

原著論文

# 食品残さの飼料利用による産卵鶏の生産性に関する研究\*

小嶋禎夫\*\*

東京都農林総合研究センター

## 摘 要

本研究は、廃棄物である食品残さの家禽飼料としての利用性を明らかにすることを目的として、産卵鶏に乾燥食品残さを給与し、鶏卵の生産性について追究した。

乾燥食品残さの配合飼料への代替率12.5～25.0%において、産卵成績（卵重，産卵率，産卵日量および飼料要求率）は、配合飼料の単独給与と比較して、同レベルまたは優れることを明らかにした。乾燥食品残さの長期給与は代替率50.0%においても、配合飼料と遜色のない産卵成績を示すが、卵質（卵殻強度および卵殻厚）は低下した。その原因が、血清中および脛骨中のカルシウム（Ca）およびリン（P）含量の減少によることを見出し、CaおよびPを飼料にバランス良く添加することで、卵質の低下は防げることを明らかにした。官能評価においても、乾燥食品残さの有用性が示された。これらのことより、乾燥食品残さが産卵鶏の優れた飼料であると判断した。本研究で明らかにした乾燥食品残さの飼料特性や産卵鶏への高水準での利用性に関する成果は、食品残さの家畜・家禽への飼料利用の推進に大きく寄与し、さらには環境保全や自給率向上に貢献するものと確信する。

キーワード：産卵鶏，食品残さ，卵殻質，カルシウム，リン

東京都農林総合研究センター研究報告 5:1-37, 2010

## 目 次

緒論	3) 卵質
	4) 卵黄脂肪酸組成
	1-2 小括
第1章 乾燥処理した厨房残さの飼料特性および産卵鶏への給与が産卵成績および卵質に及ぼす影響	第2章 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
1-1 はじめに	2-1 はじめに
(1) 実験材料および方法	(1) 実験材料および方法
1) 試験飼料および調製	1) 老人ホームの献立表
2) 供試鶏および飼養管理	2) 試験飼料および調製
3) 卵質測定	3) 供試鶏および飼養管理
4) 卵黄脂肪酸組成の測定	4) 卵殻質，卵殻中のCaおよびPの測定
5) 統計処理	5) 血清中のCaおよびPの測定
(2) 実験結果および考察	6) 脛骨重量，脛骨中の粗灰分，CaおよびPの測定
1) 試験飼料	7) 受精率および孵化率
2) 飼養成績	8) 統計処理

\* 日本大学大学院生物資源科学研究科学学位論文 \*\*連絡先: s-kojima@tdfaff.com

## (2) 実験結果

- 1) 老人ホームの献立表の化学組成および成分変動
- 2) 試験飼料
- 3) 飼養成績
- 4) 卵殻質, 卵殻中の Ca および P 含量
- 5) 血清中の Ca および P 含量
- 6) 脛骨重量, 脛骨中の粗灰分, Ca および P 含量
- 7) 受精率および孵化率

## (3) 考察

## 2-2 小括

## 第3章 乾燥処理した厨房残さを配合した飼料中へのカルシウムおよびリンの添加が産卵鶏の産卵成績および卵殻質に及ぼす影響

## 3-1 はじめに

## (1) 実験材料および方法

- 1) 試験飼料および調整
- 2) 供試鶏および飼養管理
- 3) 卵殻質, 卵殻中の Ca および P の測定
- 4) 血清中の Ca および P の測定
- 5) 脛骨重量, 脛骨中の粗灰分, Ca および P の測定
- 6) 排泄物中の水分, 粗灰分, Ca および P の測定
- 7) 官能評価
- 8) 統計処理

## (2) 実験結果

- 1) 飼養成績
- 2) 卵殻質, 卵殻中の粗灰分, Ca および P 含量
- 3) 血清中の Ca および P 含量
- 4) 脛骨重量, 脛骨中の粗灰分, Ca および P 含量
- 5) 排泄物中の水分, 粗灰分 Ca および P の出納
- 6) 官能評価

## (3) 考察

## 3-2 小括

## 総括

## 謝辞

## 引用文献

## 結 論

わが国における食料自給率40%(カロリーベース)は、主要先進国の中で最も低い水準となっている。平成17年度に策定された新たな食料・農業・農村基本計画においては、平成27年度の食料自給率目標値を45%と設定して

いる。

わが国における飼料用を含む穀物全体の自給率は27%であり、その内の濃厚飼料自給率は10%に過ぎず(農林水産省生産局, 2008), 9割を輸入に依存している。飼料穀物の主な輸入相手国は、米国, 中国, アルゼンチン, オーストラリアおよびカナダである。鶏用配合飼料の主原料である飼料用トウモロコシの輸入量は、年12,061千トン(平成19年)であり、その内の93%を米国から輸入している。

国連の推計(World Population Prospects, 2007)によると、世界の人口は、今後、途上国を中心に大幅に増加し、2006年の66億人が2050年には92億人に達すると見込まれている。また、新興国の経済成長に伴うライフスタイルの変化がもたらす飼料用穀物の需要増加や地球温暖化の進展に伴う異常気象の拡大による農業生産への影響は、穀物需給の逼迫を招く要因と考えられる。さらに近年、米国では燃料用エタノール生産向けトウモロコシの需要量が急激に増加しており、トウモロコシ需給の逼迫による飼料価格高騰の影響は既に顕在化している。

一方、国内における食品産業からは、年間1,135万トンの食品残さが発生している(農林水産省生産局, 2008)。食品の製造段階、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め立てによる処分は、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極めて重要な課題となっている。

ふすま, 米ぬか, ビール粕, ビートパルプおよびバカスといった食品の製造段階で排出される製造副産物の一部は、古くから家畜用飼料として利用されており、最近ではパン屑や果汁粕などの利用も進んでいる。食品の流通段階では、コンビニエンスストアにおける販売期限切れの弁当の肥・飼料化やファミリーレストランにおける食品残さの再生利用の取り組みも行われている。現在では食品残さの59%が再生利用されており、再生利用の仕向けでは、肥料化の39%が最も多く、飼料化の37%がそれに次いでいる。しかし、廃棄物として処分されているものや肥料化等に再利用されている食品残さの中には、品質的には飼料化が可能な資源も多く含まれていることから、平成19年度に改正された食品リサイクル法では、食品残さの再利用にあたっては、飼料化を最優先に位置づけている(農林水産省, 2007)。

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。わが国では、残飯養豚やアラ養鶏が古くから行われており、食品残さを家畜へ利用することは新しい考

え方ではない。しかし、一般的な食品残さには水分含量が高いものが多く、飼料としての取り扱い性、糸状菌等微生物由来の変質・変敗・汚染等による保存性や安全性の問題がある。加えて、飼料化する食品残さの安定的（定時、定量的）な確保の問題、排出元によって生じる食品残さの組成変動の問題、豚肉の軟脂など生産物への影響の問題および飼料化に関わるコストの問題があり、これらは飼料資源として有用なものが多く存在する食品残さについて、飼料利用の進捗を阻害する要因となっている。すなわち、永続的に食品残さの飼料化を推進するためには、これらの問題の解決を図ることが必要である。

食品残さを処理、加工、保存して家畜に給与するための技術には、①ビール粕や豆腐粕などの粕類に適用される乳酸発酵によるサイレージ調整技術、②油温減圧脱水乾燥、ボイル乾燥、高温発酵乾燥、高温乾燥、減圧乾燥といった乾燥技術、③湿式処理技術にはリキッドフィーディング方式および乳酸発酵による発酵リキッドフィーディング方式が開発されている。

食品残さの飼料利用については、現在までに多くの研究がなされている（兵頭ら，1980；入江ら，1990；佐伯ら，2001；渡辺ら，2001；丹羽ら，2003；大森ら，2007）。しかし、その多くは豚の肥育に関するものであり、産卵鶏を用いた報告は少ない（吉田・星井，1979；斎藤・名倉，1982）。国内における2007年度の配・混合飼料の生産量は、2,449万トンであり、畜種別の仕向けの内訳では、多い順に産卵鶏用（全体の27.1%）、次いで養豚用（24.5%）、肉用牛用（18.8%）、ブロイラー用（15.5%）および乳用牛用（13.5%）となっている（農林水産省生産局，2008）。配・混合飼料の生産量が最も多い産卵鶏において、食品残さ飼料の給与が産卵鶏へ及ぼす影響を明らかにすることは、食品残さの飼料化を推し進める上で極めて重要である。さらに、食品残さの飼料化においては、最終的に生産された鶏卵の品質が良いことが重要である。

そこで本研究では、乾燥処理した厨房残さに着目し、産卵鶏用配合飼料への代替利用が産卵鶏の生産性へ及ぼす影響についての研究を行った。まず、乾燥処理した厨房残さの給与が産卵鶏の産卵成績および卵質に及ぼす影響について第1章に記述した。次に、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並びに血清中、脛骨中のカルシウムおよびリン含量に及ぼす影響について第2章に記述した。さらに、産卵鶏用配合飼料の50%を厨房残さの乾燥処理物で代替した飼料中のカルシウムおよびリンの含有率を変化させた場合の生産性やミネラル出納への影響について第3章に記述した。最後に、今回の一連の研究を総括した。

## 第1章 乾燥処理した厨房残さの飼料特性および産卵鶏への給与が産卵成績および卵質に及ぼす影響

### 1-1 はじめに

現在、食品の製造段階、流通段階および消費段階の過程で発生する食品残さの多くが、焼却や埋め立てにより処分されている。それらは環境保全、資源利用および食料自給率などの観点から、より効率的な利用が必要とされている。食品残さの内、調理時に発生する野菜屑や調理済み食品は、家畜の飼料として栄養価が高く、利用し得るものである。しかしながら、一般的にこれら食品残さの水分含量は50から85%と高く（Myer et al., 1999）、飼料としての保存性、可搬性および安全性に欠けるため、現在、加熱やボイル乾燥といった方法により飼料としての利用性の検討も行われている。これまでに、これらの方法によって作成した飼料をブタに給与した結果がいくつか報告されている。レストラン由来の乾燥残さは、肥育豚飼料への20%以下での配合割合において、十分な成長と飼料効率が確保される（Rivas et al., 1995）とするものや、高脂肪含量の乾燥残さの肥育豚への給与は、脂肪の硬さを有意に低下させる（Myer et al., 1999）といった報告がある。

しかし、乾燥処理した厨房残さの給与が産卵鶏の生産性に及ぼす影響についての検討は殆どなされていない。

本研究は、乾燥処理した厨房残さの飼料特性を調査し、産卵鶏に対する給与が産卵成績および卵質へ及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。

#### (1) 実験材料および方法

##### 1) 試験飼料および調製

厨房残さの材料は、1,000人規模の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℃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。

試験飼料は、乾燥処理した厨房残さ（以後「乾燥残さ」とする）と市販配合飼料（粗タンパク質17%以上、代謝エネルギー（ME）2.80Mcal/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「配合飼料」とする）との2種類を用いた。試験区は、配合飼料100%の対照区と、配合飼料の重量比12.5%を乾燥残さで代替した12.5%区、同様にして配合飼料の25%および50%を

代替した25%区および50%区の4区とした。試験飼料は、1週間毎に調整した。

試験飼料の水分、粗タンパク質、粗脂肪、粗繊維および粗灰分はロット毎に飼料分析の常法（社団法人日本科学飼料協会、2004）に従い測定した。カルシウム（Ca）、銅（Cu）、鉄（Fe）、亜鉛（Zn）およびP定量用の試料溶液の調整は、乾式灰化法（小原、1997）によった。すなわち、灰化物に6N塩酸を5ml加えて加熱し、蒸発乾固後1%塩酸を用いて50mlに希釈して試料溶液とした。Ca、Cu、FeおよびZnは、試料溶液を1%塩酸で500倍に希釈し、原子吸光光度計（AA-680, SIMADZU）によりアセチレン-空気フレーム中で波長422.7nm, 324.8nm, 248.3nmおよび766.5nmの吸光度をそれぞれ測定した。なお、Ca測定液には、干渉抑制剤として塩化ランタン溶液（La10%（W/V））を5ml添加した。またPは、分光光度計（UV-160A, SHIMADZU）を用いてモリブデン青比色法による波長650nmを測定した。マグネシウム（Mg）、カリウム（K）およびナトリウム（Na）は、希酸抽出法（小原、1997）により調製した試料溶液を原子吸光光度法により波長285.2nm, 213.9nmおよび589nmの吸光度をそれぞれ測定した。食塩相当量は、食塩（NaCl）を構成するNaの原子量と塩素（Cl）の原子量から求めた2.54をNa含量に乗じて換算した。

乾燥残さの脂質についてはジエチルエーテルで抽出した脂肪について、脂肪酸組成（メチルエステル化と分析は卵黄脂肪酸組成の方法と同様におこなった）、TBA価（B.G. Tarladgisらの方法、すなわち水蒸気蒸留法によって分光光度計による535nmの吸光度を測定した）および過酸化物質価（酢酸-クロロホルムを用いたレー法改良法によった）を測定した。乾燥残さ中の大腸菌群数はMPN算出法、サルモネラは増殖培養法およびアフラトキシンはHPLC法によって調査した。ヒ素およびその他の有害性重金属については、「飼料安全法」に基づき農林水産省畜産局長が定めた「飼料の有害物質の指導基準の制定について」に基準が設定されているヒ素、鉛およびカドミウムの他、クロムを測定した。アミノ酸は、試料0.3gを正確に分解用試験管に秤量し、窒素量の約1000倍の6N塩酸を加え試験管内を脱気した。110°Cの恒温器を用い途中攪拌しながら24時間加水分解した。分解終了後、No.5Aのろ紙（東洋）でろ過し、ろ液を100mlに定容し、そこから1mlを分取して乾固した。乾固後、蒸留水を1ml入れ再乾固させた。再乾固したものに0.02N塩酸を2ml入れ0.45μmのフィルターを通したものをアミノ酸分析計（L-8900, Hitachi）により測定した。

## 2) 供試鶏および飼養管理

区分け前2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）40羽を選抜し、5羽を1群とした8群に区分し、2週間試験環境に馴致させたのち、各区に2群ずつ割付けて5週間飼育した。

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飲水を自由に摂取させた。飼料は、1羽1日当たり130gの飼料を群ごとに毎朝給与した。照明条件は、17時間点灯（午前3時から午後8時）とした。

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羽当たりの飼料消費量と飼料要求率を算出した。

## 3) 卵質測定

卵は試験期間中毎日採取し、4°Cで一晩保存して翌日に卵殻厚、卵殻強度、卵殻色の明度（L\*値）、赤色度（a\*値）および黄色度（b\*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。卵殻強度は、ハーディングテスター（インテスコ社製）を用いて測定した。全ての卵は、割卵して卵白高、卵黄色を測定した。ハウユニット（HU）値は次式により算出した。

$$HU=100 \times \log(H-1.7 \times W^{0.37}+7.6)$$

Hは卵白高(mm)、Wは卵重(g)である。また、試験最終週の卵を用い、一定温度で一定期間保存した卵のHUを測定した。すなわち、保存温度は5および30°C、保存期間は14日間とし、保存期間0, 1, 2 (30°Cのみ測定), 3, 5, 7, 10および14日目に各区4個ずつ割卵して測定した。

卵黄色は、ロッシュカラーファンにより測定した。卵殻厚は、卵殻膜を取り除いて測定した。

## 4) 卵黄脂肪酸組成の測定

卵黄脂肪酸組成には、試験終了時の卵を供した。卵黄脂肪の抽出は、産卵後24時間以内に行った。各試験区からランダムに3つの卵を選び出し、家庭用のセパレーターを用いて卵白と卵黄を分離した。各区について、それぞれの卵黄より等量ずつ分取して混合した。卵黄脂肪のクロロホルム-メタノール法による抽出は、Bligh and Dyer (1959)の方法によった。抽出脂肪のメチルエステル化は、Christopherson and Glass (1969)の方法によった。

脂肪酸組成の分析は、Hitachi G-5000 ガスクロマトグラフによるガスクロマトグラフ法によった。カラムは、CROMPACK CP-Sil88 fused-silica キャピラリーカラム（50m×0.25mm.i.d., 0.2μm）を用いた。カラムの温度は、170から190°Cまで2°C/minの昇温プログラムにより行った。キャリアガスは、Heを30mL/minの流量で用いた。脂

脂肪酸の組成比は、Hitachi D-2500 computing integratorを用いて測定した面積より求めた。

## 5) 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。危険率5%以下で有意差ありと判定した。

## (2) 実験結果および考察

### 1) 試験飼料

発酵乾燥処理により製造した乾燥残さは、粉状で茶褐色を呈し、やや酸味のある香りがある(図1)。乾燥残さの化学組成は、水分12.24%、粗タンパク質17.25%、粗脂肪6.07%、粗繊維2.67%、粗灰分5.99%、Ca1.20%、P0.33%およびNa0.81%であった(表1)。乾燥残さのP含量は、学生食堂から排出された食品残さを用いたWestendorf et al. (1998)の報告より低く、かつ、同報告におけるレンジの下限に近い値だった。産卵鶏におけるNa要求量は0.12% (NRC, 1994)であり、食塩(NaCl)に換算すると0.30%であるから、乾燥残さのNa含量0.81%およびNaCl換算量の2.05%は、要求量の6.75倍を含有しており高水準である。食品残さ飼料では、NaCl含量が高くなることは飼料の属性であり、配合飼料への一定割合の代替によって給与飼料のNaCl含量は低下する(表5)。乾燥残さの粗脂肪含量6.07%は、これまでの他の報告よりも著しく低かった(Walker and Wertz, 1994; Rivas et al, 1995; Myer et al, 1999, 渡辺ら, 2001)。一般的に、残飯などは不飽和脂肪酸に富んだ油脂を多く含んでおり、残飯養豚における軟脂豚の発生原因として知られている。本研究における乾燥残さ中の粗脂肪含量が低いことは、乾燥処理中や貯蔵中の酸化、運搬や畜舎内における給餌システムを用いる際の飼料としての取り扱い性において有利である。

これらの結果は、乾燥残さに用いた材料に関する。老人ホームにおける未配膳分および残飯は、主に野菜屑と米飯である。そして、調理残さには、野菜屑、卵殻や魚腸骨が含まれる。老人ホームにおける食事は、レストランや食堂のメニューに比べて、入所者の健康管理のための正確な栄養管理が毎日なされている。しかしながら、Na含量が高いという点については、レストランや食堂から排出される食品残さにおいても、老人ホームから排出される残さも共通であった。Ca含量1.20%は、材料にスーパーマーケット残さを用いた吉田と星井(1979)の報告と同等であり、学生食堂の残さを用いた場合の0.49%(Westendorf et al., 1998)およびレストラン残さを用いた場合の0.61~0.69%(Myer et al., 1999)に比べて高かった。しかしながら、NRC飼養標準(1994: 1日1羽当たりの飼料摂取量120gの場合)の2.71%を満たしていなかった。

