

## 報告

住民とドライバーからみたLED道路照明の評価  
—群馬県における実証実験から—Evaluation of LED Road Lighting by Inhabitants and Drivers  
—A Case Study of the Practical Experiment in Gunma—

森	田	哲	夫*
塚	田	伸	也**
湯	沢		昭***

道路照明には、これまで高圧ナトリウム灯、水銀灯が主に用いられてきたが、省エネルギー、維持管理のコスト削減等の観点から、全国でLED照明への切り替えが進められている。群馬県では、2013年に大規模なLED道路照明の実証実験を行い、前橋市中心市街地の132灯をLED道路照明に切り替えた。本報告においては、道路利用者である住民とドライバー別の評価について報告することを目的とする。住民とドライバーを対象としたアンケート調査データを用い分析を行った。その結果、住民とドライバーでは評価因子が異なり、住民は、「景観」、「器具」の因子を重視し、ドライバーは、「視認」の因子を重視することが明らかになった。また、住民評価に関して、評価指標間の関連や設置前後の評価要因について明らかにした。

キーワード LED 道路照明 実証実験 評価

## 1. はじめに

### 1.1 本報告の背景と目的

道路照明には、これまで高圧ナトリウム灯、水銀灯が主に用いられてきたが、省エネルギー、維持管理のコスト削減等の観点から、全国でLED照明への切り替えが進められている。

群馬県では、2013年に大規模なLED道路照明の実証実験を行った。前橋市中心市街地の国道、県道、市道の3 km区間において、132灯をLED道路照明に切り替えた。この実証実験について、

森田ら<sup>1)</sup>は、実証実験の経緯、LED道路照明の性能評価、道路利用者からみた評価の基礎分析について報告した。この報告において、「LED道路・トンネル照明導入ガイドライン(案)」<sup>2)</sup>に基づき、LED道路照明の評価をし、所定の性能を確保していることを確認した。また、LED道路照明は、住民とドライバーからの評価がともに高く、悪天候下においても評価が高い項目がある結果となった。

LED道路照明はガイドラインに則り導入されていると考えられるため、本報告においては、道路利用者である住民とドライバー別の評価につい

\* [正会員] 東北工業大学工学部都市マネジメント学科教授 (TEL: 022-305-3507, e-mail: ttmorita@tohtech.ac.jp)

\*\* [正会員] 前橋市建設部公園緑地課公園建設係長 (TEL: 027-898-6844, e-mail: shinya-tsu@city.maebashi.gunma.jp)

\*\*\* [正会員] 前橋工科大学工学部社会環境工学科教授 (TEL: 027-265-7362, e-mail: yuzawa@maebashi-it.ac.jp)

て報告することを目的とする。本報告においては、住民とドライバーによりLED道路照明の評価傾向が異なることを分析仮説とする。例えば、住民は景観や光の印象を重視し、ドライバーは視認性を重視する傾向などがあると考えた。

## 1.2 既往報告と本報告の位置付け

兵庫県では、2013年度末までに13,000灯をLED化した。大阪府、大阪市等においてもLED道路照明の導入を進めた。これら導入事例では、道路利用者からみた評価は報告されていない。

研究論文をみると、中谷ら<sup>3)</sup>はLED標識による速度回復情報提供の効果を検証した。宗広ら<sup>4)</sup>は、LED視線誘導灯の光度性能について研究している。柳原ら<sup>5)6)</sup>は、LED付音響式信号装置の実用化可能性検証、LED照明を用いた夜間歩行支援システムの有効性と視線誘導評価を行った。このように道路空間におけるLED照明に関する研究蓄積が見られるようになってきたが本報告で対象とするLED道路照明に関する研究は見あたらない。

LED道路照明の評価に関しては、群馬県の実証分析に基づき、大久保ら<sup>7)</sup>が基礎的な評価結果を報告している。前述のように森田ら<sup>1)</sup>も、LED道路照明の性能評価、基礎的な評価、天候別の評価を報告している。本報告は、これら報告の系列上に位置し、道路利用者である住民とドライバーからみた評価について、評価主体別に分析することが特徴である。

## 2. LED道路照明導入に関する動向と群馬県実証実験の概要

### 2.1 LED道路照明導入に関する動向

道路照明に関する基準は、2007年に『道路照明施設設置基準』<sup>8)</sup>、『道路照明施設設置基準・同解説』<sup>9)</sup>があり、道路・トンネル照明に関する要求性能を規定しているが、詳細な設計・機材に関しては触れていない。

