

未利用資源の有効利用に関する研究 高温発酵資材の採卵鶏飼料として評価

引地宏二・倉田直亮・矢後啓司・西川和夫¹・広瀬和男¹・川波 充¹
(¹日立湘南電子株式会社)

Studies for Profitable Employment of Unused Resources
Evaluation as Layer-feeding of Heat-treated Fermentative Material

Kouji HIKICHI, Naosuke KURATA, Keiji YAGO, Kazuo NISHIKAWA,
Kazuo HIROSE and Mitsuru KAWANAMI

食品廃棄物を高温発酵乾燥処理した資材を採卵鶏飼料として利用できるか調査するため、試験1で資材単体区、資材と鶏飼料の複合区、鶏飼料区(対照区)の3区を設定し比較検討を行った。その結果単体区は試験開始から2週目ではほぼ産卵を停止し、複合区では産卵率、卵殻強度、卵黄色及び卵殻厚で有意に劣っていた。また試験2では単体資材にカキ殻を10%添加し、鶏飼料区(対照区)と比較したところ、飼料摂取量、産卵率、平均卵重、日産卵量、飼料要求率で有意に劣り、また卵黄重、卵黄色、卵殻厚で有意に低い値であった。

以上の結果より高温発酵資材単体給与では採卵鶏が正常な生産や卵質を維持することは難しく、カキ殻を添加することで生産性がやや改善された。このことから実際の使用に当たっては、高温発酵資材をベースに不足成分を添加して調製するか、市販採卵鶏飼料の増量材としての利用の可能性が期待できた。

キーワード：採卵鶏、食品廃棄物、未利用資源、高温発酵資材

食品廃棄物の排出量が年々増加している中で、処分場、焼却場の新設が非常に難しくなっており、その処理についてはさまざまな社会問題になっている。また、都市化により畜舎と近隣住宅との混住化が進み、食品廃棄物を利用したいわゆる残飯養鶏は減少し、穀類の配合飼料を利用する養鶏経営が行われている。しかし資源の乏しい日本において限られた資源を有効利用することは必要不可欠であり、原料のほとんどを輸入に依存する配合飼料から残飯形態でない食品廃棄物の飼料化が実現できれば生産コストの大半を占める飼料費の低コスト化にもつながり、都市型畜産において大きなメリットになる。

本研究は、食品廃棄物に好気性高温発酵複合菌を添加し、生成処理システムにより高温で発酵乾燥してできた生成品(以下、高温発酵資材という)について試験1及び試験2を行い採卵鶏用飼料としての有効性について検討した。

高温発酵資材の鶏給与試験(試験1)

材料及び方法

1. 試験期間

平成10年9月～平成11年1月

2. 供試鶏及び試験方法

供試鶏は、国産実用鶏300羽(3区×各区25羽×4反復)を用いて、対照区は市販成鶏用飼料、混合区は市販成鶏飼料と高温発酵資材を50%づつ混合した飼料、単体区は高温発酵資材のみを飼料として試験区を設定した(表1)。

本試験に供試した高温発酵資材の原料は、主にホテル、飲食店、学校給食センターから出る加工調理後の麺類、野菜類、肉類、魚類などの食品廃棄物70%と水分調整剤として米ぬかを30%とした。また高温発酵資材の生成は、処理システム内に原

料を投入し、これに好気性発酵複合菌を加えて温熱風（270～450℃）により約80℃まで加温しながら攪拌し、4～5時間の発酵乾燥を行う。その後30分システム内で冷却したものを生成品（高温発酵資材）とした。

表1 試験区分

| 区分 | 給与飼料 |
|-----|---------------------|
| 対照区 | 市販成鶏用飼料 |
| 混合区 | 市販成鶏飼料50%+高温発酵資材50% |
| 単体区 | 高温発酵資材飼料 |