2007年に制定された「食品残さ等利用飼料の安全性確保のためのガイドライン」(配合飼料安定供給機構, 2008)では、食品残さ飼料等に対する有害物質又は病原性微生物の汚染の防止を図る観点から、それぞれの製品の特性に応じて分析を行うことを定めており、特に注意が必要な成分には、かび毒のアフラトキシンB<sub>1</sub>、重金属の鉛、カドミウム、水銀およびヒ素、脂肪の酸化生成物の過酸化物質があり、また、病原性微生物のサルモネラは陰性であることを品質管理基準としている。乾燥残さ中の有害物質および微生物を表2に示した。アフラトキシンは、B<sub>1</sub>の他、B<sub>2</sub>、G<sub>1</sub>およびG<sub>2</sub>についても検出されなかった。サルモネラおよび大腸菌群数は陰性だった。この結果は、供試した乾燥残さが病原性微生物に汚染されていないことを示している。鉛、カドミウム、水銀およびヒ素は、いずれも「飼料安全法」に基づき農林水産省畜産局長が定めた「飼料の有害物質の指導基準の制定について」における基準値を大きく下回った。クロムの2.63mg/kgは、鶏の中毒水準(日本飼養標準)の300ppmを大きく下回っていた。供試した乾燥残さは、飼料として利用可能な安全性を備えていると考えられた。

乾燥残さにおける脂肪酸組成の特徴および乾燥残さにおける脂肪の評価を表3に示した。乾燥残さの脂肪酸組成は、動物および植物由来の特徴を示した。すなわち、乾燥残さに含まれるドコサヘキサエン酸は材料に含まれる魚腸骨に由来するものと推察された。この結果は、材料の30%にレストラン調理残さを用いて発酵乾燥処理を行った丹羽ら(2003)の報告でも観察されている。過酸化物質は、12.6mEq/kg(表3)であり、社員食堂から排出される調理くずや食べ残しを材料に用いて温風乾燥処理した渡辺ら(2001)の16.9 mEq/kgよりも低かった。渡辺ら(2001)の処理方法は、130°Cで9~10時間の温風乾燥処理であり、処理温度の違いによる影響と推察される。食品衛生法では、抽出油の過酸化物質が30を超えないことを保存基準に規定しており、厚生労働省では、油で処理した菓子(油分10%以上)は、製品中に含まれる油脂の過酸化物質が50を超えないことと指導要領を定めている。このことから本研究における乾燥残さの過酸化物質12.6mEq/kgおよびTBA値の6.0nmol/gは、飼料としての利用に問題がないレベルと考えられた。

乾燥残さおよび試験飼料のアミノ酸含量を表4に示した。乾燥残さのアミノ酸含量では、リジンの0.57%が日本飼養標準(2004)の要求量0.65%を下回っていたが、含流アミノ酸(メチオニン+シスチン)の0.71%が要求量の0.54%を上回っている他、アルギニン、グリシン+セリン、ヒスチジン、イソロイシ、ロイシン、フェニルアラニン、フェニルアラニン+チロシン、トレオニン、

バリンおよびプロリンは要求量を満たしていた。また、配合飼料の50%を乾燥残さで代替した50%区のアミノ酸含量は、全て要求量を満たしていた (図2)。

食品残さを乾燥処理する過程において高温に晒された食品残さは、タンパク質が熱変性を受けることで消化率に影響を及ぼすと考えられる。粗タンパク質消化率は、生厨芥で86.7% (Westendorf et al., 1998) の報告がある。一方で130℃、9～10時間の温風乾燥処理では、粗タンパク質消化率が55.0% (渡辺ら, 2001) に低下し、40℃での通性嫌気性発酵と80℃での乾燥・殺菌を組み合わせた発酵乾燥処理では81.5%を示し (丹羽ら, 2003), 60～70℃、72時間の発酵乾燥処理では、in vitro 窒素消失率が78.7%を示している (佐伯ら, 2002)。また同報告の中で佐伯ら (2002) は、100℃あるいは130℃、8時間での通風乾燥処理では、100℃で3時間および80℃で8時間乾燥処理した場合に比べて in vitro 窒素消失率が有意に低かったことを観察しており、これをタンパク質の熱変性が進行したためとしている。これらの結果から、材料中の水分含量に注意が必要ではあるが、食品残さの処理過程における加熱温度が80℃程度であれば、タンパク質の熱変性による消化率の低下の影響は受けないか、あるいは少ないと考えられ、一般的な配合飼料と同等の70%以上の消化率が得られるものと考えられた。本研究で供試した乾燥残さは、ヒーター部の温度を80～85℃に設定しており、乾燥処理の過程において熱変性を受けないか受けても少ない加熱レベルにあると考えられ、乾燥残さ中の粗タンパク質およびアミノ酸含量は要求量を満たしていた。

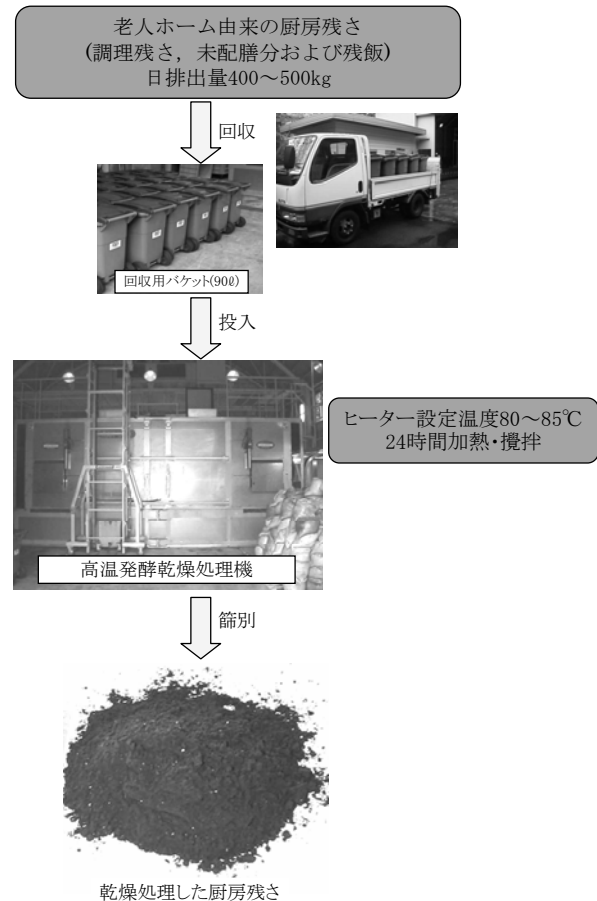


図1 乾燥処理した厨房残さの作成

表1 乾燥処理した厨房残さの化学組成

項 目		
水分	%	12.24
pH		5.63
EC	mS/cm	4.56
-----乾物 %-----		
粗タンパク質	%	17.25
粗脂肪	%	6.07
粗繊維	%	2.67
粗灰分	%	5.99
カルシウム	%	1.20
リン	%	0.33
マグネシウム	%	0.08
カリウム	%	0.67
ナトリウム	%	0.81
食塩相当量 <sup>1)</sup>	%	2.05
鉄	mg/kg	69.16
銅	mg/kg	3.20
亜鉛	mg/kg	27.43
代謝エネルギー	Mcal/kg	3.70

<sup>1)</sup>ナトリウム×2.54.

表 2 乾燥処理した厨房残さ中の有害物質

項 目	指導基準 <sup>1)</sup>		
クロム	mg/kg	2.63	
鉛	mg/kg	0.88	3.0
カドミウム	mg/kg	0.05	1.0
水銀	mg/kg	0.06	0.4
ヒ素	mg/kg	0.46	2.0
アフラトキシンB <sub>1</sub>	ppb	検出せず <sup>2)</sup>	20
アフラトキシンB <sub>2</sub>	ppb	検出せず <sup>2)</sup>	
アフラトキシンG <sub>1</sub>	ppb	検出せず <sup>2)</sup>	
アフラトキシンG <sub>2</sub>	ppb	検出せず <sup>2)</sup>	
大腸菌群数		陰性 <sup>3)</sup>	
サルモネラ		陰性 <sup>4)</sup>	

<sup>1)</sup>「飼料の有害物質の指導基準の制定について」(昭和63年10月14日畜産局長通知):ppm

<sup>2)</sup>検出限界：5ppb.

<sup>3)</sup>陰性(30以下)/100g

<sup>4)</sup>陰性/25g

表 3 乾燥処理した厨房残さの脂肪酸組成, 過酸化価および TBA 価

項目	
脂肪酸組成 (%)	
ミリスチン酸	2.49
パルミチン酸	18.65
パルミトレイン酸	3.05
ヘプタデカン酸	0.11
ステアリン酸	5.91
オレイン酸	36.62
リノール酸	24.25
リノレン酸	4.55
アラキジン酸	1.11
イコセン酸	0.22
イコサジエン酸	TR <sup>1)</sup>
イコサトリエン酸	0.05
アラキドン酸	0.64
イコサペンタエン酸	0.11
ドコサヘキサエン酸	0.09
飽和脂肪酸	28.27
一価不飽和脂肪酸	39.89
多価不飽和脂肪酸	29.69
不飽和：飽和脂肪酸比	2.5：1
過酸化価 <sup>2)</sup> (mEq/kg)	12.6
TBA 価 <sup>3)</sup> (nmol/g)	6.0

<sup>1)</sup>TR=trace.

<sup>2)</sup>抽出油脂中の過酸化価

<sup>3)</sup>1g当たりのマロンジアルデヒド濃度

表4 乾燥処理した厨房残さおよび試験飼料のアミノ酸含量<sup>1)</sup>

項目	乾燥残さ <sup>2)</sup>	対照区 <sup>2)</sup>	12.5%区 <sup>3)</sup>	25%区 <sup>3)</sup>	50%区 <sup>3)</sup>	要求量 <sup>4)</sup>
アミノ酸含量 (%)						
アルギニン	0.66	1.04	0.99	0.95	0.85	0.65
グリシン+セリン	1.45	1.60	1.58	1.56	1.52	0.51
ヒスチジン	0.33	0.45	0.43	0.42	0.39	0.16
イソロイシン	0.66	0.65	0.65	0.65	0.65	0.52
ロイシン	1.26	1.52	1.48	1.45	1.39	0.76
リジン	0.57	0.85	0.81	0.78	0.71	0.65
メチオニン	0.40	0.33	0.34	0.35	0.36	0.33
メチオニン+シスチン	0.71	0.64	0.65	0.66	0.67	0.54
フェニルアラニン	0.69	0.84	0.82	0.80	0.77	0.44
フェニルアラニン+チロシン	1.18	1.42	1.39	1.36	1.30	0.77
トレオニン	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.45
バリン	0.78	0.73	0.73	0.74	0.75	0.57
プロリン	0.69	1.04	1.00	0.96	0.87	---

<sup>1)</sup>原物中%.

<sup>2)</sup>分析値.

<sup>3)</sup>計算値.

<sup>4)</sup>日本飼養標準・家禽(2004):日産卵量56gの場合.

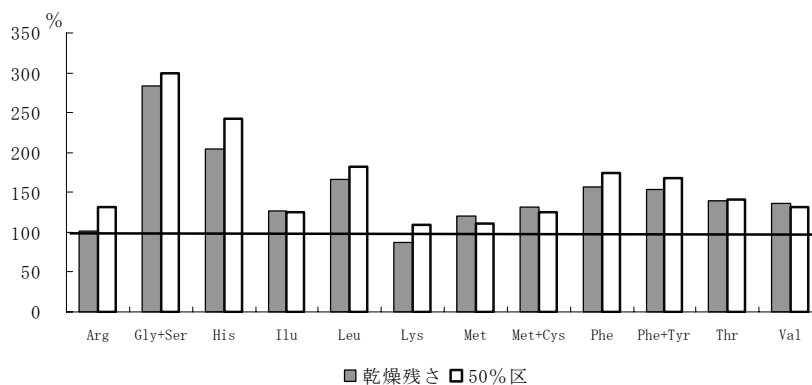


図2 乾燥残さおよび50%区におけるアミノ酸要求量<sup>1)</sup>に対する充足率

<sup>1)</sup> 日本飼養標準2004 (日産卵量56gの場合)

表5 試験飼料の化学組成<sup>1)</sup>

項目	対照区	12.5%区	25%区	50%区
分析値 (%)				
粗タンパク質	18.66	18.21	17.69	16.21
粗脂肪	3.24	4.00	5.07	5.25
粗繊維	2.27	2.55	2.63	2.74
粗灰分	12.22	12.10	10.25	8.55
カルシウム	3.74	3.63	3.05	2.55
リン	0.72	0.68	0.62	0.56
マグネシウム	0.15	0.15	0.13	0.11
ナトリウム	0.22	0.32	0.33	0.48
計算値 (%)				
食塩相当量 <sup>2)</sup>	0.57	0.81	0.83	1.23
塩素相当量 <sup>3)</sup>	0.35	0.49	0.50	0.75
代謝エネルギー (Mcal/kg)	2.91	2.93	3.11	3.17

<sup>1)</sup>原物中 (n=1).

<sup>2)</sup>ナトリウム×2.54.

<sup>3)</sup>食塩相当量-ナトリウム.



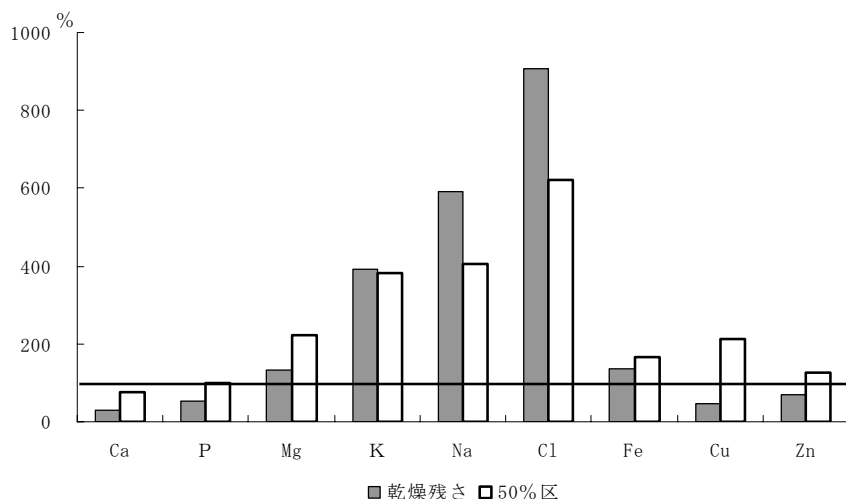


図3 乾燥残さおよび50%区におけるミネラル要求量<sup>1)</sup>に対する充足率

<sup>1)</sup> P：日本飼養標準1992, Cu：NRC1984

その他：日本飼養標準2004（日産卵量56gの場合）

## 2) 飼養成績

本研究では、供試した産卵鶏の試験飼料の摂取および健康状態に問題は観察されなかった。

試験期間中の増体量、飼料摂取量、産卵成績および飼料要求率を表6に示した。産卵率および飼料要求率には、有意差が認められなかった。35日間の試験終了時の増体量では、対照区、12.5%区および25%区は増加し、50%区のみ減少となり、対照区および12.5%区に比べて有意に低かった ( $P < 0.05$ )。飼料摂取量は、12.5%区および25%区が対照区および50%区に比べて有意に増加し、50%区の117.2gは対照区の122.0gに比べて有意に減少した。産卵日量および卵重は、12.5%区および25%区が高く、50%区が最も低かった ( $P < 0.05$ )。産卵率および飼料要求率では、試験区間による有意差は認められなかったが、25%区の結果が最も優れる傾向を示した。対照区の結果と配合飼料の一定割合を乾燥残さに代替した3試験区の結果を比較すると、25%の代替率までは負の影響が認められず、産卵日量、卵重、産卵率および飼料要求率では、25%区が4試験区の中で最も優れた成績を示した。しかし、乾燥残さの代替率を50%まで高めると増体量、飼料摂取量および卵重において負の影響が認められた。

Summers and Leeson (1983)は、飼料中のタンパク質含量(17および22%)が産卵初期(22~32週齢)における卵重には殆どあるいは全く影響を及ぼさないことを観察している。また、Summers and Leeson (1993)は、55週齢の産卵鶏に17%と13%の粗タンパク質を含む飼料を給与したところ、産卵数は同等だったが、13%水準の卵重が減少したと報告している。Harms and Russell (1993)は、産卵鶏(42週齢)への低タンパク質飼料(12.7%)の給与によって有意に低下した産卵成績(産卵率、卵重およ

び産卵日量)、飼料摂取量および増体量が、3つのアミノ酸(リジン、メチオニンおよびトリプトファン)の添加によって対照区と同等まで成績が高まったと報告している。同報告の中でHarms and Russell (1993)は、産卵初期にあたる28週齢あるいは29週齢の産卵鶏への低タンパク質飼料(14.89%あるいは13.00%)の給与が、産卵成績(産卵率、卵重および産卵日量)および飼料摂取量を有意に低下させることを観察している。Keshavarz and Jackson (1992)は、産卵鶏に低タンパク質飼料を給与すると、産卵率、卵重、産卵日量および飼料要求率が有意に低下したものの、飼料摂取量は低下しなかったと報告している。

本研究における50%区の粗タンパク質含量16.21%は、要求要(日本飼養標準)を満たしており、試験期間の供試鶏の週齢は28~33週齢である。これはSummers and Leeson (1983)の産卵初期(22~32週齢)にあたるが、結果は一致しなかった。また、本研究の試験飼料中のアミノ酸含量が要求量を満たし、産卵率および飼料要求率には試験区間に有意な変化がみられなかったことから、50%区における増体量、飼料摂取量および卵重の低下は、試験飼料中の粗タンパク質水準以外の要因によると考えられた。供試鶏に対して試験開始以前に給与していた配合飼料から試験飼料への切り替えによる飼料の変化がもたらした一時的な摂取量の低下とそれに伴う産卵成績等の低下の可能性も考えられる。図4に試験期間中の体重の推移を示した。対照区、12.5%区および25%区は、35日間の試験期間中において試験開始時の体重を下回ることにはなかったが、50%区は試験開始から21日目まで体重が減少した。しかし、50%区の体重は、28日目において増加し、35日目には試験開始時の体重には達しなかったものの、さらに増加した。本研究は5週間の短期的な給与期

間であったが、配合飼料への乾燥残さの代替率が50%であっても、飼料への馴致によって増体量やその他の産卵成績等が改善する可能性を示唆している。

Atteh and Leeson (1985)は、飼料中のCa水準(3.0, 3.6および4.2%)は、産卵鶏の飼料摂取量, 増体量, 産卵率, 卵重および卵殻質(卵殻の変形)に影響を及ぼさないと述べている。Said et al. (1984)は、全P水準が0.4%の基礎飼料にリン酸二石灰を加えて、飼料中の全P水準を0.5%にした飼料を産卵鶏へ給与したところ、産卵率, 飼料摂取量, 卵重が有意に改善されたと報告している。

本研究では、産卵成績(産卵率, 産卵日量, 卵重および飼料要求率)において、25%区が4つの試験区の中で最

も優れた値を示した。25%区のCa含量は3.05%であり、Ca含量が要求量の3.33%(日本飼養標準: 日産卵量56gの場合)を下回っているが、飼料摂取量が127.6gであるので、1日1羽当たりのCa要求量に換算すると要求量3.60gに対して25%区では3.89gを摂取しており、要求量を満たしていた。また、増体量, 飼料摂取量, 産卵日量および卵重において、4つの試験区の中で最も劣っていた50%区のCa含量は2.55%であり、飼料摂取量117.2gを用いて1日1羽当たりのCa摂取量に換算すると2.99gを摂取しており、要求量(日産卵量49gの場合)の3.28gを満たしていなかった。

表6 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

項目	試験区				標準誤差
	対照区	12.5%区	25%区	50%区	
供試羽数(羽)	10	10	10	10	---
28週齢体重(g)	2,346.2	2,201.2	2,242.8	2,206.4	45.27
増体量(g)	121.2 <sup>a</sup>	77.0 <sup>a</sup>	56.6 <sup>ab</sup>	-22.3 <sup>b</sup>	10.94
飼料摂取量(g/羽)	122.0 <sup>a</sup>	128.0 <sup>b</sup>	127.6 <sup>b</sup>	117.2 <sup>c</sup>	0.42
産卵日量(g/羽/日)	54.1 <sup>ac</sup>	57.4 <sup>ab</sup>	58.4 <sup>b</sup>	50.9 <sup>c</sup>	0.52
卵重(g)	57.3 <sup>a</sup>	59.4 <sup>ab</sup>	60.1 <sup>b</sup>	54.3 <sup>c</sup>	0.29
ヘンデイ産卵率(%)	94.3	96.6	97.1	93.7	0.76
飼料要求率	2.25	2.23	2.18	2.30	0.03

<sup>a-c</sup>同じ行の異符号間に有意差あり(P<0.05).

