

道路照明灯自動監視システム

湾岸管理部 施設保全課 山村 志津夫
大阪建設局 施設課 庄 直之

要 旨

阪神高速道路においては、夜間、道路利用者の安全かつ円滑な走行確保を目的として、原則として全線照明を行っている。その数は、トンネル照明灯を含めて約28,000灯におよぶ。

道路照明設備に対する保守・点検作業として、現在1回/週の巡視点検にて点検車の低速走行巡視により、人手による球切れ監視を実施し、後日、工事規制による換球作業を実施している。ここにおいて道路利用者、点検・工事作業双方の安全に対する配慮が必要である。

道路照明灯自動監視システムは、例えば安定器2次側の電流値等の電気的特性のデータ収集・解析により不点灯などを自動検出するとともに点灯から不点灯に至るまでの経過を記録し、これを一元管理、情報出力および記録等システム化するものであり、道路照明設備の維持管理業務の効率化を図ることに寄与するものである。

本稿は、本システムの基本構成、監視端末装置についての実験の内容、実験の結果と考察、期待される導入効果について述べるものである。

キーワード：道路照明設備、道路照明灯自動監視、維持管理の効率化

はじめに

阪神高速道路の道路照明は、低圧ナトリウム灯および高圧ナトリウム灯による中央分離帯設置のポール方式で、路面の平均輝度は1 cd/m²としており、照明ポールの設置間隔は30m~40mである。道路照明は、夜間時の道路利用者の安全確保、事故件数の減少および事故程度の緩和に寄与しているため、球切れや照明器具の異常が発生した場合には、迅速な対応が要求される。

道路照明設備に対する点検は週1回の巡視点検により実施している。巡視点検は、巡視車による低速走行により実施され、道路利用者の円滑な走行に支障を及ぼすと同時に、道路利用者車輛と巡視車輛双方に安全への配慮が要求される。このため、巡視点検は、走行車輛の少ない深夜に実施し

ており、「危険な深夜作業」となっている。

したがって、これら道路照明設備の球切れや異常などの監視をシステム化により自動化ができれば、道路利用者の安全性、快適性の確保とともに、維持管理業務の省力化や業務環境の改善が図れることとなり、多くの導入効果が期待できる。

本稿は、本システムの基本構成、監視端末装置についての実験の内容、実験の結果と考察、期待される導入効果について述べるものである。

1. システムの基本検討

1-1 システムの基本概念

道路照明自動監視システムは、道路照明設備の不点灯（球切れ）や異常および点検情報を自動検出し、中央装置で一元的に管理するものであり、

システムの基本概念は図1のとおりである。

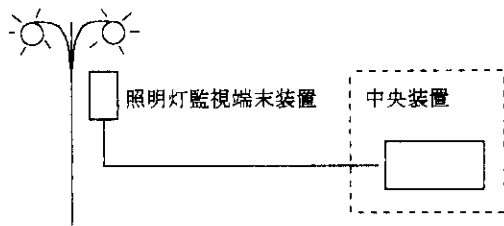


図1 システムの基本概念

すなわち、照明柱内に照明灯監視端末装置を設置し、安定器2次側電流等のデータを収集をすることにより、道路照明設備の状態を一元管理するものである。

1-2 システムの検討項目

以下にシステムの検討項目を示す。

(1) 道路照明設備点検自動化導入効果の検討

年間での換球量と頻度、障害原因の調査や維持管理のための巡回などの現状業務の実態調査を行い、自動化による作業費用・巡回費用などの低減および危険作業の低減などを現状と比較し、導入効果を検討する。

(2) 照明灯監視端末装置の検討

監視測定項目の選定や検出手法とデータ管理

指標目標値の検討、およびデータ伝送方式などについて検討する。また、照明灯監視端末装置構成について、センサー部・伝送部のまとめ方や設置方法・設置環境などの検討、および必要機能などについて検討する。

