食品残さを成分表に基づき配合した養豚用リサイクル飼料の組成および栄養価の設計値と実測値の比較

佐伯真魚¹⁾・川島知之¹⁾・大澤貴之²⁾・阪上 泉²⁾・音成洋司²⁾・高橋俊浩¹⁾・
丹羽美次³⁾・望月辰起³⁾・山本心平³⁾・渡邊敬一³⁾・矢後啓司⁴⁾・青木 稔⁵⁾・
堀 与志美⁵⁾・高田良三¹⁾・山崎 信¹⁾・永西 修¹⁾・阿部 亮³⁾

¹⁾ 畜産草地研究所, 茨城県つくば市池の台 2, 305-0901

²⁾ (有)ぴゅあポーク, 神奈川県平塚市岡崎 1616-2, 259-1212

³⁾ 日本大学生物資源科学部, 神奈川県藤沢市亀井野 1866, 252-8510

⁴⁾ (財)畜産生物科学安全研究所, 神奈川県相模原市橋本台 3-7-11, 229-1132

⁵⁾ 神奈川県畜産研究所, 神奈川県環境農政部, 神奈川県海老名市本郷 3750, 243-0417

(2004 年 4 月 22 日受付, 2004 年 8 月 31 日受理)

要 約 食品残さ由来飼料のみで豚を飼養するような給与形態を想定して飼料成分表と食品成分表の値をもとに各種食品残さの配合設計を行い, 実際に各種食品残さを収集し, 乾燥飼料として調製し, それらの組成および栄養価の推定値の有効性を検討した。素材の収集は神奈川県平塚市を収集地域とし, ごはん類, パン類, 麺類, ライ麦糠, ビール粕, 魚類, 豆腐類, オカラ, 野菜屑を飼料化素材として供試した。これらの組成・栄養価について, 残さの品目別に, 飼料成分表もしくは食品成分表から計算基礎値を抽出し, その値をもとに 3 種類の配合設計を行った。これらについて各 45 日間以上, 素材の収集と乾燥飼料化を行い, 各 900 kg 以上の乾燥飼料を得た。その組成分析を行うとともに, LWD 種, 計 15 頭(平均体重 47.2 kg)を供試して消化試験を行い, 得られた組成および栄養価の実測値と飼料設計時の設計値を比較した。その結果, 飼料成分表には記載されていない食品残さ類の飼料利用に際して, 食品成分表の値と組み合わせて組成を推定することは有効であった。栄養価(TDN)については, 予測値に±3%程度の誤差が生じる。またアミノ酸についてもリジン含量の実測値が設計値を下回ったため, 必要に応じて安全率を見込んだ配合設計が必要であると考えられた。原材料の組成を抜き取りサンプリングによって測定しても, 今回の条件下では予測の精度は必ずしも高まらなかった。

Validation of Chemical Composition and Nutritive Value of Feed for Swine Formulated from Co-products According to the Values Derived from the Standard Tables of Food and Feed Composition
M. SAYEKI¹⁾, T. KAWASHIMA¹⁾, T. OHSAWA²⁾, I. SAKAGAMI²⁾, H. OTONARI²⁾, T. TAKAHASHI¹⁾, Y. NIWA³⁾,
T. MOCHIZUKI³⁾, S. YAMAMOTO³⁾, K. WATANABE³⁾, K. YAGO⁴⁾, M. AOKI⁵⁾, Y. HORI⁵⁾, R. TAKADA¹⁾, M.
YAMAZAKI¹⁾, O. ENISHI¹⁾ and A. ABE³⁾

¹⁾ National Institute of Livestock and Grassland Science, Tsukuba-shi, Ibaraki, 305-0901

²⁾ Pure Pork Ltd. 1616-2 Okazaki, Hiratsuka-shi, Kanagawa, 259-1212

³⁾ Nihon University, College of Bioresource Sciences, 1866 kameino, Fujisawa-shi, Kanagawa, 252-8510

⁴⁾ Research Institute for Animal Science in Biochemistry & Toxicology, 3-7-11 Hashimoto-dai, Sagami-hara-shi, Kanagawa, 229-1132

⁵⁾ Livestock Industry Research Institute, Kanagawa Prefecture, 3750 Hongo, Ebina-shi, Kanagawa, 243-0417

緒 言

2001 年の「食品循環資源の再生利用等の促進に関する法律」の施行および 2002 年の「バイオマス・ニッポン総合戦略」の閣議決定に相前後して、国内における食品残さの飼料利用が推進されつつある。堀北¹⁾は、食品残さを飼料利用するうえでの必要条件として、食品残さの栄養的価値を日本標準飼料成分表²⁾（以下、飼料成分表）、日本食品標準成分表³⁾（以下、食品成分表）等によって、組成と栄養価を判断することを挙げている。しかし、食品残さ類の組成と栄養価のデータは完備されているとはいえない。飼料成分表には、国内の特徴的な食品残さである、ごはん類残さ、麺類残さ、雑多な野菜屑類や、魚類残さ、豆腐等の組成・栄養価が含まれておらず、また食品成分表に記載されている組成は、ヒトの可食部の値であり、必ずしも廃棄部の組成ではなく、消化率も記載はない。国内の利用現場では、原材料に応じて組成を推定し配合計算式をつくり栄養価を推定することが各所で行われている⁴⁾が、実際にその組成の実測値や栄養価の確認は困難であり、試行錯誤をしつつ給与している現状がある。

