《総 説》

環境要因水準と飼料組成とによる日本ウズラの生産反応

桜 井 齊

愛知県立稲沢高等学校 稲沢市平野町加世 〒492

I. 序 文

日本における養鶏の歴史は、養鶏のそれに比べてかなり短かく、昭和初期から第2次世界大戦前までのウズラの導入・飼育技術・鶏卵販路の開拓期にはじまり、戦後22年から35年頃までの養鶏の復興または新興発展期を経て、配合飼料の出現(35年)と練餌の機械給与(38年)、および初生ヒナの雌雄鑑別技術の開発(40年)により、専門的あるいは1部企業の養鶏に改革された。この養鶏の発展に追従して、飼育管理技術、飼料などの修正・確立の研究が行なわれた。

ウズラの飼育環境を管理の立場から大別すると、熱環境、物理的環境、化学的環境に区分され、熱環境は気温、気湿、気流、放射、飼育密度などの要因を包含し、物理的環境は光(照明時間、照度および光色(波長))、鶏舎および飼育設備、音、飼育密度などにより、化学的環境は水、空気・酸素・二酸化炭素、アンモニア、塵埃などにより構成されていると考えられる。各環境は複合してウズラに作用して、その生理・生産の反応を起させるといわれているが、複合反応についてはほとんど明らかにされていない。

熱環境は、ウズラの体熱の放散と生産すなわち体温調節機能、および生産活動、飼料効率などと深いかわりがあるものとして最重要視される。物理的環境のうち光は、内分泌と明暗周期による体内リズムを規制して、繁殖活動に影響をもたらすものとして重要視されている。また化学的環境は、生理作用と深いかわりがあり、二次的に生産に影響する。

ここでは、各環境要因中重要な気温、気流、光、水などこれまでウズラに対して研究されたものをとりあげ、これらの水準によるウズラの成長・産卵反応を解説し、ニワトリのそれと比較する。

なお飼育管理の立場からは、飼料成分組成および飼料形態(粉餌、練餌)などの要因よりなる飼料環境も、飼育環境のうちの1つとして取り扱うこともできるが、現段階では上記飼料成分組成などと生産反応の問題は、家畜管理学外の内容とされているので、この問題は飼育環境と生産とからわけて、飼料成分組成による生産反応として解説する。

II. 環境要因水準と生産反応

1. 環境温度と成長・屠体組成

ウズラヒナの最大成長は、桜井¹⁾によると、第1週では36°Cで、第2週は33°C、第3週は28°Cで得られ、それぞれ前記温度よりも高く、または低くなるに応じて成長が低下する。第3週の飼育温度、22°C~34°Cを第5週まで継続すると、温度間で増体量差がなくなる。第1週の死亡率は、増体量が最大であった36°Cあたりで最小値を示し、当温度より低・高温になるにつれて高くなる。第2週では27~39°Cの間で、第3週では上記温度範囲内で死亡率に差異がない。第3週までの各週の飼料効率の反応は、上記増体量の反応と一致しているが、第3週の飼育温度を5週まで継続したときの飼料効率は、温度が高くなるにつれて直線的に高くなる。BAROTTとPRINGLE^{2)~4)}によると、ニワトリヒナの32日齢までの温度による成長・飼料効率の反応も放物線で示されるが、最大反応を得る温度はウズラヒナの場合よりもかなり低い。

第3週から5週まで上記22~34°Cで飼育したウズラの屠体の脂肪含量は、30~31°Cで最大値を示し、これより低温・高温になるにつれて減少した¹⁾。MICKELBERRYら⁵⁾はブロイラーを第4週から8週まで21°Cと29°Cで飼育し、29°Cのもとでは21°Cのもとに比し飼料摂取量、増体量がいちじるしく少なかったが、屠体の脂肪と水分含量は両温度間に有意差はなく、KUBENAら⁶⁾は7.2~32.2°Cのもとのニワトリヒナの屠体組成について、高温のもとでは増体量は減少するが、脂肪含量は有意に高くなり、反対に水分含量が減少することを観察し、RINEHARTら⁷⁾は24°Cから30°Cにあげるとプロ

Received March 29, 1984
Productive Responses by Environment and Feed Composition in Japanese Quail—a Review
Hitoshi SAKURAI, Department of Livestock, Inazawa High School, Inazawa 492

イラーの脂肪含量は 0.7% 高くなったと報告している。5 週齢時ウズラと 8 週齢までのニワトリの屠体蛋白含量には、飼育温度による影響は認められない。

2. 環境温度と産卵

桜井によると、16, 18.5, 21, 26, 31°C 下のウズラの産卵率は、26°C 下が最も高く、これより高い場合も、また低温のもとでは温度低下に応じて低下する⁸⁾。さらに 24°C, 27°C, 30°C 下の産卵率は、24°C と 27°C の間には差がないが、30°C 下の産卵率は 24°C および 27°C 下のそれに比し有意に低い⁹⁾。WILSON ら¹⁰⁾ は 32°C と 10°C のもとの産卵率は、明らかに 10°C のそれが低いことを示している。21°C (昼間)~16°C (夜間) の日内変温下および 31°C~21°C の日内変温下の産卵率は、いずれもその中間定温の 18.5°C および 26°C のときの産卵率に比し有意に低い⁸⁾。上記環境温度による産卵率の反応から、16~31°C 間の産卵率は放物線で示され、反応の最大値は 24~27°C の間で示されるといえる。

上記定温条件下の適温域は、ニワトリのその 15°C 付近¹¹⁾ および自然の季節的かつ日内変温の場合の 13~24°C¹²⁾ または 9~29°C¹³⁾ に比しかなり高く、また、人為的正弦曲線の日内変温、32°C~13°C のときの産卵率が、13°C 定温および 27°C~10°C の自然の季節的変温下のそれよりも高く¹⁴⁾、ニワトリの産卵率は定温下よりも変温下が高く¹¹⁾、変動幅は 27°C と 21°C の小差と 0°C~31°C の大差とで差がない¹⁵⁾ こととは大いに異なる。

ウズラはまた温度による生存率の反応が鋭敏で、それは産卵率の反応に類似している⁸⁾。上記のごとくウズラの産卵率に対する適温域は、比較的せまく、かつ高く、また日内変温の適応性がとばしいことは、ウズラは小個体であり、かつ同体重当りの飼料摂取量および産卵量がニワトリの 2 倍強であるために、代謝活動がニワトリに比しはるかにいちじるしいことに基因していると考えられる。

ウズラの卵重、卵殻厚は、16~27°C の間では有意差はないが、31°C~21°C の日内変温で減少し、30°C 以上のもとでいちじるしく減少する^{8), 9)}。ニワトリでは一般に高温域で卵黄、卵白、卵殻が減少し^{13), 16)~18)}、卵殻はうすくなり^{14)~16), 19)}、卵重が減少する^{13), 14), 16)~21)}。卵重の減少は 4°C あるいは 8°C より温度上昇にともなっておく場合もあり^{17), 18)}、また 1 日にわずかに 2 時間の高温処理により²¹⁾、あるいは飼育温度を高めた場合に産卵率の低下よりもはるかに早くあらわれる¹⁹⁾。

飼料摂取量および飼料効率の反応も、ウズラとニワトリとで類似し、前者は両動物の場合とも温度低下により

ほとんど直線的に増加する^{8), 9), 14), 15)}。後者は、ウズラでは 26°C と 31°C または 27°C と 30°C とで差がなく、24°C より温度低下にともなって、産卵率の低下と、反対に飼料摂取量の増加によりいちじるしく低下する^{8), 9)}。同様にニワトリでは、高温域と適温域とで差がなく^{11), 19), 20)}、低温域では温度低下につれて低下する¹¹⁾。

3. 環境温度および風速と産卵

空気のような流体でも粘性があるので、動物体表面や壁体表面などに接したところでは流動し難い境界層が形成されて、動物体から外気中への熱伝導抵抗層となる。この境界層に風があたり、風速が増すと、それにつれて境界層がうすくなり、表面熱伝導抵抗値は小さくなり、温度差による動物体からの放射・対流による伝熱量が増す²²⁾。

SIEGEL と DRURY²³⁾ は、33~40°C のもとのニワトリに対する風は、風速が増すに応じて直腸温度、呼吸数を減少させ、風による放射・対流放熱が呼吸による蒸散放熱の代替をすることを明らかにし、同様に宇和川ら²⁴⁾ は、温度 29~35°C、風速 0~3 m/秒 の条件下では、温度が低い程、また各温度のもとでは風速が増すにつれて直腸・皮膚・冠表面温度 および呼吸数が低下することを認めた。したがって、暑熱環境下での風はニワトリの生理面に好影響をもたらす。しかし SIEGEL と DRURY²³⁾ によると、体温より高い条件 (50°C) 下での風 (6~150 m/分) は、速度が早いと、体温、心拍動数をより増加し、全部死亡させる。また 20°C 下の風も風速が増すにつれて心拍動数が増加し、呼吸数も増加するが体温は逆に低下する。小田²⁵⁾ は冬季に 2.7~6.0 m/秒 を送風し、体温と飼料摂取量の減少を認めた。

