

生態系保全のため夜間照明に LED 照明を全面採用

宮 瀬 文 裕

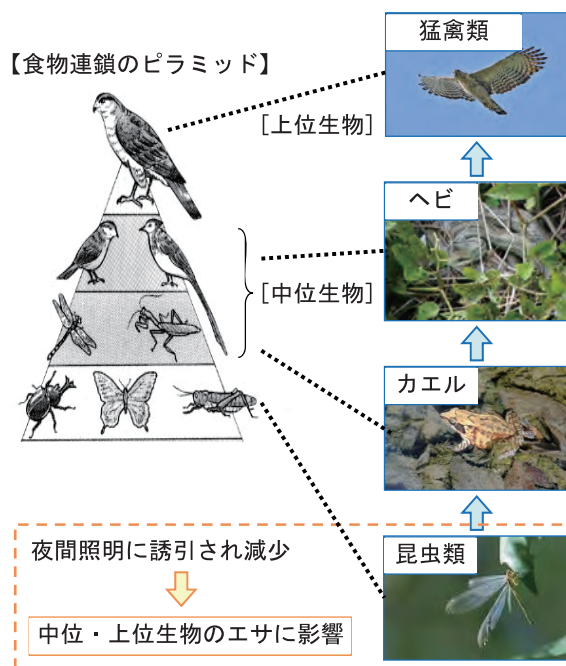
ダム等の山間での工事現場における夜間照明による誘虫は、食物連鎖を通じて生態系に大きな影響を与える懸念がある。夜間照明が計画されていた平瀬ダム（山口県）と築川ダム（岩手県）において、照明の種類と誘虫性に関して事前調査を実施し、LED 灯の誘虫性が水銀灯の 1/10 以下であることを確認した。その結果、両ダムでは夜間照明に全面的に LED 灯を採用した。LED 灯の使用時の観察結果から、誘虫性が事前調査の結果同様に低いこと、照射範囲がダム堤体にはほぼ限定され、周辺への照明の漏れが少ないため、生態系保全に有効なことが確認された。

キーワード：生態系保全、夜間照明、LED、誘虫

1. はじめに

環境保全への意識の高まりとともに、その対象の一つとして生態系・希少生物への対応が求められることが増えている。その中でもダム等の山間での工事現場における夜間照明による誘虫は、食物連鎖を通じて生態系に大きな影響を与えることが考えられる。夜間照明には、ガやコウチュウ等の昆虫類が誘引され、それらを捕食するためにカエルやトカゲ等の小動物も集まる。しかし、そこは本来の生息場所ではないため、その場で死ぬものも多い。これらの昆虫類や小動物は、爬虫類や鳥類、哺乳類等のエサ資源でもあるため、現場周辺の生態系が攪乱され、食物連鎖を通じて上位生物のクマタカ、オオタカ等の猛禽類にも影響を及ぼすと考えられる（図－1）。

筆者は、これまで夜間照明と誘虫性の関係について調査を実施してきた。その結果、誘虫性は水銀灯、ナトリウム灯、LED 灯といった照明の種類に大きく影響を受けることが確認された¹⁾。そこで、夜間照明が計画されていた平瀬ダム（山口県）と築川ダム（岩手県）において、照明の種類と誘虫性に関する調査を実施し、LED 灯の有効性を定量的に把握した。その結果をもとに、両ダムでは夜間照明に全面的に LED 灯を採用した。LED 灯の使用時に照射範囲を確認した結果、照射範囲がダム堤体にはほぼ限定され、周辺への照明の漏れが少なく、生態系保全に有効なことも確認された。本文では、夜間照明の種類と誘虫性の関係、夜間照明使用時の状況について概要を報告する。



