

焼酎粕ペレット飼料が離乳期子豚の成長および健康に及ぼす影響

中尾信雄*・小野寺良次*・稲澤 昭**・別納征欧***・長谷川信美*・堀井洋一郎*・藤代 剛*
駒谷謙司*・置本宗康*・河野謙宗*・北爪 惣*・林 国興****・中島一喜****・山内 清*
六車三治男*・森下敏朗*****・林 綾子*****・田原秀隆*****・高橋勝南*****

Effect of Pellet Feed Prepared with Shochu Distiller's By-product on the Growth and Health of Weaning Piglets

Nobuo NAKAO*, Ryoji ONODERA*, Akira INAZAWA**, Masao BETSUNO***, Nobumi HASEGAWA*,
Yoichiro HORII*, Tsuyoshi FUJISHIRO*, Kenji KOMATANI*, Muneyasu OKIMOTO*, Kensou KHONO*,
Osamu KITAZUME*, Kunioki HAYASHI****, Kazuki NAKASHIMA****, Kiyoshi YAMAUCHI*,
Michio MUGURUMA*, Toshiro MORISHITA*****, Ayako HAYASHI*****,
Hidetaka TAHARA***** and Katsumi TAKAHASHI*****

(2001年9月4日 受理)

Summary

Pellet feeds were produced from shochu distiller's by-product (SDB) (sweet potato shochu distiller's condensed solubles and its cake) as the main ingredient and soybean meal as a sub-ingredient. The pellet feeds were used in two feeding experiments, at Kamo and Sumiyoshi Experimental Ranches, and in two field experiments, at Nagata and Uehara Farms, to investigate the effects of the SDB pellet feeds on growth and health of piglets. The piglets used for the experiments were crossbreed (WL × D) in Kamo Farm, hybrid in Sumiyoshi Experimental Ranch and Uehara Farm, and Berkshire in Nagata Farm. SDB contents in formula feeds fed to the piglets on a dry matter basis were 2.9 % at Kamo Experimental Ranch and Nagata Farm, 8.2 % at Sumiyoshi Experimental Ranch and 3.0 and 6.0 % at Uehara Farm. Commercial formula feeds were fed to the control animals.

Results obtained were as follows: (1) At Kamo Experimental Ranch, no significant differences in average daily gain, feed efficiency, health or behavior were found between test and control animals. (2) At Sumiyoshi Experimental Ranch, although average daily gain in control animals was about 5 % higher than that in test animals, feed efficiency in test animals was higher than that in controls. There was no difference in health between the test

* 宮崎大学農学部

** 元東洋ダイナム株式会社研究開発部

*** 中部飼料(株)志布志工場

**** 鹿児島大学農学部

***** 宮崎県食品開発センター

***** 霧島酒造株式会社

and control animals. In terms of behavior, test animals were more active and inquisitive, and had little abnormal movement, especially from evening to dawn. Test animals lay on their faces for long period, rarely lying down. Thus the test animals seemed more active than the control animals. (3) In the field experiment at Nagata Farm, average daily gain in test animals tended to be around 5 % higher than that in control animals, and the feed efficiency in the test animals also tended to be about 10 % higher than the controls. At about 35 days after the start of this experiment, most of the piglets suffered from pneumonia; during this period, the white blood cell count increased slightly in all piglets, showing somewhat higher numbers in the control piglets. The piglets suffering from pneumonia in the control group looked weaker than those in the test group. Time for fighting move around trough in the test piglets was significantly ($P < 0.01$) longer than those in the control. In contrast, piglets in the control showed searching and society move with little fighting move around the trough. (4) At Uehara Farm, no significant differences in average daily gain, feed efficiency, healthiness and behavior were found between test and control animals.

In conclusion, the formula feed containing SDB pellet feed tended to have the same or greater growth-stimulating properties compared to commercial formula feed and to have the trend to enhance resistance to disease, in this case, pneumonia.

Key words: Shochu distiller's by-product, Pellet feed, Piglet, Feeding and field experiments

前回¹⁻⁶⁾までのレポートでも述べたとおり、南九州は、全国トップの焼酎生産地帯であるが、その反面、焼酎粕の排出量も多く、その処理に苦慮している。現在、焼酎粕の約58 %は肥料や飼料として使われたり、燃焼により処理されたりしているが、燃焼法はダイオキシンによる大気汚染が心配されている。また、残りの約42 %は海洋投棄され、これも海洋汚染が心配されている。海洋投棄は、すでにロンドン条約(1996年11月8日)により原則として禁止され、2001年(平成13年)には、環境上影響がないと認められる廃棄物のみ許可を出す制度となり、基本的には全面禁止の方向にある。したがって、低コストで海洋投棄ゼロを目指した焼酎粕処理技術の確立は、南九州の焼酎メーカーにとって、早期に達成すべき緊急の課題である。

他方、既述¹⁻⁶⁾のように、南九州はわが国の主要な畜産地帯でもあり、宮崎県では、農業粗生産額の約半分を畜産業が占めている。しかし、畜産業の現状は、畜肉の輸入攻勢等の影響を受け、経営不振に陥っているのが実情である。それに打ち勝つために、生産コストを低減する努力が続けられており、その第一に低価格飼料や機能性飼料が求められている。

本プロジェクトは、これらの問題の同時解決を目指

し、これまですでに、焼酎粕を大麦ヌカおよびビートパルプと組み合わせてエクストルーダー⁷⁾により牛用のペレット飼料を製造する技術を確立したので⁴⁾、本研究では、その技術を基にして、大豆粕ならびにフスマを副原料とする豚用の焼酎粕ペレット飼料を製造し、これを用いて離乳期子豚を対象とした飼養試験およびフィールド試験を実施し、成長ならびに健康状態に及ぼす影響を検討することを目的とした。

材料および方法

1. 焼酎粕ペレット飼料の製造

1) 原料および製造法

本研究では、霧島酒造株式会社が製造したカンショ焼酎粕(イモ焼酎粕)の濃縮液(デカンター上清液画分濃縮物、水分77%)および同脱水ケーキ(デカンター沈殿画分、水分88%)を重量比で1:4(乾物重量比、約1:2)に混合し、これを主原料(焼酎粕)とした。また、焼酎粕ペレット飼料製造用の副原料として大豆粕(土持産業株式会社、都城市)を用いた。焼酎粕ペレット飼料製造時の主副両原料の混合割合は、ペレット飼料(1)は主原料:副原料=5:5(乾物重

量比で1:6.3)とした。そして、これまでに確立した製造技術⁴⁾に準拠して、エクストルーダーによりペレット飼料とした。また、ペレット飼料(2)は、濃縮液(この場合は水分72%まで濃縮)と乾燥脱水ケーキ(水分8.9%)を主原料としたもので、この場合は、濃縮液:乾燥脱水ケーキ:副原料(大豆粕)=3:1:4(重量比)として混合し、同様にエクストルーダーにより製造した。この時の主副両原料混合比は、乾物比で、焼酎粕:大豆粕=1:2であった。

2) 焼酎粕ペレット飼料の一般成分およびアミノ酸の分析法

主副両原料および焼酎粕ペレット飼料の一般成分(6成分)は、AOACの公定法⁸⁾に基づき分析した。なお、分析値は3回の分析結果の平均値で示した。また、アミノ酸は、トリプトファン以外は酸加水分解法により、トリプトファンはアルカリ加水分解法により分解後、アミノ酸自動分析機により分析した。なお、分析値はTable 1 および 2 に示した。

2. 配合飼料の設計・製造

焼酎粕ペレット飼料の成分分析結果(Table 1 および 2)に基づいて、離乳期子豚(体重10 kg~30 kg)用の給与飼料(配合飼料:人工乳後期用飼料)の設計を行った。なお、これらの豚の栄養要求量は、日本飼養標準(豚)⁹⁾に従った。