ウズラについて飼育密度が 114 羽/m² のときの慣用の飼育バッテリー (幅 77 cm×奥行 32 cm×高さ 13 cm) 前面に、毎秒 0.0 m, 0.4 m (1 羽 1 分当り通気量 0.037 m³)、0.8 m (同 0.112 m³) の風をふきつけたとき、24°C 下では 0.4 m の送風で産卵率は有意に低下し、さらに風速を増すと低下促進の傾向を示し、27°C 下では風による産卵率の影響はないが、30°C 下では 24°C 下の逆に、0.4 m および 0.8 m の風でほぼ同程度に改善されることが桜井⁹⁾ により報告されている。LONG ら²⁶⁾ によると、ニワトリに対して毎分 1 羽当り 0.057 m³ 通気した場合に、7°C 以下のときの通気による産卵率は有意差がない。また上野ら²⁷⁾ によると、18°C と 23°C のもとでは風 (0.5~1.0 m/秒) による変化はないが、28°C 以上では風速が増すにつれて 33°C のものの方がよりいちじるしく高くなる傾向を示す。赤木ら²⁸⁾ および上野ら²⁹⁾ によると、高温期 (8 月) および高

温時 (31°C) の産卵率に対する有効な風は 0.8 m および 0.5 m であり、これ以上風速を増しても産卵率に有効な変化を生じない。上記成績から、ウズラとニワトリの間では、中温域 (13~27°C) における風の産卵率に対する効果はちがうが、高温域 (30°C 以上) ではほぼ同様な効果をもたらすと考えられる。

ウズラの卵重に対する各温度下の風の影響は、産卵率に対する影響とはことなり、風は上記 24°C, 27°C, 30°C の全温度下で卵重増大効果があり、この効果は $0.0\text{ m} < 0.4\text{ m} \div 0.8\text{ m}$ の関係で示された⁹⁾。上野ら^{27), 29)}はニワトリについて温度 18~33°C, 風速 0.0~1.0 m/秒および 31°C で 0.0~2.0 m の条件で風速が増すにつれて卵重増大の傾向を報告しているが、赤木ら²⁸⁾は夏季の送風で卵重増大効果を認めていない。

飼料摂取量は、0.0 m, 0.4 m, 0.8 m のいずれの風速下でも温度低下に応じて直線的に増加し、また各温度条件下での風の摂取量に対する影響は、卵重に対する影響と同様に、 $0.0\text{ m} < 0.4\text{ m} \div 0.8\text{ m}$ の関係で示された⁹⁾。ニワトリについて風による摂取量増加の影響は上野ら^{27), 29)}、赤木ら²⁸⁾などにより認められている。

飼料効率には温度と風速とが独立して影響し、温度の効果は 24°C < 27°C $\div$ 30°C の関係で示されることは前記した。飼料効率はまた風により風速が増すとほぼ直線的に低下したが、この低下は 24°C から 30°C へと温度が高くなるにつれてにぶくなり、なかでも 30°C 下での風による飼料効率低下は極少にすぎなかった⁹⁾。このことは、温度が高くなるにつれて風による維持所要エネルギーの増加が減少することを示していると考えられる。ニワトリでは温度 18~33°C, 風速 0.0~1.0 m の条件下では飼料効率に対し温度のみが有意であり²⁷⁾、31°C で風速 0.0~2.0 m の条件では風速が増すにつれて飼料効率の低下の傾向を示す²⁹⁾と報告されているので、飼料効率についても温度および風による反応は、ウズラとニワトリではほぼ同様な傾向を示すが、風による反応の鋭敏さが両動物間でかなりちがうと考えられる。

4. 成長、性成熟、産卵におよぼす育成期の照明時間、照度および温度の影響

桜井が、照明時間 8~24 時間と照度 5~85 ルックス³⁰⁾、温度育成前期 23~35°C、後期 17~35°C と照明時間 8~24 時間³¹⁾、のそれぞれ 2 因子ずつを組合せて飼育した結果、ウズラの成長は、育成前期では温度のみに影響され、29°C で最大増体量が見られた。照度は、育成の前・後期を通して成長には影響はなく、また照明時間との交互作用による影響もなかった。後期には照明時間独立因子の影響により、雄ウズラでは 8 時間から 16 時間に延長すると急速に、16 時間から 24 時間に照

明時間を延長するとゆるやかに精巣重量が増加した。16 時間以上の照明で生殖行動が発現し、増体量と飼料効率が低下した。雌ウズラでは 8 時間照明区は、16 および 24 時間照明区にくらべて増体量が激減し、飼料摂取量も減少した。これは生殖腺の発育抑制が関係していると考えられる。6 週齢以後は 20 時間照明で飼育し、産卵への影響を試験した結果、性成熟は 8 時間区では 68 日齢でいちじるしく遅延したが、16 および 24 時間照明区はいずれも 56 日齢であり、飼育温度が 17°C 以上であれば、WILSON ら¹⁰⁾が示した低温・短日下の両因子相互作用による生殖腺発育抑制効果は見られない。WILSON ら³²⁾も雌ウズラヒナの成長および性成熟は、照明時間の延長および断続照明によって促進されることを認めた。

ABPLANALP ら³³⁾は、明 2 : 暗 1 の比率とした光週期を 16 時間から 44 時間まで段階的に設定して実験し、性成熟は 18 時間 (明 12 : 暗 6) 以下の照明時間では 24 時間 (明 16 : 暗 8) 以上にくらべておくれることを示している。温度と照明時間の 2 因子につき検討した桜井³¹⁾のデータによれば、性成熟が遅延した 8 時間照明区の産卵率は、3 か月目からは 16 および 24 時間照明区に比し高く推移する傾向があったが、8 カ月間の通算産卵率は 16 時間と 24 時間区のそれにおよばなかった。ABPLANALP ら³³⁾もほぼ同様な現象を示している。

ブロイラーの成長に対し照度が本質的に影響することは報告されていない。間接的影響として、MORENG ら³⁴⁾CHERRY と BARWICK³⁵⁾は、採食行動に支障があり、摂取量が減少するような低照度では成長が低下するとし、SKOGLAND と PALMER³⁶⁾、BEANE ら³⁷⁾は明るすぎると悪癖が発生し、また飼料効率が低下することを示している。成長に対する照明時間の影響として、SKOGLAND ら³⁸⁾および SIGEL と WOOD³⁹⁾は 3~24 時間の間で延長により成長がよくなる傾向を認め、BEANE ら³⁷⁾は 24 時間照明が最もよく、照明時間が同じの場合には断続照明の方がよいと報告している。これらの成績は、いずれも成長がよい場合には飼料摂取量が多く、摂取時間および摂取量が成長差の原因となっていることを示している。

産卵鶏ヒナの成長および性成熟時体重は、SYKES ら⁴⁰⁾の資料によると、ウズラの成績と一致し、日長の延長により増加することが示されている。しかし岡本ら⁴¹⁾によると、ニワトリの性成熟が只単に性成熟時期の日長の長短のみに影響されるのではなく、性成熟時期の日長の漸増的変動または漸減的変動に強く影響される。

5. 産卵期の照明時間および照度と産卵

桜井⁴²⁾は 12, 18 および 24 時間照明の 3 水準と、照度 3 ルックス, 43 ルックス, および 83 ルックスの 3 水

準を組合せて5週齢から7カ月間飼育し、産卵におよぼす照明時間と照度について試験した結果、生存率と終了時体重は照明時間の延長に応じて、また照度が高くなるに応じて減少し（照明時間の1次と照度の1次とが有意）、他の全項目、産卵率、飼料効率、総産卵数、総産卵量は、照明時間のみの影響により、12時間から18時間付近まで延長するといちじるしく増加したが、24時間まで延長すると18時間への延長にくらべて増加が少ないこと（照明時間の1次、2次が有意）を認めた。WILSON ら⁴³⁾によると、14時間の短日では、1ルクスの極低照度になると産卵率が低下するが、10ルクス～1000ルクスの間では産卵率は照度間に差がない。一方ニワトリでは、MARRIS と OWEN⁴⁴⁾、OSTRANDER と TURNER⁴⁵⁾ らによると、14時間以上の長日でも10ルクス以下に暗くなると産卵率が低下するが、PALMER⁴⁶⁾によると、照度の効果は日長の長短によりことなり、長日時には照度を高くしても産卵率に効果がない。しかしDORMINEY ら⁴⁷⁾によると、短日（8時間）でしかも1.1ルクスのような低照度に維持しても、3.2～32.2ルクスに比し性成熟が7日おくれたほかは、産卵率、卵重などに有意な影響はない。したがって、産卵率、卵重などに対する照度の影響は照明時間の影響よりはるかに小さいといえる。

桜井⁴²⁾はつづいて、産卵率などに対する照明時間の1次・2次効果を明確にするために、14時間から2時間差の条件下の産卵成績を比較した結果、産卵率および総産卵数は18～20時間で最も高く、これより短縮すると短縮に応じて低下し、また24時間まで延長すると低下の傾向が見られた。渡辺・芝田⁴⁸⁾によると、12時間から24時間までの産卵率は、20時間まで増加の傾向を示すが、16～24時間の間には有意差はない。