(3) データ収集管理システムの検討

データの収集方法について、管理部署への伝送方法ならびに管理項目・管理方法について検討する。

(4) 設置環境の検討

現状の設置環境を調査し、照明灯監視端末装置の設置スペースの制約条件を明確化し、設置方法を検討する。

(5) 実用化システム検討

(1)～(4)までの検討結果を整理し、実用化システムの仕様を検討する。

2. 導入の効果

高速道路利用者サービス、また維持管理業務従事者の業務環境改善の一環として、図2に道路照明自動監視の導入効果を示す。

阪神高速道路は、全線にわたり照明灯を設け利

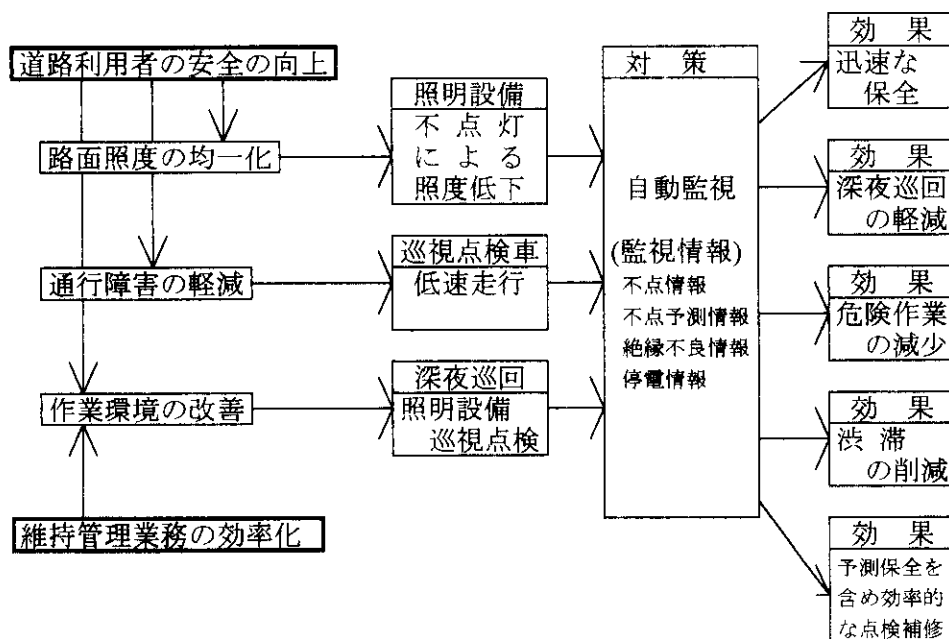


図2 道路照明自動監視の導入効果

用者の夜間高速走行の安全を確保しているが、照明設備の異常で不点灯が発生した場合、路面照度の均一性が保たれず部分的に低下し、安全性が損なわれるため「迅速な対応」が要求される。

現状においては、週1回の夜間巡視点検で、不点灯を点検し、できるだけ速やかな換球補修を実施しているが、それでも不点灯から補修までは相当な時間を要している。さらに安定器の障害などランプ以外の不良による不点灯については障害調査に長時間を要することもある。

図2にも示すとおり、夜間の低速走行のため道路利用者と巡視点検者の「安全」にも配慮が必要であり、「業務環境の改善」が併せて必要と考えられる。したがって、照明設備の自動監視システムが構築できれば以下の導入効果が得られる。

- ①迅速な保全
- ②深夜巡回の軽減
- ③危険作業の減少
- ④渋滞の削減
- ⑤予測保全を含め効率的な点検補修の実施

3. 照明灯監視端末装置

3-1 監視種別

監視種別は照明灯を1灯ずつ監視する個別方式とグループ単位で監視する一括方式があり、個別方式は、本線照明、出入路照明、拡幅部照明、トンネル内照明等の広範囲にわたる照明設備に適用し、一括方式は、駐車場照明、料金所照明等の狭範囲の照明設備に適用するのが望ましい。それぞれの方式概念図を図3、図4に示す。

