

「豚用エコフィード設計プログラム」使用マニュアル

独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構

畜産草地研究所

川島知之、大森英之、佐伯真魚*、芦原茜、田島清、荻野暁史、寺田文典

*現所属日本大学

1. はじめに

飼料自給率の向上、食品残さによる環境負荷の低減等を目的としてエコフィードの利用が推進されている。加えて平成18年秋以降の配合飼料価格高騰とその後の高止まり、それに加えて豚価の低迷のため、養豚農家の経営は危機的状況に追い込まれ、エコフィードの利用推進に拍車がかかっている。

エコフィードの利用においては、原料となる食品残さによって化学成分がばらつくことがその利用推進の障壁の一つになっている。しかし、多様な食品残さであっても、項目ごとに分別し、その代表値により配合設計を行うことで、適切な成分のエコフィードを生産しうることが示されている（大森等、2007）。

そこで、本マニュアルでは製造副産物のような単味のものや、多様な食品残さであっても類型化して分別を行うことで成分変動を一定以内に抑えたものを原料として、高品質なエコフィード生産を支援するための飼料設計プログラムの使用方法を解説する。本プログラムを使用して配合設計を行い、それに基づいて飼料調製を行うことで、エコフィードの品質が安定し、給与するブタのステージに応じたエコフィードの適正な生産が可能になり、エコフィードへの信頼性が高まり、いっそうの推進が図られることを期待したい。

本プログラムはマイクロソフト社のエクセルにより作成され、要求量計算シート、飼料計算シート、飼料成分表シート、コスト最小化シートの4つのシートにより構成されている。基本的には肥育豚を対象とするプログラムであり、母豚や種豚は対象としない。作成されたプログラムは日本飼養標準を理解し、エクセルの使用経験のあるものを対象とする。エコフィード関連の栄養価のほとんどは推定式により得られたものであり、また、成分値についてもサンプル数が必ずしも十分ではないため、日本標準飼料成分表（（独）農業・食品産業技術総合研究機構、2010）の本表に掲載されている情報とは区別して利用されなければならない。そして、本プログラムの使用により得られた情報は使用者の自己責任のもとと利用されるべきもので、本事業の実施者は責任を負うものではない。

2. 飼料設計プログラム

マイクロソフト社のエクセルを使用して、本プログラムを立ち上げる。要求量計算シート、飼料計算シート、飼料成分表シート、コスト最小化シートの4つのシートにより構成されている。いずれのシートでも共通だが、入力するのは網掛けしたセルのみである。網掛けしていないセルに関しては、情報等の修正等を行わない。ただし、プログラムの意味を理解した上でのカスタマイズは自己責任のもと自由に行っていただきたい。

2. 1. 要求量計算シート

本プログラムは個体における要求量を算出することもできるが、通常、肉豚は群で飼育されるので、給与対象となる群全体の要求量を算出する。

網掛けしたセルに飼料給与対象となる群の平均体重、求められる増体量、そして頭数を入力すると、表2に示された体重別の要求量をもとに、表3のように群全体で必要とされる養分の要求量が算出される。

一貫経営の場合、多様な体重の豚が存在する。いくつかのステージに分けて飼料を調製して給与するか、手間と入手可能な飼料原料の種類等を考慮した上で、調製すべき飼料の種類を決定する。肥育後期用として70kgから110kgまでの豚を対象とするのであれば、90kgと入力すれば良い。日本飼養標準・豚(2005年版)((独)農業・生物系特定産業技術研究機構、2005)に示された値は風乾飼料あたりのものであるが、表2は乾物あたりで表示されている。

表1 データ入力

体重	75	kg
増体量	0.85	kg/day
頭数	30	頭

表2 養分要求量(乾物飼料中含量)

	体重	CP%	DE Mcal/kg	Ca %	P%
1	1-5	27.59	4.46	1.03	0.63
2	5-10	25.29	4.25	0.92	0.52
3	10-20	21.84	3.91	0.80	0.46
4	20-30	19.54	3.91	0.75	0.34
5	30-50	17.82	3.79	0.69	0.31
6	50-70	16.67	3.79	0.63	0.26
7	70-115	14.94	3.79	0.57	0.23

(独) 農業・生物系特定産業技術研究機構、2005

表3 総養分要求量

DM	71	kg/day
CP	10585	g
DE	269	Mcal
TDN	61	kg
Ca	407	g
非フィチンP	163	g
リジン	519	g

2. 2. 飼料計算シート

飼料原料として利用したいものを、後述の飼料成分表シートから選び、飼料 No を左端のセルに入力する。そうすると対応する飼料名とその成分値等が表示される。ただし、乾物に関しては変動する可能性が大きいので、プログラムの使用者が実測値を求め、それを

乾物（実測値％）のセルに入力することにより補正が可能である。たとえば、麦茶粕については乾燥品の値が示されているが、生の麦茶粕を入手した場合でも、乾物率を入力し補正することで配合設計が可能となる。ただし、乾燥工程で栄養価が変化する場合もあるので、その点留意する必要がある。

飼料を調製する際、穀類等配合飼料原料を利用する場合もある。その場合、利用したい配合飼料原料についても同様に入力する。使用したい原料がたくさんあり、シートにしめされた行数に収まらない場合は、行を挿入して対応する。なお、空白行に関しては、飼料名は何でも良く、給与量をゼロとして入力しておく。表4ではトウモロコシを入力している。

給与量を原物として入力し、DE、TDN、CP、Ca、リジンの充足率が100%に近づくようにそれぞれの給与量を調整し、適切な配合設計値を得る。その際、脂質含量やCa/P比についても留意する。

下記の表には、リキッド飼料を設計する場合の例を示してある。そのため、加水し、飼料全体の乾物率が21%程度になるように調整した。乾燥飼料を設計する場合は本シートを用いて原物での設計を行った上で、設計に基づいて混合した原料を乾燥機に投入して、乾燥飼料を調製すれば良い。