図－1 夜間照明が食物連鎖に与える影響

2. 夜間照明対策の必要性

今回、夜間照明に LED 灯を全面採用した平瀬ダム、築川ダムは、ともに重力式コンクリートダムである。コンクリートダムでは、施工数量が膨大であること、堤体コンクリートの品質確保の目的から、通常は夜間も作業を実施する。また、大面積の施工範囲で十分な照度を確保するため、大規模な夜間照明を設置する。そのため、図－1 で示したように、この夜間照明へと誘引される昆虫類が照明周辺で斃死することによ

り、生態系や猛禽類への影響が考えられる。両ダムの夜間照明の実施期間は、2～3年間にわたることから大きな影響を与えることが懸念された。筆者がこれまでの調査で得た知見から、平瀬ダム、築川ダムにおいてもLED灯の使用により、多用される水銀灯の1/10程度に誘虫性を抑制でき、生態系保全に有効と考えられた¹⁾。さらに、夜間照明が猛禽類の営巣場所や希少生物の生息場所へ照射されることも防止する必要がある。LED灯は、照射する光束の指向性が強く、照射範囲を制御しやすいため、営巣方向等への照射防止、ダム堤体周辺への照明の漏れの防止に有効である。以上述べたように、誘虫性が低く、照射範囲が制御しやすいため生態系保全に有効と考えられたことから、夜間照明にLED灯の全面採用が計画された。

3. 夜間照明の誘虫性の確認試験

(1) 試験方法

照明の種類と誘虫性の関係を把握するため、ダム建設地内において灯火採集調査を実施した。灯火採集調査に使用した機材を写真—1に示す。照明は、水銀灯、ナトリウム灯、LED灯の3種類を使用した。各照明の特徴を表—1に示す。虫は波長400nm（ナノメートル）以下の光に誘引されやすい。紫外線は、波長が10～400nmの不可視光線であり、虫の眼で見えやすい波長の光である。表—1で示す紫外線量の違いについては、灯火採集調査時に通常のカメラと虫の眼カメラで撮影した写真で比較、確認することとした。虫の眼カメラは、波長400nm以上の光を遮断する特殊フィルターを取り付けたカメラである。



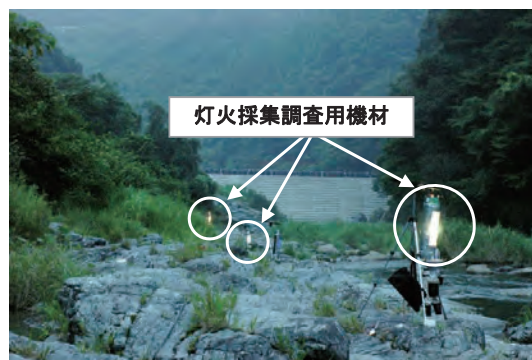
写真—1 灯火採集調査用の機材（照明：水銀灯）

表—1 照明の種類と特徴

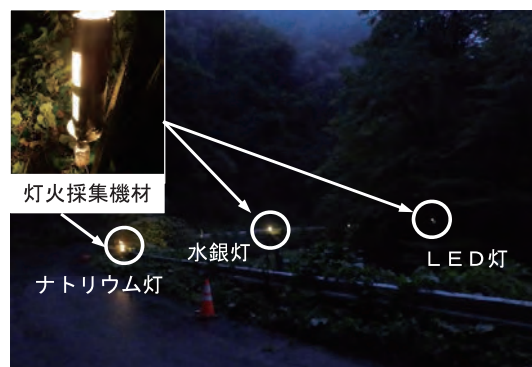
照明種類	特徴
水銀灯	現場で最も多用、誘虫性の高い紫外線量大
ナトリウム灯	生態系に配慮する現場で使用事例多数
LED灯	誘虫性の高い紫外線量が非常に少、省エネルギーの観点から今後使用増加が見込まれる

照明器具はスリット付きの覆い内部に配置した。これは、スリットの大きさを調整することで、各照明が同一距離で同一照度となるようにするためである。照明器具の下には、麻酔薬（エタノール等）を入れた捕虫ビンを設置している。照明に寄ってきた昆虫は、気化した麻酔薬により捕虫ビン内へ落下する仕組みである。この方法は、数mmといった小型の昆虫をも傷つけずに捕獲可能で、虫の種類、重量、数量を正確に把握するために適した方法である。

