

トンネル維持管理費の節減対策検討について (中間報告)

かけたに みのる
懸谷 実

四国地方整備局 四国技術事務所 施工調査課 (〒761-0121 香川県高松市牟礼町牟礼 1545)

急峻な山岳地形を多く有する四国地方ではトンネルに係る電気料金が“固定費”として四国地整道路関係電気料金の約4割を占め、維持管理費を大きく圧迫している状況にある。

今回、トンネル内に設置されている換気設備について、最新技術基準を用いた設置数の見直し及び運転情報の分析をおこない、電気料金の節減効果があることを確認した。

また、トンネル壁面清掃をおこなう事による運転者の視認性改善効果の把握及び数値化の検討として、視認性に関する基準のひとつである平均路面輝度(照度)の壁面清掃前後における比較測定をおこなった。

キーワード トンネル, 維持管理, コスト削減, ジェットファン, 電気料金

1. はじめに

トンネルは閉鎖空間であり運転者及び歩行者が安全に通行できるように様々な設備が設けられている。

トンネル内には運転者の視距を確保する「照明設備」、視線誘導効果を期待する「内装板」、トンネルに滞留する排気ガス(煙霧)を排出する「換気設備(ジェットファン等)」、火災発生時の初期消火をおこなう「非常用設備(消火栓等)」などがあり、ほとんどの設備が電気を動力源として動くものである。

また、トンネル延長に比例して設備の数量が増えるため、長大トンネルにおいては年間電気料金が1千万円を超える場合もある。

一般的にトンネルに係る電気料金は、通行する交通量・大型車混入率により変動するが、並行路線・バイパス整備、有料道路の無料化等がなされない限り大きく変動する事は少なく、固定化されやすい経費である。

2. 電気料金の契約種別

電気料金は負荷の容量に応じて一定の料金を課す「基本料金」と、電力の使用量に応じて料金を課す「電力量料金」の合算にて決定される。

一般的に、負荷容量の小さい(50kW未満)公衆街路灯及び低圧電力は電力契約申し込み時の負荷容量により基本料金が算定されるが、負荷容量の大きい(50kW以上)

業務用電力は日々の電力使用量に応じて毎月基本料金の見直しがなされる。(表-1)

表-1 電気料金の契約種別(株四国電力管内)

需要区分	契約種別	適用範囲
電灯需要	定額電灯	1φ2W 100, 200V 400VA以下
	従量電灯	A 1φ3W 100, 200V 6kVA未満
		B 1φ3W 100, 200V 6kVA~50kVA未満
	公衆街路灯	A 公衆の為の照明等 1kVA未満
		B 公衆の為の照明等 6kVA未満
		C 公衆の為の照明等 6kVA~50kVA未満
電力需要	低圧電力	3φ3W 200V 動力 50kW未満
高圧需要	業務用電力	電灯+動力 50kW以上500kW未満

参考) 道路照明 . . . 公衆街路灯 A~C
トンネル(延長[短]) . . . 公衆街路灯 C
" (延長[長]) . . . 業務用電力
道路排水施設 . . . 低圧電力

なお、業務用電力の基本料金は30分最大需要電力値(デマンド値)により決定される。

デマンド値とは、毎時0分~30分、30分~60分(例:13:00~13:30, 13:30~14:00)の間に使用された電力量の最大値の事をいい、その月の最大需要電力と前11か月の最大需要電力のうち、いずれか大きい値が契約電力となる。

管内の換気設備を有するトンネルはこの契約に該当する。

3. 電気料金節減に向けた取組

トンネルの電気料金節減に当たり、次の3項目について検討をおこなった。

- ・競争による電気の調達
- ・最新基準による既存設備の見直し
- ・データの“見える化”による特異事項の発見

(1) 競争による電気の調達

電気の購入は、供給区域内の電力会社（一般電気事業者：(株)四国電力等）に限られていたが、規制緩和により供給区域外の電力会社や特定規模電気事業者からも購入が可能となっており、現在では50kW以上の高圧受電（全電力量の63%に相当）であれば供給区域内の電力会社以外から購入する事も可能である。

他地整においては既に競争による電気の調達を始めており、一般電気事業者から購入するよりも10～20%程安価に調達している状況にある。

なお、四国地整管内では高松サンポート合同庁舎や国営讃岐まんのう公園などで募集したものの、四国内の事業規模が小さい事から、一般電気事業者（(株)四国電力）のみの応募となっている。