給与飼料中に占める食品残さ由来リサイクル飼料の割合は、数パーセントと非常に少ない割合で使用する形態から、給与量のほぼ 100% をリサイクル飼料で賄う形態まで多様である。養豚業においてリサイクル飼料を用いる動機は、肥育豚生産費の約 6 割を占める飼料費⁵⁾の削減のためということが最も大きい。一般に食品残さの給与割合が多くなり 100% に近づくほど、飼料費は低減されるが、同時に組成と栄養価が変動し要求量に合わないリスクは高くなる。

食品残さの飼料利用を規模の面から分類すると、1 日 50 トン以上の規模で多様な食品残さを収集して飼料利用する場合⁶⁾と、1 日に数百キロから数トン程度の単位で利用する小規模での利用がある。利用のスケールが大きい場合には、素材個々の組成の日間変動が大きくても、その組成は一定値に収斂してくる⁷⁾。その反対に利用の規模が小さくなれば、素材の組成と栄養価の変動の影響は大きくなるため、その組成から栄養価を推定

する必要性も高まる。原材料の分析をして実測値から推定する場合も、変動がある残さをさらに抜き取り法でサンプリングせざるを得ない。

本研究では、小規模で収集した食品残さを原料として飼料を製造し、そのみで豚を飼養する形態を想定して、実際に各種食品残さを収集し、飼料成分表、食品成分表の値をもとに、各種残さ類の組成・栄養価から配合設計を行い、乾燥飼料として調製し、成分分析と消化試験の結果との比較から、その推定値の有効性について検討した。

材料および方法

1. 素材の収集と配合設計

神奈川県平塚市を収集地域とし、レストランのセントラルキッチン、パン製造業、精麦業、ビール製造業および豆腐製造業の事業所から排出された、ごはん類、麺類、野菜屑、魚類、パン類、ライ麦糠、ビール粕、豆腐類およびオカラを飼料化素材として供試した。セントラルキッチンは、複数の事業所の厨房機能が一か所にまとまった施設であり、その調理品を各事業所に配送する。

原材料の組成について、品目別に以下の基準を設定し、飼料成分表と食品成分表、アミノ酸組成表⁸⁾から、計算基礎値を抽出した。両成分表から抽出可能な項目は両者から抽出し比較し、適切と考えられる値を採用した。

ごはん類：食品成分表の中の「水稻めし（精白米）」の値を用いた。パン類：飼料成分表の「パン屑（乾）」の値と、食品成分表の「食パン（市販品）」の値を用いた。麺類：食品成分表の「マカロニ・スパゲッティ（ゆで）」、「そば（ゆで）」、「うどん（ゆで）」、「中華めん（ゆで）」の値を乾物中含量にしたうえで平均値を求め、麺類の値とした。ライ麦糠：飼料成分表の「フスマ（大麦荒ヌカ）」を使用した。ビール粕：飼料成分表の「ビール粕（生）」を使用した。豆腐類：食品成分表の「木綿豆腐」の値を使用した。オカラ：食品成分表の「おから（旧来製法）」と、飼料成分表の「トウフ粕（生）」および「同（乾）」の組成の平均値とを用いた。野菜類：農林水産省統計表⁹⁾による、2000 年の出荷量が 50 万トン以上で、なおかつ食品成分表、アミノ酸組成表に記載がある品目を抽

出してその平均値を求めた。また、飼料成分表記載の「ダイコン (根)」、「ニンジン (根)」、「パレイショ (生, 芋)」、「ダイコン葉」、「ハクサイ外葉」、「キャベツ (外葉も含む)」の組成および TDN の平均値をとった。魚類: 農林水産省統計¹⁰⁾に基づいた 2000 年の貝類・海藻類を除いた品目別上場水揚量から、年間 10 万トン以上の上場水揚量 (生鮮品+冷凍品) があり、食品成分表、アミノ酸組成表に記載がある品目を抽出してその平均値を求めた。また、飼料成分表の「魚粉 (ホワイトフィッシュミール)」、「魚粉 (CP 65%)」、「魚粉 (CP 60%)」、「魚粉 (CP 55%)」、「魚粉 (CP 50%)」の平均値を求めた。アミノ酸組成表の乾物率、粗蛋白質、粗脂肪の値は、四訂食品成分表に基づいて記載されている。そのために五訂版の値との間で成分含量が異なり矛盾が生じる箇所は五訂版の乾物率に従って含量を補正した。

可消化養分総量 (TDN) の推定は、飼料成分表に記載されている値を用いた。具体的には、パン

は「パン屑 (乾)」の TDN 値を、野菜類は、「ダイコン (根)」、「ニンジン (根)」、「パレイショ (生, 芋)」、「ダイコン葉」、「ハクサイ外葉」、「キャベツ (外葉も含む)」の TDN の平均値をとり、オカらは、「トウフ粕 (生)」と「トウフ粕 (乾)」の平均値を、魚類については、「魚粉 (ホワイトフィッシュミール)」、「魚粉 (CP 65%)」、「魚粉 (CP 60%)」、「魚粉 (CP 55%)」、「魚粉 (CP 50%)」の TDN 平均値を求めた。ごはんの TDN は飼料成分表の精白米の 96.6% を使用し、飼料成分表には関連素材の記載のない豆腐、麺類については、食品成分表の水稲めし (精白米) のエネルギー含量に対する比率をこの 96.6% に乗じて、125.5%、96.8% とした。

これらの組成 (表 1, 表 2) を計算基礎値として、食品残さをより多く使用可能な肥育スケジュールを想定して表 3 に示した 3 種の配合割合をつくった。飼料 1 および 2 は肥育前期、飼料 3 は肥育後期の飼い直しを想定した設計とした。

表 1. 飼料化素材の計算基礎値 (一般成分, 無機物, TDN)

