、第 3 世代まで変異することなく伝達されることが確認された。初代の雌ブタから第 2 世代の雌雄に、2 代目の雄ブタから 3 代目の雌雄に伝達されることから、受精卵や精子で利用や保存が可能である。GFP 遺伝子の初代の雌豚から 2 世代ブタへの伝達率は約 50% であった。これは GFP 遺伝子を精子媒介法で

導入した例 (Kurome ら 2006) と一致しており、導入遺伝子は染色体の 1 カ所へ導入されたものと考えられる。

GFP 遺伝子の保有の有無は GFP 遺伝子導入ブタの発育、繁殖能力に大きく影響しないことが明らかとなった。GFP 遺伝子導入ブタはいずれもヘテロで導入遺伝子を保有している。これらの遺伝子をホモで所有した個体についての影響については今後確認することが必要と思われる。

GFP 遺伝子はほとんどすべての組織において発現していることが確認された。遺伝子組み換え動物においては、遺伝子の導入部位や導入コピー数はコントロールできないため、それぞれの組み換え動物においてそのプロファイルを明らかにすることが利用に際して必要である (小林と袴田 2006)。今回は、GFP 遺伝子発現に CMV-IE プロモーターを使用している。このプロモーターは高範囲に、強い遺伝子発現を誘起するプロモーターであり、遺伝子導入金華豚においても殆どすべての組織において予想どおり GFP が発現した。樹立した ES 細胞や体性幹細胞にマーカー遺伝子を導入することは困難なことが多いので、GFP 個体からそれらの細胞をとることが多くなっている (小林英司と袴田陽二 1996)。したがって、殆どの組織において GFP を発現するこのブタは再生医療の移植実験に非常に有用であるものと考えられる。

本研究では、体細胞クローン技術により GFP 遺伝子導入金華豚を作出した。作出された GFP ブタは正常な発育、繁殖能力を有し、殆どすべての組織において GFP が産生されることから、再生医療の実験などに活用できる実験ブタとして有用性が高いことが示唆された。

参考文献

- Betthausen J, Forsberg E, Augenstein M, Childs I, Eilertsen K, Enos J, Forsyth TE, Golueke P, Jurgella G, Koppang R, Lesmeister T, Mallon K, Mell G, Misica P, Pace M, Pfister-Genskow M, Strelchenko N, Voelker G, Watt S, Thompson S, Bishop M, 2000. Production of cloned pigs from

- in vitro systems, *Nat Biotechnol*, 18 : 105-1059.
- Inoue K, Kohda T, Lee J, Ogonuki N, Mochida K, Noguchi Y, Tanemura KK, Ishino T, Ishino F, Ogura A, 2002. Faithful expression of imprinted genes in cloned mice. *Science*, 295 : 297.
- Kang YK, Koo DB, Park JS, Choi YH, Kim HN, Chang WK, Lee KK, Han YM, 2001. Typical demethylation events in cloned pig embryos. Clues on species-specific differences in epigenetic reprogramming of a cloned donor genome. *J Biol Chem*, 276 : 39980-39984.
- Kawarasaki T, Otake M, Tsuchiya S, Shibata M, Matsumoto K, Isobe N. 2008, Co-transfer of parthenogenotes and single porcine embryos leads to full-term development of the embryos. *Anim Reprod Sci* (In press).
- 河原崎達雄, 2004. ブタ体細胞クローン技術の現状. *日豚学誌*, 41 : 49-58.
- 河原崎達雄・大竹正剛・柴田昌利・寺田圭・大津雪子. 2007, 体細胞クローン雄ブタおよび後代雄ブタの繁殖能力. 静岡県畜産技術研究所 中小家畜研究センター研究報告, 1 : 23-30.
- 河原崎達雄・大竹正剛・土屋聖子・柴田昌利. 2003, 細胞核の顕微注入による体細胞クローンブタの作製. 静岡県中小試研究報告, 14 : 7-12.
- Kikuchi K, Onishi A, Kashiwazaki N, Iwamoto M, Noguchi J, Kaneko H, Akita T, Nagai T. 2002. Successful piglet production after transfer of blastocysts produced by a modified in vitro system. *Biol Reprod*, 66 : 1033-1041.
- 小林英司・袴田陽二. 2006, GFP ラット. *分子細胞治療*, 5 : 163-170.
- Kurome M, Ueda H, Tomii R, Naruse K, Nagashima H. 2006, Production of transgenic-clone pigs by the combination of ICSI-mediated gene transfer with somatic cell nuclear transfer. *Transgenic Res*. 5 : 229-240.
- Lai, L., Kolber-Simonds, D., Park, K.W., Cheong, H.T., Greenstein, J.L., Im, G.S., Samuel, M., Bonk, A., Rieke, A., Day, B.N., Murphy, C.N., Carter, D.B., Hawley, R.J., Prather, R.S., 2002. Production of alpha-1,3-galactosyltransferase knockout pigs by nuclear transfer cloning. *Science* 295, 1089-1092.
- Lanza, R.P., J.B. Cibelli, D. Faber, R.W. Sweeney, B. Henderson, W. Nevala, M.D. West and P.J. Wettstein: Cloned cattle can be healthy and normal. *Science*, 294, 1893-1894, 2001.
- 三寶千秋. 2000, エレクトロポレーションによるES細胞への遺伝子導入法: ジーンターゲティングの最新技術. 第1版. 34-41. 羊土社. 東京.
- 宮脇敦史. 2000. GFPの単独発現: GFPとバイオイメージング. 第1版. 50-51 羊土社. 東京.
- 西真弓・河田光博. 2000. 細胞内機能タンパク質の局在・動態の可視化: GFPとバイオイメージング. 第1版. 52-59 羊土社. 東京.
- Ogonuki N, Inoue K, Yamamoto Y, Noguchi Y, Tanemura K, Suzuki O, Nakayama H, Doi K, Ohtomo Y, Satoh M, Nishida A, Ogura A, 2002. Early death of mice cloned from somatic cells. *Nat. Genet.*, 30 : 253-254.
- Onishi A, Iwamoto M, Akita T, Mikawa S, Takeda K, Awata T, Hanada H, Perry ACF, 2000. Pig cloning by microinjection of fetal fibroblast nuclei, *Science*, 289 : 1188-1190.
- Park KW, Cheong HT, Lai L, Im GS, Kuhholzer B, Bonk A, Samuel M, Rieke A, Day BN, Murphy CN, Carter DB, Prather RS, 2001. Production of nuclear transfer-derived swine that express the enhanced green fluorescent protein. *Anim Biotechnol*, 12 : 173-181.
- Petters RM, Wells KD. 1993. Culture of pig embryos. *J Reprod Fertil Suppl*, 48 : 61-73.
- Polejaeva IA, Chen SH, Vaught TD, Page

RL, Mullins J, Ball S, Dai Y, Boone J, walker S, Ayares DL, Colman A, Campbell KHS, 2000. Cloned pigs produced by nuclear transfer from adult somatic cells, *Nature*, 407 : 86-90.

Shibata M, Otake M, Tsuchiya S, Chikyu M, Horiuchi A, Kawarasaki T, 2006. Reproductive and growth performance in Jin Hua pigs cloned from somatic cell nuclei and the meat quality of their offspring. *J Reprod Dev*, 2006 : 583-590.

Watanabe S, Iwamoto M, Suzuki S, Fuchimoto D, Honma D, Nagai T, Hashimoto M, Yazaki S, Sato M, Onishi A. 2004, A novel method for the production of transgenic cloned pigs: electroporation-mediated gene transfer to non-cultured cells and subsequent selection with puromycin. *Biol Reprod*. 2005, 72 : 309-315.

渡辺伸也・永井卓, 2006. わが国における体細胞クローン牛を対象とした健全性調査の実施状況. *日胚移植学誌*. 9 : 14-28.

Williams NE, Walker SC, Reeves DE, Sherrer E, Galvin JM, Polejaeva I, Rampacek G, Benyshek L, Christenson RK, Graves WM, Pratt SL. 2006. A comparison of reproductive characteristics of boars generated by somatic cell nuclear transfer to highly related conventionally produced boars. *Cloning Stem Cells*, 8 : 130-139.

Wilmut I, Beaujean N, Sousa PAD, Dinnyes A, King TJ, Paterson LA, Wells DN, Young LE, 2002. Somatic cell nuclear transfer. *Nature*, 419 : 583-586.

Yoshioka K, Suzuki C, Tanaka A, Anas MKA, Iwamura S. 2002. Birth of piglets derived from porcine zygotes cultured in a chemically defined medium. *Biol Reprod*, 66, 112-119.

デュロック種にマーカーアシスト導入された 金華豚シェアバリュー QTL の効果

Effect of shear value QTL of Jinhua pig introduced into Duroc breeds by
marker-assisted introgression method.

柴田昌利、奥村華子¹、堀内 篤

要約：金華豚のシェアバリュー QTL のマーカーアシスト導入試験の成果を活用して、実用化（銘柄化）を計画している新銘柄豚の差別化のための指標を明確にする目的で、試験豚を 110kg でと殺し、シェアバリュー QTL の効果についてさらに検討した。

試験豚は、金華豚のシェアバリュー QTL をマーカーとして、デュロック種で 2 回戻し交配した豚同士を交配して作出された上記マーカーが金華豚型のホモ個体（以下、JJ 型）13 頭、およびデュロック種のホモ個体（以下、DD 型）10 頭を用いた。

胸最長筋を採取し、シェアバリュー、核酸関連物質（mK 値算出）および遊離アミノ酸（17 物質）をと殺 2 日、1 週間および 2 週間後に測定した。なお、サンプルは真空パックし、測定日まで 4℃ で保存した。シェアバリューは、と殺 2 日後の検査で JJ 型が DD 型に対して有意に柔らかかった。その差はと殺 1 週間後検査でも認められ、新銘柄豚として実用化しても差別化のための指標となることが示唆された。

また、肉の熟成により変化する項目のうち、核酸関連物質から算定する修正 K 値は各測定日を通じてアレル間に差は認められなかった。遊離アミノ酸量は、と殺 1 および 2 週間後に JJ 型が DD 型に比べやや多くなる傾向があったが、シェアバリューとの関係は不明であった。

（静岡畜技研中小研セ研報 2, 9～13, 2009）

はじめに

近年のゲノム解析技術の進歩に伴い、ブタにおいても肉質や産肉性など多くの経済形質に関与する量的形質遺伝子座（Quantitative Trait Loci 以下「QTL」）の探索が盛んに行われている。

当センターでも、金華豚とデュロック種の大規模交雑家系における産肉性および肉質に関する QTL を多数検出した（堀内ら、2003）。さらに、これらの結果を踏まえて、マーカーアシスト導入法により金華豚由来のシェアバリュー（肉の柔らかさの指標）QTL をデュロック種に導入する試験を実施し、戻し交配の各世代および家系内交配豚において、導入した QTL の効果

を検証した（井手ら、2005、2007）。その成果を活用して、現在、戻し交配第二世代の家系内交配豚（BC2F2）による銘柄化を計画している。しかし、これまでのシェアバリュー QTL 効果の成績は 70kg ないし 90kg で出荷し、と殺翌日に測定したものであり、一般的にと殺体重である 110kg での成績や、と殺後時間を経過したものの検討はされていない。そこで今回は、この新銘柄豚の差別化のための指標を明確にするため、110kg でと殺し、経時的に検査を行うとともにシェアバリューが影響する項目について検討した。

（1 現：（有）バリューファームコンサルティング）

材料と方法

1 供試材料

金華豚とデュロック種のF1に、デュロック種を戻し親とする2回の戻し交配を行なうと同時に、マイクロサテライトマーカーにより選抜し、金華豚のシェアバリューQTLをデュロック種に導入した。このQTLを導入した戻し交配第2世代豚同士を交配して作出したシェアバリューQTLがJJ型の個体13頭とDD型の個体10頭を試験に供した。

各試験豚は当センターの慣行法により不断給餌にて肥育した。110kg到達時点までと殺し肉質調査のため胸最長筋を採取した。

2 各試験の実施時期、供試部位及び保存方法

採取した胸最長筋のうち最後胸椎～第4腰椎部を用いて、と殺翌日に筋肉内脂肪含量、筋肉水分含量、遊離アミノ酸、核酸関連物質（最後胸椎部）、pHの測定及び筋線維観察のための採材（第1～第2腰椎部胸最長筋）を行なった。なお、筋線維観察のためのサンプルは筋線維の横断面が出るように切り出し、液体窒素により急速凍結後ビニール袋に入れ試験に供するまで-80℃で保存した。と殺2日後には第3～第4腰椎部胸最長筋を用いてシェアバリューの測定を行なった。

また、最後胸椎の前4胸椎を2胸椎分ずつ真空パックし、4℃で保存し、後部（最後から2、3番胸椎部）は1週間後、前部（最後から4、5胸椎部）は2週間後に遊離アミノ酸、核酸関連物質およびシェアバリューの測定を行なった。

3 試験方法

(1) 発育および筋肉内成分

発育の指標として出荷日齢および体重を測定した。筋肉内成分では、水分含量を135℃2時間乾燥法により、筋肉内脂肪含量をエーテル抽出法により行なった。

(2) 筋線維の形態学的観察

凍結したサンプルをクリオスタットにより、筋線維の走行方向に対して直角になるよう薄切した。切片は酸（pH4.3）およびアルカリ（pH10.5）処理後、ミオシンATPアーゼ反応により染色し、酸処理後のミオシンATPアーゼ反応が強く、アルカリ処理後の反応が陰性も

しくは微弱である筋線維をI型とし、酸処理後のミオシンATPアーゼ反応が陰性もしくは微弱で、アルカリ処理後の反応が強い筋線維をII型とした。

また、筋線維直径の計測はデジタル画像計測ソフト“Micro analyzer ver1.1b”（日本ポラデジタル株式会社）を用いて行った。

(3) シェアバリューの測定

胸最長筋を厚さ約1cmで、幅が2cmとなるように切り出し、ビニール袋に入れて脱気した。次に70℃のウォーターバスを用い60分間加熱調理後30分間流水で冷却した後、肉を1×1cmのスティック状に整形し、Warner-bratzler meat shear (MODEL300)を用いて筋線維の走行に対して直角方向から切断したときのシェアバリュー（shear force value）を測定した。

(4) 遊離アミノ酸の測定

細切した胸最長筋1gに1%スルホサリチル酸を加え、ホモゲナイズ、振とう、遠心分離後、0.45μmのメンブランフィルターでろ過し、アミノ酸自動分析装置（日立L8500）で17物質の測定を行なった。

(5) 核酸関連物質の測定とmK値の算出

細切した胸最長筋1gに5%過塩素酸を加え、ホモゲナイズ、振とう、遠心分離後、2NのKOHにより中和し、5℃で20分静置後、0.45μmのメンブランフィルターでろ過し、高速液体クロマトグラフ（島津製作所LC6A）で測定した。

修正K値（mK値）は、堀内ら（2002）の方法により下記の式から算出した。

$$mK(\%) = (HxR + Hx) \div (IMP + HxR + Hx) \times 100$$

* : HxR ; イノシン、Hx ; ヒポキサンチン、IMP ; イノシン酸

(6) 統計処理

各銘柄間の差をみるための統計処理は、“Stat View”（SAS institute inc.）を用い、t検定を行った。

結 果

1 発育および筋肉内成分

発育の指標とした出荷日齢および出荷体重は JJ 型 (167.8 日、112.6kg) と DD 型(164.7 日、111.3kg)の間に差はみられなかった (表-1)。

筋肉内成分の脂肪含量と水分含量にも JJ 型 (3.9%、71.5%) と DD 型 (3.8%、71.4%) の間に差はみられなかった。

2 筋線維の形態学的観察

筋線維型は JJ 型が I 型 9.6%、II 型 90.4% で DD 型の I 型 10.3%、II 型 89.7%との間で差はみられなかった。筋線維の直径も JJ 型 (82.4 μm) と DD 型 (86.2 μm) の間に有意な差はみられなかった (表 2)。

3 シェアバリューの推移

と殺 2 日後のシェアバリューは、JJ 型 (6.5lb/cm²) が DD 型 (7.7lb/cm²) に対して有意に柔らかく、110kg 出荷においてもシェアバリュー QTL は肉を柔らかくする効果があることが確認された。1 週間後も JJ 型 (5.3lb/cm²) が DD 型 (6.61lb/cm²) に対して有意に柔らかいが、2 週間後には差は小さくなり (JJ 型 5.0lb/cm²、DD 型 5.4lb/cm²)、有意差も無くなった (図 1)。

表 1 発育および肉質

項目	JJ 型 (n=13)	DD 型 (n=10)	
発育	出荷日齢 (日)	167.8±11.8	164.7±9.0
	出荷体重 (kg)	112.6±4.2	111.3±4.5
肉質	筋肉内脂肪 (%)	3.9±0.8	3.8±1.4
	水分含量 (%)	71.5±0.9	71.4±0.8
	PH	5.8±0.1	5.7±0.2

平均値±標準偏差

表 2 筋線維の形態学的観察

項目	JJ 型 (n=13)	DD 型 (n=10)	
筋線維型	I 型	9.6%	10.3%
	II 型	90.4%	89.7%
筋線維径 (μm)	82.4	86.2	

4 遊離アミノ酸および mK 値の推移

遊離アミノ酸 17 物質の推移では、と殺 2 日後では差が無いが、1 週間後には JJ 型 (15.8 μmol/g) が DD 型 (14.2 μmol/g) に比べやや多く、2 週間後には JJ 型 22.7 μmol/g、DD 型 20.1 μmol/g とその差は大きくなる傾向があった (図 2)。しかし、遊離アミノ酸量同様、肉の熟成により変化する核酸関連物質から算出した mK 値は各測定日を通じてアレル間に差は認められなかった (図 3)。

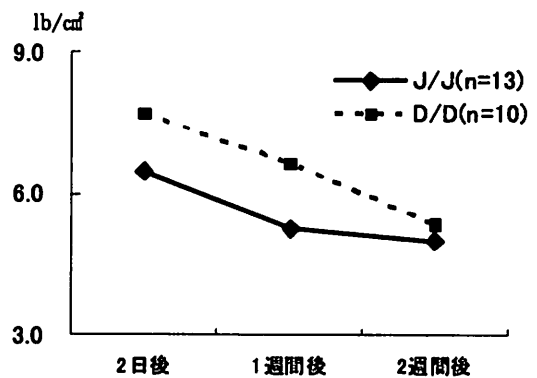


図 1 シェアバリューの推移

* : P<0.05, ** : P<0.01

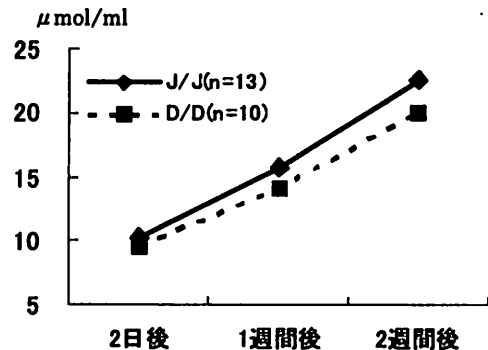


図 2 遊離アミノ酸含量の推移

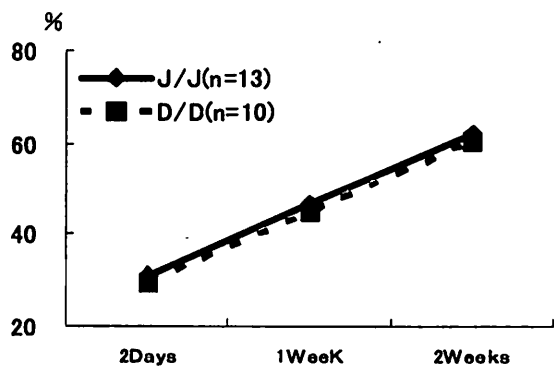


図 3 mK 値の推移

考 察

豚肉の品質のうち、「肉の柔らかさ」は多くの日本人が好み、差別化の指標として重要となる(入江 2002)。しかし、同じ品種の豚でも成長(西海ら、1997)、脂肪交雑の有無(DeVolら 1988、木全ら 2001)など多くの要因の影響を受けるうえに、熟成によっても変化する(Okumuraら 1996、清水ら 2000)。

一方、市販の豚肉は県内産でと殺後4日、広域流通するものでは7日程度経過していると推測され、小売店の店頭には並ぶ時点である程度熟成が進んでいる(柴田ら、2007)。

そこで、当センターにおいて実用化を計画している「マーカーアシスト導入法を活用した新たな銘柄豚」について、実際の流通を想定した110kgと殺におけるシェアバリューを経時的に観察した。

今回、シェアバリュー QTL が見つかった金華豚とデュロック種の大規模交雑家系の試験豚は、70kg と殺、平均出荷日齢は 140 日であり(堀内ら、2003)、シェアバリュー QTL の効果を検証した井手ら(2007)の報告の豚は、平均 150 日齢で 90kg と殺したものであった。これらの豚は金華豚とデュロック種の交配様式が異なるため一概に比較はできないが、一般的には、肉は発育とともに堅くなる(西海ら、1997)といわれている。しかし、110kg、170 日齢で出荷した今回の試験豚においても、と殺 2 日後の試験で JJ 型が DD 型に対して有意に柔らかく、シェアバリュー QTL の効果が確認された。さらに、その効果は豚肉が流通して店頭には並ぶ時期のと殺 1 週間後の検査でも認められた。

したがって、今回導入したシェアバリュー QTL は、新たな銘柄豚として実用化された場合でも、差別化のための指標として効果を発揮すると思われた。

次に、肉を軟らかくする要因について、肉の柔らかさに影響する発育や脂肪交雑の割合は、これまでの戻し交配の各世代や家系内交配豚での試験でも差は認められていない(井手ら、2005、2007)。これまでと同様に、今回の試験豚でも JJ 型と DD 型の間には差はみられなかった。また、今回調査した筋線維の直径および筋

繊維のタイプにも差は認められず、これらの要因はシェアバリューに影響しなかったものと思われた。

今回のシェアバリュー QTL はブタ第 2 染色体のマイクロサテライトマーカー SW766 を近傍とする領域に検出され、この領域にはカルパスタチン遺伝子がマップされている(Ernstら、1998)。また、カルパスタチン遺伝子配列内にマイクロサテライトマーカー(CASTmt)を検出し、これを加えてシェアバリュー QTL の再解析を行った金谷ら(2007)の報告でも、シェアバリュー QTL の有力な候補遺伝子がカルパスタチンであることが示唆されている。カルパスタチンは筋線維タンパクを分解するカルパインの阻害因子であり、さまざまな家畜においてカルパスタチンの多型と屠殺後における肉の軟化との高い関係性が報告されている(Caseら 2006、Koochmaraieら 1991、Ciobanuら 2004)。

今回の経時的な観察において、熟成により変化する物質のうち核酸関連物質から算出する mK 値には JJ 型と DD 型との間に全く差がみられなかったのに対して、遊離アミノ酸では 1 および 2 週間後の検査で、有意差はないが JJ 型が DD 型に比べやや多くなる傾向が見られ、タンパク質の分解に違いがある可能性が示唆された。しかし、と殺直後から差のみられたシェアバリューの推移との異なった動きであり、その関係は不明であった。

今後はカルパスタチンないしカルパインの測定や、コラーゲン由来のアミノ酸の動態等を調査し、肉の軟らかくなる機序を明らかにすることにより、新銘柄豚のセールスポイントを明確にしていきたいと考える。

参考文献

- Casas E, White SN, Wheeler TL, Shackelford SD, Koochmaraie M, Riley DG, Chase CC Jr, Johnson DD, Smith TP, 2006. Effects of calpastatin and micro-calpain markers in beef cattle on tenderness traits. *Journal of Animal Science*, 84 : 520-525
- Ciobanu DC, Bastiaansen JW, Lonergan SM,

- Thomsen H, Dekkers JC, Plastow GS, Rothschild MF. (2004). New alleles in calpastatin gene are associated with meat quality traits in pigs. *Journal of Animal Science*, 82 : 2829-2839.
- DeVol D. L, McKeith F. K, Bechtel P. J, Novakofski J, Shanks R. D, Carr T. R. 1988. Variation in composition and palatability traits and relationships between muscle characteristics and palatability in a random sample of pork carcasses. *Journal of Animal Science*, 66 : 385-395.
- Ernst CW, Robic A, Yerle M, Wang L, Rothschild MF, 1998. Mapping of calpastatin and three microsatellites to porcine chromosome 2q 2.1-q 2.4. *Animal Genetics*, 29 : 212-215.
- 堀内篤、知久幹夫、井手華子、金谷奈保恵、内田陽子、山口倫子、仲沢慶紀、林武司、栗田崇。2003. 金華豚とデュロック種の交雑家系における肉質に関する QTL 解析。静岡県中小家畜試験場研究報告第 16 号、1-9.
- 堀内篤・知久幹夫・河原崎達雄・赤松裕久・鈴木清一・樫尾進。2002. 核酸関連物質含量による肉豚の鮮度判定。日本養豚学会誌、39 : 200-208.
- 井手華子・柴田昌利・堀内篤・金谷奈保恵・林武司・栗田崇。2005. 金華豚とデュロック種交雑家系における DNA マーカーを利用したシェアバリュー QTL の導入試験。静岡県中小家畜試験場研究報告、16 : 11-14.
- 井手華子・柴田昌利・堀内篤・金谷奈保恵・林武司・栗田崇。2007. 金華豚とデュロック種交雑家系における DNA マーカーを利用した QTL の導入試験 (2)
- 静岡県畜産技術研究所中小家畜研究センター研究報告、1 : 1-5.
- 入江正和。2002. 豚肉質の評価法。日本養豚学会誌、39 : 221-254.
- 金谷奈保恵、井手華子、堀内篤、山口倫子、仲沢慶紀、林武司、栗田崇。2007. シェアバリュー QTL とその候補遺伝子カルパスタチン近傍の新規マイクロサテライトマーカー。第 87 回日本養豚学会大会講演要旨、P31.
- 木全誠・石橋晃・鎌田寿彦。2001. 豚肉の理化学的成分と官能検査との関係。日本養豚学会誌、38 : 45-51.
- Koohmaraie M, Whipple G, Kretchmar DH, Crouse JD, Mersmann HJ, 1991. Postmortem proteolysis in longissimus muscle from beef, lamb and pork carcasses. *Journal of Animal Science*, 69 : 617-624.
- 西海理之・國嶋隆司・福田亨・浦田高治・武富真理子・西村敏英。1997. 成長・加齢に伴うブタ筋肉の硬さと筋肉内結合組織成分の変化。食肉に関する助成研究調査成果報告書、204-210.
- Okumura T, Inuzuka Y, Nishimura T, Arai S. 1996. Changes in sensory, physical and chemical properties of vacuum-packed pork loins during the prolonged conditioning at 4°C. *Animal Science and Technology*, 67 : 360-367.
- 柴田昌利・井手華子・堀内篤。2007. 市販豚肉の肉質調査静岡県畜産技術研究所中小家畜研究センター研究報告、1 : 7-12.
- 清水俊郎・鈴木啓一・渡部正樹・小川ゆう子。2000. 肉豚の肥育期間、ロース部位および熟成が肉質に及ぼす影響。日本養豚学会誌、37 : 108-114.