(1) 個別方式

照明灯1灯ずつの安定器2次側電流などを測定

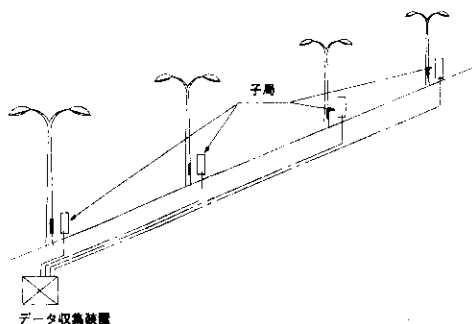


図3 個別方式概念図

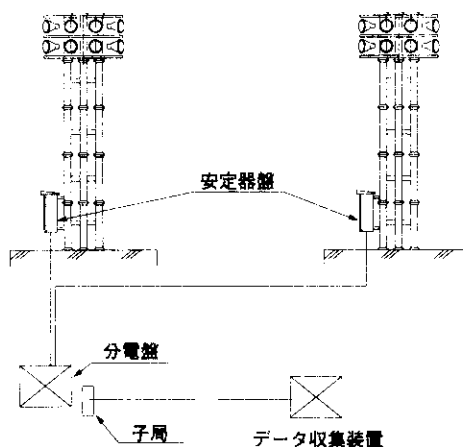


図4 一括方式概念図

することによって、それぞれの照明灯毎にランプの不点灯を検出する方法である。

(2) 一括方式

照明系統の給電点の電流・電圧の大きさと位相を測定し、その系統内に不点球が存在しているかを検出する方法である。

(3) 個別・一括方式の機能

表1、表2それぞれに個別・一括方式の収集データと実現可能な機能について示す。

表1 個別方式の収集データと監視機能

データ	機能	不点	断芯	不点 予測	安定器 故障	地絡	地絡 予測	備考
安定器2次側電流								
安定器1次側電流								
安定器1次側電圧								
データの収集	現在値 データ	現在値 データ	トレンド データ	現在値 データ	現在値 データ	トレンド データ		電流の軌跡によって寿命を予測可能
アナログ伝送の必要性								端末で判定が否の場合アナログ伝送を必要とする

表2 一括方式の収集データと監視機能

データ	機能	不点	断芯	不点 予測	安定器 故障	地絡	地絡 予測	備考
電源電流								
電源電圧								
データの収集	現在値 データ							

表1の個別方式において、各監視機能は安定器2次側電流、安定器1次側電流および安定器1次

側零相電流データを用途毎に組み合わせて機能を達成することができる。また、予測保全機能への応用としては、点灯から不点灯に至るまでのトレンドデータを採用することによって可能と考えられる。

表2の一括方式においては、電源電流と電源電圧のデータより、不点検出が可能である。個別方式に比べて、予測保全、不点灯ランプの特定は不可であるが、安価にシステム構成ができる。

