

6. 照明車のLED化検討について

国土交通省四国地方整備局四国技術事務所 ○ 竹内 伸一
大林 智仁

1. はじめに

現在、照明車に搭載されているメタルハライドランプは、現場作業のための光量としては十分であるが、操作性（点灯、再点灯までの所要時間等）にいくつかの改良すべき事項が指摘されている。また、ランプ自体の生産量が減少傾向にあり、将来的な資材調達においても不安がある。

更に、照明車の投光器付近には、被災状況や復旧作業を把握するために CCTV カメラが装備されているが、カメラの遠隔操作ができないことから、現地職員が操作を行う必要があり、作業負荷の軽減を図るためには、遠隔操作の機能を付加する必要がある。

本報告は、これらの課題を改善するため、照明灯具のLED化、CCTVカメラの遠隔操作化について内容を検討し、その機器仕様を以下のとおりとまとめたものである。

2. 検討概要

『照明灯具のLED化』と『CCTVカメラの遠隔操作化』の2項目について以下のとおり検討を行った。

2.1 照明灯具の LED 化の検討

1) 利用可能な市販 LED 照明灯具の検討

既存照明車の設計根拠を整理し、市販されているLED照明灯具の性能、耐久性及び維持管理項目等を調査し、照明車に搭載可能な照明灯具について照度分布等のシミュレーションを行った。

また、照明灯具の上記検討結果を踏まえ、発電機容量等、機器仕様を整理した。

a) LED 照明灯具の調査

LED 照明灯具の調査結果は表-1 のとおりであり、既存のメタルハライドランプに比較して、消費電力は大きく軽減されるが、器具光束が最大 45%程度減少することが判明した。

表-1 適用可能な LED 照明灯具度一覧

メーカー名	メタルハライド ランプ投光器	岩崎電気(株) LED投光器	コイト電工(株) LED投光器	東芝ライテック(株) LED投光器	四国計測工業(株) LED投光器
外観					
消費電力	2.0kW	1.24kW	1.065kW	1.20kW	1.23kW
器具光束	200,000lm	130,000lm	107,000lm	130,000lm	118,000lm
発光効率	83lm/W	105lm/W	98.6lm/W	108lm/W	96lm/W
演色性	Ra94	Ra80	Ra80	Ra80	Ra90以上
寿命(時間)	12,000時間	40,000時間	40,000時間	40,000時間	60,000時間
灯具重量(電源重量)	19kg(25kg)	18.5kg(25kg)	24kg(3kg)	23kg(7kg)	8.6kg(8.5kg)

b) LED 照明灯具架装時の課題等の確認

各 LED 照明灯具の重量、風荷重（受風面積）を確認し、結果は表-2 のとおりであった。製品によっては、最大 20% 程度、受風面積が増大するが、既存の投光器の構造で、問題がないことが確認された。

2) LED 灯具の照度性能の比較検証

LED 照明灯具がメタルハライドランプと同等以上の照度性能を有しているか比較検証するため、既存照明灯具の照度実測定結果とLED 照明灯具での照度シミュレーション（図－１）及び実証実験を行った。

両照明灯具とも現行の国土交通省建設機械購入仕様基準（以下「建仕」と呼ぶ）に規定される照明性能「幅 50m で 75lx」を満たしており、平均照度、最小照度、最大照度において LED 照明灯具は、メタルハライドランプの測定値と遜色なく、表-3 のとおり LED 照明灯具の性能が上回っているものもあった。

a) 実証実験

LED 照明灯具を搭載した照明車（以下「LED 照明車」と呼ぶ）の基本的な照明特性の評価，操作性の確認，課題の抽出，照度計測方法の確立を目的とした実証実験を実施した。

種別	メーカー名	灯具寸法	受風面積	重量	
				灯具	安定器/ 電源装置
LED	メタルハラ イドランプ	東芝ライテック φ 461mm×450 mm	0.17m ²	19kg	24kg
		岩崎電気 φ 461mm×358 mm	0.17m ²	18.5kg	12.0kg
		東芝ライテック φ 500mm×350程度	0.2m ²	23.0kg	7.0kg
		コイト電工 φ 400 mm×455mm×360 mm	0.18m ²	21.0kg	7.0kg
		四国計測工業 φ 370mm×450	0.11m ²	8.6kg	8.5kg

