Copyright ©2004, Japan Poultry Science Association

日本家禽学会誌, *41* : J201-J206, *2004*

アミノ酸添加低蛋白飼料給与時の産卵鶏における非フィチンリン要求量

米持千里[1)]・藤崎浩和[2)]・花積三千人[2)]・橋元康司[1)]・高木久雄[1)]

[1)] 社団法人日本科学飼料協会，東京都中央区新川 2-6-16 104-0033
[2)] 社団法人日本科学飼料協会科学飼料研究センター，千葉県成田市吉倉 821 286-0133

窒素（N）およびリン（P）の排泄量を低減する産卵鶏用の環境負荷物質低減飼料開発の一環として，不足する必須アミノ酸と消化酵素（セルラーゼ，キシラナーゼおよびペクチナーゼ）を添加した粗蛋白質（CP）14%飼料における非フィチンP（NpP）要求量を検討した。

試験には，318日齢の産卵鶏を100羽用い，NpPを0.18%から0.34%まで0.04%間隔で変化させた5飼料を6週間不断給与した。試験期間中の産卵成績を調査するとともに，試験最終週にPの出納を調査し，さらに試験終了時に脛骨の粗灰分，Pおよびカルシウム（Ca）含量を分析した。各飼料のCa含量は一定（3.56%）とした。

その結果，産卵成績にはNpP水準の相違による影響は認められなかったが，P出納はNpPが低下するにしたがって低下してNpP 0.22%で平衡となり，NpP 0.18%では明らかに負の出納となった。また，NpP 0.18%における脛骨の粗灰分，CaおよびPは，NpP 0.22%あるいは0.26%以上の場合に比べて明らかに少なかった。

以上の結果から，不足する必須アミノ酸と消化酵素を添加したCP 14%の産卵鶏用飼料におけるNpP要求量は0.22%程度であることが明らかとなった。

キーワード：採卵鶏，低蛋白質飼料，非フィチンリン要求量

緒　　言

1999年7月に成立した食料・農業・農村基本法では，基本方針の一つに家畜排泄物の有効利用による循環型畜産の推進があげられている。しかし，畜産農家の規模拡大や農家周辺の都市化が進んでおり，畜産農家と耕種農家とが偏って存在している地域では家畜排泄物の堆肥化による農地還元は既に限界に達しているともいわれている。このため，飼養管理技術の改善とともに，窒素（N）やリン（P）の排泄量を低減する環境負荷物質低減飼料の活用がより重要となっている。

われわれは，これまでにブロイラーにおける環境負荷物質低減飼料の検討を行い，粗蛋白質（CP）と非フィチンP（NpP）を低下し（CP-NpP, 0〜3週齢：19-0.32%，4〜7週齢：16-0.28%），不足する必須アミノ酸とともに消化酵素とフィターゼを添加することで，ブロイラーの発育成績や産肉性を損なうことなく，乾物（DM），NおよびP排泄量を18，30および47%低減できることを明らかにしている（Yonemochi *et al.*, 2003）。

一方，平成15年のわが国における産卵鶏用の配合飼料生産量は年間612万tであって，ブロイラー用の配合飼料（363万t/年）に比べて約1.7倍多いことから（配合飼料供給安定機構，2004），産卵鶏においてもブロイラーの場合と同様に環境負荷物質低減飼料が活用出来れば，より大きな効果が得られるものと思われる。

産卵鶏においても，CPを14%程度まで低CP化しても不足するアミノ酸を補正すれば通常の飼料と同等の成績が得られるとされている（農林水産省農林水産技術会議事務局，1997）が，非フィチンPの低減に関する報告は比較的少ない現状にある。この原因としては，産卵鶏では，短期的にNpPが不足しても骨に蓄積したPが動員されて産卵が維持されることなどから，単期間の試験ではNpPの要求量が把握しにくいことがあげられる。

そこで，本研究では，採卵鶏用の環境負荷物質低減飼料開発の一環として，不足する必須アミノ酸および消化

2004年6月11日受付，2004年7月26日受理
連絡者：米持千里
〒104-0033 社団法人日本科学飼料協会，東京都中央区新川2-6-16
Tel：03-3297-5631
Fax：03-3297-5633
E-mail：yone@kashikyo.or.jp

