

試験業務報告書

アメリカ産 DDGS の産卵鶏に対する基礎試験

平成 17 年 9 月 30 日

日本獣医畜産大学
動物栄養学教室

I 目的

米国では、自動車の排気ガスによる大気汚染の防止策として燃料用エタノールの需要が増加し、それに伴い穀類（主にトウモロコシ）を原料とするエタノール生産工場が新・増設され生産量が増加している。エタノールの生産とともに、副産物として得られるトウモロコシ蒸留粕 (Corn Distiller's Dried Grains with Solubles) はたんぱく質や脂肪に富んでおり、米国では家畜・家禽用飼料として使用されている。鶏に対しては産卵率などに関する試験の結果、10%程度の使用が適当とされているが、わが国において給与試験報告はごく限られており、今後飼料原料として本格的に使用するためには、なお多くの情報が必要である。

そこでわが国の産卵鶏飼料に用いる場合の基礎情報を得るために、アメリカ産トウモロコシ蒸留粕を国内で最も多く飼養されている産卵鶏種と、米国よりも高い卵黄色が求められる日本の市販飼料を用い、主に卵質と脂肪代謝に関する基礎的な給与試験を行った。

II 材料および方法

1. 実験実施場所

日本獣医畜産大学動物栄養学教室

2. 試験担当者

動物栄養学教室教授 農学博士 木村信熙

3. 飼育期間

2005年5月26日～2005年8月3日（70日間）

うち予備飼育期間：2005年5月26日～2005年6月27日（33日間）

うち試験飼料給与期間：2005年6月28日～2005年8月3日（37日間）

4. 供試鶏

活発に産卵している33週齢の卵用種雌成鶏（白色レグホーン種ジュリア系）70羽を試験に用いた。これらは5月26日にコマーシャル養鶏場より、鶏インフルエンザが陰性であることを確認したうえで導入した。

5. 供試飼料

①基礎飼料

市販産卵鶏用飼料「くみあい標準配合飼料パワーレイヤー177」（東日本くみあい飼料株式会社）を使用した。これはわが国における典型的な産卵鶏用飼料で、卵黄色向上の目的でパブリカ抽出処理物が添加されている。

②供試 DDGS

アメリカ南ダコタ州のグレイシャーレイク・エネルギー社より購入したものを使用した。これは外観上いわゆる「ゴールデンイエロー」を呈しており、1990年代以降に新設され工場で生産された、栄養成分の熱変性が少ないとされる典型的なトウモロコシ DDGS である。これを本文では「DDGS」と称する。

③試験飼料

基礎飼料に DDGS を 10% (DG10)、20% (DG20) を混合したもの、および基礎飼料に粉砕トウモロコシおよび大豆粕を 1:1 の割合で混合したもの (CS 飼料: たんぱく質と代謝エネルギー含量が DDGS に近似) を 10% (CS10)、20% (CS20) を混合したもの、合計 4 種の試験飼料を用いた。

これらの飼料の ME (代謝エネルギー) 値および成分分析値を表 1 に示した。

表 1 供試飼料の ME 値と成分分析値 (Mcal/kg, %)

	ME	水分	粗蛋白質	粗脂肪	可溶性 無窒素物	粗繊維	粗灰分
基礎飼料 ¹⁾	2.90 以上 ²⁾	10.6	18.9	5.3	48.7	3.4	13.1
DDGS	2.80 ³⁾	13.6	25.7	13.1	35.5	8.0	4.1
CS 飼料 ⁴⁾	2.83 ⁵⁾	11.2	24.6	3.1	53.0	4.4	3.7
DG10 ⁶⁾	2.89	10.9	19.6	6.1	47.4	3.9	12.2
DG20 ⁶⁾	2.88	11.2	20.3	6.9	46.1	4.3	11.3
CS10 ⁶⁾	2.89	10.7	19.5	5.1	49.1	3.5	12.2
CS20 ⁶⁾	2.89	10.7	20.0	4.9	49.6	3.6	11.2

1) 市販産卵鶏用配合飼料 2) 製品の表示値 3) 農水省暫定値 (2004 年 8 月 30 日農水省)

4) トウモロコシ: 大豆粕 = 1:1 の混合品

5) 標準飼料成分表 (2001 年農林水産技術会議、中央畜産会) による計算値

6) 基礎飼料、DDGS、CS 飼料の ME 値、分析値による計算値

6. 区の設定

区の設定を表 2 に示した。第 1 区を対照区として基礎飼料のみを給与した。試験区は基礎飼料に DGS または CS 飼料を混合した飼料を給与し、第 2 区を DG10、第 3 区を CS10、第 4 区を DG20、第 5 区を CS20 とした。供試鶏は 1 区 10 羽、2 区から 5 区は 15 羽を用いた。33 日間の予備飼育期間はこの区においても基礎飼料のみを給与し、区の設定に当たっては、試験飼料給与前日に予備期間中の各種個体別測定値のうち、産卵率、卵殻強度、卵黄色の測定値を優先的に各区が均一化するように供試鶏を割当てた。

表 2 試験の設定

区	供試 羽数	給与飼料	
		予備期間 (33 日間)	試験期間 (37 日間)
第 1 区	10	基礎飼料 (100%)	基礎飼料 (100%)
第 2 区	15	基礎飼料 (100%)	DG10 (基礎飼料 90%+DDGS10%)
第 3 区	15	基礎飼料 (100%)	CS10 (基礎飼料 90%+CS 飼料 10%)
第 4 区	15	基礎飼料 (100%)	DG20 (基礎飼料 90%+DDGS20%)
第 5 区	15	基礎飼料 (100%)	CS20 (基礎飼料 90%+CS 飼料 20%)