表-2 照明灯具寸法・受風面積一覽

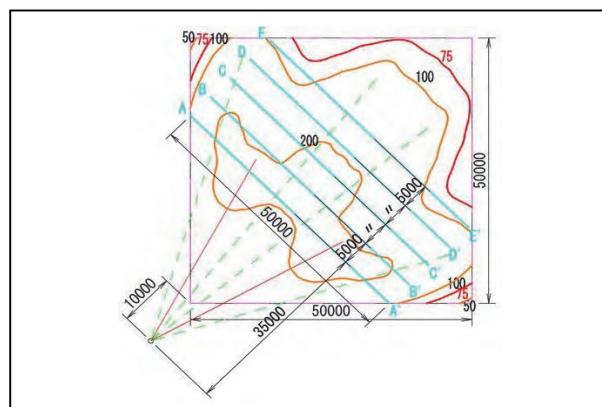


図-1 照度シミュレーション検証例 (LED 照明灯具)

表ー3 メタルハライドランプと LED 照明灯具の実測値比較

灯具種別		メタルハライド	LED	備 考
灯具高		20m		
演色性		94	90	▲ 4.3 ポイント
平均照度 (lx/m ²)	平均	117.4	132.7	+13.0 ポイント
	最小	106.1	125.7	+18.5 ポイント
	最大	129.6	139.7	+ 7.8 ポイント
最小照度 (lx)	平均	22.5	23.6	+ 4.9 ポイント
	最小	19.0	23.2	+22.1 ポイント
	最大	27.0	24.0	▲11.1 ポイント
最大照度 (lx)	平均	218.6	335.5	+53.5 ポイント
	最小	194.0	297.0	+53.1 ポイント
	最大	255.0	374.0	+46.7 ポイント

※ は、実測値が低い値を示す。

【実験項目】

・照度分布（水平面）

LED 照明車設置面における水平面照度を測定し、照度分布シミュレーション結果との整合性を確認。

・演色性（視認性）

分光放射照度計で「平均演色評価数」,「色温度」を測定し、肉眼でも確認。

・通信機器への影響

LED 照明灯具が原因となる無線 LAN や各種ケーブル(有線)へのノイズ発生等を確認。

①水平面照度分布の測定結果

水平面照度を測定した結果、図ー2 の枠内において建仕の要求性能である幅 50m で 75lx 以上を確保できるエリアが確認できた。

50m	34	45	54	60	61	58	52	46	40	34	30
45m	47	63	75	80	81	73	64	56	48	41	34
40m	61	90	105	109	105	91	80	67	56	48	40
35m	74	128	142	151	151	116	97	79	67	56	46
30m	132	177	193	192	165	145	115	98	81	64	52
25m	173	240	256	234	206	168	144	117	91	73	59
20m	196	279	297	275	243	205	165	132	106	81	62
15m	176	242	274	290	277	236	193	152	119	80	60
10m	175	202	220	271	295	285	194	142	104	75	54
5m	209	229	200	239	277	239	196	127	88	61	44
0m	125	209	175	176	196	172	131	81	65	46	33
光源	0m	5m	10m	15m	20m	25m	30m	35m	40m	45m	50m

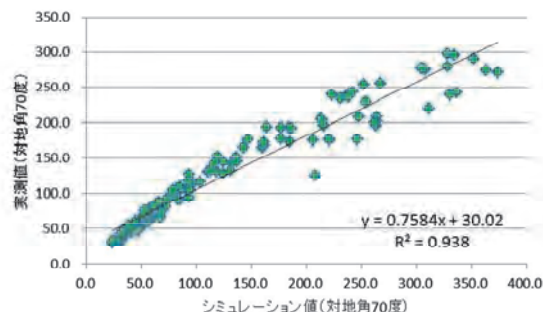
図ー2 照度分布の測定結果 (LED 照明灯具)



写真ー1 水平面照度分布の測定状況

②シミュレーション結果との整合性確認

実証実験で測定した照度とシミュレーション結果との整合性について、「測定値による相関分析」を行った。その結果、相関係数は対地角 70 度の条件において、「0.938」であり高い相関が有り、シミュレーション結果との整合性を確認した。



図ー3 対地角 70° の場合の相関図

更にシミュレーション結果や配光角等から、各社が建仕の要求性能を満たす範囲について、照射面中央付近に「75lx で 50m 幅」の照射エリアを確保していることが判明した。

