

# 3512 雪と雷に対する保護機能を有するLED踏切照明の検証試験

○中澤 均, 熊谷 明弘, 菊地 和行, 蜂谷 信悦, 小柴 浩明, 佐藤 裕樹, (東日本旅客鉄道株式会社)

林田 俊明 (三誠電気)

## Verification Test of LED Lighting with Protection against Snow and Lightning at Level Crossing

Hitoshi NAKAZAWA, Kumagai AKIHIRO, Kazuyuki KIKUCHI, Shinetsu HACHIYA, East Japan Railway Company.  
Hiroaki KOSHIBA, Hiroki SATOU, East Japan Railway Company.  
Toshiaki HAYASHIDA, Sansendenki Company

In the railroad crossing, a track and a road are plane intersecting places. The train driver runs it while always confirming that there is not a thing performing a hindrance in a railroad crossing. Therefore quick repair correspondence is demanded regardless of time and a place when railroad crossing lighting turns off the light. Based upon the foregoing, I did basic technology development about possibility of the railroad crossing lighting using the LED in 2008. I performed solution and the Verification Test of the problem that became clear on this occasion.

Keywords : Verification Test , LED Lighting, Snow , Lightning , Level Crossing

### 1. はじめに

踏切は、鉄道線路と道路が平面交差する場所であり、列車運転士は踏切上に列車走行に支障するものがないことの安全の確認を常に行いながら運転をしている。そのため、踏切照明が消灯した場合、時間帯、場所にかかわらず迅速な修繕対応が求められる。

以上のことから、平成20年度にLEDを使用した踏切照明の可能性について基礎技術開発をしたが、その際、判明した課題について、今回、課題解決と検証試験を行ったので、以下に述べる。

### 2. LED踏切照明の改良

#### 2.1 H20の課題の改良

H20の技術開発では主に照度の問題を課題として取り組んだが、導入するにあたっては以下に示す問題点が挙げられた。

- (1) 配光の指向性がまだ高い。
- (2) 雷サージに対する保護が完全ではない。
- (3) 降雪に対する検証試験がまだ完全ではない。

これらについての検討を行った。

#### (1) 改良案とその方向性について

基礎技術開発試作品(以下、従来品)のレンズ付LEDを用いたLED照明は水銀灯照明と比較すると照度が高く踏切内の照射範囲もある程度確保でき明るい。指向性が高く水銀灯のような光の拡散状態とはならなかった。従来品では狭角・広角型のレンズ付LEDを組合せて光を拡散させる方法をとっていたが、今回、指向性の改善のた

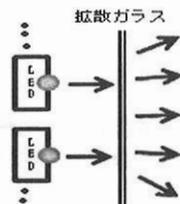


図1 改良案

Fig. 1 Improved plan

めに図1に示すようにLEDを複数並べ、その前面に拡散ガラスを配置したことで単一光源を見かけ上大きくし、光をより広範囲に照射できるように工夫をした。

#### (2) 雷対策について

LED照明の弱点としてLEDや駆動電源は、半導体を多く用いていることから過電圧に対し耐性が強くないことが挙げられ、これに直結する一番の問題として雨季に多い誘導雷サージによる絶縁破壊が考えられた。この対策として、サージプロテクタ(SP)によるサージ軽減の有効性を検討した。試験内容についてはJIS C 61000-4-5に準拠し、試験レベルの設置クラス4で線間2[kV]、対地間4[kV]にて雷サージ試験を行うことを検討したが、導入地域に雷の通り道が存在することを考慮し、クラスを任意指定のXで15[kV]までの印加電圧で検証試験を行うこととした。雷サージ試験の結果を表1に示す。この結果から15[kV]の耐雷サージに耐えられることが分かった。

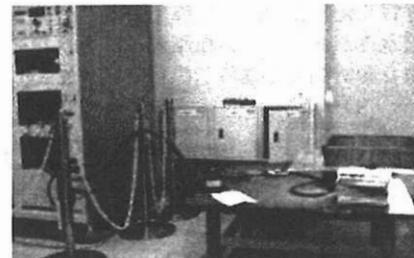


写真1 雷サージ試験

Photo.1 Lightning surge test



の降雪に対し基本的にLED照明が熱放散をあまりしないことから、灯具頭部の積雪が解けない可能性が考えられた。これが成長すればだるま状に灯具に雪が積もり照度や構造に大きな影響を与えてしまう。仮にこれを改善するような融雪ヒーター等を考えても、LED照明に用いられる駆動電源が温度変化の影響を受けやすいこと、本体の大きさ・重量が大きくなるため現実的ではない。このことから、以下の内容について試験を行うことにした。

