

LED 街路灯及び青色防犯灯がロービジョン者の夜間外出に及ぼす影響についての基礎的フィールド調査

—ロービジョン当事者の立場から—

田邊 泰弘 (弱視者問題研究会)

1. 調査のきっかけと目的

近年、地球温暖化対策や保守経費の節減を目的として、LED 街路灯の導入が徐々に進んでいる。国等も補助金制度を設けて支援しており、今後の普及が見込まれる。また、犯罪や飛び込み自殺の抑止効果を期待して、青色防犯灯を設置する事例も全国的に増えている。

これらの新しい照明の導入に伴う影響については、健常者や高齢者に関しては多くの研究がなされているが、ロービジョン者（弱視者）への影響については、検討が進んでいない。

導入には多額の費用を要するため、広く普及してから問題が顕在化したのでは、対策が困難になると予想される。

本会では、夜盲のある会員から、青色防犯灯が普及すれば夜間外出に大きな支障が生じると危惧する意見が出されたことから、情報収集や視察を開始した。当事者の立場から、設置された事例を検討して問題点を明らかにするとともに、この問題への関心を高める必要があると判断し、当事者として可能な手法によるフィールド調査を実施した。

2. 照明用白色 LED の原理と特性

街路灯のように、高い演色性を必要とせず、高効率・高出力を必要とする場合、照明用 LED は、青色 LED チップの光の一部を蛍光体で黄色光に変換混色し白色光に見せる方式が一般的である。在来光源に比べ低消費電力、長寿命であるが、電源回路による損失等を考慮した灯具全体での発光効率は、改良が進んでいる高品位の 3 波長域発光型蛍光灯と同程度（80～100lm/W）である。また、発光面積が小さい

ため光量に比して輝度が高く、直視すると非常にまぶしいが、光量（全光束）は少なく、配光範囲（光の広がり）も狭い。分光分布は視感度の最も高い緑色成分が少なく、青色光が主体である。なお、これらの特徴は調査時点のものであり、技術の進歩により将来変わる可能性がある。

3. 白色 LED 街路灯の評価方法

日没後に設置場所で、次の点について計測及び観察による印象評価を行った。

- ・光源直下近傍の最も明るい箇所における水平路面照度
- ・立ち止まった姿勢で光源直下の路面を見下ろした姿勢での顔面位置における反射光の照度
- ・光源を直視したとき及び路面を見下ろしたときの印象
- ・視覚障害者用ブロックに見立てた黄色画用紙の色識別性
- ・比較のため、在来光源（蛍光灯、水銀灯、高圧ナトリウム灯）の街路灯についても、同様の計測評価を行った。

4. 被験者

視覚特性の異なる多くのロービジョン被験者を対象に行うのが理想的であるが、雨天時に調査ができないことや夜間の路上における安全確保、一般歩行者や車両の通行に支障を与えないこと、専門の研究者ではない視覚障碍当事者団体として入手・操作可能な機材に限られること、歩行時の安全性への影響を定性的に把握するのが当面の目的であることを考慮し、筆者単独で評価することとした。

5. 白色 LED 街路灯の調査箇所

以下の2箇所で行った。

- ・大阪府摂津市 阪急摂津市駅前広場
- ・京都府長岡京市 阪急長岡天神駅付近



写真1 大阪府摂津市
阪急摂津市駅前広場の LED 道路灯



写真2 京都府長岡京市、長岡天神駅前商店街
が節電のために設置した LED 装飾灯

6. 白色 LED 街路灯の評価結果

計測・評価結果を表1に示す。摂津市のLED道路灯は、路面照度は62lxと在来光源に比べて格段に高値を示し、直射光のまぶしさも顕著であったが、照らされた路面の印象は水銀灯や蛍光灯に比べて薄暗く、足元の不安感を払拭できなかった。黄色画用紙の色識別は在来光源より容易であった。反射光の顔面照度については、路面の材質がまちまちのため、照度や明るさの実感との相関は不明であった。

