

# 維持費削減における 道路・トンネル照明の現状と今後

小樽開発建設部 小樽道路事務所 第2工務課 ○三谷 学人  
小樽開発建設部 施設整備課 山本 芳博  
小樽開発建設部 岩内道路事務所 工務課 渡辺 朋紀

維持費の削減により国道の維持管理が見直されている現状において、道路・トンネル照明の球切れによる対象ランプの全数交換は厳しい状況にある。これを受けて本稿は、今後、照明施設が不点灯となる推移状況をシミュレーションし、現状の維持費で行える照明維持の範囲をコスト削減を視野に入れて検討するものである。

キーワード：維持・管理、道路・トンネル照明、コスト削減、予算

## 1. はじめに

道路照明は、道路構造令第31条の「交通事故の防止を図るため必要がある場合においては、横断歩道橋等、さく、照明施設、視線誘導標、緊急連絡施設その他これらに類する施設で国土交通省令で定めるものを設けるものとする」による規定、また、トンネル照明は同第34条第2項の「トンネルには、安全かつ円滑な交通を確保するため必要がある場合においては、当該道路の設計速度等を勘案して、適当な照明施設を定めるものとする」による規定に基づき設置されるものであり、交通安全施設として位置付けられている。昨今、維持費削減が求められるが、道路・トンネル照明の維持費を削減することは、道路利用者の安全を損なうだけでなく、逆にコストの損失を生じる可能性がある。そのため、維持費を安易には削減出来ない。

よって本稿では、一律に照明維持費を削減した場合におこりえる問題点、及びコスト削減を図るための計画的な消灯の手法をシミュレーションすることにより、効果的な維持費の削減方法を検討する。

## 2. 道路・トンネル照明の構成

道路・トンネル照明は「道路照明施設設置基準」<sup>1)</sup> (以下「設置基準」とする) によると連続照明、局部照明及びトンネル照明の三つに分類される。以下にそれぞれの構成を記す。

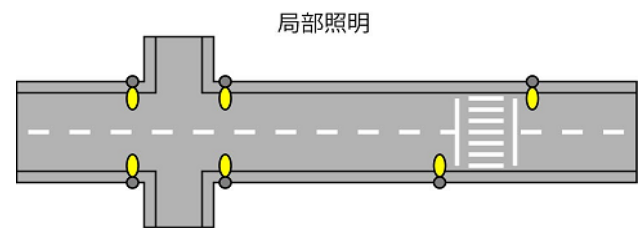
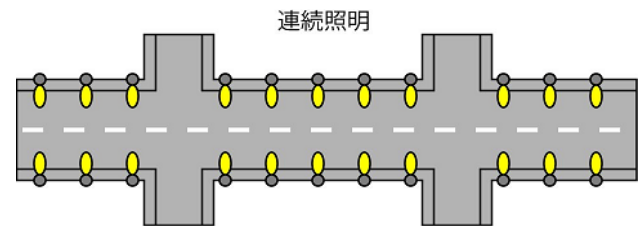


図-1 道路照明

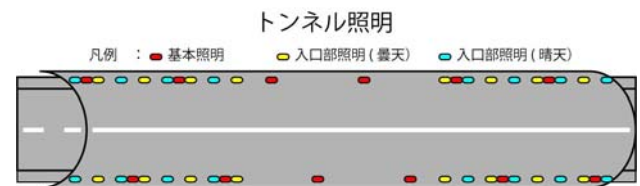


図-2 トンネル照明

### (1) 道路照明

道路照明のうち、連続照明とは交通量25,000台/日以上の一一般国道において、一定の条件を満たした箇所に連続的に設置する照明であり、局部照明とは連続照明の設置を必要としない箇所で、交差点、横断歩道など局部的に必要な箇所に設置する照明である(図-1)。連続照明、局部照明共に設備としては、照明器具、ポール、ランプ、安定器から構成される。

## (2) トンネル照明

トンネル照明は、主として基本照明と入口部照明に分類される(図-2)。基本照明とはトンネルを走行する運転者が前方の障害物を安全な距離から視認するための照明で、入口部照明とは昼間、運転者がトンネルに接近する際に生じる急激な輝度(明るさ)の変化と、侵入直後から起きる眼の順応の遅れを緩和するための照明である。設備としては、照明器具、ランプ、安定器から構成される。