低リジン飼料給与が筋肉内脂肪に及ぼす影響

Effect of low lysine diet on the intramuscular fat in Pigs

大津雪子、柴田昌利、奥村華子¹、大竹正剛²、塩谷聡子、寺田 圭³
河原崎達雄、堀内 篤

要約：特徴ある静岡型銘柄豚を生産することを目的として給与飼料を検討した。供試豚としてSPF三元交雑豚(WL・D)25頭とSPF交雑豚(WD)18頭を用いた。WLDにリジン含量を低く設定した低リジン飼料(試験1)を、WDにパン屑を混合したパン屑混合飼料(試験2)を肥育後期に給与した。給与方法は不断給餌とし、体重が110kgに到達した時点でと畜して肉質を調査した。試験1において、1日増体量は、低リジン区(908g/day)が対照区(1,013g/day)に比べて有意に低くなり(P<0.05)、出荷日齢は、低リジン区が対照区よりも5日遅れた。胸最長筋の筋肉内脂肪含量は、低リジン区が4.21%と対照区の2.68%に対して有意に高い値を示した(P<0.01)。筋肉内脂肪の脂肪酸組成では、ステアリン酸(C18:0)は低リジン区が対照区よりも有意に低く(P<0.01)、オレイン酸(C18:1)は低リジン区が対照区よりも有意に高かった(P<0.05)。一方、試験2において、1日増体量は、パン屑50%区(997g/day)がパン屑20%区(1,179g/day)よりも有意に低くなった(P<0.05)。出荷日齢は、パン屑50%区とパン屑70%区がパン屑20%区よりも9日遅れたが、ともに有意差はみられなかった。胸最長筋の筋肉内脂肪含量は、パン屑70%区が7.31%とパン屑20%区の3.97%に対して有意に高い値を示した(P<0.05)。また、パン屑50%区は5.19%であった。しかし、筋肉内脂肪の脂肪酸組成では、いずれの脂肪酸でも有意差はみとめられなかった。肥育豚1頭あたりの飼料費の概算値では、肉豚肥育用配合飼料のみを給与した場合よりもパン屑の混合割合が増すにつれて低く算出された。以上の結果から、低リジン飼料あるいはパン屑混合飼料を給与することで静岡型銘柄豚の筋肉内脂肪含量を増加させることができ、その筋肉内脂肪含量は飼料中リジン含量によって変化することが明らかとなった。また、パン屑は飼料費の削減に有効であることが示唆された。

(静岡畜技研中小研セ研報 2, 15~21, 2009)

はじめに

現在、(財)日本食肉消費総合センター発行の銘柄豚肉ハンドブック(2005)には、全国で255種類の銘柄豚肉が記載されている。このように銘柄豚肉生産が各地でなされる中生き残っていくためには、例えばきめの細かい豚肉、脂肪交雑のある豚肉といった、はっきりとした特徴をもっていなければならない。本県は大ヨークシャー種系統豚「フジョーク」(知久ら1994)と肉質に優れたデュロック種系統豚「フジロック」(堀内ら1996)をSPF環境で造成し、それらを活用した静岡型銘柄豚の生産を推

進している。しかし、静岡型銘柄豚の給与飼料は統一されておらず、麦類の添加による脂肪性状の改良や、パン粉の添加による肉質の改良等、個別の工夫・努力により品質改善が行われている。

近年、豚肉に筋肉内脂肪が適度に入ることによって食味が向上すること、さらに、飼養管理により筋肉内脂肪を増やすことができることがわかってきた(入江2004)。これまでの研究により、筋肉内脂肪はパン屑の多給によって増加でき(岩本ら2004)、さらに、パン屑によってのみではなく必須アミノ酸であるリジン含量の低い飼料によっても増加できることが明らかとなっ

(1: (有)バリューファームコンサルティング、2: 現中遠農林事務所、3: 現西部農林事務所)

た (Katsumata ら 2005)。

ところで、デュロック種は他の品種と比べて筋肉内脂肪が多い品種として知られている (鈴木ら 2001) が、本県のフジロックも脂肪交雑を特徴とした系統豚である (堀内ら 1996)。従って、脂肪交雑に関して遺伝的能力の高いフジロックを掛け合わせることによってできた静岡型銘柄豚を、飼養管理によってさらに脂肪交雑を高めることができると考えられる。

そこで、今回は飼養管理によって、より高品質で特徴ある静岡型銘柄豚を作出するため、筋肉内脂肪含量が増加するとされるリジン含量の低い飼料 (低リジン飼料) について検討した。

次に、低リジン飼料の効果が確認できたので、さらに配合飼料にパン屑を混合した飼料 (パン屑混合飼料) についても検討した。また、食品廃棄物であるパン屑を利用することで飼料費の削減が可能かどうか、肥育豚 1 頭当たりの飼料費の概算値を算出し検討した。

材料と方法

1 供試材料

試験 1 低リジン飼料

当センター産静岡型銘柄豚がこれまでの研究と同様の反応を示すか検証するため、リジン含量を低く設定した低リジン飼料 (表 1) を作成し、リジン含量により低リジン区 (リジン: 0.46%) と対照区 (0.65%) の 2 区を設け、肥育後期豚 (約 70~110kg) に給与した。供試豚は、当センター産の三元交雑豚 WL・D を 3 腹用いた。1 腹につき 2 区設け、各区 4~5 頭ずつとした。

試験 2 パン屑混合飼料

食品廃棄物であるパン屑の有効活用のため、パン工場から排出されたパン屑を市販の肉豚肥育用配合飼料 (CP: 13.0%、TDN: 76.0%) と混合することでリジン含量を調整した飼料 (表 2) を作成した。パン屑は、パンになる前の冷凍生地之余剰分で、加熱、乾燥、冷却処理により、水分が 10% 以下となったものを用いた。パン屑の配合割合によりパン屑 70% 区、パン屑 50% 区およびパン屑 20% 区の 3 区を設け、肥育後期 (約 70~110kg) に給与した。今回使用したパン屑は、パン屑というよりも菓子屑に近く、日本標準飼料成分表 (2001 年版) の菓子屑の成分値を用いてリジン含量を算出するとパン屑 70% 区は 0.40%、パン屑 50% 区は 0.50%、パン屑 20% 区は 0.64% であった。本試験はパン屑の有効活用を目的としているため、3 区ともすべてにパン屑を混合している。しか

表 1 供試飼料の配合割合 (%)

	対照区	低リジン区
トウモロコシ	71.9	71.9
マイロ (グレイソルガム)	14.6	14.6
米ぬか (無洗米糠)	2	2
脱皮大豆粕	7.3	7.3
脱脂米ぬか	1.6	1.6
フスマ	1	1
第 3 リン酸カルシウム	1	1
炭酸カルシウム	0.4	0.4
食塩	0.2	0.2
ミネラル・ビタミン類	0.4	0.4
L-塩酸リジン	0.22	0
L-グルタミン酸	0.04	0.15
グリシン	0.04	0.15
粗蛋白質 CP (%)	10.3	10.3
リジン	0.65	0.46

※CP およびリジン含量の値は計算値である

表 2 供試飼料の配合割合 (%)

	パン屑 20% 区	パン屑 50% 区	パン屑 70% 区
パン屑	19.3	48.8	68.4
配合飼料	80	50	30
第 3 リン酸カルシウム	0.34	0.64	0.96
ミネラル・ビタミン類	0.4	0.4	0.4
L-トレオニン	—	—	0.03
D,L-メチオニン	—	0.12	0.25
粗蛋白質 CP (%)	12.7	10.7	9.4
リジン	0.64	0.50	0.40

※CP およびリジン含量の値は計算値である

し、パン屑 20%区はリジンの要求量を満たした混合割合である。供試豚は、当センター産の交雑豚 WD を 3 腹用い、各区 6 頭ずつとした。

配合飼料およびパン屑混合飼料の成分分析値を表 3 に示した。さらに、今回使用した飼料の脂肪酸組成の分析値を表 4 に示した。

供試飼料は、リジンを除いて日本飼養標準・豚（2005 年版）に満たない養分に関しては、プレミックスや添加剤を添加して補った。供試豚は群飼、不断給餌、自由飲水条件下で飼育した。

2 試験方法

(1) 産肉性の調査

試験豚は、約 110kg になった段階で 24 時間絶食後と畜した。と畜後枝肉を冷蔵庫で放冷し、冷と体で測定した。カタ、ロース・バラ、ハムの 3 分割は、第 4 - 5 胸椎間および最後腰椎前端部位で切断し、ロース断面の写し取りは第 4 - 5 胸椎間の切断面で行った。

(2) 肉質調査の供試部位と項目

肉質調査のため第 4 - 5 胸椎～第 4 腰椎部の胸最長筋を採取した。採取した胸最長筋の第 4 - 5 胸椎～第 11 胸椎部を筋肉内脂肪含量および水分含量の測定に用い、第 1～第 2 腰椎部胸最長筋を用いて肉色、pH、第 3～第 4 腰椎部胸最長筋をクッキングロスおよびシェアバリュアの測定に用いた。

表 3 配合飼料とパン屑の成分分析値 (%)

	配合飼料	パン屑
水分	12.6	8.2
粗蛋白	13.4	12.8
粗脂肪	3.3	8.3
粗灰分	3.9	1.7
粗繊維	2.6	0.1
NFE	64.3	68.9
リジン	0.75	0.30

(3) 筋肉内脂肪含量および水分含量の測定

筋肉内脂肪含量はエーテル抽出法により、水分含量は、135°C 2 時間乾燥法により行った。

(4) 肉色の測定

肉色の測定は切断直後と切断 30 分後の 2 回実施し、色差計（日本電色株式会社製：NF333）を用いて反射光を測定した。

(5) クッキングロスおよびシェアバリュアの測定

胸最長筋を筋線維と平行に 2 × 2 cm の四角柱に切り出し、ビニール袋に入れて脱気した。次に 70°C のウォーターバスを用い 60 分間加熱調理後 30 分間流水で冷却し、加熱前後の重量差から加熱損失率（クッキングロス）を求めた。次に、加熱調理後の肉を 1 × 1 cm のスティック状に整形し、Warner-bratzler meat shear (MODEL300) を用いてシェアバリュア (shear force value) を測定した。

(6) 脂肪酸組成の測定

腰椎部皮下脂肪外層、内層、腎周囲脂肪および筋肉内脂肪を加熱溶出し、ナトリウムメチラート法によりメチル化し、ガスクロマトグラフ（島津製作所製 GC9A）により炭素数 14～18 の脂肪酸について重量比から組成を算出した。

(7) 肥育豚 1 頭あたりの飼料費の算出

試験開始までに必要な飼料費を、日本飼養標準・豚（2005 年版）と当センターで使用している配合飼料の価格（平成 19 年 2 月時点）を参考に算出し、次に、今回の結果から得られた飼料摂取量をもとに、各区における飼料費の概算値を算出して加算し、肥育豚 1 頭あたりの飼料費とした。ただし、パン屑の価格は kg あたり 20 円である。

(8) 統計処理

各区の差をみるための統計処理は“Stat View” (SAS institute inc.) を用い、ANOVA により検定した。

表 4 低リジン飼料およびパン屑混合飼料の脂肪酸組成の分析値 (%)

	対照区	低リジン区	パン屑 20%区	パン屑 50%区	パン屑 70%区
C14:0	—	—	0.7	1.0	1.1
C16:0	17.4	21.2	22.0	26.0	27.8
C16:1	0.5	0.7	0.7	0.7	0.7
C18:0	2.9	4.5	3.7	4.4	4.7
C18:1	40.2	41.4	38.8	40.6	41.7
C18:2	39.0	32.1	34.1	27.3	24.0
飽和脂肪酸合計	20.2	25.8	26.4	31.4	33.7

結 果

試験1 低リジン飼料

発育およびと体成績を表5に示した。1日増体量の平均値は、低リジン区(908g/day)が対照区(1013g/day)よりも有意に低かった(P<0.05)。出荷日齢は、低リジン区が対照区よりも5日遅れたが有意差はなかった。

肉質調査成績および脂肪酸組成を表6に示した。胸最長筋の筋肉内脂肪含量は、低リジン区(4.21%)が対照区(2.68%)よりも有意に高かった(P<0.01)(図1)。クッキングロス、低リジン区(28.3%)が対照区(26.7%)よりも有意に高かった(P<0.01)。筋肉内脂肪の脂肪酸組成では、ステアリン酸(C18:0)は低リジン区が対照区よりも有意に低く(P<0.01)、オレイン酸(C18:1)は低リジン区が対照区

よりも有意に高かった(P<0.05)

試験2 パン屑混合飼料

発育およびと体成績を表7に示した。1日増体量の平均値は、パン屑50%区(997g)がパ

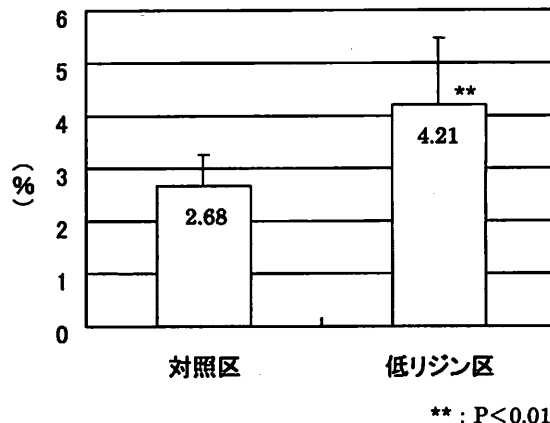


図1 胸最長筋の筋肉内脂肪含量

表5 飼料中リジン含量の差が発育とと体成績に及ぼす影響

	対照区(n=13) 平均値±標準偏差	低リジン区(n=12) 平均値±標準偏差	有意差
給与開始時体重(kg)	66.3±7.6	65.3±5.9	
出荷時体重(kg) ^{※1}	115.2±3.5	113.9±2.4	
飼料摂取量(g/day)	2857	2636	
一日増体量(g/day)	1013±114	908±85	*
飼料効率	0.35	0.34	
給与日数(day)	49±9	54±8	
出荷日齢(day)	162±8	167±6	
背脂肪厚(cm) ^{※2}	3.6±0.2	3.3±0.4	
冷と体重(kg)	77.2±4.0	76.6±2.5	
と体長(cm)	90.3±3.0	91.9±2.1	
と体幅(cm)	32.8±0.6	32.9±0.9	
ロース芯断面積(cm ²) ^{※3}	21.4±1.8	22.7±3.5	

※1 絶食前体重

※2 肩、背、腰の3部位の平均値

※3 第4-5胸椎間

* : P<0.05

表6 飼料中リジン含量の差が肉質調査成績と脂肪酸組成に及ぼす影響

	対照区(n=13) 平均値±標準偏差	低リジン区(n=12) 平均値±標準偏差	有意差
筋肉内脂肪含量	2.68±0.58	4.21±1.27	**
筋肉内水分含量	72.8±0.6	72.5±1.1	
pH	5.6±0.1	5.7±0.2	
シェアバリュー	10.1±3.8	8.8±1.7	
クッキングロス	26.7±0.9	28.3±1.7	**
筋肉内脂肪酸組成(%)			
C14:0	1.4±0.1	1.4±0.1	
C16:0	25.8±0.5	25.5±0.4	
C16:1	4.2±0.5	4.3±0.4	
C18:0	12.2±1.0	11.0±1.1	**
C18:1	53.3±1.2	55.0±1.2	*
C18:2	3.2±0.3	2.8±0.3	
飽和脂肪酸合計	39.3±1.4	37.9±1.5	*

* : P<0.05 ** : P<0.01

ン屑 20%区 (1179g) よりも低い傾向にあった。パン屑 70%区は 1007g であった。出荷日齢は、パン屑 50%区とパン屑 70%区が対照区よりも 9 日遅れたが有意差はなかった。胸最長筋の筋肉内脂肪含量は、パン屑 20%区は 3.97%、パ

ン屑 50%区は 5.19%、パン屑 70%区は 7.31% となり、パン屑 70%区がパン屑 20%区よりも有意に高かった (P<0.05) (図 2)。筋肉内脂肪の脂肪酸組成は、パン屑給与区ではいずれの脂肪酸でも有意差は認められなかった。

肥育豚 1 頭あたりの飼料費を表 8 に示した。肉豚肥育用配合飼料のみを給与した場合、1 頭あたり 20,170 円かかり、対照区 (パン屑 20%) で 19,082 円、パン屑 50%区で 17,824 円、パン屑 70%区で 16,715 円と算出された。

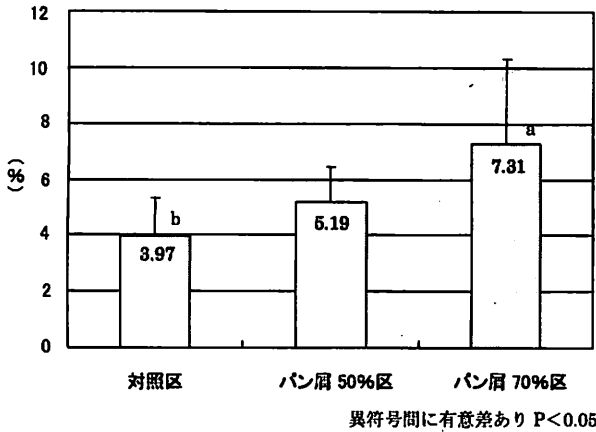


図 2 胸最長筋の筋肉内脂肪含量

表 9 肥育豚 1 頭あたりの飼料費

肉豚肥育用配合飼料	¥20,170
パン屑 20%区	¥19,082
パン屑 50%区	¥17,824
パン屑 70%区	¥16,715

※ただし、パン屑の価格は kg あたり 20 円である

表 7 パン屑多給が発育とと体成績に及ぼす影響

	パン屑 20%区	パン屑 50%区	パン屑 70%区
	(n=8)	(n=8)	(n=8)
	平均値±標準偏差	平均値±標準偏差	平均値±標準偏差
給与開始時体重(kg)	68.0±8.4	65.8±8.1	65.0±4.4
出荷時体重(kg) ^{※1}	113.8±2.8	113.3±3.4	112.8±1.6
飼料摂取量(g/day)	3060	2674	2704
一日増体量(g/day)	1179±91	997±150	1007±163
飼料効率	0.38	0.36	0.36
給与日数(day)	40±11	49±11	49±11
出荷日齢(day)	155±12	164±12	164±9
背脂肪厚(cm) ^{※2}	3.3±0.3	3.5±0.3	3.6±0.4
冷と体重(kg)	74.0±2.0	76.2±3.0	75.1±1.4
と体長(cm)	91.6±2.8	92.7±2.1	93.6±1.8
と体幅(cm)	31.7±0.4	33.8±4.4	31.9±0.7
ロース芯断面積(cm ²) ^{※3}	20.6±1.2	21.1±1.3	20.3±1.8

※ 1 絶食前体重

※ 2 肩、背、腰の 3 部位の平均値

※ 3 第 4 - 5 胸椎間

表 8 パン屑多給が肉質調査成績と脂肪酸組成に及ぼす影響

	パン屑 20%区	パン屑 50%区	パン屑 70%区
	(n=6)	(n=6)	(n=6)
	平均値±標準偏差	平均値±標準偏差	平均値±標準偏差
筋肉内脂肪含量	3.97±1.36 ^b	5.19±1.27	7.31±3.00 ^a
筋肉内水分含量	71.9±0.6	71.6±0.9	70.4±1.9
pH	5.7±0.0	5.6±0.0	5.8±0.3
シェアバリュー	8.9±2.0	7.5±1.0	7.6±2.0
クッキングロス	26.8±1.7	28.7±1.9	25.7±4.7
筋肉内脂肪酸組成(%)			
C14:0	1.6±0.1	1.6±0.2	1.5±0.1
C16:0	27.5±0.7	27.5±1.3	27.0±0.7
C16:1	4.3±0.4	4.5±0.7	4.4±0.5
C18:0	13.7±0.7	12.7±2.0	12.6±1.2
C18:1	49.7±0.7	50.8±2.5	51.2±1.3
C18:2	3.3±0.3	2.9±0.4	3.3±0.4
飽和脂肪酸合計	42.7±0.7	41.8±3.2	41.1±1.3

異符号間に有意差あり P<0.05

考 察

筋肉内脂肪は目に見える状態では脂肪交雑、いわゆる霜降りやサシといわれる。牛肉の場合、脂肪交雑は霜降りのように細かく多く入っているものがよいとされている（入江 2005）。一方、豚肉においては、筋肉内脂肪は少なければ味を低下させ、増やせば食味を向上できることがわかってきた。また、わが国においては豚肉の筋肉内脂肪含量は2～3%程度で、さらに約0.5～1%アップさせることが食味の向上につながる（入江 2004）とみられており、筋肉内脂肪含量を増加させる試みが各地でなされている。

近年、筋肉内脂肪が飼養管理により増やすことができることが明らかになり、岩本ら（2004）はパン屑の多給（パン屑 50%）によって筋肉内脂肪含量が6.4%になったと報告している。一方、Katsumataら（2005）は、この現象はパン屑を多給すると一部のアミノ酸含量が低下することに起因し、なかでもリジン含量が低い飼料（リジン含量：0.40%）を給与することで筋肉内脂肪含量が6.7%と対照区（3.5%）の約2倍に増加させることができると報告している。

しかし、飼養管理によって筋肉内脂肪を増やすことができる一方でアミノ酸のバランスが崩れた飼料を給与することにより、発育の遅れなどといった好ましくない影響がみられる。先の岩本ら（2004）の報告によれば、出荷日齢がパン屑多給区で18日遅れ、1日増体量の低下、飼料要求率の低下がみられた。同様に、低リジン飼料を給与した Katsumataら（2005）の報告でも出荷日齢が5日遅れた。また、有意差はみられなかったものの、1日増体量や飼料効率も低い傾向にあった。従って、これまでの研究から、筋肉内脂肪含量が5%前後あり、1日増体量も落ち込まない程度のリジン含量を検討する必要がある。

本研究では、静岡型銘柄豚を材料に低リジン飼料およびパン屑混合飼料を給与し調査を行った。

試験1の低リジン飼料において、筋肉内脂肪含量（IMF）が低リジン区で4.21%と増加し、静岡型銘柄豚でも Katsumataら（2005）の報

告と同様の反応を示した。また、低リジン区は対照区と比べ、1日増体量が低下し、出荷日齢は5日遅れた。発育の問題を改善するためには、栄養制御の期間をできるだけ短くし、アミノ酸濃度を要求量に近づける必要がある。Katsumataら（2005）は肥育後期の約2ヶ月間低リジン飼料（リジン：0.40%；IMF：6.7%）を給与したのに対し、今回の試験では低リジン区（リジン：0.45%；IMF：4.21%）で平均53日であった。飼料中リジン濃度に依存して給与期間や筋肉内脂肪含量に違いが出るものと考えられるが、環境条件によっても発育は大きく変わってくるので農場によって検討が必要である。