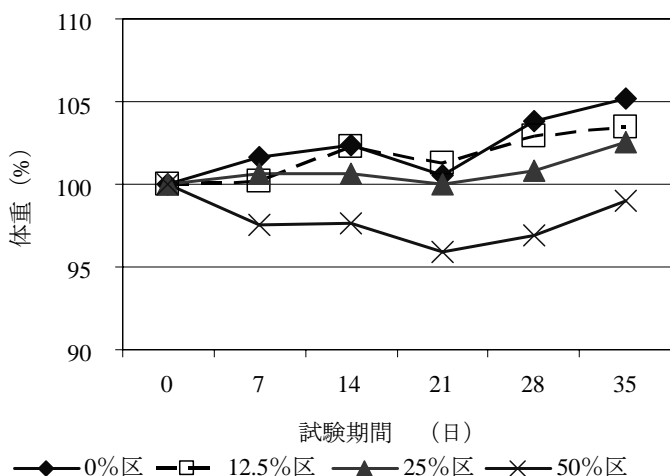


図4 試験飼料の給与が産卵鶏の体重に及ぼす影響(試験0日目=100)

### 3) 卵質

卵質への影響について表7に示した。卵殻厚は、飼料による影響がみられなかった。卵殻強度は、12.5%区が最

も高い値を示し、他の3飼料区との間に有意差が認められたが、対照区と比較して25%区および50%区との間に有意差は認められなかった。

卵殻色の明度(L\*値)は、乾燥残さの代替率が増加するに伴って直線的に高くなり、対照区と乾燥残さを代替利用した3飼料区との間に有意差が認められた。卵殻色の赤色度(a\*値)は、乾燥残さの代替率が増加するに伴って直線的に低くなり、対照区と乾燥残さを代替利用した3飼料区との間に有意差が認められた。卵殻色の黄色度(b\*値)では、試験区間に有意差がなく、一定の傾向も認められなかった。

多くの国において、卵殻色は卵の重要な品質である。日本の市場における赤玉卵は、白玉卵に対して差別化した商品として業者の販売戦略に利用されることが多い。したがって、赤玉卵の卵殻色の低下は、望ましくない現象である。Tamura and Fujii (1967)は、ロードアイランドレッド種の卵において、ポルフィリンが卵の外皮および卵殻に分布することを明らかにした。また、赤玉卵の色

が、外皮および卵殻両方の沈着の組み合わせによって表現されるとしている。Lang and Wells (1987)は、卵殻色の低下を引き起こす要因として鶏の加齢、伝染性気管支炎、抗コクシジウム剤として用いるナイカルバジンを挙げている。しかし、卵殻色の色素の沈着機序を明らかにするためには、更なる生化学的および生理学上の研究を待たねばならないと述べている。Odabasi et al. (2007) は、赤玉系産卵鶏を用いた10カ月に及ぶ長期的な観察の結果、鶏の加齢によって低下する赤玉卵の卵殻色では、明度(L\*値)と赤色度(a\*値)に強い負の相関があること、黄色度(b\*値)の変化については、一定の傾向が認められなかったことを報告している。同報告の中でOdabasi et al. (2007) は、試験期間中における卵殻への色素は安定的に供給されており、鶏の加齢によって起こる卵重増加による卵殻表面積の増加によって卵殻色の明度(L\*値)が上昇し、赤色度(a\*値)が低下したとしている。また、赤玉系産卵鶏の卵殻色は、飼料中のバナジウムにより脱色(色落ち)する(Sutly et al., 2001)ことが知られており、飼料中の濃度が15ppmでも卵殻色の明度(L\*値)が上昇し、赤色度(a\*値)が低下する(Odabashi et al., 2006)。しかしながら、Odabashi et al. (2006) は、飼料中のバナジウムによって、卵殻色が変化(脱色)するメカニズムの解明には、更なる研究が必要であるとしている。

Gordon and Roland (1998)は、飼料中のP水準を高めると卵の比重および卵殻重量が有意に高まると報告している。粗タンパク質が16.6%の飼料中のP水準を高めると、飼料摂取量、産卵率および体重が増加した(Sohail and Roland, 2002)ことは、本研究における飼料中のP水準が対照区の0.72%に比べて0.56%へ低下した50%区の飼料摂取量が低下し、増体量が負となったことと一致する。産卵率は、対照区に比べて50%区で低い傾向を示したが、有意な低下ではなかった。Leeson et al. (1993) は、飼料中の有効P0.25% (全P0.45%) および有効P0.40% (同0.62%) を赤玉鶏に給与すると、飼料中の有効P0.30% (同0.51%) および0.35% (同0.58%) を給与した場合に比べて卵殻質が有意に劣ったこと、卵殻質が飼料中のCa水準(2.8, 3.4, 3.8および4.2%)に影響を受けなかったことを観察している。同報告の中でLeeson et al. (1993) は、赤玉系産卵鶏におけるCaおよび有効P(全P)の要求量を2.80%および0.30%(0.51%)であると述べている。本研究における50%区の飼料中のCaおよびP水準は、2.55%および0.56%であり、P水準は適量と考えられ、Ca水準はLeeson et al. (1993)の報告を下回っていた。すなわち、本研究における1日1羽当たりのP摂取量は、対照区、12.5%区、25%区および50%区でそれぞれ878mg, 870mg, 791mgおよび656mgであり、Leeson et al. (1993)の報告におけるP摂取量608mg

を上回っていた。しかしながら、卵殻質の低下が観察されており、Pの有効率についても検討を加える必要がある。

卵白高およびハウユニット(HU)値は、飼料による影響を受けなかった(表7)。HU値が低下する要因は、鶏の加齢および産卵後の卵の保存温度および保存期間であり、産卵時の暑熱環境はHU値に対して直接的に影響を及ぼさず、飼料中の養分による影響は小さい(Williams, 1992)とされており、Hamilton (1978)は、産卵鶏への低タンパク質飼料の給与がHU値に影響を及ぼさないことを報告している。Bressman et al. (2002) は、バナジウム濃度が0, 20, 40および60ppmの飼料を産卵鶏に8週間給与したところ、20ppm水準では、飼料摂取量、飼料要求率および産卵率が対照区と同等の成績を示した一方で、試験14日目以降のHU値は、対照区に比べて有意に低下したと報告しており、他にも同様の報告がある(Eyal and Moran, 1983)。飼料中のバナジウム濃度が10ppmでも、産卵鶏への7日間の給与でHU値を有意に低下させた(Sell et al., 1982; Miles and Henry, 2004) こと、また、バナジウム濃度が10ppmの飼料を産卵鶏へ23日間給与して得られた卵を室温(平均温度20.4℃; 範囲16.6~24.4℃)に保存すると、7日目のHU値において対照区(バナジウム0ppm)のBランク(31 ≤ HU < 60) 58%に対して、試験区(10ppm)の全てのHU値がBランクに低下したこと、同様に生産した卵を保冷库(15.5℃)保存した場合は、対照区のBランク率が0%であったのに対して、試験区のBランク率は保存日数1, 3, 5および7日目それぞれについて0, 18, 21および36%であったことが観察されている(Miles and Henry, 2004)。

本研究において、配合飼料の一定割合を乾燥処理した厨房残さに代替した飼料を赤玉系産卵鶏に35日間給与して得られた卵のHU値には、飼料の影響は観察されなかった(表7)。さらに、得られた卵を一定温度下(5℃および30℃)で0~14日間保存した結果を表8および表9に示した。5℃で保存した卵の14日までのHU値は、試験区間に有意差はみられず、HU値はAAランク(HU ≥ 72)を上回っていた。30℃で保存した卵の14日までのHU値は、試験区間に有意差がみられなかった。保存期間2日目のHU値は、全ての試験区でAAランクからAランク(60 ≤ HU < 72)へ低下し、5日目以降のHU値は、全ての試験区でBランク(31 ≤ HU < 60)となった。

Austic (1984) は、飼料中のNa水準が0.55~0.58% (Na摂取量505~594mg)でも、飼料中の塩素(Cl)水準が0.75~0.90% (Cl摂取量728~954mg)でもHU値には影響がなかったと報告しており、本研究における50%区の飼料中のNa水準が0.48% (Na摂取量562mg)でも、飼料中の塩素(Cl)水準が0.75% (Cl摂取量879mg)でもHU値に影響

響がなかったことと一致する。

卵黄色では、対照区、12.5%区および25%区間に有意差が認められなかったが、配合飼料中の乾燥残さの代替率が増えるにともなって低下の傾向を示し、対照区と50%区の間には有意差が認められた。卵黄色は、飼料に含まれるカロチノイドに依存している。カロチノイドは、キサントフィル類とカロチン類の2つに分けられる。主にキサントフィル類に依存しており、標準的な産卵鶏用飼料の主な原料として配合されている黄色トウモロコシ中のクリプトキサントフィルおよびコーングルテンミール中のルテインおよびゼアキサントフィルが卵黄の黄色度 (b\*値) を決めている。付加価値卵として卵黄色の濃いもの、すなわち、ロッシュカラーファンスコアの高い鶏卵を作出するために、天然赤色素のパプリカ抽出処理物に含ま

れるカプサンチンが赤色度 (a\*値) の強化に用いられている。そして、卵黄の色調を決定するのは、総キサントフィル量だけでなく供給された赤色および黄色のキサントフィルの比率による (Fletcher and Halloran, 1981)。また、卵黄色の赤色度 (a\*値) および黄色度 (b\*値) の変化は、飼料中の赤色および黄色の色素源の水準に依存する (Fletcher and Halloran, 1982)。本研究では、飼料中への乾燥残さの代替率の違いが卵黄色に影響を及ぼした。飼料中の乾燥残さの代替率を高めるとヨークカラーファンスコアは直線的に低下し、50%区は対照区および12.5%区に比べて有意に低かった。供試した乾燥残さ中には、卵黄の色素源として利用できるキサントフィル類の含量が低いことが示された。

表7 試験飼料の産卵鶏への給与が卵殻厚、卵殻色の明度、赤色度、黄色度、卵黄色、卵白高およびハウユニットに及ぼす影響

項目	試験区				標準誤差
	対照区	12.5%区	25%区	50%区	
卵殻強度 (kg)	4.49 <sup>ac</sup>	4.58 <sup>b</sup>	4.20 <sup>c</sup>	3.74 <sup>c</sup>	0.57
卵殻厚 (×0.01mm)	35.7	36.0	34.5	34.5	0.42
卵殻色の明度 (L*)	61.5 <sup>a</sup>	63.6 <sup>b</sup>	64.3 <sup>b</sup>	67.5 <sup>b</sup>	0.98
卵殻色の赤色度 (a*)	17.1 <sup>a</sup>	15.9 <sup>b</sup>	15.3 <sup>bc</sup>	13.2 <sup>c</sup>	0.28
卵殻色の黄色度 (b*)	30.5	30.2	30.9	30.2	0.44
卵黄色 <sup>1)</sup> (1-15)	8.59 <sup>a</sup>	8.14 <sup>ab</sup>	8.09 <sup>ab</sup>	7.86 <sup>b</sup>	0.07
卵白高 (mm)	8.62	7.88	8.42	7.45	0.25
ハウユニット	92.9	89.2	92.0	88.5	2.14

<sup>a-c</sup>同じ行の異符号間に有意差あり (P<0.05).

<sup>1)</sup>ロッシュカラーファンスコア

表8 試験飼料の産卵鶏への給与が5°Cで保存した卵のハウユニットに及ぼす影響

試験飼料	保存期間 (日)						
	0	1	3	5	7	10	14
対照区	92.3	89.8	88.2	85.7	84.7	86.9	80.6
12.5%区	95.0	88.5	89.5	86.2	83.2	81.7	79.1
25%区	93.7	93.2	93.6	87.0	87.1	87.5	84.1
50%区	91.2	87.1	82.0	82.1	82.3	79.3	77.3
標準誤差	0.78	1.23	1.70	1.42	1.10	1.42	1.16
P値	0.38	0.37	0.17	0.64	0.48	0.15	0.25

n=4. 但し、保存期間0日; n=7, 保存期間10日; n=6.

表9 試験飼料の産卵鶏への給与が30°Cで保存した卵のハウユニットに及ぼす影響

試験飼料	保存期間 (日)							
	0	1	2	3	5	7	10	14
対照区	92.3	84.5	71.5	64.2	57.6	57.6	54.5	44.6
12.5%区	90.1	78.3	72.0	61.2	59.8	48.4	49.1	46.6
25%区	92.9	88.7	70.0	61.7	54.4	50.9	47.2	42.1
50%区	90.0	77.8	64.6	54.1	57.0	45.2	41.7	44.0
標準誤差	0.78	1.47	1.71	1.51	1.64	1.79	2.13	1.51
P値	0.46	0.06	0.44	0.16	0.71	0.15	0.27	0.76

n=4.

## 4) 卵黄脂肪酸組成

表10には、卵黄中の主な脂肪酸組成を示した。試験飼料の給与により卵黄脂肪酸組成に有意な変化が認められたのは、パルミチン酸 (C16:0)、ステアリン酸 (C18:0)、リノール酸 (C18:2) およびリノレン酸 (C18:3) だった。渡辺ら(2001)は、社員食堂から排出される調理くずや食べ残しなどの厨房残さを温風乾燥処理し、肥育豚に混合給与した。その結果、背脂肪の脂肪酸組成において飽和脂肪酸のパルミチン酸 (C16:0) およびステアリン酸 (C18:0) が有意に低下し、不飽和脂肪酸のリノール酸 (C18:2) およびリノレン酸 (C18:3) が有意に増加したことを認めており、4つの脂肪酸組成に有意な変化が認められた本研究の結果と一致する。多価不飽和脂肪酸の割合は、50%区において他の3飼料区に比べて有意に高く、50%区の飽和脂肪酸の割合は、他の3飼料区に比べて有意に低かった。一価不飽和脂肪酸の割合には、有意な変化がみられなかった。オレイン酸 (C18:1) は、飼料中における乾燥残さの代替率が増加するに伴って直線的に高くなる傾向を示し、アラキドン酸 (C20:4) は逆に低下する傾向を示した。パルミトレイン酸 (C16:1) は、一定の傾向を示さなかった。対照区における卵黄の不飽和脂肪酸と飽和脂肪酸比は、1.9 : 1であり、50%区における卵黄脂肪酸の2.2 : 1に不飽和脂肪酸が増加したのは、パルミチン酸 (C16:0) の低下とリノール酸 (C18:2) の増加が大きく影響している。乾燥残さに含まれる脂肪中の不飽和脂肪酸と飽和脂肪酸比は、2.5 : 1 (表3) であり、50%区における不飽和脂肪酸と飽和脂肪酸の比の高まったのは、飼料中の乾燥残さの影響と考えられた。一般的に、飼料中の脂肪が卵黄の脂肪酸組成に影響を及ぼすことは良く知られている。飼料中の様々な水準の魚油あるいは魚粉が、卵黄脂肪酸組成に及ぼす影響については、これまでに多くの研究がなされている (Hargis et al., 1991;

Nash et al., 1995; Meluzzi et al., 2000; Kjos et al., 2001)。Hargis et al. (1991) は、 $\omega$ -3系脂肪酸を含む3%のニシン油を飼料中に用いると生産された卵黄中の EPA および DHA が増加することを確認している。また、卵黄の飽和脂肪酸の組成には、有意な影響を及ぼさなかったとしており、本研究の結果と一致する。Schreinner et al. (2004) は、1.25%のアザラシの脂肪層の油を飼料中に用いると、タローベースの対照区の給与に比べて卵黄中の  $\omega$ -3系脂肪酸が有意に増加したと報告している。これらの研究目的は、 $\omega$ -3系脂肪酸の豊富な卵の生産である。本研究では、対照区に比べて50%区におけるいくつかの卵黄脂肪酸組成に大きな変化がみられた。飼料中への乾燥残さの代替率が25%以下でも、いくつかの卵黄脂肪酸組成に変化がみられたが小さな変化だった。特に、卵黄中の多価不飽和脂肪酸の割合は増加し、飽和脂肪酸の割合は減少したが、一価不飽和脂肪酸の割合には飼料の影響が殆どみられなかった。

本研究では、乾燥残さが配合飼料との混合利用により、産卵鶏の飼料として利用できる可能性が示された。高い代替率での乾燥残さの飼料への利用は、いくつかの産卵成績および卵質に影響を及ぼした。しかしながら、対照区と50%区の産卵成績においては、卵重以外の産卵成績に有意差がなかった。卵質の中で、卵殻強度、卵殻色の明度 (L\*値) および卵殻色の赤色度 (a\*値) は配合飼料への乾燥残さの代替率が増加するに伴って直線的に低下した。産卵成績を考慮した場合の乾燥残さの代替率は25%が有効であると思われたが、卵質 (卵殻色の明度および赤色度) は低下しており、また、配合飼料から試験飼料への馴致および産卵鶏の経済寿命という点から、長期的な給与が産卵鶏へ及ぼす影響についての検討が必要であることが考察された。

表10 試験飼料の産卵鶏への給与が卵黄の主要な脂肪酸組成に及ぼす影響<sup>1)</sup>

項目	試験区				標準誤差
	対照区	12.5%区	25%区	50%区	
脂肪酸組成 (%)					
パルミチン酸	26.6 <sup>a</sup>	26.1 <sup>a</sup>	25.7 <sup>a</sup>	22.5 <sup>b</sup>	0.20
パルミトレイン酸	4.3	4.0	4.2	3.9	0.26
ヘプタデカン酸	0.1	0.1	0.1	0.1	0.02
ステアリン酸	7.4 <sup>a</sup>	8.5 <sup>b</sup>	8.3 <sup>ab</sup>	7.8 <sup>ab</sup>	0.09
オレイン酸	44.5	45.4	46.1	46.4	0.17
リノール酸	13.4 <sup>a</sup>	12.9 <sup>b</sup>	12.7 <sup>b</sup>	16.2 <sup>c</sup>	0.03
リノレン酸	0.4 <sup>a</sup>	0.5 <sup>ac</sup>	0.6 <sup>bc</sup>	0.7 <sup>b</sup>	0.02
アラキドン酸	2.3	1.9	1.7	1.7	0.10
飽和脂肪酸	34.5 <sup>a</sup>	34.8 <sup>a</sup>	34.4 <sup>a</sup>	30.8 <sup>b</sup>	0.23
一価不飽和脂肪酸	48.8	49.4	50.3	50.3	0.20
多価不飽和脂肪酸	16.6 <sup>a</sup>	15.8 <sup>b</sup>	15.4 <sup>b</sup>	18.9 <sup>c</sup>	0.05
不飽和：飽和脂肪酸比	1.9：1	1.9：1	1.9：1	2.2：1	----

<sup>a-c</sup>同じ行の異符号間に有意差あり (P<0.05).