Table 1. The standard values of chemical composition and total digestible nutrient (TDN) of food waste for the formulation of feed

素材	食品もしくは飼料名称	乾物, %	乾物中%			無機物, 乾物中%				乾物中 % TDN
			粗蛋白質	粗脂肪	灰分	K	Ca	Mg	P	
ごはん	水稲めし (精白米) ¹⁾	40.0	6.3	0.8	0.3	0.073	0.008	0.018	0.085	96.6
パン	パン屑 (乾) ²⁾	62.0 ¹⁾	14.6	5.2	2.7	0.170	0.070	0.030	0.130	99.0
	食パン (市販品) ^{1, 3)}	62.0	15.0	7.1	2.6	0.156	0.047	0.032	0.134	99.0
麺類	麺類 ¹⁾	31.8	13.6	2.3	1.1	0.087	0.032	0.045	0.136	96.8
ライ麦糠	フスマ (大麦荒ヌカ) ²⁾	88.8	7.4	3.0	6.5	0.510	0.150	—	0.180	42.3
ビール粕	ビール粕 (生) ²⁾	25.7	27.0	9.4	4.6	0.040	0.245	0.225	0.520	48.4
豆腐	木綿豆腐 ¹⁾	13.2	50.0	31.8	6.1	1.061	0.909	0.235	0.833	125.5
オカラ	トウフ粕 (生) ²⁾	20.7	27.4	12.7	4.5	1.200	0.370	—	0.340	71.4
	おから (旧来製法) ^{1, 3)}	18.9	25.4	19.0	4.2	1.217	0.529	0.196	0.344	71.4
野菜類	野菜類 ^{2, 3)}	12.0	16.2	1.8	10.9	2.090	0.275	0.120	0.230	73.3
	野菜類 ¹⁾	8.7	13.8	1.6	9.1	3.315	0.651	0.175	0.435	73.3
魚類	魚粉 ^{2, 3)}	30.2 ¹⁾	66.1	10.3	21.6	0.682	6.660	0.246	3.670	74.4
	魚類 ¹⁾	30.2	69.6	25.5	4.2	1.194	0.117	0.118	0.840	74.4

¹⁾: 五訂日本食品標準成分表の値

²⁾: 日本標準飼料成分表 (2001 年版) の値

³⁾: 本報告の設計値計算には不使用

表 2. 飼料化素材の計算基礎値 (アミノ酸)

Table 2. The standard values of amino acids of food waste for the formulation of feed

素 材	食品もしくは飼料名称	アミノ酸, 乾物中%							
		アルギニン	ヒスチジン	イソロイシン	ロイシン	リジン	メチオニン	フェニルアラニン	スレオニン
ごはん	水稻めし (精白米) ¹⁾	0.51	0.17	0.27	0.53	0.23	0.16	0.34	0.22
パン	パン屑 (乾) ²⁾	0.44	0.27	0.49	0.87	0.27	0.20	0.63	0.31
	食パン (市販品) ^{1,3)}	0.52	0.38	0.61	1.18	0.39	0.27	0.82	0.48
麺類	麺類 ¹⁾	0.58	0.34	0.52	1.00	0.36	0.24	0.72	0.41
ライ麦糠	フスマ (大麦荒ヌカ) ²⁾	0.44	1.50	0.28	0.47	0.35	0.15	0.30	0.32
ビール粕	ビール粕 (生) ²⁾	1.30	0.58	1.19	2.03	0.99	0.47	1.44	0.93
豆腐	木綿豆腐 ¹⁾	4.04	1.47	2.72	4.41	3.38	0.74	2.87	2.06
オカラ	トウフ粕 (生) ²⁾	1.64	0.85	1.22	2.12	1.69	0.42	1.32	1.11
	おから (旧来製法) ^{1,3)}	1.81	0.75	1.24	2.15	1.70	0.42	1.43	1.19
野菜類	野菜類 ^{2,3)}	0.50	0.17	0.28	0.43	0.41	0.07	0.28	0.31
	野菜類 ¹⁾	0.62	0.24	0.36	0.57	0.56	0.14	0.38	0.37
魚類	魚粉 ^{2,3)}	4.10	1.65	2.71	4.69	4.80	1.84	2.56	2.79
	魚類 ¹⁾	4.04	3.54	3.18	5.38	6.32	2.14	2.77	3.10

¹⁾: 五訂日本食品標準成分表の値²⁾: 日本標準飼料成分表 (2001 年版) の値³⁾: 本報告の設計値計算には不使用

表 3. 試験飼料の配合割合

Table 3. Ingredient of feedstuff

試 験 飼 料	1	2	3
配合割合, 現物%			
ごはん	10	7	30
パン	5	5	22
麺類	5	0	0
ライ麦糠	15	5	1
ビール粕	10	0	11
豆腐	10	0	0
オカラ	15	50	16
野菜類	20	20	15
魚類	10	13	5
計	100	100	100
炭酸カルシウム	0.8	0.8	0.8
塩化マグネシウム	0.3	0.3	0.3

2. 飼料製造

飼料 1, 2, 3 の順番で乾燥飼料化し, それぞれの製造期間中, 毎日収集した。飼料調製には丹羽ら¹¹⁾ および大澤ら¹²⁾ の報告と同一の装置を使用した。原料投入から取り出しまで 6 日間かかったシステムを本試験では 48 時間の発酵工程と 24 時間の乾燥工程の計 3 日間の乾燥方式へと変更して飼料調製を行った。1 日に現物として約 70 kg を投入し, 投入時には 0.1 kg 単位で重量を測定して配合した。丹羽らの報告¹¹⁾ のスタータと同様に複合生菌酵素剤「バイオアッセイ液」((株)トータルウェルネス研究所製) を材料現物の約 0.1% 添加した。また発酵条件の調整を目的として, 炭酸カルシウム, 塩化マグネシウムを投入現物量の 0.8% と 0.3%, 外付けで添加した。飼料 1 は, 2001 年 10 月 3 日から毎日連続的に装置に投入し 10 月 6 日から製造飼料を取り出し, 11 月 19 日まで製造した (45 日間)。飼料 2 は同年 11 月 16 日の投入開始から 12 月 30 日の最終ロット取り出しまで 45 日

