

トンネル維持管理費の節減対策検討について

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・技術活用課 (〒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。

電気料金の削減には電気の調達方法の見直し、換気設備等の負荷設備数の見直し及び異常の早期発見などが必要であった。

今回、換気設備の設置されているトンネルにおいて見直しを行い、約2年間の試行を経て大きくコスト縮減効果があったことを報告する。

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ことは少なく、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(四国電力(株)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ことをいい、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：四国電力(株)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ことも可能である。

四国地整管内では平成18年度から国営讃岐まんのう公園、平成23年度からは庁舎、平成24年度からは負荷容量の大きい複数のトンネル及び一部の河川管理施設において競争による電気の調達をおこなっている。

なお、平成24年度は愛媛・高知県内の一部の庁舎・トンネルにおいて四国電力(株)以外の特定規模電気事業者が供給をおこなう契約となっているが、特定規模電気事業者の平均落札率は98.79%であり競争効果が十分に出ているとはいえない状況にある。

しかし、メガソーラ発電所が各地に建設されるなど新規参入者による供給の可能性もあることから、今後継続的に取り組むことが望まれる。

(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社会ニーズや環境の変化に適合していないなど課題を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。

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。

- ・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て済む。

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）

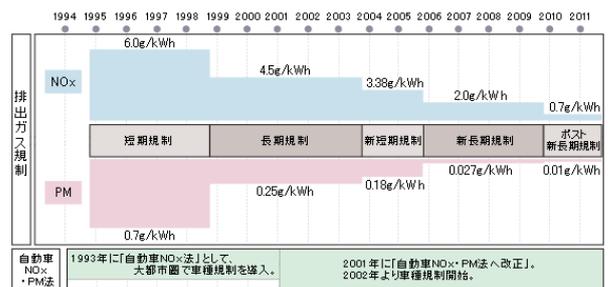


図-1 自動車排出ガス規制の変遷

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
徳島	猪ノ鼻	ジェットファン(φ630)	6台 H14,15
	由岐	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
松山	犬寄	ジェットファン(φ1030)	4台 H1
大洲	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
中村	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
土佐	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

c) 試行の実施

最新の技術基準により計算した換気設備の必要台数は下記のとおりである。（表-3）

表-3 計算上の必要台数と試行台数

（H23年度計算値、交通換気力・自然換気力を考慮せず）

トンネル名	現台数	計算台数	試行台数	備考	
徳島	猪ノ鼻	6台	4台	4台	
	由岐	3台	2台	2台	
	美波ゆめ	6台	3台	3台	
松山	犬寄	4台	3台	-	対象外
大洲	新松尾	4台	4台	-	対象外
	松尾	8台	3台	3台	
	法華津	12台	9台	8台	
	鳥坂	8台	8台	-	対象外
中村	藤江	4台	3台	-	対象外
	香山寺	3台	2台	2台	
土佐	大豊	2台	2台	-	対象外
	焼坂	7台	5台	5台	
計		67台	48台	49台	
対前年比			△19台	△18台	

なお、試行台数は最新技術基準の平成23年度諸数値を使うとともに、現在のトンネル内環境が分からないことから、本来であれば考慮する交通換気力（走行する車両が空気を押す力）及び自然換気力（トンネル内を自然に流れる風）が期待できないものとして算出した。

平成24年2月からは現場条件により実施できない「犬寄トンネル」・「藤江トンネル」・「大豊トンネル」及び最新の技術基準で計算しても台数が変わらない「新松尾トンネル」・「鳥坂トンネル」を除き、削減した台数にて試行をおこなっている。

4. 試行の結果

(1) 台数の見直しによる節電効果

試行による節電効果を下記に示す。(表-4)

表-4 電気料金削減額（試行前後各1年間の計）

トンネル名	試行前	試行中	削減額
徳島	猪ノ鼻	3,068,490	2,876,989 △191,501 (△248,000)
	美波ゆめ	7,656,021	7,933,396 277,375 (△511,000)
大洲	松尾	6,918,619	4,918,742 △1,999,877 (△1,616,000)
	法華津	4,602,005	3,624,603 △977,402 (△210,000)
中村	香山寺	5,823,365	5,674,450 △148,915 (△0)
土佐	焼坂	4,787,490	3,753,097 △1,034,393 (△276,000)
			△4,074,713 (△2,861,000)

