令和 7 年度畜産関係学術研究委託調査報告書

卵用鶏雄雛の産肉性向上に適した光線管理プログラムの確立

国立大学法人　九州大学大学院農学研究院
准教授　西村正太郎

【要約】
卵用鶏の雄は食肉としての商業的利益が期待できないことから、孵化後の雌雄鑑別の後に速やかに殺処分される。この雄雛を食肉として活用する方法を探るため、照明時間の違いが産肉量に及ぼす影響について調査した。
ホワイトレグホーン系（ジュリア）の雄雛を明期 8 時間／暗期 16 時間（8L16D）、明期 12 時間／暗期 12 時間（12L12D）及び明期 20 時間／暗期 4 時間（20L4D）の条件で飼育した。7 週齢時における体重は 12L12D 群で最も大きく、8L16D 群で最も小さかった。8L16D 群と 12L12D 群が食べた餌の量は 20L4D 群の約 3/4 程度に留まった。明暗期の長さは筋肉の体重比重量や筋線維の大きさに影響しないものの、筋肉に含まれるリノール酸の量は明期が短いほど少なく、これは運動量の多さが関係していると思われる。
これらの結果から、卵用鶏雄雛の産肉量を増やすには、明期 12 時間／暗期 12 時間での飼育が適していると考えられた。

１．緒言

卵の生産に特化して改良されてきた卵用鶏は、ブロイラーに比べ筋肉量が圧倒的に少なく、食肉としての商業的利益が期待できないことから、孵化後の雌雄鑑別の後にほとんどの雄雛が速やかに殺処分される。農林水産省から発表された令和 6 年の畜産統計によれば、同年 2 月 1 日現在の国内における種鶏を除いた採卵鶏の飼養羽数は 168,599 千羽を数える。飼育されている採卵鶏は全て雌であることから、この数値はほぼ同数の雄雛が孵化後殺処分されたことを意味する。
一般に、卵用鶏雄雛は詰め込みによる圧死・窒息死や回転刃等が付属する装置による粉砕（マセレーション）などにより殺処分されている。農林水産省畜産局により令和 5 年に制定された「家畜の農場内における安楽死に関する技術的な指針」によれば、マセレーションは「1 日齢の家きんや発育卵の安楽死に適当である」とされているが、このような殺処分の方法は近年、特に EU 諸国においてアニマルウェルフェアの観点から問題視されており（Leenstra et al., 2011; Soisontes, 2015; Brümmer et al., 2018; Murawska et al., 2019）、例えばドイツやフランスでは 2022 年から雄雛の大量殺処分が禁止され、イタリアにおいても 2026 年から禁止することが決定されている。アニマルウェルフェアの観点に立てば、現在我が国で行われている卵用種ニワトリ雄雛の殺処

分は欧米諸国の感覚からはかけ離れていると言わざるを得ず、先進国として持続可能な開発目標（SDGs）を推進する我が国において無視すべきではない喫緊の課題である。しかし、我が国においてこの分野への積極的な対応は、現在のところほとんど認められない。欧米諸国では雄雛の殺処分を避けるために、卵内性判別技術（in-ovo sexing）の開発が進められており、いくつかの国では実用化されている（Di Concetto et al., 2024）。我が国でもZ染色体上にある色素発現遺伝子の機能喪失によるニワトリ胚の性判別方法の開発（特許第7493194号）などがあるものの、現時点では実用化・普及には至っておらず、また胚のステージにおいて判別された雄発育卵の処分についても倫理的・道徳的な問題は内包されたままである（Reithmayer et al., 2021）。しかし、卵用鶏雄の産肉量を向上させ、食肉としての利用価値を高めることができれば、アニマルウェルフェアの促進や未利用資源の有効活用が図れるのみならず、雄雛の殺処分に関わる倫理的な懸念を軽減することが可能となる。

また、近年では将来的な世界的人口爆発による食料不足の解決策の一つとして昆虫食が注目されている。昆虫食についてはさまざまなメリットが提唱されており、既に市販化されている商品もあるが、ユダヤ教など宗教によっては戒律で昆虫食をタブーとしている例があることや、昆虫に対する嫌悪感や苦手意識などを持つ消費者も多いことから、スムーズな普及に対する期待値は未知数である。一方、畜産業界に目を向けると、卵用鶏雄のような有効に活用されていない未利用資源が潤沢に存在している。前述のように産肉量はブロイラーに全く及ばないものの、全体のボリュームスケールが大きいことから、潜在的な供給量は十分にあり、昆虫食に対する抵抗感のようなものは無いに等しいにもかかわらず、その有効活用や産肉性向上を目指した取り組みが活発に行われているとは言い難い。

このような背景を持つ卵用鶏雄ではあるが、これまで携わってきた様々な品種のニワトリの飼育経験から、肉用鶏と卵用鶏では幼雛期～中雛期における行動特性が大きく異なっており、前者は採餌時以外のほとんどの時間大人しく座り込みほとんど動こうとはしないのに対し、後者は常に動き回っているという違いが認められた。このことから、卵用鶏の産肉量が肉用鶏に比べて圧倒的に劣るのは、遺伝的な特性は言うまでもなく、その活発な運動によりエネルギーの消費量が多いことで、骨格筋におけるタンパク質同化や脂肪蓄積が肉用鶏に比べて抑制されていることにも起因するのではないかと考えられる。ブロイラーにおいても、明期16時間／暗期8時間で飼育した場合、明期23時間／暗期1時間で飼育したものよりも49日齢における体重が重いことから（Rozenboim et al., 1999）、卵用鶏においても暗期を長くすることで運動量を制限し、肉量を増加させることが期待される。

一般に、ブロイラーは摂食量を増加させるために連続照明下で飼育されるが、適切な暗期の設定が生産性とウェルフェアレベルを向上させるとされている（畜産技術協会平成30年度畜産GAP拡大推進加速化事業）。また、明暗時間の違いはブロイラー

胸筋の肉質には影響しないが、長い明期は筋肉の抗酸化作用に悪影響を及ぼす（Tuell et al., Foods, 2020）。一方、採卵鶏では日長時間が産卵に影響することが知られるものの、卵用鶏雄の初期成長期における増体や産肉成績に対する日長時間の影響についての知見はない。

そこで本調査では、運動可能な時間が制限される長い暗期と長い摂餌時間が確保できる長い明期のどちらが卵用鶏雄の体重や肉量の改善に適するのかを明らかにし、産肉性向上に最適な光線管理プログラムを確立することを目的とした。本調査研究は、卵用鶏雄を食肉として活用するための効率的な飼育プログラムの確立を目指すものであり、ブロイラーには及ばずとも少しでも産肉量を増やすことにより生産量や商品価値を高められれば、将来的には養鶏農家の新たな収入源として派生的な養鶏業態の創出を期待するものである。

２．調査方法

１）現地調査

養鶏の現場で行われている照明管理の実態を把握するために、令和 7 年 7 月に熊本県と宮崎県の養鶏会社 2 件、鹿児島県の公的研究機関 1 件を訪問し、聞き取り調査と施設見学を行った。