<sup>1)</sup>試験35日目のサンプル(n=2).

## 1-2 小括

本研究では、乾燥処理した厨房残さの飼料特性や産卵鶏への給与が産卵成績および卵質に及ぼす影響について明らかにしようとした。

厨房残さの材料は、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℃に設定した処理機内へ材料を投入し攪拌、乾燥した。乾燥残さの化学組成は、水分12.24%、粗タンパク質17.25%、粗脂肪6.07%、粗繊維2.67%、粗灰分5.99%、Ca1.20%、P0.33%およびNa0.81%であった。

50%区の卵重は有意に低下した (P<0.05)。産卵率および飼料要求率に有意な変化はみられなかった。試験終了時の50%区の体重は、試験開始時に比べて減少したが、乾燥残さの代替率が25%以下では増加した。50%区における体重は、試験開始21日目まで減少したが、28日目以降は増加に転じた。

卵殻強度、卵殻色の明度 (L\*値) および赤色度 (a\*値) は、飼料中への乾燥残さの代替率が増加するに伴って減少した (P<0.05)。卵黄色は、飼料中への乾燥残さの代替率が増加するに伴って減少した (P<0.05)。しかし、対照区に比べた50%区の産卵成績では、卵重以外の産卵成績に有意差がなく、また、対照区と比べた25%区の産卵日量および卵重は、有意に増加している (P<0.05)。さらにHUを指標とした鶏卵の鮮度保持に、飼料の影響

はみられなかった。産卵成績の結果から、乾燥残さの代替率は25%が適当であると思われた。

以上のことは、乾燥残さが配合飼料との混合使用により産卵鶏の飼料として利用できる可能性を示している。これらの結果を踏まえ、通常の産卵鶏の産卵期間に対応した長期給与の必要性が考えられた。

## 第2章 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

### 2-1 はじめに

本論文の第1章において、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) を産卵鶏へ5週間給与したところ、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が判明した。また、卵重および産卵日量は、12.5%および25%を代替した区では、対照区を凌駕する結果を得た。しかしながら、50%区においては、両者とも減少した。

今回用いた乾燥残さ中のP含量は配合飼料より低いため、代替飼料中のP含量は低下する。12.5%および25%を代替した区では、要求量は満たしたものの配合飼料より低いP含量であったにもかかわらず、対照区より優れた結果であった。この理由として、P水準が著しく低い飼料を与えても、6週間程度の短い期間では、骨からのPの動員によって産卵率や飼料要求率への悪影響は発現しないとの報告 (米持ら、2004) が考えられる。しかしなが

ら、今回の試験では、対照区より優れた結果を得ており、その原因を明らかにすること、および5週間という試験期間が、通常の産卵鶏の産卵期間に比べて短いことより、乾燥残さの産卵鶏への飼料利用を図るためには、通常の産卵鶏の産卵期間に対応した長期の給与による検討の必要性が考えられた。産卵鶏への食品残さ飼料の利用に関する報告は少なく（吉田と星井，1979；斉藤と名倉，1982；Kojima, 2005）、しかも長期給与の影響については、ほとんど検討されていない。

そこで本研究では、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について、配合飼料のみを給与する対照区と、配合飼料の重量比25%（25%区）および50%（50%区）を厨房残さの乾燥処理物で代替した3飼料を産卵鶏に給与することにより検討した。

#### (1) 実験材料および方法

##### 1) 老人ホームの献立表

本研究において厨房残さの材料を排出している老人ホームの献立表について、連続する35日分について集計した。

##### 2) 試験飼料および調製

試験に用いた厨房残さの材料とその処理方法および市販配合飼料（以後「配合飼料」とする）は、第1章と同様である。

配合飼料100%の対照区と、配合飼料の重量比25%を乾燥残さで代替した25%区、および50%代替の50%区の3区とした。試験飼料について、4週間毎に調製した。

試験飼料の水分、粗タンパク質、粗脂肪、粗繊維および粗灰分はロット毎に飼料分析の常法（社団法人日本科学飼料協会，2004）に従い測定した。カルシウム（Ca）およびP定量用の試料溶液の調整は、乾式灰化法（小原，1997）によった。すなわち、灰化物に6N塩酸を5ml加えて加熱し、蒸発乾固後1%塩酸を用いて50mlに希釈して試料溶液とした。Caは、試料溶液を1%塩酸で500倍に希釈し、原子吸光光度計（AA-680, SIMADZU）によりアセチレン-空気フレーム中で波長422.7nmの吸光度を測定した。またPは、分光光度計（UV-160A, SHIMADZU）を用いてモリブデン青比色法による波長650nmを測定した。非フィチンリン（NpP）含量は、武政と村上（1995）の方法により求めたフィチンリン含量をP含量から差し引いて求めた。マグネシウム（Mg）およびナトリウム（Na）は、希酸抽出法（小原，1997）により調製した試料溶液を原子吸光光度法により波長285.2nmと589nmの吸光度をそれぞれ測定した。食塩相当量は、食塩（NaCl）を構成するNaの原子量と塩素（Cl）の原子量から求め

た2.54をNa含量に乗じて換算した。

##### 3) 供試鶏および飼養管理

区分け前4週間の産卵率が90%前後で、体重の近似した31週齢のロードアイランドレッド種（YR系統）60羽を選抜し、5羽を1群とした12群に区分し、2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44週間飼育した。

鶏舎および照明条件は第1章と同様とし、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。

体重の測定、産卵成績、飼料摂取量および飼料要求率の調査方法は、第1章と同様である。

##### 4) 卵殻質、卵殻中のCaおよびPの測定

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た。乳鉢で磨砕した卵殻1gをろつぽに入れ、乾式灰化（600℃, 12時間）後、6N塩酸を10ml加えて加熱し、蒸発乾固後1%塩酸を用いて50mlに希釈して試料溶液とした。得られた溶液は、1%塩酸で500倍に希釈し、原子吸光光度計で卵殻中Ca含量を測定した。P含量は、モリブデン青比色法により測定した。

##### 5) 血清中のCaおよびPの測定

試験終了時に各群より無作為に3羽ずつ選抜し、翼下静脈から採血した血液を3,000rpm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の測定

試験終了時に各群より無作為に選抜した3羽について、脛骨中の粗灰分、CaおよびP含量を測定した。脛骨は、ジエチルエーテルに48時間浸漬して脂肪を除去した後、100℃の乾燥器中で48時間送風乾燥して水分を取り除いたものについて、重量を測定した後、乾式灰化法（600℃, 12時間）によって粗灰分を測定した。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。

##### 7) 受精率および孵化率

試験開始後28から32週目の間に、供試鶏に人工授精を実施した。希釈液にはLake液を用い月曜日および木曜日に人工授精を行なった。入卵は3回行い、入卵後10日目、18日目に検卵を実施して無精卵をカウントした。孵化数は、入卵後21日目までに孵化した個体をカウントした。

## 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。危険率5%以下で有意差ありと判定した。

## (2) 実験結果

## 1) 老人ホームの献立表の化学組成および成分変動

試験の材料を排出している老人ホームの連続した35日

分の献立を集計し表11に示した。エネルギーおよびタンパク質は、第六次改定日本人の栄養所要量における70歳以上で生活強度I（低い）と同等であり、無機質およびビタミンについては、第六次改定日本人の栄養所要量における70歳以上の無機質摂取基準およびビタミン摂取基準と同等だった。レチノールを除いた成分の変動係数は全て10%未満を示し、変動が極めて小さかった。

表11 老人ホームにおける献立の化学組成<sup>1)</sup>と変動

項目		1 W	2 W	3 W	4 W	5 W	平均	標準偏差	変動係数	栄養所要量	
										男子	女子
エネルギー	kcal	1646	1731	1616	1656	1597	1649	51.3	3.1	1600	1300 <sup>2)</sup>
水分	g	940	939	920	908	938	929	14.2	1.5		
タンパク質	g	70	70	71	73	68	70	1.9	2.8	65	55 <sup>2)</sup>
脂質	g	38	41	34	36	33	37	3.1	8.6		
糖質	g	254	264	250	251	252	254	5.6	2.2		
繊維	g	16	17	16	15	17	16	0.6	3.5		
灰分	g	19	20	19	19	20	19	0.3	1.7		
カルシウム	mg	584	573	582	556	537	566	19.7	3.5	600	600 <sup>3)</sup>
リン	mg	1125	1166	1122	1130	1069	1122	34.8	3.1	700	700 <sup>3)</sup>
鉄	mg	9	9	9	9	9	9	0.2	2.2	10	10 <sup>3)</sup>
ナトリウム	mg	3986	4135	4204	4336	4359	4204	152.9	3.6		
カリウム	mg	3059	3023	2938	2959	2946	2985	53.2	1.8	2000	2000 <sup>3)</sup>
マグネシウム	mg	298	287	296	281	273	287	10.7	3.7	280	240 <sup>3)</sup>
亜鉛	mg	8	8	9	9	8	9	0.3	3.1	10	10 <sup>3)</sup>
銅	mg	1	1	1	1	1	1	0.1	6.2	1.6	1.4 <sup>3)</sup>
レチノール	μg	152	168	163	251	175	182	39.7	21.8		
カロチン	μg	8960	10254	8327	8887	8505	8986	755.5	8.4		
レチノール当量	μg	1604	1831	1514	1605	1556	1622	122.9	7.6		
ビタミンB <sub>1</sub>	mg	1	1	1	1	1	1	0.1	6.7	1.1	0.8 <sup>4)</sup>
ビタミンB <sub>2</sub>	mg	1	1	1	1	1	1	0.0	3.3	1.2	1.0 <sup>4)</sup>
ナイアシン	mg	16	17	16	18	17	17	1.0	5.7	16	13 <sup>4)</sup>
ビタミンC	mg	127	115	124	108	131	121	9.3	7.7	100	100 <sup>4)</sup>
食塩	g	10	10	10	11	11	10	0.4	3.4		

<sup>1)</sup>朝食、昼食および夕食（1人1日あたり）について連続した35日分の献立(n=35).

<sup>2)</sup>第六次改定日本人の栄養所要量：年齢70歳以上、生活活動強度I（低い）.

<sup>3)</sup>第六次改定日本人の栄養所要量：年齢70歳以上、無機質摂取基準.

<sup>4)</sup>第六次改定日本人の栄養所要量：年齢70歳以上、ビタミン摂取基準.

## 2) 試験飼料

試験に供した乾燥残さおよび試験飼料の化学組成を表12および表13に示した。

配合飼料の25%あるいは50%を乾燥残さで代替することにより、粗タンパク質、粗脂肪、Naの含量が増加したが、粗繊維、Ca、PおよびMgの含量は減少した。50%区

飼料のCa含量は、日本飼養標準（2004）における産卵鶏のCa要求量3.04%（産卵日量49gの場合）を満たしておらず、25%区の平均値は要求量を充足していたが、レンジの下限は要求量を満たしていなかった。給与飼料のMg含量は、要求量を充足していた。



表12 乾燥処理した厨房残さの化学組成

項目	平均	標準偏差 <sup>1)</sup>	範囲
水分 (%)	13.10	2.30	(9.37-16.51)
----- (乾物中 %) -----			
粗タンパク質	20.66	1.74	(17.35-23.50)
粗脂肪	6.09	1.11	(4.10-7.52)
粗繊維	4.22	0.90	(2.49-5.58)
粗灰分	6.35	0.51	(5.60-7.39)
カルシウム	1.25	0.14	(1.01-1.44)
リン	0.38	0.04	(0.32-0.47)
非フィチンリン	0.08	0.01	(0.07-0.11)
マグネシウム	0.08	0.01	(0.08-0.09)
ナトリウム	0.83	0.06	(0.74-0.95)
食塩相当量 <sup>2)</sup>	2.11	0.14	(1.88-2.42)
代謝エネルギー (Mcal/kg)	3.73	0.05	(3.64-3.79)

<sup>1)</sup>標準偏差 (n=11).

<sup>2)</sup>ナトリウム×2.54.

表13 試験飼料の化学組成<sup>1)</sup>

項目	対照区	25%区	50%区
分析値 (%)			
粗タンパク質 (範囲)	17.23 (16.29-18.04)	17.44 (16.46-18.26)	17.87 (16.95-19.85)
粗脂肪	3.86 (2.97-5.60)	4.64 (3.10-5.89)	4.76 (3.49-5.99)
粗繊維	2.40 (2.26-2.90)	2.66 (2.31-3.05)	2.94 (2.51-4.29)
粗灰分	12.55 (10.84-14.09)	10.03 (8.88-10.83)	8.23 (6.91-9.10)
カルシウム	3.90 (3.44-4.29)	3.09 (2.70-3.30)	2.49 (2.21-2.63)
リン	0.73 (0.64-0.95)	0.63 (0.58-0.69)	0.55 (0.49-0.60)
マグネシウム	0.14 (0.12-0.17)	0.13 (0.10-0.17)	0.11 (0.09-0.14)
ナトリウム	0.22 (0.16-0.26)	0.35 (0.33-0.38)	0.50 (0.39-0.59)
計算値			
食塩相当量 <sup>2)</sup>	0.56 (0.41-0.65)	0.88 (0.83-0.98)	1.27 (1.21-1.50)
塩素相当量 <sup>3)</sup>	0.34 (0.25-0.39)	0.53 (0.50-0.60)	0.77 (0.60-0.91)
代謝エネルギー (Mcal/kg)	2.91 (2.86-3.02)	3.05 (2.92-3.10)	3.13 (2.99-3.22)

<sup>1)</sup>原物中 (n=11).

<sup>2)</sup>ナトリウム×2.54.

<sup>3)</sup>食塩相当量-ナトリウム.

### 3) 飼養成績

表14に示すように、卵重は、50%区が57.3gで対照区の58.3g および25%区の58.9g に比べて有意に低かった (P < 0.05)。しかし、試験期間中の体重、飼料摂取量、産卵

日量、産卵率および飼料要求率には、いずれも有意な変化はみられなかった。なお、試験期間中における供試鶏の斃死はなかった。

表14 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

項目	試験区			標準誤差
	対照区	25%区	50%区	
供試羽数 (羽)	20	20	20	—
33週齢体重 (g)	1971.9	1926.0	1982.0	30.7
77週齢体重 (g)	2058.5	2023.8	2027.8	32.0
飼料摂取量 (g/日)	120.6	120.0	120.7	0.55
産卵日量 (g/羽/日)	50.7	50.8	49.2	0.52
卵重 (g)	58.3 <sup>a</sup>	58.9 <sup>a</sup>	57.3 <sup>b</sup>	0.15
ヘンデイ産卵率 (%)	87.9	86.7	86.4	0.87
飼料要求率	2.37	2.36	2.45	0.05

<sup>a,b</sup> 同一行の異符号間に有意差あり (P<0.05).

#### 4) 卵殻質、卵殻中の粗灰分、Ca および P 含量

卵殻強度、卵殻厚、卵殻色の明度 (L\*値) および赤色度 (a\*値) を表15に示した。卵殻質は、試験飼料における乾燥残さの代替率が増加するに伴って低下し、卵殻厚および明度 (L\*値) は3飼料区間に有意差が認められ (P<0.05)、卵殻強度および赤色度 (a\*値) は25%区および50%区が対照区に比べて有意に低い値を示した (P<0.05)。

卵殻中のCa含量は、乾燥残さの代替率が増加するに伴

って低下し、対照区と50%区間に有意差が認められた (P<0.05)。卵殻中のP含量には、有意な変化は認められなかった。

卵殻質の4週毎の平均と試験期間中の推移を表16に示した。卵殻強度は、試験開始後9~12週目の平均値で対照区と50%区の間有意差が認められた (P<0.05)。卵殻厚、卵殻色の明度 (L\*値) および赤色度 (a\*値) は、1~4週目の平均値において試験区間に有意差が認められた (P<0.05)。

表15 試験飼料の産卵鶏への給与が卵殻質、卵殻中のCaおよびP含量に及ぼす影響<sup>1)</sup>

項目	試験区			標準誤差
	対照区	25%区	50%区	
卵殻強度 (kg)	3.69 <sup>a</sup>	3.47 <sup>b</sup>	3.34 <sup>b</sup>	0.03
卵殻厚 (×0.01mm)	36.9 <sup>a</sup>	34.3 <sup>b</sup>	33.5 <sup>c</sup>	0.06
卵殻色の明度 (L*)	65.1 <sup>a</sup>	67.0 <sup>b</sup>	68.0 <sup>c</sup>	0.06
卵殻色の赤色度 (a*)	14.4 <sup>a</sup>	13.4 <sup>b</sup>	13.2 <sup>b</sup>	0.07
卵殻Ca <sup>1)</sup> (%)	36.4 <sup>a</sup>	36.3 <sup>ab</sup>	35.6 <sup>b</sup>	0.20
卵殻P <sup>1)</sup> (%)	0.16	0.14	0.16	0.00

<sup>1)</sup> 試験最終週7日分のサンプル (n=7).