表4 飼料計算シート

飼料No.	飼料名	給与量	乾物補正	乾物	乾物量	乾物割合	DE	TDN	CP	EE	粗繊維	NDF	Ca	P	リジン
		原物kg	実測値%	%	kg	%DM	Mcal	kg	g						
88	白飯	30.00		40.0	12.01	16.7	49.7	11.26	798	106	0	409	0.9	7.9	25.2
73	パン屑（乾）	20.00		89.2	17.84	24.8	77.6	17.60	2600	860	120	1960	12.0	24.0	52.0
108	野菜屑	50.00		7.4	3.69	5.1	11.0	2.50	745	146	0	692	20.1	11.2	11.8
92	うどん、そば（ゆで）	25.00		33.3	8.33	11.6	32.9	7.46	1130	86	0	775	6.1	10.4	24.2
61	全乳	70.00		12.3	8.61	12.0	48.3	10.92	2240	2590	0	0	77.0	70.0	175.0
35	フスマ	4.00		86.8	3.47	4.8	10.36	2.34	628	172	380	1480	4.0	39.6	26.8
52	豆腐粕（生）	10.00		22.5	2.25	3.1	7	1.59	590	260	360	760	9.0	8.0	38.0
115	麦茶粕（乾燥）	20.00	50.00	94.1	10.00	13.9	30.87	7.00	1420	270	0	2310	0.0	0.0	12.0
82	アルファルファミール（デハイ）	5.00		90.7	4.54	6.3	8.45	1.92	825	130	1240	2070	78.5	11.5	38.0
83	第二リン酸カルシウム	1.00		96.0	0.96	1.3	0	0.00	0	0	0	222.6	176.6	0.0	0.0
87	水	100.00		0.0			0	0.00	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0
67	塩酸リジン	0.15		98.5	0.15	0.2	0.615	0.14	140	0	0	0	0.0	0.0	118.2
1	トウモロコシ			85.5			0	0.00	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0
1	トウモロコシ			85.5			0	0.00	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0
1	トウモロコシ			85.5			0	0.00	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0
1	トウモロコシ			85.5			0	0.00	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0
							0								
	給与養分量	335.2			71.85		276.8	62.73	11116	4620	2100	10456	430	359	521.2
	成分含量(%DM)				21.4		385.2	87.3	15.5	6.4	2.9	14.6	0.60	0.50	0.73
	充足率,%				101.4		103.0	103.0	105.0				105.7		100.4
												Ca/P比	1.20		

2. 2. 1. 飼料設計上の留意点

本プログラムはTDNとタンパク質含量を基本として配合設計を行うものである。タンパク質については原料によってその消化率が異なるが、消化率に関わる情報は加味されていない。また、豚にとっての第一制限アミノ酸であるリジンについて、その含量はほとんどの原料については記載されている。しかし、それについても利用性に関する情報は記載されていないので、精密な設計を行うためには、個々の飼料原料の栄養特性に関わる情報を別途得る必要がある。

そのような留意点について、下記に示す。

2. 2. 1. 1. 脂質含量

飼料中の成分のうち、生産された豚肉の質に最も影響を与えるものは、飼料中の脂質である。飼料中に多くの不飽和脂肪酸が含まれると、豚肉の脂質の融点が低い、軟脂と呼ばれるものとなる。それを防ぐために、飼料中の脂質含量は5－7%以下にすることが望ましい（大本等、1984）とコメントを付してある。しかし、これはあくまでも目安であり、豚の体調が悪い場合、飼料中の脂質含量が5%以下であっても飼料に含まれる脂質の影響を受けやすく、軟脂になりやすい。また、飽和脂肪酸を多く含む原料、例えば、乳製品由来の脂肪の場合、飼料中の脂質含量がこれ以上であっても、軟脂にはなりにくい。そのため、飼料に含まれる脂質が何に由来し、その脂肪酸組成がどのようなものであるかを確認することは有効な対応策である。詳細については専門誌を参照いただきたい（入江、1989a,b,c,d、入江、2000a）

2. 2. 1. 2. タンパク質の消化率とアミノ酸

より高度な飼料設計においては、アミノ酸の利用性を加味した設計が求められる。しかし、食品残さは多様であり、個々のアミノ酸含量とその利用性に関する情報は限られている。加えて成分にはある程度の変動もあることから、精密すぎる設計をエコフィードに対して求めることは適切ではない。そのため、本プログラムでは、各原料の粗タンパク質含量をもとに設計を行い、リジン含量については補足的に用いるものとする。

とは言え、配合する原料のうち、主要なものについてはタンパク質の消化率に関する情報を確認しておくべきであろう。食品の製造工程、もしくは飼料化の工程で過度な熱処理を受けたものは、タンパク質の消化率が大幅に低下している可能性がある（川島等、2007）。例えば、麦茶粕については、粗タンパク質の含量は13%程度あるが、焙煎の工程でこげてしまい、その消化性はほとんどゼロに近い（佐伯等、2006）。そのため、麦茶粕を配合する場合は、麦茶粕由来のタンパク質やリジンは概ねゼロと考えて設計すべきであろう。

2. 2. 1. 3. CaとPのバランス、フィチンP

CaとPの比率は1～1.5程度にすることが望ましいと飼養標準に示されている。通常の飼料原料だけで設計すると、Caの要求量を満たすことはできない。足りない分は、Pとの比率を考慮した上で、炭酸カルシウム、第2リン酸カルシウム、第3リン酸カルシウム等を添加すれば良い。Pについて、食品残さによっては豚が利用できないフィチン態のPを多く含むものがある。例えば米ぬかにはフィチンPが多く含まれる。一方、小麦にはフィチンPを分解してPの利用性を高めるフィターゼが含まれるので、リキッド飼料のように水に浸漬しておくだけでその利用性を高めることができる。そのようなフィチンPに関する情報は飼養標準にも示されている（（独）農業・生物系特定産業技術研究機構、2005）。

2. 2. 1. 4. リキッド飼料の乾物率

リキッド飼料を調製する場合、その乾物率が低すぎると、豚の乾物摂取量が低下しがちである。そのため、リキッド飼料の乾物率は20%超えるように調製したい。しかし、米飯や麺類等を配合して、加熱殺菌をすると、大幅に粘性が高まり、乾物率を20%程度にするとパイプラインで搬送できなくなる。そのような場合には、加熱前にアミラーゼを添加して粘性を低減すると、乾物率20%でも搬送可能なリキッド飼料を調製することができる

