

原 著

採卵鶏における地場産未利用資源を含む飼料給与が産卵成績、卵質および卵の化学成分に及ぼす影響

新堂 龍二¹・木村 尚貴¹・酒井 拓磨¹・小笠原鉄男¹・山田 未知²・
小糸健太郎²・中辻 浩喜²

¹北海道岩見沢農業高校 北海道岩見沢市 068-0818

²酪農学園大学農食環境学群 北海道江別市 069-8501

連絡著者：山田未知

酪農学園大学農食環境学群

〒069-8501 北海道江別市文京台緑町582番地

Tel/Fax : 011-388-4865

E-mail : m-yamada@rakuno.ac.jp

Effect of diets containing unutilized local resources on production, quality, and chemical composition of laying hen eggs

Ryuji SHINDO¹, Naoki KIMURA¹, Takuma SAKAI¹, Tetuo OGASAWARA, Michi YAMADA²,
Kentaro KOITO² and Hiroki NAKATSUJI²

¹Hokkaido Iwamizawa Agricultural High School, Iwamizawa, Hokkaido 068-0818, Japan

²College of Agriculture, Food and Environment Sciences, Rakuno Gakuen University, Ebetsu, Hokkaido 069-8501, Japan

キーワード：採卵鶏、未利用資源、産卵成績、卵質、卵の化学成分

Key words : laying hens, unutilized resources, egg production, egg quality, chemical components of egg

要 約

北海道岩見沢市近郊から排出される未利用資源を含む採卵鶏用飼料を設計し、その給与が産卵成績、卵質および卵の化学成分に及ぼす影響について検討した。未利用資源として屑玄米、米ぬか、豆腐粕およびアスパラガスの切り下を用いた。市販の配合飼料を給与する区（対照区）に対し、その25%（25%区）および45%（45%区）を未利用資源で代替する、計3処理を設けた。49週齢の採卵鶏30羽を10羽ずつの3群に分け、1期70日間（予備期10日間、本期60日間）の3×3ラテン方格法にて試験を行った。代替割合が高くなるに伴い、卵のヨークカラーファンは有意に低い値を示し（ $P < 0.01$ ）、卵中粗タンパク質も低い傾向を示した（ $P < 0.1$ ）。また、レチノール含量も対照区に比べ45%区が低い傾向を示した（ $P < 0.1$ ）。しかし、産卵率や上

記以外の卵質と卵中成分には処理間に有意な差はみられず、卵黄色や一部の卵成分に差はみられるものの、本研究で設計した45%代替飼料は採卵鶏用飼料として利用可能と示唆された。

Abstract

Effects of diets including unutilized local resources on production, quality, and chemical composition of eggs of laying hens were examined. The unutilized resources included crushed brown rice, dried rice bran, lees of bean curd, asparagus stems, and seashell powder. The experimental design involved three treatments: a control group (100% commercial feed), a 25% group (75% commercial feed, 25% unutilized resources), and a 45% group (55% commercial feed, 45% unutilized resources). The experiment involved 30 hens (49-weeks old) divided into three groups of 10 each. To reduce systematic error,

hen housing involved a 3 x 3 Latin square experimental design for a period of 70 days (a preliminary 10 days followed by a 60-day treatment period). The results show that with increasing replacement rate, yolk pigmentation was significantly reduced ($P < 0.01$) while the content of crude protein tended to decrease ($P < 0.1$). Retinol level in the eggs of the 45% group was significantly lower than that in the control group ($P < 0.1$). However, there were no significant differences among treatments in terms of the egg-laying rate or other parameters of egg quality and composition. Therefore, the 45% alternative feed supply designed in this study can be used to feed egg-laying chickens, although there are differences in egg yolk color and composition.

