

4.1.3 環境保全

【ダム・貯水池／環境保全】

技術名	スマートサイトシステム
番号	No. 4.1-19
発注者	中日本高速道路(株)
施設名	新東名高速道路
所在地	愛知県新城市垂本～下吉田
工事名称	新東名高速道路 鳳来トンネル工事
施工期間	2011年1月12日～2014年3月26日
施工者	清水建設(株)
キーワード	省エネ監視、創エネ監視、エネルギーの見える化、CO ₂ 削減

(1) 概要

1) 背景

スマートサイトシステムは、建設現場から発生するCO₂を最先端のICTにより総合的に削減・管理するシステムである。平成23年3月11日に発生した東日本大震災の影響に伴い電力不足が表面化した。そのため、現場での電力削減が急務となった。このような節電ニーズに対してもスマートサイトシステムは有効な技術であり、CO₂の削減自体が節電効果につながる。そこで、24時間稼動する風来トンネルに導入し節電効果を実証したものである。

2) 技術の概要

本技術は、図-1に示すように複数のシステム、技術により構成され、各現場の状況に応じて任意にそれらを採択して適用される。本技術により、いままで定性的、総量的な管理しか行われてこなかったものを「見える化」をキーワードにそれぞれの要素や効果、使用量を数値化することで定量的な管理を行うことができる。



図-1 スマートサイトシステムの構成

3) 施工概要

鳳来トンネルは、新東名高速道路の工事としては愛知県下で最長のトンネルである。トンネル北側約1.5kmにある中央構造線とほぼ平行しており、断層破碎帯等の地質不良区間が存在する難工事である（写真-1、表-1）。



写真-1 鳳来トンネル

表-1 鳳来トンネル工事概要

工事名称	新東名高速道路 鳳来トンネル工事
工事場所	愛知県新城市垂本～下吉田
発注者	中日本高速道路株式会社（NEXCO中日本）
契約工期	H20.10.9～H24.6.8（44ヶ月）
トンネル長	2,523.5m（上り線）
	2,464m（下り線）

(2) 技術詳細

1) 進化したスマートサイトシステム

スマートサイトシステムは、「省エネ監視システム」と「各種省エネ技術」で構成されていたが、鳳来トンネルでは「創エネ監視システム」を追加した。その結果、太陽光パネルで発電した電力を有効に活用でき昼間の電気使用量削減に貢献している。

2) 省エネ監視システム

スマートサイトシステムの最大の特徴は「見える化」である。「見える化」を実現するツールが省エネ監視システムである。省エネ監視システムは、現場内の個々の設備にセンサを取付け、無線センサネットワークを利用して電力量などのデータをリアルタイムに収集して一元管理を行っている。図-2にセンサの配置図、図-3に無線センサネットワークを示す。

「見える化」により例えば、切羽付近で使用する機械の消費電力量から施工サイクルが見えてきた。トンネル工事は、削孔・装薬、発破、ずり出し、吹付け、ロックボルト打設のサイクルで施工を進めている。電力使用量が極端に少なくなっている箇所が発破であるため、1日の作業サイクルがおおよそ把握できるメリットがある。システムにより、トンネル工事全体の電力使用量のうち、約50%が送風機で占められていることがわかった。このため、発破直後のずり出し、吹付け時は坑内に粉じんが無い上がっているため、送風機をフル稼働し、それ以外の作業は送風機の稼働を削減した。図-4に切羽付近の電力使用量を、図-5、図-6に送風機の全体電力使用量（稼働前後）を示す。

