

乾燥処理した厨房残さを配合した飼料中のカルシウムおよびリン水準が 産卵鶏の産卵成績および卵殻質に及ぼす影響

小嶋禎夫・鈴木亜由美・丸田里江

東京都農林総合研究センター, 東京都青梅市新町 198-0024

乾燥処理した厨房残さ(以後「乾燥残さ」とする)の産卵鶏への給与における, 飼料中のカルシウム(Ca)およびリン(P)の添加水準が産卵成績および卵殻質に及ぼす影響を検討した。試験は, 28週齢の産卵鶏96羽を用い, 11週間行った。市販配合飼料100%(飼料1)に割り当てた12羽には, 試験期間を通じて飼料1を給与した。市販配合飼料の重量比50%を乾燥残さに代替した飼料(飼料2)に割り当てた84羽は, 飼料2を7週間給与した後, 12羽ずつ無添加区(飼料2), Ca 3.33%×P3水準区(0.75, 1.00および1.25%), P 0.75%×Ca3水準区(2.90, 3.20および4.00%)の7区に分け, 各区にそれぞれの飼料を4週間給与し, 産卵成績および卵殻質を調査した。飲水および飼料は自由に摂取させた。試験最終週に卵殻中および糞中のCaおよびP含量を分析し, さらに試験終了時に血清中および脛骨中のCaおよびP含量を分析した。

7週までの成績において飼料1より劣っていた($P < 0.01$)産卵日量, 産卵率および飼料要求率は, 試験8週目以降に給与した飼料中のCaまたはP水準の増加による影響を受けなかった。卵殻強度および卵殻厚は, 飼料中のCa水準の増加にともなって高まり, 飼料7および飼料8では, 飼料1との間に有意差が認められなかった。血清中のCa含量は, 飼料中のCa水準またはP水準の増加によって飼料2に比べて有意に増加した($P < 0.05$)。血清中のP含量は, 飼料中のP水準の増加にともなって有意に増加した($P < 0.05$)。飼料1と飼料2間のCa蓄積量およびP蓄積量に有意差はみられず, 飼料中のCa水準およびP水準を調製した飼料3から飼料8の6つの区におけるCa蓄積量およびP蓄積量は, すべての区において飼料1よりも高い値を示した。

以上の結果から, 市販配合飼料の50%を乾燥残さで代替した飼料中のCaおよびP水準を高めると, 血清中のCaおよびP含量を高め, 卵殻強度および卵殻厚に改善が認められたが, 産卵成績, 卵殻色への影響は確認できなかった。

キーワード: 産卵鶏, 厨房残さ, 卵殻質, Ca水準, P水準

緒 言

わが国における濃厚飼料自給率は11%であり(農林水産省生産局, 2006), 約9割を輸入に依存している。一方, 製造段階, 流通段階および消費段階で発生する食品残さの焼却や埋設による処分は, 環境保全や資源保護の観点から対応が迫られている問題である。2001年から施行された「食品循環資源の再生利用等の促進に関する法律」(食品リサイクル法)に即し, 食品残さの飼料化を推し進め, 飼料自給率の向上に寄与することがきわめて重要な課題となっている。

食品残さは, 家畜にとって栄養価を持った有機性資源であるが, 一般的な食品残さには水分含量が高いものが多く, 運搬, 配合あるいは給与のし易さといった飼料としての取り扱い性, 腐敗による保存性や安全性の問題がある。そこで, 食品残さを飼料化するために, 油温減圧脱水乾燥, ボイル乾燥, 高温発酵乾燥, 高

温乾燥および減圧乾燥といった乾燥技術によって水分含量の低下が図られている。

筆者はこれまでに, 市販配合飼料を乾燥残さで代替した飼料(対照区, 12.5%, 25%および50%を重量比で代替)を赤玉系産卵鶏へ5週間の給与したところ, 卵殻強度, 卵殻色の明度および赤色度が低下したものの, 産卵率および飼料要求率に対する影響は認められないことを示している(Kojima, 2005)。また, 市販配合飼料の50%を乾燥残さに代替した飼料を用いた赤玉系産卵鶏への長期的な給与では, 市販配合飼料を給与した区と比べて卵重に1gの低下がみられたが, 増体量, 飼料摂取量, 産卵日量, 産卵率および飼料要求率には負の影響を及ぼさず, 卵殻質(卵殻強度, 卵殻厚, 卵殻色の明度および赤色度)が低下したと報告している(小嶋, 2007)。

鶏卵の卵殻質は, 飼料中のカルシウム(Ca)およびリン(P)水準によって影響を受けることが知られている。低Ca飼料の給与が, 卵殻質(比重, 卵殻強度および卵殻厚)を低下させる(Keshavarz, 1986)ことは明らかだが, 低P飼料の給与は, 卵殻質には影響しない(Summers, 1995; Boorman and Gunaratne, 2001)とする一方で, 卵殻質を低下させる(Bar and Hurwitz, 1984; Junqueira *et al.*, 1984), あるいは一時的に卵殻質を高める(Rao *et al.*, 1992)との報告もあり一定しない。また, 産卵鶏の食