Copyright ©2004, Japan Poultry Science Association

酵素を添加したCP 14%飼料を用いた場合の産卵鶏におけるNpP要求量について，P出納，脛骨中の灰分，PおよびCa含量を指標として検討した。

材料および方法

1. 試験飼料

表1に示したとおり，リン酸二石灰の添加量を変化させることによりNpPのみを0.18%から0.34%まで0.04%間隔で変化させた5種類の試験飼料を用いた。供試飼料のCP，代謝エネルギー（ME）およびCaは一定（14%，2.85 Mcal/kg, 3.56%）であり，必須アミノ酸は要求量（農林水産省農林水産技術会議事務局，1997）の110%以上とした。また，各飼料にはブロイラーにおける試験と同様の消化酵素（飼料1kg中セルラーゼ300単位，キシラナーゼ120単位およびペクチナーゼ3,600単位，Yonemochi *et al.*, 2003）を添加した。

2. 供試鶏

区分け前4週間の産卵率が90%前後で，体重の近似

表 1. 供試飼料の配合割合（%）

Table 1. Composition of experimental diets (%)

NpP (%)	0.34	0.30	0.26	0.22	0.18
トウモロコシ Corn	58.027	58.117	58.207	58.327	58.427
マイロ Grain sorghum	--------	--------	13.00	--------	--------
大豆粕 Soy bean meal	--------	--------	10.00	--------	--------
ナタネ粕 Rapeseed meal	--------	--------	3.00	--------	--------
魚粉 Fish meal (CP65%)	--------	--------	2.50	--------	--------
アルファルファミール Alfalfa meal	--------	--------	2.00	--------	--------
コーングルテンミール Corn gluten meal (CP60%)	--------	--------	0.50	--------	--------
動物性油脂 Animal fat	1.40	1.36	1.33	1.28	1.24
炭酸カルシウム Calcium carbonate	7.87	8.04	8.20	8.35	8.52
リン酸二石灰 Dicalcium phosphate	0.94	0.72	0.50	0.28	0.05
食塩 Salt	--------	--------	0.20	--------	--------
ビタミンB群プレミックス Vitamin B premix[1)]	--------	--------	0.10	--------	--------
ビタミンADEプレミックス Vitamin ADE premix[2)]	--------	--------	0.10	--------	--------
微量ミネラルプレミックス Trace mineral premix[3)]	--------	--------	0.10	--------	--------
DL-メチオニン DL-methionine	--------	--------	0.10	--------	--------
塩酸L-リジン L-lysine HCl	--------	--------	0.05	--------	--------
L-トリプトファン L-tryptophan	--------	--------	0.04	--------	--------
キシラナーゼ，ペクチナーゼ Xylanase and pectinase[4)]	--------	--------	0.03	--------	--------
セルラーゼ Cellulase[4)]	--------	--------	0.043	--------	--------
成分値 Calculated analysis					
CP (%)	--------	--------	14.0	--------	--------
ME (Mcal/kg)	--------	--------	2.85	--------	--------
Ca (%)	--------	--------	3.56	--------	--------
P (%)	0.51	0.47	0.43	0.39	0.35
NpP (%)	0.34	0.30	0.26	0.22	0.18

[1)] 1kg中（g）；硝酸チアミン2.0，リボフラビン10.0，塩酸ピリドキシン2.0，ニコチン酸アミド2.0，D-パントテン酸カルシウム4.35，塩化コリン138.0，葉酸1.0
Contained (g/kg premix) : thiamine mononitrate 2.0 ; riboflavine 10.0 ; pyridoxine hydrochloride 2.0 ; nicotinamide 2.0 ; calcium D-pantothenate 4.35 ; choline chloride 138.0 ; folic acid 1.0.

[2)] 1g中；ビタミンA 10,000U，ビタミンD_3 20,000IU，酢酸dl-α-トコフェロール10mg
Contained (IU or mg/kg premix) : vitamin A 10,000IU ; vitamin D_3 20,000IU ; dl-α-tocopherol 10mg.

[3)] 1kg中（g）；マンガン80，銅0.6，亜鉛50，鉄6，ヨウ素1
Contained (g/kg premix) : Mn 80 ; Cu 0.6 ; Zn 50 ; Fe 6 ; I 1.

[4)] 1g中（単位）キシラナーゼ400，ペクチナーゼ12,000，セルラーゼ700
Contained (unit/g preparation) : xylanase 400 ; pectinase 12,000 ; cellulase 700.

