

採卵鶏とブロイラーの暑熱対策

誌名	鶏病研究会報
ISSN	0285709X
著者名	鶏病研究会
発行元	
巻/号	51巻1号
掲載ページ	p. 1-10
発行年月	2015年5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



採卵鶏とブロイラーの暑熱対策

鶏病研究会

〒305-0856 茨城県つくば市観音台1-21-7 サンビレッジ川村 C-101

キーワード: ブロイラー, 鶏舎・設備, 採卵鶏, 栄養管理, 暑熱対策

はじめに

地球温暖化の影響により、国内の夏季の平均気温が高くなってきており、2007年のIPCC（気候変動に関する政府間パネル）の報告¹⁶⁾では、21世紀の終わり（2090～2099年）には、20世紀（1980～1999年）と比較し1.8℃～4.0℃上昇すると予測している。

ブロイラーの生産性と環境温度の関係が調査され⁴⁶⁾、環境温度23℃に比べ27.2℃では5%、30.0℃では15%産肉量が低下することが示されている。そして、「気象変化メッシュデータ（日本）」⁴⁷⁾と所定の温度域を日本地図上に図示するプログラムを用い、実験から得られた数式⁴⁶⁾をもとに生産性を解析した結果、2020年、2040年、2060年と年代の経過とともに地球温暖化の産肉量への影響が大きくなることを予測し、特に、九州、四国、中国、近畿などの西日本において産肉量が全国平均に比較し大幅に低下することを示し、東北地方においても産肉量が低下する可能性が示された³⁴⁾。

また、2010年（平成22年）の夏は日本の広範囲を襲った観測史上1位の記録的な猛暑であり、表1のような鶏の熱射病による死亡、暑熱被害（7月1日～8月15日）が発生した。農林水産省生産局畜産部長は、9月1日付けで、「家畜への暑熱に対する技術指導の再徹底について」を呼びかけた。

ブロイラーの生産性に与える暑熱の影響には、飼料摂取量と増体率の減少、即ち出荷体重に到達するまでの期間延長等の飼料効率の低下もあるが、出荷間際の鶏が熱死するので生産効率を考えると深刻な問題である。採卵鶏においても、暑熱の影響により飼料摂取量が減少し、卵重、卵質の低下など生産性の低下が認められる。さらに、2005年、農林水産省は「アニマルウェルフェア」²¹⁾への取り組みを開始し、「アニマルウェルフェア」の意味を「快適性に配慮した家畜の飼養管理」と定義した。「アニマルウェルフェア」の概念からも暑熱対策が求められている。

2015年5月8日受付

この解説は、鶏病研究会専門委員会で検討されたものである。
担当委員：渡邊 理，橋本信一郎，中村賢司，永野哲司，野中富士男，齊藤恵子
鶏病研報51巻1号，1～10（2015）

「ブロイラーの熱射病対策」に関しては、1990年に立川³⁷⁾が解説しており、鶏病研究会がまとめた「ウインドウレス鶏舎における鶏病の発生要因と対策」^{19,20)}の中でも熱射病対策に触れているが、本稿では最近の情報を交え、採卵鶏、ブロイラー等の鶏の暑熱対策について改めて解説する。

1. 鶏の体温調節

山本⁴⁵⁾によると、鶏の深部体温は41.5℃（±0.5℃）で他の動物より高く、体熱の産生と放熱によりほぼ一定に保たれている。体熱の産生は、摂取した飼料のエネルギーが消化、吸収、代謝、利用される過程で発生する熱によるが、放熱は放射（蒸発）、対流、伝導の3経路で行われる。一般に、寒冷環境では体熱の産生、暑熱環境では放熱がおこる。

放射は体表面からのものと呼吸に伴うものに区別されるが、鶏には環境温度により発汗量を調節する汗腺が無く、体表面は保温・断熱作用のある羽毛で覆われているので、頭部の肉冠や肉垂、脚、趾などの裸皮部の皮膚からのみ放射が行われる。そのため、環境温度が上昇すると最初は能動的放熱手段として網状毛細血管が多く分布する肉冠や肉垂などの裸皮部の血管が拡張し、次いで呼吸による放射（熱性呼吸）が盛んになる。

パンティングは、熱性多呼吸（あえぎ呼吸）ともいわれ、蒸発機能の低い動物の特徴的な放熱反応である。速い呼吸（100回/分以上）と遅い呼吸（20回/分）が交互に現れ、開翼姿勢や嘴を大きく開けて息をする喉頭部のはためき運動が観察される。孵化直後のひなでは38℃、採卵鶏の成鶏では、30℃前後からパンティングが認められるようになる。パンティングによる放熱は、効率的放熱反応であるが、呼吸の増加は、血液中の二酸化炭素を過剰に放出することになり、血液はアルカリ性に傾く（呼吸性アルカローシス）。そして、この体液の酸塩基平衡の崩れは、卵殻質の悪化とも関連している³⁸⁾。

対流は、鶏舎内の冷たい空気の流れ（気流・送風）に体を曝し放熱するものであるが、開口呼吸により気嚢や肺に冷たい空気を送り込み、呼吸器自体の温度を下げ、分岐する血管を介して行う血液など体液の放熱も含む。そのため、対流の効率化には鶏舎内の送風が重要な意味を持つ。伝導は、体温より低いものに接触することにより放熱するもの

表 1. 採卵鶏とブロイラー 2009 年及び 2011 年における地域別暑熱被害 (7 月 1 日～8 月 15 日)

ブロック	採卵鶏		ブロイラー	
	2009 年	2011 年	2009 年	2011 年
北海道	0.05	2.90	0.00	51.66
東北	11.58	33.85	34.22	155.52
北陸	0.79	16.87	1.90	6.44
関東	21.19	52.20	27.02	28.21
東海	6.27	20.27	2.08	1.16
近畿	4.44	2.76	14.85	11.27
中四国	7.03	1.31	27.78	16.45
九州	4.48	6.09	58.26	14.48
沖縄	0.00	0.00	3.40	3.60
合計	55.83	136.24	169.60	288.77