## 3. 照明維持費削減でのシミュレーション

### (1) 照明維持とは

道路・トンネル照明における維持とは、ランプおよび安定器の交換や照明器具の清掃、外的要因により著しく劣化した照明器具の交換などであるが、本稿では維持費の大部分を占めるランプ交換に関して検討・考察を行う。

### (2) 照明点灯状況の推移

照明維持費の削減により、球切れによる対象ランプの全数交換が困難となり、不点灯のまま放置する事となる。

以下に予算の削減率に対応した将来の照明点灯状況を式に表す。

$a_n$ : n年後の点灯数  $b$ : 球切れ率  $c$ : 予算の削減率

$$a_n = a_{n-1} - (a_{n-1}b - a_0b(1-c))$$

$$= a_0(1-c) + a_0c(1-b)^n$$

$$\lim_{n \rightarrow \infty} a_n = a_0(1-c) \quad (1)$$

なお、 $a_0$  は当初の点灯数を表す

式(1)が表すように、照明の点灯状況は最終的に当初の全点灯数に対して、削減後の予算割合である(1-c)に収束する。これは、照明維持費を仮に3割削減したとすると、将来的に道路・トンネル照明は3割が不点灯状態となる事を意味する。この式の基づき、具体的な数値を用いて算出したものを表-1に示す。2年後に着目すると道路照明が1割の不点灯箇所が発生に対し、トンネルの基本照明では約3割という不点灯箇所が発生する事となった。これは、基本照明に定格寿命が9,000時間の低圧ナトリウムランプを使用している場合が多く、道路照明で一般的に使われている高圧ナトリウムランプの定格寿命24,000時間に比べて寿命が短い上に、点灯時間が1日平均20時間と長いためである。

### (3) 不点灯状態が長期間続いた場合の問題点

道路・トンネル照明において不点灯状態が長期間続い

た場合、道路利用者の安全を損なうのみならず、維持コスト面において損失を生じる可能性がある。以下にその例を示す。

#### a) 安定器の劣化

安定器とは、ランプに安定した電源を供給するための器材であるが、長期間の不点灯状態は安定器の劣化を招き故障の原因となる。これは、長く通電しない事で安定器の絶縁性能を低下させるためである。<sup>2)</sup>よって、長期間不点灯状態の後に再点灯の必要が生じた場合、ランプのみならず安定器も併せて交換する可能性が高まり、この場合、図-3に示すように、再点灯を行うには8年以上の不点灯状態の後でなければ逆にコストの損失を生じる。

#### b) 不点灯照明への電力料金の支払い

道路照明においては、電力量の計量を伴う契約に比べ料金が安価な「公衆街路灯」という電力契約を結んでいる場合が一般的であり、点灯・不点灯にかかわらず照明1基あたり一定額を支払っている。長期間の不点灯状態とする照明はこの契約を廃止する必要があり、その結果として、電力会社が電気の引き込み線の撤去を行う。しかし、単に維持費の不足によりランプ交換が出来ないために生じてしまった不点灯状態においては、利用者からの要請等による早急な再点灯の可能性を残すため電力会社との契約解除は困難である。その結果として、不点灯状態にもかかわらず電力料金を支払い続ける事態が生じ、図-3に示すとおり削減したランプ交換費用以上の料金を不点灯状態の照明に対して払い続けることとなる。

表-1 道路・トンネル照明の点灯推移

・道路照明 夜間12h点灯	
照明数(灯)	1,000
ランプ寿命(h)	24,000
年間球切れ率(%)	18.25

	初年度	1年後	2年後	3年後	6年後	9年後
年度当初	1,000	945	900	864	790	749
球切れ	183	173	164	158	144	137
修繕	128	128	128	128	128	128
不点灯(累積)	55	100	136	166	227	260

・トンネル基本照明 片側24h点灯、片側16h点灯(深夜消灯)

照明数(灯)	1,000
ランプ寿命(h)	9,000
年間球切れ率(%)	81.11

	初年度	1年後	2年後	3年後	6年後	9年後
年度当初	1,000	757	711	702	700	700
球切れ	811	614	576	569	568	568
修繕	568	568	568	568	568	568
不点灯(累積)	243	289	298	300	300	300