2007年11月26日受付, 2008年4月1日受理

連絡者: 小嶋禎夫

〒198-0024 東京都青梅市新町6-7-1

Tel: 0428-31-2171

Fax: 0428-31-8474

E-mail: oga-nouse-shocho@tree.odn.ne.jp

塩の摂取も卵殻質へ影響を及ぼす要因と考えられるが、卵殻質に影響を及ぼさない (Damron *et al.*, 1983; Chen and Balneve, 2001) とする一方で、卵殻質を低下させる (Yoselewitz and Balnave, 1989) との報告もあって一定しない。

食品残さは、家畜用低コスト飼料としての利用が期待され、飼料原料の確保および飼料自給率の向上に対して大きな可能性を持つと考えられる。しかしながら、今後、産卵鶏における食品残さ飼料の利用を進める上で、卵殻質の低下、特に赤玉系産卵鶏における卵殻色の低下は、解決すべき重大な課題である。

そこで、本研究では、市販配合飼料の50%を乾燥した厨房残さに代替した飼料中のCaおよびP水準の違いが赤玉系産卵鶏の産卵成績および卵殻質に及ぼす影響について検討した。

材料と方法

1. 試験飼料

厨房残さの材料は、1,000人規模の都立老人ホームから排出される調理残さ、未配膳分および残飯を用いた。乾燥処理は、高温発酵乾燥方式 (CB-1000, 千代田技研工業株式会社) により、残さ投入後24時間で水分含量が15%程度になるようヒーター部の温度を80~85°Cに設定した処理機内へ材料を投入し攪拌、乾燥した。それらを1週間分プールしたあと3mmメッシュで篩別し、一部を採取して試験飼料とした (表1)。

試験飼料は、乾燥残さと市販配合飼料 (粗タンパク質17%以上、代謝エネルギー (ME) 2.80 Mcal/kg以上、くみあい標準配合飼料、東日本くみあい飼料株式会社、以後「市販飼料」とする) の他、飼料中のCaおよびP (NpP) 水準を調製する添加剤として、リン酸二石灰 (小野田化学工業株式会社) および炭酸カルシウム (秩父石灰工業株式会社) を用いた。

試験区は、市販飼料100%の区 (飼料1) と市販飼料の重量比50%を乾燥残さで代替した区 (飼料2)、および飼料2をベースに、リン酸二石灰と炭酸カルシウムを混和して試験飼料中のCa

水準およびP水準を調製した6つの区を合わせた8区で行った。すなわち、日本飼養標準 (2004) における産卵鶏のCa要求量3.33%に設定し、P水準を0.75% (NpP: 非フィチンリン0.5%), 1.00% (同0.8%) および1.25% (同1.0%) の3水準に調製した。また、P水準はHartel (1989) の報告を基にして0.75% (NpP 0.5%) に設定し、Ca水準を2.90%, 3.20% および4.00% の3水準に調製した。それぞれを表2のとおり飼料3から飼料8とした。試験飼料の成分は、前報 (小嶋, 2007) と同様に測定した。

2. 供試鶏および管理

試験には、区分け前4週間の産卵率が90%前後で、体重の近似した26週齢のロードアイランドレッド種 (YR系統) 96羽を選抜し、6羽を1群とした16群に区分し、2週間試験環境に馴致させたのち用いた。11週間の試験期間の内、初めの7週間は、飼料1 (12羽) および飼料2 (84羽) を給与し、続く4週間では、飼料1の12羽は試験期間を通じて飼料1を給与し、初めの7週間で飼料2を給与した84羽については、6羽を1群とした2反復群からなる7区 (飼料2から飼料8) に割り付けた。各区にそれぞれの飼料を4週間給与し、試験期間中の産卵成績および卵殻質を調査した。試験最終週に卵殻中および糞中のCaおよびP含量を分析し、さらに試験終了時に血清中のCaおよびP含量、脛骨中の粗灰分、CaおよびP含量を分析した。

鶏舎はヒナ壇式の産卵鶏用単飼ケージ (奥行き39cm×幅22cm×高さ45cm) を設置した開放型鶏舎を用い、供試鶏を群毎に連続するケージに収容して飼料および飲水を不断給与した。照明条件は、17時間点灯 (午前3時から午後8時) とした。

3. 飼養成績

体重は、全供試鶏について試験開始日および試験終了日まで1週間ごとに測定した。産卵成績は、試験期間中の毎日の産卵率、平均卵重および産卵日量を調査した。1週間毎に各群の摂取飼料総重量を測定し、1日1羽あたりの飼料消費量と飼料要求率を算出した。

4. 卵殻質、卵殻中のCaおよびP

試験期間中は、毎日の卵殻厚、卵殻強度、卵殻色の明度 (L*値) および赤色度 (a*値) を測定した。卵殻色については、分光測色計 (CM508d, MINOLTA) を用いて測定した。

卵殻中のCaおよびPの分析には、試験最終週7日分について卵殻膜を取り除いた卵殻を用い、前報 (小嶋, 2007) と同様に測定した。

5. 血清中のCaおよびP

試験終了時に翼下静脈から採血した血液を3,000 rpmで15分間遠心し、血清を得た。この血清をCa (カルシウムCテストワコー, 和光純薬工業株式会社) およびP (ホスファCテストワコー, 和光純薬工業株式会社) の測定に供試した。