緒言

我が国の鶏卵生産経営体は年々減少傾向にあるものの、飼養羽数はほぼ横ばいで推移し、1戸当たりの飼養羽数が年々増加している（農林水産省大臣官房統計部，2019）。また成鶏めすの飼養羽数規模別割合では、100,000羽以上の階層が約8割を占めており、経営の大規模化が進んでいる（農林水産省大臣官房統計部，2019）。一方、鶏卵生産における経営コストに占める割合で最も大きいものが飼料費であるが（農林水産省生産局畜産部畜産振興課，2019）、配合飼料を主体とする養鶏業の飼料原料は、その多くが海外からの輸入に依存している（農林水産省生産局畜産部飼料課，消費・安全局畜産安全管理課，2019）。配合飼料価格は穀物相場や為替レート、原油価格に伴う運賃などに左右され、現在その価格は高止まりが続いている（農林水産省生産局畜産部飼料課，消費・安全局畜産安全管理課，2019）。従って、今後さらなる規模拡大が予想される養鶏業の経営体では、ますます飼料費の削減と飼料の安定供給が求められる。

このような中、2001年5月には食品廃棄物の発生抑制と減量化による最終的な処分量の減少や、それらを飼料や肥料の原料として再利用することを推進する目的で、「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）」（平成12年法律第116号）が施行され、畜産分野においても食品副産物や余剰食品、農場残さ等を家畜の飼料とするエコフィードへの取り組みが進められている。

北海道岩見沢農業高校が位置する空知管内の農業は、農業産出額からみて米生産が主体であるが、果実や麦類、雑穀・豆類、野菜の栽培も盛んである（農林水産省大臣官房統計部経営・構造統計課，2019）。一方、食品工業における出荷額も空知管内は毎年その額を伸ばしており（北海道経済部食関連産業室，2019）、エコフィードの原料として活用可能な農場残さや食品

残さ、食品製造副産物の排出も多い。

現在、全国の畜種別エコフィード製造業者数は養豚が最も多く、鶏を対象とした事業者は最も少ない（農林水産省生産局畜産部畜産振興課，2019）。一方、我が国の配・混合飼料全体の生産量は採卵鶏用が最も多い（農林水産省生産局畜産部飼料課，消費・安全局畜産安全管理課，2019）。従って、鶏卵生産における飼料費の削減と安定供給のため、輸入飼料を削減し、地場産未利用資源に置き換えたエコフィードの利用を促進する必要がある。

そこで本研究では、北海道岩見沢市近郊から排出される未利用資源を含む採卵鶏用飼料を設計し、その飼料給与が産卵成績、卵質および卵の化学成分に及ぼす影響について検討した。

材料および方法

1. 飼料原料

本研究では、地場産未利用資源として岩見沢農業高校圃場および岩見沢市近郊圃場と生産工場から入手した屑玄米、生米ぬか、生豆腐粕およびアスパラガスの切り下（以下、アスパラ）を用いた。その他、市販のホタテ貝殻粉末をカルシウム添加剤として用いた。

なお、生豆腐粕、生米ぬかおよびアスパラは60℃に設定した飼料乾燥機（Gリバース，宮澤鉱業（株））で48時間乾燥し、アスパラのみ乾燥後に粉碎機（ラージ10SG型，タニナカO&K株式会社）で1～2cm程度に粉碎した。

これら飼料原料の化学成分（水分、粗タンパク質、粗脂肪、粗灰分）は常法（農林水産省消費・安全局長，2008）に基づき分析した。

2. 飼料設計

給与飼料の乾物中の目標粗タンパク質含量は、日本飼養標準・家禽（2011年版）（独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構，2011）における産卵鶏（日産卵量56gの場合）に必要な飼料乾物中粗タンパク質含量である17.8%とした。上記未利用資源を用い、採卵鶏用市販飼料（粗タンパク質17.0%以上、代謝エネルギー2,850kcal/kg以上）（対照区）に対し、その25%および45%を前述の飼料原料で代替する飼料（それぞれ25%区および45%区）を設計した。

給与飼料の化学成分は常法（農林水産省消費・安全局長，2008）に基づき分析するとともに、リンとカルシウム含量をICP発光分析法（中田ら，2005）で測定した。

3. 産卵試験

日長時間と白熱灯点灯時間の合計が16時間となるように照明管理された北海道岩見沢農業高校の開放式鶏

舎（23×39×44cmの単飼ケージ）で飼養された49週齢の採卵鶏（ジュリア，株式会社ゲンコーポレーション）30羽を供試した。これら供試鶏は試験開始前に対照区飼料を給与し、その後10羽ずつの対照区、25%区および45%区の3群に分け、1期70日間（予備期10日間、本期60日間）の3×3ラテン方格法にて試験を行った。なお、1日1羽当たりの飼料給与量は120g、水は自由摂取とし、本期間における1日1羽当たりの飼料摂取量および産卵率を調査した。