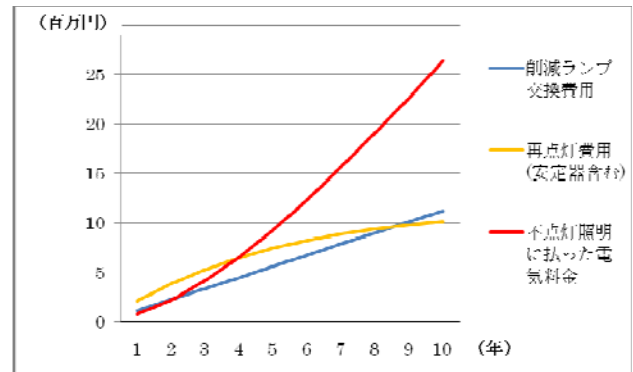


図-3 道路照明1000灯での試算

#### 4. 計画的な消灯

不点灯状態が長期間になる場合の影響は前述のとおりである。しかし、現実的に道路維持費は削減されており、照明維持費についても削減の検討は避けられないため、以下のような計画性を伴った道路・トンネル照明の消灯を検討する事が必要と考えられる。

- ① 消灯対象箇所への決定
- ② 消灯後の速やかな電力契約の解除・変更
- ③ 消灯箇所の安定器の撤去・再利用
- ④ 利用者からの問い合わせ対応用に必要事項を明示

ここでは①について、設置基準による規定を逸脱しない範囲で消灯対象箇所を検討する。

##### (1) 道路照明の消灯の検討

連続照明は、設置基準に合わせて路面輝度の計算が行われた上で設置されているため消灯を行う事は困難である。よって、局部照明について消灯対象箇所を検討する。

##### a) 局部照明が連続的に設置されている箇所

設置基準では「局部照明を設置すべき場所」として、交差点、横断歩道、バス停留所等が規定されているが、上記以外で交通安全上危険の少ない箇所であれば、消灯対象箇所となり得る(図-4)。

##### b) 橋梁照明中間部

橋梁は道路幅員が一般部よりも縮小されている場合があり、さらに霧などの発生や、冬期間の凍結の恐れ等により走行条件が悪くなりやすいため局部照明が設置されている。これらのうち、霧の影響の少ない箇所において橋梁への入り口部分の照度が保たれている場合、中間部については危険が少ないと考えられるため、消灯対象箇所となり得る(図-5)。

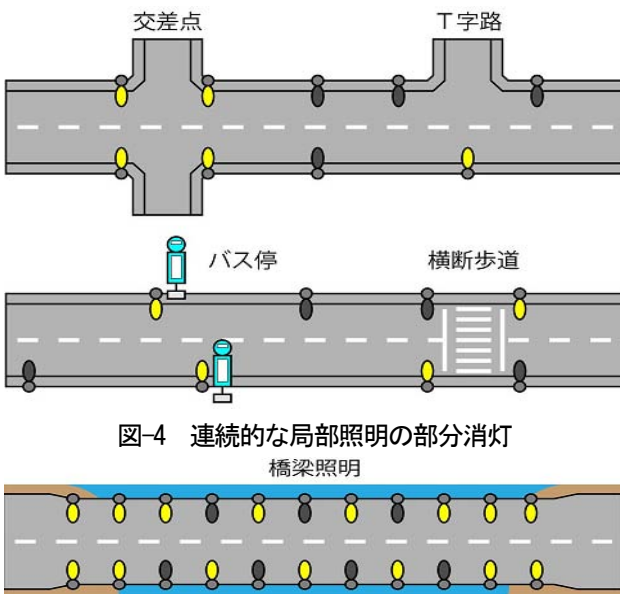


図-4 連続的な局部照明の部分消灯

橋梁照明

図-5 橋梁照明中間部の部分消灯

##### (2) トンネル照明の消灯の検討

トンネル照明の明るさはトンネル本体構造、トンネルの外の明るさ(野外輝度)、交通量により決定される。

ここでは野外輝度と交通量について着目する

##### a) 野外輝度の設定の見直し

現在の設置基準が改訂された平成19年以前は、昭和56年に改訂された基準(以下「旧設置基準」とする)に基づいてトンネル照明が設置されている。旧設置基準では、野外輝度についてトンネル抗口に向かった地形や方角により「標準的な設定」として6,000、4,000、3,000cd/m<sup>2</sup>の3段階設定であった。しかし、現在の設置基準では、より詳細に条件を計算する事で野外輝度を割り出すため、再計算により野外輝度の設定が下がる場合、これに左右される入口部照明の見直しを行う。