③演色性・色温度の測定結果

・全ての測点で「Ra90 以上」の平均演色評価数であることを確認した。また、肉眼による色見本でも確認した。

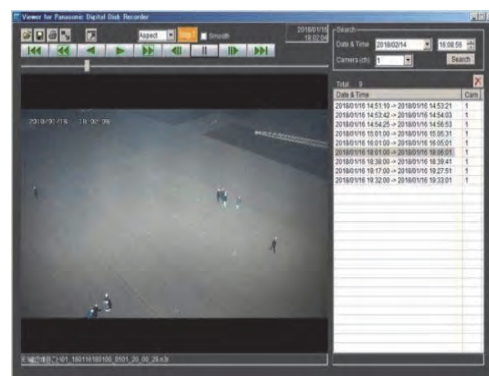
・色温度は「4750K ～ 5030K」と「昼白色」に近く、問題なし。

50m	95	95	95	95	95	95
40m	95	95	95	95	94	95
30m	95	95	95	95	94	94
20m	95	95	94	94	94	94
10m	95	95	94	94	94	94
0m	94	95	94	94	93	94
光源	0m	10m	20m	30m	40m	50m

④ノイズ測定結果

図ー4 演色性の測定結果

監視カメラの映像に「画像のちらつき」や「フリーズ」はなく LED 照明灯具に起因するパケットロスも発生しなかったことから照明灯具として支障はない。



写真ー2 映像データの確認状況

3) 建仕及び購入仕様書(ひな形)に記載する照明性能 (以下「照度」と呼ぶ) の評価基準(案)の設定

現行の建仕では、照度分布の条件として「50m 幅の水平面照度が、75lx 以上であること」と示されているが、その範囲について示されてはいない。

本項では、照明車が具備すべき「水平面照度分布範囲」及び「鉛直面照度分布範囲」について、現地での運用実績を考慮した仕様を検討した。

- ①排水ポンプ車設置時における照射範囲の想定
排水ポンプ車（30m³級）のポンプ6台を設置し、1本あたり2m設置幅を要するため12m程度の奥行きが必要であり、またホース1本当たり延長が50mであることから、 $w=12m \times L=50m$ の水平面照射範囲を想定する。

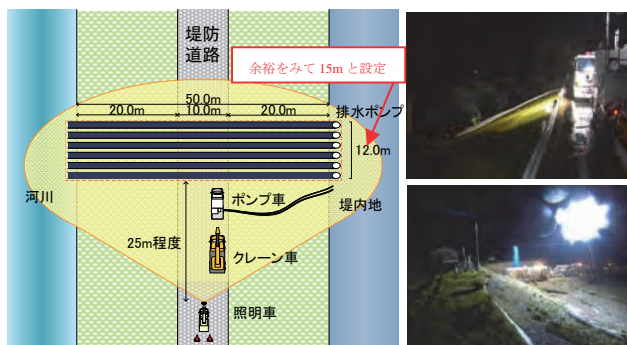


図-5 規定水平面照度を要する範囲（河川の場合） 写真-3,4 出動状況（河川）

②道路での最大照射距離の想定

今回確認できた照明車出動実績では、照射高さが平均で GL+11m 程度、最大で GL+25m 程度である。法勾配を1割と想定すれば、光源からの照射距離は45m程度となり、これを最大照射距離と想定する。

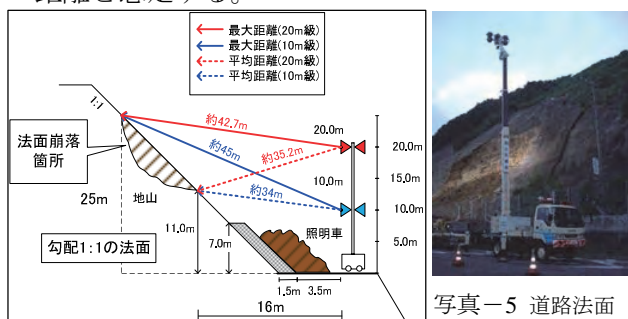


図-6 鉛直面照度分布の範囲（道路の場合） 写真-5 道路法面崩落時の出動状況

4) 照明車の性能仕様の数値基準

今回のシミュレーション結果等をもとに、現在の建仕の要求性能「75lx 以上が幅 50m にわたり確保できる照度」に加えて、性能を容易に検証できる数値基準を以下のとおり追加して明示することとした。

【要求性能】光源の鉛直下方投影位置から照射目標位置までの水平距離を明示するとともに目標位置での照度確保（75lx）範囲を明示する。

項目を追加した事由は以下のとおりである。

①夜間の安全・適確な作業の支援

光源高さを GL+約 20 又は約 10m とした鉛直面への水平方向照射の照度を 100 とすると、光源を同位置にした地表面照射の場合の地面照度は、1/2～1/3 程度となるため、夜間の安全・適確な作業を支援するためにも照射範囲の設定が必要である。

