

## 鶏の環境と産卵

|       |          |
|-------|----------|
| 誌名    | 鶏病研究会報   |
| ISSN  | 0285709X |
| 著者    | 田中, 克英   |
| 巻/号   | 13巻1号    |
| 掲載ページ | p. 15-22 |
| 発行年月  | 1977年4月  |

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター  
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council  
Secretariat



## 鶏 の 環 境 と 産 卵

Environment and Egg Production in Poultry

田 中 克 英

(岐阜大学農学部家禽畜産学科, 岐阜県各務原市那加門前町)

Katuhide TANAKA

Department of Poultry and Animal Sciences, Gifu University,  
Kakamigahara, Gifu 504

性成熟に達した雌鶏は毎日産卵するが、或日数産卵すると通常1日か2日休産し、その後再び産卵するという現象をくり返す。このような産卵現象は体内の神経・内分泌機構の活動によって発現するものであるが<sup>24)</sup>、産卵機能は生体の他の機能と同様に生体がおかれている環境の変化によって影響をうけるものである<sup>56)</sup>。そこでここでは先ず環境の変化に対する生体の反応について述べ、次いで産卵に影響を及ぼす環境要因について述べようと思う。

### 1. 適応反応とストレス

生体は環境が変化してもその変化に対応した適応反応によって生存していけるような性質(ホメオスタシス)をもっている。この適応反応には(1)特異的反応と(2)非特異的反応との2種類がある。特異的反応とは例えば寒冷にさらされるとふるえて体熱を生産するというように、特定の刺激に対して示す独得な反応である。これに対して非特異的反応というのは生体がうける刺激の種類の如何に拘らず一様にひきおこされる反応である。しかもこの反応はただ1つの反応ではなく、いろいろな反応が程度の差はあるがほぼ同時にひきおこされる。従ってこの反応によって発現する症候は多岐にわたるので適応症候群(General adaptation syndrome)とよばれている。適応症候群を示す

生体の状態をストレス(Stress)とよび、ストレスをひきおこす刺激をストレサー(Stressor)とよんでいる。ストレサーが生体に与えられると生体は一時的に種々のショック反応(例えば体温下降、血糖減少、血中乳酸の増加、血中Na減少、血中K増加など)を示し、次いでショックに伴う諸変化をもとにもどす方向への反応(防禦反応)がひきおこされる。この防禦反応には副腎が重要な役割を演じている。すなわち副腎の髄質からはアドレナリンが分泌され、これによって血糖を増加させ、皮質からはコルチコステロンやアルドステロンが分泌され、これによって種々の変化を回復させる。従って、ストレスの状態下では副腎皮質ホルモンの分泌は増加するので、副腎皮質ホルモンの分泌量が増加しているかどうかはストレスであるかどうかを判定するための基準となる<sup>7)</sup>。

### 2. 鶏のストレスと副腎皮質ホルモンの分泌

鶏における適応症候群として知られているものは、(1)血中コルチコステロン濃度の増加<sup>23)</sup>、(2)副腎のアスコルビン酸含量<sup>26)</sup>およびコレステロール含量<sup>7,14,30)</sup>の減少、(3)淋巴白血球数の減少と異染色性白血球数の増加<sup>45,51)</sup>、(4)血中クエン酸濃度の増加<sup>8)</sup>、(5)Na, K, 尿酸, Nの排出増加<sup>4,5)</sup>、(6)胸腺の萎縮<sup>26,27)</sup>、ファブリシウス嚢の萎縮(雛のみ)<sup>26,27,28,29,52)</sup>、脾臓の萎縮<sup>26,27,29)</sup>、(7)副腎重量および脳下垂体前葉重量<sup>26,38)</sup>の増加、(8)成長の阻害<sup>14,27,29)</sup>などである。

副腎皮質ホルモン（コルチコイド）の分泌は鶏においても哺乳類におけると同様に脳下垂体前葉から分泌される副腎皮質刺激ホルモン（ACTH）によって促され、脳下垂体前葉の ACTH の分泌は視床下部の副腎皮質刺激ホルモン放出ホルモン（CRH）によって促されるものとみなされている<sup>22)</sup>。しかしながら、鶏では脳下垂体前葉の ACTH によって促される機構のほか ACTH の関与なしにコルチコイドを分泌する機構も存在するのではないかという報告がある<sup>23)</sup>。また哺乳類では副腎皮質ホルモンのうち重要な生理作用をもつものは糖質コルチコイドとしてのコルチコステロン、コルチゾン、コルチゾール、および鉱質コルチコイドとしてのアルドステロンであるが、鶏ではコルチゾン、コルチゾールの分泌量は測定され得ないほど微量である<sup>22)</sup>。アルドステロンについては、これが鶏の副腎で生成されることは明らかにされていたが<sup>16)</sup>、血中では従来検出されておらず<sup>22)</sup>、感度のすぐれた最近の方法によってようやく検出され得たものである<sup>63)</sup>。哺乳類では腎臓から分泌されるレニンが血中のアンジオテンシン・I をアンジオテンシン・II に変え、このアンジオテンシン・II が副腎皮質のアルドステロン分泌を促すという機構が知られているが<sup>27)</sup>、このような機構は鶏では未だその存在が証明されていない。

