

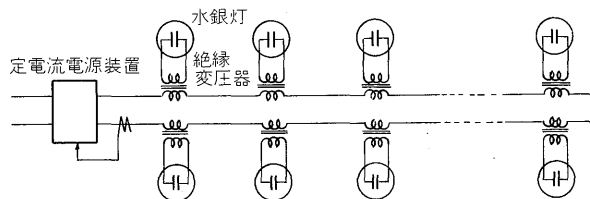
道路，広場等照明用直列点灯システム

Series Lighting System for Roads and Large Open Spaces etc.

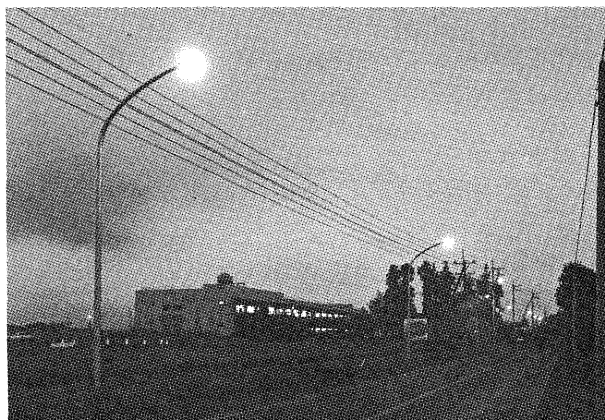
八木修三* Syuzoh Yagi・嶋津和雄* Kazuo Shimazu・丸山副美** Soemi Maruyama

I. まえがき

当社が進めてきた直列点灯配電システム（第1図，第2図）に関する研究開発経緯と，直列点灯システム自体の基本的構成要素，個々の構成機器の主要仕様等については，先に富士時報（第48巻，第8号），その他を通じてあらましを報告している。また，直列点灯の概念的な紹介や，並列点灯方式とのおおまかな比較論等も過去において幾つか発表されていることは衆知のとおりである。したがって，ここでは，直列点灯方式に関する一般的な議論（システム構成，構成機器個々に関する仕様特性，基本的必要事項など）についてはできるだけ重複を避けることとしたい。主として次の三つについて考えてみることにする。



第1図 直列点灯配電方式
Fig. 1. Series lighting system



第2図 直列点灯システムの外観（当社・大田原工場）
Fig. 2. View of series lighting system
at Ohtawara works

- 1) 直列点灯適用上の配慮事項に関する補足
- 2) 直列方式，並列方式の経済比較例
- 3) 高圧ナトリウムランプ（低電圧始動形）を用いた直

列点灯検討の中間報告

すなわち，はじめの2件において，直列点灯の有利性につながる主たる周辺条件は何であるか，を振り返ってみる。その具体的な判断材料の一つとして，一定の照明対象モデルを仮定して数値試算し，直並列両方式のコスト比較を試みた。

また，高圧ナトリウムランプが，これからの省エネルギー時代に適したランプとして将来性が期待されていることにかんがみ，水銀灯とともにその合理的直列点灯システムのあり方を検討してきたので，その経過の一部報告を加えた。従来の直列点灯用定電流電源は，可動鉄心機構を有する，いわゆる「定電流変圧器」が主であるが，当社で開発した高圧水銀灯用電源は，種々の特長を有するサイリスタ制御方式のものである。一方，高圧ナトリウムランプは幾つかの，水銀灯とは異なる性状を示すものであるため，経済的直列点灯システムを組むにはそれなりのくふうを要する。基本的には既報の水銀灯用直列点灯システムの標準形を踏襲する形で，直列点灯の見とおしを得たのでその概要を記したものである。

II. 適用上の検討

1. 直列点灯方式の長所とコスト面での要点

特に並列式との定量比較をする前に，直列点灯方式の主としてコスト面からみた特色を振り返ってみると，主に次の点に注意を払うことが有効と考えられる。

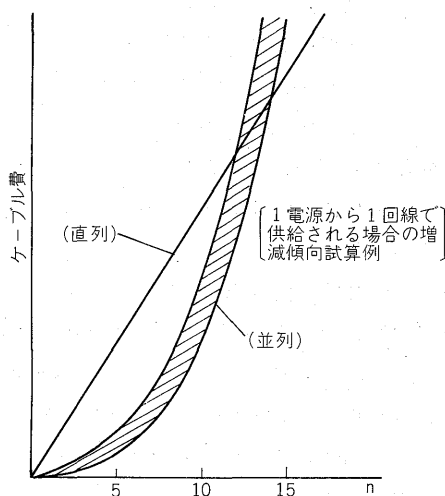
- 1) 大づかみにいって，次のような環境事情や制約がある場合に特長が生かしやすい。その主な理由は，ラインに電力を送り届けるための諸資材，関連工事総費用が少なくすむことに基づいている。