4. 卵質および卵の化学成分

本期の最終5日間に各区供試鶏10羽それぞれが産卵した10個の卵を用い、卵重、卵白高、卵黄色（ヨークカラーファン：YCF）、卵殻強度、ハウユニットおよび卵殻厚を卵質測定装置（DET6000型，株式会社ナベル）で測定した。また、上記とは別に各区10個の卵を混合し、化学成分（水分、粗タンパク質、粗脂肪、粗灰分、炭水化物）を常法（農林水産省消費・安全局長，2008）に基づき測定した。また、レチノール含量は高速液体クロマトグラフ法（江川と馬場，2003）で測定した。

5. 統計処理

給与試験における各調査項目結果について、処理区、実施期、群を要因として分散分析を行い、処理区につ

いて有意であった場合は、Tukey法により多重比較を行った（吉田，1984）。なお、P値が5%未満を「有意差あり」と、10%未満を「傾向あり」と表示し、統計ソフトはR（R Version 3.5.1）を用いた。

結果および考察

1. 飼料設計および化学成分

飼料原料の化学成分、それに基づき設計した給与飼料の飼料原料配合割合を表1に、各区給与飼料の化学成分の分析値と計算値を表2に示した。

25%区飼料の各原料の配合割合は、市販飼料75.0%、屑玄米10.9%、乾燥米ぬか0.5%、乾燥豆腐粕9.6%、アスパラ0.2%、ホタテ貝殻粉3.8%とし、その粗タンパク質含量分析値は19.2%であった。また、45%区飼料の配合割合は、市販飼料55.0%、屑玄米16.3%、乾燥米ぬか12.4%、乾燥豆腐粕12.4%、アスパラ0.1%、ホタテ貝殻粉3.8%とし、その粗タンパク質含量分析値は18.7%であり、設計した2種類の給与飼料中粗タンパク質含量は、市販飼料の粗タンパク質含量（20.0%）より低く、地場産未利用資源での代替割合が高くなるにつれて低い値を示したものの、45%区であっても本研究の目標粗タンパク質含量以上の値を示し、目標値を達成できた。

一方、佐伯ら（2004）は、食品残さを食品成分表に

Table 1. Composition and mixing ratio of feed ingredients.

Ingredients	Dry matter (%)	Chemical composition (%)					Mixing ratio of ingredients		
		Crude protein	Crude fat	Crude fiber	Nitrogen free extract	Crude ash	Control	25%	45%
Commercial diet	87.8	20.0	6.4	3.1	56.9	13.6	100	75.0	55.0
Crushed brown rice	84.5	9.2	1.2	0.4	88.3	0.9	0	10.9	16.3
Dried rice bran	85.8	16.6	24.6	8.0	38.2	12.6	0	0.5	12.4
Dried tofu byproduct	89.3	31.8	6.7	12.3	44.3	4.9	0	9.6	12.4
Asparagus	91.6	25.9	2.4	22.3	34.6	14.8	0	0.2	0.1
Seashell powder	99.6	0.9	0.2	0.0	0.5	98.4	0	3.8	3.8

Table 2. Composition of experimental diets in each group.

Diets	Dry matter (%)	Chemical composition (%)				
		Crude protein	Crude fat	Crude fiber	Nitrogen free extract	Crude ash
Control	87.8	20.0	6.4	3.1	56.9	13.6
Phosphorus						0.621
Calcium						4.248
25%	88.0	19.2	5.6	3.8	57.0	14.4
(Calculated value)		(19.3)	(5.7)	(3.6)	(56.9)	(14.6)
Phosphorus						0.549
Calcium						4.648
45%	87.7	18.7	7.4	4.8	55.2	13.9
(Calculated value)		(18.6)	(7.6)	(4.3)	(56.0)	(13.5)
Phosphorus						0.788
Calcium						4.276