7. 飼養管理と測定項目

各供試鶏はウィンドウレスの室内で間口 30 cm、奥行き 45 cmの十分な広さを確保したケージ内に收容し、個体別に飼育した。給餌は毎日夕方 4 時に前日の残餌量を測定した後に行い、1 羽あたり全期間全区とも 100 g を給与した。水は朝夕 1 日 2 回取り替え、自由飲水とした。室温が高いときはエアコンディショナーと換気扇を利用し、30°Cを超えないように調整した。照明は朝 5 時点灯、夜 9 時消灯の 16 時間とした。糞は毎日除去し衛生的な状態を保持した。

全個体の体重測定を毎週行った。卵は毎朝 8 時に採取し産卵の有無を個体別に記録し、5 日間ごとの産卵率を算出した。卵殻強度の測定とハウユニット、卵黄色 (ロッシュカラーファンナンバー) の測定は 1 週間に 3 回、全産卵でおこなった。導入 3 週間後の予備飼育期間、および試験飼料給与 7 週間後に全供試鶏より産卵直後に翼下静脈から採血し、血漿トリグリセライド濃度を測定した。

試験期間の最終日に全ての供試鶏について、肝臓、卵巣、腹腔内脂肪の重量を測定し、各区 5 羽について肝臓、卵胞、腹腔内脂肪組織の粗脂肪含量を測定した。

8. 測定分析方法

卵殻強度 (cm²/kg) は FHK 卵殻強度計 (富士平工業) で測定し、ハウユニットと卵黄色 (ロッシュカラーファンナンバー) はエッグマルチテスター (EMT-5000 全農) を用いて測定した。ハウユニットは以下の式で求めた。

$$\text{Haug units} ; 100 \times \log(H - 1.7W^{0.37} + 7.6) \quad H ; \text{濃厚卵白高 (mm)} \quad W ; \text{卵重 (g)}$$

血漿トリグリセライド濃度は GPO・DAOS 法により分光光度計を用いて測定した。

供試飼料の一般 5 成分は AOAC 法に基づいて、水分は 135°C 2 時間乾燥法 (常圧加熱)、粗蛋白質はスーパーケル 1300/1350 (アクタック社) によるケルダール法、粗脂肪はソクステスト SER (アクタック社) によるジエチルエーテル抽出法、粗繊維はファイバーテスト FIWE 型 (アクタック社) による粗繊維定量法、粗灰分は 550°C 2 時間による粗灰分定量法

によって分析した。

測定データは分散分析法および群間の差は *Aspin-Welch* の *t*-検定法で統計処理し検定した。卵質関係の測定項目は、全期間の推移とともに予備飼育期間終了前 10 日間と試験飼料給与期間終了前 10 日間の平均値の差の検定を行った。

III 結果および考察

1. 嗜好性

飼料は予備期間に 1 羽ごとに白色レグホーン種ジュリア系の推奨給与量である 1 日 100 g を個体別に給与し、残餌はどの鶏にも認められなかった。また試験期間もどの飼料もすべての区で個体別に 1 日 1 羽あたり 100 g を給与したが、試験飼料に切り替えた直後から終了に至るまでどの区にも残餌は認められなかった。このため、DDGS は 20% まで配合しても飼料の嗜好性に問題ないと考えられる。

2. 生産性

① 体重

体重は試験開始前と試験終了時を比較すると、どの区も減少傾向がみられた (図 1)。また表 3 に示すように、試験区では供試品を 10% よりも 20% 配合した区の方がいずれも体重減少量が大きかった ($p < 0.05$)。これは 20% 配合では DDGS や CS 飼料の混合によるビタミンやミネラルの希釈、アミノ酸のインバランス等による体重減少が生じたためと考えられる。

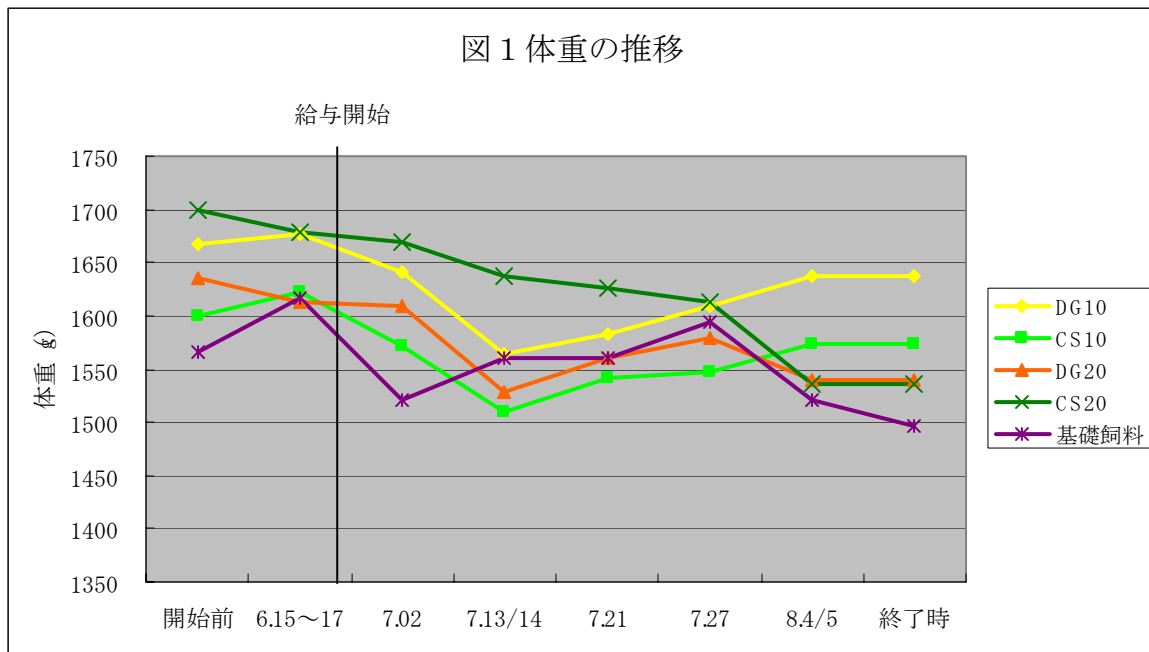


表3 開始前後の体重と増減 (g)

