

飼料へのDiethylstilbestrolの添加が卵黄の 色調および卵の諸形質におよぼす影響*

犬塚澄雄**・大石武止**

Effects of Different Levels of Diethylstilbestrol in the Diet of Laying Hens on Yolk Colour and Egg Qualities

Sumio INUZUKA・Takeshi OHISHI

Synopsis

The experiments were conducted to study the effects of different levels of diethylstilbestrol (DES) in the diet of laying hens on egg yolk colour and to determine their influence on egg qualities. Birds for this study consisted of two breeds, White Leghorn (WL) and Rhode Island Red (RIR). The commercial formula feed for layer served as basal diet. Experiment was conducted for 14 weeks, with a factorial arrangement of four levels (0, 10ppm, 20ppm and 40ppm) of DES.

Body weight and feed conversion were not affected significantly on egg yolk colour. The basal diet fed was sufficient to give optimum yolk colour, which was deeper in RIR than in WL. In both breeds DES at each level significantly improved egg yolk colour ($P < 0.01$), while a non-significant in egg yolk pigmentation occurred between treatments of DES. Xanthophyll utilization by DES treatments was higher in WL than in RIR.

DES treatments did not influence on egg weight and yolk index, but showed a trend of decreasing shell thickness, although none of the characteristic was significantly depressed. The crude fat contents in yolk were affected by DES treatments with a trend of increasing content, but pH of yolk did not are affected.

I 緒 言

産卵鶏と卵巣ホルモンとの関係については、多くの研究によって極めて重要な関係にあることが知られている。卵巣から分泌されるホルモンとして、estrogen progesteroneおよびandrogenが同定されているが、これらのホルモンは下垂体前葉から分泌される性腺刺激ホルモン(FSHおよびLH)によって支配され、これらホルモンはまたfeedback mechanismsによって調節される。

卵黄形成に関する研究で、卵黄の構成成分は肝臓

で合成され、血液によって運ばれて卵黄に蓄積されることが認められている。WARRENら¹⁾は卵黄1個を完成するのに平均9日を要し、卵黄成分の蓄積にはかなりの時間がかかることを認めた。また、ABEら²⁾は肝臓でつくられた燐蛋白質や燐脂質は、卵黄に蓄積される際には卵黄膜を通過するが、この膜中にはalkaline phosphataseが多く存在し、卵胞が成長するに従ってこの酵素の活性が増加すると報告している。また、この酵素は甲状腺ホルモン(thyroxine)およびestrogenに支配されるという。一方、卵黄への卵黄成

* 本研究の要旨は昭和47年度日本畜産学会第60回大会において講演した。

** 農学行畜産学研究室(Lab. of Animal Science, Dept. of Agriculture, Kinki Univ., Higashiosaka, Osaka 577, Japan)

分の蓄積には、下垂体前葉から分泌される性腺刺激ホルモン(GTH)が必要であるが、estrogenについて、HOSODAら³¹⁾のように、雌雛を供試してestrogenを注射しても、血清中に磷脂質や燐蛋白質は増加するが、卵胞へ卵黄成分を蓄積させる能力はないと推論する研究者もある。estrogenによる磷脂質の合成は肝臓で行なわれた後、血液に運ばれて卵黄に蓄積されること⁴⁾は確かであるから、卵黄への色素沈着にも重要な影響を与えていると思われる。

採卵鶏に対するestrogenの飼養の影響については、合成発情ホルモン diethylstilbestrol (DES) ではBRAHMAKSHATRIYAらの産卵率への影響、LEACHら⁶⁾の雛に対するコリン含量との関係、dienestrol diacetateではJONESら⁷⁾のoxytetracyclineの効力におよぼす影響、HARMSら⁸⁾の暑期における卵殻の厚さ、産卵率との関係などがあり、estradiolではJACKSONら⁹⁾の性成熟前の鶏の増体量やNの蓄積量への影響、HARMSら¹⁰⁾の産卵鶏の増体量やNの蓄積量への影響など多くの報告がある。しかし、卵黄の色調に関係した報告は極めて少ない。色調に関連した報告として、HERRICHら¹¹⁾の仕上期のBroilerの実験があり、dienestrol diacetateを飼料に添加し、脛部および皮膚の着色が促進されたという結果を得ている。