基づき配合した養豚用リサイクル飼料の組成および栄養価の計算値と実測値について比較検討を行った。その結果、抜き取り式のサンプリングによる飼料原料の成分含量は、サンプリングエラーや日間、ロット間の成分変動があるため、必要に応じて安全率を見込んだ配合設計が必要であると指摘している。

本研究における各区飼料における化学成分含量の計算値は、25%区飼料では粗タンパク質が19.3% (分析値19.2%)、粗脂肪が5.7% (分析値5.6%)、粗繊維が3.6% (分析値3.8%)、可溶性無窒素物が56.9% (分析値57.0%)、45%飼料では粗タンパク質が18.6% (分析値18.7%)、粗脂肪が7.6% (分析値7.4%)、粗繊維が4.3% (分析値4.8%)、可溶性無窒素物が56.0% (分析値55.2%) と給与飼料の計算値と実測値はほぼ同様であり、本研究で用いた地場産未利用資源の成分変動は小さいことが考えられた。

一方、飼料中のリンとカルシウム含量は、対照区で0.621%と4.248%、25%区で0.549%と4.648%、45%区で0.788%と4.276%と、リン含量は25%区が最も低い値を示す一方で、カルシウム含量は最も高い値を示していた。飼料中のリンとカルシウムのバランスから推察すると正常な産卵率を維持するケージ飼養の白色レグホーン種における飼料中のリンとカルシウムの適量はそれぞれ約0.7%および約3.0%であるとの報告がある(李ら, 1967)。よって、本研究における25%区飼料はカルシウム含量に対してリン含量が低かったことが考えられた。

2. 産卵成績および卵質

1日1羽当たりの飼料摂取量、産卵率、生産卵の卵質結果を表3に示した。

飼料摂取量は、対照区111.5±11.1g、25%区106.2±19.2gおよび45%区110.3±14.6gと、対照区にくらべ25%区で低い値を示した ($P=0.1790$)。しかし、いずれの処理間差も有意ではなかった。鶏の飼料摂取量

は低タンパク飼料の給与(上野, 1985)、飼料中の単一アミノ酸の不足(Kubo and Sugahara, 1995; Sugahara and Kubo, 1996) および飼料中脂質含量の増加(Leeson *et al.*, 1987; 飯田ら, 1993)により低下する。本研究で使用した飼料原料は、アミノ酸組成は分析していないが、飼料中の粗タンパク質含量は45%区が最も低い値を示していたこと、また粗脂肪含量では45%区が最も高い値を示していたことより、25%区の飼料摂取量が低い値を示していたのは飼料中の粗タンパク質または粗脂肪含量によるものではないと考えた。一方、飼料中のリン含量の減少が鶏の飼料摂取量を減少させることが報告されている(古田ら, 1964; Carew *et al.*, 1985; Punna *et al.*, 1999)。本研究において用いた飼料中のリン含量は、飼料摂取量と同様に25%区が最も低い値を示しており、古田ら(1964)やCarew *et al.* (1985)、Punna *et al.* (1999)の報告からも、今回の飼料摂取量の差は飼料中のリン含量の差の可能性が考えられるが、この点については今後詳細に検討していく必要があると考える。一方、飼料摂取量の各区における標準偏差については、対照区に比べ他の2区で大きく、特に25%区では対照区に比べそのばらつきは大きいものであった。これは、本研究で調製した飼料において採卵鶏の嗜好性に個体差が現れる原料が含まれていた可能性が考えられるが、この点についても今後、採卵鶏に対する各原料の嗜好性について検討していく必要があるものと考えられる。

産卵率は、対照区が92.8±8.1%、25%区が90.2±14.8%、45%区が89.0±12.5%と処理区間に差はみられなかった。すなわち、本研究で用いた地場産未利用資源による市販飼料の45%までの代替によっても、市販飼料と同等の産卵成績が期待できると考えられた。一方、産卵率の各区における標準偏差は対照区に比べ他の2区で大きく、特に25%区では対照区に比べそのばらつきは大きいものであった。飼料摂取量においても同様な傾向がみられたことより、この産卵率の個体

Table 3. Effect of diets including unutilized resources of local products on feed intake, egg-laying rate and egg quality in laying hens.