3. 調査項目及び測定方法

調査項目は、飼料分析（粗蛋白質、水分、灰分、カルシウム、リン）、消化試験（粗蛋白質、カルシウム、リン）、生産性（産卵率、日産卵量、飼料摂取量、飼料要求率、体測）、卵質（卵重、卵殻強度、卵殻厚、ハウユニット、卵殻重、卵殻重比、卵黄重比、卵黄色）、臭気分析（アンモニア、低級脂肪酸4物質、硫黄化合物4物質）とした。

飼料は、粗蛋白質をケルダール法、水分を常圧加熱乾燥法、灰分を直接灰化法、カルシウムを原子吸光法、リンをモリブデン青比色法により分析を行った。消化率は、酸化クロムを指標としたインデックス法により測定した。

また臭気分析用の糞は、新鮮糞をバッドに1kg採取し、その状態で恒温器内に保存し23時間後、2週間後及び4週間後にそれぞれ臭気分析を行った。臭気分析は、バッドの糞を内容積100リットルのビニール袋内に入れて空気を充満して密閉し、1時間後の袋内臭気を試料として、アンモニアは検知管で、低級脂肪酸と硫黄化合物はガスクロマトグラフにより測定した。

4. データの解析

データは一元配置で分散分析を行い、試験区間の差はt検定を用いて検定を行った。

結果

1. 飼料成分

各試験区の飼料分析値を表2に示した。

水分は、対照区、混合区で9.9%に対して3区が6.1%で他の区よりやや低い傾向であった。灰分は、対照区、混合区、単体区の順に低下し、単体区は対照区の半分以下の成分含量であった。粗蛋白質は、対照区、混合区、単体区の順に増加

し、高温発酵資材の増加に伴い粗蛋白質の含有量も上昇した。カルシウムは、対照区が3.9%に対して単体区では0.6%で高温発酵資材中の含有率は非常に少なかった。リンは粗蛋白質と同様に高温発酵資材中にやや多く含まれていた。

表2 各試験区の飼料成分 (%)

| 成分名 | 対照区 | 混合区 | 単体区 |
|---------|------|------|------|
| 水分 | 9.9 | 9.9 | 6.1 |
| 灰分 | 13.9 | 9.9 | 6.1 |
| 粗蛋白質 | 17.0 | 18.4 | 20.1 |
| 可消化粗蛋白質 | 11.1 | 7.2 | 5.8 |
| カルシウム | 3.9 | 2.0 | 0.6 |
| リン | 0.7 | 0.9 | 1.2 |

2. 消化率(蓄積率)

各試験区の消化率を表3に示した。

粗蛋白質の消化率は、対照区の65.3%に対して、混合区39.3%、単体区28.9%で高温発酵資材の増加に伴い低下していった。

カルシウムの消化率は、対照区に対して混合区はやや低下した程度であったが、単体区では22.4%で顕著に低い消化率になった。

リンの消化率は、対照区38%に対して混合区21%、単体区26%でやや低い値であった。

表3 各試験の消化率 (%)

| 成分名 | 対照区 | 混合区 | 単体区 |
|-------|------|------|------|
| 粗蛋白質 | 65.3 | 39.3 | 28.9 |
| カルシウム | 65.2 | 60.5 | 22.4 |
| リン | 38.0 | 21.0 | 26.1 |

3. 生産性

試験全期間の生産性を表4に示した。また週齢毎の産卵率の推移を図1に示した。

飼料摂取量は対照区に対して高温発酵資材の含有量の増加に伴い低下し、単体区は有意に低い摂取量であった。産卵率も飼料摂取量と同様に高温発酵資材の含有量の増加に伴い低下した。特に単体区では試験開始当初より急激に低下し2週目以降は1～5%で推移していった。混合区は試験開始当初から2週目までは減少傾向を示したが、3週目以降は55%前後の産卵率で安定的に推移した。対照区、混合区、単体区は各区間に有意な差が認

められた。平均卵重は対照区、混合区は同程度であったが単体区は約4g小さく、有意な差が認められた。日産卵量は対照区に対して産卵率の低かった単体区が同様に顕著に低い値であった。対照区、混合区、単体区は各区間に有意な差が認められた。飼料要求率は単体区71.8で他区に比べて極端に生産性が低く有意な差が認められた。生存率も対照区、混合区で95%以上であったが3区では88%で有意な差が認められた。

