

養豚飼料としての焼酎粕利用 ～パイプライン・フィーディングシステムに よる肉豚の産肉および肉質への影響～

川井田博¹・平山愛和²・福永智明³・丸野弘幸⁴

緒 言

我が国はロンドン条約批准受け入れにより、5年間据え置きとなった産業廃棄物としての食品製造粕類である焼酎粕（甘藷・麦）が、平成19年度より事実上海洋投入禁止となる。中でも鹿児島県の焼酎粕の発生量は年間約40万t強（平成16年度予想）と多量である。

特に甘藷焼酎粕の成分は約95%が水分、固形物が約5%（この中に蛋白質・ミネラル・ビタミンE等の有用成分が含まれている）、有機物としてはクエン酸の割合が多く、pH3.8～4.2の強酸性のドロドロした液状物質である。この焼酎粕は非常に厄介な性質（水との親和性が非常に強く）物理的（加圧・遠心力等）に水分と固形物との分離が皆無であるため、その処理方法に多額のコストを要する。従って、飼料・肥料等の有効利用が難しく、現在でも約1/3強が海洋投入され、これが全面禁止された場合各焼酎メーカーは経営の死活問題となる。

「最善の処理方法は、発生した粕をそのまま多量に有効利用することである！」筆者らはこの問題を解決するため、18年前の1990年（平成元年）、現在ヨーロッパで普及率約60%と言われるコンピュータ制御による「パイプライン・フィーディングシステム」（液餌給餌）を県畜産試験場（県費）¹⁾と曾於市大隅町岩川A農家（酒造組合中央会補助事業）²⁾に導入し、養豚飼料として焼酎粕を肉豚へ有効利用した場合の産肉と肉質への影響に関する実証と、省力化給餌技術の開発および普及を目指すものである。

実験材料および方法

I 飼養試験の方法

1 実験材料

供試豚は、平成2年11月に生産された3元雑種WL・D96頭（去勢雄48、雌48）を去勢雄8、雌8の8頭ずつに分け、焼酎粕（甘藷）給与区と水混合区の2区を設けた。

なお、1豚房8頭、去勢雄、雌別飼の6反復12豚房を使用し、デンマーク式豚舎⁶⁾（豚舎中央に通路、両側に豚房：1豚房約10頭収容、各豚房の通路側に長い飼槽、反対側に流水式便所を設けてある）に設置したパイプライン・フィーディングシステム（英国ハンプシャー社製）により、群飼育を行った。

各豚房の群平均体重が30Kgに達した時点で試験を開始し、生体重30～65Kgまでは各区とも市販配合飼料（TDN77%,DCP14%）対焼酎粕・水を1:3、生体重65～110Kgまでは市販配合飼料（TDN76.5%,DCP12%）対焼酎粕・水を1:3に自動混合された液状飼料を制限給餌（1日2回）して飼育した。

各供試豚は、生体重110Kgに到達した時点で、皮はぎ法（別に湯はぎ法：被毛をはぐ）により屠殺解体し、その左半丸枝肉について、各種の分析調査を実施した。

なお、各供試豚の試験区分と飼養条件、一般成分値およびコンピュータに入力した、1日1頭当りの飼料給与量、飼料要求率（Feed conversion ratio:以下FCRと略記：肉を1Kg生産するに要する飼料量）の詳細は表1～3に示したとおりである。

¹⁾ 始良農業改良普及センター国分研修室（〒899-4332 霧島市国分中央5丁目1番39号）

²⁾ 始良農業改良普及センター（〒899-5212 始良郡加治木町諏訪町12）

³⁾ 大島支庁農林課（〒894-0023 奄美市名瀬永田町17-3）

⁴⁾ 大口育成牧場（〒895-2634 大口市小川内1668-1）

表1 試験区分および飼養条件

季節別	秋 子 (96頭) (n=6)											
品 種	WL・D											
試験区分	焼酎粕給与区 (配合飼料 : 甘藷焼酎粕) 1 : 3						水混合区 (配合飼料 : 水) 1 : 3					
	去勢 ♂	去勢 ♂	去勢 ♂	♀	♀	♀	去勢 ♂	去勢 ♂	去勢 ♂	♀	♀	♀
供試頭数(頭)	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
給与飼料	30~ 60Kg	市販配合飼料 (TDN77%, DCP14%) と混合し, 制限給餌 (コンピュータ制御による乾物換算)										
	60~ 110Kg	市販配合飼料 (TDN76.5%, DCP12%) と混合し, 制限給餌 (コンピュータ制御による乾物換算)										
枝肉, 肉質調査	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
肉質分析	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

注) 試験期間 : 平成2年12月~平成3年4月

屠殺体重 : 110Kg

屠殺場所 : 南九州畜産興業株式会社

表2 給与飼料の一般成分分析表

成分		水分 (%)	粗蛋白質 (%)	粗脂肪 (%)	可溶性無窒素物 (%)	粗繊維 (%)	粗灰分 (%)
肥育前期	原物中						
焼酎粕給与区		81.73	0.61	1.49	14.07	0.80	1.30
水混合区		82.73	0.55	1.52	12.74	0.85	1.61
肥育前期	原物中						
焼酎粕給与区		81.20	0.49	1.09	14.30	1.04	1.88
水混合区		75.55	0.48	1.15	19.33	1.32	2.17

表3 コンピュータに入力した体重当たりの飼料給与量および飼料要求率 (FCR)

体重 (Kg)	給与量 (Kg)	FCR	体重 (Kg)	給与量 (Kg)	FCR
30	1.7	2.85	70	2.4	3.69
40	1.9	3.14	80	2.6	3.75
50	2.1	3.36	90	2.9	3.82
60	2.2	3.46	100	2.9	3.98
			110	2.9	4.20

