第 42 回環境システム研究論文発表会講演集　2014 年 10 月

夜間工事照明影響評価システムの開発

宮瀬　文裕[1]・小田　信治[2]・林　豊[3]・宇野　昌利[4]

[1]正会員　清水建設株式会社　土木技術本部基盤技術部（〒104-8370 東京都中央区京橋2-16-1）
E-mail:f.miyase@shimz.co.jp

[2]正会員　清水建設株式会社　環境･技術ソリューション本部（〒104-8370 東京都中央区京橋2-16-1）
E-mail:shinji.oda@shimz.co.jp

[3]非会員　清水建設株式会社　技術研究所高度空間技術センター（〒135-8530 東京都江東区越中島3-4-17）
E-mail:hayashi_y@shimz.co.jp

[4]正会員　清水建設株式会社　土木技術本部技術開発部（〒104-8370 東京都中央区京橋2-16-1）
E-mail:uno@shimz.co.jp

ダムやトンネル等の自然環境が豊かな地域での夜間工事では，工事照明にガや甲虫等の昆虫類が誘引され，それを捕食するためにカエルやトカゲ，ネズミ等の小動物も集まる．朝には，それらの昆虫類や小動物が多数死んでいるのを見かけることがある．これらの昆虫類や小動物は鳥類や哺乳類等のエサ資源でもあり，エサ資源が夜間照明により誘引され，死滅することで，現場周辺の生態系を撹乱し，食物連鎖を通じて上位生物のオオタカ等の猛禽類にも影響を及ぼすと考えられる．そこで，夜間照明に誘引される昆虫類を定量化し，夜間照明が生態系に与える影響の程度をシミュレーションできる「夜間工事照明影響評価システム」を開発した．本論文では，本システムの基本的な考え方，特徴等について報告する．

Key Words : *night works of illumination, ecosystem, impact statement system*

1.　夜間工事照明対策の必要性

大規模な土木工事は，周辺環境や生態系に大きな影響を与える．そのため，自然環境が豊かな地域の工事では，様々な生態系保全対策が実施されている[1]．

コンクリートダム工事では，夏季は夜間にコンクリートを打設することが多い．ダム堤体は寸法の大きなマスコンクリートであり，打設時の気温が高いと，温度応力によりダム堤体コンクリートにひび割れが発生しやすい．そこで，気温が低下する夜間にコンクリートの打設を実施する．また，トンネル工事では，夜間に発破と掘削した土砂をトンネル外部へ搬出する場合がある．これらの工事では，作業の効率と安全を確保するため，夜間工事照明を実施している．コンクリートダム工事で夜間照明の下，コンクリートを打設している状況を**写真−1**に示す．

夜間工事照明には，ガや甲虫等の昆虫類が誘引され，それを捕食するために，カエルやトカゲ等の小動物も集まる．朝には，これらの昆虫類や小動物が工事照明の周辺で多数死んでいるのを見かけることがある．昆虫類や小動物は鳥類や哺乳類等のエサ資源でもあり，エサ資源が夜間工事照明により誘引，死滅することで，現場周辺の生態系を撹乱し，食物連鎖を通じて上位生物のオオタカ等の猛禽類にも影響を及ぼすと考えられる．

生態系への影響を軽減するため，夜間照明に誘引される昆虫類を減少させることは重要である．土木工事現場では，照明器具へのルーバーの設置による照明範囲の制御，誘虫性の低いナトリウム灯の使用，昆虫を誘引する紫外線を減少できるフィルム（紫外線カットフィルム）の現場事務所の窓ガラスへの貼付等の対策を実施している．照明器具へのルーバーの設置事例を**写真−2**に示す．

写真-1　夜間工事照明事例(ダム堤体コンクリート打設)