シチメンチョウにおいてストレスをおこさせる処置として暑熱または寒冷を与え、これらの処置によるコルチコステロン分泌量の増加に関して若干の結果が報告されているが<sup>17)</sup>、従来の測定法は信頼性が低く、測定値はコルチコステロンのみの測定値とはみなし難い難点があった。それ故、副腎皮質ホルモン分泌に関する研究に支障があったが、最近になって感度・精度・特異性のいずれにもすぐれたラジオイムノアッセイ（RIA）法が鶏の血中のコルチコステロンやアルドステロン量の測定に使用され得るようになったので<sup>64)</sup>、鶏におけるこれらのホルモンの分泌機構やそのストレスに伴う変化など鶏におけるストレスの研究は今後大いに進展するものと思われる。

### 3. ストレスと産卵

鶏においてはいろいろな要因がいわゆるストレ

スとして産卵に影響を及ぼし、甚だしいときには休産をひきおこすと一般によくいわれているが、それらの要因が果してどの程度に副腎皮質ホルモンの分泌を亢進し、それがどのように作用して産卵に影響を及ぼすのかという点については殆んど明らかにされていない。例えば鶏を絶食させると脳下垂体前葉の性腺刺激ホルモンの分泌が抑制され、排卵の停止すなわち産卵の停止（休産）がひきおこされ、特定の時期においては換羽が誘起されることはよく知られており、この場合の絶食処理は1つのストレスとして理解されている。しかしながら、この場合の視床下部・脳下垂体・副腎系の活動状況は明らかにされておらず、従ってストレスに伴うこの系の活動と視床下部・脳下垂体・卵巣系の活動の停止とがいかなる因果関係にあるのかについても明らかでない。

デキサメサゾンという薬物は哺乳類においては脳下垂体前葉の ACTH 分泌を抑制し、その結果副腎皮質ホルモン分泌を抑えるものとして知られているが<sup>81)</sup>、これを産卵鶏に注射すると排卵が阻止される<sup>69)</sup>。デキサメサゾンの排卵阻止効果は ACTH の投与によって著しく減少する<sup>69)</sup>。従ってデキサメサゾンは副腎皮質ホルモン分泌を抑制することによって排卵を阻止すると考えられる。しかし、こう考えると副腎皮質ホルモンは排卵誘起に関係するホルモンであるということになり、実際に副腎皮質ホルモン（デソキシコルチコステロン・アセテート）の投与が排卵を誘起したという報告<sup>24)</sup>もあるが、ストレスに伴う休産の説明は困難となる。

ストレスの1つと考えられる開腹手術を産卵鶏に行なうと卵胞の閉鎖（排卵の停止）がおこり休産するようになる<sup>62)</sup>。しかしこの場合、休産する確率は産卵率が比較的低い鶏では高いが、産卵率の高い鶏では低くあまり休産しないことが知られている<sup>62)</sup>。従って鶏の産卵機能のストレスに対する抵抗性は鶏の状態によって異なるものと思われる。しかしながら、このような差異が視床下部・脳下垂体副腎系の反応の差異にもとづくものであるのか、あるいは副腎皮質ホルモン分泌増加に伴ういろいろな変化に対する視床下部・脳下垂体・卵巣系の抵抗性にもとづくものであるのか明

らかでなく、このような点の追究が今後なされるであろう。また産卵機能のストレスに対する抵抗性は個体や系統によっても異なるであろうと推察されるので、ストレス抵抗性を目標とした鶏の育種も今後行なわれるであろう。

#### 4. 環境要因と産卵

##### a) 光

環境を構成する要因すなわち環境要因としてはいろいろあるが、その中でも特に産卵に及ぼす影響が大きいものの1つとして光 (Light) がある。光が生体に及ぼす作用には2種類ある<sup>73)</sup>。すなわち、①性腺 (卵巣や精巣) 機能の促進作用と②明暗による生体リズムの規制とである。従って、雌鶏では①の効果は初産日齢 (性成熟) や産卵率の変化として現れ、②の効果は産卵 (放卵) 時刻の限定として現れる。鶏 (鳥類) における光の作用経路は2つあって、その1つは網膜を経由する経路であり、他の1つは網膜を経由しない経路 (Extra-retinal pathway) である<sup>32)</sup>。しかしいずれの系路も最終的には視床下部・脳下垂体・性腺 (卵巣または精巣) 系に連ることにおいては同じであり、異なる点は受容器とそこから視床下部に到るまでの経路である。網膜を経由しない経路における光の受容器は脳に存在することは疑う余地のないことであるが、脳のいかなる部位であるかは未だ明確にされていない。松果体が光の受容器ではないかという説もあるが、疑問であるともいわれている<sup>32)</sup>。