6. 脛骨重量、脛骨中の粗灰分、CaおよびP

試験終了時に採材した脛骨中の粗灰分、CaおよびP含量を分析した。脛骨は、ジエチルエーテルに48時間浸漬した後、100°Cの乾燥器中で48時間通風乾燥し、水分と脂肪を取り除いて脛骨重量を測定した後、粗灰分 (600°C, 12時間) を測定した。CaおよびPの試料溶液の調製は、試験飼料の分析に適用した方法に準じた。

表1. 乾燥処理した厨房残さ (DKW) の化学組成¹⁾

項目	DKW
水分 (%)	14.58
————— (乾物中%) —————	
粗タンパク質	17.93
粗脂肪	4.67
粗繊維	4.15
粗灰分	3.76
カルシウム	1.13
リン	0.32
非フィチンリン	0.08
マグネシウム	0.07
ナトリウム	0.96
食塩相当量 ²⁾	2.43
代謝エネルギー (Mcal/kg)	3.74

¹⁾ n=1.

²⁾ ナトリウム×2.54.

表 2. 試験飼料の配合割合および化学組成¹⁾

試験飼料 項目	1	2	Ca 3.33%			P 0.75%		
	市販飼料	50% DKW	3	4	5	6		8
						Ca 2.90%	Ca 3.20%	Ca 4.0%
配合割合 (%)								
市販配合飼料	100	50	50	50	50	50	50	50
DKW	0	50	50	50	50	50	50	50
添加割合 (%)								
リン酸二石灰	0	0	1.37	2.70	3.62	1.37	1.37	1.37
炭酸カルシウム	0	0	2.20	0.92	0.00	0.73	1.74	6.41
成分組成 (%)								
粗タンパク質	17.07	17.21	16.60	16.38	16.59	16.78	16.68	16.28
粗脂肪	4.25	4.29	4.15	4.35	4.44	4.95	4.07	4.08
粗繊維	2.75	3.00	2.92	3.04	2.94	3.42	3.33	3.10
粗灰分	11.17	7.84	9.50	9.81	10.44	8.78	9.44	10.49
カルシウム	3.87	2.44	3.36	3.46	3.37	2.90	3.23	3.99
リン	0.69	0.46	0.76	1.04	1.23	0.74	0.79	0.77
非フィチンリン	0.36	0.22	0.52	0.81	0.99	0.51	0.55	0.53
マグネシウム	0.14	0.11	0.09	0.10	0.11	0.10	0.10	0.10
ナトリウム	0.26	0.45	0.56	0.58	0.53	0.56	0.69	0.56
食塩相当量 ²⁾	0.66	1.14	1.43	1.46	1.34	1.42	1.75	1.43
塩素相当量 ³⁾	0.40	0.69	0.87	0.89	0.81	0.86	1.06	0.87
代謝エネルギー (Mcal/kg)	2.97	3.07	3.01	3.01	2.99	3.06	3.00	2.96

¹⁾ 原物中 (n=1).²⁾ ナトリウム×2.54.³⁾ 食塩相当量-ナトリウム.表 3. 試験飼料の給与が産卵鶏の増体量, 飼料摂取量, 産卵成績および飼料要求率に及ぼす影響¹⁾

試験飼料 項目	1	2
	市販飼料 (n=12)	50% DKW (n=84)
28 週齢体重 (g)	1794.3±128.7	1814.5±134.4 NS
35 週齢体重 (g)	1963.4±158.0	1854.3±173.4 **
飼料摂取量 (g/羽/日)	120.4±3.36	124.5±8.8 **
産卵日量 (g/羽/日)	54.7±2.6	46.8±2.4 **
卵重 (g)	55.6±1.4	52.5±1.0 **
ヘンデイ産卵率 (%)	98.4±4.0	89.1±4.8 **
飼料要求率	2.20±0.13	2.66±0.25 **
卵殻強度 (kg)	4.78±0.24	4.00±0.17 **
卵殻厚 (×0.01 mm)	36.4±0.8	34.3±0.7 **
卵殻色の明度 (L*)	61.6±1.6	63.8±1.7 **
卵殻色の赤色度 (a*)	14.6±0.6	13.8±0.6 **

¹⁾ 試験開始から 7 週までの 7 週間の成績.²⁾ 平均値±標準偏差.

NS: 有意差なし, **: P<0.01.

