

LEDトンネル照明導入による コスト縮減効果について —北海道横断自動車道トンネル群への導入事例—

釧路開発建設部 施設整備課

○狩野 恭彰
関 孝浩
樋口 潔

北海道横断自動車道(浦幌IC～阿寒IC)のトンネル照明設備は、平成23年9月に制定された「LED道路・トンネル照明導入ガイドライン」を基本とした比較検討により、オールLED照明として整備した。

本発表は、従来型照明とのコスト比較、性能比較、ライフサイクルコストの縮減効果等の検討結果について発表するものである。

キーワード：LED照明、コスト縮減、ライフサイクルコスト、省エネルギー

1. はじめに

道路照明及びトンネル照明は道路利用者に視覚情報を与え、これによって障害物の認知、線形の確認及び視線誘導等、道路の安全性に関する個々の情報について充分知覚させるものである。

特にトンネル照明は、ドライバーがトンネルに進入する際のブラックホール現象による暗順応の遅れを緩和する目的で設置されるため、夜間の交通安全を目的に設置される道路照明とは性格が異なる。

近年、照明分野においても、新光源、新手法の開発及び特性の改良等、技術の進歩はめざましく、今回採用されたLED方式についても年々効率がアップするなど改良が加えられているところである。

平成23年に国土交通省が実証実験を行い取りまとめた「LED 道路・トンネル照明導入ガイドライン」(以下「ガイドライン」という。)は、LED照明技術を道路・トンネル照明に適用する場合の基本的条件、照明設計の手法、LED照明灯具の技術仕様などを示すと共に、ライフサイクルコスト算定や導入手法などの考え方を示すことで、道路・トンネルにおけるLED 照明技術の円滑な導入を図り、道路・トンネル照明の省電力化及び維持費低減を図ることを目的としている。

本稿は、従来方式照明と今回新たに整備したLED方式のトンネル照明設備について比較を行い、設置などに係わるイニシャルコストと、照明に要する電力費などに係わるランニングコストを合わせたライフサイクルコスト(以下「LCC」という。)の縮減効果を確認するものである。

2. トンネル照明設備の構成

トンネル内に設置される照明設備は、おおきく基本部照明と入口部照明に分類される。(図-1)

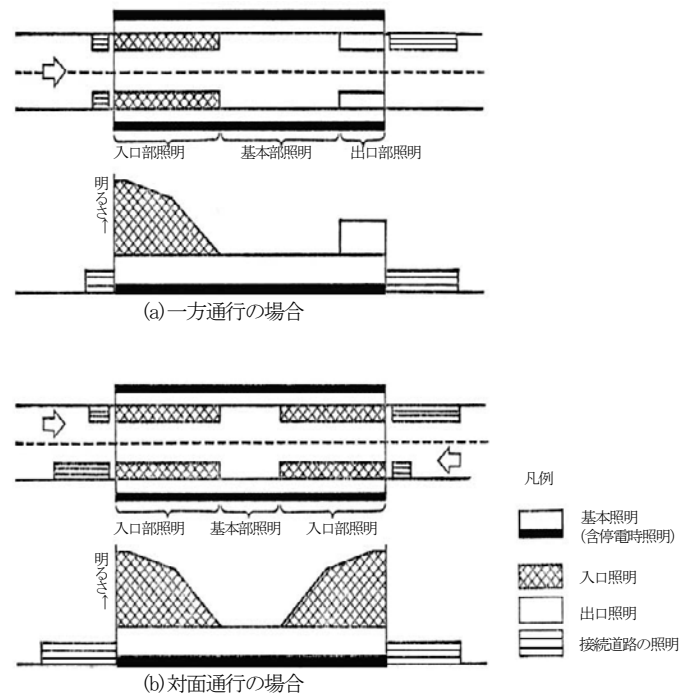


図-1 トンネル照明の構成例

(1) 基本部照明

基本部照明は、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に必要な明るさを確保するための照明であり、トンネル内に灯具を一定間隔

に配置する。

交通量が低減する深夜においては、基本部照明の路面輝度(路面の明るさ)を低減することができるため、半分程度の輝度に調光している。ただし、非常駐車帯部の照明については、待避場所及び待避中車両の存在を認識させるためにも深夜調光を行わない。

(2) 入口部照明

入口部照明は、日中の明るい時間帯において、運転者がトンネルに接近してくる際に生じる急激な輝度の変化と、トンネル進入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り、基本部よりも数倍明るい路面輝度が必要となるため、光束(光源の明るさ)の大きい照明器具を短い間隔で配置している。