注) FCR (飼料要求率) : 肉1kgを生産するに要する飼料の量

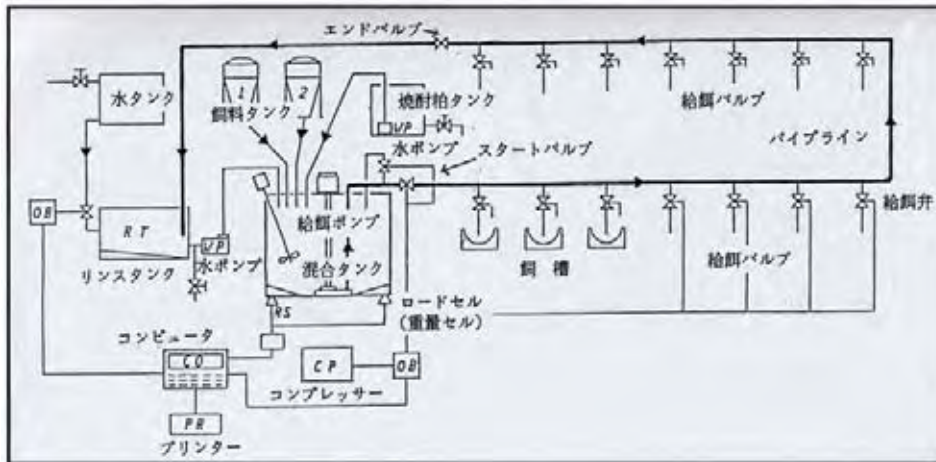


図1 パイプライン・フィーディングシステムの基本構成図 (英国・HAMPSHIRE2000)

2 パイプライン・フィーディングシステム

1) 構造

畜産試験場に設置したパイプライン・フィーディングシステム (HAMPSHIRE2000: 英国ハンプシャー社製) は、図1に示したように配合飼料、焼酎粕および水の各タンクから液状飼料の原料を混合 (ミキシング) タンクへ送り込み、このタンクで攪拌混合して、給餌ポンプによりパイプライン内を移送させ、コンピュータ制御により所定量の液状飼料を各豚房の給餌バルブを通じて飼槽中へ搬出するようになっている。

なおこのシステムは、配合飼料タンク2基 (各3t: 写真1)・焼酎粕タンク (硬質塩化ビニール製 5tMAIN: 写真1)・焼酎粕タンク (5tSUB: 写真2)・水タンク (200ℓ)・リンスタンク (500ℓ, リンス用: 写真3)・混合攪拌タンク (2,000ℓ: 写真3,4)・給餌ポンプ (写真5)・スタートバルブ (写真6)・パイプライン (写真7)・給餌バルブ (写真8)・飼槽 (写真9,10)・エンドバルブ (写真8) およびコンピュータ (写真11) 等により構成されている。

また、当場の肥育豚舎 (1豚房 11.4㎡の14豚房) においては、FRP製混合タンクから各豚房へ搬送するための総延長 51.1m (パイプ内水の量 106ℓ) のパイプラインが図2に示したように配置されている。

一方、各豚房の飼槽への液状飼料を配餌する部分には、計14個の給餌バルブが付してあり、これらは圧縮空気で開閉するゴム製のバルブで、内面は飼料の残渣が付着しないように滑らかな仕上げになっている。

2) 給餌方法

給餌は以下のように実施する。①各豚房の豚に給与する飼料の質と量を定める。これは飼育豚の種類 (繁殖豚・肉豚等)・頭数・日齢・生体重・飼料設計・給餌スケジュール・体重当りの給与量およびFCR等をコンピュータ入力に入力すると、自動的に各豚房の豚に給餌する液状飼料の個別原料の配合を算出するようになっている。②日常の作業としては最初入力した各豚房の平均体重・頭数・へい死頭数等の数値を多少手直しする程度で、その後出荷までは全て自動制御で行われる。

つまり、個別のタンクから必要量の配合飼料・焼酎粕



写真1 配合飼料タンク: 肥育前期, 後期用



写真2 焼酎粕 SUB タンクと焼酎粕 MAIN タンク



写真3 リンスタンクと混合攪拌タンク



写真4 混合攪拌タンク内部：混合状況



写真5 給餌ポンプ



写真6 スタートバルブ



写真7 パイプライン



写真8 給餌バルブとエンドバルブ



写真9 ステンレス製飼槽と給餌状況



写真10 給餌状況



写真11 制御用コンピュータおよび附属機器

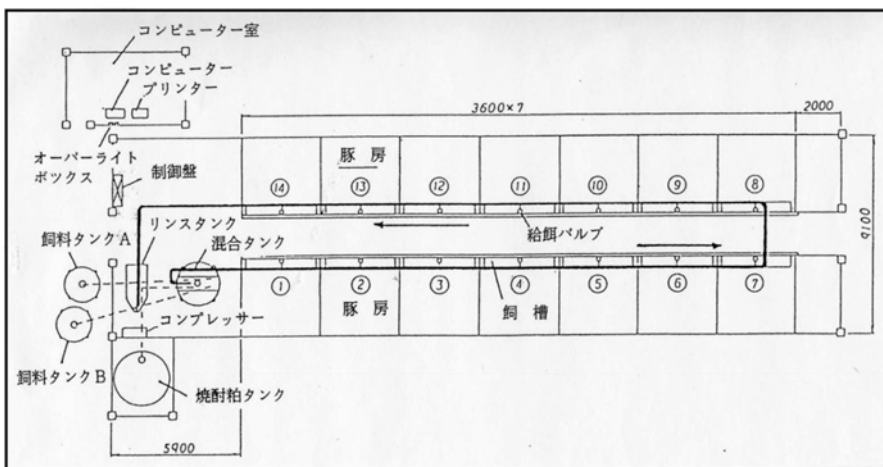


図2 パイプラインの設置図

および水が搬送され、混合タンク中で攪拌混合された後、給餌ポンプで圧送された液状飼料は、パイプライン→給餌バルブ→各豚房飼槽へ配餌される。

③配餌後の各豚房へはパイプラインおよび給餌バルブを通して約2ℓの水が洗浄水として圧送され、最後に飼料の腐敗防止のために、パイプライン中（スタートバルブからエンドバルブまで）は水で満たされる。

3) 特徴

(1) 操作・制御システム

このシステムの能力は、飼料配合設計として10種類可能で、飼料原料は水を含めて12種類まで設定でき、給餌バルブ数は256個（1豚房10頭として、肉豚約2,500頭）まで制御可能である。