(大森等、2007)。

2. 2. 1. 5. 栄養価と厚脂

食品残さは一般に精製された穀類をもとに製造されている場合が多く、その栄養価は通常の飼料用穀類よりもかなり高い。加えて、脂質含量の比較的高いものが多いため、食品残さを多用した飼料は通常の配合飼料よりも栄養価が高い。そのため、飽食で豚に給与すると出荷した際、厚脂のため格落ちする懸念がある。それを防ごうと制限給餌すると、豚の強弱により、増体のバラツキが大きくなり、出荷の時期が異なり、効率が悪くなる。

飽食給与に対応できる、配合飼料と同等の栄養価を持つ飼料を調製するためには、脂質含量を減らす工夫と、繊維質の原料を活用することが必要となる。ただし、リキッドフィーディングにおいて、繊維質のものを増やすとパイプラインで搬送できなくなる可能性もあることから、そのシステムの能力と相談しながら、配合設計する必要がある。

栄養価の高い飼料を設計した場合、必要とされるタンパク質やリジン含量になるように原料を調整すると、相対的にタンパク質やリジンの割合は飼養標準に示された値よりも高くなるので、留意いただきたい。

2. 2. 1. 6. ビタミンと微量ミネラル

ビタミンや微量ミネラルについては、本プログラムは対応していない。飼料調製時にはビタミンや微量ミネラルをバランス良く含む、市販されているプレミックスを添加すべきである。その場合、添加量についてはその使用説明に従う。リキッド飼料等で、調製時、発酵調製する場合には、ビタミン等が微生物に消費されてしまう可能性があるため、給与直前に混合することが望ましい。飼料添加物の L-リジンを利用する場合も、微生物が分解してしまう可能性があるため、同様に給与直前に混合することが望ましい。

2. 3. 飼料成分表シート

日本標準飼料成分表（(独) 農業・食品産業技術総合研究機構、2010）の本表に記載されているデータに加えて、別表に示されている食品残さ成分値のデータ（表5）を合わせたものから飼料成分表シート（表6）を構築した。食品残さ成分値は、畜草研における飼料分析結果や、日本標準飼料成分表の改訂作業によって収集した、他機関で実施した飼料分析結果をもとにとりまとめたものである。アミノ酸含量等については、食品成分表の値を使用したものもある。

食品残さの TDN ならびに DE については下記の計算式を用いて推定を行った（NRC, 1998）。

$$DE(\text{kcal/kgDM})=949+(0.789 \times \text{GE})-(43 \times \% \text{Ash})-(41 \times \% \text{NDF})$$

$$\text{ただし } \text{GE}(\text{kcal/kgDM})=4143+(56 \times \% \text{EE})+(15 \times \% \text{CP})-(44 \times \% \text{Ash})$$

$$\text{TDN}(\%)=\text{DE}/4.41/10$$

一部の食品残さの栄養価については論文等に記載されている値を使用したものもある。

表5は乾物率以外の成分値は乾物あたりの%で表示されている。一方、表6の飼料成分表シートはすべて原物当たりで表示されているので、その点、注意いただきたい。

表5 食品残さ成分表

	乾物	CP	EE	ADF	NDF	灰分	Ca	P	Mg	K	Na	リジン	備考
	%	DM%	DM%	DM%	DM%	DM%	DM%	DM%	DM%	DM%	DM%	DM%	
白飯	40.0	6.6	0.9	1.1	3.4	0.8	0.01	0.07	0.01	0.02	0.02	0.21	
炊き込みご飯	57.8	4.6	0.8	2.6	5.4	1.8	0.02	0.06	0.01	0.04	0.76		
チャーハン等	54.3	7.1	5.2	2.1	6.1	2.4	0.03	0.07	0.02	0.06	0.92		
おにぎり	41.7	10.0	3.0	1.8	2.6	2.7						0.41	
うどん、そば（ゆで）	33.3	13.6	1.0	1.0	9.3	1.3	0.07	0.13	0.06	0.06	0.28	0.29	
中華麺（生）	66.1	12.0	0.7	3.4	6.7	3.0	0.08	0.09	0.02	0.36	0.88	0.27	
パスタ（ゆで）	38.0	17.4	3.0	1.2	3.6	1.6	0.05	0.15	0.03	0.06	0.27		
うどん、そば（生）	70.8	8.6	0.2	0.6	1.5	1.6	0.06	0.09	0.03	0.12	0.38		
乾麺	87.6	11.3	0.6	2.3	6.1	3.0	0.14	0.14	0.03	0.17	1.08		
調理パン	49.2	17.7	27.0	1.7	4.7	3.6						0.62	サンドウィッチ、ホットドック等総菜の入ったパンの混合物
ケーキ生地、饅頭	83.1	12.1	11.3	2.5	6.1	1.8	0.07	0.16	0.05	0.36	0.47	0.15	
パレイショ皮	15.6	11.6	1.1	20.9	29.6	7.1	0.17	0.22	0.15	2.78	0.05	0.54	パレイショを蒸煮して剥いた皮
マッシュポテト	21.1	7.4	0.2	4.5	11.3	3.7	0.01	0.21	0.10	1.43	0.03		
コロッセ残さ（生）	32.8	14.6	6.8			4.2	0.09	0.21	0.08	1.11	0.66		コロッセの中身
揚げイモ菓子	96.9	7.9	30.3	2.4	8.9	3.7	0.13	0.23	0.06	1.02	0.71		フライドポテト等
チョコレート	98.7	6.7	40.5	0.0	0.0	1.3	0.25	0.25	0.09	0.40			
コーンフレーク	97.3	6.0	0.5	3.3	6.8	1.7	0.05	0.05	0.01	0.10			
キャンディー	98.8	0.4	0.6			0.2	0.07	0.01	0.01	0.00			
惣菜	25.0	33.7	27.5	3.9	15.2	8.3						1.49	雑多な惣菜類
野菜の煮物	72.9	4.0	1.6	4.2	6.5	2.4	0.07	0.08	0.03	0.30	0.55		
揚げ豆腐の生地	25.0	57.6	32.2	1.2	2.7	4.2	0.62	0.90	0.32	0.31	0.04		揚げる前の豆腐生地
野菜屑	7.4	20.2	4.0	18.0	18.8	11.2	0.5	0.3	0.3	0.6		0.32	キャベツ、ニンジン、白菜等の混合物
乾燥やさい屑	79.7	19.3	3.0	19.8	21.4	14.4	1.2	0.6	0.2	3.9			
乾燥サラダ屑	91.3	17.6	24.2	3.7	11.8	4.1	0.11	0.28	0.07	0.56	0.95	0.59	トッピングを含む
トマトジュース	7.5	28.5	8.9	16.0	16.6	11.9							
緑茶抽出かす（生）	22.2	27.6	5.6	32.2	47.4	3.1	0.58	0.33	0.18	0.46	0.05		
緑茶抽出かす（乾燥）	94.0	25.3	6.0	28.7	42.8	3.6	0.43	0.28	0.16	0.94		1.56	
緑茶サイレージ	35.5	21.4	5.8	29.5	48.1	5.5	0.30	0.54	0.26	0.75			
麦茶粕サイレージ	78.4	12.1	2.5	31.1		5.0							乳酸菌、セルラーゼ添加サイレージ
麦茶粕（生）	48.5	13.1	2.5	14.9	-	2.5							
麦茶粕（乾燥）	94.1	14.2	2.7	-	23.1	2.5						0.12	
ウーロン茶その他	28.1	19.8	4.0	26.0	41.9	4.0	0.64	0.24	0.16	0.38	0.17		烏龍茶、紅茶等
大麦焼酎粕（生）	4.5	40.9	6.3	7.6	17.1	3.4						1.05	
白ぬか焼酎廃液	9.9	55.6	18.2	7.7	9.4	3.0						1.63	
球磨焼酎濃縮廃液	40.2	50.7	0.2	7.7	9.4	4.1						1.01	
泡盛焼酎廃液	9.2	45.7	1.8	5.9	8.5	4.0						1.34	