脂肪組織の脂肪酸組成は脂肪の融点に関係し、口中で溶けやすい脂肪は滑らかさを感じさせ、融点の高い脂肪はロウのような印象を与える（入江 2005）。筋肉内脂肪の脂肪酸組成であるが、低リジン区では対照区と比べC18：0が減少し、C18：1が増加した。今回、融点の測定はしていないが、低リジン区においてあまりが悪い印象を受けた。これは低リジン区で飽和脂肪酸であるC18：0が減少し、不飽和脂肪酸であるC18：1が増加したことにより融点が低下したためと考えられる。また、C18：0が減少してC18：1が増加したことは、C18：0からC18：1の不飽和化反応が促進されたためと思われるが機序については解明できなかった。

シェアバリュー（剪断力価）は、対照区と低リジン区で有意差はみられなかったものの、低リジン区で低く柔らかい傾向にあった。筋肉内脂肪の量は、肉自体のやわらかさに影響を与えるとされているので、この結果はそのことを反映したものと考えられる。

クッキングロス（肉を加熱した時に、それ自身の水（肉汁）を流出させずに保持する能力（保水性または保水力）を測定する。低リジン区が対照区よりも高く、保水性が低かった。保水性に関しては、未解明な部分が多く、遺伝、飼養管理などの影響を受けるとされ、と畜前後の影響も大きい。また、個体間のばらつきも大きく、今回の結果も理由は特定できなかった。

次に、試験1の低リジン飼料で静岡型銘柄豚でも筋肉内脂肪含量が増加することが確認され

たため、試験2としてパン屑の有効活用を目的としてパン屑混合飼料を3区設けた。筋肉内脂肪含量は、パン屑20%区が3.97%、パン屑50%区が5.19%、パン屑70%区が7.31%と、パン屑の混合割合が増すにつれて増加した。これは、パン屑の混合割合が増すにつれて飼料中リジン含量が減少したためと考えられる。ここで、パン屑20%区はリジン要求量を満たすように設定されているため、筋肉内脂肪含量もそれ程高くなく、発育にも影響はみられなかったものと思われた。出荷日齢はパン屑50%区とパン屑70%区でパン屑20%区と比べ9日遅れ、パン屑20%区に対してパン屑50%区で1日増体量の低下がみられた。試験2では3区ともに試験1ほどの差がみられなかったのは、パン屑中の脂肪含量が高く、エネルギー含量が高かったためと考えられる。しかし、パン屑50%とパン屑70%区はパン屑20%区と比べると飼料効率率は低下しており、これは粗蛋白質(CP)が低く不足するアミノ酸の種類が多かったことによると考えられる。給与期間は対照区が平均40日、パン屑50%区と70%区は平均が48日であった。設楽ら(2006)がパン屑の給与期間の検討を行った結果ではパン屑混合飼料を出荷前50日以上給与すれば対照区(配合飼料給与)の約2倍の筋肉内脂肪含量の霜降り豚肉が作出できるとしている。

1頭あたりの飼料コストについて、パン屑の配合割合が増すにつれてコストは低下している。従って、出荷日齢が遅れたとしても飼料費は削減できると考えられる。

以上のことから、低リジン飼料あるいはパン屑混合飼料を給与することで静岡型銘柄豚の筋肉内脂肪含量を増加させることができ、その筋肉内脂肪含量は飼料中リジン含量によって変化することが明らかとなった。また、パン屑は飼料費の削減に有効であることが示唆された。今回の結果を参考にして、目的とする筋肉内脂肪含量を有するより特徴ある静岡型銘柄豚の作出が望まれる。

参考文献

- シャード種の系統造成(6)最終世代までの成績。静岡県中小家畜試験場報告第7号：9-15。
- 堀内篤・知久幹夫・河原崎達雄・室伏淳一・鈴木滋・曾根勝・楢崎真澄・野口博道. 1996, SPF環境によるデュロック種系統豚の造成(2). 静岡県中小家畜試験場研究報告第9号：1-7
- 日本標準飼料成分表, 2001年版, 中央畜産会. 東京
- 日本飼養標準・豚, 2005年版：12-21 中央畜産会. 東京
- 入江正和. 2004, 豚肉の品質と評価. 養豚の友, 10月号：20-24
- 岩本英治・設楽修・入江正和. 2005, パン添加飼料給与がブタの増体量および肉質に及ぼす影響. 日本畜産学会報, 76：15-22.
- Katsumata M, Kobayashi S, Matsumoto M, Tsuneishi E and Kaji Y. 2005. Reduced intake of dietary lysine promotes accumulation of intramuscular fat in the Longissimus dorsi muscles of finishing gilts. *Animal Science Journal* 76：237-244
- 鈴木啓一・清水ゆう子・阿部博行・斗内佳子・鈴木惇. 2001, 豚肉質の品種間、性および胸最長筋部位間の比較. 日本畜産学会報, 72：J215-J223.
- 設楽修. 2006, 食品リサイクル飼料を活用した霜降り豚肉生産技術の実用化. 問題別研究会資料, 25-32
- 入江正和. 2005, 脂肪の理化学的性状と官能評価. 食肉の官能評価ガイドライン, 123-129 財団法人日本食肉消費総合センター. 東京

ホップ抽出物残渣の鶏への給与が産卵に及ぼす影響

The effect of feeding spent hop extraction on egg production in hen.

池谷守司、松井繁幸、山下晋司¹

要約：ホップ抽出物残渣を鶏に給与し、鶏卵中への機能性成分の移行量、生産性や卵殻質等に及ぼす影響を調査して以下の結果を得た。

1. 鶏卵中へのホップ抽出物由来成分の移行は確認できなかった。

卵黄色の淡色化が観察され、アスタキサンチンを飼料 100g あたり 100mg 添加したところ淡色化は防止できた。

2. ハウユニットがホップ抽出物残渣給与によって改善されることが観察された。

3. 過密ストレス条件下における H/L 比を検討したところ、5%添加区では対照区より有意に低い値を示し、ホップには鶏の過密ストレス抑制効果が期待できることが明らかとなった。

(静岡畜技研中小研セ研報 2, 23~26, 2009)

はじめに

様々な機能性成分を含む鶏卵が高価格で販売されており、養鶏農家では機能性鶏卵の生産意欲も強く、消費者の健康志向とともに今後もこの潮流は継続するものと思われる。

ホップの毬花中にはビール製造に欠かせない材料で、ビールに香りや苦みを付与するルプリンを含むことが知られている。畜産分野における利用法としては牛に対してビール粕を給与するとロース芯面積が広く、バラが厚く、脂肪交雑、肉色、締まり、きめ等の評価が高い良質肉生産に効果があることが報告されている(加藤ら1988、平嶋ら2000)。一方、鶏に対してはビール粕を給与するとハウユニットの改善する事例が報告されている(大成1988)。しかし、ビール粕という飼料原料以外でホップ単体の給与事例は少ない。飼料費の高騰に起因する未利用資源の積極的な養鶏飼料への利用機運が高まっている中で、その利用方法を検討する意義は高いと思われる。ホップにはこのほか睡眠時間延長作用、鎮静作用(Schillerら2006)なども報告され、機能性食品の素材としても注目されて

いる。そこでホップ抽出物乾燥残渣を鶏に給与し、その機能性成分(フラボノイド類)の鶏卵中へ移行の有無、鶏の産卵に及ぼす影響を検討するとともに、沈静作用の効果を検討するために、過密ストレス条件下において乾燥粉末化したホップ抽出残渣(以下ホップと略)を給与した鶏のストレスに対する影響を調査した。

材料と方法

1 供試材料

供試鶏は2006年2月14日孵化の白レグ系コマージュ(ジュリア)144羽を用い、表1に示すとおり、ホップ抽出物残渣を市販の配合飼料(くみあい飼料製CP17%、ME2850kcal/kg)中に1、3、5%添加した飼料を給与する区(それぞれホップ1%、3%、5%区と略)に12羽で3反復の供試鶏を割当てた。供試鶏は当センターの慣行に従い育成し、間口22.5cm、奥行き40cm、高さ40cmの単飼ケージに収容した。

試験期間は2007年6月7日~10月24日(140日間)で、この間に生産性(産卵率、卵

(1: サッポロビール株式会社価値創造フロンティア研究所)

表1 試験区分

区分	添加資材内容	添加量	供試羽数
対照区	なし		12羽/区 3反復 36羽
ホップ1%区	ビール製造後のホップ抽出物残渣	1%	同
ホップ3%区	同	3%	同
ホップ5%区	同	5%	同

重、飼料消費量等)は28日を1期間として5期間分(140日間)を通算してデータを解析した。卵殻質(卵殻強度、卵殻厚、卵黄色等)は28日を1期間として各区とも5個計15個ずつを調査し、5期間分をまとめてデータを解析した。アスタキサンチン添加による卵黄色改善効果は、最後の1期間に3反復のうちの1つについて、アスタキサンチンを飼料100g当たり50および100mgを添加2週間後に産卵した10個についてヨークカラーファンでカラーファン番号、色差計(MINOLTA CM-508d)でL、a、b値を調査した。

なお、鶏卵中のホップ抽出残渣由来の成分の分析方法は以下のとおりである。

抽出方法は卵黄、卵白それぞれについて、重量の3倍量のアセトン及び100mlメタノールを混合し、よく攪拌後4℃にて一晩保存した後、抽出液をNo.3ろ紙にて濾過し、ろ液を濃縮乾固し純水にて10mlに定容した。

酵素処理は抽出液100μlと酵素液100μlを混合し、37℃1時間保温後、酢酸・メタノール液を800μl添加しよく攪拌した。混合後、12,000rpm、10min遠心分離し、上清を0.2μmフィルター濾過したものを分析液とした。なお、酵素液はβ-Glucuronidase 10,000units/mL 0.1M Acetate buffer (pH 5.0)、酢酸・メタノール液はMeOH:Acetic acid (100:5 v/v)である。

分析条件はHPLC(Waters alliance 2795)、MS(Waters micromass ZQ)、カラム

(Waters XTerra C18 3.5μm 2.1×150mm)とした。

調査終了直後に各区の鶏を1ケージ当たり10羽を収容できる家畜福祉を考慮したケージ(HELLMANN社製)に10羽ずつを収容し、過密ストレスに対するホップ抽出残渣の影響を調査した。2日経過後に翼下静脈から採血して血液塗沫標本を作製して光学顕微鏡下にて偽好酸球とリンパ球数を計測してH/L比を求めた。

結果

鶏卵中のフラボノイド系物質含有量を図1に示した。その結果、フラボノイド系物質は鶏卵に移行することは確認できなかった。

次に生産性に関する成績を表2に示した。ホップ給与区の飼料摂取量は対照区に比較して少なくなる傾向が示されたが、有意な差は見られなかった。

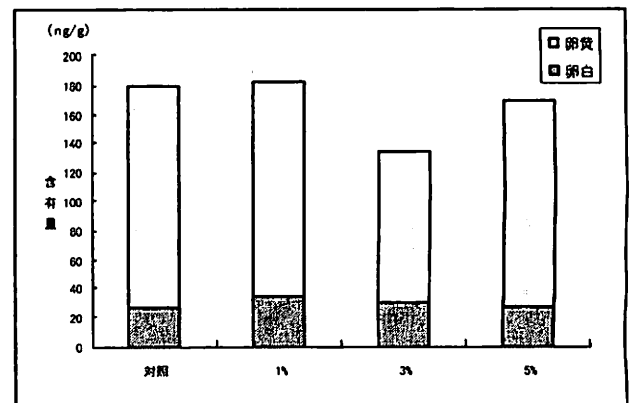


図1 鶏卵中のフラボノイド系物質含有量

表2 ポップ抽出残渣の給与が産卵に及ぼす影響

区分	産卵率 (%)	平均卵重 (g)	産卵日量 (g)	飼料消費量 (g/羽/日)	飼料要求率	生存率 (%)
対照区	87.7	68.1	59.7	104.7	1.74	100
ホップ1%区	87.2	67.4	58.8	103.7	1.76	91.7
ホップ3%区	87.9	65.5	57.6	103.2	1.79	100
ホップ5%区	82.8	67.2	55.7	103.0	1.85	100

表1 試験区分

区分	添加資材内容	添加量	供試羽数
対照区	なし		12羽/区 3反復 36羽
ホップ1%区	ビール製造後のホップ抽出物残渣	1%	同
ホップ3%区	同	3%	同
ホップ5%区	同	5%	同

重、飼料消費量等)は28日を1期間として5期間分(140日間)を通算してデータを解析した。卵殻質(卵殻強度、卵殻厚、卵黄色等)は28日を1期間として各区とも5個計15個ずつを調査し、5期間分をまとめてデータを解析した。アスタキサンチン添加による卵黄色改善効果は、最後の1期間に3反復のうちの1つについて、アスタキサンチンを飼料100g当たり50および100mgを添加2週間後に産卵した10個についてヨークカラーファンでカラーファン番号、色差計(MINOLTA CM-508d)でL、a、b値を調査した。

なお、鶏卵中のホップ抽出残渣由来の成分の分析方法は以下のとおりである。

抽出方法は卵黄、卵白それぞれについて、重量の3倍量のアセトン及び100mlメタノールを混合し、よく攪拌後4℃にて一晩保存した後、抽出液をNo.3ろ紙にて濾過し、ろ液を濃縮乾固し純水にて10mlに定容した。

酵素処理は抽出液100μlと酵素液100μlを混合し、37℃1時間保温後、酢酸・メタノール液を800μl添加しよく攪拌した。混合後、12,000rpm、10min遠心分離し、上清を0.2μmフィルター濾過したものを分析液とした。なお、酵素液はβ-Glucuronidase 10,000units/mL 0.1M Acetate buffer (pH 5.0)、酢酸・メタノール液はMeOH:Acetic acid (100:5 v/v)である。

分析条件はHPLC(Waters alliance 2795)、MS(Waters micromass ZQ)、カラム

(Waters XTerra C18 3.5μm 2.1×150mm)とした。

調査終了直後に各区の鶏を1ケージ当たり10羽を収容できる家畜福祉を考慮したケージ(HELLMANN社製)に10羽づつを収容し、過密ストレスに対するホップ抽出残渣の影響を調査した。2日経過後に翼下静脈から採血して血液塗沫標本を作製して光学顕微鏡下にて偽好酸球とリンパ球数を計測してH/L比を求めた。

結果

鶏卵中のフラボノイド系物質含有量を図1に示した。その結果、フラボノイド系物質は鶏卵に移行することは確認できなかった。

次に生産性に関する成績を表2に示した。ホップ給与区の飼料摂取量は対照区に比較して少なくなる傾向が示されたが、有意な差は見られなかった。

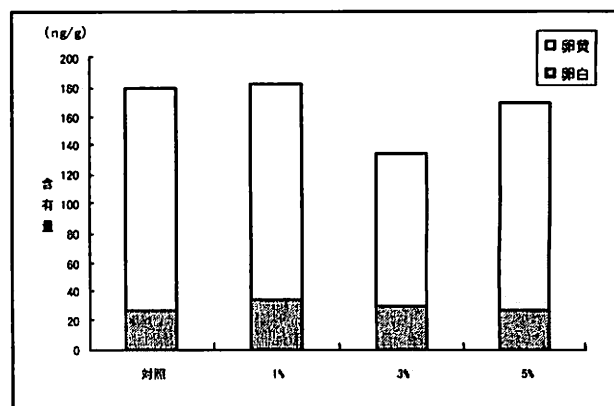


図1 鶏卵中のフラボノイド系物質含有量

表2 ポップ抽出残渣の給与が産卵に及ぼす影響

区分	産卵率 (%)	平均卵重 (g)	産卵日量 (g)	飼料消費量 (g/羽/日)	飼料要求率	生存率 (%)
対照区	87.7	68.1	59.7	104.7	1.74	100
ホップ1%区	87.2	67.4	58.8	103.7	1.76	91.7
ホップ3%区	87.9	65.5	57.6	103.2	1.79	100
ホップ5%区	82.8	67.2	55.7	103.0	1.85	100

ホップ抽出物残渣の鶏への給与が産卵に及ぼす影響

The effect of feeding spent hop extraction on egg production in hen.

池谷守司、松井繁幸、山下晋司¹

要約：ホップ抽出物残渣を鶏に給与し、鶏卵中への機能性成分の移行量、生産性や卵殻質等に及ぼす影響を調査して以下の結果を得た。

1. 鶏卵中へのホップ抽出物由来成分の移行は確認できなかった。

卵黄色の淡色化が観察され、アスタキサンチンを飼料 100g あたり 100mg 添加したところ淡色化は防止できた。

2. ハウユニットがホップ抽出物残渣給与によって改善されることが観察された。

3. 過密ストレス条件下における H/L 比を検討したところ、5%添加区では対照区より有意に低い値を示し、ホップには鶏の過密ストレス抑制効果が期待できることが明らかとなった。

(静岡畜技研中小研セ研報 2, 23~26, 2009)

はじめに

様々な機能性成分を含む鶏卵が高価格で販売されており、養鶏農家では機能性鶏卵の生産意欲も強く、消費者の健康志向とともに今後もこの潮流は継続するものと思われる。

ホップの毬花中にはビール製造に欠かせない材料で、ビールに香りや苦みを付与するルプリンを含むことが知られている。畜産分野における利用法としては牛に対してビール粕を給与するとロース芯面積が広く、バラが厚く、脂肪交雑、肉色、締まり、きめ等の評価が高い良質肉生産に効果があることが報告されている(加藤ら 1988、平嶋ら 2000)。一方、鶏に対してはビール粕を給与するとハウユニットの改善する事例が報告されている(大成 1988)。しかし、ビール粕という飼料原料以外でホップ単体の給与事例は少ない。飼料費の高騰に起因する未利用資源の積極的な養鶏飼料への利用機運が高まっている中で、その利用方法を検討する意義は高いと思われる。ホップにはこのほか睡眠時間延長作用、鎮静作用(Schillerら 2006)なども報告され、機能性食品の素材としても注目されて

いる。そこでホップ抽出物乾燥残渣を鶏に給与し、その機能性成分(フラボノイド類)の鶏卵中へ移行の有無、鶏の産卵に及ぼす影響を検討するとともに、沈静作用の効果を検討するために、過密ストレス条件下において乾燥粉末化したホップ抽出残渣(以下ホップと略)を給与した鶏のストレスに対する影響を調査した。

材料と方法

1 供試材料

供試鶏は 2006 年 2 月 14 日孵化の白レグ系コマシャル(ジュリア) 144 羽を用い、表 1 に示すとおり、ホップ抽出物残渣を市販の配合飼料(くみあい飼料製 CP17%、ME2850 kcal/kg)中に 1, 3, 5%添加した飼料を給与する区(それぞれホップ 1%, 3%, 5%区と略)に 12 羽で 3 反復の供試鶏を割当てた。供試鶏は当センターの慣行に従い育成し、間口 22.5cm、奥行き 40cm、高さ 40cm の単飼ケージに収容した。

試験期間は 2007 年 6 月 7 日~10 月 24 日(140 日間)で、この間に生産性(産卵率、卵

(1: サッポロビール株式会社価値創造フロンティア研究所)

表3 ポップ抽出残渣の給与が卵殻質に及ぼす影響

区分	卵殻強度 (kg/cm ²)	卵殻厚 (0.01mm)	ハウユニット	卵黄色			
				カラーファン値	L値	a値	b値
対照区	2.96	35.2	76.7b	12.3a	48.7	9.5a	44.4
ホップ1%区	2.87	34.9	79.6a	12.0b	48.3	8.5b	44.6
ホップ3%区	2.93	34.9	78.4	11.2c	49.5	7.2c	45.6
ホップ5%区	2.95	35.9	78.0	11.1d	49.7	6.5d	44.5

注) 卵黄色のうちL, a, b値は色差計の値

次に卵殻質に及ぼす影響を表3に示した。

ホップ添加量の増加に伴い、カラーファン値、a値が有意に低下し、赤色が退色することが再確認された。また、ハウユニットの改善効果も再確認され、鮮度保持効果の高い鶏卵生産の可能性が示された。

次に、アスタキサンチンの添加が卵黄色の色調に及ぼす影響を図2、図3に示した。

ヨークカラーファンの卵黄色のa値はともにアスタキサンチンを飼料100g中に100mg添

加した区で卵黄の退色を防止できた。

また、過密ストレス条件下においてホップ抽出残渣を給与した鶏の反応を検討した結果を図4に示した。その結果添加量が増加するにつれてH/L比が低下し、鶏のストレスに対する抑制効果が見られた。

考 察

ホップ抽出物残渣を鶏に給与し、生産性や卵殻質等に及ぼす影響を報告した事例は見あたらない。今回の調査では鶏卵へのフラボノイド類の移行や産卵に対する影響は、この添加濃度では見られなかった。ホップには前述したとおり苦み成分であるルプリンが含まれており、多給は鶏の嗜好性に悪影響を及ぼすものと思われる。

ホップ抽出物残渣の給与で卵黄色の淡色化が観察されたがその原因については不明である。しかし、卵黄色の淡色化は実際の現場においては販売上不利となるため、アスタキサンチンを飼料100gあたり100mg添加したところ淡色化は防止できた。なおアスタキサンチン添加に要するコストは1羽1日あたり0.1円と推定され、低コストで淡色化防止が可能となり、農家段階でも支障なくホップ抽出物残渣が産卵鶏に利用可能であると思われる。同時に、ハウユニットがホップ抽出物残渣給与によって改善されることが認められた。前述の報告ではビール粕の給与でハウユニットが改善されるが、ホップ抽出物残渣でも同様のことが見られた。消費者は安全で安心できる生産物とともに、卵に対しては高鮮度を求めており、鮮度保持効果が高い鶏卵を生産できたことは、消費者ニーズに合致するものであり、付加価値を高めた鶏卵の販売が可能となった。さらに前述の報告では、ホップ抽出物残渣ではないが、ビール粕の給与で鶏糞

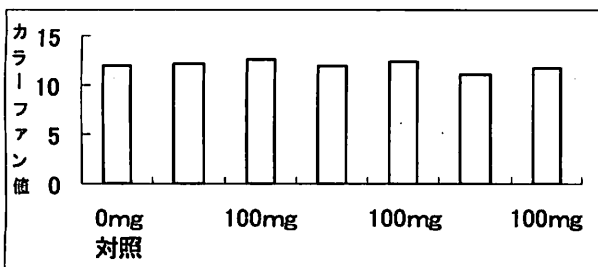


図2 アスタキサンチンの添加が卵黄色の色調に及ぼす影響

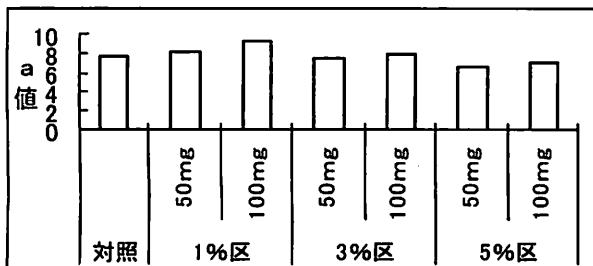


図3 アスタキサンチンの添加が卵黄色a値に及ぼす影響

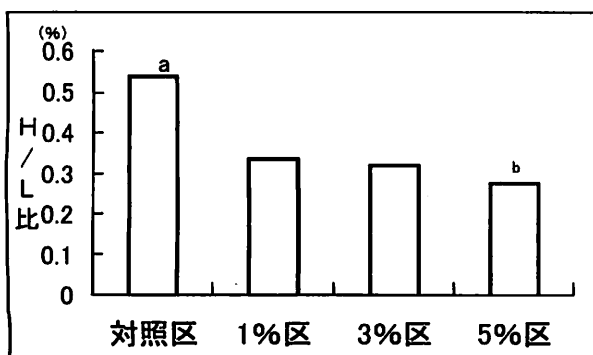


図4 ホップ抽出物残渣の給与が過密ストレスに対するH/L比に及ぼす影響

排泄物の水分含有量が高くなることが報告されているが、今回は主に夏季を中心に試験を行ったため、肉眼による鶏糞水分含有量の増加は明らかでなかった。

また、過密ストレス条件下における H/L 比を検討したところ、5%添加区では対照区より有意に低い値を示した。H/L 比に関しては、鶏においてストレス判定指標としての有効性が報告されている（小野 1999）。家畜に対するストレスは様々な影響を家畜に与えることが知られ、ストレスの少ない飼育法が検討されているが、今回の結果から、ホップ抽出液残渣には鶏の過密ストレス抑制効果が期待できることが明らかとなった。

謝 辞

本研究は「都市エリア産学官連携促進事業（発展型）」により得られた成果である。

参考文献

- 平嶋善典・古賀鉄也・徳満 茂. 2000, 肥育前中期における乾燥ビール粕の飼料混合割合が乳用去勢牛の産肉性に及ぼす影響. 福岡農総試研報, 19: 94-97.
- H. Schiller・A. Forster・C. Vonhoff・M. Hegger・A. Biller and H. Winterhoff. 2006, Sedating effect of Humulus Lupulus L. Extracts. Pphytomedicine. 13: 535-541.
- 加藤三郎・白井健康・松村知之・山口俊英・土屋好文. 1988, 生ビール粕利用による黒毛和種去勢牛の野外肥育試験. 静岡畜試研報, 13: 64-80.
- 大成 清. 1988, 飼料としてのビール粕の多面的利用(1). 畜産の研究, 42: 1063-1068.
- 大成 清. 1988, 飼料としてのビール粕の多面的利用(2). 畜産の研究, 42: 1157-1164.
- 小野浩臣. 1999, 産業動物における抗ストレス用薬の必要性和その応用(27). 畜産の研究, 53: 1325-1330.

