

平成 30 年 6 月 15 日現在

機関番号：15401

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2017

課題番号：15K14846

研究課題名(和文) 光量子束密度を指標としたブルーライト制御による育成牛の成長管理

研究課題名(英文) The growing management using by blue light of LED in Dairy cattle

研究代表者

杉野 利久 (Sugino, Toshihisa)

広島大学・生物圏科学研究科・准教授

研究者番号：90363035

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：白色LED照明に含まれる青色光がホルスタイン種育成牛の内分泌機能および成長に及ぼす影響を検討した。長日および短日管理ともに青色光はメラトニン分泌を抑制した。また、長日管理下においては乾草摂取量が抑制された。食欲抑制効果のあるGLP-1の血漿濃度は青色光によって増加した。白色LED照明でも同様にメラトニン分泌を抑制し、乾物摂取量の減少が認められた。乳腺発達に重要なホルモンであるプロラクチンは、白色LED管理により減少した。以上のことから、長日管理下の白色LED管理は、メラトニン分泌および摂食を抑制することが明らかとなった。

研究成果の概要(英文)：The objective of this study was to determine the effect of blue light from white LED light on endocrine systems in dairy calves. Plasma melatonin concentrations in long or short-day photoperiod treatments gradually increased from 2 h before the dark period and the levels during the dark period were higher than during the light period. The levels of melatonin in plasma for 2 h before the dark period in blue or white LED light treatment were suppressed. The dry matter intake of hay was lower by exposed blue or white LED light. And plasma GLP-1 concentrations were higher by blue LED light. Plasma prolactin concentrations were lower during the light period in white LED treatment than in control. The results indicate that exposure to dim blue light suppresses the secretion of melatonin in calves. Furthermore, exposure to white LED light for 2 h before the dark period under a long-day photoperiod may affect endocrine systems related to dairy productions in calves.

研究分野：家畜栄養生理学

キーワード：白色LED ブルーライト 乳牛 子牛 メラトニン

1. 研究開始当初の背景

乳牛の飼養管理における重要な要素に「光周期コントロール」がある。光周期に関する研究は従来から多く行われており、明期 16 時間暗期 8 時間 (16L:8D) が最も個体の成長や乳量に良いと言われている。日長時間の短い冬期や高精度管理を可能とする閉鎖型牛舎では、照明により光周期を制御することが重要となる。照明の照度 (明るさ) は、明期を 150~200 lux (ルクス)、暗期を 5 lux 以下にすることで高生産性が得られると言われている。以上の光周期コントロールによる高生産性は、メラトニン、成長ホルモン (GH) やインスリン様成長因子 1 (IGF-1) の分泌や作用を介して発現する。特にメラトニンは、生体の概日リズムや催眠などに影響することから、GH・IGF-1 による成長促進効果を最大限発揮させる上で重要なホルモンである。メラトニンは、暗期に分泌され、特徴としては光によって急性に分泌が抑制される。反芻家畜において照度とメラトニンの関係に関する研究は多いが、一方で最近のヒトの研究では、光によるメラトニン抑制は光の波長にも依存していることが明らかとなっており、メラトニン抑制は、460nm 付近 (青色光) の短波長で最大となる。そこで本研究は、ホルスタイン種育成牛を用いて、これまで用いられてきた照度という人間の目が感じる明るさを基準とした心理物理学的指標ではなく、純粋に物理量で捉える光量子束密度 ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$; 粒子としての単位, 物理量) を指標として青色光の成長に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。

2. 研究の目的

本研究は、長日管理下および短日管理下のホルスタイン種育成牛を用いて、光量子束密度を指標として暗期前の青色光照射がメラトニン、GH および IGF-1 分泌および成長に及ぼす影響を明らかにすることを目的とし、

(1) 長日および短日管理下の育成牛における暗期前の青色光照射が内分泌および成長に及ぼす影響

(2) 白色 LED 照明に含まれる青色光が内分泌および成長に及ぼす影響

(3) 白色 LED 照明管理下でのメラトニン投与が内分泌機能に及ぼす影響

を検討した。

3. 研究の方法

(1) ホルスタイン種子牛 6 頭 (8~12 週齢) を光周期管理が可能な代謝室で飼養した。長日管理 (16L:8D, LDPP) と短日管理 (8L:16D, SDPP) の 2 つの日長管理下で、暗期前 2 時間に青色カット LED 光 (対照光、44 lux) と青色 LED 光 (4 lux) を等光量子束密度 ($0.465 \mu\text{mol}/\text{cm}^2/\text{s}$) でそれぞれ照射する 4 区を設けた。LED 照射時間を除く明期は蛍光灯下 (844 lux) で管理し、暗期は無照明 (0 lux) とした。照度および光量子束密度は分