間、飼料 3 は 2002 年 1 月 8 日から 3 月 27 日 (79 日間) まで製造し、その中から各飼料とも 200 kg ずつ抜き取ってそれぞれ酸化クロムを均一に混合後、分析用および消化試験用飼料として供試した。

3. 組成と栄養価の測定

原材料は飼料 1 の製造期間中に適宜、数カ所の抜き取り法によりサンプリングし、60℃ で乾燥後、室温で風乾物とし、一般成分と無機物含量を測定した。2 回以上サンプリングした品目は、風乾物を等量混合したものを分析に供した。調製後の飼料 3 種類については、一般成分、無機物含量、アミノ酸組成を測定した。

栄養価の測定 (消化試験) には、2 腹の LWD 三元交雑種、計 15 頭 (去勢雄 9 頭、雌 6 頭、平均体重 47.2 kg) を供試した。1 飼料につき 5 頭 (去勢雄 3 頭、雌 2 頭) を配置し、予備飼育期間 10 日間、本試験期間 4 日間で実施した。飼料の給与は朝夕 2 回 (9:00, 16:00) とし、1 日の給与量は個体ごとに乾物として体重の 4% の制限給与とした。一部 4% 量を摂取出来なかった個体は 3% 以上の制限給与とした。去勢雄は代謝ケージに収容し、雌は個別豚房で、酸化クロムを用いた指示物質法による消化試験 (朝昼夜に部分採糞) を行い、採取した糞は 60℃ で 48 時間乾燥後、5 日間以上室温に置き、水分を平衡させた風乾物の状態にして、粉碎後分析に供し、消化率および可消化養分総量 (TDN) を算出した。

4. 分 析

一般成分の分析は、常法¹³⁾で行い、無機物は湿式灰化後、原子吸光分光光度計 (島津) を用いて、カルシウム、マグネシウム、カリウムを測定し、リンバナドモリブデン酸法によってリンを測定した¹⁴⁾。酸化クロムはリン酸カリ試薬法¹⁵⁾で定量した。アミノ酸は、試料を 6N 塩酸で 110℃、24 時間の酸加水分解後、アミノ酸分析計 (日立アミノ酸自動分析計 L-8500A) で測定した。含硫アミノ酸については、酸加水分解の前に 0℃、16 時間の過ギ酸酸化を行った。

5. 設計値と実測値

3 種類の飼料の発酵乾燥処理前の食品残さの現物配合割合 (表 3) から、水分、粗タンパク質、粗

脂肪、粗灰分の含量、TDN、無機物 (K, Ca, Mg, P) 含量、アミノ酸組成の設計値 (①-③) を以下のように算出し、飼料の実測値 (④) と比較した。①: 乾物率および組成ともに表 1、表 2 の計算基礎値を用いて計算した設計値、②: 抜き取りサンプリングによる原材料の乾物率の実測値を計算に使用し、組成については、表 1、表 2 の計算基礎値を用いて計算した設計値、③: 抜き取りサンプリングにより測定した原材料の乾物率およびその他の組成の実測値を用いて計算した設計値、④: 飼料の実測値、について値を比較した。原材料では TDN およびアミノ酸の実測を行っていないため、③についての検討はしなかった。

結 果

1. 素材の収集と飼料製造

麺類残さのサンプリングは出来ず、分析していない。飼料の製造期間中は、素材となる各種残さは 1 日も不足することなく収集され飼料化された。飼料 1 の原料食品残さの総投入量は 45 日間で 3,187.6 kg、総取出量は 1,051.1 kg であった。飼料 2 は 45 日間で同 3,232.7 kg、909.3 kg、飼料 3 は 79 日間で 5,693.6 kg、1,879.2 kg であった。飼料の乾燥時の温度 (製造 3 日目) は品温として 80℃ になるよう初期設定した。しかし温度調整がうまくいかなかったため、確実に 80℃ 以上となるような設定をし、110℃ までの範囲の温度変動下で製造を行った。

2. 組成と栄養価

各種食品残さの組成の基礎値を表 1 と表 2 に示した。年間出荷量の多い順番に、ばれいしょ (じゃがいも)、だいこん、キャベツ、たまねぎ、はくさい、トマト、にんじんが抽出され、これらについて食品成分表に記載されている組成の平均値を求め、野菜屑類とした。また、飼料成分表からは、上記のうち記載のあった「ダイコン (根)」、「ニンジン (根)」、「バレイショ (生、芋)」、「ダイコン葉」、「ハクサイ外葉」、「キャベツ (外葉も含む)」の平均値を求めた。魚介類は、年間上場水揚量の多い順番で、かつお、さば類、すけとうだら、かたくちいわし、さんま、まあじ、ほっけ、まいわしが抽出され、これらの組成の平均値を求めた。

食品成分表と飼料成分表の両者から値を抽出した項目について、パンはほぼ同じ値を示した。オカラの粗脂肪含量は約6%単位の差が認められ、野菜類は水分と粗タンパク質含量に2.4%単位の差が見られた。食品成分表から抽出した魚の一般成分値は、飼料成分表から抽出した魚粉類の値に比べて、粗タンパク質が3%単位、粗脂肪含量が15%単位多く、粗灰分含量が17%単位少なかった。