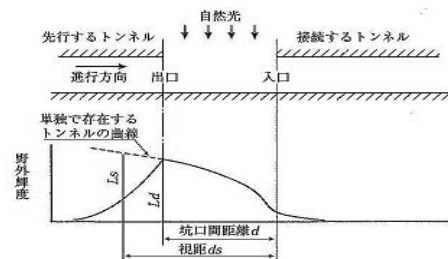
##### b) 連続しているトンネルの入口部照明の低減

設置基準によれば、トンネルが連続している場合、トンネル間の距離により入口部照明の低減が可能である。これは、先行するトンネルの出口における野外輝度が、単独で存在するトンネルにおける視野に相当する地点の野外輝度よりも低くなるためである。一般国道に多い設計速度60km/hの場合、トンネル間の距離が50m以下であれば入口部照明の低減が可能である。図-6に「道路照明施設設置基準・同解説」<sup>3)</sup>に記載されている入口部照明の低減係数を示す。

##### c) 交通量が少ないトンネルの路面輝度の見直し

設置基準によれば、交通量10,000台/日未満のトンネルについて、以下のように規定されている。

- ① 基本照明の平均路面輝度を1/2まで低減可能
- ② 入口部照明は、交通安全上支障がなければ、路面輝度を1/2を下限として低減可能



図解 5-12 坑口間における野外輝度の変化

境界部の路面輝度 $L_1'$ は、単独で存在するトンネルの境界部の路面輝度 $L_1$ と表解 5-6 に示す坑口間距離に対応した入口部照明の低減係数 $f_1$ から式(5.9)により算出する。

$$L_1' = f_1 \cdot L_1 \quad (\text{cd/m}^2) \quad \dots \dots \dots (5.9)$$

表解 5-6 後続トンネルの入口部照明の低減係数 $f_1$

坑口間距離 $d$ (m)	設計速度 $V$ (km/h)					
	100	80	70	60	50	40
$d \leq 10$	0.30	0.35	0.35	0.40	0.40	0.45
$10 < d \leq 15$	0.40	0.45	0.50	0.50	0.55	0.60
$15 < d \leq 20$	0.50	0.55	0.55	0.60	0.65	0.75
$20 < d \leq 35$	0.60	0.70	0.75	0.75	0.85	0.95
$35 < d \leq 50$	0.70	0.80	0.85	0.90	1.00	1.00
$50 < d \leq 70$	0.80	0.90	1.00	1.00		
$70 < d \leq 100$	0.90	1.00				
$100 < d$	1.00					

図-6 入り口部照明の低減係数

これらに基づき、設置当初は交通量を10,000台/日以上としたトンネルについて、現在の交通量が10,000台/日未満で近い将来に増加の予想が無い場合、基本照明、入口部照明の見直しが可能である。

### (3) 小樽道路事務所管内での検証

これまで検討した内容を小樽道路事務所管内の道路・トンネル照明に適用し、どの程度の消灯が可能かを検証した。

- ・小樽道路事務所管内の全照明数 7,001灯
- ・うち、消灯可能な照明数
  - (1)-a)連続している局部照明 64灯
  - (1)-b)橋梁照明中間部 38灯
  - (2)-a)トンネル野外輝度の見直し 未検証
  - (2)-b)連続しているトンネル 0灯
  - (2)-c)交通量が少ないトンネル 0灯

(2)-a)については、大幅な低減が見込まれる条件のトンネルが無いため、未検証とした。

以上のように、消灯可能な照明はわずか102灯であった。

## 5. 照明維持の今後

前章までの検討で、設置基準の範囲内での消灯で維持費を大幅に削減する事は、きわめて困難である事が判明した。しかし、実際に維持費が大きく削減された場合は、3章での表-1に表すとおり、まずトンネル照明が多数不点灯状態になる。

