

自然日長の短縮が卵黄の色調および
血清キサントフィル含量におよぼす影響

犬塚澄雄*・大石武士*

Effects of the Naturally decreasing Day-Lengths on Yolk
Colour and Blood Serum Xanthophyll in Laying Hens

Sumio INUZUKA and Takeshi OHISHI

Synopsis

Two experiments were conducted to determine the effects of the naturally decreasing day-lengths during the fall months on egg yolk colour and serum xanthophyll content in laying hens. Two years old White Leghorn hens were used in these experiments. They were kept in uncontrolled environment which consisted of individual laying cages without artificial light and were fed a commercial all-mash laying ration as a basal diet. All eggs that were broken out were scored using Roche yolk colour fan and the serum xanthophyll content was determined by the method of Wilson.

A declines in egg production and feed consumption were observed as the fall months went by, and then egg production paused steadily almost to the end of the experimental period. It was observed during this period that hens which lay at a heigh rate of production deposit fewer xanthophyll in the blood serum than hens lay at a low rate. About pause in laying the yolk colours were still different but the depth decreased somewhat, while the serum xanthophyll content increased relatively at high level. The great increase in serum xanthophyll content was when the hens paused in laying. This increase occurred because of dietary xanthophyll that could not be deposited in the egg yolk.

I. 緒 言

過去数十年間、絶えず家禽におよぼすphotoperiodismの影響について研究者の関心が払われ、これらの現象に関する一般的な所見の綜説もいくつかある。更に、近年においては、日長を人工的に種々変化させることによる産卵鶏におよぼす影響について、関心がむいてきているようである。それらの研究の内容は、主として産卵およびその生理に関するものが多い。

生理に関連してはホルモンの追求の研究が旺んである。自然日長と鶏体内の種々のホルモンとの関係

は極めて密接であることが知られており、わが国においても岡本¹⁾、本間²⁾、細田³⁾、田中⁴⁾の報告や綜説がある。また、産卵率との関係についても MCCLESKEY⁵⁾をはじめいくつかの研究がなされている。自然日長の減少と換羽については兼松⁶⁾も報告している。それらの報告は、自然日照時間の減少は鶏の間脳を介して、下垂体前葉の性腺刺激ホルモン(GTH)の分泌を減退せしめ、その結果卵巢機能が衰退してestrogen分泌の減少をきたし、他方で甲状腺からのthiroxin分泌が旺盛となり、産卵率の低下に続いて産卵休止・換羽をおこすことを認めている。従って、この時期

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

における鶏体内の異常性は、卵黄形成のメカニズムから考えると当然、直接または間接に、卵黄への着色色素xanthophyllの蓄積にも関与することが推測される。しかし、これに関連した報告は殆どみあたらない。

著者は季節的な色調の変化を検討した結果から、自然日長が短日期にはいる秋季において、卵黄の色調が夏季とほぼ同様にうすいことを認め、夏季が飼料要因にもつづく結果であるのに対して、秋季は日長要因が大きい影響をおよぼすものと推測した。本実験は、秋季における自然日長の変化が卵黄の色調および血清中のキサントフィル含量、ならびに、産卵休止・換羽に入る前のいわゆるslow layerについての卵黄の色調、およびその前後における血清中のキサントフィル含量におよぼす影響について、個体レベルでの検討を併せて行ない、その実態を明らかにすることを目的とした。以下、その結果について報告する。

II. 実験方法

実験を二つに分けて行なったが、それらの方法はつぎのとおりである。

実験 I.

夏季孵化のWhite Leghorn種(外国系)産卵鶏の二年鶏を供試し、中秋より晩秋の6週間を実験期間とし、開始前2週間を予備期間として行なった。

基礎飼料は市販の完全配合飼料成鶏用を用いたが、その成分組成はTable 1に示すとおりである。給与量は110g/hen・dayの定量給与とした。飲水は自由給水とした。

Table 1. Analysis of basal diet (Exp. I)

	percent
Moisture	11.2*
Crude protein	16.3
Crude fat	2.8
N- free extracts	59.5
Crude fiber	3.2
Crude ash	7.0