##### i) 性腺刺激効果

光の性腺刺激作用は波長や照度のように光のそのものの性質にもとづくものと明暗周期によるものとに分けられる。

鶏については性腺刺激効果の波長による差異を明確にした報告は見当たらないようであるが、アヒル<sup>1)</sup> や野鳥<sup>3)</sup> においては波長の長いもの (赤色) の方が短いもの (緑色・青色) よりも強いことが知られている。これは波長の長い光の方が眼および眼窩組織の透過率が高いため、視床下部に到達する光の量が多い<sup>1)</sup> ことによるものとして理解されている。しかしながら、鶏においてはいろいろな波長の光の照明下で育成した場合、初産日齢およびその後の産卵率とも波長による差異を殆んど

示さなかったと報告されている<sup>11)</sup>。鶏舎の赤色光による照明はカンニバリズムの防止に効果があるといわれているので鶏群のそれによる産卵性向上は期待しうるものであろう。

照度の差異が産卵に及ぼす影響を検討した MORRIS and OWEN (1966)<sup>46)</sup> の報告によれば、1日14時間照明の場合14時間中50ルクスの光を照射したものとくらべ14時間のうち8時間を10ルクスにしても産卵率に顕著な変化はみとめられないが、0.08ルクスまたは0.4ルクスとしたときは明らかに産卵率が低下し、2ルクスとしても若干低下するという。いろいろな照度下の産卵率を長期間 (500日齢まで) 調査した MORRIS (1967)<sup>47)</sup> の報告では照度が0.12ルクスから37ルクスまでの間で照度の対数に対して産卵率は拋物線状に上昇することを認めている。それ故、強い光の方が効果がいくらか大であるといえる。一般に使用されている10ルクス (ケージ飼における給飼槽直前の照度) の照度は最小限であろうといわれているが<sup>48)</sup>、照度を大とすると群飼の場合にはカンニバリズムの発生を助長するので、通常電気代をも考慮して最小限の明るさの光で満足している。

明暗周期には周期の長さが1日 (24時間) のものとそうでないものがある。明暗周期の長さが1日でないもののうち、周期の長さが24時間±数時間であるものをアヘメラル周期 (Ahemeral cycle) という<sup>49)</sup>。性腺活動は明暗周期のうちの明期の長さとその変化によって影響をうけるが、長さよりも変化の方が影響力が大であるといえる。毎日一定時間の照明の場合、いかなる長さの照明法が産卵に対して有効であるかについては13時間以上が良い<sup>16)</sup>、8時間以上がよい<sup>39)</sup>、あるいは10時間以上が良い<sup>48)</sup> といわれ必ずしも一致した結論は得られていない。鶏ではウズラや野鳥と異なり明期の長さが12時間以下でも性腺は活動し、全暗黒の条件下でも産卵は行なわれる<sup>79)</sup>。自然界においては明期の長さ (日照時間・日長) は毎日変化し、その変化は高緯度になるほど著しいものであるが、日長の漸増は性腺活動に対して促進的に働き、漸減は抑制的に働くので、年間の産卵率は日長の変化に対応した季節的変動を示すことになる。このように鶏の産卵 (性腺活動) が

日長の変化によって影響をうけるということは鶏における1つの光周反応 (Photoperiodic response) といえる。一般に光周反応がひきおこされる機序を説明するための仮説としては従来砂時計仮説 (Hour-glass hypothesis) が採用されていた。すなわち、「1日のうち一定時間ある光量以上の光が連続して照射されることによって光量がある一定量以上となったとき光周反応が誘起 (動物によっては阻止) される」という説である。しかしながら、比較的近年になって、ウズラ<sup>19)</sup>やフィンチ<sup>20)</sup>では6時間照明の明暗周期で周期の長さが24時間の整数倍(6L:18D, 6L:42D, 6L:66D)<sup>21)</sup>のときは精巢の発育は促進されないが、同じ6時間照明でも6L:6D, 6L:30D, 6L:54Dの場合には精巢の発育が促進されることが明らかにされ、この事実は砂時計仮説では説明できなくなった。そこで概日リズム仮説 (Circadian rhythm hypothesis) が提唱されるようになった。すなわち、「生物は内因的に光に対する感受性の概日リズムを保有し、この概日リズムには光に対して反応し得る時期 (Photoperiodic response inducible phase) と反応し得ない時期 (Insensitive phase) とがあり、この概日リズムの反応期に光が照射されると光周反応が誘起される」という説である。上記の場合、6L:18Dの明期の開始後12-18時間に相当する時期が反応期であり、6L:30Dや6L:54Dは丁度その時期に光が照射されるような周期であるが故に精巢の発育が促進されるということになる。鶏の光周反応はウズラやフィンチのように顕著なものであるとはいえないかもしれないが、光周反応が存在することは確かであるといえるので、鶏においてもこのような概日リズム仮説が適用されるであろうと思われるが、これに関する実験は未だ行なわれていない。