単位は千羽, 2011 年の九州の被害は宮崎県を除く

であるが, 採卵鶏では冷たい金属製のケージに体を接触させ, スラット (隙間) から裸皮部の多い顔を出し, ブロイラーでは風速の速い場所や給水器周辺の濡れた床面などに体を接触させるなどの行動が見られる。冷水の給与も広義の伝導による放熱といえる⁴⁵⁾。

鶏の適正飼育温度 (熱的中性圏) は, 日齢により異なる。育雛期の給餌前は 34～37℃, 飼料摂取後は 33～35℃, 育成期は 27.5～37.7℃で, 成鶏 (産卵鶏) は, 18～24℃とされているが, 産卵率や生産効率に影響の及ばない温域は, 13～29℃と考えられている。適正飼育温度を外れた低温域 (寒冷時) では, 放熱量が増加するので, 体熱が増産され, 体温の恒常性が維持されるが, 適正飼育温度を超えた高温域 (暑熱時) では, 甲状腺ホルモン分泌の低下などにより産熱量を減少させ, 恒常性維持の方向に順応する。しかし, 体温の上昇を伴うようになると, 酵素蛋白質の変性や蛋白合成阻害などが起こり昏睡状態になり死に至る⁴⁵⁾。鶏が死に至る環境温度は 41.5～43℃, 致死体温は 47℃と言われている。鶏には高温適応能力があり, 育成期に高い環境温度下で飼育すると高温環境に適応するため (馴致), 成鶏期に高温環境下でも飼育できるようになる³⁰⁾。しかしながら, 低温環境下で飼育された鶏は急激な環境温度の上昇に弱い。冷夏や梅雨明けの猛暑日などに熱死が発生しやすいのはこのためと考えられる。

2. 鶏の暑熱被害のメカニズム

1) 細胞レベルでの暑熱被害

Rhoads ら³⁵⁾ の記述によると, 生体は細胞レベルでも環境の暑熱ストレス (heat-stress) により明らかな変化と障害が起こっている。多くの細胞は, 弱いながらも相互に協力し安定した構造を保つために分子レベルでも協力し合っており (細胞相互協力作用), 温度の上昇や低下, pH の

急変など僅かな環境変化でも細胞相互協力作用が崩壊する。暑熱感作により, まず細胞の構成要素が直接破壊され, 蛋白の解離や凝集がそれに続く。特に蛋白合成は, 熱により障害を受け易く, 次いで DNA, 最後に RNA の合成が阻害される。暑熱暴露による合成阻害は迅速である反面, DNA 合成の再開はかなりの時間を要することから, 迅速な応急処置を行っても, 既に広大な領域が影響を受け回復できない場合が多い。修復のための生体反応としては, 暑熱感作以前の状態に戻し細胞死を回避するために, ヒートショックファクター (heat shock factors : HSFs) という転写因子が作用し, 恒常性維持に関連する蛋白質, ヒートショックプロテイン (heat shock proteins : HSPs) を発現する。また, 暑熱ストレス感作時に細胞の生存に最も重要な要因となるのは, HSPs であるとも記述されている³⁵⁾。HSP70 (数値は分子量を示す) は, 暑熱傷害の程度 (大きさ) と持続期間を最も正確に示しており, その発現量が暑熱傷害の生体指標 (biomarker) として頻繁に利用されている。

2) 生体レベルでの暑熱被害

採卵鶏やブロイラーなどの生体レベルでは次のような暑熱被害が起こる。

a. 採卵鶏

成鶏の適正飼育温度の 18～24℃では, 鶏が必要とする維持エネルギーと飼料摂取量の間に相関関係があり, 産卵成績や飼料効率には影響が出ないが, 25℃以上の温域になると, エネルギーの必要量とは関係なく, 飼料摂取量が急激に低下する。鶏卵生産に必要な蛋白質とエネルギー量が不足するため, 卵重の低下, 卵殻重量 (厚) の低下, 破卵率の上昇が認められる。環境温度が 1℃上昇するごとに, 卵重は 0.2～0.3g 低下する。また, 卵殻の強度に影響するカルシウム, リン, ビタミン D の摂取量も低下する上に, パンティングにより呼吸性アルカローシスとなり, 血中カルシウムや重炭酸塩の含有量が低下するため, 卵殻形成に必要なカルシウムを卵管に供給できず, 環境温度が 1℃上昇するごとに破卵・軟卵などの規格外卵が 1% 程度上昇する。最初は, 卵重量, 卵質の低下のみが認められるが, 酷暑が続くと産卵率にも影響する。環境温度が鶏自身の体温の 41℃を超え, パンティングでも体温の放熱ができなくなると死亡する⁴⁵⁾。

b. ブロイラー

ブロイラーは, 孵化直後 32℃以上の高温条件下で飼育し, 3～4 週間かけて適正飼育温度 (18～23℃) に馴化させるが, 馴化後に適正飼育温度を超えた高温域になると, 飼料摂取量の低下により発育遅延が起こる。本来, 短期間の鶏肉生産が目的のブロイラーは, 改良上増体性が良く, 発育速度も速い。それ故, 飼料摂取量の低下による増体の低下も大きい。また, 体重の割に気囊, 肺などの呼吸器重量が小さく, パンティングによる熱放散の効率も悪く, 限

界体温にも達しやすい。特にブロイラーの雄に熱死の発生が多いことは、肺の熱放散能力が低いためと思われる。ブロイラーの暑熱被害による損耗は、発育遅延もあるが、出荷かごでの輸送中のものを含め、商品化直前の鶏の熱死によるため、その対策が重要な課題である⁴⁵⁾。

3. 暑熱対策

一般に、人など汗腺のある動物の体感温度は、温度（乾球温度 DBT）と湿度（湿球温度 WBT）の影響を受けており、体感温度 $=0.15 \times \text{DBT} + 0.85 \times \text{WBT}$ で示されるが、パンティングを指標とした場合、汗腺の無い鶏では、体感温度 $=0.7 \sim 0.8 \times \text{DBT} + 0.3 \sim 0.2 \times \text{WBT}$ で示され、温度と湿度の作用割合は約 3:1 であると報告されており、湿度の影響は少ない⁴⁵⁾。しかしながら、鶏でも暑熱対策の必要な温度と湿度の関係が示されており²⁶⁾、温度が 28℃ 以上になると湿度の影響も加わるので、何らかの環境対策が必要である。暑熱対策は夏季を通して実施する必要があるが、高温多湿な梅雨明け時期は特に注意すべきである。

