採卵鶏における蒸気乾燥トウフ粕の飼料価値

福原絵里子*・池田加江[1)]・月野友和[2)]・西尾祐介・田口清實

福岡県内で新しく開発された蒸気乾燥トウフ粕を，採卵鶏用飼料として活用するため，飼料価値および実用可能な配合割合を検討した。供試飼料への蒸気乾燥トウフ粕の配合割合は 5%，10%および 15%とした。蒸気乾燥トウフ粕の代謝エネルギーを測定後，それぞれの供試飼料の代謝エネルギーが 2, 800kcal／kg，CP が 17%となるように飼料調製を行い，飼養成績に及ぼす影響を調査した。また, 15%配合飼料に糖分解性酵素を添加し, 酵素による産卵成績向上効果を検討した。

蒸気乾燥トウフ粕の代謝エネルギーは 1, 521kcal／kg であった。21～64 週齢の産卵期間においては，蒸気乾燥トウフ粕の配合割合が 10%の場合，産卵率，飼料消費量，平均卵重，産卵日量，飼料要求率に影響を及ぼさないが，15%配合すると飼料摂取量が低下し, 産卵率もやや低下する傾向にあった。糖分解性酵素の添加は，産卵成績に影響を及ぼさなかった。

一方，蒸気乾燥トウフ粕配合飼料では，57 週齢以降の産卵後期における卵殻強度および卵殻割合が低下し，破卵率が上昇した。

これらの結果から，産卵後期における破卵対策が必要であるが，蒸気乾燥トウフ粕を採卵鶏に給与する場合，10%までの配合が可能である。

［キーワード：蒸気乾燥トウフ粕，採卵鶏，代謝エネルギー］

Value of Steam Dried Tofu Cake as Feed for Layers. FUKUHARA Eriko, Kea IKEDA, Tomokazu TSUKINO, Yusuke NISHIO, Kiyomi TAGUCHI (Fukuoka Agricultural Research Center, Chikushino, Fukuoka 818-8549, Japan) *Bull. Fukuoka Agric. Res. Cent.* 26:69-73 (2007)

A study was conducted to investigate the possibility of using steam-dried tofu cake, which has been processed in Fukuoka using a new technique to dry tofu residues, as feed for layers and to determine practical levels for its incorporation into the layers' diet. After finding the value for the metabolizable energy (ME) of the steam-dried tofu cake, it was incorporated into the layers' diet at levels of 0%, 5%, 10%, and 15% so that its effect on egg production and feed intake could be examined. Also, a certain amount of enzyme was added to the 15% level diet to examine its effect on improving egg production. All of the feed, which had different tofu cake content levels, were formulated to contain the same amount of CP (17%) and ME (2,800kcal/kg).

The ME value of the dried cake was set at 1,521kcal/kg. For layers 21 to 64 weeks in age, in the case of feeding with a 10% tofu cake diet, a significant decrease did not result in egg production, feed intake, egg weight, egg mass and feed conversion ratios. However, in the case of feeding with a 15% tofu cake diet, feed intake significantly decreased ($P<0.05$), and egg production had a tendency to decrease slightly. Even with the addition of an enzyme additive, when feeding with a 15% tofu cake diet, egg production did not significantly increase.

Moreover, eggshell strength and eggshell ratio deteriorated when feeding the layers with steam-dried tofu cake diets, and the ratio of cracked eggs increased.

Thus, steam-dried tofu cake could be incorporated into the layers' diets at a level of up to 10%, but it will be necessary to take measures to reduce the number of cracked eggs resulting after the laying stage.

