産卵鶏におけるカルシウムの給与時期が生産農場の 卵殻質や破卵率に及ぼす影響

後藤尚也・江利川智己・高田勝広・田上雅之

日本配合飼料株式会社中央研究所, 栃木県芳賀郡茂木町字天子 451, 321-3621

本実験では、カルシウム (Ca) 給与時期が生産農場の卵殻質、破卵率および収益性に及ぼす影響について検討した。使用した鶏は、強制換羽後 90 日齢の白色レグホーン種産卵鶏 (ジュリア) を用い、対照鶏には Ca を 3.8% 含有した通常飼料を、試験鶏には午前 5 時から午後 1 時まで 1.0% Ca 含有の低 Ca 飼料を、午後 1 時から午後 8 時まで 6.1% Ca 含有の高 Ca 飼料を給与した。対照鶏と試験鶏はそれぞれ約 3 万羽で、計 6 万羽のニワトリを使用した。対照鶏と試験鶏は鶏舎構造を同一とするセミウインドレス鶏舎で照明開始を午前 3 時とする 17 時間照明で 120 日間飼育し、試験期間中における生存率と産卵成績を調査した。また、試験開始時、試験開始 40, 80 及び 120 日後の卵殻質を測定すると共にインラインにより GP センター内に鶏卵を搬送し、破卵率と汚卵率を測定した。その結果、対照鶏と試験鶏の間で、Ca 給与時期の相違による生存率、産卵率、卵重、日卵量、飼料摂取量及び飼料要求率に差は認められなかった。卵殻強度、卵殻割合及び卵殻表面積当たりの卵殻重は、対照鶏と試験鶏のいずれにおいても試験開始時に比べて終了時に減少する傾向を示したが、減少の程度は試験鶏の方が少なく、卵殻割合と卵殻表面積当たりの卵殻重は試験開始 120 日後において、試験鶏の方が有意に増加した。GP センターにおいて調査した破卵率は、Ca を 3.8% 含有した飼料を自由摂取させた対照鶏では開始時に比べて試験開始 40 日以降最大で約 4.8 倍まで増加したが、試験区では、80 日後まで破卵率の増加は認められず、120 日後においても破卵率の増加の程度は約 1.4 倍であり、対照鶏に比べて少なかった ($P < 0.05$)。汚卵率には、差がなかった。正常卵の割合は、対照鶏で 61.3%、試験鶏で 74.2% となり、3 万羽規模の鶏群で 1 日約 1.7 万円の収益性が向上することが示された。

以上の結果から、Ca 含量の低い飼料を午前に、Ca 含量の高い飼料を午後給与することにより、卵殻質を改善し、生産農場における破卵率を減少させ、収益性を改善させることが示唆された。

キーワード : 破卵率, 卵殻質, カルシウム, 給与時期, ニワトリ

緒 言

産卵鶏の生体内における全カルシウム (Ca) 量は 20~30 g (Taylor, 1965) で、その内約 98% が骨に存在し (Common, 1938)、骨の支持成分としての役割を果たすと共に、産卵しているニワトリでは体内カルシウムの約 10% に相当する Ca が卵殻と卵黄などに消費されてい

る。ニワトリにおいても、骨が Ca の貯蔵庫としての役割を果たしていることは知られている (Duckworth and Hill, 1953)。ニワトリでは 1 個の卵を産むのに約 2g と体内 Ca 量の 10% 近くの Ca を必要とするので、ニワトリを含めて鳥類では、支持組織としての骨 (cortical bone : 皮骨) よりも 10~15 倍 Ca の代謝回転率が高い骨髓骨 (medullary bone) と呼ばれる特殊な骨がエストロゲンとアンドロジェンの共同作用によって大腿骨腔に産卵の開始前に形成され、産卵などにおける Ca 需要の増加に対応する機構が発達している (Simkiss, 1975)。Chah (1971) は、エネルギー、蛋白質、カルシウムを産卵鶏に選択的に摂取できるように給与した場合、エネルギーと蛋白質摂取量は、排卵後卵白の形成が行われる午前 11 時以降と午後 6 時から消灯までにかけて増加する

