

地場産未利用原料を活用した採卵鶏飼料設計の試み

酪農学園大学 山田未知

北海道岩見沢農業高校 新堂龍二

「はじめに」 研究・調査の背景

日本の採卵鶏飼養経営体は、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、結果として経営の大規模化が進んでいます。一方、鶏卵生産の経営コストに占める飼料費の割合は最も高く、この飼料原料の多くは海外からの輸入に依存しています。しかし、飼料原料は、異常気象により収穫量が不安定になると、主成分であるトウモロコシの流通量が燃料用エタノールへの活用により減少していること、さらに世界人口の増加により、これまで家畜用だった穀物が人間社会への供給へと転換が予想されることなどから、飼料原料の供給量は、ますます不安定となることが考えられます。また、飼料価格は穀物生産量に大きく影響されるため、価格を見通すことは難しく、加えて為替相場や海外からの輸送にかかる原油価格によって価格は変動し、近年では価格は高止まりを示しています。

このような中、日本で配合飼料の生産量が最も多いのは採卵鶏用ですが、食品製造副産物や食品残渣、農場残渣を活用して家畜の飼料を作る、いわゆる「エコフィード」の畜種別製造業者数が最も少ないのも、養鶏関係事業者であることも事実です。

他方、北海道は農林水産業が盛んであり、カロリーベースの食料自給率も200%を超え、地場産原料を活用した食品製造事業者数とその出荷額も全国トップです。また、本調査を行った北海道岩見沢農業高校がある空知管内の農業は、農業産出額から見て米生産が主体であるものの、果実、雑穀、豆類、野菜の栽培も盛んで、食品製造業の出荷額も毎年伸びています。そのため、農場残渣や食品残渣、食品製造副産物など、エコフィードの作製に活用できる原料の排出も多いようです。

以上のことから、今後さらなる規模拡大も予想される養鶏業において、飼料の供給量と飼料価格の安定化が課題であり、輸入飼料を地場産未利用原料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と考えま

した。そこで、北海道岩見沢市近郊から排出される地場産未利用原料を含む採卵鶏用飼料を設計し、その飼料給与が採卵鶏の産卵成績や卵質、卵の化学成分に及ぼす影響を調査しました。

なお、この研究は、文部科学省スーパーサイエンスハイスクール（SSH）指定校である北海道岩見沢農業高校と、酪農学園大学との共同で実施したものです。

飼料設計のための原料



設計するエコフィードの原料は、地場産未利用原料として、北海道岩見沢農業高校圃場および岩見沢市近郊圃場と食品製造工場から入手した屑玄米、生米ぬか、生豆腐粕（おから）、アスパラガスの切り下（以下、アスパラ）のほか、カルシウム添加剤である市販のホタテ貝殻粉末も用いました。なお、生豆腐粕、生米ぬか、アスパラは水分含量が高いため、60℃に設定した飼料乾燥機で48時間乾燥させ、飼料原料としました。ま

た、アスパラは長いいため、採卵鶏がそのまま摂取することは難しいと考え、乾燥後に粉砕機で1〜2 cm程度に粉砕したものを飼料原料としました。各原料については、①粗タンパク質、②粗脂肪、③粗繊維、④粗灰分を測定し、可溶無窒素物については、100から①④の成分の合計を差し引いて算出しました。併せて、リンとカルシウム含量についても測定を行い、飼料設計の元データとしました。

飼料設計方法



飼料設計に当たり、給与飼料の乾燥中の目標粗タンパク質含量を、日本飼養標準・家禽(2011年版)における産卵鶏(日産卵量56gの場合)に必要な乾物飼料中の粗タンパク質含量である17・8%とし、各原料の配合割合を決定しました。その結果、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2850 kcal/kg以上)を対照区に対し、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、45%区)を設計しました。なお、これら市販飼料、25%および45%飼料についても、化学成分の分析を原料と同様に行いました。