この諸資材の主なものとは末端ランプへ直結される低圧ケーブルおよび場合により，付帯高圧給電線ならびに配電塔，関連機材を含むものであり，工事費はこれらの機器の所要規模に支配されることになる。

- (1) 配電ケーブルの総延長が長い。具体的には道路，広場照明など。
- (2) 上記(1)の照明対象において，適切な既設電源が近くにないなどの事情で，供与電源元から最終分岐用電源盤またはランプまでの距離が長い。

このため，並列方式では末端ケーブルおよび付帯設

* 建設技術部 ** 松本工場



第3図 配線ケーブル費

Fig. 3. Cost of wiring cable

備（ケーブルサイズの増大を抑えるための必要設備であり、いわばケーブルの部分的代替または等価機材となる）の総費用が大きくなってしまふ。

- 2) 深夜減光等の調光により運転経費（電力料金）の節減を期している場合に、並列式におけるような専用制御線を設けなくとも、標準システムのままで容易に目的が果たせる。しかも、電力経費の低減による経済効果は、一般に総論的、抽象的に評価されているよりは大きいものである。ともすると経済比較における初期コスト偏重の傾向が見られるので個々のケースに基づいて、適切な設備償却期間または耐用年数を想定しての総コスト的観点から評価すべきである。そうした見方から考えると、特別の手段を要することなく省電力機能が得られる直列点灯システムの有力なうまみの一つがここにある。

- 3) 電源電圧の変動や、ランプの設置位置によるランプ入力電力の変動や差異がないため、ランプの寿命計画が容易であるとともに、点灯諸条件をそろえることができる。

これらの長所の中で最も本質的なものは1) であるが、この利点についての理解も一般にはまだあいまいな把握の仕方が少なくないように思われる。たとえば、この有利性の中味が次のような基本的背景の上に成り立っていることをもっと具体的に注視してみる必要があると思われる。

- (1) 末端給電線の1回線で経済的に給電できる配電線長または灯数は、並列方式では本質的に小さく、直列式では本質に大きい。したがって、並列式では、比較的短い照明区間に対してもその経済的区間長を越えてしまい、高圧級一次配電線の追加併設、その関連器材および工事を必要とする傾向を持つ。一方、直列方式は、

一電源からの経済的許容区間長は2.5 km程度（両端から給電すれば $2.5 \times 2 = 5$ km）にも及ぶため、特別の場合を除けば、しかるべき第2、第3の電源（既設）の提供は容易に受けることができると考えられる。

すなわち、一般の広域照明用であれば、たとえ近くに複数の適切な既設電源が得られにくい場合でも、直列電灯方式ではおおむね本来の配電線（絶縁変圧器へ接続される末端ケーブル）だけで用が足り、これと併設されるべき付帯配電設備の必要性がきわめて低いといえる。このような場合、直並列間の総合的な電源設備コスト差はかなり大きなものとなる。

- (2) 現在の電力線が並列システムである以上一般には、いわゆる既設電源が比較的容易に入手できるものとは考えられるが、屋外照明エリアが一定の規模を持つとか、あるいは目的によっては一定の信頼度と扱いやすさ、統一されたシステム構成が要求されよう。

このような設備に対しては、一貫性のない無原則な電源所の選定は避けるべきであろう。こうした事情は前記(1)の事情とあいまって直列方式に有利な要因の一つとなろう。

- (3) 配電ケーブル布設工事費の低減に効果的といわれるスチールコルゲートケーブル等の普及は、上記1)のような背景のもとに、ケーブル本数が少なくてすみ、かつ統一された小さなサイズのケーブルで間に合う直列点灯配電方式にきわめて有利な要因になりうる。直列式、並列式の総コスト比較における工事費の占める割合が非常に大きいという事実から考えて大きな意味があろう。