２）動物実験

株式会社坪井種鶏孵化場（熊本県山鹿市）よりホワイトレグホーン系（ジュリア）の初生雛雄を購入し、2 週齢より 1 日（24 時間）の明暗時間を明期 8 時間／暗期 16 時間（8L16D）、明期 12 時間／暗期 12 時間（12L12D）及び明期 20 時間／暗期 4 時間（20L4D）とする 3 群を設定した。8L16D の明期は 8 時から 16 時まで、12L12D の明期は 6 時から 18 時まで、20L4D の明期は 2 時から 22 時までとした。無窓の飼育室に 1 区画約 0.8m^2 の平飼いペンを 3 区画設置し、籾殻を敷料に用いて各区画に 3〜4 羽ずつ収容し、7 週齢まで飼育した。飼育室の温度を空調により 23±1℃に設定した。餌と水は自由摂取させ、給餌開始時と翌日の餌の補充時に容器込みの重量を計量することで毎日の摂餌量を求めた。餌に用いた市販の配合飼料の成分を表 1 に示す。

表 1. 飼料の成分と給与期間

	0 - 2 週齢	2 - 4 週齢	4 - 7 週齢
粗たん白質	24.0%以上	20.0%以上	18.0%以上
粗脂肪	2.0%以上	2.0%以上	2.0%以上
粗繊維	6.0%以下	6.0%以下	6.0%以下
粗灰分	8.0%以下	8.0%以下	8.0%以下

カルシウム	0.8%以上	0.8%以上	0.70%以上
りん	0.6%以上	0.6%以上	0.55%以上
代謝エネルギー(1kg 中)	3000Kcal 以上	2900Kcal 以上	2850Kcal 以上

毎日 8 時から 9 時にかけての給餌の前に体重を測定した。摂餌量を群間で比較するために、各区画の毎日の総摂餌量を雛の羽数で除し、1 羽あたりの平均摂餌量とした。7 週齢時に吸入麻酔下で頚動脈切断により失血死させることで雛を安楽死させ、分析用のサンプルを採取した。本動物実験は「動物の愛護及び管理に関する法律」、「九州大学動物実験規則」及び「九州大学動物実験規則実施細則」を遵守し、九州大学動物実験委員会の承認を受けて実施された（承認番号：A25-274-1）。

体重、骨格筋重量、肝臓重量、筋胃重量及び大腿骨重量の測定

胸筋、外側腸脛骨筋、腓腹筋外側部、肝臓、筋胃及び右大腿骨を採取し、重量を測定した。大腿骨については、長さ及び中央部分の管囲長の測定も行った。

運動量の測定

3 週齢時に雛の頚部後背側皮下に運動量計測装置 nano tag（キッセイコムテック株式会社）を設置し、7 週齢時まで 24 時間の運動量を記録した。Nanotag による運動量の算出は、内蔵されている加速度センサの値から 3 軸合成波が自動変換され、この 3 軸合成波に対して時間分解能の時間幅内の閾値を下から上へ横切った回数をカウントすることで行われる。今回は、メーカーにおいてマウスとラットの頚部における推奨値とされる 170 を上下の閾値に設定した。測定は 2 分間隔で行い、振動数は 3 軸合成波が記録を開始した時間から 1 分 59 秒後までに閾値を横切った回数としてカウントされた。測定実験終了後に専用のソフトウェア（nano tag ビューアプログラム）を用いて、FeliCa 通信により記録されたデータをパソコンで読み取った。

血中ホルモン濃度の測定

安楽死の際に頚動脈血を採取した。市販の ELISA キットを用いてコルチコステロン並びに成長ホルモン（GH）の血中濃度を測定した。コルチコステロンの濃度測定には Chicken Cort（Corticosterone） ELISA Kit（ELK Biotechnology CO., LTD, TX, USA）と Corticosterone ELISA Kit（ADI-900-097, Enzo Life Sciences Inc., NY, USA）を、GH の測定には、Chicken growth hormone（GH）ELISA kit（CUSABIO TECHNOLOGY LLC, USA）を使用した。それぞれのメーカープロトコルに従って処理を行い、吸光マイクロプレートリーダー（Multiskan FC, Thermo Fisher Scientific Inc., MA, USA）を用いて、ELISA キットごとにそれぞれ 450nm、405nm 及び 450nm の波長の吸光度を測定した。

筋肉内オメガ脂肪酸量の分析

皮膚を除去した後、各群 5 羽の雄雛より胸部から胸筋と烏口上筋を、後肢から大腿部及び下腿部の筋肉を採取し、左右の全筋肉に含まれるα－リノレン酸（オメガ 3 脂肪酸）とリノール酸（オメガ 6 脂肪酸）について、ガスクロマトグラフ法による測定を株式会社日本食品機能分析研究所（福岡市）に依頼した。

筋肉内コラーゲン量の測定

主要な結合組織成分であるコラーゲンは筋内膜、筋周膜及び筋上膜に分布し、筋肉の硬さを決定する要因の一つである。明暗期の違いが筋肉内コラーゲン量に及ぼす影響について検証するため、左側の外側腸脛骨筋の中央部より分析用サンプルを採取し、Total Collagen Assai Kit（QuickZyme Biosciences B.V., Leiden, The Netherlands）を用いて総コラーゲン量を測定した。メーカーのプロトコルに従って処理を行い、Multiskan FC を用いて、570nm 波長の吸光度を測定した。

組織学的解析

筋線維型を区別するために免疫組織化学染色を行った。体左側の外側腸脛骨筋より組織片を切り出し、O.C.T.コンパウンド（サクラファインテックジャパン株式会社、東京）に包埋してドライアイス–イソペンタン中で凍結した。クリオスタット（Leica CM1850、Leica Biosystems Nussloch GmbH, Germany）を用いて厚さ 8μm の凍結切片を作製した。免疫組織化学染色には、ヒストファイン SAB-PO（M）キット（株式会社ニチレイバイオサイエンス、東京）を使用した。凍結切片を冷アセトンで 5 分間固定し、室温で 1 時間風乾した。0.3% H_2O_2／メタノール液で 30 分間処理し、PBS で洗浄を行い、ウサギ正常血清で 10 分間ブロッキング処理を行った。引き続き、抗ミオシン（速筋型）モノクローナル抗体（×1000、M1570、シグマアルドリッチ）を室温で 1 時間反応させた。PBS で洗浄後、ビオチン標識ウサギ抗マウス IgG を 10 分間、続いてペルオキシダーゼ標識ストレプトアビジンを 5 分間反応させた。PBS で洗浄し、ImmPACT DAB 基質溶液（Vector Laboratories, Inc., USA）で発色を行なった。洗浄後、マウントクイック アクエオス（大道産業株式会社、埼玉）を用いて封入した。

プレパラートの観察には正立顕微鏡 Nikon ECLIPSE 80i を用い、付属のソフトウェア NIS-Elements を用いて顕微鏡写真を取得した。画像解析ソフトウェア ImageJ（https://imagej.net/ij/）を用いて、各個体の速筋型ミオシン免疫陽性筋線維及び免疫陰性筋線維それぞれ 70～110 本について長軸に直交する最大短径を測定した。

統計解析

得られたデータは、統計ソフト R（https://www.r-project.org/）を用いて一元配置分散分析を行い、多重比較検定として Tukey-Kramer 検定を行なった。