ニワトリの産卵に対して一定の照明時間を持続する照明法（光周期一定法）に必要な最短照明時間を探索する試験としては、DOBIE ら⁴⁹⁾のものが注目される。この試験は7時間以上を2時間差で設定して春ビナの産卵を比較したもので、結果は13時間が最適であり、11時間以下は不適、15時間以上は無意味であった。その後PLATT⁵⁰⁾は8時間で、またSYKES⁴⁰⁾は6時間で産卵抑制を認めた。しかしMORRIS ら⁵¹⁾は6、14、22時間の日長下の産卵を比較し、6時間のもとは初期産卵率が低い傾向があったが、39週間の通算産卵率には有意差はなく、また、PENQUITE と THOMPSON⁵²⁾は冬季の日長を人工照明で補足すると翌春の産卵率が自然条件下よりも低くなることを認めて以来、光周期一定法では年間産卵数あるいは長期産卵数を増加させる効果はなく、むしろ短日期の産卵率低下を防止して年間産卵数を平均化する

点に重点がおかれている。

6. 断続照明法および照明時間の制限・漸増法の産卵成績

DOBIE ら⁴⁹⁾によると、ニワトリの産卵率は、照明時間が10時間以下の場合には、このうち2時間を深夜に照明すると連続して照明した場合よりも高くなるが、この効果は11時間以上の場合には認められない。この効果について岡本⁴¹⁾は、連続して照明した場合には順応により光の産卵刺激効果が低下するが、暗期に再び照明すると光の刺激効果が高められることによると説明している。これに類する効果として、WILSON と ABPLANALP⁵³⁾は明1.5—暗2.5から明0.25—暗3.75の4種類の時間周期を6反復した場合には、同一時間の連続照明の場合よりも産卵率が高く、またウズラについてWILSON ら⁴³⁾は明12—暗12に比較して、明6—暗6、明4—暗4、明3—暗3の2～4反復は産卵率が高くなることを報告している。桜井⁵⁴⁾は、明14—暗10—明20—暗4の連続照明と、照明時間のうち2時間を暗明の中心に照明した明12—暗5—明2—暗5—明18—暗2—明2—暗2とを同一照明時間区間で比較した結果、後者の明一暗一明一暗による照明区は前者の明一暗による照明区に対し、産卵率、卵重、飼料摂取量、総産卵数、総産卵量が照明時間の不足が多い区程多かった。飼料効率には2つの照明法間に有意差はなかった。

ニワトリでは、育成期は6時間一定に制限し、あるいは6～9時間まで漸減し、産卵期には毎週15～20分漸増して、14～17時間に達した時期後はその一定照明時間を持続する、制限・漸増法^{55)～58)}あるいは漸減・漸増法^{59), 60)}が確立され、連続照明法によるよりも通算産卵率が高いことが証明されている。桜井⁵⁴⁾はこれらの照明法のウズラに対する実用性を探索するために、5週齢ヒナを4週間12時間照明と14時間照明とで制限飼育し、その後はいずれも毎週15分ずつ延長して20時間に達した後はその照明時間で全期48週間飼育した結果、両区とも延長により徐々に初期産卵のおくれを回復し、20時間に達した後の産卵率推移は、明20—暗4区あるいは明18—暗2—明2—暗2区のそれより高い傾向があったが、制限下の低産卵率をとりもどすにいたらなかった。

7. 光色あるいは波長と成長・性成熟・産卵

ニワトリの成長は、KONDRA⁶¹⁾によると、白、赤、緑色光間に、CHERRY と BARWICK⁵⁵⁾によると白と赤色光間に差がない。性成熟および初期産卵に対してLAUBER⁶²⁾、HARRISON ら⁶³⁾、MCGINNIS⁶⁴⁾は緑と青色光がすぐれていると述べているが、CARSON ら⁶⁵⁾によると、性成熟および400日齢までの産卵率ならびに生存率は白熱灯と

白・青・緑・金・赤色蛍光灯間に差がない。LAWATSCH ら⁶⁶⁾は同一照度 100 W の白熱灯および 40 W の蛍光灯と、照度のことなる 40 W の赤色蛍光灯間で産卵率を比較し、3 光源間に全く差がなかった。ただし育成中の尻つつきの出現は、McGINNIS⁶⁴⁾、SCHUMAIER ら⁶⁷⁾は赤色灯により軽減されると述べている。

しかし BENOIT と OTT⁶⁸⁾によると、アヒルの性成熟は赤色光により、七面鳥の性成熟は、SCOTT と PAYNE⁶⁹⁾によると赤色光と白色光により促進される。WOODARD ら⁷⁰⁾によると、雄ウズラヒナの成長は光色間に差がないが、精巢の発育は短波長の緑および青色光で抑制され、長波長の赤と白色光で促進される。雌ヒナの成長と性成熟は緑・青色光により遅延し、赤と白色光により早まり、かつその後 16 週齢までの産卵数が多い。なお 5 週齢から白光色にかえた場合の 16 週齢までの産卵数は、緑と青光色の育成はいぜんとして少なく、赤と白光色の育成で多くなり、赤がすぐれている傾向があることから WOODARD らは育成は赤色光、産卵期は白色光を用いる光色調節法を提唱している。受精率は性成熟、産卵数への影響ににて、緑と青色光は低いが、ふ化率は光色間に差はないことを示している。

8. 飼育密度と成長・産卵・受精率・ふ化率

ERNST と CALEMAN⁷¹⁾は、金網床面積が 0.186 m² のバッテリーにウズラを 8 羽から 40 羽、1 m² 当り 43 羽から 215 羽を収容し、1 羽当りの面積が 232.3 cm² から 46.5 cm² のもとの成績を調査した結果、成長は飼育密度間に有意差がなかったが、産卵率は飼育密度が高くなるにつれて低下し、16 羽/0.186 m² あるいは 86 羽/m² 以上の群で卵のよごれが観察された。1 雄 1 雌飼育における受精率とふ化率には産卵率と同様な影響があった。

ウズラとニワトリとでは、体の大きさが異なるので、ニワトリの飼育密度に関するデータと比較はあまり意味がないと考えられるので、省略した。

9. 飲水量に影響する要因と給水制限、断続給水などの影響

乾餌飼育下のニワトリの飲水量は、飼料摂取量の増減により変動し、適温下の水・飼料比を、PATRICK と FERRISE⁷²⁾は、ブロイラーでは第 1 週は 5.0、第 2 週～9 週は 1.1～1.5 で、全期 1.5 と報告し、白レグ雌ヒナについて MEDWAY と KARE⁷³⁾は、1～16 週まで 2.6～2.1、全期で 2.3 と報告している。産卵中のニワトリでは、卵生産に必要な水が飲水されるので、WILSON ら¹⁸⁾によると摂取飼料 1 g に対し水 2.2～2.6 g 摂取され、産卵中のウズラの水・飼料比は、桜井⁷⁴⁾により 2.5 と測定された。しかし、給水制限下では飲水量が飼料摂

取量などを規制し、制限がきびしくなるに応じて摂取量が減少する (桜井⁷⁵⁾、KELLERUP ら⁷⁶⁾)。

飲水量は、上記飼料摂取量のほかに環境温度、飼料条件ならびにニワトリの状態などによって変動する。BAROTT と PRINGLE^{77), 78)}によると、呼吸の水分排出量は、13～24℃ 間は比較的一定しているが、24℃ より温度上昇につれて上昇勾配的に増加する。飲水量の変化も呼吸水分排出量の変化におおむね類似し、WILSON⁷⁹⁾、VO ら⁸⁰⁾、および BENNION と WARREN⁸¹⁾は、21℃ から 35℃ まで直線的に増加して 2 倍量に達することを示している。

産卵中のウズラでは、日齢と飲水量との間には逆相関が、温度と飲水量との間には順相関が認められ、飲水量 (Y , ml/羽/日) と日齢 (X_1)、温度 (X_2 , °C) との関係は、

$Y = 15.59100 - 0.04246 X_1 + 1.77008 X_2$ で示された (桜井⁷⁴⁾)。なお、日齢と産卵量との間にも逆相関が示され、1 日経過するごとの量の減少は 0.0025 g で、飲水量減少の 1/16 にすぎず、したがって、日齢の経過による飲水量の減少要因として産卵量の関与は微々たるものにすぎないといえる。

各温度水準下で風があり、風速が増すと、風速の増加に応じて飲水量は直線的に減少する (桜井⁹⁾)。これは、風による体表からの放射・対流放熱が、呼吸などの蒸散放熱の代替をする結果であると考えられる。

ELEY と HOFFMAN⁸²⁾は飼料中蛋白質含量が増加すると排泄物量とその水分量が増加することを観察し、JAMES と WHEELER⁸³⁾、WHEELER と JAMES⁸⁴⁾は、蛋白質含量の増加に応じて飲水量が増加することを認め、蛋白質の代謝に対しては他の栄養素の代謝よりも多くの水を必要とすると述べた。GLUTA と SCOTT⁸⁵⁾は大豆粕含量が増加するにつれて飲水量が増加することを観察し、PATRICK⁸⁶⁾は、ブロイラーにおける水・飼料比は、カゼインを含む飼料 (2.0) よりも大豆粕飼料 (2.4) が大きいことを観察した。食塩含量が増加すると飲水量は増加し (BARLOW ら⁸⁷⁾、KARE と BIELY⁸⁸⁾、反対に飲水中に可溶性硫酸を 1% 添加すると飲水量が減少する (STUKIE⁸⁹⁾) ことが観察されている。