設計後の人工乳後期用の試験飼料ならびに対照飼料の養分量をTable 3 に示した。また、配合に用いた飼料原料とそれらの配合量は、飼料メーカーの事情を考慮して一部だけをTable 4 に示した。人工乳後期用試験飼料としては、焼酎粕ペレット飼料(1)および(2)を用い、それぞれを人工乳後期用飼料(1)の試験飼料および人工乳後期用飼料(2)の試験飼料とした。人工乳後期用の対照飼料も市販品を2種類用い、同様に、養分量と原料をこれらのTableに示した。この表の中には、栄養素の基本となる可消化粗タンパク質と可消化養分総量のほか、欠乏しやすい必須アミノ酸およびカルシウムとリン量も示した。

しかし、実は、人工乳後期用飼料(2)の試験飼料は、可消化養分総量が2%ほど低めだったので、これを改善するために、焼酎粕ペレット飼料(2)を用いて、焼酎粕自体が3%および6%となるような試験飼料(配合飼料:人工乳後期用飼料(3))を再設計し、これをフィールド試験に用いた。この飼料の養分量と原料配合割合をTable 5 および 6 に示した。

3. 動物試験法

1) 離乳期子豚による飼養試験

本試験は、2回実施し、第1回目は中部飼料株式会社に依頼して、同社加茂牧場離乳舎において実施した(実験1)。第2回目は宮崎大学農学部附属自然共生フィールド科学教育研究センター(住吉フィールド(牧場))(以下、住吉フィールド(牧場)と略称する)において実施した(実験2)。

(1) 試験飼料および給餌法

実験1では、人工乳後期用飼料(1)の対照飼料および試験飼料を給与した(Table 3, 4)。この試験飼料の乾物当たりの焼酎粕含有率は、 $21.2 \div 7.3 = 2.90\%$ であった(Table 4)。また、実験2では、人工乳後期用飼料(2)の対照飼料および試験飼料を給与した(Table 3, 4)。この試験飼料の乾物当たりの焼酎粕含有率は、 $24.5 \div 3.0 = 8.17\%$ であった(Table 4)。

給与方法は、いずれも不断給餌とし、水は自由摂取とした。

(2) 試験動物

試験動物としては、実験1では、中部飼料株式会社が飼育している離乳期子豚(交雑種:WL×D、体重約10 kg)32頭を用い、対照区に2群(各8頭)、試験区に2群(各8頭)を当てた。本試験における子豚の試験開始時日齢は、37~38日齢である。

実験2では、上原ファーム(宮崎県北諸県郡山之口町)が飼育している離乳期子豚(雌、ハイブリッド、デカルブ社)14頭を住吉フィールド(牧場)に移し、試験区・対照区に各7頭ずつを当てた。ただし、試験区豚のうち1頭は、試験開始前に骨折していることが分かり、試験から除外したので、試験区は実際は6頭で開始した。

(3) 試験期間

試験期間は、実験1では、32日間とした。これは、この種(交雑種:WL×D)の離乳期子豚が試験開始時の体重約10 kgから約30 kgまで成長するのに要する時間である。また、実験2では、ハイブリッドを使用した。ちょうどその時期に宮崎県で牛の口蹄疫が発症したため、予定よりも少し遅れて、生後56日齢(平均体重19 kg)から開始したのでそれから増体量が20 kg(すなわち体重約30~40 kg)になるまでの4週間飼育をした。

(4) 測定項目

試験開始時および終了時の日齢および体重、平均1日増体量、平均1日飼料摂取量、行動および健康状態

観察を行った。

2) 離乳期子豚によるフィールド試験

離乳期子豚によるフィールド試験も2回実施した。第1回目(実験3)は、永田種豚場(宮崎県児湯郡川南町)に依頼して、第2回目(実験4)は上原ファーム(宮崎県北諸県郡山之口町)に依頼して実施した。

(1) 試験飼料および給餌法

実験3では、人工乳後期用飼料(1)の対照飼料および試験飼料を給与した(Table 3, 4)。また、実験4では、人工乳後期用飼料(3)の対照飼料および試験飼料(焼酎粕, 3%および6%)を給与した(Table 5, 6)。

給与方法は、いずれも不断給餌とし、水は自由摂取とした。

(2) 試験動物

試験動物としては、実験3では、永田種豚場の要望によりパークシャーを用いることにした。離乳期子豚(パークシャー種, 体重約10 kg)40頭を用い、対照区に2群(雄7頭, 雌13頭)、試験区に2群(雄10頭, 雌10頭)を当てた。本試験に用いた子豚の試験開始時日齢は、41~48日齢である。なお、永田種豚場の飼育法は、10 kg~30 kgまでの時期は、敷料を敷いた広いコンクリートの豚房内での群飼方式であった。

実験4では、上原ファームの要望によりハイブリッドを用いることにした。離乳期子豚(ハイブリッド, デカルブ社)60頭を用い、対照区および2試験区(3%区および6%区)に、それぞれ、2群(各10頭:去勢雄5頭, 雌5頭)を割り当てた。本試験に用いた子豚の試験開始時日齢は、32日であった。なお、上原ファームの飼育法は、10 kg~30 kgまでの時期は、金網で仕切られたスペース(スノコ床)での密集型の群飼方式であった。

(3) 試験期間

試験期間は、実験3では41日間とした。これは、離乳子豚(パークシャー)が約10 kgから試験を始めて約30 kgまで成長するのに要する時間であった。また、実験4では、38日間とした。これは、離乳期子豚(ハイブリッド)が約30 kgまで成長するのに要する時間であった。

(4) 測定項目

試験開始時および終了時の体重、平均1日増体量、平均1日飼料摂取量を測定し、飼料要求率および飼料効率を算出した。また、行動および健康状態の観察を行うとともに血液成分を分析した。

4. 焼酎粕ペレット飼料の機能性の検討法

最後に、本研究では、マウスの筋芽細胞を用いて、焼酎粕ペレット飼料に含まれる動物細胞成長促進物質の存在を明らかにした。

1) 供試動物細胞

動物細胞としてはマウス由来のC2C12筋芽細胞(American Type Culture Collection)を使用した。

2) 動物細胞用培地

動物細胞培養用として、以下の培地を使用した。

- 基礎培地: 20%ウシ胎仔血清, 80%DMEM (Dulbecco's modified Eagle's medium)
- 分化培地: 2%ウシ胎仔血清, 2%DMEM

3) 焼酎粕成分の調製法

カンショ焼酎粕(凍結乾燥粉末, これは、過去に鶏細胞培養の試験に使用したもので、本研究における焼酎粕ペレット飼料の製造に使ったものではないが、比較のためにこれも試験に供した)およびカンショ焼酎粕ペレット飼料乾燥粉末(霧島酒造㈱から入手, 主副両原料混合比は、乾物当たりで、焼酎粕:大豆粕=1:6.3)をエーテル抽出し、抽出物をセファデックスLH20で分画し、4画分を得た。そのうち、画分1に鶏筋肉細胞成長促進物質が含まれていることを確認しているため、次に、この画分(画分1)をHPLC(Inertsil ODS-2カラム)により分画した。得られた3画分のうち画分Aおよび画分Bに同様に鶏筋肉細胞成長促進物質が含まれていることを確認しているため、本研究では、これらの2つの画分をエタノールに溶解してそれらを別々に0.01%になるように上記の培地に添加した。

