《総 説》

産卵と環境, とくに光の人工調節

岡 本 正 幹

九州大学農学部 福岡市

緒 言

産卵機能と環境との関係を取扱った報告は、資料程度のものまで含めると、おびただしい数になるが、そのうちもっとも注目されるのは、おそらく産卵機能の向上、あるいは調整をはかる目的で検討された、光の人工調節に関するものといえよう。これは当初冬季における産卵率の低下を防止し、その季節変動を解消する目的で検討されたもので、BROWN¹⁾の著書によると、すでに1802年に刊行されたスペインの書籍に記述されているよしである。しかし米国で実験的に検討され、実用化されはじめたのは、おおむね1900年前後からのようで、その間の事情はCURTIS²⁾の編著書に述べられている。一方季節性を構成する他の有力な要因である温度については、冬季における暖房の効果を取りあげたBRUCKNER³⁾、LEE *et al.*⁴⁾などの報告がでるまでは、ほとんど報告されていないので、1930年代から検討の対象となったといえる。

いうまでもなく自然環境では、光と温度とは相互に密接に関連しながら季節性を構成しているので、これを分離して検討することは困難なばあいが多いが、現在の環境調節実験施設を利用すれば、それぞれに任意の条件を設定できる。したがって最近の研究は、自然的制約から解放されたこの施設を利用して展開されつつある。本稿でこうした研究の動向を述べつくことは困難であるから、実用的な意味でもっとも有意義な光の調節を中心に概要を紹介し、温度については相互に関連だけを取扱うことにしたい。

(1) 同一時間の照明を連続する方法

さきに述べたように、人工照明法の当初の目的は、冬季産卵率の低下を防止し、その季節変動を解消すること

であり、しかもその理念は日照時間の短縮に伴う採食・消化、およびその他の活動の不足を防止することにあったようである。そのばあい調節を加えた最適日長としては、12~14時間というのが、1920年ころまでにまとまった多数意見であった。その後この問題はさらに視野を広くして、季節を通じた最適日長、性成熟との関連、あるいは生体として反応機構などの追求に進展したが、同一日長を継続する方法の検討としては、DOBIE *et al.*⁵⁾の研究が一般にもっとも注目すべきものと考えられている。これは7時間以上を2時間差に区分して、春びなの産卵成績を比較したもので、その結果は13時間区が最高で、11時間以下は明らかに不良、15時間以上は無意味という結論であった。その後PLATT⁶⁾は8時間の日長に相当する照明時間の人工調節の継続は、明らかに産卵率を抑制すると報告し、SYKES⁷⁾は6時間に相当する操作によって、同じような抑制効果を報告し、これまでの一般的な見解に同調した。この見解は、産卵機能の発現には最短日長基準があるという考えかたに通ずるが、MORRIS *et al.*⁸⁾は、6、14、22時間の日長に相当する人工照明の効果を比較し、6時間の照明では、初期の産卵率は他の2区にくらべてやや劣る感があるが、39週齢までを通算すると、区間の産卵率に有意差は認められないことから、このような考えかたに対して否定的な意思を表明している。なおこの通算産卵率の問題については、さきに述べた人工照明法によって、冬季産卵率の低下を防止すれば、それに伴って翌春の産卵率が自然のままのばあいよりも低下することが、すでにPENQUITE AND THOMPSON⁹⁾、GUTTERIDGE *et al.*¹⁰⁾などによっても指摘されていたことで、こうした方法では年間産卵数、あるいは長期にわたる産卵数を大きく増加させることは困難とみなされる。したがってこの問題については別の対策を考える必要がある。

(2) 光周期に対する産卵機能の反応の理念

人工照明によって冬季産卵率の低下を防止しようとする発想の理念は、飼料摂取量の減少を防止する栄養改善的なものであったが、この理念について、まず

昭和43年5月28日受付

Egg production and environment, with special reference to the artificial control of light—a review
SEAIKAN OKAMOTO

Faculty of Agriculture, Kyushu University,
Fukuoka-shi

GOODALE¹¹⁾ は栄養改善だけでは効果がないことを指摘して問題を提起し、まもなく飼料摂取量とは関係がないことを指摘した KABLE *et al.*¹²⁾ の報告によって支持された。別に WHETHAM¹³⁾ は産卵率の季節変動と光周期との関係を、南北両半球にかけて、緯度を異にする 11 の地域から集めた資料について検討し、日長の変動は下垂体前葉の活性を通じて産卵機能を支配すること、このばあいの光刺激に対する下垂体前葉の反応は、光の量すなわち日長そのものよりも、その変動（すなわち増減の方向と程度）によって誘起されることを示唆した。この示唆には実験的な裏付けはないけれども、注目すべき問題の提起であって、後で取りあげる各種の照明法の開発に大きく寄与したといえる。

(3) 産卵開始日齢と光周期

ふ化時期によって産卵開始日齢に差があることは、一般に認められている事実であるが、これを最初に観測した結果の報告としては、UPP AND THOMPSON¹⁴⁾ のものが注目される。これは 1923 年から 1924 年にかけて、2 週間おきにふ化させた白色レグホーンについて検討したもので、その結果に基づいて研究者らは、初卵産出日齢とその時期の日照時間との間には密接な関係があり、後者における 1 時間の延長は、前者における 15 日の短縮に相当する回帰図を提示している。BYERLY AND KNOX¹⁵⁾ は後になってこれをほとんどそのまま追認し、さらに人工照明によって産卵開始期に近い時期の日照時間の不足を補充すると、ある程度その開始が促進されることを指摘した。これは注目すべき研究ではあったが、まだ日照時間の変動の意義にはふれていない。

