

夜間の津波避難誘導を可能とする蓄光標識の 設置事例に関する調査・研究 —高知県黒潮町を事例として—

大野 春雄¹・荏本 孝久²・斎藤 悦郎³

¹フェロー会員 工博（特非）建設教育研究推進機構

²フェロー会員 工博 神奈川大学工学部建築学科

³フェロー会員 工博（株）フジタ 土木エンジニアリングセンター

土木学会地震工学委員会・突発災害時における避難誘導に関する調査研究小委員会メンバー

突発災害時のリスクを最小にするにはハード・ソフト両面の対策を整備する必要がある。ソフト面に於ける最も重要な対策の一つである「停電を伴う夜間の津波避難誘導対策」に関する調査研究の一環として、本稿では高知県黒潮町に設置され、約2ヶ月経過した蓄光式避難誘導標識の実性能を把握し、屋外に設置する蓄光式避難誘導標識の発注時における要求性能及び材料選定の妥当性について検討を行なった。発光性能の測定においては、新たに開発された現場測定用の輝度計 BM-100 改を使用した。本調査・研究により、自治体発注者の要求性能の内容と現在設置している蓄光式避難誘導標識等の課題を明確化する事により、屋外に設置する蓄光式避難誘導標識の発注・選定等に係る運用のあるべき姿を考察する。

Key Words: evacuation guide, at night, luminescent performance, luminance meter, high durability, required performance, photoluminescent

1. はじめに

津波災害時に対するハード面の主な対策として防波堤・防潮堤・避難所など構造物の整備、ソフト面の対策としては防災訓練、防災教育、避難誘導、情報伝達等が挙げられる。しかしながら、ハード面の対策には莫大な財政負担を伴うことから、近年、ソフト面の対策を工夫し費用負担が小さく、より効果的な対策として避難誘導が重要視されて来ている。

停電を伴う夜間の避難誘導対策は最も重要なソフト面対策の一つであるが、従前から採用されているソーラー電源灯付き避難誘導標識は耐久性不足やメンテナンス不足等により、設置後数年で多くの装置が機能を喪失しているにも関わらず、財源不足によりそのまま放置されているのが現状である。そのような状況の中、夜間、東日本大震災時のような大津波が押し寄せたら、更に被害が拡大するであろうことは容易に想像ができる。

蓄光式避難誘導標識には日没から翌朝まで十分な視認性が確保できることが必須の性能として求められるが、前述のような状況を回避するため、厳しい環境下での高

い耐久性が求められる。

2. 調査・研究の経緯と JIS の動向

公益社団法人土木学会地震工学委員会・突発災害時における避難誘導に関する調査研究小委員会（以下「小委員会」とする）は、蓄光式津波避難誘導標識の有効性の検証を目的として暗闇時の避難誘導に関する公開実験（2012年4月8日に静岡県吉田町、2013年4月20日に高知県黒潮町、2014年9月5日に岩手県山田町）を過去に3回実施している。特に山田町は過去に大津波により甚大な被害を受けた地域であり、地域住民が被験者となって評価を行い、蓄光式避難誘導標識の有効性を裏付ける結果を得た。



写真1 吉田町公開実験

写真2 吉田町公開実験



写真3 黒潮町公開実験



写真4 黒潮町公開実験



図1 山田町避難経路



写真5 山田町公開実験

2014年9月22日に制定されたJIS Z 9097（津波避難誘導標識システム）¹⁾は上記の公開実験結果や評価が色濃く反映され、蓄光式避難誘導標識の仕様及び運用方法等が世界に先駆けて示された。

今回、運用段階に入った蓄光式避難誘導標識の現状を把握し、JIS Z 9097で示された規定等が機能しているか否かを検証するため、制定後にまとまった数量の蓄光式避難誘導標識が設置された高知県黒潮町の協力を頂き、自治体の要求性能と設置後の実性能等に関する調査・研究を行った。