［Keywords: steam-dried tofu cake, layer, metabolizable energy］

緒　　言

日本の養鶏業では，配合飼料原料のほとんどを輸入に依存しており，国内の未利用資源を飼料として活用する技術開発が求められている。

食品製造副産物の中で, トウフ粕は産出量が多い[1)]が, 生の状態では腐敗しやすく配合飼料原料としての利用は困難であった。一方，近年になって，福岡県内でトウフ製造時の蒸気を熱源としてトウフ粕を乾燥処理する機械が開発された。この機械で処理されたトウフ粕は，水分が 1 ～ 4 %と低く保存性に優れ，飼料成分値の変動が少ない[6)]ことから，配合飼料原料としての活用が期待できる。

しかし，これまでにトウフ粕を鶏へ給与した報告は少なく，日本標準飼料成分表[2)]にもトウフ粕の代謝エネルギー（以下 ME）は記載されていない。通風乾燥によるトウフ粕を採卵鶏に給与すると，トウフ粕を市販飼料の一部と直接置き換えたため，飼料中の ME が低下し，産卵率および体重の低下を招いた[11)]。トウフ粕を実用的に飼料原料として利用するには，採卵鶏の養分要求量を充足するよう配合設計を行う必要がある。

そこで，蒸気乾燥トウフ粕の ME を測定したうえで，養分要求量を充足させた蒸気乾燥トウフ粕配合飼料が産卵成績へ及ぼす影響について検討した。同時に，蒸気乾燥トウフ粕の消化率が低い場合を想定し，配合飼料への糖分解性酵素の添加による産卵成績の向上効果について

＊連絡責任者（家畜部）
１）現畜産環境部
２）現築上農業改良普及センター

調査したので報告する。

材料および方法

［試験１：蒸気乾燥トウフ粕の代謝エネルギー測定］

代謝エネルギー測定のための飼養試験は,白色卵鶏(銘柄名ジュリア）12 羽を用いて，基礎飼料のみの区と，基礎飼料に重量比で蒸気乾燥トウフ粕を30%配合する区の 2 水準を設けて実施した。用いた基礎飼料は市販の育雛中期用飼料で，配合原料および配合割合を第 1 表に示した。

試験期間は 12 週齢（2001 年 4 月 11 日～17 日）の 1 週間とした。予備期間を 4 日間，本試験期間を 3 日間とし，試験羽数は各水準とも 1 区 1 羽の 6 反復とした。

飼育条件は,開放鶏舎で単飼とし,不断給餌およびニップルドリンカーからの自由飲水とした。光線管理は 15 時間明期，9 時間暗期に設定した。

試験は常法[7)]により実施し，エネルギーは熱研式ボンブカロリーメーター（CA-4 型，島津製作所）で測定した。

［試験２：蒸気乾燥トウフ粕の配合割合が産卵におよぼす影響］

１　試験方法

試験は 5 区分を設定した。対照は ME 2,800kcal／kg, CP17%である成鶏用市販飼料を給与した。蒸気乾燥トウフ粕の給与区として，対照に用いた飼料への配合割合を重量比で 5%，10%，15%とする 3 区分を設定した。さらに,蒸気乾燥トウフ粕15%配合飼料に糖分解性酵素(商品名アスペラーゼ:キシラナーゼ 40 単位／g,ペクチナーゼ 1,200 単位／g 含有）を 0.2%添加した 1 区分を設定した。成鶏用市販飼料および蒸気乾燥トウフ粕配合飼料の原料配合割合および主な成分値を第 1 表に示した。蒸気乾燥トウフ粕の成分としてMEは試験1の値を使用し，その他の成分は日本標準飼料成分表[2)]を用いた。蒸気乾燥トウフ粕配合飼料の ME 及び CP は成鶏用市販飼料と同等とし，アミノ酸その他の成分は産卵鶏の養分要求量を満たすよう設計した。

供試鶏は試験 1 と同様に白色卵鶏（銘柄名ジュリア）を用い，1 区につき 50 羽ずつ 2 反復設けた。試験期間は 21～64 週齢（2001 年 6 月 13 日～2002 年 4 月 10 日）までの 44 週間とし，飼育条件は試験 1 に準じた。