また、晴天や曇天など野外輝度の変化に応じて輝度を変化させている。

なお、入口部照明が必要のない夜間は消灯している。

3. コスト比較条件

北海道横断自動車道浦幌IC～阿寒IC間のうち、釧路開発建設部施工分の14トンネル(表-1)の照明設備について、LED方式と従来方式のコスト比較を同一設計条件において行う。



図-2 北海道横断自動車道(施工中区間)の概要



図-3 トンネル概要

Yasuaki Karino, Takahiro Seki, Kiyoshi Higuchi

表-1 比較対象トンネル一覧

トンネル名	延長(m)	等級
小音別トンネル	190	D
衆音別トンネル	344	C
軽満トンネル	2,004	B
白涼トンネル	516	C
カラ里トンネル	3,016	A
カラマントンネル	145	D
カラマン別トンネル	520	C
白音トンネル	714	B
大曲トンネル	896	B
縫別トンネル	499	C
鍛高トンネル	2,383	A
上庶路トンネル	758	B
庶路トンネル	2,265	A
阿寒トンネル	1,173	B
合計	15,423	

今回、LED方式と比較する光源は、従来方式で優位とされたセラミックメタルハライドランプ(以下「セラメタ」という。)とした。

双方の特徴は表-2のとおりで、LED方式は寿命や始動性能に優れていることが分かる。

表-2 トンネル照明の特徴

方式	従来方式 (セラメタ)	LED方式
器具形状		
光色 (色温度)	温白色 (3,500K)	昼白色 (5,000K)
光源の形状	大きい	小さい
始動時間	やや時間を要す	瞬時
再始動時間	やや時間を要す	瞬時
寿命	24,000時間	90,000時間

また、双方のトンネル照明器具は規格化されておらず、製造メーカーにより灯具性能や配光特性等が大きく異なるため、今回の比較にあたっては工事で採用された納入メーカーの金額・仕様において比較・金額算出を行っている。今回の設計条件は次のとおりである。

※設計条件

設計速度70km/h、保守率0.65、平均路面輝度1.6cd/m²(交通量低減有)、総合均斉度0.4以上、車線軸均斉度0.6以上、視機能低下グレア15%以下

4. イニシャルコスト比較

初期設備費として、ランプ・器具・安定器・取付金物などの各材料費を積み上げ、施工費については土木請負工事費積算基準により計上を行う。

(1) 基本部照明

基本部照明については、比較の結果、図-4に示すとおりLED方式の方が安価であり、トンネル延長が長いほど優位となる傾向がある。

照明器具単体での初期設備費はLED方式が高価となるが、従来方式と比較して広配光化が図られ、照明の設置間隔を広げることが可能であるため、器具台数の減少によってトンネル延長に応じて縮減金額が大きくなること分かる。

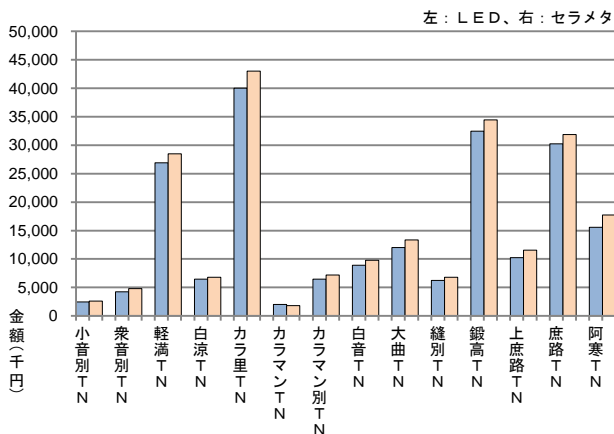


図-4 イニシャルコスト(基本部照明)

従来方式の照明器具は、ランプの光を反射板で拡散させる配光制御であるため、照明器具の直下が明るくなり輝度ムラになる傾向にあるが、LED方式では光源となるLED素子が多数存在し、さらに個々のレンズにより光の拡散などの制御をきめ細かく行えるため器具間隔を広げることが実現された。

これにより輝度均斉度（路面の輝度ムラ）の設計条件を満足しつつ、基本部照明の取付ピッチを約15mから18mへと広げ、照明器具設置台数を約17%削減することが可能となった。（表-3）

表-3 基本照明台数(14トンネル合計)

	従来方式	LED方式	増減
基本照明取付ピッチ	約 15m	約 18m	約+3m
基本照明器具数	1,105 台	918 台	-187 台 (-17%)