鶏が産卵を続けるとき、放卵 (産卵) から次の放卵までの間隔は24時間よりも若干長く<sup>74)</sup>、25-27時間のものが多い<sup>24)</sup>。そこでこの放卵周期の長さと同じ長さの明暗周期を採用すれば、産卵のた

めの生体内リズムと明暗周期によって規制されるその他の生体内リズムとが同調することによって産卵機能が円滑に営まれ、産卵性が向上するのではないかと想像される。この想像にもとづき、明暗周期の長さを25時間、26時間、または27時間としたいわゆるアヘメラル周期を採卵鶏に適用することが試みられてきている。すなわち、BYERLY and MOORE(1941)<sup>9)</sup>は14L:12D(26時間周期)下の産卵率は若雌でも2年鶏でもともに14L:10D下におけるよりもすぐれていたと報告し、FOSTER(1968, 1969)<sup>20,21)</sup>は15<sup>1</sup>/<sub>4</sub>L:9<sup>3</sup>/<sub>4</sub>D(25時間周期)や17<sup>1</sup>/<sub>2</sub>L:8<sup>1</sup>/<sub>2</sub>D(26時間周期)の下ではそれぞれ24時間周期下におけるよりも産卵率が1%高いという結果を報告している。しかしながら、MORRIS(1973)<sup>49)</sup>は明期の長さを16時間で暗期の長さを8時間(24時間周期)、9時間(25時間周期)、10時間(26時間周期)および11時間(27時間周期)とした場合のそれぞれについて比較したところ、周期を24時間より長くしても産卵率はあまり変化せず、27時間周期ではむしろ低下したという結果を示している。ただし26時間周期や27時間周期の下では卵重が増加し、従って総生産量はわずかながら増加するという。採卵鶏に対するアヘメラル周期の適用は最近わが国においても行なわれ、25時間または26時間の周期の適用によって産卵率の増加を観察した報告がなされている<sup>34,35)</sup>。

## ii) 放卵時刻の規制

明暗の交替がない24時間連続照明下では放卵が行なわれる時刻は個々の鶏によって異なり、鶏群としての放卵時刻はバラバラとなる<sup>41)</sup>。しかしながら、給飼を一定時刻に行なうなど鶏の活動を規制する他の要因が存在するときはその要因が放卵時刻を規制するので、このような場合にはバラバラとはならない<sup>33,40)</sup>。通常の明暗周期の下では放卵は明期においてのみ行なわれ<sup>2)</sup>、明暗を逆転しても新しい明期に放卵が行なわれるようになる<sup>75)</sup>。しかしアヘメラル周期下では放卵は必ずしも明期に行なわれず、暗期に行なわれるものが多い<sup>2)</sup>という。放卵は排卵の一定時間(通常約25時間)<sup>74)</sup>後に行なわれるものであるから、放卵時刻を決定するのは排卵時刻である<sup>24)</sup>。すなわち、24

注) Lは明, Dは暗を示す。例えば6L:18Dは、明を6時間、暗を18時間という周期を示す。

時間照明下で鶏群の放卵時刻がバラバラとなるのは個々の鶏で排卵時刻がまちまちとなるからである。また明暗の逆転に伴う放卵時刻の変化も排卵時刻の変化を反映するものである。ごく一般的な明暗周期である14L:10Dの下では鶏群としての放卵頻度は明期の開始2-3時間後にピークとなる。しかし明期の開始時間は同じである20L:4Dの下においては放卵頻度のピークは14L:10Dの場合より数時間おくれる。従って鶏においては明期の開始よりはむしろ暗期の開始が放卵時刻(排卵時刻)を規制する信号となっているように思われる。

#### b) 温度

鶏の体温は、白色レグホーン種雌で106.6°F(41.47°C)、ロードアイランドレッド種雌で106.5°F(41.40°C)、オーストラロップ種雌で106.2°F(41.46°C)であると報告されている<sup>71)</sup>。鶏は恒温動物であるから環境温度の変動に拘らず体温を一定に保持する機能をもっている<sup>68)</sup>。この体温調節機能は視床下部の神経機能によって営まれるものである<sup>71)</sup>。環境温度の変化が体温調節中枢に刺激を与える場合には血液温度の変化が直接刺激となる場合と体表面の温度変化が神経を介する刺激となって中枢へ伝達する場合とがある。

成鶏は自由に動くことができれば0°Cの低温下でも体温を正常に維持することができるが、動けない状態で低温室に入れたり水につけられたりすると体温が低下する<sup>70)</sup>。体温が一定温度まで下ると呼吸が停止して死亡する。この致死低体温は雌では23.4°C(74.1°F)付近であり、雄では雌よりも若干低く20.7°C(69.3°F)であるという<sup>70)</sup>。一方鶏は高温環境下におかれると体温が上昇する。体温が一定温度以上となると熱性多呼吸(パンチング)を行なうようになり、さらに体温が上昇すると死亡する。成鶏の致死高体温は47.0°C(116.6°F)<sup>44)</sup>であるといわれている。