表4 試験全期間の生産性

| 項目 | 対照区 | 混合区 | 単体区 |
|--------------|--------------------|--------------------|-------------------|
| 飼料摂取量(g/羽/日) | 115.8 ^A | 108.8 ^A | 75.1 ^B |
| 産卵率(%) | 67.0 ^A | 56.0 ^B | 6.2 ^C |
| 平均卵重(g) | 69.5 ^A | 69.0 ^A | 65.2 ^B |
| 日産卵量(g) | 46.6 ^A | 38.7 ^B | 4.0 ^C |
| 飼料要求率 | 2.56 ^A | 2.84 ^A | 71.8 ^B |
| 生存率(%) | 96.0 ^a | 97.0 ^a | 88.0 ^b |

※異符号間に有意差あり(大文字P<0.01、小文字P<0.05)

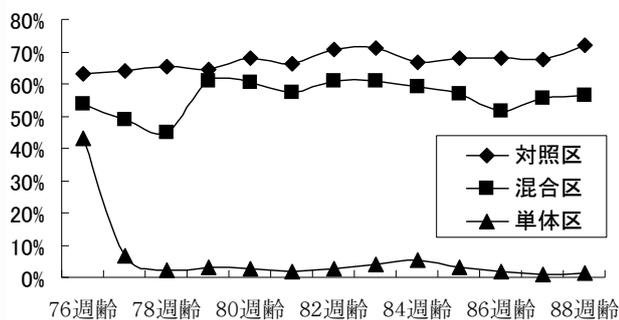


図1 産卵率の推移

4. 卵質

単体区の卵質成績は、サンプル数がほとんどなく成績として示せなかった。表5に卵質成績を示した。

卵黄重は対照区に対して混合区がやや低かったが有意な差ではなかった。卵殻強度、卵殻厚、卵殻重、卵殻重比とも、混合区は有意に低い値を示した。ハウユニットは、混合区でやや高い値を示したが有意な差は認められなかった。卵黄色は、高温発酵資材を投与した混合区が薄い黄色となり、統計的にも有意な差が認められた。

表5 試験全期間の卵質成績

| 項目 | 対照区 | 混合区 |
|---------------------------|---------|---------|
| 卵黄重(g) | 19.0 | 18.6 |
| 卵殻強度(kg/cm ²) | 3.17* | 2.60* |
| ハウユニット | 74.21 | 75.18 |
| 卵黄色 | 10.5** | 8.9** |
| 卵殻厚(mm) | 0.370** | 0.343** |
| 卵殻重(g) | 6.05* | 5.51* |
| 卵殻重比 | 8.80** | 8.13** |
| 卵黄重比 | 27.63 | 27.52 |

※有意差あり(**: P<0.01、*: P<0.05)

5. 体重

体重の推移を図2に示した。

試験当初は各区とも2,100g前後であった体重は、対照区では試験終了までほぼ同水準で推移したが、混合区で約100g、単体区で約200g試験終了時まで直線的に減少した。

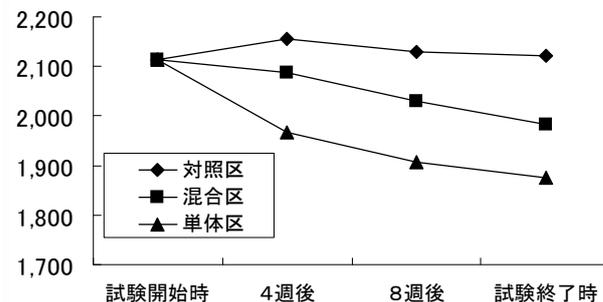


図2 体重の推移

6. 臭気

新鮮糞、2週間保存糞及び4週間保存糞の臭気分析結果を表6～8に示した。

(1) 新鮮糞

アンモニアは、全体に低レベルであった。試験区間では飼料中の高温発酵資材の増加に伴い低下し、単体区では0.5ppmで認知閾値以下であった。低級脂肪酸のうちプロピオン酸は、検出濃度では対照区、混合区、単体区の順に増加したが、いずれも認知閾値0.01ppm以下の低い値であった。ルナル酪酸は、対照区、混合区、単体区の順に増加した。イ吉草酸は、対照区で検出限界濃度以下を示し、混合区、単体区間の濃度に差はなく、認知閾値をやや超える程度の値であった。ルナル吉草酸は、対照区で検