<sup>a,c</sup> 同一行の異符号間に有意差あり (P<0.05).

表16 試験飼料の産卵鶏への給与が卵殻質（卵殻強度、卵殻厚、卵殻色の明度および赤色度）に及ぼす影響

項目	試験区	週 <sup>1)</sup>											平均
		1-4	5-8	9-12	13-16	17-20	21-24	25-28	29-32	33-36	37-40	41-44	
卵殻強度 (kg)	対照区	4.66	4.85	3.93 <sup>a</sup>	3.66	3.57 <sup>a</sup>	3.38 <sup>a</sup>	3.27 <sup>a</sup>	3.39 <sup>a</sup>	3.41 <sup>a</sup>	3.29 <sup>a</sup>	3.16 <sup>a</sup>	3.69 <sup>a</sup>
	25%区	4.30	4.83	3.92 <sup>ab</sup>	3.59	3.37 <sup>b</sup>	3.33 <sup>a</sup>	3.07 <sup>b</sup>	2.97 <sup>b</sup>	2.92 <sup>b</sup>	3.00 <sup>b</sup>	2.89 <sup>b</sup>	3.47 <sup>b</sup>
	50%区	4.43	4.74	3.67 <sup>b</sup>	3.47	3.13 <sup>c</sup>	2.69 <sup>b</sup>	2.91 <sup>b</sup>	2.96 <sup>b</sup>	2.95 <sup>b</sup>	2.86 <sup>b</sup>	2.99 <sup>ab</sup>	3.34 <sup>b</sup>
	標準誤差	0.08	0.06	0.04	0.06	0.03	0.04	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03
卵殻厚 (×0.01mm)	対照区	38.3 <sup>a</sup>	37.8	37.1	36.4	37.2 <sup>a</sup>	36.2 <sup>a</sup>	36.5 <sup>a</sup>	37.3 <sup>a</sup>	36.7 <sup>a</sup>	36.5 <sup>a</sup>	36.6 <sup>a</sup>	36.9 <sup>a</sup>
	25%区	35.2 <sup>b</sup>	35.3	35.3	35.1	35.0 <sup>b</sup>	33.9 <sup>b</sup>	34.1 <sup>b</sup>	33.8 <sup>b</sup>	33.6 <sup>b</sup>	33.0 <sup>b</sup>	33.1 <sup>b</sup>	34.3 <sup>b</sup>
	50%区	35.0 <sup>b</sup>	35.0	35.7	34.3	34.6 <sup>b</sup>	30.5 <sup>b</sup>	32.1 <sup>b</sup>	32.2 <sup>b</sup>	33.6 <sup>b</sup>	32.6 <sup>b</sup>	32.9 <sup>b</sup>	33.5 <sup>c</sup>
	標準誤差	0.37	0.76	0.78	1.02	0.55	0.45	0.46	0.32	0.51	0.58	0.59	0.06
卵殻色の明度 (L*)	対照区	61.8 <sup>a</sup>	61.7 <sup>a</sup>	62.6 <sup>a</sup>	62.4	62.4 <sup>a</sup>	64.4 <sup>c</sup>	61.3 <sup>a</sup>	64.3 <sup>a</sup>	62.8 <sup>a</sup>	65.5 <sup>a</sup>	64.1 <sup>a</sup>	65.1 <sup>a</sup>
	25%区	64.0 <sup>b</sup>	63.7 <sup>b</sup>	63.6 <sup>b</sup>	63.5	63.5 <sup>b</sup>	65.5 <sup>b</sup>	63.7 <sup>b</sup>	66.1 <sup>b</sup>	65.1 <sup>a</sup>	66.6 <sup>b</sup>	65.8 <sup>b</sup>	67.0 <sup>b</sup>
	50%区	65.6 <sup>c</sup>	65.9 <sup>c</sup>	64.4 <sup>c</sup>	63.6	63.6 <sup>b</sup>	65.8 <sup>a</sup>	65.9 <sup>c</sup>	67.6 <sup>c</sup>	66.0 <sup>b</sup>	67.2 <sup>c</sup>	66.2 <sup>b</sup>	68.0 <sup>c</sup>
	標準誤差	0.13	0.14	0.15	0.24	0.15	0.16	0.14	0.19	0.15	0.16	0.18	0.06
卵殻色の赤色度 (a*)	対照区	15.2 <sup>a</sup>	15.3 <sup>a</sup>	15.0 <sup>a</sup>	14.9	13.9 <sup>a</sup>	15.1 <sup>a</sup>	14.0 <sup>a</sup>	14.4 <sup>a</sup>	13.7 <sup>a</sup>	13.5 <sup>a</sup>	13.3 <sup>a</sup>	14.4 <sup>a</sup>
	25%区	14.1 <sup>b</sup>	14.5 <sup>b</sup>	14.4 <sup>ab</sup>	14.4	13.4 <sup>b</sup>	13.7 <sup>b</sup>	12.7 <sup>b</sup>	13.4 <sup>b</sup>	12.8 <sup>b</sup>	12.3 <sup>b</sup>	11.8 <sup>b</sup>	13.4 <sup>b</sup>
	50%区	13.7 <sup>c</sup>	13.3 <sup>c</sup>	14.1 <sup>b</sup>	14.8	13.4 <sup>b</sup>	14.0 <sup>b</sup>	12.1 <sup>c</sup>	12.9 <sup>c</sup>	12.8 <sup>b</sup>	12.4 <sup>b</sup>	12.2 <sup>b</sup>	13.2 <sup>b</sup>
	標準誤差	0.07	0.08	0.11	0.13	0.08	0.11	0.07	0.10	0.09	0.12	0.11	0.07

<sup>a-c</sup> 同じ列の項目内における異符号間に有意差あり (P<0.05).

<sup>1)</sup> 4週分の平均値.

#### 5) 血清中のCaおよびP含量

表17に示すように、血清中のCa含量は、乾燥残さの代替率が増加するに伴って低下し、対照区と50%区間に有意差が認められた (P<0.05)。血清中のP含量は、乾燥残さの代替率が増加するに伴って低下し、対照区に比べて25%区および50%区は有意に低かった (P<0.05)。

#### 6) 脛骨重量、脛骨中の粗灰分、CaおよびP含量

表18に示すように、脛骨重量および脛骨灰分は、飼料

の影響を受けなかった。脛骨中のCa含量は、乾燥残さの代替率が増加するに伴って低下し、25%区および50%区と対照区間に有意差が認められた (P<0.05)。脛骨中のP含量には、有意な変化はみられなかった。

#### 7) 受精率および孵化率

表19に示すように、受精率、受精卵に対する孵化率および入卵数に対する孵化率において、試験区間に有意な変化はみられなかった (P>0.05)。

表17 試験飼料の給与が産卵鶏の血清中のCaおよびP含量に及ぼす影響

項目	試験区			標準誤差
	対照区	25%区	50%区	
血清Ca (mg/dl)	29.1 <sup>a</sup>	25.5 <sup>ab</sup>	24.4 <sup>b</sup>	0.67
血清P (mg/dl)	7.6 <sup>a</sup>	5.9 <sup>b</sup>	5.6 <sup>b</sup>	0.15

<sup>ab</sup> 同じ行の異符号間に有意差あり (P<0.05, n=12).

表18 試験飼料の給与が産卵鶏の脛骨中のCaおよびP含量に及ぼす影響

項目	試験区			標準誤差
	対照区	25%区	50%区	
脛骨重量 <sup>1)</sup> (g)	8.6	8.4	8.9	0.17
脛骨粗灰分 <sup>1)</sup> (%)	47.8	48.7	46.5	0.80
脛骨Ca <sup>2)</sup> (%)	33.5 <sup>a</sup>	28.6 <sup>b</sup>	27.9 <sup>b</sup>	0.55
脛骨P <sup>2)</sup> (%)	17.6	17.2	17.7	0.40

<sup>1)</sup> 脱脂脱水後の脛骨.

<sup>2)</sup> 粗灰分中の割合.

<sup>ab</sup> 同じ行の異符号間に有意差あり (P<0.05, n=12).

表19 試験飼料の給与が産卵鶏の繁殖成績に及ぼす影響<sup>1)</sup>

項目	試験区			標準誤差	P 値
	対照区	25%区	50%区		
入 卵 (個)	336	339	326	---	---
無精卵 (個)	110	108	84	---	---
孵 化 (羽)	178	183	215	---	---
受精率 (%)	67.3	68.1	74.2	4.16	0.65
孵化率 (%) <sup>2)</sup>	78.8	79.2	88.8	2.76	0.30
孵化率 (%) <sup>3)</sup>	53.0	54.0	66.0	11.29	0.31

<sup>1)</sup> 試験28から32週にかけて人工授精を実施して入卵した (n=3) .

<sup>2)</sup> 孵化数/(入卵数-無精卵数)×100.

<sup>3)</sup> 孵化数/入卵数×100.

### (3) 考察

本研究では、卵重以外の産卵成績に有意な変化はなかったが、試験飼料における乾燥残さの代替率の増加によって卵殻強度、卵殻厚、卵殻中のCa含量、脛骨中のCa含量、血清中のCaおよびP含量がそれぞれ有意に低下した。

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Na (0.55~0.58%) よりCl (0.75~0.90%) であったと報告している。また、低P飼料 (P0.38%, Ca3.45%) を36週間与えた産卵鶏の脛骨中のCaおよびP含量は、P0.53%飼料を与えたときに比べて低い傾向にあったとの報告 (Boorman and Gunaratne, 2001) や低P飼料 (P0.32%) の給与が、産卵成績 (産卵率、飼料摂取量および卵重) に影響を与えず、血清中のP含量を減少させた (Roland and Farmer, 1986) ことから、本研究における試験飼料の内、25%区のP含量は要求量に満たないが、Cl含量 (0.50~0.60%) は過剰な水準ではなく、50%区のP含量は要求量を下回り、Cl含量 (0.82~0.91%) は過剰な水準にあったと考えられた。

低Ca飼料の給与による影響については、Ca含量1.5%の飼料が卵殻厚および卵殻強度を給与後1日以内に有意に低下させた (Keshavarz, 1986) ことやCa含量2.5%の飼料におけるPの最少要求量は0.32%であり、P含量が0.42%以上では斃死率が低下し、産卵率が増加した (Hartel, 1989) ことは、本研究の50%区の飼料におけるCa2.49%とP0.55%水準が、対照区と類似した産卵成績を示したことと一致する。また、本研究で卵殻強度と卵殻厚が、対照区 (飼料中Ca3.90%, P0.73%) > 25%区 (同3.09%, 0.63%) > 50%区 (同2.49%, 0.55%) の順になったことは、卵殻強度と卵殻厚が (飼料中Ca4.0%, P0.72%) > (同3.0%, 0.62%) > (同2.5%, 0.52%) の順になったHartel (1989) の報告とよく一致する。

一方、飼料中のCa含量が2.75%の場合、P含量を0.5か

ら0.7%まで上げると、脛骨重量、脛骨灰分および脛骨中のミネラル含量が有意に増加したが、産卵率、卵重および卵殻質へのP水準の影響はみられなかった (Frost and Roland, 1991) ことや、赤玉系 (イサブラウン) の産卵率、卵重および卵殻質の維持に適したCa要求量は2.8%、Pは0.51%であるとしたLeeson et al. (1993) の報告と、低Ca飼料 (Ca2.2%, P0.55%) の給与が、産卵率と卵殻重を低下させたAbdou et al. (1993) の報告は、本研究における50%区飼料中のCaやPを少量補完することで卵殻質の低下を防げる可能性を示唆している。本研究では、卵殻中と脛骨中のCa含量、血清中のCaおよびP含量が有意に低下した。50%区の飼料がLeeson et al. (1993) の報告 (Ca要求量2.8%, P要求量0.51%) にみあうために必要なCaおよびPの補完量は、表13におけるレンジの下限を基準にしても、それぞれ0.59ポイント (590mg/飼料100g) および0.02ポイント (20mg/飼料100g) と少量である。しかし、産卵鶏におけるCaおよびPの要求量については、CaとPの交互作用や飼料中に含まれるフィチンPの有効率の他、本研究では、Clの影響も考えられるため複雑である。Damron et al. (1983) は、飼料中の食塩 (NaCl) の添加水準が、ブロイラー種鶏 (コブ種) への受精率および孵化率へ及ぼす影響を調査しており、1日1羽当たりのナトリウム (Na) 摂取量が418mg (飼料中Na0.22%) では、Na摂取量234mg (同0.13%) 以下に比べて受精率および入卵数に対する孵化率が有意に低下し、Na摂取量321mg (同0.18%) でも受精率および入卵数に対する孵化率が減少した。また、受精卵に対する孵化率は、Na摂取量による差異が認められなかったとしている。本研究における対照区、25%区および50%区の1日1羽当たりのNa摂取量は、それぞれ265mg (同0.22%), 420mg (同0.35%) および604mg (同0.50%) であり、25%区のNa摂取量は受精率および孵化率に負の影響が認められたDamron et al. (1983) の報告と同等であった。しかし、本研究におけ

る繁殖成績（受精率，受精卵に対する孵化率および入卵数に対する孵化率）では，50%区の受精率および孵化率が最も高かったが，有意差はなく飼料の影響は認められなかった。また，1日1羽当たりのNa摂取量が418mgまでは，産卵率，飼料摂取量，1ダースの卵を生産するのに必要な飼料量および卵の比重に負の影響がなかったとする Damron et al. (1983) の報告がある。この報告は，32週齢の肉用系種鶏を用いた224日間の比較的長期間の給与を行ったものであり，33週齢の赤玉系産卵鶏を用いた本研究において，試験開始後28～32週の繁殖成績（受精率および孵化率）を調べている点で同様である。本研究の結果，1日1羽当たり604mgのNa摂取では，265mgの対照区に比べて卵重が低下し，産卵率，飼料摂取量および飼料要求率に影響が認められなかったことは，Damron et al. (1983) の報告と一致した。しかしながら，繁殖成績（受精率および孵化率）に飼料の影響が認められなかった点が一致しなかった。また，本研究では，配合飼料中の乾燥残さの代替率の増加に伴って卵殻質（卵殻強度，卵殻厚および卵殻色）が低下したが，この点も一致しなかった。

Austic (1984) は，飼料中のNa水準が0.55～0.58% (Na摂取量505～594mg) では，卵殻質（卵殻強度および卵殻厚）に負の影響はなく，飼料中の塩素 (Cl) 水準が0.75～0.90% (Cl摂取量728～954mg) では卵殻質を低下させたと報告している。本研究では25%区 (Cl水準0.53%，Cl摂取量636mg) および50%区 (同0.77%，929mg) において卵殻質（卵殻強度および卵殻厚）が低下した。産卵率，飼料摂取量および飼料要求率が飼料中の過剰なNa水準およびCl水準の影響を受けなかった (Austic, 1984 ; Damron et al., 1983) ことは，本研究の結果と一致する。過剰なCl水準が繁殖成績（受精率および孵化率）に及ぼす影響に関する報告は見当たらないが，これらの結果は，卵殻質の低下が飼料中の過剰なNa水準よりも過剰なCl水準の影響によることを示唆している。繁殖成績（受精率および孵化率）を低下させるその他の要因としては，飼料中のバナジウムが考えられ，Bressman et al. (2002) は飼料中に20ppmのバナジウムを含む飼料を給与すると，対照区 (バナジウム0ppm) に比べて孵化率が有意に低下したと述べている。しかしながら，本研究では，繁殖成績（受精率および孵化率）低下は観察されていない。

佐伯ら (2001) の報告では，いくつかの都市厨芥の成分変動を示しており，小学校の給食残さを70℃で通風乾燥させたものは，粗タンパク質および粗脂肪の変動係数が53.4%および89.0%，食べ残しについては，それぞれ53.5%および61.5%の極めて高い変動となっている。これ原因について佐伯と川島 (2004) は，学校給食において

はメニューの多様性が求められることから栄養所要量が2週間程度の平均として基準に合うようにメニューが決められているためとしている。佐伯と川島 (2004) の報告では，病院食残さの粗タンパク質および粗脂肪の変動係数がそれぞれ11.1%および21.6%となっており，本研究ではそれぞれ8.4%および18.2%と病院食残さよりも更に成分変動が小さかった。老人ホームでは，毎日栄養所要量に見合う献立が考えられており，しかもほぼ70歳以上の老人が入所していると考えられ，やはり毎日栄養所要量に見合う献立が考えられている病院食よりも対象となる入院あるいは入所者の年齢，生活活動強度および代謝量などの献立を考える上での要因の数が少なく，範囲も狭いと考えられる。これにより老人ホームの残さは病院食残さよりも更に成分変動が小さい，すなわち，成分変動の小ささという食品残さの飼料利用にとって極めて大切な特長を備えているといえる。また，渡辺ら (2001) の報告では，社員食堂残さの粗脂肪含量が16.4% (範囲14.3～19.7)，Wentendorf et al. (1998) の報告では，学生食堂残さの粗脂肪含量が27.15% (範囲10.9～57.6) となっており，一般的な都市厨芥は粗脂肪含量が高く，変動も大きい特徴がある。老人ホームの献立では，1人1日あたり33～41gの脂肪が含まれる食事となっており，変動も小さい。その結果，老人ホームの厨房残さの成分 (表12) では，粗脂肪含量が6.09% (範囲4.10～7.52) と低く，しかも厨房残さとしては極めて変動が小さく，しかも年間を通じて安定している特長を備えている。本研究の対照区に用いた配合飼料の成分についても変動が認められている。すなわち，粗脂肪 (原物中) で3.86% (範囲2.97～5.60) とロットにより成分の変動が認められており，他の成分も同様である (表13)。本研究に用いた厨房残さは，配合飼料に比べるとやや成分変動が大きいものの，一般的な都市厨芥に比べて極めて成分変動が小さく安定性が高いため，配合飼料の一部を代替する利用法に有効な性質を備えているといえる。