鶏の産卵に最適な温度はWARRENら(1950)<sup>76)</sup>によれば18°Cであり、OTAら(1953)<sup>56)</sup>によれば13°Cであるという。LONGら(1958)<sup>38)</sup>およびCARD(1961)<sup>10)</sup>は13~21°Cであるとしている。その外、15°Cとした報告<sup>57)</sup>もある。環境温度は鶏の飼料摂取量に影響を及ぼすものであるから<sup>60)</sup>、

産卵に最適な温度として実際に採卵養鶏に採用され得る温度は飼料要求率を基準として決定されるべきであろう<sup>61)</sup>。

同じ品種・系統の鶏を37.8°C下においた場合と21.1°Cにおいた場合について産卵状況を比較すると、高温下では産卵率が低く、卵重も小さく卵殻がうすいという<sup>77)</sup>。異なる品種についての比較では高温条件が産卵率低下をもたらす程度は白色レグホーン種よりもニューハンプシャー種やプリマスロック種の方が著しいという<sup>83)</sup>。産卵率は一般に気温が9°C以下になると低下するという報告<sup>78)</sup>もある。

1日のうちの温度の変動はその変動範囲が一定の範囲内にあれば1日中同じ温度の場合よりも産卵に好適であるといわれている。MUELLER(1961)<sup>50)</sup>およびPAYNE(1964,1966)<sup>58,60)</sup>は15°Cまたは20°Cから30°Cまでの範囲で温度を変動させると産卵率の向上および卵重の増加がみとめられると報告している。卵重の増加は明暗周期の暗期における温度を上昇させたり、明期の終りに近い3時間の間の温度を下げることによってみとめられるという<sup>42,59)</sup>。

#### c) 湿度

環境湿度は蒸散を支配することによって体熱の放散に関与するものであるから、生体に対する影響の及ぼし方は環境温度と同じである。湿度の影響は温度と密接な関係にあるから、一般に温度が高いときまたは低いときに湿度が問題となる。温度が上昇して湿度が高まると生体の水分の発散が阻げられ体温調節が困難となり、人では不快感をおぼえる。

鶏の産卵に対して特に適当な湿度としては知られていないが、産卵に好適な温度下では相対湿度は45-60%程度がよいといわれている<sup>10,55,72)</sup>。

#### d) 炭酸ガス濃度

鶏は安静時において体重1kg当り1時間に739mlの酸素を消費し、714mlの炭酸ガスを排出する<sup>43)</sup>。空気の成分としての炭酸ガスの濃度は0.03%であるが、空気中の炭酸ガス濃度を2-5%とした状態に産卵鶏をおいても産卵機能に影響はみとめられなかったと報告されている<sup>81)</sup>。

#### e) アムモニアガス濃度

アムモニアガスは糞から発生するものであるから、アムモニアガスの発生に影響を及ぼす要因すなわち糞の状態や気温によって鶏舎内のアムモニアガス濃度は影響をうける。また鶏舎内のアムモニアガス濃度は当然のことながら換気によって減少する。従って鶏舎内のアムモニアガスの量は換気の良否を示す指標となる。

白色レグホーン種産卵鶏を 18°C、相対湿度 67%、アムモニアガス濃度 105 ppm の環境条件下に 10 週間おくと産卵率が低下し、その後 12 週間アムモニアガスがない状態においても、この産卵率の低下は回復しなかったという報告がある<sup>18)</sup>。また 23°C、102 ppm の条件下では 7 週間で産卵率は低下するという。

f) その他

産卵に影響を及ぼす環境要因としては上記の他、風（風速<sup>53)</sup>、騒音<sup>54)</sup>、飼育密度<sup>13)</sup>などがあるが、ここでは省略することにする。

以上述べたように、環境要因はあるときはストレッサーとして抑制的に、またあるときは刺激として促進的に鶏の産卵に影響を及ぼすものであるが、いずれの場合においても環境要因は直接または間接的に中枢神経(脳)に刺激を与え、神経・内分泌系を介して産卵に影響を及ぼすものである。産卵の生理機構は複雑であって未だ充分解明されていないのが現状である。従って環境要因が産卵に及ぼす影響についても、その影響が及ぼされる機序は多くの場合全く不明であるといわざるを得ない。しかしながら、産卵の生理機構並びにその環境との関連についての研究は進展しつつあるので、環境要因が鶏の産卵に影響を及ぼす機序もやがて明らかにされるであろう。