1) 暑熱対策のための近代的な鶏舎・施設の構造・設備

a. 採卵鶏舎

採卵養鶏では、ウインドウレス (WL) 鶏舎は室内温度の管理が容易で、飼料効率・作業性・収容性・人件費などの点でも優れているので、近年、全国的に普及している。温暖化対策（冬は防寒対策）としては、ガルバリウム鋼板でサンドイッチされた断熱パネルが使用され、十分な能力を備えた換気扇が設置されている。近代的な採卵鶏舎では、冷却パッドやダストチャンバーを併用した効率の良いトンネル換気システムが取り入れられており、外気温が 30℃ 以上になるとパッドに水が流れ、ファームコンピューターによる温度制御が行われている。そして、気化熱により鶏舎内温度を下げる細霧システムや冷水供給システムまで整備されたシステム鶏舎が普及しつつある²²⁾。

b. ブロイラー鶏舎

ブロイラーの飼育には温度管理と換気が重要である。WL 鶏舎は開放 (O) 鶏舎に比べ温度管理が容易で、効率的に強制換気もできるので、近代的なブロイラー鶏舎でも、飼育密度を高め、生産効率を上げることの可能な WL 鶏舎が普及している。また、温暖化対策として、冷却パッドとトンネル換気システムを導入しているものが増えている。細霧システム、緊急時の水の噴霧装置まで備えたものもあり、屋根にはスプリンクラー又はロータリースプレーが設置され、外気温の上昇により作動する。ブロイラーは、ひなの日齢により飼育適正温度が異なるため、環境温度をコントロールすることが可能なファームコンピューターによる温度制御を行っている鶏舎が多い²²⁾。

2) 暑熱環境下の基本的な施設管理

a. 遮光・断熱・輻射熱対策

簡単に取り組める暑熱対策の基本は、降り注ぐ太陽光か

らの遮光、断熱、輻射熱対策である²²⁾。

a) 石灰乳・屋根断熱塗装

鶏舎の屋根に石灰乳を塗布すると断熱性を高めることができる。ブロイラーの WL 鶏舎のカラートタンの屋根に石灰乳を塗布し、塗布していない鶏舎と比較すると、日中は 1~3℃、夜間は 2~4℃ 低く推移し、発育成績も改善する⁷⁾。また、長期間塗装効果が持続する専用の断熱塗料も市販されている。

b) 屋根上散水 (スプリンクラー)

スプリンクラーで屋根に散水して、気化熱により屋根自身の表面温度を下げ、鶏舎内の室温を下げる方法である。炎天下の日中では屋根の表面温度が 20~30℃ 下がり、5℃ 以上の鶏舎内温度の降下が期待できる。園芸用のスプリンクラーは安価で設置できるので、給水量に十分な余裕のある農場では有効策である。

c) 屋根裏発泡ウレタン吹きつけ

発泡機によって建築用の硬質ウレタンフォームを屋根裏等に吹き付けることで、断熱効果を上げることができる。屋根の断熱塗装と併用することにより断熱効果をさらに上げることができる。

d) 外壁 (外壁塗装・断熱パネル)

WL 鶏舎等では、ネズミ被害防止のためにガルバリウム鋼板で発泡ウレタンをサンドイッチした断熱パネルが、壁や天井に使われている。外壁用の断熱塗料も市販されている。

e) 寒冷紗・よしず・断熱カーテン

寒冷紗やよしず、断熱カーテンを入気口や射光の強い鶏舎壁面に使用することで、鶏舎内温度の上昇が和らげられる。二枚重ねて立てかけたよしずにホースを取り付け定期的に散水する打ち水よしずは、気化熱により更なる冷却効果が期待できる。

f) グリーンカーテン

入気口部の日射を防ぐために、琉球アサガオやゴーヤをネットに這わせたグリーンカーテンを採用している農場もある。昼間は 1~2℃ の温度降下が期待できる。アカザ (雑草) はコストが不要で成長も速く、夏が過ぎると枯れるので、後処理の簡単な一過性のグリーンカーテンとして利用されている。

b. 大型扇風機・換気扇 (送風)

高密度で飼育するブロイラーや採卵鶏の大型ウインドウレス鶏舎では、鶏舎内の温度が上昇しやすいために、放射対流による放熱対策として大型扇風機や換気扇、ダクトによる送風が行われる。一般に体感温度と風速の関係は、体感温度 $=\text{環境温度} - \sqrt[3]{(\text{風速}(\text{m/秒}))}$ と推定されており⁴⁵⁾、春期、秋期などの温度が上昇しやすい季節であっても換気扇等による適切な風速で快適な温度が保たれる。しかし、夏季、特に高温多湿な梅雨時期には鶏舎内温度が急激に上昇するため、冷却パッド (入気冷却) の併用など更なる工

夫が求められる。

a) ビニールカーテンの吊り下げ

WLのプロイラー鶏舎では、ビニールカーテンによる送風対策が利用できる⁴⁰⁾。鶏舎中央よりやや排気側寄りの天井に、桁方向（横断換気の場合）に吊り下げ、床面との間隔を50cmにする。カーテン直下を通過する気流は著しく速くなり、鶏舎内の送風量の改善策となる。

b) ビニールダクト送風

ビニールダクト送風もプロイラー鶏舎で利用できる。鶏舎内の天井に直径40cmのビニールダクトを棟と平行に吊し、このダクトに直径7cmの穴を40cm間隔で開け、扇風機で送風すると、熱射病の発生率は低く、増体重は大きかった²⁴⁾。

c. 細霧システム（細霧冷房）

プロイラーを陽陰圧換気方式の環境制御室で飼育し、径10~20 μ m、流量50~55ml/分の広角度噴霧ノズルを、鶏舎壁2mの高さに2m間隔で設置し、1時間間隔で1時間に4回噴霧して細霧冷房の効果を検討したところ、育成率は高くなり、増体重も大きかった¹⁴⁾。細霧システムの注意点としては、湿度の高いときは避けるべきである。鶏舎内温度が30~40℃で湿度が30~50%であれば、8~15℃の冷却効果が期待できるものの、湿度が70%以上になると、3~5℃の冷却効果しか望めない。特に夜間は湿度が高くなりやすいので、避けるべきである。