以上のことから，乾燥処理した厨房残さを50%配合した飼料の産卵鶏における利用の可能性が示唆された。すなわち，本研究において配合飼料の50%を乾燥処理した厨房残さで代替した飼料を産卵鶏に長期間給与して得られた産卵成績は，卵重に1gの低下がみられたが，廃棄物の削減や飼料原料の確保といった観点から十分満足できる結果だった。しかしながら，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，解決すべき重大な問題である。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，添加の影響およびその添加バランスを考えるべく，さらなる検討が必要である。

## 2-2 小括

乾燥処理した厨房残さの長期給与が赤玉系産卵成績と卵殻質に及ぼす影響を検討した。試験は、33週齢の産卵鶏60羽を用い、配合飼料100%の対照区、重量比25%を乾燥残さに代替した25%区、50%代替した50%区の3区を設け、それぞれの飼料を44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、試験最終週に卵殻中のCaおよびP含量を測定し、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含量を測定した。

50%区の卵重は対照区に比べて有意に低下した ( $P < 0.05$ ) が、25%区は対照区と比較して差は認められなかった。飼料による産卵日量および産卵率への影響は認められなかった。卵殻強度、卵殻厚、卵殻色の明度 ( $L^*$ 値) および赤色度 ( $a^*$ 値) は、乾燥残さの代替率が増加するに伴って有意に低下した ( $P < 0.05$ )。卵殻、脛骨および血清中のCa含量は、乾燥残さの代替率が増加するに伴って低下し、50%区が対照区に比べて有意に低い値を示した ( $P < 0.05$ )。卵殻および脛骨中のP含量は、飼料の影響を受けなかったが、血清中のP含量は、乾燥残さの代替率が増加するに伴って有意に低くなった ( $P < 0.05$ )。

以上の結果から、配合飼料の50%を乾燥残さで代替した飼料の産卵鶏への長期給与は、脛骨、血清中のCa含量および血清中のP含量を低下させ、結果として卵殻中のCa含量を低下させることにより卵殻質を低下させるものの、卵重以外の産卵成績には影響を与えないことが明らかとなった。

## 第3章 乾燥処理した厨房残さを配合した飼料中へのカルシウムおよびリンの添加が産卵鶏の産卵成績および卵殻質に及ぼす影響

### 3-1 はじめに

本論文の第1章において、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た。また、第2章において、配合飼料の50%を乾燥残さで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、配合飼料を給与した区と比べて体重、飼料摂取量、産卵日量、産卵率および飼料要求率に差が認められないものの、卵重に1gの低下がみられ、また、卵殻質 (卵殻強度、卵殻厚、卵殻色の明度および赤色度) は低下する

ことが判明した。

鶏卵の卵殻質は、飼料中のCaおよびP含量に依存することが知られている。低Ca飼料の給与は、卵殻質 (比重、卵殻強度および卵殻厚) を低下させる (Keshavarz, 1986) 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)。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、解決すべき重要な課題である。

第2章で観察された50%代替飼料給与による卵殻質の低下は、血中の低Caおよび低P含量に起因することが示唆された。

そのため本章では、配合飼料の50%を乾燥した厨房残さに代替した飼料中へのCaおよびPの添加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。

### (1) 実験材料および方法

#### 1) 試験飼料および調製

実験に用いた厨房残さ (表21) および市販配合飼料は、第2章と同様である。

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。

配合飼料100%の区 (飼料1) と配合飼料の重量比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。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を0.75% (NpP: 非フィチンリン0.5%, 飼料3)、1.00% (同0.8%, 飼料4) および1.25% (同1.0%, 飼料5) の3水準に調製した。また、PをHartel (1989) の報告に従って0.75% (NpP0.5%) に設定し、Caを2.90% (飼料6)、3.20% (飼料7) および4.00% (飼料8) の3水準に調製した (表21)。それぞれを表2のとおり飼料3から飼料8とした (表21)。試験飼料の成分を第2章と同様に測定した (表21)。

表20 乾燥処理した厨房残さ (DKW) の化学組成<sup>1)</sup>

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 <sup>2)</sup>	2.43
代謝エネルギー (Mcal/kg)	3.74

<sup>1)</sup> n=1.

<sup>2)</sup> ナトリウム×2.54.

表21 試験飼料の配合割合および化学組成<sup>1)</sup>

試験飼料 項目	1		2		3			4		5		6		7		8	
	市販飼料	50%DKW	Ca3.33%			P0.75%			Ca2.90%		Ca3.20%		Ca4.0%				
			P0.75%	P1.00%	P1.25%												
配合割合 (%)																	
市販配合飼料	100	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
DKW	0	50	50	50	50	50	50	50	50	50	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	1.37	1.37	1.37	1.37	1.37	1.37	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 <sup>2)</sup>	0.66	1.14	1.43	1.46	1.34	1.42	1.75	1.43									
塩素相当量 <sup>3)</sup>	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									

<sup>1)</sup> 原物中 (n=1).

<sup>2)</sup> ナトリウム×2.54.

<sup>3)</sup> 食塩相当量-ナトリウム.

## 2) 供試鶏および飼養管理

鶏は、試験開始前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羽を選抜して用いた。6羽を1群として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、試験開始後7週間は、全羽飼料1 (12羽) 又は飼料2 (84羽) を給与した。続く4週間は、飼料1給与の12羽は継続して飼料1を給与し、7週間飼料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含量を測定し、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含量を測定した。

鶏舎および照明条件は第1章および第2章と同様とし、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。

体重および産卵成績は、第1章および第2章と同様に測定した。

## 3) 卵殻質、卵殻中のCaおよびPの測定

卵殻質、卵殻中のCaおよびPの測定は、第2章と同様である。

## 4) 血清中のCaおよびPの測定

血清中のCaおよびPの測定は、第2章と同様である。

## 5) 脛骨重量、脛骨中の粗灰分、CaおよびPの測定

脛骨重量、脛骨中の粗灰分、CaおよびPの測定は、第2章と同様である。

## 6) 排泄物中の水分、粗灰分、CaおよびPの測定

試験最終週に、各区1群の試験飼料に酸化クロム ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) を0.2%添加して給与した。給与開始後5~7日の排泄物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、微粉碎して分析用試料とした。

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) により、波長540nm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。

## 7) 官能評価

東京都農林総合研究センターの職員25名をパネラーとして、Scheffeの対比較法による官能評価を飼料1 (対照区) および飼料2 (50%DKW) の卵を用いて行なった。官能評価の評点は、非常に悪いから非常によいまでの7

段階評定とした (図5)。卵は、ゆで卵の方が取り扱いやすく、生卵よりも食味が容易に判定できる (清水ら, 1997) ことからゆで卵による評価を行なった。ゆで卵は、水1リットルに対し卵8個の割合とし、強火で5分、次に中火で10分ポイルし、最後に流水中で冷却して作成した。また、ゆで卵は、包丁の金属臭の影響を避けるため、木綿糸で4片に切った。評価項目は、外観、色合い、香り、味および総合評価の5項目とした。評価は、木綿糸で切り分けた状態、卵黄と卵白を分離した状態の3点について行なった。すなわち、全卵、卵黄および卵白について評価した。

## 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。

官能評価には、Scheffeの対比較法を用い、評価シートから集計したデータについて分散分析により検定を行なった。

## (2) 実験結果

## 1) 飼養成績

7週間までの飼料2の成績は、飼料1と比較して調べた産卵成績および卵質の全ての項目において有意に劣っていた (表22)。8週目から4週間飼料中にCaおよびPを添加 (3区から8区) したにもかかわらず、産卵日量、産卵率および飼料要求率は、飼料1のレベルまでは改善されなかった (表23)。8週から11週の成績においては、卵重は飼料3 ( $\text{Ca}3.33\% \times \text{P}0.75\%$ ) で54.8gであり、50%区の53.8gに比べて1g重く、僅かな添加効果が認められた ( $P < 0.05$ ) が、飼料1の58.1g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24に示したとおり、卵殻強度は、飼料中のCaおよびPの添加により全般的に増加した。すなわち、飼料2に比べて全ての添加区は増加の傾向がある (飼料5, 6) か、有意に増加した (飼料3, 4, 7, 8)。また、飼料7 ( $\text{Ca}3.20\% \times \text{P}0.75\%$ ) および飼料8 ( $\text{Ca}4.00\% \times \text{P}0.75\%$ ) では、飼料1と同レベルまで改善が認められた。卵殻厚も卵殻強度とほぼ同様の結果となった。飼料3、飼料4 ( $\text{Ca}3.33\% \times \text{P}1.00\%$ )、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いレベルまで増加した。特に、飼料7の36.9 ( $\times 0.01\text{mm}$ ) および飼料8の36.7においては、有意ではないが飼料1の36.4を上回った。飼料2との比較においても、Ca、Pの添加飼料は、いずれも有意な増加が認められた。

卵殻色の明度 ( $L^*$ 値) では、飼料3、飼料4、飼料5 ( $\text{Ca}3.33\% \times \text{P}1.25\%$ ) および飼料6 ( $\text{Ca}2.90\% \times \text{P}0.75\%$ )



表22 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<sup>1)</sup>

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 (×0.01mm)	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	**

<sup>1)</sup> 試験開始から7週までの7週間の成績

<sup>2)</sup> 平均値±標準偏差

NS：有意差なし，\*\*：P<0.01

表23 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<sup>1)</sup>

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 <sup>a</sup>	56.8 <sup>a</sup>	58.1 <sup>a</sup>	97.8 <sup>a</sup>	2.16 <sup>a</sup>
2	2.44	0.46	0.22	128.8 <sup>b</sup>	47.1 <sup>b</sup>	53.8 <sup>b</sup>	87.7 <sup>b</sup>	2.73 <sup>b</sup>
3	3.33	0.75	0.50	128.4 <sup>bc</sup>	48.4 <sup>b</sup>	54.8 <sup>c</sup>	88.3 <sup>b</sup>	2.65 <sup>b</sup>
4	3.33	1.00	0.80	128.5 <sup>bc</sup>	46.6 <sup>b</sup>	54.2 <sup>bc</sup>	86.1 <sup>b</sup>	2.76 <sup>b</sup>
5	3.33	1.25	1.00	128.5 <sup>bc</sup>	47.9 <sup>b</sup>	53.9 <sup>b</sup>	88.9 <sup>b</sup>	2.68 <sup>b</sup>
6	2.90	0.75	0.50	126.5 <sup>d</sup>	46.8 <sup>b</sup>	53.4 <sup>b</sup>	87.7 <sup>b</sup>	2.70 <sup>b</sup>
7	3.20	0.75	0.50	127.6 <sup>c</sup>	47.1 <sup>b</sup>	53.9 <sup>b</sup>	87.3 <sup>b</sup>	2.71 <sup>b</sup>
8	4.00	0.75	0.50	128.0 <sup>bcd</sup>	46.7 <sup>b</sup>	54.0 <sup>bc</sup>	86.4 <sup>b</sup>	2.74 <sup>b</sup>
	標準誤差			0.16	0.50	0.12	0.91	0.04

<sup>1)</sup> 試験8週から11週までの4週間の成績 (n=12).

<sup>a-d</sup> 同じ列の異符号間に有意差あり (P<0.05).

の成績は，飼料1の63.4と飼料2の65.0の中間の値を示し，飼料1との間の差も認められない一方，飼料2との間にも差はなかった。また，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) が，飼料2と飼料7および飼料8との間に差は認められなかった。これらの卵殻色の明度は，Ca，P水準の影響を受けるが，その影響は大きくなかった。

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と比較して全ての区で有意に高かった。

表24 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<sup>1)</sup>

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

<sup>1)</sup> 試験8週から11週までの4週間の成績 (n=12)

<sup>2)</sup> 試験最終週7日分のサンプル (n=7).

<sup>ac</sup> 同じ列の異符号間に有意差あり (P<0.05).

### 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25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)。また、飼料1との比較においても、飼料3から飼料7は差のないレベルまで増加した。しかし、飼料8の血清中のCa含量28.3mg/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8.3mg/dlは、飼料1の6.7mg/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)ても、血清中のCa含量とP含量に大きな変化は認められなかったが、飼料中Ca増加に伴って減少する傾向を示した。

### 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において最も高い値を示したが、全体の成績において一定の傾向は認められなかった。飼料4の脛骨中のCa含量34.0%は飼料区間中最も高く、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。

表25 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 <sup>1)</sup> (g)	脛骨粗灰分 <sup>1)</sup> (%)	脛骨Ca <sup>2)</sup> (%)	脛骨P <sup>2)</sup> (%)
1	30.5 <sup>a</sup>	6.7 <sup>a</sup>	6.7	51.9 <sup>a</sup>	33.8 <sup>a</sup>	15.9
2	26.0 <sup>b</sup>	5.2 <sup>b</sup>	6.3	51.3 <sup>a</sup>	33.0 <sup>ab</sup>	15.5
3	29.2 <sup>ac</sup>	6.7 <sup>ad</sup>	6.8	53.4 <sup>ab</sup>	33.1 <sup>ab</sup>	14.9
4	29.7 <sup>ac</sup>	7.6 <sup>ade</sup>	6.8	57.4 <sup>b</sup>	34.0 <sup>a</sup>	16.0
5	29.3 <sup>ac</sup>	8.3 <sup>ce</sup>	6.5	55.2 <sup>ab</sup>	31.8 <sup>ab</sup>	15.1
6	29.8 <sup>ac</sup>	6.9 <sup>a</sup>	7.2	53.4 <sup>ab</sup>	30.9 <sup>ab</sup>	17.0
7	29.1 <sup>ac</sup>	6.8 <sup>a</sup>	7.3	52.2 <sup>a</sup>	32.8 <sup>ab</sup>	17.2
8	28.3 <sup>c</sup>	6.5 <sup>a</sup>	6.7	54.0 <sup>ab</sup>	30.1 <sup>b</sup>	15.3
標準誤差	0.16	0.13	0.09	0.43	0.31	0.28

<sup>a-d</sup> 同じ列の異符号間に有意差あり (P<0.05, n=12).

<sup>1)</sup> 脱脂脱水後の脛骨.

<sup>2)</sup> 粗灰分中の割合.

5) 排泄物中の水分、粗灰分CaおよびPの出納  
 表26に示したとおり、排泄物中の水分は、飼料1に対して乾燥残さを与えた全ての区において有意に高かった。飼料3から飼料5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6から飼料8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。

表26 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 <sup>1)</sup> (%)	灰分 <sup>2)</sup> (%)	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 <sup>a</sup>	28.0 <sup>a</sup>	4.74 <sup>a</sup>	2.62 <sup>a</sup>	2.12 <sup>a</sup>	0.84 <sup>a</sup>	0.55 <sup>a</sup>	0.29 <sup>a</sup>
2	82.2 <sup>bc</sup>	18.3 <sup>c</sup>	3.15 <sup>b</sup>	1.07 <sup>b</sup>	2.08 <sup>a</sup>	0.59 <sup>b</sup>	0.32 <sup>b</sup>	0.27 <sup>a</sup>
3	81.3 <sup>b</sup>	19.7 <sup>bc</sup>	4.32 <sup>c</sup>	1.28 <sup>bc</sup>	3.04 <sup>bc</sup>	0.98 <sup>c</sup>	0.54 <sup>ae</sup>	0.44 <sup>c</sup>
4	82.5 <sup>bc</sup>	21.4 <sup>b</sup>	4.45 <sup>d</sup>	1.32 <sup>bc</sup>	3.13 <sup>bc</sup>	1.34 <sup>d</sup>	0.75 <sup>c</sup>	0.59 <sup>b</sup>
5	83.5 <sup>c</sup>	21.6 <sup>b</sup>	4.33 <sup>c</sup>	1.14 <sup>b</sup>	3.19 <sup>bc</sup>	1.57 <sup>e</sup>	0.87 <sup>c</sup>	0.70 <sup>e</sup>
6	82.6 <sup>bc</sup>	18.4 <sup>bc</sup>	3.66 <sup>e</sup>	1.00 <sup>b</sup>	2.70 <sup>b</sup>	0.95 <sup>f</sup>	0.52 <sup>ad</sup>	0.43 <sup>cd</sup>
7	82.4 <sup>bc</sup>	20.6 <sup>bc</sup>	4.12 <sup>f</sup>	1.20 <sup>bc</sup>	2.92 <sup>b</sup>	1.01 <sup>g</sup>	0.54 <sup>ad</sup>	0.47 <sup>bcd</sup>
8	82.1 <sup>bc</sup>	25.2 <sup>a</sup>	5.11 <sup>g</sup>	1.65 <sup>c</sup>	3.46 <sup>c</sup>	0.99 <sup>c</sup>	0.54 <sup>ad</sup>	0.45 <sup>bcd</sup>
標準誤差	0.14	0.23	0.01	0.04	0.01	0.00	0.01	0.01

<sup>1)</sup> 原物中%

<sup>2)</sup> 乾物中%

<sup>a-g</sup> 同じ列の異符号間に有意差あり (P<0.05, n=6).

6) 官能評価

官能評価の結果は、表27および図6に示した。全卵および卵白では、有意な差が認められなかった。卵黄では、全ての項目について有意差が認められ、外観、色合い、

味および総合評価では飼料1 (対照区) の卵黄が飼料2 (50%DKW) に比べて有意に好まれ、香りでは、逆に飼料2が有意に好まれた。

性別 (○で囲む): 男 女 年齢: 10歳未満 10代 20代 30代 40代 50代 60歳以上

【記入要領】

この検査は、B (基準) に対する A (先のタマゴ) の評価を行うものです。

全ての回答は、「A」は「B」に比べてどうなのかという考え方です。

まず、全卵についての外観から総合までの記入を行い、次いで卵白と分離した卵黄、最後に卵白について同様に記入してください。

	(全卵)				(卵黄)				(卵白)					
	非 常 に 悪 い	相 当 し な い	少 し 悪 い	差 が な い	少 し 良 い	相 当 し な い	非 常 に 良 い	非 常 に 悪 い	相 当 し な い	少 し 悪 い	差 が な い	少 し 良 い	相 当 し な い	非 常 に 良 い
外観	----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- -----													
色合い	----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- -----													
香り	----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- -----													
味	----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- -----													
総合	----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- -----													
	コメント													

図5 タマゴの官能評価シート

表27 官能評価試験による乾燥処理した厨房残さを50%代替給与したタマゴの評価<sup>1)</sup>

区分	全卵	卵黄	卵白
外観	n.s.	**	n.s.
色合い	n.s.	**	n.s.
香り	n.s.	**	n.s.
味	n.s.	*	n.s.
総合評価	n.s.	**	n.s.

<sup>1)</sup>シェッフエの対比較法 (n=25).

n.s.:有意差なし, \* : P<0.05, \*\* : P<0.01.