文 献

- 1) BENOIT, J.: The role of the eye and of the hypothalamus in the photostimulation of gonad in the duck. *Ann. NY Acad. Sci.* 17, 204 (1964)
- 2) BIELLIER, H. V. & OSTMANN, O. W.: Effect of varying day-length on time of oviposition in domestic fowl. *Univ. Missouri Agr. Exptl. Sta. Res. Bull.* 747 (1960)
- 3) BISSONNETTE, T. H.: Studies on the sexual

- cycle in birds. VI. Effects of white, green, and red lights of equal luminous intensity on the testis activity of the European starling (*Sturnus vulgaris*). *Physiol. Zool.* 5, 92 (1932)
- 4) BROWN, K. I., BROWN, D. J. & MEYER, R. K.: The effect of surgical trauma, ACTH and adrenal cortical hormones on electrolytes and gluconeogenesis in male chickens. *Am. J. Physiol.* 192, 43 (1958)
- 5) BROWN, K. I., MEYER, R. K. & BROWN, D. J.: A study of adrenalectomized male chickens with and without adrenal hormone treatment. *Poultry Sci.* 37, 680 (1958)
- 6) BROWN, K. I.: "Stress" and its implications in poultry production. *Wild's Poult. Sci. J.* 15, 255 (1959)
- 7) BROWN, K. I.: The validity of using plasma corticosterone as a measure of stress in turkey. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.* 107, 538 (1961)
- 8) BROWN, K. I.: Environmentally imposed stress. *Environmental Control in Poultry Production* (T. C. CARTER, Ed.), Oliver & Boyd, Edinburgh and London, p. 101 (1967)
- 9) BYERLY, T. C. & MOORE, O. K.: Clutch length in relation to period of illumination in the domestic fowl. *Poultry Sci.* 20, 387 (1941)
- 10) CARD, L. E.: *Poultry Production*. Lea & Febiger, Philadelphia (1961)
- 11) CARSON, J. R., JUNNILA, W. A. & BACON, B. F.: Sexual maturity and productivity in the chicken as affected by the quality of illumination during the growing period. *Poultry Sci.* 37, 102 (1958)
- 12) CHAMPION, L. R. & ZINDEL, H. C.: Performance of layers in single and multiple bird cages. *Poultry Sci.* 47, 1130 (1968)
- 13) CHARLES, D. R. & PAYNE, C. G.: The influence of graded levels of atmospheric ammonia on chickens. II. Effects on the performance of laying hens. *Brit. Poult. Sci.* 7, 189 (1966)
- 14) CONNER, M. H.: Effect of various hormone preparations and nutritional stress in chickens. *Poultry Sci.* 38, 1340 (1959)
- 15) DE ROOS, R.: *In vitro* production of corticosteroids by chicken adrenals. *Endocrinology* 67, 719 (1960)
- 16) DOBIE, J. B., CARVER, J. S. & ROBERTS, J.: Poultry lighting for egg production. *Wash. Agr. Exptl. Sta. Bull.* 471 (1946)
- 17) EL-HALAWANI, M. E. et al.: Effects of temperature stress on catecholamines and corticosterone of male turkeys. *Am. J. Physiol.* 224, 384 (1973)