灯火採集調査の機材は、民家や現場の夜間照明等の人工照明の影響がない場所に配置した。その設置間隔は、互いの光の影響を受けないように約15～20mの間隔とした。設置場所は、森林、水辺、草地が混在する場所を選定した。これは、生息環境が異なる様々な種類の昆虫類を捕獲するためである。照明は、日没後の18:30～翌日の6:30までの12時間、継続して点灯した。12時間とした理由は、時間帯により照明に引き寄せられる昆虫の種類が異なると考えられるため、データの精度を向上させるためである。灯火採集調査の機材の配置状況を写真—2に、夜間の点灯状況を写真—3に示す。写真—3に示すように、調査時には灯火採集調査用の機材の照明のみが確認できる状況である。



写真—2 灯火採集調査用の機材の配置状況（機材設置間隔15～20m）



写真—3 灯火採集調査時の点灯状況

(2) 試験結果

(a) 紫外線量の確認

写真—4に通常のカメラで撮影した灯火採集機材(左:水銀灯, 右:LED灯)を, 写真—5に虫の眼カメラで撮影したものを示す。二つの写真は, 同じ距離(約30m)と位置から同じ機材を撮影したものである。灯火採集調査の機材は, 同一距離で照度が同じになるように調整したため, 写真—4に示すように人間の目では同じ明るさと大きさに見える。しかし, 虫の眼カメラで見ると, 水銀灯は小さな赤色の光点が見えるものの, LED灯はほとんど見えない状態である。この結果から, 試験に用いたLED灯は, 水銀灯に比べて紫外線量が非常に少ないことが確認された。

(b) 照明の種類と誘虫量の関係^{2), 3)}

灯火採集調査試験の結果が全国でも適用できるかを確認するため, 平瀬ダムと築川ダムに加え, 別途調査した兵庫県内のダムのデータもあわせて評価することとした。図—2に, 各ダムの位置を示す。地域性による差異の有無を確認しやすいように, 図—3~6は築川ダムを東北地方, 兵庫県内のダムを近畿地方, 平瀬ダムを中国地方と表記する。

調査対象とした3箇所のダムについて, 夜間照明の種類毎に誘虫量を整理した結果を図—3に示す。誘虫量の最も多い水銀灯を基準(1.0)とし, ナトリウム灯, LED灯の誘虫量を評価した。すべての場所で, 誘虫量は水銀灯, ナトリウム灯, LED灯の順に多い

ことが確認された。場所によるバラツキがあるものの, ナトリウム灯の誘虫量は水銀灯の8~28%程度, LED灯は3~7%程度であった。この結果から, 紫外線量が非常に少ないLED灯は, 平瀬ダム, 築川ダ