7. 排泄物中の水分, 灰分, Ca および P

試験最終週に, 各区 1 群の試験飼料に酸化クロム (Cr₂O₃) を 0.2% 添加し, 給与開始後 5~7 日に排泄された全量を個体毎に採

取した。採取した排泄物は, 羽毛を取り除いたのち 60℃ の乾燥器中で 48 時間通風乾燥後, 風乾状態に戻したのち, 微粉碎して分析用試料とした。

表 4. 試験飼料の給与が産卵鶏の飼料摂取量, 産卵成績および飼料要求率に及ぼす影響¹⁾

試験飼料	Ca (%)	P (%)	NpP (%)	飼料摂取量 (g/羽/日)	産卵日量 (g/羽/日)	卵重 (g)	ヘンデイ産卵率 (%)	飼料要求率
1	3.87	0.69	0.36	122.3 ^a	56.8 ^a	58.1 ^a	97.8 ^a	2.16 ^a
2	2.44	0.46	0.22	128.8 ^b	47.1 ^b	53.8 ^b	87.7 ^b	2.73 ^b
3	3.33	0.75	0.50	128.4 ^{bc}	48.4 ^b	54.8 ^c	88.3 ^b	2.65 ^b
4	3.33	1.00	0.80	128.5 ^{bc}	46.6 ^b	54.2 ^{bc}	86.1 ^b	2.76 ^b
5	3.33	1.25	1.00	128.5 ^{bc}	47.9 ^b	53.9 ^b	88.9 ^b	2.68 ^b
6	2.90	0.75	0.50	126.5 ^d	46.8 ^b	53.4 ^b	87.7 ^b	2.70 ^b
7	3.20	0.75	0.50	127.6 ^c	47.1 ^b	53.9 ^b	87.3 ^b	2.71 ^b
8	4.00	0.75	0.50	128.0 ^{bcd}	46.7 ^b	54.0 ^{bc}	86.4 ^b	2.74 ^b
	標準誤差			0.16	0.50	0.12	0.91	0.04

¹⁾ 試験 7 週から 11 週までの 4 週間の成績 (n=12).

^{a-d} 同じ列の異符号間に有意差あり (P<0.05).

表 5. 試験飼料の給与が産卵鶏の卵殻質, 卵殻中の Ca および P 含量に及ぼす影響¹⁾

試験飼料	卵殻強度 (kg)	卵殻厚 (× 0.01 mm)	卵殻色の明度 (L*)	卵殻色の赤色度 (a*)	卵殻 Ca ²⁾ (%)	卵殻 P ²⁾ (%)
1	4.50 ^{ab}	36.4 ^{af}	63.4 ^a	14.4 ^a	37.2	0.153 ^a
2	3.85 ^c	33.4 ^{bd}	65.0 ^{cde}	13.7 ^c	36.4	0.194 ^b
3	4.13 ^{df}	36.2 ^a	64.5 ^{acd}	13.1 ^{be}	36.8	0.179 ^{cd}
4	4.15 ^f	35.6 ^{ac}	64.1 ^{ae}	13.6 ^{bc}	36.8	0.169 ^d
5	3.87 ^{cde}	35.2 ^{ce}	64.4 ^{ad}	13.9 ^{ac}	36.7	0.181 ^c
6	4.09 ^{cde}	35.2 ^{ce}	64.4 ^{ad}	13.7 ^c	36.4	0.184 ^b
7	4.42 ^a	36.9 ^f	65.4 ^{cd}	13.0 ^{de}	36.6	0.181 ^{cd}
8	4.31 ^b	36.7 ^f	65.6 ^c	13.1 ^{bd}	36.2	0.173 ^{cd}
標準誤差	0.04	0.11	0.16	0.07	0.12	0.00

¹⁾ 試験 7 週から 11 週までの 4 週間の成績 (n=12).

²⁾ 試験最終週 7 日分のサンプル (n=7).

^{a-g} 同じ列の異符号間に有意差あり (P<0.05).

排泄物中の水分, 灰分, Ca および P の分析は, 試験飼料に適用した方法に準じて分析し, クロムは分光光度計 (AA-680, SIMADZU) を用いてジフェニルカルバジド法 (飼料分析法・解説, 2004) による波長 540 nm を測定した。インデックス法の計算式 (日本標準飼料成分表, 2002) に準じて, Ca および P の排泄率を求めた。排泄量は, 飼料摂取量, Ca および P 摂取日量に Ca および P 排泄率を乗じて算出した。

8. 統計処理

統計処理は一元配置の分散分析法を適用し, 多重比較としては TUKEY 法を用いた。なお, 2 つの平均値の差の検定は, Student's *t*-test で行った。

結 果

1. 飼養成績

7 週間までの成績において飼料 1 より有意に劣っていた (P<0.01) 産卵日量, 産卵率および飼料要求率 (表 3) は, 飼料 2 を基礎飼料とした 7 つの区分において Ca 水準または P 水準の増加による影響を受けなかった (表 4)。7 週から 11 週の成績において

は, 卵重は飼料 3 (Ca 3.33%×P 0.75%) で 54.8 g であり, 50% 区の 53.8 g に比べて 1 g 重かった (P<0.05) が, 飼料 1 の 58.1 g に比べて有意に低かった (P<0.05)。

2. 卵殻質, 卵殻中の粗灰分, Ca および P 含量

表 5 に示したとおり, 卵殻強度は, 飼料中の Ca 水準の影響を受けて増加した。そのため, 飼料 7 (Ca 3.20%×P 0.75%) および飼料 8 (Ca 4.00%×P 0.75%) では, 飼料 1 との間に有意差が認められなかった。卵殻厚は, 飼料 3, 飼料 4 (Ca 3.33%×P 1.00%), 飼料 7 および飼料 8 の成績において, 飼料 1 との間に有意差が認められなかったが, 飼料 7 の 36.9 (×0.01 mm) および飼料 8 の 36.7 が飼料 1 の 36.4 を上回った。