出限界閾値以下の低い値であった。混合区、単体区は高温発酵資材の増加に伴い濃度は上昇した。硫黄化合物のうちメチルメルカプタン、二硫化メチルは、各区とも検出限界濃度以下であった。硫化水素、硫化メチルとも対照区、混合区、単体区の順に濃度が低下した(表6)。

(2) 2週間保存糞

アンモニアは、対照区、混合区、単体区とも400ppm前後の高い濃度を示した。プロピオン酸、ノルマル酪酸、イソ吉草酸、ノルマル酪酸の低級脂肪酸4物質はいずれも検出限界濃度以下であった。硫化水素、メチルメルカプタン、硫化メチル、二硫化メチルの硫黄化合物は、対照区、混合区、単体区の高発酵資材が多くなる順に濃度が上昇した(表7)。

(3) 4週間保存糞

アンモニアは、対照区、混合区、単体区の順に濃度が上昇した。低級脂肪酸濃度は、全区とも認知閾値前後の低濃度で、特に単体区は4物質とも検出限界濃度以下であった。硫化水素、硫化メチル、二硫化メチルは全区とも低濃度で認知閾値レベルの程度の差であった。メチルメルカプタンは対照区でやや低い傾向が見られた。

また、保存期間による臭気の変動はアンモニアが新鮮糞では低レベルであったが、2週間保存糞では全区とも400ppm前後の高濃度を示した。また低級脂肪酸、硫黄化合物は全区とも低レベルで推移した(表8)。

表6 臭気分析 (新鮮糞) ppm

| 項目 | 対照区 | 混合区 | 単体区 |
|----------|---------------|---------------|--------|
| アンモニア | 5.0 | 2.3 | 0.5 |
| プロピオン酸 | <u>0.0022</u> | <u>0.0089</u> | 0.0106 |
| n-酪酸 | 0.0016 | 0.0061 | 0.0090 |
| i-吉草酸 | n.d. | 0.0006 | 0.0005 |
| n-吉草酸 | n.d. | 0.0011 | 0.0016 |
| 硫化水素 | 0.0640 | 0.0615 | 0.0460 |
| M-メルカプタン | n.d. | n.d. | n.d. |
| 硫化メチル | 0.0825 | 0.0170 | 0.0065 |
| 二硫化メチル | n.d. | n.d. | n.d. |

※ n.d.は検出限界濃度以下

※ 二重線は認知閾値以下

表7 臭気分析 (2週間後) ppm

| 項目 | 対照区 | 混合区 | 単体区 |
|----------|--------|--------|--------|
| アンモニア | 455 | 440 | 385 |
| プロピオン酸 | n.d. | n.d. | n.d. |
| n-酪酸 | n.d. | n.d. | n.d. |
| i-吉草酸 | n.d. | n.d. | n.d. |
| n-吉草酸 | n.d. | n.d. | n.d. |
| 硫化水素 | 0.0520 | 0.0530 | 0.0588 |
| M-メルカプタン | 0.0125 | 0.0130 | 0.0243 |
| 硫化メチル | 0.0100 | 0.0350 | 0.0350 |
| 二硫化メチル | 0.0150 | 0.0178 | 0.0395 |