()書は試行前の削減予想額

試行前の削減予想額に対し、美波ゆめトンネル以外は概ね予想どおりの削減効果があった。

なお、法華津トンネル及び焼坂トンネルは予想以上（約4倍）の削減効果があった

効果のでなかった「美波ゆめトンネル」及び効果の大きかった「法華津トンネル」・「焼坂トンネル」について分析をおこなった。

(美波ゆめトンネル)

平成23年6月から試行を開始したが、その1ヶ月後（7月16日）に阿南市福井町小野～由岐IC間が開通し、日和佐道路が全線開通となり、トンネルを含む区間の交通量（平日）が1,600台/12hから5,700台/12hに増加している。（平成24年2月17日発表値）

交通量増加に伴いトンネル内に滞留する排出ガスが増加したものと推測され、換気設備の稼働台数・時間が増えたことで、電力使用量が開通前の平均値に比べ約20%増加したと思われる。（図-2）

なお、試行に伴う基本料金の削減分（約60,000円/月）により増額幅は低く押さえられたことが分かる。

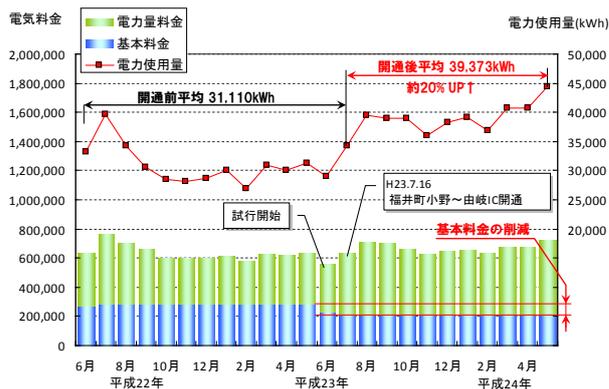


図-2 電気料金・電気使用量比較図（美波ゆめ）

(法華津トンネル)

平成24年2月の試行開始後、平行する四国横断自動車道（宇和島北IC～西予宇和IC）が3月10日に開通したことに伴い、国道56号の交通量（平日）が19,300台/日から11,500台/日に減少している。（平成24年6月14日発表速報値）

前述の「美波ゆめトンネル」とは逆に、滞留する排出ガスが減少し、換気設備の稼働台数・時間が減ったことにより、電力使用量が開通前の平均値に比べ約20%減少し、試行に伴う基本料金の削減と相まって予想を上回る削減ができたものと思われる。（図-3）

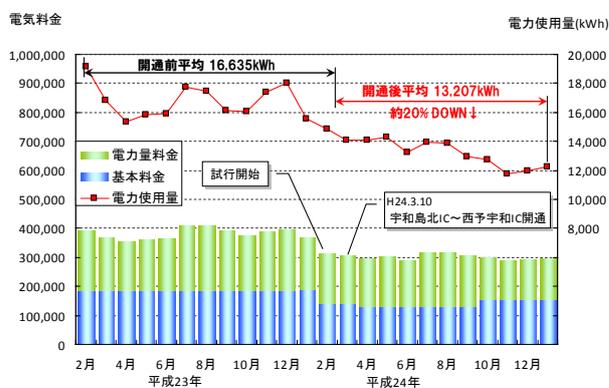


図-3 電気料金・電気使用量比較図（法華津）

(焼坂トンネル)

法華津トンネル同様、平行する四国横断自動車道（須崎西IC～中土佐IC）が平成23年3月5日に開通したことに伴い、国道56号の交通量（平日）が14,200台/日から3,200台/日に減少している。（平成23年3月25日発表速報値）