3. 要求性能

JIS Z 9097（津波避難誘導標識システム）では、耐久性については「付属書Dの2.1.2.3その他の性能」で「JIS Z 9096（床面に設置する蓄光式の安全標識及び誘導ライン）²⁾に規定されている16項目（5.1りん光材料の昼間の色、5.2耐候性、5.3耐衝撃性、5.4耐水性、5.5耐燃性、5.6耐湿性、5.7耐ふ（拭）き取り性、5.8表面印刷の付着性、5.9りん光材料のりん光輝度、5.10粘着力、5.11耐摩耗性、5.12耐薬品性、5.13曲げ強度、5.14滑り抵抗、5.15耐凍結融解性、5.16耐汚染性）について要求性能の基準を規定している。

また、発光性能については「付属書D.2.1.2.2りん光輝度区分」でⅠ類（励起停止後、720分後のりん光輝度が3mcd/m²以上）とⅡ類（励起停止後、720分後のりん光輝度が10mcd/m²以上）が規定されている。

一方、今回調査の対象となる蓄光式避難誘導標識の要求性能はJIS Z 9096に規定される基準に基づくところだが、

5.3耐衝撃性、5.10粘着力、5.11耐摩耗性、5.13曲げ強度、5.14滑り抵抗、5.15耐凍結融解性の6項目を対象外とし、残りの10項目のみの適合品としている。また、発光性能については、「付属書D.2.1.2.2りん光輝度区分」のⅡ類（励起停止後、720分後のりん光輝度が10mcd/m²以上）に適合するものとしている。

4. 調査内容

調査は2017年5月27日～6月1日早朝にかけて実施した。

最初に調査対象とする標識の選定を行った。標識の位置を示した地図を黒潮町から提供いただき、1,073枚（A社製：606枚、B社製：467枚）設置された蓄光式津波避難標識の中からランダムに抽出した。

表1 調査標識の枚数

メーカー	設置枚数	測定枚数	測定枚数/設置枚数 (%)
A社	606	179	29.5
B社	467	148	31.7

(1) 設置環境調査

昼間（14：00～16：30）対象となる標識が設置されている環境（天候、気温、表示面の設置方向、励起の妨げとなる障害物の有無）を調査した。

(2) 発光性能調査

昼間（14：00～16：30）の設置環境調査時に遮光板³⁾を標識の所定の箇所に取り付け、蓄光材の励起を遮断した。そして昼間遮光板を取り付けた時間から12時間経過した後の夜間（2：00～4：30）、JIS Z 9097に規定されている輝度計²⁾を用いて蓄光部の輝度を実測した。実測時は、暗幕で標識全体を覆い周辺にある街灯等の外光の影響を完全に排除し測定の精度を確保した。



写真6 遮光板設置状況



写真7 暗幕内測定状況



写真8 暗幕除去表示確認



写真9 輝度表示状況

*1: 突発災害など万が一の事態を想定し、60mm 角の遮光板に標識蓄光部と同程度発光する蓄光材を取り付けたもの。

*2: 蓄光部遮光後の 12 時間後の表示面輝度の実測はトプコンテクノハウス社の輝度計 BM-100³⁾に漏れ光を確実に遮断する大型遮光パッドを取り付けた改良型 BM-100

改を使用した。BM-100 は現場計測を可能としたハンディタイプだが、公的試験機関等で使用されている同社の高性能色彩輝度計 BM-5AC⁴⁾と同等の実測性能を保有している。

(3) 目視による劣化等調査

昼間（10：00～16：30）、調査対象の蓄光式津波避難標識について目視による劣化（色ムラ、変色、剥がれ、膨れ、シワ等）の調査を行った。

5. 調査結果

(1) 設置環境

今回の測定対象範囲では蓄光津波避難標識の励起に大きく影響する障害物や避難時に見通しが出来ないような場所に設置された標識は見当たらなかった。

(2) 標識輝度

2017年5月27日～6月1日早朝にかけて測定した遮光後 12 時間後の実測データを蓄光標識メーカー、測定日毎に表示面輝度の平均値と最大・最小値を求めた。

蓄光材は、一般的に低気温下で励起した場合、12 時間後の輝度値が高くなる傾向にあるため、晴天が続き気温が高かった 2017年5月27日午後～5月31日早朝間の実測値と雨天で気温が低下した 2017年5月31日午後～6月1日早朝との実測データを分け、メーカー毎にまとめた。

