

《解説・情報・資料》

家禽の排泄物中の窒素およびリン低減に関する技術の開発

高木久雄¹⁾・米持千里¹⁾・鎌田啓二²⁾・武居由紀子²⁾

¹⁾ 社団法人日本科学飼料協会, 104-0033 東京都中央区新川 2-6-16

²⁾ 社団法人中央畜産会, 105-0001 東京都港区虎ノ門 1-26-5

はじめに

2003年におけるわが国の産卵鶏の年間飼養羽数(種鶏を除く)は13,654万羽,ブロイラーの年間出荷羽数は同59,528万羽(農水省生産局畜産統計部,2004)である。産卵鶏の1日あたり糞尿排泄量は0.16kg,ブロイラーでは0.13kg(農水省農林水産技術会議事務局,1997)であることから,1年間に排泄される糞尿は産卵鶏では797万トン,ブロイラーでは379万トン程度と推定される。1999年に制定された新農業基本法では,環境保全型農業,資源循環型農業の推進が基本方針の一つとして明記されており,これに基づいて家畜からの排泄物の適正管理や堆肥としての有効利用に関する法的措置が定められている。しかし,飼養農家の大規模化と集中立地ともなう家畜糞尿の集積により,それまで耕種農家との間に保たれていた堆肥の需給バランスを保つことが困難となった。

このような現状の中で,わが国の畜産の持続的な発展を維持するためには,窒素(N)やリン(P)の排泄量を低減することが可能な,いわゆる「環境保全型飼料」の開発と普及が必須であるとして,農林水産省生産局は1999年より一連の事業を策定し,その実施を日本科学飼料協会および中央畜産会に委託した。著者らは,これらの事業の中でブロイラーおよび産卵鶏用の環境保全型飼料の開発と普及に取り組んできたが,「環境保全型飼料」の開発にあたり,1)生産性が現在流通している配合飼料と同等以上であること,2)生産物の安全性および品質と消費者の安心感を損なわないこと,3)配合飼料工場における原料調達と製造技術を容易に活用できること,4)飼料コストが畜産農家に受容され得る範囲であることの4条件を満たすことを目標とした。

ブロイラー用環境保全型飼料の開発

ブロイラーからのN排泄量低減に視点を当てた研究は1990年代後半から国内外の多くの研究者により進め

2004年8月16日受付,2004年8月30日受理

られている(斎藤,2001;山崎,2001)。これらの研究の多くは,アミノ酸要求量に関する成果を土台にしたものであって,飼料の粗蛋白質(CP)を下げることにより不足が生ずる必須アミノ酸を充足することでN排泄量を減少させようとするものである。1997年に出版された日本飼養標準・家禽(農水省農林水産技術会議事務局,1997)においても,ブロイラー前期において飼料のCPを要求量である21%から19%に下げ,不足する必須アミノ酸を添加することにより,通常飼料と同様の発育成績が得られ,N排泄量を約20%低減することが出来るとしている。一方で,飼料の低CP化にともなうエネルギー・蛋白比の上昇に起因する体脂肪の過剰蓄積が指摘されている。このことは,鶏肉に対する消費者ニーズに反し,生産者の販売価格にも影響する。さらに,実用飼料のCPを低下させるためには,大豆粕や魚粉などに比べてCP消化率の低い穀類などの飼料原料の使用割合を増加させなければならない。そこで,低CP飼料に消化酵素を添加して,飼料中の難分解性画分の利用性を改善させることにより,エネルギー・蛋白比を適正化できないかと考えた。