飲水量は飼料の形態によりことなり、マッシュは粒餌よりも多く (HOFFMAN と TOMHAVE⁹⁰⁾、ペレットはマッシュよりも (PATTEN と RAULS⁹¹⁾、MORRIS⁹²⁾、および HOFFMAN と POIFEVENT⁹³⁾多いことが報告されている。

ニワトリにおける飲水の性差について、LIFSCHITZ ら⁹⁴⁾によると、成雌の飲水量は成雄のそれよりも 85% も多く、雄では 10 時 30 分頃最多となり、その後減少するが、雌では早朝から、特に 12 時から 15 時 30 分にかけ

て急速に増加する。放卵を起点として示した飲水量は、放卵前 1 時間は最少量であるが、その後放卵時にかけて急速に増加し、それ以後 8 時間高水準を維持する。この飲水量の変化は、血中のアルギニン・バソトシン含量と一致し、当ホルモンが水平衡の調節に関係しているという。また産卵日の飲水量は、HOWARD⁹⁵⁾によると、産卵しない日のその 2 倍以上であり、飲水回数も比例的に多い。この増加量は、卵中水分量よりもはるかに多く、卵形成という代謝ストレス解消につかわれるという。

ブロイラーに給水を制限すると、制限が大きくなるにつれて飼料摂取量が減少し、増体量が減少する。この影響は週齢がすすむにつれて大きくなる (KELLERUP ら⁷⁵⁾)。水・飼料比を 2.5 から 1.0 に制限した摂水制限の影響を実験条件下の短期間における窒素およびエネルギー利用の点からみると、摂水制限は飼料窒素の消化率には影響ないが、窒素の体蓄積率が減少し、尿中排泄割合が増加した。また飼料の ME 含量には影響なく、炭素出納にも影響がなかった。窒素および炭素出納の関係から蓄積エネルギーを求めると、体蛋白質としてのエネルギーは水の摂取制限により減少し、体脂肪としてのエネルギーは反対に増加した。この両者の関係から蓄積総エネルギーには有意差はない (桜井⁹⁶⁾)。産卵時の給水制限についても成長に対する影響にいて、制限がきびしくなるにつれて飼料摂取量、産卵率、卵重、飼料効率、生存率が低下するが、この影響は乾餌飼育の方が練餌飼育の場合よりもいちじるしい (桜井⁷⁰⁾)。

産卵鶏を 2~3 日間絶水すると、絶水開始後 3~4 日目に産卵率が激減し、2 日目には軟卵をうむようになる (WILSON と EDWARDS⁹⁷⁾, BIERES ら⁹⁸⁾,⁹⁹⁾)。産卵率の低下は 7~8 週間つづき、またある鶏群では回復に 21 週を要し、死亡率は絶水第 1 週に最大となる (ADAMS¹⁰⁰⁾)。

断続給水の産卵および成長に対する影響は、給水の時間と回数により一致していないが、その影響は比較的小さい。たとえば、給水時間が 2 時間あるいは 1 時間と比較的長くても給水回数が少ない 1 回あるいは 2 回の場合 (WILSON ら⁹⁷⁾, SPILLER ら¹⁰¹⁾)、または給水時間が短かくかつ回数が少ない、15 分給水 3 回の場合 (SPILLER ら¹⁰¹⁾) は産卵率の低下が認められる。15 分給水でも 3 回 (MAXWELL と LYLE¹⁰²⁾)、4 回 (MUIR と GERRY¹⁰³⁾)、あるいは 5 回 (HILL¹⁰⁴⁾, HILL と RICHARDS¹⁰⁵⁾, SPILLER¹⁰¹⁾) か、または 2 時間給水の場合には 2 回 (WILSON ら¹⁰⁶⁾) にすると、産卵率などの産卵成績に影響がないことが報告されている。また育成成績は 15 分給水 3 回以上 15 回までの間で有意差はない (MUIR と GERRY¹⁰⁷⁾)。

III. 飼料組成と生産反応

1. 育成飼料の CP, ME 含量と成長、産卵

採卵ウズラの育成期間は、ウズラの性成熟と産卵鶏舎移動のストレス軽減などから 5 週間とされている。採卵ウズラ育成飼料は、産卵期の遺伝的産卵能力が十分に発揮され、かつ経済的に育成されるものでなければならない。

蛋白質とエネルギー含量のことなる飼料を給与した場合に、ウズラの飼料摂取量は、本能的にエネルギー要求量に応じて調節される。したがって、飼料は、エネルギー要求量を充たしながら蛋白質の要求量をも充たし得るエネルギーと蛋白質の含量、カロリー・蛋白比が重要となる。

VOHRA と ROUDYBUSH¹⁰⁸⁾ は CP (%)—ME (kcal/g) が 21—2.8, 25—2.9, 31—2.8, 35—2.7 の組成による 5 週齢時の体重を比較し、前 2 組成は 31—2.8 に比し CP 含量に応じて明らかに劣るが、31—2.8 と 35—2.7 との間に有意差はなかった。桜井¹⁰⁹⁾ は、実験 1 で CP 18, 22, 26% のそれぞれに、ME 2.7, 3.0, 3.3 kcal をわりつけて、実験 2 では 20, 27, 34% のそれぞれに、2.7, 3.2, 3.7 kcal をわりつけて育成し、5 週齢時の増体量におよぼす飼料組成の影響を図 1 のように表わした。実験 1 では、CP 18% 付近は ME 含量が低い程成長がよく、22% 付近では ME 含量の影響は少なく、26% 付近では 3.0~3.3 kcal が成長がよく、最大成長は 28—3.2 の組合せ (M 点) で得た。実験 2 では、各 CP 含量に対する適 ME 含量は実験 1 より低く、27% 付近では 3.2~2.7 kcal が成長がよく、32—3.1 (M) 点で最大成長を得た。しかし LEPOR と MARKS¹¹⁰⁾ は組成の異なる数種類の飼料による実験結

図 1. 実験 1 と 2 における等増体量線と飼料組成との関係の比較 (桜井, 1978)

点線: 実験 1 実線: 実験 2

果から4週齢時の最大増体量を最少 24—3.1 で、また WEBER と REID¹¹¹⁾ は5週齢のそれを 24—2.8 で得た。

飼料効率に対する ME 含量の効果は顕著であって、2.7 kcal から 3.2 kcal, 3.7 kcal へと含量が高くなると飼料効率は上昇率を減じながら高くなった。一方、CP 含量の効果は 22% (実験1) および 27% (実験2) まですら、さらに含量が高くなっても飼料効率に変化がなく、実験1では CP 18% から 22~26%, 実験2では 20% から 27~34% に高くなると飼料効率が高くなり、かつ ME 含量の効果が改善された (桜井¹⁰⁹⁾)。

CP 18% および 20% 飼料による産卵率は、他の飼料のそれに比べて、はじめ2カ月間は ME 含量が高い程低くかったが、3カ月目には他の飼料給与区の産卵率にまで回復し、以後産卵率の推移は育成飼料の組成による影響は見られなかった。この性成熟の遅れによる初期産卵率低下の影響は、実験1の場合には全期間(7カ月間)の通算産卵率に影響し、産卵率は 18% < 22% ≒ 26% の関係で示された。実験2の場合には、20% 区の通算産卵率は 27% 区および 34% 区のそれとの有意差とはならなかった。産卵期生存率は、実験1では飼料組成による影響はなかったが、実験2では CP 含量により影響され、27% および 34% の高 CP 飼料で育成した区は低下した (20% > 27% ≒ 34%, 桜井¹⁰⁹⁾)。

以上の成績から、性成熟、全期産卵率および生存率に影響のない安全な育成飼料の組成は、CP は最低 22% であり、ME は増体量と増体に対する飼料効率より、2.7~3.0 kcal が実用的であるといえる。

2. 産卵に対する窒素ならびにエネルギー出納におよぼす飼料中蛋白質およびエネルギー含量の影響

飼料の蛋白質およびエネルギー含量とウズラの産卵に対する窒素ならびにエネルギー出納の問題は、産卵飼料を蛋白質ならびにエネルギーの利用効率より考える上で重要である。

桜井¹¹²⁾によると、CP 14, 16, 18, 21, 24% の各含量に、ME 2.7, 3.0, 3.3 kcal/g をわりつけて給与した場合に、産卵率と卵重は、CP 含量が高い程増加し、ME 含量は、CP 21% までは低い方が高く、24% では影響がなかった。生体の蛋白質含量には飼料組成による影響はなかったが、脂肪含量は ME 含量が増加するにつれて増加し、かつ、CP 含量が増加すると脂肪含量の増加を促す傾向があった。全卵の窒素およびエネルギー含量は、飼料組成による影響はなく、それぞれ $1.88 \pm 0.02\%$ および 1.59 ± 0.03 kcal/g であった。全卵組成に対する影響はニワトリでの成績¹¹³⁾と一致している。