本実験は産卵に関与する諸形質に雌性ホルモンとくにestrogenの支配の大きいことから、それらの卵黄の色調および着色色素であるキサントフィルの利用におよぼす影響について、diethylstilbestrol(DES)を飼料に添加して検討し、併せて卵の諸形質について観察したので、その結果について報告する。

II 実験方法

68週令の三年鶏のWhite Leghorn(WL)種(外国系)および同週令のRhode Island Red(RIR)種(外国系)の産卵鶏各5羽を供試した。3年鶏を実験の対象とした理由は若年鶏よりもestrogenに対する反応が強いことが認められており、BRAHMAKSHATRIYAら⁵⁾がとくに老令鶏の産卵について行なった実験結果を参考とした。

実験期間は早春より初夏(3月10日-6月17日)にわたるおよそ14週間で、実験の経過とともに4つの処理を行なった。

実験の区分、およびその内容はTable 1に示すとおりである。即ち、WLおよびRIRの両種に対して、基礎飼料を16日間給与した後に、つぎの20日間は基礎飼料にDES 10ppmを添加し、続く16日間は20ppm、更に16日間は40ppmを添加した。その後32日間DES

Table 1. Experimental design used to determine the effect of DES levels in the diet of laying hens on egg yolk pigmentation.

| Level of DES | Periods | Treatment |
|--------------|-----------|-----------------------|
| None | 16 (days) | Basal diet |
| 10ppm | 20 | Basal diet +10ppm DES |
| 20ppm | 16 | Basal diet +20ppm DES |
| 40ppm | 16 | Basal diet +40ppm DES |
| None | 32 | Basal diet |

の添加を中止し色調を観察した。

基礎飼料は市販の完全配合飼料成鶏用を用いたが、その一般組成はTable 2に示すとおりである。この飼料に含まれたキサントフィルの水準はβカロチン当量で18.0mg/kg程度である。給与量は一日一羽当り110gの定量給与法とした。飲水は自由給水による。

Table 2. Analysis of basal diet.

| | Percent |
|------------------|---------|
| Moisture | 10.8 |
| Crude protein | 15.0 |
| Crude fat | 2.6 |
| N- free extracts | 55.6 |
| Crude fiber | 5.7 |
| Crude ash | 10.3 |
| DCP | 13.9* |
| TDN | 69.0 |

*: Data supplied by Feed Co.

供試鶏は単飼用産卵ケージに収容し、一段一列に配置した。

添加したDES(岩城製薬K.K.)は粉末状のもので、飼料に混合し給与した。この合成発情ホルモンは水溶性であり、肝臓で破壊されぬため経口的に与えることができる。stilbestrolのestrogen活性について、UMBERGERおよびGASS¹²⁾はdienestrol diacetateより強いと報告している。

測定事項は次のとおりである。

体重は実験開始時、各期の終りおよび最終日に、台秤を用い0.1gまで測定した。卵重は毎日午後4:00集卵後直ちに上皿天秤にて0.01gまで測定した。飼料

の摂取量は各鶏について毎日記録した。飼料要求率は飼料摂取量を卵重で除して求めた。卵黄の色調は Roche の色調板 (colour fan)¹³⁾ を用い着色度数で示した。また、卵黄中のキサントフィルは藤田¹⁴⁾ の方法により測定した。卵殻の厚さは卵殻の先端部、側面部、鈍端部の三カ所から小片をとり、卵殻膜を除き Teclock point micrometer で 0.001mm まで測定し、それらの平均値を求めて卵殻の厚さとした。卵黄係数は各期の後半 5 日間についてつぎの式から計算した。卵黄係数 = $\frac{\text{卵黄の高さ}}{\text{卵黄の直径}}$ 。卵黄高は Teclock point micrometer で、卵黄直径は Precision Vernier Caliper で測定した。卵黄の pH は pH メーター (日立一堀場 M-5 型) で測定した。卵黄中の粗脂肪含量はエーテルを用いて SOXHLET 脂肪抽出器により抽出し定量した¹⁵⁾。