Factor	Control (n = 30)	25% (n = 30)	45% (n = 30)	P-value		
				C × 25	C × 45	25 × 45
Feed intake (g/day/hen)	111.5±11.1	106.2±19.2	110.3±14.6	0.1790	0.9054	0.3571
Egg-laying rate (g)	92.8±8.1	90.2±14.8	89.0±12.5	0.7044	0.4673	0.9227
Egg quality						
Egg weight (g)	68.7±4.7	67.3±4.5	66.9±4.2	0.4376	0.2301	0.9078
Height of egg white (mm)	7.1±1.2	7.1±0.9	7.2±1.1	0.9797	0.8768	0.9529
Haugh unit	81.0±7.3	81.9±6.2	82.3±7.8	0.8507	0.7203	0.971
Yolk color fan value	11.4±0.5	9.7±0.9	8.3±0.7	<0.01	<0.01	<0.01
Eggshell strength (kgf/cm ²)	4.19±0.94	4.08±1.00	4.41±0.83	0.8993	0.6050	0.3468
Eggshell thickness (mm)	0.41±0.04	0.42±0.04	0.42±0.03	0.3452	0.1627	0.8988

Mean ± Standard deviation

C : Control

25 : 25%

45 : 45%

差は、飼料摂取量に起因している可能性が考えられた。

一方、卵重は、対照区 68.7 ± 4.7 g、25%区 67.3 ± 4.5 gおよび45%区 66.9 ± 4.2 gと、有意な差ではないが、地場産未利用資源での代替割合が高くなるにつれて軽くなる可能性が示唆された($P=0.2301$)。卵重は飼料中の粗タンパク質含量の低下に伴い軽くなる(福原ら, 2002; 後藤と金井, 2005; 内村ら, 2005)。また、低メチオニン飼料の給与(Jackson *et al.*, 1987)やタウリン添加飼料の給与(Yamazaki and Takemasa, 1998)は卵重を低下させるとの報告や、トリプトファン添加飼料給与が卵重を増加させるとの報告もあり(Harms and Russell, 2000)、アミノ酸の給与レベルが卵重に影響する。本研究の結果からは、飼料のアミノ酸含量の影響は不明だが、対照区にくらべ25%区および45%区の粗タンパク質含量が低かったことに加え、飼料中アミノ酸含量も卵重低下の要因である可能性が考えられた。

鶏卵の購買行動を調査した小泉ら(1990)は、消費者の選好性が最も高かった鶏卵の大きさはLサイズであり、次いでMサイズが続き、LおよびMサイズでほとんどを占めると報告している。また、田名部(1995)は、日本人の消費者嗜好ではMサイズがもっとも高いが、これは日常的に個人単位に用いられている食器の大きさに関連しているとしている。本研究の25%区および45%区で生産された鶏卵は、市販飼料を給与した対照区にくらべ若干卵重が軽い、そのほとんどが消費者嗜好性の高いLおよびMサイズであった。すなわち、地場産未利用資源を含む飼料で生産された鶏卵は、消費者の選好性の面からみて問題はないと考えられる。

卵黄色を示すYCFは、対照区 11.4 ± 0.5 、25%区 9.7 ± 0.9 、45%区 8.3 ± 0.7 と、地場産未利用資源での代替割合が増加するに伴って有意に低い値を示し($P < 0.01$)、卵黄色は淡色化した。卵黄の色素は飼料から移行して蓄積したキサントフィル類によるものであり、トウモロコシやコーングルテンミール、アルファルファミールなどを飼料に添加して適切な卵黄色を作り上げる(山上, 2007)。採卵鶏に飼料米を給与し