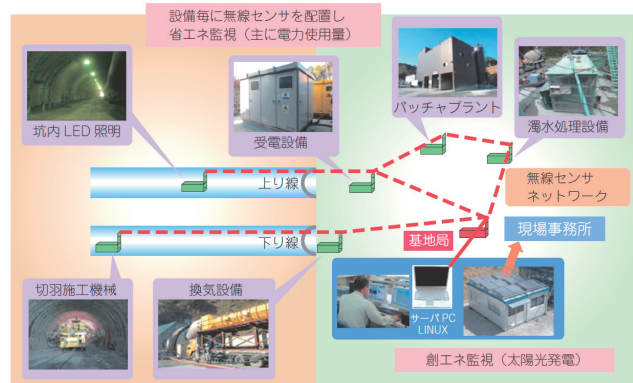


図-2 センサの配置図

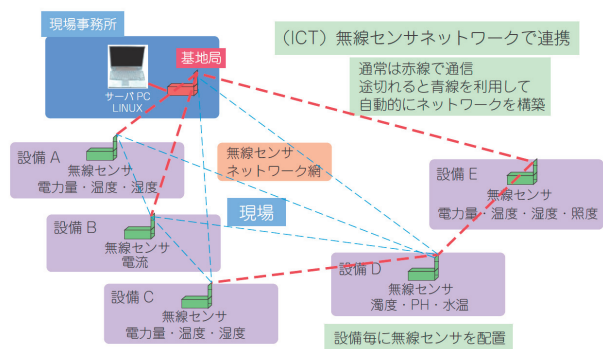


図-3 無線センサネットワーク

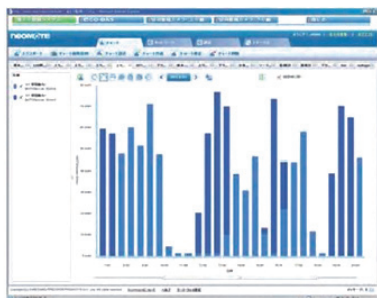


図-4 切羽付近の電力使用量グラフ

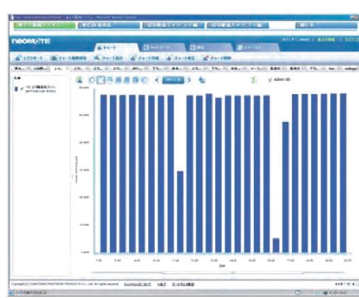


図-5 送風機の電力使用量グラフ（対策前）

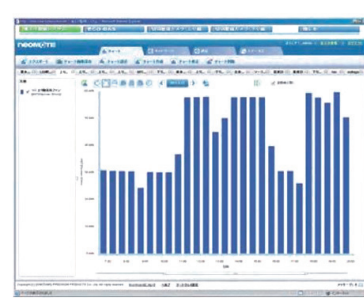


図-6 送風機の電力使用量グラフ（対策後）

3) LED 照明の適用

トンネル工事は、昼夜を問わず作業をしており、坑内安全確保のため照明を24時間点灯している。このため、トンネルの掘進が進むにつれ、照明に必要な電力量は増加し、本工事においては、最大で全体使用量の約20%に達する。

そこで、照明の電力使用量を削減するために、坑内で使用している吊り下げ式水銀灯に変わるLED照明を開発した（写真-2、写真-3）。その結果、従来の水銀灯に比べ、約85%の消費電力削減を実現した。



写真-2 水銀灯とLED照明



写真-3 坑内のLED照明

4) ECO-DAS

ECO-DASは車両に運転状態を評価点で表示する車載モニタを搭載して、ドライバーが自ら運転状況を把握することで、エコドライブを実現する省エネ技術である（写真-4）。車載モニタに内蔵したGPSと加速度センサにより、急加速・急減速の頻度、速度超過や長時間のアイドリング状況を確認して標準的な運転に対するCO₂排出増減量の算定・表示を行う。また、車両運行管理システムを総合管理システムに通して、事務所や本社・支店などでリアルタイムに車両運行状況を確認できる。運行記録はサーバに蓄積され、作業終了後に運転手に対して省エネ運転に関する具体的な運転診断表を発行してエコドライブの教育をすることによりCO₂削減を実現できる。

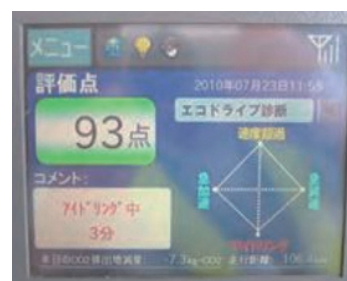


写真-4 車載モニタ

5) 創エネ監視システム

現場敷地内に設置したスマートサイトオフィスの屋根に太陽光パネルを6セット配置して、発電を開始した。スマートサイトオフィス内には、2台のエアコンと換気扇、蛍光灯型のLED照明、発電量監視モニタ、計測機器（PC）を2台常設した（写真-5、6）。晴れた日の昼間であれば全ての電力をまかなうことができ、余剰電力は濁水ポンプ設備などに利用される。写真-7に発電状況モニタを示す。