* Laboratory analysis

供試鶏は単飼用産卵ケージで飼育し、一段一列に配置した。点灯照明は行なわなかった。この期間の

日長および日照時間はFig. 1に示すとおりである(資料は大阪管区気象台の提供による)。

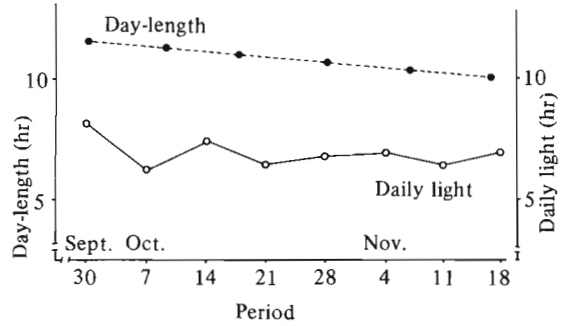


Fig. 1. Average day-length and length of daily light for experimental periods (experiment I).

実験における測定事項およびその方法はつぎのとおりである。

産卵率は一週間毎にhen-day産卵率を求め、飼料摂取量は毎日記録した。血清中のキサントフィル含量はWILSON⁷⁾の方法に従った。供試鶏からの採血は阿部⁸⁾の方法により翼下静脈より注射器で5 ml程度採血した。試料のキサントフィル含量は β -カロチン当量(BCE)で示した。

実験 II.

春季孵化のWhite Leghorn種(外国系)成鶏の二年鶏6羽を供試し、初秋から供試鶏に産卵休止(一部換羽)が観察されるまでの9週間を実験期間とした。

基礎飼料として市販の完全配合飼料成鶏用を用いたが、その成分組成はTable 2に示すとおりである。

Table 2. Analysis of basal diet (Exp. II)

	percent
Moisture	12.6*
Crude protein	16.7
Crude fat	2.9
N- free extracts	54.7
Crude fiber	3.8
Crude ash	9.3

* Laboratory analysis

給餌法は実験 I と同様に制限給餌法により 110g/hen day を給与し、飲水は自由給水とした。

管理法は実験 I に準じ、単飼用産卵ケージに収容し一段一列に配置して飼育し、点灯照明は行なわなかった。なお、この期間の日長および日照時間は Fig. 2 に示すとおりである（本資料も大阪管区気象台の提供による）。

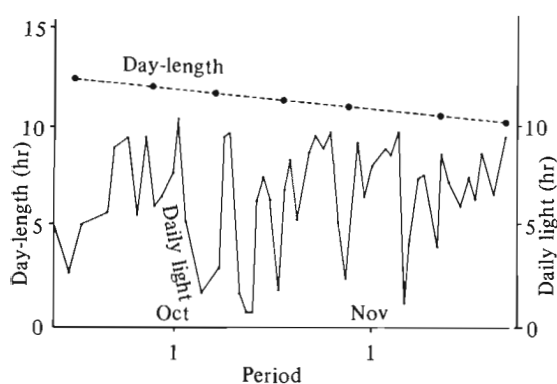


Fig. 2. Average day-length and length of daily light for experimental periods (experiment II).

測定事項およびその方法は、実験 I とほぼ同様で、体重は台秤で 1g までを秤り、産卵率は hen-day 産卵率で求めた。飼料摂取量は各鶏毎に毎日記録した。卵黄の色調は Roche の色調板による着色度数で示し、血清中のキサントフィル含量も WILSON²⁾ の方法により測定し、BCE で示した。

III. 実験結果および考察

本実験の結果はつぎのとおりである。

実験 I

(1) 産卵率および飼料摂取量について。

産卵率および飼料摂取量は色調への影響要因と考えられるので検討を行なった。供試鶏の平均産卵率および飼料摂取量は Table 3 に示すとおりである。表中のデータは、卵黄の色調が飼料に由来し、摂取された飼料の影響が色調にあらわれる所要日数が 8-10 日であることから、厳密にはこの時点にさかのぼって検討する必要のある点を考慮して示した。なお、血清中のキサントフィル含量についても同様に、色調としてあらわれるよりも更に速い時間で血清中にあらわれる筈である。従って、本実験では血清中のキサントフィル含量を検討する場合にも、採血時

Table 3. Egg production and feed consumption from slow or non-layers induced by the naturally decreasing day-lengths (Exp. I)

period (weeks)	egg production (%)	feed consumption (g/hen · day)
0	—	101.1 ± 5.4
1	59.5 ± 9.8*	102.7 ± 5.4
2	57.1 ± 23.3	100.9 ± 5.2
3	33.3 ± 29.3	93.4 ± 11.4
4	30.9 ± 37.0	85.1 ± 20.0
5	23.8 ± 34.7	85.1 ± 25.2
6	14.2 ± 21.8	—

*Mean ± S. D.