III. 実験結果および考察

DES の添加量を変えて、卵黄の色調および卵質におよぼす影響を検討した結果は次のとおりである。

(1) 体重および飼料要求率におよぼす影響

体重測定の結果は Table 3 に示すとおりである。

Table 3. Effect of DES levels in the diet of laying hens on body weight.

| Level of DES (ppm) | WL (kg) | RIR (kg) |
|--------------------|--------------|-------------|
| 0 | 1.65 ± 0.15* | 2.15 ± 0.13 |
| 10 | 1.67 ± 0.14 | 2.16 ± 0.12 |
| 20 | 1.65 ± 0.14 | 2.12 ± 0.12 |
| 40 | 1.67 ± 0.13 | 2.08 ± 0.12 |

*: Mean ± S.D.

これらの体重は週令からみて標準体重であり、品種差も認められた。

DES の添加による体重への影響は、WL および RIR とともに認められなかった。BRAHMAKSHATRIYA⁵⁾ も同様な結果を得ている。しかし、牛の肥育などに DES を用いた場合、増体とくに体脂肪の蓄積に影響することが知られている。鶏では HERRICH¹¹⁾ は Broiler に 23ppm の dienestrol diacetate を添加し高い増体を認めた。

飼料要求率についての結果は Table 4 に示すとおりである。

品種間では WL 種よりも RIR 種の方が良好であっ

Table 4. Effect of DES levels in the diet of laying hens on feed conversion.

| Level of DES (ppm) | WL (kg·Feed/kg·Egg) | RIR (kg·Feed/kg·Egg) |
|--------------------|---------------------|----------------------|
| 0 | 2.59 ± 0.22* | 2.33 ± 0.28 |
| 10 | 2.96 ± 0.35 | 2.57 ± 0.44 |
| 20 | 2.92 ± 0.52 | 2.52 ± 0.55 |
| 40 | 2.94 ± 0.59 | 2.34 ± 0.27 |

*: Mean ± S.D.

た。DES 添加の影響は個体差があり判然としませんが、DES によって飼料要求率は高くなる傾向が示された。BRAHMAKSHATRIYA⁵⁾ は DES 66ppm を添加し飼料効率のよくなることを認めているので、添加量の増加によって明らかにできる可能性がある。

(2) DES の添加が卵黄の色調におよぼす影響

卵黄の色調についての結果は Fig. 1 に示すとおりである。基礎飼料に由来する色調は良好であった。

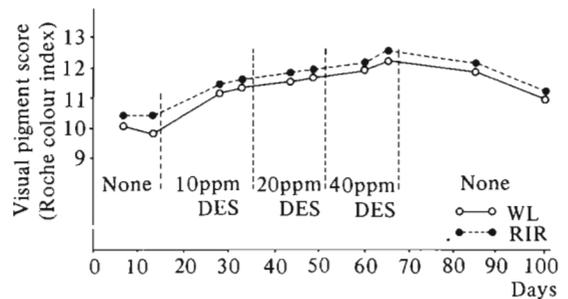


Fig. 1. Effect of various levels of DES in the diet of laying hens on yolk pigmentation.

品種間では、著者ら⁶⁾が RIR と RIR で検討した結果と同様、RIR が WL を上廻って濃い色調を示した。また、個体差も認められた。いづれにしても、DES の添加は明らかに色調を改善した。無添加と処理区との間には、いづれの添加量に対しても 1% 水準で有意差が認められた。処理区間においては無添加区に対して、10ppm 添加区は 1.10 倍、20ppm 添加区は 1.15 倍、40ppm 添加区は 1.20 倍と濃い色調であったにも拘わらず統計的には有意差を認めることができなかった。各鶏体および品種の違いによる DES に対する反応の相違は、肉眼による判定では判然としな

かった。DESの添加を中止した後の卵黄の色調は、次第にうすくなり、中止後30-33日の色調を実験初期の無添加時の色調と比較すると、前者は1.08倍の平均着色度数を示し、なお、濃い状態であった。このことについては、DESの残存効果か、自然日長の影響を受けた結果であるかは検討の余地がある。点灯による日長の調整の実験結果¹⁷⁾から推測すれば、光線の影響による色調の改善も考えられる。

(3)DESに対する鶏の反応と色調について

色調の肉眼による判定では、DESに対する品種の反応に相異があるかどうか判然としなかったため、卵黄中のキサントフィル含量から検討した。無添加時のキサントフィル含量を100として各処理における含量を比較すると、Fig. 2に示すとおりである。