- ・ 積雪は常に1m未満であること
  - ・ 晴天時に融雪効果があること
- 雷対策については、実際の雷の通り道に設置し、以下の内容について試験を行うことにした。

- ・ 発雷によって不点しないこと
- ・ 器具の損傷がないこと

照度については、従来よりも指向性が高くなりグレアが増すことが考えられ、積雪時と通常時でも照度変化があると予想された。このことから、以下の内容について試験を行うことにした。

- ・ 照度分布測定を行い、灯具から半径9m未満で7[lx]以上の照度を確保すること
- ・ 季節で照度が大きく変化しないこと

試験地域は年間降雪量と雷の道を考慮して山形県米沢市で降雪による影響、山形市では雷による影響の検証と照度変化についてフィールド試験を行った。

照度変化については、外部からの影響を受けないこととLED踏切照明の基礎的な照度分布を得たことから単線箇所を仙山線から4踏切を選定した。また、試験期間は降雪と雷雨の時期を含む2011年12月15日から2012年9月30日とした。以上の測定内容をまとめたものを下表に示す。

表4 LED踏切照明試験内容

Table 4 Test contents of the LED crossing lighting

試験箇所	年間降雪量 [cm]	試験内容		
		降雪	雷	照度
山形市 (仙山線)	414 <sup>※1</sup>	○	○	○
		○	○	○
		○	○	○
		○	○	○
米沢メンテナンスセンター	974 <sup>※1</sup>	○	○	○

※1 気象庁 DB から転載

### 3.2 試験品について

試験品は全部で4タイプとし、以下に各々の構造を示す。図7はタイプ①の構造を示し、従来品とは異なり、LEDモジュールに反射鏡を取付けたものを6個配置しその上に拡散タイプの強化ガラスを置く構造となっている。これによってLEDモジュールからの光を単一光源とせず均等に拡散させ、指向性を弱めることで光をより広範囲に照射できる構造としている。また降雪を考慮して雪避けにはフッ素樹脂焼付け塗装を施し、雪が落ちやすいよう三角型の屋根に変更したものとされている。

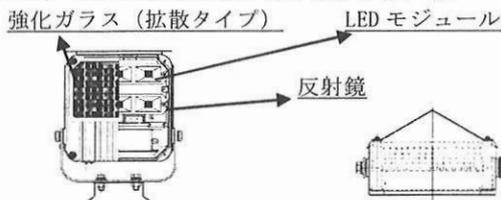


図7 タイプ① (ELL05A-W)

Fig. 7 Type 1

図8は駅構内灯や街路灯として用いられている灯具である。屋根の形状は円盤型となっており、積雪の具合、配光を含め踏切照明に適用できるか否かを検証した。



図8 タイプ② (JRB-157TS)

Fig. 8 Type 2

図8、図9は過去に開発した高輝度LED照明の内部レンズLEDユニットの配置は変更せず灯具の形状をかまぼこ型からそれぞれ台形型と三角型の屋根に変更したものとされており、タイプ4については三角屋根の効果をより大きくするためにフッ素樹脂焼付け塗装を施した。

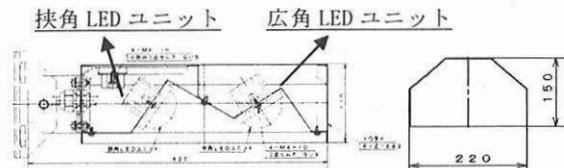


図9 タイプ③ (Y-311606)

Fig. 9 Type 3

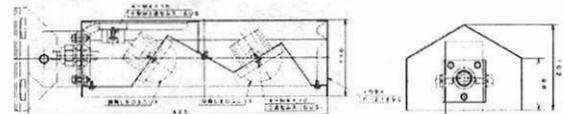


図10 タイプ④ (Y-311651)

Fig. 10 Type 4

また、各試験品の種類と取付箇所は表5のようにになっている。

表5 照明の種類

Table 5 Kind of the lighting

踏切名	十文字西	東山街道	谷地第一	谷地第二
灯具種類	タイプ① ELL05A-W	タイプ② JRB-157TS	タイプ③ Y-311606	タイプ④ Y-311651
形状	三角型 (撥水)	円盤型	台形型	三角型 (撥水)
記事	従来品 改良	構内灯	従来品	従来品