より 1 週間前の飼料摂取量を対象として検討した。また、血清中のキサントフィル含量と産卵率との関係においては、逆の関係において検討した。

産卵率は予備期間では 74.4 ± 16.5% の比較的良好な産卵率を示したが、個体による産卵成績の差は大きいことが認められ、春季の産卵成績が一般に斉一であることと比較して、日長の影響があらわれていたものと思われる。実験の 1 週目には、一部に産卵の低下さらに休止の現象が認められ、産卵成績は著しく悪化した。3 週以降においては、大部分産卵を休止するか、産卵個数が甚だしく減少した。このことは、3 週以降における平均産卵率を示す数字が 50 以下であることから明瞭である。

飼料摂取量は実験の初期においては概ね良好であったが、3 週以降では産卵強度の劣悪化にともない、平均的には 7-15% 以上の残食が観察され、その量的な変異は、また、個体差の大きいことも示している。この変異は産卵持続鶏、産卵不良鶏および休止鶏の摂取量の相異にもとづくものである。

産卵率と飼料摂取量との比較では、産卵率の低下の割合に比して摂取量はそれほど減退しなかった。しかし、両者の間には高い相関 ($r=0.8609$) 関係があり、それが有意である ($P<0.05$) 結果を得た。

しかし、両要因に影響をおよぼす因子は、MCCCLUSKEY³⁾、HURWITZ⁴⁾ が報告しているように、明らかに日照時間の短縮であろう。

(2) 血清中のキサントフィル含量について。

血清中のキサントフィル含量の変化について Fig. 3 に示す。

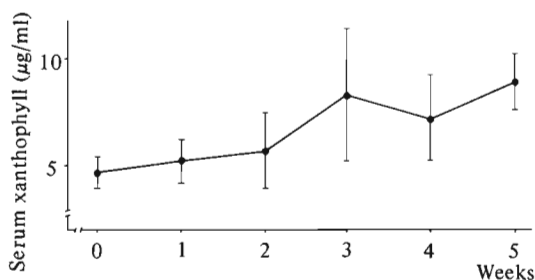


Fig. 3. Changes of xanthophyll contents in blood serum of slow or non-layers induced by the naturally decreasing day-length (experiment I).

血清中の平均キサントフィル含量は実験開始時には4.7µg/ml程度であったが、実験の経過と共に次第に上昇を示した。これらの測定値は産卵率から検討し、ほぼ妥当な値であると思われる。キサントフィル含量の上昇傾向は2週までは漸進的であったが、3週には急激な増大を示し、初期の1.75倍のキサントフィル含量が測定され、その後の上昇傾向は鈍化してキサントフィル含量は殆ど増加しなかった。一方、供試鶏各個の血清中のキサントフィル含量にはかなりの相異が認められ、3週以降においてとくに顕著であったが、5週時にはこの変異はかなり小さくなった。これらの傾向は産卵成績と大きな関係にあると思われる。

血清中のキサントフィル含量と産卵率、および飼料摂取量との関係について検討すると、まず、産卵率と関連しては、3週以降の著しい産卵率の低下に対して血清中のキサントフィル含量の上昇が著しい。WILLIAMSら¹⁰⁾が産卵率の低い鶏の血清中のキサントフィル含量の高いことを認めた結果と一致している。飼料中のキサントフィルが鶏体各部位へ移行する順序について、FRITZ¹¹⁾は産卵鶏においては、皮膚・体内等に蓄積されるよりも、まず卵黄に移行し、過剰な場合に各部位に蓄積されることを観察しているので、産卵率の低い場合には、卵黄に移行し吸収されるべきキサントフィルが血清中にプールされた状態となり、その含量を高めたものと考えられる。血清中のキサントフィル含量と産卵率との関係はFig. 4に示すように、負の強い相関が認められ、関係がある($P < 0.05$)といえる。

血清中のキサントフィル含量と飼料摂取量との関連については、Fig. 4に示すように負の相関係数が得られたが、両者には関係がないようである。鶏が正常に産卵をしている場合には、飼料摂取量の減退の中は少ない苦で、他の要因の影響がなければ血清中のキサントフィル含量には大きい変動はみられない