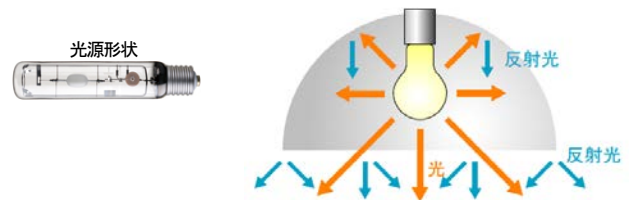


図-5 従来照明の光源イメージ図

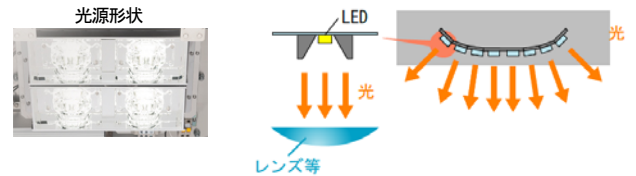


図-6 LED照明の光源イメージ図

(2) 入口部照明

入口部照明については、図-7に示すとおり延長にかかわらず全てのトンネルにおいてLED方式の方が高価である。

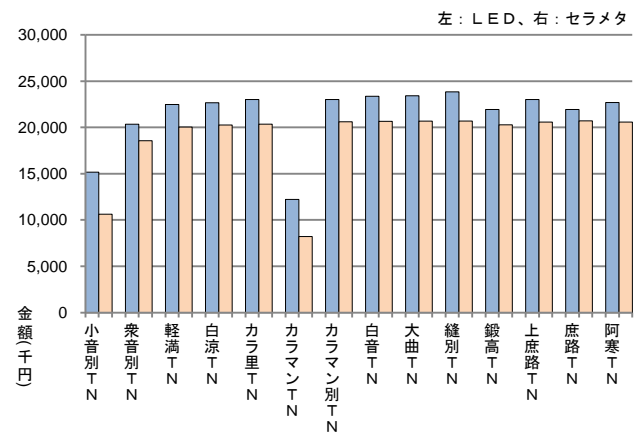


図-7 イニシャルコスト(入口部照明)

これは前述のとおり入口部には基本部照明よりも高輝度な照明が求められ、高光束光源に対応したLED照明器具が普及していないため、器具単価が割高となっている事が要因と考えられる。（表-4）

表-4 器具単価

	従来方式	LED方式	増減
基本部照明	約 120 千円	約 140 千円	約+20 千円 (+16%)
入口部照明	約 130 千円	約 200 千円	約+70 千円 (+53%)

また、入口部照明の設置延長や器具台数は、設計速度や野外輝度によって決定されるため、ほぼ同条件で設計されている今回のトンネル群では、各トンネルにおける価格の差は概ね一定である。

(3) イニシャルコスト比較結果

各トンネルの内訳では、基本照明の割合が高くなるにつれLED方式の優位性が高まる傾向にあり、今回の施工ではトンネル延長で概ね2,200mを超えると従来方式を逆転できることが分かる。(図-8)

全体的にはLED方式の方が高価であるが、その差は14トンネルの金額割合で4%程度と僅少であることがグラフより読み取れる。(図-9)

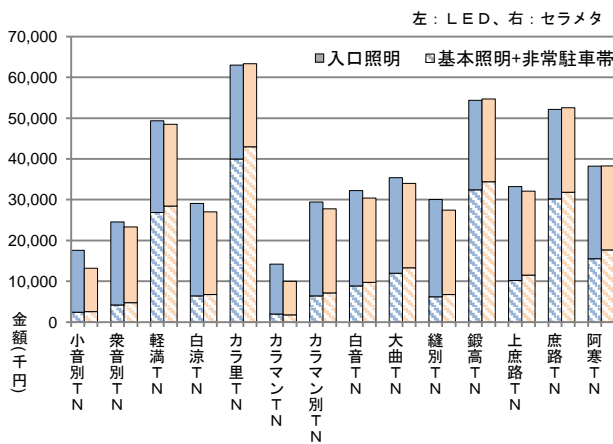


図-8 イニシャルコスト(合計:トンネル別)

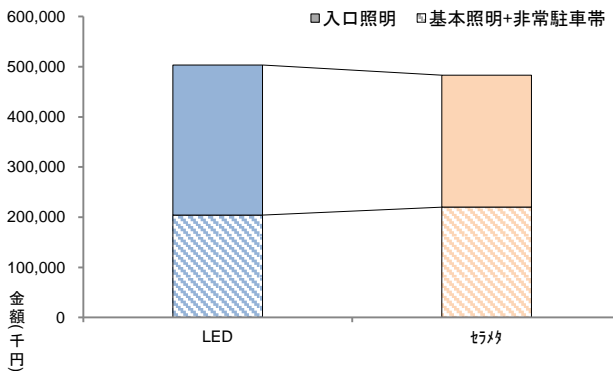


図-9 イニシャルコスト(合計:器具別)