なお、計量は混合タンクの下部に3個のロードセル（計量器）が設置してあり、入力と出力の誤差は1攪拌当り1Kg、給与回数は1日3回まで可能である。

(2) 混合・攪拌システム

混合タンクはFRP製（2,000ℓ：混合攪拌量は1,800ℓ）で、給餌開始までの攪拌時間は最低3分間である。

(3) 給餌・配餌システム

給餌ポンプ（3～5HP、3相）により、パイプラインの圧力を約4Kg/cm²に高め吐出させ（パイプ内は1.5～2.0Kg/cm²）、最低吐出能力は2.5ℓ/秒、パイプラインはφ5cmの硬質塩ビパイプ製（51.1m、水の量106ℓ）、給餌バルブ数（14個）の作動部はゴム製で5～6Kg/cm²の圧縮空気で作動する。

現在ヨーロッパでは、食品製造副産物（バイプロ種類：ビール粕・ビール酵母・小麦澱粉粕・ジャガイモの皮・製糖関連・果物缶詰関連・期限切れソーセージ・アイスクリーム・チーズ絞り粕・コンスターチバイプロ・オカラ・餡・スナック類等）をカッターで破碎し、かゆ状（粒子

を2.5mm以下に）にした後、乳酸菌やサプリメント等を添加した液状飼料の普及率が約60%とされている。

甘藷焼酎粕はタンクローリーで搬入された時約80～90℃と高温であり、これを直接混合タンクへ送り込み混合すると、温度と蒸気によりシステム稼働にトラブルが発生したために、サブタンクを設置し一度攪拌冷却した後メインタンクへ移送するようにした。

3 実験方法

1) 発育成績

肥育前期（生体重30～65Kg）、肥育後期（生体重65～110Kg）、肥育全期（生体重30～110Kg）飼養試験における日齢、肥育所要日数、1日平均増体重（Daily gain: 以下DGと略記）、1頭当飼料摂取量、FCR、1頭当り飼料費、TDN（可消化養分総量）、DCP（可消化粗蛋白質）摂取量の各調査項目を算出した。

2) 枝肉成績および異常肉質PSE (Pale, Soft, Exudative) 豚肉の発生調査

(1) 枝肉測定・大割肉片（ハム）の割合・枝肉格付
南九州畜産興業株式会社（ミートセンター：曾於市末吉町）において屠殺解体され、日本食肉格付協会で格付された左半丸枝肉（温屠体）について、枝肉測定を行った。

なお、枝肉測定後直ちに氷で冷却しながら当场へ持ち帰り、一昼夜放冷後「豚産肉能力検定実務書」⁷⁾に準拠してカットした左半丸枝肉について、大割肉片（ハム）の割合・ロース断面積および大腿二頭筋重量を測定した。

(2) 異常肉質（PSE豚肉）の調査

本調査は独立行政法人農業・生物系特定産業技術研究機構畜産草地研究所で採用している判定法に従って実施した。

① 肉色

正常肉の農研式標準肉色模型とPSE豚肉の肉色模型No.4を適用した。つまりNo.4の模型は4段階に分かれており、1は重度・2は中等度・3は軽度・4は正常肉の色調を示す。測定部位は、胸最長筋（4～5胸椎）の最も変色の強い部分を対象とし、測定時期を屠殺後24時間の枝肉カット直後（10分間）の横断面について採点評価した。同時に肉の「しまり」・「滲出性」についても以下のように行った。

② 肉のしまり

この判定は、弾性を失うことによって起こる胸最長筋横断面外郭の変型状態、凹凸状態および組織の粗澁性等に着眼して行った。

③ 滲出性

肉の横断面の湿潤度および肉塊の下部に貯留する筋漿によって判定した。採点は1～4に分けて行い、1は重度の著明な滲出の場合とし、2は中等度・3は軽度・4は正常とした。

④ 総合判定

上記の採点結果を基準とし、その他にも個体差、断面の変型面積等を勘案してPSE筋肉か否かを判定した。

(3) 枝肉価格

南九州畜産興業株式会社で定めた雑種および鹿児島黒豚価格表（平成元年4月から実施）により算出された買上価格に準拠した。

(4) 経済性

肥育全期での飼料費と1頭当りの枝肉価格から、飼料費と素畜費を差し引いた金額について比較検討した。

II 肉質試験

1 実験材料

供試したWL・Dの焼酎粕給与区および水混合区各18頭（去勢雄9、雌9）計36頭の左半丸枝肉より試料を採取し、前報^{8,11)}と同様に以下に述べる肉質の理化学的性質の調査項目について分析を行った。

但し、血液の生化学的検査に必要な血液は、各供試豚を屠殺した直後に放血した血液を直ちに採取した。

2 実験方法

1) 赤肉における肉質の理化学的性質

(1) 保水性・肉色・pH値・水分含量・テクスチャー特性（硬さ、凝集性、ガム性、附着性）

腰椎部胸最長筋(M. longissimus thoracis: 以下LTと略

記)と大腿二頭筋(M. biceps-femoris: 以下BFと略記)の両赤肉について、前報¹²⁾と同一方法により測定を行った。

2) 脂肪組織における肉質の理化学的性質

(1) 脂肪色・脂肪融点・脂肪酸組成（不飽和脂肪酸含量）・テクスチャー特性（同上）

前報¹²⁾と同一方法により、腰椎部皮下外層脂肪(Dorsal hypodermic outer fat layer 以下HOと略記)、皮下内層脂肪(Dorsal hypodermic inner fat layer: 以下HIと略記)および腎臓周囲脂肪(Leaf fat: 以下LFと略記)について、上記調査項目の測定を行った。

3) 赤肉、脂肪組織中におけるビタミンE(α -トコフェロール)含量

前報⁶⁾と同一方法により、赤肉(LT, BF)および脂肪組織(HO, HI, LF)について定量した。

4) 赤肉中におけるTBA(2-チオバルビツール酸)値
前報¹¹⁾の結果より、甘藷焼酎粕を給与した場合、赤肉(LT, BF)および脂肪組織(HO, HI, LF)中にビタミンE(α -トコフェロール)含量が著しく増加(約3～6倍)することが明らかになったために、ビタミンEの脂質過酸化の抑制効果を調査する予備試験として、赤肉中のTBA値¹³⁾を測定した。TBA値は、試料1,000g中のマロンアルデヒドのmg数(mgマロンアルデヒド/1,000g)で表示した。