基本照明が不点灯となった場合、トンネル内に障害物を認識できないほどの暗所が発生し、大変危険である(図-7)。また、基本照明を維持しても、入口部照明の大半が不点灯状態になると、昼間、運転者がトンネルに接近する際に急激な輝度の変化に眼が順応できない。また、トンネル内で事故が発生した場合の非常警報施設との連動による照明全点灯が機能せず、避難の際の誘導に支障をきたす(図-8)。

これらを踏まえ、基本照明を維持した上で、入口部照明の部分消灯を行った場合、どの程度の維持費削減が図れるかの検討を行う。

### (1) トンネル入口部照明(晴天)の消灯

入口部照明は、野外輝度が晴天と曇天で大きく異なるため、天候に合わせた2段階の点灯制御方式が多い。晴天時に点灯する入口部照明(以下「入口部照明(晴天)」とする)を消灯した場合の点灯状態を図-9に表す。晴天時の野外輝度に合わせた路面輝度は保てないものの、基本照明の不点灯及び入口部照明が多数不点灯となる状況と比較すると一定の安全が保たれる事がわかる。

### (2) 小樽道路事務所管内での再検証

入口部照明(晴天)を消灯した場合の消灯率を以下に示す。

道路照明	1,619灯	→	1,517灯	6%
トンネル基本照明	2,765灯	→	2,765灯	0%
トンネル入口部照明	2,617灯	→	1,214灯	54%
全照明	7,001灯	→	5,496灯	21%

基本照明の不点灯イメージ

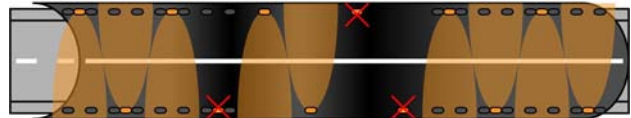


図-7 基本照明の不点灯

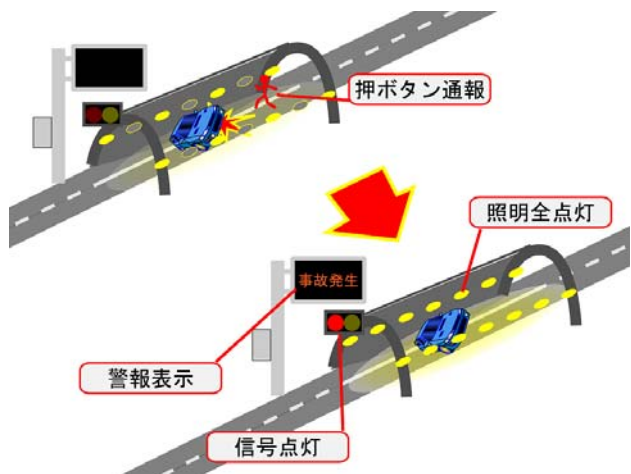


図-8 トンネル非常警報施設と照明の連動

曇天制御

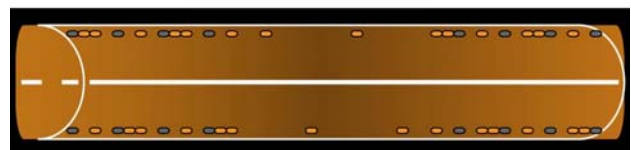


図-9 入口部照明(晴天)消灯状態

### (3) 部分消灯による照明維持費の削減率

上記のように全体で21%の照明の消灯を行う場合でも、これに比例したランプ交換費用の削減とはならない。これは、消灯対象となった照明が、寿命の長い高圧ナトリウムランプを使用していること、及びトンネル入口部照明（晴天）は年間の点灯時間が短い事が要因である。以下に、ランプ寿命や点灯時間から推測した、ランプ不点灯数の減少率を示す。

道路照明	295灯	→	277灯	6%
トンネル基本照明	2,243灯	→	2,243灯	0%
トンネル入口部照明	358灯	→	222灯	38%
全照明	2,896灯	→	2,741灯	5%