表6 飼料成分表シート（一部抜粋）

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1	飼料成分表																
2	注:成分含量は原物中の値で表示されています。		乾物	粗蛋白質	DCP	粗脂肪	可溶性窒素	粗繊維	ADF	NDF	粗灰分	DE	TDN	Ca	P	非フィチンP	リジン
3			%	%	%	%	%	%	%	%	%	Mcal/kg	%	%	%	%	%
4	穀類																
5	1	トウモロコシ	86.5	8.8	6.7	3.9	70.7	1.9	3.3	7.6	1.2	3.57	81.0	0.03	0.27	0.09	0.24
6	2	グレインソルガム	86.6	9	6.7	3.1	71.1	1.9	6.4	7	1.5	3.57	80.9	0.03	0.26	0.08	0.2
7	3	小麦	88.5	12.1	10.5	1.8	70.5	2.4	3.4	10.2	1.7	3.52	79.7	0.04	0.32	0.12	0.34
8	4	大麦	88.2	10.6	8.1	2.1	68.8	4.4	5.8	14.5	2.3	3.1	70.4	0.06	0.34	0.10	0.37
9	5	大麦(脱皮大麦)	86.8	10.7	8.8	2.2	69.8	2.3			1.8	3.36	76.2	0.04	0.33	0.10	
10	6	大麦(ハダカ麦)	87.7	10.3	8.5	1.9	71.8	1.7			2	3.45	78.2	0.04	0.34	0.10	0.38
11	7	ライ麦	87.7	10.4	8.8	1.6	72.2	1.8			1.7	3.45	78.1	0.02	0.25	0.10	0.46
12	8	エンバク	89.7	9.8	7.4	5.9	60.8	10.4	12.8	28.2	2.8	3.12	70.8	0.07	0.30	0.13	0.31
13	9	エンバク(オーストラリア産)	90.1	8.6	6.5	6.4	62.3	10.2	12.5	27.5	2.6	3.17	71.9	0.06	0.24	0.13	0.36
14	10	小麦粉(飼料用)	86.7	15.5	14.6	2.6	66	1			1.6	3.75	85.0	0.04	0.33	0.12	0.39
15	11	小麦粉(米粉)	87.4	17.2	13.9	3.9	60.6	3			2.7	3.35	76.0	0.04	0.53	0.20	0.5
16	12	玄米	86.2	7.9	6.2	2.3	73.7	0.9			1.4	3.64	82.5	0.03	0.28		0.31
17	13	モミ	86.3	8.9	5.8	2.2	61.2	8.6			5.4	2.8	63.4	0.04	0.22		0.33
18	14	大豆	88.7	36.7	30.8	18.6	22.8	5.7	7.4	8.1	4.9	3.79	85.9	0.16	0.51		2.17
19	15	脱脂大豆(乾熱処理)	94.2	41.4	39.3	22.2	22.7	2.8	3.6	4	5.1	4.8	108.8				
20	16	ルーピン	89.1	29.9	25.4	5.5	36.9	14.1			2.7	3.14	71.2	0.21	0.29		1.45
21	17	大豆(乾熱処理, キナ粉)	94.3	39.5	36.3	19.3	24.6	5.9	7.7	8.4	5	4.44	100.7	0.21	0.53		2.28
22	18	カンショ(乾)	88	4.2	1	0.6	78.1	2.1			3	3.5	79.4				0.16
23	19	キャッサバ(乾)	88	2.6	1.8	0.6	74.8	4.2	6.5	8.5	5.8	3.5	79.4	0.23	0.10		0.12
24																	
25	油粕類																
26	20	大豆粕	88.3	46.1	40.6	1.3	29.4	5.6	7.9	12.6	5.9	3.13	70.9	0.29	0.62	0.33	2.91
27	21	脱皮大豆粕	90.2	50.7	45.6	1.2	28.7	3.3			6.3	3.26	73.9	0.31	0.73	0.28	3.18
28	22	綿実粕	88.5	35.4	25.8	0.8	32.8	13.8	22.9	32.1	5.7	2.19	49.6	0.19	0.98	0.25	1.45
29	23	なたね粕	87.7	37.1	29.3	2.2	32.3	9.7	19.4	29.1	6.4	2.64	59.8	0.62	1.10	0.35	2
30	24	ラッカセイ粕	91.1	45	39.6	1.1	28.2	9.7	13	15.6	7.1	3.06	69.4	0.32	0.56	0.24	1.37
103	食品残さ																
104	87	白飯	40.0	2.661		0.352			0.424	1.363	0.312	1.655	37.54	0	0.03		0.084
105	88	炊き込みご飯	57.8	2.671		0.468			1.486	3.147	1.026	2.283	51.77	0.01	0.03		
106	89	チャーハン等	54.3	3.836		2.838			1.143	3.292	1.321	2.225	50.46	0.02	0.04		
107	90	おにぎり	41.7	4.182		1.251			0.749	1.076	1.139	1.729	39.21				0.171
108	91	うどん, そば(ゆで)	33.3	4.52		0.343			0.334	3.099	0.417	1.315	29.83	0.02	0.04		0.097
109	92	中華麺(生)	66.1	7.901		0.434			2.262	4.46	1.998	2.563	58.11	0.05	0.06		0.178
110	93	パスタ(ゆで)	38.0	6.618		1.138			0.454	1.353	0.606	1.628	36.91	0.02	0.06		0.106
111	94	うどん, そば(生)	70.8	6.123		0.149			0.458	1.053	1.118	2.935	66.56	0.04	0.06		0.198
112	95	乾麺	87.6	9.9		0.482			2.017	5.367	2.672	3.407	77.25	0.12	0.12		0.245
113	96	調理パン	49.2	8.705		13.31			0.812	2.324	1.774	2.535	57.47				0.305
114	97	ケーキ生地, 饅頭	83.1	10.03		9.405			2.097	5.075	1.51	3.714	84.22	0.05	0.13		0.128
115	98	バレイショ皮	15.6	1.807		0.164			3.264	4.612	1.101	0.412	9.339	0.03	0.03		0.08
116	99	マッシュポテト	21.1	1.569		0.041			0.938	2.381	0.78	0.751	17.03	0	0.04		0.08
117	100	揚げイモ菓子	96.9	7.634		29.34			2.325	8.623	3.596	4.84	109.8	0.12	0.22		
118	101	チョコレート	98.7	6.567		39.92					1.319	5.9	133.8	0.25	0.25		
119	102	コーンフレーク	97.3	5.821		0.451			3.199	6.58	1.625	3.798	86.12	0.05	0.04		0.067
120	103	キャンディー	98.8	0.435		0.543					0.208	4.181	94.8	0.07	0.01		
121	104	惣菜	25.0	8.444		6.894			0.97	3.806	2.075	1.143	25.91				0.372
122	105	野菜の煮物	72.9	2.905		1.154			3.058	4.775	1.773	2.827	64.1	0.05	0.06		
123	106	揚げ豆腐の生地	25.0	14.39		8.026			0.31	0.681	1.04	1.469	33.31	0.15	0.22		
124	107	野菜屑	7.4	1.49		0.293			1.325	1.384	0.829	0.221	5.005	0.04	0.02		0.024
125	108	乾燥やさい屑	79.7	15.36		2.429			15.82	17.03	11.51	2.06	46.71	0.93	0.45		0.255
126	109	乾燥サラダ屑	91.3	16.07		22.06			3.421	10.78	3.741	4.285	97.17	0.1	0.26		0.538
127	110	トマトジュース	7.5	2.142		0.669			1.198	1.247	0.892	0.251	5.691				
128	111	緑茶抽出かす(生)	22.2	6.124		1.245			7.158	10.53	0.687	0.58	13.14	0.13	0.07		0.347
129	112	緑茶抽出かす(乾燥)	94.0	23.8		5.599			27	40.2	3.37	2.583	58.57	0.41	0.27		1.466
130	113	緑茶サイレージ	35.5	7.587		2.064			10.46	17.08	1.954	0.826	18.73	0.11	0.19		0.554
131	114	麦茶粕(乾燥)	94.1	13.36		2.541					21.74	2.353	2.905	65.87			0.113
132	115	ウーロン茶その他	28.1	5.549		1.133			7.294	11.77	1.114	0.73	16.56	0.18	0.07		
133	116	大麦焼酎粕(生)	4.5	1.831		0.281			0.342	0.768	0.151	0.18	4.079				0.047
134	117	白ゆか焼酎廃液	9.9	5.504		1.802			0.762	0.931	0.297	0.501	11.36				0.161
135	118	球磨焼酎濃縮廃液	40.2	20.38		0.08			3.095	3.779	1.648	1.657	37.58				0.406
136	119	泡盛焼酎廃液	9.2	4.182		0.165			0.54	0.778	0.366	0.382	8.67				0.123