	第1区基礎飼料	第2区 DG 10	第3区 CS10	第4区 DG 20	第5区 CS20
開始前	1566±132	1667±84	1600±124	1636±162*	1700±98*
終了時	1522±148	1638±104	1574±109	1539±141*	1536±94*
差(g)	-44±58ab	-29±66a	-26±75a	-97±55b	-164±44c

*同じ区内で前後体重に有意差あり (p<0.05) a, b, c: 異なる文字間で体重減少量に有意差あり (p<0.05)

②産卵率

期間産卵率は5日間における産卵数の合計値を5で割ったものである。図2に示すように、ジュリア系産卵鶏の標準性能であるピーク産卵率92~96%をどの区も維持していた。また予備飼育期間と試験期間では表4に示すようにいずれの区も期間の差が無かった。しかし DDGS 給与区ではいずれも試験期間は予備期間よりも有意差はないが低い値となった。

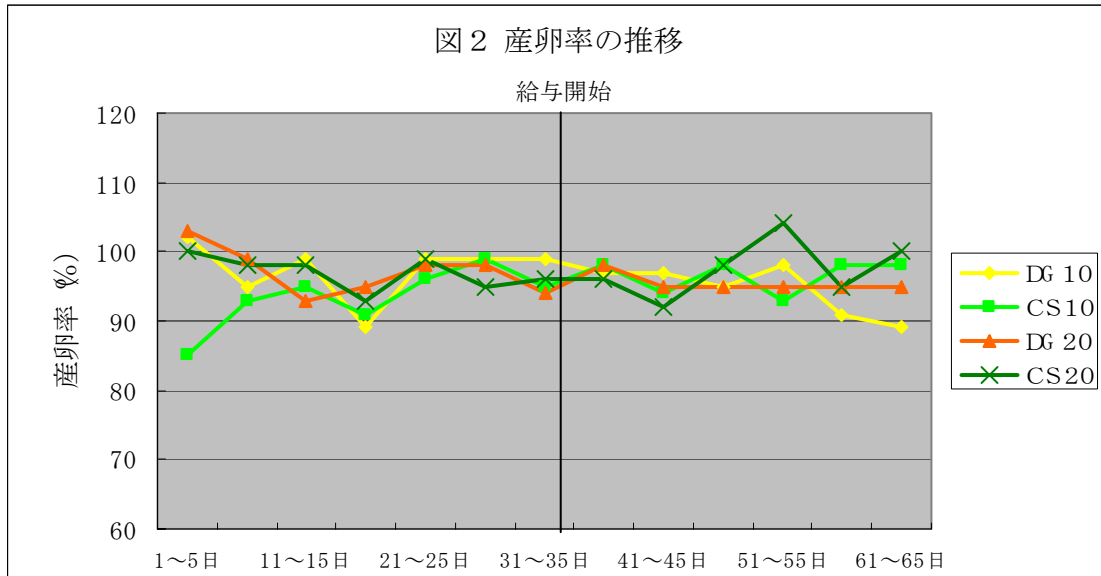


表4 期間別産卵率 (%)

	第1区基礎飼料	第2区 DG 10	第3区 CS10	第4区 DG 20	第5区 CS20
予備期間	94.2±3.1	96.9±5.2	93.1±4.8	97.3±3.4	96.9±2.7
試験期間	95.1±2.8	94.8±3.6	95.9±2.1	95.2±1.1	97.3±3.6
差	0.9	-2.1	2.8	-2.1	0.4

区間、期間にいずれも有意差なし

各期間終了前10日間の測定値より算出

③卵重量、生産卵重

卵重量は導入時よりも試験終了時の方がどの区もごく僅かに多い様子を示した(図3)が有意差はなく、日齢に伴う卵重の増加と考えられた。予備飼育期間と試験期間のそれぞれ終了前10日間の卵重量を表5に示す。各区とも期間による差がほとんどなく、飼料による卵重への影響は見られなかった。卵重量に産卵率を乗じた生産卵重は、表6に示すように予備飼育期間と試験飼料給与期間とではほとんど差がなかったが、DDGS給与区では産卵率と連動してやや低い値を示した。