なお、マロンアルデヒドは不飽和脂質が過酸化を受けた時に生成される化合物であり、過酸化が進行すればTBA値が高くなる。

5) 血液の生化学的検査

血液採取後直ちに遠心分離を行い、採血管に封入した後-40℃で凍結した血清について分析した。

(1) 総蛋白質・アルブミン・グロブリン・GOT・GPT・ γ -GTP・LDH

ビタミンA, E

前報⁶⁾と同一方法で、生化学的検査を行った。

III 官能検査

1 実験材料

供試した豚肉は、焼酎粕給与区および水混合区飼料を給与したWL・D雌(生体重110Kg)の各区1頭計2頭を用いた。

いずれも、左半丸枝肉胸最長筋(第5胸椎～最後腰椎)を採取し、官能検査による食味評価比較を実施した。

因みに、供試豚の生年月日および日齢は以下のとおりである。

◎ 焼酎粕給与区：平成2年9月12日(184日齢)

◎ 水混合区：平成2年9月12日（184日齢）

2 実験方法



写真12 「ゆで豚」の調理状況



写真13 官能検査の実施状況

1) パネル

パネルは鹿児島大学教育学部学生30名（20～23歳）および当時職員30名（21～67歳）の計60名とした。

2) 供試肉の調整方法

供試肉の調整方法は、「ゆで豚」とした。各供試肉は3cmの厚さに切り、これを風糸で縛り、沸騰水中で25分間加熱した。（写真12を参照）

加熱終了後直ちに厚さ5mmに切り分けて、これを検査試料としてパネルに供した。

3) 検査方法

味覚検査は2つに分けて行った。まず検査1では両試料肉間の味の相違を検査する目的で「三点識別試験」¹⁴⁾を、またその総合的おいしさについて「三点嗜好試験」¹⁴⁾を行った。次に検査2では、肉の軟らかさ・ぱさつき・こくの3項目について「二点識別試験」¹⁴⁾を実施した。なお検査結果はPoessler¹⁵⁾らの判定表により有意差検定を行い、検査に当っては肉の部位による相違や供出時の順序による影響がないように配慮した。

上述した方法を基に検査を実施したので、図3に官能検査用紙を、また写真13に検査状況を示した。

豚 肉 の 官 能 検 査							
	学部	学科	年	氏名	年齢	歳	
検査は2つ行います。 検査1については、皿に3個の試料がのっています。このうち、1つだけ味の異なる試料に○印をつけて下さい！またその味の異なる試料と、残りの試料で、より「おいしい」と思われる方に○印を漬けて下さい！ 検査2については、皿に2個の試料がのっています。検査項目ごとにどちらかに○印をつけて下さい！							
検査	検 査 項 目		記 号		検査	検 査 項 目	
1	どちらか1つ異なると思われる試料に○印を付けて下さい。		59	82	21	どちらが軟らかいと思われませんか。軟らかいと思われる方に○印を付けて下さい。	
	よりおいしいと思われる方に○印を付けて下さい。		2個	1個	試料	試料	2
						どちらの肉がぱさついていると思われませんか。ぱさついていると思われる方に○印を付けて下さい。	
						どちらの肉がこくがあると思われませんか。こくがある方に○印を付けて下さい。	

ご協力ありがとうございました。

図3 パネル用官能検査用紙

結果および考察

I 飼養試験

飼養試験における発育成績、枝肉成績およびPSE豚肉（異常肉質）発生調査について、飼養給与方法別間（焼酎粕給与区・水混合区）に平均値（ \bar{x} ）、標準誤差（SE）を求め、F検定法により有意差検定を行った。

1) 発育成績

発育成績を給与方法別間で比較すると、表4のとおりである。全体的に見た場合特徴的な点は、コンピュータにより焼酎粕の固形分（約5%）を代替えているにもかかわらず、①肥育前期（生体重30～65Kg）では、焼酎粕給与区は水混合区に比べて優れた値を示したが、両区間に著しい差異は認められなかった。

しかし、②肥育後期（生体重65～110Kg）および肥育全期（生体重30～110Kg）では、特に飼料費節約に

表4 発育成績の飼養給与方法別比較

試験区分 品種 調査項目 (n)	焼酎粕給与区 水混合区 WL・D		有意性	
	6	6		
肥育前期	試験開始時体重(Kg)	30.07±0.262	30.05±0.211	NS
	試験開始時日齢(日)	83.0±0.63	83.8±0.60	NS
	所要日数(日)	47.8±2.56	44.7±0.67	NS
	1日平均増体重:DG(g)	738±21.5	774±15.1	NS
	1頭当り飼料摂取量(Kg)	101.2±2.40	107.4±2.15	NS
30	飼料要求率:FCR	2.900±0.0258	3.12±0.05	NS
	1頭当り飼料費(円)	44,098±97.2	4,352±86.9	NS
65	1頭当りTDN摂取量(Kg)	77.9±1.85	82.7±1.65	NS
Kg	1頭当りDCP摂取量(Kg)	14.17±0.335	15.04±0.301	NS
肥育前期	飼料切替時体重(Kg)	65.1±0.71	64.6±0.50	NS
	飼料切替時日齢(日)	130.8±3.00	128.5±1.12	NS
	所要日数(日)	57.1±3.25	61.1±2.23	NS
	1日平均増体重:DG(g)	836±44.1	760±23.3	NS
	1頭当り飼料摂取量(Kg)	165±5.3	188±6.0	**
65	飼料要求率:FCR	3.52±0.125	4.08±0.095	**
	1頭当り飼料費(円)	6,550±211.0	7,460±237.1	**
110	1頭当りTDN摂取量(Kg)	126±4.1	144±4.6	**
Kg	1頭当りDCP摂取量(Kg)	19.8±0.64	22.6±0.72	**
肥育前期	試験終了時体重(Kg)	112.1±0.41	110.8±0.62	NS
	試験終了時日齢(日)	187.9±2.60	189.4±2.08	NS
	所要日数(日)	104.9±2.56	105.7±1.96	NS
	1日平均増体重:DG(g)	788±18.8	764±15.2	NS
	1頭当り飼料摂取量(Kg)	266±4.7	295±5.2	**
30	飼料要求率:FCR	3.22±0.075	3.67±0.067	**
	1頭当り飼料費(円)	10,648±185.7	11,812±206.5	**
110	1頭当りTDN摂取量(Kg)	204.1±3.58	226.5±3.98	**
Kg	1頭当りDCP摂取量(Kg)	33.9±1.38	37.6±0.62	**