給与試験の方法



各飼料の給与試験では、日長と白熱灯点灯の合計時間が16時間となるように照明管理された、岩見沢農業高校の開放式鶏舎内に設置された単飼ケージ(23×39×44 cm)で飼養中の49週齢採卵鶏(ジュリア)30羽を



▲試験区の様子
(岩見沢農業高校養鶏班)

供試しました。試験開始前に全羽に対照区飼料を給与し、その後10羽ずつを対照区、25%区、45%区の3群に分け、1期70日間(予備期10日間、本期60日間)で試験を行いました。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ました。

卵質と卵の化学成分の測定



本期の最終5日間に各区供試鶏10羽が産卵した10個の卵を用いて、卵



▲飼料摂取量(残飼量)の採取調査
(岩見沢農業高校養鶏班)

重、卵白高、卵黄色(ヨークカラーファン)、ハウユニット値、卵殻強度、および卵殻厚を卵質測定装置で測定しました。また、それとは別に、上記と同様に各区10個の卵を混合し、水分、粗タンパク質、粗脂肪、粗灰分、炭水化物の化学成分に加え、レチノール含量についても測定しました。

調査結果① 飼料設計とその化学成分



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に示します。

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%、ホタテ貝殻粉末3・8%とし、その粗タンパク質含量の分析値は19・2%でした。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

表1 飼料原料の化学成分と各区給与飼料における原料の配合割合

| 原料名 | 乾物率 (%) | 化学成分組成 (%) | | | | | 配合割合 | | |
|----------|---------|------------|------|------|--------|------|------|------|------|
| | | 粗タンパク質 | 粗脂肪 | 粗繊維 | 可溶無窒素物 | 粗灰分 | 対照区 | 25%区 | 45%区 |
| 採卵鶏用市販飼料 | 87.8 | 20.0 | 6.4 | 3.1 | 56.9 | 13.6 | 100 | 75.0 | 55.0 |
| 屑玄米 | 84.5 | 9.2 | 1.2 | 0.4 | 88.3 | 0.9 | 0 | 10.9 | 16.3 |
| 乾燥米ぬか | 85.8 | 16.6 | 24.6 | 8.0 | 38.2 | 12.6 | 0 | 0.5 | 12.4 |
| 乾燥豆腐粕 | 89.3 | 31.8 | 6.7 | 12.3 | 44.3 | 4.9 | 0 | 9.6 | 12.4 |
| アスパラ | 91.6 | 25.9 | 2.4 | 22.3 | 34.6 | 14.8 | 0 | 0.2 | 0.1 |
| ホタテ貝殻粉末 | 99.6 | 0.9 | 0.2 | 0.0 | 0.5 | 98.4 | 0 | 3.8 | 3.8 |

表2 各区給与飼料の化学成分

| | 乾物率 (%) | 化学成分組成 (%) | | | | |
|---------|---------|------------|-------|-------|--------|--------|
| | | 粗タンパク質 | 粗脂肪 | 粗繊維 | 可溶無窒素物 | 粗灰分 |
| 対照区飼料 | 87.8 | 20.0 | 6.4 | 3.1 | 56.9 | 13.6 |
| リン含量 | | | | | | 0.621 |
| カルシウム含量 | | | | | | 4.248 |
| 25%区飼料 | 88.0 | 19.2 | 5.6 | 3.8 | 57.0 | 14.4 |
| (計算値) | | (19.3) | (5.7) | (3.6) | (56.9) | (14.6) |
| リン含量 | | | | | | 0.549 |
| カルシウム含量 | | | | | | 4.648 |
| 45%区飼料 | 87.7 | 18.7 | 7.4 | 4.8 | 55.2 | 13.9 |
| (計算値) | | (18.6) | (7.6) | (4.3) | (56.0) | (13.5) |
| リン含量 | | | | | | 0.788 |
| カルシウム含量 | | | | | | 4.276 |