このように産卵開始期の日長が、ふ化時期によって産卵開始日齢に差を生ずる主要因であるならば、この時期まで 24 時間の照明を継続すれば、産卵開始の促進が起こるはずである。しかし CALLENBACH *et al.*¹⁶⁾, WILSON *et al.*¹⁷⁾ などの試験では、いずれも自然条件の対照よりむしろ遅延する傾向があり、LAUBER¹⁸⁾ の試験でも 24 時間照明による促進効果は認められない。逆に日照時間を人工的に同じ短時間に抑制し続けると、産卵開始の遅延が起こることが考えられるが、当初から 6 時間に照明を抑制した SYKES⁷⁾ の報告によると、そのような傾向はまったく認められず、その後産卵機能を高めるための前処理として行なった KING¹⁹⁾, BOWMAN AND JONES²⁰⁾ などの報告でも、6 時間/日の連続では、産卵開始日齢はほとんど遅延していない。もっとも BOWMAN *et al.*²¹⁾, NOLES AND SMITH²²⁾ のように、いくらか遅延の傾向が見られる資料を提示した例もあるが、これらは育成の途中で抑制を開始したばあいで、これには処理開始の時期が関係してい

ると思われる。

別に TOMHAVE²³⁾ は産卵開始の早い 10 月ふ化のひなに対して、3 月ふ化のひなと同一条件になるように、冬季間の日照時間の不足を人工照明で調節した結果、産卵開始が 1~2 週間遅延したと報告している。これは明らかに日照時間の変動の意義を示唆していると思われるが、原著者はこの点をほとんど論じていない。

大要以上のような研究経過をたどっているうちに、MORRIS AND FOX²⁴⁾ は初産日齢と日照時間の変動との関係を詳細に検討し、産卵開始期の日長、あるいは育成期間の通算日照時間数を重要視するのは妥当ではなく、光周期、すなわち日照時間の変動性を重要視すべきであるとして、性成熟期とふ化時期との日照時間の差に基づいて、初産日齢を概算する次の回帰式を算定した。

$$y = 166 - 1.64(d_M - d_H)$$

ただし y は初産日齢、 d_M と d_H はそれぞれ性成熟期とふ化日との日照時間

原著者らによると 12 月にふ化した材料では、育成中の照明時間を 24 時間から 14 時間に漸減すると、自然の対照より初産日齢が約 3 週間遅延したという。この傾向は、多少程度の差こそあれ、LOWE AND HEYWANG²⁵⁾, SHUTZE *et al.*²⁶⁾, 須崎・浜川²⁷⁾, BOWMAN AND JONES²⁰⁾, PROUDFOOT AND GOWE²⁸⁾, MARS AND LUCAS²⁹⁾ などによって追認されたことになっているけれども、少数例ながら LILLIE AND DENTON³⁰⁾ のように否定的な事実を述べたものもある。

(4) 時間を変動させる照明法

照明時間に関する抑制・漸増法の開発：以上に述べたように、産卵機能ならびに産卵開始（性成熟）に対する日長、あるいは照明時間の変動の効果が、少数の異見があるとはいえ、大勢として承認される傾向に伴って、育成期および産卵期を通じた一連の人工照明法が考案された。これは初産日齢ころまでを 6 時間/日程度に抑制し、その後をしだいに延長する照明法で、これを具体的な技術体系としたのは KING³¹⁾ の功績といわれるところから、しばしば KING 式照明法と呼ばれる。その原法は 20 週齢まで 6 時間/日に抑制し、それ以後を毎週 15 分の割合で照明時間を延長するもので、育成期を 12 時間/日とし、20 週以後を 14 時間/日とする対照よりも、通算の産卵率が高いと考案者は述べている。なおこの延長操作で照明時間が 14 時間に達するのは、開始後約 6 カ月のときで、原法ではこの時点で延長を取りやめ、そのまま一定とすることになっている。

