

山岳トンネル工事におけるエネルギーマネジメントシステムの開発

小栗 利夫*
Toshio Oguri

桑原 陽平**
Youhei Kuwahara

1. はじめに

山岳トンネルの工事では、削孔・吹付・支保建込等において稼働する機械（ドリルジャンボ・吹付機など）と坑内環境を維持する換気設備（換気ファン・集塵機）は駆動源を電力に依存しているため、使用電力の低減は施工における省エネルギーおよびCO₂排出量削減に大きく寄与できる。

本稿では、換気設備（換気ファン・集塵機）の運転制御により使用電力の低減を図るエネルギーマネジメントシステムの概要および北日本支社・新幹線後志（出）（施工延長：本坑 4,600 m）での実証状況を紹介します。

2. 施工における使用電力量の分析

施工における省エネルギーおよびCO₂排出量削減を目標としたエネルギーマネジメントシステムの開発にあたり、新幹線後志（出）においてデマンド監視装置を設置し使用電力量の現状を分析した。

(1) 新幹線後志（出）の施工機械

表一に施工機械のおもな仕様を示す。

表一 施工機械

機械名称	仕様
ドリルジャンボ(写真一)	3ブーム 出力 188 kW
吹付機 (写真二)	出力 201 kW
換気ファン (写真三)	インバータ式 2,000 m ³ /min 出力 110 kW
集塵機 (写真四)	電気式 2,400 m ³ /min 出力 75 kW

(2) 使用電力量・施工サイクルの分析

使用電力量の分析結果では、「換気ファン」が全体の23%と最も多く、「ドリルジャンボ・吹付機」13%、「集塵機」8%となっており、換気ファンと集塵機の合計で全体の31%を占めていることが分かる。また、水中ポンプ・坑内照明設備等の電力量「その他」の比率が27%となっている。施工サイクルの分析結果では、「一次吹付～支保建込～二次吹付」28%、「ずり出し」22%、「削孔・装薬・発破」17%、「ロックボルト」11%、「その他」22%の比率となっている。図一に使用電力量分析結果、図二に施工サイクル分析結果を示す。



写真一 ドリルジャンボ



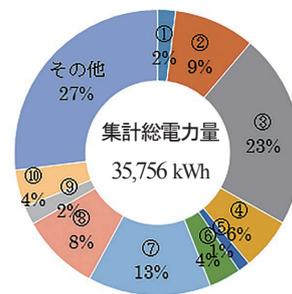
写真二 吹付機



写真三 換気ファン



写真四 集塵機



図一 使用電力量分析結果

【凡例】

- ①バッチャープラント
- ②濁水処理プラント
- ③換気ファン
- ④斜坑ベルコン
- ⑤坑外ベルコン
- ⑥斜坑LED照明
- ⑦ドリルジャンボ・吹付機
- ⑧集塵機
- ⑨クラッシャ・連続ベルコン
- ⑩本坑用連続ベルコン (メインドライブ)
- その他



図二 施工サイクル分析結果

【施工サイクル比率】

- 一次吹付～支保建込～二次吹付 : 28%
- ずり出し : 22%
- 削孔・装薬・発破 : 17%
- ロックボルト : 11%
- その他 : 22%

3. エネルギーマネジメントシステム概要

使用電力量の分析結果から換気ファンと集塵機の合計値が全体の31%を占めていることに着目し、工種別に換気設備（換気ファン・集塵機）の運転を制御することで使用電力の低減を図るエネルギーマネジメントシステム「N-TEMS（西松トンネルエネルギーマネジメントシステムの略）」を開発した。例えば、換気ファンと集塵機で34%程度の削減を可能とした場合、使用電力量全体として10%の低減が図れる。

(1) システム構成

N-TEMSは、デマンド監視装置(装置名称：エコ.Web)、換気ファン・集塵機制御機器（プログラマブルコントローラ、以下PLC）、クラウドサーバを利用したデータ管理ソフト（ソフト名称：T-Step）および監視用PCで構

* 技術研究所地球環境グループ

** 機材部機電課

成している。システム系統図を図-3、換気ファン・集塵機制御機器を写真-5に示す。

(2) 換気設備（換気ファン・集塵機）の運転制御

施工機械の電力配電盤に装備した計測器の情報から機械の稼働状態を把握し、エコ・Webに追加したプログラムで工種の判定を行う。得られた工種情報から、PLCを介し換気設備（換気ファン・集塵機）を工種毎に設定した適切な風量に制御して運転する。システムのモニタ画面例を図-4、データ管理ソフト画面例を図-5に示す。