なお、大豆粕のみを粉砕し、同様に抽出物を調製した結果、カラムによる分画過程では肝心のピーク(画分1)が全く得られなかったため、この抽出物は実験には使わなかった。

4) 試験区分

本実験には、以下の5試験区を設けた。

- ①対照区: 0.01%となるようにエタノールを培地に添加
- ②試験区A: カンショ焼酎粕抽出物の画分Aのエタノール溶液を0.01%となるように培地に添加
- ③試験区B: カンショ焼酎粕抽出物の画分Bのエタノール溶液を0.01%となるように培地に添加
- ④試験区AP: 焼酎粕ペレット飼料抽出物の画分Aのエタノール溶液を0.01%となるように培地に添加
- ⑤試験区BP: 焼酎粕ペレット飼料抽出物の画分B

5) 動物細胞の培養方法

基礎培地でC2C12筋芽細胞 (5 × 10⁴ cells/well) がサブコンフルエントに達するまで培養し、その後、焼酎粕または焼酎粕ペレット飼料抽出物を含む分化培地で72時間培養した。

6) 測定項目

C2C12筋芽細胞の増殖に対する焼酎粕ペレット飼料の影響を確認するための指標として、クレアチンキナーゼ活性およびタンパク質量を測定した。クレアチンキナーゼは脊椎動物の白筋の可溶性タンパク質の10~20%を占め、筋収縮に必要なATPの供給源であるクレアチンリン酸をミトコンドリア内でATPとクレアチンから合成し、細胞質内では逆にクレアチンリン酸とADPからATPを生成する酵素である。したがって、C2C12筋芽細胞が増殖すればこの酵素活性が上昇する。その他、C2C12筋芽細胞が増殖すれば、当然、全タンパク質も増加する。

なお、クレアチンキナーゼ活性は、ADPとクレアチンリン酸を基質として、過剰のグルコース、ヘキソキナーゼ、グルコース-6-リン酸デヒドロゲナーゼおよびNADPの存在下で反応させ、生成したNADPH量を吸光度の変化により測定して求めた。また、タンパク質はLowry法¹⁰⁾により測定した。

結果と考察

1. 原料および焼酎粕ペレット飼料の成分

1) 一般成分と主要ミネラル

主副両原料および焼酎粕ペレット飼料の一般成分の分析結果をTable 1に示した。これによれば、濃縮液の粗タンパク質は脱水ケーキのそれより一見高いように見られるが、乾物当たりでみると両者に大差はなく、2%ほど濃縮液が高い程度であった。乾燥脱水ケーキの粗タンパク質は乾物当りでは脱水ケーキよりも3%ほど低かった。これらの数値は、大豆粕の粗タンパク質の約47~57%の範囲となり、これらを大豆粕と混合したペレット飼料では、粗タンパク質含量が大豆粕よりも乾物当たりで約2~7%程低くなっている。要するに、ペレット飼料が大豆粕の代用になるかどうか、そしてその上、機能性が見られるかどうかが本研究の関心事なので、ポイントは大豆粕とペレット飼料の成分比較である。大豆粕を副原料に使用し、主副両原料の乾物比が(1:6.3)のペレット飼料(1)の粗タンパク質は、乾物当りで2%ほど、また、主副両原料の乾物比が(1:2)のペレット飼料(2)では7%ほど、大豆粕よりも低くなっているが、この点は給与飼料配合時に考慮し、補正する必要がある。

可溶無窒素物は、ペレット飼料(1)では乾物当たり

Table 1. カンショ焼酎粕(主原料)、大豆粕(副原料)およびそれらを原料にして製造した焼酎粕ペレット飼料の一般成分等^{a)}

試料 ^{b)}	水分	CP ^{c)}	EE ^{c)}	CF ^{c)}	CA ^{c)}	NFE ^{c)}	Ca	P
濃縮液	77.32	6.55 (28.88)	—	—	3.16	—	—	—
脱水ケーキ	88.08	3.18 (26.68)	—	2.33	0.58	—	—	—
乾燥脱水ケーキ	8.90	21.70 (23.82)	2.90	11.60	3.80	51.10 (56.09)	0.70 (0.77)	0.29 (0.32)
大豆粕	11.80	44.80 (50.79)	1.60	5.80	5.90	30.10 (34.13)	0.27 (0.31)	0.65 (0.74)
ペレット飼料(1)	9.94	43.38 (48.67)	1.04	6.56	7.65	30.98 (34.40)	0.55 (0.61)	0.63 (0.70)
ペレット飼料(2)	13.50	38.00 (43.93)	1.20	4.70	6.20	36.40 (42.08)	0.36 (0.42)	0.61 (0.71)

a. 単位、% ; ()内は乾物当たりの数値
 b. 濃縮液、焼酎粕原液デカンター処理上清液区分の濃縮物(水分約77%) ; 脱水ケーキ、焼酎粕原液のデカンター処理沈殿物画分(水分約88%) ; 乾燥脱水ケーキ、脱水ケーキをバトルドライヤーで水分約8.9%まで乾燥させたもの ; 大豆粕、水分約12%で土持産業株式会社(都城市)から購入 ; ペレット飼料(1)、主原料:副原料(大豆粕)=1:6.3(乾物比)とした焼酎粕ペレット飼料(ただし、主原料は上記濃縮液と脱水ケーキを重量比1:4に混合) ; ペレット飼料(2)、主原料:副原料(大豆粕)=1:2(乾物比)(ただし、主原料は濃縮液(水分72%)と乾燥脱水ケーキを混合)
 c. CP、粗タンパク質 ; EE、粗脂肪 ; CF、粗繊維 ; CA、粗灰分 ; NFE、NFE

で見てもほぼ同値であったが、ペレット飼料(2)では、乾燥脱水ケーキを使用しているため約8%高まった。

カルシウムは、ペレット飼料(1)では大豆粕よりも約2倍、そしてペレット飼料(2)でも約35%高い特徴が見られた。リンはほぼ同値で、その結果、大豆粕はカルシウム/リンバランスがリンに傾いているが、ペレット飼料(1)と(2)はこのバランスが1に近づく傾向がみられ、動物栄養学上、よい傾向と考えられた。

2) アミノ酸組成

アミノ酸分析の結果はTable 2に示した。ここには、哺乳動物ならびに鳥類に必須とされているアミノ酸の分析データのみを示した。ただし、濃縮液とペレット飼料(1)については、酸加水分解のみによる分析をしたので、トリプトファン分析値は示されていない。まず、動物栄養学上問題になりやすいリジンとメチオニン含量をみると、リジンは大豆粕を副原料にしたペレット飼料でも大豆粕より低めの傾向がある。この点は、給与飼料配合時に考慮する必要がある。メチオニンは、ペレット飼料(1)と大豆粕との間に大差はなかった。ペレット飼料(2)では大豆粕よりも11%ほど低くなった。メチオニンとシステインの合算値(含硫アミノ酸)は、ペレット飼料(1)および(2)でやや低めであったが、これはシステインがやや低いことによるものである。その他、スレオニン、ロイシン、アルギニンもペレット飼料(1)で僅かに低い傾向が見られた。ペレット飼料(2)は焼酎粕含量が高いので、全体的に必須アミノ酸含量がペレット飼料(1)よりも低い傾向がみられた。