窒素摂取量は、CP 含量が高くなるにつれて増加し、ME 含量が高くなると減少した。摂取窒素の卵転換率

は、およそ窒素摂取量の変化とは逆に、CP 含量の増加により低下し、ME 含量の増加により高くなった。窒素の体蓄積率は飼料組成による差はなく、3~4% であった。一方、エネルギー摂取量も CP 含量が高くなるにつれて増加した。エネルギーの卵転換率は、産卵率、卵重の変化に似て、CP 含量の増加にともなって高くなり、産卵へのエネルギー利用に対する CP 含量の効果がいちじるしい。エネルギーの体蓄積率は、0~2% にすぎないが、CP 含量の増加にともなって増加し、ME 含量の増加により促進された。

上記のごとく、CP 14% のような低蛋白質で、産卵に不適当なカロリー・蛋白比の大きい飼料でも、窒素出納は正であり、エネルギー出納はほとんど平衡に維持され、かつ産卵量は少なかった。このことは、摂取 CP、ME はまず体維持に優先してつかわれ、体維持の残余分が産卵にまわることを示していると考えられる。したがって、産卵飼料は産卵能力を最大に発揮させ、しかも産卵に対する CP、エネルギーの利用効率を高く維持する組成を条件としなければならない。

3. 産卵におよぼす CP および ME 含量の影響

GROPP と ZUCKER¹¹⁴⁾ は、ウズラでは CP 16% でも良好な産卵率が得られると述べているが、他の研究者はすべて 20% 以上を推奨している。すなわち、HOWES¹¹⁵⁾によると、トウモロコシと大豆粕を主体とする飼料の CP 含量による成長と産卵は、23% は 18% に比し有意にすぐれているが 23% 以上には有意差はない。ERNST¹¹⁶⁾によると、産卵に対する CP 要求量はおよそ 25% であり、VOHRA と ROUDYBSH¹⁰⁸⁾ は成長と産卵に対して 20~35% の4種類の飼料を給与し、成長は 31% 以上で、初期産卵は 25% 以上で最良の成績が得られるとして成長と初期産卵に対して 25% を推奨した。BEGIN と INSKO¹¹⁷⁾ は 2~4 飼料を用いた4回の実験から推定して、トウモロコシ・大豆粕飼料による最大産卵に対して、CP 20% が適当であるが、ラードなどを 10% 添加した高エネルギー飼料 (3.0 kcal/g) では、最大産卵率、卵重、飼料効率を得るために 22% が必要であると述べている。

桜井¹¹⁸⁾は実験計画法¹¹⁹⁾にもとづいて、CP-ME 含量による産卵率などの反応を中温期と高温期とで実験した結果、産卵率は温度(時期)と CP または ME との交互作用による影響はなく、両期間の間で飼育温度がことなっても、飼料の CP、ME 含量による産卵率の反応はきわめて類似していることが示された。CP および ME 含量による産卵率は、図2に示したように、CP 24% より低い範囲では ME 含量が低い方が高く、30% 側では ME 含量が高い方が高く、全体的に、CP 25% ME 3.0

図 2. 産卵率と飼料組成との関係 (中・高温期) 実測値 (黒点) と等産卵率線を示す。括弧内は CP, ME の含量 (% , kcal/g) を示す (桜井, 1978)

kcal または 24%—2.8 kcal で最高産卵率を得る。卵重は、24% 以下は ME 含量が低い方が大きく、24% より高い水準では、CP と ME が高くなるにつれて大きくなることが示され、飼料効率は、2.6 kcal のときは 23.6% で、3.1 kcal のときは 26.8% で、3.6 kcal のときは 29.9% で最も高くなった。

4. 繊維および脂肪含量と産卵

家禽に対して粗繊維は、消化率がいちじるしく低い割に、熱量増加が生ずる¹²⁰⁾ ために、エネルギー供給源としては極めて価値が低いが、消化生理上重要な機能を有し、欠乏すると飼料摂取量がいちじるしく減少する。この減少はニワトリでは蛋白質含量が低い程いちじるしい¹²¹⁾。なお、ニワトリの場合、ノコギリクズの消化管通過による熱量増加は、桜井¹²⁰⁾によると、日齢すなわち消化管の発達の程度と摂取量によりことなり、8 週齢ヒナでは 1g 当り 0.2 kcal であり、2 週齢ヒナでは 0.2~0.5 kcal であった。

ニワトリによる実験で LILLIE ら¹²²⁾ はエンバク稗皮を 32~64%, およびアルファルファミールを 20~60% も添加し (したがって、CP と ME および ME 含量が低下)、いずれもマッシュとペレット状にして産卵鶏に給与した結果、産卵率と飼料効率はペレットにした方が高く、またいずれも添加量が多くなるにつれて低下した。窪田¹²³⁾ はアルファルファミールを 0~15% 混合し、エネルギー減少分は油脂で補足した粗繊維 2, 4, 7% の等 CP 飼料を給与し、7% 飼料は 4, 2% 飼料に比し摂取量が減少し、産卵率が低下したが、飼料効率には差はなかった。BIRD と WHITSON¹²⁴⁾ が 6% 粗繊維含有飼料を給与した場合には、産卵率には影響な

ったが、飼料効率が低下した。しかし、JENSEN と MCGINNIS¹²⁵⁾ はアルファルファミールを 2.5~25% 混合したが、産卵率と卵重には有意差はなかった。また KINGAM と SULLIVAN¹²⁶⁾ は、アルファルファミールを 8~20% 混合した等エネルギー・等 CP 飼料を給与したが、アルファルファミールおよび粗繊維含量 (3~6%) による産卵率、飼料効率、受精率に有意差はなかった。ふ化率は 12% 以上混合した区が有意に高かった。なお、HEYWANG ら^{127~129)} により指摘されていたアルファルファサポニンの産卵抑制作用は見られなかった。

JENSEN ら¹³¹⁾ はニワトリにおける卵重の試験で、半精製飼料中のグルコースを黄色トウモロコシで代替すると卵重が増大する事実を認めた。また、半精製飼料にコーンオイルを添加した場合も同様な効果を認め、黄色トウモロコシ 70% の卵重増大効果は、コーンオイル 3% のそれに比敵することを明らかにした。その後の研究で SHUTZE ら^{131, 132)} は、卵重増大効果はリノール酸の多い植物油が効果的であり、コーンオイルの最大卵重を得る最少添加量は 5% であり、またこの 5% の卵重増大効果は 2.5% のリノール酸あるいはリノール酸メチルのそれに比敵し、リノール酸欠乏鶏にリノール酸を給与して卵重が増大した事実¹³³⁾ より、リノール酸が最重要卵重増大因子であるとした^{132, 133)}。なお卵重増大因子 (コーンオイル) は酸化すると不活性化し、産卵率、ふ化率をも低下させる有害因子にかわり、オートクレーブとケン化では効果を維持する¹³¹⁾ という。

つぎに SHUTZE ら¹³⁴⁾ は各種穀類を 70% および 75% 含む実用飼料に、いずれもコーンオイルを 5% 添加した場合の卵重増加は、黄色トウモロコシに添加した場合がすぐれている傾向をみた。しかし、これをエネルギー含量との関係でみると卵重差は見られないとし、さらに同一熱量のトウモロコシを含む実用飼料に、コーンオイルとタローを添加し卵重を比較した結果、両者の間に差がないとし、半精製飼料と実用飼料とではリノール酸の効果がことなることを報告している。

桜井¹³⁵⁾ は粗繊維-粗脂肪含量が 3—3, 6—6, 9—9 の実用飼料をウズラに給与した結果、前記ニワトリでの報告^{123), 124)} とは異なり、摂取量、産卵率などは飼料間に差がなかった。しかし、卵重のみは繊維と脂肪含量が高くなるにつれて増加した。なお、繊維と脂肪含量はノコギリクズとラードで調整したため、飼料 1g 当りの容積がそれぞれ 1.65 ml, 1.86 ml, 2.02 ml となった。つぎに粗繊維が 3, 6, 9% の各水準に、粗脂肪 3, 6, 9% をわりつけた飼料を給与した結果、卵重のみが脂肪含量の 1 次効果により影響され、脂肪含量の増加に応じて卵重が増加する結果を得た。この成績は、成長中のラッ

トのエネルギー蓄積が飼料中脂肪含量の増加にともなうて増加し、また成長後では体重増加に対する熱量増加が脂肪含量の増加にともなうて減少する結果、エネルギー蓄積が増加するとする FORBES ら^{136)~138)}の成績と一致していると考えられる。しかし、脂肪 1% 増加による卵重増加は 0.08 g にすぎず、有意な飼料効率改善をもたらすにいたらなかった。

IV. 要 約

温度水準によるウズラの成長・死亡率・飼料効率の反応は、放物線で示される。しかし、温度適応性を獲得した第 5 週以後の飼料効率は、22~30°C の間で温度が高くなるに応じて直線的に高くなった。温度水準による産卵率と生存率の反応は、成長に対する反応にくらべてにぶいが、放物線で示され、飼料効率は、適温から高温域で高く、適温から温度低下につれて低下する。高温域での適度の風は、産卵改善に特効がある。