た研究では主な卵質には影響はなかったが、トウモロコシの飼料米による代替割合(秋友と岡村, 2009; 後藤ら, 2010)や市販飼料への飼料米添加割合(立川ら, 2009; 松井と池谷, 2011)が高くなるにつれて卵黄色が薄くなり、特に飼料米の混合割合が10%以上で卵黄色が有意に薄くなると報告されている(松井と池谷, 2011)。本研究の25%区および45%区での屑玄米の配合割合はそれぞれ、10.9%および16.3%であった。すなわち、このことが卵黄色の淡色化を招いた原因と考えられた。一方で濃い卵黄色は、従来から鶏卵の商品価値を高める重要な消費者の嗜好要素であることから(田名部, 1995)、今後は卵黄色を改善する原料の添加を検討していく必要がある。

卵殻厚は、対照区 0.41 ± 0.04 mm、25%区 0.42 ± 0.04 mm、45%区 0.42 ± 0.03 mmとほぼ同様であり、地場産未利用資源の利用は卵殻厚に大きな影響を与えなかった。

また、卵白高やハウユニット値、卵殻強度、卵殻厚においては処理区間に有意差はみられず、卵黄色の変化には注意が必要ではあるが、本研究のような地場産未利用資源で市販飼料の45%程度まで代替しても産卵成績および卵質に大きな影響は与えないものと考えられる。

3. 生産卵の化学成分

生産された卵の化学成分を表4に示した。

水分含量は対照区 $76.2 \pm 0.0\%$ 、25%区 $76.6 \pm 0.4\%$ 、45%区 $76.9 \pm 0.2\%$ と、対照区にくらべ45%が若干高い値を示していた($P=0.2204$)。発酵乾燥トウフ粕を採卵鶏成鶏用完全配合飼料に添加した立川ら(2011)の報告によれば、発酵乾燥トウフ粕の添加割合が高くなるにつれて卵黄の水分含量が高くなる傾向を示している。本研究においても、乾燥豆腐粕添加割合が高くなるにつれて、生産された鶏卵中の水分含量が増加したが、これは、立川ら(2011)の報告のように卵黄中の水分が増加した可能性が考えられた。

粗タンパク質含量では対照区が $12.0 \pm 0.1\%$ 、25%区が $11.6 \pm 0.3\%$ 、45%区が $11.6 \pm 0.2\%$ と対照区

Table 4. Effects of diets including unutilized local resources on chemical composition of produced egg.

	Control (n = 3)	25% (n = 3)	45% (n = 3)	P-value		
				C × 25	C × 45	25 × 45
Moisture (%)	76.2 ± 0.0	76.6 ± 0.4	76.9 ± 0.2	0.4006	0.2204	0.6970
Crude protein (%)	12.0 ± 0.1	11.6 ± 0.3	11.6 ± 0.2	0.0658	0.0559	0.8944
Crude fat (%)	10.1 ± 0.4	10.1 ± 0.5	9.8 ± 0.2	0.9706	0.6200	0.7294
Crude ash (%)	0.9 ± 0.0	0.9 ± 0.1	0.9 ± 0.0	0.5482	1.0000	0.5482
Carbohydrate (%)	0.8 ± 0.4	0.7 ± 0.3	0.8 ± 0.4	0.7842	0.7842	0.4766
Retinol (μ g/100g)	179.3 ± 5.1	156.7 ± 6.4	140.0 ± 2.6	0.1370	0.0501	0.2268

Mean \pm Standard deviation

C : Control

25 : 25%

45 : 45%

にくらべ他の2区は低い傾向がみられた($C \times 25 : P=0.0658$, $C \times 45 : P=0.0559$)。これは各区給与飼料中の粗タンパク質含量に関係していると考えられるが、これらの現象の機序については今後の検討課題としたい。

鶏卵はビタミンC以外のほとんどのビタミンを含み、ヒトにおけるビタミンAの良い供給源である(阿久澤, 2008)。ビタミンA含量が高い、栄養強化卵生産のための研究も行われており(岸井, 2002)、鶏卵中のビタミンA含量は鶏卵の品質にとって重要な要素である。