写真-5 スマートサイト
オフィス（外観）



写真-6 スマートサイト
オフィス（内部）

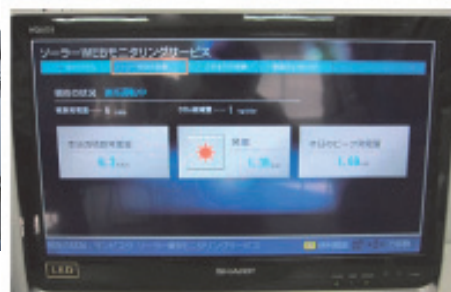


写真-7 発電状況モニタ

6) 総合管理システム

総合管理システムは、省エネ監視システムや各種省エネ技術、創エネ監視システムを統合するシステムである。今回、鳳来トンネルでは、省エネ監視システム、ECO-DAS、上り線切羽

画像、下り線切羽画像を同時に表示できるようにした(図-7)。それにより、リアルタイムに作業内容と電力使用量が関連して、必要な情報がまとまって表示されるため、より精度の高い施工管理が可能となる。またweb形式となっているため、現場内のどこにいても、支店や本社、得意先においても内容を確認できるメリットがある。

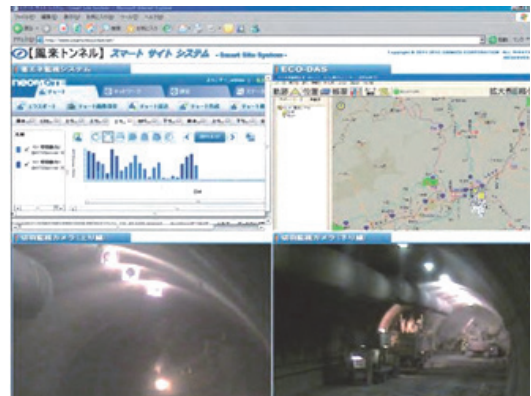


図-7 総合管理システム

(3) 結果

1) 現場の判定結果

トンネル工事の電力使用量の内訳は、坑内換気が50%、坑内照明が19%、濁水設備6%、その他が24%であることが、「見える化」によって判明した。そこで坑内換気については、作業内容に応じて送風機の運転を調整することで、平均85%運転を実現できた。坑内照明は、2番目に電力使用量が多い。そのため水銀灯からLED照明に変更することで85%の電力使用量の低減を実現した。事務所の空調管理やゴーヤの栽培による緑のカーテンなども節電に貢献している。その結果、平均消費電力が1300kWであったのが、

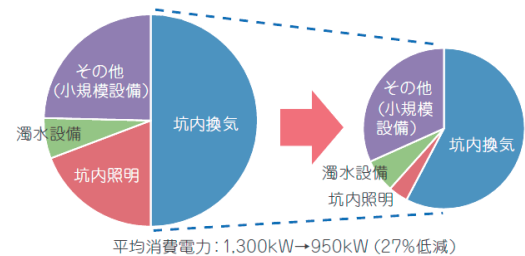


図-8 鳳来トンネル節電効果

個々の使用量を「見える化」することにより内訳が把握でき、電力使用量低減策を実施することで950kWに抑えることができ、全体の27%の電力量削減が達成できる見込みである(図-8)。

2) 今後の課題・展開

本技術は、施工中のCO₂削減の定量的な管理手法としてダム工事に初適用し、その後トンネル工事、造成工事等への展開を行っている。今後も他工種への適用を検討する中で不足する新しい技術にもチャレンジしていき、幅広い工種への適用を実現させ、建設現場でのCO₂削減・省エネ・節電を行う為のツールとして積極的に活用していく。本技術の導入によりリアルタイムでの電力消費量や現場内で行われている省エネ対策、CO₂削減対策の効果を把握できるようになり施工現場でのムダ、ムラの「見える化」が実現した。また、具体的な改善効果が見えることで作業員への意識付けが明確になり、環境負荷低減に対する作業所全体のモチベーションアップにつながってきている。今後はこれらの技術を広く展開・活用していき低炭素社会の実現に貢献していきたい。