抜き取りサンプリングして分析した原材料の組成を表4に示した。表1の値と比較すると乾物率は大部分が異なり、魚では10%単位、パンで8.9%単位もの差であった。乾物中の組成には乾物率ほどの違いは生じなかった。

製造した乾燥飼料の組成を表5に、それらの消化試験結果を表6に示した。一般的な肥育豚用配合飼料に比べて、粗タンパク質、繊維(NDF, ADF)含量が多く、消化率は、全体的に低い値を示した。可消化養分総量(TDN)は飼料1, 2, 3の順に68.4%, 73.6%, 83.9%であった。

3. 設計値と実測値の比較

表7に一般成分, TDN, 無機物について、飼料の設計値と実測値の比較を、表8にアミノ酸について同様に示した。

一般成分含量について、実測値(表7, ④)と比

較した設計値(表7, ①-③)は概ね2%単位以内の誤差であった。しかし、飼料3の粗タンパク質についての設計値は実測値よりも4%単位程度低い値であった。TDNについても、飼料1と2は、実測値に比べて設計値は約3%単位低く、飼料3

表 5. 試験飼料の組成

Table 5. Chemical composition of the experimental diets

	試 験 飼 料		
	1	2	3
pH	4.49	4.66	4.06
乾物, %	96.1	97.9	97.7
乾物中%			
粗蛋白質	21.4	25.9	19.5
粗脂肪	9.1	8.8	5.7
粗灰分	7.5	7.9	5.8
NDF ¹⁾	34.9	37.6	27.3
ADF ²⁾	13.8	15.6	9.9
NFC ³⁾	27.1	19.8	41.7

¹⁾: 中性デタージェント繊維

²⁾: 酸性デタージェント繊維

³⁾: 非繊維性炭水化物 = 有機物 - 粗蛋白質 - 粗脂肪 - NDF

表 4. 飼料化素材の組成実測値

Table 4. Dry matter and chemical composition of food wastes and food processing by-products in Hiratsuka city (Kanagawa pref., Japan)

	n	乾物中%				無機物, 乾物中%			
		乾物, %	粗蛋白質	粗脂肪	粗灰分	K	Ca	Mg	P
ごはん	2	34.9	6.2	0.2	1.2	0.060	0.010	0.010	0.050
パン	8	70.9	9.3	3.6	2.6	0.150	0.030	0.030	0.090
ライ麦糠	8	88.2	11.0	3.3	3.8	0.970	0.210	0.100	0.210
ビール粕 (Wet)	8	23.2	26.5	7.5	3.4	0.110	0.210	0.190	0.450
魚類	2	40.2	69.3	24.3	9.0	0.890	1.850	0.090	0.760
豆腐	2	17.5	53.1	30.1	5.5	1.050	0.470	0.440	0.420
オカラ	8	25.0	29.7	11.3	4.2	1.460	0.310	0.150	0.290
野菜類	1	13.1	8.8	0.8	7.2	2.620	0.520	0.120	0.200
麺類 ¹⁾	0	—	—	—	—	—	—	—	—

¹⁾: サンプリングしていない

表 6. 試験飼料の消化率と栄養価

Table 6. Digestibility and total digestible nutrient (TDN) of experimental diets

試験飼料	1	2	3
消化率, %			
乾物	59.8	65.9	79.8
有機物	63.6	69.8	82.6
粗脂肪	84.5	85.2	85.9
粗蛋白質	69.0	75.2	74.2
栄養価, 乾物中%			
DCP	14.8	19.5	14.5
TDN	68.4	73.6	83.9

の場合は約 3% 単位高かった。

無機物類について, K および Ca は実測値 (表 7, ④) よりも設計値 (表 7, ①-③) は低い値であり, それと反対に Mg は高い値となった。P の実測値はほぼ設計値通りとなった。

必須アミノ酸の設計値 (表 8, ①-③) と実測値 (表 8, ④) との間は, 飼料 1 および飼料 2 のヒスチジンで 0.64% 単位 (②-④), 0.44% 単位 (②-④) の差, 飼料 2 のリジンで 0.38% 単位 (②-④) の差が大きかった。その他のアミノ酸の実測値と設計値との差はそれ以下であった。3 種類の飼料全てについて, リジンの実測値 (表 8, ④) は設計値 (表 8, ①②) を下回っていた。

考 察

1. 飼料評価

本試験の 3 種類の飼料は以下の考えに基づき設計した。1, 2 を肥育前期用, 3 を肥育後期の飼いなおし用の例として想定した。飼料 1: ライ麦糠を乾物として 36% 使い, 糠類と混合し TDN が比較的低い設計とした。飼料費を低減したことで, ある程度肥育期間が延びても構わない場合の飼料を想定した。飼料 2: 雑多な食品残さ混合物の特徴である高タンパク質 (25%) で, なおかつ不飽和脂肪酸の多い飼料を想定して, オカラを現物として 50% 使った。粗脂肪含量は 10% を超えないようにした。飼料 1 と 2 は, 粗脂肪含量が比較的

表 7. 一般成分, TDN, 無機物の設計値と実測値の比較, 乾物中%

Table 7. Calculated and surveyed values of chemical composition (%DM) at experimental diet