2. 直列点灯方式の並列方式とのコスト比較例

前節1に略記した直並列方式の対比を踏まえて、照明

第1表 直列点灯と並列点灯のコスト比較例

Table 1. Cost comparison of series and parallel lighting systems

	並列点灯方式	直列点灯方式
システム： 構成機器	(1) 配電方式： 高圧一次線を部分的に併設（架空式）し、2か所の変電塔（分岐盤を含む）から低圧（1φ 200V）配電 (2) ケーブル： 600V CV 38mm ² 各種 (3) 管路： エフレックス	(1) 配電方式： 1×CCRから3.3kV 1回線配電（高圧一次配電線は不要） (2) ケーブル： 3.3kV BN-8mm ² 単心 (3) 管路： エフレックス
1) 電源装置 ^{注)}	15.9%	3.3% (3.9%)
2) ケーブル	10.4%	4.6% (5.5%)
3) 管路機材	13.1%	13.1% (15.6%)
4) 照明灯器材	24.2%	28.8% (34.4%)
5) 工事	36.4%	34.1% (40.6%)
合 計	100%	83.9% (100%)

照明対象：レジャー施設広場（約100m×2,500m）

灯 数：400 W ナトリウム灯 55 灯

灯間距離：45～55 m

注) 並列方式では、変電塔および、その一次（高圧）配電線の関連機器（電柱など、ただし高圧ケーブルは2)のケーブルに含む）と、その関連工事を含む。

面積および、照明灯配電線（ケーブル）延長の比較的大きいモデルに対し概略の計算例を第 1 表に示す。

前節で触れたように、既設電源が照明地域全般にわたって近くに得られない場合、並列配電方式では本線ケーブルのほかに電源部の一部とみなされる一次電源線（高圧線）および関連設備を併設する方がむしろ経済的な場合がある。ところが、この付加的設備に要する費用がかなり大きいものであることがうかがえる。

3. その他の配慮事項

全般的には上記以外に多くの角度から検討すべきであるが、その多くは既報済みであるのでここでは割愛する。その他、適用場所等によって、法規上の配慮も必要と考えられることを付記しておきたい。

III. 水銀灯による基礎検討および実施例

高圧水銀灯を用いた直列点灯配電を実用化するにあたり、各構成機器に関する基礎検討はもちろんのこと、実際に直列回路を組んだ形でのフィールドテストを実施してきている。その一部は既報済みであるので詳細は省略する。特にフィールドテストに供している機器システムの概略を記すると次のとおりである。すでに 2 年半以上を経ているが、問題なく好調運転されている（第 2 図に外観）。

- 1) 配電電圧・電流：1 ϕ , 550 V 以下, 13.2 A, 50 Hz
- 2) ランプ数：11 灯
- 3) 灯間距離：40 m
- 4) 機器仕様：

- (1) ランプ：高圧水銀灯，形式：H 400 (JIS C 7604)

- (2) 定電流電源装置 (CCR)

容 量：7.5 kVA, 1 ϕ , 50 Hz

入力電圧：1 ϕ , 200 V, 50 Hz

出力電圧：1 ϕ , 550 V, 50 Hz (可変)

出力電流：13.2 A

- (3) 絶縁変圧器

容 量：500 VA, 1 ϕ , 50 Hz

電 圧：65/130 V

電 流：13.2/3.3 A

二次無負荷電圧：200~220 V

二次短絡電流：3.8 A 以下

- (4) ポール

鋼製テーパポール 12-8 形

IV. 低電圧始動形高圧ナトリウム灯を用いた直列点灯の予備的検討結果

1. 概要

高圧ナトリウムランプは、省エネルギー時代の要請にこたえる高効率の光源として普及しつつあり、将来性が

期待されている。当社では同じ放電灯である高圧水銀灯に対し試みてきた直列点灯システムの研究開発の経過を踏まえて、この新しい光源に対する直列点灯システムの基礎検討も進めてきた。衆知のとおり、過去、高圧ナトリウムランプの難点の一つは、始動に高い電圧を必要とし、このため、始動時に高電圧を出す特殊な安定器を必要とすることであった。

これに対し、最近 200 V 内外の低い電圧で始動可能な、いわゆる「低電圧始動形」の高圧ナトリウムランプが製品化されてきた。このナトリウムランプは、特殊形安定器を要さないという点で、また、その低始動電圧の 200 V 級というレベルから判断して、標準的直列点灯システム準用の可能性が予想されるため、特にこの新しいタイプの高圧ナトリウム灯を対象として研究してきたものである。