LED照明は、道路空間においては、電球式の交通信号機からLED信号機へと全国各地で切り替えが進み、道路照明についても導入が検討されてきた。国土交通省は、2010年にLED道路・トンネル照明灯に対するパブリックコメントを募集するとともに、LED道路照明に関する実証実験

の参加者を公募<sup>10)</sup>した。この実証実験は、LEDを使用する場合の、照明設計に必要な光学特性と規格・基準の適合性などに関する基礎データを収集することを目的としていた。実証実験は、2011年1~2月に、茨城県つくば市の国土交通省国土技術政策総合研究所において行われ、10社の企業が参加し、道路照明器具14製品、トンネル照明器具11製品について、照度、消費電力、グレア(眩輝)の測定等を行った。この実験の知見を受け、2011年9月に「LED道路・トンネル照明導入ガイドライン(案)」<sup>2)</sup>が公表された。森田らの報告<sup>1)</sup>は、このガイドラインに基づく性能評価の報告である。

国土交通省はガイドラインに基づき道路・トンネル照明施設のLED化を推進してきたが、メーカーによる技術開発の結果、適用範囲の拡大が可能となったことから、ガイドラインの改訂が求められていた。2015年3月に公表された「LED道路・トンネル照明導入ガイドライン(案)改訂」<sup>11)</sup>では、適用範囲の拡大と照明灯技術仕様の改訂が行われた。適用範囲の拡大では、片側3車線の一般国道、高速自動車国道、トンネル入口部・出口部、歩道等への対応が示された。技術仕様では、定格寿命等の見直しが行われた。

LED道路照明の導入は、国、都道府県、各地で進められているが、導入状況に関するまとまった資料はない。国土交通省の資料<sup>12)</sup>によると、2013年度末時点の直轄国道におけるLED道路照明灯の導入割合は10%となっている。今後、LED道路照明の導入状況に関する情報収集が望まれる。

### 2.2 群馬県における実証実験の概要

群馬県におけるLED道路照明の実証実験は、2013年1~3月に実施され、改定前の2011年のガイドラインに基づくLED道路照明を使用した。以下に、既報告<sup>1)</sup>から実験概要を抜粋する。

この実証実験は、国土交通省、群馬県、前橋市が協働で取り組んだものであり、国道、県道、市道の存在する前橋中心市街地を対象に面的な対象地域で実施した(図-1)。国道区間約850m、県道区間約850m、市道区間約1300m、合計約3kmの区間である。実験区間の道路照明は132灯(高圧ナトリウム灯109灯、水銀灯23灯)である。道路に設置した様子を図-2に示した。

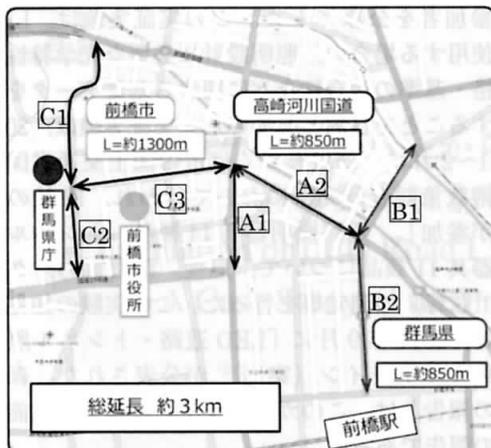


図-1 実証実験の対象地域・区間



図-2 LED 道路照明の設置状況 (図-1 の区間 A2)

### 3. 住民とドライバーからみた LED 道路照明の評価

#### 3.1 評価に用いる調査データ

住民とドライバーからみた評価を得るために、表-1 のようにアンケート調査を実施した。住民調査では、自動車、二輪車、徒歩の視点からの評価、ドライバー調査ではバス・タクシー運転士の視点からの評価を得ることを意図している。

評価をするためには、事前・事後の調査を行うことが望ましいと考えられるが、実証実験のスケジュール、調査体制の制約から事後に実施することとし、LED 道路照明の設置前と比較した評価、設置前後の評価を記入するよう対象者に依頼した。