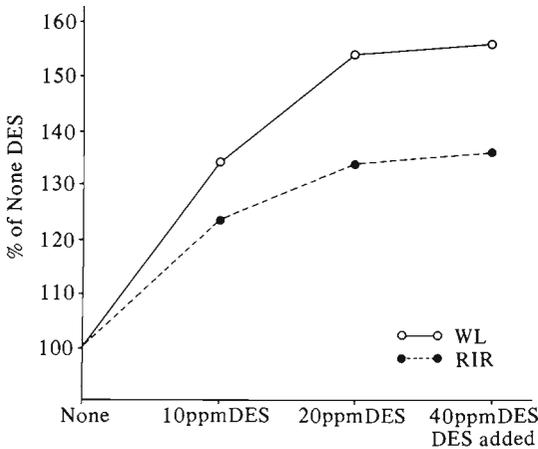


Fig. 2. Changes in the proportions of the xanthophylls contents of egg yolk of laying hens fed different levels of DES in the diet.

この結果は、色調板による色調の測定と同様な傾向が認められ、10ppmの添加では添加後2週の測定値で、WLは1.34倍、RIRで1.25倍、20ppmでは添加後の2週でWL1.52倍、RIR1.34倍、40ppmの添加は2週後に、WLは1.55倍、RIRは1.35倍の増加を示した。このことから、DESに対する反応はWLの方がRIRよりも強く、また、DESの濃度の違いによってキサントフィル含量は直線的には増加することではなく、両品種とも10ppmの添加に対する反応が最も強く、それ以上の濃度処理に対する反応は減退するようである。このことは20ppmと40ppmの血清キサントフィル含量の比較より増加率の低いことで

--そう判然としている。

品種的にみてWLがRIRよりもDESに強く反応することは、一面、前述したようにRIR種の卵黄の色調が一般に濃い特性と関係があるように思われる。恐らく、RIRはWLより卵黄物質の蓄積能力が高い筈であり、蓄積機構に関与するホルモンの濃度量と卵黄物質の受け入れ量との関係においては、一定の限度があり、その範囲内で体脂肪或いは体組織へ蓄積されてゆくものと推測される。経験的にも兼用種の体脂肪が濃く着色されていることが知られているので、着色には飼料の摂取量以外の要因、例えば本実験から考察されるようなホルモンなどが働いていることが考えられる。

(4)DES以外の色調への影響要因についての検討

本実験において測定された摂取飼料量は、制限給餌法(定量給与法)としたことに加えて供試鶏の旺盛な食欲のために、両品種とも常に108-109g/hen・dayの摂取量で、DES添加による飼料摂取量への影響は認められず、BRAHMAKSHATRIYA⁵⁾らの結果と一致した。

色調と飼料摂取量との関係を検討するため、両品種を一つのグループとして処理し、両者の間の相関係数を求めたが、両者の間の関係($r=0.2818$)は認められなかった。これは定量給与であることの結果とも考えられるが、少なくとも本実験の形における場合には、飼料摂取量は色調への影響要因でないことを認めた。飼料効率の高いものは、低いものに比して卵黄の色調がうすくなる報告¹⁸⁾もあるが、品種間には前述したように逆の結果を得ている。同一品種において、飼料効率に關係のある産卵強度(産卵率)との関連について検討すると、産卵率はWLにおいて68.0%、RIR70.1%で統計的に両者に差がなく、DESの添加による影響は認められなかった。しかし、BRAHMAKSHATRIYA⁵⁾は66週令のWL種に110ppmの添加で産卵率に有意差を認めているので、本実験の場合は添加量が少ない結果であると思われる。この結果から色調と産卵率との相関を求めたが、両者の関係は認められなかった($r=0.2302$)。従って、本実験においてはDES以外の主たる要因による影響は殆ど考えなくてもよいと思われる。

(5)DESの添加が卵の二、三の形質におよぼす影響

1) 卵重への影響 各処理区の卵重はTable 5に示すとおりである。品種により多少の違いが認められ、RIRの方が重いことを示した。兼用種の卵重の方が重いことについて、斎藤ら¹⁹⁾も白色レグホンと名古屋種では後者が大きいことを認めている。卵

Table 5. Effect of DES levels in the diet of laying hens on egg weight.

| Level of DES (ppm) | WL (g) | RIR (g) |
|--------------------|-----------|----------|
| 0 | 60.6±2.9* | 63.4±3.2 |
| 10 | 62.4±5.3 | 62.3±2.8 |
| 20 | 63.6±3.6 | 63.6±3.9 |
| 40 | 61.8±5.0 | 63.2±3.8 |

*: Mean ± S.D.