表1 白色 LED 照明の計測評価結果

	直下路面照度	路面反射	直視印象	路面印象	黄色識別
在来型蛍光灯(一例)	1.40	0.16	やや暗い	薄暗くて不安	△
改良型蛍光灯(一例)	25.4	4.04	明るいがまぶしくない	明るく安心	○
水銀灯(一般)	36.0	7.70	明るいがまぶしくない	明るく安心	○
高圧ナトリウム灯(一例)	100.0	9.00	明るいがまぶしくない	明るく安心	△
白色 LED 道路灯 摂津市	62.0	8.50	非常にまぶしく不快	何となく心許ない	◎
白色 LED 装飾灯 長岡京市	1.20	0.22	やや暗い	評価対象外	評価対象外

まぶしいわりに明るさの実感をもてない原因としては、発光面積が小さく光量に比して高輝度であること、配光範囲が狭いため周囲が暗いこと、光量(全光束)が在来光源より小さい

こと、分光分布は青色光が主体であること、被験者の青色光に対する感度等、複数の要素が関与していると思われるが、詳細は不明である。

在来光源に比べて照度を高めに設定しないと、十分な安心感が得られない可能性があるほか、羞明等まぶしさに弱い症状のロービジョン者への配慮が必要であることから、多くの被験者を対象とした、実験室環境での再検証が望まれる。

なお、上方からの直射光のまぶしさに関しては、ツバの広い帽子の着用や透過率の高い遮光眼鏡(概ね80%以上)の装用によりある程度軽減できることが、現場での装着で確認された。

一方、長岡京市のLED装飾灯は、従来の水銀灯に比べ大幅な消費電力の節減を狙ってLED化されたもので、全国の多くの商店街が採用している。商店街の賑わいを演出する装飾として直視した際に快適な輝度となるよう設計されているため、安全性の議論にはなじまないが、路面照度は1.2lxで、ほとんど光が届いていない。多数の白色LED素子を円錐状に取り付け、視線方向にのみ光を発する構造である。

在来光源では装飾目的の光が路面にも多く到

達し、結果的に安全歩行に寄与しているのに対し、LED ではそのような効果が期待できないことが判明した。輝度や配光が在来光源と大きく異なるため、装飾として直視した際に美しいと感じる明るさでは路面を明るく照らすだけの光量が得られないと考えられる。看板や店内から漏れる光で十分な照度が確保できている箇所が多いが、店の明かりが途切れてLED の光のみになるバス停付近（照度はこの地点で測定）や閉店後には歩道の照度が著しく不足していた。安全確保のための照明が別途必要と思われる。商店街の照明の設置や維持管理費用は商店街が負担するのが一般的であり、歩行者の安全確保のためのコスト負担を求めるのは困難と思われる。道路管理者による対応が望まれる。

7. 青色防犯灯の概要

2005 年に英国グラスゴーで、ライトアップや景観改善を目的として青色の街路灯を設置したところ、偶然、麻薬常習等の犯罪が激減したことから、防犯効果が高いとして話題となった。国内では同年奈良県内で最初に設置され、全国に広まりつつある。

光源には、カラー蛍光灯、蛍光灯に青色フィルムを貼付したもの、青色 LED、カラー HID ランプなどがある。色は、青色または水色である。設置箇所は、住宅街、繁華街、駐輪場、駅ホーム、踏切等であり、心理的な鎮静効果によりひったくり等の犯罪や飛び込み自殺の抑止効果があるとされるが、有効性は科学的に実証されていない。