2001 年 8 月 29 日受付 2001 年 12 月 3 日受理

連絡者 : 後藤尚也

〒321-3621 日本配合飼料株式会社中央研究所, 栃木県芳賀郡茂木町字天子 451

Tel 0285-63-1121

Fax 0285-63-1120

Email : hisaya.goto@nippai.co.jp

2相性のピークがあること、カルシウム摂取量は、卵殻形成が行われる午後2時以降、急激に増加することを報告し、卵殻形成に最適なカルシウムまたは蛋白質、エネルギーの給与時刻があることを見いだした。卵殻へのCa沈着におけるCa利用は、午前中にCaを給与した場合はCaの多くは骨を介して卵殻に沈着するが、午後には給与した場合はCaは骨を介さず直接卵殻に沈着することが多くなる(Roland and Farmar, 1984)という。放射性Caを使用した実験では、卵殻形成に利用されるCaの内、骨からのCaが占める割合が高くなるにつれて卵殻質は劣る(Farmer *et al.*, 1983)ことが報告され、また、産卵鶏において0.4%の低Ca飼料を給与し、午前8時または午後4時に3gのCaを強制給与すると、卵殻形成時期でない午前8時にCaを強制給与した場合には卵殻質が悪化すること(Lennards and Roland, 1981)、午前に低Ca飼料、午後には高Ca飼料を給与すると卵殻質が改善されること(Cason and Britton, 1981; Bootwalla *et al.*, 1982; Hellwig *et al.*, 1982)から、午後にはCaをより多く摂取させた方が卵殻質を向上させる可能性が示唆されているが、生産農場における実用面での検討についての報告は未だ見当たらない。

そこで、本実験では、生産農場において1日のCa摂取量を一日を通して3.8%Caを含有する通常飼料を給与した場合と同等になるように調整して、卵殻の形成を行っていない時期(午前)にCa含量1.0%の低Ca飼料、卵殻形成期(午後)にCa含量6.1%の高Ca飼料を給与することで、種々の卵殻質と共にGPセンターにおいて破卵率を調査することによりCa給与時期が収益性に及ぼす効果を明らかにしようとした。

材料及び方法

供試鶏と試料採取

本実験に使用したニワトリは、東北地区・第一ポーターファーム株式会社(飼育規模:約90万羽)において飼育されている80週齢の白色レグホーン種産卵鶏(ジュリア)で、67週齢において絶食による強制換羽を行ったニワトリを供した。即ち、7日間程度絶食を行い、体重を絶食前の75%程度まで減少させた後、再び飼料給与量を段階的に増加させて給与し、産卵成績が比較的安定した強制換羽90日後のニワトリを供試した。鶏舎は、側壁を舎内温度の変化により自動的に開閉が可能なセミウインドレス鶏舎であり、ケージシステム(Big Dachman社製)は、A型(雛段)4段の4列で、鶏卵は、インラインによりGP(Grade and Packing)に搬送され、洗卵、選別およびパッキングされ商品化がなされる構造となっている。

ニワトリは、午前3時を点灯とする17時間照明7時間暗黒の明暗周期下で、間口50.2cm、奥行50.0cm、高さ46.0cmのケージ内で5羽飼いで飼育した(78羽/坪)。対照鶏、試験鶏それぞれ約3万羽を1鶏舎とした鶏群、計約6万羽を試験に用い、対照鶏には、Ca含量3.8%の飼料(通常飼料)を自由摂取させ、試験鶏には、午前5時から午後1時までCa含量1.0%の低Ca含有飼料を、午後1時から午後8時までCa含量6.1%の高Ca含有飼料を自由摂取させた。低Ca含有飼料と高Ca含有飼料は、各鶏舎に設置されている2本の飼料タンク(容量;10トン)に別々に保存し、タイマーの設定に従い自動給餌機により鶏舎内に搬送した。飼料の給餌方法は、1回の給餌で1羽当たり20~25gの給餌量を調整可能なチェーンフィーダーシステムを用い、午前5時と午前8時の2回に分けて低Ca含有飼料を、午後1時、午後3時及び午後5時の3回に分けて高Ca含有飼料を1回1羽当たり20~25gを給与した。なお、この給与方法は、1日の飼料摂取量を115g/羽に設定し、低Ca含有飼料を45%、高Ca含有飼料を55%摂取させると、1日当たりのCa摂取量は、予備試験の結果から対照鶏と試験鶏で同一となるように、飼料切り替え時期を設定した。水については、対照鶏、試験鶏共に自由摂取させた。試験に用いた飼料の配合率と成分は表1に示した。