2. 給与飼料の配合

Table 3には、日本飼養標準(豚)⁹⁾の要求量に基づいて設計し、製造した人工乳後期用給与飼料の風乾飼料中養分量(%)を示した。基本的には、試験飼料と対照飼料との間では、まず、タンパク質(可消化粗タンパク質)が、そして、エネルギー(可消化養分総量)給与量がほぼ同じになるように配合する予定であったが、人工乳後期用飼料(2)の試験飼料だけは、可消化養分総量が2%ほど低くなってしまった。これは配合計算時のミスであったが、この試験飼料を用いた飼養試験も行ったので、これも表に示した。可消化粗タンパク質は、その量とならんで、タンパク質を構成する必須アミノ酸量が一番重要であり、中でも特に、リジン、メチオニン(含硫アミノ酸)、スレオニン、トリプトファンなどが欠乏しやすいので、それらには特に注意を払って設計した。配合に用いた飼料原料とそれらの配合量は、飼料メーカーの事情を考慮して一部だけ、Table 4に示した。人工乳後期用飼料(1)の試験飼料では、対照飼料の大豆粕とパン酵母を焼酎粕ペレット飼料で置換した。この飼料の焼酎粕(乾物)含有率は、 $21.2 \div 7.3 = 2.90\%$ (Table 4より)である。また、人工乳後期用飼料(2)の試験飼料では、対照飼料のトウモロコシの一部と大豆粕を焼酎粕ペレット飼料(2)で置換した。この飼料の焼酎粕(乾物)含有率は、 $24.5 \div 3 = 8.17\%$ (Table 4より)である。ミネラルとビタミンは、プレミックスとして、十分量給与されている。

人工乳後期用飼料(2)の試験飼料の可消化養分総量

Table 2. 大豆粕および焼酎粕ペレット飼料のアミノ酸組成(原物中%)

アミノ酸	大豆粕 ^a	濃縮液 ^b	乾燥脱水 ケーキ ^a	ペレット 飼料(1) ^a	ペレット 飼料(2) ^a
リジン	2.783	0.256	0.830	2.542	2.050
メチオニン	0.605	0.075	0.470	0.603	0.540
システイン	0.731	0.091	0.390	0.657	0.660
含硫アミノ酸	1.336	0.170	0.860	1.260	1.200
スレオニン	1.987	0.249	1.000	1.748	1.480
トリプトファン	0.695	—	0.270	—	0.450
グリシン	1.947	0.354	0.940	1.896	1.600
バリン	2.222	0.261	1.400	2.229	1.890
イソロイシン	2.197	0.194	1.040	2.097	1.650
ロイシン	3.483	0.290	1.730	3.315	2.780
フェニルアラニン	2.400	0.403	1.130	2.303	1.840
アルギニン	3.191	0.313	0.930	2.932	2.430
ヒスチジン	1.285	0.145	0.580	1.273	1.000

a. Table 1と同じもの

b. 水分72%で、ペレット飼料(2)の製造に使用したもの

Table 3. 日本飼養標準（豚）の要求量に基づいて設計した人工乳後期用給与飼料の風乾飼料中養分量（%）

風乾飼料中養分	人工乳後期飼料(1) ^a		人工乳後期飼料(2) ^b	
	対照飼料	試験飼料	対照飼料	試験飼料
粗タンパク質	18.800	18.800	18.400	19.000
可消化粗タンパク質	17.000	17.000	17.100	16.600
可消化養分総量	80.000	80.000	80.100	78.200
リジン	1.150	1.150	1.175	1.174
含硫アミノ酸	0.690	0.690	0.675	0.675
メチオニン	0.370	0.370	0.432	0.436
スレオニン	0.770	0.770	0.764	0.764
トリプトファン	0.260	0.260	0.247	0.260
カルシウム	0.800	0.800	0.805	0.881
リン	0.650	0.650	0.702	0.700

a. 副原料に大豆粕使用，主副両原料混合比 1 : 6.3（乾物比）
 b. 副原料に大豆粕使用，主副両原料混合比 1 : 2（乾物比）

Table 4. 人工乳後期用給与飼料の主な配合飼料原料混合割合（%）

配合飼料原料	人工乳後期飼料(1) ^a		人工乳後期飼料(2) ^b	
	対照飼料	試験飼料	対照飼料	試験飼料
トウモロコシ	51.934	51.415	58.463	50.834
大豆粕	19.200	0.000	17.200	0.000
焼酎粕ペレット飼料	0.000	21.200	0.000	24.500
パン酵母	1.500	0.000	0.000	0.000
炭酸カルシウム	0.450	0.450	0.300	0.000
リン酸カルシウム	1.220	1.220	1.000	1.280
メチオニン	0.440	0.440	0.065	0.065
リジン	0.106	0.125	0.232	0.249
プレミックス	0.500	0.500	0.550	0.550

a. 副原料に大豆粕使用，主副両原料混合比 1 : 6.3（乾物比）
 b. 副原料に大豆粕使用，主副両原料混合比 1 : 2（乾物比）

Table 5. 日本飼養標準（豚）の要求量に基づいて設計した人工乳後期用給与飼料の風乾飼料中養分量（%）

風乾飼料中養分	人工乳後期飼料 (3) ^a		
	対照飼料	試験飼料 (3%) ^b	試験飼料 (6%) ^c
粗タンパク質	18.200	18.500	18.800
可消化粗タンパク質	17.000	16.800	16.600
可消化養分総量	80.100	80.100	80.000
リジン	1.191	1.191	1.191
含硫アミノ酸	0.715	0.715	0.715
メチオニン	0.413	0.418	0.422
スレオニン	0.746	0.746	0.745
トリプトファン	0.237	0.237	0.236
カルシウム	0.897	0.884	0.870
リン	0.703	0.699	0.695

a. 副原料に大豆粕使用，主副両原料混合比 1 : 2（乾物比）
 b. 焼酎粕ペレット飼料を 9% 配合，焼酎粕自体を 3% 含む
 c. 焼酎粕ペレット飼料を 18% 配合，焼酎粕自体を 6% 含む

Table 6. 人工乳後期用給与飼料の主な配合飼料原料混合割合 (%)

配合飼料原料	人工乳後期飼料 (3) ^a		
	対照飼料	試験飼料 (3%) ^b	試験飼料 (6%) ^c
トウモロコシ	65.300	62.013	58.725
大豆粕 (高タンパク)	16.500	8.750	1.000
加熱処理大豆	0.000	2.000	4.000
焼酎粕ペレット飼料	0.000	9.000	18.000
動物性油脂	2.200	2.360	2.500
炭酸カルシウム	0.400	0.200	0.000
リン酸カルシウム	1.100	1.175	1.250
メチオニン	0.074	0.073	0.072
リジン	0.226	0.234	0.241
プレミックス	0.717	0.717	0.717

a. 副原料に大豆粕使用, 主副両原料混合比 1 : 2 (乾物比)
 b. 焼酎粕ペレット飼料を 9% 配合, 焼酎粕自体を 3% 含む
 c. 焼酎粕ペレット飼料を 18% 配合, 焼酎粕自体を 6% 含む

値が対照飼料よりも 2% ほど低かったが, 準備の都合上, そのまま飼養試験を実施した。ただし, フィールド試験はこれを修正した飼料を用いて行った。すなわち, 人工乳後期用飼料 (3) を試作した (Table 5)。また, Table 6 には配合に用いた飼料原料とそれらの配合量を, 上記と同様に飼料メーカーの事情を考慮して, 試験に関わる一部だけ示した。ここでは, 焼酎粕の含有率が 3% および 6% の 2 種類の試験飼料を製造した。

なお, これらの配合飼料の製造は, 中部飼料 (株) 志布志工場に依頼した。

3. 動物試験の結果

1) 飼養試験

焼酎粕ペレット飼料の給与が離乳期子豚の成長に及ぼす影響を検討するため, 飼養試験を 2 回実施した。

(1) 加茂牧場での飼養試験【実験 1】

離乳期子豚 (交雑種: WL×D, 体重約 10 kg) による中部飼料株式会社加茂牧場での飼養試験結果を Table 7 に示した。開始時体重 10 kg 前後の子豚は日齢で言うと 37 から 38 日で, これを試験飼料等でさらに 32 日間飼育して体重約 30 kg まで持ってゆく試験である。このときに, 試験飼料で飼育した離乳期子豚成長速度や飼料効率が対照飼料で飼育したものと同等であれば, まず, 焼酎粕ペレット飼料を含む試験飼料は対照飼料と同等の飼料価値をもつと考えることができるわけである。言うまでもなく, 用いた対照飼料は飼料メーカーとしては最高のものでして一般に市販されているものだからである。

