

# 近紫外線を用いた高速道路案内標識の開発

西川 洋介<sup>1</sup>・糸島 史浩<sup>2</sup>・網野由美子<sup>3</sup>・高松 裕史<sup>4</sup>

<sup>1</sup>非会員 株式会社高速道路総合技術研究所 交通研究室 (〒194-8508 東京都町田市忠生1-4-1)

E-mail:y.nishikawa.ac@ri-nexco.co.jp

<sup>2</sup>非会員 中日本高速道路株式会社東京支社 交通技術チーム (〒105-6011 東京都港区虎ノ門4-3-1)

E-mail:f.itoshima.aa@c-nexco.co.jp

<sup>3</sup>非会員 リンテック株式会社研究所 素材設計研究室 (〒335-0005 埼玉県蕨市錦町5-14-42)

<sup>3</sup>E-mail:y-matsubayasi@post.lintec.co.jp

<sup>4</sup>非会員 岩崎電気株式会社 営業技術部 (〒361-8505 埼玉県行田市壺里山町1-1)

<sup>3</sup>E-mail:Takamatsu-yuuji@eye.co.jp

高速道路の案内標識の種類には、反射式標識、内照式標識、遠方照明式標識というものがある。この遠方照明式標識は、標識板の前方に灯具を設置し、その灯具から放たれる光(可視光線)が標識板で反射することでドライバーの視認性を確保するものである。時折、道路の線形などにより、遠方照明式標識の灯具から放たれ標識の縁や隙間から漏れた光が、対向車線のドライバーに不快さを与えていた。そこで、それらを克服するために漏れ光のない近紫外線を用いて標識板を明るく照らし出す紫外線発光標識を開発した。標識の開発に至る過程での技術的検討や紫外線発光標識の特徴について報告を行う。

**Key Words :** near-ultraviolet radiation, traffic sign, traffic safety, readability, ultraviolet radiation

## 1. はじめに

東・中・西日本高速道路株式会社(以下、NEXCOという。)が管理する高速道路に設置されている案内標識は、インターチェンジの出口案内やジャンクション(以下、JCTという。)の方向案内標識だけでも、NEXCOの技術基準に示されるもので概ね20,000枚ある。この内、インターチェンジ出口案内の行動点標識やJCT方向案内の分岐手前予告標識等には、遠方照明式標識が使われている。遠方照明式標識と言われているものの仕組みは、標識板の前面に設置された灯具から、可視光線で標識板を照らしてドライバーへの視認性を確保するものである。この遠方照明式標識において、標識板の縁や標識板間の隙間から漏れた光(以下、漏れ光という。)が、時折、対向車線のドライバーへ不快感を与えることもあった。漏れ光は極力発生しないよう設計を行っているが、道路線形上止むえない場合もある。そこで、問題点を克服するための新たな方式の標識を検討したので報告を行う。

## 2. NEXCOで使用する標識

高速道路の案内標識には、夜間の視認性を確保するため大きく分けて3種類の方式がある。それらは、反射式

標識と呼ばれるヘッドライトから照らされた光を反射させるもの、内照式標識と呼ばれる標識内部に設置された光源により自ら発光するもの



写真-1 高速道路に設置される標識

[ 上段: 反射式標識 下段(左): 遠方照明式標識 (右): 内照式標識 ]

さらに、標識板の前面から30m程度離れた位置に灯具を設置し、その灯具が照らす光を反射させる遠方照明式標識(写真-1)がある。

この内、遠方照明式標識は、灯具自体には光の照らす範囲を制限する精緻な設計を施し標識板より低い位置から標識板を照らすことからドライバーへの影響は少ないが、道路線形などによっては、対向車線を走行するドライバーから漏れ光に対して苦情が報告されることがあった。

しかし、この遠方照明式標識は、常に標識へ光を照らしていることから遠くからも標識の位置を判断しやすく、また、電気機器の維持補修作業は路側から可能であり、他の方式に比べて優れている点が多かった。