注) 数値は、平均値±標準誤差

F検定による、NS:P>0.01, *:P<0.05, **:P<0.05

このことは、以下の表全てに適用される。

1頭当り飼料摂取量:配合飼料換算

飼料単価:肥育前期用40.5円/kg・肥育後期用39.7円/Kg

表5 枝肉成績およびPSE豚肉発生調査の飼養給与方法別比較

試験区分 品 種 調査項目 (n)	焼酎粕給与区		水混合区	有意性
	WL・D			
	6	6	6	
枝肉測定値	屠肉歩留 (%)	61.81±0.340	63.10±0.200	NS
	屠体長 (cm)	98.88±0.340	99.9 ±0.68	NS
	背腰長Ⅱ (cm)	71.95±0.355	72.4 ±0.500	NS
	屠体幅 (cm)	33.17±0.184	33.43±0.143	NS
	背脂肪層の厚さ (cm)			
	(肩)	3.28±0.070	3.37±0.084	NS
	(背)	1.45±0.056	1.48±0.091	NS
	(腰)	2.78±0.040	2.57±0.076	NS
	(3部位平均)	2.48±0.040	2.57±0.076	NS
	ロース断面積: (第5~6胸椎間) ()	22.29±0.394	21.7±0.69	NS
	(第10~11胸椎間) ()	34.5 ±0.89	35.2±0.95	NS
	ハムの割合 (%) (豚産肉検定法)	32.10±0.270	31.7±0.41	NS
	大腿二頭筋重量 (Kg)	1.01±0.038	0.99±0.026	NS
PSE豚肉発生調査・枝肉格付	PSE豚肉発生調査: 第5~6胸椎間胸最長筋 (標準肉色)	4.10±0.082	4.28±0.200	NS
	(しまり)	3.72±0.095	3.72±0.083	NS
	(滲出性)	4.00±0.000	4.00±0.000	NS
	PSE発生頭数 (頭)	0	0	
	枝肉格付: 日本食肉格付協会 (%)			
	(上物)	76.09	78.72	
	(中物)	19.56	21.28	
	(並物)	4.35	0.00	
	(等外)	0.00	0.00	
	1頭当りの枝肉重量(kg)	69.27±0.329	69.90±0.300	NS
1頭当りの枝肉価格(円)	31,136±198.4	31,584±223.7	NS	

注) 枝肉単価: 上物 458円/Kg, 中物 428円/Kg,
並物 370円/Kg, 等外 338円/Kg

表6 飼料費の飼養給与方法別比較

品 種	頭 数 (頭)	試 験 区 分	生体重30Kg~110Kg(焼酎粕給与期間)			
			1頭当り 飼料費(円)	増 減 (円)	1 Kg増体当り 飼料費(円)	増 減 (円)
W L ・ D	47	焼酎粕 混合区	10,648 ±185.7	-1,164	129.8	-16.5
	46	水 給与区	11,812 ±206.5		146.3	

注) 飼料単価: 肥育前期 40.5円/Kg, 肥育後期 39.7円/Kg,
水および甘藷焼酎粕 0円/Kg,

表7 経済性の飼養給与方法別比較（生体重30～110Kg）

品種	(n)	頭数 (頭)	試験区分	素畜費 30Kg時(円)	飼料費 30～110Kg(円)	枝肉価格 (円)	枝肉価格-(素畜費 +飼料費) (円)
WL・D	6	48	焼酎粕 給与区	18,000	10,648	31,136	2,488
	6	48	水 混合区	18,000	11,812	31,584	1,772

表8 赤肉における肉質の理化学的特性の飼養給与方法別比較

試験区分 品種 調査項目 部位(n)	焼酎粕給与区 WL・D		有意性	
	6	水混合区 6		
保水性 (加熱遠心分離法)	LT	62.8 ± 1.12	63.3 ± 1.22	NS
	BF	60.1 ± 0.99	60.4 ± 1.04	NS
肉色 (L値:明度)	LT	38.1 ± 0.88	38.8 ± 0.75	NS
	BF	36.3 ± 0.77	36.6 ± 1.31	NS
(a値:赤色度)	LT	9.26 ± 0.199	8.85 ± 0.181	NS
	BF	11.18 ± 0.140	10.7 ± 0.43	NS
pH値	LT	5.62 ± 0.063	5.70 ± 0.083	NS
	BF	5.61 ± 0.061	5.61 ± 0.066	NS
水分含量(%)	LT	73.25 ± 0.202	73.11 ± 0.332	NS
	BF	74.45 ± 0.157	74.04 ± 0.270	NS
テクスチャー特性 (硬さ:Kg/W)	LT	6.06 ± 0.142	5.59 ± 0.200	NS
	BF	8.05 ± 0.185	7.57 ± 0.149	NS
(凝集性)	LT	0.68 ± 0.009	0.67 ± 0.016	NS
	BF	0.72 ± 0.010	0.72 ± 0.008	NS
(ガム性)	LT	413 ± 12.8	378 ± 15.6	NS
	BF	587 ± 18.1	547 ± 16.2	NS
(付着性)	LT	0.24 ± 0.027	0.21 ± 0.035	NS
	BF	0.15 ± 0.041	0.09 ± 0.031	NS

注) 肉色:日本電色製色差計にて測定

テクスチャー特性:全研製テクスチュロメーターにて測定

LT:胸最長筋, BF:大腿二頭筋

関する調査項目である, 1頭当り飼料摂取量(肥育後期で23Kg, 肥育全期で29Kg節約), FCR, TDN・DCP摂取量において焼酎粕給与区が著しく優れた値が得られ, 両区間に有意差が認められた。

つまり, パイプライン・フィディングによる機械給餌についても, 人力により配合飼料と焼酎粕をモルタルミキサー(配合容量:約120Kg)で攪拌混合・配餌した前報⁹⁻¹¹⁾と同様発育向上, 飼料費節約等の効果が認められ