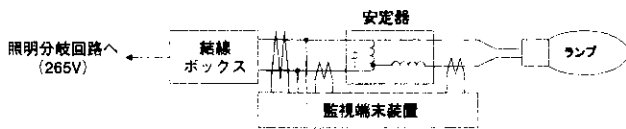
3-2 監視方式

道路照明設備の監視項目および方法を以下に示す。

(1) 不点情報

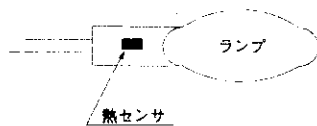
(a) 安定器2次側電流による監視

球が切れた場合、安定器2次電流が「0」となることにより判断する。



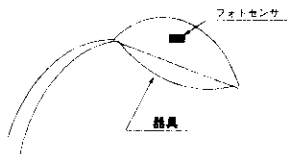
(b) 熱センサによる監視

熱センサによりランプから発生する熱を監視する。



(c) フォトセンサによる監視

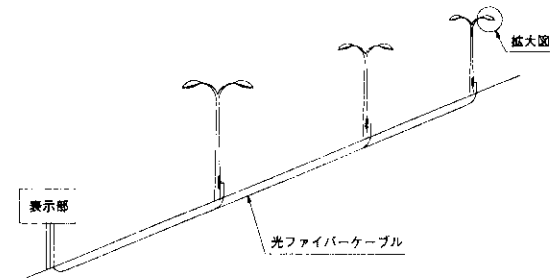
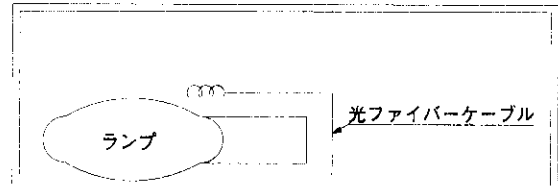
フォトセンサを灯具内に設置することにより監視する。



(d) 光ファイバ分布式温度センサによる監視

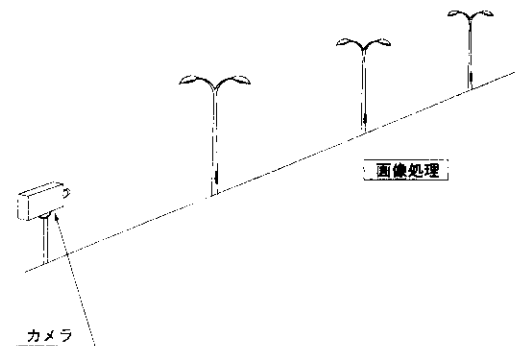
灯具内に光ファイバ温度センサを設置し、点灯時、不点灯時の温度差を監視する。

拡大図



(e) 画像処理による監視

ITVカメラの画像処理により監視する。



(a) から (e) の各方式の評価を表3に示す。

表3 各方式別評価

監視方式	コスト	工事難度	耐環境	機能	判定確度
(a)安定器2次側電流	やや高価	容易	強	多	確実
(b)熱センサ	安価	高所困難	強	単	確実
(c)フォトセンサ	安価	高所困難	強	単	やや不安定
(d)光ファイバ	安価	高所困難	強	単	確実
(e)画像処理	高価	やや困難	強	単	やや不安定

(2) 安定器故障情報

(a) 安定器1次側電流による監視

安定器1次側電流を測定し、電流値の増減から安定器の異常判定を行う。

(b) 安定器1次側零相電流による監視

安定器1次側零相電流の測定により安定器の

異常を監視する。

(3) 停電監視情報

停電状態は電力設備にて監視しているため、照明設備として監視する必要はない。

(4) 絶縁監視情報

図5に照明設備の基本回路構成を示す。このうち、絶縁不良の発生が予想される箇所は①の幹線ケーブル、②の安定器1次側分岐ケーブルであり、①については変電塔に絶縁監視装置が設置されているので監視の必要性はないが、②に関しては個別監視を行い、変電塔絶縁監視を補完する必要がある。

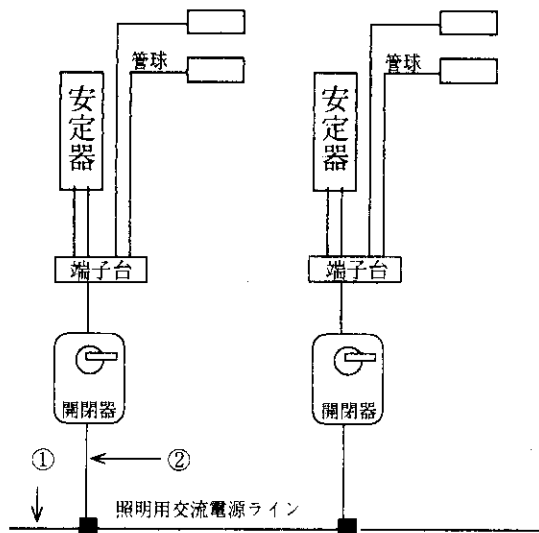


図5 照明設備の基本回路構成

(5) 予測保全情報

(a) ランプの不点灯予測

安定器2次側電流の時間的変化により不点灯を予測する

(b) 絶縁不良予測

安定器1次側零相電流の測定により絶縁状態を監視する

3-3 実験方式の選定

前述より、コストはやや高価であるが、監視対象が本線照明や出入路照明のように広範囲であり将来の発展性も考慮して、判定確度が確実に予測保全情報も収集可能な安定器2次側電流を監視する個別方式を選定し、実験対象とする。