い苦である。本実験の結果が示したように、キサントフィル含量に増加の傾向があるのは、飼料摂取量の影響によるものではなく産卵強度の強い影響があらわれたもので、前述したように、産卵率の低下によりキサントフィルの卵黄への蓄積が困難となり、血清中への貯留現象となったもので、いわば特異現象であろう。従って、血清中のキサントフィル含量と飼料摂取量との関係は、本実験に特有なもので二次的な因果関係にあると考えられる。しかし、全く両者に関係がないとは断言できないのであり、3週以降における血清中のキサントフィル含量の増加の停滞現象には多少の飼料摂取量要因が働いていると思われる。

本実験における産卵強度、および飼料摂取量に自然日長の短縮の影響が強く働いていることは明らかである。この時期における鶏の産卵率の低下、産卵休止および換羽の現象は緒言において言及したように、GTHの衰退、thiroxinの分泌促進、さらに、卵胞ホルモン、黄体ホルモンの分泌にも関係があり、とくに、GTHによる卵胞ホルモンの分泌抑制が卵黄形成に関連して、飼料中のキサントフィルの鶏体内吸収を阻止する形で作用し、その結果、産卵率の低下時期には、飼料摂取量の減退要因となると同時に、血清中のキサントフィル含量の増加を促すことになるとと思われる。

実験II

(1)卵黄の色調および血清中のキサントフィル含量に関連する要因の検討

a. 供試鶏の体重について

実験期間中の体重の変化はTable 4に示すとおりである。

Table 4. Body weight and gain in weight of slow or non-layers induced by the naturally decreasing day-lengths (Exp. II)

Hen no.	Average for 8 weeks (g)	Gain (g) period (weeks)		
		3	5	7
1	1,708±2*	+4	+3	+4
2	1,758±45	+2	+43	+110
3	1,797±88	+51	+158	+223
4	1,925±63	+86	+118	+175
5	1,655±22	+25	+45	+58
6	1,795±81	+31	+117	+206

*Mean ± S. D.