３．結果

１）現地調査

熊本県に本社のある A 社は九州 2 県に直営農場があり、今回は熊本県の K 農場を訪問した。K 農場には収容羽数 8,500 羽の鶏舎が 10 棟設置されており、全てが開放型鶏舎であった（図 1a, b）。飼育鶏種はブロイラー（チャンキー）で、他の農場では赤鶏も飼育されているとのことであった。従業員は常勤 3 名と非常勤 1 名の計 4 名とのことであった。温度管理はブルーダーと換気扇によって行われており、暑い時期には日中 1 時間毎にスプリンクラーによる 1 - 4 分程度の噴霧が行われていた（図 1c, d）。照明管理は 24 時間照明で、LED 電球が使用されていた。ブロイラーの出荷時体重は 3 - 3.1kg で、孵化後 46 日程度で出荷するとのことであった。

図 1. A 社 K 農場の鶏舎の外観

宮崎県の B 社は家族経営であり、新旧 5 棟の鶏舎が運用されていた（図 2a, b）。年間 45 万羽のブロイラー（チャンキー）が飼育されており、従業員は常勤 3 名（家族）とアルバイト 2 名の 5 名ということであった。鶏舎はウインドウレス鶏舎で、照明は電球点灯であり、雛導入後 1 週間は 24 時間照明を行い（図 2c）、その後明期 18 時間／暗期 6 時間で飼育されていた。温度管理は換気扇によるトンネル換気で行われており、

図 2. B 社の鶏舎の外観

新棟は陰圧換気、旧棟は陽圧換気であった（図 2d）。センサーにより舎内温度に応じて運転調整が行われていた。

鹿児島県では鹿児島大学共同獣医学部南九州畜産獣医学教育研究センターを訪問した。約 300m^2 のブロイラー5,000 羽を飼育できる規模の研究用鶏舎が 1 棟運用されていた（図 3）。訪問時にはブロイラーは飼育されておらず、舎内は清掃された状態であった。鶏舎はウインドウレスであり、温度管理は換気扇による横方向のトンネル換気のみで、西側壁に設置されている吸気用の開閉式窓がプログラムにより舎内温度に応じて運転が調整されているとのことであった（図 3c、d）。スタッフは 3 名の教員で、4 月から 10 月半ばまでの期間で 3 クールの飼養を行っており、照明管理は 24 時間の電球点灯であった。

図 3．南九州畜産獣医学教育研究センターの鶏舎の外観と舎内

２）動物実験

49 日齢時における各群の体重を図 4 に示す。8L16D 群、12L12D 群、及び 20L4D 群の平均体重はそれぞれ 660±13.6g、719±13.1g、及び 687±9. 8g（平均値 ± 標準誤差、n = 10）であり、12L12D 群が他の２群よりも有意に大きい値を示した（$P < 0.01$）。また、4 週齢から 7 週齢（29 日齢から 49 日齢）までの体重推移を図 5 に示す。いずれの群もこの期間における体重が直線状に推移していたことから、日齢 x と平均体重 y の間に直線回帰を仮定し、回帰式を求めたところ、8L16D 群では y = 17.985(x-28) + 269.86（$R^2 = 0.9896$）、12L12D 群では y = 20.233(x-28) + 286.19 （$R^2 = 0.9941$）、20L4D 群では y = 17.945(x-28) + 304.19 （$R^2 = 0.9959$）の式が得られた。これらの式をもとに、20L4D 群の 49 日齢時における体重に到達する他の 2 群の予想日齢を求めると、12L12D 群では 47.5 日齢、8L16D 群では 50.9 日齢となった。ちなみに、8L16D 群の 36 日齢における体重が重くなったのは、体重測定をこの日のみ 14 時以降に行ったため、それまでの摂餌量が影響したためである。

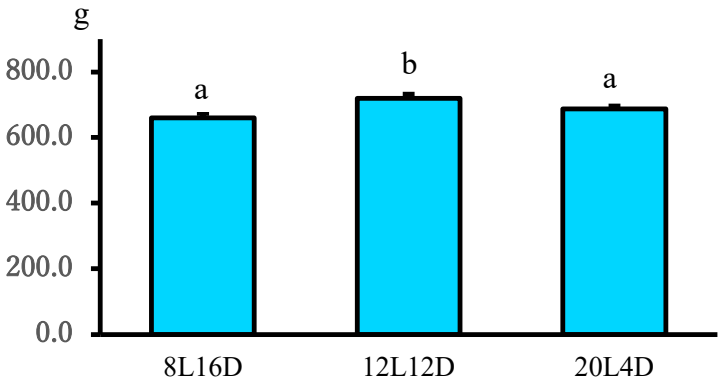


図 4．49 日齢時における各群の体重
平均値 ± 標準誤差、 n=10
a, b：異符号間で有意差あり（$P < 0.01$）

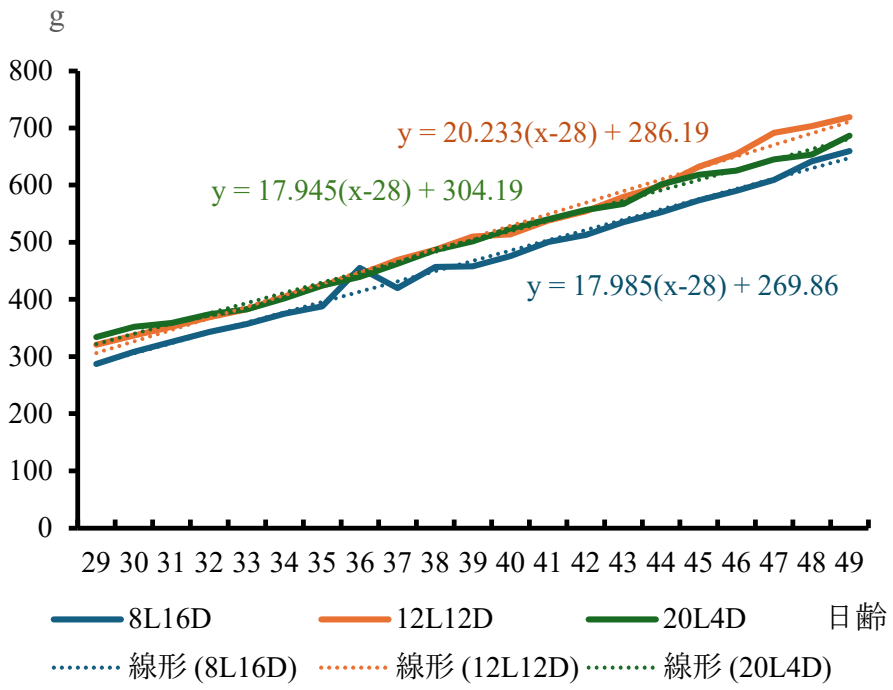


図 5．4〜7 週齢における各群の体重推移

胸筋、外側腸脛骨筋及び腓腹筋外側部の左右の平均値の体重比重量を表 2 に示す。いずれの骨格筋においても、3 群間で有意差は認められなかった。

表 2．胸筋、外側腸脛骨筋及び腓腹筋外側部の体重比重量（%）

	n	8L16D	12L12D	20L4D

胸筋	5	3.73 ± 0.20	3.68 ± 0.19	3.80 ± 0.25
外側腸脛骨筋	5	0.81 ± 0.06	0.75 ± 0.04	0.83 ± 0.06
腓腹筋外側部	5(4)	0.39 ± 0.04	0.43 ± 0.03	0.41 ± 0.02

平均値 ± 標準偏差
（ ）内の数値は 20L4D の n 数を示す。

筋胃及び肝臓の体重比重量を表 3 に示す。筋胃は 12L12D のものが 8L16D 群に比べて有意に小さく（$P < 0.05$）、肝臓は 20L4D のものが他の 2 群よりも有意に大きい値を示した（$P < 0.01$）。