重の遺伝率は割合に高いことが、品種による違いを生じる原因であろう。

DESの影響について、WLにおいて増加の傾向がみられるが、有意の差はなかった。RIRは如何なる濃度処理に対しても、差は認められなかった。WLのみが一つの傾向を示したのは、卵黄中のキサントフィルへの影響について検討したように、DESに対する反応の強さの違いにもとづく結果でもあろう。

2) 卵殻厚への影響 DESの添加が卵殻の厚さにおよぼす影響について検討した結果は、Table 6に示すとおりである。

Table 6. Effect of DES levels in the diet of laying hens on egg shell thickness.

| Level of DES (ppm) | WL (mm) | RIR (mm) |
|--------------------|--------------|-------------|
| 0 | 0.348±0.022* | 0.340±0.024 |
| 10 | 0.343±0.050 | 0.331±0.022 |
| 20 | 0.344±0.037 | 0.333±0.026 |
| 40 | 0.340±0.022 | 0.332±0.020 |

*: Mean ± S.D.

Table 8. Effect of DES levels in the diet of laying hens on diameter and height of egg yolk.

| Level of DES (ppm) | Diameter (cm) | | Height (cm) | |
|--------------------|---------------|-----------|-------------|-----------|
| | WL | RIR | WL | RIR |
| 0 | 4.28±0.08* | 4.10±0.12 | 1.66±0.08 | 1.76±0.09 |
| 10 | 4.18±0.10 | 4.02±0.11 | 1.67±0.09 | 1.79±0.10 |
| 20 | 4.24±0.12 | 4.06±0.12 | 1.69±0.08 | 1.83±0.07 |
| 40 | 4.26±0.20 | 4.10±0.14 | 1.67±0.10 | 1.80±0.09 |

*: Mean ± S.D.

品種的には、RIRがや、薄い値が得られたが有意差は認められない。斉藤ら¹⁹⁾も白色レグホン種と名古屋種とを比較して、両品種に差があるとは言えないと報告している。

DESの影響は卵殻の厚さを薄くする傾向があるが、統計的処理では明らかではなかった。BRAHMAKSHATRIRら⁵⁾は若令鶏において110 ppm DESの添加で薄くなることを認め、老令鶏では傾向として薄くなることを認めている。従って、本実験の場合、卵殻の厚さについて同様な結果が得られるには、更に添加DES量を増加させる必要があると思われる。

3) 卵黄係数への影響 DES添加の影響については Table 7 に示す結果を得た。

Table 7. Effect of DES levels in the diet of laying hens on yolk index.

| Level of DES (ppm) | WL | RIR |
|--------------------|-------------------------|------------|
| 0 | 0.39±0.03 ^{a)} | 0.43±0.03* |
| 10 | 0.40±0.03 | 0.44±0.02* |
| 20 | 0.40±0.03 | 0.45±0.02* |
| 40 | 0.40±0.04 | 0.44±0.02* |

a): Mean ± S.D. *: P < 0.05

品種の違いでは、5%水準でRIRがすぐれた値を示した。DESの影響については、両品種とも処理によって高くする傾向が認められるが、両者の間には差はなく、また、添加濃度の差による影響は認められなかった。

この係数の計算要因である卵黄の直径と卵黄の高さについて検討した。Table 8はそれらの測定値を示したものである。

品種の間では、卵黄の直径においてWLが大きく、卵黄の高さではRIRが高いことが認められた。即ち、卵黄の広がり大きいことが卵黄高を低くする関係にあると思われる。これにはTable 9に示す粗脂肪含量の測定値から推測し、粗脂肪成分組成の影響によるものであろう。

Table 9. Effect of DES levels in the diet of laying hens on crude fat content in yolk.

| Level of DES (ppm) | WL (%) | RIR (%) |
|--------------------|-----------|----------|
| 0 | 30.9±1.3* | 31.6±0.5 |
| 10 | 29.8±0.8 | 31.6±1.1 |
| 20 | 32.0±0.8 | 32.8±0.9 |
| 40 | 32.6±0.7 | 32.7±0.6 |

*: Mean ± S.D.