飼料摂取量、カルシウム摂取量、生存率、産卵成績及び飼料要求率

対照鶏と試験鶏のニワトリを120日間飼育し(1998年4月16日より開始)、試験期間における生存率、産卵率、卵重、飼料摂取量、日卵量を求め、飼料摂取量を日卵量で除することにより飼料要求率を算出した。

飼料摂取量は、各鶏舎3万羽を1群として、1週間に1度飼料タンクの残餌量を測定し、給与量から残餌量を減じた値を給与日数と羽数で除することにより1日1羽当たりとして求めた。なお、試験鶏における残餌量は高Ca含量飼料と低Ca含量飼料とで別々に測定した。

卵殻強度、卵殻重、卵殻割合及び卵殻表面積当たりの卵殻重の測定

試験開始時、試験開始40、80及び120日後において、無作為に50~60個の卵を採取し、それらの卵において卵重、卵殻強度及び卵殻重を測定し、卵殻割合、卵殻表面積当たりの卵殻重を算出した。卵殻強度は加圧破壊法によって測定した。すなわち、卵殻強度は、市販の卵殻強度計(富士工業株式会社製)を用い、卵の鋭端部を下に、鈍端部を上にして下部から加圧し、卵殻の亀裂が生じたときの圧力を測定することによって求めた。卵殻重は、鶏卵を割卵した後、卵白の付着がなくなるまで蒸留水で洗浄した後105°Cで3時間乾燥して測定した卵殻

表 1. 3.8%, 1.0% 及び 6.1% のカルシウムを含む飼料の原料組成と成分計算値

Table 1. Composition and calculated ingredient of diets of 3.8% calcium (Ca), 1.0 % Ca and 6.1% Ca

組成 Compositions	割合 (%) Percentage (%)		
	3.8% カルシウム飼料 3.8% Ca diet	1.0% カルシウム飼料 1.0% Ca diet	6.1% カルシウム飼料 6.1% Ca diet
とうもろこし Corn	59.1	62.1	58.4
ふすま Wheat bran	0.5	10.0	...
脱脂米糠 Defatted rice bran	2.72	2.85	...
大豆粕 Soybean meal	19.0	17.6	7.63
グルテンミール Gulden meal	3.0	3.0	8.8
魚粉 Fish meal	1.0	1.0	3.0
肉骨粉 Meat born meal	2.0	...	3.3
動物質性油脂 Animal fat	3.0	0.6	3.5
炭酸カルシウム Calcium carbonate	8.57	1.25	14.71
リン酸カルシウム Calcium phosphate	0.64	1.13	...
食塩 Salt	0.25	0.25	0.25
L-リジン L-Lys	...	0.02	0.19
DL-メチオニン DL-methionine	0.06	0.05	...
塩化コリン Choline chloride	0.01	...	0.07
パプリカ Paprika	0.09	0.09	0.09
ビタミンミネラル混合 Vitamine mineral mix	0.06	0.06	0.06
計 Total	100	100	100
粗蛋白質 Crude protein (%)	17.2	17.2	17.2
粗脂肪 Crude fat (%)	5.82	3.64	6.57
粗繊維 Crude fiber (%)	2.60	3.48	1.76
粗灰分 Crude ash (%)	12.53	5.57	17.91
カルシウム Calcium (%)	3.8	1.0	6.1
リン Phosphorus (%)	0.6	0.7	0.46
代謝エネルギー Metabolic energy (kcal/kg)	2,880	2,880	2,880
リジン Lysine (%)	0.83	0.82	0.82
メチオニン+シスチン Methionine Cystine (%)	0.62	0.62	0.62

の重量とした。卵殻表面積当たり卵殻重は、NordstromとOuterhout (1982) が推定した次の計算方法により算出した。

卵殻表面積当たり卵殻重 (SWUSA ; Shell weight per unit surface area)

$$(\text{mg}/\text{cm}^2) = (\text{卵殻重 (g)} \times 1000) / \text{卵殻の表面積 (cm}^2)$$

$$\text{卵殻の表面積 (cm}^2) = 3.9782 \times \text{EW}^{0.7056} \quad (\text{EW ; 卵重 (g)})$$