飼料のCP水準を市販飼料に相当する前期(餌付け〜3週齢)23%,後期(4〜7週齢)19%とした飼料を対照とし,CPを前期19%,後期16%に下げ,不足する必須アミノ酸を要求量の100%以上となるよう単体アミノ酸を添加した低CP飼料と,これに消化酵素(セルラーゼ,キジラナーゼおよびペクチナーゼ)を添加した飼料を用いて夏季および冬季の2試験を実施した。その結果,低CP飼料における発育成績は,夏季では市販飼料と有意差が認められなかったが,冬季では有意に低下し,いずれの場合も腹腔内脂肪率(腹腔内脂肪重量/屠体重,%)が高まった。一方,低CP飼料に消化酵素を添加すると腹腔内脂肪の蓄積は抑制されたが,発育成績は低CP飼料と同様に冬季において市販飼料より劣っていた(高木ら,2000)。この原因として,日本飼養標準によるアミノ酸要求量は「通常の環境条件下で飼料を自由に摂取させた場合,最適な飼養成績を得るために必要な安全率を見

込まない最少量」を示していることから、季節的な条件等によってはアミノ酸が不足する可能性があることが考えられた。

そこで、低 CP 飼料における必須アミノ酸量を要求量の 110% とし、その他の条件は上記試験と同一として再度飼育試験を行った。その結果、消化酵素を添加した低 CP 飼料の発育成績および腹腔内脂肪率は、夏季および冬季のいずれにおいても市販飼料と差がなく、N 排泄量を約 25% 低減することが出来た (藤崎ら, 2001)。

次いで、著者らはフィターゼの飼料添加がフィチン P の利用性を改善することに加え、CP の利用率や ME 価も改善することを確認していた (Yonemochi *et al.* 2000) ことから、消化酵素を添加した低 CP 飼料にフィターゼを添加することにより、N と P を同時に低減可能な飼料についての検討を行った。

給与飼料の内容は表 1 に示したとおりであり、これまでの検討結果から、CP 水準を市販のプロイラー用飼料に相当する前期 (餌付け～3 週齢) 23%、後期 (4～7 週

齢) 19% とした飼料 (C)、CP を前期 19%、後期 16% に下げ、不足する必須アミノ酸を要求量の 110% 量とした低 CP 飼料 (L 飼料)、L 飼料に消化酵素を添加した飼料 (LE 飼料) の 3 種類に加え、LE 飼料中のリン酸二石灰を減らすことにより非フィチン P (NpP) を要求量のほぼ 60% 量に相当する前期 0.32%、後期 0.28% まで低減し、これにフィターゼを 500 単位/飼料 1 kg 添加した飼料 (LEP 飼料) をプロイラー雛に対して餌付け時から 7 週間連続給与した。

その結果は表 2 および表 3 に示したとおりであり、LEP 飼料の増体量、飼料摂取量および飼料要求率は、対照とした C 飼料とまったく差がなく、L 飼料で認められた腹腔内脂肪の蓄積も抑制された。さらに、試験全期間における N 排泄量が C 飼料に比べて 30%、P 排泄量が 47% 減少し、乾物排泄量も 18% 減少することが確認された (Yonemochi *et al.*, 2003)。

表 1. プロイラー用環境保全型飼料の検討のための供用飼料の組成

飼料 ¹⁾	CP (%)		AMEn (Mcal/kg)		Ca (%)		全 P (%)		NpP ³⁾ (%)		消化酵素 ⁴⁾ フィターゼ ⁵⁾	
	前期 ²⁾	後期 ²⁾	前期	後期	前期	後期	前期	後期	前期	後期		
C	23.0	19.0	3.10	3.20	0.95	0.83	0.68	0.60	0.50	0.42	—	—
L	19.0	16.0	3.10	3.20	0.95	0.83	0.68	0.60	0.50	0.42	—	—
LE	19.0	16.0	3.10	3.20	0.95	0.83	0.68	0.60	0.50	0.42	+	—
LEP	19.0	16.0	3.10	3.20	0.95	0.83	0.49	0.28	0.32	0.28	+	+

¹⁾ C: 市販相当飼料, L; アミノ酸添加低 CP 飼料, LE; アミノ酸・消化酵素添加低 CP 飼料, LEP; アミノ酸・消化酵素・フィターゼ添加低 CP 低 P 飼料