抑制・漸増法の追認と改訂：KING の考案による抑制・漸増法は関係者の注目を集め、理念としてはこれを承認

する傾向があったが，追試の結果として多少変更した例，あるいは批判的な態度を表明した例もかなり見られる。この間の事情をおもな文献によって要約すると次のようになる。

BOWMAN³²⁾, YEATES³³⁾などは，初産日齢に達したところからの照明時間の漸増の合理性は認めたが，14時間/日の連続にまさるとは述べていない。しかし BOWMAN AND JONES³⁰⁾はこの方法について検討を続け，まず6時間/日の抑制から，漸増に転ずる時期を18週齢とし，漸増時間を20分/週に変更して，62週までの産卵数を集計した結果，18週齢にいきなり14時間/日に切替える方法に比較して，25%産卵開始はやや遅延するが，通算産卵数はほとんど同じか，あるいはむしろ多いと述べ，次に当初の産卵率を高めるために，19～22週齢までにかぎり漸増の程度を45分/週に変更したところ，25%産卵開始が3日ほど短縮され，54週齢までの産卵数が，3コほど増加したと報告している。SHUTZE *et al.*³⁶⁾³⁴⁾はいろいろな組合わせて実験を重ね，産卵開始を抑制することと，その時期になって光刺激をある程度強くする必要から，育成期の照明を16時間から9時間に漸減し，20週齢に達したとき，一挙に2時間，その後15分/週程度漸増して最後に16時間/日に一定とする方法が，もっとも効果的であったと報告している。NOLES AND SMITH³²⁾は145日齢で漸増に切りかえるとき，そのまま15分/週に移行する方法と，一挙に15時間/日に増加した後15分/週に移行する方法とを比較し，通算産卵数にはほとんど差がないが，持続性は前の方法がすぐれていること，ただし初期の産卵数は後の方法に劣ることなどを追認している。このように漸増の程度を少なくすると，初期の産卵数が少ないことに問題があるが，これと持続性との関係はきわめて微妙であることを考慮して，BOWMAN *et al.*³⁵⁾はさらに検討を重ね，育成期を6時間/日とし，18週齢で一挙に9時間/日とし，その後を20分/週の漸増とするのがもっともすぐれた産卵成績をあげたと報告している。

以上述べた研究例は，概して KING 式抑制・漸増法の合理性を認めた上での変更を考えたものであるが，次に述べる SIEGEL *et al.*³⁶⁾の例は，光刺激の効果は認めているけれども，抑制・漸増法そのものにはかなり批判的である。この研究者たちのとった方法は，育成期の抑制処置をとらず，当初から14時間/日の照明を継続し，50週齢になって産卵率の低下が目立ってきたとき，毎週3%の割合で照明時間を延長するもので，通算の産卵率は KING 式抑制・漸増法にまさるとも劣らないと報告している。さらに SIEGEL *et al.*³⁶⁾が問題にしているのは，床上(巢外)産卵率で，KING 式そのままでは産卵初期に30%近くにまで達することがあるという。平飼いの大規

模養鶏では，この問題はかなり重要である。最近一挙に数時間延長した後漸増に移行する方法が考案されてきたのには，あるいはこのような問題も関係しているかもしれない。

育成期における抑制の限界と産卵期における漸増の限界：抑制・漸増法をとるばあい，育成期の抑制限界を6時間にしたのは，産卵開始日齢にあまり影響がなくて，しかも産卵期になってからの増加処理の期間，あるいは増加の程度を大きくしようとする理念に立ったものと考えられる。このうち育成期における抑制の限界については，KING¹⁹⁾の注目すべき資料がある。すなわち20週齢までまったく無照明(0時間/日)で育成すると，10%産卵開始日齢が10日以上遅延し，21週間から漸増法をとっても14時間/日の連続法をとっても，産卵率は本人の考案した抑制・漸増法を採用したばあいよりも，はるかに低い。また育成中を2～4時間/日に抑制すると，10%産卵開始は約1週間おくれ，当初4カ月の産卵率は漸増法ではやや低いが，14時間/日の連続法をとれば，ほとんど差がないことになっている。ほかに産卵期になってからも10カ月齢まで抑制を継続し，その後13時間/日の連続照明とした McCUSKEY AND PARKER³⁷⁾の破格の報告があって，それによると抑制期の照明を1時間および3時間にすると，9時間および10時間にしたばあいにくらべて，初期の産卵成績はたしかに悪いが，後期にはむしろよくなるという。

一方産卵期になってからの漸増の限界については，さきに述べた KING³¹⁾の原法は14時間までであるが，その後の MORRIS AND FOX³⁸⁾, BOWMAN AND JONES³⁰⁾などは17時間が限界で，これ以上は無意味であるとしている。ただし前者は8時間から，後者は6時間から漸増に移行している。別に NOLES AND SMITH³²⁾, SMITH AND NOLES³⁹⁾などは15時間以上は無意味であるとしているが，この研究者たちの見解では漸増法と15時間/日の連続法とは，産卵率の変動の型がちがっているだけで，年間の産卵率には差がないことになっている。また LANSON AND STURKIE⁴⁰⁾は18時間まで漸増しているが，これは12時間から開始し，しかもその効果については13～14時間/日の連続におよばないと述べているので，むしろ破格の存在であろう。

このように研究者たちの得た結果，および見解に相違があるのは，もともと延長あるいは漸増の限界は，長日期の日長に合致するという理念に立っているのに，試験の行なわれた地域間には，緯度の差によって日長の変動が大きくちがっていること，さらにはこれに伴う温度の差があることあるいはまた，供用された，ひなのふ化時期に差があること，などが関係しているためと考えられる。

なおまた光に対する感受性は産卵機能の低いものほど顕著であるから、改良の進んだ卵用鶏でも遺伝子型による差があることも考えられる。現在のところこれを意識した研究例は、SIEGEL *et al.*³⁸⁾, PROUDFOOT AND GOWE²⁸⁾などのほかにあまり見当たらないけれども、今後はこの点も追究の価値があるかもしれない。

(5) 瞬間照明法と断続照明法

産卵機能の向上に対する照明時間延長の効果が、下垂体一生殖腺系の内分泌器官に対する光の刺激作用によるものであれば、照明時間を延長しないで、刺激だけを強化する方法も検討の価値があろう。次に述べる瞬間照明法や断続照明法は、その意味で注目される。