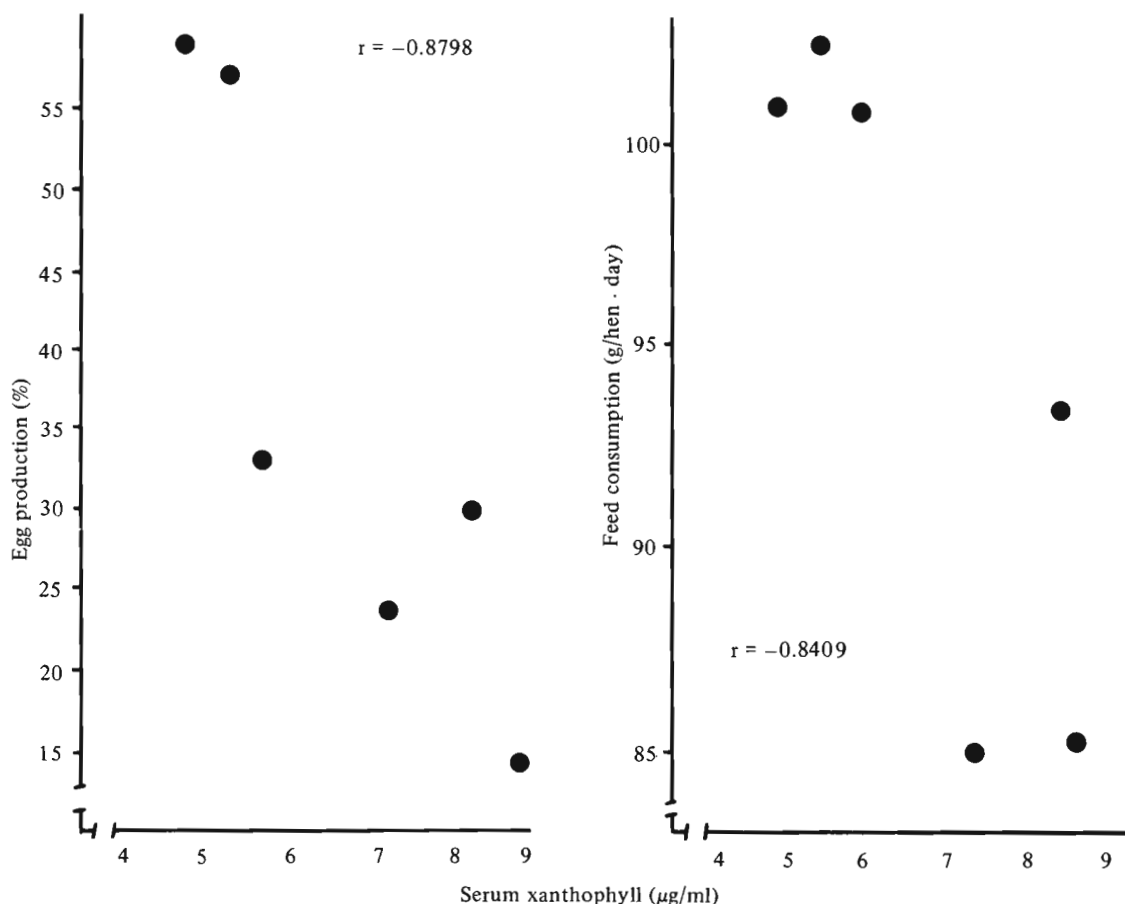


Fig. 4. Correlation of serum xanthophyll content with egg production and feed consumption in slow or non-layers (experiment I).

供試鶏の平均体重はNo.4を除いて、概して揃った値で、SCOTT¹²⁾のWL種雌鶏の成長曲線と同様な成長を示した。体重の増減の推移をみるといずれも増体し、終了時には初期の3.5%–13.2%の増加であった。但し、No.1のみはわずかの増体であった。この増体の原因は、飼料摂取量に比較して鶏卵生産量の少ないことによるもので、余剰となった生産エネルギーが蓄積された結果に外ならない。このことは、一般に産卵休止前後において体重の著しい増加が認められることから証明される。No.4が品種の標準をかなり上廻って大きな体重を示したことについては、個体的な要因によるものであるが、低産卵率の続いていたことにも関係があると思われる。

b. 飼料摂取量について。

飼料摂取量の動向についてはTable 5に示すとおりである。

Table 5. Feed consumption in slow or non-layers induced by the naturally decreasing day-lengths (Exp. II)

Hen no.	Feed consumption (g/hen · day)			
	Period (weeks)			
	1 – 2	3 – 4	5 – 6	7 – 8
1	92.6	91.3	57.6	35.1
2	101.3	100.2	99.8	92.0
3	109.7	105.3	107.5	99.1
4	99.6	107.0	106.2	92.9
5	102.5	84.7	53.1	55.5
6	103.1	105.3	81.4	94.1

飼料摂取量は体重の場合とは逆に、実験の経過とともに減少を示し、食欲の低下が観察された。No.1において62.1%、No.5において45.9%の摂取量の減少が認められ、外はおよそ10%程度であり、産卵休止時の飼料摂取量の減退について、実験Iの結果と同様であった。実験Iの結果においても、飼料摂取量の減退と産卵休止・換羽とは因果関係のあることを述べたが、極端な場合であるが、田名部¹³⁾は鶏の飢餓処理によって甲状腺機能を完全に低下させ、休産換羽に導くことができたと述べている。本実験における場合には、自然日長の短縮が二年鶏に反応し、ホルモンバランスを変化せしめた結果であり、飼料が直接的な要因として働いているものではない。この結果はSMITHおよびNOLES¹¹⁾も同様に自然日長の影響として認めている。

c. 産卵の状況および産卵強度

供試鶏の産卵状況はFig. 5に示すとおりである。

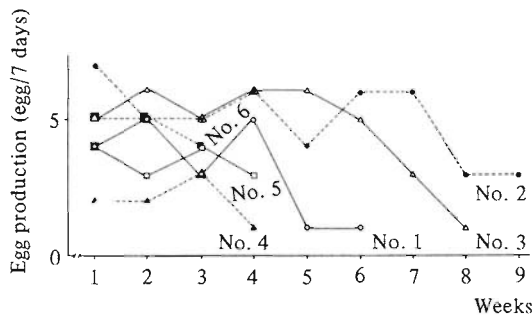


Fig. 5. Egg production changes of slow layers induced by the naturally decreasing day lengths (experiment II).