(1) 比較結果

電力費、保守費、更新費について比較してみると、いずれもLED方式が優位であることがわかる。また、この傾向は初期設備費と同様にトンネル延長が長いほど縮減効果大きいことがわかる。(図-10)

照明設備全体で15年間のランニングコストは、従来方式と比較した場合、約45%の縮減効果がある。(図-11)

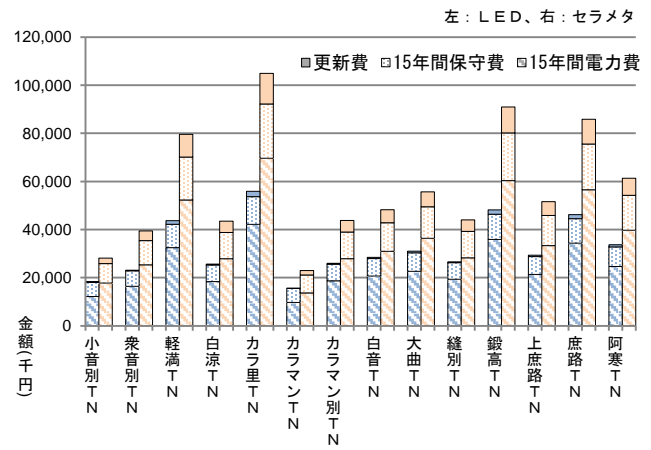


図-10 ランニングコスト(合計:トンネル別)

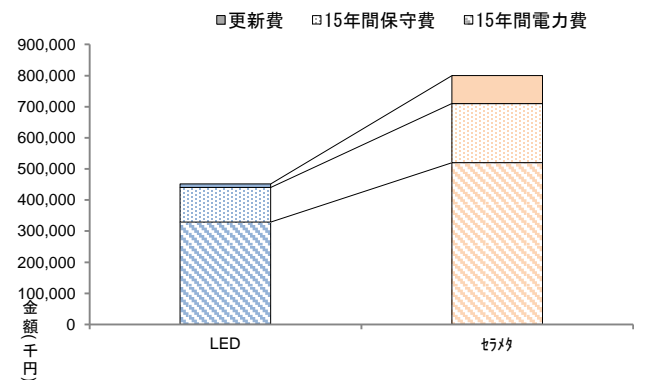


図-11 ランニングコスト(合計:器具別)

5. ランニングコスト比較

ランニングコストは、照明点灯に必要な年間電力費、年点検やランプ交換に要する年間保守費、安定器(電源部)等の更新費の3要素で構成される。ランニングコストの算出期間については、道路・トンネル照明器材仕様書で示されているトンネル用照明器具の耐用年数である15年としている。

電力費は、北海道電力(株)の業務用電力の値を使用し、ランプ等の寿命は納入メーカーの推奨値として算出する。また、その他の交換部品の耐用年数の考え方はガイドラインを準拠し、交換に要する材料費や労務費の将来的な価格変動については考慮していない。

(2) 電力費の縮減効果

トンネル照明をLED方式へ変更したことにより、照明設備にかかる電気料金は約40%削減されることになる。北海道横断自動車道(今回施工区間)における消費電力量のうち照明設備は全体の2割程度を占め、大きな消費要因の1つとなっているため、LED方式導入による”節電”効果は大きい。

また、北海道電力(株)の平成25年度実績に基づく温室効果ガス実排出係数より求めたトンネル照明設備の二酸化炭素(CO2)排出量については、従来方式の約879t/年に対し、LED方式では約519t/年となるため、15年間では約5,400t程度のCO2削減量が見込まれる。これは年間平均で4,758kg(2010年度)を排出する一般家庭約1,135世帯分

に相当し、地球温暖化防止への貢献も期待できる。

(3) 電力費の妥当性

ランニングコストのうち半分以上の割合を占める電力費について、机上計算ではメーカー性能確認資料の消費電力値を採用し電力費を算出しているが、その妥当性を確認するために今回工事において整備した1トンネル(大曲トンネル)を抽出し、照明設備にかかる電流値を実測・比較を行った。

それぞれの各点灯モードについて、机上計算と手動制御による測定結果を比較したものが次のグラフ(図-12)であり、概ね電流値が一致しており計算値が妥当であることが確認できる。