た。

2) 枝肉成績およびPSE豚肉の発生調査

発育成績と同様に2区間で比較すると, 表5のとおりである。まず枝肉測定値について見た場合, 背脂肪層の厚さで, 焼酎粕給与区が水混合区に比べて薄い傾向が見られたが, 両区間に有意差は認められなかった。またPSE発生調査においても同様の結果が得られた。

3) 経済性

肥育全期（生体重 30～110Kg）での飼料費比較を表 6 に、また経済性を両区で比較検討すると表 7 に示したとおりである。

まず飼料費において、焼酎粕給与区が水混合区に比べ 1 頭当り 1,164 円節約となった。

また経済性では、焼酎粕給与区（2,488 円）が水混合区（1,772 円）に比べて利益があり、前報 9-11）と同様の結果が得られた。

II 肉質試験

赤肉、脂肪組織における肉質の理化学的特性・赤肉、脂肪組織中のビタミン E (α -トコフェロール) 含量および赤肉中の TBA (2-チオバルピツール酸) 値・血液の生

化学的検査を実施し、各分析調査項目の測定値について、飼養試験と同様に飼養給与方法別間に平均値、標準誤差を求め、F 検定法により有意差検定を行った。

1 赤肉における肉質の理化学的特性の飼養給与方法別比較

上述した各種肉質分析での赤肉 (LT・BF) における肉質の理化学的特性について、各調査項目の測定値を 2 区間で比較すると、表 8 のとおりである。

全体的に見た場合、各調査項目の両赤肉で飼養給与方法別間に著しい差はなく、有意差が認められなかった。

2 脂肪組織における肉質の理化学的特性の飼養給与方法別比較

表 9 脂肪組織における肉質の理化学的特性の飼養給与方法別比較

試験区分 調査項目	品 種 部位 (n)	焼酎粕給与区 水混合区 WL・D		有 意 性
		6	6	
脂肪色 (L 値: 明度) (a 値: 赤色度) (b 値: 黄色度)	HO	67.38±0.261	66.6 ±0.60	NS
	HI	66.72±0.241	66.8 ±0.96	NS
	LF	68.53±0.205	69.5 ±0.59	NS
	HO	3.05±0.140	3.28±0.182	NS
	HI	2.99±0.119	3.24±0.177	NS
	LF	4.05±0.138	3.96±0.251	NS
	HO	6.19±0.168	6.36±0.125	NS
	HI	6.48±0.116	6.33±0.111	NS
	LF	6.78±0.141	6.83±0.176	NS
脂肪融点 (°C)	HO	33.1 ±0.56	33.9 ±0.88	NS
	HI	36.50±0.304	37.7 ±0.76	NS
	LF	43.50±0.302	43.9 ±0.60	NS
不飽和脂肪酸含量 (%)	HO	---	---	---
	HI	61.8 ±0.63	60.0 ±0.60	NS
LF	53.7 ±0.75	51.79±0.266	NS	
テクスチャー特性 (硬さ: Kg/W) (凝集性) (ガム性) (付着性)	HO	18.5 ±0.76	17.0 ±0.67	NS
	HI	10.2 ±0.73	9.0 ±0.93	NS
	LF	4.64±0.394	5.2 ±0.44	NS
	HO	0.90±0.015	0.91±0.012	NS
	HI	0.72±0.024	0.70±0.031	NS
	LF	0.49±0.013	0.51±0.011	NS
	HO	1,682±86.0	1,543±64.1	NS
	HI	753±70.7	663±91.5	NS
	LF	235±28.8	278±29.1	NS
	HO	0.00±0.000	0.00±0.000	NS
	HI	0.00±0.000	0.00±0.000	NS
	LF	0.30±0.044	0.41±0.055	NS

注) 脂肪色: 日本電色製色差計にて測定

テクスチャー特性: 全研製テクスチュロメーターにて測定

HO: 皮下外層脂肪, HI: 皮下内層脂肪, LF: 腎臓周囲脂肪

脂肪組織3部位(HO・HI・LF)について分析した、各調査項目の測定値を2区間で比較すると、表9に示したとおりである。

各調査項目について全体的に見た場合、赤肉同様2区間に著しい差はなく、従って甘藷焼酎粕給与による豚赤肉および脂肪組織の理化学的特性への影響は認められなかった。

3 赤肉、脂肪組織中におけるビタミンE(α -トコフェロール)含量の飼養給与方法別比較

前報^{8,11)}と同様に、供試豚WL・D35頭より採取した赤肉(LT・BF)、脂肪組織(HO・HI・LF)中のビタミンE(α -トコフェロール)含量について、2区間で比較すると、表10のとおりである。

表より明らかなように、焼酎粕(甘藷)給与区は水混合区に比べて、 α -トコフェロール含量が赤肉で約3倍強、脂肪組織で2.3~2.5倍と著しく増加した。この増加率は前報¹⁰⁾のモルタルミキサーにより配合飼料と焼酎粕(甘藷)を1:2で混合した試験結果に匹敵することが明らかになった。

この結果、甘藷焼酎粕を給与することにより、粕に含まれるビタミンEの抗酸化剤としての効果が期待される可能性が示唆された。

4 赤肉、脂肪組織中のTBA(2-チオバルビツール酸)値の飼養給与方法別比較

甘藷焼酎粕給与により、赤肉と脂肪組織中にビタミンE(α -トコフェロール)含量が著しく増加したため、実験方法でも述べたとおりビタミンEの脂質過酸化抑制効果を調査する予備試験として、赤肉中のTBA値を測定した。その結果を示すと、表11のとおりである。赤肉を0°Cで3日間冷蔵した後、マロンアルデヒドを定量した結果、焼酎粕給与区が水混合区に比べて数値が有意に低いことが明らかになった。

つまり、マロンアルデヒドは不飽和脂質が過酸化を受けた時に生成される化合物であり脂質過酸化(酸敗)が進行するとTBA値は高くなることが知られている。このため今回の結果より判断した場合、焼酎粕(甘藷)給与区では、その脂質過酸化が抑制されていることが認められた。

5 血液の生化学的検査の飼養給与方法別比較

供試豚35頭より採取した全血液の血清中の成分について分析した結果を2区間で比較すると、表12のとおりである。

各検査項目における分析値の中で、有意差が認められた項目は、ビタミンE含量のみであった。つまり、焼酎粕給与区が著しく高い値が得られ、甘藷焼酎粕中に含有するビタミンE(脂溶性)の生体への移行が、前報^{10,11)}と同様に明らかになった。