4. 実験内容

4-1 実験の目的

前述したように、安定器2次側電流個別監視方式を基本として、照明灯自動監視端末装置を現場の実用環境の照明灯に設置し、正常点灯時の電流値や不点灯時の電流変化を測定し、不点灯が検出できることの可否を見極める。また、実験装置の動作確認、サンプル球のデータ収集を行う。長期的には、ランプの消耗に応じた安定器2次側電流の変化具合を調査するとともに、不点灯が起これば、そのランプのライフサイクルにおける電流の変化を調査する。その結果から不点灯の前兆となるような傾向を調査する。

4-2 実験の計画

実験場所：前開管理所ヤード部

データ収集場所：前開受電所通信機械室

実験期間：1997年2月10日から

対象照明灯：前開管理所照明用分電盤分岐No.10の180W高圧ナトリウム灯4灯(照明柱No.前管1,前管2,前管3,前管)

表4 高圧ナトリウムランプの特性

定格ランプ電力 (W)	180	
形名	NH180F・L	
種類	拡散形	
点灯方向	任意	
初特性	ランプ電圧 (V)	120
	ランプ電流 (A)	1.9
	全光束 (1 ℓm)	19,000
	ランプ効率 (1 ℓm/W)	106
定格寿命 (時間)	12,000	

表5 安定器の電流特性

高圧ナトリウム安定器 (265V 180w)			
安定器1次側電流		安定器2次側電流	
無負荷時1次電流	0.85A	開放	0.0A
安定時1次側定格電流	0.50A	安定時の安定器2次側電流	1.9A
2次側短絡時1次電流	0.63A	短絡	2.7A

4)

表4,表5に実験に用いた180W高圧ナトリウムランプおよび安定器の諸特性を示す。

使用ランプ：

- 前管1 22,003時間点灯ランプ
- 前管2 ほぼ新品ランプ
- 前管3 寿命末期のランプ(始動,点灯,自然消灯を繰り返すランプ,19,347時間点灯ランプ)
- 前管4 フィラメントのみ発光するランプ

(1) 実験内容

以下の状態における,データを収集する。

① 正常系試験

a) 定常状態

定常状態において約30分間隔で点灯,消灯を繰り返し,始動時の安定器2次側電流,安定時の安定器2次側電流を計測する。

b) 模擬不点灯

ランプ回路を開放し,模擬的に不点灯を発生させる。

② 異常系試験(瞬断試験)