表-1に標識種別ごとの特徴を示す。

表-1 種類別標識の特徴

種類	費用	明るさ	長所/短所	
			長所	短所
反射式標識	安	明るい	・電気代が不要 ・電気機器の維持補修が不要	・ヘッドライトで照らさないと光らない。 ・視認位置により微妙に輝度が異なる。
遠方照明式標識			・電光が必要<小>	・投光されることにより光っている。 ・電気機器の維持補修は路側で行う。 (車線規制不要)
内照式標識			・電気代が必要<大> ・電気機器の維持補修は道路上方で行う。(車線規制必要)	・とても明るい(約200cd/m <sup>2</sup> 以上) ・自発光している。 ・視認位置により輝度は変わらない。

<上表の目安>  
※標識板の大きさは、10m<sup>2</sup>程度のものを想定している。  
※反射シートはプリズムレンズ型反射シートを想定している。

そこで、漏れ光となる可視光線を含まない光を用いて遠方照明式標識と同等の性能確保する標識を検討することとした。

### 3. 新光源を用いた標識システム

先に示した問題点を克服するため、飲食店や一部の看板などに用いられていた方法に近紫外線を照射し文字や絵を浮かび上がらせる演出照明が従来からあり、その方式に着目した。この方式は、ブラックライト(近紫外線)の照射により発光する「特殊発光フィルム」と「紫外線照射灯具」(以下、近紫外線用照明灯具という。)により、構成されるシステムである。

開発当時、看板全面を光らせて使用された事例は確認されておらず、部分的にサイン一部を光らせる事例で用いられる程度であり、十分な明るさもなかった。

そのため、「特殊発光フィルム」を標識の材料に用いるには、発光効率を上げる必要があり、近紫外線用照明灯具は紫外線放射出力の高い製品を開発する必要があった。また、近紫外線照明灯具から出力される紫外線のピーク波長と標識発光シートが最も効率よく発光する波長を合わせる必要があった。近紫外線を用いて標識を明るく見せるためには、多くの解決する問題があった。

### (1) 特殊発光フィルム

特殊発光フィルムとは、紫外線発光顔料(BaMg等を含む無機化合物)とプラスチック樹脂からなる発光層で構成され、近紫外線(UV-A:315nm~400nm)(表-2)を照射すると発光顔料がその刺激により励起し、光を放つ仕組みである(図-1)。

表-2 光の波長域

波長域	区分	応用例
紫外線 (100-380nm)	真空紫外線 100-200nm	殺菌、洗浄作用 オゾン層が無害化するため、地球には到達しない
	UV-C 100-260nm	眼球障害 皮膚障害
	UV-B 260-315nm	
	UV-A 315-360nm	印字、製版 日焼け
可視光線	360-780nm	植物の光合成 植物の形態形成
赤外線 (760-1mm)	IR-A	光通信、リモートセンシング
	IR-B	加熱、加工、乾燥

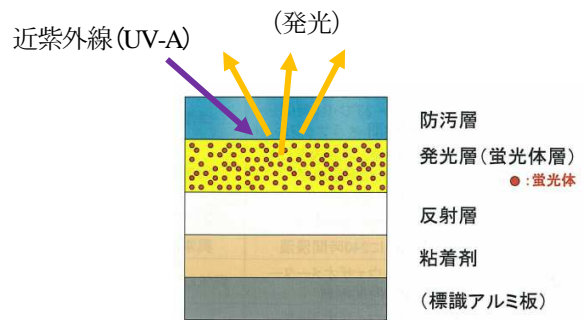


図-1 標識発光シートの構成

特殊発光フィルムを用いる発光シート(以下、標識発光シートという。)は、板面に当たった可視光線を反射させる反射シートと異なり、近紫外線を照射することにより標識板面自体が発光するものとなる。シートが自ら発光することから、視認位置の違いによる明るさの変化もなく(写真-2)、また、近紫外線利用することは、可視光線を用いるものに比べて雨や霧などの天候による影響も少ないことも報告されており、交通安全上も有利となる。



写真-2 発光方式と反射方式の比較

[ (左) 標識発光シート, (右) 遠方照明用反射シート ]