²⁾ 前期: 餌付け～3 週齢, 後期: 4～7 週齢

³⁾ 非フィチンリン

⁴⁾ 飼料 1 kg 中: セルラーゼ 300 単位, キシラナーゼ 120 単位, ペクチナーゼ 3,600 単位

⁵⁾ 飼料 1 kg 中: 500 単位

表 2. アミノ酸、消化酵素およびフィターゼを添加した低 CP 低 P 飼料の給与がプロイラーの増体量、飼料摂取量、飼料要求率および腹腔内脂肪率に及ぼす影響

飼料 ¹⁾	増体量 (g)	飼料摂取量 (g)	飼料要求率	腹腔内脂肪率 ²⁾ (%)
C	2900	5470	1.89	2.6 ^b
L	2838	5377	1.90	3.0 ^a
LE	2881	5440	1.89	2.7 ^b
LEP	2886	5420	1.88	2.7 ^b

¹⁾ 表 1 の脚注と同じ

²⁾ 腹腔内脂肪重量/屠体重

^{ab} 異符号間に有意差あり (P<0.05)

表 3. アミノ酸、消化酵素およびフィターゼを添加した低 CP 低 P 飼料の給与が乾物 (DM)、窒素 (N) およびリン (P) の排泄量に及ぼす影響

飼料 ¹⁾	DM 排泄量 (g) ²⁾	N 排泄量 (g) ²⁾	P 排泄量 (g) ²⁾
C	1,259.4 ^a	70.8 ^a	13.4 ^a
L	1,145.8 ^b (91) ³⁾	51.8 ^b (73)	13.5 ^a (101)
LE	1,058.1 ^c (84)	49.8 ^b (70)	13.2 ^a (99)
LEP	1,030.0 ^c (82)	49.5 ^b (70)	7.1 ^b (53)

¹⁾ 表 1 の脚注と同じ

²⁾ 餌付け時～7 週齢における 1 羽あたり排泄量

³⁾ () は C に対する割合 (%)

^{ab} 異符号間に有意差あり (P < 0.05)

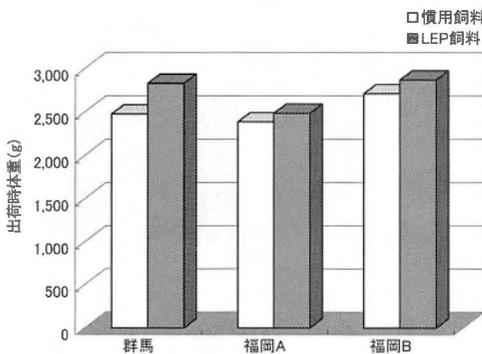


図 1. アミノ酸、消化酵素およびフィターゼを添加した低 CP 低 P 飼料 (LEP 飼料) の給与がブロイラーの出荷時体重に及ぼす影響

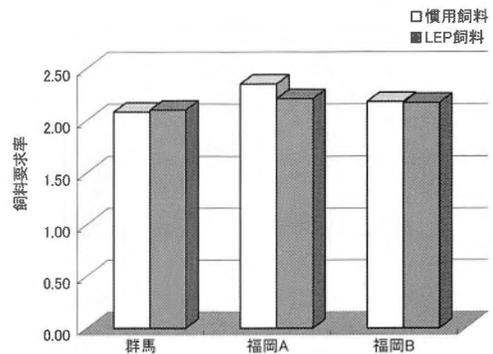


図 2. アミノ酸、消化酵素およびフィターゼを添加した低 CP 低 P 飼料 (LEP 飼料) の給与がブロイラーの飼料要求率に及ぼす影響

ブロイラー用環境保全型飼料の 畜産現場における実証

前述の経過で開発したブロイラー用環境保全型飼料 (LEP) を、配合飼料製造工場に委託して製造し、群馬県および福岡県の大規模ブロイラー飼育農場 3 戸において実証試験を実施した (中央畜産会・日本科学飼料協会, 2001・2002)。