②検証する照射距離と照度について

《照射距離》河川、道路の現地利用実態から対象物までの照射距離は水平距離で概ね 40～45m までであること。

《照度確保》上記①のとおり、水平面で必要照度が確保できれば、鉛直面では水平面以上の照度を確保できること。

《照度確保範囲》照度確保には不利な下方水平面照射の利用が多い河川現場のケースを準用して、40m 前方で奥行き 15m の範囲で照度を確保できること。（図-5 参照）

【採用する数値基準】

「75lx で 50m 幅」を検証する光源の設置位置は光源高さを地表面から照明装置を最高位置（ブーム高が最高時）とし、かつ鉛直下方投影位置から照射目標位置までの水平距離 40m とする。また、「水平面照度」で「75lx」を検証することを明記する。

なお道路法面においては、被災状況に応じて照射範囲が変化するとともに、照射対象が上方となった場合は、照明灯具の性能よりも照明灯具の設置条件の方が支配的であることから上記条件でも不適な場合があり注意を要する。

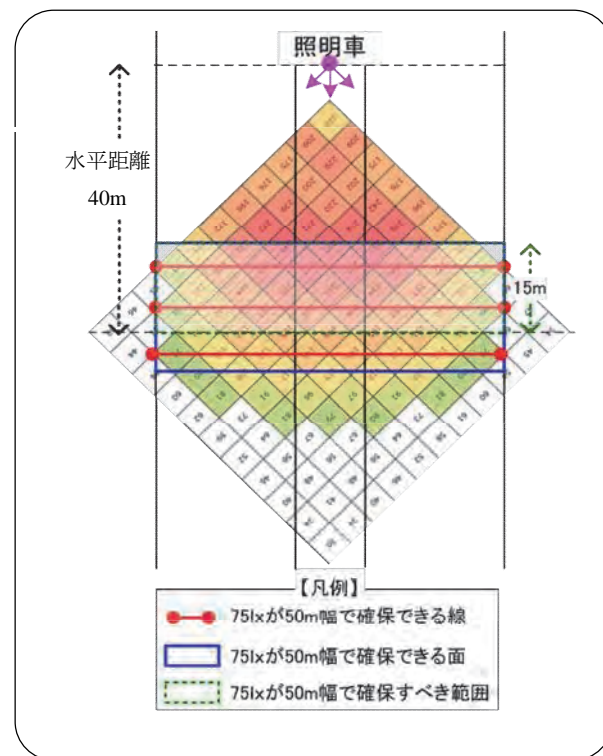


図-7 水平面照射時の照射距離

5) 機器仕様の整理

- 発電機容量はLED化により、発電機がコンパクト化(25kVA→13kVA)できる。
- 運転時間あたりの燃料消費量が40%軽減できることから燃料タンクをより小型化できる。
- 照明灯具のLED化により維持経費を20%縮減できる。

表-4 機器仕様の整理 (変更点のみ)

項目	見直し前	見直し後
1. 性能		
照明灯全光束	1,200,000lm 以上	約642,000lm 以上
(1) 照明装置 1) 照明灯		
ランプ形式	メタルハライドランプ	LED式 (瞬時に再点灯可能なもの)
出力	2kW (200,000lm以上) × 6灯	1.0 kW以上 (107,000 lm以上)
安定器	ベース車両搭載方式 (低電力型6個)	—
灯具	—	屋外用防雨形 耐食仕様
照度分布	75lx以上で幅50m以上にわたり 確保できる照度分布とする。	ブーム高が最高時に鉛直下方 投影位置から照射目標位置 までの水平距離40m以上の位 置において、水平面照度75lx以 上で幅50mかつ奥行き15m以上 にわたり確保できる照度分布 とする。
(2) 発動発電機 1) 性能		
発電容量	25kVA以上	13kVA以上
(2) 発動発電機 2) 発電機用原動機		
燃料タンク容量	100L以上 (24h以上連続運転可能)	60L以上 (24h以上連続運転可 能な容量とし、燃料配管切替 装置等により車両用燃料タン クと共用できる構造)