ウズラは 3 ルックス程度の低照度で、しかも群飼であっても十二分に成長、産卵することができ、これより明るくても成績は上らない。このような反応は、ニワトリについて報告されている反応に比べるとにぶく、野生ウズラの生活の場が草原あるいはヤブなどの薄明りのもとであったので、その環境に順化したことによっていると考えられる。また、照明時間の不足が照度を高くすることにより補足される、照度と照明時間との相互作用効果は成長、産卵に対して認められていない。

照明時間の成長、性成熟に対する影響は、雌ウズラでは育成後期に認められ、8 時間で抑制され、16~24 時間は良好であった。雄ウズラでは精巢の発育すなわち性成熟に、前記雌ウズラの成長とはほぼ同様な影響が認められる。24 時間照明下で育成したウズラの産卵率に対する照明時間は、18~20 時間が最適であり、これ以下では産卵率は低下し、またこれ以上でも低く、かつ生存率が低下する。ニワトリでは、産卵率を高める前処置として、育成期照明時間の抑制または漸減と、後処理として産卵期での漸増とが行なわれているが、ウズラに対する育成期照明時間の抑制は、ニワトリとことなり、性成熟を大きく遅延し、これが全産卵数に大きく影響した。

給水制限の影響は、練餌飼育の方が乾餌飼育よりも小さいが、産卵成績が低下するもので、特に高温期には制限にならないように給水する一方、舎内通気により、軟便の乾燥と、産卵改善の対策が必要である。

ウズラは成長・産卵に対する蛋白質の要求量が、ニワトリのそれに対するよりもはるかに大きい。魚粉蛋白質が全蛋白質中 40% をしめる飼料では、成長は CP が 28% または 32% まで、産卵は 24~25% まで高くな

るにつれて改善された。蛋白質の栄養作用はアミノ酸の栄養作用とはきりはなして論ずることは片手落であるので、今後はアミノ酸レベルの研究も必要である。

文 献

- 1) 桜井 齊 (1982) 日本ウズラ雄ヒナの週齢別増体量、死亡率、飼料効率および屠体組成におよぼす飼育温度の影響: 家禽会誌, **19**, 307-314.
- 2) BAROTT, H. G. and E. M. PRINGLE (1947) The effect of environment on growth and feed and water consumption of chickens. 1. The effect of temperature of environment during the first 9 days after hatch: J Nutr., **34**, 53-67.
- 3) BAROTT, H. G. and E. M. PRINGLE (1949) The effect of environment on growth and feed and water consumption of chickens. II. The effect of temperature and humidity of environment during the first 10 days after hatch: *Ibid.*, **37**, 153-161.
- 4) BAROTT, H. G. and E. M. PRINGLE (1950) Effect of environment on growth and feed and water consumption of chickens. III. The effect of temperature of environment during the period from 18 to 32 days of age: *Ibid.*, **41**, 25-30.
- 5) MICKELBERRY, W. C., J. C. ROGLER and W. J. STADELMAN (1966) The influence of dietary fat and environmental temperature upon chick growth and carcass composition: Poultry Sci., **45**, 313-321.
- 6) KUBENA, L. F. B. D. LOTT, J. W. DEATON, F. N. REECE and J. D. MAY (1971) Body composition of chicks as influenced by environmental temperature and dietary treatment: *Ibid.*, **50**, 1594.
- 7) RINEHART, K. E., D. E. GREEN and J. L. WILLIAMSON (1975) The influence of selected nutrition and management factors on broiler carcass composition: *Ibid.*, **54**, 1809-1810.
- 8) 桜井 齊 (1979) 日本ウズラにおける環境温度と産卵: 家禽会誌, **16**, 318-328.
- 9) 桜井 齊 (1983) 日本ウズラの産卵におよぼす飼育室温度および風速の影響: 同誌, **20**, 80-85.
- 10) WILSON, W. O., J. R. Cain and T. D. Siopes (1971) The interaction of light and temperature in Coturnix: Poultry Sci., **50**, 204-207.
- 11) PAYNE, C. G. (1966) Practical aspect of environmental temperature for laying hens: Worlds Poultry Sci. J., **22**, 126-139.
- 12) 岡本正幹 (1970) 家畜・家禽の環境と生理, p. 138, 養賢堂, 東京.
- 13) WILSON, W. O., E. H. McNALLY and H. OTA (1957) Temperature and calorimeter study

- on hens in individual cages: *Poult. Sci.*, **36**, 1254-1261.
- 14) MUELLER, W.J. (1961) The effect on constant and fluctuating environmental temperature on the biological performance of laying hens: *Ibid.*, **40**, 1562-1571.
 - 15) COMPOS, A.C., F.H. WILCOX and C.S. SHAFFNER (1962) The influence of fast and slow drops in ambient temperature on egg production traits: *Ibid.*, **41**, 856-865.
 - 16) HEYWANG, B. W. and S. W. LOWE (1962) Egg shell quality during hot weather with calcium gluconate in the diet: *Ibid.*, **41**, 1213-1215.
 - 17) CUNNIGHAM, F. E., O. J. COTTERILL and E. M. FUNK (1960) The effect of season and age of bird. 1. On egg size, quality and yield: *Ibid.*, **39**, 289-299.
 - 18) CARMAN, L. G. and T. M. HUSTON (1965) The influence of environmental temperature upon egg components of domestic fowl: *Ibid.*, **44**, 1237-1240.
 - 19) CAMPOS, A.C., F.H. WILCOX and C.S. SHAFFNER (1960) The influence of fast and slow rise in ambient temperature on production traits and mortality of laying pullets: *Ibid.*, **39**, 119-129.
 - 20) HUSTON, T. M., W. P. JOINER and J. L. CARMON (1957) Breed difference in egg production of domestic fowl held at high environmental temperature: *Ibid.*, **36**, 1247-1254.
 - 21) HUTCHINSON, J. C. D. (1953) Effect of hot climates on egg weight: *Ibid.*, **32**, 978-984.
 - 22) 三村 耕・森田琢磨 (1980) 家畜管理学, p. 112-113, 養賢堂, 東京.
 - 23) SIEGEL, H. S. and L. N. DRURY (1968) Physiological responses of chickens to variations in air temperature and velocity: *Poult. Sci.*, **47**, 1120-1127.
 - 24) 宇和川 賢・伊藤敏男・山本禎紀 (1980) 産卵鶏における風速作用の体感温度表示: 家畜の管理, **16**, 20-22.
 - 25) 小田良助 (1968) 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**, 1219-1226.
 - 26) LONG, J., A. C. DALE, R. B. HARRINGTON and R. L. JOHNSON (1966) The influence of selected temperature and ventilation rate on egg production: *Poult. Sci.*, **45**, 58-65.
 - 27) 上野満弘・多田昌男・高橋 彰・上林峯治・小郷文雄・川崎 晃 (1977) 産卵鶏の生産性に及ぼす環境温度と風の影響: 岡山鶏試研報, **19**, 1-9.
 - 28) 赤木昭治・大田正義・高橋和夫・森田琢磨 (1968) 夏季における送風が鶏に及ぼす影響について: 家畜の管理, **3**, 50-55.
 - 29) 上野満弘・多田昌男・吉川陽一・妹尾文雄・村田武久・川崎 晃 (1975) 高温時の送風が産卵鶏に及ぼす影響: 岡山鶏試研報, **17**, 1-8.
 - 30) 桜井 斉 (1980) 日本ウズラ抜雄の増体量, 精巢重量および飼料効率におよぼす照明時間および照度の影響: 家禽会誌, **17**, 323-328.
 - 31) 桜井 斉 (1983) 日本ウズラの育成期の飼育温度および照明時間が成長, 産卵におよぼす影響: 同誌, **20**, 1-7.
 - 32) WILSON, W. O., H. ABPLANALP and L. ARRINGTON (1962) Sexual development of Coturnix as affected by changes in photoperiods: *Poult. Sci.*, **41**, 17-22.
 - 33) ABPLANALP, H., A. E. WOODARD and W. O. WILSON (1962) The effect of unnatural day length upon maturation and egg production of the Japanese quail: *Ibid.*, **41**, 1963-1968.
 - 34) MORENG, R. E., R. L. BRYANT and D. G. GOSSLEE (1956) Physiological reaction of chicks to limited light: *Ibid.*, **35**, 977-983.
 - 35) CHERRY, P. and M. W. BARWICK (1962) The effect of light on broiler growth: *Brit. Poult. Sci.*, **3**, 31-40, **3**, 41-50.
 - 36) Skoglund, W. C. and D. H. PALMER (1962) Light intensity studies with broilers: *Poult. Sci.*, **41**, 1839-1842.
 - 37) BEANE, W. L., P. B. SIEGEL and H. S. SIEGEL (1962) The effect of light on body weight and feed conversion of broilers: *Ibid.*, **41**, 1350-1351.
 - 38) SKOGLUND, W. C., C. J. WABECK and D. H. PALMER (1967) Length of light period for maximum broiler weight: *Ibid.*, **45**, 1185-1189.
 - 39) SIEGEL, H. S. and W. WOOD (1964) Length of daily feeding time as an influence on growth and digestive efficiency in young chickens: *Ibid.*, **43**, 406-410.
 - 40) SYKES, A. H. (1956) Short day length and egg production in the fowl: *J. Agric. Sci.* **47**, 429-434.
 - 41) 岡本正幹 (1968) 産卵と環境, とくに光の人工調節: 家禽会誌, **5**, 163-170.
 - 42) 桜井 斉 (1980) 日本ウズラの産卵におよぼす産卵期の照明時間 および 照度の影響: 家禽会誌, **17**, 279-286.
 - 43) WILSON, W. O., T. D. SIOPES and F. B. MATHER (1965) Effect of frequent photoperiods and light intensity on reproduction in quail: *Poult. Sci.*, **44**, 1427.
 - 44) MORRIS, T. R. and V. M. OWEN (1966) The effect of light intensity on egg production: *Proc. 13th Worlds Poult. Congress*: 458-461.
 - 45) OSTRANDER, C. E. and C. N. TURNER (1961) Effect of various intensities of light on egg production of single comb white leghorn pullets: *Poult. Sci.*, **40**, 1440.
 - 46) PALMER, H. D. (1966) The effect of daylength