標識を用途とする発光シートの開発に当たっては、過年度に一般品として開発済みであった看板を用途とする発光シートを基に、高輝度・高耐久性を兼ね備えるシートにしなければならず、それらの開発を行った(表-3)。

開発に当たっては、看板を用途とする発光シートの紫外線発光顔料成分構成より、発光顔料の高輝度化及び輝度向上を目的とした添加量の最適化を進め、紫外線発光を妨げず高耐久性も向上可能な防汚層(プラスチック樹脂)で覆った標識シート1を開発した。その結果、輝度の向上及び耐久年数を伸ばすことができた。

さらに、後述する実験により更に視認性を向上するために緑色と白色の輝度比(コントラスト比)を、大きくすることで、判読性を向上させた標識シート2を開発した(写真-3)。

表-3 標識シートの開発推移

	看板用	標識シート1	標識シート2
平均発光輝度 (cd/m <sup>2</sup> )	13	20	30
輝度比(緑：白)	2:1	1:3	1:6
均斉度(4以下)	—	2.5	2.2
耐候処方	無	有	有
耐久年数	5	10	10

※紫外線照射量：100μW/cm<sup>2</sup> 時



写真-3 標識発光シートの発光状況(緑/白)

[ (左) 看板用, (中) 標識シート1, (右) 標識シート2 ]

## (2) 近紫外線用照明灯具

近紫外線用照明灯具とは、近紫外線を出力し可視光線をカットする特殊な照明灯具である。

表-4 ランプと灯具の開発推移

	一般品	改良品灯具 (Ver1)	改良品灯具 (Ver2)
ランプ長(mm)	370	155	155
灯体のサイズ (mm)	360×470 ×420	211×211 ×266	250×318 ×285
重量 (kg)	灯具	5.5	1.3
	安定器	4	13.5
安定器	別置	別置	内蔵
ランプ電力(W)	300	175	175
紫外線放射出力(W)	27	33	33
特殊塗料 (※可視光カットフィルター)	ランプ外球に塗布	灯具前面ガラスに処理	灯具前面ガラスに処理

当初は表-4の一般品で検討を行ったが、ランプや照明灯具サイズが大きいかかわらず、照明灯具から放射される紫外線量も少なかったため、紫外線放射出力量の増加とランプと灯具のコンパクト化の解決が必須であった。

ランプが大きくなる理由として、可視光線を通さずに紫外線のみを放射させる特殊塗料がランプ(薄いガラス)表面にしか塗布ができなかったこと。また、特殊塗料を塗布できるランプは熱に弱く、ランプが破損しない温度の限度値を超えないように、放熱しやすい大型の外球を使用していたことから灯体も大きくなっていった。検討により特殊塗料を照明灯具の前面ガラス(厚いガラス)に塗布処理できる技術が確立されたため、大型のランプ外球が不要となりランプがコンパクトにすることができた(図-2)。

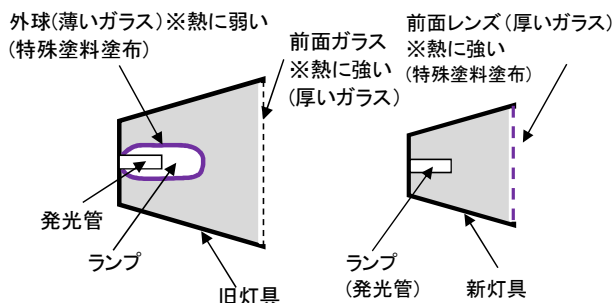


図-2 近紫外線用照明灯具の変化

以上検討により、照明灯具全体で100mm以上コンパクト化され、更に発光管も高出力にすることができ紫外線放射出力の高い改良品灯具(ver1)が開発された(写真4、写真-5)。

しかし、改良品灯具(ver1)は灯具と安定器が分離されており、灯具と安定器間の配線が煩雑なることなどから、施工性やメンテナンス性が課題であった。そこで、後に問題を解決するために安定器の電子化を図り、近紫外線用照明灯具と安定器を一体化させた改良品灯具(ver2)を開発した(写真-6)。<sup>2)</sup>