### (4) 電力料金の削減

ランプ交換費用については、入口部照明の部分消灯にまで踏み込んだ検討を行った場合でも、5%程度の削減にしかならない。しかし、これらの消灯は計画的に行っているため、4章で述べたとおり電力契約の解除・変更を行う事が可能である。これによる電力料金の削減額を以下に示す。なお、トンネル照明については電力量の計量を伴う電力契約のため、消灯分を差し引いて再契約をしたものとして計算した。

道路照明	102灯減	約 1,400,000円
トンネル照明	1,403灯減	約10,600,000円
全照明	1,505灯減	約12,000,000円

### (5) 電力料金を加味した照明維持費の削減率

小樽道路事務所管内での全道路・トンネル照明に対するランプ交換費用は平成21年度実績で約40,000,000円である。(3)より、ランプ交換費用として5%の2,000,000円が削減可能であり、電力料金との合計で14,000,000円の削減が可能である。これはランプ交換費用の35%にあたり、大幅な維持費の削減が可能となる。

ただし、それぞれの事務所におけるトンネル数等により、削減率は大きく異なる。

### (6) 適正な照明維持費のあり方

設置基準を逸脱した消灯を各道路事務所の判断で行う事は非常に困難である。よって、実際に消灯を行う場合、消灯箇所の決定から予算の配布までを次の通りに行う事により、道路・トンネル照明の統一的な維持管理が可能になるものと考察する。

#### a) 一律な運用形態の決定

一律な運用形態を決め、それに合わせて消灯する照明を決定する。以下に運用形態の例を示す。

- ・ 全て維持
- ・ 局部照明の連続箇所や橋梁中間部は一部消灯
- ・ DID地区以外は一律〇割消灯
- ・ トンネル照明を設置基準の範囲内で見直し

- ・ トンネル入口部照明（晴天）の消灯
- ・ トンネル照明を基本部のみにする

#### b) 消灯数から削減電力料金込みでの削減率の算出

全照明数(a)、球切れ率(b)、消灯数(c)、1灯あたりの交換費用(d)、1灯あたりの電力料金(e)とした場合、削減した電力料金を含む照明維持費用は下記の通りとなる。

$$\begin{aligned} \text{全ランプ交換費用} &= abd \\ \text{ランプ交換削減額} &= cbd \\ \text{削減電気料金} &= ce \\ \text{全維持費削減額} &= cde + ce \end{aligned}$$

これを、(e)の値が複雑にならない例として、前述の小樽道路事務所の道路照明を部分消灯した場合に当てはめたものを下記に示す。なお、球切れ率(b)についてはランプ寿命通りとは限らないため、過去3年間の平均値とした。

$$\begin{aligned} \text{全ランプ交換費用} &= 1,619 \times 0.14 \times 20,500 \\ &= 4,646,530\text{円} \\ \text{ランプ交換削減額} &= 102 \times 0.14 \times 20,500 \\ &= 292,740\text{円} \\ \text{削減電力料金} &= 102 \times 14,400 \\ &= 1,468,800\text{円} \\ \text{全維持費削減額} &= 292,740 + 1,468,800 \\ &= 1,761,540\text{円} \end{aligned}$$

このように、見た目の削減額は全ランプ交換費用である4,646,530円に対して292,740円と6%であるが、消灯分の電力契約の解除を行えば1,468,800円の電力料金が削減されるため合計で1,761,540円になり、実質として全ランプ交換費用に対して38%の削減となる。

#### c) 統一的な管理方針に基づく予算の配布

照明維持費を削減するにあたり、ランプ交換に代表される直接的な削減額のみで削減率を考えるのではなく、付随的な要素である電力料金の削減を含め、総合的な削減額を考慮した上での、統一の管理方針に従った予算配布が望まれる。

## 6. おわりに

維持費削減は国全体の予算を取り巻く情勢を踏まえることを受け入れざるを得ない。よって、本稿では、これを機会に道路・トンネル照明の管理方針を見直し、計画的な消灯及びそれに伴う電力料金の削減を考慮した総合的なコスト削減の検討を行った。今後の維持管理に参考となれば幸いである。

#### 参考文献

- 1) 道路照明施設設置基準 国土交通省
- 2) JIS C 8110:付記 安定器の寿命について
- 3) 道路照明施設設置基準・同解説 (社)日本道路協会