- 18) FLICKENGER, G. L.: Effect on grouping on adrenals and gonads of chickens. *Gen. Comp. Endocrinol.* 1, 332 (1961)
- 19) FOLLETT, B. K. & SHARP, P. J.: Circadian rhythmicity in photoperiodically induced gonadotrophin release and gonadal growth in the quail. *Nature* 223, 968 (1969)
- 20) FOSTER, W. H.: The effect of light-dark cycles of abnormal lengths upon egg production. *Brit. Poult. Sci.* 9, 273 (1968)
- 21) FOSTER, W. H.: Egg production under 24-26- and 28-hour light-dark cycles. *Brit. Poult. Sci.* 10, 273 (1969)
- 22) FRANKEL, A. I.: Neurohumoral control of the avian adrenal: a review. *Poultry Sci.* 49, 869 (1970)
- 23) FRAPS, R. M., NEHER, B. H. & ROTHCHILD, I.: The imposition of diurnal ovulatory and temperature rhythms by periodic feeding of hens maintained under continuous lighting. *Endocrinology* 40, 241 (1947)
- 24) FRAPS, R. M.: Egg production and fertility in poultry. Progress in the Physiology of Farm Animals, vol. 2 (J. HAMMOND, Ed.), Butterworths, London, pp. 661 (1955)
- 25) FREEMAN, B. M.: Effect of stress on the ascorbic acid content of the adrenal gland of *Gallus domesticus*. *Comp. Biochem. physiol.* 23, 303 (1967)
- 26) GARREN, H. W. & SHAFFNER, C. S.: The response of young New Hampshire Red chickens to conditions of stress. *Poultry Sci.* 31, 917 (1952)
- 27) GARREN, H. W. & SHAFFNER, C. S.: Factors concerned in the response of young New Hampshires to muscular fatigue. *Poultry Sci.* 33, 1095 (1954)
- 28) GARREN, H. W. & BARBER, E. W.: Endocrine and lymphatic gland changes occurring in young chickens with fowl typhoid. *Poultry Sci.* 34, 1250 (1955)
- 29) GARREN, H. W. & SHAFFNER, C. S.: How the period of exposure to stress stimuli affects the endocrine and lymphatic gland weights of young chickens. *Poultry Sci.* 35, 266 (1956)
- 30) HAMNER, W. H.: Diurnal rhythm and photoperiodism in testicular recrudescence in the house finch. *Science* 142, 1294 (1963)
- 31) HELBACKA, N. V., CASTERINE, J. J. Jr. & SMITH, C. J.: The effect of high CO<sub>2</sub> atmosphere on the laying hen. *Poultry Sci.* 42, 1082 (1963)
- 32) 本間運隆: 鳥類の光周反応. 日畜会報, 41, 171 (1970)
- 33) HUSTON, T. M., JOINER, W. P. & CARMON, J. L.: Breed differences in egg production of domestic fowl held at high environmental temperatures. *Poultry Sci.* 36, 1247 (1957)
- 34) 石本佳之ら: ウィンドウレス鶏舎の光線管理に関する研究 (第2報). 明暗周期の長さがニワトリの産卵に及ぼす影響について. 愛知県農総試研究報告 C (7), 22 (1975)
- 35) 石本佳之ら: ウィンドウレス鶏舎の光線管理に関する研究. III. 明暗周期の長さが鶏の産卵におよぼす影響. 家禽会誌, 13 (秋季大会号), 22 (1976)
- 36) ITO, T.: et al. Effects of environmental temperature on egg production, food intake and water consumption in laying White Leghorns. *J. Fac. Fish. Anim. Husb. Hiroshima Univ.* 9, 151 (1970)
- 37) LARAGH, J. H. & SEALEY, J. E.: The renin-angiotensin-aldosterone hormonal system and regulation of sodium, potassium, and blood pressure homeostasis. Handbook of Physiology, Section 8: Renal Physiology (J. ORLOFF and R. W. BERLINER, Ed.), Physiological Society, Washington, D. C., pp. 831 (1973)
- 38) LONG, J., DALE, A. C. & TAYLOR, J. G.: The effects of different environmental temperatures on chickens. *Poultry Sci.* 37, 1221 (1958)
- 39) McCLUSKEY, W. H. & PARKER, J. E.: The effect of length of daily light periods on reproduction in female chickens. *Poultry Sci.* 42, 1161 (1963)
- 40) McNALLY, E. H.: Time of lay in relation to time of feeding hens maintained under continuous and artificial lighting. *Anat. Rec.* 96, 588 (1946)
- 41) McNALLY, E. H.: Some factors that affect oviposition in the domestic fowl. *Poultry Sci.* 26, 396 (1947)
- 42) 目加多博行ら: 日内環境温度変化の逆転が産卵に及ぼす影響. 家禽会誌, 13 (秋季大会号), 22 (1976)
- 43) 三村 耕: 家畜管理の技術. 養賢堂 (1968)
- 44) MORENG, R. E. & SHAFFNER, C. S.: Lethal internal temperatures for the chicken from fertile egg to mature bird. *Poultry Sci.* 30, 255 (1951)
- 45) MORITA, S. & NISHIDA, S.: Hematological and histological changes induced by adrenocorticotrophic hormone (ACTH) and formaldehyde stressor in the domestic fowl. *Endocrinol. Japon.* 3, 39 (1956)
- 46) MORRIS, T. R. & OWEN, V. M.: The effect of light intensity on egg production. *Proc. 13th World's Poultry Cong.*, p. 458 (1966)
- 47) MORRIS, T. R.: The effect of light intensity on growing and laying pullets. *Wld's Poultry Sci. J.* 24, 246 (1967)
- 48) MORRIS, T. R.: Light requirements of fowl. in Environmental Control in Poultry Produc-