写真-4 ランプの比較

(一般品(左)、改良品ランプ(Ver1・2)(右))

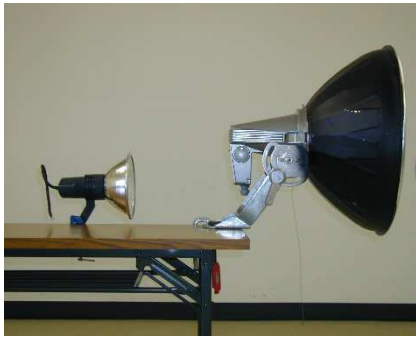


写真5 近紫外線照明灯具の比較  
(一般品(右)と、改良品灯具(Ver1)(左))



写真6 近紫外線用照明灯具 改良品灯具(Ver.2)

### (3) 標識シートと灯具の適正設置位置

近紫外線を用いた標識システムの灯具は、遠方照明式標識の灯具と同様にメンテナンス性を考慮して路側設置としており、標識板に対して図-3のように斜め方向からの照射となる。標識板と灯具が近い場合は、標識面は明るい輝度ムラが発生し標識面が見づらくなる。一方で標識板と灯具が遠い場合は、輝度ムラは改善されるが、標識発光輝度を大きくするために多くの灯具数が必要となる。そこで、灯具数と灯具設置位置を変化させ計算(シミュレーション)し最適となる条件を求めた。その結果、遠方照明式標識の灯具設置位置より近い、標識板と灯具が45度方向の設置位置関係が最適な位置となることが分かった。

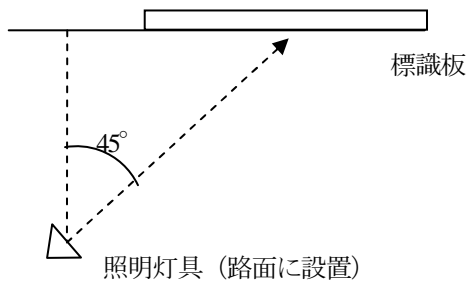


図-3 標識板と照明灯具の設置位置 (平面図)

## 4. 視認試験結果

次に標識シート 1(表-3)及び改良品ランプ(ver1)(表-4)を用いて行った視認試験結果を示す。

### (1) 視認試験

視認試験は、工場内で実施した。

近紫外線を用いた標識システム(以下、紫外線発光標識という。)と遠方照明式標識の1対比較で行った。試験に用いた標識板(図-4)は、横3.50m縦2.65mの大きさで、高速道路の出口案内標識に用いるものである。

試験項目は、①視認試験、②照明器具まぶしさの確認、③斜め方向からの視認確認を実施した(写真-7)。

#### 1) 試験内容

紫外線発光標識と遠方照明標識を並べて設置し、60m・100m・150m・200m・250mの距離における視認性(誘目性・判読性)を目視により確認した。

視認実験は、被験者が250mから60mまで徒歩で近づきながら実施した(表-5)。

誘目性として標識自体の存在(緑色の標識が存在する)がわかること。また、判読性としては、標識の文字が判読できることを確認している。

表-5 視認試験の確認ポイント

視認性距離	60m	100m	150m	200m	250m
誘目性	—	—	○	○	○
判読性	○	○	○	—	—

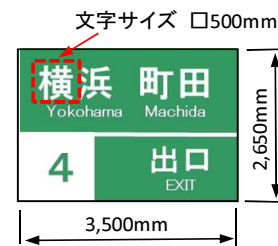


図-4 試験に用いた標識板



写真-7 工場内での試験風景

(左)昼間 左：紫外線発光方式 右：遠方照明方式

(右)夜間 60m 左：紫外線発光方式 右：遠方照明方式

## 2) 評価方法

試験における評価は5段階としてアンケート調査を行った(表-6)。

表-6 アンケート5段階評価

誘目性 :	5. 非常に確認しやすい	判読性 :	5. 非常に読みやすい
	4. 確認しやすい		4. 読みやすい
	3. どちらともいえない		3. どちらともいえない
	2. やや確認しにくい		2. やや読みにくい
	1. 非常に確認しにくい		1. 非常に読みにくい
照明のまぶしさ :	5. 全く気にならない	斜めからの視認性 :	5. 非常に視認しやすい
	4. 気にならない		4. 視認しやすい
	3. どちらともいえない		3. どちらともいえない
	2. 少し気になる		2. やや視認しにくい
	1. 非常に気になる		1. 非常に視認しにくい