表2 輝度測定データまとめ

標識メーカー	目隠し時日付 (実測は翌朝)	目隠し時 天候	12時間後実 測平均輝度 (mcd/m ²)	測定点数 (N数)	最小輝度 (mcd/m ²)	最大輝度 (mcd/m ²)	10mcd以下		10mcd以上	
							N数	%	N数	%
A社	全日程	-	7.59	224	-	-	207	92.4	17	7.6
	5/27～5/30	晴れ	7.40	179	3	10	173	96.6	6	3.4
	5/31	雨	8.68	45	6	11	34	75.6	11	24.4
B社	全日程	-	7.57	184	-	-	176	95.7	8	4.3
	5/27～5/30	晴れ	7.22	148	4	11	146	98.6	2	1.4
	5/31	雨	8.17	36	4	11	30	83.3	6	16.7

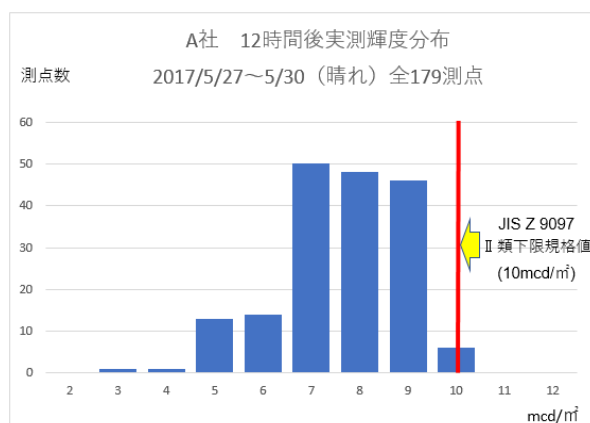


図2 A社標識 晴天時 12時間後輝度分布

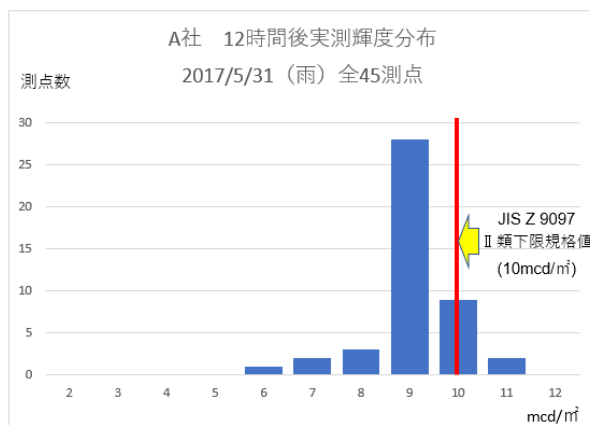


図3 A社標識 雨天時 12時間後輝度分布

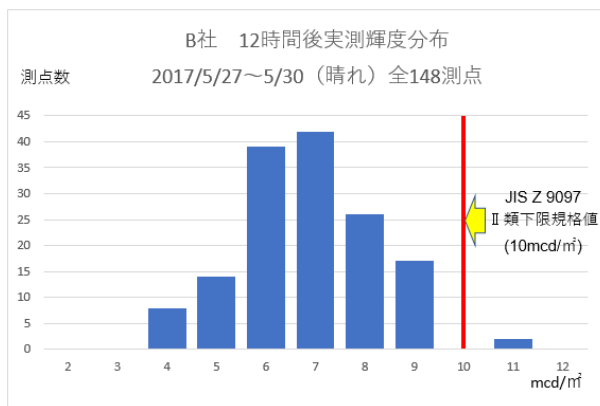


図4 B社標識 晴天時 12時間後輝度分布

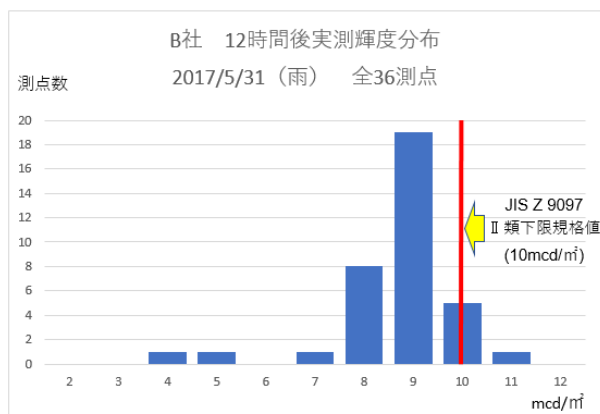


図5 B社標識 雨天時 12時間後輝度分布

(3) 目視による劣化等

蓄光式津波避難標識の目視による色ムラ、変色、剥がれ、膨れ、シワ等の劣化等については、表面のトップコートにシワが発生している標識が数カ所確認された。

設置前からあったのか、設置後に入ったのかについては不明である。

5. 考察

(1) 設置環境について

設置環境の調査では、励起に支障をきたすような環境下に設置されている箇所は見当たらず、蓄光式津波避難標識の設置計画が適切であることが確認できた。

(2) 発光性能について