<p>参考文献</p>	<p>新技術・新工法部門：No04 スマートサイトシステムの展開について、鈴木正憲、土木クォータリ Vol. 171 トピックス、P91～96 作業所の省エネ・節電を実現する「スマートサイトシステム」</p>
<p>備考</p>	<p>—</p>

記入者	夜間工事照明影響評価システム
番号	No. 4. 1-20
発注者	—
施設名	—
所在地	—
工事名称	—
施工期間	2011年1月12日～2014年3月26日
施工者	清水建設(株)
キーワード	最適夜間照明計画、誘虫量、生態系食物連鎖、摂取カロリー量
<p>(1) 概要</p> <p>1) 背景</p> <p>夜間工事照明が生態系に与える影響を定量的に評価 ～食物連鎖に着目し、照明の誘虫量から猛禽類への影響度を指標化～</p> <p>自然豊かな山間部で行われるダムやトンネル等の土木工事では、建設地周辺の自然環境や生態系の保全に配慮した施工が求められる。特に、建設地付近にクマタカ等の猛禽類の生息が確認された場合には、環境省の指針「猛禽類保護の進め方」に沿ってさまざまな対策を実施する。その一つが、夜間工事照明に集まる昆虫類を減少させるための対策である。蛾や甲虫類の昆虫類が照明に誘引され死滅することで、昆虫類を捕食するカエルやトカゲ等の餌資源が減少し、これらを捕食する鳥類や哺乳類、最終的には、食物連鎖の最上位生物である猛禽類にも影響を与えるものと考えられるものである。</p> <p>2) 設計概要（夜間工事照明影響評価システム）</p> <p>ダム工事等に用いる夜間工事照明が建設地周辺の生態系に与える影響を定量的に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。本システムは、生態系の食物連鎖に着目し、昆虫類が照明に誘引され死滅することで失われる餌資源のカロリー量から、食物連鎖の中位・上位生物に与える影響の程度を定量的に算出するツールである。本システムにより、生態系に配慮した上で、費用対効果上、最適な夜間照明計画の立案が可能となる。</p> <p>当社は以前から、現場で通常使用される水銀灯の代わりに、高価なものの誘虫性の低いナトリウム灯を夜間照明に採用する等、誘虫量の低減対策を実施してきた。しかし、その効果を定量的に把握することができなかったことから、当社のダム等の工事現場で、照明の種類別（水銀灯、ナトリウム灯、LED 灯）に誘虫量を実測し、公開されている誘虫に関する各種データ、照明種類別のコストデータと併せて、本システムのデータベースを構築した。</p>	

3) 施工概要

システムに入力するデータは、現場周辺 100m圏内の水田・森林・草地等の面積割合、水銀灯・ナトリウム灯・LED 灯といった照明の種類・光量とそれぞれの設置台数、使用期間等である。システムは、これらのデータを基に、夜間照明に誘引される昆虫類の種類と質量を推定する。その結果から、カエル等の中位生物が摂取できなくなる餌資源のカロリー量を算出。さらに、より上位の生物の餌資源がどの程度減少するかを順に推測をおこなう。最終的に、食物連鎖の頂点に位置する猛禽類 1羽が生存していくために最低限必要な摂取カロリー量を 1として、失われる猛禽類の餌資源を数値で表すとともに、対策コストも算出する。これにより、猛禽類への影響を抑えつつ、経済的な照明計画を立案する事が可能になる。