2. 開発目的

これまでに多数の当社土木工事では，生態系への影響低減を目的に，ナトリウム灯や紫外線カットフィルムの使用等の夜間照明対策を実施している．その効果については，紫外線カットフィルムの有無による誘虫性の差が50%等のように，製品そのものの性能として評価されてきた．しかし，現場周辺の環境（水田，森林，草地等），工事期間の長短，照明数量により，生態系に与える影響は異なる．さらに誘虫性への配慮が，食物連鎖の上位生物の小動物，哺乳類，鳥類への影響をどの程度低減できるかについては，評価されてこなかった．そのため，周辺環境，工事期間等を考慮の上，昆虫類はもとより，食物連鎖の上位生物（両生・爬虫類，哺乳類，鳥類）への影響を定量的に評価できることが望まれていた．そこで，夜間照明に集まる昆虫類を定量的に評価し，夜間照明が生態系に与える影響の程度をシミュレーション可能な夜間工事照明影響評価システムを開発することとした．

3. システムの基本的な考え方

本システムは，夜間照明に集まる虫をカエルが食べ，そのカエルをヘビが食べ，そのヘビを猛禽類が食べるという食物連鎖の関係に着目して構成した．基本的な考え方を**図-1**および以下に示す．

- 現地調査に基づき，夜間工事照明に誘引されて死滅する昆虫類の質量を推定し，カロリー量を算定
- 死滅した昆虫類のカロリー量をエサ資源として摂取できないとして，中位生物のカエル等に与える影響を推定
- 次にカエル等の減少により，カロリー量をエサ資源として摂取できないとして，上位生物の猛禽類に与える影響を推定し，夜間工事照明が生態系に与える影響を評価

写真-2 照明器具へのルーバー装着例

昆虫類のカロリー量は，虫の種類（チョウ・ガ類，カメムシ類等）ごとに，文献等によりその質量とカロリー量の関係を設定して算出している[2]．

本システムの特徴として，夜間工事照明に誘引される昆虫類の種類と量に影響を与える現場周辺の環境と照明の種類を考慮できる．

現場周辺の環境は，これまでの工事事例と様々な自然環境条件で幅広く適用できることを考慮し，以下の9種類を対象とした．

- 水田
- 畑地：果樹園を除く水田以外の耕作地
- 常緑樹林：スギ，ヒノキ等常緑樹が主体の林，森
- 落葉樹林：クヌギ，コナラ等落葉樹が主体の林，森
- 河畔林：河川，湖沼付近のヤナギ類等の林，森
- 草地：耕作地，森林以外の植物生息地域
- 河川敷：河川付近で普段は水が流れていない平地
- 流水域：渓流，河川等で明らかな流れがある区域
- 住宅地：農村，宅地等の集落

照明も，これまでの工事事例と今後の適用を考慮し，以下の3種類を対象とした．

- 水銀灯：現場で通常使用されることが多い
- ナトリウム灯：生態系に配慮する場合に，使用されることが多い
- LED灯：紫外線量が非常に少なく，省エネルギーの観点からも今後使用の増加が予想される