表10 赤肉および脂肪組織内におけるビタミンE(α -トコフェロール: $\mu\text{g}/100\text{g}$)含有の飼養給与方法別比較

部位 試験区分	赤 肉			脂 肪 組 織		
	(n)	胸最長筋	大腿二頭筋	皮下外層脂肪	皮下内層脂肪	腎臓周囲脂肪
焼酎粕 給与区	17	310 ± 12.2	377 ± 14.6	875 ± 47.0	982 ± 54.6	1,266 ± 91.1
水 混合区	18	110 ± 8.9	119 ± 9.4	375 ± 26.2	379 ± 27.7	495 ± 36.1
有意性		**	**	**	**	**

注) 宮崎大学農学部畜産学科畜産製造学教室にて分析

表11 赤肉のTBA(2-チオバルビツール酸)値(mg マロンアルデヒド/1000g)の飼養給与方法別比較

部位 試験区分	赤 肉			
	(n)	胸最長筋	(n)	大腿二頭筋
焼酎粕給与区	17	1.11 \pm 0.255	16	1.24 \pm 0.222
水混合区	18	2.80 \pm 0.62	18	3.40 \pm 0.58
有意性		*		**

注) 真空凍結した挽肉を0°Cで解凍させ、3日間0°Cで冷蔵した後測定
宮崎大学農学部畜産学科畜産製造学教室にて分析

表 12 血液(血清)中の生化学的検査の飼養給与方法別比較

試験区分 調査項目 品 種 (n)	焼酎粕給与区 WL・D		水混合区 6	有意性
	6	6		
① 肝臓機能 GOT (Karumen単位) (生理値: 20~30)	24.0 ± 3.79	24	± 4.8	NS
GPT (IU/)	17.5 ± 2.21	13.4	± 1.14	NS
γ-GTP (IU/m)	64 ± 5.9	78	± 18.3	NS
LDH (IU/)	1,282 ± 158.3	1,452	± 203.2	NS
② 総蛋白質 (g/d) (生理値: 5.8~7.3)	7.55 ± 0.100	7.81	± 0.136	NS
③ アルブミン (%) (生理値: 35~55)	55.7 ± 0.168	53.5	± 0.96	NS
④ グロブリン (%)	44.3 ± 1.11	46.6	± 0.97	NS
⑤ ビタミンA (IU/d)	138 ± 5.1	134	± 4.0	NS
⑥ ビタミンE (IU/d)	53.5 ± 1.91	38.5	± 2.11	**

注) GOT : グルタミン酸オキザロ酢酸トランスアミラーゼ
 GPT : グルタミン酸ピルビン酸トランスアミラーゼ
 γ-GTP : γ-グルタミントランスぺプチダーゼ
 LDH : 乳酸デヒドロゲナーゼ

表 13 官能検査の飼養給与方法別比較

検査方法		パネラー	鹿児島大学パネル (30名)	試験場パネル (30名)	全パネル (30名)
検査1	3点識別試験	正答	16 *	11 *	27
	3点嗜好試験	焼酎粕給与区嗜好	7	6 @	13
		水混合区嗜好	9	4	13
検査2	軟らかさ	焼酎粕給与区	19	21 *	40 *
		水混合区	11	9	20
	ぱさつき	焼酎粕給与区	10	13	23
		水混合区	20	17	37
	こく	焼酎粕給与区	16	13	29
水混合区	14	17	31		

注) *: P<0.05: ただし, 3点識別試験では, パネル30名の時15名以上
 // パネル60名の時27名以上
 2点識別試験では, パネル30名の時21名以上
 // パネル60名の時39名以上

@: 1名無回答あり

III 官能検査

焼酎粕給与区および水混合区飼料を給与した WL・D 雌 (生体重 110Kg) の各区 1 頭計 2 頭の胸最長筋 (ロース) をゆで豚に調理し, 「三点識別試験」¹⁴⁾ と 「三点嗜好試験」¹⁴⁾ および 「二点識別試験」¹⁴⁾ で食味比較検査を行い, 2 区間で比較した場合の得点結果は表 13 に示したとおりである。この得点結果は, Poessler¹⁵⁾ らの判定表に従い, 有意差検定を行った。

まず, 検査 1 の 「三点識別試験」 における両飼養給与豚肉間の味の相違については, 畜産試験場パネルで差は見られなかったが, 大学パネルおよび全パネルの合計

で 5% 水準で有意差が認められ, 両者間には味に差があると判定された。

しかし, 「三点嗜好試験」 における両者の嗜好性について見た場合, それぞれを好む人の数は同数 (13 名) であるため, 特にどちらかが嗜好されているという傾向は認められなかった。

次に, 検査 2 の 「二点識別試験」 では, 特に 「軟らかさ」 において畜産試験場と全パネルで 5% 水準で有意差が認められたが, 「ぱさつき」・ 「こく」 については差は見られなかった。

以上の結果より, 甘藷焼酎粕を混合した液餌を給与し

た豚肉は、「肉が軟らかい」という前報¹¹⁾と同様の結論が得られた。しかし、甘藷焼酎粕給与豚肉が嗜好されるという傾向は見られなかった。なお今後は甘藷焼酎粕給与による「肉の軟化」について、そのメカニズム追求する必要があると思われる。

要 約

鹿児島県独特の有用な未利用資源である焼酎粕(甘藷・麦)を養豚飼料として有効活用する場合、人力により配合飼料と焼酎粕をモルタルミキサー(配合容量:約120Kg)で攪拌混合・配餌した前報^{5,8)}の試験での問題点から、焼酎粕を効率的で且つ合理的な方法で給餌するシステムを確立することが必須となった。そこでヨーロッパで普及しているコンピュータ制御によるパイプライン・フィーディングシステムを導入し、養豚飼料として焼酎粕を肉豚へ有効利用(配合飼料と焼酎粕を1:3、配合飼料と水を1:3に自動混合した液状飼料を肉豚:WL・Dに生体重30~110Kgに給与)した場合の産肉と肉質への影響に関する比較実証と、省力化給餌技術の開発および普及を目指す目的で試験を実施した結果以下のことが明らかになった。