平均産卵率は初期に64.3%を示し、SMITHおよびNOLES¹¹⁾ SCOTT¹¹⁾ MCCLUSKEY およびPARKER⁵⁾らの結果と比較して、当期としては決して悪い産卵成績ではなかったが、その後は期間の経過とともに減少し、3週で50%、4週では26.2%と著しく低下し、9週では7.1%しか産卵しなかった。この産卵傾向は実験Iにおいて検討した際得られた結果と全く同様であった。

供試鶏各個の産卵休止状況は、期間中にはNo.2を除き他はすべて産卵を休止した。即ち、No.6は観察開始時の第3週、No.4およびNo.5は第4週、No.1は第6週、No.3は第8週にそれぞれ休止した。休止に入る直前の産卵率は、各個体の産卵状況からみて、必ずしも極端に低くなるとは限らないようである。

(2)卵黄の色調におよぼす影響

実験期間中に観察された卵黄の色調の変化はTable 6に示すとおりである。

第1週—第2週における卵黄の色調はRocheの色調板では、9.57の平均着色度数を示したが、3週以降においてはや、うすい色調を示す傾向が認められた。処理個数が少ないために正確な検討は出来なかったが、個体の卵黄の色調の変化からも同様なことが観察された。著者¹⁵⁾は産卵率が比較的高いために、色調の低下傾向を明らかにすることができなかったが、本実験の結果は、産卵率が著しく低下することにより同様な結果を得たであろうことを示唆した。

飼料摂取量および産卵状況から飼料中のキサントフィル含量の増減について推測すると、両要因はむしろ色調の増強方向に働くものと思われ、両者は色

Table 6. Yolk colour in slow layers induced by the naturally decreasing day-lengths (Exp. II)

Hen no.	Yolk colour score*				
	Period (weeks)				
	1-2	3-4	5-6	7-8	9
1	9.75	9.35	9.00	—	—
2	9.50	9.09	8.80	8.87	9.00
3	9.45	9.00	8.90	9.00	—
4	9.71	9.66	10.00	—	—
5	10.00	10.00	—	—	—
6	9.22	9.00	—	—	—
Average	9.57±0.56**	9.31±0.71	8.91±0.64	8.91±0.27	9.00±0.00

*Score ranged from 1 to 15 with 1 being almost white and 15 being deep orange.

**Mean ± S. D.

調の低下に影響する主要因ではないと考えられる。

(3) 血清中のキサントフィル含量におよぼす影響

産卵の休止・換羽の前後における血清中のキサントフィル含量について検討した結果は、Fig. 6 に示すとおりである。

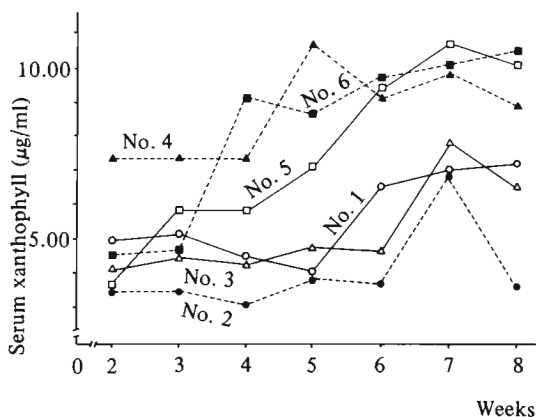


Fig. 6. Serum xanthophyll contents about pause in laying of chickens (experiment II).

血清中のキサントフィル含量は、個体、産卵率または飼料摂取量などの影響によりそれぞれ異っており、1～2週までは平均キサントフィル含量は $4.74 \pm 1.25 \mu\text{g/ml}$ 程度であったが、鶏が休産に入ると $5.23 \pm 1.21 \mu\text{g/ml}$ 程度に含量が高くなり、休産が進むとともない、さらに水準を高め、7週を経過する時点では $8.88 \pm 1.49 \mu\text{g/ml}$ の含量を示し、休産前にくらべおよそ1.9倍の増加であった。この増加割合は実験Iにおける産卵率を考慮して比較すればほぼ同じ結果である。