平成 13 年度および 14 年度の 2 年間にわたって約 5 万羽 (平成 13 年度 2.4 万羽, 平成 14 年度 2.6 万羽) を用いた試験結果から, 1) LEP 飼料を給与したブロイラー雛の発育および飼料要求率は, 各農場が慣用している飼料と比べて差がなく (図 1 および図 2), 2) 腹腔内脂肪量にも影響を及ぼさないこと, 3) 慣用飼料に比べて N 排泄量が 18~28%, P 排泄量が 30~35% 低減され, 排泄物の総量も 11~21% 減少することが確認された (図 3, 図 4 および図 5)。さらに, 4) 出荷直後における鶏舎内の敷料の水分含量が減少し (図 6), 実証試験を担当した各農

家からは, 環境保全型飼料を用いることにより, 1) 床面が乾燥して糞盤が出来にくい, 2) 鶏舎内の臭気が少ない, 3) 床面の管理や清掃が省力化できるといった感想が寄せられるなど, 鶏舎環境の改善に目に見える効果があることが実証された。

産卵鶏用環境保全型飼料の開発

産卵鶏用の環境保全型飼料に関する研究報告はブロイラー用飼料に比べて少なかったことから, 前述したブロイラー用の環境保全型飼料の開発で得た知見を参考にしながら, 飼料中の CP 水準をどの程度まで低下することが可能かについての検討から着手した。CP 水準が市販の産卵鶏用飼料に相当する 18% とした飼料を対照とし, ME は一定 (2.85 Mcal/kg) として CP を 13% まで段階的に低減した結果, CP 14% 以下の飼料では不足する必須アミノ酸を要求量の 110% 量まで添加しても, 産卵率や卵重, 飼料効率等の低下傾向が認められた。しかし, これらの低 CP 飼料にブロイラーの場合と同様に消化酵

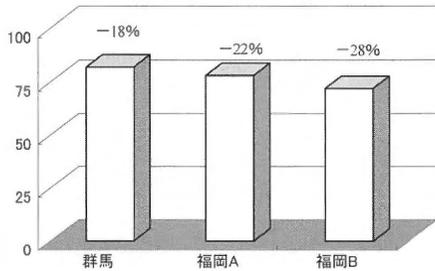


図 3. アミノ酸、消化酵素およびフィターゼを添加した低 CP 低 P 飼料 (LEP 飼料) の給与がブロイラーの窒素排泄量に及ぼす影響 (慣用飼料を 100 とした場合の指数)

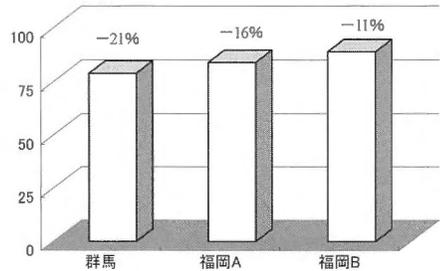


図 5. アミノ酸、消化酵素およびフィターゼを添加した低 CP 低 P 飼料 (LEP 飼料) の給与がブロイラーの糞尿の総排泄量に及ぼす影響 (慣用飼料を 100 とした場合の指数)

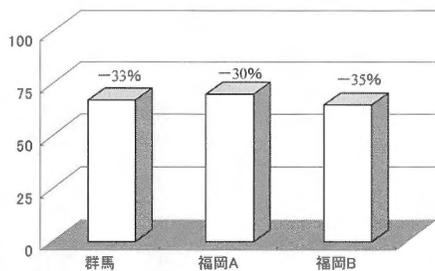


図 4. アミノ酸、消化酵素およびフィターゼを添加した低 CP 低 P 飼料 (LEP 飼料) の給与がブロイラーのリン排泄量に及ぼす影響 (慣用飼料を 100 とした場合の指数)

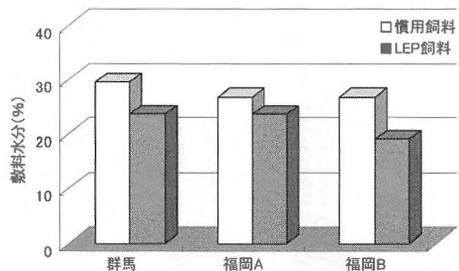


図 6. アミノ酸、消化酵素およびフィターゼを添加した低 CP 低 P 飼料 (LEP 飼料) の給与がブロイラー敷料の水分含量に及ぼす影響

素を添加すると、CP 13% 飼料では顕著な改善効果が見られなかったが、CP 14% 飼料では CP 18% 飼料と差のない産卵成績や飼料効率を示し、N 排泄量も約 32% 減少した (藤崎ら, 2001, 2002)。これらの結果から、アミノ酸と消化酵素を添加した産卵鶏用低 CP 飼料においても、その CP 水準は、日本飼養標準に示されているように 14% 程度が限度であることが示唆された。