d. 冷却パッド（入気冷却）

入気側の軒先によしずを2枚重ねて立て掛け、地上から1.5mの高さに、直径2.5mのビニールホースに直径2mmの孔をあけ、入気温度が30℃以上になった時から18時まで散水して入気冷却を行うと、対照区に比べ、熱射病発生率が低く、育成率は高く体重も大きくなる²⁶⁾。現在では、換気・送風と組み合わせた冷却パッドが利用されている。

e. 冷水供給システム

種鶏（採卵鶏）を33℃の環境温度下で飼育し、2℃の冷却水を給与した試験区と33℃の水を給与した対照区を比較すると、試験区では飼料摂取量が増え、卵重は僅かに減少したが、産卵率は高かった³³⁾。鶏は例え40℃近くの外気温であっても、20数℃の冷水を飲むことで体温を冷やすことができれば、熱死を防いで生産性を維持できるというデータもある。近年、猛暑時でも冷たい水が飲めるニップルドリンカーが開発されている。ドリンカーは給水ラインが二層になっており断熱カバーで覆われている。給水（飲水）ラインは同じであるが、もうひとつの循環水ラインに給水タンクのチラーで冷却された水が常時循環しており給水ラインの水が冷却できる。

f. その他の施設管理

寒冷対策を行っていた開放鶏舎は、カーテンを開け、防鳥網などの蜘蛛の巣を除去し、堆積している鶏糞の除去（除糞）や鶏舎内の整理整頓を行い、風の通り道を確保するこ

とが暑熱対策の基本である。その上で、扇風機等を用い送風による温度管理を行う。また、毎日の気象情報や週間天気予報等を確認し、温度が上昇する時間帯までに換気システムの作動状況、空調管理など鶏舎内温度を下げるための調整を行っておく必要がある。

3) 暑熱環境下の飼育管理

a. 十分な飲水の確保

暑熱環境下では、十分な量の冷たい飲水を給与することが大切である。2種類の流量(LFN:0.4ml/sとHFN:2.3ml/s)のニップルを用い、プロイラーの増体性、飼料要求率、熱射病による死亡率を調査すると、HFNの方が増体量は大きく、熱射病による死亡率も低かったと報告している⁸⁾。

b. 雄鶏の入気側飼育（鶏の飼育密度）

雌雄別飼いが可能な場合、雄鶏を入気側で飼育する方が良い。高温によるへい死や増体量の低下は雌より雄に大きく現れ、肝臓の酵素活性に及ぼす影響も雄の方が大きい⁴¹⁾。陰圧式WL鶏舎において雌雄別飼いし、体重差を考慮して雌雄の飼育面積を9:11に区分し、雄鶏を涼しい入気口側で飼育すると、熱射病発生率は減少し、育成率も高く、増大量も大きかった³¹⁾。

c. 昼夜逆転の光線管理（プロイラー）

プロイラーのWL鶏舎で昼夜逆転の光線管理を行い、昼間の高温時に消灯して絶食、酷暑時のみ1時間点灯し給水、夜間の低温時に点灯し給餌すると、熱射病の発生率は低く、育成率も高く、飼料摂取量、増体重ともに劣らなかった¹⁸⁾。O鶏舎では点灯管理はできないが、昼間絶食させ、朝夕の涼しい時間帯に給餌する方法は有効である。

d. 夜間給餌・ミッドナイトフィーディング（採卵鶏）

採卵鶏の点灯管理の時間が明期16時間、暗期8時間であるとすれば、暗期の夜間に給餌するミッドナイトフィーディングを行うと、夏季でも卵殻質に変化はなく、血中カルシウム濃度の持続性も良くなる²⁷⁾。

e. 採卵鶏の腹部気化冷却

ケージ下からスプリンクラーによる水の噴射で採卵鶏の腹部の皮膚を濡らし、気化熱を発生させ鶏の体温を冷やす腹部冷却をしなかった採卵鶏や背部冷却を行った採卵鶏では卵重、卵殻厚、飼料摂取量が減少したが、腹部冷却をした採卵鶏は、卵重と卵殻厚が維持でき、血清中の酵素の変化も少なかった⁴²⁾。腹部冷却の成功の決め手は、最適な条件でスプリンクラーを取り付け、鶏糞を濡らさないことであると述べている。

f. 鶏糞の除去（除糞）

特に高床式鶏舎やO鶏舎ケージ飼育の場合、鶏糞が溜まっているとスラットやケージ下の空気の流動が阻害され、鶏糞が分解する時に発生する熱が鶏舎内に蓄積するので鶏舎内温度上昇の要因となっている。特に夏期は頻繁に鶏糞を除去する必要がある。

g. 暑熱感作を受けにくいシステムの導入

暑熱環境下での増体性や生理学的な反応は系統により異なり、遺伝的な影響を受けることが知られている。ブロイラーの発育速度の速い 2 系統 (G1, G2) と比較的発育の遅い系統 (G3) を用い、36°C の暑熱環境下で飼育すると、G3 の体重、熱死発生率、直腸温度は G1, G2 に比べ低く、飼料効率が優れていた^{43,44)}。

また、暑熱感作を行い採卵鶏の Dekalb XL と生産性と生存率の高さで選抜した系統 Kind gentle bird (KGB) を比較すると、KGB 系統は体温上昇と体重低下が少なく、肝臓の HSP70 も有意に増加するので、Dekalb XL に比べ暑熱抵抗性が高かった¹²⁾。両系統は遺伝学的にも生理学的にも反応が異なるので、暑熱耐性系統の造成は可能と考えられている。

h. 熱死が発生し始めた時の対応

暑熱被害により、鶏舎内や輸送カゴの中でパンティングなどの臨床症状が現れ、鶏が死亡し始めたときは、鶏体に直接冷水をスプレーし扇風機等で送風する。鶏舎内であれば、まず換気システムをフル稼働させ、給水タンクの水に水を入れて冷やし、鶏体の pH バランス調整のために飲水や飼料に塩化カリウム、塩化アンモニウムあるいは重炭酸ナトリウム (重曹) 等を添加する。