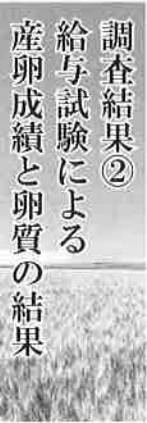
テ貝殻粉末3・8%とし、その粗タンパク質含量の分析値は18・7%でした。設計した2種類の給与飼料中の粗タンパク質含量は、市販飼料の

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%区であつても目標粗タンパク質含量(17・8%)以上の値を示し、目標値を達成できました。

一方、エコフィードを設計する際、原料のサンプリングエラーや、日間ロット間の成分変動により、設計時の計算値と分析値に開きが出る事が予想されるため、必要に応じて安全率を見込んだ配合設計をしなくてはならないのは、皆さんもご存知でしょう。本調査で、各原料の化学成分と、配合割合による各区飼料の化学成分の計算値と分析値を比較すると、粗タンパク質、粗脂肪、粗繊維、可溶無窒素物、粗灰分の全ての成分において、両者ともほぼ同様の値を示していたことから、使用した地場産未利用原料の成分変動は小さいと考えられました。

さらに、設計した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%区が最も低い値でしたが、カルシウム含量は最も高い値を示していました。飼料中のリンとカルシウムは、採卵鶏にとって卵殻形成に関わる重要な栄養成分です。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ります^{*2}。設計した45%区飼料は、リン、カルシウムともに適量値を上回っていたものの、25%区飼料では、カルシウム含量に対してリン含量が低い値を示していました。



調査結果②
給与試験による
産卵成績と卵質の結果

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に示します。

飼料摂取量は、対照区111.5 ± 11.1g、25%区106.2 ± 19.2g、45%区110.3 ± 14.6gと、対照区に比べて25%区で低い値を示したものの (P = 0.1790)、

いずれの処理間差も有意ではありませんでした。鶏の飼料摂取量は、飼料中のタンパク質含量^{*3}や、飼料中の単一アミノ酸不足^{*4}、飼料中脂質含量^{*5}、飼料中のリン含量^{*6}により、左右されることが報告されています。設計した飼料においては、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いたことから、この飼料摂取量の差は、飼料中のリン含量が要因である可能性が考えられます。しかし、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ます。

産卵率では、対照区92.8 ± 8.1%、25%区90.2 ± 14.8%、45%区89.0 ± 12.5%と、処理区間に差は見られなかったことから、設計した地場産未利用資源による飼料を市販飼料の45%まで代替しても、市販飼料と同等の産卵成績が期待できると考えられました。ただし、対照区に比べて産卵率にばらつきがあり、特に25%区の標準偏差は大きいものでした。これは、前述した飼料摂取量に係っている可能性があると考えます。

一方、卵重は、対照区68.7 ± 4.7g、25%区67.3 ± 4.5g、45%区66.9 ± 4.2gと、有意な差ではないものの、対照区に比べて45%区では、卵重が軽くなる可能性が示唆されました (P = 0.2301)。卵重は飼料中の粗タンパク質含量^{*7}や、アミノ酸給与レベル^{*8}により、影響を受けることが知られています。本調査では飼料中アミノ酸レベルの検討はしていないため、飼料のアミノ酸含量の影響は不明ですが、対照区に比べ45%区の粗タンパク質含量が低かったのに加え、低タンパク質飼料であったことから、飼料中アミノ酸が不足していた可能性が推察されます。結果的に、対照区に比べ45%区では卵重低下に繋がった可能性が考えられました。ただし、今回の調査で得られた鶏卵は、そのほとんどが消費者嗜好性の高いLおよびMサイズだったことから、地場産未利用資源を含む飼料で生産された鶏卵は、消費者の嗜好性の面からは問題がないと考えられます。

ヨークカラーファンでは、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)、卵黄色は淡色化しました。これは屑玄米を給与することで、卵黄色を作り上げたキサントフィルの供給源であるトウモロコシの飼料中割合が低下したためと考えられます。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、今後は卵黄色を濃くする原料の添加を検討していく必要があると考えます。