次いで、CP 14% 飼料にフィターゼを添加し、N と P の排泄量を同時に低減することが可能な産卵鶏用飼料について検討したが、数回実施した試験においてフィターゼの効果に一定の傾向が見られないなど、明確な結果が得られなかった。この原因の一つとして、産卵鶏における NpP 要求量が飼養標準で示されている要求量 (0.35%) よりかなり低い水準にある可能性が考えられた。そこで、アミノ酸および消化酵素を添加した低 CP 飼料における NpP 要求量の検討を行った。

NpP 水準を 0.18% から 0.34% まで 0.04% 間隔で変化させたアミノ酸および消化酵素を添加した低 CP (CP 14%) 飼料を産卵鶏に給与し、P 出納と、脛骨中の粗灰分、P および Ca 含量を指標として、低 CP 飼料給与時の

産卵鶏の NpP 要求量を推定した。その結果、NpP 要求量は 0.22% 付近にあることが明らかとなった (米持ら, 2004)。さらに、NpP を 0.18% まで下げた場合、短期間の試験では産卵率等の生産性にはほとんど影響は認められないものの、P の出納が負の値を示し、脛骨中の粗灰分、P および Ca 含量も明らかに低下する等、長期間の飼育を行った場合には悪影響が発現する可能性が強く示唆された。

以上の知見を基に、表 4 に示した低 CP 低 NpP 飼料 (LEP 飼料) を調製し、248 日齢の産卵鶏に 6 週間給与し、市販飼料相当の CP-NpP 水準の飼料 (C 飼料) と比較検討した。その結果は表 5 および表 6 に示したとおりであり、産卵率、産卵日量、飼料摂取量および飼料要求率は各飼料間で差がなかった。また、脛骨中の灰分、P および Ca 含量は僅かではあるが低 CP 低 NpP 飼料で高くなる傾向が見られ、卵殻厚にも各飼料で差が見られないなど、飼料の CP-NpP 水準が 14% - 0.18% 程度 (LEP 飼料) でも、必須アミノ酸の要求量を 110% 以上とし、消化酵素とフィターゼを添加することで、産卵鶏の健康や生産性に悪影響を及ぼす懸念がないことが示唆

表 4. 産卵鶏用環境保全型飼料の検討のための供試飼料の組成

飼料 ¹⁾	CP (%)	AMEn (Mcal/kg)	Ca (%)	全 P (%)	NpP ²⁾ (%)	消化酵素 ³⁾	フィターゼ ⁴⁾
C	17.0	2.85	3.56	0.49	0.35	—	—
LE	14.0	2.85	3.56	0.44	0.22	+	—
LEF	14.0	2.85	3.56	0.40	0.18	+	+

¹⁾ C；市販相当飼料，LE；アミノ酸・消化酵素添加低 CP 飼料，LEF；アミノ酸・消化酵素・フィターゼ添加低 CP 低 P 飼料

²⁾ 非フィチンリン

³⁾ 飼料 1 kg 中：セルラーゼ 300 単位，キシラナーゼ 120 単位，ペクチナーゼ 3,600 単位

⁴⁾ 飼料 1 kg 中：500 単位

表 5. アミノ酸，消化酵素およびフィターゼを添加した低 CP 低 P 飼料の給与が産卵鶏の産卵率，卵重および飼料要求率に及ぼす影響

飼料 ¹⁾	産卵率 (%)	産卵日量 (g/羽)	飼料摂取日量 (g/羽)	飼料要求率
C	94.6	63.3	133.6	2.11
LE	95.8	62.5	132.9	2.13
LEF	95.1	62.1	128.6	2.12