2. 3. 1. データの追加

暫定値を得たエコフィードについては、その成分値と栄養価が随時公表されており、そのようなデータについては、飼料成分表シートに追加記入して、計算に利用すれば良い。また、日本標準飼料成分表には飼料成分表シートに掲載したものより、多くのデータがあるので、必要なものについても追加記入すれば良い。

エコフィードを利用している養豚農家において、本データベースに記載されていない食

品残さの化学成分を求めた場合、その値をもとに推定式により栄養価を得て、飼料成分表シートに追加記入して計算に利用することも可能である。

推定式については、加熱処理によってタンパク質が変性してその利用性が低下することを評価しうる下記のものを利用することも可能である。

$TDN\% = 0.91 \times OCC \text{ 中粗タンパク質含量} + 2.22 \times \text{粗脂肪含量} + 1.11 \times (\text{有機物} - \text{粗タンパク質} - \text{粗脂肪}) - 17.84$ (川島等、2003)

成分値を測定していない場合であっても、食品成分表(文部科学省、2003)の値から脂質、タンパク質、灰分、リジン等の情報を得ることができる。ただし、この場合、栄養価を求める推定式が利用できないが、飼料成分表シート等にある、類似の原料のTDN値を代用するのも、次善の策と言えよう。たとえば、うどんについて栄養価がない場合は、小麦粉の栄養価を代用し、水分含量を補正して利用すれば、ある程度の精度での設計が可能となる。

データを追加する場合、飼料成分表シートのデータは全て原物あたりで表示してあるので、そのように記入する必要がある。

2. 4. 線形計画法による飼料原料価格の最小化

エコフィードを利用する最大のメリットはコストの削減であろう。そこで、飼料原料の総価格を最小化しつつ、豚の要求量を満たす配合設計を可能とすることを目的として、エクセルのアドインソフトであるソルバーを用いた、線形計画法による食品残さや飼料原料の配合割合を算出する方法を示す。コスト最小化シートを開く。