※米沢メンテナンスセンターにもタイプ①～④を設置

### 3.3 試験開始時の照度と範囲

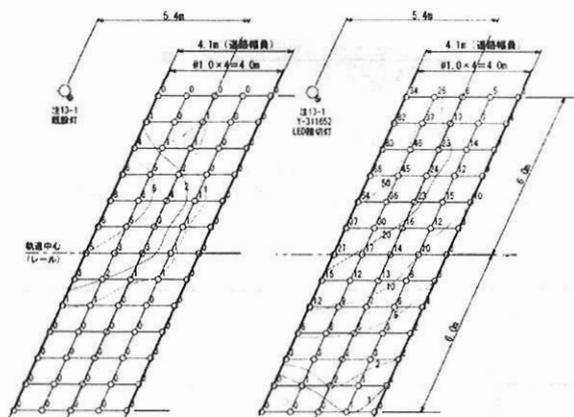
実際に踏切に施設したLED踏切照明の基礎的照度を得るために照度分布の測定を行った。また既設水銀灯の照度分布を測定し配光比較を行うこととした。各灯具の敷設状況と照度分布測定結果をそれぞれ図11～図15と写真2～5に示す。

タイプ①については配光曲線及び写真を見ると指向性が抑えられ光が均等に拡散しているのが分かる。照度を水銀灯と比較するととても明るく、照射範囲も灯具中心に半径約9mの広範囲に光が照射されているのが見られ



写真2 十文字西踏切 (タイプ①)  
Photo.2 Juumonjinishi crossing

た。配光の具合も類似していることから、タイプ①は水銀灯よりも広範囲・高照度の照明であることが言える。



(a) 水銀灯 (2011/12/13) (b) タイプ① (2011/12/15)

図 11 十文字西踏切  
Fig.11 Juumonzinishi crossing

タイプ②については、水銀灯とは異なり配光が全体的に右側に寄っており、直下の照度に関して言えばとても高い照度を有するが、踏切全体をカバーしきれていないのが見られた。ホームや歩道など数メートルの幅を縦長に照らす場合にはとても適していると考えられるが、灯具の位置や踏切幅が異なる種々の条件下では使用が難しいと考えられる。

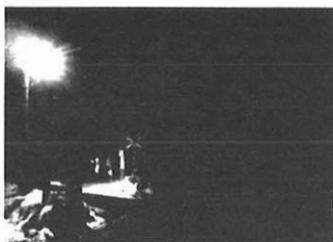
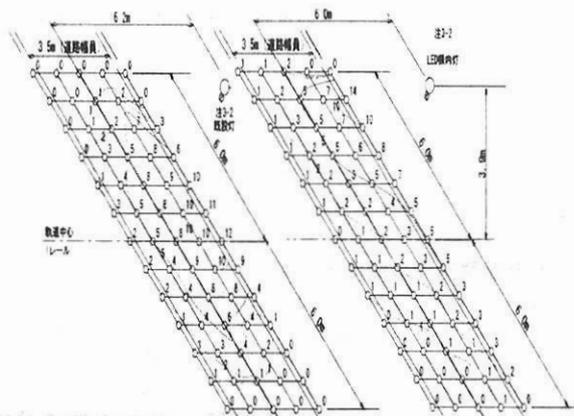


写真 3 東山街道踏切(タイプ②)  
Photo.3 Higashiyamakaidou



(a) 水銀灯 (2011/12/13) (b) タイプ② (2011/12/15)

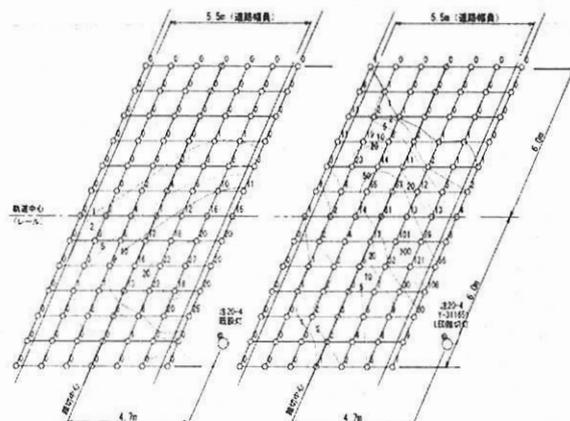
図 12 東山街道踏切  
Fig.12 Higashiyamakaidou crossing