モウソウチクサイレージの鶏飼料への応用

Application of Bamboo silage to poultry feeding

松井繁幸、蔡 義民¹、大石誠一²、横越英彦³、岩澤敏幸⁴、中村茂和、
池谷守司、関 哲夫

要約：前報において、乳酸菌 RO 50 株を用いたモウソウチクサイレージ（以下資材）をブロイラーに給与した結果、免疫力増強や肉質の改善効果の可能性が示唆された。今回、その資材の添加量を変えてブロイラー及び採卵鶏に給与試験を実施し、以下の成績を得た。

- ①ブロイラー飼養では、資材添加量が 2.5%以下であれば生産性に影響はなかった。また、資材給与により腹腔内脂肪が減少する傾向にあり、10%区で正肉および可食内臓の割合が増加する傾向にあった。
- ②肉色において、資材給与によりもも肉の赤色味の増加がみられたが、胸肉では色味の変化は確認されなかった。
- ③資材給与により、液性免疫が増強された。特に T 細胞依存性反応では 2.5%の添加割合でもその効果が確認された。
- ④資材のブロイラーに対する腸内環境改善作用は確認されなかった。
- ④採卵鶏飼養では、5%までの資材添加割合であれば生産性及び卵質への影響は認められなかった。

（静岡畜技研中小研セ研報 2, 27~33, 2009）

はじめに

日本各地に生息している竹は、これまで建築資材や装飾品等に利用され、またタケノコは食料品として利用されてきたが、プラスチック製品の普及や中国産タケノコの輸入に伴いその利用量は減少の一途をたどっている。これが原因となり、日本各地において放置竹林が拡大し、動植物相への影響や地滑りなどの自然災害を引き起こしている。これまで、各地において竹の農業・畜産利用技術について検討されてきたが、大量消費につながる有効な利用法を確立するには至っていない。当研究センターでは、放置竹林問題の解決を目的に、モウソウチクの畜産利用に関する研究に取り組んでおり、これまでに粉末化したモウソウチクのサイレージ発酵による保存技術の開発やモウソウチクサイレージの給与による各種効果などを明らかにしてきた（大谷ら 2004、岩澤ら 2005、大谷ら 2007）。前

報（岩澤ら 2007）では、乳酸発酵に有用な乳酸菌畜草 1 号及び RO 50 株を利用したモウソウチクサイレージを調製し、その良好な発酵品質が確認され、また、乳酸菌 RO50 株で調製したモウソウチクサイレージのブロイラーへの給与試験では、免疫増強効果や肉質改善効果の可能性が示唆された。そこで今回は、資材の適正飼料添加量の確認と、適正添加量下におけるニワトリへの生理活性効果を検証するため、飼料添加量を変化させた場合のブロイラー及び採卵鶏飼養に対する影響について検討を行なった。

試験 1：ブロイラーへの給与試験 材料と方法

1. 供試鶏及び試験区分

2007 年 7 月 11 日餌付けチャンキー種雌 240 羽を供試し、8 月 27 日（50 日齢）まで飼養した。試験区分は、当センターのブロイラー用通

（1：（独）農業・食品産業技術研究機構 畜産草地研究所、2：丸大鉄工株式会社、3：静岡県立大学、4 現：静岡県立農林大学校）

常市販飼料（以下対照区飼料）のみを与えた対照区と、対照区飼料に資材が2.5%含まれるように配合した2.5%区、同様に5%区および10%区とし、1試験区20羽ずつの3反復とした。

2. 供試資材および飼料

供試した資材は、2007年5月中旬に静岡県掛川市内に生息するモウソウチク (*Phyllostachys heterocycla* f. *Pubescens*) (樹齢約12ヶ月) を、伐採後直ちに竹微粉末製造機 (丸大鉄工株式会社・静岡) にて粉末処理 (直径約500 μm) し、これに乳酸菌 *Lactococcus lactis* RO50 株 (畜産草地研究所) を 10^8 /kg 添加し、1kgずつ保存用のアルミパックに充填し脱気密閉した後、室温で約60日保存したものを使用した。乳酸菌 *Lactococcus lactis* RO50 株は2種のバクテリオシンを産生する球菌である。なお、供試資材および供試飼料の成分値を表1に示した。分析方法は定法に従い、水分は常圧加熱乾燥法、粗タンパクはケルダール法、粗脂肪はソックスレイ抽出法を用いた。

飼料は、餌付けから3週齢まではプロイラー前期用 (CP20.0%、ME3000Kcal/kg)、以後出荷までプロイラー仕上げ用 (CP18.0%、ME3200Kcal/kg) を使用し、いずれも不断給餌及び自由給水とした。

3. 飼育管理

餌付けから試験終了までの全期間、ウインドレス平飼い鶏舎で飼養し、飼育密度は1試験区3.3㎡あたり20羽とした。ワクチンは当センター防疫管理マニュアルに基づき、NB生ワクチンを2週齢時に飲水摂取した。

4. 調査項目

(1) 飼育調査

体重、飼料摂取量及び生存率を調査し、体重及び飼料摂取量については1週間毎に測定した。

(2) 解体調査

試験終了の50日齢時に試験区毎に9羽を解体して、もも肉、胸肉、ささみ、可食内臓 (肝

臓、筋胃及び心臓) 及び腹腔内脂肪について測定した。

(3) 肉色調査

解体時において、もも肉では半腱様筋、むね肉では浅胸筋を色差計 (ミノルタ) を用いて、それぞれ明度 (L値)、赤色度 (a値) 及び黄色度 (b値) を測定した。

(4) 免疫反応に関する調査

① 液性免疫反応

液性免疫増強効果を確認するため、ヒツジ赤血球及びブルセラ・メリテンシス (BM) に対する凝集抗体価を測定した。方法は、10%のヒツジ赤血球と2%のBM菌液を等量混合し、その0.1mlを2及び3週齢に翼静脈内に接種し、採血は2、3、4、5、7週齢時に行った。なお、試験には各区9羽を供試した。採血後、血清を96穴マイクロプレートにて希釈調整し、ヒツジ赤血球およびBMに対する凝集素力価を測定した。成績は凝集陽性を示す血清の最終希釈倍数の逆数の \log_2 として表示した。

② 遅延型過敏反応

ヒトγグロブリン接種による腫脹差で判定した。方法は4週齢時に前感作として、ヒトγグロブリン (シグマ社製) を400 μg/ml (生理食塩水) に調整後、アジュバント・コンプリート・フロインド (ディフコ社製) を等量混合した。次に胸部筋肉及び大腿筋肉内各2ヶ所に混合液を0.25mlずつの計1mlを接種した。そして、6週齢時にヒトγグロブリン [400 μg/ml (生理食塩水)] を左肉垂、生理食塩水を右肉垂に0.1mlずつ皮内接種し、24及び48時間後にノギスで左右の腫脹差を測定した。なお、試験には各区9羽を供試した。

③ 免疫関係臓器重量

免疫機能に関係する臓器 (脾臓、胸腺、ファブリキウス嚢 (以下F嚢)) について、解体時にそれぞれの重量を測定した。試験には各区9羽を用いた。

(5) 腸内細菌叢

資材の生理活性効果の指標となる腸内細菌叢の変化について、腸内の主な細菌数を調査した。解体時に盲腸内容を嫌氣的に採取し直ちに希釈液で希釈した後、それぞれの培地へ規定量を散布し、24時間から48時間37℃で培養し、集落

表1 試験飼料および資材の成分値 (%)

	水分	粗タンパク	粗脂肪
対照区	10.86	18.29	7.92
2.5%区	11.58	17.39	8.00
5%区	12.76	16.48	7.70
10%区	14.41	16.09	7.28
資材	54.29	0.89	0.27

数を計測した。調査した細菌及び使用培地は、大腸菌群 (DHL 培地)、乳酸桿菌 (LBS 培地)、総好気性菌 (TS 培地)、総嫌気性菌 (BL 培地) とし、培養法及び培地組成は光岡 (1984) の方法に従った。

結 果

(1) 飼育調査

飼育成績は、飼料摂取量は各区に差はなかったが、資材添加量が多くなると共に体重は低下、飼料要求率は上昇し、5%区、10%区では対照区と比較して有意差が認められた (表2)。

(2) 解体調査および肉色調査

解体成績では、資材給与により腹腔内脂肪が減少する傾向にあり、10%区において対照区と比較して有意差が認められた (表3)。また、10%区で正肉および可食内臓の割合が増加する傾向にあった (表3)。肉色では、もも肉 a 値と胸肉 L 値で資材給与による値の増加傾向が見られ、もも肉 a 値では 2.5%区と 10%区が、胸肉 L 値では 10%区がそれぞれ対照区と比較して有意に増加した (表4)。

(3) 免疫反応に関する調査

T 細胞依存性液性免疫の指標であるヒツジ赤血球 (SRBC) 抗体価は、接種 14 日後のピーク時において、いずれの試験区においても対照区と比較して有意に増加した (図1)。T 細胞非依存性液性免疫のブルセラメリテンス (BM) 抗体価は、接種 14 日後のピーク時において、いずれの試験区においても増加する傾向があり、特に 10%区で対照区と比較して有意差が認められ、21 日後においては 10%区、5%区で有意差が認められた (図2)。

遅延型過敏反応及び免疫関係臓器重量について

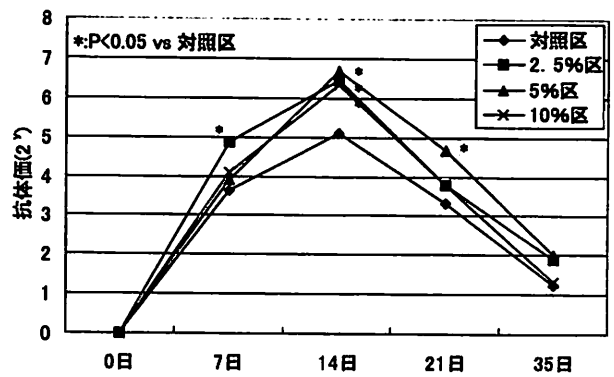


図1 SRBC 抗体価

表2 飼育成績

	体重(g)	飼料摂取量 (g/日・羽)	飼料要求率	性能指数	生存率
対照区	2681.11 a	104.49	1.87 a	292.5 a	100
2.5%区	2669.78 a	104.60	1.91 ab	281.5 a	98.3
5%区	2573.11 b	105.02	1.96 bc	268.1 ab	100
10%区	2438.44 c	102.05	2.01 c	248.0 b	100

※異符号間に有意差あり (P<0.05)

性数 = (平均体重 × 育成率 × 100) / (飼料要求率 × 出荷日齢)

表3 解体成績

	生体重(g)	と体重	もも肉	むね肉	ささみ	正肉	心臓	肝臓	筋胃	可食内臓	腹腔内脂肪
対照区	2443	94.97 a	20.85	21.84	3.89	46.58	0.37 a	1.96	1.24	3.57	2.55 a
2.5%区	2572	94.82	19.89 a	22.96	4.06	46.91	0.43	1.92	1.23	3.58	2.09
5%区	2651	94.57	20.65	23.37	4.09	48.34	0.41	1.94	1.17 a	3.52	2.38
10%区	2310	94.16 b	21.27 b	23.15	3.88	48.30	0.44 b	1.96	1.33 b	3.73	1.83 b

と体重は生体重に対する割合(%)

その他はと体重に対する割合(%)

異符号間に5%水準有意差あり

表4 肉色

	もも肉			むね肉		
	L値	a値	b値	L値	a値	b値
対照区	46.44 ab	3.76 a	8.88	44.12 a	0.64	7.27
2.5%区	44.63 a	5.15 b	9.53	45.42 ab	0.35	7.11
5%区	46.81 b	4.43 ab	9.1	45.08 ab	0.65	7.8
10%区	46.67 ab	5.25 b	9.27	46.74 b	0.85	7.48

異符号間に5%水準有意差あり

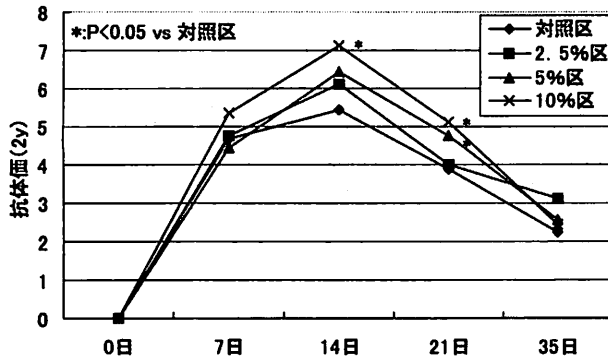


図2 BM抗体価

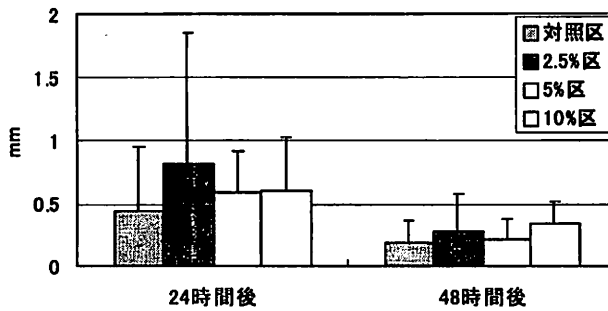


図3 肉垂腫脹差

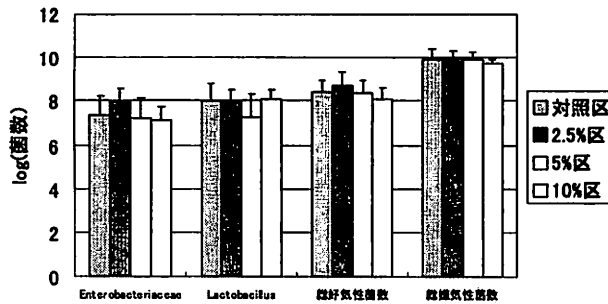


図4 腸内細菌叢

ては有意差は認められなかった(図3, 表5)。

(4) 腸内細菌叢の調査

有用菌数の変化として乳酸桿菌(Lactobacillus)数を、また、有害菌数の変化として大腸菌群(Enterobacteriaceae)数を調査したが、各区に差は認められなかった(図4)

表5 免疫関係臓器重量

	脾臓	F囊	胸腺	総合
対照区	0.155	0.042	0.452	0.648
2.5%区	0.168	0.040	0.432	0.639
5%区	0.155	0.052	0.450	0.657
10%区	0.156	0.050	0.422	0.629

有意差なし

(と体重比%)

試験2：採卵鶏への給与試験
材料と方法

1. 供試鶏及び試験区分

供試鶏は2007年1月19日餌付けの白レグコマーシャル鶏で、産卵状態の良いニワトリ240羽を用いた。試験期間は2007年10月1日(254日齢)から2008年1月8日(354日齢)までの100日間とした。試験区分は、当センターの採卵鶏用通常市販飼料(以下対照区飼料)のみを与えた対照区と、対照区飼料に資材が2.5%含まれるように配合した2.5%区、同様に5%区および10%区とし、1試験区20羽ずつの3反復とし、それぞれ平均体重が同等になるように振り分けた。なお、試験期間中は1羽ずつケージにて飼育した。

2. 供試資材および飼料

供試した資材は、2007年7月上旬に静岡県掛川市内に生息するモウソウチク(約14ヶ月齢)を試験1と同様に調製した。

飼料は、卵用鶏成鶏飼料(CP17%、ME2850kcal/kg)を使用し、いずれの試験区も不断給餌及び自由給水とした。

3. 調査項目

(1) 飼育調査

体重、産卵率、産卵重量、飼料摂取量及び生存率を調査した。体重、産卵率、産卵重量及び飼料摂取量については1ヶ月毎に測定した。

(2) 卵質調査

卵殻強度、卵殻厚、卵殻重量、卵殻密度、ハウユニットおよび卵黄色について、1ヶ月毎に調査した。卵殻強度及び卵殻厚は専用測定器(富士平工業)で測定し、卵黄色はカラーファンにより測定した。

(3) 卵へのGABA移行性

前報より、資材にはGABA(γ-アミノ酪酸)が豊富に含まれることが判っており、これの鶏卵への移行性について調査し、試験開始3ヶ月後の鶏卵について、各試験区5つずつ卵黄中のGABA含量を測定した。

表 6 飼養成績

	産卵率(%)	平均卵重(g)	産卵日量(g)	飼料摂取量 (g/日・羽)	飼料要求率	生存率(%)
対照区	93.69	60.70 ab	56.87	104.04	1.83	98.83
2.5%区	94.68	61.53 a	58.26	106.98	1.84	100.00
5%区	94.72	61.07 ab	57.84	108.32	1.87	98.83
10%区	94.22	60.18 b	56.70	105.50	1.86	98.83

異符号間に有意差 (P<0.05)

表 7 卵質(試験開始時)

	卵殻強度	卵殻厚	卵殻重量	卵殻密度	HU	卵黄色
対照区	3.72 a	36.00 a	5.34 a	76.81	86.23	11.00 ab
2.5%区	3.92 ab	37.47 b	5.70 b	79.2	84.26	11.13 ac
5%区	3.73 a	36.77 ab	5.43 ab	79.74	84.45	10.73 b
10%区	4.09 b	37.83 b	5.61 ab	80.02	84.12	11.3 c

異符号間に有意差 (P<0.05)

表 8 卵質(試験終了時)

	卵殻強度	卵殻厚	卵殻重量	卵殻密度	HU	卵黄色
対照区	3.93 ab	39.3 a	6.055	81.61	81.92	11.7
2.5%区	4.03 ab	37.7 b	6.000	80.66	83.12	12.0
5%区	3.85 a	38.1 ab	6.038	81.49	83.48	11.8
10%区	4.25 b	38.6 ab	6.029	81.81	84.12	11.9

異符号間に有意差 (P<0.05)

結 果

(1) 飼育調査

産卵率、飼料摂取量及び生存率は飼育期間中に差は見られなかったが、産卵重量については、2.5%と比較してわずかに10%区で低い値であったが、対照区とは差がみられなかった(表6)。

体重は、試験期間中にいずれの区においても増加したが、他の区と比較して10%区でその増加割合が少ない傾向にあった(図5)。

(2) 卵質調査及びGABA移行性

卵殻強度、卵殻厚、卵殻重量、卵殻密度及びハウユニットについては試験期間を通じて大きな変化は見られなかった(表7, 8)。卵黄色

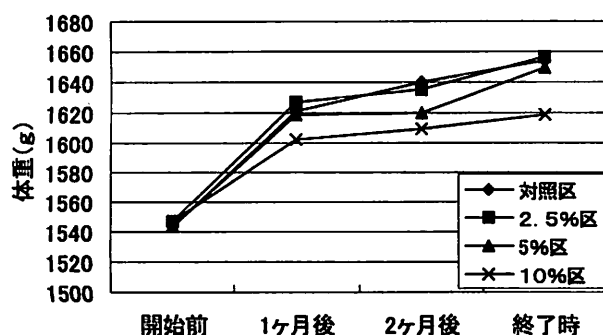


図 5 体重推移

についてはいずれの区においても試験期間中に上昇し、特に5%区において大きく、開始時において他の試験区と比較して有意に低かったものが、終了時には有意差がなくなった(表7, 8)。

また、試験終了時の鶏卵について、その卵黄中GABA含量を測定したが、いずれの区においても検出されなかった。

考 察

前報において、乳酸菌を加えずに調製したモウソウチクサイレージ、乳酸菌畜草一号を利用して調製したモウソウチクサイレージ及び今回利用した資材について、それぞれブロイラー用飼料に2.5%割合で添加し、これらのブロイラー飼養に対する影響について比較した。その結果、資材を添加したものでは、胸肉の破断強度の上昇及び遊離グルタミン酸含量の増加、血中脂肪成分の減少傾向、液性免疫増強効果など、様々な変化が確認された。そこで今回は、資材の実用化も視野に入れ、資材の飼料添加量の違いによるブロイラーの生産性や生産物への影響と、前報における種々の効果の再現性について検討

を行った。さらに、採卵鶏についても同様に調査を実施し、資材の有効性について検討を行った。

試験1では、ブロイラーに対する資材給与の影響について調査を行った。その結果、5%以上の添加量では増体重が低下し、また、飼料要求率も有意に上昇したことで、これらを育成率(生存率)で補正した性能指数についても有意に低下する結果となった。このことから、ブロイラーに対してはその生産性への影響から、資材の飼料添加割合の限界は2.5%程度までと推察された。資材を配合した飼料の分析値において、対照区飼料と比較して、その配合割合が増すごとに粗タンパク及び粗脂肪含量は減少し、5%以上の添加量では粗タンパクで約1.8%、粗脂肪で約0.2%減少した。このことは、資材の成分分析値からすれば当然の結果であり、これら数値がそのままブロイラーの成長に反映されたものと考えられた。萬田ら(1990)の報告においても、モウソウチクはその栄養成分からみて飼料的価値は非常に低いとしており、また、現在まで成長促進に効果のあるような成分はみつかっていないため、モウソウチクをそのまま利用することによるブロイラー成長促進効果は望めないと考えられた。解体成績では、資材添加により腹腔内脂肪が減少する傾向にあり、10%区で対照区と比較して有意差が見られた。このことは、上記にも述べたように、資材添加により飼料中の脂肪分が減少したことによるものと、また資材の豊富な繊維成分による脂肪蓄積の防止によるものと考えられた。また、この結果に伴い、10%区では正肉割合及び可食内臓割合が増加する結果となった。肉色では、資材添加により、もも肉で赤色が増加した。この結果は前報と同様のものではあったが、今回は胸肉では差は見られなかったため、今後もその再現性及び作用機序について検討する必要があると考えられる。免疫反応に関する調査では、遅延型過敏反応及び免疫関係臓器重量について、資材給与による影響は見られなかったが、液性免疫についてはその増強効果が確認された。今後は、これら結果の実用時における有用性を確認するため、実際の感染症に対する防御効果等について検討する必要がある。

また、資材には多数の乳酸菌が含まれていることから(大谷ら2006)、これら乳酸菌によるプロバイオティクス効果や、あるいは豊富な食物繊維によるプレバイオティクス効果について検証するため、腸内細菌叢の変化について調査を実施したが、資材給与による改善効果は確認できなかった。これは、おそらく資材中の有用菌(乳酸菌)数が腸内環境改善効果を生み出すには少なすぎたことや、低pH領域である胃内を生きて通過できなかったことが考えられる。しかしながら、プロバイオティクスの作用の一つに免疫調節作用があることが報告されているが(Perdigon1990)、これらの作用は必ずしも対照とする微生物が生きて腸内を通過する必要はなく、死菌体であっても細胞壁やリポテイコ酸などの菌体由来成分により免疫反応が調節される作用をもつとしている(Schwandner1999)。先に述べた資材給与による液性免疫増強効果は、これらの作用により発現された可能性も考えられた。

試験2では資材の採卵鶏に対する影響について検討したが、ブロイラーと異なり、10%の添加量でも生産性には影響を及ぼさなかった。しかし、体重の増加割合が資材添加した区では低かったため、長期の飼養試験では産卵成績、特に産卵重量で悪影響がでる可能性がある。今回は3ヶ月間の短期試験であったことから、さらに長期にわたる飼養試験を実施する必要があると考えられた。卵質についても、資材給与による影響はほとんど見られなかった。前報において、資材中には、その発酵過程において鎮静作用や血圧下降作用のあるGABA(γ アミノ酪酸)が増加し、700mg/100g以上になることを報告している。今回、この有用成分であるGABAが、資材給与を通じて鶏卵への成分移行性を確認するため、各試験区における卵黄中GABA含量を調査したが、いずれの区においてもGABAは確認されず、資材給与による卵黄への移行性はないものと推察された。

今回の試験において、生産性から見たブロイラー及び採卵鶏への資材の飼料添加割合の限界を示すことができた。つまり、ブロイラーでは2.5%、採卵鶏では5%程度が添加割合の限界であり、ブロイラーではこの添加量での免疫増

強効果が確認された。今後は、資材の適正添加量下における肉質改善効果の再現性確認とその作用機序を検討する必要があると考えられる。また、採卵鶏においては資材給与による生理活性効果について、ブロイラーで実施した免疫増強効果を確認するとともに、高付加価値鶏卵の作出について検討して行く予定である。食品中のコレステロールは血中コレステロールを増加させ、動脈硬化などの疾病を引き起こすことが知られているが、採卵鶏飼料中の繊維含量を多くすることで卵黄中のコレステロール含量を低く抑えることが可能であることが報告されている(Hargis1988)。この技術を応用できれば、資材のもつ豊富な繊維質を利用した低コレステロール高付加価値鶏卵作出の可能性があると考えている。これにより、放置竹林問題の主因であるモウソウチクを有効活用したニワトリ飼養技術が確立され、モウソウチクの利用拡大による放置竹林問題解決の一助となることが期待される。

謝 辞

本研究は、「先端技術を活用した農林水産研究高度化事業」により得られた成果である。また、腸内細菌叢分析に関して、貴重なご助言、ご指導をいただいた東京大学大学院農学生命科学研究科伊藤喜久治准教授に深謝致します。

参考文献

- 岩澤敏幸・松井繁幸・横越英彦・蔡義民・大石誠一, 2007. モウソウチク由来の生理活性資材の開発とその応用に関する研究(第1報). 静岡県畜産技術研究所中小家畜研究センター研究報告, 1: 37-43.
- 岩澤敏幸・大谷利之・池谷守司, 2005. 鶏による竹資源利用に関する研究(第1報). 静岡県中小家畜試験場研究報告, 16: 49-53.
- 大谷利之・和久田高志・関哲夫・岩澤敏幸・池谷守司, 2004. 畜産分野における竹資源の利活用. *Banboo Journal*, 21: 72-77.
- 大谷利之・岩澤敏幸, 2006. モウソウチクサイレージの調製とその発酵品質. 静岡県中小家畜試験場研究報告, 17: 53-57.
- 光岡知足, 1984. 腸内細菌の世界(改訂版). 53-65. 叢文社. 東京.
- 萬田正治・長英司・徳田博幸・黒肥地一郎・渡邊昭三, 1990. モウソウチクの飼料的価値. 鹿児島大学農学部学術報告, 40: 173-179.
- Perdigon G・Alvarez S・Nader de macias M. E・Roux M. E・Pesce de ruis holgald A, 1990. The oral administration of lactic acid bacteria increase the mucosal intestinal immunity in response to enteropathogens. *Journal of Food Protection*, 53: 404-410.
- Ralf Schwandner・Roman Dziarski・Holger Wesche・Mike Rothe・Carsten J. Kirschning, 1999. Peptidoglycan- and Lipoteichoic Acid-induced Cell Activation Is Mediated by Toll-like Receptor 2. *The Journal of Biological Chemistry*, 274: 17406-17409.
- Hargis P. S, 1989. 鶏卵の卵黄コレステロール含量の減少 総説. *科学飼料*, 34: 182-183.