2. 4. 1. ソルバーアドインの読み込み

ソルバーアドインを有効なアドインとして読み込む。下記にその手順を示す。

< Excel 2007 の場合 >

(1) (Microsoft Office ボタン) をクリックし、[Excel のオプション] をクリックする。

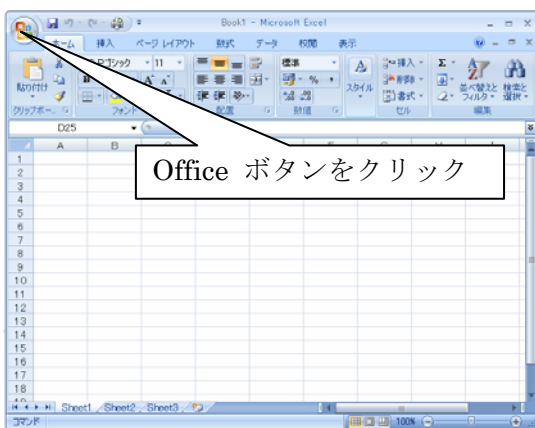


図1 Office ボタン

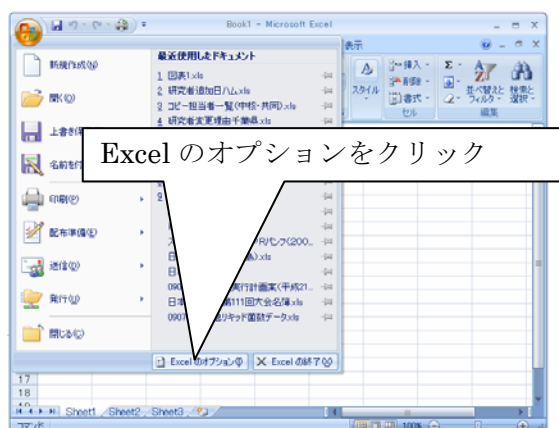


図2 Excel オプション

(2)[アドイン] をクリックし、[管理] ボックスの一覧の [Excel アドイン] をクリックする。

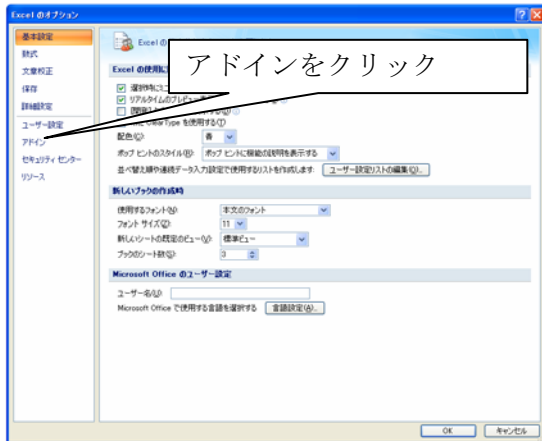


図3 アドインをクリック

(3)[設定] をクリックする。

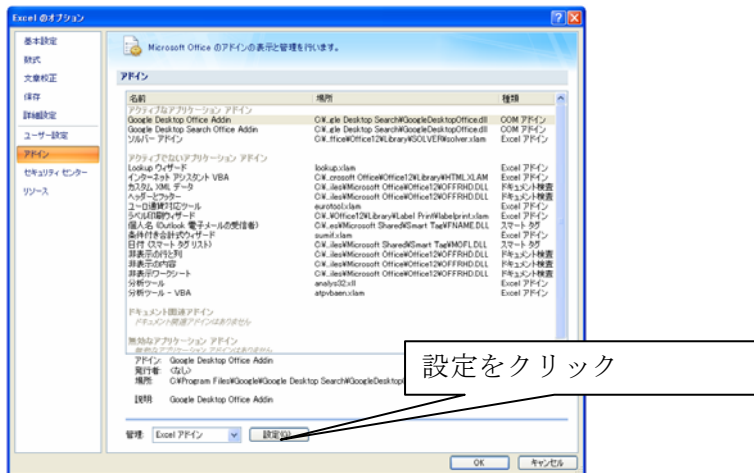


図4 設定をクリック

(4)[有効なアドイン] ボックスの一覧の [ソルバー アドイン] チェック ボックスをオンにし、[OK] をクリックする。

ソルバー アドインが現在コンピュータにインストールされていないというメッセージが表示されたら、[はい] をクリックしてインストールする。

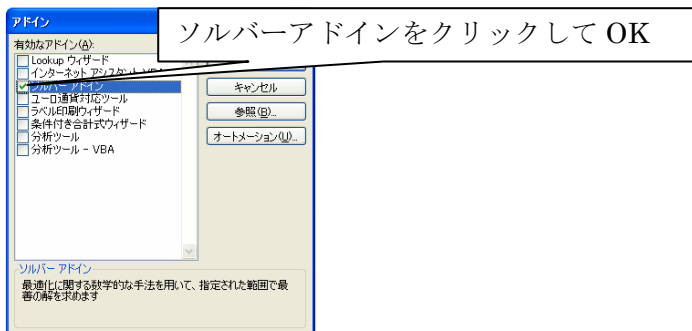


図5 ソルバーアドインをクリック

(5) ソルバー アドインを読み込むと、[データ] タブの [分析] で [ソルバー] コマンドを利用できるようになる。

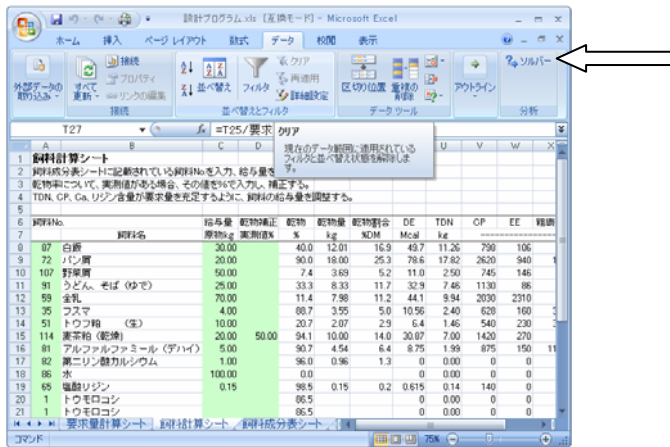


図6 ソルバーコマンド

< Excel 2003 の場合 >

(1) [ツール]メニューの[アドイン]をクリックする。

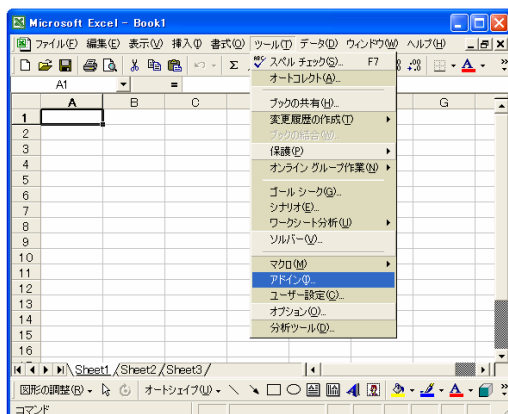


図7 ツールメニュー

(2) [有効なアドイン]ボックスで、[ソルバーアドイン]の横のチェックボックスをオンにし、[OK]をクリックする。

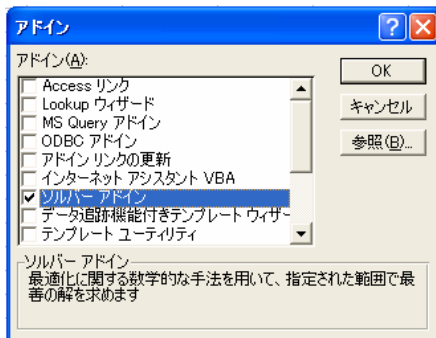


図8 ソルバーアドインのチェック

ソルバー アドインが現在コンピュータにインストールされていないというメッセージが表示されたら、[はい] をクリックしてインストールする。

(3)メニューバーの[ツール]をクリックします。ソルバーアドインが読み込まれると、[ツール]メニューに[ソルバー]が追加される。

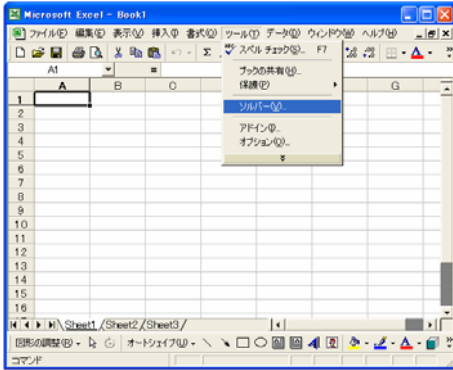


図9 ツールメニュー

2. 4. 2. 飼料原料の単価の入力

表7のように入手できる各飼料原料を飼料成分表シートから選び、入力するとともに、その単価を原物kgあたりで入力する。廃棄物の処理に関わる許認可を有していて、食品残さの処理料を受け取って入手できる場合は、その単価はマイナスとする。その場合、運搬料等を含めた、庭先に受け取る価格を入力する。

また、その横のセルには、単価に原物量の積を計算できるようになっており、それらの積の合計、すなわち、飼料原料全ての合計価格示される。

表7 コスト最小化シート

コスト最小化シート																	
飼料No.	飼料名	給与量 原物kg	乾物補正 実測値%	乾物 %	乾物量 kg	乾物割合 %DM	DE Mcal	TDN kg	CP	EE	粗繊維 g	NDF	Ca	P	リジン	単価 円/kg	小計 円