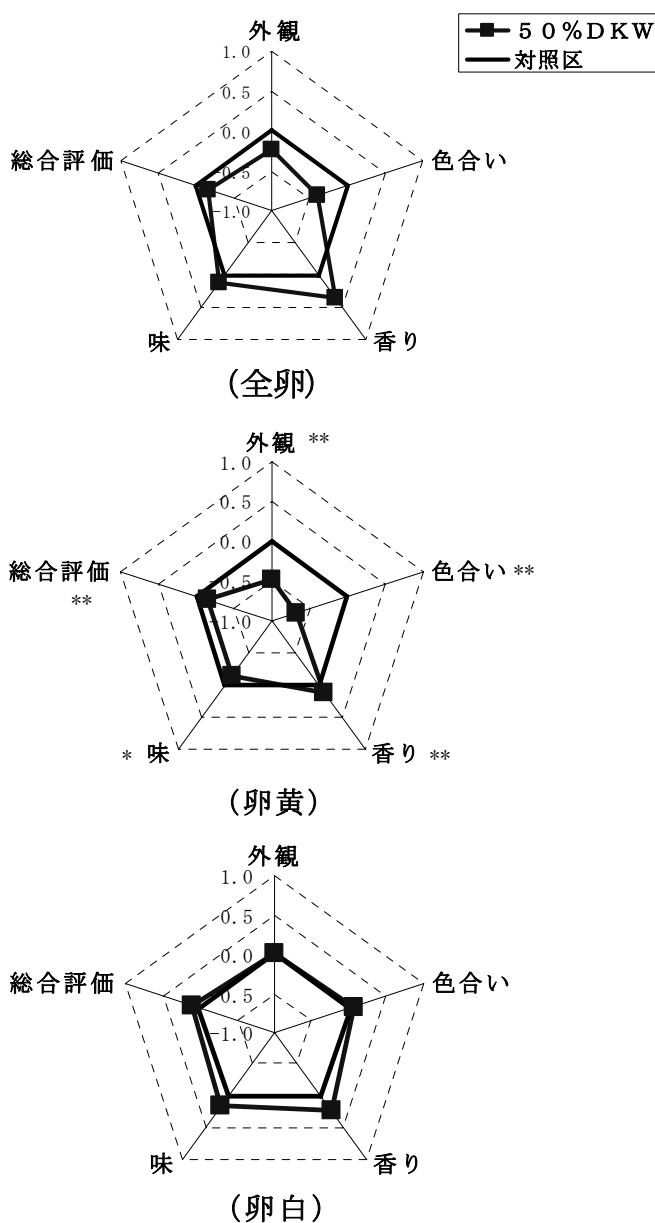


図6 官能評価試験による乾燥処理した厨房残さを50%代替給与したタマゴの評価

\* : P<0.05, \*\* : P<0.01.

## (3) 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% (NpP0.50%)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,配合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水準を高めた飼料6,飼料7および飼料8において,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水準を高めた飼料3,飼料4および飼料5において,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%) × 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, P0.75% (NpP0.50%) × 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% (NpP0.50%) 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,本研究においても卵殻強度および卵殻厚は,飼料6 (飼料中Ca2.90%) 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% (NpP0.5%), 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、配合飼料の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P0.75% (NpP0.50%) × Ca3.20あるいは4.00%とすることで配合飼料を給与した区と同等まで改善された。しかしながら、配合飼料の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配合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。本研究で飼料中にCaおよびPを添加した飼料3から飼料8では、血清中のCaやP含量に改善がみられ、CaおよびPの蓄積量に増加がみられていることから、給与期間を4週間以上とすることにより、産卵成績の改善につながるものと推察される。また、本研究では、配合飼料の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。

飼料は、摂取した家畜の乳、肉および卵の脂肪の質に影響を及ぼすことが知られている。卵黄の脂肪を構成する脂肪酸は主に、パルミチン酸(C16:0)、パルミトレイン酸(C16:1)、ステアリン酸(C18:0)、オレイン酸(C18:1)、リノール酸(C18:2)、リノレン酸(C18:3)およびアラキドン酸(C20:4)であり、飼料中に魚粉や魚油などの魚由来の成分が含まれると、イコサペンタエン酸(C20:5)やドコサヘキサエン酸(C22:6)が含まれる(Hargis et al., 1991)。著者は、乾燥残さに含まれる脂肪中の脂肪酸組成は不飽和脂肪酸の割合が高く、配合飼料の一部を乾燥残さで代替した飼料を産卵鶏へ給与すると、卵黄中の不飽和脂肪酸の割合が増加することを明らかにした。

ブロイラー(コブ)に8.2%の魚油を添加給与すると、アマニ油や菜種油を添加した場合に比べて鶏肉中のイコサペンタエン酸およびドコサヘキサエン酸含量が有意に高く、鶏肉の風味は評価が低かった(Lopez-Ferrer et al., 1999)。同報告の中で、胸肉よりも腿肉において評価に差がより認められた原因は、腿肉に含まれる脂肪含量が胸肉よりも多いことによるかもしれない。ブロイラーへの

給与飼料に2.5%の魚油を添加すると腹腔内および胸肉中のイコサペンタエン酸およびドコサヘキサエン酸含量が有意に高くなり、腿肉において対照区に比べて有意に味がよいと評価されている(Kjos et al., 2000)。また、Kjos et al. (2001)は、魚油の添加給与によって卵黄中の多価不飽和脂肪酸は有意に増加し、嫌な味(オフテイスト)が飼料中の魚油の添加割合の増加に伴って直線的に増加したとしており、これを卵黄の魚臭によるとしている。

WesterlingとHedrick(1979)は、穀類の多給によって牛肉中の飽和脂肪酸含量が少なく、オレイン酸含量が多くなると官能評価における牛肉の風味を高めると報告しており、Mandell et al. (1998)は、穀類の多給によって増えたオレイン酸が牛肉の風味を高め、アルファルファの多給によって増えたリノレン酸が牛肉の風味の低下に関与すると述べている。本研究における官能評価では、卵黄においてのみ有意差が認められた。卵黄の脂肪酸組成の変化が卵の官能評価を高めたという報告は見当たらないが、卵黄に占める脂肪の割合は約30%であり、脂肪酸組成の変化、特に融点の低い不飽和脂肪酸の増加によって黄身を口に含んだ際の舌触りや口解けの変化が、官能評価に影響する可能性は否定できない。また、消費者に好まれる卵黄色はロッシュカラーファンスコアが9(吉田, 1983)とされ、一般的に卵黄色が濃い卵の方が栄養価に優れていると信じられる傾向がある。50%区の卵黄色は対照区に比べて有意に低下しており(表7)、卵黄の外観、色合いおよび総合評価の官能評価は、卵黄色の低さに負の影響を受けたものと推察された。しかし、50%区の卵黄の香りは、対照区に比べて有意に好ましいとの評価を得ており、全卵および卵白においても評価が高い傾向を示した。産卵鶏用配合飼料中には、キサントフィルを含む、トウモロコシ、コーングルテンミール、アルファルファミールなどの他、卵黄の色調を強化する目的でパプリカやマリーゴールド花卉ミールなどが添加されるのが一般的である。本研究で用いた乾燥残さ中には、卵黄の色調の強化に関与するキサントフィルが含まれていないか極めて少ない。また、乾燥残さの材料中に含まれているキサントフィルも乾燥処理の工程の加熱および乾燥によって分解されると考えられる。しかしながら、ロッシュカラーファンスコアで9の卵黄を生産するためには、飼料中の総キサントフィル含量が18ppm必要なことが分かっており(吉田, 1983)、パプリカやマリーゴールド花卉ミールなどの添加によって、50%区の卵黄色を対照区と同等に高めることは難しくない。本研究では、乾燥残さの配合飼料への50%代替利用の可能性が示されたが、生産された卵の食味評価についても、飼料中の色調源を補完することで卵黄色を高めれば、配合飼料と同等ある

いはそれ以上の評価を得られる可能性がある。

### 3-2 小括

乾燥処理した厨房残さの産卵鶏への給与における、飼料中のCaおよび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。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。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）、Ca3.33%×P3水準区（0.75, 1.00および1.25%）、P0.75%×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いレベルまで改善された。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。

食味評価については、50%区における飼料中の色調源を補完することで卵黄色を高めることで、配合飼料と同等あるいはそれ以上の評価を得られる可能性が示唆された。

以上の結果から、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、卵殻質の卵殻強度および卵殻厚に改善が認められたが、卵殻色への影響は確認できなかった。

### 総括

わが国における食料自給率40%は、主要先進国の中で最も低い水準となっている。その内、飼料用を含む穀物全体の自給率は27%に過ぎず、濃厚飼料自給率に至って

は僅か10%であり、9割を輸入に依存している。この現状を改善するため、新たな食料・農業・農村基本計画が策定され、平成27年度の食料自給率を45%まで引き上げることが明記されている。

一方、国内において、食品の製造段階、流通段階および消費段階で大量に発生する食品残さは、焼却や埋め立てにより処分されており、環境保全や資源利用の観点から早急な対応が迫られている。畜産学の分野では、この問題を解決するため、食品残さを家畜の飼料として再利用する研究が進められている。一般的な食品残さには水分含量が高いものが多く、飼料としての取り扱いの利便性、糸状菌等微生物による変質・変敗・汚染等による保存性や安全性などの問題がある。そのため、食品残さの乾燥または発酵処理による飼料化技術に関する研究が進められており、また、種々の食品残さについて、飼料としての栄養学的評価に関する研究も行われている。

現在、食品残さの飼料としての利用性に関しては、ブタを用いた研究が中心である。ブタでは、乾燥食品残さの配合飼料への20%代替において、増体量に差はなかったが、背脂肪厚の増加や飼料要求率に低下が認められた。また、乾燥食品残さの配合飼料への代替率30%で110kg到達日数が短縮されるが、肉質に軟脂の発生が認められた。そのため、代替率は肥育中期で20%以下、肥育後期では10%程度が適当と報告されている。

国内における配・混合飼料の生産量が最も多い産卵鶏において食品残さを飼料として利用することは、飼料自給率の向上や環境保全の推進に極めて有用である。しかしながら、鶏における研究は殆ど認められないことから、食品残さ飼料の給与が産卵鶏の生産性へ及ぼす影響を明らかにすることは、極めて有意義と考えられる。

本研究は、乾燥処理した厨房残さ（以後「乾燥残さ」とする）に着目し、産卵鶏用配合飼料（以後「配合飼料」とする）への代替利用が産卵鶏の生産性に及ぼす影響について研究を行った。まず、乾燥残さの給与が産卵鶏の産卵成績および卵質に及ぼす影響について調べた。次に、乾燥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について調べた。最後に、配合飼料の50%を乾燥残さで代替した飼料中のカルシウム（Ca）およびリン（P）の含有率を変化させた場合の生産性やミネラル出納への影響について調べた。

#### 1. 乾燥処理した厨房残さの飼料特性および産卵鶏への給与が産卵成績および卵質に及ぼす影響

本研究では、乾燥処理した厨房残さの飼料特性や産卵鶏への給与が産卵成績および卵質に及ぼす影響について明らかにしようとした。

乾燥残さの材料には、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。その化学組成は、水分12.24%、粗タンパク質17.25%、粗脂肪6.07%、粗繊維2.67%、粗灰分5.99%、Ca1.20%、P0.33%およびNa0.81%であった。

また、有害物質の鉛、カドミウム、水銀およびヒ素は、飼料の有害物質の指導基準を大きく下回り、アフラトキシンは検出されず、大腸菌群およびサルモネラは陰性だった。抽出油脂中の過酸化物質は12.6mEq/kgであり、食品衛生法の保存基準が30mEq/kg以下に規定されていることから、産卵鶏に給与して問題のないレベルと思われる。粗脂肪含量は、一般的な食品残さに比べて低く、飼料としての取り扱いが容易である。また、CaおよびP含量は、産卵鶏用配合飼料のCa4.26%およびP0.82%に比べて不足していた。Na含量は、産卵鶏用配合飼料(Na0.25%)に比べて高い値であった。

試験飼料は、配合飼料に乾燥残さをそれぞれ0% (対照区)、12.5% (12.5%区)、25% (25%区) および50% (50%区) 代替して5週間給与し、産卵成績および卵質について調査した。

卵重は、対照区と比較して12.5%区および25%区において同等もしくは有意に増加した。産卵率および飼料要求率は、4試験区で同等だった。卵殻強度および卵殻厚は12.5%区が最も優れており、他の3区間に有意差はなかった。卵殻色の明度および赤色度は、配合飼料中の乾燥残さの代替率の増加に伴って直線的に低下した ( $P < 0.05$ )。HUを指標とした鶏卵の鮮度保持に、飼料の影響はみられなかった。

以上のことは、乾燥残さが配合飼料との混合使用により産卵鶏の飼料として利用できる可能性を示している。また、産卵成績の結果から、乾燥残さの代替率は25%が適当であると思われた。これらの結果を踏まえ、通常の産卵鶏の産卵期間に対応した長期給与の必要性が考えられた。

## 2. 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

老人ホーム由来の乾燥残さの長期給与が赤玉系産卵鶏の産卵成績と卵殻質に及ぼす影響を検討した。試験は、33週齢の産卵鶏60羽を用い、配合飼料100%の対照区、重量比25%を乾燥残さに代替した25%区、50%代替した50%区で行った。各20羽にそれぞれの飼料を44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、試験最終週に卵殻中の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。

長期給与の結果、試験終了時の体重、試験期間中の飼料摂取量、産卵日量、産卵率および飼料要求率において

試験区間に差はなかった。卵重は、対照区と25%区が同等であり、50%区では対照区に比べて減少が認められたが1gの僅かな減少だった。

卵殻強度、卵殻厚、卵殻色の明度および赤色度は、乾燥残さの代替率が増加するに伴って有意に低下した ( $P < 0.05$ )。卵殻、脛骨および血清中のCa含量は、乾燥残さの代替率が増加するに伴って低下し、50%区が対照区に比べて有意に低い値を示した ( $P < 0.05$ )。卵殻および脛骨中のP含量は、飼料の影響を受けなかったが、乾燥残さの代替区における血清中のP含量は、有意に低下した ( $P < 0.05$ )。

この産卵成績の結果は、乾燥残さが配合飼料中に対する高い代替率で利用できることを示している。一方、乾燥残さで代替した飼料の産卵鶏への長期給与は、脛骨中のCa含量、血清中のCaおよびP含量を低下させ、結果として卵殻質を低下させることが判明した。また、25%区では、CaおよびPの要求量を充足していても脛骨中のCaおよび血清中のCaとP含量および卵殻質の低下が観察されたことから、NaあるいはClの過剰がCaやP要求率を高める可能性が示された。また、卵殻質低下は、飼料中CaとPの含量をよく反映していることより、改善のためには、飼料中のCaおよびPの強化が示唆された。

## 3. 乾燥処理した厨房残さを配合した飼料中へのカルシウムおよびリンの添加が産卵鶏の産卵成績および卵殻質に及ぼす影響

老人ホーム由来の乾燥残さの産卵鶏への給与における飼料中のCaおよびPの添加が産卵成績 (産卵日量、産卵率、卵重) および卵殻質 (卵殻強度、卵殻厚、卵殻色の明度および赤色度) に及ぼす影響を検討した。試験は、28週齢の産卵鶏96羽を用いて11週間行った。まず、配合飼料の重量比50%を乾燥残さに代替した飼料を7週間給与した後、無添加区 (飼料2) とCaおよびP添加区に分けた。無添加区 (飼料2) は8週以降もそのまま継続して50%乾燥残さ飼料の給与を行い、添加区は飼料2にCa3.33% × P3水準区 (0.75, 1.00および1.25%, それぞれ飼料3, 4, 5), P0.75% × Ca3水準区 (2.90, 3.20および4.00%, それぞれ飼料6, 7, 8) を添加する7区に分け、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。対照区の12羽には、配合飼料100% (飼料1) を11週間の全試験期間を通して給与した。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排泄物中のCaおよびP含量を分析し出納を調べた。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。飼料1と飼料2について、ゆで卵による官能評価を行なった。

試験開始から7週目まで調査した産卵および卵殻質の成績のすべての項目において、50%の乾燥残さ給与は飼



料1より劣っていた。試験8週目以降の4週間における卵殻強度および卵殻厚は、飼料中のCaの増加に伴って高まり、飼料7および飼料8では、飼料1と同等までに改善された。血清中のCaまたはP含量は、飼料中へのCaまたはPの添加により増加し、飼料2より高い値となった ( $P<0.05$ )。飼料中へのCaまたはPの添加は、Ca蓄積量およびP蓄積量を著しく増加させた。官能評価の結果、飼料2の卵黄は香りの評価が有意に高く、卵白では調査項目(外観、色合い、香り、味および総合評価)の全てで飼料1と同等あるいは上回る評価がなされ、これは官能評価においても乾燥残さの飼料としての有用性を示したものである。

以上の結果は、配合飼料の50%を乾燥残さで代替した飼料にCaおよびPをバランス良く添加することにより、乾燥残さ給与による卵殻強度および卵殻厚の低下を改善させることを示している。

本研究は、廃棄物である食品残さの家禽飼料としての利用性を明らかにすることを目的として、産卵鶏に乾燥食品残さを給与し、鶏卵の生産性について追究した。

乾燥食品残さの配合飼料への代替率12.5~25.0%において、産卵成績(卵重、産卵率、産卵日量および飼料要求率)は、配合飼料の単独給与と比較して、同レベルまたは優れることを明らかにした。乾燥食品残さの長期給与は代替率50.0%においても、配合飼料と遜色のない産卵成績を示すが、卵質(卵殻強度および卵殻厚)は低下した。その原因が、血清中および脛骨中のCaおよびP含量の減少によることを見出し、CaおよびPを飼料にバランス良く添加することで、卵質の低下は防げることを明らかにした。官能評価においても、乾燥食品残さの有用性が示された。また、本研究では卵殻色の改善について明らかにならなかったが、卵殻強度および卵殻厚の改善が認められている。国内において生産される鶏卵の約7割が白玉(白色卵)であり、白玉系産卵鶏への飼料利用では、卵殻色の脱色(色落ち)の問題は生じないと思われる。これらのことより、乾燥食品残さが産卵鶏の優れた飼料であると判断した。

食塩やNaの高い濃度での含有、あるいは高脂肪含量は、食品残さ飼料の特性である。これらが、高い代替率での家畜への飼料利用を阻む原因であることは間違いない。また、本研究で用いた乾燥残さの作成には、1kgあたり約200円の光熱費等が掛かった。一方、業者による生残さの引取り費用は、1kgあたり31円だった。しかし、引取り後の食品残さの運搬、焼却・埋め立てに要するコストは不明であるが、確実に発生している。