この試験に用いた試験飼料は, 可消化養分総量および可消化粗タンパク質共に対照飼料と同じにしており (Table 3), 試験飼料の焼酎粕含有率は, 乾物当たりで, $21.200 \div 7.3 = 2.90\%$ である (Table 4 より)。

結果を見ると, 32 日間の増体量は, 対照区の方がややよい様にも見られ, これは当然のことながら, 平均 1 日増体量にも反映されるが, 平均 1 日飼料摂取量が試験区ではやや低いので, 飼料要求率 (1 kg の増体量を得るのに要する飼料量) は試験区と対照区でほとんど差がない結果となっている。すなわち, 飼料効率 (飼料 1 kg あたりの増体量) はほぼ同じと考えられた。これらの飼養試験結果は, 対照区も試験区も発育成績は上位水準で推移したことを示しており, 試験区・対照区の両飼料間に飼料価値としての差はないと判断された。

なお, 本試験では, 詳細な行動調査はしていないが, 通常の飼育時の観察では, 子豚の行動には差異は見られなかった。また, 健康状態にも両飼料区ともに異常は見られず, 焼酎粕ペレット飼料を配合した給与飼料は, 大豆粕を配合した給与飼料並みに利用できると考えられた。

(2) 住吉フィールド (牧場) での飼養試験【実験 2】

① 成長および飼料効率

離乳期子豚 (ハイブリッド, 体重約 19 kg) による住吉フィールド (牧場) での飼養試験結果を Table 8 に示した。開始時の体重は, 当初 10 kg 前後とする予定であったが, そのつもりで準備していた矢先に, 突如, 宮崎県内で牛の口蹄疫が発症し, 家畜保健所等の指導により予定通りには進めることができなくなり,

Table 7. 焼酎粕ペレット飼料給与が離乳子豚（交雑種，10～30 kg）の成長に及ぼす影響（飼養試験）

測定項目	対照区		試験区	
	第1群	第2群	第1群	第2群
飼育期間（日）	32	32	32	32
平均開始時体重（kg）	12.100±0.740	11.180±0.780	10.580±0.800	10.330±0.300
平均終了時体重（kg）	35.010±1.610	32.810±1.430	33.850±1.070	31.280±0.600
試験期間平均増体量（kg）	22.910±0.930	21.630±0.980	23.270±0.520	20.950±0.740
平均1日増体量（kg）	0.716±0.029	0.676±0.031	0.727±0.043	0.655±0.023
平均1日飼料摂取量（kg）	1.358	1.266	1.305	1.210
飼料要求率（kg/kg）	1.897	1.873	1.795	1.847
平均1日増体量（kg）	0.696		0.691	
区間平均飼料要求率（kg/kg）	1.885		1.821	
区間平均飼料効率（kg/kg）	0.531		0.549	

各群は雌雄混飼の8頭ずつ
数値は平均値±標準誤差

Table 8. 焼酎粕ペレット飼料給与が離乳子豚（ハイブリッド，10～30 kg）の成長に及ぼす影響（飼養試験）（住吉フィールド（牧場））

測定項目	対照区 雌7頭	試験区 雌6頭
飼育期間（日）	28	28
平均開始時体重（kg）	19.260±1.380	18.900±0.360
平均終了時体重（kg）	40.830±2.510	39.370±0.830
試験期間平均増体量（kg）	21.570±1.340	20.470±0.680
平均1日増体量（kg）	0.770±0.048	0.731±0.024
平均1日飼料摂取量（kg）	1.635	1.365
飼料要求率（kg/kg）	2.123	1.867
飼料効率（kg/kg）	0.471	0.536

数値は平均値±標準誤差

やむを得ず、19 kg前後から開始した。そのため試験期間を増体量が約20 kgになるまでの28日間とした。

なお、既述の通り、試験区豚のうち1頭は、試験開始前に骨折していることが分かり、試験から除外したので、試験区は実際は6頭で開始した。

また、この試験に用いた試験飼料は、可消化養分総量および可消化粗タンパク質共に対照飼料と同じにする予定であったが、可消化養分総量だけは、既述の通り入力ミスにより約2%低めになってしまった（Table 3）。試験飼料の焼酎粕含有率は、乾物当たりで、 $24.5 \div 3 = 8.17\%$ である（Table 4）。

結果を見ると、28日間の増体量は、対照区の方が約4%よい結果となり、これは当然のことながら、平均1日増体量にも反映されたが、平均1日飼料摂取量が、対照区では約20%高いので、飼料要求率は対照区が約14%高くなった。すなわち、飼料効率（飼料1 kg

あたりの増体量）は試験区が対照区よりも約14%高かったことを示している。

この飼養試験結果は、実験1と異なり、試験区の飼料効率が対照区よりもよいことを示しているが、その原因が、試験場の違い、すなわち環境要因によるのか、試験に用いた豚の品種の違いによるのか、あるいは、焼酎粕含量の違いによるのかは判断できない。焼酎粕含量は、実験1では約3%であったのに対して、実験2では約8%と高いことが特徴であったが、同時に、実験2では試験飼料の可消化養分総量が対照飼料よりも2%低かったという問題が残る。

いずれにしても、この試験で、焼酎粕を含む試験飼料で飼料効率が対照区よりも約14%も高かった事実は、後述するパークシャー種による離乳期子豚のフィールド試験においても飼料効率が約10%高かった事実と合わせ考えると、これらの試験飼料の飼料価値は試

Table 9. 焼酎粕ペレット飼料給与が離乳期子豚の血液成分に及ぼす影響（飼養試験）
 （住吉フィールド（牧場））

検査項目	対照区		試験区	
	試験開始日	21日目	試験開始日	21日目
白血球数 ($\times 10^2/\mu\text{l}$)	234.4 \pm 15.5	200.4 \pm 13.0	218.8 \pm 15.9	189.0 \pm 13.0
赤血球数 ($\times 10^4/\mu\text{l}$)	603.1 \pm 30.1	637.1 \pm 19.6	574.0 \pm 21.0	626.8 \pm 19.5
ヘモグロビン (g/dl)	11.6 \pm 0.4	12.3 \pm 0.2	11.4 \pm 0.6	12.3 \pm 0.3
ヘマトクリット (%)	34.3 \pm 1.1	39.2 \pm 0.7	33.9 \pm 1.7	39.8 \pm 0.8
血漿総タンパク質 (g/dl)	4.8 \pm 0.1 ^a	6.4 \pm 0.1	4.4 \pm 0.2 ^b	6.7 \pm 0.2
血小板数 ($\times 10^4/\mu\text{l}$)	22.1 \pm 2.8	14.8 \pm 3.1	27.0 \pm 5.8	12.5 \pm 2.0

数値は平均値 \pm 標準誤差；試験区・対照区間の異肩文字に有意差 ($P < 0.05$)

験飼料よりも明らかに高いことを示したものと評価できる。

② 血液成分と健康状態

離乳期子豚による飼養試験（実験2）（ハイブリッド、住吉フィールド（牧場））においては、各動物から採血し、血液成分を分析した。その結果をTable 9に示した。これらの数値はいずれも正常範囲にあり、試験区・対照区間に特別の相違は見られなかった。また、外観からみた健康状態にも差があるとは考えられなかった。

③ 行動

住吉フィールド（牧場）で行った離乳期子豚（ハイブリッド、雌、後期、10 kg~30 kg）による飼養試験の際は、行動調査を実施したので、その結果をTable 10に示した。ここでは、離乳期子豚の試験区・対照区の1日の各個体の行動と姿勢の時間を調査し、それらの統計処理結果を示した。摂食、飲水、休息、身繕い、排泄、移動および闘争の各行動時間は、試験区・対照区間に差は見られなかったが、探索および社会行動には有意 ($P < 0.05$) な差が見られ、探索行動では試験区が、社会行動では対照区が多かった。異常行動は対照区の方が多い傾向を示した。