仮設試験回路にて照明回路に瞬断を発生させ,端末装置が正常動作することを確認する。

③ 点灯時間の異なるランプでの試験

前管1,2,3,4のランプにて点灯時から消灯時まで連続した電流値データを収集する。

4-3 実験装置の構成

不点灯および安定器不良の検出としてのランプ電流計測は,主回路と絶縁された計器用変流器(CT)を取り付けることにより測定でき,ランプ

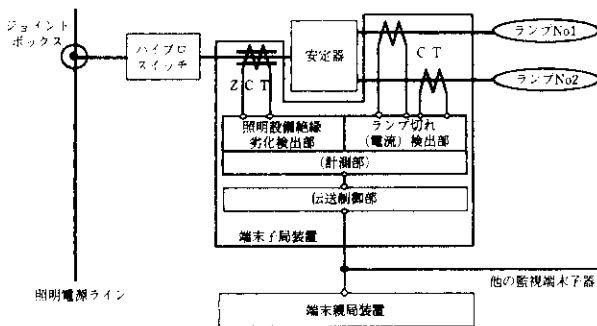


図6 照明灯自動監視端末装置の基本構成

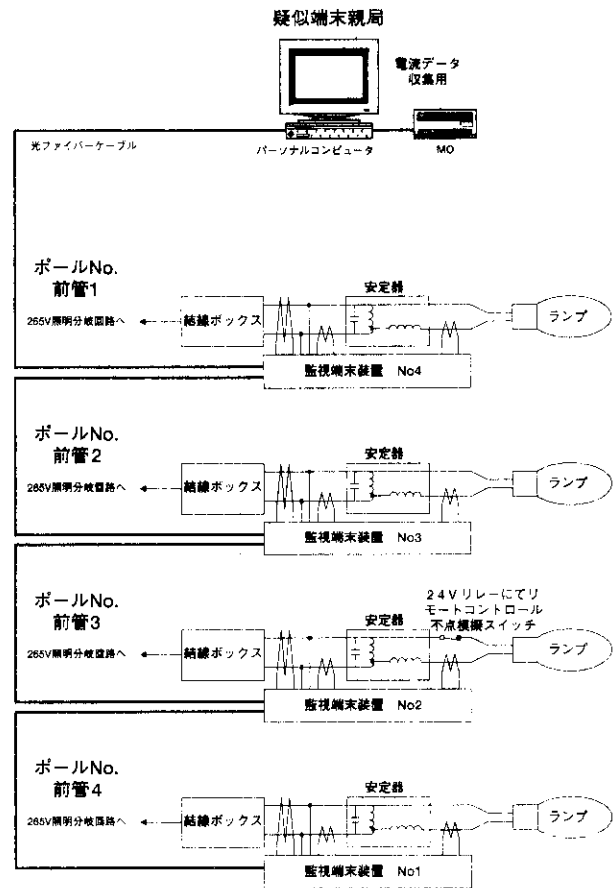


図7 全体構成

電流は最大でも数アンペアであり,小型CTで十分測定可能である。絶縁劣化の検出としては,照明柱内部の零相電流測定(ZCTによる電流検出)により可能である。図6,図7に実験装置の構成図を示す。

4-4 実験結果

通常の点灯・消灯の点灯パターンを正常系試験とし,それ以外の球切れ等の状態を異常系試験とした。実験システムは,以下のとおり正常に動作しており,データの収集が行えることが確認できた。

① 正常系試験

a) 定常状態

定常状態において約30分間停電させ,停電後に照明灯監視端末装置は正常に立ち上がり,データの収集が行えることが確認できた。図8に定常状態および瞬断試験結果を示す。

停電中は照明灯監視端末装置の電源も供給されないため,その間はデータが収集されな

い、したがって、図8の右端に示すように停電直前のデータに連続したような状態で停電後のデータが収集される。

b) 模擬不点灯

ポールNo.前管3に対してランプ回路を開放して模擬不点灯を発生させた。この手動操作試験の結果として、図9に定常状態および瞬断試験結果を示す。

②異常系試験（瞬断試験）

図8に瞬断とその直後の安定器2次側電流の変化および不点灯判定出力の状態を示す。照明灯監視端末装置は瞬断によりリセットされ、直ちに正常に立ち上がり、ランプは直ちには再点灯できないため、数分間の不点灯状態の後に始動する。

③点灯時間の異なるランプでの試験

試験開始から19日間について、点灯時から消灯時までの連続した電流値データを収集し、そのうち安定時の安定器2次側電流を抽出した結

表6 各ポール別の安定時の安定器2次側電流

日目	照明柱番号 単位：A			
	前管1 (22,003時間使用)	前管2 (新品同様)	前管3 (19,347時間使用)	前管4 (不点)
1	1.15	1.79	1.41	0.04
2	1.11	1.80	1.39	0.04
3	1.15	1.79	1.39	0.04
4	1.12	1.80	1.38	0.04
5	1.16	1.81	1.40	0.04
6	1.16	1.82	1.40	0.04
7	1.16	1.78	1.39	0.04
8	1.14	1.80	1.39	0.04
9	1.13	1.80	1.39	0.04
10	1.20	1.82	1.44	0.04
11	1.18	1.84	1.43	0.04
12	1.21	1.79	1.41	0.04
13	1.16	1.82	1.41	0.04
14	1.15	1.78	1.40	0.04
15	1.14	1.79	1.40	0.04
16	1.12	1.77	1.42	0.04
17	1.07	1.76	1.38	0.04
18	1.15	1.78	1.38	0.04
19	1.10	1.78	1.41	0.04
平均値	1.15	1.80	1.40	0.04

