

夜間工事照明への LED 採用による周辺環境への影響予測と CO₂ 排出量削減効果

加 藤 雄 大

ダム等の自然豊かな環境の工事現場で利用される夜間照明は、周辺の生態系に大きな影響を与える。夜行性の昆虫の照明への誘虫は、食物連鎖を通して生態系に影響を与える。今回は工事現場周辺の環境区分と、使用する照明の種類に着目した実験を行い、その実験結果に基づく影響の予測を行った。結果、Hg 灯を使用する照明計画よりも LED 灯を使用する計画の方が 94.2% の誘虫量の減少が予測された。本稿ではこの予測に基づいて全面的に LED 照明が導入された岩手県・築川ダムにおいて LED 灯導入による CO₂ 排出量削減量を試算したところ、約 68% の削減が予測されたので、その結果を紹介する。

キーワード：生態系保全、夜間照明、LED、CO₂、誘虫

1. はじめに

あらゆる企業に生態系保全への取り組みが求められる昨今、建設業のように自然環境に与える影響が大きな業種は率先した対策が求められる。その中でも環境影響評価法での環境アセスメントの対象となるダム工事や高速道路などは、環境に大きな影響を与えるために様々な対策が求められ、その一例として夜間工事に使用される照明の影響を低減することが挙げられる。

夜間照明は夜行性の生物にとっては Ecological Light Pollution として生活を攪乱する要因となることが知られている¹⁾。夜間照明は様々な生物種の分布や生理に影響するため、シミュレーションによる必要最低限の照明の設置、ルーバーや指向性照明の採用などによって対策されている。影響を受ける生物の中でも、生態系において重要な餌資源である昆虫は、照明に大量に誘引されることで、生態系全体の餌資源の欠乏や偏りが生じると考えられている。生態系保全の観点では、照明の過剰な使用を抑える必要がある一方で、工事現場では作業箇所の安全確保のためには十分な明るさを確保する必要がある。

土木工事現場などではその初期費用の安さから水銀灯（以下、Hg 灯）が一般に利用されてきた。Hg 灯は紫外線の発生量が多く、昆虫の多くは紫外線に強く誘引されることから、誘虫量の観点からはナトリウム灯（以下、Na 灯）や LED 灯を利用することが望ましい。水銀灯は 2013 年に締結された国際条約「水銀に関する水俣条約」に伴い、2020 年 12 月からは一般

照明用の高圧水銀ランプの製造および輸出入が禁止となったが、レンタル品としては未だに利用可能である。今後は電力消費量、誘虫量低減の観点から Na 灯や LED 灯の利用が拡大していくと考えられるが、今回は Na 灯や LED 灯の導入によってもたらされる効果を正しく評価するために誘虫試験に基づく誘虫量予測を実施した。さらに、この予測に基づいて岩手県の築川ダムにて LED 灯を全面採用したので、その周辺環境への影響量の予測および CO₂ 排出量削減効果を算出した事例を紹介する。

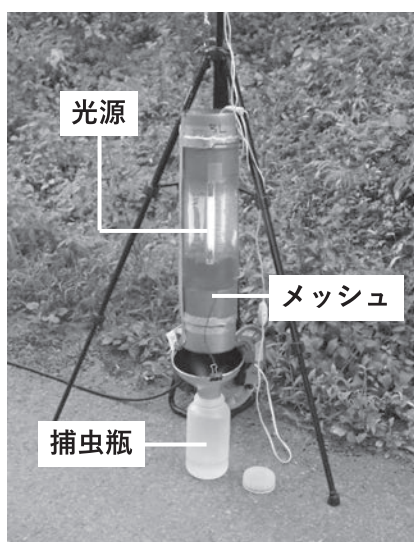
照明に用いる光源の誘虫性はスペクトルから推測することが出来る。この時の誘虫性の評価には、主にキイロショウジョウバエ *Drosophila melanogaster* の分光感度が利用されているが²⁾、実際の工事現場では周囲が様々な環境に囲まれており、様々な種類の昆虫が誘引される。また、この方法で算出された誘虫性は紫外線の影響を強く反映している一方で、一部の農業害虫等は紫外線だけでなく青色や緑色の光に誘引されることが知られている³⁾。そのため、本稿では照明を設置する周辺環境と光源の種類を考慮し、実際のダム現場で 3 種類の光源を用いた誘虫試験を実施し、その結果に基づいた予測を実施した。なお、本稿の試験方法や試験結果は参考文献⁴⁾にて報告されているので、詳細はそちらを参照されたい。