タイプ③、④については配光曲線及び写真を見て分かる通り、灯具方向の延長線上に照度が集中しとても指向性が高い配光となっているのが分かる。例えばタイプ②について見ると最大照度は水銀灯の 25[lx]と比較して 121[lx]でありとても明るい。しかし、明暗の差が大きく単純に見れば一部しか明るくないと感じるため広範囲を

照射するといった場合にはあまり適さないと考えられる。

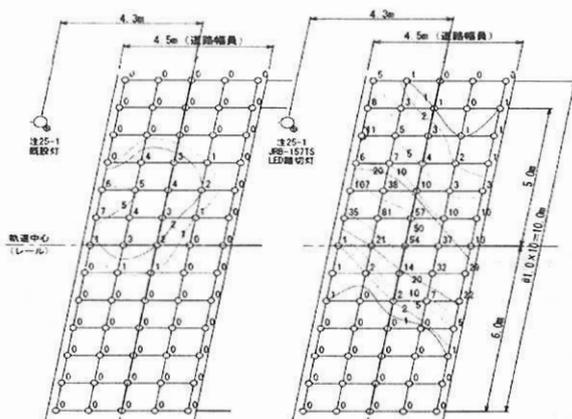


写真 4 谷地第一踏切写真 (タイプ③) 写真 5 谷地第二踏切 (タイプ④)  
Photo.4 Yachidaichi crossing photo.5 Yachidaini crossing



(a) 水銀灯 (2011/12/9) (b) タイプ② (2011/12/15)

図 13 谷地第一踏切  
Fig.13 Yachidaichi crossing



(a) 水銀灯 (2011/12/9) (b) タイプ③ (2011/12/15)

図 14 谷地第二踏切  
Fig.14 Yachidaini crossing

### 3.3 照度分布の季節比較

照度は季節特有の積雪や温度により変動することが考えられる。そこで、降雪があり寒い2月と通常期である5月に再度照度測定を行いその変動範囲を確認した。ここでは例として、十文字西踏切に施設したタイプ①について比較を行うことにした。

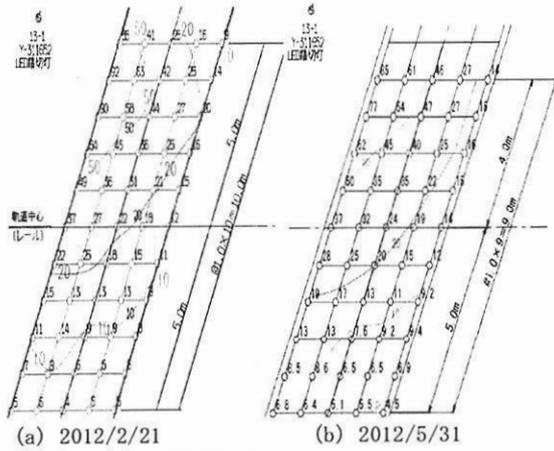


図 15 照度の季節比較  
Fig.15 Season comparison of the illumination

これを見ると最大照度を見ると冬季が 92[lx]であり通常期は 85[lx]と冬季の方が単一照度・平均照度(冬季 24.8[lx], 通常期 23.8[lx])で見ても高い。これは、冬季の積雪による反射によって、照度・輝度が大きくなったと考えられる。しかし配光曲線自体には大きな変化は認められず、通常期の平均照度を 100[%]とすれば 4[%]程度の変化であるため季節による照度変化は問題ないと言える。

### 3.3 降雪時の着雪状況変化

降雪時における積雪試験状況を写真 6~7 及び表 6~7 に示す。これを見ると、どのタイプも降雪量に対し灯具の積雪量がとても少ないことが分かる。前夜の積雪が残っている場合や氷柱が発生しているときもあるが、気温が低い状態でも即日ないし 2, 3 日で溶けている。これは日中の日光による熱、夜間点灯時にある程度の灯具の放熱が融雪効果に繋がっていると推測される。また積雪による構造の変化等も見られず、冬季の積雪に十分に耐えることが可能であることが分かった。