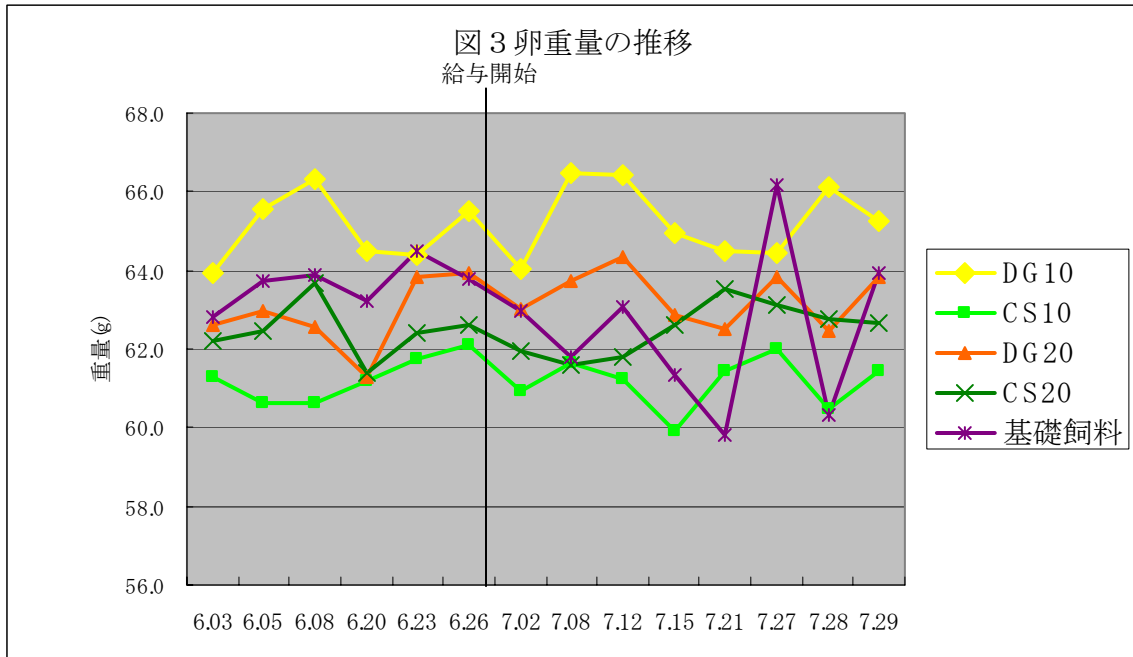


表5 期間別卵重 (g)

	第1区基礎飼料	第2区 DG 10	第3区 CS10	第4区 DG 20	第5区 CS20
予備期間	63.5±3.8	65.0±4.1	61.4±4.6	62.9±4.0	62.4±3.4
試験期間	63.5±6.7	65.2±3.9	61.1±3.6	63.4±4.2	62.8±4.1
差	0.0	0.2	-0.3	0.5	0.4

区間、期間にいずれも有意差なし

各期間終了前10日間の測定値より算出

表6 期間別生産卵重 (g)

	第1区基礎飼料	第2区 DG 10	第3区 CS10	第4区 DG 20	第5区 CS20
予備期間	59.8	63.0	57.2	61.2	60.5
試験期間	60.4	61.8	58.6	60.4	61.1
差	0.6	-1.2	1.4	-0.8	0.6

区間、期間にいずれも有意差なし

各期間終了前10日間の測定値より算出

以上のように産卵率、卵重、生産卵重などの卵の生産性へのDDGSによる影響はみられなかった。しかし20%の多量給与では体重減少がみられたこと、産卵率が低下する可能性がみられたことから、ビタミン、ミネラル、アミノ酸などの補正が長期間の生産性を維持するうえで必要であることが示唆された。

3. 卵質

①卵殻強度

卵殻強度は図4に示すように区に関係なく、日の経過とともに低下した。また表7に示すように、いずれの区も予備試験期間よりも試験期間で明らかに ($p < 0.01$) 低下し、飼料による影響はみられなかった。日の経過による卵殻強度の低下は、夏季に向かって鶏舎内温度が日々上昇したこと、および日齢の進行による卵殻形成能力の低下によるものと考えられた。

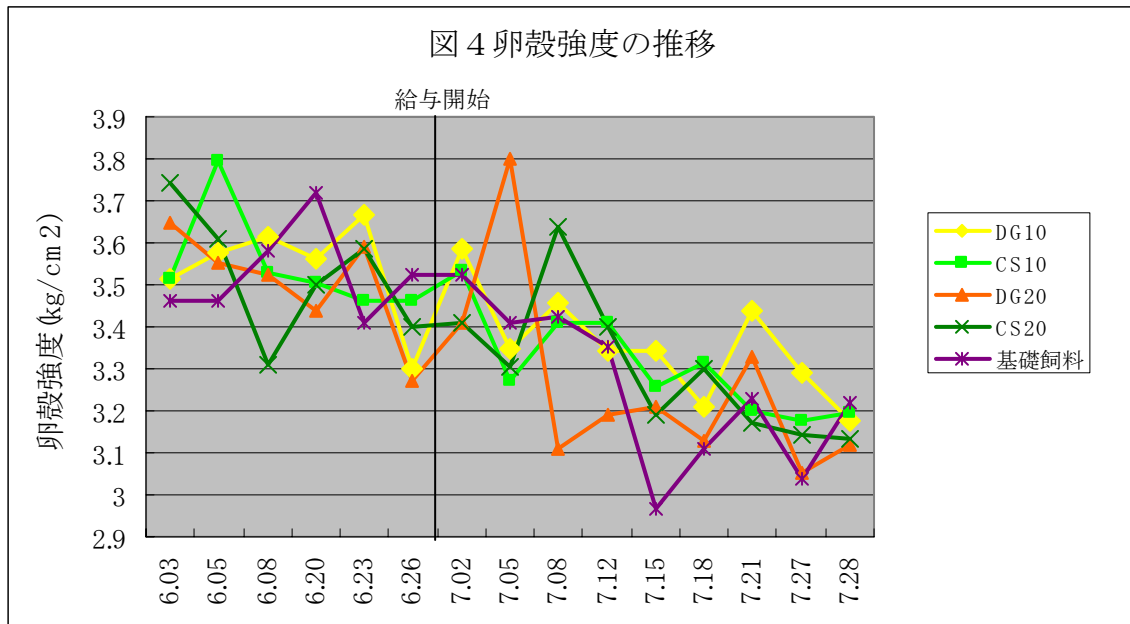


表7 期間別卵殻強度 (kg/cm²)

	第1区基礎飼料	第2区 DG 10	第3区 CS10	第4区 DG 20	第5区 CS20
予備期間	3.51±0.52	3.51±0.49	3.53±0.57	3.51±0.58	3.54±0.41
試験期間	3.13±0.59	3.21±0.52	3.19±0.36	3.10±0.40	3.14±0.37
差	-0.38**	-0.30**	-0.34**	-0.41**	-0.40**