佐鳴湖ヨシの水質浄化機能と刈り取り後の飼料利用技術

The function of water purification of reed in Lake Sanaru and the utility of mowed reed as feed.

松井繁幸、岩澤敏幸¹、池谷守司

要約：佐鳴湖の水質浄化のために植栽されたヨシの刈り取り後の有効活用方法として、動物用飼料利用について検討した。

まず、ヨシの資源特性を把握するため2007年5月から10月まで佐鳴湖沿岸に生息するヨシの生態調査を実施した。刈り取り時期を5月から10月まで分けた場合、6月および10月の年2回刈り取る方法が最も水質浄化効果は高く、これにより、資源として6月および10月に利用可能となり、その量は佐鳴湖全体で約50トンであることが判った。飼料としてはその形質などから6月刈り取りのヨシを利用するのが適当と考えられた。また、6月のヨシについてその飼料特性を分析した結果、ヨシはタンパク含量が高く、サイレージ発酵に適しており、農薬や重金属等は含まれていないため安全で良好な飼料として利用できる可能性が示唆された。さらに、誰がどのように飼料調製し、また利用するのか検討し、佐鳴湖の環境問題に取り組んでいるNPOと協力して、市民参加によるヨシ刈りイベント・飼料作りを実施し、調製した飼料を浜松市動物園等で利用するという一連のヨシ管理システムを構築した。

(静岡畜技研中小研セ研報 2, 35~42, 2009)

緒言

静岡県浜松市に位置する佐鳴湖は、環境省が実施している全国湖沼水質ランキングにおいて、平成13年度より平成18年度現在まで6年連続でワースト1を記録している。この不名誉な記録からの脱却を目指し数多くの研究や取り組みが行なわれているが、中でもヨシやホテイアオイなどの水生植物を利用した水質浄化システムが注目を集めており(須藤ら1996、鈴木1998、堀井1999)、浜松土木事務所を中心にこれら水生植物の植栽事業が進められている。

水生植物を用いた浄化方法の原理として、一つは、ホテイアオイや浮き草などの浮遊植物や沈水植物を利用した“池システム”と呼ばれるもので、ホテイアオイなどの浮遊植物を水面で増殖させ、それを回収することによって水質浄化を図る方法であり、すなわち植物バイオマスとして栄養塩を水中から取り除く方法である。

もう一つは、ヨシ原などの湿地帯を利用した“湿地システム”と呼ばれるもので、ヨシ原等の自然の湿地や人工の湿地帯を造成して、そこに水を通過させることで植物体への接触による汚泥の沈殿やろ過による水質浄化を図る方法で、さらに植物が栄養塩を吸収する効果も期待できる。

佐鳴湖に植栽されたヨシ等の植物による浄化効果は後者の原理を利用したものである。しかしながら、これらの植物の植栽が、実際にどの程度佐鳴湖の水質浄化に寄与しているのか、その詳細なデータは不明である。また、このような水生植物を用いた湖水浄化システムは、秋から冬季にかけて植栽植物の刈り取りを行い、枯倒による栄養塩分の再流出を防ぐ必要がある。佐鳴湖においては、現在、浜松土木事務所がこれらヨシ等の植物刈り取り管理を行っているが、刈り取り後のヨシはすべて産業廃棄物として処理されており、その費用も決して少なくはなく、

(1 現：農林大学校)

資源としての有効利用が望まれている。

そこで、本研究では、ヨシの刈り取りによる水質浄化の実態を明らかにし、さらに、刈り取り後のヨシの有効利用方法として動物用飼料利用の可能性について検討を行った。

材料と方法

1. 佐鳴湖におけるヨシ (*Phragmites communis trin.*) の生育調査

佐鳴湖南岸(入野漁協船着場付近、図1)において、1平方メートル四方の調査区域を3反復区設け、2007年5月から2007年10月までの6ヶ月間、1ヶ月毎にヨシの生育調査を行った。調査項目は、生育本数、草丈長、地上部重量およびヨシ水分含量とした。また、各調査月にて刈り取った区(10月区は除く)を10月まで観察し、10月の調査日の時点で再度刈り取りを実施し、上記の生育調査を行った。

1) 草丈長の測定

各調査区域それぞれからヨシを地面から5cmの高さで刈り取り、各調査区域についておよそ10本の長さを測定し、その平均値を求めた。

2) 地上部重量の測定

各調査区域それぞれについて、生育しているヨシすべてを地面から5cmの高さで刈り取り、

その全重量を測定した。

3) 水分含量の測定

各調査区の平均的な草丈のヨシ約10本を3cm程の長さに細断し、通風乾燥器にて105℃で10時間以上乾燥させて測定した。

2. ヨシの栄養塩分含量の調査

生育調査にて採材したヨシについて、調査月毎の栄養塩分含量として窒素およびリン含量を測定した。さらに年間で2回ヨシの刈り取りを行う場合を想定したとき、最も栄養塩分除去効率の良い刈り取り時期を決定するため、1回目の刈り取り(5月~9月)と2回目の刈り取り(10月)との栄養塩分含量を同様に測定した。

1) 窒素含量の測定

ヨシの窒素含量の測定は、以下のとおりケルダール法を用いて行った。ヨシを微粉碎した後、約1.5gを秤量し、分解フラスコへ採取した。これに濃硫酸20mlを加えて16時間加熱分解し、分解した溶液を100mlにメスアップした後、試料5mlを水蒸気蒸留させ発生したアンモニアをホウ酸で捕集した。これを0.02N硫酸で滴定し全窒素量とした。

2) リン含量の測定

リン含量の測定は、モリブデンブルー吸光度法を用いて行った。すなわち、ヨシを微粉碎後、約1gを灰化し蒸発凝固させた後、塩酸にて溶解した。これにモリブデン酸アンモニウムを混合し、約10分放置後、ヒドロキノロンと亜硫酸ナトリウムを加えた。適量の水を加え、30分放置後、波長650nmで比色分析した。

3. ヨシの動物用飼料利用に関する調査

(1) 飼料成分調査

ヨシはイネ科の植物であり草食動物の粗飼料として利用できる可能性がある。そこで、飼料一般成分として、粗タンパク、粗脂肪、粗繊維、粗灰分、中性デタージェント繊維(NDF)、酸性デタージェント繊維(ADF)、細胞壁物質(OCW)、細胞内容物(OCC)、低消化繊維(O_b)、高消化繊維(O_a)、グルコース、スクロース、フルクトース、TDNについて調査を行い、ヨシの飼料としての価値について検討を行った。分析用のヨシは、佐鳴湖南岸にて、2006年8月に採材したものを試料として用い、調査項目の分析は、定法に従い定量した。

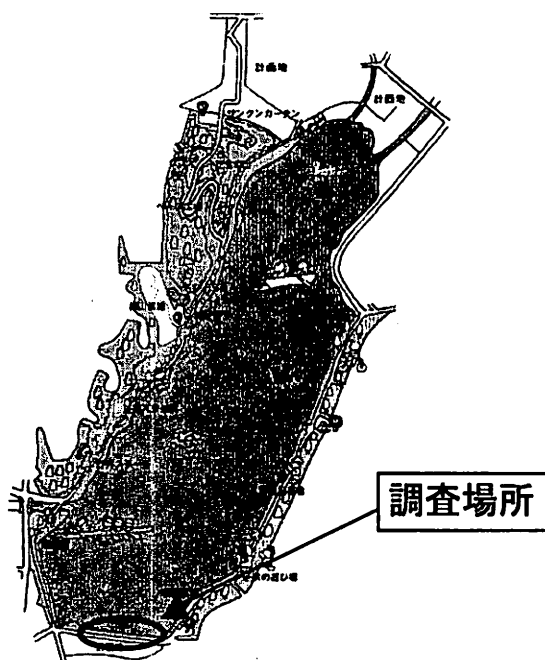


図1 生育状況の調査場所

(2) ヨシ飼料の保存法の検討

ヨシを飼料として利用する場合、保存性や嗜好性等を高めるために乳酸発酵（サイレージ化）することが望ましい。そこで、ヨシを乳酸発酵させたときの発酵品質について、pH、有機酸含量、アンモニア態窒素を測定し評価を行った。なお、サイレージの調製はビニール製内袋つき500L容フレキシブルコンテナバックにヨシを約300kg詰め込んで調製した。調製にはサイレージ発酵用の乳酸菌「畜草1号」（雪印種苗）を規定量添加し、分析は調製開始60日後のヨシを供試材料とした。

1) pHの測定

ヨシサイレージを正確に10.0g量り取り、これに90mlの蒸留水を加えてよく振とうし4℃にて約2時間放置した後、この抽出液を濾過してガラス電極pHメーターを用いて測定した。

2) 有機酸の測定

pH測定に用いた抽出液をイオン交換樹脂（Amberlite IR120RH+、東京有機化学工業株式会社）で処理して高速遠心分離（12,000rpm×5分間）し、その上澄み液を孔径0.45μmフィルターで濾過してから高速液体クロマトグラフィーにて分析した。装置はHPLC有機酸分析システム（日本分光）を用い、カラムはShodex Rspak KC-811（8mm×300mm、昭和電工株式会社）、移動相は3mM過塩素酸巢溶液、反応液はBTB水溶液、流量は1.2ml/min、カラム温度は60℃、検出波長は450nmで測定した。

(3) 有害物質の調査

佐鳴湖では、生活排水の流入や上流域における農薬の使用があることから、佐鳴湖沿岸に生息するヨシがこれらを吸い上げている可能性があり、ヨシを飼料利用する場合、これら有害物質による中毒などの危険性がある。このため、

飼料安全法で規制されている有害物質（農薬40種、重金属4種、カビ毒1種）および硝酸態窒素についてその含有量の調査を行った。各有害物質の分析は、食品衛生法（食品、添加物等の規格基準）および農薬取締法（農薬登録保留基準）に準ずる方法にて行った。

(4) 動物嗜好性調査

刈り取り直後のヨシおよびサイレージ化したヨシ（以下ヨシサイレージ）について、浜松市動物園で飼育されている草食動物（シマウマ、キリン、アメリカバイソン、ゾウ、ヒツジ、山羊）および浜松市内酪農家で飼育されている乳牛へ給与し、その採食状態を観察し、各動物の嗜好性を確認した。

4. 佐鳴湖ヨシの適性管理方法の検討

これまでの研究結果について総合的な検討を行い、佐鳴湖沿岸に生息するヨシを誰がどのように管理していくのがよいか、その適性管理方法について検討を行った。

結 果

(1) 佐鳴湖ヨシの生育調査

2007年5月から同年10月までの佐鳴湖沿岸に生息するヨシの生育状況について、草丈は9月まで成長を続け、5月時点で150cmだったものが最高で250cmまでに成長した（表1）。地上部重量では、草丈の成長に伴い8月までは増加したが、水分含量や枯倒による生育本数の減少により、9月以降は減少した。生育本数は9月までは約230本の一定数で推移していたが、10月においては枯倒したヨシが見られはじめ、200本以下に減少した。水分含量は、概ね50%程度で推移していた。

また、10月における各調査区の生育状況については、すべての調査区で成長が認められた

表1 佐鳴湖ヨシの生育状況

	5月	6月	7月	8月	9月	10月
草丈(cm)	158	200	213	228	239	237
地上部重量 (g/m ² 新鮮物)	2689	3324	3442	3525	3351	3133
本数 (本/m ²)	239	231	216	258	234	192
1本あたり重量 (g新鮮物)	11.25	14.39	15.94	13.66	14.32	16.32
窒素含量(%新鮮物)	0.70	0.81	0.43	0.73	0.76	0.60
リン含量(%新鮮物)	1.07	2.28	1.24	3.30	2.21	2.05
水分含量(%)	49.9	56.0	41.6	58.2	53.8	46.6

※ 3調査区画の平均値

表2 10月時における各刈り取り月区の生育状況

	5月区	6月区	7月区	8月区	9月区
草丈(cm)	183	177	157	122	87
地上部重量(g/m ² 新鮮物)	1376	2246	966	255	131
本数(本/m ²)	88	144	87	39	34
1本あたり重量(g新鮮物)	15.64	15.60	11.10	6.54	3.85
窒素含量(%新鮮物)	0.55	0.56	0.60	0.95	1.15
リン含量(%新鮮物)	1.70	2.01	1.66	2.63	3.85
水分含量(%)	50.6	49.7	46.6	48.4	48.4

※ 3調査区画の平均値

が、最も成長率の高かったのは6月に刈り取りを行った調査区であった(表2)。草丈では5月区に劣っていたものの、本数および地上部重量で最も高い値を示した。

(2) ヨシの栄養塩分含量

各調査月の栄養塩分含量については、6月が最も高かった(表1)。また、10月時における各調査区の栄養塩分含量は、生長期間が短くな

るほど多くなることが明らかとなった(表2)。

さらに、ヨシの生育状況結果とこれらの調査月ごとの窒素含量から、年2回の刈り取りによる1m²あたりの年間総窒素除去量の比較を行った結果、6月及び10月に刈り取りを行った場合、年間で39.50 g/m²の窒素が除去できることが示され、10月のみ刈り取りの場合と比較して、約2.1倍の窒素除去量の違いが認められた(表3)。

(2) ヨシの飼料特性

ヨシの飼料化学組成として、ヨシの水分は62.2%で、サイレージ発酵に適した値であった。

乾物中の粗タンパク含量は8.75%、粗脂肪は2.52%であった。また、可溶化炭水化物(糖類)の含量はグルコース、スクロース、フルクトースがそれぞれ1.95%、1.11%、1.24%でありサイレージ発酵に適した値であった(表4)。

ヨシサイレージの発酵品質では、pHは4.05にまで低下し、乳酸量は1.25%と高く、またプロピオン酸および酪酸の産生はなく、アンモニア態窒素も0.37 g/kgと低い値であり、高品質な乳酸発酵が可能であった(表5、図2)。

飼料安全法の基準で定められている有害物質

表3 ヨシ刈り取りによる栄養塩分除去量

	窒素	リン
5月+10月刈り取り	26.39	52.16
6月+10月刈り取り	39.50	120.93
7月+10月刈り取り	20.60	58.72
8月+10月刈り取り	28.88	126.30
9月+10月刈り取り	26.97	79.10
10月刈り取りのみ	18.80	64.23

※ 3調査区画の平均値
単位: g/m²(新鮮物)

表4 ヨシの飼料化学成分

乾物率(%)	37.8
有機物(%乾物)	90
粗蛋白質(%乾物)	8.75
粗脂肪(%乾物)	2.52
酸性デタージェント繊維(%乾物)	40.4
中性デタージェント繊維(%乾物)	72.62
細胞壁物質(%乾物)	75.54
細胞内有機物質(%乾物)	14.46
低消化繊維(%乾物)	73.15
高消化繊維(%乾物)	2.39
粗灰分(%乾物)	10
糖分	
グルコース(%乾物)	1.95
スクロース(%乾物)	1.11
フルクトース(%乾物)	1.24

表5 ヨシサイレージの発酵品質

pH	4.05
乳酸(%)	1.25
酢酸(%)	0.26
プロピオン酸(%)	0
酪酸(%)	0
アンモニア態窒素(g/kg)	0.37
硝酸態窒素(ppm)	62



図2 乳酸発酵したヨシ(サイレージ)



図3 ヨシサイレージを採食するバイソン



図4 生のヨシを採食するゾウ

(農薬40種、重金属4種、カビ毒1種)については、すべての項目において基準値以下であった。また、サイレージ発酵後の硝酸態窒素濃度は62ppmと低く、試料給与による動物への影響はないものと思われた(表5)。

浜松市動物園における各種動物に対するヨシおよびヨシサイレージの嗜好性では、多くの動物種で採食を示したが、特にアメリカバイソンでは採食量も多く高い嗜好性を示した(図3)。ゾウおよびキリンはサイレージについては採食しなかったが、生のヨシではゾウが高い嗜好性を示した(図4)。また、浜松市内酪農家飼養の乳牛でも採食が確認できた。

考 察

水生植物を利用した水質浄化システムは、全

国の河川や湖沼において実用が試みられており、佐鳴湖においてもヨシをはじめとする水生植物の植栽事業が進められている。さらに、浜松土木事務所などが推進する湖沼水質浄化事業“清流ルネッサンスⅡ”では、上流新川から流れ込む窒素を削減するため佐鳴湖北岸にビオトープ型湿地性植生浄化施設の設置が計画されている。

これらの植生浄化システムでは、植えられたヨシなどの植物が枯倒して湖内に栄養分が再び流出してしまわないよう、秋季から冬季にかけて刈り取り等を行わなければならない。佐鳴湖でも年に1回、秋～冬季にヨシの刈り取りが行われているが、刈り取り後のヨシは産業廃棄物と処理されており、その処理コストも少なくなく、刈り取りヨシの資源としての利活用技術の開発が待たれている。本研究では、この問題を解決するため、刈り取りヨシの動物用飼料利用技術を開発したものである。この技術の応用により、佐鳴湖ヨシの資源有効利用につながるばかりでなく、水質環境の負荷低減にも貢献できるものと思われる。

本研究では、まず、佐鳴湖ヨシの生育状況を明かにし、また、ヨシの刈り取りが湖水浄化にどの程度寄与しているのかを併せて調査し、最も湖水浄化効率の良い刈り取り時期の検討を行った。この結果、6月に1回目の刈り取りを行い、10月に2回目の刈り取りを行う方法が最も効率がよく、窒素で約40g/m²の除去が可能であることが分かり、佐鳴湖全体のヨシ原面積を約1haとすると、年間で約400kgの窒素が除去できる計算となる。これら結果は細井ら(1998)が報告しているものと同様のものではあったが、早期の刈り取りがヨシ原の維持に与える影響を調べた報告があり、ここでは6～8月に中途刈り取りを行うと翌年以降のヨシ地上部重量が減少し、9月以降のみの刈り取りでは逆に増加したと報告されている(武田ら1998)。さらにはヨシ刈りという行為そのものが他の植物へ与える影響を調べた報告もあり、ここでは7月にヨシ刈りを行うと、ヨシ以外の植物の出現種数が増加すると示している(山田1999)。これらのことを総合すると、栄養塩分の除去を目的にヨシ刈りを行う際は、地上部の栄養塩濃度が高い夏前期に刈り取りを行うのが効果的であ

るが、翌年の成長を維持し、他の植物の侵入を防止する目的では、刈り取り時期は遅いほど良好であると言える。今後、早期ヨシの刈り取りを行っていく際にはこの点を考慮し、毎年は早期刈り取りを行うのではなく、隔年にする方法や、または刈り取り場所を毎年変更するなどの工夫が必要であろう。

また、湖岸におけるヨシ原の存在は、湖水の水質浄化だけではなく、鳥や小動物などの野生動物の生態環境保護にも重要な役割を持つとされる。佐鳴湖湖岸のヨシ原においても、ヨシキリなどの小鳥の営巣が確認されており、むやみなヨシ刈りによる野生動物への悪影響が懸念されている。今後、今回報告したヨシ刈り管理システムを継続させていくには、野生動物保護の観点からも、刈り取り前の事前調査を行うなど、何らかの対策を講じていくことが必要である。

一方、刈り取りヨシの有効利用を考えた場合、ヨシはイネ科の植物であり、夏季までの早期のヨシであれば乳牛や肉牛などの草食家畜における牧草の代替として利用できる可能性がある。今回、ヨシの飼料成分の分析を行った結果、粗タンパクなどの栄養成分は、植物種的に近いリードカナリーグラスと比較してほぼ同等の成分であることが判明し（日本標準飼料成分表 2001）、飼料としての栄養分は十分備わっていることが明かとなった。しかしながら、ヨシは刈り取り後放置されると細菌やカビ等により腐敗が素早く進行してしまい、さらにタンパクなどの栄養成分もこれら菌類のエネルギーとして消費されるため飼料としての価値は著しく低下してしまう。このため、このようなエネルギーロスを防ぐ貯蔵技術が必要となる。そこで今回は、畜産現場において広く普及されているサイレージ化（乳酸発酵）技術を利用し、その貯蔵品質について検討を行った。良質なサイレージ発酵には、サイロの嫌気条件の保持、材料草の水分調整、十分な糖含量および優良乳酸菌の存在という四原則が欠かせない条件であるとされる（蔡ら 2001）。今回はビニール製内袋を持つフレキシブルコンテナバックを利用したことで嫌気状態は良好に保たれ、また、市販のサイレージ用乳酸菌を用いたことで、良好な乳酸発酵が行われ、乳酸が多く産生されたことにより pH も 4.0 付

近にまで低下し、高品質なサイレージを調製することができた。

佐鳴湖は周知のとおり、平成 18 年度まで 6 年連続で全国湖沼水質ワースト 1 とされている（平成 20 年 9 月現在）。水質悪化の原因の一つに、上流域からの生活排水の流入があげられており、このことから佐鳴湖の水は有害物質等で汚染されているのではないかと、というイメージが浜松市民の間ですら持たれている。さらには、佐鳴湖湖岸に生息するヨシにも農薬や重金属等の有害成分が含まれているのではとの指摘もあり、この問題を佐鳴湖の“負のイメージ”とともに拭い去るため、ヨシに含まれるこれら有害物質について調査を行った。この結果、ヨシには農薬や重金属等の有害物質は含まれず、ヨシは安全な飼料として利用可能であることが明らかとなった。

このように、ヨシは動物用飼料としての適性が十分であることを明らかにできたことで、次に実際には誰がどのように刈り取りを行い、また誰が飼料として利用するのが良いのか、“佐鳴湖”というものが浜松市民共有の憩いの場であるという観点から検討を行った。浜松市では、佐鳴湖に関わる市民団体が数多く存在し、環境保全を中心に様々な活動が行われている。佐鳴湖ネットワーク会議は、これら佐鳴湖を取り巻く市民団体等を連携させるために設置されたものであるが、この佐鳴湖ネットワーク会議では、ヨシに係わる活動も行っており、平成 17 年度から市民参加によるヨシ刈りイベントを主催している。筆者らはこの市民参加イベントに着目し、この中で市民自身がヨシを刈り取り、また刈り取り後のヨシで飼料を作り、さらにこれを浜松市動物園で利用してもらうという、一連のヨシ管理システムを考案した。平成 18 年度にはこの考案したシステムを静岡県中小家畜研究センターが中心となって実行し、平成 18 年 6 月に、約 50 名の市民参加によるヨシ刈りイベントが開催され、刈り取り後のヨシを利用したサイレージ作りを行った（図 5、6）。

さらに作製したヨシサイレージの浜松市動物園へのプレゼントイベントを開催し、子供達をはじめ、多くの市民が参加した（図 7、8）。また、平成 19 年度にも継続してこれらのイベ

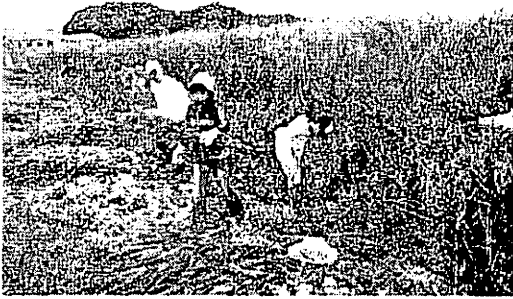


図5 ヨシ刈りイベント風景



図6 刈り取りヨシでサイレージを作製

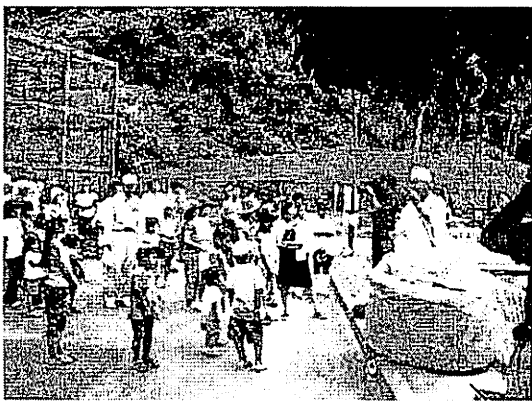


図7 ヨシサイレージを浜松市動物園へ



図8 子供達の手から動物へプレゼント

ントが実施された。

また、秋季に行うヨシ刈りにおいては、刈り取りヨシはその性質から飼料利用には適さないが、佐鳴湖ネットワーク会議および静岡県西部農林事務所が主体となり、浜松市内の茶園においてマルチング資材としての利用の試みが行われ、使用農家からは好評を得ているとのことである。

このように本来市民のものである佐鳴湖が、市民自らの手によって管理され、さらには同じく市民の憩いの場である市営動物園で再利用されるという、いわば“市民の為の市民による佐鳴湖ヨシ管理システムモデル”を構築することができた。今後はこの管理システムをいかに継続・発展させていくかが重要であるが、そのためには活動を行う各市民団体や行政などがより一層連携していくことが必要である。

また、バイオエタノール需要の高まりなどから飼料価格の高騰が続いている現在、今回構築できたヨシ資源利用システムを畜産農家へ応用できれば、非常に有用な飼料資源としてヨシが利用できるのではないかと考えている。

謝 辞

本研究を遂行するにあたりヨシ刈りイベントを主催された佐鳴湖ネットワーク会議ヨシ刈り班員の皆様、およびヨシ給与試験でご協力いただいた浜松市動物園職員の皆様に深謝致します。

参考文献

- 須藤隆一. 1996, ヨシ原の創出手法の確立及びその水質浄化機能. 建設工学研究振興会年報, 31: 54-62.
- 鈴木紀雄. 1998. 生体系の保全と水質浄化, 河川・湖沼の水質浄化技術の開発と汚染対策 工業技術会. 107-117.
- 堀井孝郎. 1999, 植生浄化で行う低コストなノンポイント対策. 月間下水道 22, 6: 27-31.
- 細井由彦・城戸由能・角田政毅. 1998, ヨシの刈り取りによる栄養塩の除去. 第5回生物利用新技術研究シンポジウムダイオキシンに関する特別講演会論文集, 5: 164-167.