つぎに、個体レベルでのキサントフィル含量を検討すると、No. 4の血清中のキサントフィル含量が他の供試鶏より著しく高いのは、体重が比較的大きいことに加えて産卵率が低いために、キサントフィルの利用性が他のどの鶏よりも劣っていたことが原因であろう。この場合には、卵黄への移行が少なく、体脂肪または鶏体の他部への貯蔵の方向でキサントフィルの利用がなされ、しかも、その利用の速度が遅いために血液中に多く見出されるものと思われる。

血清中のキサントフィル含量と休産現象との関連では、各鶏ともにキサントフィル含量の顕著な増加は産卵休止前後から認められた。即ち、No. 1においては6週の休産に対して5～6週、No. 3は8週に対

して6～7週、No. 4は4週に対して4～5週、No. 6は3週に対して3～4週に、それぞれ著しいキサントフィル含量の増加がみられた。この結果は、実験Iにおける産卵率との相関を検討した際の結果と一致する。これに反して、産卵成績の比較的良好なNo. 2, No. 3のキサントフィル含量が比較的低い値を示したのは、産卵の継続によってキサントフィルの利用が円滑に行なわれたことをあらわしている。No. 2の血清キサントフィル含量が6～7週に著しく高くなった原因は、8週における産卵率の低下および実験終了後に観察された休産の影響を受けた結果によるもので、キサントフィルの利用性の低下の現象の一つであると解される。

自然日長の短縮の影響は、産卵率および飼料摂取量に強い影響をおよぼすことが認められ、この際GTHの衰退がestrogenの分泌を抑制し、結果として産卵休止に至ると考えられるが、また、これらのホルモンは色調に影響し、キサントフィルの利用性を低下せしめて色調をうすくするものと推測される。

IV 要 約

夏季孵化のWhite Leghorn種成鶏(2年鶏)を供試し、中秋より晩秋の6週間(実験I)、および春季孵化の同種(2年鶏)を供試し、初秋より産卵休止に至るまでの9週間(実験II)をそれぞれ実験期間として、自然日長の短日における卵黄の色調および血清中のキサントフィル含量におよぼす影響、ならびにそれらに影響する二、三の要因について検討した結果を要約すれば、つぎのとおりである。

短日期に入ると、産卵率および飼料摂取量はともに著しく低下し、産卵休止(換羽)の現象が認められ、血清中のキサントフィル含量は産卵率50%以下に達すると急速に増加した。しかし、その後さらに産卵率が低下しても、キサントフィル含量は停滞気味であった。

個体レベルでは、産卵休止にともない体重は著しく増体し、飼料摂取量は逆に10%程度の減少が認められた。この結果は個体によって異なる傾向が強い。卵黄の色調は休産状況に近づくに従いや、うすい傾向を示した。平均の色調度は $9.57-9.00$ 程度である。産卵率の低下および飼料摂取量の両要因の複合した形での、色調への影響は認められなかった。血清中のキサントフィル含量は産卵状況の良好な場合には低い値であったが、産卵休止前後には著しく増加し、卵黄への移行が阻止された現象であると推測された。

文 献

- 1) 岡本正幹：家禽会誌 **5** 163(1968)
- 2) 本間運隆：日畜会報 **41** 171(1970)
- 3) 細田達雄：畜産の研究 **10** 907-910(1956)
- 4) 田中克英・田名部雄一：家禽会誌12周年記念号 29(1966)
- 5) W.H.MCCLUSKEY and J.E.PARKER：Poultry Sci., **42** 1161-1165(1963)
- 6) 兼松重任：日畜会報 **39** 143(1968)
- 7) W.O.WILSON：Poultry Sci., **35** 226-227 (1956)
- 8) 阿部恒夫：家畜の血液型とその応用 第1版 40-47 養賢堂 東京(1971)
- 9) S.HURWITZ and PAUL GRIMINGER：Poultry Sci., **40** 499(1961)
- 10) W.P.WILLIAMS, R.E.DAVIES and J.R.COUGH：ibid **45** 691-699(1963)
- 11) J.C.FRITZ：Feedstuffs 34(19) **44** (1962)
- 12) M.L.SCOTT：Synthetic Feeds **19** 218(1974)
- 13) 田名部雄一：鶏の改良と繁殖 第1版 341-342 養賢堂 東京(1971)
- 14) R.E.SMITH and R.K.NOLES：Poultry Sci., **42** 973-981(1963)
- 15) 犬塚澄雄・田中治良・杉岡生三：未発表

(昭和49年11月1日受理)