88	白飯	96.15		40.0	38.49	53.4	159.2	36.09	2559	338	0	1310	2.8	25.3	80.8	5	481
73	パン屑(乾)			89.2			0.0	0.00	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	20	0
108	野菜屑	68.36		7.4	5.05	7.0	15.1	3.42	1019	200	0	946	27.4	15.3	16.1	-5	-342
92	うどん、そば(ゆで)			33.3			0.0	0.00	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	7	0
61	全乳	85.59		12.3	10.53	14.6	59.1	13.35	2739	3167	0	0	94.2	85.6	214.0	1	86
35	フスマ	11.78		86.8	10.23	14.2	30.52	6.90	1850	507	1119	4360	11.8	116.6	78.9	25	295
52	豆腐粕(生)	32.03		22.5	7.21	10.0	22.42	5.09	1890	833	1153	2434	28.8	25.6	121.7	5	160
115	麦茶粕(乾燥)		50.00	94.1			0	0.00	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	20	0
82	アルファルファミール(デハイ)			90.7			0	0.00	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	70	0
83	第二リン酸カルシウム			96.0			0	0.00	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	100	0
87	水	33.11		0.0			0	0.00	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0	0
67	塩酸リジン	0		98.5	0	0	-0	0.00	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	500	0
1	トウモロコシ			85.5			0	0.00	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	40	0
2	グレインソルガム			86.5			0	0.00	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	45	0
20	大豆粕			88.2			0	0.00	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	60	0
85	炭酸カルシウム	0.57		99.6	0.57	0.8	0	0.00	0	0	0	0	221.8	0.1	0.0	60	34
							0										
	給与養分量	327.60			72.07		286.3	64.87	10056	5045	2272	9051	387	268	511.6	総価格	714
	成分含量(%DM)				22.0		397.2	90.0	14.0	7.0	3.2	12.6	0.54	0.37	0.71	価格	
	充足率,%				101.7		106.5	106.5	95.0				95.0		98.6	9.90	円/kgDM
													Ca/P比	1.44			