¹⁾ 表 4 の脚注と同じ

表 6. アミノ酸，消化酵素およびフィターゼを添加した低 CP 低 P 飼料の給与が産卵鶏の乾物 (DM)，窒素 (N) およびリン (P) 排泄量と，脛骨の灰分，リンおよびカルシウム (Ca) 含量に及ぼす影響

飼料 ¹⁾	排泄量 (g/日)			脛骨中含量 (%)		
	DM	N	P	灰分	P	Ca
C	36.4	2.09 ^a	0.524 ^a	26.2	4.7	9.9
LE	34.6	1.55 ^b	0.466 ^b	25.6	4.9	10.0
LEF	34.1	1.49 ^b	0.405 ^b	27.5	4.9	10.6

¹⁾ 表 4 の脚注と同じ

^a^b 異符号間に有意差あり (P<0.05)

された。また、これによって市販相当飼料より N および P の排泄量が 29% および 23% 程度減少し、乾物排泄量も約 6% 減少した (藤崎ら, 2003)。ついで、C 飼料 (NpP のみ 0.30% に変更) と LEF 飼料を産卵鶏に長期間 (218~442 日齢) 不断給与し、その実用性について確認した。その結果、LEF 飼料の給与により卵重が有意に低くなり、その傾向は試験前半でより顕著に認められた。また、暑熱の影響が C 飼料より顕著に発現する傾向が認められた。しかし、脛骨の灰分、P および Ca 含量は、LEF 飼料で有意に高く、体重、卵殻強度および卵殻厚は両飼料間に差が見られなかった。さらに、LEF 飼料では C 飼料に比べて N 排泄量が前期 (218~330 日齢) で 32%、後期 (331~442 日齢) で 27% 減少し、P 排泄量も同じく 27 および 24% 減少した。DM 排泄量も 9 およ

び 6% 減少するなど、LEF 飼料は N および P 排泄量の低減に著しい効果があることが確認できた (藤崎ら, 2004)。

以上の一連の試験結果から、飼料中の NpP を P の出納が負となる可能性のある 0.18% 程度まで低減した飼料を産卵鶏に長期間給与しても、フィターゼを添加することで産卵鶏の健康や生産性に影響を及ぼす懸念はないこと、飼料中の必須アミノ酸を要求量の 110% 以上とし、消化酵素とフィターゼを添加しても CP を 14% まで低減すると市販飼料に相当する CP 17% 飼料に比べて卵重が小さくなり産卵日量が減少する可能性が大きいこと、このような飼料を実用することで、現在の一般的な市販飼料 (CP 17%, NpP 0.3%) に比べて、N の排泄量を 30%、P の排泄量を 25% 程度低減できることが明ら

かとなったものと考えている。なお、この場合の卵重の減少は1~2g/個程度であって、養鶏現場では卵重コントロールを目指した種々の取り組みが行われていること、主要栄養素の摂取量を念頭においた制限給餌法やフェーズフィーディングが普及している現状を考えると、今回検討した環境保全型飼料はこれらの技術と組み合わせることで、その実用性は高いものと考えられる。

ま と め

以上に述べた成果は、養鶏現場の環境改善と限りある飼料資源の有効利用の両面から貢献できるものと考えている。飼料のコストは比較的高価な蛋白質原料と無機P源の使用量が減ることで消化酵素やフィターゼを添加するコストを十分吸収することが可能であるが、鶏用飼料ではトレオニン、アルギニン、バリン等、飼料原料としては汎用されていないアミノ酸を添加する必要があることから、現状では原料コストがやや上昇する状況にある。しかし、排泄物の処理経費や衛生管理費等の環境コストを加味すると、むしろ収益増加につながるものと考えられる。現在、全国規模の配合飼料製造業者のほとんどが低CP・低P飼料の製造販売を手掛けており、膨化処理等により飼料成分の利用性を向上させるなど、独自の工夫により製造コストの低減に尽力されている。今後、これら環境保全型飼料の普及が急速に進展するものと期待している。