#### 3.2 住民とドライバーの評価結果の差異

住民とドライバーによる LED 道路照明の基礎

表-1 アンケート調査の概要

	住民調査	ドライバー調査
調査期間	2013年2月	
配布・回収方法	自治会を通じ配布・回収	事業者を通じ配布・回収
調査対象	実験区間周辺の18町・丁目の住民	実験区間を運行する5バス事業者
対象者	対象地域5,411世帯の代表者	バス・タクシー運転士約1,000人
回収数	571票	219票
調査内容	【基礎情報】	
	1) 性、年齢、居住地	
	2) LED 道路照明を確認した日時、天気、交通手段、区間	
	【LED 道路照明の評価】	
	1) LED 照明の機能性 (5段階) 2) 昼間の照明器具のデザイン性 (5段階) 3) 夜のまちなみ (5段階) 4) 夜間の運転のしやすさ (5段階) 5) 見えやすくなったもの (区画線等)	
調査主体	国土交通省関東地方整備局高崎河川国道事務所 群馬県県土整備部道路管理課 前橋市建設部道路管理課	

分析は既報告<sup>1)</sup>であり、本節では、住民とドライバーによる評価結果の差異に着目し分析する。

表-2に、住民とドライバーの評価結果の平均を示した。5段階評価で「とても良い5」「良い4」「どちらでもない3」「悪い2」「とても悪い1」とした加重平均である。すべての評価指標で3を超えており、全体として高評価であることがわかる。住民とドライバーの評価を比べると、1) LED 照明器具の機能性、2) LED 器具のデザイン、3) 夜のまちなみの多くの指標で住民の評価が高い。ドライバーは、4) 夜間の運転のしやすさを高く評価している。住民、ドライバーともに5) 区画線等の見えやすさを高く評価している。

平均の差の検定の結果、住民の方が高いと確認できる指標は、LED 照明の「明るさの印象」「明るい部分と暗い部分の差」「まぶしさ」「設置前後の光の印象」、LED 照明器具の「器具の色」「器具の形」「まちなみとの対応 (昼間)」「設置前後の器具のデザイン」、夜のまちなみの「見やすさ (視認性)」「歩きやすさ」であった。「夜間の運転のしやすさ」については、ドライバーが高い評価 (10%有意) をしている。見えやすくなったものは、

住民とドライバーからみたLED 道路照明の評価

表-2 住民とドライバーの評価結果の平均

設問グループ	評価指標	評価平均 ※1		差の検定 ※2
		住民 (N=571)	ドライバー (N=219)	
1)LED 照明の機能性	明るさの印象	3.99	3.80	***
	明るい部分と暗い部分の差	3.51	3.36	**
	まぶしさ	3.73	3.35	***
	親しみやすさ	3.60	3.52	
	設置前後の光の印象	3.77	3.59	***
2)LED 照明器具のデザイン性 (昼間)	器具の大きさ	3.03	3.05	
	器具の色	3.58	3.46	**
	器具の形	3.58	3.41	***
	まち並みとの対応 (昼間)	3.61	3.49	**
	設置前後の器具のデザイン	3.56	3.43	**
3)夜のまち並み	夜景の美しさ	3.74	3.71	
	まちの雰囲気	3.72	3.67	
	見やすさ (視認性)	3.82	3.63	***
	歩きやすさ	3.73	3.59	**
	設置前後の夜景の印象	3.66	3.59	
4)夜間の運転のしやすさ ※3		3.48	3.60	*
5)見えやすくなったもの ※3	区画線	3.26	3.36	
	道路標識	3.32	3.16	*
	信号機	3.33	3.19	*
	前方や後方の車両 歩行者や自転車	3.14	3.27	*

※1: とても良い5, 良い4, どちらでもない3, 悪い2, とても悪い1とし加重平均

※2: 平均の差の検定: \*\*\*1%有意 \*\*5%有意 \*10%有意

※3: 住民は自動車・オートバイ・原付を運転する人(N=421)

※4: 網がはは、住民とドライバーで評価の高い値

表-3 評価結果の因子分析結果 (住民)