2. 4. 4. ソルバーアドインの起動

ソルバーを選定して(Excel 2007の場合データタブ、Excel 2003の場合ツールメニュー)ソルバーを起動する。

そうすると下記のようなソルバーのパラメータ設定画面が表示される。

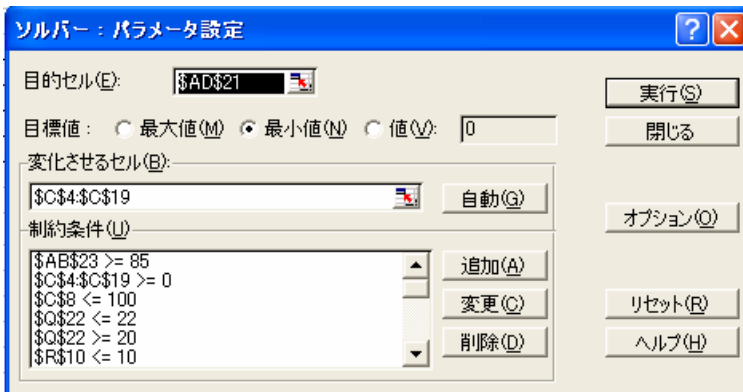


図 1 0 ソルバーのパラメータ設定

2. 4. 4. パラメータの入力

目的セルとして、飼料原料全ての価格の合計である総価格を示すセル（ここでは AD21）を指定する。

目標値は最小値を選択する。

変化させるセルについては給与量の原物量を入力するセル（C4 : C19）を指定する。

制約条件として、想定される条件を入力する。下記にその例を示す。

表 8 一般的な制約条件

セル	番号	条件	理由
給与量の原物量	C4 : C19	ゼロ以上	この制限を入力しないとマイナスの値が計算される
TDN 含量	U22	85 以上 90 以下	推奨される TDN 含量
TDN 充足率	U23	95 以上 110 以下	100 前後に調整
CP 充足率	V23	95 以上 110 以下	100 前後に調整
粗脂肪含量	W22	7 以下	軟脂を防ぐため
Ca 含量	Z23	95 以上 110 以下	100 前後に調整
Ca/P 比	Z24	1 以上 1.5 以下	飼養標準に従う
リジン充足率	AB23	85 以上	100 前後が望ましい

表 9 原料に応じた制限

セル	番号	条件	理由
飼料の乾物率	Q22	20 以上 22 以下	肉豚に対するリキッドの場合の推奨される乾物率を示した。
野菜屑乾物比	R6	7 以下	配合しすぎると粘性が高まる、前処理に手間がかかる等の理由から、暫定的

			に7%以下と条件設定した。 硝酸態窒素が多く、中毒の可能性もあるので、硝酸態窒素の分析値を考慮した設計も必要かもしれない。
とうふ粕	R10	10 以下	10%以上配合すると軟脂になるおそれがある（入江、2000b）。
全乳	C8	100 以下	入手できる牛乳は 100kg までの条件設定を行った。

表8は通常想定される設定値であり、計算に際し微調整は可能である。表9は原料ならびに調製する飼料に応じた制限であり、原料の入手状況、調製する飼料の特性に応じて設計者が自由に設定するものである。

最終的に実効をクリックして、設定した条件の中で飼料原料の合計価格を最小とする値を得る。

3. おわりに

「はじめに」でも記載したが、本プログラムのデータとなる食品残さ関連の情報については、サンプル数が限られており、栄養価については推定式で求めたものであるため、その精度は飼養標準や成分表に示されている情報に比べ劣るものであることをご理解いただきたい。また、配合設計は TDN と粗タンパク質含量を基本に計算するもので、タンパク質の利用性については加味していない。このことを十分理解の上、設計に活用いただきたい。

エクセルのソルバーを用いた線形計画法による飼料原料価格の最小化プログラムについては、当然生産現場で利用いただきたいが、エコフィードを活用することで飼料コストを削減できることをバーチャルな世界で理解できるため、教育の現場で活用いただくことも一つの選択肢と考える。

本設計プログラムは随時バージョンアップを図りたいと考えている。特に飼料成分表シートについては、食品残さに関する分析値を蓄積して、充実化させたい。そのため、本プログラムの使用者で、特定の食品残さの飼料分析を実施した場合、その分析値を下記窓口に連絡いただきたい。また、本プログラムに関する問い合わせ等も下記窓口をお願いしたい。

〒305-0901

茨城県つくば市池の台2

独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構

畜産草地研究所 「豚用エコフィード設計プログラム」事務局

E-mail: Ecofeed@naro.affrc.go.jp

参考文献

- 入江正和(1984a) 豚脂肪の理化学的性状に及ぼす諸要因(1) 畜産の研究 43:793-798
- 入江正和(1984b) 豚脂肪の理化学的性状に及ぼす諸要因(2) 畜産の研究 43:942-946
- 入江正和(1984c) 豚脂肪の理化学的性状に及ぼす諸要因(3) 畜産の研究 43:1049-1055
- 入江正和(1984d) 豚脂肪の理化学的性状に及ぼす諸要因(4) 畜産の研究 43:1143-1152
- 入江正和(2000a) 都市厨芥(生)を用いた豚の飼養試験 未利用有機物資源の飼料利用ハンドブック(阿部等編)、サイエンスフォーラム 293-297
- 入江正和(2000b) 豚の肉質に及ぼすトウフ粕給与の影響 未利用有機物資源の飼料利用ハンドブック(阿部等編)、サイエンスフォーラム 302-305
- 川島知之、佐伯真魚、永西修、米持千里、青木健、花積三千人、蜜澤美起、金一、阿部亮(2003) 畜産草地研究成果情報 No.3
<http://nilgs.naro.affrc.go.jp/SEIKA/03/ch03014.html>
- 川島知之、佐伯真魚、高橋俊浩、入江正和(2007) エコフィードの栄養特性ーアミノ酸についてー、アミノ酸技術情報 No.18,1-18
- 文部科学省(2005) 五訂増補日本食品標準成分表
http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu3/toushin/05031802.htm
- (独) 農業・食品産業技術総合研究機構(2010) 日本標準飼料成分表(2009年版)
- (独) 農業・生物系特定産業技術研究機構(2005) 日本飼養標準・豚(2005年版) 40-65.
- NRC(1998) Nutrient Requirements of Swine. National Research Council
- 大本邦介、入江正和、崎元道男(1984) 残飯養豚における軟脂対策(4)ー飼料中の粗脂肪含量と軟脂の関係ー、大阪農技セ研報、21:43-46
- 大森英之・守谷直子・石田三佳・大塚舞・小橋有里・本山三知代・佐々木啓介・田島清・西岡輝美・蔡義民・三津本充・勝俣昌也・川島知之(2007) コンビニエンスストアから排出された消費期限切れ食品を主体とする発酵リキッド飼料によるブタの肥育試験,日畜会報,78:189-200
- 佐伯真魚、武久智之、関川寛己、永西修、川島知之(2006) 乾燥麦茶粕および麦茶粕サイレージの養豚用飼料としての栄養価 日本畜産学会報 77(1):83-88