2. 照明影響評価のための誘虫試験

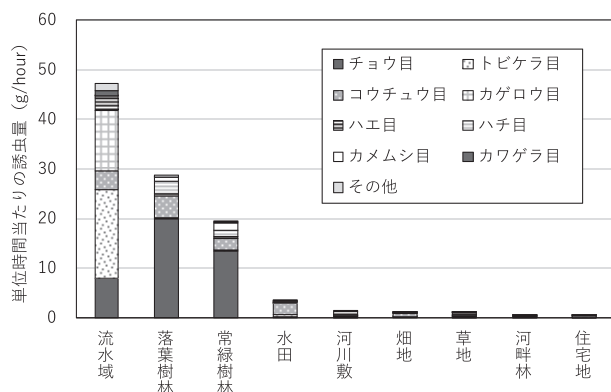
(1) 異なる環境区分での灯火誘虫試験

照明設置個所の周辺環境を考慮した誘虫量の予測を実施するために、周辺環境を水田、畑地、常緑樹林、落葉樹林、河畔林、草地、河川敷、流水域、住宅地の9種類に区分し、誘虫試験を実施した。試験には採集調査用機材（写真—1）を用いて、光源には全て6Wのブラックライトを用いた。日没後の18時半から日の出後の6時半まで光源を点灯し、誘引された昆虫を捕虫瓶によって捕獲した。捕獲した昆虫の科ごとの個体数を計測し、科ごとの代表種の体長を参考に重量を算出した。試験は愛知県、埼玉県、群馬県の三地点で、様々な季節に計118回実施した。

誘虫試験の結果概要を図—1に示す。流水域、落葉樹林、常緑樹林の順に単位時間当たりの誘虫量が多かった。昆虫の種類に注目してみると、落葉樹林と広葉樹林ではチョウ目が多く、流水域では水生昆虫が多い傾向が見られた。



写真—1 採集調査用機材



図—1 異なる環境区分での誘虫試験結果

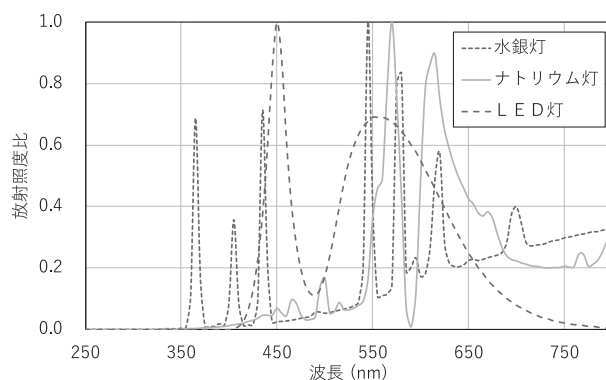
(2) 異なる光源を用いた灯火誘虫試験

Hg 灯, Na 灯, LED 灯の誘虫性の違いを評価するための誘虫試験を実施した。機材は前述のものを使用し、光源として Hg 灯, Na 灯, LED 灯を使用した。各光源は 500lm となるように調整した。各光源のスペクトルを図—2に示す。試験時間や捕獲した昆虫の計測は前述と同じとし、各光源は 15m 以上間隔を空けて設置した(写真—2)。試験は岩手県・築川ダム、兵庫県・与布土ダム、山口県・平瀬ダムの現場で複数日にわたって実施した。

誘虫試験の結果の概要を図—3に示す。カゲロウ目を除いて Hg 灯が最も誘虫量が多く、全ての目で LED 灯が最も誘虫量が少なかった。コウチュウ目やチョウ目、ハエ目では特に LED 灯への誘虫量が少ない傾向が見られた。