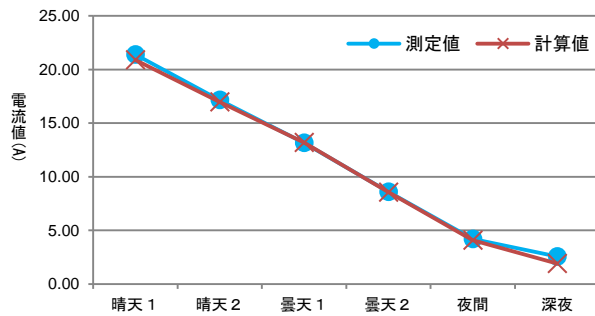


図-12 照明設備電流値比較(大曲トンネル)

6. ライフサイクルコスト(LCC)の縮減効果

今回、新たに整備したLED方式のトンネル照明設備について、LCCが従来方式照明と同等程度以上の経済性を発揮していることを確認するための比較を行った。

結果、イニシャルコストでは従来方式の方が僅かに優勢であるがランニングコストではLED方式が大きく上回るため、LCCにおいてはトンネル延長に関わらずLED方式が優位であることが確認できる。(図-13)

また、各トンネル延長毎にLCCを比較すると、施工規模が大きくなるにつれLED方式のLCC縮減率が大きくなる傾向であることが分かる。(図-14)

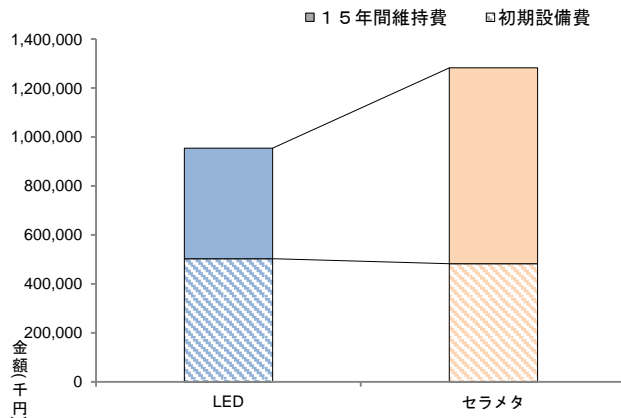


図-13 LCC(合計)

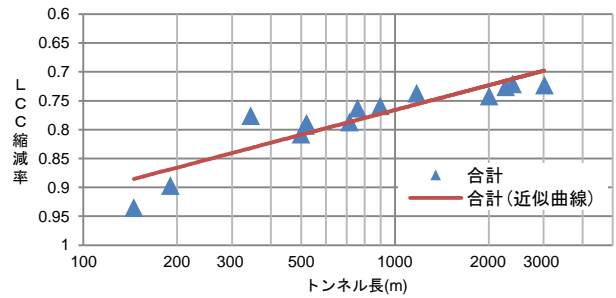


図-14 LCC縮減率(LED/セラメタ)分布図

トンネル群(14トンネル、総延長約15.4km)全体LCCとしてはLED方式が約26%程度安価となり、従来方式と比較してコスト縮減効果大きいことが分かる。

7. おわりに

トンネル照明に限らず、LED照明は器具への実装技術、放熱設計技術の進展など、今後も消費電力の低下や普及促進による価格低下が進み、LCC算定においてますますLEDの優位性が高まると考えられる。

また、消費電力の抑制が社会的要請となっているほか、今後の化石燃料の価格動向や再生可能エネルギーの導入などにより電気料金の上昇が見込まれるため、消費電力を抑える事が出来るLED照明採用の効果は大きい。

今後の主力光源として期待されるLED照明であるが、長期の設備運用、最適な照明環境を確保するためのメンテナンス手法について整備される事が求められる。

参考文献

- 1) 平成19年 9月 道路照明施設設置基準 国土交通省
- 2) 平成19年10月 道路照明施設設置基準・同解説 (社)日本道路協会
- 3) 平成20年改訂 道路・トンネル照明器材仕様書 (社)建設電気技術協会
- 4) 平成23年 9月 LED 道路・トンネル照明導入ガイドライン (案) 国土交通省
- 5) 平成26年度 土木請負工事工事費積算基準 国土交通省
- 6) 環境省：平成25年度の電気事業者ごとの実排出係数・調整後排出係数等の公表について
<http://www.env.go.jp/press/press.php?serial=19006>
- 7) JCCCA 全国地球温暖化防止活動推進センター：家庭部門における二酸化炭素(CO2)排出の動向
http://www.jccca.org/home_section/homesection01.html
- 8) 北海道電力(株)：電力契約標準約款(高圧) [平成26年11月1日実施]
- 9) 岩崎電気(株)：製品カタログ