瞬間照明法: STAFFE⁴¹⁾ は早朝 (午前 4 時) に 1,500 W の強力な照明を、20 秒程度、1 回～2 回与えると、冬季の産卵率は、14 時間/日の連続照明にはおよばないとしても、自然に放置したばあいに比べると、かなり向上すると報告し、MATTHEWS⁴²⁾ は同じ強さの照明を、午前 3 時～5 時に、各 20 秒間 3 回繰返すことによって、連続的夜間照明のばあいとほぼ同程度の効果があると報告している。FOX AND MORRIS⁴³⁾ は瞬間照明だけを加えても、産卵率を高める効果を認めたが、その程度は 14 時間/日の連続とする方法にはおよばなかったとして、STAFFE⁴¹⁾ の見解に同調した。LANSON AND STURKIE⁴⁰⁾ の見解もこれとほとんど同じである。

MEHNER U. SOMMERFIELD⁴⁴⁾, MEHNER U. LÜHMANN⁴⁵⁾, MEHNER U. VOGT⁴⁶⁾ などは、電球を 500 W としてこの問題を追試し、冬季産卵率の保持には確実に有効といえるが、14 時間/日の連続法の効果にはおよばないこと、および瞬間照明の回数を増加すると、いくらか有効性が高まることを報告している。

このように瞬間照明を早朝に実施すると、ある程度産卵率の向上に有効である点では、ほとんど意見が一致しているが、14 時間/日の連続照明と差がないほどの効果を認めた例はほとんどない。しかしこれが採食その他の行動を伴わない純粋の光刺激であることでは、まさに注目にあたいする。

断続照明法: この方法は照明を連続しないで、数回に分けようとするもので、順応による刺激効果の低下を防止することを理念とする。DOBIE *et al.*⁵⁾ は、照明時間が 8 時間/日の連続であるばあい、深夜 2 時間 (23 時 30 分～1 時 30 分) の照明を加えると、連続的に 2 時間延長するよりも効果があることを示唆した。ただしすでに 11 時間/日の連続となっておれば、このような追加はまったく無効であることも付記している。WILSON AND ABPLANALP⁴⁷⁾ は、明 90 分: 暗 2 時間 30 分、明 60 分:

暗 3 時間、明 45 分: 暗 3 時間 15 分、明 15 分: 暗 3 時間 45 分、明 5 分: 暗 3 時間 55 分、明 1 分: 暗 3 時間 59 分など、いろいろな組合わせて、4 時間ごとの 6 周期/日の断続照明区を設定して産卵成績を比較した結果、照明時間の総計が同じであれば、連続照明より断続照明の方が効果的であり、さらにこのような短周期処理のばあいの産卵率は、与えられた照明時間に比例するものではない事実を報告した。もっともこのような断続照明を与えたばあいの産卵率は、14 時間/日の標準的な連続照明ほどには効果がなかったことも付記している。WILCOX *et al.*⁴⁸⁾ の報告 (要旨のみ) も、周期数は 4 周期/日であるが、ほぼこれを追認したものといえる。

別に WOODWARD *et al.*⁴⁹⁾ は明 8: 暗 8 の、また DAVIS *et al.*⁵⁰⁾ は明 4: 暗 12、明 8: 暗 12、明 12: 暗 8、明 12: 暗 4 などの、24 時間の日周期を無視した短周期を設定して産卵率を比較し、前者は明 16: 暗 8 の、後者は明 12: 暗 12 の、24 時間周期におよばなかったと報告しているが、これは断続照明としては破格のもので、後で述べる産卵周期と日周期との関係から検討するのが妥当かもしれない。

(6) 明暗リズムの解消と産卵周期との関係

自然環境で飼育されるかぎり、鶏は原則として昼間に産卵し、夜間には産卵しない。また産卵時刻は午前中にかたより、午後になっても 4 時以後のばあいはまれである。また産卵の間隔は $24 + \alpha$ (または h) 時間で表わされ、この α は通常正の符号をもつ数値であるが、産卵能力のとくに高い鶏では ± 0 に近くなる。この α を一般に「ずれ」とよぶが、これが累積して産卵時刻が午後おそくなると、翌日は休産することになる。このような現象を総括して産卵周期、または産卵のリズムという。このリズムは必ずしも規則的であるとはかぎらないが、生理学的には古くから注目され、近年これらの生理的機構について、いくつかの仮説が提唱されている。これらの仮説においては、神経・内分泌機構の考えかたにかなりの差があるけれども、神経刺激によって下垂体前葉から排卵誘起ホルモン (実質的には黄体形成ホルモン) が分泌され、その作用によって誘起される排卵を産卵周期の起点と考え、さらにその神経刺激の外的要因として明暗のリズム、すなわち日周期の影響を、ある程度は考慮にいられている点ではほぼ一致している。

この日周期の影響の程度を判断する実験的資料としては、次に述べるように日周期を除去した環境条件を設定して、長期間にわたって産卵時刻、産卵間隔などを追求した例がある。