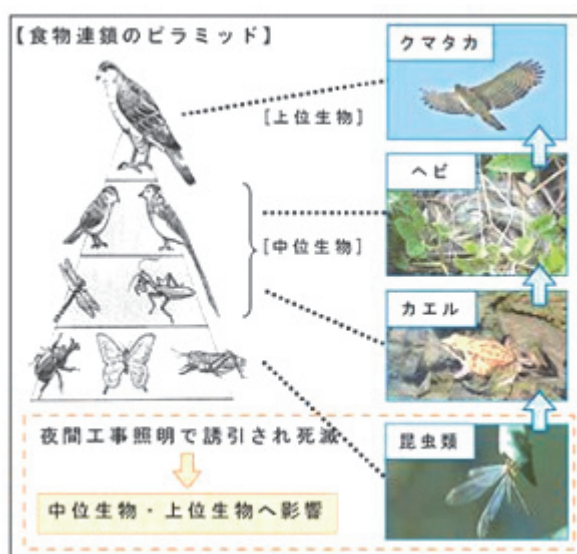


写真-1 ダム夜間照明の事例

図-1 食物連鎖と本システムの基本的な考え方

(2) 技術詳細

システムの評価フローとシミュレーション

- 1) 現場周辺の水田・森林・草地等の土地利用状況、水銀灯・ナトリウム灯・LED 灯といった照明の種類・光量とそれぞれの設置台数、使用期間等をシステムに入力する。
- 2) これらのデータを基に、夜間照明に誘引される昆虫類の種類と質量が推定される。
- 3) その結果から、カエル等の中位生物が摂取できなくなる餌資源のカロリー量を算出。さらに、より上位の生物の餌資源がどの程度減少するかを順に推定できる。

最終的に、食物連鎖の頂点に位置する猛禽類 1羽が生存していくために最低限必要な摂取カロリー量を 1として、失われる猛禽類の餌資源を数値で表わすとともに、対策コストも算出できる。これにより、猛禽類への影響を抑えつつ、経済的な照明計画を立案することが可能である。

(3) 結果

本システムによるシミュレーションの事例

<同一照度に設定した3ケースの比較シミュレーション結果>

A案：水銀灯 100%

B案：水銀灯 62%、ナトリウム灯 34%、LED 灯 4%

C案：ナトリウム灯 58%、LED 灯 42%

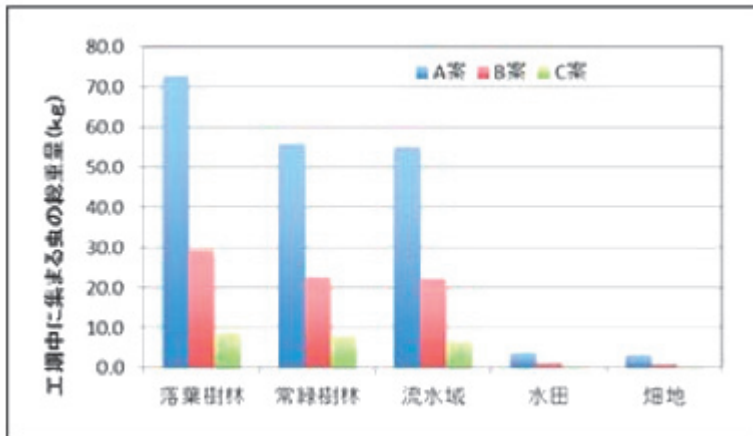


図-2 誘引される昆虫類の推定結果

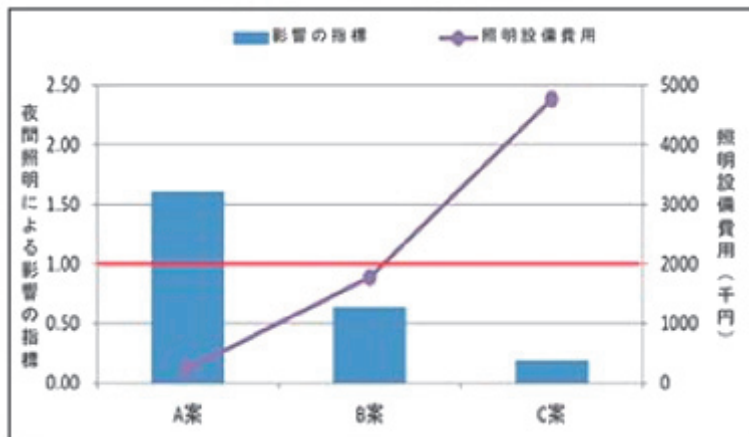


図-3 猛禽類に与える影響の程度と対策費用

参考文献	清水建設(株) ホームページ 技術ソリューション
備考	—