評価指標	因子負荷量	第1因子	第2因子	第3因子	第4因子
		景観	器具	印象	視認
3)まちの雰囲気	<b>0.782</b>	0.289	0.196	0.285	
3)夜景の美しさ	<b>0.770</b>	0.215	0.204	0.253	
3)設置前後の夜景の印象	<b>0.663</b>	0.288	0.281	0.273	
2)器具の形	0.098	<b>0.810</b>	0.075	0.108	
2)まち並みとの対応 (昼間)	0.215	<b>0.696</b>	0.268	0.060	
2)器具の色	0.177	<b>0.695</b>	0.096	0.136	
2)設置前後の器具のデザイン	0.225	<b>0.655</b>	0.299	0.036	
1)親しみやすさ	0.423	0.250	<b>0.633</b>	0.089	
1)設置前後の光の印象	0.481	0.103	<b>0.550</b>	0.312	
1)明るさの印象	0.299	0.129	<b>0.534</b>	0.462	
1)明るい部分と暗い部分の差	0.071	0.074	<b>0.526</b>	0.269	
1)まぶしさ	0.167	0.221	<b>0.507</b>	0.073	
2)器具の大きさ	0.040	0.165	<b>0.233</b>	0.115	
3)見やすさ (視認性)	0.361	0.179	0.266	<b>0.792</b>	
3)歩きやすさ	0.328	0.099	0.301	<b>0.695</b>	
固有値	2.554	2.479	2.073	1.776	
寄与率	17.0%	16.5%	13.8%	11.8%	
累積寄与率	17.0%	33.6%	47.4%	59.2%	

表-4 評価結果の因子分析結果 (ドライバー)

評価指標	因子負荷量	第1因子	第2因子	第3因子	第4因子
		視認	器具	景観	印象
3)見やすさ (視認性)	<b>0.736</b>	0.247	0.310	0.114	
3)歩きやすさ	<b>0.705</b>	0.147	0.320	0.130	
1)明るさの印象	<b>0.510</b>	0.278	0.217	0.186	
2)まち並みとの対応 (昼間)	<b>0.436</b>	0.412	0.263	0.198	
2)器具の色	0.166	<b>0.836</b>	0.196	0.071	
2)器具の形	0.312	<b>0.748</b>	0.223	0.209	
3)夜景の美しさ	0.272	0.222	<b>0.920</b>	0.171	
3)まちの雰囲気	0.459	0.235	<b>0.606</b>	0.236	
2)器具の大きさ	0.114	0.076	<b>0.166</b>	-0.044	
1)まぶしさ	0.009	0.071	0.098	<b>0.993</b>	
1)明るい部分と暗い部分の差	0.311	0.154	0.012	<b>0.500</b>	
1)親しみやすさ	0.383	0.252	0.362	<b>0.411</b>	
固有値	2.155	1.790	1.786	1.644	
寄与率	18.0%	14.9%	14.9%	13.7%	
累積寄与率	18.0%	32.9%	47.8%	61.5%	

住民は「道路標識」,「信号機」,ドライバーは「前方や後方の車両」を高く評価 (10% 有意) している。

3.3 住民とドライバーの評価因子

多数の評価指標から、住民とドライバーの評価因子を抽出する。住民の中には自動車を運転せず、4) 夜間の運転のしやすさ、5) 見えやすくなったものに記入していないサンプルが存在するため (N=65)、1) LED 照明の機能性、2) LED 照明器具のデザイン性 (昼間)、3) 夜のまち並みの合計 15 指標に対し因子分析 (バリマックス法) を適用した。

住民の分析結果を表-3に示した。第1因子は「まちの雰囲気 (因子負荷量0.782、以下同様)」「夜景の美しさ (0.770)」「設置前後の夜景の印象 (0.663)」の因子負荷量が高いことから、「景観」と意味付けをした。第2因子は「器具の形(0.810)」

「まち並みとの対応 (0.696)」「器具の色 (0.695)」「設置前後の器具のデザイン (0.655)」から「器具」と意味付けをした。以下、第3因子は「印象」、第4因子は「視認」とした。

ドライバーの分析結果を表-4に示した。第1因子は「見やすさ (0.736)」「歩きやすさ (0.705)」「明るさの印象 (0.510)」「まち並みとの対応 (0.436)」の因子負荷量が大きく、「視認」と意味付けをした。第2因子は「器具の色 (0.836)」「器具の形 (0.748)」から「器具」とした。以下、第3因子は「景観」、第4因子は「印象」とした。

住民とドライバーの調査データは母集団が異なるため、本節では因子分析を別々に適用した。前述においては、住民とドライバーの4因子には共通の命名をしたが、意味する内容が異なる点があるためここに示す。因子「景観」については、「まちの雰囲気」「夜景の美しさ」を意味しており住民とドライバーの評価の意味合いは共通する。因子「器具」については、住民の評価には、「器具の形」「器具の色」に加え、「まち並みとの対応」「器具のデザイン」の意味を含む。因子「印象」については、住民の評価には「光の印象」「明るさの印象」「器具の大きさ」の意味を含む。因子「視認」については、ドライバーの評価には、「見やすさ」「歩きやすさ」に加え、「明るさの印象」「まち並みとの対応」の意味を含む。