表 3．筋胃及び肝臓の体重比重量（%）

	n	8L16D	12L12D	20L4D
筋胃	5	3.33 ± 0.17 ^{a}	2.83 ± 0.29 ^{bc}	3.00 ± 0.18 ^{ac}
肝臓	5	2.20 ± 0.12 ^{x}	2.15 ± 0.07 ^{x}	2.59 ± 0.20 ^{y}

平均値 ± 標準偏差
$^{a\,b,\,c}$：異符号間で有意差あり（$P < 0.05$）
$^{x,\,y}$：異符号間で有意差あり（$P < 0.01$）

右大腿骨の重量、体重比重量、長さ及び管囲長を表 4 に示す。いずれの場合も、3 群間で有意差は認められなかった。

表 3．右大腿骨の重量、体重比重量、長さ及び管囲長

	n	8L16D	12L12D	20L4D
骨重量（g）	5	4.48 ± 0.31	4.57 ± 0.35	4.75 ± 0.39
骨重量／体重（%）	5	0.65 ± 0.05	0.60 ± 0.04	0.66 ± 0.05
長さ（cm）	5	6.49 ± 0.10	6.53 ± 0.28	6.56 ± 0.16
管囲長（cm）	5	2.05 ± 0.03	2.09 ± 0.12	2.17 ± 0.13

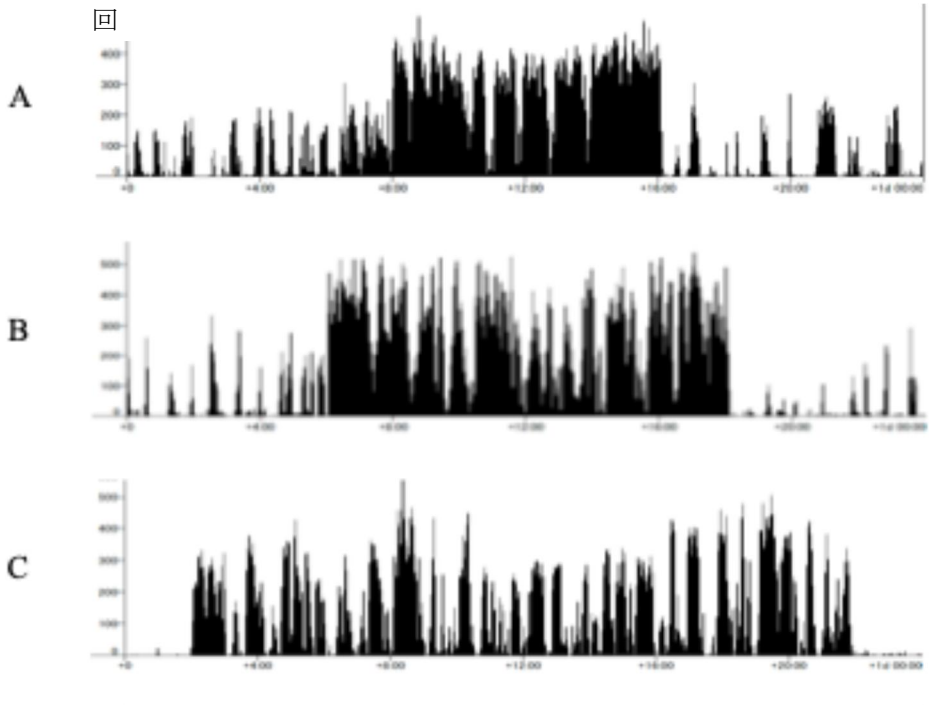
平均値 ± 標準偏差

Nano tag を用いた運動量の計測結果について、6〜7 週齢時における各明暗期の 24 時間の運動量の代表的な推移を図 6 に示す。また、当初計画に入れていなかったが、今回ブロイラー（チャンキー）を使用する機会があったので、nanotag をブロイラーに装着し、参考データとして 12L12D（雌：n＝4、雄：n＝3）の明暗期で 6〜7 週齢における運動量の計測も行った。ちなみに、ブロイラーでは 12L12D の明期は 8 時から 20 時であった。

いずれの群においてもジュリア雄雛は明期に活発に動いているのに対し、暗期には少ない運動量であった。ただし、暗期が最も長い 8L16D 群では、暗期においても 1 時間

に 3〜4 回ほど短時間の運動が記録されており、また明期が始まる 1〜2 時間ほど前から運動量が増加していた。明期には、運動量の少ない短い時間が数回確認されるのみで、ほとんどの時間で運動が記録されていた。12L12D 群においても、明期において運動量が少ない短い時間が記録されたが、その回数は 8L16D 群よりも多かった。また、暗期においては周期的な短時間の運動が見られた。一方、20L4D 群では明期の間はほぼ一定の間隔で運動と休息が周期的に繰り返され、暗期における運動はほとんど記録されなかった。

一方、ブロイラーではジュリア雄雛に比べ運動量は非常に少ないものであった。ブロイラーにおいて、12L12D の明暗期における 6〜7 週齢にかけての 7 日間の総運動量は、雄で 171869±10603 回（n=3）、雌で 84269±7195 回（n=4）であり、ブロイラー雄は同時期におけるチャンキー雄の 879937±63211 回（n=7）の約 1/5 と圧倒的に少ないものであった。ブロイラーの雌雄間では、12L12D における 6〜7 週齢にかけての 7 日間の総運動量に有意差が認められ（$P < 0.0001$）、雄が雌の約 2 倍の運動量であった。



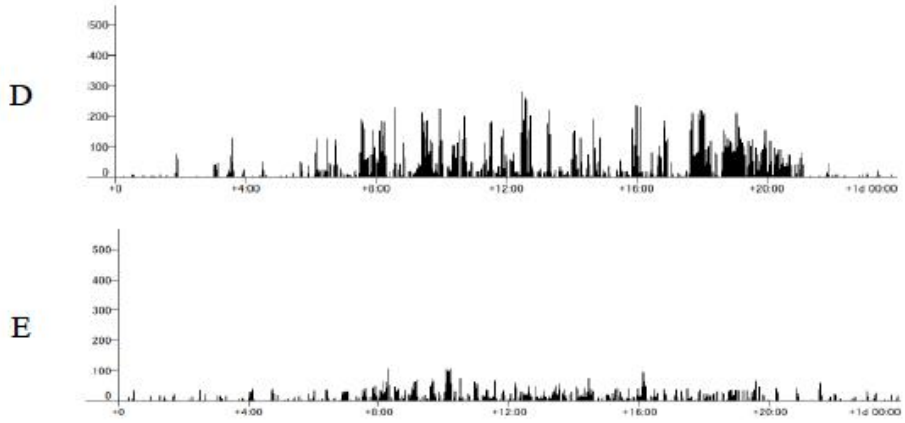


図 6. 6 週齢のある 1 日における各群の代表的な 24 時間の運動量の推移
A～C：ジュリア雄、D：ブロイラー雄、E：ブロイラー雌
A：8L16D、B・D・E：12L12D、C：20L4D

4～7 週齢のジュリア雄の運動量の合計を図 7 に示す。8L16D 群と 12L12D 群の間でこの期間における総運動量に有意差は見られず、20L4D 群では他の 2 群よりも有意に少ない運動量であった（$P < 0.01$）。