武田徹・山本聡子・佐藤滋. 1998, イモリ池周辺
環境保全調査について. 新潟理化学, 24: 52-
53.

山田晋. 1999, 耕作放棄水田におけるヨシ. 都市
公園, 147: 88-96.

独立行政法人農業技術研究機構編. 2001, 日本標
準飼料成分表.

蔡義民・増田信義・藤田泰仁・河本英憲・安藤貞.
2001, 茶飲料残渣の飼料調整・貯蔵技術の開
発. Animal science journal. 72, 10: 536-
540.

竹粉サイレージの給与が肉用鶏および採卵鶏の 排せつ物臭気に及ぼす影響

Effect of feeding bamboo silage on odor of feces in broiler chicks and hens.

中村茂和、松井繁幸、杉山 典、黒田博通

要約：微粉砕したモウソウチクに乳酸菌を添加してサイレージ化した竹粉サイレージ資材を肉用鶏および採卵鶏の飼料中に所定割合添加し、それら排せつ物から揮散するアンモニア態窒素揮散量や硫黄系化合物濃度について測定した。その結果、竹粉サイレージ資材を添加した試験区の排せつ物におけるpHや水分率等は対照区とほとんど同じであり、資材添加による明らかな違いはみられなかった。更に、排せつ物の主要な臭気成分であるアンモニア態窒素揮散量についても同様、対照区に対する明らかな低減効果は認められなかった。一方、排せつ物のpHとアンモニア態窒素揮散量との関係では、肉用鶏および採卵鶏のいずれの場合においても正の相関関係が認められたことから、供試排せつ物のpHは、揮散するアンモニア態窒素量の多少に影響することが推察された。また、硫黄系化合物の濃度は、いずれも対照区に対する有意な違いは認められなかったが、肉用鶏の場合、竹粉サイレージを2.5%および5%添加した時のメチルメルカプタン濃度や硫化メチル濃度は対照区に比べて低くなる傾向がみられ、採卵鶏の場合、10%添加において、測定した全ての硫黄系化合物濃度は対照区に比べて低くなる傾向がみられた。このことから、肉用鶏の場合、飼料中に竹粉サイレージ資材を約5%添加することにより、また、採卵鶏の場合は、約10%添加することにより、排せつ物から揮散する硫黄化合物の濃度低減の可能性が示唆された。

(静岡畜技研中小研セ研報 2, 43~48, 2009)

はじめに

畜産経営における苦情の大部分を占める悪臭問題について、これまで様々な脱臭方法について検討されてきているが、抜本的な解決には至っておらず、持続可能な畜産経営のためにも安定した悪臭低減対策が求められている。

また、近年、放置竹林の増加に伴いモウソウチク林の拡大が問題となっており、未利用のまま放置されているモウソウチクの有効活用の一つとして、当研究センターではこれまでに養鶏の飼料へ添加する方法について検討してきた(岩澤ら2005、大谷ら2005a、岩澤ら2007)。大谷ら(2005a)は、微粉砕したモウソウチクに市販の乳酸菌を添加してサイレージ化した竹粉サイレージを、肉用鶏仕上げ飼料に添加し、そのたい積ふんから発生するアンモニア濃度および臭気指数について検討した結果、それらの

値は対照に比べて低くなり、メチルメルカプタン濃度については約1/4に低減していることを認めている。一方、この時の竹粉サイレージの給与期間は2週間のみであることから、竹粉サイレージが添加された飼料を飼育全期間に渡って給与することにより、より一層の臭気低減効果が期待される。更に、採卵鶏で同様の方法による臭気低減効果について検討した報告はこれまでにない。このようなことから、飼育全期間において、異なる竹粉サイレージ添加割合により飼育された肉用鶏および採卵鶏を対象に、排せつ物の主要な臭気成分について検討した。なお、本研究は、平成18年度「先端技術を活用した農林水産研究高度化事業」による「モウソウチク由来の生理活性資材の開発とその応用に関する研究」において行われた一部である。

材料および方法

1. 竹粉サイレージ資材の添加割合が肉用鶏ふん便臭気に及ぼす影響

今回の調査で用いた竹粉サイレージ資材は、2007年5月下旬に1年生のモウソウチク (*Phyllostachys heterocycla*) を伐採し、速やかに微粉末製造機 (丸大鉄工株式会社、静岡) により微粉碎処理した竹粉を用いた。竹粉サイレージの調製は、大谷ら (2005b) のとおりに行い、添加した乳酸菌は (独) 農業・食品産業技術総合研究機構 畜産草地研究所の保有乳酸菌株であるRO50を用いた。供試飼料は、市販飼料に竹粉サイレージ資材を現物あたり2.5、5.0、10.0%含むよう調製した。そのため、試験区は資材2.5%、5.0、10.0%添加区の3試験区と市販飼料のみで飼養した対照区を設け、平飼い鶏舎にて肉用鶏 (チャンキー) 20羽を1群、各区3群とし、資材添加飼料の給与開始時期は2007年7月11日であった。

排せつ物の採取は、資材添加飼料の給与開始後、40日目および42日目に行った。また、排せつ物はいずれの場合も24時間堆積した排せつ物を採取し、大きな羽は除去した後に攪拌混合し、均一化してから試験に供した。

採取したそれぞれの排せつ物において水分量 (%)、pH、C/N比を測定した。C/N比の測定はNCアナライザー (SUMIGRAPH NC-900、住化分析センター) を用いた。排せつ物の臭気は、中谷ら (2004) の方法を参考に、アンモニアおよび硫黄化合物を測定した。今回用

いた装置は鶏ふんを充填、培養するためのプラスチック製容器 (容積は約1L)、ウォーターバス、揮散したアンモニアガスをトラップするための捕集びん (84GP250、250ml、柴田科学、東京)、カルシウム円筒にシリカゲルを充填した水分トラップ管、ポンプ (AP-240Z、イワキ、東京)、空気流量計 (RK1150、コフロク、京都) 等からなり、その概要を図1に示した。なお、臭気測定に用いた排せつ物はいずれも200gとし、培養温度は30℃、吸気量は500ml/minとした。また、アンモニア揮散量は150mlの4%ホウ酸液で48時間捕集した後、0.1N硫酸による直接滴定法で測定し、硫黄系化合物は、培養24時間後にガス採取口より一定量のガスを採取し、ガスクロマトグラフ (島津GC-14B (FPD)) 法により測定を行った。

2. 竹粉サイレージ資材の添加割合が採卵鶏ふん便臭気に及ぼす影響

今回の調査で用いた竹粉サイレージは、肉用鶏の場合と同じ資材である。供試飼料についても同様に、市販飼料に資材を現物あたり2.5、5.0、10.0%含むよう調製した。そのため、試験区は資材2.5%、5.0、10.0%添加区の3試験区と市販飼料のみで飼養した対照区を設け、ケージにて採卵鶏 (白色レグホン系) 10羽を1群、各区3群とし、資材添加飼料の給与開始時期は2007年10月1日であった。

排せつ物の採取は、資材添加飼料の給与開始後、58日目および60日目に行った。また、排せつ物はいずれも24時間堆積した排せつ物を採取し、大きな羽や卵内容物等は除去した後に

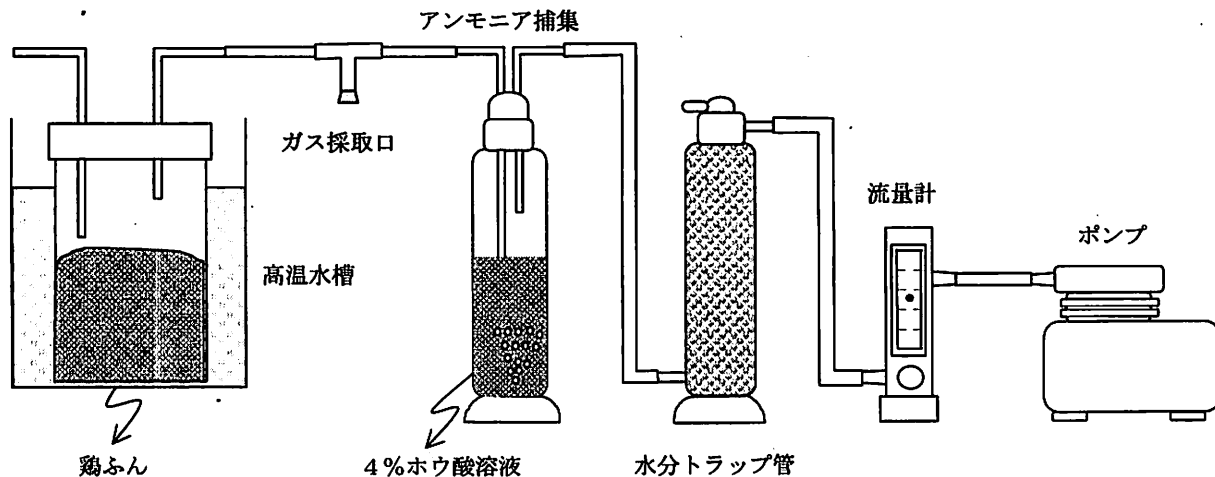


図1 臭気発生装置の概要

表 1 排せつ物の性状

区分	肉用鶏			採卵鶏		
	水分(%) ^{※1}	pH	C/N比	水分(%)	pH	C/N比
竹粉 2.5%添加区	64.6±1.5	6.18±0.15 ab ^{※2}	7.9±0.7	73.5±0.9	6.46±0.13	7.6±0.4
竹粉 5.0%添加区	68.3±3.1	6.22±0.12 ab	7.6±2.1	72.2±0.9	6.49±0.12	6.5±0.9
竹粉 10%添加区	66.5±1.9	6.55±0.10 b	11.3±1.7	72.2±0.6	6.46±0.08	6.5±0.1
対照区	66.4±2.2	5.83±0.21 a	8.6±1.2	74.1±1.3	6.51±0.17	6.4±0.7

※ 1) 表中数字は 3 反復の平均値±標準偏差を表す。

※ 2) 異なるアルファベット間には 1%水準で有意差あり (Tukey)。

表 2 排せつ物のアンモニア態窒素揮散量 単位: mg

区分	肉用鶏	採卵鶏
竹粉 2.5%添加区	307.3± 25.4 ^{※1}	291.5± 2.3
竹粉 5.0%添加区	302.1± 98.1	246.7±77.8
竹粉 10%添加区	333.7± 67.4	266.4±46.2
対照区	240.1±143.4	284.9±61.7
有意性	NS ^{※2}	NS

※ 1) 表中の数字は 3 反復の平均値±標準偏差を表す。

※ 2) NS は、分散分析 (5%水準) で有意差なし。

攪拌混合し、均一化してから試験に供した。採取したそれぞれの排せつ物の性状や臭気における測定は、肉用鶏の場合と同様の方法で行った。

結 果

1. 肉用鶏および採卵鶏の排せつ物の性状

肉用鶏および採卵鶏の排せつ物の性状について表 1 に示した。肉用鶏の場合、排せつ物の pH は、対照区の値が約 5.8 と最低値を示し、最高値は、竹粉サイレージ資材 10% 添加区の約 6.6 であり、資材の添加量の増加に伴い、その値は高くなる傾向がみられた。また、水分や C/N 比はいずれも処理による明らかな差は認められなかった。

採卵鶏の場合、排せつ物の水分や pH、C/N 比は、いずれの場合もほとんど同じであり、対照区に対する明らかな差は認められなかった。

2. 肉用鶏および採卵鶏の排せつ物におけるアンモニア態窒素揮散量、硫黄化合物濃度

肉用鶏および採卵鶏における排せつ物のアンモニア態窒素揮散量について表 2 に示した。肉用鶏のアンモニア態窒素揮散量はいずれの区もほとんど同じであり、対照区に対する明らかな差は認められなかった。また、採卵鶏の場合も同様、いずれの区においてほとんど同じであり、対照区に対する明らかな差は認められなかった。

肉用鶏および採卵鶏における排せつ物からのアンモニア態窒素揮散量と供試排せつ物の pH および C/N 比との関係について図 2 に示した。排せつ物の pH とアンモニア態窒素揮散量の関係では、肉用鶏および採卵鶏のいずれの場合も pH が高くなるのに伴い、アンモニア態窒素揮散量は多くなり、両者間には正の相関関係が認められた。しかし、C/N 比とアンモニア態窒素揮散量の場合、両者間には明瞭な関係は認められなかった。

肉用鶏および採卵鶏における排せつ物の硫黄化合物の場合、二硫化メチルはいずれもほとんど検出されなかったため、硫化水素、メチルメルカプタン、硫化メチルについて、対照区に対する割合を表 3 に示した。肉用鶏および採卵鶏のいずれの場合において、全ての硫黄化合物濃度は、対照区に対する有意な差は認められず、資材添加による硫黄化合物濃度の低減効果は認

表 3 排せつ物の硫黄化合物濃度割合^{※1}

単位: %

区分	肉用鶏			採卵鶏		
	硫化水素	メチルメルカプタン	硫化メチル	硫化水素 ^{※2}	メチルメルカプタン	硫化メチル
竹粉 2.5%添加区	164.9±143.6 ^{※2}	46.2±49.0	62.8±28.6	74.6±12.3	120.3±36.4	106.9±31.1
竹粉 5.0%添加区	138.3±66.7	68.2±46.6	52.9±91.6	83.6±29.6	121.3±38.8	97.0±55.8
竹粉 10%添加区	169.0±98.4	73.9±11.7	138.6±129.7	32.2±28.9	31.8±35.0	62.3±40.9
対照区	100.0±99.1	100.0±104.3	100.0±29.4	100.0±42.6	100.0±68.4	100.0±88.2
有意性	NS ^{※3}	NS	NS	NS	NS	NS

※ 1) 肉用鶏および採卵鶏の対照区を 100 とした。

※ 2) 表中の数字は 3 反復の平均値±標準偏差を表す。

※ 3) NS は、分散分析 (5%水準) で有意差なし。

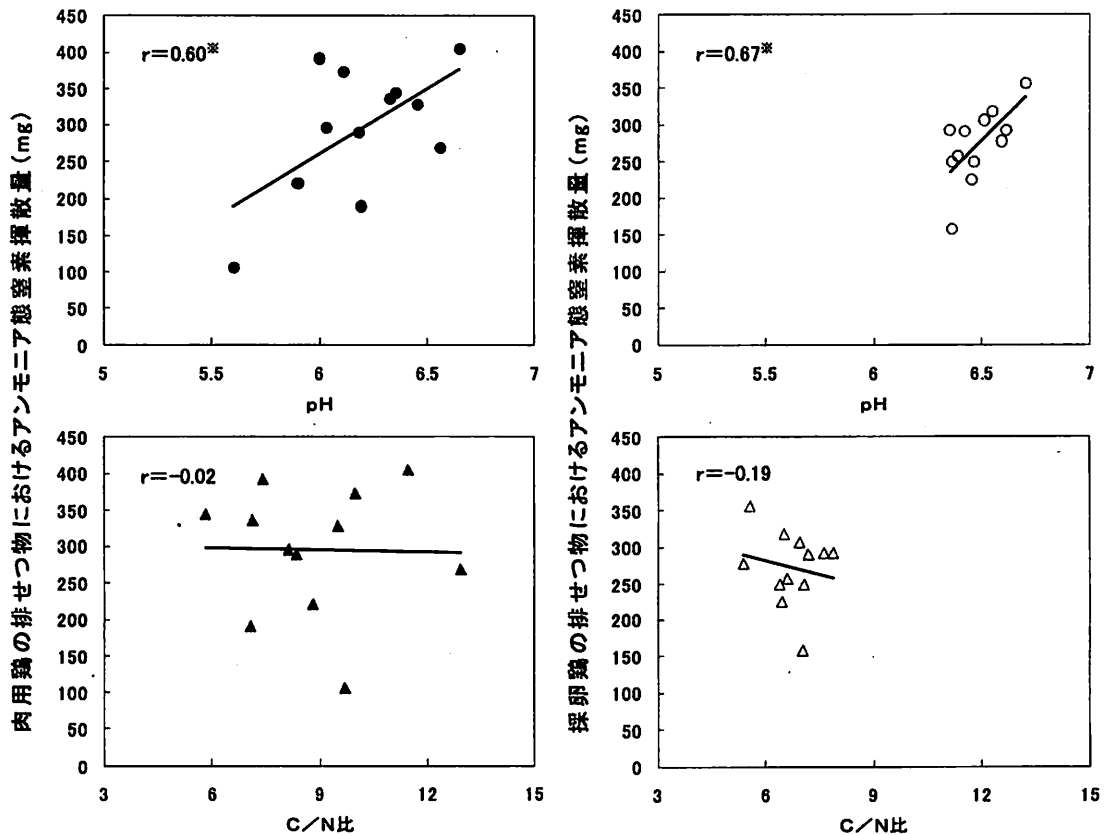


図2 肉用鶏および採卵鶏の供試排せつ物におけるpH、C/N比とアンモニア態窒素揮散量との関係

※ 5%水準で有意であることを示す (n=12)。

められなかった。しかし、肉用鶏の場合、資材を添加した全てのメチルメルカプタン濃度は、対照区の値に比べて低い値を示す傾向がみられ、その低減割合は約50~80%であった。また、肉用鶏における硫化メチルの場合、竹粉サイレージ資材2.5%添加および5%添加区におけるその濃度割合は対照区に比べて低い傾向がみられ、その低減割合は約50~60%であった。採卵鶏の場合、竹粉サイレージ資材10%添加において、全ての硫黄成分濃度が対照区に比べて低くなる傾向がみられ、それらの低減割合は硫化水素で約60%、メチルメルカプタンでは約70%、硫化メチルでは40%であった。

考 察

肉用鶏における排せつ物のpHは、対照区が他の区に比べて低く、竹粉サイレージ資材の添加量が増すのに伴い、それらの値は高くなる傾向がみられた(表1)。しかし、大谷ら(2005a)の報告では、本試験でみられた竹粉サイレー

ジ資材の添加量によるpHの増加傾向は認められておらず、更に採卵鶏の場合については対照区とほとんど同じであったことから、一概に竹粉サイレージ資材の添加による影響とは推定できず、今後の詳細な検討が必要と思われた。

排せつ物の主要な臭気成分であるアンモニア態窒素揮散量については、肉用鶏および採卵鶏において、それぞれの対照区に対する明らかな低減効果は認められなかった(表2)。アンモニア揮散量は、副資材等で調整された排せつ物のC/N比が高い場合ほど少なくなることが報告されている(岸本ら1999;前田ら1998)。岸本ら(1999)は、卵肉兼用種の鶏ふんのC/N比を29に調整することにより、堆肥化に伴って揮散したアンモニアガス濃度が大幅に低減することを認めている。今回の試験で供試した肉用鶏および採卵鶏における排せつ物のC/N比はそれぞれ6~13、5~8であり、アンモニアガス濃度の低減を認めた岸本ら(1999)の値と比較してもかなり低く、試験区間における明らかな差はみられていない。このことから、今回

測定したアンモニア態窒素揮散量はいずれの場合もほとんど同じであったと推察され、供試排せつ物のC/N比とアンモニア態窒素揮散量の関係においても、明らかな傾向がみられなかったと考えられた。一方、排せつ物のpHとアンモニア態窒素揮散量の関係では、肉用鶏および採卵鶏のいずれの場合も正の相関関係が認められた(図2)。一般に、溶液中のアンモニウムイオン(NH₄⁺)はpHが高くなるとアンモニア(NH₃)に移行し、その結果、アンモニアとして揮散しやすくなることが知られている。また、畜種は異なるが、本試験で用いた臭気発生装置とほとんど同じ方法により豚糞尿を培養し、その培養開始時のpHはアンモニア揮散量に影響することが報告されており(山本ら2003)、乳牛ふんと破碎粗殻を用いた堆肥化過程においても、堆肥化後のpHが高いほど、アンモニア揮散量が多くなることも報告されている(前田ら1998)。よってこれらのことから、排せつ物およびその堆肥化後のpHは、アンモニア態窒素揮散量の多少に影響することが示唆され、本試験における排せつ物のpHとアンモニア態窒素揮散量との間にみられた正の相関関係を後押しするものと思われた。また、今回測定したアンモニア態窒素揮散量は、48時間後の値であり、その間およびそれ以降における排せつ物のpHやアンモニア態窒素揮散量については不明である。そのため、排せつ物から揮散するアンモニアガスを低減するためにも、排せつ物のpHやアンモニア態窒素揮散量の経時的変動について今後、更なる調査検討が必要と思われた。

肉用鶏および採卵鶏において、排せつ物からの硫黄系化合物の濃度は、いずれも対照区とほとんど同じであり有意差は認められなかった(表3)。しかし、肉用鶏の場合、竹粉サイレージを2.5%および5%添加した場合、メチルメルカプタン濃度や硫化メチル濃度は、対照区に比べて低い傾向がみられた。また、採卵鶏の場合においても、竹粉サイレージを10%添加した全ての硫黄系化合物濃度は、対照区に比べて低くなる傾向がみられた。大谷ら(2005a)の報告においても、竹粉サイレージを肉用鶏飼料に添加することにより、排せつ物から揮散したメチルメルカプタン濃度が低減する傾向を認め

ており、本試験結果とほぼ同様の傾向がみられた。更に、チップ化された竹にはメチルメルカプタンや硫化メチルなどの硫黄系化合物に対して吸着、脱臭効果を有することが報告されている(高原2005;伊藤ら2008)。そのため、今回の試験でみられた硫黄系化合物濃度の低減傾向は、竹粉による吸着効果が影響していると推測されたが、本試験の場合、飼料へ添加する竹粉サイレージ資材の添加量に応じた傾向がみられないことや、乳酸菌などの影響も指摘されている(大谷ら2005a)ことから、その因果関係に関しては、今後の詳細な検討が必要であると思われた。以上のことから、竹粉サイレージ資材を肉用鶏および採卵鶏の飼料に添加することにより、排せつ物から発生する硫黄系化合物濃度低減の可能性が示唆され、飼料中へ添加する資材量は、肉用鶏の場合およそ約5%、採卵鶏の場合はおよそ10%であると推定された。

参考文献

- 伊藤 元・加藤誠二・今枝紀明・酒井謙司. 2008, アンモニアリサイクラーと竹チップ脱臭槽による臭気対策. 日本畜産学会第109回大会講演要旨, 153
- 岩澤敏幸・大谷利之・池谷守司. 2005, 鶏による竹資源利用に関する研究(第1報). 静岡県中小家畜試験場研究報告, 16: 49-53
- 岩澤敏幸・松井繁幸・横越英彦・蔡 義民・大石誠一. 2007, モウソウチク由来の生理活性資材の開発とその応用に関する研究(第1報). 静岡県畜産技術研究所中小家畜研究センター研究報告, 1: 37-43
- 大谷利之・杉山 典・関 哲夫・岩澤敏幸・池谷守司. 2005a, 竹粉サイレージ給与が肉用鶏のふん便臭気に及ぼす影響. 静岡県中小家畜試験場研究報告, 16: 55-58
- 大谷利之・和久田高志・関 哲夫・岩澤敏幸・池谷守司. 2005b, 竹粉サイレージ給与が肉用鶏飼養に及ぼす影響. Bamboo Journal, 22: 122-127
- 岸本一郎・村中謙昭・酒井久明. 1999, C/N比調整による鶏ふん発酵時のアンモニア濃度の低減技術の開発. 広島県立畜産技術センター

研究報告, 12 : 53-59

高原康光. 2005, 木質系堆肥の脱臭資材としての
応用. 岐阜県保健環境研究所報, 13 : 15-19

中谷 洋・市川 明. 2004, 鶏ふんから発生する
悪臭物質の *in vitro* 測定法の開発 (第1報)
—アンモニア測定法の標準化—. 愛知県農業
総合試験場研究報告, 36 : 111-115

前田武己・松田従三. 1998, 家畜糞の堆肥化にお
けるアンモニア揮散 (第1報). 農業機械学
会誌, 60, 6 : 63-70

山本朱美・伊藤 稔・古谷 修. 2003, 豚糞尿混
合物の pH, 尿中窒素含量および脱臭資材の
添加が *in vitro* アンモニア揮散量に及ぼす
影響. 日本畜産学会報, 74 : 369-373

フーリエ変換赤外分光法による豚糞の分析と、その油化反応の検討

Evaluation of pig feeds and slurries by FT-IR spectroscopy, and oilification of pig slurry organics.