動物がとる姿勢を見ると、佇立・犬座は両区間に差はなかったが、伏臥で試験区が、横臥で対照区が有意 ($P < 0.05$) に多かった。さらに、試験区・対照区における24時間の伏臥・横臥姿勢行動の違いを詳細に検討した結果、両区とも夜間は横臥姿勢行動が伏臥姿勢行動よりも多く、14時から5時までの時間帯で試験区が対照区よりも伏臥姿勢行動は多く、横臥姿勢行動は少なかった。4時間期で比較すると、伏臥姿勢行動は試験区が対照区よりも13:03, 17:03, 21:03, 1:03からの4時間期で有意 ($P < 0.05$) に多く、横臥姿勢行動は17:03, 21:03, 1:03からの4時間期で有意

Table 10. 焼酎粕ペレット飼料給与が離乳期子豚（ハイブリッド、10~30 kg）の24時間行動に及ぼす影響（飼養試験）
 （住吉フィールド（牧場））

行動	対照区（5頭）	試験区（5頭）
摂食	145.5 \pm 22.35	143.8 \pm 32.21
飲水	28.2 \pm 11.71	24.4 \pm 4.04
休息	1165.8 \pm 40.83	1121.6 \pm 67.57
異常	9.4 \pm 2.88 ^b	5.4 \pm 3.97 ^b
身繕い	0.2 \pm 0.45	0.0 \pm 0.00
排泄	4.6 \pm 3.29	5.6 \pm 2.07
探索	41.6 \pm 17.7 ^a	90.8 \pm 37.92 ^a
移動	35.0 \pm 10.17	44.4 \pm 13.83
社会	7.2 \pm 3.56 ^a	2.6 \pm 2.30 ^a
闘争	2.6 \pm 1.95	1.4 \pm 0.55
佇立	225.0 \pm 44.22	239.6 \pm 45.81
姿犬座	25.4 \pm 21.50	24.2 \pm 4.15
勢伏臥	276.0 \pm 20.5 ^a	353.8 \pm 52.10 ^a
横臥	913.6 \pm 20.05 ^a	822.4 \pm 74.6 ^a

単位は「分」、各数値は平均値 \pm 標準誤差；
 試験区・対照区間の肩文字は有意差 (a, $P < 0.05$ ；
 b, $P = 0.106$)

($P < 0.05$) に少なかった。

したがって、試験区は対照区と比較し、探索行動が多く異常行動が少なく、夕方から明け方までの時間帯では伏臥姿勢行動が多く横臥行動が少なかったことから、試験区の方が対照区よりも活力が高いと考えられた。

2) フィールド試験

焼酎粕ペレット飼料の給与が離乳期子豚の成長に及ぼす影響を検討した飼養試験結果を実際のフィールドで検討するため、フィールド試験を2回実施した。

Table 11. 焼酎粕ペレット飼料給与が離乳期子豚（バークシャー，10～30 kg）の成長に及ぼす影響（フィールド試験）

（永田種豚場）

測定項目	対照区		試験区	
	雄（7頭） ^a	雌（11頭） ^b	雄（10頭） ^c	雌（10頭）
飼育期間（日）	40	40	40	40
平均開始体重（kg）	13.82±1.04	13.14±0.58	14.53±0.56	13.71±0.91
平均終了体重（kg）	31.42±2.12	29.36±1.39	32.44±1.76	31.30±1.58
試験期間平均増体量（kg）	17.60±1.16	16.22±1.01	17.91±1.61	17.59±1.94
平均1日増体量（kg）	0.440±0.029	0.406±0.025	0.448±0.040	0.440±0.049
区間平均1日増体量（kg）		0.423		0.444
平均1日飼料摂取量（kg）		1.055		0.999
飼料効率（kg/kg）		0.401		0.444
飼料要求率（kg/kg）		2.494		2.250

数値は平均値±標準誤差

a. 10/8, 1頭死亡（肺炎）

b. 9/10, 1頭除外（衰弱）, 10/8 ; 1頭死亡（肺炎）

c. 10/20, 1頭死亡（肺炎）

Table 12. 焼酎粕ペレット飼料給与が離乳期子豚の血液成分に及ぼす影響（フィールド試験）

（永田種豚場）

血液成分検査項目	試験開始日	21日目	41日目
白血球数（×10 ² /μl）			
対照区	267.5±69.5	235.7±66.3	389.9±95.9 ^a
試験区	286.9±70.4	258.3±61.3	310.6±50.5 ^b
赤血球数（×10 ⁴ /μl）			
対照区	628.4±64.9	646.9±40.5	663.0±35.1
試験区	345.4±38.5	635.9±28.7	668.7±51.5
ヘモグロビン（g/dl）			
対照区	10.3±1.0	10.8±0.6	11.0±0.7
試験区	10.7±0.9	10.4±0.6	10.9±1.1
血小板数（×10 ⁴ /μl）			
対照区	47.1±21.6	48.5±1.7	34.9±9.3 ^a
試験区	43.1±16.4	54.2±11.1	48.8±15.3 ^b
ヘマトクリット（%）			
対照区	32.5±2.9	33.3±1.5	34.7±1.8
試験区	33.4±2.9	32.4±1.5	34.1±2.8
血漿総タンパク質（g/dl）			
対照区	5.6±0.4	6.8±0.5	7.6±0.6
試験区	6.0±0.7	6.8±0.4	7.7±0.5
GOT（AST）（U/l）			
対照区	118.8±57.3	101.9±46.6	97.2±44.9
試験区	129.8±46.7	103.6±29.9	91.4±29.2
γ-GTP（U/l）			
対照区	56.8±20.6	67.4±31.5	62.9±20.6 ^a
試験区	66.1±24.9	63.7±31.9	83.9±28.9 ^b
免疫グロブリンG（mg/ml）			
対照区	5.1±3.2	15.9±4.5	25.4±7.7
試験区	7.6±4.0	19.1±8.2	24.1±9.2
ハプトグロブリン（μg/ml）			
対照区	1,410±918	2,656±1039	2,799±712
試験区	2,325±605	2,270±914	2,942±925
α1酸性糖タンパク質（μg/ml）			
対照区	877.7±127.9	668.5±188.4 ^a	580.3±147.9 ^a
試験区	825.5±187.0	810.8±219.8 ^b	687.1±172.4 ^b

数値は平均値±標準誤差，試験区・対照区間の異肩文字に有意差（P<0.05）

(1) 永田種豚場でのフィールド試験【実験3】

① 成長および飼料効率

フィールド試験による離乳期子豚（パークシャー）の成長に及ぼす影響を検討した結果をTable 11に示した。このフィールド試験では、既述のように、試験を依頼した永田種豚場の要望により、パークシャー種を用いた。パークシャーの成長速度は、ヨークシャーよりも遅く、試験開始時体重（約10 kg）まで育てるのに、ヨークシャーで通常37～38日かかっているのに対して、パークシャーでは41～48日もかかる。また、試験開始後約30 kgまで育てるのに、ヨークシャーでは32日なのにパークシャーでは41日もかかっている。しかし、消費者の好みはパークシャーということで、この種豚場ではパークシャーを飼育している。

試験の結果、試験期間平均増体量や平均1日増体量は、この試験期間では、試験区・対照区ともに明確な雌雄間差は見られなかった。区間平均1日増体量は、試験区の方が対照区よりも5%程高い傾向が見られた。また、飼料効率は、試験区の方が10%程度高まる傾向が見られた。これらの試験期間中、試験開始後35日前後にこれらの試験豚の多くが肺炎にかかったので、これが成長に対しても負の要因になったものと考えられる。