卵殻色の明度 (L* 値) では, 飼料 3, 飼料 4, 飼料 5 (Ca 3.33%×P 1.25%) および飼料 6 (Ca 2.90%×P 0.75%) の成績は, 飼料 1 の 63.4 と飼料 2 の 65.0 の間の値を示し, それぞれの区間に有意差は認められなかった。飼料 2, 飼料 7 および飼料 8 は, 飼料 1 との間に有意差が認められた (P<0.05)。卵殻色の赤色度 (a* 値) は, 明確な傾向を示さなかった。

卵殻中の Ca 含量 (卵殻中の Ca および P 含量は卵殻中の割合

表 6. 試験飼料の給与が産卵鶏の血清中および脛骨中の Ca および P 含量に及ぼす影響

試験飼料	血清 Ca (mg/dl)	血清 P (mg/dl)	脛骨重量 ¹⁾ (g)	脛骨粗灰分 ¹⁾ (%)	脛骨 Ca ²⁾ (%)	脛骨 P ²⁾ (%)
1	30.5 ^a	6.7 ^a	6.7	51.9 ^a	33.8 ^a	15.9
2	26.0 ^b	5.2 ^b	6.3	51.3 ^a	33.0 ^{ab}	15.5
3	29.2 ^{ac}	6.7 ^{ad}	6.8	53.4 ^{ab}	33.1 ^{ab}	14.9
4	29.7 ^{ac}	7.6 ^{ade}	6.8	57.4 ^b	34.0 ^a	16.0
5	29.3 ^{ac}	8.3 ^{ce}	6.5	55.2 ^{ab}	31.8 ^{ab}	15.1
6	29.8 ^{ac}	6.9 ^a	7.2	53.4 ^{ab}	30.9 ^{ab}	17.0
7	29.1 ^{ac}	6.8 ^a	7.3	52.2 ^a	32.8 ^{ab}	17.2
8	28.3 ^c	6.5 ^a	6.7	54.0 ^{ab}	30.1 ^b	15.3
標準誤差	0.16	0.13	0.09	0.43	0.31	0.28

^{a-d} 同じ列の異符号間に有意差あり (P<0.05, n=12).

¹⁾ 脱脂脱水後の脛骨.

²⁾ 粗灰分中の割合.

表 7. 試験飼料の産卵鶏への給与が排泄物中の水分, 灰分, Ca および P の出納に及ぼす影響

試験飼料	水分 ¹⁾ (%)	灰分 ²⁾ (%)	Ca 摂取量 (g)	Ca 排泄量 (g)	Ca 蓄積量 (g)	P 摂取量 (g)	P 排泄量 (g)	P 蓄積量 (g)
1	78.4 ^a	28.0 ^a	4.74 ^a	2.62 ^a	2.12 ^a	0.84 ^a	0.55 ^a	0.29 ^a
2	82.2 ^{bc}	18.3 ^c	3.15 ^b	1.07 ^b	2.08 ^a	0.59 ^b	0.32 ^b	0.27 ^a
3	81.3 ^b	19.7 ^{bc}	4.32 ^c	1.28 ^{bc}	3.04 ^{bc}	0.98 ^c	0.54 ^{ac}	0.44 ^c
4	82.5 ^{bc}	21.4 ^b	4.45 ^d	1.32 ^{bc}	3.13 ^{bc}	1.34 ^d	0.75 ^c	0.59 ^b
5	83.5 ^c	21.6 ^b	4.33 ^c	1.14 ^b	3.19 ^{bc}	1.57 ^e	0.87 ^c	0.70 ^e
6	82.6 ^{bc}	18.4 ^{bc}	3.66 ^e	1.00 ^b	2.70 ^b	0.95 ^f	0.52 ^{ad}	0.43 ^{cd}
7	82.4 ^{bc}	20.6 ^{bc}	4.12 ^f	1.20 ^{bc}	2.92 ^b	1.01 ^g	0.54 ^{ad}	0.47 ^{bcd}
8	82.1 ^{bc}	25.2 ^a	5.11 ^g	1.65 ^c	3.46 ^c	0.99 ^e	0.54 ^{ad}	0.45 ^{bcd}
標準誤差	0.14	0.23	0.01	0.04	0.01	0.00	0.01	0.01

¹⁾ 原物中%.

²⁾ 乾物中%.

^{a-g} 同じ列の異符号間に有意差あり (P<0.05, n=6).

を示す)には、有意な変化は認められなかった。卵殻中の P 含量は、飼料 1 の 0.15% と飼料 2 の 0.19% の間に有意差が認められた (P<0.05)。飼料中の Ca 水準または P 水準を高めた飼料 (飼料 3 から飼料 8) の給与によって、卵殻中の P 含量は飼料 1 と飼料 2 の間の値を示した。

3. 血清中の Ca および P 含量

血清中および脛骨中の Ca および P 含量を表 6 に示した。血清中の Ca 含量は、すべての区において飼料 2 よりも高い値を示した (P<0.05)。しかし、飼料 8 の血清中の Ca 含量 28.3 mg/dl は、飼料 1 に比較して飼料中の Ca 含量が高いものの、血清 Ca 含量は有意に低かった (P<0.05)。血清中の P 含量は、飼料中の P 水準の増加 (飼料 3 から飼料 5) にともなって直線的に増加し、飼料 5 の 8.3 mg/dl は、飼料 1 の 6.7 mg/dl に比べて有意に高くなった (P<0.05)。飼料中の Ca 水準を 2.90% から 4.00% に増加させる (飼料 6 から飼料 8) と、血清中の Ca 含量と P 含量は直線的に減少した。