杉山 典、中村茂和、黒田博道

要約：豚の給与飼料、給与飼料ごとの糞、堆肥の有機物の組成を FT-IR 法を用いて分析した。分析結果では給与飼料と糞では類似した脂肪族官能基、窒素化合物・タンパク質由来の官能基の存在を示す吸収ピークがみられた。FT-IR 法により有機物構成を推定した後、豚糞の新たな資源への変換を目的として温度 350℃、圧力 10MPa の条件下で油化反応を試みた。その結果、油化反応により petroleum jelly のような既存の油性物と類似した構造をもつ生成物が得られることが確認できた。

(静岡畜技研中小研セ研報 2, 49~56, 2009)

はじめに

バイオマス・ニッポンの施策推進以降、家畜排せつ物のメタン発酵による効率的な発電システムなど新たな資源の利活用が試みられている。当センターでは超臨界反応により豚糞を燃焼処理し、有機物を完全に分解して余剰の熱エネルギーを回収する方法を報告した。

メタン発酵による電気エネルギーや、超臨界水中燃焼による熱エネルギーの回収は資源の限られた日本では石油資源に依存しない資源リサイクル技術として期待できるが、電気・熱エネルギーは移動による損失が大きく、保存性に乏しい。バイオマス資源は組成が一定でないことからエネルギーの変換効率が安定しないことも普及の障害となっている。

そこで電気や熱のような移動により効率が低下することがなく、保存できるエネルギーへの変換技術の一つとして家畜排せつ物を油脂資源として利活用することを目的に「油化変換」を検討した。

バイオマスの変換方法にはメタノール、メタン発酵のような生物学的方法と、熱化学的方法に大別される。生物学的方法は常温常圧で反応が進行すること、水を媒体とするため含水率が高いバイオマスに適しているという長所がある。

一方、反応速度が遅く時間がかかること、メタンなどの生成物の精製に新たな施設・コストがかかることが短所である。

また、熱化学的方法には熱分解、ガス化、液化などがあり超臨界反応も熱化学的方法に位置づけられる。「油化」は液化技術の一つであり、熱分解がほぼ常圧反応であるのに対して液化は 5 MPa 以上で反応が進むものが多い。これは反応媒体として水を利用するため常圧より高い圧力が必要となるが、熱分解が前処理として「乾燥処理」を必要とするのに対して油化のような液化技術は乾燥を必要としないことから家畜排せつ物のような含水率の高い資源には利用性が高い。

家畜排せつ物の超臨界水中燃焼処理では完全分解条件として温度 600℃、圧力 15MPa 以上が安定化条件であるが、油化反応の場合、温度 350℃、圧力 10MPa 程度の、より緩慢な条件でも反応が進行する。

本研究では、まず家畜排せつ物の有機物の基本的な構成を把握することを目的に、フーリエ変換赤外分光法(以下、FT-IR 法と略)によりブタの給与飼料・糞・堆肥等の組成を調べ、次に温度 350℃、反応圧力 15MPa の反応条件下で豚糞の油化反応を実施し、反応産物の有機物構成と既存の有機物構造ライブラリーとの比較を

実施したのでその概要を報告する。

結 果

材料および方法

1 FT-IR 法

FT-IR は全ての被検材料を 40℃、24 時間電気炉内で乾燥後、約 1g を FT-IR 用 KBr (臭化カリウム) と約 1 : 100 の乾燥重量比で混合後、メノウ乳鉢にて粉碎して分析試料とした。分析は FT-IR 分析装置 (島津製作所社製 FTR-8100) により 500 から 4,000 までの赤外波数 (cm⁻¹) を 1 検体につき 30 回スキャンし、光吸収率あるいは光透過率を調べた。

2 供試材料

FT-IR 法に用いた給与飼料は当センターの飼養豚に給与されている市販飼料で、ほ乳時から出荷に至るまでの 4 段階の飼料 (全て全農製) を分析した。給与飼料の内訳は出生後から約 3 週齢が第 1 段階、その後 60 日齢あるいは体重 30kg 前後まで給与されているものが第 2 段階、体重 60kg 前後までが第 3 段階、最終の出荷に至るまで飼料を給与されているものを第 4 段階とした。豚糞は 4 段階の飼料給与別に不特定の豚から約 1 kg を採取後乾燥処理して、約 1g を FT-IR 法の分析用とした。堆肥は当センターの堆肥化施設から採取した。今回分析した堆肥 (豚糞、鶏糞混合) は堆肥化期間が特定できず、概ね 1 ヶ月以上堆肥化処理し、臭気がなく、腐熟が完了したと思われるものを用いた。

3 油化反応

油化反応は既報 (Minoda.1997) を参考に当センターにある連続式超臨界水中燃焼装置 (内容積 16L) を用いて実施した。飼養豚舎から自動搬送により堆肥舎に送られた豚糞 (含水率未調整) を搬送日当日に採取し、アルカリ触媒として 1N NaOH を等量比で混合した。この混合調整試料を 600g/時間の連続投入速度で燃焼装置に送り、温度 350℃、圧力 10MPa、供給酸素比率 1.4 により 6 時間の水熱処理を行った。処理 1 日後に燃焼炉から内容物を回収し、40℃にて 24 時間電気炉で乾燥後 FT-IR 法に供した。油化反応産物は FT-IR 法の分析装置ソフトを用いて有機物ライブラリーにより、既知の有機物との構造を比較した。

1 FT-IR 法

1-1 堆肥化汚泥の分析結果 (参考)

FT-IR 分析結果をわかりやすくするため、参考として図 1 と表 1 に (Grube. 2000, C. Plaza. 2003, G. Brunetti. 2007) らが報告している堆肥化汚泥の FT-IR 分析結果に基づく検出ピークの位置と、ピークが帰属する官能基の値を示した。

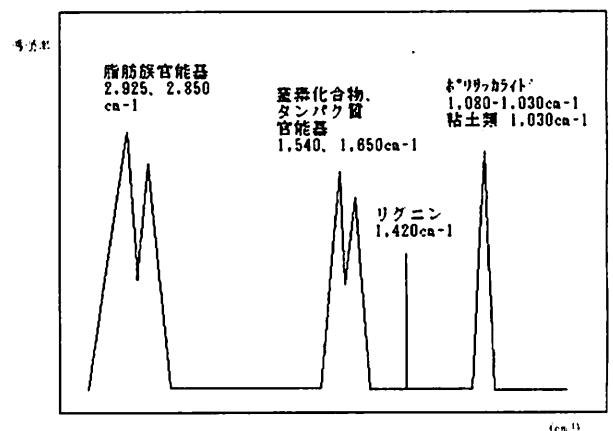


図 1 有機物の FT-IR 分析にみられる官能基等のピーク位置

表 1 有機物の FT-IR 分析にみられるピークとその官能基の帰属

波数 (cm ⁻¹)	官能基の帰属
2,925	脂肪族飽和炭化水素 (逆対称伸縮振動) -(CH ₂) _n -
2,850	脂肪族飽和炭化水素 (対称伸縮振動) -(CH ₂) _n -
1,540, 1,654	含窒素化合物 (アミド II) δ _{NH}
1,650	タンパク質 (アミド I) C=O
1,420	リグニン含有
1,080-1,030	ポリサッカライド類 (C-O) 結合
1,030	粘土類 (Si-O), Si-O-Si 結合

1-2 離乳前のブタの給与飼料と、糞の比較

図 2 に離乳前のブタの給与飼料と、糞の分析結果を示した。糞の分析結果では、2,917.4、2,849.3、1,644.7、1,539.9、1,410.0、1,234.2、1,073.3 cm⁻¹ にピークがみられた。

1-3 出荷段階でのブタの給与飼料と、糞の比較

図 3 に給与飼料量と、排せつ糞量が最も多い出荷段階におけるブタの給与飼料と、糞の分析結果を示した。糞の吸収ピークは 2,919.4、2,850.4、1,645.4、1,540.9、1,409.8、1,239.0、1,029.3 cm⁻¹ にみられた。

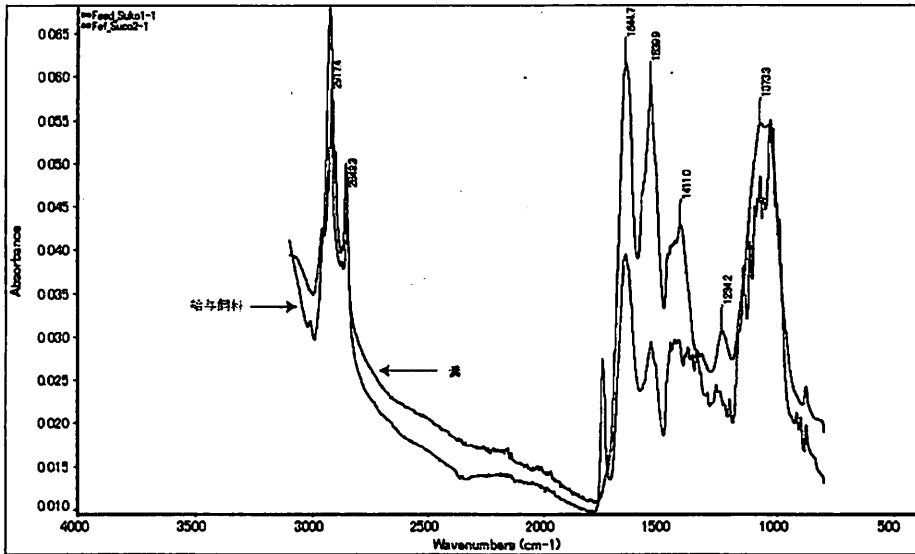


図2 離乳前のブタの給与飼料と糞の分析結果

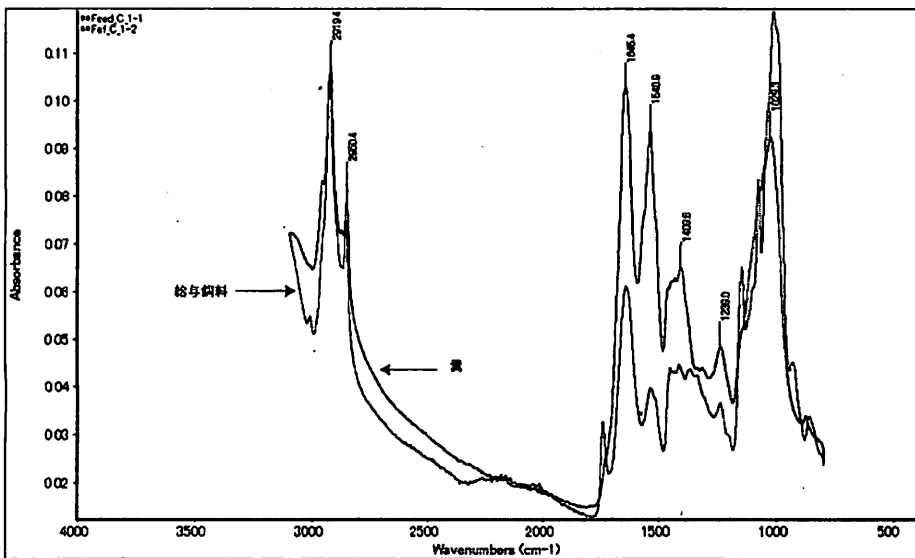


図3 出荷段階のブタの給与飼料と糞の分析結果

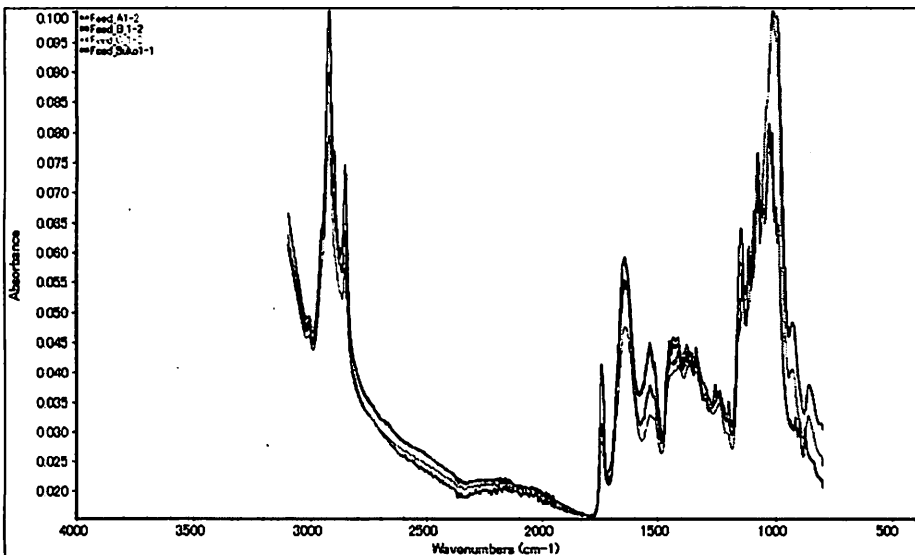


図4 4段階の給与飼料の分析結果

1-4 4段階の給与飼料と、飼料別のブタの糞の比較

図4は離乳前から出荷段階での4段階の給与飼料の分析結果で、2,900、1,650、1,540、1,013 cm⁻¹付近にピークがみられた。図5には図4の飼料を給与した4段階飼料別のブタの糞の分析結果を合わせて示した。2,918.0、2,849.6、1,644.6、1,539.9、1,434.9、1,013.4 cm⁻¹に吸収ピークがみられた。

1-5 堆肥化前のブタの糞と堆肥の比較

図6には堆肥化施設に搬入直後の堆肥化前の液状豚糞と、堆肥の分析結果を示した。(以降グラフの縦軸は光透過率を示す。)吸収ピークの値を示したものが液状糞で脂肪族官能基の存在を示す2,918.8、2,850.2 cm⁻¹のピークは堆

肥より高い値を示した。ポリサッカライドあるいは粘土性物質の存在を示す1,028.1 cm⁻¹のピークは堆肥の方が高い値を示した。

1-6 鶏糞の分析結果

当センターでは豚糞と同一の堆肥化施設において鶏糞も処理していることから参考として鶏糞の分析結果を図7に示した。(グラフの縦軸は光透過率を示す。)吸収ピークは3,278.1、2,922.9、2,853.2、1,652.6、1,588.6、1,539.9、1,417.4、1,035.9、873.3 cm⁻¹に吸収ピークがみられた。

2 油化反応

2-1 豚糞と油化反応産物の比較

図8に油化反応に供した豚糞と、油化反応産

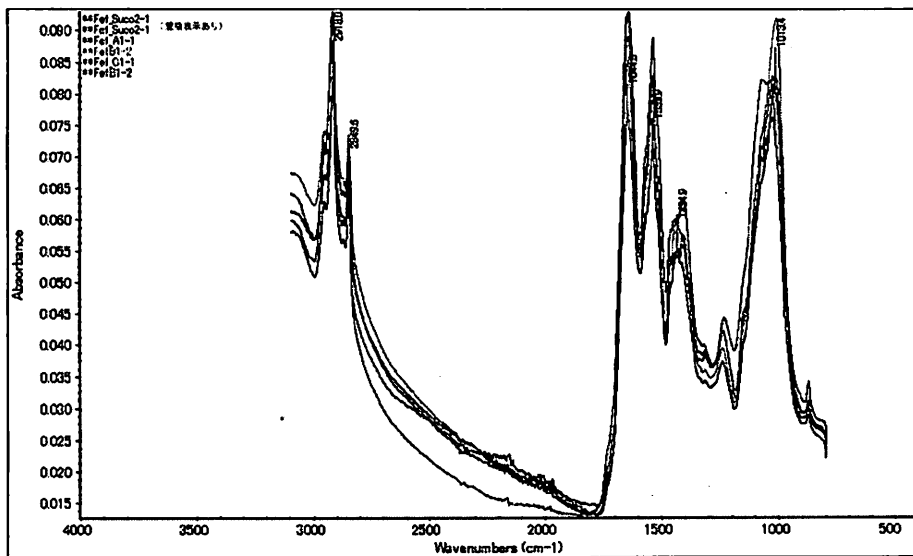


図5 給与飼料の分析結果

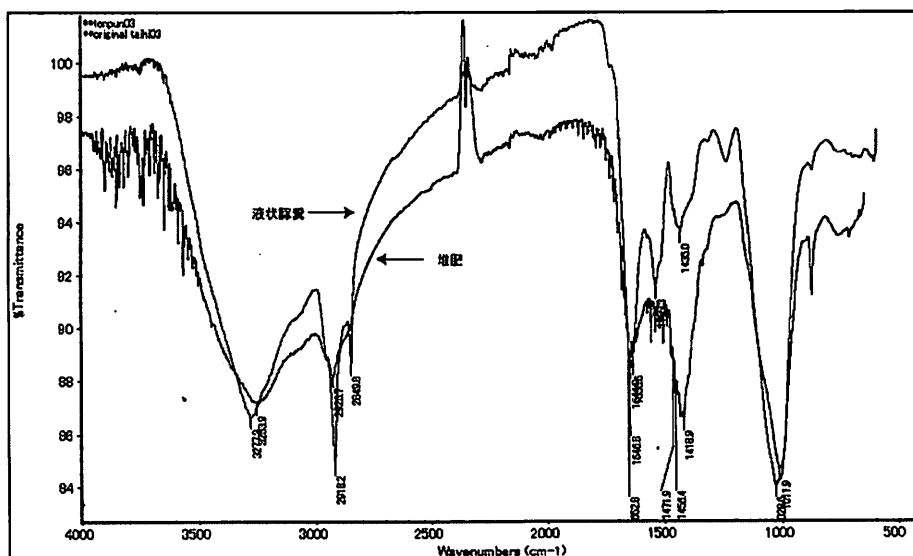


図6 堆肥化前の液状豚糞と堆肥の分析結果

物の分析結果を示した。供試豚糞では 3,275.2、2,918.3、2,850.0、1,645.1、1,539.5、1,435.2、1,239.7、1,028.7 cm^{-1} に吸収ピークがみられた。

2-2 油化反応産物と既存有機物ライブラリーとの比較

油化反応産物の有機物構造を推定する目的で既存の有機物構造ライブラリーとのデータを比較した結果を図9に示した。グラフの最も上位に示したものが今回油化反応を実施したものの産物の分析結果で、それ以降構造ライブラリーで一致率（ヒット率）の高いものから順に下方へ示した。

最もヒット率が高かったのは商標登録されている Apiezon M という物質であったが、より

一般的な物質と比較するために2番めにヒット率が高かった mineral jelly (petroleum jelly) との分析比較を図10に示した。

考 察

・給与飼料と豚糞の有機物分析について（図2から図5）

給与飼料分析結果と、豚糞分析結果はほぼ類似した場所に吸収ピークがみられた。ともに脂肪族の存在を示す 2,925、2,850 cm^{-1} のピーク、タンパク質の 1,650、 cm^{-1} 窒素化合物の 1,540 cm^{-1} 前後にピークがみられた。離乳前、出荷段階ともに窒素化合物含有のピークが飼料より、

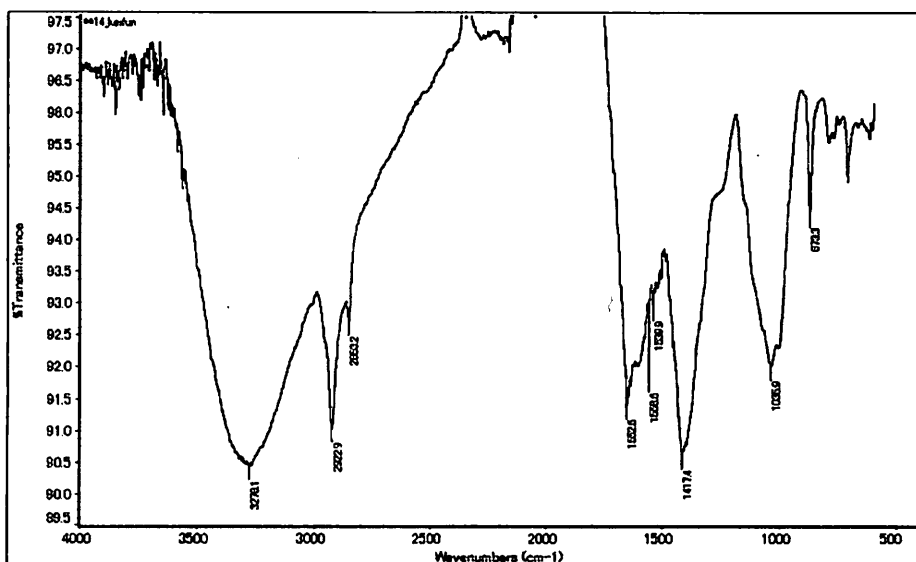


図7 豚糞の分析結果

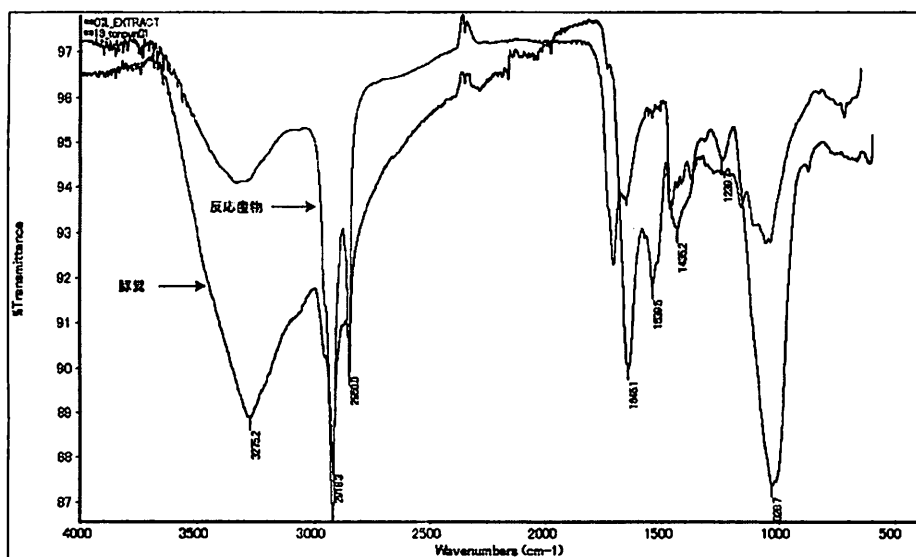


図8 豚糞と油化反応産物の分析結果

糞の方が強くみられた。飼料中の人工窒素化合物は構造的に FT-IR 法では検出しにくいような形態をとっている可能性と、糞のような排せつ物は消化分解作用により低分子量化することから分析による光の振動がより強く現れる可能性もある。1,435 cm⁻¹ と 1,013 cm⁻¹ 前後のピークは今回の分析では明らかにできなかったが文献値ではアルデヒド脂肪族のピークが 1,325 から 1,440 cm⁻¹ に、芳香族のピークが 1,415 から 1,350 cm⁻¹ にあることからこれらの含有がピークを示した可能性もある。給与飼料の分析結果では 1,029 cm⁻¹ のピークが強くみられたが飼料には栄養効率を高めるためにゼオライトのような粘土性物質が含まれることからこれら