- and light intensity on the performance of meattype breeder hens: Delaware Agric. Exper. Sta. Bull. No. 363.
- 47) DORMINEY, R. W., J. E. PARKER and W. H. MCCLUSKEY (1970) Effects of light intensity on leghorn pullets during the development and laying periods: *Poult. Sci.*, **49**, 1657-1661.
- 48) 渡辺誠喜・芝田 猛 (1979) ウズラの産卵に及ぼす照明時間の影響: 家禽会誌, **16**, 65-69.
- 49) DOBIE, J. B., J. S. CARVER and J. ROBERTS (1946) Poultry lighting for egg production: Washington Agri. Exper. Sta. Bull. No. 471.
- 50) PLATT, C. S. (1955) A study of the effect of restricted lighting on January hatched pullets: *Poult. Sci.*, **34**, 1045-1047.
- 51) MORRIS, T. R., S. FOX and R. C. JENNINGS (1964) The response of laying pullets to abrupt changes in daylength: *Brit. Poult. Sci.*, **5**, 133-147.
- 52) PENQUITE, R. and R. B. THOMPSON (1933) Influence of continuous light on leghorns: *Poult. Sci.*, **12**, 201-205.
- 53) WILSON, W. O. and H. ABPLANALP (1956) Intermittent light stimuli in egg production of chickens: *Poult. Sci.*, **35**, 532-538.
- 54) 桜井 齊 (1981) 連続照明と照明時間のうち 2 時間を暗期の中心に照明した場合および照明時間の制限漸増とによる日本ウズラの産卵成績の比較: 家禽会誌, **18**, 158-162.
- 55) KING, D. F. (1961) Effect of decreasing and constant lighting treatments on growing pullets: *Poult. Sci.*, **40**, 479-484.
- 56) BOWMAN, J. C. and R. H. JONES (1961) Lighting techniques for the domestic fowl 2. Experiment 1958-59: *Brit. Poult. Sci.*, **2**, 91-106.
- 57) BOWMAN, J. C. and R. H. JONES (1963) Lighting techniques for the domestic fowl 3. Experiment 1960-61: *Ibid.*, **4**, 27-37.
- 58) BOWMAN, J. C., R. H. JONES and D. W. KNIGHT (1966) Lighting techniques for the domestic fowl V. Experiment 1962-63: *Ibid.*, **7**, 117-125.
- 59) SHUTZE, J. V., W. E. MATSON and J. MCGINNIS (1963) Effect of light on economic and physiological characters of laying hens: *Poult. Sci.*, **42**, 150-156.
- 60) SHUTZE, J. B., W. E. MATSON and J. MCGINNIS (1961) Influence of difference photoperiods during brooding and rearing on subsequent productive characteristics in chickens: *Ibid.*, **40**, 1604-1611.
- 61) KONDRA, P. A. (1961) The effect of coloured light on growth and feed efficiency of chicks and pullets: *Ibid.*, **40**, 268-269.
- 62) LAUBER, J. K. (1965) How colored light affect chickens: Pacific Poultryman, August issue, Cited by WOODARD, A. E. *et al.* (71).
- 63) HARRISON, P., J. MCGINNIS, G. SCHUMAIER, C. A. PETTIBONE and J. JAUBER (1966) The influence of rearing pullets under colored light on subsequent reproductive performance: Washington form Electrification Committee, 1666 Progress Report, Cited by WOODARD, A. E. *et al.* (71).
- 64) MCGINNIS, J. (1967) Effect of colored lights on growing pullets and laying hens: Pacific Poultryman, May issue, Cited by WOODARD A. E. *et al.* (71).
- 65) CARSON, J. R., W. A. JUNNILA and B. F. BACON (1958) Sexual maturity and productivity in the chicken as affected by the quality of illumination during the growing period: *Poult. Sci.*, **37**, 102-112.
- 66) LAWATSCH, M. F., C. B. KNOTT and J. W. NELSON (1960) Effect of controlled light upon weight gain, feed consumption, egg production and mortality of caged layers: *Ibid.*, **39**, 1268-1269.
- 67) SCHMAIER, G., P. C. HARRISON and J. M. MCGINNIS (1968) Effect of colored fluorescent light on growth, cannibalism, and subsequent egg production of single comb white leghorn pullets: *Ibid.*, **47**, 1599-1602.
- 68) BENOIT, J. and L. OTT (1944) External and internal factors in sexual activity. Effect of irradiations and different wavelengths on the mechanisms of photostimulation of the hypophysis and on testicular growth in the immature duck: *Yale J. Biol. Med.*, **17**, 27-46.
- 69) SCOTT, H. M. and L. F. PAYNE (1937) Light in relation to the experimental modification of the breeding season of turkeys: *Poult. Sci.*, **16**, 90-96.
- 70) WOODARD, A. E., J. A. MOORE and W. O. WILSON (1968) Effect of wave length of light on growth and reproduction in Japanese quail: *Ibid.*, **47**, 118-123.
- 71) ERNST, R. A. and T. H. COLEMAN (1966) The influence of floor space on growth, egg production, fertility and hatchability of the *Coturnix coturnix japonica*: *Ibid.*, **45**, 437-440.
- 72) PATRICK, H. and A. FERRISE (1962) The water requirement of broilers: *Ibid.*, **41**, 1363-1367.
- 73) MEDWAY, W. and M. R. KARE (1959) Water metabolism of the growing domestic fowl with special reference to water balance: *Ibid.*, **38**, 631-637.
- 74) 桜井 齊 (1980) 日本ウズラの産卵期における日

- 齢, 飼育温度と飲水量との関係: 家禽会誌, **17**, 274-278.
- 75) 桜井 斉 (1981) 日本ウズラの高湿期における給水制限と産卵: 家禽会誌, **18**, 18-23.
- 76) KELLERUP, S.U., J.E. PARKER and G.H. ARSCOTT (1965) Effect of restricted water consumption on broiler chickens: *Poult. Sci.*, **44**, 78-83.
- 77) BAROTT, H.G. and E.M. PRINGLE (1946) Energy and gaseous metabolism of the hen as affected by temperature: *J. Nutri.*, **22**, 273-286.
- 78) BAROTT, H.G. and E.M. PRINGLE (1946) Energy and gaseous metabolism of the chicken from hatch to maturity as affected by temperature: *Ibid.*, **31**, 35-50.
- 79) WILSON, W.O. (1948) Some effects of increasing environmental temperature on pullets: *Poult. Sci.*, **27**, 686-689.
- 80) VO, K.V., M.A. BOONE and W.E. JOHNSTON (1978) Effect of three lifetime ambient temperatures on growth, feed and water consumption and various blood components in male and female leghorn chickens: *Poult. Sci.*, **57**, 798-803.
- 81) BENNION, J.L. and D.C. WARREN (1933) Temperature and its effect on egg size in the domestic fowl: *Ibid.*, **12**, 69-82.
- 82) ELEY, C.P. and E. HOFFMAN (1949) Feed particle size as a factor in water consumption and elimination: *Ibid.*, **28**, 215-222.
- 83) JAMES, E.W., Jr. and R.S. WHEELER (1949) Relation of dietary protein content to water intake, water elimination and amount of coecal excreta produced by growing chickens: *Ibid.*, **28**, 465-467.
- 84) WHEELER, R.S., Jr. and C.C. JAMES (1950) The problem of wet poultry house litter: Influence of total dietary protein and soybean meal content on water intake and urinary and fecal water elimination in growing chickens: *Ibid.*, **29**, 496-500.
- 85) GLISTA, W.A. and H.M. SCOTT (1949) Growth and feed efficiency studies with broilers. 2. Gross water consumption in relation to the level of soybean oil meal in the ration., **28**, 747-749.
- 86) PATRICK, H. (1955) The influence of protein source on consumption and excretion of water and excreta voided by broiler chicks: *Ibid.*, **34**, 155-157.
- 87) BARLOW, T.S., S.J. SLINGER and R.P. ZIMMER (1948) The reaction of growing chicks to diets varying in sodium chloride content: *Ibid.*, **27**, 542-552.
- 88) KARE, M.R. and J. BIELY (1948) The toxicity of sodium chloride and relation to water intake in baby chick: *Ibid.*, **27**, 751-758.
- 89) STURKIE, P.D. (1956) The effect of excess zinc on water consumption in chickens: *Ibid.*, **35**, 1123-1124.
- 90) HOFFMAN, E. and A.E. TOMHAVE (1944) The use of cracked corn in broiler feeding program: Delaware Agr. Exp. Sta. Circular **16**.
- 91) PATTEN, J.W. and L.A. RAULS (1938) Pellets versus mash form of feeding: *Feedstuffs*, October 1, pp. 12-16.
- 92) MORRIS, L. (1947) Pelleted and unpelleted mash for laying hens: *Poult. Sci.*, **26**, 122-125.
- 93) HOFFMAN, E. and L. POITEVENT (1947) A comparison of pelleted and unpelleted all-mash ration for growing broilers: University of Georgia Bul. **47**(10), 41-42.
- 94) LIFSCHITZ, E., O. GERMAN, E.A. FAVRET and F. MANSE (1967) Difference in water ingestion associated with sex in poultry: *Poult. Sci.*, **46**, 1021-1023.
- 95) HOWARD, B.R. (1975) Water balance of the hen during egg formation: *Ibid.*, **54**, 1046-1053.
- 96) 桜井 斉 (1974) ニワトリにおける水の摂取量とエネルギー代謝: 日畜会報, **45**, 133-140.
- 97) WILSON, W.O. and W.H. EDWARDS (1955) Animals and fowl and water: Yearbook of Agriculture, Water. U.S.D.A., Washington, D.C. 14: 18.
- 98) BIERER, B.W., T.H. ELEAZER and D.E. ROEBUCK (1965 a) Effects of feed and water deprivation on chickens, turkeys and laboratory animals: *Poult. Sci.*, **44**, 768-773.
- 99) BIERER, B.W., T.H. ELEAZER and D.E. ROEBUCK (1965 b) Effects of feed and water deprivation on chickens of various ages: *Ibid.*, **44**, 1351.
- 100) ADAMS, A.W. (1973) Consequences of depriving laying hens of water a short time: *Ibid.*, **52**, 1221-1223.
- 101) SPILLER, R. J., R. W. DORMINEY and G.H. ARSCOTT (1976) Intermittent watering and feeding programs for white leghorn layers: *Ibid.*, **55**, 1871-1881.
- 102) MAXWELL, B.J. and J.B. LYLE (1957) Restricted water for wet dropping prevention: *Ibid.*, **36**, 921-922.
- 103) MUIR, F.V. and R.W. GERRY (1976) The effect of restricted watering time on Red × Rock sex-linked females: *Ibid.*, **55**, 1472-1476.
- 104) HILL, A.T. (1969) Phase watering for laying stock: *Can. Poultry Rev.* **93**: 38.
- 105) HILL, A.T. and J.F. RICHARDS (1969) Consequences of limiting cage layer watering