24 時間の均一照明下で飼育したばあい: WARREN AND

SCOTT⁵¹⁾ は昼間を暗くし、夜間に点灯すると、自然条件では昼間に産卵していた鶏群の大部分が、4日後には夜間に産卵するようになり、さらに24時間照明を連続すると、産卵時刻に昼夜のかたよりがなくなることを指摘した。McNALLY⁵²⁾ も24時間照明の連続によって、同じく産卵時刻のかたよりがなくなることを追認した。しかしここで注意を要するのは、以上二つの試験はいずれも無制限自由採食の条件で行なわれたため、照明と採食活動が関連していることである。FRAPS *et al.*⁵³⁾ はこの点に着目して、産卵時刻のかたよりがはたして光の刺激だけによるかどうかを検討するため、同じ24時間照明のもとで、自由採食としたばあいと、採食時間を日照時間相当に制限したばあいについて、産卵時刻を観測した。その結果、自由採食の鶏群では産卵時刻のかたよりはなくなるが、採食時間を制限した鶏群では、大部分が採食を許された時間内に産卵することを認めた。McNALLY⁵⁴⁾ も昼夜転換と採食時間の変更とを組合わせた試験の結果、FRAPS *et al.* の見解に同調した。これらの見解によると、産卵時刻（あるいは排卵時刻）に対する日周期の影響は、直接的にはあまり重大なものとは考えられないことになる。

MORRIS⁵⁵⁾ は24時間照明の連続と、自由採食の条件では、産卵時刻の偏在がなくなることを認め、このばあい騒音の関与を検討したが、その結果は騒音はあまり関係がなかったと報告している。

連続的暗室飼育のばあい：24時間均一照明とは反対に、まったくの無照明、すなわち暗室内で飼育し、それによって明暗のリズムを除去する方法がある。WILSON AND WOODWARD⁵⁶⁾ は、すでに産卵を開始している二つの鶏群（その一つは明暗それぞれ2時間の断続照明を与えたもので平均産卵率約65%、他の一つは14期間/日の標準照明を与えたもので平均産卵率約80%）を、無照明の暗室飼育に切替えた結果、両群とも産卵率が急速に低下し、5週間後にはいずれも20%程度となったと報告している。この報告では暗室内でも産卵率がほとんど低下しなかった個体がかかなりある、という注目すべき事実が指摘されているが、産卵時刻についてはふれていない。

KING⁵⁷⁾ は、育成期から産卵開始後12カ月間を通じて、連続的暗室飼育とした試験の結果を報告している。2回行なわれたこの結果によると、平均産卵率は約59%で、対照とした抑制・漸増法の約73%にくらべるとかなり低い。産卵期に切替えた WILSON AND WOODWARD⁵⁶⁾ の報告にある約20%にくらべると、いちじるしく高く、鶏の産卵機能には光周期と無関係な要因が大きいことが推察される。またこの報告によると、暗室飼育の鶏群の産卵時刻は、おおむね午前2時から午前8時までであっ

て、対照群の午前6時から正午ではかなりちがっているし、さきに述べた24時間均一照明を継続したものとちがっている。ただしこのような傾向を生ずる理由については、論及されていない。

(7) 日周期の人工的延長とその効果

日周期と産卵間隔とのずれは、鶏体の産卵に関する生理的周期が日周期に一致しないことを意味するが、日周期を人工的に調節することによって、卵の連産数を増加し、ひいては産卵率を高めることができるかどうかは、一応関心をもたせる問題といえる。BYERLY AND MOORE⁵⁸⁾ はこの点に着目して、明14:暗12時間、すなわち26時間の人工的日周期を設定し、初年目および2年目の産卵鶏について、明14:暗10時間の標準的24時間の日周期を対照として産卵成績を比較した。その結果によると、26時間日周期の試験区は、平均連産数が増加し、24時間基準に換算した産卵率がいちじるしく向上したことになっている。VAN ALBADA⁵⁹⁾ はほとんど同じ構想でこれを追試したが、その結果26時間日周期は冬季間の連産数は増加しても、春季になって自然日照が長くなると、その傾向はむしろ逆転し、年間の産卵率には差がないことを指摘した。BIELLIER AND OSTMANN⁶⁰⁾ はこの問題を別の方法で検討した。すなわち明暗それぞれを等時間とした24時間日周期から出発し、まず段階的に明暗関係は等時間のままの21時間日周期とし、一応24時間日周期にもどした後、段階的に同じ明暗関係の42時間日周期にまで延長する方法をとり、その間の産卵記録を詳細に検討した。その結果によると、日周期を24時間から21時間に短縮すると、連産数が減少し、24時間基準の産卵率が低下する傾向があり、日周期を24時間以上にすると連産数は増加するが、24時間基準の産卵率にはあまり影響がなく、連産中の産卵間隔もほとんどそのままである。これに関連して、昼間産卵の原則が乱れ、日周期の設定が変わるにしたがって、産卵時刻と明暗時間との関係が変動することになっている。

(8) 照明の強さと色と光源の種類

照明の強さ（照度）：FAIRBANKS⁶¹⁾ は約40年前に、産卵鶏に対する適当な照度は、鶏の位置で1フィートカンドル (ftc) であって、この条件に合致する点灯法は、200平方フィート (ft²) 当たり40Wのふつう電灯1個となることを報告した。これはこれ以上明るくすることが有害であることを意味するのではなく、無用かつ不経済であることを意味する。その後ブロイラーについては、成長に対する照度の影響を検討した例がいくつか見られるが、産卵鶏については最近まで、この FAIRBANKS