を反映した可能性もある。

糞を液化するに先立ち、FT-IR 法分析は主要な有機物構成を大まかに把握するには有用な分析法と考えられる。

また、給与飼料と、豚糞の有機物分析が類似していることは飼料の組成が糞尿の組成に著しく影響を及ぼすことを示している。これらは堆肥化効率への影響に留まらず、汚水処理においても糞尿が水溶化すると有機物の官能基が解離することから pH や、酸化還元電位を大きく左右することがわかる。

・豚糞と堆肥の比較 (図6)

豚糞では 2,918、2,849 cm⁻¹ のピークが強くみられたが、堆肥ではピークが弱くなっている。

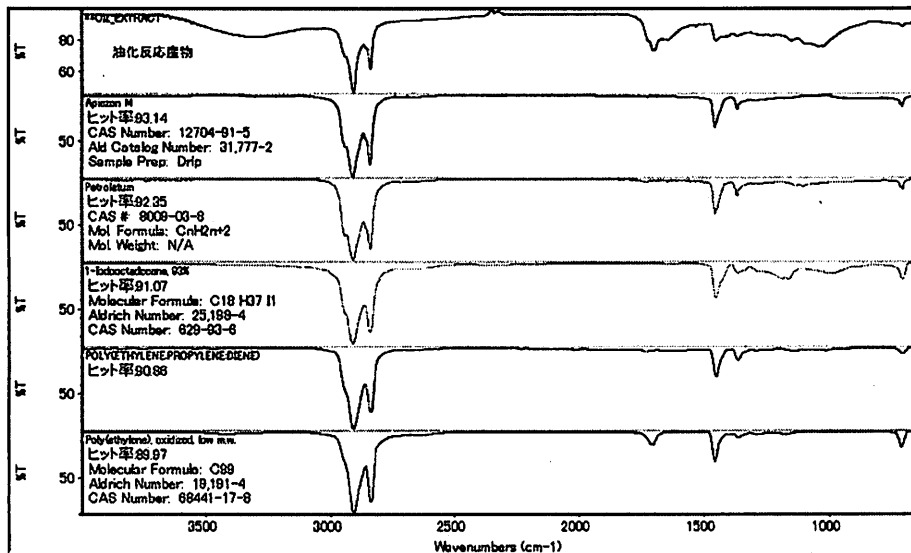


図9 油化反応産物と有機物構造ライブラリー比較

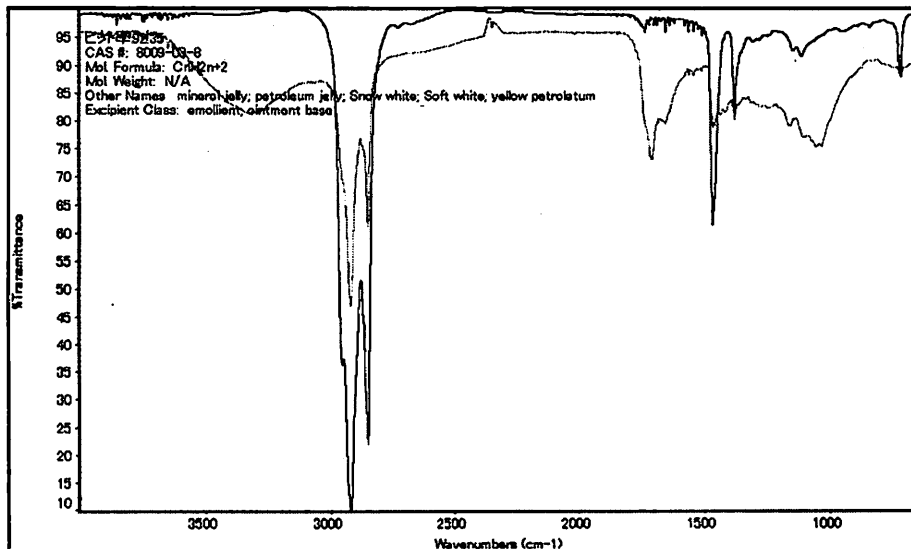


図10 反応産物と mineral jelly (petroleum jelly) との分析比較結果

一方 1,644 cm⁻¹ 前後のピークは堆肥でも強くみられることから次のことが推定できる。堆肥化という酸化分解により脂肪成分は分解され、堆肥の脂肪族ピークは弱まった。窒素系化合物は堆肥化しても残存あるいは窒素酸化物となり変換されて残る。1,420 cm⁻¹ 前後のピークは豚糞以外のリグニン物質含有の可能性を示している。

・鶏糞の有機物 (図7)

鶏糞の FT-IR 分析も豚糞と同じように脂肪族、窒素化合物ピークがみられたが、特徴的な所見として 1,417.4 cm⁻¹ に強い吸収ピークがみられた。今回鶏の飼料を分析しなかったが、リグニンのピークが 1,420 cm⁻¹ 付近にあることからブタより消化期間が短く、粗繊維成分に対する消化能が未発達な鳥類では飼料内の粗繊維成分がそのまま排出されている可能性もある。当センターでは鶏糞も同時堆肥化していることから図6に示した 1,420 cm⁻¹ 付近のピークは鶏糞由来ということも考えられる。

・油化反応物の分析 (図8から図10)

油化反応後も脂肪族のピークが強くみられた。バイオマスの油化メカニズムは正確には明らかにされていないが重合反応もおこることから脂肪族ピークがどのような脂肪酸組成となっているかは FT-IR 法のみではわからない。油化反応後は 1,645 cm⁻¹ 前後のピークは弱くなっているが 1,700 cm⁻¹ 付近にピークがあることから窒素化合物は残存している。脂肪族の残存は石油などの炭化水素ほど燃焼効率は高くないがエネルギーとしての再利用はできる可能性を示す。窒素化合物が多く残存しているものを燃焼系に利用すると NO_x のような窒素酸化物を発生する可能性が高いことから燃焼系への利用には不向きであると考えられる。

まとめ

FT-IR 法は既に 1905 年に 131 種の化合物の赤外スペクトルが報告されており、有機物の分析法としては一般的な手法となっている。特に合成高分子の解析分野では利用が進んでおり、たとえば婦人用のハイヒールのわずかな断片があれば FT-IR 法によりどのような未知高分子

物質を用いて構成されているかの確な推定も可能であるという報告もある。(田中ら 1990)

動植物由来の高分子化合物が自然界において酸化分解がすすみ、低分子量化する過程を FT-IR 法により報告したものも多い。フミン質などを堆肥化の指標としての FT-IR 法を利用した研究も数多く報告されている。今回の分析では給与飼料と排せつ糞の組成の相関、糞の油化反応による産物の構造推定に FT-IR 法を用いた。

堆肥化の指標としての FT-IR 法利用は研究分野では興味ある結果が得られ、有機物の構造変化を的確に把握できることから価値も高いと思われる。しかし吸収ピークによる構造推定には経験を要し、畜産農家等の生産者段階でどのような価値があるかは検討の余地がある。畜産農家の立場からは FT-IR 法による有機物の構造推定に基づく堆肥化の正確な指標をより簡便で現場でできる方法が求められる。

水熱処理により余剰の家畜排せつ物を油脂資源に変換して再活用を図る技術自体は比較的緩慢な水熱処理によりできることや、堆肥化より時間がかからないことから(糞、製品堆肥の)保管に必要な面積・容積を勘案すると資源変換技術の選択枝の一つにはなると考えられる。

油化反応の結果から有機物の完全分解より緩慢な水熱処理条件で油化できることが確認できたが、窒素化合物の残存も明らかとなった。このことはバイオディーゼルのような輸送体の燃料エネルギーとして油化産物を利用するには精製が必要であり、精製過程には新たなコストがかかることから現実的な利用は難しいと思われる。

しかし脂肪酸の吸収ピークの確認から熱源としての利用は期待できる。家畜排せつ物を油脂化することで固体燃料としての利用が可能となり、熱や電気エネルギーに比べ保存性が高まるので移動による効率の低下や、移動距離の制限も抑えることができる。バイオマス資源は原材料が常に一定の構成とならないことからメタン発酵、発電効率の安定化が難しく、遠距離への安定化送電するのは困難なことから農場内など限られた場所しか利用が図れていない。そのような側面からは家畜排せつ物を「移動可能な資

源に変換して広い地域、あるいは他の業種でも利用できる」技術の開発は不可欠と思われる。

油化産物の利用としては堆肥化の補助燃料などにも利用が期待できる。堆肥化処理には廃白土などが堆肥化の熱量を補う補助剤として利用されているが、今回の油化産物を廃白土に代替するような利用法は期待できる。

今後は新たな分析法より、どのような家畜排せつ物のエネルギー変換技術が結果的に低コストで、畜産農家にメリットがあるのか利用法を含めた研究が不可欠であると思われた。

参考文献

- 田中誠之、寺前紀夫.1990. 化学分析会編赤外分光法
- M. Grube, J. G. Lin, P. H. Lee, S. Kokorevincha. 2006. Evaluation of sewage sludge-based compost by FT-IR spectroscopy. 130 : 324-333
- Tomoaki Minoda. 1997. Study on Thermochemical Liquefaction of Biomass Feedstocks. Report of the National Institute for Resources and Environment. 19 : 1-97
- C. Plaza, N. Sennesi, A. Polo, G. Brunetti, J. C. Garcia-Gil, V. D'Orazio. 2003. Soil fulvic acid properties as means to assess the use of pig slurry amendment. Geoderma. 74 : 179-190
- G. Brunetti, C. Plaza, C. E. Clapp, N. Senessi. 2007. Compositional and functional features of humic acids from organic amendments and amended soil in Minnesota, USA. Soil Biology and Biochemistry. 39 : 1355-1365

環境に優しい畜産経営手法の提言

Proposal for eco-friendly stock raising management technique.

黒田博通、杉山 典、中村茂和、関 哲夫

要約：現在、畜産経営の方向として、環境保全と畜産物の安全性に重点を置いた経営手法の確立が望まれている。このため、一般養豚場での導入方法を静岡県畜産技術研究所中小家畜研究センター（以下、当センター）で行っている環境マネジメントシステム（以下、EMS）を基に検討した。その結果、規模や経営形態により、いろいろな形で環境保全と畜産物の安全性に重点を置いた経営手法を取り入れることは可能と考えられた。また、実施により地域社会との円滑な関係や消費者との信頼関係の構築、更には銘柄化による付加価値の向上等により、経営向上が行えると考えられた。すなわち、大規模経営では、ISO14001などの国際基準による管理手法の構築・認証取得・自己宣言が可能であり、中小規模は、単独では国際基準の推進体制の確立維持が難しいことや認証取得・継続に経済的負担があることから、銘柄化集団を作ることで、管理手法の構築・認証取得・自己宣言が可能と考えられた。また、直売を行う中小規模では、単独でも県等で行っている認証条件が比較的緩やかな制度から始めることは可能と考えられた。

（静岡畜技研中小研セ研報 2, 57～60, 2009）

はじめに

現在、穀類を大量消費して成り立っている畜産は、食糧問題の一因ともなっている。更に、日本においては、濃厚飼料の約90%を輸入に頼っていることから、フードマイレージやパーチャルウォーターなどの地球環境問題も抱えている。しかし、従来の畜産農家における環境保全対策は、家畜のふん尿処理が中心で、いわば消極的な地域的取組で行われていた。これらのことから、今後、他の産業と同様に畜産が一般市民の理解を得ていくためには、地球規模の環境も考慮した対策を経営指標に位置づけた、積極的な取組が求められると思われる。さらに、BSEや高度病原性鳥インフルエンザの発生などから、消費者の畜産物に対する関心が高まっており、安全な畜産物の生産管理体制の確保が望まれている。

そこで、環境に関する国際規格であるISO14001環境マネジメントシステムや、食品安全に関する国際規格ISO22000、HACCPの手法を考慮した有効な畜産経営手法として、環

境・製品（食品安全）を統合する畜産マネジメントシステムの導入方法を検討した。

検討方法

1. EMS推進体制及び実施状況の検討

当センターは、平成12年度に全国の公的農業関係研究機関としては、初めてISO14001を認証取得し、現在に至っている（関2001）。その推進体制及び実施状況等から、一般養豚場で実施する場合の問題点を検討する。

2. 安全な畜産物の生産管理体制の検討

安全な畜産物の生産管理対策としては、畜産農家が家畜伝染病予防法により、遵守しなければならない飼養衛生管理基準や、畜産におけるHACCPシステムとして家畜の生産段階における衛生管理ガイドラインがある。また、国際基準の管理システムとして、HACCP手順を取り入れたISO22000等がある。これらをベースにして、農家の規模や経営状況を考慮した、生産管理対策について検討する。

3. 環境保全と食品安全を管理する畜産マネジメントシステムの検討

環境保全と食品安全を取り入れた総合的な畜産マネジメントシステムの管理運営方法を検討する。

結 果

1. EMS 推進体制及び実施状況等の検討結果

当センターの推進体制は、図1に示すとおりで、業務委託社員等を含む全職員約40名に対し、ISOの要求事項を考慮し、トップマネジメント、環境管理責任者、EMS推進委員の計8名と内部監査員4名（内3名は外部の県職員）で構成されている。

中小規模の畜産経営において構成員が数名では、単独で要求事項を満たすことは困難であり、

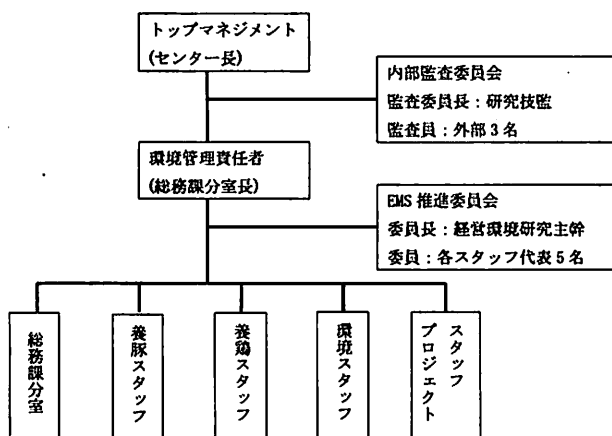


図1 EMS推進体制

表1 環境方針（骨子）

基本方針

- 1 法令等の遵守
- 2 水質汚濁・悪臭防止の推進
- 3 環境保全のための試験研究の実施と成果の普及
- 4 廃棄物の適正処理
- 5 環境汚染の未然防止
- 6 省資源・省エネルギーの推進
- 7 業務環境の安全性確保
- 8 地域社会への貢献

認証取得も困難となってくる。このため、要求事項を満たし、また、認証取得する場合は、既存の銘柄化集団や新たに銘柄化を行う集団を組織する必要がある。

環境方針は、表1に示すとおりで、8つの基本方針で構成されており、6つが当センターにおける環境保全を目的にしている。他2つは、研究センターという立場から、環境保全のための試験研究の実施と成果の普及、地域社会への貢献まで目的にしている。しかし、一般養豚場では農業環境規範を基にし、地球環境保全対策も取り入れた範囲で、無理のない範囲から、順次改善を行うよう設定すべきものと考えられる。

実施状況は表2のとおりで、EMSにより、省資源・省エネルギー効果が現れている。またこれ以外にも、実施によるメリットは多数あり、特に一般農場では、地域社会との円滑な関係や消費者との信頼関係の構築、更には銘柄化による付加価値の向上等、経営向上が可能と考えられる。

表2 省資源・省エネルギーの推進状況

	12年度	13年度	14年度	15年度	16年度	17年度	18年度	19年度
電 気	100.0	89.0	84.3	91.8	103.1	106.2	97.6	97.1
水 道	100.0	108.7	99.7	104.3	95.6	91.2	94.5	92.6
プロパンガス	100.0	79.6	79.2	80.9	83.9	92.7	61.0	51.0
灯 油	100.0	96.2	56.3	91.0	79.2	80.0	64.9	67.9
無鉛ガソリン	100.0	106.6	87.6	98.5	94.3	84.0	88.3	92.6
コピー用紙	100.0	74.1	88.1	94.9	90.3	87.2	69.3	82.4

平成12年度の使用量を100%とした推移。

表3 ISO14001 認定取得に要した経費

単位：千円

	当センター	インターネット見積		
農場数	1	1	2~3	4~8
構成員数	40名	1~10名	~10名	~10名
コンサルタント委託料	1,728			
審査登録料(初回)	800	500	530	560
定期審査料(1回分)	376	180	210	240
更新審査料(1回分)	756	455	485	515
内部監査員養成費(1名分)	49			

認証取得及び継続にかかる経費は、表3のとおりで、初年度はシステム構築のコンサルタント、認証取得に約250万円、2年目・3年目の定期審査に各約38万円、4年目の更新審査に約76万円かかっている。これ以外に内部監査員育成費が別にかかる。中小規模（1農場・1～10名）の認証取得だけでも、約50万円と経費負担は大きい。銘柄化集団では、経費負担の分散がはかられ有利と考える。

2. 安全な畜産物の生産管理体制の検討結果

ISO22000は、相互コミュニケーション、システムマネジメント、前提条件プログラム、HACCP原則の要素を組み合わせたものである。畜産においては、前提条件プログラムは飼養衛生管理基準（家畜伝染病予防法施行規則）、HACCP原則は家畜の生産段階における衛生管理ガイドラインに相当する。一般農場においては、農場の構造設備の大幅な改造や家畜のオールアウトは非常に困難である。このため、飼養衛生管理基準を基に、HACCPの手法を取り入

れた家畜の衛生管理ガイド基準までの範囲で、無理のないところから設定すべきである。

3. 畜産マネジメントシステムの検討結果

ISO14001の特徴は、自己の生産活動によって生ずる環境負荷を、出来るところから継続的、かつ自発的に削減していくことと、PDCAサイクル（環境方針を決め、Plan：そのための計画を立て、Do：実施及び運用し、Check：点検及び是正処置を行い、Act：経営陣による見直し）による継続的改善を行う、仕組みとなっている。

また、ISO22000については、食品安全を目的として、HACCP手順とPDCAサイクルからなっており、ISO14001と親和性の高いシステムを確立することは可能とされている（ISO/TC34/WG8 専門部会 2006）。このため、図2のとおり、環境保全に食品安全を加えた方針・目的・目標を、HACCP手順とPDCAサイクルで管理していくことは可能と考える。

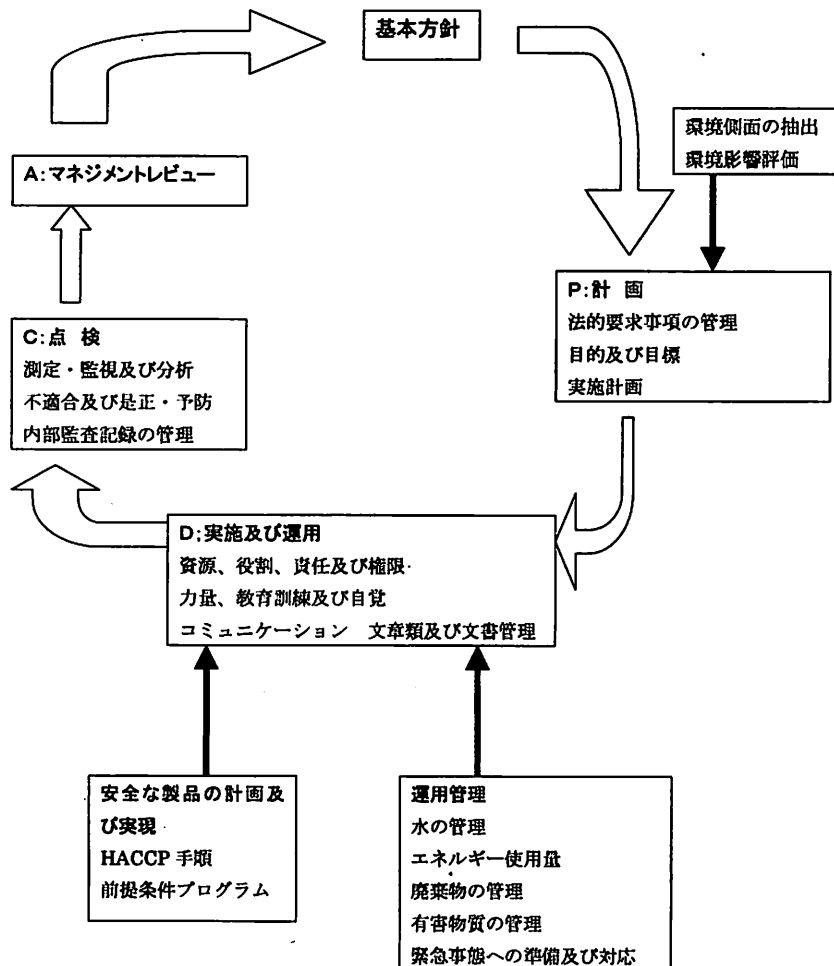


図2 統合システムのPDCAサイクル

考 察

当センターの ISO14001 認証取得は、県の農業関係試験場認証取得のモデルケースとしてスタートしたが、一般農場に環境保全と畜産物の安全性に重点を置いた経営手法を導入する際、その動機付けが推進体制の確立維持に最も重要と思われる。今後、他の産業と同様に環境保全と生産物の安全性を考慮した経営を行わなければ、販売サイドや一般の人々に受け入れられなくなる。また、実施により省資源・省エネルギー等の直接的な経営改善効果が期待でき、さらに経営手法を明らかにすることにより、生産物の差別化による付加価値の向上が可能で、経営利益となること等を十分理解して取り組む必要がある。

現在、当県内で、ISO14001 の認証取得、または、HACCP による衛生管理を行っている農場もあるが、きわめて少数である。これは、認証取得に必要な体制を容易に組めないことや認証取得に多額の経費がかかることが原因と考えられる。このため、まず基本的な管理システムとしては ISO14001 を基準にし、環境保全は農業環境規範を基とし、また、畜産物の安全性確保対策は、飼養衛生基準を基にし、PDCA サイクルにより、順次、改善・継続を行えるシステムを構築実施し、更に規模や形態により、国際基準の認証取得まで進むことが必要と考える。

表4のとおり、大規模経営は ISO14001 及び ISO22000 の自己宣言または認証取得を、中小規模経営は銘柄化集団により、ISO14001 及び ISO22000 の自己宣言または認証取得、または県等による各種認証制度を利用。また、中小規

模経営で直営販売を行っているところは、県等による認証制度を利用すべきと考える。しかし、銘柄化或いは直売出来ない場合は、経営利益の向上が得られないため、実施に当たっては、銘柄化や直売が重要と考える。

既に静岡県でも、農業規範等を基とし、環境保全と生産物の安全性確保を含んだしずおか農水産物認証制度が創設され、平成 20 年 7 月 30 日現在、22 件を認証している。畜産物は 11 件（乳用牛 2、養豚 2、採卵鶏 6、肉用鶏 1）とその半数を占めており、規模の大きい農場が多いが、小規模でも直売や銘柄化を行っている農場が認証を受けている。このように畜産農家も、環境保全や生産物の安全性への取り組みについて重要と理解しており、今後、更に多くの畜産農家がこの取り組みに参加できるよう、公的機関の支援指導が重要と考える。

参考文献

関哲夫. 2001, 静岡県中小家畜試験場に導入した環境マネジメントシステム. 静岡県中小家畜試験場研究報告, 12: 29~34
 ISO/TC34/WG8 専門部会. 2006. ISO22000: 2005 食品安全マネジメントシステム 要求事項の解説 第1版 27 財団法人 日本規格協会. 東京.

表 4 規模と販売形態による制度への適応と効果予測

農場規模	販売形態	ISO14001 認証適応	ISO22000 認証適応	県の認証 制度適応	一般・ 地域住民 の理解	消費者の 理解	経営利益 向上	条件
大規模 (6名以上)	銘柄	○	○	○	○	○	○	
	直売	○	○	○	○	○	○	
	一般	○	○	○	○	×	×	
中規模 (3~5名)	銘柄	○	△	○	○	○	○	集団化
	直売	△	△	○	○	○	○	
	一般	△	△	○	○	×	×	
小規模 (1~2名)	銘柄	○	△	○	○	○	○	集団化
	直売	×	×	○	○	○	○	
	一般	×	×	○	○	×	×	

*○：可能、△：やや困難、×：困難

静岡県畜産技術研究所
中小家畜研究センター研究報告

第 2 号

平成 21年 2 月

編集 静岡県畜産技術研究所中小家畜研究センター
発行 静岡県畜産技術研究所中小家畜研究センター

〒439-0037

静岡県菊川市西方2780

TEL(0537)35-2291(代)

FAX(0537)35-2294

印刷 有限会社ティ・ケープリント
〒433-8124

静岡県浜松市中区泉三丁目26番14号

TEL(053)473-8300