** : 同じ区内で期間に有意差あり (p<0.01)

各期間終了前10日間の測定値より算出

②ハウユニット

ハウユニットはすべての区で日齢とともにわずかに減少する傾向があった(図5)。予備飼育期間と試験期間の間に各区分に有意差はなく、日齢に伴う産卵鶏の能力が低下したためと考えられ、DDGSによる影響はなかったと考えられる。CS20区では試験飼料給与によるハウユニットの低下がみられたが、原因は不明である。基礎飼料に対するDDGSまたはCS飼料の配合率に応じて低下する傾向が見られたため、基礎飼料中の何らかの成分の希釈による影響かもしれない。

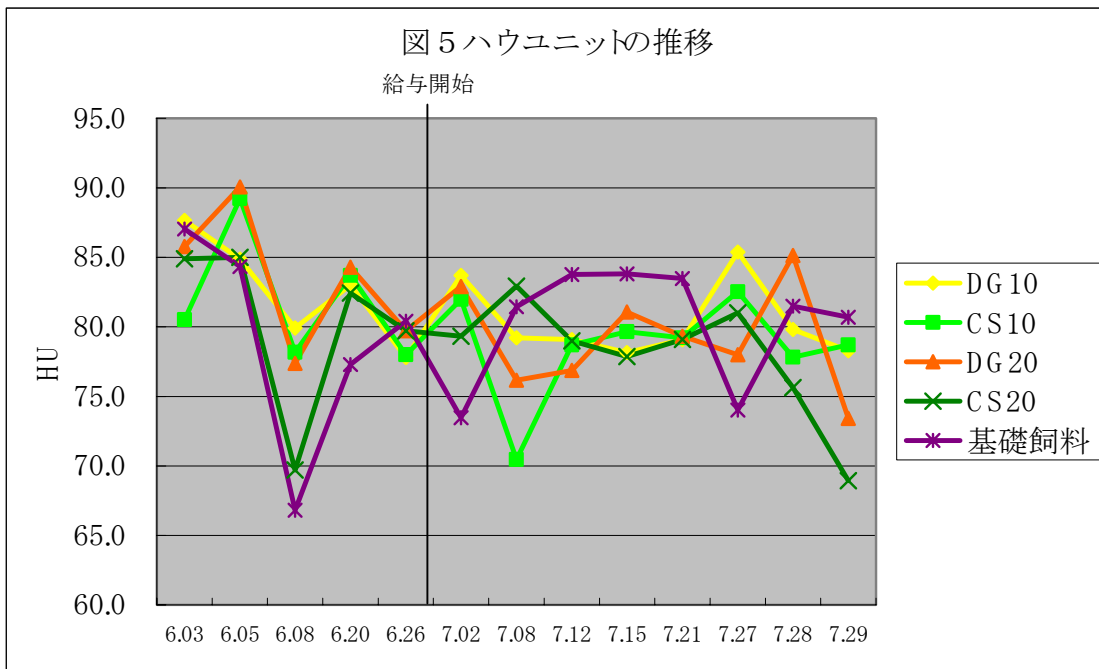


表 8 期間別ハウユニット

	第 1 区基礎飼料	第 2 区 DG 10	第 3 区 CS10	第 4 区 DG 20	第 5 区 CS20
予備期間	80.7±9.3	82.8±11.0	80.9±13.2	83.3±13.0	81.2±8.9
試験期間	78.3±7.0	81.5±9.3	79.9±8.4	78.9±13.1	75.7±12.1
差	-2.4	-1.3	-1.0	-4.4	-5.5**

** : 同じ区内で期間に有意差あり (p<0.01)

各期間終了前 10 日間の測定値より算出

③卵黄色

卵黄色は図 6 に示すように、予備飼育期間では日の経過とともに低下していく傾向にあり、対照区ではその傾向が試験終了時まで続いた。試験飼料給与区では飼料切り替えの 6 日後はすべての区で一時的に卵黄色の明らかな低下がみられ、さらに 5 日後には回復した。DG10 区、DG20 区ではいずれも 11 日後には対照区と同じレベルにまで急速に回復した。しかし CS20 区では卵黄色が回復せずその後も低い値で推移した。CS10 区は回復したが対照区よりは低い値で推移した。予備試験終了前 10 日と試験終了前の 10 日の卵黄色を比較すると (表 9)、基礎飼料区では低下傾向 (p>0.10) があり、試験区では CS10 区と CS20 区で明らかに卵黄色が低下した (それぞれ p<0.05、p<0.01)。それに対し DDGS を給与した DG10 区と DG20 区では卵黄色が維持された。

試験開始直後に試験飼料区で卵黄色が大きく低下したのは、パプリカ抽出処理物を含む基礎飼料に対し DDGS または CS 飼料が混合されたことによる、パプリカ由来の卵黄着色物質 (赤色系のカプサンチン) の希釈による影響と思われる。また DDGS 区では卵黄着色物質 (黄色系のルテインおよびゼアキサンチン) が濃縮して含まれているとみられ、それにより卵黄色の急速な回復とその維持効果があったものと考えられる。CS 飼料にはこれらの色素含量が低く、その配合率に応じて基礎飼料中のパプリカ希釈の影響が卵黄色に出たものと考えられる。