GP センターにおける破卵、汚卵及び収益性の測定

対照鶏、試験鶏のそれぞれについて、試験開始時、試験開始 40, 80 及び 120 日後において、インラインシステムにより対照鶏、試験鶏の各鶏舎から別々に GP センターに鶏卵を搬送し、破卵数と汚卵数を測定し、破卵率と汚卵率を算出した。各区、1 回の測定に約 2~3 万卵を供した。破卵数は、卵殻が割れた鶏卵や透光検卵により卵殻に亀裂が認められ正常卵として商品化が困難な鶏卵の数を測定した。汚卵数は、鶏糞付着卵、卵黄付着卵及び血液付着卵の総個数で正常卵として商品化が困難な鶏卵の数を測定した。その他は、奇形卵、二黄卵及び卵重規格が S 未満 (46g 未満) の鶏卵数とし、総個数で除することによってそれぞれの割合を算出した。なお、洗卵選別には、1 時間に 6 万卵の処理能力のある洗卵選別機 (共和機会株式会社 : JOB-6000) を用いた。

収益性は、試験開始 40, 80 及び 120 日後に 3 回測定した対照鶏の 1 日当たりの生産量に正常卵の増加分と正常卵価格 160 円/kg を乗じて算出した金額より正常卵の

増加分に相当する破卵率の改善率に特殊卵安値価格 60 円/kg を乗じて算出した金額を減じて算出した収支差額とした。収支差額は、次式により算出した。

$$\begin{aligned} \text{収支差額} = & \text{対照区の総個数 (個)} \times \text{破卵の改善率} \\ & (\%) / 100 \times \text{対照区の正常卵の卵重 (g)} / \\ & 1000 \times (\text{正常卵価格 (円/kg)} - \text{特殊卵安} \\ & \text{値価格 (円/kg)}) \end{aligned}$$

統計処理

データの統計処理は分散分析により F 値を検定した後、ダンカンの多重範囲検定法で危険率が 5% 以下になった場合に有意な差があるものとし、2 つの平均値の差の検定は、Student's t-test で行った。

結 果

午前は低 Ca 含有飼料 (Ca ; 1.0%)、午後は高 Ca 含有飼料 (Ca ; 6.1%) を給与した場合の試験鶏における生存率、産卵率、卵重、日卵量、飼料摂取量及び飼料要求率を、それぞれ、通常飼料 (Ca ; 3.8%) を給与した場合の対照鶏と比較した。

表 2 に示されるように、生存率、産卵率、卵重、日卵量、飼料摂取量及び飼料要求率は対照鶏と試験鶏との間で有意な差は認められなかった ($P > 0.05$)。低 Ca 含有飼料と高 Ca 含有飼料の飼料摂取量は、それぞれ 46.1g、63.7g で摂取比率は、42 : 58 となり、試験期間中の Ca 摂取量は、対照鶏では、1 日 1 羽当たり 4.17g、試験鶏では、4.35g であった。

試験開始前と試験開始 40, 80 及び 120 日後に、無作為

表 2. 産卵成績に及ぼす飼料中のカルシウム摂取時刻の影響

Table 2. Influence of time of dietary calcium intake on laying performance

	対照区 Control	試験区 Treatment
生存率 (%) Viability (%)	99.7	99.7
産卵率 (%) Egg productin ratio (%)	78.1±4.58*	77.6±3.36
卵重 (g) Egg weight (g)	65.9±0.70	65.1±0.54
日卵量 (g) Egg mass (g)	51.6±3.58	51.3±2.38
飼料摂取量 (g) Feed intake (g)	109.8±3.95	109.8±2.67
飼料要求率 Feed convertion	2.135±0.096	2.141±0.065

対照区には、3.8% のカルシウムを含む飼料を自由摂取させ、試験区には、午前 5 時から午後 1 時まで 1.0% のカルシウムを含む飼料を午後 1 時から午後 8 時まで 6.1% のカルシウムを含む飼料を給与した。

The control group was fed 3.8% calcium diet *ad libitum*, and the treatment group was fed 1.0% calcium diet from 5 am to 1 pm and 6.1% calcium diet from 1 pm to 8 pm daily.

* : 平均値±標準偏差.

* : Values are the mean±SDM.