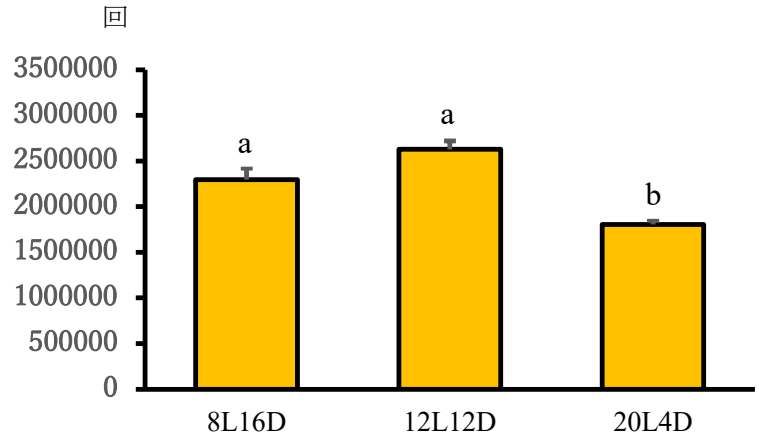


図 7. 4 ～ 7 週齢のジュリア雄雛の運動量（振動数）の合計
平均値 ± 標準誤差、 n = 7 (8L16D、20L4D)、n = 5 (12L12D)
a, b: 異符号間で有意差あり（$P < 0.01$）

4～7 週齢までの 21 日間の摂餌量を計測したところ（図 8）、1 羽あたりの平均総摂餌量は 8L16D 群で 1257.4 ± 45.42g、12L12D 群で 1229.6 ± 8.47g、20L4D 群で 1638.7 ± 61.41g（平均値±標準誤差）であり、20L4D 群が他の 2 群よりも有意に多い摂餌量であった（$P < 0.01$）。一方、8L16D 群と 12L12D 群間に有意差は認められなかった。

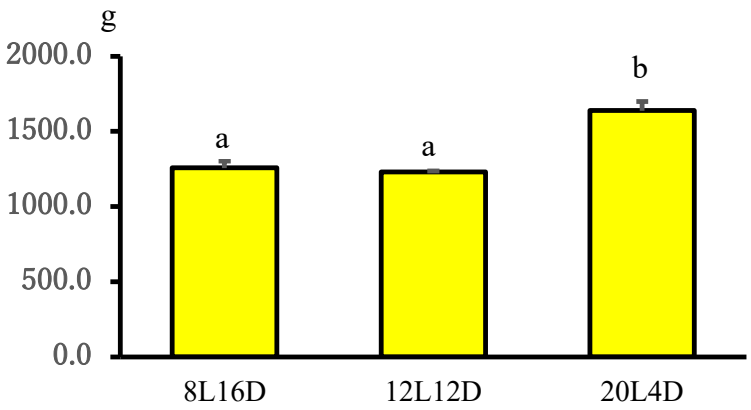


図 8．4 ～ 7 週齢の間の 1 羽あたりの総摂餌量
平均値 ± 標準誤差、n = 3
a, b: 異符号間で有意差あり（$P < 0.01$）

血中コルチコステロン濃度の測定については、当初 ELK Biotechnology 社の ELISA キットを用いて測定を行ったが、測定値がキットの測定範囲を超えていたため（< 1.57 ng）、より低濃度の範囲までカバーしている Enzo Life Sciences 社のキットを用いて測定した

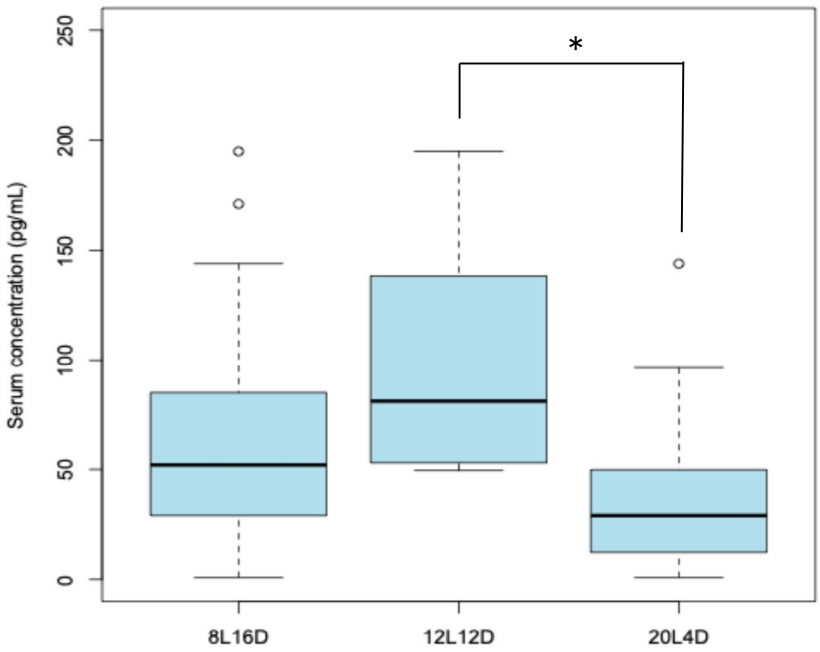


図 9．血中コルチコステロン濃度
平均値 ± 標準誤差、n = 10
図中の ○ は外れ値、*: $P < 0.05$

（図 9）。血中コルチコステロン濃度は 12L12D 群が 20L4D 群に比べ有意に高かったが（$P < 0.05$）、8L16D 群と 12L12D 群間並びに 8L16D 群と 20L4D 群間では有意差は認められなかった。また、運動量と血中コルチコステロン濃度の間に相関は認められなかった（$R^2 = 0.1276$）。

血中 GH 濃度の測定結果を図 10 に示す。血中濃度は 8L16D 群で 2858 ± 292.3 pg/mL、12L12D 群で 2373 ± 396.7 pg/mL、20L4D 群で 2688 ± 119.7 pg/mL であり、群間で有意差は認められなかった。4 ～ 7 週齢時の運動量の合計と血中 GH 濃度の間で相関を求めたところ、有意な相関は認められなかった（$R^2 = 0.0011$）。一方、屠殺時体重と血中 GH 濃度との間には有意な相関が認められ（$P < 0.05$）、血中 GH 濃度 y（pg/mL）は、$y = -9.3125x + 9254.7$（x は体重、$R^2 = 0.2022$）の回帰式で表された（図 11）。