2.2 CCTV カメラの遠隔操作化

市販システムをもとに、監視カメラを含めた機器構成を検討し、国土交通省にて適用可能な遠隔操作制御システム仕様の整理を行った。

1) 監視カメラの機器の検討

監視カメラは、既存システムの拡張として映像共有システムにて画像提供し、遠隔操作が可能な機器構成とした。

2) ネットワーク構成の検討

照明車に設置した CCTV カメラの映像を共有化できるようネットワーク構成について検討した。また非常時には照明車単独で出動し、ネットワーク接続も、その出動時のみの接続となることから、維持経費が安価で、かつセキュリティレベルが高い体系を選択すると、図-8のとおりとなる。

本システムが構築されれば、「災害対策本部」、「災害対策支部」より直接、監視カメラを遠隔操作することが可能となる。

また本システムであれば、他地整に派遣した場合でも「支援本部」又は「支援支部」への映像提供が可能となる。

3. まとめにあたって

今回取りまとめた照明車の架装機器仕様は国土交通省の建仕に反映する予定である。

また、監視カメラの遠隔操作化は、災害発生時の状況把握として有効な手段であり、システム導入にあたっては、その運用ルールを事前にとりまとめておく必要がある。

(謝辞) 今回の検討にあたりご協力いただきました関係各位には、この場をお借りして心からお礼を申し上げます。

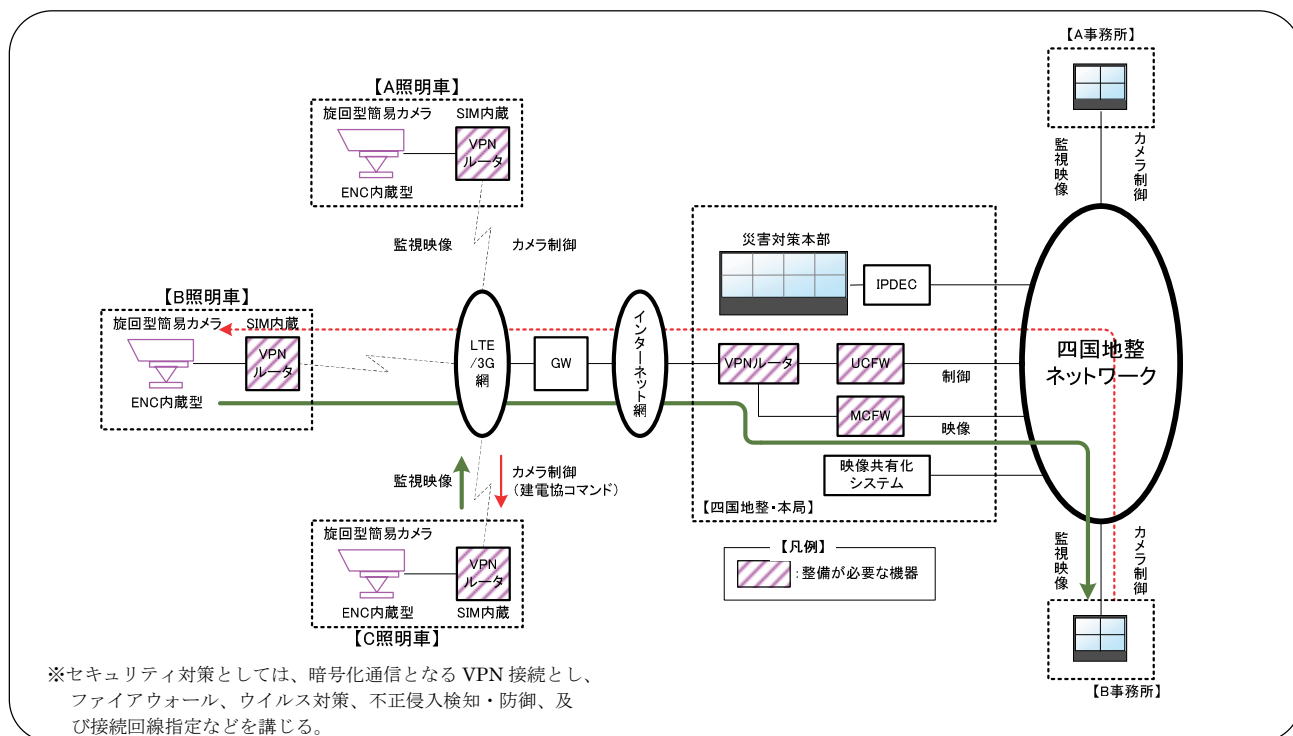


図-8 遠隔操作化するためのネットワーク構成