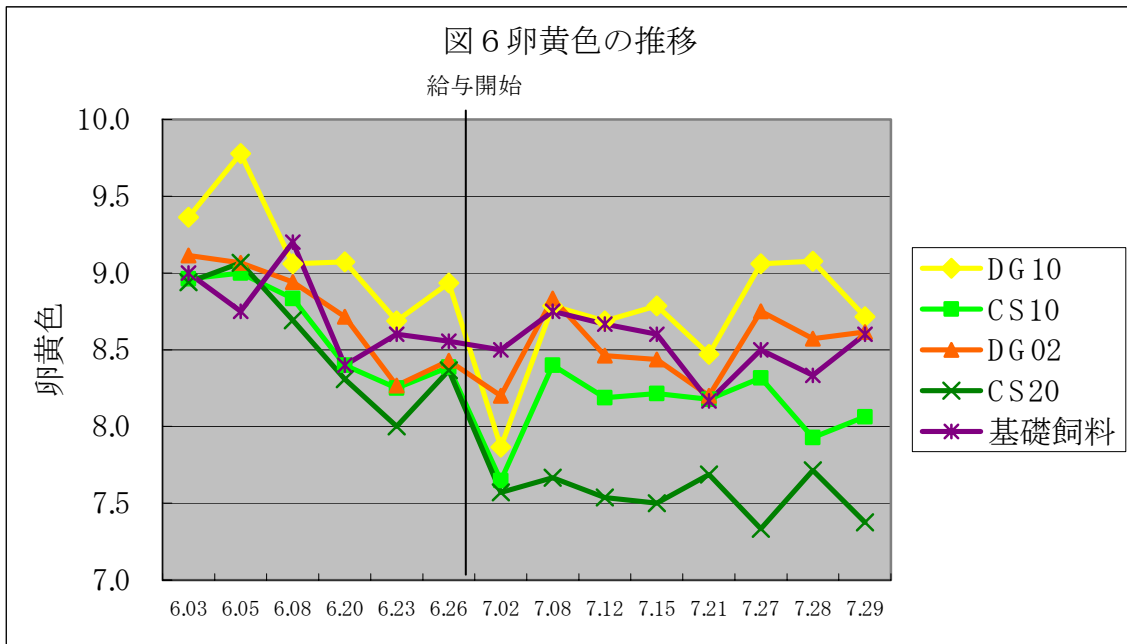


表9 期間終了時の卵黄色

	第1区基礎飼料	第2区 DG 10	第3区 CS10	第4区 DG 20	第5区 CS20
予備期間	8.56±0.53	8.94±0.73	8.39±0.72	8.42±0.74	8.37±0.56
試験期間	8.33±1.75	9.08±0.49	7.93±0.62	8.57±0.65	7.71±0.61
差	-0.23 [†]	0.77	-0.46 [*]	0.13	-0.65 ^{**}

† ; p>0.10, * ; p<0.05, ** ; p<0.01

各期間終了前10日間の測定値より算出

4. 脂質代謝

①血漿トリグリセライド濃度

図7および表10に示すように、血漿トリグリセライド濃度はCS飼料給与区では試験前に比べほとんど変化なしまたは増加傾向であったのに対し、DG区では給与後に明らかに(DG10区 ; p<0.05、DG20区 ; p<0.01)低下した。高脂肪飼料給与時は鶏の肝臓における脂肪合成量が減少し、血中トリグリセライド濃度が低下するとされており、本試験でもDDGS中の脂肪含量が高いことが影響しているものと思われる。

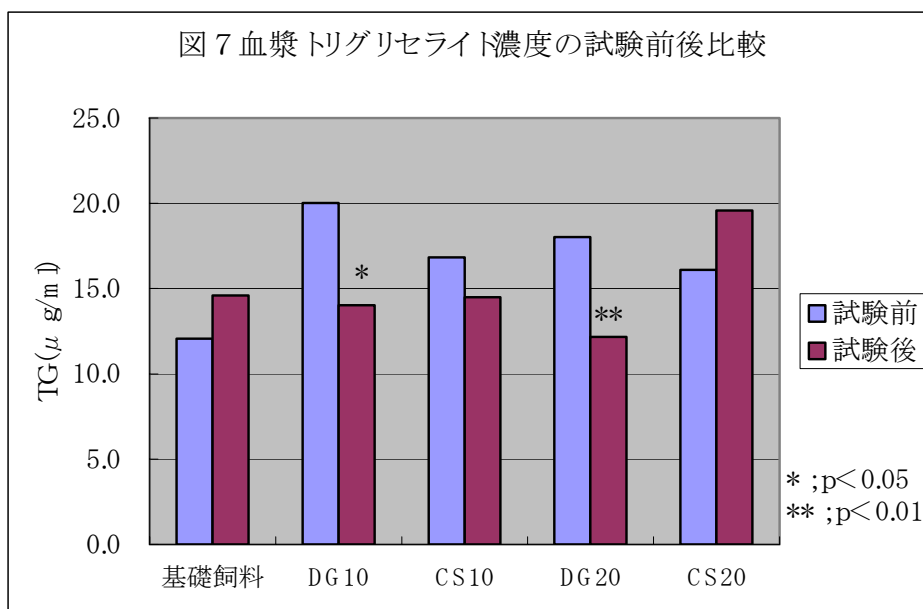


表 10 期間別血漿トリグリセライド濃度

	第 1 区基礎飼料	第 2 区 DG 10	第 3 区 CS10	第 4 区 DG 20	第 5 区 CS20
予備期間	12.1±2.7	20.0±8.7	16.8±9.7	18.0±5.9	16.1±8.5
試験期間	14.6±8.1	14.0±6.1	14.5±5.0	12.2±3.9	19.6±10.6
差	2.5	-6.0*	-2.3	-5.9**	3.5

同じ区内で期間に有意差あり (** : p<0.01、* : p<0.05)