3. 誘虫量の予測

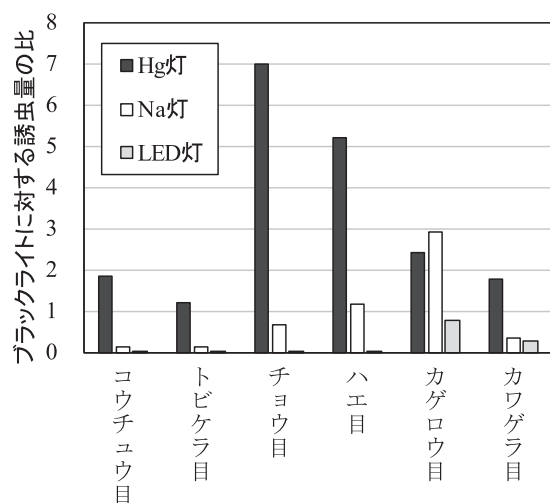
誘虫試験の結果に基づいて、築川ダムで夜間照明を使用した場合の誘虫量を予測した。Hg 灯, Na 灯, LED 灯を使用した照明計画をそれぞれ A 案, B 案, C 案として、それぞれの光源を使用した場合の照度シミュレーションを実施し、1 Lux 以上の照度となる範囲を照明影響範囲とし、この範囲の航空写真に基づい



図—2 試験に使用した光源のスペクトル



写真—2 異なる光源を用いた誘虫試験の様子



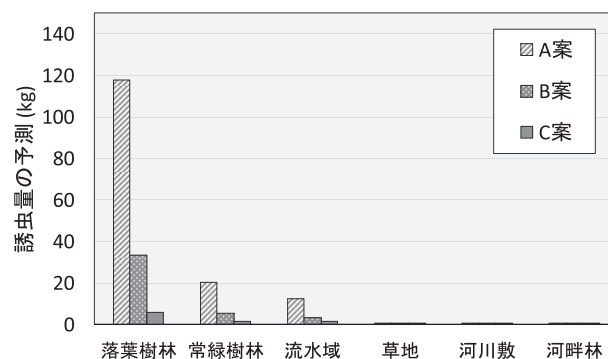
図一 3 異なる光源での誘虫試験結果

て前述の九種の環境に区分した(図一4)。この環境区分の割合、使用する照明の種類、使用する照明の光度の合計値、照明を使用する時間の合計などを考慮して誘虫量の予測を実施した。照明を一日8時間利用すると仮定し、一年間のうちの照明稼働日を考慮して、一年間あたりの誘虫量を算出した結果を図一5に示す。予測に利用した式や考え方の詳細については参考文献⁴⁾を参照されたい。

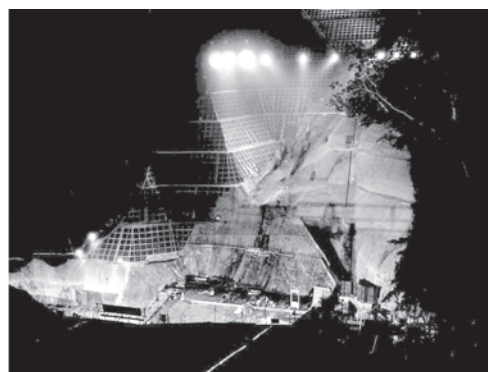
今回の予測では、A案では一年間で150.7 kg、B案では41.9 kg、C案では8.7 kgの昆虫が照明に誘引されと考えられ、LED灯を使用したC案では当初計画されていたHg灯を使用したA案よりも誘虫量が94.2%減少すると予想された。

4. LED 採用による CO₂ 排出量削減効果

当初、築川ダムでは夜間照明にHg灯を使用する計画(A案)となっていたが、前述の予測を踏まえて全面的にLED灯を採用(C案)することになった(写真一3)。これによってもたらされる電力消費量とCO₂排出量の削減量を算出した。LED灯はHg灯と比べて指向性が高いため作業箇所に効率良く照射でき、一台当たりの光度が高いため設置台数を削減でき