本研究において生産卵のビタミンAとしてのレチノール当量は、対照区 $179.3 \pm 5.1 \mu\text{g}/100\text{g}$ 、25%区 $156.7 \pm 6.4 \mu\text{g}/100\text{g}$ および45%区 $140.0 \pm 2.6 \mu\text{g}/100\text{g}$ と、地場産未利用資源での代替割合が上昇するに伴い、その値は低下する傾向が強かった($C \times 25 : P=0.1370$, $C \times 45 : P=0.0501$)。鶏卵のビタミンAは、カロテン含量が高いトウモロコシを主体とした飼料から供給される(阿久澤, 2008)。カロテンの卵黄への移行は極めて低く、採卵鶏の腸や肝臓でカロテンがレチノールに効率的に変化して卵黄中に移行し、ビタミンAとして蓄積されることが報告されている(Burley and Vadehra, 1989)。本研究における地場産未利用資源による代替割合の上昇に伴うレチノール当量の低下傾向は、市販飼料に含まれるトウモロコシ等のカロテン供給原料が屑玄米等に置き換えられたことによると考えられる。

卵黄中のカロテンの移行率は飼料中の油脂含量の増加とともに高くなることが報告されている(水流ら, 1999)。今後、地場産未利用資源を活用しつつビタミンA含量が高い鶏卵生産のためには、カロテンの供給源となる飼料原料に加え、脂質含量の高い飼料原料を模索するとともに、飼料中カロテンおよび脂質含量を考慮した飼料設計が必要であろう。

謝 辞

本研究を実施するにあたり、ご協力いただきました北海道岩見沢農業高校養鶏班の皆様にご感謝申し上げます。

文 献

秋友一郎・岡村由香(2009) 飼料用米の栽培と利用の実証. 山口畜試研報, 24:121-126.
 阿久澤良造(2008) 卵に関するエトセトラ 第5回 鶏卵の化学特性と化学強化卵. 養鶏の友, 561:66-68.
 Burley, R.W. and D.V. Vadehra (1989) Pigments in yolk. In: The avian egg/chemistry and biology. 179-183. John Wiley & Sons. New York.

Carew, L. B. Jr., T. A. Gestone, F. A. Alster and C. G. Scanes (1985) Effect of phosphorus deficiency on thyroid function and growth hormone in the white Leghorn male. *Poult Sci*, 64:2010-2012.
 独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構(2011) 2章 養分要求表. 12-15. 日本飼養標準 家禽(2011年版). 社団法人中央畜産会. 東京.
 江川幸恵・馬場強三(2003) 卵黄中の脂溶性ビタミン、カロテノイドの分析. 長崎衛公害研報, 49:100-104.
 福原絵里子・前田統幸・西尾祐介・津留崎正信(2002) 低タンパク質飼料の給与が採卵鶏の卵重および鶏卵規格別割合に及ぼす影響. 福岡農総試研報, 21:58-61.
 古田賢治・中沢 稔・山田献一・居山猪一・窪田大作(1964) 産卵鶏のカルシウム・リン要求量に関する研究. 家禽誌, 1:39-46.
 後藤美津夫・金井 久(2005) 産卵後期における低タンパク質飼料の給与が採卵鶏に及ぼす影響(第1報). 群馬畜試研報, 11:38-41.
 後藤美津夫・小林幸雄・信岡誠治(2010) 飼料用米をトウモロコシの代替とした採卵鶏飼料の開発. 群馬畜試研報, 17:79-89.
 Harms, R. H. and G. B. Russell (2000) Evaluation of Tryptophan requirement of the commercial layer by using a corn-soybean meal basal diet. *Poult Sci.*, 79:740-742.
 北海道経済部食関連産業室(2019) 北海道の食品工業の現状.
 飯田哲也・山田真希夫・山口岑雄・内野健志(1993) 産卵鶏に対する大豆油及び魚粉添加の効果. 千葉畜七研報, 17:23-24.
 Jackson, M. E., H. M. Hellwig and P. W. Waldroup (1987) Shell quality: potential for improvement by dietary means and relationship with egg size. *Poult. Sci.*, 66:1702-1713.
 岸井誠男(2002) 高付加価値卵の生産技術. 家禽会誌, 39:J71-J76.
 小泉聖一・西野松之・長野 實(1990) 畜産物についての消費者行動に関する研究-VIII 鶏卵に関する調査研究. 日大農獣医学研報, 47:150-160.
 Kubo, T and K. Sugahara (1995) Effect of dietary Threonine level and food intake on energy utilization by male growing chicks. *Anim. Sci. Technol. (Jpn.)*, 66:233-238.
 Leeson, S., J. O. Atteh and J. D. Summers (1987) Effects of increasing dietary levels of commercially heated soybeans on performance, nutrient retention and carcass quality of broiler chickens. *Can. J. Anim. Sci.*, 67:821-828.
 松井繁幸・池谷守司(2011) 配合飼料への粳米の混合