Copyright ©2004, Japan Poultry Science Association

したハイライン マリア（318日齢）を100羽選抜し，5羽を1群とした20群に区分して1週間試験環境に馴致させたのち，各区に4反復群ずつを割付けて9月6日から10月17日までの6週間飼育した。鶏舎はヒナ壇式の採卵鶏用単飼ケージを設置した開放型鶏舎を用い，供試鶏を群毎に連続する5ケージに収容して飼料および飲水を不断給与した。

3. 飼育成績

個体毎に産卵率を調査するとともに，各群の卵重および飼料摂取量を調査して，産卵日量および飼料要求率を算出した。個体重は区分け日および試験終了時に測定した。

4. P出納

試験最終週に，各試験飼料に酸化クロム（Cr_2O_3）を0.1%添加し，給与開始後5〜7日に排泄された糞尿混合物を群毎に採取し，羽毛を取り除いたのち約60℃で通風乾燥した。各供試飼料および糞尿混合物のPおよびCr_2O_3をAOAC法（1990）により分析し，インデックス法の計算式（独立行政法人農業技術研究機構，2001）に準じてP排泄率を求めた。

さらに，採糞期間中に産卵した卵を各群から3個ずつ採材し，卵殻および内容物（卵黄および卵白）の重量を測定したのち，P含量をAOAC法（1990）により分析して，鶏卵へのP移行量を求めた。これらのデータから，1日あたりのP出納（P摂取量−(糞尿へのP排泄量＋鶏卵へのP移行量)）を求めた。

5. 脛骨中の粗灰分，PおよびCa

試験終了時に，試験期間中の産卵率が90%前後の鶏を各群より1羽ずつ選抜し，脛骨中の粗灰分，PおよびCa含量をAOAC法（1990）により分析した。

6. 解　析

データはGeneral Linear Models procedure of analysis of variance（SAS® Institute, 1990）により解析した。各区の平均値間の有意差検定はTukeyの多重検定法（吉田，1983）を用いた。

結　果

1. 飼育成績

産卵率，卵重，産卵日量，飼料摂取量および飼料要求率は表2に示した。各成績は，この時期の採卵鶏としては平均的なものであって，いずれもNpP水準間で有意差が認められなかった。

2. 体重変化

区分け時および試験終了時の平均体重ならびにこの間の体重変動を表3に示した。NpP 0.34%の終了時体重は区分け時に比べて増加傾向を示した。これに対して，NpP含量が0.30%以下の各区では終了時体重が減少する傾向がみられ，NpP 0.18%区で特に顕著であった。

3. P出納

Pの出納を表4に示した。P摂取日量は飼料中のNpPと対応して有意に低下したが，糞尿排泄物へのP排泄率にはNpP水準間で有意差が認められなかった。糞尿排泄物へのP排泄量はNpP水準と対応して，それぞれ有意に減少した。鶏卵へのP移行量は飼料中のNpP水準にかかわらず一定の値を示した。

したがって，図1に示したとおり，P出納はNpP水準と対応して減少する傾向を示し，NpP 0.22%区ではP出納がほぼ平衡となり，NpP 0.18%区では負の出納を示した。

4. 脛骨中の粗灰分，PおよびCa含量

脛骨中の粗灰分，PおよびCa含量を表5に示した。

表2. 飼料中のNpP水準が産卵鶏の産卵成績，飼料摂取量および飼料要求率に及ぼす影響

Table 2. Effects of dietary NpP levels on performance of egg production, feed consumption and feed conversion ratio in laying hens

NpP（%）	0.34	0.30	0.26	0.22	0.18
産卵率（%） Egg production ratio（%）	89.1±2.6[1)]	87.7±1.1	88.8±2.3	88.0±0.9	87.5±4.0
卵重（g/個） Egg weight (g/egg)	60.2±1.2	59.9±1.6	58.8±1.1	60.1±1.0	59.4±1.5
産卵日量（g/羽） Dairy egg yield (g/hen)	53.6±1.6	52.6±0.9	52.2±2.2	52.9±0.7	52.0±1.5
飼料摂取日量（g/羽） Dairy feed consumption (g/hen)	101.3±1.4	98.8±1.7	97.4±2.7	97.9±0.2	97.6±4.0
飼料要求率 Feed conversion ratio	1.89±0.03	1.88±0.05	1.87±0.03	1.85±0.02	1.88±0.03

[1)] 平均値±標準偏差（n＝4）　Mean±Standard deviation (n＝4)

Copyright ©2004, Japan Poultry Science Association

表 3. 飼料中の NpP 水準が産卵鶏の体重に及ぼす影響

Table 3. Effects of dietary NpP levels on body weight in laying hens

NpP (%)	0.34	0.30	0.26	0.22	0.18
体 重 Body weight (g)					
区分け日 Initial	1523± 9[1)]	1510± 9	1507±23	1519± 6	1523±14
終了日 Final	1532±27	1489±24	1498±43	1495±57	1475±20
変動 (終了日−区分け日) Changes (Final−initial)	9±46	−21±42	−9±19	−24±37	−47±47