4) 暑熱環境下の栄養管理

高温環境下で鶏を飼育すると、飼料摂取量の減少とそれに伴う必須栄養素の減少により、鶏の生産性は低下する。高温環境下では、鶏は体熱の発生源となる飼料中の蛋白や炭水化物より、熱発生が少ない体脂肪をエネルギー源として使用する。そのため、暑熱環境下で充足率を満たすアミノ酸主体の夏季専用飼料の配合設計や呼吸性アルカローシスなど変化する体質の救援策などが研究されてきた。しかしながら、夏季専用飼料は切り替え時期や有効性等の問題があり、栄養管理上の実際の対策としては、飼料摂取量の減少を防ぐための対策が行われている。

a. ウエット・フィーディング (練り餌給餌)

暑い時期のブロイラーの生産性を改善するため 1.3 対 1 の割合で水とマッシュ配合飼料を混ぜたウエットマッシュ飼料を給与すると、飼料摂取量は多くなり、増体量も多かった¹⁰⁾。夏場のウエット飼料は腐敗しやすいので注意が必要である。

b. 夏季専用配合飼料 (必須アミノ酸、脂肪)・均一な飼料粒子の飼料の給与

暑熱環境下では食下量が低下する。運動を嫌い、体温維持のエネルギーが不要となるため、実際のエネルギー要求量は減少するが蛋白質、ミネラル、ビタミンの必要量に変化はない。蛋白質、炭水化物、脂肪など栄養素が消化吸収される際、産生される熱量は蛋白質が最も多く、脂肪が最も少ない。採卵鶏では、発熱量を抑えるために飼料中のエネルギー源を炭水化物から脂肪に置き換え、蛋白質の代わりにメチオニンやリジンのような必須アミノ酸で置き換え

ることにより充足率を満たす方法が推奨されている。しかしながら、餌への脂肪添加やアミノ酸割合の増量は効果的でないとの報告もあり³⁶⁾、ブロイラーでは、メチオニン、リジン、システイン以外のアミノ酸も必要であり、蛋白レベルを下げることはあまり得策ではないとの報告もある³⁾、暑熱対策のための低蛋白高カロリー飼料による栄養管理には更なる検討が必要である。

鶏には、粒の粗い飼料を選び食いする習性がある。栄養学的にバランス良く配合され、粒度を均一にしたクランブルかペレットの飼料を採卵鶏やブロイラーに給与することもバランス良く飼料の摂取効率を上げる方法と考えられる。

c. ビタミン (A, C, E)、その他微量栄養素等の添加

通常、飼料摂取量によりビタミン摂取量も決まる。環境温度で飼料摂取量が左右されるので、ビタミンの摂取量も環境温度の影響を受ける。高い環境温度 (暑熱ストレス) が持続すると、特別な栄養素の消費や利用性が変化すると³²⁾の報告もある。そして、ブロイラーに暑熱ストレスを加えた場合、カタラーゼ、スーパーオキシドディスムターゼ、グルタチオンペルオキシターゼなど抗酸化酵素も増えるが、白血球/リンパ球比が上昇し、鶏の体内で急激に過酸化脂質が増加するため酸化傷害が起こるとの報告もある⁴⁾。

a) ビタミン A

暑熱感作を受けている採卵鶏に、通常のビタミン A 添加レベル (3000IU/kg) の 3 倍の投与を行うと飼料摂取量と産卵率が改善し、2 倍または 3 倍の投与で卵重が重くなり、産卵性と免疫強化に有効であるとの報告がある²⁸⁾。また、ブロイラーに亜鉛とビタミン A を併用添加すると、増体量、飼料効率、歩留まりの改善に効果があるとされている²⁵⁾。

b) ビタミン C

採卵鶏では、ビタミン C の 100 または 200 ppm の飼料添加で、暑熱ストレス下の死亡が低下し、卵殻質やハウユニットが改善されたという報告⁹⁾ や、飼料要求率が優れていたとの報告⁶⁾ がある。ブロイラーにおいても、後期飼料への 250 ppm 添加で、増体重と生産指数が優れ、収益性が増加するとの報告¹⁵⁾ がある。また、デビーク、コクシジウム (*Eimeria tenella*) 感染、暑熱感作 (28°C 及び 33°C) などの幾つかのストレスが同時に負荷されたブロイラーへビタミン C を 150 ppm 投与すると、増体性を高め、ストレス感作による損耗が緩和するなど生産性の改善効果が認められている³⁰⁾。

c) ビタミン E

採卵鶏では 21~34°C まで気温を 3°C ずつ上昇させると、飼料摂取量、産卵成績、ハウユニット、卵重、卵黄膜の強度、卵黄および卵白の強度などが低下する²³⁾。抗酸化作用のあるビタミン E を 60IU/kg 飼料中に添加すると、暑熱環境下においても飼料摂取量が確保でき、卵重は小さくな

るものの、産卵成績やハウユニット、卵黄膜の強度の低下が防げる²³⁾。また、種鶏においてもビタミンEと有機セレンを併用添加すると、相互的に働き、精漿の酸化を防げて、精子数が増え、活力が上がり、精子の死亡数も減少する¹¹⁾。さらに、6時間かけて輸送する採卵鶏のひなにビタミンCとEを投与すると、暑い季節の輸送ストレスが軽減にされることも報告されている²⁾。

d) その他、微量栄養素、植物アルカロイド等

クロムにはグルコースや脂質、そして蛋白質の代謝に関係するインシュリンの働きを促進する作用があるので、暑熱感作時には、グルコースが優先的に利用されるため、クロムを補給することは家畜の熱抵抗性や生産性の改善に貢献している可能性がある³⁵⁾との報告もあるが、クロムの飼料添加による暑熱ストレス軽減効果に関しては疑問点も多く、更なる検討が必要である。プロイラーで豆科植物に含まれるゲニスチンやビタミンPに含まれるフラボン配糖体ヘスペルジンによる暑熱対策効果が、HSP70を生体指標として調査され¹⁷⁾、烏骨鶏でHSP27, 70, 90を用い、ポリフェノールの1種であるレスベラトロールによる暑熱感作時の酸化傷害減弱効果²⁹⁾が報告されている。

d. 重曹、塩化アンモニウム、塩化カリウムの投与

4週齢のプロイラーに32℃の暑熱ストレスを与え、血中のpHを測定したところ、パンティングをしている鶏のpHは7.395であり、パンティングをしていない鶏(7.28)や24℃で飼育されている鶏(7.28)のpHに比べアルカリ性に傾いていた。このことから、Teeterら³⁸⁾は、パンティングにより鶏は肺から大量の二酸化炭素ガスが放出し、pHがアルカリ性に傾く(アルカローシス)ことを確認した。そして、過剰な血液のアルカローシスを予防するために0.5%の重曹添加と1%の塩化アンモニウム添加が効果的であり、それらの投与により増体性も回復することを報告し