以上より、住民は、まちの雰囲気や夜景の美しさによる「景観」、まち並みと対応している「器具」を重視していることがわかる。ドライバーは、見やすさ、歩きやすさ、明るさの印象による「視認」を重視することが明らかになった。

### 3.4 住民の評価に関する分析

自動車、二輪車、徒歩の視点からの評価をしていると考えられ、ドライバーよりもサンプル数の多い住民データを用い、LED道路照明の評価に関しさらに分析する。

因子分析と同様のサンプル、変数にクラスター分析(距離計算:ウォード法)を適用し、評価指標の関連を把握する。図-3の分析結果を見ると、「明るさの印象」「光の印象」「親しみやすさ」のクラスターと、「明るい部分と暗い部分の差」「まぶしさ」のクラスターにより因子「印象」が形成されていることがわかる。因子「景観」について

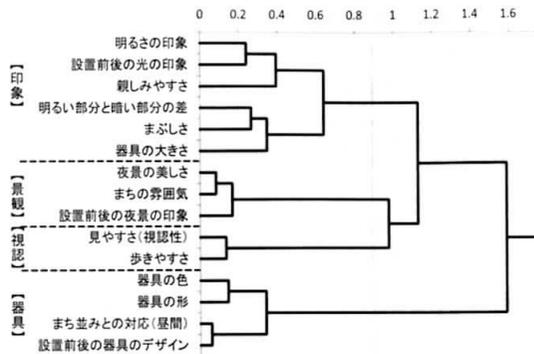


図-3 クラスター分析結果(住民)

表-5 「光の印象」の評価要因分析(住民)

説明変数	偏回帰係数	標準偏回帰係数	t値	検定 (1%有意)
明るさの印象	0.512	0.541	13.29	***
明るい部分と暗い部分の差	0.004	0.004	0.13	
まぶしさ	-0.008	-0.008	-0.22	
親しみやすさ	0.477	0.457	11.17	***

被説明変数: 設置前後の光の印象 決定係数  $R^2=0.979$

表-6 「器具のデザイン」の評価要因分析(住民)

説明変数	偏回帰係数	標準偏回帰係数	t値	検定 (1%有意)
器具の大きさ	0.128	0.108	3.47	***
器具の色	0.181	0.181	3.97	***
器具の形	0.191	0.191	3.96	***
まち並みとの対応(昼間)	0.511	0.516	12.50	***

被説明変数: 設置前後の器具のデザイン 決定係数  $R^2=0.984$

表-7 「夜景の印象」の評価要因分析(住民)

説明変数	偏回帰係数	標準偏回帰係数	t値	検定 (1%有意)
夜景の美しさ	0.276	0.282	6.01	***
まちの雰囲気	0.442	0.449	8.78	***
見やすさ(視認性)	0.080	0.084	1.59	
歩きやすさ	0.178	0.182	3.85	***

被説明変数: 設置前後の夜景の印象 決定係数  $R^2=0.985$

は、「まちの雰囲気」「夜景の美しさ」に加え「設置前後の夜景の印象」によりクラスターが形成されている。因子「器具」については、「器具の色」

「器具の形」のクラスターと、「まち並みとの対応」「設置前後の器具のデザイン」のクラスターにより形成されている。また、景観クラスターと視認クラスターの距離が近く、次に印象クラスターが近づき、最後に器具クラスターが加わり、全体の評価が形成されていることがわかる。

クラスター内での変数間の関連を分析するため、設置後に関する評価を被説明変数とし、クラスター内の他の変数を説明変数とする重回帰分析を行う。他の要因の影響を省くため定数項は0とした。なお、本分析や因子分析を行う場合、多重共線性の懸念があるが、本分析においては問題が生じていないことを確認している。まず、「設置前後の光の印象」を被説明変数、「明るさの印象」「明るい部分と暗い部分の差」「まぶしさ」「親しみやすさ」を説明変数とした。表-5に示した分析結果より、「明るさの印象」と「親しみやすさ」が正の影響を及ぼしていることがわかる。次に、「設置前後の器具のデザイン」を被説明変数とした分析(表-6)では、「器具の大きさ」「器具の色」「器具の形」「まち並みとの対応」が正の影響を及ぼしている。なお、「器具の大きさ」は他のクラスターに属するが、器具に関係するため説明変数に含めた。最後に、「設置前後の夜景の印象」を被説明変数とした分析(表-7)では、「夜景の美しさ」「まちの雰囲気」「歩きやすさ」が影響している。