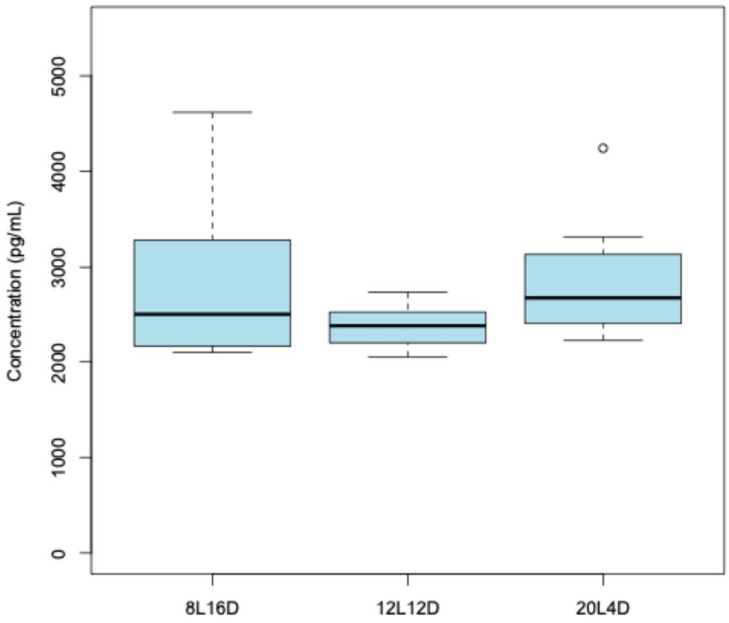


図 10. 血中成長ホルモン濃度
平均値 ± 標準誤差、n = 10
図中の ○ は外れ値

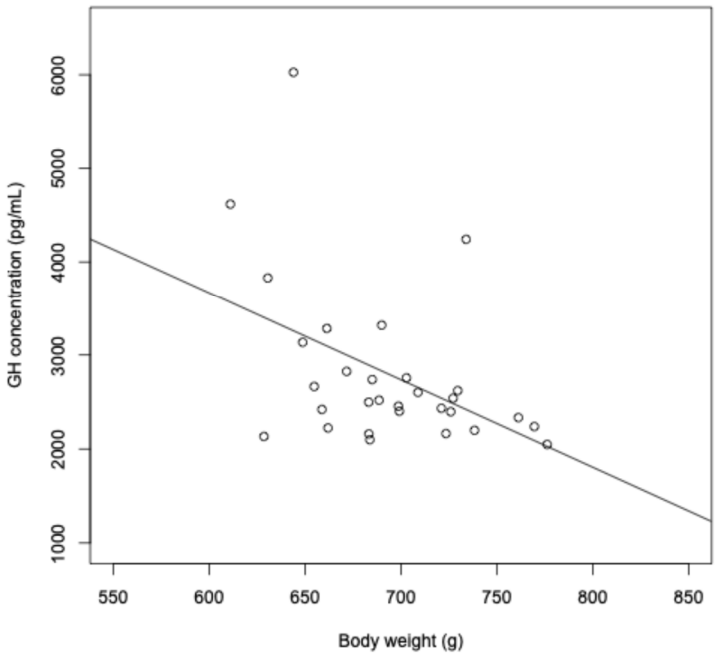


図 11．屠殺時体重と血中成長ホルモン濃度の散布図

筋肉に含まれるα-リノレン酸とリノール酸の含有量をそれぞれ図 12、13 に示す。α-リノレン酸の含有量は各群それぞれ 9.0 ± 0.55 mg/100g、11.2 ± 1.39 mg/100g、及び 12.6 ± 0.38 mg/100g であり、明期が長いほど含有量が多くなる傾向が見られたものの、群間で有意差は認められなかった。一方、リノール酸の筋肉内含有量は、8L16D 群、12L12D 群、20L4D 群でそれぞれ 308 ± 11.1 mg/100g、338 ± 25.8 mg/100g 及び 460 ± 34.6mg/100g であり、20L4D 群が他の 2 群よりも有意に多かったが（$P<0.05$）、8L16D 群と 12L12D 群間では有意差は認められなかった。

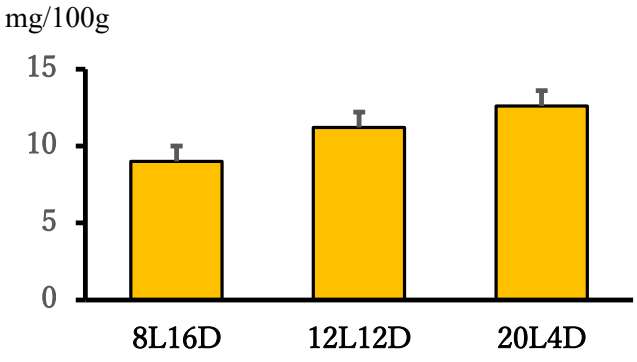


図 12．筋肉に含まれるα-リノレン酸の含有量
平均値 ± 標準誤差、n = 5

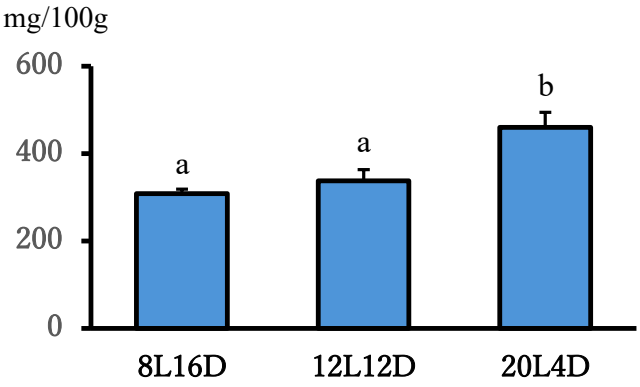


図 13. 筋肉に含まれるリノール酸の含有量
平均値 ± 標準誤差、n = 5
a, b: 異符号間で有意差あり（$P < 0.05$）

外側腸脛骨筋に含まれるコラーゲン量を図 14 に示す。筋肉内コラーゲンは 20L4D 群において他の 2 群よりやや多い傾向が見られたが（$P = 0.079$）、3 群間に有意差は認められなかった。

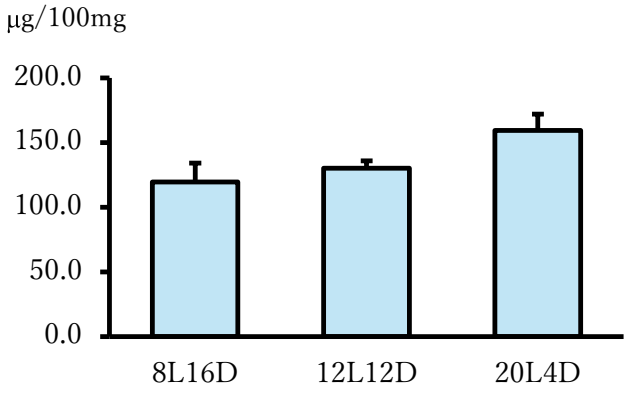


図 14. 外側腸脛骨筋に含まれる総コラーゲン量
平均値±標準誤差、n = 5

抗ミオシン（速筋型）モノクローナル抗体を用いた外側腸脛骨筋の凍結切片における免疫組織化学染色により、免疫陽性の速筋線維と免疫陰性の遅筋線維が区別された（図 15）。また、速筋線維と遅筋線維の最大短径を計測した結果を図 16 に示す。いずれの群においても、速筋線維の短径は遅筋線維の短径よりも有意に小さく（$P < 0.001$）、速筋線維と遅筋線維のいずれにおいても群間で有意差を認めなかった。