光放射照度計を用いて、子牛の起立時の目の高さで計測した。飼料は、育成用配合飼料を 2.5 kg/日を上限として給与、クレイグラス乾草を自由採食とし、暗期 5 時間前に給飼を行った。処理期間はそれぞれ一週間ずつ設け、各期最終日に暗期 3 時間前より経時的に頸静脈カテーテルから採血した。採血後、血漿メラトニン、GH、グレリンおよび GLP-1 濃度を測定した。また、各期 5-7 日の乾物摂取量 (DMI) と各期開始日と最終日に体重測定を行い、日増体量を求めた。

(2) ホルスタイン種雌子牛 6 頭 (8 週齢) を供試し、外光を遮断した光周期管理が可能な代謝室で、明期 16 時間、暗期 8 時間の長日管理下で飼養した。処理区として、明期を白色 LED 照明 (880 lux) で管理する白色 LED 区と、暗期 2 時間前に青色光を含まない対照 LED 照明 (930 lux) に切り替える対照 LED 区の計 2 処理区を設けた。それぞれの LED 照明の光量子束密度は同量になるように設定した ($12 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-2}$)。また、暗期は無照明 (0 lux , $0 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-2}$) とした。飼料はスターターおよびクレイグラス乾草を自由採食とし、暗期 5 時間前に給飼および残飼の計測を行った。試験は 2 期反転法で実施し、各期、2 週間の予備期および 1 週間の本期を設けた。各期最終日に暗期 3 時間前より暗期 2 時間後まで、経時的に採血を行い、血漿ホルモン (メラトニン、グレリン、GLP-1、IGF-1 およびプロラクチン (PRL)) と代謝産物 (グルコース、BHBA、NEFA、TG および BUN) 濃度を測定した。また、本期の乾物摂取量 (DMI) と、日増体量を求めた。

(3) 供試動物、環境および給飼条件は (2) と同様とした。2 週間の光環境馴致後、頸静脈カテーテルより暗期 2 時間前に生理食塩水を注入する対照区と、メラトニン溶液 (4 mg/100 kg BW) を注入する MEL 区の計 2 処理区を設けた。採血は注入前後に (2) と同様に実施し、血漿ホルモンおよび代謝産物濃度を測定した。

4. 研究成果

(1) 乾物摂取量は長日管理が短日管理と比較して多い傾向にあり、乾草摂取量は長日管理で青色光照射により減少、短日区では逆に増加する傾向にあった。長日区の血漿メラトニン濃度は、暗期 2 時間前から徐々に増加し、暗期には高値で推移した。短日区も同様の変化を示したが LED 照射中の濃度は、長日区のそれと比較して低かった。青色光照射は対照光と比較して、照射中のメラトニン濃度を日長時間に関係なく抑制した。血漿 GH 濃度に関しては処理による影響はなかった。血漿グレリン濃度は長日区で青色光照射によって高くなり、逆に短日区では低下した。血漿 GLP-1 濃度は短日区が長日区と比較して高く、青色光によってさらに分泌は増加した。

以上のことから、暗期前の青色光照射は低い照度でもメラトニン分泌を抑制すること

が明らかになった。また、日長時間によって青色光のメラトニン分泌への影響は異なることが明らかになり、メラトニン分泌の変化は摂食関連ホルモンであるグレリンや GLP-1 分泌、DMI に影響する可能性が考えられた。

(2) スターター摂取量は処理区間で差は見られなかったが、乾草摂取量は対照 LED 区と比較して白色 LED 区で減少し ($P = 0.03$)、それに伴い総 DMI も白色 LED 区で減少する傾向を示した ($P = 0.08$)。日増体量には処理区間で差はなかった。血漿メラトニン濃度は、対照 LED 区では暗期 2 時間前から徐々に増加し、暗期には高値で推移したが、白色 LED 区では対照 LED 区と比較して低値で推移した ($P < 0.01$)。血漿グレリン濃度は、両区とも明期から暗期にかけて増加し ($P < 0.01$)、対照 LED 区と比較して白色 LED 区で高値を示した ($P < 0.01$)。血漿 GLP-1 濃度は処理区間で差はなかった。血漿 IGF-1 および PRL 濃度は対照 LED 区と比較して白色 LED 区で低値を示した ($P = 0.04$; $P < 0.01$)。血漿グルコース濃度は、明期において対照 LED 区と比較して白色 LED 区で高値を示し ($P < 0.01$)、血漿 TG および BUN 濃度は対照 LED 区と比較して白色 LED 区で低値を示した ($P = 0.01$)。血漿 BHBA および NEFA 濃度は処理区間で差はなかった。以上のことから、長日管理下の暗期前の白色 LED 照射は、メラトニン分泌および摂食を抑制することが明らかとなった。また、それに伴いグレリン、IGF-1 および PRL 分泌は変化することが示され、これらの変化には、白色 LED 照射によるメラトニン分泌抑制が関与している可能性が考えられた。