試験飼料		1	2	3
粗蛋白質	①	18.5	24.6	15.6
	②	20.4	26.4	16.7
	③	21.1	26.8	14.6
	④	21.4	25.9	19.5
粗脂肪	①	7.1	9.7	5.2
	②	7.9	10.3	5.7
	③	7.3	9.4	4.6
	④	9.1	8.8	5.7
粗灰分	①	7.7	8.3	5.5
	②	7.7	7.9	5.6
	③	7.1	8.1	5.8
	④	7.5	7.9	5.8
TDN	①	65.2	70.1	85.5
	②	66.6	70.6	85.4
	③	—	—	—
	④	68.4	73.6	83.9
無機物				
K	①	0.64	0.94	0.38
	②	0.74	1.03	0.46
	③	0.85	1.09	0.44
	④	0.89	1.07	0.51
Ca	①	1.11	1.40	0.99
	②	1.07	1.25	0.96
	③	1.24	1.51	1.02
	④	1.89	1.88	1.43
Mg	①	0.29	0.39	0.27
	②	0.28	0.36	0.27
	③	0.31	0.34	0.25
	④	0.24	0.25	0.17
P	①	0.29	0.33	0.20
	②	0.32	0.35	0.22
	③	0.27	0.30	0.16
	④	0.28	0.30	0.19

①: Table 1 の組成を基礎にして計算した設計値

②: Table 1 の組成を基礎にして計算した設計値 (乾物率のみ素材の実測値)

③: 素材の実測値を基礎にして計算した設計値

④: 試験飼料の実測値

表 8. アミノ酸組成の設計値と実測値の比較,
乾物中%Table 8. Calculated and surveyed values of
amino acid contents (%DM) of ex-
perimental diet

試験飼料		1	2	3
アルギニン	①	1.08	1.47	0.79
	②	1.20	1.57	0.84
	③	—	—	—
	④	1.05	1.37	0.92
ヒスチジン	①	1.12	1.09	0.46
	②	1.16	1.14	0.50
	③	—	—	—
	④	0.52	0.70	0.44
イソロイシン	①	0.80	1.07	0.63
	②	0.88	1.15	0.67
	③	—	—	—
	④	0.77	0.87	0.66
ロイシン	①	1.36	1.84	1.10
	②	1.51	1.97	1.17
	③	—	—	—
	④	1.44	1.69	1.33
リジン	①	1.13	1.69	0.70
	②	1.29	1.85	0.78
	③	—	—	—
	④	0.97	1.31	0.62
メチオニン	①	0.40	0.54	0.30
	②	0.44	0.58	0.32
	③	—	—	—
	④	0.33	0.33	0.27
フェニルアラニン	①	0.84	1.11	0.72
	②	0.92	1.18	0.76
	③	—	—	—
	④	0.94	1.09	0.87
スレオニン	①	0.73	1.02	0.52
	②	0.81	1.10	0.56
	③	—	—	—
	④	0.90	1.23	0.74

①, ②, ③, ④: Table 7 を参照.

多く, 不飽和脂肪酸が多い特徴をもつ。飼料 3: リサイクル飼料のみで肥育後期に飼いなおしを行うための飼料設計とした。ごはんとパンで乾物と

して 70% とし, 高でんぶん設計とした。不飽和脂肪酸の多いオカラは乾物として 11% 以下に抑え, 同様に軟脂, 黄豚のリスクが上昇する魚類は乾物として 6% 以下とした。リジン含量を飼料 1, 2 に比べて少なくし, 肥育後期の水準とした。肥育試験については大澤ら¹⁶⁾が報告するが, 今回の飼料設計では, ミネラル・ビタミン類の要求量は考慮しなかった。そのため肥育試験時には, 不足分の添加が必要であった。マクロミネラルについては, リンの添加が必要な水準であった。

肥育後期において, でんぶんを多給し, 肉の脂肪酸組成を不飽和脂肪酸から飽和脂肪酸に切り替える飼いなおしを前提として, 肥育前期には食品残さとして供給される, 高タンパク, 高脂肪でかつ不飽和脂肪酸の多い素材で肥育して, 後期に, パン, ごはんを多給し, 粗脂肪含量も 5% 程度に押さえ込んだ飼料によって飼い直しを行うという考え方で行った。

粗タンパク質の消化率は, 69.0%, 75.2%, 74.2% であった。乾燥飼料化には, タンパク質の熱変性による消化率の低下が懸念されるが, 各地の食品残さ乾燥飼料における粗タンパク質消化率¹⁷⁾と比較すると高く, また, オカラ, 野菜屑類, 麦糠類の粗タンパク質消化率がもともと低い²⁾ことも鑑みると, 本試験の加熱乾燥処理がタンパク質消化率に及ぼした影響は少なかったと考えられる。

2. 設計値と実測値の比較

計算基礎値として用いた品目のうち, 食品成分表と飼料成分表の両方から抽出したのは, パン屑, オカラ, 野菜屑類, 魚類であり, パン屑は両者の組成に顕著な違いは認められなかった。数種類の平均値を算出して求めた野菜屑類における粗タンパク質には 2.4% 単位の差が認められた。しかし, これらの乾物率は 12.0%, 8.7% と低いため, 本配合設計全体への影響は小さいと考えられる。野菜屑を多量に配合する場合には検討が必要だろう。本試験の素材はヒトの可食部の量が目立ったために食品成分表の値を用いた。オカラの水分・組成変動は非常に大きい¹¹⁾ので, 今回は素材の実測値 (表 4) に基づき脂肪含量に近いほうの飼料成分表の値を用いた。配合割合を多くする場合には, 計算基礎値 (表 1) のみでは推定誤差が