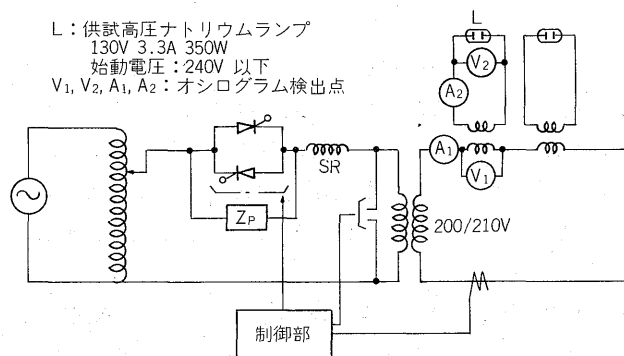
2. ランプ始動電圧への影響が考えられる位相制御形交流電源装置の特殊事情

ランプが低電圧始動形とはいえ、高圧ナトリウムランプの始動電圧は、毎サイクルごとに現れる電流波形の切れ目の時間に関係が深いといわれ、この傾向は電源電圧が正弦波であっても基本的には共通している。

一方、われわれが考えている電源装置はサイリスタ制御方式のものであり、放電灯自体の放電開始特性に基づく上記の性状に加えて、位相制御波特有の電圧電流の切れ目が生じやすいと考えられる。そこで、すでに水銀灯に対し確立している直列点灯システムを基本的には維持しながら、すなわち、各ランプごとに特別の安定器または始動安定化のための等価装置を付加しない形で、直列点灯を可能にするにはそれなりの基礎検討を要するわけである。

3. 標準的直列点灯システムによる高圧ナトリウムランプ（低電圧始動形）の点灯

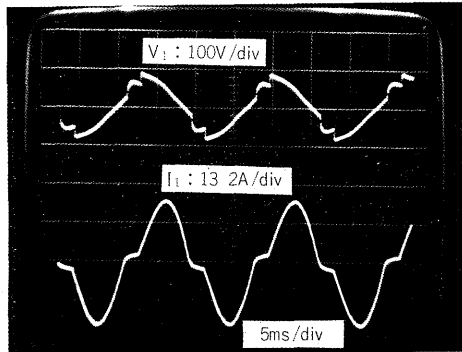
ここにいう、標準的直列点灯システムとは、いわゆる、



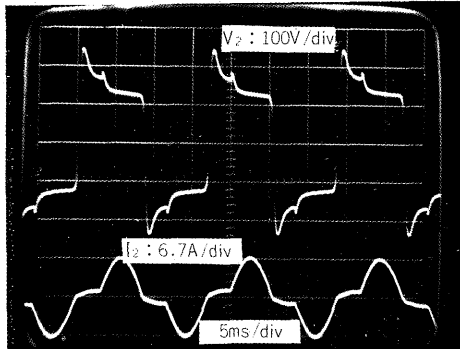
第 4 図 高圧ナトリウムランプ（低電圧始動形）の直列点灯試験回路図例

Fig. 4. Example of testing circuits for series lighting of high-pressure Sodium-vapor lamps (low voltage starting type)

(定電流電源装置 CCR)+(主配電ケーブル)+(絶縁変圧器 Ins, Tr.)+(Ins. Tr.二次配線)+(ランプ)
という機器構成を指しているものであり、高圧ナトリウ



(a) 絶縁変圧器一次側



(b) 絶縁変圧器二次側

第5図 電圧・電流波形(第4図による)

Fig. 5. Voltage and current wave forms for Fig. 4

ムランプなるがゆえのランプごとの始動安定化装置を何ら設けない点灯回路を意味している。

理論的に考える幾つかの案について、実験検証を含め、検討を重ねてきたが、次に記す形で一応の解決をみることができた。すなわち、

- (1) 定電流電源装置(CCR)のサイリスタ部に高インピーダンスの並列回路を設け、サイリスタが点弧していない時にも一定量の小電流を流しうるようにする。

個々のランプには何らかの付加装置も用意しないものとする。

本方法によれば、電源側についてのみ部分的改良を行えばよく、経済的かつシステムとしてもシンプルである。回路図および実験における電圧電流波形の一例を第4図、第5図に示す。

V. あとがき

直列点灯配電の特色のうち、特にコスト面からながめた場合のポイントは何であるかについて要点を振り返ってみた。併せて、一つのモデルに対する並列方式との経済比較を試みた。これらにより、直列配電の長所をうまく生かす可能性のあることを示した。また、将来の屋外照明光源の主流になるといわれる高圧ナトリウムランプを用いた直列点灯システムに関する検証結果にふれたが、誌面の関係もあるのでこれらについてはさらに機会を改めて詳細を報告したい。



＊本誌に記載されている会社名および製品名は，それぞれの会社が所有する
商標または登録商標である場合があります。