しかし、新規参入者による供給の可能性もある事から、継続的に募集する事が望まれる。

(2) 最新基準による既存設備の見直し

設置時には最新の技術基準と社会ニーズに基づいて設計・施工された設備も年数を経るに従って陳腐化し、社会ニーズや環境の変化に適合していないなど課題を多く抱えた設備も数多く存在する。

特に、照明設備や機械設備などは道路環境や利用者ニーズの変化に即応しなければ消費エネルギーの面で非効率になるなど定期的な見直しが必要である。

具体例としてトンネル換気設備に係る基準見直しについて次に示す。

a) 道路トンネル技術基準（換気編）・同解説の改訂

道路トンネル技術基準（換気編）は昭和60年、平成13年、平成20年に改訂されている。

主な改訂点は、次のとおりである。

- ・自動車排出ガス規制の強化に伴う一酸化炭素、煙霧の低減
- ・自動車の車体形状変化に伴う抵抗面積の低減

この内、自動車排出ガス規制の強化はトンネル換気設備を設計する上でもっとも重要な要素である。

トンネル内を通行する車両の排出ガスが“クリーン”であればあるほど、トンネル内に滞留する排出ガスを坑外に排出する換気設備数は少なく済む。

地球温暖化防止の観点から排出ガス規制は年を追う毎に厳しくなっており、15年前に比べて窒素酸化物（NOx）1/9、粒子状物質（PM）で1/70と大幅に低減されている。（図-1）

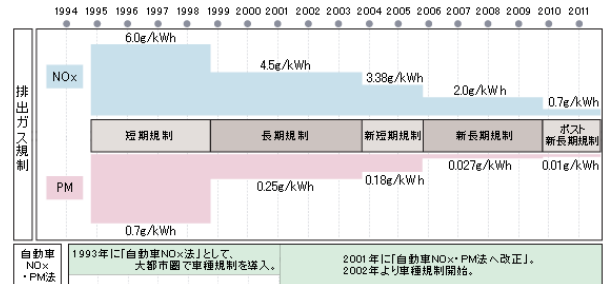


図-1 自動車排出ガス規制の変遷

b) 四国地整管内のトンネル換気設備の現状

四国地整管内のトンネル換気設備は昭和54年～平成20年に設置されているが、最新基準（平成20年改訂版）による設計は1箇所（新松尾トンネル）のみであり、設置後の設計見直しは行われていない。（表-2）

表-2 四国地整管内のトンネル換気設備

トンネル名	型式	台数	設置年
猪ノ鼻	ジェットファン(φ630)	6台	H14,15
福井	ジェットファン(φ1250)	3台	H20
美波ゆめ	ジェットファン(φ1250)	6台	H18
犬寄	ジェットファン(φ1030)	4台	H1
新松尾	ジェットファン(φ1030)	4台	H21
松尾	ジェットファン(φ1030)	8台	S54
法華津	ジェットファン(φ630)	12台	S63,H15
鳥坂	ジェットファン(φ630)	8台	H8
藤江	ジェットファン(φ1030)	4台	H14
香山寺	ジェットファン(φ1250)	3台	H20
大豊	送風機(φ2100)	2台	H16
焼坂	ジェットファン(φ630)	7台	H16
計		67台	

なお、最新基準で設計すると次のとおり大幅な台数削減が可能となる。（表-3）

表-3 最新基準による設計台数

トンネル名	現台数	最新基準による台数		
		H23	H24	H25
猪ノ鼻	6台	4台	4台	4台
福井	3台	2台	2台	1台
美波ゆめ	6台	3台	3台	2台
犬寄	4台	3台	3台	2台
新松尾	4台	4台	4台	4台
松尾	8台	3台	3台	3台
法華津	12台	9台	8台	8台
鳥坂	8台	8台	6台	6台
藤江	4台	3台	2台	2台
香山寺	3台	2台	2台	2台
大豊	2台	2台	2台	2台
焼坂	7台	5台	4台	4台
計	67台	48台	43台	40台
対前年比		△19台	△5台	△3台

※交通量は計画交通量で計算

平成23～25年にかけて段階的に台数が減っているのは、排出ガス規制対応車種が年を追って増え、トンネル内に滞留する排出ガスがきれいになっていくと想定しているためである。

また、四国地方においては高速道路の延伸、各種割引制度等により現道交通量の変化が著しいと考えられるため、実態に合わせた交通量の見直しも必要である。

c) 節電効果

最新基準による台数見直しにより電気料金の内、基本料金部分の削減が見込める。(表-4)

ただし、台数を減らした事によりトンネル内に滞留する排出ガスを坑外に排出する時間が今まで以上にかかる可能性もあり、基本料金削減分を上回る使用料金がかかる場合も想定される。