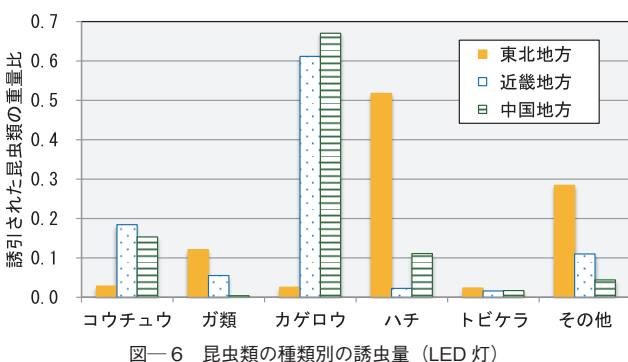
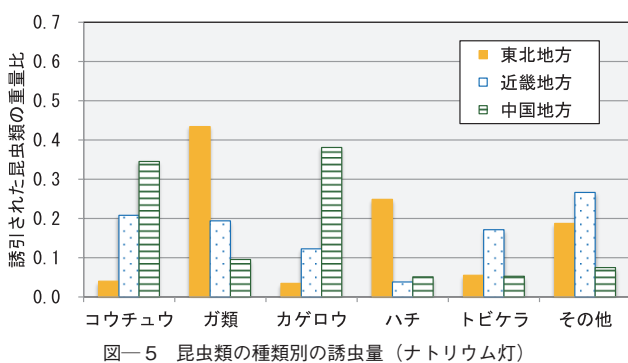
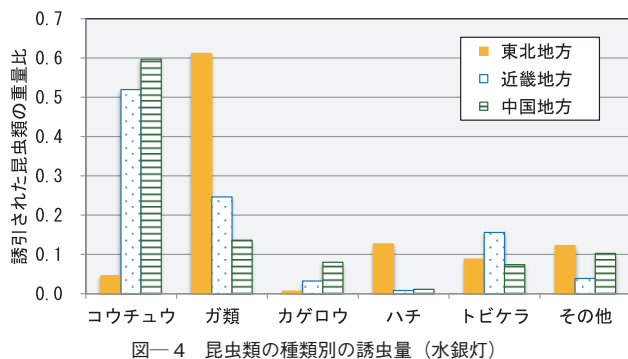
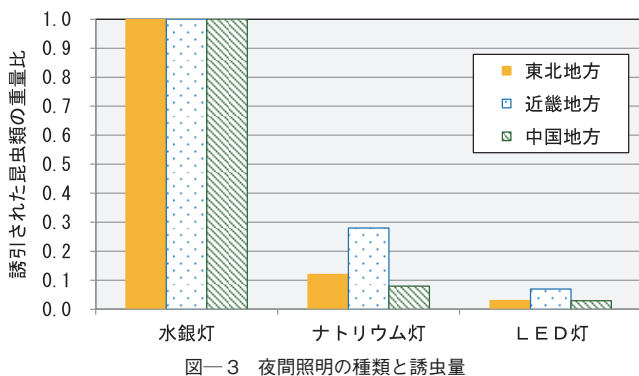
写真—4 通常のカメラで撮影した灯火採集機材（人間の目）



写真—5 虫の眼カメラで撮影した灯火採集機材（虫の眼）



図—2 ダムの位置



ムにおいても誘虫性の観点から大きな効果を見込めることが確認された。

調査対象とした3箇所について、夜間工事照明の種類毎に、代表的な昆虫の種類別の誘虫量を整理した結果を図一4～6に示す。これらの図では、誘虫量の全量に対する各昆虫類の重量の比で評価している。このことで、照明の種類と誘虫される昆虫類の特徴が把

握される。

水銀灯は、全地域でコウチュウとガ類の合計量が重量比の70%程度と、圧倒的に大きいことが確認された。東北地方と近畿・中国地方でコウチュウとガ類の重量比の傾向が異なる。これは、試験実施時期が前者は9月、後者は7月と異なり、コウチュウの生息量に差があったためと考えられる。写真一6に水銀灯に誘引された虫の状況を示す。写真一6に示すように、水銀灯には数mmの小型～10cm程度の大型のガ類までが多数誘引される状況であった。

ナトリウム灯は、地域により差が見られるが、コウチュウ、ガ類、カゲロウが多く見られた。

LED灯は、近畿、中国地方ではカゲロウが60%程度と多く、ハチ、ガ類、コウチュウも見られた。



写真一 6 誘引された昆虫類 (円内、水銀灯)

4. LED 灯使用時の状況

(1) 誘虫状況

平瀬ダム、築川ダムにおいて、LED灯を使用している時の誘虫状況については、水銀灯の使用経験のある現場担当者へのヒアリング、筆者の現地観察の二つの方法で行った。

現場担当者のヒアリングから、以下の状況であった。

- ①これまでの水銀灯に比べ、誘虫量は大幅に少ない
- ②コウチュウ、数cm程度の大型のガ等、大型の昆虫は非常に少ない
- ③小型のガ類、カゲロウ類は見られる

上記のヒアリング結果は、灯火採集調査の試験結果と合致している。写真一7に、カゲロウ類が飛来し、夜間照明の周囲で斃死した平瀬ダムでの状況を示す。カゲロウ類については、LED灯を使用した場合も、誘虫量は低減できるものの、他の昆虫類に比べて効果が少ないといえる。