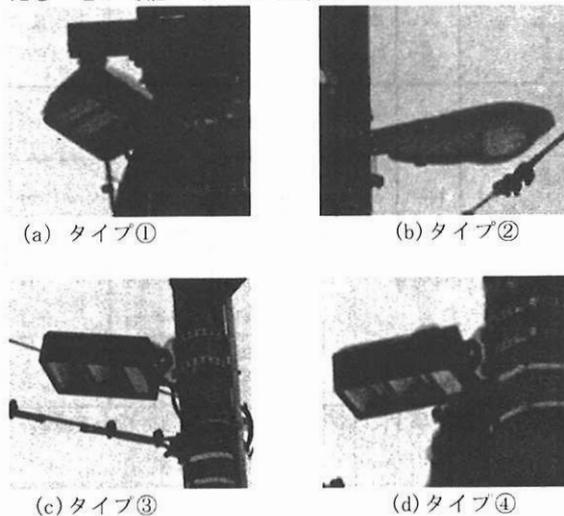


写真 6 仙山線における積雪状況写真  
(2012 年 1 月 13 日)  
Photo.6 The snow situation in the Senzan line

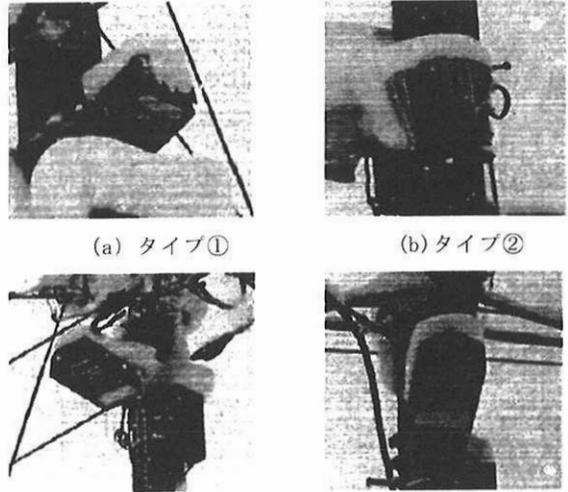


写真 7 米沢メンテナンスセンターにおける積雪状況写真  
(2012 年 1 月 29 日)  
Photo.7 The snow situation in the Yonezawa maintenance center

表 6 仙山線における積雪状況  
Table 6 The snow situation in the Senzan line

月日	降雪量	平均気温 [°C]	タイプ (積雪量)			
	[cm/日]		①	②	③	④
1/11	14	-2.8	1	1	1	1
1/12	0	-3.9	1	1	1	1
1/13	7	-2	2	0	1	1
1/18	0	0	0	0	0	0
1/20	0	1.3	0	0	0	0
2/1	4	-3.3	0	0	0	0
2/10	1	-3.3	0	0	0	0
2/15	0	-0.2	0	0	0	0
2/21	0	0.7	0	0	0	0
2/23	0	1.8	0	0	0	0
3/2	17	-0.7	0	0	0	0
3/12	14	1.2	0	0	0	0
3/21	0	1.6	0	0	0	0

表 7 米沢メンテナンスセンターにおける積雪状況  
Table 7 The snow situation in the Yonezawa maintenance center

月日	降雪量 [cm/日]	平均気温 [°C]	タイプ (積雪量)			
			①	②	③	④
12/21	14	-1.4	0	0	0	0
12/22	1	0.9	0	0	0	0
12/26	17	-2.2	0	0	1	4
12/27	12	-1.3	0	0	0	0
1/6	1	-0.2	0	0	0	0
1/12	14	-3.9	0	0	0	0
1/15	2	-1.9	0	氷柱 0 cm	氷柱 0 cm	氷柱 0 cm
1/29	6	-4.6	10	氷柱 10 cm	8	10

### 3.4 発雷時の監視状況(発雷実績と結果)

発雷実績と検証試験状況をまとめたものを表 8 に示す。これを見ると発雷時における点灯状況・損傷などを見ても異常はなく発雷時においても設備として問題ないことが言える。

表8 発雷実績と検証試験状況 (2012年)

Table 8 Detonator results and the inspection test situation

種別 日付	タイプ①		タイプ②		タイプ③		タイプ④	
	点灯 状況	損傷	点灯 状況	損傷	点灯 状況	損傷	点灯 状況	損傷
5/6	○	無	○	無	○	無	○	無
5/17	○	無	○	無	○	無	○	無
5/28	○	無	○	無	○	無	○	無
6/3	○	無	○	無	○	無	○	無
7/5	○	無	○	無	○	無	○	無
7/17	○	無	○	無	○	無	○	無
7/30	○	無	○	無	○	無	○	無

### 3.5 降雨・高低温時の試験状況

表9はフィールド試験最中の気温、風速、降水量の最大・最低値を示している。監視を行っていく中で気温差や風雨による構造の変化は見られず、降雨による雨水の浸入や結露等も観測されなかった。このことから、自然環境に対する耐性は十分なものであると考えられる。