4. 脛骨重量, 脛骨中の粗灰分, Ca および P 含量

脛骨中の粗灰分は、飼料 4 で 57.4% と飼料区間で最も高い値

を示し、飼料 1, 飼料 2 および飼料 7 との間に有意差が認められた (P<0.05)。飼料 4 の脛骨中の Ca 含量 34.0% は飼料区間で最も高く、飼料 1 の 33.8% と同等だった。脛骨中の P 含量には、有意な変化はみられなかったが、飼料 1 の 15.9% に対して、飼料 7 は 17.2% と飼料区間で最も高い値を示し、飼料 4 の 16.0% は、飼料 1 と同等だった。

5. 排泄物中の水分, 灰分, Ca および P の出納

表 7 に示したとおり、排泄物中の水分は、飼料 (飼料 3 から 5) 中の P (NpP) 含量の増加にともなって直線的に増加したが、飼料 (飼料 6 から 8) 中の Ca 含量は、排泄物中の水分含量に有意な影響を及ぼさなかった。飼料 3 から飼料 5 の Ca 蓄積量および飼料 6 から飼料 8 の P 蓄積量に有意な変化はみられなかった。また、飼料 2 の Ca 摂取量および Ca 排泄量, P 摂取量および P 排泄量は飼料 1 に比べて有意に低かったが (P<0.05), Ca 蓄積量および P 蓄積量に有意差はみられなかった。飼料 3 から飼料 8 の Ca 蓄積量および P 蓄積量は、いずれの区も飼料 1 および飼料 2 を上回っていた。

考 察

本研究においてCa水準を3.33%の一定としてP3水準(0.75%, 1.00%および1.25%)に調製した飼料,あるいはP水準を0.75% (NpP 0.50%)の一定としてCa3水準(2.90%, 3.20%および4.00%)に調製した飼料を給与した場合の産卵成績では,市販飼料を給与した区と遜色のない成績まで回復した区はなかったが,飼料7の卵殻強度,卵殻厚,血清成分および脛骨成分値は,飼料1と同等であった。飼料中のCa水準を高めると卵重は増加の傾向を示し,血清中のCaおよびP含量,産卵率および卵殻中のP含量は低下の傾向にあった。一方,飼料中のP水準を高めると卵重は低下の傾向を示し,血清中のP含量は増加したが,血清中のCa含量には影響がなく,産卵率および卵殻中のP含量は一定の傾向を示さなかった。飼料中のCaおよびP水準と卵殻色の明度および赤色度の改善については,明確にならなかった。

Frost and Roland (1991)は,飼料中のCa水準を2.75%から4.25%まで高めると1日当たりの飼料摂取量が2.1g増えたことを報告しており,本研究における,飼料中のCa水準を2.90%(飼料6)から4.00%(飼料8)まで高めたときの飼料摂取量が1.5g増加した結果と同様である。また,飼料中のCa水準の違いにより産卵率および卵重には影響がなかった(Frost and Roland, 1991)ことや, $P0.75\% (NpP0.45\%) \times Ca3$ 水準(2.5%, 3.5%および4.5%)の飼料を給与したClunies *et al.* (1992)の報告で,産卵率,卵重および卵殻中のCa含量(%)に有意差がなかったことは, $P 0.75\% (NpP 0.50\%) \times Ca3$ 水準(2.90%, 3.20%および4.00%)の飼料を給与した本研究の結果と一致する。Miles and Harms (1982)は,飼料中のCa水準を3.25%から4.65%へ増やすことで血漿中のP含量が減少するのは,腸管からのP吸収が阻害されることによると考察しており,本研究では,飼料中のP水準を0.75% (NpP 0.50%)の一定として, Ca水準を2.90% (飼料6)から4.00% (飼料8)まで高めたときの血清中のP含量が直線的に低下した。また, Miles and Harms (1982)は,この血漿中のP含量の減少により骨中のCa動員が行われて卵殻質が向上するとしており,本研究における卵殻強度および卵殻厚では,飼料6(飼料中Ca 2.90%)に比べて飼料7(同3.20%)および飼料8(同4.00%)で有意に向上している。高P飼料の給与によって血清中のP含量が増加すると,骨形成にCaが動員され,卵殻質が低下する(Miles and Harms, 1982)ことは,本研究の飼料3から飼料5における血清中のP含量の増加と卵殻質(卵殻強度および卵殻厚)が低下したことと一致している。

Yoselewitz and Balnave (1989)は,食塩含量の高い飲水(2g/l)を7週間給与することにより低下した卵殻質(破卵,ひび割れ卵および卵殻厚)が,正常な飲み水に切り替えても8週間以上回復しなかったと報告している。Austic (1984)は卵重,卵殻強度および卵殻厚に負の影響を与えるのは飼料中の過剰な塩素(Cl 0.75~0.90%)であったと報告していることから,本研究における飼料3から飼料8におけるCl含量(0.87~1.06%)は過剰な水準にあったと考えられるが,P水準を0.75% (NpP 0.5%), Ca水準を3.20%以上の飼料を4週間給与することで,卵重は回復しなかったものの,卵殻強度および卵殻厚は飼料1と同程度にまで向