の見解がそのまま受けいられてきたようである。しかし近年のケージ方式の普及に伴って、この問題がふたたび着目される傾向が出現し、MORRIS⁶²⁾ は3段ケージ方式では2段目のところで 2.5 ftc (約 25 ルックス) が適当であると述べている。なおこのばあい1段目では 1.5 ftc 程度になるが、この問題に結論を出すためには、原著者自身が述べているように、さらに追究を要するだろう。

照明の色と光源の種類: 人工照明の色(波長に通ずる)については、近年いくつかの試験成績が公表されている。この問題に関連して、DAKAN⁶³⁾ は約 20 年前に色の影響を否定したが、CARSON *et al.*⁶⁴⁾ はその後白熱灯(ふつう電球)を対照として、白、青、緑、金、赤などのけい光灯の効果を比較し、産卵開始日齢や 400 日齢までの産卵率などにはまったく差がないと報告した。HATTENHAUER⁶⁵⁾ は白、黄、赤の3色の白熱灯について、色による差を否定した。

光源の種類については、上記 CARSON *et al.*⁶⁴⁾ はけい光灯と白熱灯との間に有意差を認めず、OSTRANDER *et al.*⁶⁶⁾ は白熱灯、けい光灯、および赤色球灯の効果を比較し、これも有意差を認めていない。わが国で出口ら⁶⁷⁾ は赤色球灯はやや低く、けい光灯も白熱灯よりやや劣ることを示唆しているが、後の二つの間の差は統計的には有意でないと思われる。

別に BARROTT *et al.*⁶⁸⁾ は紫外線の照射によって、産卵率が向上したことを報告し、この効果はビタミンD類の投与、あるいはプロビタミンDの活性化とは無関係な光の刺激によるものと考察しているが、この点の立証はまだ十分とはいえないだろう。わが国でも紫外線の利用は電気業界から注目されているが、このばあいは理論追求の意思は少なく、したがってビタミンDの力価を高める効果も考慮されているようである。笹本・小林⁶⁹⁾ は紫外線を含むけい光灯を使用すると、白熱灯を使用するよりも、短日期の産卵成績がよいと述べているが、その試験設計は業界の意思に準じ、ビタミン的效果も考慮している(もっともこの報告は普及誌に掲載されたものである)。

(9) 光と温・湿度との同時調節

以上述べたのは、光の調節と鶏の産卵機能との関係を取扱った研究の概要であるが、他の重要な環境要因、とくに温度の問題にはまったくふれなかったので、最後に光のほかに温度および湿度を加え、これらの要因を一応適当とみなされる条件に調節して、産卵成績を検討した事例をあげ、光だけの調節の効果、あるいはその意義について考察したい。

照明時間、温度、および湿度の3要因を同時に調節したばあいと、照明時間だけを調節したばあいとについて、長期にわたる産卵成績を比較した研究例は、これまでに WARREN *et al.*⁷⁰⁾、MUELLER *et al.*⁷¹⁾、および岡本ら⁷²⁾によって公表されているが、別に3要因の同時調節だけを取りあげ、照明時間だけを調節した対照を欠く例が、GREENWOOD⁷³⁾によって公表されている。これらの報告によると、設定された条件に多少の差があり、結果も完全には一致していない点があるが、次の点についてはほぼ一致しているようである。1) 照明時間、温度、湿度の3要因を一応適当と考えられる条件(照明12時間または14時間、温度60~70°F、湿度50~60% RH)に調節すると、産卵率、換羽、卵重量などの季節変動はほとんど消失する。2) 初年度の産卵率については、3要因の調節は自然にくらべてかなり有効であるが、照明時間だけの調節との間には有意の差はなく、2年目の産卵率には、自然との間にもほとんど差がない。3) 平均卵重については、3要因の同時調節は自然および照明時間だけの調節にくらべて、明らかに有利であるが、これは夏の卵重量の減少が防止されることによるもので、光とは直接の関係はなさそうである。4) 照明時間だけの調節は、初年度の産卵には自然にくらべると明らかに有利であるが、2年目にはまったく無効である。

ところで以上の各試験は、光周期を自然として、温度・湿度を一定にした対照を欠いている。したがって光周期あるいは明暗のリズムを考慮して、ある時点での若雌鶏の月間産卵率を推測する目的で、BYERLY⁷⁴⁾ が提案したような方式の是非を論ずるためには、このような実験資料を用意する必要がある。

要 約

人工照明を利用して、冬季(短日季)の産卵率を高めようとする技術は、1800年ころにはすでに開発されていたといわれるが、今世紀になってから必ずしも季節にこだわらない管理技術として検討されるようになった。この技術開発の根拠は、当初採食時間(採食量に通ずる)の問題と考えられたが、その後光刺激を重要視する方向に転じた。

毎日の照明時間を一定とするばあいの最適時間は、およそ13~14時間と推定され、標準的な取扱いをうけている。ただし上限には多少の異論がある。

光刺激説が有力となって以来、その効果を永続させる目的で、産卵開始直前から、しだいに照明時間を増加する方法が考案され、多くの研究者の追認、あるいは効果を増大するための改訂をうけたが、これらの方法では増加期間を長くするため、育成期の照明時間を短くする前