※ n.d.は検出限界濃度以下

※ 二重線は認知閾値以下

表8 臭気分析 (4週間後) ppm

| 項目 | 対照区 | 混合区 | 単体区 |
|----------|---------------|---------------|---------------|
| アンモニア | 42.5 | 57.5 | 61.3 |
| プロピオン酸 | <u>0.0043</u> | <u>0.0025</u> | n.d. |
| n-酪酸 | 0.0021 | 0.0041 | n.d. |
| i-吉草酸 | n.d. | 0.0009 | n.d. |
| n-吉草酸 | 0.0007 | 0.0019 | n.d. |
| 硫化水素 | 0.0242 | 0.0226 | 0.0219 |
| M-メルカプタン | 0.0052 | 0.0129 | 0.0106 |
| 硫化メチル | 0.0074 | <u>0.0050</u> | <u>0.0012</u> |
| 二硫化メチル | n.d. | 0.0092 | 0.0054 |

※ n.d.は検出限界濃度以下

※ 二重線は認知閾値以下

高温発酵資材の有効利用の検討(試験2)

材料及び方法

1. 試験期間

平成10年12月～平成11年1月

2. 供試鶏及び試験方法

供試鶏は、採卵鶏120羽(2区×各区20羽×3反復)を用いて、対照区は市販成鶏用飼料、試験区は高温発酵資材のカルシウム濃度を市販飼料と同水準にするため10%のカキ殻を添加した飼料として2区を設定した(表1)。

表1 試験区分

| 区 分 | 給 与 飼 料 |
|-------|---------------|
| 対 照 区 | 市販成鶏用飼料 |
| 試 験 区 | 高温発酵資材+10%カキ殻 |

3. 調査項目

調査項目は、生産性(産卵率、日産卵量、飼料摂取量、飼料要求率、生存率)、卵質(卵重、卵殻強度、卵殻厚、ハウユニット、卵殻重、卵殻重比、卵黄重比、卵黄色)とした。

結 果

1. 生産性

試験全期間の産卵成績を表2に示した。

飼料摂取量は、対照区119gに対して試験区99gで20g少なく、有意な差が認められた。

産卵率は対照区73.1%、試験区44.0%で有意に低かった。また、週齢毎の産卵率の推移では、対照区が試験期間中70%前後で推移したが、試験区では試験開始当初より産卵率が低下し、試験終了時には28.2%まで低下した。平均卵量は、試験区は約4g小さく有意な差が認められた。

日産卵量は、産卵率、平均卵重の低かった試験区が有意に小さかった。

飼料要求率は、対照区2.46に対して試験区3.63で有意に高く、試験区が生産性が劣っていた。

生存率は、有意な差ではなかったが、試験区でやや低かった。

表2 試験全期間の産卵成績

| 項 目 | 対照区 | 試験区 |
|--------------|--------|--------|
| 飼料摂取量(g/羽/日) | 119.0* | 99.0* |
| 産卵率(%) | 73.1** | 44.0** |
| 平均卵重(g) | 66.3* | 62.8* |
| 日産卵量(g) | 48.5** | 27.6** |
| 飼料要求率 | 2.46* | 3.63* |
| 生存率(%) | 98.3 | 96.6 |

※有意差あり(**: P<0.01, *: P<0.05)

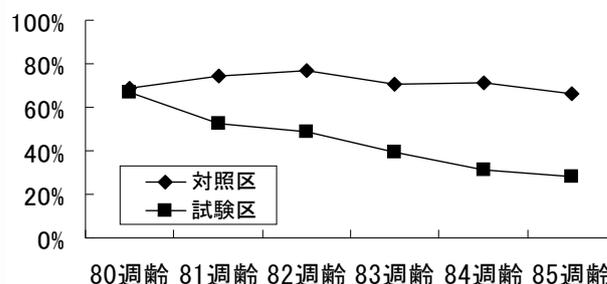


図1 産卵率の推移

2. 卵質

試験全期間の卵質成績を表3に示した。

卵黄重は、試験区で約2g小さく有意な差が認められた。卵殻強度、卵黄重比はやや試験区で小さかったが有意な差ではなかった。ハウユニットは試験区でやや高かったが有意な差ではなかった。卵黄色は、試験区で極端に薄く顕著な差が認められた。卵殻厚、卵殻重、卵殻重比とも試験区で低下し、有意な差が認められた。