発光性能の実測調査では、設置後 2～3 ヶ月であるにもかかわらず、多くの標識について特記仕様書で要求されているⅡ類の発光性能（12 時間後の輝度が 10mcd/m² 以上）を満たしていない可能性があることが判った。また、12 時間後の実測輝度が最小 3mcd/m² から最大 11mcd/m² と大きなバラツキがあり、更に、晴天時など昼間の気温が高い時、12 時間後の輝度が低下傾向にあることも判った。

これらより、夏季の晴天日、特に夏日や真夏日など、更に輝度が低下することが予想され、夜間の突発災害時、視認性が確保できず避難誘導に支障をきたすことも懸念される。

これらより、夏季の晴天日、特に夏日や真夏日など、更に輝度が低下することが予想され、夜間の突発災害時、視認性が確保できず避難誘導に支障をきたすことも懸念される。

(3) 目視による劣化等について

目視による劣化等については、数カ所の表面のシワが確認出来たが、現在設置されている蓄光式津波避難標識は事前に耐摩耗性試験による表面強度の確認がなされていないことによることも原因の一つと考えられる。

(4) 要求性能の不具合について

設置当初からなのか設置 2～3 ヶ月で劣化が進行したのかについては、現段階で定かではないが、考えられる原因として次のようなことが考えられる。

「JIS Z 9097（津波避難標識システム）付属書 D の 2.1.2.3 その他の性能」で「JIS Z 9096（床面に設置する蓄光式の 安全標識及び誘導ライン）に規定されている 16 項目の性能基準が要求されているが、今回、黒潮町に設置されている蓄光式津波避難標識の要求性能は 16 項目の内、6 項目が除外され 10 項目のみとなっている。

除外項目の中には、特に表面の劣化及び劣化による発光性能の低下に大きく影響する耐摩耗性能もあり、今後表面の劣化や更なる輝度性能の低下が懸念される。

6. 蓄光式避難誘導標識の運用に関する提言

蓄光式津波避難標識の発注・選定等の係る運用に関する課題を次に列挙する。

- ・発注者側によるメーカー選定方法
- ・発注者側による製品受け入れ検査体制
- ・特記仕様書に記載する要求性能項目
- ・メーカーによる製品出荷時の検査方法
- ・製品の製造方法・体制等確認方法

今回の調査・研究と対象となった黒潮町の事例は JIS Z 9097 制定後、蓄光式津波避難標識を大規模に設置した国内最初の事例であり、他に範例が無い中、手探り状態