(3) 血漿グレリンおよび GLP-1 濃度は処理区間で差はなかったが、注入時を基準とした相対値では、対照区と比較して MEL 区において低値で推移した ($P < 0.01$)。IGF-1 および PRL の血漿濃度および相対値も同様に注入後 MEL 区において低値で推移した ($P < 0.01$)。グルコース、NEFA および BUN の血漿濃度および相対値は、対照区と比較して MEL 区において高値で推移し ($P < 0.01$)、BHBA は低値で推移した ($P < 0.05$)。TG の血漿濃度は MEL 区で低値を示したが ($P = 0.02$)、相対値では高値を示した ($P < 0.01$)。ラットおよび乳牛の先行研究において、グレリン、GLP-1、IGF-1 および PRL はメラトニンと負の相関関係にあるという報告があり、本試験の結果と一致した。また、血漿代謝産物濃度もメラトニンによる直接的な影響を受けると報告されており、本試験の結果は先行研究と同様であった。

以上のことから、本研究で得られた青色光による内分泌等への影響は、メラトニン分泌の抑制を介した作用である可能性が考えられた。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 0 件)

〔学会発表〕(計 5 件)

高尾結衣, 渡辺隆史, 篠田晶子, 榎引史郎, 小櫃剛人, 杉野利久. 光の波長変化が子牛の行動に及ぼす影響. 日本畜産学会第 124 回大会, 2018 年 3 月

Mon M, Shinoda A, Watanabe T, Kushibiki S, Obitsu T, Sugino T. 2017 ADSA Annual Meeting, 2017 年 6 月.

門真実子, 杉野利久, 渡辺隆史, 篠田晶子, 榎引史郎, 小櫃剛人. 白色 LED 照明が子牛のメラトニン分泌に及ぼす影響. 日本畜産学会第 122 回大会, 2017 年 3 月.

Mon M, Sugino T, Elsabagh M, Shinoda A, Watanabe T, Kushibiki S, Obitsu T. Effect of short wavelength light on GLP-1 secretion in calves. 17th AAAP Animal Science Congress, 2017 年 8 月.

門真実子, 杉野利久, 渡辺隆史, 篠田晶子, 榎引史郎, 小櫃剛人. 日長時間と青色光が子牛のメラトニン分泌に及ぼす影響. 日本畜産学会第 121 回大会, 2016 年 3 月.

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況 (計 3 件)

名称: 育成牛の飼育方法

発明者: 渡辺隆史, 篠田晶子, 杉野利久, 門真実子

権利者: 同上

種類: 特許

番号: 2016-161133

出願年月日: 2016 年 8 月 19 日

国内外の別: 国内

名称: Rearing method for growing cattle

発明者: 渡辺隆史, 篠田晶子, 杉野利久, 門真実子

権利者: 同上

種類: 特許

番号: 17184866.6

出願年月日: 2017 年 8 月 4 日

国内外の別: 国外 (EPC)

名称: Rearing method for growing cattle

発明者: 渡辺隆史, 篠田晶子, 杉野利久, 門真実子

権利者: 同上

種類: 特許

番号: 17184866.6

出願年月日: 2017 年 8 月 4 日

国内外の別: 国外 (EPC)

名称: Rearing method for growing cattle

発明者: 渡辺隆史, 篠田晶子, 杉野利久, 門真実子

権利者：同上
種類：特許
番号：2975697
出願年月日：2017年8月8日
国内外の別： 国外（カナダ）

取得状況（計 0件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕

セミナー

杉野利久．LED に含まれるブルーライトは牛にとって善か悪か。ブルーライトは子牛の乾草摂取量を抑制する？ 第三回広島大学酪農技術セミナー，2017年10月10日．

解説

杉野利久．牛舎の光源を考える-白色 LED が乳牛に与える影響．p16-19. Dairy Japan 6月号，2018年．

6．研究組織

(1)研究代表者

杉野 利久（SUGINO, Toshihisa）
広島大学・大学院生物圏科学研究科・准教授
研究者番号：90363035

(2)研究分担者

小櫃 剛人（OBITSU, Taketo）
広島大学・大学院生物圏科学研究科・教授
研究者番号：30194632

(3)連携研究者

櫛引 史郎（KUSHIBIKI, Shiro）
農業・食品産業技術総合研究機構・畜産研究部門・主席研究員
研究者番号：30355218

(4)研究協力者

篠田 晶子（SHINODA, Akiko）
渡辺 隆史（WATANABE, Takashi）