なお、新幹線後志（出）は、ずり出し作業にベルトコンベヤを使用しているため稼働状態を特定できるが、ダンプトラックによるずり出し作業の場合は別の工種判定方法が必要となり今後の課題である。

4. 現場での実証状況

平成30年1月、新幹線後志（出）にシステムを導入し効果の検証を進めている。設置後5日間の運転データではあるが、使用電力量全体で16%の低減が図れている。

N-TEMS導入前後の使用電力量比較結果では、換気ファンは導入前が日平均2,021 kWhに対し導入後は日平均730 kWhと64%削減、また、集塵機は導入前が日平均523 kWhに対し導入後は日平均371 kWhと29%削減となっている。使用電力量全体では、導入前が日平均8,869 kWhに対し導入後は日平均7,450 kWhと16%の低減となっている。N-TEMSでの稼働状況（使用電力量の推移と換気設備の風量設定）を図-6に示す。

5. おわりに

山岳トンネル工事における使用電力の低減は全社的にも重要な課題に位置付けられており、今後は以下の課題に取り組み導入現場の拡大を進めていく予定である。

「今後の取組み」

- ・費用対効果が期待でき現場導入の促進が図れるシステムの確立
- ・システム導入に際し、メーカ各社の換気ファン・集塵機へ容易に対応できる改良
- ・工種判別方法、帳票出力など機能の追加

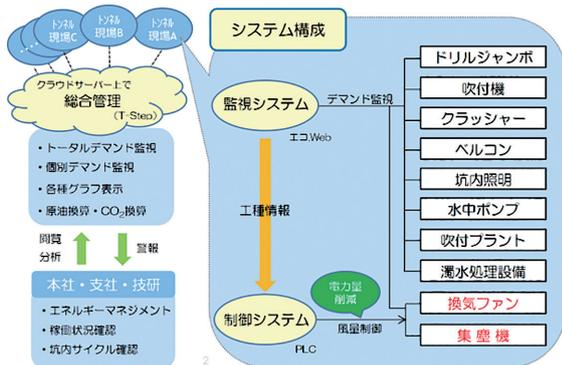


図-3 システム系統図



写真-5 換気ファン・集塵機制御機器

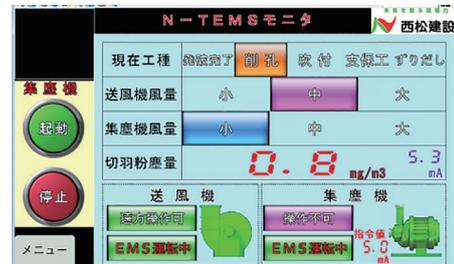


図-4 モニタ画面例



図-5 データ管理ソフト画面例

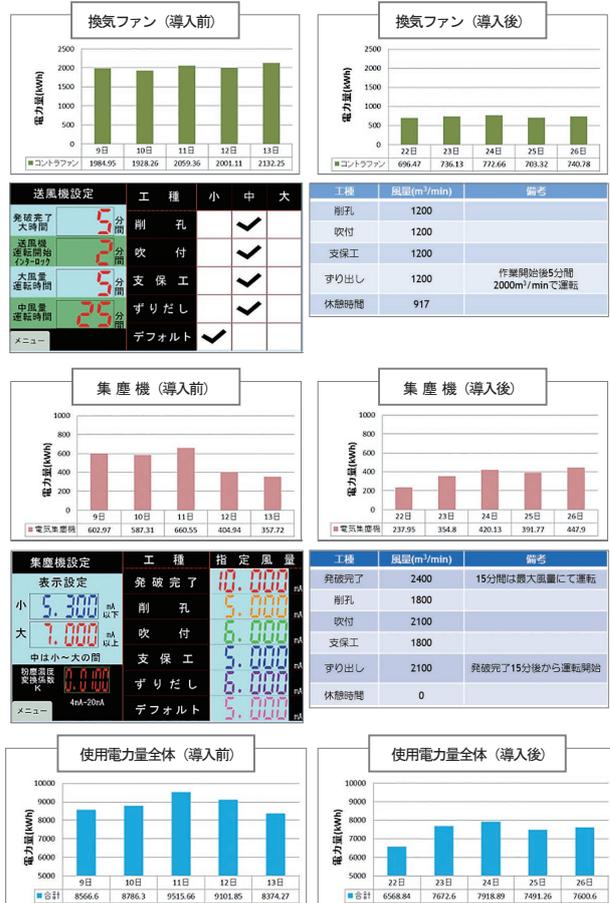


図-6 N-TEMSでの稼働状況