8. 青色防犯灯の評価方法

白色 LED 街路灯と同様であるが、六町については、視覚特性の異なる 3 名で評価した。

9. 青色防犯灯の調査箇所

以下の 3 箇所で行った。

- ・京都市右京区 JR 嵯峨嵐山駅付近
- ・東京都足立区六町付近の住宅街
- ・大阪府茨木市 阪急茨木市駅付近



写真3 京都市 JR 嵯峨嵐山駅付近
青紫と白を組み合わせ紫がかった水色に見える



写真4 東京都足立区六町
青色 LED。直視すると美しいが照らされた路面は非常に暗い



写真5 大阪府 阪急茨木市駅付近
2連式で比較的明るい。光源は不明

10. 青色防犯灯の計測評価結果

計測・評価結果を表2に示す。路面照度は最も暗いものが0.55lx、最も明るいものでも8.9lxと、「道路の移動円滑化整備ガイドライン」の水準10lxに達していない。ロービジョン者の大部分が安心して歩くためには20lx程度必要との報告もあることを考慮すると、灯具直下の照度としてはかなり不足している。路面を見下ろした際に非常に暗く、強い不安感を覚えた。また、微妙な明暗のトーンが判別しづらくなり、コントラストが抑制された平板な風景に感じられ、障害物の発見に支障が生じた。六町では、3名中2名が、路面を真っ暗闇と感じた。ただし、直視した際には、在来光源に比べ非常に印象的であった。また、青色単色光では路面はほぼ真っ暗にしか見えなかったが、水色ではある程度路面状態を把握できた。

視覚障害者用ブロックに見立てた黄色画用紙を路面に置いたところ、3箇所とも色を識別できなかった。

表2 青色防犯灯の計測評価結果

	直下路面照度	路面反射	直視印象	路面印象	黄色識別
在来型蛍光灯(一例)	1.4	0.16	やや暗い	薄暗くて不安	△
水色LED防犯灯嵯峨	5.6	0.2	やや暗い	薄暗くて不安	×
青色LED防犯灯六町	0.55	0.15	かなり暗いがランドマークとして有効	ほぼ真っ暗	×
青色装飾灯2連(光源不詳)茨木市	8.9	2.73	明るくランドマークとして有効	薄暗くて不安	×

11. 青色光の評価試験

青色単色光の影響について、さらに詳しく調べるため、市販の白色LEDフラッシュライト(懐中電灯)に「ゼラチンペーパー」とよばれる舞台照明用のプラスチックフィルムの青色のものをかぶせ、強力な青色光を作り出し、簡単な検証実験を行った。

・黄色画用紙に、光源からの距離を変えることにより50～300lxの範囲で青色単色光を当てたところ、色の判別は全く不可能であった。

・黄色画用紙に、光源からの距離を変えることにより100lxの照度を保ったまま青色光と蛍光灯の白色光を、比率を変えながら同時に当て、「黄色らしさ」を主観的に評価したところ、確実に黄色と感ずるためには少なくとも青色光の10倍程度の照度の白色光が必要であった。図の横軸は青色光に対する白色光の比率、縦軸は主観的な「黄色らしさ」である。