表3 試験全期間の卵質成績

| 項 目 | 対照区 | 試験区 |
|---------------------------|--------|--------|
| 卵黄重(g) | 19.5* | 17.4* |
| 卵殻強度(kg/cm ²) | 3.15 | 2.74 |
| ハウユニット | 76.94 | 80.69 |
| 卵黄色 | 11.2** | 5.1** |
| 卵殻厚(mm) | 0.366* | 0.332* |
| 卵殻重(g) | 5.83** | 5.03** |
| 卵殻重比 | 8.75* | 7.99* |
| 卵黄重比 | 29.31 | 27.73 |

※有意差あり(**: P<0.01, *: P<0.05)

考察及び評価

通常60gの卵には約7gの蛋白質、100kcalのエネルギー及び5gのカルシウムが含まれるため、これらの成分は飼料中で最も重要な栄養素であり、生産性に大きく影響する¹⁾。

試験1の高温発酵資材単体の分析値は、粗蛋白質20.1%、カルシウム0.6%であった。日本飼養標準²⁾の飼料要求量では粗蛋白質15.5%、カルシウム3.4%でこの数値と比較すると粗蛋白質は充足している。しかし消化率では、粗蛋白質で30%以下で、市販成鶏飼料の消化率65%の半分以下となり、鶏が利用出来る飼料中の粗蛋白質は、飼料中の5.8%で対照区の11%の約半分になり、粗蛋白質は充足する水準には達していなかった。また、カルシウムは要求量の1/6以下と極端に低い含有量であった。このことより、高温発酵資材単体では、生産に最も重要な栄養素である粗蛋白質、カルシウムとも要求量に達しないため産卵率の急激な低下を招いたと考えられる。

試験2で高温発酵資材に10%カキ殻を添加することで、試験1の単体区の産卵率が6.1%から44%に増加した結果とも一致する。

本試験では、高温発酵資材の代謝エネルギー量(以下、MEという)を直接測定していないが、矢後ら³⁾の高温発酵資材のTDN分析値より2.50Mcal/kgが算出され、飼養標準の2.80Mcal/kgに満たなかった。鶏の飼料摂取量は飼料のME含量、体重、産卵量、気温などの条件により変化する。特に飼料中のME含量により大きく左右され、飼料中のME含量が多いほど摂取量は減少する¹⁾。しかし本試験の飼料摂取量は対照区、混合区、単体区の順に低下し、MEの低い単体区の摂取量が最も少なく逆の結果となった。これは高温発酵資材が採卵鶏にとって低蛋白、低カルシウムであるため産卵率が極端に低下し、それにより要求量が下がり摂取量が低下したと考えられる。これは試験2でのカキ殻添加により、産卵率が上昇すると飼料摂取量も75gから99gに増加した結果とも一致する。生存率の低下も単体区では飼料要求量に満たない成分含量であったためと考えられる。

混合区では単体区に比べて飼料成分値は、やや改善されるが、飼養標準の数値を満たす水準までは達していなかった。このため産卵率が、対照区より11%低下したと考えられる。しかし飼料摂取量、平均卵重、飼料要求率、生存率では有意な差は認められず、このことは、生体機能を維持するだけの成分は含まれていると考えられる。卵質成績では卵黄重、ハウユニット、卵黄重比で有意な差は認められなかった。しかし、卵殻強度、卵殻

厚、卵殻重比で有意な差が生じ、このことから飼料中の高温発酵資材の割合が50%でも生産に必要なカルシウム量は充足していなかったと考えられる。試験2の10%カキ殻添加で産卵率がある程度上昇したが、卵黄重で2g、卵重で4g軽いこと等から粗蛋白質は充足されておらず、卵殻厚、卵殻重が有意に低いことからビタミンや有効リンの不足も考えられる。