## 3) 試験結果

被験者 23 名によるアンケート結果を図-5~7 に示す。なお、評価値は、被験者 23 人の平均値を示している。

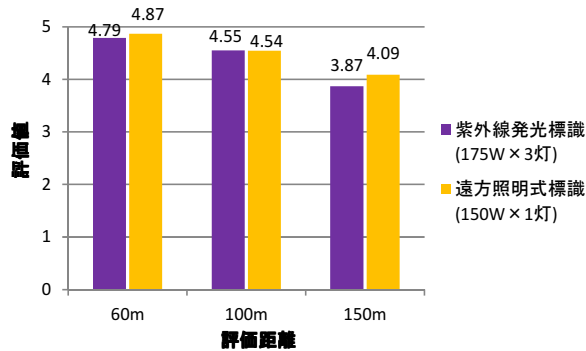


図-5 判読性比較評価結果

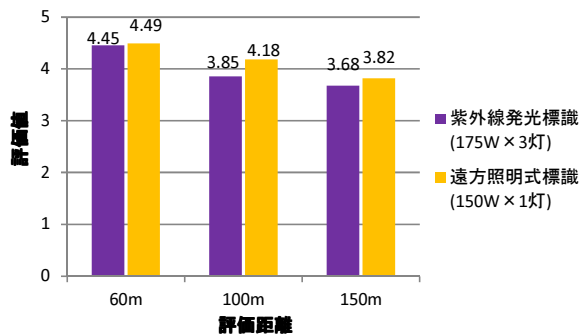


図-6 誘目性比較評価結果

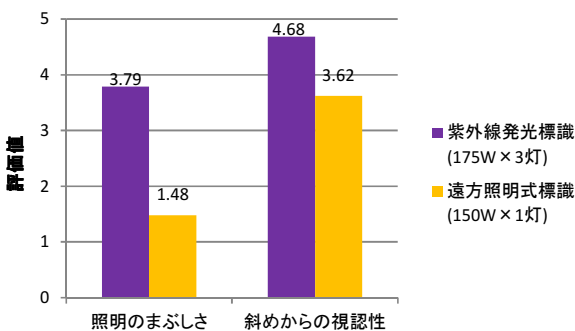


図-7 まぶしさ・斜めから視認性比較評価結果

図-5~7 より視認性・誘目性に関しては、評価に大きな差は無かった。また、図-7 より「まぶしさ・斜めからの視認性」に関しては、紫外線照射標識の方が評価が高かった。

これらの結果より、遠方照明式標識と見え方に大きな差は無いと考えられた。しかし、数人であるが、視認性に関して意見もあった。これらの試験結果により更なるシートに改良を加えて表-3の標識シート2を開発した。改良した標識シート2を用いて、供用している高速道路路上に試験設置を行い更なる問題点の抽出を行った。

## (2) 試験設置

中央自動車道駒ヶ根 SA の案内誘導標識において、紫外線発光標識を試験設置をした。試験設置後は、定期的な輝度測定を実施した。

設置後、標識発光輝度が徐々に低下し始め5年間で約60%弱となった(表-7)。輝度低下の原因は、紫外線ランプの光束維持率の低下、灯具や標識板面の汚れによるものと考えられた。

そのため灯具を交換し輝度を測定した結果、初期輝度の約85%まで輝度が回復した(写真-8)。灯具と標識板面の汚れにより5年間で15%程度輝度が低下したことが分かった。