た。また、暑熱ストレス下で飼育したプロイラーの飲水に0.6%の塩化カリウムを添加すると、パンティングを起こしていた鶏の血液pHは7.31以下まで引き下げられ、対照と比べると増体性も改善させることができたとの報告もある¹⁾。さらに、採卵鶏でも配合飼料に1%重曹を添加することで卵殻強度の改善が認められている⁵⁾。しかしながら、重曹の2~8g/l飲水添加では同様の増体効果を認めるものの、10g/l添加すると腎症による脱水で高い致死率が認められることも報告されており¹³⁾、過剰なナトリウム塩の投与は細胞膜傷害を起こす危険性がある。

おわりに

これまで、国内外の養鶏産業で取り組まれているいくつかの暑熱対策を紹介してきた。わが国では、鶏の飼育戸数の減少とともに大規模化が進み、近代的な養鶏場が増えてきてはいるものの、まだまだ1980~90年代に建設された旧式の養鶏施設も多い。無論、環境温度制御の容易な近代的鶏舎で鶏を飼育することは理想であるが、大規模な施設投資をしなくても今回紹介したいくつかの対策を組み合わせることにより、十分な暑熱対策ができるものと考えている。某社のプロイラー生産現場で取り組んだ熱死の発生原因の分析結果とその対応策(私信)を表2に示した。最も多かったのは飼育者の油断で、発生原因の多くがヒューマンエラーであることから、各養鶏場で実行可能な項目(表3)を抜き出し、日々確認・点検することが大切である。暑熱感作による採卵鶏の産卵成績やプロイラーの出荷成績など生産性への影響は、越夏データをみて初めて確認できるものが多いが、出荷前のプロイラーや雄種鶏の熱死は突然発生する。無線センサーにより鶏の健康モニタリングを行うアニマルウォッチセンシングシステム³⁹⁾なども開発されており、暑熱環境下の鶏の体温の経時的な記録や発生予察、

表 2. 熱射病発生農場における原因分析とその対応

原因	対応
1. 飼育者の油断 (38%)	<ul style="list-style-type: none"> ・天気予報(週間予報)を必ず見る ・5週齢までに暑熱対策を完了する ・発生しやすい時間帯は鶏舎を離れない
2. 送風量不足 (18%)	<ul style="list-style-type: none"> ・換気扇, 扇風機を増設・強化する ・陽圧換気に変更する
3. 高飼育密度 (16%)	<ul style="list-style-type: none"> ・適正密度の飼育計画を立てる
4. 設備・温度の点検不良 (11%)	<ul style="list-style-type: none"> ・定期的に保安点検を行う ・高温警報器を設置する
5. 散水処置の未実施 (8%)	<ul style="list-style-type: none"> ・散水設備を設置する ・散水用の水を確保しておく
6. 飲水の不備 (5%)	<ul style="list-style-type: none"> ・飲水の冷却 ・十分な飲用水の確保
7. 鶏の体力低下 (4%)	<ul style="list-style-type: none"> ・ビタミン剤の投与 ・鶏病対策の実施と床面等環境改善

表 3. 暑熱対策のための鶏舎設計・飼育管理チェックリスト

a. 鶏舎建設段階

鶏舎	立地条件	日当たり, 風とおし, 暑熱・寒冷対策	
	鶏舎構造	鶏舎構造 (WL, O), レイアウト, 間隔	
		換気システム (トンネル換気・冷却パッド)	
		ロータリースプレー・細霧ノズル	
		断熱材, 断熱塗装	
		スプリンクラー	
	ファームコンピューター (温度湿度管理)		
鶏舎周辺	近隣に民家, 建物が無く, 寒冷, 暑熱に曝されにくい場所		

b. 事前点検

鶏舎・施設・設備	屋根	断熱材の使用・断熱塗装 (石灰乳)・ウレタン吹付	
		スプリンクラー設置	
	外壁	外壁パネル・断熱塗装	
		換気システム (WL 鶏舎)	換気扇の清掃確認
	換気システム (WL 鶏舎)	換気ファンベルト点検	
		換気扇モーター作動確認 (予備のモーター確保)	
		入気口のルーバー・インレット, 排気ファンの清掃	
		インレットのスペース確認	
		サーモスタット作動温度	
		ビニールカーテンの吊り下げ (プロイラー)	
		通風確保 (O 鶏舎)	ロールカーテンの巻き上げ
	通風確保 (O 鶏舎)	防鳥網, 換気扇, 排気口の清掃	
		ビニールダクト送風の設置	
	冷却パッド (WL 鶏舎)	パッドの清掃, 交換	
		パッド流水状況の確認 (ムラの有無)	
	細霧システム	設置・作動確認	
	システム全体	ファームコンピューター点検	
不具合の有無と修繕			
給水システム	清掃・給水状況 (水漏れ・不具合点検)		
	フィルター清掃・交換		
	冷水供給システムであれば給水温度		
	ドリンカー増設, ニップル流量拡大		
	給水タンクの断熱処理		
その他	除糞		
導入鶏	種類・密度	飼育密度の低減	
		暑熱耐性鶏種 (系統) の導入	
鶏舎周辺	外壁	断熱材の交換	
		入射面	庇の張り出し
	入気口	グリーンカーテンの植え付け	
		入気口付近の雑木, 雑草の除去 (通風確認)	
給与飼料の準備	夏季専用飼料の発注	寒冷紗・よしずの準備	
		暑熱感作時期に速やかに給与できるよう発注しておく	