② 血液成分と健康状態

離乳期子豚（パークシャー）によるフィールド試験期間中の血液成分分析値をTable 12に示した。白血球数は、上述したように試験開始後35日前後に肺炎にかかったので、その時期にやや高まる傾向が見られた。特に罹患率が多かった対照区では高い値が見られた。免疫グロブリン（IgG）は、試験区・対照区ともに徐々に高まる傾向が見られ、飼育環境に適応していく様子が見えたが、試験区・対照区間に差は見られなかった。ストレスの指標となるハプトグロビンや $\alpha 1$ 酸性糖タンパク質も両者に差は見られなかった。その他の成分値にも差は見られなかった。

③ 行動

試験開始後29日目に、離乳期子豚の試験区と対照区それぞれ5頭について、1分間隔で24時間、行動を観察し、記録した。その結果をTable 13に示した。摂食、飲水、排泄、休息、異常、身繕い、移動および闘争（飼槽以外）行動では、試験区と対照区では差は見られなかったが、探索行動および社会行動の時間は対照区の方が試験区よりも有意に長かった（ $\pm < 0.1$ ）。また、飼槽での闘争行動時間は、対照区よりも試験区の

方が非常に（有意（ $P < 0.01$ ）に）長く観察された。このように、試験区の方が飼料を奪い合って採食する行動を見せたことから、焼酎粕ペレット飼料には離乳期子豚が好む何かが含まれていると考えられた。それにより、試験区子豚の活力は対照区子豚のそれよりも高まり、飼料摂取欲求が高まって闘争行動が顕著に現れたものと考えられた。これに対して、対照区子豚は、飼槽での闘争をあまり行わず、その代償行動として探索および社会行動が増加したものと考えられた。

他方、飼料摂取量は試験区の方がわずかながら低いので、試験区子豚の飼槽での高い闘争行動は、必ずしも摂食量を高めたとは言えないが、結果としては、1日増体量が試験区の方が高くなった。これは、焼酎粕ペレット飼料が持っている機能的なのかもしれない。

行動の中で特筆しておきたい点は、上述の肺炎に罹患した際の行動である。すなわち、肺炎に罹患した際の対照区の子豚は、人が豚舎に入っても、全体的に弱りかけて、数頭を除いて他はうずくまり、特に8頭は重症と思われた。これに対して、試験区の子豚はほとんどが寄ってきて（6頭は元気がなかった）、まだ、活力が感じられた。これらの動物には、すべて、41日目の採血時に治療薬としてクロラムフェニコールを注射した結果、その後、回復した。なお、対照区は肺炎により2頭死亡し、その他の衰弱でも1頭死亡した。試験区は肺炎で1頭死亡しただけだった。したがって、焼酎粕ペレット飼料は、生存率を高める効果があると推察された。

Table 13. 焼酎粕ペレット飼料給与が離乳期子豚（パークシャー、10～30 kg）の24時間行動に及ぼす影響（フィールド試験）（永田種豚場）

行動	対照区	試験区
摂食	152.8±25.1	144.8±39.0
飲水	15.2±6.6	11.0±5.8
休息	1,063.2±38.5	1,066.6±41.9
異常	6.2±2.8	5.6±6.7
身繕い	2.0±2.2	0.8±0.8
排泄	3.2±1.8	2.8±1.5
探索	107.0±10.3 ^a	86.8±9.0 ^b
移動	48.8±11.6	57.0±14.5
社会	36.6±15.5	20.8±7.1
闘争（飼槽以外）	2.6±1.9	2.2±2.0
闘争（飼槽）	2.4±2.3 ^c	41.6±24.6 ^d

単位は「分」、各数値は平均値±標準誤差
 試験区・対照区間の異肩文字に有意差
 (a, b: $P < 0.05$, c, d: $P < 0.01$)

(2) 上原ファームでのフィールド試験【実験4】

既述のように、フィールド試験は上原ファームに依頼して実施したが、試験飼料は、Table 5 に示したように、可消化粗タンパク質と可消化養分総量が対照飼料とほぼ同値になるように揃えた。この試験飼料の焼酎粕含量率は、乾物当たりで、3%区で $9 \div 3 = 3\%$ 、6%区では $18 \div 3 = 6\%$ である (Table 6 より)。

これらの飼料給与時の離乳期子豚の成長に及ぼす影響を検討したフィールド試験結果をTable 14に示した。このフィールド試験では、平均1日増体量も平均1日飼料摂取量も対照区と両試験区間に大差はなく、飼料要求率もしたがって飼料効率も、3および6%両試験区共に対照区とほとんど差が見られなかった。

この結果は、焼酎粕含有率に関わりなく対照区との間に差がないことを示しており、これまでの飼養試験の結果の中では、中部飼料株式会社加茂牧場での離乳期子豚による飼養試験結果とほぼ似た傾向が見られた。しかし、住吉フィールド (牧場) で行った離乳期子豚 (ハイブリッド使用) の結果や永田種豚場でのフィールド試験 (パークシャー使用) の結果とはかなり異なるものであった。

本試験における飼料原料組成として、試験飼料に加熱処理大豆を添加していることが住吉牧場での飼養試験や永田種豚場でのフィールド試験に用いた試験飼料との大きな違いであった。また、この試験に用いた対照飼料の組成も、過去に用いた対照飼料とは飼料原料と配合割合が多少異なっていた。

さらに、上原ファームの飼育環境は、永田種豚場の敷料を敷いた広いコンクリート床とは異なり、床が金網の狭い飼育室 (スノコ床) に密に飼う方式であった。

Table 14. 焼酎粕ペレット飼料給与が離乳期子豚 (ハイブリッド, 8~25 kg) の成長に及ぼす影響 (フィールド試験) (上原ファーム)

測定項目	対照区	試験区 (3%)	試験区 (6%)
飼育期間 (日)	38	38	38
平均開始体重 (kg)	7.72	7.92	8.11
平均終了体重 (kg)	24.99	25.39	25.98
試験期間平均増体量 (kg)	17.27	17.48	17.87
平均1日増体量 (kg)	0.454	0.460	0.470
平均1日飼料摂取量 (kg)	0.787	0.815	0.806
飼料要求率 (kg/kg)	1.731	1.772	1.714
飼料効率 (kg/kg)	0.578	0.564	0.584

1 豚房10頭 (去勢雄5頭, 雌5頭) の各区2豚房
数値は平均値±標準誤差

上原ファームでの飼育中の子豚の様子は、音への反応が過敏で、強いストレスを受けている感じがした。しかし、原因を特定することはできなかった。

このフィールド試験の結論は、焼酎粕ペレット飼料添加した配飼料 (試験飼料) は、対照飼料とほぼ同じ価値をもつと言えることである。

4. 焼酎粕ペレット飼料の機能性成分

カンショ焼酎粕および同焼酎粕ペレット飼料がC2C12筋芽細胞の増殖に及ぼす影響を検討した結果をTable 15に示した。カンショ焼酎粕は、上述した通り、過去の鶏培養細胞に対する影響を検討した研究に用いたものであるが、C2C12筋芽細胞に対しても明らかな促進効果が認められた。また、本研究で新に調製し、飼養試験やフィールド試験に用いたカンショ焼酎粕ペレット飼料 (霧島酒造(株)製造) のエーテル抽出物中にも、明らかにクレアチンキナーゼ活性とタンパク質量を増加させる物質が存在することが示された。その効果は、鶏培養細胞に用いた抽出物よりも高い効果が認められた。このように、それらの物質は、C2C12筋芽細胞の増殖を促進するものと考えられた。焼酎粕ペレット飼料にもその効果が見られたことから、エクストルーダー処理 (100~120℃) をした焼酎粕でも成長促進物質の効果は低下しないと考えられた。