で進めた大変なプロジェクトであったことは容易に想像がつく。

現在、蓄光式津波避難標識に関する公的な規定としては JIS Z 9097 (津波避難誘導標識システム) があるが、JIS 規格はそもそも法律ではないため、強制力はなく、かつ遵守しなくても罰則等も存在しない。また、公的な認定制度等も存在しない。

蓄光式避難誘導標識は津波のみならず地震や噴火等、様々な突発災害における夜間避難に対応可能、かつ人の命に直結する非常に重要な標識である。

建築物屋内の暗闇時の避難対策として高輝度蓄光式避難誘導標識が消防法で規定されており、一般財団法人日本消防設備安全センターが認定機関となっており、型式認定及び個別認定等の試験を厳しく管理する体制が整備されている。

仕様等の違いはあるが、検査方法等の考え方は同じであり、屋外用に設置する蓄光式避難誘導標識にも高輝度蓄光式避難誘導標識と同様に公的機関による認定制度を早期に整備することを提言する。

また、認定制度が整備されるまでは、発注者側及び業者側等関係者に於いては、上述の「運用に関する課題」等を検討する際はすべての項目について「常に安全側に立つ」意識を持って検討することも併せて提言する。

7. おわりに

2013 年 4 月に黒潮町で公開実験を実施するにあたり、JIS Z 9097 の耐久性の 16 項目全てに適合する C 社製蓄光式津波避難標識の試験施工を行っている。4 年以上経過

した今回の調査時に同じ測定方法で発光性能の確認を行ったところ、II 類の性能 (12 時間後の輝度が 10mcd/m² 以上) を大きく上回る性能 (12 時間後の輝度が 13～18mcd/m²) を維持していた。今回の調査は標識設置後 2～3 ヶ月後に実施したため、標識の劣化に関するデータが十分とは言えない。今後、更なる追跡調査を行い、劣化や環境による性能変化等のデータを蓄積・分析する予定である。本調査・研究が蓄光式避難誘導標識の設置を検討・計画中の自治体や、認定制度立上げ等の一助になれば幸いである。

また、認定制度の立ち上げには、公的認定機関の選定や認定基準の策定等の手続きにかなり時間が掛かると予想されるため、関係機関の方々には早急なる対応をお願いする次第である。

謝辞：本調査・研究の現地調査にご協力いただいた黒潮町役場関係者の皆様に厚く謝意を表する。

参考文献

- 1) 日本工業標準調査会：JIS Z 9097 (津波避難誘導標識システム)
- 2) 日本工業標準調査会：JIS Z 9096 (床面に設置する蓄光式の安全標識及び誘導ライン)
- 3) 株式会社トプコンテクノハウス：http://www.topcon-techno.co.jp/products/pdf/BM-100_jp2.pdf..
- 4) 株式会社トプコンテクノハウス：. http://www.topcon-techno.co.jp/products/BM-5AC_jp2.pdf

Title A STUDY OF INSTALLATION EXAMPLES OF PHOTOLUMINESCENT EVACUATION GUIDE SIGN BOARDS FOR NIGHT-TIME EVACUATION IN KUROSHIO-CHO, KOCHI PREFECTURE

Haruo OHNO, Takahisa ENOMOTO and Etsurou SAITO

To minimise the risk at the time of unexpected disaster, both structural and non-structural measures must be prepared. As part of the study, one of the most important non-structural measures of “evacuation guidance measures during a blackout at night”, this report examined the actual performance of photoluminescent evacuation guide sign boards installed about two months ago in Kuroshio-cho, Kochi Prefecture as well as the required performance and the validity of material selection of photoluminescent evacuation guide sign boards for outside installation at the time of ordering.

Newly invented BM-100 was used to measure the luminescent performance at the measuring site.

Examining the best form of selecting and ordering photoluminescent evacuation guide sign boards intended for outside usage by clarifying the problems for the content of required performance in the special specification at the time of ordering and post-installed photoluminescent evacuation guide sign boards.