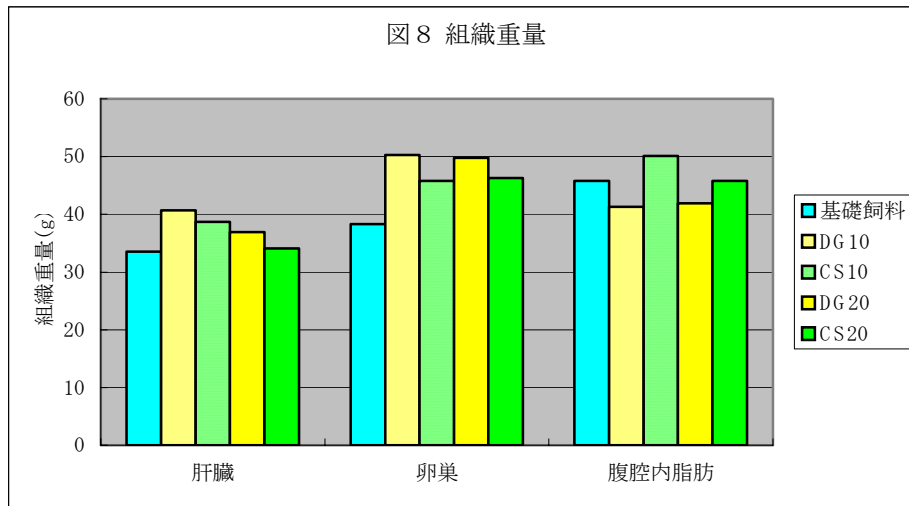
②脂質代謝に関する組織の重量

脂質代謝に関する組織、すなわち肝臓、卵巣、腹腔内脂肪の組織重量を表 11 および図 8 に示した。肝臓の重量は DG10 区および CS10 区が基礎飼料区、CS20 区よりも明らかに大きかった (p < 0.05)。卵巣重量および腹腔内脂肪組織重量に区間差は認められなかったが、DDGS 給与区では卵巣が大きく、腹腔内脂肪が少ない値を示した。

表 11 組織重量 (g)

	基礎飼料	DG10	CS10	DG20	CS20
肝臓	33.5±3.8a	40.7±3.1b	38.7±3.4b	36.9±3.7ab	34.1±5.6a
卵巣	38.3±12.0	50.3±7.7	45.8±6.3	49.8±7.9	46.3±6.2
腹腔内脂肪	45.8±13.4	41.3±18.6	50.1±18.9	41.9±23.8	45.8±13.4

a,b : 同じ項目内の異なる文字間で区間に有意差あり (p < 0.05)



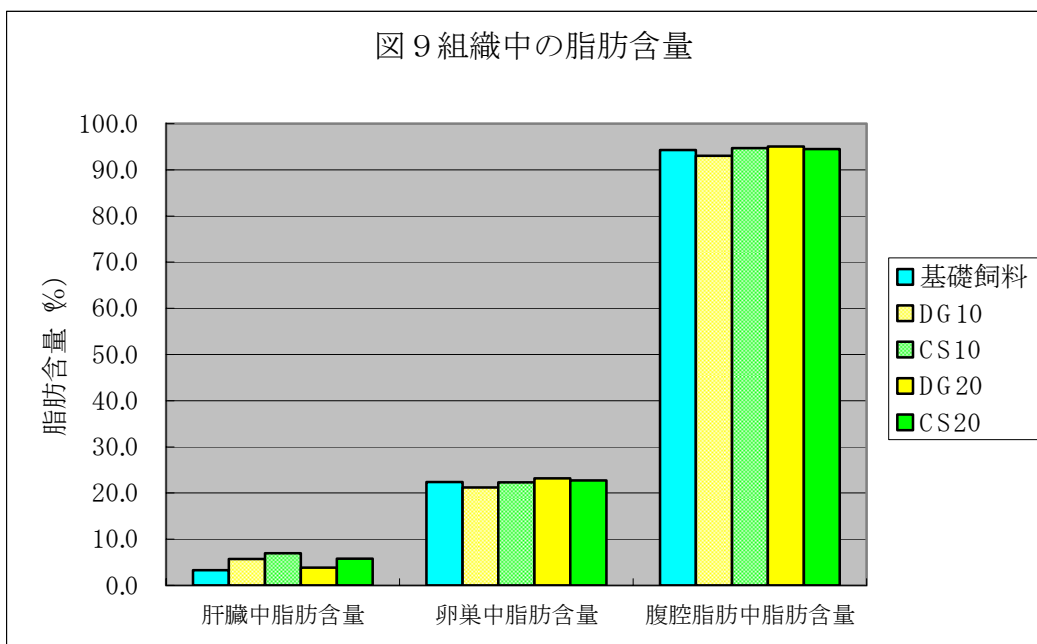
③脂質代謝に関する組織の脂肪含量と脂肪の蓄積量

卵巣（卵胞）と腹腔内脂肪の脂肪含量は各区間に有意差はみられなかったが、肝臓の脂肪含量は DG 区が CS 区よりも低い傾向（ $p=0.15$ ）がみられた。

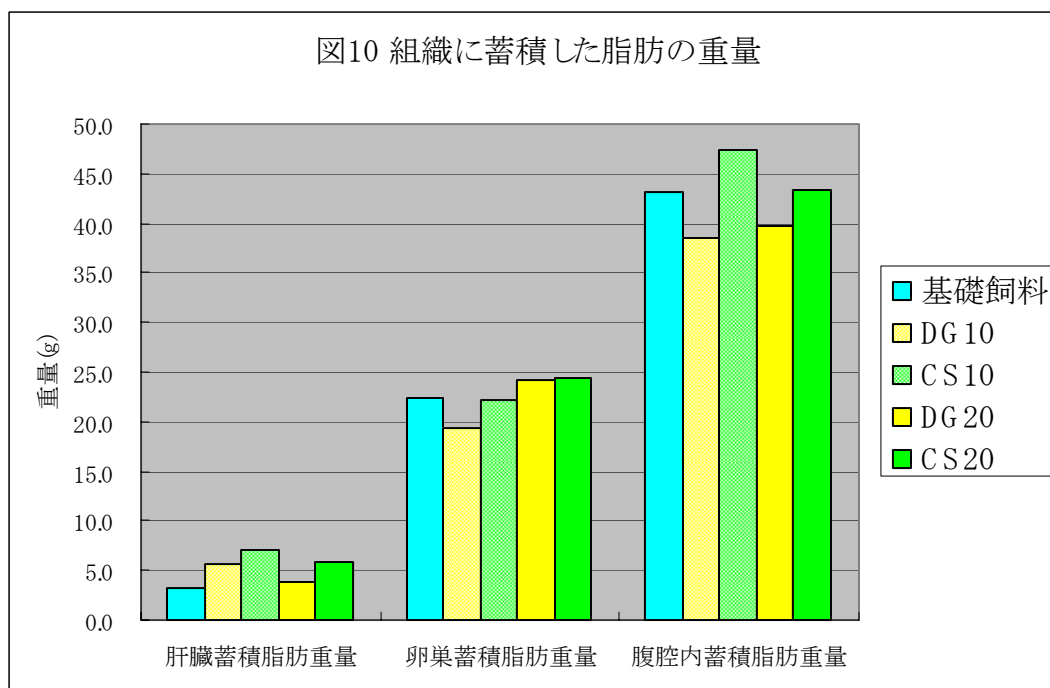
表 12 組織中の脂肪含量 (%)