中のカルシウム摂取時刻の影響

calcium intake on various shell quality

日後 40 days	80 日後 After 80 days		120 日後 After 120 days	
	試験区 Treatment	対照区 Control	試験区 Treatment	対照区 Control
63.9±5.97 ^a	68.3±5.40 ^{bc}	67.4±5.81 ^{bc}	69.6±5.15 ^c	68.9±4.89 ^c
3.71±0.75 ^d	3.37±0.91 ^{bc}	3.15±0.75 ^{ab}	2.93±0.76 ^a	2.97±0.70 ^a
6.04±0.62 ^{ab}	6.05±0.58 ^{ab}	6.15±0.49 ^b	5.88±0.52 ^a	6.09±0.55 ^{ab}
9.47±0.64 ^d	8.87±0.74 ^{bc}	9.13±0.80 ^{bc}	8.47±0.64 ^a	8.85±0.74 ^b
80.8±5.35 ^c	77.2±6.16 ^b	79.1±5.98 ^{bc}	74.1±5.36 ^a	77.3±6.16 ^b

シウムを含む飼料を午後 1時から午後 8時まで 6.1%のカルシウムを含む飼料を給与した。
diet from 5 am to 1 pm and 6.1% calcium diet from 1 pm to 8 pm daily.

の程度は、試験鶏の方が少なく、卵殻割合と卵殻表面積当たりの卵殻重は、試験開始 120 日後において、試験鶏の方が有意に増加した ($P<0.05$)。これらの結果は、午前に低 Ca 飼料、午後に高 Ca 飼料を給与すると卵殻質が改善される報告 (Cason and Britton, 1981; Bootwalla *et al.*, 1982; Hellwig *et al.*, 1982) と一致した。卵重は、試験開始 40 日後においてのみ試験鶏の方が対照鶏に比べて有意に減少した ($P<0.05$) が、120 日間通算の卵重は、対照鶏と試験鶏に差はないこと、試験開始 80 日後と 120 日後の卵重にも差がないことから、Ca 給与時期の相違による卵重の減少ではなく、一時的な変動であった可能性が高いものと考えられた。

GP センターにおいて調査した破卵率は、Ca を 3.8% 含有した飼料を自由摂取させた対照鶏では、開始時に比べて試験開始 40 日以降最大で約 4.8 倍まで増加したが、試験区では、80 日後まで破卵率の増加は認められず、120 日後においても破卵率の増加の程度は約 1.4 倍であり、対照鶏に比べて少なかった ($P<0.05$)。汚卵率、その他の割合には、差がなかった ($p>0.05$)。卵殻質の測定項目と農場破卵率との関係について検討した Abdou ら (1993) によると本実験で測定した項目の内、破卵率と卵殻割合との相関が最も高く ($R^2=0.88$)、次いで、卵殻表面積当たりの卵殻重 ($R^2=0.79$)、卵殻重 ($R^2=0.59$) であり、卵重が最も低い ($R^2=0.37$) としている。同様に、卵殻強度と破卵率の場合においても相関は低い ($R^2=$

0.16) とされている (Charles, 1989)。本実験においても、GP センターで破卵率が改善された一方で、卵殻強度は試験鶏において対照鶏に比べて改善傾向が少なく、卵殻割合と卵殻表面積当たりの卵殻重が試験開始 120 日後において有意に試験鶏の方が対照鶏に比べて増加することが認められていることから、破卵率の指標としての卵殻質の測定項目は、卵殻割合または卵殻表面積当たりの卵殻重の方が卵殻強度に比べて優れていることが示唆される。また、正常卵の割合は、対照鶏で 61.3%、試験鶏で 74.2% となり、対照鶏に比べて試験鶏の方が約 12.9% 増加し、3 万羽規模の鶏群で 1 日約 1.7 万円の収益性が向上することが示された。

以上述べてきたように、午前に Ca 含有 1.0% の低 Ca 飼料を、午後に Ca 含有 6.1% の高 Ca 飼料を給与することで、生存率、産卵率、飼料要求量に影響を与えず、卵殻質を向上させ破卵率を減少させることにより鶏卵生産農場の収益性を向上させる可能性が示唆された。しかし、実用に当たっては、飼料タンクを 2 本併設する必要があり、飼料の切り替えのための設備が必要なこと、飼料の銘柄が倍になり農場における管理が煩雑になることが今後の検討課題であろう。