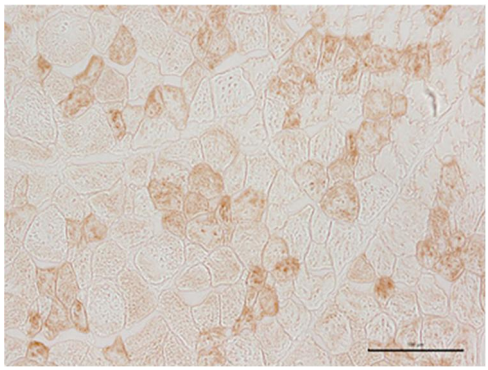


図 15. 外側腸脛骨筋における抗ミオシン（速筋型）モノクローナル抗体による免疫組織化学の光学顕微鏡写真。スケールバーは 100 μm を表す。

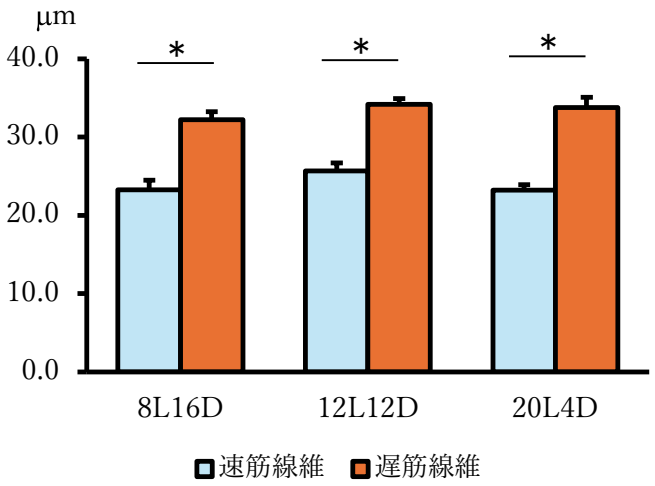


図 16. 外側腸脛骨筋における速筋線維と遅筋線維の短径
*：速筋線維と遅筋線維の間で有意差あり（$P < 0.001$）

４．考察

現地調査で九州内の 2 件の養鶏会社と 1 件の公的研究機関を訪問したが、鶏舎の照明管理についてはそれぞれ異なっており、例数は少ないものの、ブロイラーの生産現場において明暗期の長さに標準的なものがあるわけではないことが分かった。聞き取り調査では、照明管理がどのようにして設定されるに至ったのかを明らかにすることはできなかったが、開放型鶏舎、ウインドウレス鶏舎それぞれにおける施設ごとの経験や経費等との関係により決定されたものと思われる。

7 週齢時の体重については、12L12D 群が他の 2 群よりも有意に大きくなった。暗期には運動量が少なく、明期の長さが最も長い 20L4D 群において摂餌量が最も多かったことからも、摂餌はほぼ明期に行われていたと考えられる。8L16D 群は 12L12D 群より

も明期が短かったにも関わらず、いずれも 20L4D 群の約 3/4 とほぼ同じ摂餌量であったことから、8L16D 群は短い明期の間により多くの餌を食べようとしたことが伺える。これは、8L16D 群の筋胃重量が 12L12D 群よりも大きかったことでも裏付けられ、単位時間あたりの筋胃への流入量が 12L12D 群よりも多かったことから筋胃がより発達したことが示唆される。8L16D 群において、明期の間ほとんど途切れることのなかった運動は摂餌行動が多くを占めていたと思われる。ブロイラーでは、5〜6 週齢において 12L12D 群が 20L4D 群よりも摂餌と飲水の時間が長いことが報告されているが（Jiang et al., 2023）、摂餌量についての記録はなく、今回の調査では全行動に占める摂餌時間の割合については把握できないため、運動時間と摂餌量との関連性については分からない。一方、20L4D 群の摂餌量の多さにも関わらず、12L12D 群の体重が 20L4D 群よりも大きかったことは、適度な長さの暗期における休息がタンパク質（筋肉）の同化の促進に寄与したものと考えられる。また、8L16D 群の摂餌量は 12L12D 群と同程度であったにも関わらず、7 週齢時の体重が 12L12D 群よりも有意に小さかったことは、同じ量の餌を短時間に摂食しても消化吸収や代謝が伴わないことが原因であると推測される。

肝臓重量については 20L4D 群が他の 2 群よりも有意に大きく、8L16D 群と 12L12D 群間に差が認められなかったことから、肝臓重量は単純に摂餌量に影響されるのかもしれない。

一方、骨格筋の体重比重量については、胸筋、外側腸脛骨筋、腓腹筋のいずれにおいても群間で差が認められなかったことから、明暗期の長さの違いは特定の骨格筋の発達には影響を及ぼさないことが伺える。大腿骨に関しても、重量、長さ、管囲長のいずれにおいても群間で差が認められなかった。ブロイラーにおいても、大腿骨の長さと幅は 12L12D 群と 20L4D 群間で 35 日齢、43 日齢において差が見られないが、脛骨は 12L12D 群でより長くなることが報告されている（Jiang et al., 2023）。今回の調査では、大腿骨のみを対象としたが、卵用鶏雄においても他の骨では明暗期の違いがその大きさ等に影響を及ぼすのかもしれない。

今回の調査研究では、明期の長さと運動量には関連性があり、明期が長いほど運動量も多く、明期を短くすることでエネルギー消費を抑えてタンパク質同化が増進されるという仮説に基づいて実験を行った。しかし、異なる長さの明暗期を設定し、実際に運動量を測定した結果、最も明期の長い 20L4D 群における運動量よりも、より短い明期の 8L16D 群と 12L12D 群における運動量の方が多いことが明らかとなった。特に、8L16D 群においては明期の間ほとんど運動を停止する（休息する）ことがなく、常に動いている状態であり、暗期においても断続的な運動が観察された。参考データではあるものの、今回補足実験として行なったブロイラーにおける運動量の計測の結果、ブロイラー雄では 6〜7 週齢期の運動量がジュリア雄の約 1/5 程度と非常に少なく、さらに同時期のブロイラー雄の運動量は雌の約 2 倍と雌雄間で大きな違いがあった。明暗期の違いによる

ジュリア雄の運動特性はブロイラーとは大きく異なる品種の特徴であるのかもしれない。

コルチコステロンは副腎皮質から分泌されるステロイドホルモンであり、その血中濃度はストレスの指標として用いられる。今回測定した異なる明暗期における屠殺時の血中コルチコステロン濃度は、8L16D 群と 12L12D 群間では差は見られず、12L12D 群において 20L4D 群よりも有意に高い値を示した。運動量が多い 12L12D 群において、運動量が少ない 20L4D 群よりも高い値であったことから、血中コルチコステロン濃度は運動量もしくは明暗期の長さと関連があることが示唆される。今回の調査研究において詳細な行動調査は行わなかったが、日々の飼育管理の際に見られた行動において、個体同士が頚羽を逆立てて睨み合い、闘争をする様子が頻繁に見受けられた。明期が長い 20L4D 群では、明期の間に運動をしない時間が多く見られたが、これは闘争行動の少ない比較的落ち着いた状態を表しているのではないかと考えられ、明期の短い 8L16D 群や 12L12D 群では明期の間に運動のない時間が少なかったことから、摂餌行動だけでなく闘争行動が 20L4D 群に比べ多く発生していたのではないかと思われる。このような行動の違いが血中コルチコステロン濃度の違いとして表れたものと推測する。

血中成長ホルモン濃度については、群間で差は認められなかった。成長ホルモンは骨の成長に関与するが、大腿骨の重量や長さに違いが見られなかったことから、7 週齢までは明暗期の長さの違いで成長ホルモンの分泌や骨の成長に影響が出るには至らないのかもしれない。