- が採卵鶏の生産性および卵質に及ぼす影響. 静岡中小試研七研報, 4:35-40.
- 中田裕二・折笠 瞳・西村 勉・前川吉明 (2005) ペットフード中リン, 鉄, カルシウム, マグネシウム, 亜鉛, マンガンおよび銅の分析におけるICP発光分析法の有用性. ペット化学会誌, 8:82-88.
- 農林水産省大臣官房統計部 (2019) 農林水産統計 畜産統計 (平成31年2月1日現在) .
- 農林水産省大臣官房統計部経営・構造統計課 (2019) 平成29年 市町村別農業産出額 (推計) .
- 農林水産省生産局畜産部畜産振興課 (2019) エコフィードをめぐる情勢.
- 農林水産省生産局畜産部飼料課, 消費・安全局畜水産安全管理課 (2019) 飼料をめぐる情勢.
- 農林水産省消費・安全局長 (2008) 第3章 一般成分及びデタージェント繊維. 飼料分析基準. 5-14. 平成20年4月1日・19消安第14729号 農林水産省消費・安全局長通知.
- Punna, S. and D. A. Sr. Roland (1999) Influence of supplemental microbial phytase on first cycle laying hens fed phosphorus-deficient diets from day one of age. *Poult. Sci.*, 78:407-1411.
- 李 榮商・窪田大作・森本 宏 (1967) 産卵鶏におけるリンとカルシウムの代謝に関する研究 (II) . 日畜会報, 38:351-357.
- 佐伯真魚・川島知之・大澤貴之・阪上 泉・音成洋司・高橋俊浩・丹羽美次・望月辰起・山本心平・渡邊敬一・矢後啓司・青木 稔・堀 与志美・高田良三・山崎 信・永西 修・阿部 亮 (2004) 食品残さを成分表に基づき配合した養豚用リサイクル飼料の組成および化学価の設計値と実測値の比較. 日豚会誌, 41:217-227.
- Sugahara, K. and T. Kubo (1996) Effect of dietary Isoleucine level and food intake on energy utilization by growing male chicks. *J. Poult. Sci.*, 33:33-39.
- 立川昌子・浅野智宏・石川寿美代・島部奈美・早川博 (2009) 飼料米給与による採卵鶏への影響. 岐阜畜研研報, 9:41-46.
- 立川昌子・石川寿美代・早川 博 (2011) 発酵乾燥トウモロコシ添加による採卵鶏への影響. 岐阜畜研研報, 11:27-31.
- 田名部尚子 (1995) 鶏卵の品質—消費者の嗜好性と鶏卵の利用性の側面から. 家禽会誌, 32:1-11.
- 水流正裕・山崎 信・村上 齊・石川寿美代・武政正明 (1999) 飼料中の油脂含量が卵黄中 β -カロチン含量および卵黄色に及ぼす影響. 家禽会誌, 36:329-335.
- 上野満弘 (1985) 採卵用育成鶏に対する低たんぱく質飼料給与の成績. 鶏の研究, 60:34-37.
- 内村正幸・吉田さやか・上山勝行・財部祐至 (2005) 採卵鶏における卵重調節技術の検討 (第3報) . 鹿児島畜試研報, 39:107-110.
- 山上善久 (2007) 目で見える鶏卵の品質講座 (12) 卵黄色素. 養鶏の友, 543:52-53.
- Yamazaki, M. and M. Takemasa (1998) Effects of dietary Taurine on egg weight. *Poult. Sci.*, 77:1024-1026.
- 吉田 実 (1984) 3. 2. 3ラテン方格法. 畜産における統計的方法 (第三版) . 吉田 実・阿部猛夫監修. 62-69. 中央畜産会. 東京.