そのほか、卵白高やハウユニット値、卵殻強度、卵殻厚には各區間で有意な差は見られなかったことから、今回設計した飼料の給与では卵黄色の変化には注意は必要ではあるものの、市販飼料の45%程度まで代替しても、産卵成績や卵質には大きな影響は与えないものと考えました。



調査結果③
生産卵の化学成分

生産された鶏卵の化学成分を表4に示します。

*2 李ら, 1967 *3 上野, 1985 *4 Kubo and Sugahara, 1995; Sugahara and Kubo, 1996 *5 Leeson et al., 1987; 飯田ら, 1993 *6 古田ら, 1964; Carew et al., 1985; Punna et al., 1999 *7 福原ら, 2002; 後藤と金井, 2005; 内村ら, 2005

表3 各区の飼料摂取量、産卵率、卵質

| | 対照区 (n = 30) | 25% (n = 30) | 45% (n = 30) | P値 | | |
|-----------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------|--------|--------|
| | | | | C×25 | C×45 | 25×45 |
| 飼料摂取量 (g/日/羽) | 111.5 ± 11.1 | 106.2 ± 19.2 | 110.3 ± 14.6 | 0.1790 | 0.9054 | 0.3571 |
| 産卵率 (%) | 92.8 ± 8.1 | 90.2 ± 14.8 | 89.0 ± 12.5 | 0.7044 | 0.4673 | 0.9227 |
| 卵質 | | | | | | |
| 卵重 (g) | 68.7 ± 4.7 | 67.3 ± 4.5 | 66.9 ± 4.2 | 0.4376 | 0.2301 | 0.9078 |
| 卵白高 (mm) | 7.1 ± 1.2 | 7.1 ± 0.9 | 7.2 ± 1.1 | 0.9797 | 0.8768 | 0.9529 |
| ハウユニット値 | 81.0 ± 7.3 | 81.9 ± 6.2 | 82.3 ± 7.8 | 0.8507 | 0.7203 | 0.971 |
| YCF | 11.4 ± 0.5 | 9.7 ± 0.9 | 8.3 ± 0.7 | <0.01 | <0.01 | <0.01 |
| 卵殻強度 (kgf/cm ²) | 4.19 ± 0.94 | 4.08 ± 1.00 | 4.41 ± 0.83 | 0.8993 | 0.6050 | 0.3468 |
| 卵殻厚 (mm) | 0.41 ± 0.04 | 0.42 ± 0.04 | 0.42 ± 0.03 | 0.3452 | 0.1627 | 0.8988 |

平均値 ± 標準偏差

C : 対照区

25 : 25%区

45 : 45%区

表4 各区の生産卵の化学成分

| | 対照区 (n = 3) | 25%区 (n = 3) | 45%区 (n = 3) | P値 | | |
|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|--------|--------|--------|
| | | | | C×25 | C×45 | 25×45 |
| 水分 (%) | 76.2 ± 0.0 | 76.6 ± 0.4 | 76.9 ± 0.2 | 0.4006 | 0.2204 | 0.6970 |
| 粗タンパク質 (%) | 12.0 ± 0.1 | 11.6 ± 0.3 | 11.6 ± 0.2 | 0.0658 | 0.0559 | 0.8944 |
| 粗脂肪 (%) | 10.1 ± 0.4 | 10.1 ± 0.5 | 9.8 ± 0.2 | 0.9706 | 0.6200 | 0.7294 |
| 粗灰分 (%) | 0.9 ± 0.0 | 0.9 ± 0.1 | 0.9 ± 0.0 | 0.5482 | 1.0000 | 0.5482 |
| 炭水化物 (%) | 0.8 ± 0.4 | 0.7 ± 0.3 | 0.8 ± 0.4 | 0.7842 | 0.7842 | 0.4766 |
| レチノール (μg/100g) | 179.3 ± 5.1 | 156.7 ± 6.4 | 140.0 ± 2.6 | 0.1370 | 0.0501 | 0.2268 |