夜間工事照明の実施期間の長短は，開始・終了年月日と夜間の気温が低下し，冬期等の昆虫類が活動しなくなる期間を設定することで反映することとした．

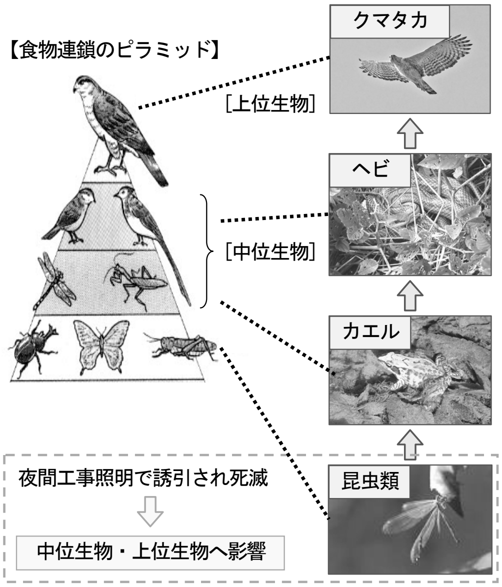

図-1 食物連鎖と本システムの基本的な考え方

4. 本システムのデータの特徴

(1) データに関する基本的な考え方

現場周辺環境（水田，森林，草地等）と照明の種類（水銀灯，ナトリウム灯，LED灯）の関係は，誘引される昆虫類の種類と質量に大きな影響を与えるとともに，本システムの評価精度を左右する．そのため，本システムが対象としている現場周辺環境，照明の種類に関する信頼性の高いデータが重要となる．さらに，広範囲に適用するためには，全国のデータがあることが望ましい．そこで，本システムの開発では，以下のようにデータの収集を実施した．

- 既存調査データの収集：関東圏，中部圏地域の環境アセスメントデータ等を収集・整理
- 現地調査：関東圏，関西圏の当社現場等で燈火採集調査によりデータを収集

(2) 燈火採集調査の概要

夜間工事照明に誘引される昆虫類の種類，質量を把握するため，燈火採集調査を実施した．調査方法の概要を以下に示す．

- 水銀灯，ナトリウム灯，LED灯およびブラックライトの4種類の光源を使用
- 照明の設置場所は，民家等の人工照明の影響がない場所で，互いに影響を受けないように燈火採集調査用の機材は約20m間隔で配置
- 日没後の18:30～翌日の6:30までの12時間，同一照度，同一環境で照明を継続して点灯

ブラックライトは，昆虫類を誘引する紫外線を多く放射するライトで，誘引される昆虫類の種類等，既存データとあわせ，基本データの基準とするため設置した．

燈火採集調査に使用した機材を**写真–3**に示す．光源は，一定距離での照度が全ての機材で同一となるように調整した．誘引された昆虫類は，捕虫用バケツ内に入れておいた酢酸エチルにより，バケツ内に自然に落下し採集できる．試験状況の全景を**写真–4**に示す．

(3) 燈火採集調査の結果

燈火採集調査で誘引された昆虫類の例を**写真–5**に示す．主に，ガ，甲虫等が確認された．燈火採集調査の結果例を**写真–6**に示す．誘引された主な昆虫類は，水銀灯とナトリウム灯では大型，小型のガ類，LED灯は甲虫類であった．また，水田と畑地で誘引された昆虫類の質量は，水銀灯を基準とすると，ナトリウム灯でそれぞれ22%と14%，LED灯で2%と3%，ブラックライトで8%と6%程度であった．誘引された昆虫類の種類，質量が光源により異なっており，システム開発に必要な定量的なデータを収集できた．

写真-3 燈火採集調査用の機材

写真-4 燈火採集調査の状況

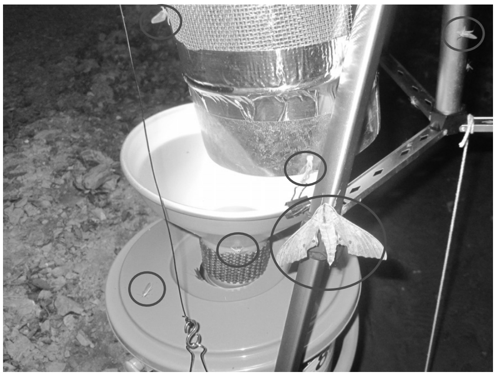

写真-5 照誘引された昆虫類（円内）

写真-6 燈火採集調査の結果例

5. システムの算出内容

本システムの評価フローを**図-2**に示す．まず，現場周辺の環境条件（9種類），照明の種類（3種類），工事期間を設定する．現場周辺の環境は，夜間工事照明の影響範囲は100m程度と想定し，現場から100m以内の環境を面積比で設定する．照明は，全て同一種類の照明の場合と混合使用した場合を選択できる．

夜間工事照明により誘引される昆虫類の質量の推定例を**図-3**に示す．この例では，A案は全て水銀灯，B案は水銀灯と一部にナトリウム灯，LED灯を混合使用，C案はナトリウム灯とLED灯を混合使用の場合である．この例では，森林から誘引される昆虫類が多いため，森林に近い場所はナトリウム灯等の使用が効果的と考えられる．