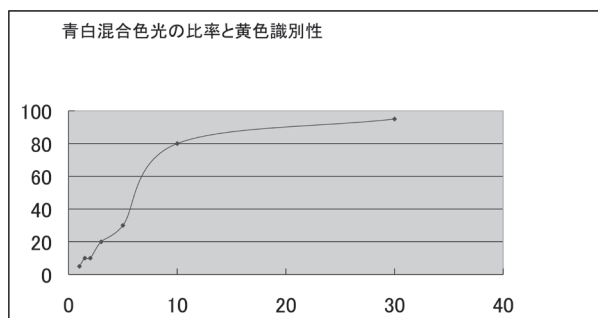


図1 青色白色光混合試験

・暗い路上で約10lxの青色単色光を照射したところ、ブロックの黄色が識別できなかった。

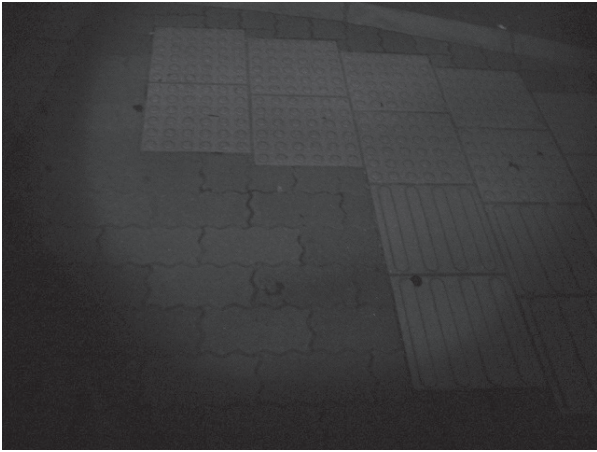


写真6 歩道端の黄色いブロックに青色単色光を当てたところ

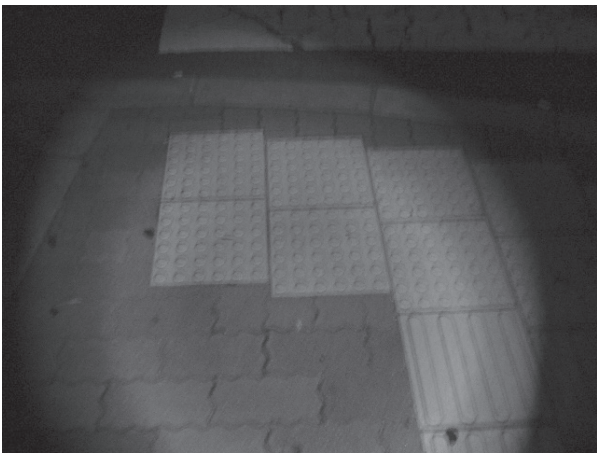


写真7 白色光では黄色を明確に識別できる

・路面照度 27lx の箇所に、約 5lx の青色光を照射したところ、ブロックの黄色が白っぽく色褪せたように見え、識別性が損なわれた。

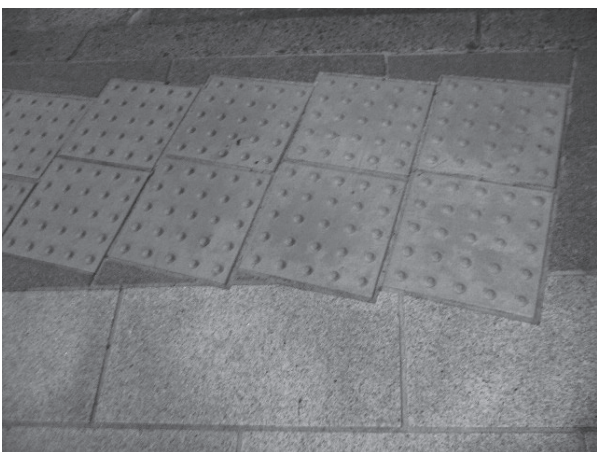


写真8 青色光を混ぜると黄色が色褪せたように識別困難となる

・青色防犯灯の光に照らされた路面に、黄色い画用紙と黄色蛍光体反射シールを置いたとこ

ろ、青色光が黄緑色に変換されて反射されるため、容易に黄色と識別できた。しかし、黄色蛍光体は直射日光のもとではまぶしすぎて不快であり、屋外では耐候性に問題がある。蛍光塗料を塗布したブロックを作ったとしても、屋内や地下駅などの限られた場所にしか適用できないと思われる。



写真9 青色防犯灯直下での黄色画用紙と黄色蛍光シールの色識別性

12. 青色光の影響の総括

ごく狭い範囲の設置ではランドマーク効果が期待できるが、路面照度は他の光源に比べ不足しており、歩行時の不安感がぬぐえなかった。また、安全上重要な、視覚障害者用ブロックの黄色の識別を阻害する作用があることが判明した。色識別は、高圧ナトリウム灯の橙色の単色光でも困難になることから、必ずしも青色光固有の問題とはいえない。分光分布が特定の波長に極端に偏るために生じる演色性の低下と考えられる。ただし、ナトリウム灯は非常に光量が大きいため、黄色いブロックが周囲より明るく見えることにより明度差として識別可能であ