- tion (T. C. CARTER, Ed.), Oliver & Boyd, Edinburgh and London, p. 15 (1967)
- 49) MORRIS, T. R.: The effects of ahemeral light and dark cycles on egg production in the fowl. *Poultry Sci.* 52, 423 (1973)
- 50) MUELLER, W. J.: The effect of constant and fluctuating environmental temperature on the biological performance of laying pullets. *Poultry Sci.* 40, 1562 (1961)
- 51) NEWCOMER, W. S.: Physiological factors which influence acidophilia induced by stressors in the chicken. *Am. J. Physiol.* 194, 251 (1958)
- 52) NEWCOMER, W. S. & CONNALLY, J. D.: The bursa of Fabricius as an indicator of chronic stress in immature chickens. *Endocrinology* 67, 264 (1960)
- 53) 小田良助: 冬季, 人工強風が産卵鶏に及ぼす影響. 山口大農学術報告 (19), 1219 (1968)
- 54) 岡本正幹, 古賀 脩, 五斗一郎: 雌鶏の生産性に対するジェット機騒音の影響. 九大農学芸誌, 20, 341 (1963)
- 55) 岡本正幹: 家畜家禽の環境と生理. 養賢堂 (1970)
- 56) OTA, H., GARVER, H. & ASHBY, W.: Heat and moisture production of laying hens. *Agric. Engng.*, St. Joseph, Mich. 34, 163 (1953) [61より引用]
- 57) OTA, H.: Houses and Equipment for Laying Hens. U. S. D. A. Misc. Publ. 728, Washington, D. C. (1960) [61より引用]
- 58) PAYNE, C. G.: The influence of environmental temperature on poultry performance. World's Poultry Sci. Ass., Report of the 2nd European Conference, Bologna, Natl. Agric. Acad. (1964) [61より引用]
- 59) PAYNE, C. G.: Developments in the use of artificial heating for the control of the animal environment. in Report of the Rural Electrification Conference, 1966, London, Electricity Council (1966) [61より引用]
- 60) PAYNER, C. G.: Practical aspects of environmental temperature for laying hens. *Wild's Poultry Sci. J.* 22, 126 (1966)
- 61) PAYNER, C. G.: The influence of environmental temperature on egg production; a review. in Environmental Control in Poultry Production (T. C. CARTER, Ed.), Oliver & Boyd, Edinburgh and London, p. 40 (1967)
- 62) ROTHCHILD, I. & FRAPS, R. M.: The relation between ovulation frequency and the incidence of follicular atresia following surgical operation in the domestic fowl. *Endocrinology* 37, 415 (1945)
- 63) 坂井田 実ら: 鶏における Corticoids の分泌について. 家禽会誌, 13 (秋季大会号), 35 (1976)
- 64) SIEGEL, H. S.: The relation between crowding and weight of the adrenals. *Ecology* 40, 495 (1959)
- 65) SIEGEL, H. S.: Egg production and adrenal function in White Leghorns confined at different floor space levels. *Poultry Sci.* 38, 893 (1959)
- 66) SIEGEL, H. S.: Age and sex modification of response to adrenocorticotrophin in young chickens. 1. Changes in adrenal and lymphatic weights. *Poultry Sci.* 40, 1263 (1961)
- 67) SIEGEL, H. S. & BEANE, W. L.: Time response to single intramuscular doses of ACTH in chickens. *Poultry Sci.* 40, 216 (1961)
- 68) SIMPSON, S.: An investigation into the effects of seasonal changes in body temperature. *Proc. Roy. Soc. Edinburgh* 32, 110 (1911) [71より引用]
- 69) SOLIMAN, K. F. & HUSTON, T. M.: Involvement of the adrenal gland in ovulation of the fowl. *Poultry Sci.* 53, 1664 (1974)
- 70) STURKIE, P. D.: Tolerance of adult chickens to hypothermia. *J. Physiol.* 147, 531 (1946)
- 71) STURKIE, P. D.: Avian Physiology (Second Edition), Comstock, Cornell Univ. Press, Ithaca, N. Y. (1965)
- 72) 田名部雄一: 鶏の改良と繁殖. 養賢堂 (1971)
- 73) VAN TIENHOVEN, A. & PLANCK, R. J.: The effect of light on avian reproductive activity. in Handbook of Physiology, Section 7: Endocrinology, vol. 2. Female Reproductive System Part 1 (R. O. GREEP, Ed.), American Physiological Society, Washington, D. C., p. 79 (1973)
- 74) WARREN, D. C. & SCOTT, H. M.: The time factor in egg formation. *Poultry Sci.* 14, 195 (1935)
- 75) WARREN, D. C. & SCOTT, H. M.: Influence of light on ovulation in the fowl. *J. Exp. Zool.* 74, 137 (1936)
- 76) WARREN, D. C. et al.: Effects of fluctuating environment on laying hens. *Tech. Bull. Kans. Agr. Exptl. Sta.* 68 (1950)
- 77) WILSON, W. O.: High environmental temperature as affecting the reaction of laying hens to iodised casein. *Poultry Sci.* 28, 581 (1949)
- 78) WILSON, W. O., McNALLY, E. H. & OTA, H.: Temperature and calorimeter study on hens in individual cages. *Poultry Sci.* 36, 1254 (1957)
- 79) WILSON, W. O. & WOODARD, A. E.: Egg production of chickens kept in darkness. *Poultry Sci.* 37, 1054 (1958)
- 80) WOLFORD, J. H. & RINGER, R. K.: Adrenal weight, adrenal cholesterol and differential leucocyte counts as physiological indicators of "stressor" agents in laying hens. *Poultry Sci.* 41, 1521 (1962)
- 81) ZIMMERMAN, E. & CRITCHLOW, V.: Negative feedback and pituitary adrenal function in female rats. *Am. J. Physiol.* 216, 148 (1969)