２　調査項目

調査項目は産卵成績，卵質および体重とした。産卵成績は産卵率，平均卵重，産卵日量および破卵率を毎日調査し,飼料消費量は 4 週毎に調査した。卵質については，卵殻割合および卵殻強度を 44 週齢および 60 週齢時において各区から無作為に1試験区当たり10個の鶏卵を抽出し，産卵翌日に測定した。卵殻強度はレオメーター（不動工業製）を用い，縦軸方向に加圧して測定した。卵殻割合は卵重に対する卵殻重の割合とした。体重は21週齢，36 週齢,45 週齢および 64 週齢時において各区 10 羽測定した。データの解析は一元配置の分散分析を行い，水準間の比較は Scheffe の多重比較検定法を用いた。

第 1表　供試飼料の配合割合と成分値

	育雛中期用市販飼料	成鶏用市販飼料	ﾄｳﾌ粕 5%配合飼料	ﾄｳﾌ粕10%配合飼料	ﾄｳﾌ粕15%配合飼料
配合割合（%）					
穀類（とうもろこし，マイロ）	61.0%	61.4	58.6	55.9	53.1
そうこう類（ふすま）	9.0	－	－	－	－
植物性油粕類（大豆油粕，ナタネ粕，ｺｰﾝｸﾞﾙﾃﾝﾐｰﾙ）	25.0	23.5	21.7	19.8	18.0
動物質性飼料（魚粉）	2.0	1.5	1.2	0.8	0.5
その他（炭酸ｶﾙｼｳﾑ，ｱﾙﾌｧﾙﾌｧﾐｰﾙ，動物性油脂）	3.0	13.6	13.5	13.5	13.4
トウフ粕	－	－	5.0	10.0	15.0
成分値					
CP（%）	18.0	17.0	17.0	17.0	17.0
ME（kcal／kg）	2,800	2,800	2,800	2,800	2,800
Ca（%）	0.8	3.7	3.6	3.5	3.4

第 2表　蒸気乾燥トウフ粕の代謝エネルギーおよび代謝率

ﾄｳﾌ粕配合割合	飼料	蒸気乾燥ﾄｳﾌ粕		
	ME (kcal/kg)	GE (kcal/kg)	ME (kcal/kg)	代謝率[1)] (%)
基礎飼料	3,422	—	—	—
30%	2,899	5,346	1,521	28.5

1）代謝率＝ME／GE×100で算出。

結　果

1　蒸気乾燥トウフ粕の代謝エネルギー

第 2 表に蒸気乾燥トウフ粕の乾物当たりの ME および代謝率を示した。

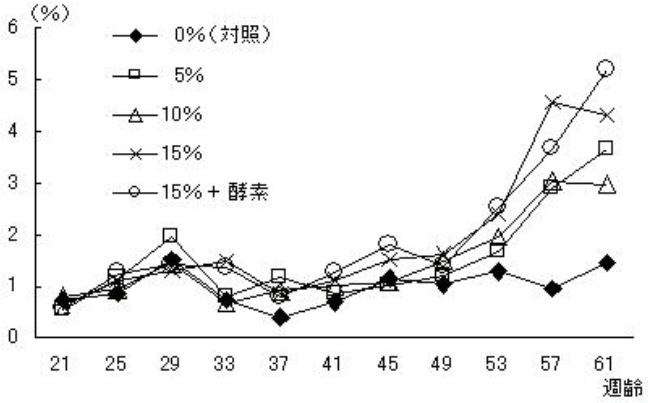
蒸気乾燥トウフ粕の ME は 1,521kcal となった。また，蒸気乾燥トウフ粕の全エネルギー（GE）は 5,346kcal／kg であるため，代謝率は 28.5%であった。

2　蒸気乾燥トウフ粕の配合割合が産卵に及ぼす影響

産卵成績および飼料摂取量を第 3 表に示した。産卵率は，対照の 87.4%に対し，蒸気乾燥トウフ粕配合飼料給与では85.2～87.8%と有意差は認められなかったが,15%配合ではやや低下する傾向にあった。15%配合飼料に酵素を添加するとやや改善する傾向にあったが有意な差はなかった。平均卵重は各試験区で 61.8ｇ～63.3ｇと有意差はなかった。産卵日量および飼料要求率では有意差はなく，酵素添加による効果も認められなかった。飼料摂取量は，対照が 1 日 1 羽あたり 113.6ｇであったのに対し，蒸気乾燥トウフ粕配合割合の増加にともない，114.4ｇ，111.5ｇ，107.5ｇと有意（P＜0.05）に減少し，酵素添加で 110.5ｇと少なかった。