処置を伴うのが原則となっている。しかしこの抑制・漸増法と呼ばれる方法と、1日当たり14時間程度を連続する方法との効果に、統計的な有意差を立証した例は少ない。

日照時間の漸増が産卵開始を促進し、漸減がこれを抑制することについてはほとんど異論がなく、後者は秋びなの育成に利用されることがある。

短日季の深夜に瞬間照明を加えること、および照明の延時間が短いばあいは断続照明とすること、などは光刺激を強くすることを根拠として考案され、それぞれ多少の効果をおげたと報告されている。

明暗のリズムと産卵時刻との関係に関連して、24時間の連続照明のもとでは、採食時間を規制しなければ、産卵時刻のかたよりはほとんど解消するが、採食時間を自然条件での昼間に制限すると、大部分がその時間内に産卵するし、無照明の暗室で飼育すると、おおむね深夜から早朝にかけて産卵する。このような事実から産卵時刻、あるいは産卵間隔などへの明暗リズムの影響は、あまり強力ではないことが考えられる。

日周期と産卵周期とのずれを調整する処置（具体的には日周期の延長）は、連産数を増加するが、長期にわたって産卵数を集計し、24時間の日周期基準の産卵率に換算すると、あまり差がない。

照明の強さについては、平飼いなら古くから指摘されていた1ftcにあまり異論がないようであるが、3段階を用いるならば、中段でその2.5倍くらいがよいとの提案がある。なお照明の色については、その影響を確認できるほどの資料はない。別に紫外線照射の効果を指摘した例があるが、これを純粋な刺激効果と認めるためには、さらに追究の必要があろう。

照明時間を12～14時間にし、温度および湿度を適当な条件に調節すると産卵率の季節変動は解消するが、年間の通算産卵率は、照明だけを調節したばかりとほとんど同じである。ただし平均卵重量は大きい。

文 献

- BROWN, E.: Poultry breeding and production. John Wiley & Sons, New York, 1929.
- CURTIS, E.L.: Use of artificial light to increase winter egg production. Reliable Poultry J. Pub. Co., Quincy, Illinois, 1920.
- BRUCKNER, J.H.: Poultry Sci., **15**, 417, 1936.
- LEE, C.E., S.W. HAMILTON, C.L. HENRY, AND M.E. CALLANON: Poultry Sci., **16**, 267, 1937.
- DOBIE, J.B., J.S. CARVER, AND J. ROBERTS: Washington Agr. Exp. Sta. Bull. 471, 1946.
- PLATT, C.S.: Poultry Sci., **34**, 1045., 1955.
- SYKES, A.H.: J. Agric. Sci., **47**, 429, 1956.
- MORRIS, T.R., S. FOX, AND R.C. JENNINGS: British Poultry Sci., **5**, 133, 1964.
- PENQUITE, R., AND R.B. THOMPSON: Poultry Sci., **12**, 201, 1933.
- GUTTERIDGE, H.S., H.I. MACGREGOR AND J.M. PRATT: Sci. Agric., **35**, 31, 1944.
- GOODALE, H.H.: Poultry Sci., **3**, 173, 1924.
- KABLE, G.W., E.E. FOX, AND A.G. LUNN: Oregon Agr. Exp. Sta. Bull., 231, 1928.
- WHETHAM, E.O.: J. Agric. Sci., **23**, 283, 1933.
- UPP, C.W. AND R.B. THOMPSON: Okla. Agr. Exp. Sta. Bull., 167, 1927.
- BYERLY, T.C., AND C.W. KNOX: Poultry Sci.: **25**, 587, 1946.
- CALLENBACH, E.W., J.E. NICHOLAS, AND R.R. MURPHY: Pennsylvania Agr. Exp. Sta. Bull., 461., 1944.
- WILSON, W.O., A.E. WOODWARD, AND H. ABPLANALP: Biol. Bull., **111**, 415, 1956.
- LAUBER, J.K.: J. Reprod. Fertil., **7**, 409, 1964.
- KING, D.K.: Poultry Sci., **40**, 479, 1961.
- BOWMAN, J.C., AND R.H. JONES: British Poultry Sci., **2**: 91. 1961. *Ibid.*, **4**, 27, 1963.
- BOWMAN, J.C., R. H. JONES, AND D.W. KNIGHT: British Poultry Sci., **5**, 217, 1964.
- NOLES, R.K., AND R.E. SMITH: Poultry Sci., **43**, 848, 1964.
- TOMHAVE, A.E.: Poultry Sci., **33**, 725, 1954.
- MORRIS, T.R., AND S. FOX: Nature, **181**, 1453, 1958. *Ibid.*, **182**, 1522, 1958.
- LOWE, R.W., AND B.W. HEYWANG: Poultry Sci., **40**, 177, 1961.
- SHUTZE, J.V., W.E. MATSON, AND J. MCGINNIS: Poultry Sci., **40**, 1604, 1961.
- 須崎進二・浜川秀正: 宮大農研究特報, **7**, 141, 1962.
- PROUDFOOT, F.G., AND R.S. GOWE: Poultry Sci., **46**, 1056, 1967.
- MARKS, H.L. AND L.M. LUCAS: Poultry Sci., **46**, 1589, 1967.
- LILLIE, R.J., AND C.A. DENTON: Poultry Sci., **44**, 809, 1965.
- KING, D.F.: Poultry Trib., **64**, 15, 1958. Rep. Ser. Ala. Agr. Exp. Sta., 72, 1959.
- BOWMAN, J.C.: British Poultry Sci., **1**, 122, 1960.
- YEATES, N.T.M.: World's Poultry Sci. J., **16**, 324, 1960.
- SHUTZE, J.V., W.E. MATSON, AND J. MCGINNIS: Poultry Sci., **42**, 150, 1963.
- BOWMAN, J.C., R.H. JONES, AND D.W. KNIGHT: British Poultry Sci., **7**, 117, 1966.
- SIEGEL, H.S., W.L. BEANE AND C.E. HOWES: Poultry Sci., **42**, 1064, 1963.
- McCLUSKEY, W.H. AND J.E. PARKER: Poultry Sci., **42**, 1161, 1963.
- MORRIS, T.R., AND S. FOX: British Poultry