謝 辞

本実験遂行に当たり、試験場所を提供戴いた、第一ポトリファーム株式会社社員一同及び終始実験に協

表 4. 破卵率と汚卵率に及ぼす飼料

Table 4. Influence of time of dietary calcium

	開始時 Before treatment		40 日後 After 40 days	
	対照区 Control	試験区 Treatment	対照区 Control	試験区 Treatment
総個数 (個) Total (No.)	25,951	30,156	19,425	20,378
破卵 (個) Crack eggs (No.)	1,599	3,539	5,762	1,471
割合 (%) Percentage (%)	6.2	11.7	29.7	7.2
汚卵 (個) Dirty eggs (No.)	2,985	3,888	4,309	3,221
割合 (%) Percentage (%)	17.7	12.9	22.2	15.8
その他 (個) Others (No.)	93	435	231	271
割合 (%) Percentage (%)	0.36	1.44	1.19	1.33
規格外卵 (個) Non-standard eggs (No.)	4,677	7,862	10,302	4,963
割合 (%) Percentage (%)	18.0	26.1	53.0	24.4

対照区には、3.8% のカルシウムを含む飼料を自由摂取させ、試験区には、午前 5 時から午後 1 時まで 1.0% のカルシウムを摂取させた。The control group was fed 3.8% calcium diet *ad libitum*, and the treatment group was fed 1.0% calcium diet *ad libitum*.

*: 平均値±標準偏差。

*: Values are the mean±SDM.

★ 対照区に対し、5% 水準で有意差あり (t-検定)。

★ P<0.05 versus control (t-test).

表 5. 収益性に及ぼす飼料中のカル

Table 5. Influence of time of dietary calcium

	総個数 (個) Total eggs (No.)	正常卵 (個) Normal eggs (No.)	正常卵の割合 (%) Percentage of normal eggs (No.)
対照区 Control	19,556	11,994	61.3
試験区 Treatment	21,889	16,241	74.2

* 収支差額は、正常卵 1 kg 当たり 160 円、破卵 1 kg 当たり 60 円として次式により算出した。

収支差額 (円) = 対照区の総個数 (個) × 破卵の改善率 (%) / 100 × 対照区の正常卵の卵重 (g) / 1,000 × (正常卵価格 - 破卵価格)

* Income and outgo balance was calculated by the next equation as 160 yen/kg normal egg, 60 yen/kg crack egg. Income and outgo balance (yen) = total egg number (No.) × improvement rate of crack eggs (%) / 100 × egg weight (g) (yen/kg).

★ 対照区に対し、5% 水準で有意差あり (t-検定)。

★ P<0.05 versus control (t-test).

中のカルシウム摂取時刻の影響

intake on crack egg and dirty percentage

80 日後 After 80 days		120 日後 After 120 days		平均 Average	
対照区 Control	試験区 Treatment	対照区 Control	試験区 Treatment	対照区 Control	試験区 Treatment
20,125	23,347	19,119	21,941	...	...
3,604	2,642	4,692	3,487	...	...
17.9	11.3	24.5	15.9	24.0±5.89	11.5±4.34**
1,675	3,326	1,604	2,078	...	...
8.3	14.2	8.4	9.5	13.0±7.98	13.2±3.30
399	101	411	346	...	...
1.98	0.43	2.15	1.58	1.77±0.51	1.11±0.60
5,678	6,069	6,707	5,911	...	...
28.2	26.0	35.1	26.9	38.8±12.8	25.8±1.31

シウムを含む飼料を午後 1 時から午後 8 時まで 6.1% のカルシウムを含む飼料を給与した。
 diet from 5 am to 1 pm and 6.1% calcium diet from 1 pm to 8 pm daily.

シウム摂取時刻の影響

calcium intake on profitability

生産量 (kg) Egg production (kg)	正常卵の卵重 (g) Egg weight of normal egg (g)	収支差額 (円) Income and outgo (yen)
790	65.866	...
1,057	65.082	16,616*

(円/kg) - 特殊卵安値価格 (円/kg)).

crack egg.

weight of contral normal eggs (g)/1,000×(normal egg price (yen/kg)-low price of Special