上した。食塩あるいはClの摂取により卵殻質が低下しても,産卵率および卵重は低下しない(Austic, 1984; Yoselewitz and Balnave, 1989)ことは,卵殻質の他,産卵率および卵重が低下した本研究の結果と一致しなかったが,食塩あるいはClの摂取による卵殻質の低下は,飼料中のCaおよびP水準を高めることで低減できる可能性を示唆している。

飼料中のP水準(0.30から2.00%まで)を増加させると,排泄物中の水分含量は直線的に増加するが,飼料中のCa含量の増加(3.00から5.00%まで)は排泄物中の水分に影響しない(Smith *et al.*, 2000)ことは,本研究における飼料中のP含量の増加(0.75%, 1.00%および1.25%)に対する排泄物中の水分が直線的に増加したこと,および飼料中のCa含量の増加(2.90%, 3.20%および4.00%)に対する排泄物中の水分に有意な変化がみられなかったことと一致する。飼料2の1日1羽当たりのCa摂取量3.15gおよびNpP摂取量282mgは,日本飼養標準(2004)のCa要求量3.28g(産卵日量49gの場合)およびNpP要求量324mgを満たしていなかった。飼料1に比べて飼料2のCaおよびPの摂取量は有意に低かったが, CaおよびPの排泄量も顕著に低下しており,その結果Ca蓄積量およびP蓄積量には有意差が認められなかったことは,低Ca,低P飼料の給与時におけるCaおよびP蓄積率が高まったことを示しているが,産卵成績,卵殻質および血清中のCaおよびP含量は明らかに低かった。飼料3から飼料8のCa摂取量は,日本飼養標準(2004)のCa要求量3.60g(産卵日量56gの場合)を満たしており, Ca蓄積量はいずれの区も飼料1を上回っていた。さらに,飼料3から飼料8のP摂取量およびP蓄積量はいずれも飼料1を上回り,要求量を満たしていたが,飼料2に比べて血清中のCaおよびP含量,卵殻強度および卵殻厚は改善されたものの,産卵成績および卵殻色の明度および赤色度は改善しなかった。

飼料2は,血清中のCaおよびP含量,産卵日量および飼料要求率等の産卵成績が飼料1に比べて有意に低かったが,脛骨成分および卵殻中のCa含量に有意差はなかったことから,低Ca,低P飼料を10週間程度給与すると先ず血清中のCaおよびP含量の低下が起こり,さらに長期的に給与を継続すると骨からの動員によって産卵を継続することを示唆している。

以上のことから,本研究では,市販飼料の50%を乾燥残さに代替した飼料の44週間の給与(小嶋, 2007)で明らかとなった血清中のCaおよびP含量の低下,卵殻質(卵殻強度および卵殻厚)の低下については,飼料中のPおよびCa水準をP 0.75% (NpP 0.50%) \times Ca3.20あるいは4.00%とすることで市販飼料を給与した区と同等まで改善された。しかしながら,市販飼料の50%を乾燥残さに代替した飼料について,産卵鶏のCa要求量を満たし, NpP水準を過剰にしても,あるいは, NpP水準を0.5%に調製した飼料中のCa水準を変化させても,産卵成績および卵殻色が市販飼料を給与した区と同等の成績まで改善した区はなかった。また,本研究では,市販飼料の50%を乾燥残さに代替した飼料を7週間給与した状態からCaおよびP水準を調製した飼料を給与したが,試験開始当初から水準調製した飼料を給与した場合の産卵鶏の反応は不明である。飼料中のP過剰は,卵殻質を低下させると考えられ(Hartel, 1989; Boorman and Gunaratne, 2001),飼

料3から飼料5の卵殻強度および卵殻厚が直線的に低下したことから、適した NpP 水準は 0.5% より低い可能性を示唆している。加えて、排泄物中の P 低減も重要な課題であるため、今後は、卵殻質の低下と飼料への Ca や P あるいはその両方について、添加の影響および最も効果的な添加バランスを考えるべく、さらなる検討が必要である。