大きくなる可能性がある。魚類に関しても、食品成分表に記載されている可食部の値と、飼料成分表の魚粉類の平均値とは脂肪および粗灰分が大きく異なった。本研究で使用した魚類残さは、レストランのセントラルキッチンから排出される切り身部分が多く含まれる残さであり、魚腸骨を主原料とする魚粉とは異なると判断したため、食品成分表から抽出した値を使用した。魚類残さを利用する場合には、それが魚の切り身部分なのか、魚腸骨部分なのか、の見極めが必要であろう。

今回測定した一般成分全般については、設計値(表7, ①-③)と実測値(表7, ④)は近似した値を示した。飼料3のみ、粗タンパク質含量の実測値(表7, ④)が設計値(表7, ①-③)を大きく上回ったことは、パンの乾物量の実測値(表4)と計算基礎値(表1)が大きく異なった(8.9%単位)ことと、さらに粗タンパク質含量が計算基礎値(表1)の14.6%に比べて、実測値(表4)は9.3%と少なく、飼料3において、配合中のパンの割合が多くなったことで、誤差が拡大し、設計値(表7, ①-③)と実測値(表7, ④)は近似した値ではなかった。アミノ酸について日本飼養標準の理想パターン¹⁸⁾と比較すると、リジンが第一制限アミノ酸となっており、いずれの飼料も実測値(表8, ④)は、設計値(表8, ①②)を下回っていた。そのため、アミノ酸については安全率を見込むことは必要である。TDNについては、組成の計算基礎値(表1)にさらに推定を重ねることになるため、組成の場合に比べると誤差は大きかった。飼料を不断給飼した場合に豚はTDN含量に応じて飼料摂取量を調節する。そのため今回のような3%単位程度のTDN含量の不足では、安全率はあまり問題とはならないと考える。安全率をみてTDN含量を高めると飼料摂取量が減り、アミノ酸の不足が懸念され、また、厚脂の生じる可能性も高くなる。

無機物の結果は、素材の計算基礎値の影響だけではなく、外付けで添加した炭酸カルシウムと塩化マグネシウムの投入誤差の影響を受けた可能性もあるが、基本的には微量ミネラル、ビタミンも含めて要求量を充足するために添加を前提とする必要がある。

今回のサンプリング条件では原材料の乾物および組成を実測して計算した場合にも、精度の向上は認められなかった。毎日排出されてくる各種の残さ類の組成を実測する場合も、サンプリング時に均一に混合し、縮分するような条件で採取することは非常に困難であり、数カ所の抜き取り法で一部をサンプリングせざるを得ない。そのためのサンプリングエラーは避けられず、同時に、素材の日間変動が加わるため、その全体の成分を把握することは容易ではない。今回とほぼ同一の収集条件で行った報告¹¹⁾では、それぞれ同一の排出元から、6日間採取したパン屑の水分は27.3%から37.6%の範囲で変動し、オカラは68.1%から74.3%、魚を主体としたレストランの調理残さは66.1%から85.0%と変動幅は大きい。本試験の製造飼料は、製造期間中、連続的に製造し、総製造量の約5分の1量(飼料3は10分の1)にあたる200 kgを抜き取りで採取し、混合機で均一に混合した。そのため、製造飼料の全体の組成平均値は実測出来たと判断している。それに関わらず、素材個々の成分実測値(表4)に基づいた組成の設計値(表7, ③)と実測値(表7, ④)が必ずしも一致しなかったことは、個々の素材の実測をした場合にそのサンプリングエラーが伴ったことを示している。そのため、フィールドにおける抜き取り式のサンプリングによる素材の実測値(表4)を基にして、組成・栄養価の予測を行った場合でも、組成予測精度の向上は、今回の場合のように、限界があることを考慮するべきであろう。

結論として、1日に数百キロ程度の小規模な食品残さの飼料利用を考えた配合設計をする場合の栄養価推定は以下のように考える。

1. 飼料成分表に記載されていない素材については、食品成分表から抽出した組成を用いることで、推定は可能である。
2. 素材を実際にサンプリングして分析する場合は、サンプリングエラーおよび日間、ロット間の変動に留意する必要がある。アミノ酸に関しては、素材の変動と誤差を加味した安全率を見込んでおく必要がある。TDNについては±3%単位程度の誤差が生じる。

3. 以上のように現実対応するとともに, 日本食品標準成分表で扱っているヒトの可食部の組成だけではなく, 不食部の成分・栄養価を明らかにしておくことも必要であろう。それらのデータの蓄積・充実を望みたい。

謝 辞

素材として用いた食品残さの入手・運搬について, ビール粕は (有) 依田商事, その他の素材は (株) クリーンサービスの協力を受けた。消化試験実施時には, 畜産草地研究所の斎藤守氏と, 秋田富士科長をはじめとする業務第 2 科の諸氏から多大な援助を受け, 分析については花木千穂氏, 岡部陽子氏に援助頂いた。以上の諸氏に感謝致します。