週齢にともなう破卵率の推移を第 1 図に示した。破卵率は 52 週齢まではいずれの試験区も 1%前後で推移していたが，53 週齢以降に蒸気乾燥トウフ粕配合区では破卵率が増加し始め，57 週齢以降では急増した。

41～48 週齢および 57～64 週齢の破卵率および 44 週齢および 60 週齢時における卵質を第 2 図に示した。破卵率



第 1 図　蒸気乾燥トウフ粕を給与した採卵鶏の破卵率の推移

では対照は 1%程度であるのに対し，蒸気乾燥トウフ粕配合では 3.0～4.5%と有意（P＜0.05）に増加した。酵素添加では 15%配合と同等の 4.3%と増加した。卵質では 44 週齢において蒸気乾燥トウフ粕配合による卵殻強度および卵殻割合への影響はなかったが，60 週齢ではいずれも低下する傾向にあった。

体重の推移を第 4 表に示した。いずれの週齢においても，蒸気乾燥トウフ粕配合による体重への影響は認められなかった。試験終了時から開始時の体重を引いた試験期間中の体重増加は対照が 222ｇであったのに対し，5%配合で 226ｇ，10%以上の配合で 112～141ｇとなり，配合割合が 10%以上になるとやや少なくなった。

第 3表　蒸気乾燥トウフ粕を給与した21～64週齢の飼養成績

ﾄｳﾌ粕配合割合	産卵率 (%)	平均卵重 (g)	産卵日量 (g)	飼料摂取量 (g/羽・日)	飼料要求率	破卵率 (%)
0%（対照）	87.4	61.8	54.1	113.6[a 1)]	2.11	1.0
5%	87.5	63.3	55.5	114.4[a]	2.07	1.5
10%	87.8	63.0	55.3	111.5[a b]	2.02	1.5
15%	85.2	62.7	53.5	107.5[b]	2.02	1.9
15%＋酵素[2)]	87.3	63.1	55.0	110.5[a b]	2.01	1.8
	NS[3)]	NS	NS	*	NS	NS

1）Scheffeの多重検定により，異文字間は 5%水準で有意差あり。

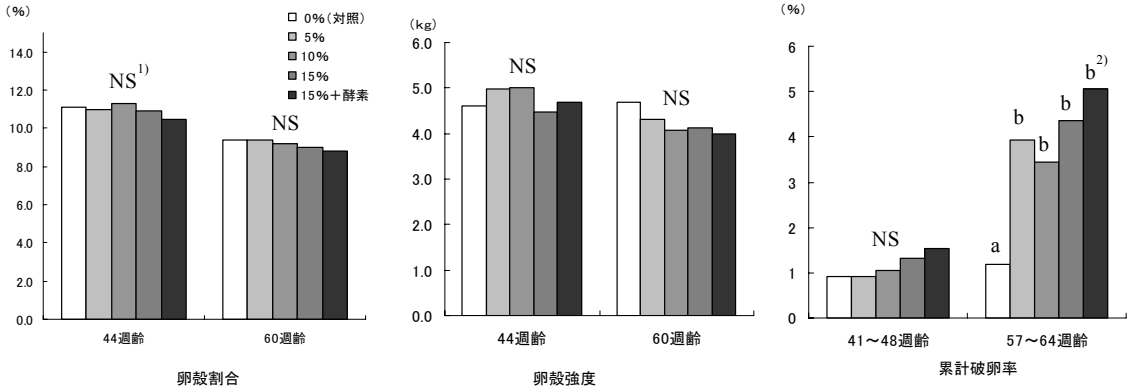
2）酵素はアスペラーゼを使用（キシラナーゼ40単位／g，ペクチナーゼ 1,200単位／g含有）