図一 5 各案での誘虫量の予測



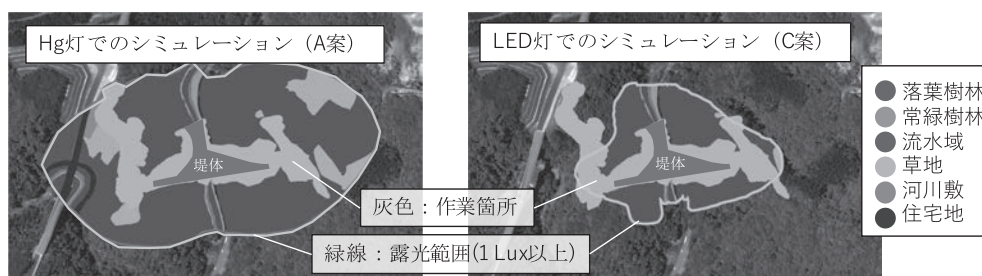
写真一 3 LED 灯を採用した築川ダム工事現場の様子

表一 1 LED 採用による CO₂ 排出量削減効果

	光源	設置台数	電力消費量	CO ₂ 排出量
A 案	Hg 灯	80	34.6 万 kWh	182 t-CO ₂
C 案	LED 灯	32	8.3 万 kWh	44 t-CO ₂
削減効果	—	48	26.3 万 kWh	138 t-CO ₂

た。A案ではHg灯を80台に設置する計画だったのに対して、C案ではLED灯の設置台数は32台だった。各照明の消費電力量に基づいて総電力消費量を算出し、東北電力(株)の実績より実排出係数0.000591 t-CO₂/kWhとしてCO₂排出量を算出した。

表一1に各照明計画で3年間使用した場合の算出結果を示す。A案と比較してLED灯を採用したC案ではCO₂排出量が138 t-CO₂、割合にして約68%が削減できるという結果が得られた。



図一 4 照度シミュレーションによる露光範囲の確認および環境区分の設定

5. おわりに

今回、夜間照明の影響を定量的に評価するための試験および予測を実施し、それによって得られたCO₂排出量低減効果を試算した。生態系保全に関わる技術は、その導入による効果の定量的な評価が難しいことが多い。費用対効果の評価が困難であることから、対策の理解が得られなかったり、どの程度の対策が必要なのかの判断が難しいことも、生態系保全対策の導入の障壁となりやすいと考えている。今回の試験結果で得られた誘虫量の予測については、まだ季節や地域による変動、気温や照明利用時間帯の影響など様々な課題が残っているが、引続き調査を続けていき、より説得力のある評価方法としていきたい。

謝 辞

最後に、本試験を行うにあたって各ダム現場の関係者、特に築川ダムの関係者には多大なご協力を頂いた。ここに感謝の意を表する。

J C M A

《参考文献》

- 1) Longcore T., Ecological Light Pollution, *Front. Ecol. Environ.*, 2 : pp.191-198, 2004.
- 2) Bertholf L. M., The extent of spectrum for *Drosophila* and the distribution of stimulative efficiency in it, *Z. Vergl. Physiol.*, 18 : pp.32-64, 1932.
- 3) 本多健一郎ほか、光を利用した害虫防除の手引き、国立研究開発法人農業・食品産業技術研究機構 技術紹介パンフレット、2014年7月1日発行、2021年9月16日参照。
http://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/publication/pam-phlet/tech-pamph/053841.html.
- 4) 加藤雄大、林豊、宮瀬文裕、宇野昌利、小松裕幸、灯火誘虫試験に基づく夜間工事照明への飛翔性昆虫誘引量の予測、土木学会論文集 G (環境)、第76巻、第7号、p543-552、2020年

【筆者紹介】

加藤 雄大 (かとう たかひろ)
清水建設㈱
技術研究所 環境基盤技術センター 研究員