文 献

- 堀北哲也:「飼料給与法」, 生産獣医療システム養豚編, 133-135, 社団法人農山漁村文化協会, 東京, 2000.
- 独立行政法人農業技術研究機構: 日本標準飼料成分表 2001 年版, 東京, 2001.
- 科学技術庁資源調査会編: 日本食品標準成分表の改訂に関する調査報告 (五訂日本食品標準成分表), 科学技術庁資源調査会報告第 124 号, 大蔵省印刷局, 東京, 2000.
- 社団法人畜産技術協会・社団法人全国養豚協会: リキッドフィーディング実用化平成 13 年度報告書, 東京, 2001.
- 農林水産省大臣官房統計情報部編: 平成 14 年畜産物生産費, 206-209, 財団法人農林統計協会, 2003.
- 藤沢 武: 札幌市における事業系生ごみのリサイクルシステム, 廃棄物学会誌, 11, 355-365, 2000.
- 佐伯真魚・北川順矩・松本光洋・西山厚志・三好久美子・望月めぐみ・高須茜美・阿部 亮: 都市厨芥飼料の化学組成と栄養価, 日畜会報, 72, J34-40, 2001.
- 科学技術庁資源調査会編: 四訂日本食品標準成分表のフォローアップに関する調査報告 (改訂日本食品アミノ酸組成表), 科学技術庁資源調査会報告第 87 号, 大蔵省印刷局, 東京, 1986.
- 9) 農林水産省大臣官房統計情報部編: 第 76 次農林水産省統計表 (平成 11 年-12 年), 637-639, 財団法人農林統計協会, 東京, 2002.
- 10) 農林水産省大臣官房統計情報部編: 第 76 次農林水産省統計表 (平成 11 年-12 年), 572-581, 財団法人農林統計協会, 東京, 2002.
- 11) 丹羽美次・矢後啓司・音成洋司・阪上泉・大澤貴之・佐伯真魚・奈良 誠・稗田哲也・高須茜美・堀与志美・阿部 亮: 都市厨芥発酵乾燥製品の調製法と養豚飼料としての栄養価, 日豚会誌, 40, 1-7, 2003.
- 12) 大澤貴之・奈良 誠・矢後啓司・阿部 亮: 「肉豚肥育 100% 給餌可能な残さ発酵飼料の開発とその実証」, 中小食品産業・ベンチャー育成技術開発支援事業成果発表会概要集, 144-145, 財団法人食品産業センター, 東京, 2001.
- 13) 藤田泰仁: 「飼料の化学分析」, 改訂粗飼料の品質評価ガイドブック (自給飼料品質評価研究会編), 5-18, 社団法人日本草地畜産種子協会, 東京, 2001.
- 14) 久米新一: 「ミネラル」, 改訂粗飼料の品質評価ガイドブック (自給飼料品質評価研究会編), 20-24, 社団法人日本草地畜産種子協会, 東京, 2001.
- 15) 武政正明: リン酸カリ試薬による酸化クロム定量法の改良, 畜産試験場研究報告, 52, 7-13, 1992.
- 16) 大澤貴之・亀井勝浩・丹羽美次・金 一・川島知之・佐伯真魚・堀与志美・矢後啓司・阪上 泉・音成洋司・阿部 亮: 食品循環資源の利用による高品質豚肉肥育技術の開発に関する研究, 日豚会誌, 41, 207-216, 2004.
- 17) 佐伯真魚・伊賀亜沙子・鈴木由貴子・砂川直子・阿部 亮: 各種都市厨芥乾燥飼料における粗タンパク質の消化特性とタンパク質画分, 日畜会報, 73, J423-429, 2002.
- 18) 農林水産省農林水産技術会議事務局: 日本飼養標準・豚 (1998 年版), 106, 東京, 1998.

Validation of Chemical Composition and Nutritive Value of Feed for Swine Formulated from Co-products According to the Values Derived from the Standard Tables of Food and Feed Composition

Mao SAYEKI¹⁾, Tomoyuki KAWASHIMA¹⁾, Takayuki OHSAWA²⁾, Izumi SAKAGAMI²⁾, Hiroshi OTONARI²⁾, Toshihiro TAKAHASHI¹⁾, Yoshitsugu NIWA³⁾, Tatsuki MOCHIZUKI³⁾, Shinpei YAMAMOTO³⁾, Keiichi WATANABE³⁾, Keiji YAGO⁴⁾, Minoru AOKI⁵⁾, Yoshimi HORI⁵⁾, Ryoza TAKADA¹⁾, Makoto YAMAZAKI¹⁾, Osamu ENISHI¹⁾ and Akira ABE³⁾

¹⁾ National Institute of Livestock and Grassland Science, Tsukuba-shi, Ibaraki, 305-0901

²⁾ Pure Pork Ltd. 1616-2 Okazaki, Hiratsuka-shi, Kanagawa, 259-1212

³⁾ Nihon University, College of Bioresource Sciences, 1866 kameino, Fujisawa-shi, Kanagawa, 252-8510

⁴⁾ Research Institute for Animal Science in Biochemistry & Toxicology, 3-7-11 Hashimoto-dai, Sagamihara-shi, Kanagawa, 229-1132

⁵⁾ Livestock Industry Research Institute, Kanagawa Prefecture, 3750 Hongo, Ebina-shi, Kanagawa, 243-0417

Three types of feed exclusively for pigs were formulated from co-products using the values derived from the Standard Tables of Food and Feed Composition. From this formulation, co-products, i.e. rice, bread, noodles, rye bran, brewers residue grains, fish, soybean curd, soybean curd residue, and vegetables, were collected in Hiratsuka city, Kanagawa Prefecture with each type of feed produced under a fermentation-dehydration system which took more than 45 days. The total amount of each co-product feed manufactured was more than 900 kg. The feed was subjected to chemical analyses and digestion trials using 15 LWD pigs (average BW 47.2 kg). The results were then compared to the formulation values. It was shown that the application of values of certain co-products derived from the Standard Tables of Food Composition was effective in formulating feed, in cases where the value was not described in the Standard Tables of Feed Composition. It is necessary to formulate feed under safety factor considerations as the lysine content analyzed was small compared to the formulated lysine content, with a ± 3 point gap separating the analyzed and formulated nutritive values. Accuracy of formulation was not improved by the application of analyzed values of DM and chemical composition of partially obtained samples, due to sampling errors.

Jpn. J. Swine Science, **41**, 4 : 217-227

Key words : Co-product, Estimation of composition, Nutritive value, Standard tables, Food waste