このことにより、電力使用量が開通前の平均値に比べ約30%減少する結果となり、試行に伴う基本料金の削減と相まって予想を上回る削減ができたものと思われる。

(2) 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ことができる。

下図は落雷で計測機器が損傷し、換気設備が異常動作したことによる電力使用量の異常値をとらえたものである。（図-4）

これ以外にも機器の運転状況をグラフ化することにより異常を発見することが可能である。

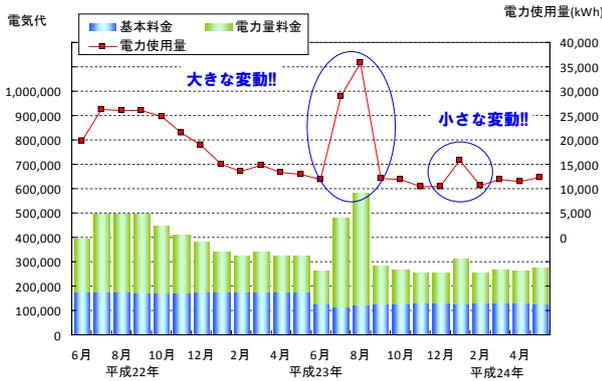


図-4 月別電気料金比較図による異常値の発見

5. 更なる電気料金節減に向けた提案

約2年間の試行によりトンネル内環境が概ね把握できたことから交通換気力・自然換気力を考慮し、平成25年諸数値を用いて換気設備の必要台数を計算した。

計算上、全てのトンネルにおいて換気設備が不要となる結果であったが、「犬寄トンネル」・「新松尾トンネル」は実

測データよりトンネル内の環境が一時的に悪化する時があることから現台数の維持を提案している。（図-5）（表-5）

表-5 計算上の必要台数と提案台数（H25年度計算値）
（H25年度計算値、交通換気力・自然換気力を考慮）

トンネル名	運用台数	提案台数	備考	
徳島	猪ノ鼻	4台	全停止	
	由岐	2台	全停止	
	美波ゆめ	3台	全停止	
松山	犬寄	3台	3台	
	新松尾	4台	4台	
	松尾	3台	全停止	
大洲	法華津	8台	-	※1
	鳥坂	8台	-	※1
	藤江	4台	-	※2
中村	香山寺	2台	全停止	
土佐	焼坂	5台	全停止	

※1 トンネル内環境のデータが無いため提案不可

※2 計測装置（VI計）修理中につきデータ収集後に提案予定

なお、全停止を提案するトンネルにおいても「美波ゆめトンネル」に見られるように交通量が増加する場合もあるため、今後もトンネル内環境を常に把握することが重要である。

6. おわりに

本検討はH22～24年度の3カ年で実施しており、換気設備については約2年間の試行を実施した。

試行により一定の成果を得ることができたが、提案台数による試行を実施すれば更なる節減が可能である。

また、データの“見える化”は異変の発見に非常に有効である。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”させることで初めて問題点が見えてくることも多い。

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努力していきたい。

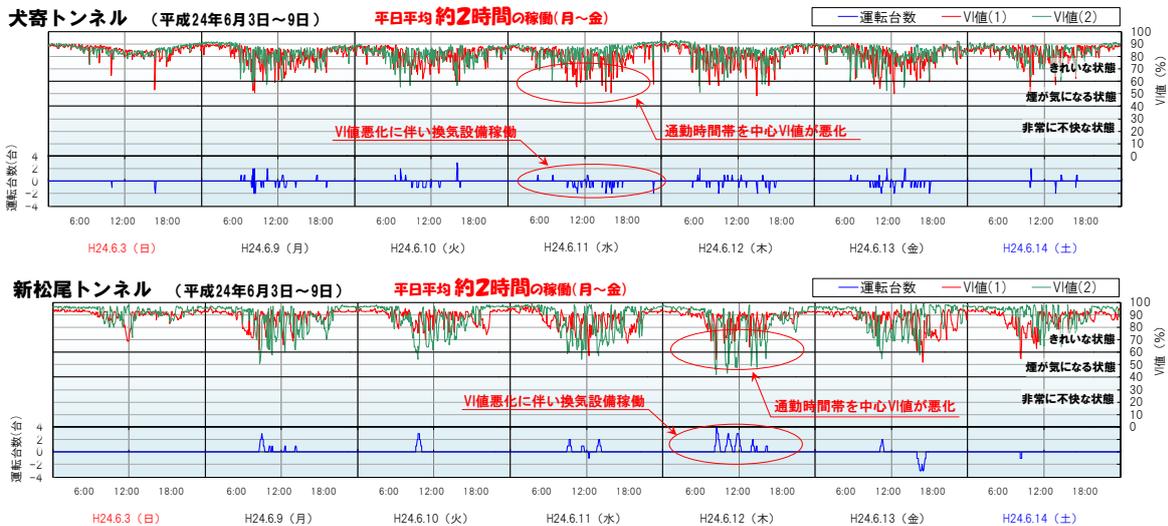


図-5 犬寄トンネル・新松尾トンネルの稼働状況