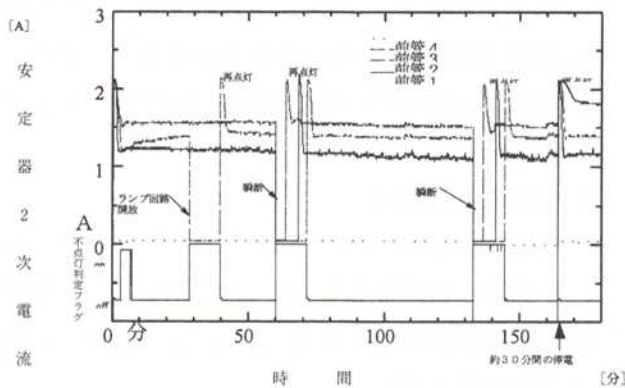


図8 定常状態および瞬断試験結果グラフ

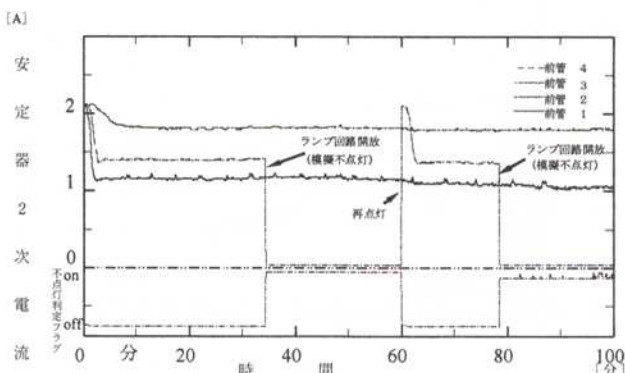


図9 定常状態および瞬断試験結果グラフ



写真1 照明柱内収納の照明灯端末装置

果を表6に示す。この表によると同一ランプの日ごとの変化は少ないが、ランプの新旧比較では、古いランプは新品同様のランプの60%程度である。

照明柱内収納の照明灯端末装置を写真1に示し、仮設監視親局装置を写真2に示す。



写真2 仮設監視親局装置

4-5 考察

実験で得られた安定器2次側電流のデータから新品と古いランプを比較し、以下のように考察できる。

(1) 安定時の安定器2次側電流に落ち着くまでの時間

図10に示すように点灯後電流が徐々に減少し、安定時の安定器2次側電流に近づくが、この減少率がランプ毎に異なる。すなわち一定の電流値に減少する時間が著しく異なる特徴がある。ランプが古いほど、当該時間が短くなる傾向があり、再点灯を繰り返す球では、当該時間

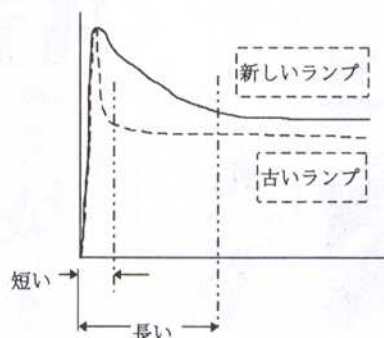


図10 安定時の安定器2次側電流の落ち着くまでの時間

が非常に短く、電流が減少しすぎてそのまま放電が停止するような傾向がみられる。このような現象から当該時間をランプ劣化、ランプ寿命の一つの指標とできる可能性がある。

(2) 安定時の安定器2次側電流

図11に示すように、新品ランプのほうが古いランプに比べて安定時の安定器2次側電流が大きい。これは古くなるほど光度が低下し、安定器2次側電流が少なくなることが原因と推測される。