図-3の推定値から，昆虫類が死滅し，エサ資源が不足することで食物連鎖の上位生物（猛禽類）へ与える影響を，指標として算出する．この指標は，1.0を超えると，工事期間中に対象とする生物にエサ資源不足が発生すると評価している．さらに，最初に設定した照明の種類と設置数をもとに，費用も算出できる．このことにより，夜間工事照明対策の効果と対策費用を考慮し，最適な対策が立案できる．指標と対策費用の算出例を**図-4**に示す．

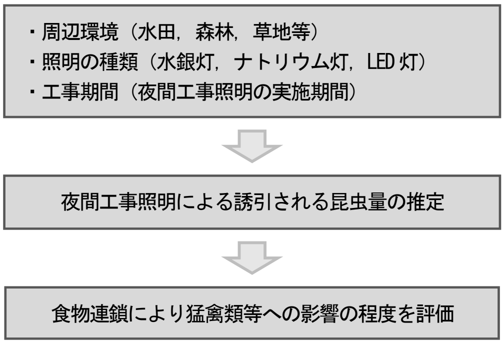

図-2 評価フロー

6. まとめ

生態系に影響を与える夜間工事照明の影響について，既存データと関東圏，関西圏での燈火採集調査結果をもとに，現場周辺環境，照明種類等を考慮したうえで，食物連鎖の関係から，中位生物，上位生物への影響を定量的に評価するシステムを開発した．今後の大規模土木工事で，最適な夜間照明対策の立案に有効と考えられる．

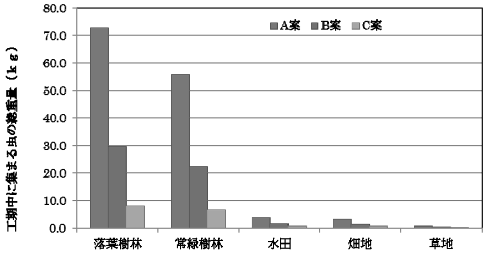

図-3 誘引される昆虫類の推定結果

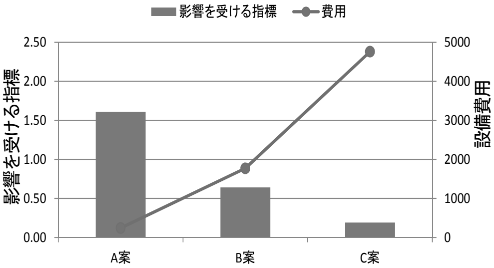

図-4 猛禽類への影響の程度と対策費用

参考文献

1) 宇野昌利，牧野有洋，勝間田哲郎，長尾貴浩，森日出夫，宮瀬文裕：土木工事現場での環境対策 －自然環境保全（猛禽類の保全事例）－，第 41 回環境システム研究論文発表会 講演集，pp.129-132，2013.10
2) 三橋淳編著『虫を食べる人びと』平凡社刊，1997

（2014. 7. 11 受付）

DEVELOPMENT OF THE NIGHT CONSTRUCTION ILLUMINATION IMPACT STATEMENT SYSTEM

Fumihiro MIYASE, Shinji ODA, Yutaka HAYASHI and Masatoshi UNO

The night works in the natural areas of the tunnel, dams, small animals and lizards frog, rat etc. gather to insects such as beetles moths gather in construction lighting, and prey on it. In the morning, insects and small animals such as they are dead number. Insects and small animals such as these is also a food source, such as a mammal, birds, food resources are attracted by night lights, and that it will die, and disrupt the ecosystem of the site around, birds of prey of the goshawk, such as higher organisms through the food chain I considered also affects. Therefore, we quantify the insects gather at night lighting, we have developed can simulate the degree of impact of night lighting has on the ecosystem "night work lighting impact assessment system. In this paper, I report the basic concept, features, etc. of the present system.