卵黄色は、試験1の混合区8.9で対照区10.5に比べて薄くなり有意な差が生じ、また試験2では試験区で5.1とさらに卵黄色は低下した。卵黄の色は、キサントフィルを主成分としたカロチノイド色素であり、飼料成分中のカロチノイド色素含量と正の相関がある⁴⁾。市販飼料では原料中のトウモロコシに多く含まれ、卵黄色を出しているが、高温発酵資材にはほとんどこの色素が含まれていないと考えられる。高温発酵資材を飼料とする場合、卵黄色を市販鶏卵並に濃くするためには、キサントフィルを多く含む緑黄色の葉や天然の脂溶性の色素などを添加する必要があると思われる。

鶏糞から発生する臭気物質としてはアンモニアが圧倒的に多く⁵⁾、アンモニア臭気は通常、新鮮糞では発生量が低く、その後、増加していき夏で3週間後、冬で5週間後に濃度のピークになる。これは温度による影響より湿度による影響が大きく高湿度下で急速にピークに達するといわれる⁶⁾。本試験でも新鮮糞のアンモニア濃度が最も低くなったが、濃度のピークは保存2週目でやや早かった。これは、サンプリングした糞の保存を恒温器内で行ったことにより湿度が高くなったためと考えられる。また、アンモニア濃度は対照区、混合区、単体区の順に新鮮糞、2週目とも高い値を示した。岸井ら⁷⁾は、飼料の粗蛋白(CP)水準を18、16、14%に配合した飼料を給与し、CP水準が高いほど糞中のアンモニア濃度が高くなると報告しており、本試験も飼料中で鶏が消化吸収できる蛋白質の含有量の高い飼料ほど、アンモニア濃度が高くなり同様な結果となった。

低級脂肪酸は家畜では、牛の飼料となるサイレージから多く発生し、鶏舎、豚舎ではほとんど発生しない⁶⁾。本試験でも新鮮糞、2週間、4週間保存糞とも低レベルで推移し、試験区間にも大きな差は認められなかった。また、低級脂肪酸の濃度はアンモニアの増加によりその酸性成分の気化が抑えられることから^{5) 6)}、アンモニア濃度が急激に高まった2週間保存糞で全区とも検出限界濃度以下になったと考えられる。

硫黄化合物は、曝気しない貯留槽などの嫌気条件下で発生しやすく⁸⁾、低級脂肪酸成分に比べて

保存2週目、4週目とも全体に高い傾向を示した。これは本試験での保存が恒温器内であったことにより、嫌気発酵しやすい環境にあったためと考えられる。

高温発酵資材単体では、利用できる粗蛋白質、カルシウム及びMEとも要求量を充足していなかった。これら産卵にとって最も重要な栄養素が本資材には欠けているため、高温発酵資材の給与割合が増加するに従って生産性、卵質ともに低下したと思われる。

排泄物の臭気は飼料中の可消化粗蛋白質含量が少なかったため、本資材の給与量の増加に伴いアンモニア濃度はやや低下した。また、糞尿を一緒に排泄する鶏ではアンモニア発生量が他の畜種に比べて多く、そのため低級脂肪酸の発生量が全体に抑えられ、豚のような抑臭効果は認められなかったと思われる。

以上のことから本資材の現段階で実質的な利用法としては、市販配合飼料をベースとする増量材としての利用が妥当ではないかと思われる。

文 献

- (1) 田先威和夫・山田行雄・森田琢磨・田中克英編著 1982. 新編養鶏ハンドブック：240-247.
- (2) 農林水産省農林水産技術会議事務局編 1997. 日本飼養標準 家禽：14-15.
- (3) 矢後啓司・喜多浩一郎・仲沢慶紀・峰崎洋通菅野二郎・鈴木 貢・広瀬和男・川波 充・徳谷 彌 1998. 神畜研報. 87：19-22.
- (4) 佐藤 泰編著 1980. 食卵の科学と利用：139-140.
- (5) 中央畜産会編 1990. 畜産における臭気とその防止対策：46-49.
- (6) 農文協編 1995. 畜産対策大辞典：31-33.
- (7) 岸井誠男・折原惟子・引地宏二・倉田直亮 1998. 神畜研成績書. 10-1：47-50.
- (8) (財)畜産環境整備機構編 1998. 家畜ふん尿処理・利用のてびき：75-80.