謝 辞

本研究をまとめるにあたり日本大学生物資源科学部教授 泉水直人先生にご校閲をいただいた。ここに記して深く感謝します。

引用文献

- Austic RE. Excess dietary chloride depresses eggshell quality. *Poultry Science*, 63 : 1773-1777. 1984.
- Bar A and Hurwitz S. Egg shell quality, medullary bone ash, intestinal calcium and phosphorus absorption, and calcium-binding protein in phosphorus-deficient hens. *Poultry Science*, 63 : 1975-1979. 1984.
- Boorman KN and Gunaratne SP. Dietary phosphorus supply, egg-shell deposition and plasma inorganic phosphorus in laying hens. *British Poultry Science*, 42 : 81-91. 2001.
- Chen J and Balnave D. The influence of drinking water containing sodium chloride on performance and eggshell quality of a modern, colored layer strain. *Poultry Science*, 80 : 91-94. 2001.
- Clunies M, Parks D and Leeson S. Calcium and phosphorus metabolism and eggshell formation of hens fed different amounts of calcium. *Poultry Science*, 71 : 482-489. 1992.
- Damrom BL, Wilson HR and Harms RH. Sodium chloride for broiler breeders. *Poultry Science*, 62 : 480-482. 1983.
- 独立行政法人農業・生物特定産業技術研究機構. 日本飼養標準・家禽. 2004年版. 中央畜産会. 東京. 2004.
- 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. 中央畜産会. 東京. 2002.
- Frost TJ and Roland DA. The influence of various calcium and phosphorus levels on tibia strength and eggshell quality of pullets during peak production. *Poultry Science*, 70 : 963-969. 1991.
- Hartel H. Evaluation of the dietary interaction of calcium and phosphorus in the high producing laying hen. *British Poultry Science*, 31 : 473-494. 1989.
- Junqueira OM, Costa PT, Miles RD and Harms RH. Inter-relationship between sodium chloride, sodium bicarbonate, calcium, and phosphorus in laying hen diets. *Poultry Science*, 63 : 123-130. 1984.
- Keshavarz K. The effect of variation of calcium intake on production performance and shell quality. *Poultry Science*, 65 : 2120-2125. 1986.
- Kojima S. Dehydrated kitchen waste as a feedstuff for laying hens. *International Journal of Poultry Science*, 4 : 689-694. 2005.
- 小嶋禎夫. 乾燥処理した厨房残さの長期給与が産卵鶏の産卵成績および卵殻質に及ぼす影響. 日本家禽学会誌, 44 : J1-J8. 2007.
- Miles RD and Harms RH. Relationship between egg specific gravity and plasma phosphorus from hens fed different dietary calcium, phosphorus, and sodium levels. *Poultry Science*, 61 : 175-177. 1982.
- 農林水産省生産局. 自給飼料をめぐる情勢について. 1頁. 農林水産省. 東京. 2006.
- Rao KS, Roland DA and Hoerr FJ. Response of early- and late-maturing commercial leghorn pullets to low levels of dietary phosphorus. *Poultry Science*, 71 : 691-699. 1992.
- 飼料分析基準研究会編. 飼料分析法・解説. 社団法人日本科学飼料協会. 第4章. 37-42頁. 東京. 2004.
- Smith A, Rose SP, Wells RG and Pirgozliev V. Effect of excess dietary sodium, potassium, calcium and phosphorus on excreta moisture of laying hens. *British Poultry Science*, 41 : 598-607. 2000.
- Summers JD. Reduced dietary phosphorus levels for layers. *Poultry Science*, 74 : 1977-1983. 1995.
- Yoselewitz I and Balnave D. Responses in egg shell quality to sodium chloride supplementation of the diet and/or drinking water. *British Poultry Science*, 30 : 273-281. 1989.

Effects of Dietary Calcium and Phosphorus Levels of Dehydrated Kitchen Waste on Laying Performance and Eggshell Quality in Hens

Sadao Kojima, Ayumi Suzuki and Rie Maruta

Agricultural Products Development Division, Tokyo Metropolitan Agriculture
and Forestry Research Center, Ome, Tokyo 198-0024

An experiment was conducted to study the effects of various levels of dietary calcium (Ca) and phosphorus (P) in dehydrated kitchen waste (DKW) on the laying performance and eggshell quality in egg-laying hens. A total of 96 (Rhode Island Red, YR line) 28-week-old egg-laying hens were assigned to 8 treatment groups. The experiment period lasted 11 weeks. In the first 7 weeks, the control birds were fed a 100% commercial diet (diet 1) or a 50% DKW and 50% commercial diet (diet 2) by weight. Diet 2 was used as a basal diet. In the next 4 weeks, diet 1 or one of the 7 diets, namely, diet 2 to 8, were fed. Diets 3–5 comprised basal diet ; 3.33% Ca ; and 0.75, 1.00, and 1.25% P, respectively, and diets 6–8 comprised basal diet ; 0.75% P ; and 2.90, 3.20, and 4.00% Ca, respectively. Each treatment was tested in duplicate with 6 birds each. The egg-laying performance was recorded throughout the experiment, and the contents of crude ash, Ca and P in the tibia, and serum Ca and P contents were determined at the end of experiment. The Ca and P contents in the eggshell and excreta were determined in the last week of the experiment.

In the first 7 weeks, feed intake, feed conversion, hen weight, egg mass, and egg weight were significantly low in the case of hens fed with diet 2. In the next 4 weeks, there were no differences in the egg mass, egg production, and feed conversion with increased dietary Ca or P levels. However, shell strength and shell thickness remarkably increased with dietary Ca levels. The serum Ca level significantly increased compared to that observed in the case of diet 2 ($P < 0.05$). The serum P level significantly increased with dietary P levels and tended to decrease with increased dietary Ca levels. Ca and P retention in the case of diet 1 and 2 was equivalent. Ca and P retention were significantly higher in the case of birds fed with diets 3 to 8 than diets 1 and 2 ($P < 0.05$). From these results, we concluded that raising the Ca and P levels in 50% DKW increased the serum Ca and P concentrations and effectively improved shell strength and shell thickness. However, the effects of increased Ca and P on egg production, lightness of eggshell, and redness of eggshell were not clear from our results.

(Japanese Journal of Poultry Science, 45 : J66-J73, 2008)

Key words : laying hen, kitchen waste, eggshell quality, calcium level, phosphorus level