謝 辞

著者等は「家禽の排泄物中の窒素低減に関する技術の開発」に係わる業績により2004年度の日本家禽学会技術賞を受賞する栄を賜った。本稿は受賞対象となった業績の概要を取りまとめたものである。技術賞選考委員会および本稿をまとめる機会を与えてくださった編集委員会の諸先生方に深謝いたします。また、本研究の実施にあたり、終始ご指導頂いた事業検討委員会の諸先生、実証試験にご協力頂いた養鶏農家の皆様、科学飼料研究センターの花積、藤崎その他職員の皆様に厚く御礼申し上げます。

引 用 文 献

藤崎浩和・米持千里・花積三千人・高木久雄. ブロイラーにおける窒素およびリン排泄量の低減に関する検討. 平成12年度流通飼料対策事業報告書. 日本科学飼料協会. 東京. 2001.

藤崎浩和・橋元康司・花積三千人・米持千里・高木久雄. 産卵鶏における窒素およびリン排泄量の低減に関する検討. 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及

ぼす影響. 平成12年度流通飼料対策事業報告書. 日本科学飼料協会. 東京. 2001.

藤崎浩和・花積三千人・米持千里・高木久雄. 産卵鶏における窒素およびリン排泄量の低減に関する検討. 平成13年度流通飼料対策事業報告書. 日本科学飼料協会. 東京. 2002.

藤崎浩和・花積三千人・米持千里・高木久雄. 産卵鶏における窒素およびリン排泄量の低減に関する検討. 5 消化酵素を添加したアミノ酸補正低蛋白質・低リン飼料へのフィターゼの添加が産卵鶏の生産性と窒素およびリン排泄量に及ぼす影響. 平成14 環境保全型飼料推進事業報告書. 日本科学飼料協会. 東京. 2003.

藤崎浩和・花積三千人・橋元康司・米持千里. 産卵鶏における窒素およびリン排泄量の低減に関する検討. 6 産卵鶏に対して酵素を添加したアミノ酸補正低蛋白質・低リン飼料を長期間給与した場合の生産性、窒素およびリン排泄量に及ぼす影響. 平成15年度環境保全型飼料推進事業. 日本科学飼料協会. 東京. 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. 82. 中央畜産会. 1997.

斎藤 守. ニワトリおよびブタからの環境負荷物質の低減化に関する栄養飼料学的研究の動向. *Animal Science Journal*. 72 : J177-J199. 2001.

高木久雄・花積三千人・藤崎浩和・米持千里. ブロイラーにおける窒素およびリン排泄量の低減に関する検討. 平成11年度流通飼料畜産環境改善機能高度化推進事業報告書. 日本科学飼料協会. 東京. 2000.

中央畜産会・日本科学飼料協会. ブロイラー生産現場における低CP・低P飼料使用による窒素およびリン排泄量の低減効果. 平成13年度飼料安全性・環境改善対策事業(環境改善対策事業)報告書. 中央畜産会, 日本科学飼料協会. 2001.

中央畜産会・日本科学飼料協会. ブロイラー生産現場における低CP・低P飼料の使用による窒素およびリン排泄量および飼育環境等に及ぼす影響. 平成14年度環境保全型飼料推進事業報告書. 中央畜産会, 日本科学飼料協会. 2002.

山崎 信. ブロイラーにおける窒素排泄量の低減に関する研究. *日本家禽学会誌*, 38 : J1-J7. 2001.

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 of nitrogen and phosphorus in broilers. *The Journal of Poultry Science*, 40 : 114-120. 2003.

Yonemochi C, Takagi H, Hanazumi M, Hijikuro S, Koide K, Ina T and Okada T. Improvement of phosphorus availability by microbial phytase. *Japanese Poultry Science*, 37 : 154-161. 2000.

米持千里・藤崎浩和・花積三千人・橋元康司・高木久雄. アミノ酸添加低蛋白質飼料給与時の産卵鶏における非フィチンリン要求量. *日本家禽学会誌*. 2004 (印刷中).