よって、台数見直しにおいては試行期間を設け、基本料金と使用料金のバランスに注意しながら慎重に検討する必要がある。

なお、平成23年4月～9月の6ヶ月間を試行期間として、削減した台数による試験運用のデータを収集中である。

表-4 基本料金削減見込み

トンネル名	現台数	試行台数	基本料金削減見込み
猪ノ鼻	6台	4台	248,000
福井	3台	2台	—
美波ゆめ	6台	3台	511,000
犬寄	4台	3台	0
新松尾	4台	4台	0
松尾	8台	3台	1,616,000
法華津	12台	9台	210,000
鳥坂	8台	8台	0
藤江	4台	3台	0
香山寺	3台	2台	0
大豊	2台	2台	—
焼坂	7台	5台	276,000
	67台	48台	2,861,000

(3) データの“見える化”による特異事項の発見

維持管理費の節減を図るうえで各種データの横並び比較は非常に重要である。

四国地整管内の道路管理施設数は膨大であり、毎月の電気料金請求数だけでも数千を数え容易な作業ではないが、過去の電気料金のグラフ化(見える化)で施設の異常を早期に発見する事ができる。(図-2)

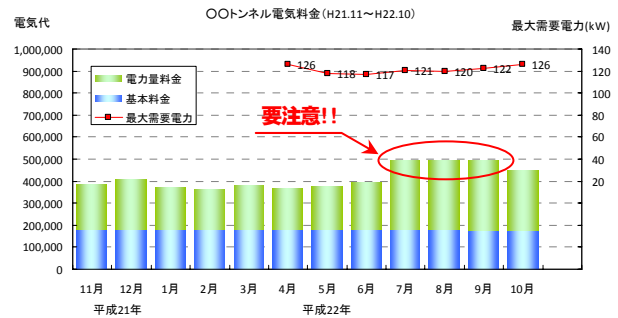


図-2 電気料金比較図

また、計測データの見える化も有効である。照明・機械設備などはセンサーやタイマー等、点灯(運転)に必要な条件を満たせば自動で動く。

照明であればトンネル坑口の照度及び時間帯(昼間、夜間、深夜)、トンネル換気設備であればトンネル内の一酸化炭素濃度(CO)、透過煙霧率(VI)などがある。

これらのデータを蓄積し、解析する事で設備診断をおこなう事もできる。

下図は某トンネルにおいて、トンネル換気設備が動作する条件となっている煙霧透過率計(VI計)の動作不良を捉えたデータである。(図-3)