- time: *Poult. Sci.*, **48**, 1819.
- 106) WILSON, H. R., C. F. WRIGHT, R. W. DORMINEY and J. E. JONES (1965) Water restriction for caged layers: *Sunshine State Agri. Res. Rep.* **10** (4): 11.
- 107) MUIR, F. V. and R. W. GERRY (1987) Effect of restricted feeding and watering on laying house performance of Red×Rock sex-linked females: *Poult. Sci.*, **57**, 1508-1513.
- 108) VOHRA, P. and T. ROUDYBUSH (1971) The effect of various levels of dietary protein on the growth and egg production of *Coturnix coturnix japonica*: *Ibid.*, **50**, 1081-1084.
- 109) 桜井 斉 (1979) 日本ウズラの成長、飼料効率、産卵におよぼす育成飼料の蛋白質およびエネルギー含量の影響: *家禽会誌*, **16**, 305-317.
- 110) LEPORE, P. D. and H. L. MARKES (1968) Protein and energy requirements of growth selected lines of Japanese quail: *Poult. Sci.*, **47**, 1688-1689.
- 111) WEBER, C. W. and B. L. REID (1967) Protein requirements of *Coturnix quail* to five weeks of age: *Ibid.*, **46**, 1190-1194.
- 112) 桜井 斉 (1981) 日本ウズラの産卵に対する窒素ならびにエネルギー出納におよぼす飼料中蛋白質およびエネルギー含量の影響: *家禽会誌*, **18**, 185-192.
- 113) HEUSER, G. F. (1955) *Feeding Poultry*, 2nd. ed., P. 284, John Wiley & Sons, New York.
- 114) GROPP, J. and H. ZUCKER (1969) Untersuchungen zum Protein Bedarf der Japanischen Wachtel während der Aufzucht, *Arch. f. Geflügelk*, **32**, 337-342.
- 115) HOWES, J. R. (1965) Energy, protein, methionine and lysine requirements for growing and laying *Coturnix quail*, *Proc. 62nd. Ann. Cond. Assoc. Southern Agr. Workers, Inc.* pp. 263-264.
- 116) ERNST, R. (1970) Raising and propagating Japanese quail, *Univ. California Agr. Ext. Ser. AXT-318*.
- 117) BEGIN, J. J. and W. M. INSKO, Jr. (1972) The effects of dietary protein level on the reproductive performance of *Coturnix breeder hens*: *Poult. Sci.*, **51**, 1662-1669.
- 118) 桜井 斉 (1979) 日本ウズラの産卵におよぼす蛋白質およびエネルギー含量の中温期と高温期による影響: *家禽会誌*, **16**, 242-253.
- 119) 吉田 実 (1975) 畜産を中心とする実験計画法: 養賢堂, 東京.
- 120) 桜井 斉・今枝幸雄 (1972) 鶏のエネルギー代謝, 特に飼料の熱量増加に関する研究. II. 繊維質物質の給与量と熱量増加: *日畜会報*, **43**, 481-484.
- 121) 斉藤道雄 (1959) 鶏の栄養と絨餌問題・中巻, p. 152-154, 178-184, 養鶏の日本社, 名古屋.
- 122) LILLIE, R. J., S. K. HAYNESS and H. R. BIRD (1951) Effect of fiber in non-pelleted and pelleted mash upon egg production and feed efficiency: *Poult. Sci.*, **30**, 922.
- 123) 窪田大作・李 栄商・森本 宏 (1967) 産卵鶏における粗繊維の効果に関する研究: *家禽会誌*, **4**, 107-110.
- 124) BIRD, H. R. and D. WHITSON (1946) Effect of diet on efficiency of egg production: *Poult. Sci.*, **25**, 210-214.
- 125) JENSEN, L. S., and J. MCGINNIS (1952) A comparison of feeding pelleted and unpelleted diets containing different levels of alfalfa to laying hens: *Poult. Sci.*, **31**, 307-309.
- 126) KINGAN, J. R. and T. W. SULLIVAN (1964) Effect of high levels of alfalfa meal on egg production, yolk color, fertility and hatchability: *Ibid.*, **43**, 1205-1209.
- 127) HEYWANG, B. W. and H. R. BIRD (1953) The effect of alfalfa saponin on growth, diet consumption and efficiency of diet utilization of chicks: *Ibid.*, **33**, 239-241.
- 128) HEYWANG, B. W., C. R. THOMPSON and A. R. KEMMERER (1959) Effect of alfalfa saponin on laying chickens: *Ibid.*, **38**, 968-871.
- 129) ANDERSON, J. O. (1957) Effects of alfalfa saponin on the performance of chicks and laying hens: *Ibid.*, **36**, 873-876.
- 130) JENSEN, L. S., J. B. ALLRED, R. E. FRY and J. MCGINNIS (1958) Evidence for an unidentified factor necessary for maximum egg weight in chickens: *J. Nutri.*, **65**, 219-233.
- 131) SHUTZE, J. V., L. S. JENSEN and J. MCGINNIS (1958) Effect of different lipids on egg size: *Poult. Sci.*, **37**, 1242.
- 132) SHUTZE, J. V. and L. S. JENSEN (1963) Influence of linoleic acid on egg weight: *Ibid.*, **42**, 921-924.
- 133) JENSEN, L. S. and J. V. SHUTZE (1963) Essential fatty acid deficiency in the laying hen: *Ibid.*, **42**, 1014-1019.
- 134) SHUTZE, J. V., L. S. JENSEN and J. MCGINNIS (1962) Accelerated increase in egg weight of young pullets fed practical diets supplemented with corn oil: *Ibid.*, **41**, 1846-1851.
- 135) 桜井 斉 (1978) ウズラの産卵におよぼす繊維および脂肪含量の影響: *家禽会誌*, **15**, 102-107.
- 136) FORBES, E. B., R. W. SWIFT, R. F. ELLIOTT and W. H. JAMES (1946) Relation of fat to economy of food utilization. I. By the growing albino rat: *J. Nutri.*, **31**, 203-212.
- 137) FORBES, E. B., R. W. SWIFT, R. F. ELLIOTT and W. H. JAMES (1946) Relation of fat to economy of food utilization. II. By the mature albino rat: *Ibid.*, **31**, 213-227.
- 138) FORBES, E. B., R. W. SWIFT, E. J. THACKER, V. F. SMITH and C. E. FRENCH (1947) Further experiments on the relation of fat to economy of food utilization. III. By the mature albino rat: *Ibid.*, **32**, 397-403.