平均値 ± 標準偏差

C : 対照区

25 : 25%区

45 : 45%区

水分含量は対照区76.2 ± 0.0%、25%区76.6 ± 0.4%、45%区76.9 ± 0.2%と、対照区に比べ45%が若干高い値を示しています (P = 0.2204)。乾燥豆腐粕を採

卵鶏成鶏用完全配合飼料に添加すると、そ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ことが報告されています*。本設計飼料において、乾燥豆腐粕の添加割合が最も高かったのは45%区であったため、45%区の鶏卵は乾燥豆腐粕給与の影響から卵黄の水分含量が高くなり、結果として鶏卵中の水分含量が高くなった可能性が考えられます。

また、粗タンパク質含量では対照区が12.0 ± 0.1%、25%区11.6 ± 0.3%、45%区11.6 ± 0.2%と、対照区に比べほかの2区は低い傾向が見られました (C×25 : P = 0.0658, C×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ますが、これらの現象の機序については今後の検討課題したいと思います。

さらに、ビタミンAとしてのレチノール当量 (100g当たり) は、

対照区179.3 ± 5.1 μg、25%区156.7 ± 6.4 μg、45%区140.0 ± 2.6 μgと、地場産未利用資源での代替割合が増えるにつれ、その値は低下する傾向が強いものとした (C×25 : P = 0.1370, C×45 : P = 0.0501)。これは、市販飼料に含まれるトウモロコシなどのカロテン供給原料が、屑玄米などに置き換えられたことによるものと考えます。



鶏卵はビタミンC以外のほとんどのビタミンを含んでいるため、人間にとってビタミンAの良い供給源となっています*。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、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ことも確かです。従って今後、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、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ると考えます。

以上の結果から、市販飼料の代替目的で設計した飼料は、卵黄色やビタミンA含量に差は見られるものの、産卵率など鶏卵の生産性には問題はなかったことから、市販飼料の45%程度の代替は可能と考えました。

今後は新たな原料の探索と、さらなる代替率の向上について検討していきたいと考えます。

研究・調査を行った卒業生による所感



私の実家は、北海道栗山町で養鶏業を営んでおり、幼い頃から将来の仕事は家業を継いで、父のような畜産経営者になりたいという漠然としたイメージを持つようになりました。その思いもあり、岩見沢農業高校の畜産科学科に入学し、高校生活では授業や実習を通して実践的な学習に取り組みました。

岩見沢農業高校には農業経営者育成寮があり、そこで寮生活をしながら

ら家畜の飼育や、それに伴う管理実習を行いました。朝は早く、夕方は授業の終わりに畜舎で実習を行うのは慣れるまで大変でしたが、同じクラスの仲間たちとの寮生活を通してより結束が生まれる機会も多く、そうして共に過ごした貴重な時間は、その時にしか味わうことのできない良い思い出となりました。また、帯広畜産大学や酪農学園大学のように、家畜を扱う大学との連携や共同研究活動などもあり、プロジェクト活動で行った鶏の飼料の研究活動なども、普通高校ではなかなかできない貴重な体験となりました。

高校卒業後は北海道江別市の酪農学園大学へ進学し、大学では経営者としての視点から数多くのことを学びました。そして、今年3月に大学を卒業し、米穀をはじめとする家畜の飼料、燃料の卸などといった食を中心とする多種多様な商品を取り扱う㈱SYOKUSANに就職しました。

今は仕事を覚えるのが手一杯で大変なこともあります。お客様やメーカーさんとの交流などもあり、毎

日がとても刺激的で楽しく働かせていただいています。これから先どのような将来が待っているのか分かりませんが、これまで学んできたことを活かしていけるよう、日々精進していきたいです。

㈱SYOKUSAN 飼肥料部
酒井拓磨（令和2年3月酪農学園大学卒業）



▲試験区の体重測定実習風景（写真手前が当時の酒井拓磨さん）