3）分散分析によりNSは 5%水準で有意差なし。＊ は有意差あり。

第 4表　蒸気乾燥トウフ粕を給与した採卵鶏の体重の推移

ﾄｳﾌ粕配合割合	21週齢 (g)	32週齢 (g)	44週齢 (g)	64週齢 (g)	21週齢から64週齢までの体重増加 (g)
0%（対照）	1,571	1,561	1,702	1,793	222
5%	1,582	1,626	1,756	1,808	226
10%	1,613	1,621	1,711	1,746	133
15%	1,613	1,589	1,654	1,725	112
15%＋酵素	1,609	1,603	1,638	1,750	141
	NS[1)]	NS	NS	NS	NS

1）分散分析により，NSは 5%水準で有意差なし。



第２図　蒸気乾燥トウフ粕の給与が卵殻割合、卵殻強度および累計破卵率に及ぼす影響

1）分散分析により，NS は 5%水準で有意差なし。

2）Scheffe の多重検定により，異符号間に 5%水準で有意差あり。

考　察

鶏へトウフ粕を給与した時の ME に関しては，Tarachai ら[12)] の若雄鶏による ME2,700kcal／kg と Farhat ら[4)] のアヒルによる ME1,562～2,007kcal／kg が報告されているのみである。試験 1 で測定した蒸気乾燥トウフ粕の ME は 1,521kcal／kg となり，過去の報告値より低い結果となった。代謝率は 28.5%であり，蒸気乾燥トウフ粕は採卵鶏にとって消化性の低い飼料である。

試験 2 では，市販飼料と同等の ME となるよう蒸気乾燥トウフ粕を飼料に配合し採卵鶏に給与したが，飼料摂取量は配合割合が増加するにともなって減少し，産卵率も若干低下した。Tarachai ら[11)] は，乾燥トウフ粕を採卵鶏に給与すると摂取重量は減少するが摂取容量はほぼ同等であり，その原因として乾燥トウフ粕の比重が軽く，体積が嵩むことを示唆している。蒸気乾燥トウフ粕も同様に体積が嵩むため，配合割合が増加するにともない摂取重量が低下したと考える。豚では，蒸気乾燥トウフ粕の水分値が 4%の場合，飼料摂取量が低下するが，水分含量を 13%に調製することによって，飼料摂取量の低下を防止できたとしている[13)]。通常の成鶏用飼料の水分値は 12～14%であるのに対し，蒸気乾燥トウフ粕の水分値が 4%以下であることから，摂取量の低下を招いたと推察できる。

また，Shires ら[10)] は大豆粕飼料の給与は腸内滞留時間を長くすることを報告している。このことから，大豆由来原料が多くなる蒸気乾燥トウフ粕飼料では，腸内滞留時間が長いため摂食が進まず，摂取量が低下した可能性も考えられる。

体重は試験区間でほとんど変わらなかったが，試験期間中の体重増加は蒸気乾燥トウフ粕 10，15%の配合ではやや少ない。蒸気乾燥トウフ粕配合により，飼料摂取量がやや低下するため，体重増加が抑制されたと考える。

以上の結果から，水分値が 1～4%程度の低水分の蒸気乾燥トウフ粕を配合飼料原料として利用する場合，配合割合を 15%まで高めると，鶏の摂取量が減少し産卵率が減少する傾向にあるため，10%程度までの配合が限度である。

蒸気乾燥トウフ粕配合区において，57 週齢以降に卵殻強度および卵殻割合が低下し，破卵率が上昇した。今回の蒸気乾燥トウフ粕 15%配合飼料中の Ca 含量は一般配合飼料の 3.7%と比較して 3.4%と低く設定しており，Ca 含量の多少が卵殻に影響を与えた可能性がある。

また，大豆粕をはじめとする植物性油粕類はフィチン

酸を多く含有しており[3]，トウフ粕のフィチン酸含量も高いことが予測できる。蒸気乾燥トウフ粕配合飼料では植物性油粕類と蒸気乾燥トウフ粕の合計比率が高くなり，配合飼料中のフィチン酸含量が高くなると考える。フィチン酸はCaと結合してCaの利用率を低下させる[8]ため，本試験では，蒸気乾燥トウフ粕配合飼料の Ca 含量の低さに加えて，フィチン酸による Ca の利用率の低下から更にCa不足となり，破卵の増加を招いた可能性がある。