[1)] 平均値±標準偏差 (n=20) Mean±Standard deviation (n=20)

表 4. 飼料中の NpP 水準が採卵鶏の P 排泄率と，P 摂取量，排泄量，卵への移行量に及ぼす影響

Table 4. Effects of dietary NpP levels on excretion rate of P, P intake, P excretion and retention in egg in laying hens

NpP (%)	0.34	0.30	0.26	0.22	0.18
排泄率 Excretion ratio (%)	76.1±2.9[1)]	74.8±1.5	73.6±1.1	74.0±0.2	74.2±1.0
摂取量 Intake (mg/day)	517±8[a]	464±9[b]	419±14[c]	382±1[d]	342±16[e]
排泄量 Excretion (mg/day)	393±20[a]	347±12[b]	308±11[c]	283±1[d]	254±13[e]
卵への移行量 Retention in egg (mg/day)	102±4	100±2	99±5	101±1	99±4

[1)] 平均値±標準偏差 (n=4) Mean orjeur±Standard deviation (n=4)

[ab] 異符号間に有意差あり ($p<0.05$) [ab] Means with different superscripts in the same row are significantly different ($p<0.05$)

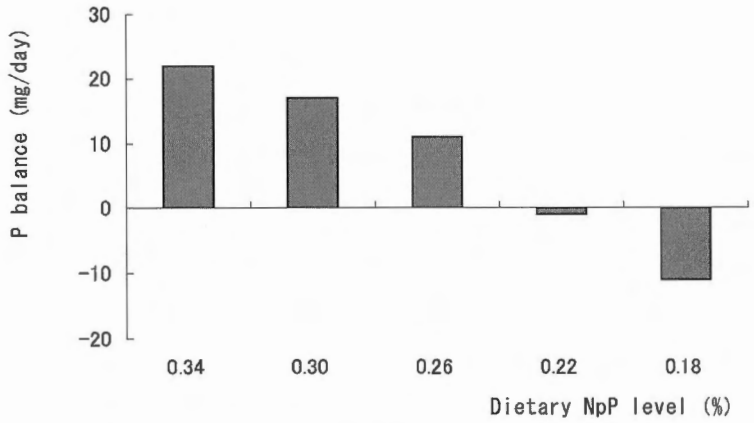

図 1. 飼料中の NpP 水準が採卵鶏の P 出納に及ぼす影響

Fig. 1. Effects of dietary NpP levels on P balance in laying hens.

調査対象鶏の体重および産卵率には差が認められなかった。脛骨灰分，脛骨中の P および Ca 含量は NpP 水準と対応して減少する傾向を示したが，NpP 水準が 0.34〜0.22% の場合には水準間に有意差は認められなかった。しかし，NpP 0.18% では，脛骨灰分が NpP 0.34〜0.26% に比べて有意に少なく，P および Ca も NpP 0.34〜0.22% より有意に少なかった。

考 察

本試験においてアミノ酸を補正し，消化酵素を添加した CP14% の低 CP 飼料の NpP 含量を 0.34% から 0.18% まで段階的に低下させた場合，産卵日量および飼料要求率等の生産性の指標となる項目には NpP 水準の違いによる影響は認められなかった。また，排泄物への P 排泄

Copyright ©2004, Japan Poultry Science Association

表 5.　飼料中の NpP 水準が採卵鶏の脛骨中粗灰分，P および Ca 含量に及ぼす影響

Table 5.　Effects of dietary NpP levels on crude ash, P and Ca in the tibia in laying hens

NpP（%）	0.34	0.30	0.26	0.22	0.18
採材時体重 Slaughter weight（g）	1479±160[1)]	1371±57	1492±47	1478±56	1388±27
産卵率 Egg production ratio（%）	91.1±1.2	91.1±1.2	92.3±1.2	90.5±0.0	90.5±0.0
脛骨分析値 Analysis of tibia（%）					
粗灰分 Crude ash	29.9±1.0[ab]	29.7±0.5[a]	29.3±1.0[a]	28.7±0.9[ab]	26.7±1.2[b]
P	5.3±0.3[a]	5.3±0.1[a]	5.2±0.2[a]	5.1±0.2[a]	4.7±0.2[b]
Ca	11.4±0.4[a]	11.3±0.3[a]	11.1±0.3[a]	11.2±0.4[a]	10.3±0.5[b]