現地観察は、夜間作業時に夜間照明に安全に近接可



写真一七 夜間照明（LED 灯）の周辺に飛来したカゲロウ類（平瀬ダム）



写真一九 ダム堤体と周辺の照射状況（平瀬ダム）



写真一八 夜間照明（LED 灯）の周辺に飛来する昆虫類（築川ダム）



写真一〇 作業場所での明るさ（平瀬ダム）

能な築川ダムにて行った。その結果からも、LED 灯は水銀灯より誘虫量が大幅に少なく、周辺には小型のガ類、カゲロウ類が飛来する様子が確認された。飛来する状況を写真一八に示す。

(2) 照射状況

平瀬ダムにおける夜間作業時の状況を写真一九～一〇に、築川ダムの状況を写真一一に示す。

写真一九～一〇に示すように、ダム堤体の作業範囲は十分な照度を確保できている。一方、ダム堤体の直近から外側は、暗夜の状態であり、周辺への照明の漏れが少ないことが確認できる。写真一一の築川ダムでは、ダム堤体をより上方から見下ろす角度で観察できた。写真一一に示すように、ダム堤体は十分な照度を確保しながら、周辺への照明の漏れが少ない状況であった。これらの結果から、LED 灯は照明範囲や照射方向の制御、限定に有効であることが確認できた。

5. おわりに

今回、2箇所のダムにおいて、施工時の生態系保全にLED 灯を採用するにあたり、事前に灯火採集調査を実施した。LED 灯の誘虫性は多用される水銀灯の



写真一一 ダム堤体と周辺の照射状況（築川ダム）

1/10 以下であり、生態系保全に有効であることが定量的に確認できた結果、夜間照明に全面的にLED 灯を採用した。実施工では、事前の調査結果同様に、誘虫性が低いことが確認できた。さらに、ダム堤体周辺への照明の漏れが少なく、照射範囲の制御にも有効であることを確認できた。LED 灯は、省エネルギーに優れることから、今後も現場への導入が増加していくと考えられる。今回の事例から、省エネルギーに優れるのみでなく、生態系保全にも大きな効果があることを考慮して採用事例が増えることが望まれる。本報告が、その際の参考になれば幸いである。なお、調査結果と現場での観察の両方で、カゲロウ類の誘虫が確認

された。カゲロウ類の誘虫の低減方法について、今後の課題と考えられる。

謝 辞

最後になるが、灯火採集調査、現場での状況確認で、平瀬ダムと築川ダムの関係者には、多大なるご協力をいただいた。ここに感謝の意を表する。



《参考文献》

- 1) 宮瀬文裕, 小田信治, 林豊, 宇野昌利, 夜間工事照明影響評価システムの開発, 第42回環境システム研究論文発表会講演集, pp39-42, 2014.10

- 2) 宮瀬文裕, 宇野昌利, 森日出夫, 正井洋一, 青山晋一, 林豊, 夜間工事照明の種類と誘虫性への影響に関する基礎調査, 土木学会第71回年次学術講演会 講演概要集Ⅵ部門, pp1771-1772, 2016.9
- 3) 宮瀬文裕, 宇野昌利, 青山晋一, 秀嶋桂, 林豊, 小松裕幸, 土木工事現場での環境対策事例 ―照明の誘虫対策と養鶏場での騒音対策―, 第44回環境システム研究論文発表会講演集, pp165-170, 2016.10

〔筆者紹介〕

宮瀬 文裕 (みやせ ふみひろ)
清水建設㈱
土木技術本部 基盤技術部
主査