DESの影響としても、卵黄の広がりをおさえ、卵黄高を高く維持する傾向がみられる。卵黄係数が大きくなる傾向が認められたのはこのためであろう。新鮮卵において品種による差が認められたことと同様に、DESの場合も、卵黄を構成する物質の組成変化にもとづく粘性の増大が原因であろうと思われる。卵黄構成物質の中で、DUANE²⁰⁾は粗脂肪含量が卵黄の固形物中56.2%を占めると述べているが、DESが脂肪蓄積能力の高い点から推測し、これが関係していると考えられる。

新鮮卵黄中の粗脂肪含量を定量した結果はTable 9に示すとおりである。粗脂肪含量は個体差もあり明確な検討はできないが、品種の比較ではRIRがWLよりもや、多い。DESの処理によって、脂肪含量はや、増加する傾向が認められるが、各処理区の間には有意差はなかった。PRIVETTら²¹⁾は卵黄脂質の構成はtriglyceride65.5%、phospholipid28.3%およびcholesterol5.2%と報告しているので、DESの影響としてあらわれる血中のcholesterolの増加が卵黄中にも影響を及ぼすものと思われる。したがって、脂肪が卵黄形成に使用される過程で、着色色素も卵黄中に移行する場合には、脂肪量に密接に関係して卵黄に入り色調を高めることが考えられる。

4) 卵黄のpHにおよぼす影響 卵黄のpHは卵白の場合と比較して測定が困難であり、卵白のpHのように卵質と関連して考慮される要因でないので検討されることが少ない。前述の粗脂肪含量との関係

も考慮して、DESのおよぼす影響を検討した。その結果はTable 10に示すとおりである。

Table 10. Effect of DES levels in the diet of laying hens on pH of egg yolk.

| Level of DES (ppm) | WL | RIR |
|--------------------|------------|-----------|
| 0 | 6.07±0.23* | 6.08±0.17 |
| 10 | 6.11±0.09 | 6.16±0.07 |
| 20 | 6.08±0.08 | 6.13±0.07 |
| 40 | 6.01±0.05 | 6.07±0.04 |

*: Mean ± S.D.

本実験においては、6.0-6.2の範囲で測定され、品種間の比較ではWLよりもRIRの値がや、高い傾向があったが、明らかではない。また、DES添加の影響は認められなかった。

産卵直後における卵黄のpHは普通6.0程度で、貯蔵中にも顕著な変化はなく、極めて緩慢に低下する傾向がある²²⁾といわれている。この原因はリン酸、脂肪酸などの遊離による酸度の増加によるものと推定される。本実験では産卵直後のpHの測定で、品種間に差のある傾向が認められたが、構成脂肪酸の影響を受けたpHの測定値とも考えられ、これら脂肪酸の違いによるものと思われる。

添加されたestrogenが産卵を改善する機構については、BRAHMAKSHATRIYAら⁵⁾は老令鶏について高い産卵の反応を示す結果を得たことから、下垂体のGTHの分泌刺激、脂肪、蛋白質およびCaの代謝促進、prolactinの衰退による就巢性と換羽の妨害、髄内骨の形成と維持の促進、輸卵管の機能的な肥大の誘起および不応性の終焉のどれかが、単独または複合して働くことを推測した。卵黄の色調についても、下垂体のGTH、脂肪代謝などの要因の働きによるものと考えられる。

IV. 要 約

68週令のWhite Leghorn(WL)種およびRhode Island Red(RIR)種の産卵鶏を供試し、給与飼料へのDES添加が卵黄の色調および卵の品質におよぼす影響について検討した。DESの添加量は実験の進行とともに、無添加(20日間)、10ppm(16日間)、20ppm(16日間)、40ppm(16日間)と増量し、実験の終了前32日間は添加を中止した。その結果を要約するとつ