- Sci., **2**, 59, 1961.
- 39) SMITH, R.E., AND R.K. NOLES: Poultry Sci., **42**, 973, 1963.
- 40) LANSON, R.K., AND P.D. STURKIE: Poultry Sci., **40**, 1751, 1961.
- 41) STAFFE, A.: Geflügelhof, **12**, 291, 1949, *Ibid.*, **13**, 446, 1950.
- 42) MATTHEWS, P.: World's Poultry Sci.J., **13**, 303, 1957.
- 43) FOX, S., AND T.R. MORRIS: Nature, **182**, 1752, 1958.
- 44) MEHNER, A., UND J. SOMMERFIELD: Arch. Geflügelk., **23**, 174, 1959.
- 45) MEHNER, A., UND M. LÜHMANN: Arch. Geflügelk., **20**, 176, 1962.
- 46) MEHNER, A., UND H. VOGT: Arch. Geflügelk., **28**, 151, 1964.
- 47) WILSON, W.O. AND H. ABPLANALP: Poultry Sci., **35**, 532, 1956.
- 48) WILCOX, T.W., G.T. DAVIS, AND A.F. BEECKLER: Poultry Sci., **39**, 1306, 1960.
- 49) WOODWARD, A.E., W.O. WILSON, H. ABPLANALP: Poultry Sci., **41**, 1758, 1962.
- 50) DAVIS, G.T., T.W. WILCOX AND A.F. BEECKLER: Poultry Sci., **43**, 805, 1964.
- 51) WARREN, D.C. AND H.M. SCOTT: J. Exp. Zool., **74**, 137, 1936.
- 52) McNALLY, E.H.: Anat. Rec., **96**, 588, 1946.
- 53) FRAPS, R.M., B.H. NEHR, AND I. ROTHCHILD: Endocrin., **40**, 241, 1947.
- 54) McNALLY, E.H.: Poultry Sci., **26**, 396, 1947.
- 55) MORRIS, J.A.: Poultry sci., **40**, 995, 1961.
- 56) WILSON, W.O., and A.E. WOODWARD: Poultry Sci., **37**, 1054, 1958.
- 57) KING, D.F.: Poultry Sci., **41**, 1499, 1962.
- 58) BYERLY, T.C., AND O.K. MOORE: Poultry Sci., **20**, 387, 1941.
- 59) VAN ALBADA, M.: Sect. Paper of XIth World's Poultry Cong., 1958.
- 60) BIELLIER, H.V., AND O.W. OSTMANN: Res. Bull. Mo. Agr. Exp. Sta., 747, 1960.
- 61) FAIRBANKS, F.L.: Cornell Agr. Ext. Bull., 90, 1924.
- 62) MORRIS, T.R.: World's Poultry Sci. J., **22**, 156, 1966.
- 63) DAKAN, E.L.: Engng. Exp. Sta. News. **19**, 46, 1947.
- 64) CARSON, J.R., W.A. JUNNILA AND B.F. BACON: Poultry Sci., **37**, 102, 1958.
- 65) HATTENHAUER, H.: Tierzucht, **12**, 199, 1958.
- 66) OSTRANDER, C.E., R.K. RINGER, H.C. ZINDEL, AND C.N. JURNER: Quart. Bull. Mich. Agr. Exp. Sta., **43**, 292, 1960.
- 67) 出口孝吉・川崎 晃・岩本敏雄・青山 寛: 岡山鶏試報告, **3**, 7, 1960.
- 68) BARROTT, H.G., L.G. SCHUENLEBER, AND L.E. CAMPBELL: Poultry Sci., **30**, 409, 1951.
- 69) 笹本 馨・小林正己: 畜産の研究, **21**, 1443, 1967.
- 70) WARREN, D.C., R. CONRAD, A.E. SCHUMACHER, AND T.B. AVERY: Tech. Bull. Kans. Agr. Exp. Sta., 68, 1950.
- 71) MUELLER, C.D., T.B. AVERY, H.D. SMITH, AND R.E. CLEGG: Poultry Sci., **30**, 679, 1951.
- 72) 岡本正幹・古賀 脩・五斗一郎: 日本家禽学会誌, 12 周年記念号, **76**, 1966.
- 73) GREENWOOD, A.W.: Anim. Production, **4**, 80, 1962.
- 74) BYERLY, T.C.: Poultry Sci., **36**, 465, 1957.