[1)] 平均値±標準偏差（n＝4）　Mean±Standard deviation (n＝4)

[ab] 異符号間に有意差あり（$p<0.05$）　[ab] Means with different superscripts in the same row are significantly different ($p<0.05$)

量は NpP 水準の違いにかかわらずほぼ一定であり，鶏卵への P 移行量にも水準間で差は認められなかった。このことは，NpP が要求量（0.35%，農林水産省農林水産技術会議事務局，1997）の約 1/2 と著しく低い場合であっても，給与期間が 6 週間程度であれば産卵成績などには悪影響は発現しないことを示している。

しかし，P 出納には NpP 水準による明らかな影響が認められた。すなわち，飼料中の NpP が要求量付近の場合には，産卵を維持していても P は蓄積されるが，NpP を 0.22% まで低下させると出納はほぼ平衡状態となり，さらに，0.18% まで低下させると出納は負の値を示した。さらに，NpP が 0.18% の場合には，0.22% 以上の場合と比べて脛骨中の灰分，P および Ca 含量が明らかに低下しており，体重の減少も顕著であった。このことは，NpP が 0.18% の場合には，産卵鶏は飼料由来の NpP が不足しているために，骨に蓄積した P を動員して産卵を継続していたことを示している。

この結果は，一般的な採卵鶏用飼料給与条件下で，卵殻への P 蓄積および血漿中の無機 P 濃度を指標として NpP 要求量を検討した Boorman and Gunaratne（2001）の報告，すなわち，産卵日量 56～59 g の採卵鶏の P 要求量は飼料中に含まれるフィチン P の有効率によって変動するものの，飼料中の含量が 0.21%（全 P0.44%）では悪影響はなく，0.16%（同 0.38%）では要求量を下回っていることとよく一致している。

したがって，消化酵素を添加してアミノ酸を補正した CP14% 程度の低 CP の採卵鶏用飼料においても，NpP 要求量は 0.22% 前後であるものと推定される。

引　用　文　献

Association of Official Analytical Chemists. Official methods of analysis 14th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC. 1990.

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.

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.

配合飼料供給安定機構．配合飼料・混合飼料の生産動向．2004.

農林水産省農林水産技術会議事務局．日本飼養標準・家禽．1997 年版．中央畜産会，東京，1997.

SAS Institute. SAS® User's guide : Statistics. Version 5ed., SAS Institute inc., Cary, NC. 1990.

吉田　實．畜産を中心とする実験計画法．養賢堂．東京．1993.

Yonemochi C, Fujisaki H and Takagi H. Effects of amino acid, enzyme mixture and phytase added to low protein and low phosphorus diet on performance and excretion on nitrogen and phosphorus in broilers. Journal of Poultry Science, 40 : 114-120, 2003.

Copyright ©2004, Japan Poultry Science Association

Non Phytate Phosphorus Requirement of Laying Hens Fed Low CP Diets Supplemented with Limiting Amino Acids

Chisato Yonemochi[1)], Hirokazu Fujisaki[2)], Michito Hanazumi[2)], Yasushi Hashimoto[1)] and Hisao Takagi[1)]

[1)] Japan Scientific Feed Association, Shinkawa 2-6-16, Tyuo-ku, 104-0033

[2)] Japan Scientific Feed Association Scientific Research Center, Yoshikura 821, Narita, 286-0133

In a series of research to develop a diet for laying hens to depress the excretory nitrogen (N) and phosphorus (P), non phytate P (NpP) requirement was determined when 14% CP diet added limiting amino acids and digestive enzyme mixture (cellulose, xylanase and pectinase) was supplied to laying hens. One hundred laying hens at 318 days of age were divided into 5 groups and given free access to diets containing 0.18 to 0.34% NpP at 0.04% increment for 6 weeks. Contents of calcium (Ca) were set at 3.56% at all experimental diets. Performance of egg production was recorded through the experiment, and balance of P was determined at the last week and contents of crude ash, Ca and P in the tibia were determined at the end of experiment. There were no differences in performance of egg production among experimental diets. Balance of P decreased with depression of dietary NpP, reached to equilibrium at 0.22% and negative balance at 0.18% NpP. Contents of crude ash, Ca and P in the tibia of hens fed 0.18% NpP were less than that of higher than 0.22% of NpP. From these results, the NpP requirement of laying hens was estimated to be about 0.22%, when the 14% CP diet supplemented with limiting amino acid and digestive enzyme mixture.

(*Japanese Journal of Poultry Science, 41 : J201-J206, 2004*)

Key words : laying hen, low CP diet, non phytate P requirement