表9 フィールド試験最中の環境状況※2

Table 9 The environmental situation of the field test

	最高気温 [°C]	最低気温 [°C]	最大風速 [m/s]	最大降水量 [mm/h]
数値	37.2	-9.4	24.8	23.5
記事	8月	2月	4月	8月

※2 気象庁 DB から転載

## 4. まとめ

### 4.1 試験結果について

照度についてはタイプ①～④のいずれの照明も既設の水銀灯よりも高い照度を得ることができている。また、季節による照度も大きな変化はない。当初の課題であった指向性を考えると水銀灯と似た配光分布でより広範囲・高照度の従来品改良型であるタイプ①がLED踏切照明として適している。

降雪についてはどの形状も降雪に対して効果はあるが、試験期間中に積雪が比較的少なく氷柱が成長しなかったことから、三角型の屋根にフッ素樹脂焼付け塗装を施したものに効果が大きいことが分かった。

雷については雷の道に設置し約6ヶ月間試験を行ったが、発雷時における不点や損傷といったものは見られなかった。このことから雷害の影響はなく、サージプロテクタによる対策の効果があると考えられる。

その他、爆弾低気圧や台風等による暴風雨や温度による構造変化も見られなかったことから、構造上の問題もないことが証明された。

### 4.2 列車乗務員の評価

LED踏切照明で注意しなければならないのが列車運転士からの視認性であり、水銀灯とは異なり輝度が増すため明るいと同時に眩しく感じることも十分ありうる。LED踏切照明を導入して3ヶ月経ったときに、仙山線の列車運転士30人に表9のようなアンケート調査を行った。その結果を図16に示す。明るい・眩しいと感じた人は2名しかおらず、また乗務中に気付いたことがあるか否か

でも「ある」は1名であった。設問1で「ある」・設問2で「ある」と答えた人は同一人物で1名であったため、照明の違いに気が付いた人は実質1名であると考えられる。以上から、現状とほぼ変わらないとの結果が得られたため、導入際し列車運転士からの視認性についても問題ないことが考えられる。

表9 列車運転士アンケート調査

Table 9 Questionnaire survey of the train driver

設問1	平成24年1月から3月の間で仙山線に乗務中、踏切照明が「明るい」や「眩しい」と感じたことはありますか？
設問2	平成24年1月から3月の間で仙山線 橋山駅～羽前千歳駅間において乗務中に何か気付いたことはありますか？

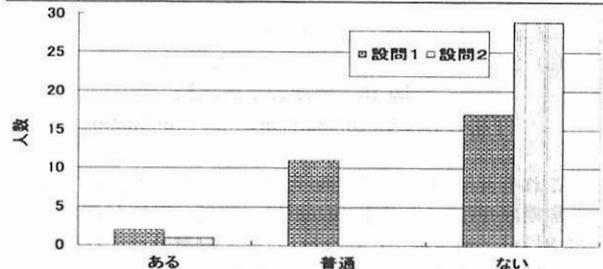


図16 アンケート結果

Fig.16 Questionnaire result

### 4.3 環境への配慮

表10は既設踏切照明と改良型LED踏切照明を比較したものである。仮に仙台支社の踏切照明を取替えた場合1年間で電力料金は16,623千円、CO<sub>2</sub>排出量は244t削減となり、明るさは従来以上でランニングコストは79%削減可能となる。更に、管球取替が不要となることで産業廃棄物も発生しないため地球環境保護に大きく寄与することができると考えている。

表10 既設踏切照明と改良型LED踏切照明の比較

Table 10 Comparison between existing lighting and improved model LED lighting

項目	灯 具 [個]	総 容量 [kW]	時 間 [h]	消費 電力 [kWh/ 日]	電力 料金 [千円/ 年]	CO <sub>2</sub> 排出量 [t-CO <sub>2</sub> / 年]
踏切 水銀灯	1393	349	11	3,839	21,019	308
改良型 LED照明	1393	73	11	803	4,396	64
既設踏切灯をLED灯に 取替えた場合の削減量				△ 3036 [kW]	△ 16,623 [千円]	△ 244 [t]
				79% 削減	79% 削減	79% 削減

※1kWあたり15円、CO<sub>2</sub>排出量は1kWあたり0.22kg

### 参考文献

- 1) 統計情報, <http://www.jma.go.jp/jma/menu/report.html>, 気象庁, 2012年10月12日