c. 暑熱感作時期

鶏舎・施設・設備	鶏舎内温度湿度の確認	1日数回、時間を決めて鶏舎内外の温度管理を行う。	
	換気システム点検	温度・湿度管理に合わせて換気量等を確認する。	
	送風・冷却システム点検	同時に送風量・冷却パッド流水状態等を確認する。	
	散水・細霧システム点検	内外気温に応じた作動状況を確認する。	
	システムの総合点検	ファームコンピューター等の作動状況を確認する。	
	給水器点検	給水器のフラッシング（飲水の交換と氷等による冷却）	
	飲水交換・給水点検	ドリンカーの水は頻繁に交換し、ピックは給水点検	
	飲水量確保	断水時等の対応を考え水は確保しておく	
	冷却	熱死の発生が予測される際は、給水タンクの水を冷却	
重曹、ビタミン剤添加	飼料で添加しない場合は添加、熱死発生時のために準備		
栄養管理・飼料添加	給与飼料の確認 (飼料設計内容)	夏季（暑熱感作時）専用給与飼料の確認	
		MEの油脂置換	
		蛋白質の必須アミノ酸置換	
		油脂添加（リノール酸）等	
	アルカロース対策	重曹（重炭酸ナトリウム）・塩化カリウム等の飼料添加	
	ビタミン強化 (飼料の形状)	総合ビタミン剤（ACE）の補給 マッシュ・ペレットなど	
飼育管理	鶏の健康状態	熱死鶏の有無、パンティングの有無など鶏の状態を確認する。	
		飼料摂取状況、飲水状況、暑熱回避行動などを確認する。	
	気象情報の確認	農場所在地の当日及び週間予報を確認する。	
	飼料の給与方法	ナイトフィーディング（夜間給餌）・早朝夕刻給餌	
		ウェットフィーディング（練り餌給餌）	
		給餌回数の増加	
	その他	昼夜逆転の点灯管理	
雌雄別飼いと雄鶏の人氣側飼育			
鶏糞の除去			
熱死発生時の準備	対応	鶏体への冷水直接噴霧	
		換気システムのフル稼働	
		重曹、塩化カリウム、塩化アンモニウムの飲水添加	

ハイデオ サービスチップス No. 64 平成17年5月23日発行（株式会社ゲン・コーポレーション ハイデオ事業カンパニー）を参考に作成

暑熱対策の効果検証などに使われているが、鶏舎・ケージ内温度、湿度の確認と併せて鶏自身の臨床症状の観察が必要である。鶏の健康な状態を記憶にとどめておき、死亡鶏が増加していないか、暑がって呼吸数が上昇していないか、パンティング等の開口呼吸はみられないかなどの観察を念入りに行うことがアニマルウェルフェアの観点からも大切である。

文 献

- 1) Ahmad, T.*et al.* : Effect of potassium chloride supplementation in drinking water on broiler performance under heat stress conditions. *Poult. Sci.* 87, 1276-1280 (2008)
- 2) Ajakaiye, J.J., Ayo, J.O., and Ojo, S.A. : Effects of heat stress on some blood parameters and egg production of Shika Brown layer chickens transported by road. *Biol. Res.* 43, 183-189 (2010)
- 3) Alleman, F., and Leclercq, B. : Effect of dietary protein and environmental temperature on growth performance and water consumption of male broiler chickens. *Br. Poult. Sci.* 38, 607-610 (1997)
- 4) Altan, O.*et al.* : Effect of heat stress on oxidative stress, lipid peroxidation and some stress parameters in broilers. *Br. Poult. Sci.* 44, 545-550 (2003)
- 5) Balnave, D. and Muheereza, S.K. : Improving eggshell quality at high temperatures with dietary sodium bicarbonate.