なお、データは示していないが、焼酎粕ペレット飼料(2)には焼酎粕ペレット飼料(1)の5~6倍の成長促進物質が含まれていた。

Table 15. カンショ焼酎粕および同焼酎粕ペレット飼料のエーテル抽出物が増殖中のC2C12筋芽細胞のクレアチンキナーゼ活性およびタンパク質量に及ぼす影響

試験区分	クレアチンキナーゼ活性 (IU/well)	タンパク質量 (mg/well)
対照区	13.41±1.54 ^a	0.73±0.07 ^c
試験区A	15.34±1.03 ^b	0.98±0.04 ^b
試験区B	19.33±1.03 ^a	1.12±0.06 ^a
試験区AP	16.27±1.30 ^b	1.01±0.05 ^b
試験区BP	20.99±1.22 ^a	1.17±0.06 ^a

数値は平均値±標準誤差, 同列異肩文字間に有意差 (P<0.05)

要 約

本研究では、離乳期子豚の成長および健康状態に及ぼす焼酎粕ペレット飼料の影響を検討するため、カンショ焼酎粕を主原料とし、大豆粕を副原料として、焼酎粕ペレット飼料を製造するとともに、それに含まれる機能性成分の分析を行い、さらに、それを用いて飼養試験を2回（加茂牧場および住吉フィールド（牧場））、フィールド試験を2回（永田種豚場および上原ファーム）行った。加茂牧場では、交雑種（WL×D）を、住吉フィールド（牧場）および上原ファームではハイブリッド種を、永田種豚場ではパークシャー種を試験に供した。試験飼料の焼酎粕含量率は、乾物当りで、加茂牧場2.90%、住吉フィールド（牧場）8.17%、永田種豚場2.90%、上原ファーム3.0%および6.0%であった。対照飼料としては、市販飼料を用いた。その結果、

- (1) 加茂牧場での飼養試験では、平均1日増体量、飼料効率、健康状態、行動ともに試験区・対照区間に差は認められなかった。
- (2) 住吉フィールド（牧場）での飼養試験では、平均1日増体量は対照区が試験区よりも約5%高かったが、飼料効率は試験区が対照区よりも約14%高かった。健康状態には差が認められなかった。行動面では、試験区は対照区と比較し、探索行動が多く、異常行動が少なく、夕方から明け方までの時間帯では伏臥姿勢行動が多く横臥行動が少なかった。したがって、試験区の方が対照区よりも活力が高いと考えられた。
- (3) 永田種豚場でのフィールド試験では、区間平均1日増体量は、試験区の方が対照区よりも5%程高い傾向が見られた。また、飼料効率は、試験区の方が10%程度高まる傾向が見られた。これらの試験期間中、試験開始後35日前後にこれらの試験豚の多くが肺炎にかかったため、白血球数はその時期にやや高まる傾向が見られ、特に罹患率が多かった対照区では高い値が見られた。行動面では、肺炎に罹患した際の対照区の子豚は、全体的に弱りかけていたのに対して、試験区の子豚はほとんどに活力が感じられた。飼槽での闘争行動時間は、対照区よりも試験区の方が非常に（有意（ $P < 0.01$ ）に）長く観察された。これに対して、対照区子豚は、飼槽での闘争をあまり行わず、探索および社会行動が増加した。
- (4) 上原ファームでのフィールド試験では、平均1日増体量、飼料効率、健康状態、行動ともに試験区・

対照区間に差は認められなかった。

全体として見れば、焼酎粕ペレット飼料を配合した飼料は、市販の配合飼料と同等またはそれ以上の成長促進効果があり、肺炎などの病気に対する抵抗力を高める傾向があると考えられた。

また、本研究に用いた焼酎粕ペレット飼料には、動物細胞成長促進物質が含まれていることが確認された。

謝 辞

本研究は、平成11年度および12年度の中小企業創造基盤技術研究事業（中小企業総合事業団）として、研究費（4,900万円）の配分を受けて実施したものである。記して、深甚の謝意を表す。また、こころよく焼酎粕（濃縮液および脱水ケーキ）を御提供いただき、焼酎粕ペレット飼料の製造をしていただいた霧島酒造株式会社（宮崎県都市）およびペレット飼料を配合した試験飼料の製造をしていただいた中部飼料（株）志布志工場に深謝する。さらに、本フィールド試験のために試験豚の御提供をいただき、本試験に終始積極的に御協力いただいた（有）永田種豚場、上原ファーム、中部飼料株式会社加茂牧場ならびに宮崎大学農学部附属自然共生フィールド科学教育研究センター住吉フィールド（牧場）に深甚の謝意を表す。

引用文献

- 1) 小野寺良次・川村 修・稲澤 昭・泉 俊雄・奥田道緒・片山英美・横山三千男：麦焼酎粕、ミカンおよびニンジンのジュース粕を材料とするサイレージの調製。宮崎大学農学部研究報告，43：145-150（1997）
- 2) 小野寺良次・稲澤 昭・奥田道緒・森下敏朗・河野幹雄・長谷川信美・片山英美・横山三千男・増田慶信・郡義博：エクストルーダーによる焼酎粕ペレット飼料（牛用）の製造に関する研究。宮崎大学農学部研究報告，44：45-53（1997）
- 3) 川村 修・小野寺良次・長谷川信美・片山英美・兼俣由次郎・新美光弘・稲澤 昭・奥田道緒・横山三千男・増田慶信・郡 義博：サイレージ調製による焼酎粕の飼料的利用—そば焼酎粕と稲わらを材料としたサイレージについて—。宮崎大学農学部研究報告，44：93-97（1997）
- 4) 小野寺良次・稲澤 昭・駒谷謙司・奥田道緒・森

- 下敏朗・河野幹雄・川村 修・長谷川信美・片山英美・藤代 剛・矢野光紘・萩原昭英・山下 實・甲斐孝憲：エクストルーダーによる実用的焼酎粕ペレット飼料（牛用）の製造技術と飼料成分および嗜好性. 宮崎大学農学部研究報告, **45** : 77-85 (1998)
- 5) 小野寺良次・ナジムディン モハマド・ロキブル イスラム カーン・河上雅治・稲澤 昭・奥田道緒・森下敏朗・河野幹雄・川村 修・長谷川信美・片山英美・藤代 剛・矢野光紘・萩原昭英・山下 實・甲斐孝憲：焼酎粕がルーメン微生物による必須アミノ酸合成量に及ぼす影響. 宮崎大学農学部研究報告, **45** : 87-92 (1998)
- 6) 小野寺良次・長谷川信美・藤代 剛・稲澤 昭・駒谷謙司・六車三治男・山内 清・竹之山慎一・森下敏朗・矢野光紘・山下 實・高橋勝南：焼酎粕ペレット飼料が肉用牛の肥育および肉質に及ぼす影響（予備試験）. 宮崎大学農学部研究報告, **47** (1・2) : 1-11 (2000)
- 7) 土井悦四郎：エクストルーダーによる食品の加工, 「食品工業における科学・技術の進歩（Ⅱ）」81-97, (社)日本食品工業学会編集, (株)光琳, (1986)
- 8) 'Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists' ed. by K. Helrich, 15th edition, AOAC Inc., Arlington, Virginia (1990)
- 9) 日本飼養標準豚（1998年版）, 農林水産省農林水産技術会議事務局編, 中央畜産会, 東京, (1998)
- 10) LOWRY, O. H., ROSEBROUGH, N. J., FARR, A. L. and RANDALL, R. J.: Protein measurement with the folin phenol reagent. J. Biol. Chem., **193** : 265-275 (1951)