ぎのとおりである。

1. DESの添加は卵黄の色調を改善し、WL, RIRともに明らかに濃くなり、無添加時にくらべて有意差を認めた。DESの添加量の違いによる色調への影響は、添加濃度の高い処理が濃厚であるが、色調と添加量とは必ずしも比例しないで、着色の度合は10ppmが一番大きい。添加の中止により色調は次第にうすくなったが、30-33日後でも実験初期の色調には戻らなかった。このような色調の変化に対して、飼料摂取量および産卵率の影響について検討した結果それらの影響は何ら認められなかった。

2. 色調は品種によって差のあることが認められ、WLよりもRIRの色調が濃かったが、DESに対する反応はむしろWLの方が強いと考えられる。

3. DESが卵の諸形質におよぼす影響については、卵重では品種による違いがあったが、DES添加の影響はWLにおいて強く、添加量の増量によって大きくなる傾向があったが、RIRには影響を与えないようである。

卵殻の厚さについては、DESの添加によって両品種ともや、薄くなる傾向が認められたが、この傾向はRIRの方が目立つ結果であった。

卵黄係数では、WLよりもRIRが大きいようで、DESは両種に値を大きくする方向で影響があるように思われる。卵黄係数の計算要因でこの点を検討した結果では、卵黄の直径が短くなり、卵黄高が高くなる結果を得た。更に、卵黄高を維持する要因として卵黄粗脂肪含量を検討したが、20ppm, 40ppmは無添加よりも多いことを認めた。この結果はDESによる色調改善と関連があるものと思われる。

卵黄のpHは品種的にも、DESの添加による影響も認められなかった。

文 献

- 1) D.C. WARREN and R.M. CONRAD: J. Agr. Res., **58**, 875 (1939).
- 2) T. ABE, T. KANEKO, J. OTUKA and T. HOSODA: Poultry Sci., **41**, 1447 (1962).
- 3) T. HOSODA, K. KANEKO, K. MOGI and T. ABE: *ibid*, **34**, 9 (1955).
- 4) 田名部雄一：鶏の改良と繁殖 第1版 326 朝倉書店 東京 (1969).
- 5) R. D. BRAHMAKSHATRIYA, D. C. SNETSTNGER and P. E. WAIBEL: Poultry Sci., **48**, 444 (1969)
- 6) M. R. LEACH: *ibid*, **41**, 1828 (1962).
- 7) J. E. JONES: *ibid*, **44**, 486 (1965).
- 8) R. H. HARMS and P. W. WALDROUP: *ibid*, **40**, 1345-1348 (1961).
- 9) N. JACKSON and W. O. BROWN: *ibid*, **37**, 886 (1958).
- 10) R. H. HARMS and P. W. WALDROUP: *ibid*, **43**, 36-42 (1964).
- 11) G. M. HERRICH, JACK L. FRY, B. L. DAMRON and R. H. HARMS: *ibid*, **49**, 222 (1970).
- 12) E. J. UMBERGER and G. H. GASS: *ibid*, **38**, 128 (1959).
- 13) 犬塚澄雄：近畿大学食品科学研究所報告 **2**, 12 (1964).
- 14) 藤田秋治：ビタミン定量法 189 南江堂 東京 (1955)
- 15) 東京大学農学部農芸化学教室：改定新版 実験農芸化学 上巻, 13版 122-124 朝倉書店 東京 (1969).
- 16) 犬塚澄雄・大石武士：近畿大学食品科学研究所報告 **4**, 36-37 (1967).
- 17) 犬塚澄雄・山下盛通：未発表
- 18) 科学飼料協会：科学飼料, **10**, 178 (1965).
- 19) 齊藤道雄・山田英世・小川長恒：日畜会報, **27** 136-137 (1956).
- 20) DUANE ACKER: Animal Science and Industry, Second edition 515 Prentice-Hall, New Jersey (1971).
- 21) O. S. PRIVETT, M. L. BLAND and J. A. SCHMIDT J. Food Sci, **27**, 463-468 (1962).
- 22) J. S. WILLAM and O. J. COTTERILL: Egg Science and Technology, 70 The AUI Publishing, Westport (1973).

(昭和49年11月1日受理)