表-7 視認性試験結果

設置年数	0年	1年	2年	3年	5年	5年 灯具交換
加重平均輝度* (cd/m <sup>2</sup> )	8.35	7.69	6.24	5.02	4.88	7.01
保持率 (%)	100	92	74	65	58	84

\*加重平均輝度：白と緑の面積比を1:4としたときの加重平均



写真-8 駒ヶ岳 SA 標識

(左)設置当時 (右)設置5年経過(ランプ交換後)

## 5. 紫外線強度の初期条件設定

実用化する場合、長期にわたる輝度の低下分を考慮して灯具の初期条件を設定する必要がある。

そこで、他に試験設置した東名阪自動車道「四日市 JCT」、中央自動車道「小牧 JCT」、東名高速「豊田 JCT」の案内標識 3 か所の輝度測定を行い、平均紫外線強度を求めた。結果から標識面の平均紫外線強度は、それぞれ 70、93、88  $\mu\text{W}/\text{cm}^2/1000\text{lx}$  であった。

低い値である四日市 JCT (写真-9) の  $70 \mu\text{W}/\text{cm}^2/1000 \text{lx}$  において、標識の視認性を調査したところ、問題がなかったため  $70 \mu\text{W}/\text{cm}^2/1000 \text{lx}$  程度を寿命末期とすることにした。

ここで、紫外線用ランプ 175W の寿命末期の光束維持率は一般水銀灯と同様に初期の 75%である。また、暴露試験を行った結果、光束維持率が 75%となるランプ寿命末期 (12000 時間後(3.2 年)) の標識と器具の汚れによる紫外線強度の低下率は 10%程度であった。よって、寿命末期時は、光束維持率 75%と、標識と器具の汚れ係数 90%を乗じ、初期値から 68%程度の明るさとなる。よって、平均紫外線強度の寿命末期時の  $70 \mu\text{W}/\text{cm}^2/1000 \text{lx}$  となる紫外線の初期強度は  $100 \mu\text{W}/\text{cm}^2/1000 \text{lx}$  以上とした。

管轄内では、ジャンクション周辺の大型の標識板を中心に設置されている(写真-10)。







四日市JCT (平均紫外線強度 $70 \mu\text{W}/\text{cm}^2/1000 \text{lx}$ )	
写真	輝度計
	
小牧JCT (平均紫外線強度 $93 \mu\text{W}/\text{cm}^2/1000 \text{lx}$ )	
写真	輝度計
	
豊田JCT (平均紫外線強度 $88 \mu\text{W}/\text{cm}^2/1000 \text{lx}$ )	
写真	輝度計
	

写真-9 試験設置した紫外線発光標識の輝度(四日市JCT, 小牧JCT,豊田JCT)左:設置状況 右:発光輝度の状況



写真-10 大型図形紫外線発光標識 (夜間発光) 写真 (上:新清水JCT付近 下:引佐JCT付近)

## 7. おわりに

本報告では、近紫外線を用いた標識開発について報告した。その結果、標識発光輝度の向上、近紫外線灯具の改良を行うことにより遠方照明式標識と同等程度の明るさを有する紫外線発光標識を開発することができた。紫外線発光標識は、可視光線を含まないため、周囲環境に対する配慮が必要になる地域で有効な対策製品である。今後とも交通管理・交通安全施設に関して、より安全な製品を開発してゆきたいと考えている。

## 参考文献

- 1)都築文明, 平林宏一, 村山秀彦, 藤田晃弘:目にやさしく、悪天候下により道路標識システムの検討 紫外線発光フィルム(HULフィルム)の効果, 第10回交通工学研究発表会, 1998
- 2)高松裕史, 鶴川広之進, 白石宏樹:紫外線照射標識システムの照明設備, IWASAKI技報第27号, pp50-51, 2012

(2014. 8. 1 受付)

## 6 高速道路での本格的な設置

以上のような検討の結果、標識発光シートおよび近紫外線用照明灯具の必要な規格が定まったことから、複数の高速道路で本格的な採用が始まった。NEXCO 中日本