筋肉に含まれるオメガ脂肪酸量について、今回の実験に用いたジュリア雄雛では、脂肪酸量を測定するにあたり部位ごとでは測定に必要な筋肉量を確保できなかったため、胸部及び後肢の筋肉をまとめて採取し、分析を行なった。日本食品標準成分表（八訂）増補 2023 年脂肪酸成分表編によれば（文部科学省科学技術・学術審議会資源調査分科会、2023）、若どりの皮なしむね肉のα-リノレン酸の含有量は 24mg/100g、リノール酸の含有量は 270mg/100g であり、皮なしもも肉ではそれぞれ 18mg/100g と 520mg/100g である。従って、若どりの肉に含まれる脂肪酸量とは部位ごとの比較はできないものの、今回ジュリア雄雛で得られた結果はα-リノレン酸の含有量が 9.0mg/100g（8L16D）～12.6mg/100g（20L4D）であったことから、ブロイラーに比べ卵用鶏雄雛ではα-リノレン酸の筋肉内含有量が少ないことが窺える。一方、リノール酸の筋肉内含有量は 308mg/100g（8L16D）～460mg/100g（20L4D）であり、若どりの筋肉における含有量とは大きな違いはないものと思われる。

ジュリア雄の筋肉内リノール酸の含有量については、8L16D 群と 12L12D 群が 20L4D 群に比べ有意に少なかったが、4～7 週齢の運動量の総和は逆に 8L16D 群と 12L12D 群が 20L4D 群よりも有意に大きかったことから、運動のエネルギー源の一部としてリノール酸が消費された可能性が考えられる。リノール酸などのオメガ 6 脂肪酸の摂取量は必須脂肪酸であるオメガ 3 脂肪酸の摂取量との比率が重要で、リノール酸の過剰摂取は

生活習慣病を増大させる危険性があると言われていることから（Mercola and D’Adamo, 2023）、日常の食生活においてはその摂取量を減らすことが望ましい。明期を短くすることで、筋肉内のリノール酸が減少したことから、短い明期で飼育した鶏肉には栄養学的な面からも付加価値を見出すことができる。

大腿部の骨格筋である外側腸脛骨筋に含まれるコラーゲン量について、運動量は20L4D 群が他の 2 群よりも有意に少なかったことから、20L4D 群の後肢にかかる負荷は他の２群よりも少なくなることことが推測される。そのため、結合組織の発達は抑制されるように思われるが、筋肉内コラーゲン量は群間で有意差が認められなかった。また、外側腸脛骨筋の筋線維についても、速筋型筋線維と遅筋型筋線維ともにその最大短径に群間で差が見られなかったことから、明暗期の長さの違いは 7 週齢時において骨格筋の組織学的特性に影響を及ぼさないことが示唆される。

５．まとめ

以上のような本調査研究の結果を踏まえると、今回試みた明暗期の中で卵用鶏雄雛の育成に最も適した照明管理は 12L12D であると結論づけられる。しかし、今回の調査研究では設備や時間の関係で 8L16D、12L2D 及び 20L4D の 3 つの明暗期についてのみ検討を行ったため、12L12D と 20L4D の間における明暗期の設定に関しては今後の検討の余地が残されている。

卵用鶏雄の肉生産量はブロイラーに比べ圧倒的に少なく、卵用鶏雄の日増体量はブロイラーの 34%、ムネ肉と後肢肉の生産量は 27%に留まる上に、生産コストは 1kg あたり 71%増加する（Damme and Ristic, 2003）。今回の調査においても、7 週齢におけるジュリア雄の体重は 700g 程度と非常に小さいものであった。より長い期間飼育すれば、ある程度の体重増加は見込めるものの、生産コストは上昇し、それに見合う利益を出すのは困難である。これらのことから、卵用鶏雄を肉用として利用する場合、ブロイラーに迫る肉量を求めて長期間の飼育を行うのではなく、未利用資源の活用という点に意義を見出し、従来の鶏肉生産とは全く異なるアプローチ、例えば大きなウズラ程度の新たな肉製品と位置付けるような差別化を図ることが望ましい。そのためには、製品化した後の消費拡大・普及に向けたマーケティングにおける工夫なども必要となる。

６．謝辞

本調査は、独立行政法人農畜産振興機構による令和 7 年度畜産関係学術研究委託調査の調査研究費により行われたもので、ここに謝意を表します。また、お忙しい中、本調査にご協力いただいた養鶏会社や鹿児島大学共同獣医学部南九州畜産獣医学教育研究センターの皆様に改めて厚く御礼申し上げます。

７．参考文献

Brümmer N, Christoph-Schulz I, Rovers A-K. Consumers' Perspective on Dual-purpose Chickens as Alternative to the Killing of Day-old Chicks. Int. J. Food System Dynamics, 9 (5): 390-398. 2018. DOI: http://dx.doi.org/10.18461/ijfsd.v9i5.951

Damme K, Ristic M. Fattening performance, meat yield and economic aspects of meat and layer type hybrids. World's Poultry Science Journal, 59: 50-53. 2003. https://doi.org/10.1079/WPS20030002

Di Concetto A, Morice O, Corion M, dos Santos SMB. Chick and duckling killing: Achieving an EU-wide prohibition. White Paper - December 2024. The Europian Institute for Animal Law & Policy. https://www.politique-animaux.fr/fichiers/rapport-poussins-canetons-broyage-gazage-ovosexage.pdf

Jiang S, Fu Y, Cheng H-W. Daylight exposure and circadian clocks in broilers: part I — photoperiod effect on broiler behavior, skeletal health, and fear response. Poultry Science, 102(12):103162. 2023. https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.103162

Leenstra F, Munnichs G, Beekman V, van den Heuvel-Vromans E, Aramyan L, Woelders H. Killing day-old chicks? Public opinion regarding potential alternatives. Animal Welfare, 20: 37-45, 2011. DOI: 10.1017/S0962728600002414

Mercola J, D'Adamo CR. Linoleic Acid: A narrative review of the effects of increased intake in the standard American diet and associations with chronic disease. Nutrients, 15: 3129. 2023. https://doi.org/10.3390/nu15143129

文部科学省科学技術・学術審議会資源調査分科会、日本食品標準成分表（八訂）増補 2023 年脂肪酸成分表編、 2023． https://www.mext.go.jp/content/20230428-mxt_kagsei-mext_00001_032.xlsx

Murawska D, Gesek M, Witkowska D. Suitability of layer-type male chicks for capon production. Poultry Science, 98: 3345–3351. 2019. http://dx.doi.org/10.3382/ps/pez146

Reithmayer C, Danne M, Mußhoff O. Look at that! — The effect pictures have on consumer preferences for in ovo gender determination as an alternative to culling male chicks. Poultry Science, 100: 643-653. 2021. https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.09.092

Rozenboim I, Robinzon B, Rosenstrauch A. Effect of light source and regimen on growing broilers. British Poultry Science, 40: 452-457. 1999. https://doi.org/10.1080/00071669987197

Soisontes, S. 2015. An alternative use of one day-old male layer chicks: the case of Thailand. Working Paper (PDF Available), Projects Sustainability in Poultry Production: A Comparative Study between Germany and Thailand, August 2015. DOI: 10.13140/RG.2.2.16279.98725

Tuell JR, Park J-Y, Wang W, Cooper B, Sobreira T, Cheng H-W, Kim YHB. Effects of photoperiod regime on meat quality, oxidative stability, and metabolites of postmortem broiler

fillet (*M. Pectoralis major*) muscles. Foods, 9: 215. 2020. https://doi.org/10.3390/foods9020215