力戴いた日本配合飼料株式会社中央研究所・飼料畜産開発センター所員一同に感謝いたします。

引用文献

- Abdou GA, Harms RH and EL-Husseiny O. Various methods of measuring shell quality in relation to percentage of cracked eggs. *Poultry Science*, 72 : 2038-2043. 1993.
- Bootwalla SM, Harms RH and Wilson HR. Effect of feeding time and supplementation with calcium/phosphorus pellets on the performance of broiler breeders. *Poultry Science*, 61 : 1421. 1982.
- Cason JA and Britton WM. Egg shell quality following short-term feed deprivation. *Poultry Science*, 60 : 1636. 1981.
- Common RH. Observations on the metabolism of poullets III. *Journal of Agricultural Science*, 28 : 347. 1938.
- Chah CC. A study on the hen's nutrient intake as it related to egg formation. M. Sc. thesis. University of Guelph. 1971.
- Charles FS Jr. Relationship between several measures of shell quality and egg-breakage in a commercial processing plant. *Poultry Science*, 68 : 1730-1733. 1989.
- Duckworth J and Hill R. Storage of elements in the skelton. *Nutrition Abstract Reverse*, 23 : 1. 1953.
- Farmer M, Roland DA Sr. and Clark AJ. Influence of time of feeding on bone and dietary calcium utilization. *Poultry Science*, 62 : 1418-1419. 1983.
- Hellwig HM, Slagter PJ, Johnson ZB. Potential value of "mornig" and "afternoon" feeds for laying hens. *Poultry Science*, 61 : 1381. 1982.
- Hurwitz S and Bornstein S. The effect of high dietary calcium on performance of laying hens fed rations of varying energy levels. *Poultry Science*, 45 : 805-809. 1966.
- Lennnards RM and Roland Sr. The influence of time of dietary calcium intake on shell quality. *Poultry Science*, 60 : 2106-2113. 1981.
- Nordstrom JO and Outerhout LE. Estimation of shell weight and shell thickness from egg specific gravity and egg weight. *Poultry Science*, 61 : 1991-1995. 1982.
- Roland D.A and Farmer M. Egg shell Quality. *World's Poultry Science*, 40 : 255-260. 1984.
- Simkiss, K. Calcium and avian reproduction. *Symposia of Zoological Society of London*, No. 35 : 305-337. 1975.
- Taylor TG and Stringer DA. Eggshell formation and skeletal methabolism. In "Avian Physiology". (Sturkie PD ed). 2nd edition, pp. 485-514. 1965. Cornell University Press, New York.

Influence of Time of Calcium Intake on Eggshell Quality and Cracked Egg Rate in Laying Hens in the Production Farm

Hisaya Goto, Tomoki Erikawa, Katuhiro Takada and Masayuki Tagami

Laboratory of Nippon Formula Feed Mfg. Co., Ltd. Tochigi 321-3621

The study was designed to examine effects of the time of calcium (Ca) supplementation on eggshell quality, cracked egg rate and earning rate in the production farm. Chickens used in the study were White Leghorns egg-laying hens (Julia) aged 90 days after forced molt. Control hens were given a normal diet containing 3.8% Ca. In contrast, test hens were given a low-Ca diet containing 1.0% Ca between 5 : 00 and 13 : 00, and a high-Ca diet containing 6.1% Ca between 13 : 00 and 20 : 00. The number of the hens was 60,000 and was equally divided into the control and the test groups. The control and the test hens were housed for 120 days in similarly constructed semi-windowless houses under 17 hr light (03 : 00 to 20 : 00) per day. Survival and laying performance were examined during the study period. The eggshell quality was measured at 0, 40, 80, and 120 days after the study initiation, and the eggs were conveyed to the GP center by the in-line so as to measure the rate of cracked and dirty egg. The survival rate, the laying rate, the egg weight, the egg mass, the feed consumption, and the feed conversion were not different between the control and the test hens. The eggshell strength and the percentage of the eggshell and the eggshell weight per unit of surface area tended to decrease between the study initiation and completion in either the control or the test hens. The magnitude of the decreases was smaller in the test hens than in the control. The eggshell percentage and the eggshell weight per unit of surface area significantly increased by 120 days after the study initiation in the test hens. The cracked egg rate measured in the GP center after 40 days of the study initiation increased up to maximum approximately 4.8 times to pre-study initiation value in the control hens given the diet containing 3.8% Ca. In the test hens, the cracked egg rate was stable until 80 days of the study initiation and the increase at 120 days was approximately 1.4 times to pre-study initiation value. The incidence of the cracked egg was significantly ($p < 0.05$) different between the control and the test hens, while the dirty egg rate was not different. The normal eggs accounted for 61.3% in the control hens and 74.2% in the test hens. The earning rate in 30,000 hens increased by approximately 17,000 Japanese yen a day.

In conclusion, the Ca supplementation regimen consisting of low Ca diets in the morning and high Ca diets in the afternoon was suggested decreasing in the cracked egg rate and raising the profit in the production farm as well as improving the eggshell quality.

(*Japanese Poultry Science*, **39** : J46-J55, 2002)

Key words : cracked egg rate, eggshell quality, calcium, a time of supplementation, chicken