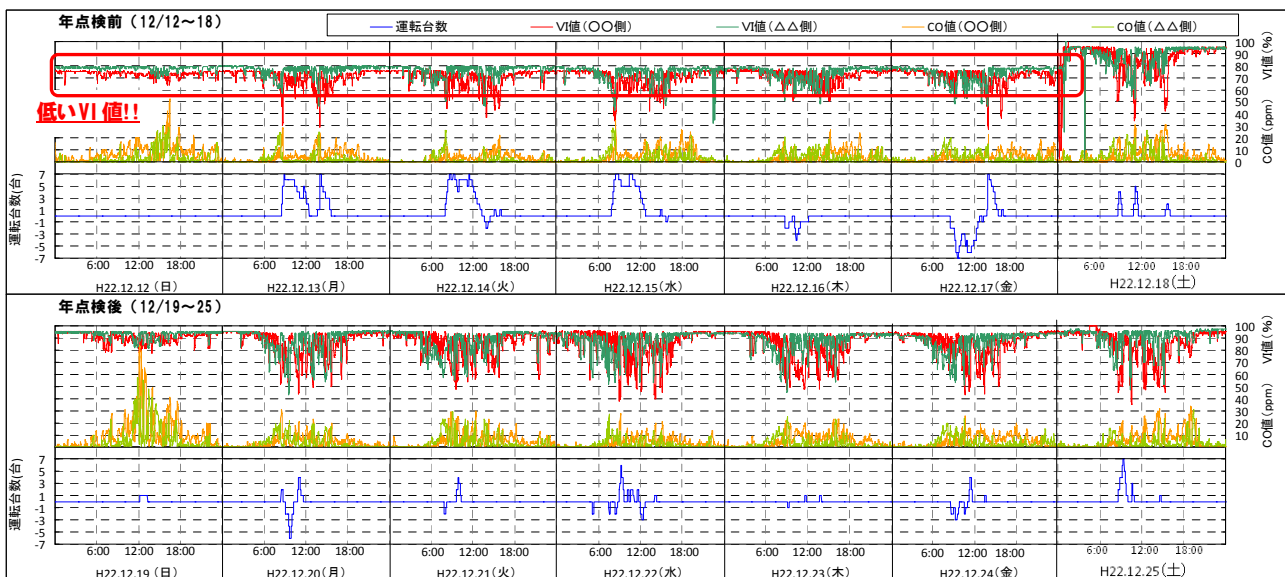


図-3 換気設備運転データ

4. その他の取組

(1) トンネル壁面清掃効果の把握

トンネル壁面清掃は運転者の視認性確保及び歩行者の環境改善から実施されているが、清掃頻度に関する基準が無く各管理者の判断に委ねられている状況にある。

そこで、壁面清掃前後のトンネル内環境の改善効果について調査を実施し、壁面清掃の指標となる要素の抽出をおこなった。

a) トンネル内の視環境に関する基準

トンネル内の視環境に関する基準として照明に関する数値化された基準がある。

- ・基本照明の平均路面輝度
- ・輝度均斉度
- ・視機能低下グレア

この内、現地での測定が比較的容易におこなえる「基本照明の平均路面輝度」について、清掃前後における改善効果の検証をおこなった。

b) 壁面清掃前後における改善効果

壁面清掃効果の把握は昼夜・深夜の2回、同時間帯において輝度の測定をおこなった。

松尾トンネルにおける測定結果を次に示す。(図-4)

清掃前の平均路面輝度 2.1cd/m²に対し、清掃後の輝度は2.2cd/m²と0.1cd/m²の改善に過ぎず、改善効果の数値化には課題を残す結果となった。

なお、本トンネルの基準値 1.9cd/m²は清掃前後とも満足している。

c) その他の指標

平均路面輝度以外の指標として視距による改善効果について検証した。

清掃前後の写真と比較すると、清掃後の方が遠くまで見通せている事が確認できる。

本トンネルには内装板が設置されており、内装版の視線誘導効果の回復が大きな要因となっていると考えられる。(写真-1, 2)



写真-1 清掃前のトンネル内

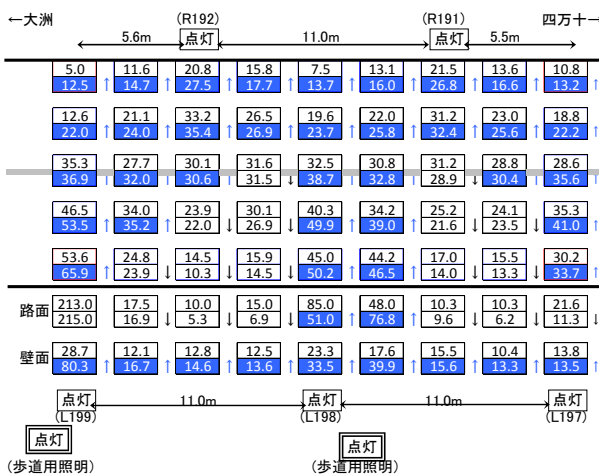


写真-2 清掃後のトンネル内

国道56号 松尾トンネル

◆昼間(測定時間 15:30~17:00)

上段:清掃前の照度 下段:清掃後の照度



$$\text{清掃前 測定平均照度} = \frac{\sum (99.6) + 2 \sum (457.9) + 4 \sum (601.1)}{128} = 26.7 \text{ lx (清掃前)}$$

$$\text{清掃後 測定平均照度} = \frac{\sum (125.3) + 2 \sum (516.9) + 4 \sum (636.8)}{128} = 29.0 \text{ lx (清掃後)}$$

	基準値	測定値(清掃前)	測定値(清掃後)
平均照度		26.7 lx	29.0 lx
平均輝度	1.9 cd/m ²	2.1 cd/m ²	2.2 cd/m ²
輝度均斉度			

平均照度換算係数 13lx/cd/m²(コンクリート舗装)
設計速度 50km/h

図-4 清掃前後の輝度(照度)比較

5. おわりに

本検討はH22~23年度の2カ年で実施しており、換気設備については6ヶ月間の試行を実施中である。

また、壁面清掃効果については輝度以外の指標として、視距の数値化について引き続き検討を実施していく予定である。

得られたデータも視覚的に見えなければ単なる数値の羅列であり“見える化”させる事で初めて問題点が見えてくる事も多々ある。

今後もあらゆる視点から“見える化”を進め、維持管理費の節減に向けた検討を実施する予定である。