配合飼料価格を1kgあたり60円とすると、食品残さの乾燥処理コストの方が上回っているのが現状である。しかしながら、わが国における食品残さの飼料利用の必要性

は、今後益々高まると考えられる。このことから、食品残さ飼料から、これらの成分を除去あるいは低減させる技術開発がなされる可能性もある。

本研究で明らかにした乾燥食品残さの飼料特性や産卵鶏への高水準での利用性に関する成果は、食品残さの家畜・家禽への飼料利用の推進に大きく寄与し、さらには環境保全や自給率向上に貢献するものと確信する。

## 謝 辞

稿を終えるに臨み、本研究の機会と御指導と御校閲を賜りました日本大学生物資源科学部動物資源科学科の泉水直人教授、小牧 弘教授ならびに小林信一教授に深甚なる謝意を表します。また、御教示と御助言を頂きました日本大学生物資源科学部動物資源科学科元教授 長野 實博士ならびに元教授 阿部 亮博士に心から謝意を表します。

東京都農林総合研究センター畜産技術科合田之久氏、大久保光行氏、鈴木亜由美氏および東京都食品技術センター三枝弘育氏には、実験上の実務的なご援助を賜り、ここに記して御礼申し上げます。

## 引用文献

- Abdou, G., Abdallah, R., Harms, R.H., El-Husseiny, O. (1993) Performance of hens laying eggs with heavy or light shell weight when fed diets with different calcium and phosphorus levels. *Poult. Sci.*, 72: 1881-1891.
- Atteh, J.O. and Leeson, S. (1985) Effects of dietary fat level on laying hens fed various concentrations of calcium. *Poult. Sci.*, 64: 2090-2097.
- Austic, R.E. (1984) Excess dietary chloride depresses eggshell quality. *Poult. Sci.*, 63: 1773-1777.
- Bar, A. and Hurwitz, S. (1984) Egg shell quality, medullary bone ash, intestinal calcium and phosphorus absorption, and calcium-binding protein in phosphorus-deficient hens. *Poult. Sci.*, 63: 1975-1979.
- Bligh, E.C. and Dyer, W.J. (1959) A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can. J. Biochem. Physiol.*, 37: 911-917.
- Boorman, K.N. and Gunaratne, S.P. (2001) Dietary phosphorus supply, egg-shell deposition and plasma inorganic phosphorus in laying hens. *Br. Poult. Sci.*, 42: 81-91.
- Bressman, R.B., Miles, R.D. and Wilson, H.R. (2002) Effect of dietary supplementation of vanadium in commercial

- egg type laying hens. *J. Appl. Poult. Res.*, 11: 46-53.
- Chen, J. and Balnave, D. (2001) The influence of drinking water containing sodium chloride on performance and eggshell quality of a modern, colored layer strain. *Poult. Sci.*, 80: 91-94.
- Clunies, M., Parks, D. and Leeson, S. (1992) Calcium and phosphorus metabolism and eggshell formation of hens fed different amounts of calcium. *Poult. Sci.*, 71: 482-489.
- Christopherson, S.W. and Glass, R.L. (1969) Preparation of milk methyl esters by alcoholysis in an essentially nonalcoholic solution. *J. Daily Sci.*, 52: 1289-1290.
- Damrom, B.L., Wilson, H.R. and Harms, R.H. (1983) Sodium chloride for broiler breeders. *Poult. Sci.*, 62: 480-482.
- 独立行政法人農業技術研究機構 (2002) 日本標準飼料成分表2001年版, 中央畜産会, 東京.
- 独立行政法人農業・生物特定産業技術研究機構 (2004) 日本飼養標準・家禽, 2004年版, 中央畜産会, 東京.
- Eyal, A. and Moran, J.R. (1984) Egg changes associated with reduced interior quality because of dietary vanadium toxicity in the hen. *Poult. Sci.*, 63: 1378-1385.
- Fletcher, D.L. and Halloran, H.R. (1981) An evaluation of a commercially available marigold concentrate and paprika oleoresin on egg yolk pigmentation. *Poult. Sci.*, 60: 1846-1853.
- Fletcher, D.L. and Halloran, H.R. (1982) Egg yolk pigmentation properties of a marigold extract and paprika oleoresin in a practical type diet. *Poult. Sci.*, 62: 1205-1210.
- Frost, T.J. and Roland, D.A. (1991) The influence of various calcium and phosphorus levels on tibia strength and eggshell quality of pullets during peak production. *Poult. Sci.*, 70: 963-969.
- Gordon, R.W. and Roland, D.A., Sr. (1998) Influence of supplemental phytase on calcium and phosphorus utilization in laying hens. *Poult. Sci.*, 77: 290-294.
- Hartel, H. (1989) Evaluation of the dietary interaction of calcium and phosphorus in the high producing laying hen. *Br. Poult. Sci.*, 31: 473-494.
- 兵頭 勲・合田之久・渡辺 彬・小林義男 (1980) 都市飼料資源の有効利用に関する研究, III 給与試験, 東京都畜産試験場研究報告, 17: 25-31.
- 配合飼料供給安定機構 (2008) 食品残さ等利用飼料の安全性確保のためのガイドライン, 配合飼料供給安定機構, 東京. pp.96.
- Hamilton, R.M.G. (1978) The effects of dietary protein level on productive performance and egg quality of four strains of White Leghorn hens. *Poult. Sci.*, 57: 1355-1364.
- Hargis, P.S., Van Elswyk M.E. and Hargis, B.M. (1991) Dietary modification of yolk lipid with menhaden oil. *Poult. Sci.*, 70: 874-883.
- Harms, R. H. and Russel, G. B. (1993) Optimizing egg mass with amino acid supplementation of a low-protein diet. *Poult. Sci.*, 72: 1892-1896.
- 入江正和・亀岡俊則・崎元道男・因野要一 (1990) 豚の発育, 屠体成績と体脂肪の性状に及ぼす油温脱水処理をした食品残渣(フライドミール) 給与の影響. 日本養豚学会誌, 27: 66-72.
- Junqueira, O.M., Costa, P.T., Miles, R.D. and Harms, R.H. (1984) Interrelationship between sodium chloride, sodium bicarbonate, calcium, and phosphorus in laying hen diets. *Poult. Sci.*, 63: 123-130.
- Keshavarz, K. (1986) The effect of variation of calcium intake on production performance and shell quality. *Poult. Sci.*, 65: 2120-2125.
- Keshavarz, K. and Jackson, M.E. (1992) Performance of growing pullets and laying hens fed low-protein, amino acid-supplemented diets. *Poult. Sci.*, 71: 905-918.
- Kjos, N.P., Herstad, O., Øverland, M. and Skrede, A. (2000) Effects of dietary fish silage and fish fat on growth performance and meat quality of broiler chicks. *Can. J. Anim. Sci.*, 80: 625-632.
- Kjos, N.P., Herstad, O., Skrede A. and Øverland, M. (2001) Effects of dietary fish silage and fish fat on performance and egg quality of laying hens. *Can. J. Anim. Sci.*, 81: 245-251.
- Kojima, S. (2005) Dehydrated kitchen waste as a feedstuff for laying hens. *International Journal of Poultry Science*, 4: 689-694.
- 小嶋禎夫 (2007) 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.
- Lang, M.R. and Wells, J.W. (1987) A review of eggshell pigmentation. *World's Poult. Sci. J.*, 43: 238-246.
- Leeson S, Summers, J.D. and Caston, L. (1993) Response of brown-egg strain layers to dietary calcium or phosphorus. *Poult. Sci.*, 72: 1510-1514.
- Lopez-Ferrer, S., Baucells, M.D., Barroeta, A.C. and Grashorn, M.A. (1999) n-3 enrichment of chicken meat using fish oil: Alternative substitution with rapeseed and linseed oils. *Poult. Sci.*, 78: 356-365.
- Mandell, I.B., Buchanan-Smith, J.G. and Campbell, C.P. (1998) Effects of forage vs grain feeding on carcass

- characteristics, fatty acid composition, and beef quality in limousine-cross steers when time on feed is controlled. *J. Anim. Sci.*, 76: 2619-2630.
- Meluzzi, A., Sirri, F., Manfreda, G., Tallarico, N. and Franchini, A. (2000) Effects of dietary Vitamin E on the quality of table eggs enriched with n-3 long-chain fatty acids. *Poult. Sci.*, 79: 539-545
- Miles, R.D. and Harms, R.H. (1982) Relationship between egg specific gravity and plasma phosphorus from hens fed different dietary calcium, phosphorus, and sodium levels. *Poult. Sci.*, 61: 175-177.
- Miles, R.D. and Henry, P.R. (2004) Effect of time and storage conditions on albumen quality of egg from hens fed vanadium. *J. Appl. Poult. Res.*, 13: 619-627.
- Myer, R.O., Brendemuhl, J.H. and Johnson, D.D. (1999) Evaluation of dehydrated restaurant food waste products as feedstuffs for finishing pigs. *J. Anim. Sci.*, 77: 685-692.
- Nash, D.M., Hamilton, R.M.G. and Hulan, H.W. (1995) The effect of dietary herring meal on the omega-3 fatty acid content of plasma and egg yolk lipids of laying hens. *Can. J. Anim. Sci.*, 75: 247-253.
- National Research Council (1994) Nutrient Requirements of Poultry. 9th rev. ed. National Academy Press, Washington, DC.
- 丹羽美次・矢後啓司・音成洋司・坂上 泉・大澤貴之・佐伯真魚・奈良 誠・稗田哲也・高須茜美・堀与志美・阿部 亮 (2003) 都市厨芥発酵乾燥製品の調整法と養豚飼料としての栄養価, 日本養豚学会誌, 40: 1-7.
- 農林水産省 (2005) 食料・農業・農村基本計画. 農林水産省, 東京.
- 農林水産省生産局 (2008) 飼料をめぐる情勢, 農林水産省, 東京. pp.1
- 農林水産省総合食料局 (2008) 我が国の食料自給率 平成18年度食料自給率レポート, 農林水産省, 東京. pp.6.
- 農林水産省大臣官房統計部 (2007) 平成19年度食品循環資源の再生利用等実態調査の概要, 農林水産省, 東京.
- Odabasi, A.Z., Miles, R.D., Balaban, M.O., Portier, K.M. and Sampath, V. (2006) Vitamin C overcomes the detrimental effect of vanadium on brown eggshell pigmentation. *J. Appl. Poult. Res.*, 15: 425-432.
- Odabasi, A.Z., Miles, R.D., Balaban, M.O. and Portier, K.M. (2007) Changes in brown eggshell color as the hen ages. *Poult. Sci.*, 86: 356-363.
- 小原哲二郎 (1997) 食品・栄養化学実験書, 四訂, 建帛社, 東京. pp.119-130.
- 大森英之・守谷直子・石田三佳・大塚 舞・小橋有里・本山三知代・佐々木啓介・田島 清・西岡輝美・蔡義民・三津本充・勝俣昌也・川島知之 (2007) コンビニエンスストアから排出された消費期限切れ食品を主体とする発酵リキッド飼料による豚の肥育試験, 日本畜産学会報, 78: 189-200.
- Rao, K.S., Roland, D.A. and Hoerr, F.J. (1992) Response of early- and late-maturing commercial leghorn pullets to low levels of dietary phosphorus. *Poult. Sci.*, 71: 691-699.
- Rivas, M.E., Brendemuhl, J.H., Myer R.O. and Johnson, D.D. (1995) Chemical composition and digestibility of dehydrated edible restaurant waste (DERW) as a feedstuff for swine. *J. Anim. Sci.*, 73(Suppl. 1): 177. (Abstr.)
- Roland, D.A. and Farmer, M. (1986) Studies concerning possible explanations for the varying response of different phosphorus levels on eggshell quality. *Poult. Sci.*, 65: 956-963.
- 佐伯真魚・北川順矩・松本光洋・西山厚志・三好久美子・望月めぐみ・高須茜美・阿部 亮 (2001) 都市厨芥飼料の化学組成と栄養価, 日本畜産学会報, 72: J34-J40.
- 佐伯真魚・伊賀亜沙子・鈴木由貴子・砂川直子・阿部亮 (2002) 各種都市厨芥乾燥飼料における粗タンパク質の消化特性とタンパク質画分, 日本畜産学会報, 73: 423-429.
- 佐伯真魚・川島知之 (2004) 食品廃棄物の飼料利用ーその3. 食品残さ飼料の栄養特性ー, 畜産の研究, 58: 245-250.
- Said, N.W., Sullivan, T.W., Sunde M.L. and Bird, H. R. (1984) Effect of dietary phosphorus level and source on productive performance and egg quality of two commercial strains of laying hens. *Poult. Sci.*, 63: 2007-2019.
- 斎藤季彦・名倉清一 (1982) 採卵鶏に対する乾燥残飯の給与試験. 東京都畜産試験場研究報告, 19: 59-67.
- Schreiner, M., Hulan, H.W., Razzazi-Fazeli, E., Böhn J. and Iben, C. (2004) Feeding laying hens seal blubber oil : Effects on egg yolk incorporation stereo specific distribution of omega-3 fatty acids, and sensory aspects. *Poult. Sci.*, 83: 462-473.
- Sell, J.L., Arthur, J.A. and Williams, I.L. (1982) Adverse effect of dietary vanadium, contributed by dicalcium

- phosphate, on albumen quality. *Poult. Sci.*, 61: 2112-2116.
- 清水恵太・藤村 忍・石橋 晃 (1997) 卵のおいしさ (2), 畜産の研究, 51 : 372-374.
- 飼料分析基準研究会編 (2004) 飼料分析法・解説. 社団法人日本科学飼料協会, 第3章, 東京. pp.2-29.
- Sohail, S.S. and Roland, D.A., Sr. (2002) Influence of dietary phosphorus on performance of Hy-Line W36 hens. *Poult. Sci.*, 81: 75-83.
- Smith, A., Rose, S.P., Wells, R.G. and Pirgozliev, V. (2000) Effect of excess dietary sodium, potassium, calcium and phosphorus on excreta moisture of laying hens. *Br. Poult. Sci.*, 41: 598-607.
- Summers, J.D. and Leeson, S. (1983) Factors influencing early egg size. *Poult. Sci.*, 62: 1155-1159.
- Summers, J.D. and Leeson, S. (1993) Influence of diets varying in nutrient density on the development and reproductive performance of white leghorn pullets. *Poult. Sci.*, 72: 1500-1509.
- Summers, J.D. (1995) Reduced dietary phosphorus levels for layers. *Poult. Sci.*, 74: 1977-1983.
- Sutly, J.P., Miles, R.D., Comer, C.W., Balaban, M.O. (2001) The influence of vanadium on pigmentation of brown-shelled eggs. *Poult. Sci.*, 80(Suppl. 1):1039. (Abstr.)
- 武政正明・村上 斉 (1995) 酵素分析による飼料原料中のフィチンリンの定量について, 畜産試験場研究報告, 55:31-36.
- Tamura, T. and Fujii, S. (1967) Comparative observations on the distribution of fluorescent pigments (porphyrins) in the egg coverings of chicken and quail. *Journal of the Faculty of Fisheries and Animal Husbandry Hiroshima University*, 7: 35-41.
- Walker, P.M. and Wertz, A.E. (1994) Analysis of selected fractionates of a pulped, food waste and dish water slurry combination collected from university cafeterias. *J. Anim. Sci.*, 72(Suppl. 1): 137. (Abstr.)
- 渡辺千春・谷 浩・藤田 耕・富家武男 (2001) 温風乾燥処理した厨房残さのブタにおける飼料利用, 日本畜産学会報, 72: J542-J550.
- Westendorf, M.L., Dong Z.C. and Schokenecht, P.A. (1998) Recycled cafeteria food waste as a feed for swine: Nutrient content, digestibility, growth, and meat quality. *J. Anim. Sci.*, 76: 2976-2983.
- Westerling, D.B. and Hedrick, H.B. (1979) : Fatty acid composition of bovine lipids as influenced by diet, sex and anatomical location and relationship to sensory characteristics. *J. Anim. Sci.*, 48: 1343-1348.
- Williams, K.C. (1992) Some factors affecting albumen quality with particular reference to Haugh unit score. *World's Poult. Sci. J.*, 48: 5-16.
- 米持千里・藤崎浩和・花積三千人・橋元康司・高木久雄 (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, 日本家禽学会誌, 41: J201-J206.
- 吉田 実・星井 博 (1979) スーパーマーケット残渣の栄養価, 日本家禽学会誌, 16: 350-355.
- 吉田 実 (1983) 卵黄の着色度と飼料の色素含量について考える, 畜産の研究, 37 : 10-14.
- Yoselewitz, I. and Balnave, D. (1989) Responses in egg shell quality to sodium chloride supplementation of the diet and/or drinking water. *Br. Poult. Sci.*, 30: 273-281.

## Dehydrated Kitchen Waste as a Feedstuff for Laying Hens

Sadao Kojima\*

Tokyo Metropolitan Agriculture and Forestry Research Center

### Abstract

Experiments were conducted to assess the potential application of dehydrated kitchen waste (DKW) as a feedstuff for laying hens. Fresh food waste from a retirement home, consisting primarily of leftover food, plate scrapings, and cooking residues, was transformed to DKW by blending and drying with a heater set to 80–85°C to give a product at a temperature of 60–65°C. The effect of DKW feeding levels on the laying performance and eggshell quality of hens was assessed by 1. changing the proportion of DKW in feedstock, 2. long-term feeding with DKW, and 3. examining dietary DKW calcium and phosphorus levels.

The addition of up to 25% DKW to a commercial diet (25% DKW and 75% commercial diet; % by weight) was observed to improved laying performance (egg weight, egg production, egg mass, and feed conversion) more than the commercial diet without added DKW (control). While laying performance was the same after feeding with 50% DKW and 50% commercial diet, the eggshell quality of hens fed the 50% DKW diet was lower than that of hens fed the commercial diet only, as evidenced by the lower concentrations of calcium and phosphorous in serum and tibia. These findings indicated that the decrease in eggshell quality could be prevented by adding sufficient amounts of calcium and phosphorous to the diet. In addition, it was found that a high proportion of DKW in feedstock may improve the aesthetic qualities of eggs. Taken together, the results clearly demonstrated that in addition to having nutritional value as a feedstuff for livestock and poultry, DKW also has environmental benefits and the ability to improve food self-sufficiency problem.

Keywords: Laying hen, Kitchen waste, Eggshell quality, Calcium, Phosphorus

Bulletin of Tokyo Metropolitan Agriculture and Forestry Research Center, 5: 1- 37, 2010

\*Corresponding author: s-kojima@tdfaff.com