- 1 焼酎粕を利用することにより、前報^{9,11)}までの結果と同様に発育成績向上への効果および飼料費が節約されることが明らかになった。
- 2 パイプライン・フィーディングシステムを利用して液状飼料を給餌する場合、配合飼料と混合する焼酎粕および水の割合は1:3であった。
- 3 甘藷焼酎粕を利用することにより、前報^{9,11)}までの結果と同様血清中にビタミンEが著しく増加し、そのため赤肉(胸最長筋・大腿二頭筋)および脂肪組織(皮下外層、内層、腎臓周囲脂肪)中にビタミンE(α -トコフェロール)含量が著しく増加(約3倍)した。
- 4 赤肉中のTBA(2-チオバルビツール酸)値を測定した結果、甘藷焼酎粕給与によるビタミンE(α -トコフェロール)含量の著しい増加のため、脂質過酸化(酸敗)が抑制されていることが認められた。
- 5 官能検査の結果より、甘藷焼酎粕を混合給与した豚肉は、水を混合給与した肉に比べ、肉が「軟らかく」両者間には味の差が見られた。しかし、特に甘藷焼酎粕給与豚の肉が嗜好されるという傾向は認められなかった。
- 6 ヨーロッパで開発されたパイプライン・フィーディングシステムは、焼酎粕の合理的な給餌および肉豚の生



写真14 垂鉛ドブ漬け鉄製飼槽の腐食状況

産性向上に有効であることが明らかになった。

- 7 今後解決しなければならない問題点は、①システムの稼働経費等を含めた経済性の追求。②コンピュータに入力する各体重における1頭当りの飼料給与量・飼料要求率(FCR)の検討。③焼酎粕に混入する甘藷の皮、ひげ根・異物等の混入防止のため、焼酎工場でカッターにより「かゆ状」にする必要がある。④焼酎粕のpH値が3.8~4.2と強酸性であるため、垂鉛ドブ漬け鉄製飼槽(写真14を参照)および高圧コンクリートスノコ床の腐食防止等である。

謝 辞

本試験を遂行するに当たり、終始御懇篤な御指導、御協力を頂いた、1990年(平成元年)当時鹿児島大学農学部加香芳孝、富田裕一郎教授、同大学教育学部田島真理子助教授・宮崎大学農学部山内清教授・鹿児島中央家畜保健衛生所、同県末吉食肉衛生検査所職員一同に深甚なる謝意を表します。

なお、飼料分析および統計処理等に当り種々御配慮賜りました、畜産試験場飼料部一同、種豚改良部杉山昇氏、また焼酎粕を提供して頂いた、老松酒造・佐藤酒造・甲斐商店・日当山酒造・試験豚購入に協力頂いたジャパンファーム株式会社、試験豚の屠殺解体調査等に多大の御協力を頂きました、南九州畜産興業株式会社ならびに試験豚の飼養管理に御配慮頂きました畜産試験場養豚部職員の方々に感謝いたします。

追 記

本論文は、第57回日本養豚学会(平成4年3月27~28日:東京都日本獣医畜産大学)で口頭発表した。

文 献

- 1) 川井田博, 平山愛和, 福永智明, 丸野弘幸 (1991). 液状飼料の合理的な給与システムの確立に関する研究. 鹿児島県畜試研究報告, 24:78-92.
- 2) 日本酒造組合中央会・鹿児島県本格焼酎技術開発研究システム (1991). パイプライン・リキッドフィーディングシステムによる肉豚への焼酎粕給与技術の確立 (現地実証試験). 本格焼酎技術開発事業研究成果報告書, 平成2年度:136-166.
- 3) 日本酒造組合中央会・鹿児島県本格焼酎技術開発研究システム (1992). パイプライン・リキッドフィーディングシステムによる肉豚への焼酎粕給与技術の確立 (現地実証試験). 本格焼酎技術開発事業研究成果報告書, 平成3年度:20-29.
- 4) 日本酒造組合中央会・鹿児島県本格焼酎技術開発研究システム (1993). パイプライン・リキッドフィーディングシステムによる肉豚への焼酎粕給与技術の確立 (現地実証試験). 本格焼酎技術開発事業研究成果報告書, 平成4年度:6-13.
- 5) 日本酒造組合中央会・鹿児島県本格焼酎技術開発研究システム (1994). パイプライン・リキッドフィーディングシステムによる肉豚への焼酎粕給与技術の確立 (現地実証試験). 本格焼酎技術開発事業研究成果報告書, 平成5年度:12-21.
- 6) 川井田博, 松田誠, 福永智明, 横山純夫, 久保田稔(1988). 系統豚並びに系統間雑種豚の飼養と肉質に関する研究. 鹿児島県畜試研究報告, 20:49-61.
- 7) 日本種豚登録協会 (1966). 豚産肉能力検定実務書.
- 8) 川井田博, 松田誠, 福永智明, 横山純夫, 久保田稔(1988). 系統豚並びに系統間雑種豚の飼養と肉質に関する研究. 鹿児島県畜試研究報告, 20:73-83.
- 9) 川井田博, 福永智明, 上山繁成, 横山純夫, 牧内一男(1989). 系統豚並びに系統間雑種豚の飼養と肉質に関する研究. 鹿児島県畜試研究報告, 21:59-72.
- 10) 川井田博, 福永智明, 上山繁成, 松元計士, 堀之内達男 (1990). 系統豚並びに系統間雑種豚の飼養と肉質に関する研究. 鹿児島県畜試研究報告, 22:56-67.
- 11) 川井田博, 福永智明, 上山繁成 (1991). 系統豚並びに系統間雑種豚の飼養と肉質に関する研究. 鹿児島県畜試研究報告, 23:75-87.
- 12) 川井田博, 実吉弘文, 福元守衛, 湯之口幸一 (1984). 系統豚並びに系統間雑種豚の飼養と肉質に関する研究. 鹿児島県畜試研究報告, 16:95-112.
- 13) 山内清他 (1982). *Agri. Bio. Chem.*,46:2719.
- 14) 川北兵蔵, 山田光江 (1980). 食品の官能検査, 医歯薬出版, 東京.
- 15) Rcessler,E.B.,R.M.Pangbercn,J.L.Sidel and H.Stone (1978). *J. Food Sci.*,43:940-944.