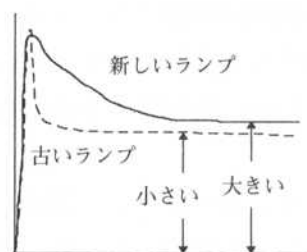


図11 安定時の安定器2次側電流

(3) 放電の安定度

図12は実測データから得られたグラフであり、最も電流値が少ないのが古いランプであり、不規則に約10%位の幅で約数十秒間隔で急激な変動を繰り返している。

(4) 調光時の状況

図12によると、古いランプは調光されていないときは一応点灯しているが、調光により供給される電流が少なくなると消灯し、始動→点灯→消灯を繰り返す。

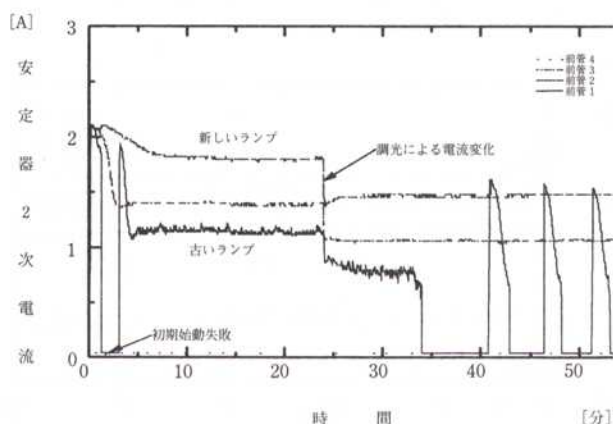


図12 典型的な安定器2次側電流の変化推移

(5) 初期始動

図12によると、古いランプは電源投入時に初期始動に失敗した。再始動後は一応点灯する。

(6) まとめ

以上をまとめると表7のようになり、これらはランプ劣化の指標にできる可能性がある。

しかしながら、本実験は4個のランプを短期間測定した結果であり、今後も多くのランプを長期間にわたり計測し、統計的傾向から確度の高い指標となる要素を探求する必要がある。

す次第である。

参考文献

- 1) 阪神高速道路公団：阪神高速道路の電気通信設備に関する調査検討業務報告書，1998， 3
- 2) 阪神高速道路公団：道路照明灯自動監視調査設計業務（平成8年度）報告書，1997， 3
- 3) 阪神高速道路公団：道路照明設備自動点検設計業務（平成7年度）報告書，1996， 3

表7 ランプ劣化の特徴と傾向

特 徴	相対的な傾向	
	新しいランプ	古いランプ
(1) 安定時の安定器2次側電流に落ちつくまでの時間	10分近くかかって、徐々に安定時ランプ電流に近づく	1～2分で安定時ランプ電流に近い値となる
(2) 安定時の安定器2次側電流	定格値に近い	定格値に比べてかなり小さい
(3) 放電の安定時	急激な電流の変化はない	10%程度、激しく電流が変化する
(4) 調光の安定度	正常に点灯し続ける	始動→点灯→消灯を繰り返す
(5) 初期始動	電源投入後、最初の始動で点灯する	最初の始動に失敗する場合があるが、再始動で点灯する

おわりに

道路照明灯自動監視システムの阪神高速道路へ導入する場合の効果および端末装置、データ集配信機能を検討し、実用試験を実施した。その結果、安定器2次側の電流値を計測することにより不点灯が検出できることが確認できた。また、点灯時間の異なるサンプル球の電流変化より予測保全に有効なデータ収集と考察を行った。

今後は、実用試験の継続とデータ蓄積を行い、予測保全に必要なデータの絞り込みと端末装置、中央装置の必要機能、通信方式および通信内容の検討を行う必要がある。

最後に、本システムの導入実用化に向けてのご検討を頂いた「阪神高速道路の電気通信に関する調査検討委員会（委員長：長谷川利治前京都大学工学部教授）」の委員を始め、検討業務の実験等の際しお世話になった関係各位に深く感謝の意を表