る。青色単色光では明るくしても識別性は改善しない。水色光では明るくすることで辛うじて識別可能となる可能性がある。

夜間は色の識別が困難なため、ブロックの識別を諦めているロービジョン者も少なくない。青色灯の光源やブロックの色相によっては辛うじて識別可能な場合も想定される。しかし、青色光がブロックの色の識別に支障を与える作用は安全上好ましくないことには変わりはない。少なくとも階段や駅のホーム等、黄色いブロックの見落としが転落や転倒の原因となる場所への設置は避けるのが無難と思われる。

暗いと足元がよく見えず、障害物の回避に失敗する恐れがあるが、青色単色光では明るくすると色識別阻害が顕在化する。

網膜色素変性症、糖尿病性網膜症、白内障、緑内障では、青色光に対する感度が特に低下するとされていること、遮光眼鏡の多くは青色光等の短波長光を遮断することでコントラスト確保や羞明、霧視症状を改善していることから類推すると、青色光の下では、単なる色彩の心理作用のみならず、ロービジョン者の不快な眼症状を助長し、視認性の低下や不安感の助長といった好ましくない状況が生じる可能性も考えられ、症例毎の検討が必要である。

現在、駅のホームへの設置例では、通常は乗降に利用しない末端部のみにとどまっているが、仮にホーム全体が青色光で満たされたとすれば、見落としによる転落等の事故を招きかねない。



写真10 高圧ナトリウム灯のもとでは、黄色いブロックは明度差で識別可能

13. 望まれる対策

以上の結果から、青色光による問題を回避するための方策として、次のようなことが有効と思われる。

- ・青色光の影響から容易に離脱しうる狭い範囲への設置にとどめること。少なくとも地域全体を青色光で埋め尽くすようなことは避けるべき
- ・色識別への影響を考慮し、明るくしすぎないこと
- ・可能な限り他の光源やセンサーライトと併用すること
- ・可能な限り青色単色光ではなく水色系の明るいものを採用すること
- ・段差、ホーム等、黄色識別阻害が転落の危険につながる箇所や、蓋のない側溝や水路のある道等の危険箇所には設置しないこと

14. 今後の課題

本調査は、ロービジョン当事者として可能な手法により行った基礎的・試行的なものであるため、十分な定量的・客観的データを得ることができなかった。専門家による再評価を行い、ロービジョン者にも安全な歩行環境の確保のためのガイドライン策定が必要と思われる。

具体的には、実験室と輝度計、分光分析計等の高度な機器、被験者の視感度曲線や明暗順応等の評価による高信頼度の定量的データの収集、光源の違いによりロービジョン者が支障物や黄色サインを確実に発見するのに必要な照度の検証、まぶしさを軽減しつつ明るさ感を確保するための、白色LED照明の色温度(分光分布)の最適化の検討が必要と思われる。夜盲や著しい色覚障害のある人への影響についても検討されるべきであろう。

照明工学や福祉工学の専門家、照明機器メーカーの協力が望まれる。

謝辞

調査にあたり、兵庫県立福祉のまちづくり工学研究所の方々に、貴重な助言を賜った。心か

ら謝意を表す。

文献

- 1) 田口常正 (2009) 白色 LED 照明技術のすべて
工業調査会
- 2) LED 照明推進協議会 (2006) LED 照明ハンドブック オーム社
- 3) 土井正 (2008) 総括 防犯照明の要件と青色光の課題 照明学会関西支部シンポジウム「青色防犯照明を含む防犯照明の現状と課題」資料
- 4) 市原孝、原田敦史、松本泰幸 (2003) 人にやさしい道路環境に関する研究－ロービジョン者の夜間歩行に関する研究－ 兵庫県立福祉のまちづくり工学研究所報告集