今回は，蒸気乾燥トウフ粕配合飼料への糖分解性酵素の添加による産卵成績の明確な改善効果は認められなかった。本試験で使用した酵素はキシラナーゼとペクチナーゼの複合品である。この2種類の酵素は産卵低下を招く低 CP 飼料にセルラーゼと同時添加した場合，産卵成績を改善できることが報告されている[5]。また，Kocherら[9]はトウモロコシと大豆粕を主体とする低 ME 飼料に複合酵素（ペクチナーゼ，プロテアーゼ，アミラーゼ）を添加すると代謝エネルギーは増加するが，高 ME 飼料に添加しても低ME飼料同様の改善効果はないとしている。本試験では給与飼料の ME および CP が充足していたため，酵素による消化率の改善効果が低く，産卵成績の明らかな改善は起こらなかったと推察できる。

以上のことから，蒸気乾燥トウフ粕を配合飼料の原料として採卵鶏へ給与する場合，配合割合は10%までとすることで，産卵率，平均卵重および産卵日量に影響を及ぼさないが，産卵後期における破卵の抑制方法を検討する必要がある。現在，本試験に引き続き，蒸気乾燥トウフ粕配合飼料のCa水準およびリンとCaの消化吸収を改善するためのフィターゼ添加効果を検討中である。

引用文献

1）阿部亮（編集）（2000）未利用有機物資源の飼料 利用ハンドブック．サイエンスフォーラム．

2）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（2001 年版）．中央畜産会．

3）独立行政法人農業・生物系特定産業技術研究機構編（2004）日本飼養標準・家禽（2004 年版）．中央畜産会．

4）Farhat A., L. Normand, E. R. Chavez and S. P. Touchburn (1998) Nutrient digestibility in food waste ingredients for pekin and muscovy ducks. Poult.Sci.77：1371-1376.

5）藤崎浩和，橋元康司，花積三千人，米持千里，高木久雄（2001）採卵鶏における窒素およびリン排泄量低減に関する検討Ⅰアミノ酸補正低蛋白質・低リン飼料への消化酵素添加が産卵成績と窒素およびリン排泄量におよぼす効果．平成 12 年度流通飼料対策事業報告書．（社）日本科学飼料協会．

6）稲田淳，古賀鉄也，磯崎良寛（2003）蒸気乾燥トウフ粕の飼料成分値および第一胃内消化特性．西日本畜産学会報 46：23-27.

7）石橋晃（監修）（2001）新編動物栄養試験法．養賢堂．

8）Kaneko.J.J.編（1983）家畜臨床生化学．近代出版．

9）Kocher A.,M.Choct,G.Ross,J.Broz and T.K.Chung (2003) Effects of enzyme combinations on apparent metabolizable energy of corn-soybean meal-based diets in broilers. J.Appl. Poult.Res. 12(3)275

10）Shires A.,J. R. Thompson, B. V. Turner, P. M. Kennedy, Y. K. Goh (1987) Rate of passage of corn-canola meal and corn-soybean meal diets through the gastrointestinal tract of broiler and white leghorn chickens. Poult. Sci. 66：289-98.

11）Tarachai P., N. Thongwittaya, H. Kamisoyama. and K. Yamauchi (1999) Effeictive utilization of soybean curd residue for chicken feed as a plant protein source. Jpn. Poult. Sci. 36：311-318.

12）Tarachai P.and K.Yamauchi (2001) Metabolizable energy of soybean curd residue and its effective utilization for broiler chick feed. J.Poult.Sci.38：160-168.

13）山口昇一郎，尾上武，村上徹哉（2004）乾燥トウフ粕を利用した肉豚生産技術の確立．西日本畜産学会報，2004 年（第 55 回）大会号：60.