- Poult. Sci.* 76, 588-593 (1997)
- 6) Bell, D.E. and Marion, J.E.: Vitamin C in Laying Hen Diets. *Poult. Sci.* 69, 1900-1904 (1990)
 - 7) 萬城守郎: ウインドウレス鶏舎の防暑対策石灰乳などによる屋根の白色塗装. 養鶏の友 317, 14-17 (1988)
 - 8) Carpenter, G.H. *et al.*: Effects of two nipple drinker types with different flow rates on the productive performance of broiler chickens during summerlike growing conditions. *Poult. Sci.* 71, 1450-1456 (1992).
 - 9) Cheng, T.K., Coon, C.N. and Hamre, M.L.: Effect of environmental stress on the ascorbic acid requirement of laying hens. *Poult. Sci.* 69, 774-780 (1990)
 - 10) Dei, H.K. and Bumbie, G.Z.: Effect of wet feeding on growth performance of broiler chickens in a hot climate. *Br. Poult. Sci.* 52, 82-85 (2011)
 - 11) Ebeid, T.A.: Vitamin E and organic selenium enhances the antioxidative status and quality of chicken semen under high ambient temperature. *Br. Poult. Sci.* 53, 708-714 (2012)
 - 12) Felver-Gant, J.N. *et al.*: Genetic variations alter physiological responses following heat stress in 2 strains of laying hens. *Poult. Sci.* 91, 1542-1551 (2012)
 - 13) Hayat, J., Balnave, D. and Brake, J.: Sodium bicarbonate and potassium bicarbonate supplements for broilers can cause poor performance at high temperatures. *Br. Poult. Sci.* 40, 411-418 (1999)
 - 14) 長谷川重美・丸山正明・入江忠之: プロイラーの夏期における損耗防止対策. 鳥取中小畜試研報 45, 25-29 (1983)
 - 15) 平元清和ら: 暑熱時におけるアスコルビン酸連続投与と一日6時間の絶食処置がプロイラーの体温に及ぼす影響. 家禽会誌 29, 187 (1992)
 - 16) Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC): Climate Change 2007, *The AR4 Synthesis Report, Summary for Policymakers*. 1-18 (2007)
 - 17) Kambho, A.A. *et al.*: Effects of genistein and hesperidin on biomarkers of heat stress in broilers under persistent summer stress. *Poult. Sci.* 92, 2411-2418 (2013)
 - 18) 川合昌子: ウインドウレス鶏舎における熱射病対策について. 家禽会誌 23, 118-124 (1986)
 - 19) 鶏病研究会: ウインドウレス鶏舎における鶏病の発生要因と対策 (採卵鶏). 鶏病研報 47, 233-240 (2010)
 - 20) 鶏病研究会: ウインドウレス鶏舎における鶏病の発生要因と対策 (プロイラー). 鶏病研報 47, 89-95 (2011)
 - 21) 鶏病研究会: アニマルウェルフェアにもとづく鶏の飼養管理の現状. 鶏病研報 48, 94-102 (2012)
 - 22) 鶏病研究会: 養鶏場における省エネルギーを考慮した環境対策. 鶏病研報 49, 12-20 (2013)
 - 23) Kirunda, D.F., Scheideler, S.E. and McKee, S.R.: The efficacy of vitamin E (DL-alpha-tocopheryl acetate) supplementation in hen diets to alleviate egg quality deterioration associated with high temperature exposure. *Poult. Sci.* 80, 1378-1383 (2001)
 - 24) 小宮山 恒・細川 明・仲沢 弘: プロイラーのウインドウレス鶏舎に対する環境改善試験. 山梨畜試研報 31, 102-111 (1984)
 - 25) Kucuk, O., Sahin, N. and Sahin, K.: Supplemental zinc and vitamin A can alleviate negative effects of heat stress in broiler chickens. *Biol. Trace. Elem. Res.* 94, 225-235 (2003)
 - 26) Leeson, S. and Summers, J.D.: Broiler Breeder Production. Guelph, Canada. University Books. www.lamolina.edu.pe/.../Broiler%20Breeder-Leeson[1].pdf
 - 27) Lichovnikova, M.: The effect of dietary calcium source, concentration and particle size on calcium retention, egg-shell quality and overall calcium requirement in laying hens. *Br. Poult. Sci.* 48, 71-75 (2007)
 - 28) Lin H. *et al.*: Effect of dietary supplemental levels of vitamin A on the egg production and immune responses of heat-stressed laying hens. *Poult. Sci.* 81, 458-465 (2002)
 - 29) Liu, L.L. *et al.*: Resveratrol induces antioxidant and heat shock protein mRNA expression in response to heat stress in black-boned chickens. *Poult. Sci.* 93, 54-62 (2014)
 - 30) McKee, J.S. and Harrison, P.C.: Effects of supplemental ascorbic acid on the performance of broiler chickens exposed to multiple concurrent stressors. *Poult. Sci.* 74, 1772-1785 (1995)
 - 31) 目加田博行ら: プロイラーの熱射病に対する風速の効果と性による反応の違い. 家禽会誌 22, 90-96 (1985)
 - 32) Moreng, R.E.: Temperature and vitamin requirements of the domestic fowl. *Poult. Sci.* 59, 782-785 (1980)
 - 33) 森田琢磨: 環境と鶏の健康. 鶏病研報 26, 171-181 (1990)
 - 34) 野中最子ら: 地球温暖化が日本における家畜の生産性に及ぼす影響評価の現状と課題. 地球環境 14, 215-222 (2009)
 - 35) Rhoads, R.P. *et al.*: Baumgard LH, Suagee JK, Sanders SR Nutritional interventions to alleviate the negative consequences of heat stress. *Adv. Nutr.* 4, 267-276 (2013)
 - 36) Sinurat, A.P. and Balnave, D.: Effect of dietary amino acids and metabolisable energy on the performance of broilers kept at high temperatures. *Br. Poult. Sci.* 26, 117-128 (1985)
 - 37) 立川昌子: プロイラーの熱射病対策. 鶏病研報 26, 182-187 (1990)
 - 38) Teeter, R.G. *et al.*: Chronic heat stress and respiratory alkalosis occurrence and treatment in broiler chicks. *Poult. Sci.* 64, 1060-1064 (1985)
 - 39) 戸田尚美ら: 養鶏場におけるアニマルウォッチセンシングシステムの確立 (暑熱対策効果の検証) 茨城畜セ研報 46, 14-20 (2012)
 - 40) 上野満弘ら: プロイラーにおける夏季のビニールカーテンの効果. 岡山鶏試研報 24, 29-34 (1982)
 - 41) 脇 雅之・山田真裕: プロイラーの肝臓酵素の活性に及ぼす高温環境の影響. 家禽会誌 21, 338 (1984)
 - 42) Wolfenson D. *et al.*: Evaporative cooling of ventral regions of the skin in heat-stressed laying hens. *Poult. Sci.* 80, 958-964 (2001)
 - 43) Yalçın, S. *et al.*: Responses to heat stress in commercial and local broiler stocks. 1. Performance traits. *Br. Poult. Sci.* 42, 149-152 (2001)
 - 44) Yalçın S. *et al.*: Responses to heat stress in commercial and local broiler stocks. 2. Developmental stability of bilateral traits. *Br. Poult. Sci.* 42, 153-160 (2001)
 - 45) 山本禎紀: 第4章 環境生理, pp125-160. 新編 養鶏ハンドブック, 田先威和夫, 山口行男, 森田琢磨, 田中克英編著, 養賢堂, 東 (1985)
 - 46) 山崎 信ら: 平均気温の変動から推定したわが国の鶏肉生産に対する地球温暖化の影響. 日畜会報 77, 231-235 (2006)
 - 47) Yokozawa, M. *et al.*: Mesh climate change date for evaluating climate change impact in Japan under gradually increasing atmospheric CO₂ concentration. *Journal of Agricultural Meteorology.* 59, 117-130 (2003)

Heat-stress Management in Layer and Broiler

The Japanese Society on Poultry Disease

C-101 Sun Village Kawamura, 1-21-7 Kannondai, Tsukuba, Ibaraki 305-0856, Japan

Summary

Global warming is annually progressing and the average temperature of Japanese summer seasons is also rising. And record hot summers accompanied with intensive continuous heat and great amount of rain come once some years. High temperature causes broiler chicks not only a reduction in food intake and lower growth, but also higher mortality by the severe respiratory alkalosis caused by panting and heat-shock. High temperature cause layers a reduction in food intake and lower production and lower quality of eggs. As a protective measure for heat-stress, some cooling methods of bird temperature by remodeling poultry houses and equipment are challenged and supplementations of some kinds of vitamins and minerals are treated. We show some available protective measures against summer heat stress in this paper.

(J. Jpn. Soc. Poult. Dis., 51, 1-10, 2015)

Key words : broiler, dietary treatment, heat-stress management, layer, poultry house and equipment