	基礎飼料	DG10	CS10	DG20	CS20
肝臓	3.3±0.5	5.7±1.4	7.0±1.3	3.9±1.8	5.8±3.3
卵巣（卵胞）	22.4±6.3	21.2±6.2	22.3±9.5	23.2±2.5	22.7±4.4
腹腔内脂肪	94.3±2.4	93.0±3.5	94.7±0.9	95.0±1.5	94.5±1.2

いずれの組織も区間に有意差なし



脂肪蓄積量はいずれの組織においても区間で有意な差がなかった。DG 区と CS 区を比較すると、同じ給与レベルであれば DDGS が肝臓、卵巣、腹腔内いずれも脂肪蓄積量が少ない値を示した。



以上の脂肪代謝に関する測定結果では、DDGS の給与では血中トリグリセライド濃度が低く、肝臓と卵巣の組織重量が大きく、また腹腔内脂肪組織の重量が小さい傾向を示した。さらに DDGS 給与区では卵胞中と腹腔内脂肪中の脂肪含量が高い値となり、脂肪の蓄積量は肝臓、腹腔内脂肪組織で少なく、卵巣で多い傾向を示した。

これらの結果は、DDGS 給与区では飼料中の脂肪含量が高いため、肝臓における脂肪合成量が減少するとともに、血中トリグリセライド濃度が低下したものと考えられる。また DDGS 中の脂肪は、腹腔内よりも卵胞に早期に動員される可能性を示している。本試験は産卵中期での試験であるが、この期間では DDGS が飼料中に 10 から 15%程度配合されても、腹腔内脂肪の増加への影響が低く、産卵率の低下は起こりにくいものとみなされた。

脂肪の蓄積量は DDGS では肝臓、腹腔内脂肪組織で少なく卵巣で多い傾向を示し、卵黄中への脂肪動員が早期から行われることを示唆していた。

IV まとめ

1. アメリカ産トウモロコシ蒸留粕を用い、国内で最も多く飼養されている産卵鶏種である白色レグホーン種ジュリア系と、米国よりも高い卵黄色を求める日本の市販飼料を使用し、主に卵質と脂肪代謝に関する基礎的な給与試験を日本獣医畜産大学動物栄養学教室(東京)で行った。
2. 市販の産卵鶏用飼料給与区を対照区とし、試験区ではこれに DDGS を 10%または 20% 混合した区、および粉碎トウモロコシと大豆粕を 1:1 で混合した CS 飼料(たんぱく質と代謝エネルギー含量が DDGS に近似)を 10%または 20%混合した区、合計 5 区を設定した。
3. 給与した 100 グラムの飼料は、すべての区ですべての鶏が全量を摂取し、残飼がなかった。したがって DDGS の 20%使用は産卵鶏の嗜好性には影響しないものと思われる。
4. 飼育期間を通じて体重はいずれの区も減少したが、基礎飼料への DDGS または CS 飼料の混合率の高い区で体重の減少量が大きかった。これは混合物による基礎飼料の希釈によるマイナス効果であると思われる。卵重は飼料による差がなかったが、産卵率は DDGS20%区で低くなる傾向があった。そのため生産卵重は DDGS 区で低い傾向を示した。
5. 卵殻強度に飼料の影響はみられなかった。ハウユニットに対しても DDGS の 20%混合は影響しなかった。卵黄色は飼料の影響を大きく受け、試験区では飼料切り替え直後に著しく低下した。DDGS 給与区では約 10 日で急速に回復し、基礎飼料給与時と同等の値となったのに対し、CS 飼料給与区では回復せず、CS の配合率に応じて他の区よりも卵黄色が明らかに低くなった。これにより、DDGS を 10%、または 20%配合した飼料は、パブリカで卵黄の着色を促進している基礎飼料と同等の卵黄着色力があるものと考えられた。
6. 血漿トリグリセライド濃度は DDGS 給与後に明らかに低下し、肝臓における脂肪の合成量が減少していることを示唆した。DDGS 給与では脂質代謝に関係する組織のうち、肝臓と卵巣の組織重量が大きく、腹腔脂肪組織の重量が小さい傾向を示した。脂肪組織中の脂肪含量は区間差がなかったが、DDGS20%給与区では卵巣(卵胞)中と腹腔内脂肪中の脂肪含量が最も高い値であった。脂肪の蓄積量は DDGS では肝臓、腹腔内脂肪組織で少なく卵巣で多い傾向を示し、卵黄中への脂肪動員が早期から行われることを示唆していた。
7. 以上より、DDGS は産卵鶏用飼料にアミノ酸やビタミン、ミネラルを一般飼料と同等に補正すれば卵重、卵質に影響なく使用できること、卵黄色が改善されること(卵黄着色剤等の節約になること)、DDGS 中の脂肪は体脂肪への蓄積よりも卵黄への動員に使用される可能性が高いこと、産卵前期から中期では体脂肪蓄積への影響が低く産卵率の低下は起こりにくいこと、などが示唆された。

以上