#### 4. おわりに

LED道路照明は、ガイドラインに則り整備されているため、照明の性能は確保されていると考えられる。本報告では、住民とドライバーの視点からLED道路照明の評価を行った。その結果、住民とドライバーでは評価因子が異なり、住民は、「景観」、「器具」の因子を重視し、ドライバーは、「視認」の因子を重視することが明らかになった。また、住民評価に関して、評価指標間の関連や設置前後の評価要因について明らかにした。

群馬県の実証実験後、性能評価や道路利用者の評価に基づき本格実施に移行した。群馬県では、2014年12月に「群馬県道路照明の省エネ・長寿命化計画」を策定し、県管理道について2015年度から計画的にすべての道路照明をLEDに更新

する予定である。前橋市は、「前橋市LED道路照明灯導入及び維持管理事業」の事業者を公募型プロポーザルにより募集するなど、導入・管理の工夫も行われている。国土交通省は「道路照明灯の新設及び更新にあたり、LED道路照明灯の整備を推進」<sup>12)</sup>している。LED道路照明の導入がますます進むものと考えられ、今後は、全国の導入状況の情報収集や長期利用に関わる課題の整理が望まれよう。

#### 謝辞

本稿を執筆するにあたり、国土交通省大臣官房技術調査課、群馬県県土整備部道路管理課より貴重な情報の提供を受けた。分析には、国土交通省、群馬県、前橋市の実施したアンケート調査データを使用した。ここに記し感謝の意を表す。

#### 参考文献

- 1) 森田哲夫, 塚田伸也, 今野勇人, 湯沢昭: 「群馬県におけるLED道路照明の実証実験と道路利用者による評価」, 第34回交通工学研究発表会論文集, pp. 163~168, 2014
- 2) 国土交通省(大臣官房技術調査課電気通信室, 都市局街路交通施設課, 道路局国道・防災課道路保全企画室): 「LED道路・トンネル照明導入ガイドライン(案)」, 2011. 9
- 3) 中谷了, 皆方英雄, 佐藤久長, 市川昌: 「渋滞巻き込まれ時間を考慮したLED標識による速度回復情報提供の効果検証」, 第25回交通工学研究発表会論文集報告集, pp. 173~176, 2005
- 4) 宗広一徳, 萩原亨: 「霧発生条件下で要求される自発光式LED視線誘導灯の光度性能に関する実験的研究」, 交通工学, Vol. 44, No. 5, pp. 44~54, 2009
- 5) 柳原崇男, 篠原一光, 高原美和, 三星昭宏, 長山泰久, 永礼正次, 篠原耕一: 「高齢者・視覚障害者の道路横断支援のためのLED付音響式信号装置の実用化可能性検証」, 交通工学, Vol. 46, No. 4, pp. 65~74, 2011
- 6) 柳原崇男, 北川博巳, 大森清博, 北山一郎: 「LED照明を用いた夜間歩行支援システムの有効性と視線誘導評価—ロビジョン者を対象として—」, 交通工学, Vol. 46, No. 4, pp. 75~84, 2011
- 7) 大久保均, 石井和範, 稲垣則行: 「げんばから 群馬県LED道路照明実証実験について」, 舗装, Vol. 49, No. 2, pp. 4~6, 2014. 2
- 8) 国土交通省: 「道路照明施設設置基準」, 2007. 9
- 9) 日本道路協会: 「道路照明施設設置基準・同解説」, 2007. 10
- 10) 国土交通省大臣官房技術調査課電気通信室: 「LED道路・トンネル照明灯に関する実証実験への参加者の公募要領」, 2010. 11
- 11) 国土交通省(大臣官房技術調査課電気通信室, 都市局街路交通施設課, 道路局国道・防災課道路保全企画室): 「LED道路・トンネル照明導入ガイドライン(案)改訂」, 2015. 3
- 12) 国土交通省道路局, 国土交通省都市局: 「平成27年度道路関係予算概要」, pp. 22, 2015. 1

(2015年7月31日 受付)